

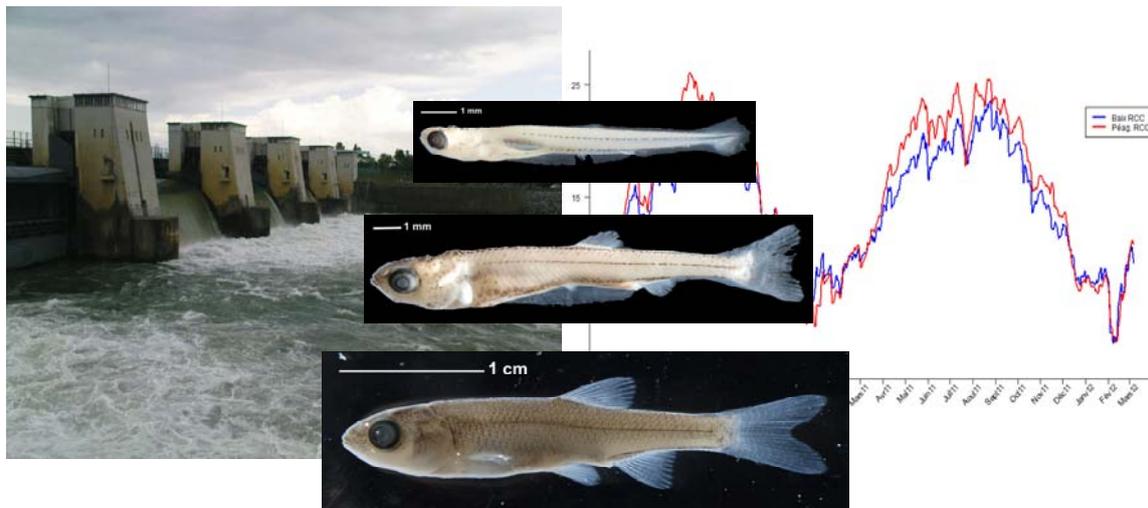
Etude Thermique du Rhône Phase IV - Lot 3d

Analyse du rôle du débit et de la température sur le succès de reproduction des espèces de Cyprinidés

sur

deux sites du Bas-Rhône :

Péage-de-Roussillon et Baix-Logis-Neuf



Nicolas Péru – Jean-Michel Olivier – Morgane Novak

Avril 2013

Remerciements

Nous tenons tout d'abord à remercier l'ensemble des partenaires institutionnels pour le financement de cette étude : l'Agence de l'Eau RMC, Electricité De France (EDF), l'Union Européenne /FEDER.

Certaines données essentielles à l'aboutissement des analyses nous ont été fournies par des partenaires de l'étude thermique du Rhône phase IV et nous les remercions également : la Compagnie Nationale du Rhône et EDF-DTG.

Cette étude n'aurait pu être menée à son terme sans la collaboration de nombreuses personnes à chaque étape du projet. Il était donc important pour nous de les remercier ici pour leur implication dans ce projet pendant de très longues heures de travail.

- Pour leur aide lors des pêches électriques et/ou la détermination des poissons sous la loupe binoculaire :

Georges Carrel (IRSTEA Aix-en-Provence), Chloé Mathieu, Laëtitia Pattard, Dominique Reynaud, Pascal Roger (IRSTEA Lyon), Pierre Sagnes, Samuel Segura, Nicolas Stolzenberg et Julien Vallès.

- Pour leur aide à la saisie informatique des données :

Evelyne Thys (nettoyage de l'ensemble des prélèvements et saisie des données), Nicolas Vellut (développement de l'outil de saisie), Céline Viallet (saisie des données), les personnels du CISR-Lyon 1 (gestion de la BDD) et Bertrand Guillaumond pour le coup de pouce sur le développement des routines de saisie en SQL.

Sans oublier ARALEP pour le prêt de matériel sans lequel certaines pêches n'auraient pu être réalisées.

Analyse du rôle du débit et de la température sur le succès de reproduction des espèces de cyprinidés

1	Introduction	19
2	Protocoles	23
2.1	CHOIX DES SITES D'ETUDE.....	23
2.2	ÉCHANTILLONNAGE DES POISSONS.....	25
2.3	PHYSICO-CHIMIE	27
2.3.1	<i>Température</i>	<i>27</i>
2.3.2	<i>Paramètres physico-chimiques</i>	<i>27</i>
2.4	HYDROLOGIE.....	28
2.5	GESTION DES DONNEES	28
2.6	IDENTIFICATION DES POISSONS.....	31
3	Résultats	37
3.1	THERMIE	37
3.2	HYDROLOGIE.....	41
3.2.1	<i>Caractérisation des évènements hydrologiques.....</i>	<i>43</i>
3.2.1.1	<i>Données 2010.....</i>	<i>43</i>
3.2.1.2	<i>Données 2011.....</i>	<i>44</i>
3.2.2	<i>Valeurs des variables de caractérisation hydrologique.....</i>	<i>44</i>
3.3	DONNEES PHYSICO-CHIMIQUES	49
3.4	DONNEES BIOLOGIQUES	49
3.4.1	<i>Analyse globale des peuplements.....</i>	<i>58</i>
3.4.2	<i>Distinction des cohortes : estimation par modèles de mélange.....</i>	<i>61</i>
3.4.2.1	<i>Eléments de réflexion sur les cohortes.....</i>	<i>61</i>
3.4.2.2	<i>Spécification des modèles de mélange.....</i>	<i>62</i>
3.4.3	<i>Evolution temporelle des effectifs par cohorte.....</i>	<i>66</i>
3.4.4	<i>Limites à l'analyse de la variabilité des effectifs bruts.....</i>	<i>66</i>
3.4.5	<i>Définition d'une nouvelle mesure d'abondance : Introduction à la logique floue ..</i> <i>.....</i>	<i>69</i>

3.4.5.1	Notions ensemblistes.....	70
3.4.5.2	Variables et nombres flous.....	72
3.4.5.3	Relations entre ensembles flous.....	72
3.4.5.4	Construction de la fonction d'appartenance.....	74
3.4.6	<i>Application aux données d'effectifs par cohorte.....</i>	<i>75</i>
3.4.6.1	Classes d'occupation spatiale.....	75
3.4.6.2	Nombres flous des effectifs.....	76
3.4.6.3	Nombres flous par cohorte.....	80
3.4.6.4	Remarques sur la nouvelle mesure d'abondance.....	80
3.4.6.5	Nombres flous des variables environnementales.....	81
3.4.6.5.1	Variables hydrologiques.....	81
3.4.6.5.2	Variables thermiques.....	84
3.4.6.5.3	Relations entre variables environnementales.....	85
3.4.7	<i>Variabilité des effectifs en réponse aux régimes hydrologique et thermique, analyse par logique floue.....</i>	<i>87</i>
3.4.7.1	Test des effets.....	87
3.4.7.2	Régime hydrologique.....	88
3.4.7.2.1	Le chevaine.....	88
3.4.7.2.2	Le gardon.....	90
3.4.7.2.3	Le hotu.....	92
3.4.7.2.4	L'ablette.....	95
3.5	RECOMMANDATIONS METHODOLOGIQUES.....	97
4	Discussion/conclusion.....	98
4.1	LIMITES DE L'ETUDE ET SOLUTIONS APPORTEES.....	99
4.1.1	<i>Acquisition des données.....</i>	<i>99</i>
4.1.2	<i>Analyses des données.....</i>	<i>100</i>
4.2	REGIME HYDROLOGIQUE.....	101
4.3	REGIME THERMIQUE.....	103
4.4	APPORTS DE L'ETUDE.....	105
Annexes	108

Liste des illustrations

- Figure 1 : Illustration théorique de la phénologie d'apparition des cohortes de jeunes poissons et de leur croissance. L'évolution temporelle de leurs effectifs est présentée par des histogrammes de classe de taille de 1 mm. Les distributions de taille de deux cohortes, A et B, sont figurées (bleue et verte, respectivement) à quatre périodes différentes (C1 à C4). Entre C1 et C2 un aléa environnemental intervient (figuré à droite) qui impact les effectifs de A. Les parties grisées des histogrammes figurent les effectifs attendus par classe de taille sans l'aléa. 22
- Figure 2 : Cartes de localisation des sites d'étude. Les points kilométriques (PK) sont figurés par des traits continus noirs. Haut : carte générale du Rhône et de ses principaux affluents entre Lyon et la dérivation de Baix-Logis-neuf. Bas : détails des deux sites d'étude et localisation des enregistreurs : température (points jaunes) et pression d'eau (points rouges)..... 24
- Figure 3 : Distribution des Echantillons Ponctuels d'Abondance au sein des deux sites d'étude, dans les différents compartiments (Vieux-Rhône ou RCC, Canal de fuite et zone de restitution) 25
- Figure 4: schéma conceptuel de la base de données contenant l'ensemble des données..... 30
- Figure 5: Schéma représentant les mesures réalisées au laboratoire (source : Pinder, 2001).
..... 31
- Figure 6: Représentation schématique des stades de développement 1 à 5 de jeunes poissons (source : Pinder, 2001) 32
- Figure 7 : Schéma général des critères morpho-anatomiques utilisés pour l'identification (source : Pinder, 2001) 33
- Figure 8: Schéma représentant les principaux critères de pigmentation utilisés lors des identifications (source : Pinder, 2001). 33
- Figure 9: Illustration de l'évolution de la morphologie de quelques espèces au cours du développement. Stades 2 à 5 (de haut en bas) d'après Pinder (2001) pour (de gauche à droite) le rotengle (*Scardinius erythrophthalmus*), le chevaine (*Squalius cephalus*) et l'ablette (*Alburnus alburnus*). 34
- Figure 10 : Critère de pigmentation (aorte ventrale) utilisé pour différencier brème bordelière (à gauche) et brème commune (à droite) (Source : Pinder, 2001)..... 35

<i>Figure 11 : évolution des températures de l'eau dans les vieux-Rhône de Péage-de-Roussillon et de Baix-le-Logis-Neuf en 2010 et 2011. Les périodes d'échantillonnage des poissons sont indiquées en vert.</i>	37
<i>Figure 12 : évolution des températures de l'eau dans le vieux-Rhône de Péage-de-Roussillon en amont (radier d'Arcoules, PK 53.5) et en aval (PK 62) en 2010 et 2011</i>	38
<i>Figure 13 : évolution des températures de l'eau dans le vieux-Rhône de Baix-le-Logis-Neuf aux PK 136.5, 137.8, 139.5 et 143 en 2010 et 2011.</i>	38
<i>Figure 14 : évolution des températures de l'eau dans le vieux-Rhône de Baix-le-Logis-Neuf en 2011.</i>	39
<i>Figure 15 : évolution des débits de l'eau dans les vieux-Rhône de Péage-de-Roussillon (en haut) de Baix-le-Logis-Neuf (en bas) en 2010 et 2011.</i>	41
<i>Figure 16 : Relation hauteur d'eau (en cm) et le débit (m^3/s) à Baix (bleu) et Péage (rouge) pour des débits $< 1000 m^3/s$. La droite $y = x$ est figurée.</i>	42
<i>Figure 17 : Exemple de calcul des vitesses de montée jusqu'au premier maximum de débit à plus de $100 m^3/s$ et de descente à partir du dernier maximum de débit à plus de $100 m^3/s$ pour une surverse.</i>	44
<i>Figure 18 : ACP normée des caractéristiques des surverses des RCC de Baix et Péage en 2010 et 2011. A et B : premier plan factoriel présentant la distribution des surverses nommées par le secteur et le numéro de la campagne de pêche qui a suivi (A) et représentation, résumée par une ellipse, de la variabilité intra-secteur des caractéristiques des surverses. C : cercle des corrélations des variables utilisées pour l'ACP. D : Histogramme des valeurs propres. En noir les valeurs propres retenues.</i>	48
<i>Figure 19 : Premier plan factoriel de l'ACP normée de la matrice espèces x campagnes ; plan des individus. Les noms des sites (RCC, CF, RES) par secteur (BAIX, PEAGE) sont positionnés aux barycentres des campagnes de pêche</i>	58
<i>Figure 20 : Premier plan factoriel de l'ACP normée de la matrice espèces x campagnes ; plan des variables (i.e. les espèces).</i>	59
<i>Figure 21 : Histogrammes de la distribution de tailles (LS) du chevaine dans le vieux-Rhône de Péage (25 et 26 mai 2010). L'échelle de l'axe des effectifs a été au préalable modifiée par une transformation racine carrée. Les effectifs indiqués sont les effectifs réels (sans transformation). Sur les graphiques, les couleurs ont été rendues transparentes afin de permettre une lecture globale malgré le chevauchement des distributions ce qui donne l'impression d'avoir plus de couleurs que celles définies dans les légendes. A : Distribution observée et regroupement par stade larvaire (St 1 à 5, stades larvaires 1 à</i>	

5, cf. Pinder 2001 ; Stade 0, juvénile). B : Distribution avec le regroupement (cohorte) simulé par modèle de mélange après intégration de l'information taille et stade larvaire.	64
Figure 22 : Distribution des tailles (LS) de chevaines groupées selon un modèle de mélange (A, C, E) et après expertise (B, D, F) pour trois campagnes de 2010 à Péage : A-B, 27-28/04/2010 ; C-D, 7 et 10/05/2010 ; E-F, 25-26/05/2010. Sur les graphiques B, D, F on peut voir l'évolution d'une même cohorte (en noir) et l'apparition d'une nouvelle (en gris). L'échelle de l'axe des effectifs a été au préalable modifiée par une transformation racine carrée. Les effectifs indiqués sont les effectifs réels (sans transformation). Sur le graphique E les couleurs ont été rendues transparentes afin de permettre une lecture globale malgré le chevauchement des distributions ce qui donne l'impression d'avoir plus de couleurs que celles définies dans les légendes.	65
Figure 23 : évolution temporelle (datepj = jour Julien) des effectifs (transformation racine carrée) de juvéniles de chevaines par site et par année (10= 2010, 11= 2011).	67
Figure 24 : Illustration de la définition de trois nombres flous sur l'univers de discours d'une même variable. Chaque nombre est défini par une fonction d'appartenance trapézoïdale (3 types de lignes différents) qui donne la valeur du degré d'appartenance (m_x).	72
Figure 25 : Illustration de la notion de corrélation entre deux variables x et y (à gauche) et de la notion d'inclusion de deux ensembles flous A et B à partir de la valeur prise par la fonction d'appartenance m propre à chaque ensemble. En rouge est figurée la droite de régression $y=f(x)$ et en pointillé la droite $m_A = m_B$	73
Figure 26 : Fonction d'appartenance à l'ensemble « Effectif élevé » pour les hotus de stade 4 (d'après Pinder, 2001).	78
Figure 27 : Fonction d'appartenance à l'ensemble « Effectif fort » pour chaque stade de développement larvaire (d'après Pinder, 2001). A : stade 1 et 2. B : stade 3. C : stade 4. D : stade 5.	79
Figure 28 : Fonction d'appartenance à l'ensemble « débit fort ».	81
Figure 29 : Fonction d'appartenance à l'ensemble « Vitesse de montée élevée ».	82
Figure 30 : Fonction d'appartenance à l'ensemble « Vitesse de descente élevée ».	82
Figure 31 : Fonction d'appartenance à l'ensemble « Durée de surverse, longue ».	83
Figure 32 : Fonction d'appartenance à l'ensemble « stabilisation, longue ».	83
Figure 33 : Fonction d'appartenance aux ensembles « Température basse » (A) et « Température élevée » (B).	84

<i>Figure 34 : Relation entre l'ensemble flou « débit maximum élevé » (abscisse) et les ensembles « durée de surverse élevé », « vitesse de montée élevée », « vitesse de descente élevée ».</i>	85
<i>Figure 35 : Relation entre régime hydrologique (débit maximum de surverse, durée de stabilité) et régime thermique (température basse et élevée) pour les périodes précédant chaque campagne de pêche.</i>	86
<i>Figure 36 : Relations entre « effectif élevé » et « débit maximum élevé » (à gauche) et entre « effectif élevé » et « durée de surverse élevée » (à droite) pour le chevaine. Les couleurs des points font référence au stade larvaire médian de la cohorte (cf. légende sur la figure). La droite $y=x$ est représentée en pointillé.</i>	89
<i>Figure 37: Relation entre les deux ensembles flous « effectif élevé » (ordonnée) et « durée de stabilisation élevée » (abscisse) pour le chevaine. Les couleurs des points font référence au stade larvaire médian de la cohorte (cf. légende sur la figure). La droite $y=x$ est représentée en pointillé.</i>	90
<i>Figure 38 : Relations entre « effectif élevé » et « débit maximum élevé » (à gauche) et entre « effectif élevé » et « durée de surverse élevée » (à droite) pour le gardon. Les couleurs des points font référence au stade larvaire médian de la cohorte (cf. légende sur la figure). La droite $y=x$ est représentée en pointillé.</i>	92
<i>Figure 39 : Relation entre les deux ensembles flous « effectif élevé » (ordonnée) et « durée de stabilisation élevée » (abscisse) pour le gardon. Les couleurs des points font référence au stade larvaire médian de la cohorte (cf. légende sur la figure). La droite $y=x$ est représentée en pointillé.</i>	92
<i>Figure 40 : Relations entre « effectif élevé » et « débit maximum élevé » (à gauche) et entre « effectif élevé » et « durée de surverse élevée » (à droite) pour le hotu. Les couleurs des points font référence au stade larvaire médian de la cohorte (cf. légende sur la figure). La droite $y=x$ est représentée en pointillé.</i>	94
<i>Figure 41 : Relation entre les deux ensembles flous « effectif élevé » (ordonnée) et « durée de stabilisation élevée » (abscisse) pour le hotu. Les couleurs des points font référence au stade larvaire médian de la cohorte (cf. légende sur la figure). La droite $y=x$ est représentée en pointillé.</i>	94
<i>Figure 42 : Relations entre « effectif élevé » et « débit maximum élevé » (à gauche) et entre « effectif élevé » et « durée de surverse élevée » (à droite) pour l'ablette. Les couleurs des points font référence au stade larvaire médian de la cohorte (cf. légende sur la figure). La droite $y=x$ est représentée en pointillé.</i>	96

- Figure 43 : Relation entre les deux ensembles flous « effectif élevé » (ordonnée) et « durée de stabilisation élevée » (abscisse) pour l'ablette. Les couleurs des points font référence au stade larvaire médian de la cohorte (cf. légende sur la figure). La droite $y=x$ est représentée en pointillé. 96*
- Figure 44 : Relations entre « effectif élevé » et « durée de surverse élevée » (à gauche) et entre « effectif élevé » et « durée de stabilisation élevée » (à droite) pour les quatre espèces considérées. Les couleurs des points font référence au stade larvaire médian de la cohorte (cf. légende sur la figure). La droite $y=x$ est représentée en pointillé..... 102*
- Figure 45 : Evolution temporelle (par campagne) du degré « effectif élevé » moyen sur les quatre espèces étudiées selon le site et l'année (10 = 2010, 11= 2011). Pour chaque campagne, les valeurs d'abondance des cohortes apparaissant pour la première fois ont été écartées afin de n'illustrer que les valeurs des cohortes ayant vécu complètement les conditions environnementales de la période précédant la pêche. A noter que le pic d'abondance observé pour la campagne 1112 (en 2011) est certainement dû à l'utilisation d'un matériel de pêche électrique différent pour cause de non-disponibilité matérielle..... 103*
- Figure 46 : Evolution temporelle des sommes de degré « effectif élevé » pour les quatre espèces étudiées selon le site et l'année (10 = 2010, 11= 2011)..... 104*

Liste des tableaux

<i>Tableau 1 : Calendrier des campagnes d'échantillonnage à Péage-de-Roussillon et Baix-le-Logis-Neuf en 2010 et 2011. La campagne du 26-27/07/2011 n'a pas pu être réalisée pour des raisons hydrologiques.</i>	<i>26</i>
<i>Tableau 2 : Caractérisation thermique (température moyenne en °C ; colonne T° moyenne) des périodes inter-pêche des vieux-Rhône de Baix-Le Logis-neuf et Péage de Roussillon en 2010 (Campagnes 1001 à 1014) et 2011 (Campagnes 1101 à 1114).</i>	<i>40</i>
<i>Tableau 3 : Caractérisation hydrologique des périodes inter-pêche du RCC de Baix-Le Logis-neuf en 2010 (Campagnes 1001 à 1014) et 2011 (Campagnes 1101 à 1114). En cas de surverse caractérisée avant la campagne de pêche, le tableau donne le jour Julien du milieu de la surverse, les vitesses de montée et descente ($m^3.s^{-1}/h$), le débit maximum observé ($m^3.s^{-1}$), la durée (h) et la durée en débit réservé avant la pêche (durée de stabilité en h).</i>	<i>45</i>
<i>Tableau 4 : Caractérisation hydrologique des périodes inter-pêche du RCC de Péage de Roussillon en 2010 (Campagnes 1001 à 1014) et 2011 (Campagnes 1101 à 1114). En cas de surverse caractérisée avant la campagne de pêche, le tableau donne le jour Julien du milieu de la surverse, les vitesses de montée et descente ($m^3.s^{-1}/h$), le débit maximum observé ($m^3.s^{-1}$), la durée (h) et la durée en débit réservé avant la pêche (durée de stabilité en h).</i>	<i>46</i>
<i>Tableau 5 : Effectifs de juvéniles de l'année des 19 espèces de Cyprinidés échantillonnées dans les vieux-Rhône de Péage-de-Roussillon et de Baix-le-Logis-Neuf en 2010 et 2011.</i>	<i>50</i>
<i>Tableau 6 : Evolution temporelle d'effectifs des stades 1 à 5 de chevaine, sur les secteurs de Baix-Le-Logis-Neuf et Péage-De-Roussillon en 2010 et 2011 (vieux-Rhône). Les effectifs des premiers stades de développement ont été surlignés.</i>	<i>51</i>
<i>Tableau 7 : Evolution temporelle d'effectifs des stades 1 à 5 de gardon, sur les secteurs de Baix-Le-Logis-Neuf et Péage-De-Roussillon en 2010 et 2011 (vieux-Rhône). Les effectifs des premiers stades de développement ont été surlignés.</i>	<i>52</i>
<i>Tableau 8 : Evolution temporelle d'effectifs des stades 1 à 5 de hotu, sur les secteurs de Baix-Le-Logis-Neuf et Péage-De-Roussillon en 2010 et 2011 (vieux-Rhône). Les effectifs des premiers stades de développement ont été surlignés.</i>	<i>54</i>

<i>Tableau 9 : Evolution temporelle d'effectifs des stades 1 à 5 d'ablette, sur les secteurs de Baix-Le-Logis-Neuf et Péage-De-Roussillon en 2010 et 2011 (vieux-Rhône). Les effectifs des premiers stades de développement ont été surlignés.</i>	<i>55</i>
<i>Tableau 10 : effectifs de juvéniles de l'année des 17 espèces de Cyprinidés échantillonnés dans canaux de fuite de Péage-de-Roussillon et de Baix-le-Logis-Neuf en 2010 et 2011.</i>	<i>56</i>
<i>Tableau 11 : effectifs de juvéniles de l'année des 18 espèces de Cyprinidés échantillonnés en aval des restitutions des aménagements de Péage-de-Roussillon et de Baix-le-Logis-Neuf en 2010 et 2011.</i>	<i>57</i>
<i>Tableau 12 : Effectifs (colonnes N) et proportions (colonnes %) des espèces échantillonnées par type de station (RCC, CF et RES) à Péage-de-Roussillon et Baix-le-Logis-Neuf toutes campagnes confondues. Les espèces sont classées par ordre décroissant d'effectif total (colonne « TOTAUX »).</i>	<i>60</i>
<i>Tableau 13 : Limites des classes d'occupation spatiale définies suivant le maximum d'EPA occupé observé.</i>	<i>76</i>
<i>Tableau 14 : Distribution des effectifs de hotus stade 4 par cohortes. Le tableau est découpé en classes d'occupation (Forte, moyenne, faible) définies à partir du nombre d'EPA (Nepa) présentant des hotus de stade 4 sur l'ensemble de la campagne. La colonne « médianes » comporte les médianes des effectifs par catégories d'occupation.</i>	<i>77</i>
<i>Tableau 15 : Valeurs définies pour les points correspondant aux degrés d'appartenance 0, 0.5 et 1 aux ensembles « Effectif fort » selon l'espèce et le stade de développement (défini d'après Pinder, 2001). Les stades 1 ont été regroupés avec les stades 2.</i>	<i>79</i>
<i>Tableau 16 : Tableau de synthèse des points clefs pour les variables de caractérisation des surverses.</i>	<i>83</i>
<i>Tableau 17 : Quartiles des distributions des températures à Baix et à Péage.</i>	<i>84</i>
<i>Tableau 18 : Distribution des valeurs d'effectif de chevaine (>0.1) selon les classes d'abondance définies à partir du degré (low : degré < 0.25 ; mid : 0.25 ≤ degré < 0.5 ; int. : 0.5 ≤ degré < 0.75 high : degré ≥ 0.75) pour les situations en débit réservé (DR, proportion de cohortes) et après surverse (Surverse, nombre de cohorte).</i>	<i>88</i>
<i>Tableau 19 : Distribution des valeurs d'effectif de chevaine selon les classes d'abondance (degré par classe de 0.25) et de débit maximum (low : degré < 0.5 ; high : degré ≥ 0.5) pour chaque stade de développement, toutes situations confondues.</i>	<i>89</i>

<i>Tableau 20 : Distribution des valeurs d'effectif de chevaine selon les classes d'abondance (degré par classe de 0.25) et de durée de surverse (low : degré < 0.5 ; high : degré ≥ 0.5) pour chaque stade de développement, toutes situations confondues.....</i>	<i>89</i>
<i>Tableau 21 : Distribution des valeurs d'effectif de gardon (>0.1) selon les classes d'abondance définies à partir du degré (low : degré < 0.25 ; mid : 0.25 ≤ degré < 0.5 ; int. : 0.5 ≤ degré < 0.75 high : degré ≥ 0.75) pour les situations en débit réservé (DR, proportion de cohortes) et après surverse (Surverse, nombre de cohorte).</i>	<i>90</i>
<i>Tableau 22 : Distribution des valeurs d'effectif de gardon selon les classes d'abondance (degré par classe de 0.25) et de débit maximum (low : degré < 0.5 ; high : degré ≥ 0.5) pour chaque stade de développement, toutes situations confondues.</i>	<i>91</i>
<i>Tableau 23 : Distribution des valeurs d'effectif de gardon selon les classes d'abondance (degré par classe de 0.25) et de durée de surverse (low : degré < 0.5 ; high : degré ≥ 0.5) pour chaque stade de développement, toutes situations confondues.....</i>	<i>91</i>
<i>Tableau 24 : Distribution des valeurs d'effectif de hotu (> 0.1) selon les classes d'abondance définies à partir du degré (low : degré < 0.25 ; mid : 0.25 ≤ degré < 0.5 ; int. : 0.5 ≤ degré < 0.75 high : degré ≥ 0.75) pour les situations en débit réservé (DR, proportion de cohortes) et après surverse (Surverse, nombre de cohorte).....</i>	<i>93</i>
<i>Tableau 25 : Distribution des valeurs d'effectif de hotu selon les classes d'abondance (degré par classe de 0.25) et de débit maximum (low : degré < 0.5 ; high : degré ≥ 0.5) pour chaque stade de développement, toutes situations confondues.....</i>	<i>93</i>
<i>Tableau 26 : Distribution des valeurs d'effectif de hotu selon les classes d'abondance (degré par classe de 0.25) et de durée de surverse (low : degré < 0.5 ; high : degré ≥ 0.5) pour chaque stade de développement, toutes situations confondues.....</i>	<i>94</i>
<i>Tableau 27 : Distribution des valeurs d'effectif d'ablette (> 0.1) selon les classes d'abondance définies à partir du degré (low : degré < 0.25 ; mid : 0.25 ≤ degré < 0.5 ; int. : 0.5 ≤ degré < 0.75 high : degré ≥ 0.75) pour les situations en débit réservé (DR, proportion de cohortes) et après surverse (Surverse, nombre de cohorte).</i>	<i>95</i>
<i>Tableau 28 : Distribution des valeurs d'effectif d'ablette selon les classes d'abondance (degré par classe de 0.25) et de débit maximum (low : degré < 0.5 ; high : degré ≥ 0.5) pour chaque stade de développement, toutes situations confondues.....</i>	<i>95</i>
<i>Tableau 29 : Distribution des valeurs d'effectif d'ablette selon les classes d'abondance (degré par classe de 0.25) et de durée de surverse (low : degré < 0.5 ; high : degré ≥ 0.5) pour chaque stade de développement, toutes situations confondues.....</i>	<i>95</i>

Résumé

Ce travail de recherche, réalisé dans le cadre de l'étude thermique du Rhône Phase IV pilotée par EDF et intégrée au Plan Rhône, a pour objectif premier d'apporter des connaissances sur le rôle et l'importance des facteurs hydrologique et thermique sur le succès de reproduction et le maintien des juvéniles de poissons (de la famille des cyprinidés en particulier) dans des secteurs aménagés du Rhône. Afin d'atteindre cet objectif, une analyse temporelle de l'abondance des jeunes stades de développement des poissons a été réalisée en 2010 et 2011 dans deux secteurs du Rhône Moyen (au niveau des aménagements hydroélectriques de Péage-de-Roussillon (PK~55) et de Baix-le-Logis-Neuf (PK~140)). L'effort d'échantillonnage principal a porté sur les vieux-Rhône, considérés comme les sites privilégiés pour la reproduction des poissons. Les canaux de fuite et les zones en aval des restitutions (confluence entre canal de fuite et vieux-Rhône) ont également été échantillonnés.

La reproduction des cyprinidés s'effectue au printemps sous la dépendance de la température de l'eau et de la photopériode et les différentes espèces présentes sur un site donné utilisent des fenêtres temporelles particulières. Les premières semaines de développement sont considérées comme une période critique dans le développement en raison de la très forte vulnérabilité des embryons et des jeunes larves. Ces jeunes stades de développement, en raison de leurs (relativement) faibles capacités de nage sont souvent cantonnés dans des habitats stagnants ou peu courant, généralement le long des rives. Au début de l'étude, peu de données étaient disponibles sur la dynamique des effectifs de jeunes poissons au cours de cette période. Les analyses antérieures (étude thermique du Rhône phase III), reposant sur des jeux de données acquis sur de longues périodes (~20 ans) mais essentiellement en fin d'été ont montré l'existence d'une relation entre la variabilité inter-annuelle du succès de reproduction et un ensemble de variables hydrologiques et thermiques, mettant en évidence le rôle préjudiciable des montées de débits au cours du printemps et de l'été. Si le jeu de données initial permettait d'étudier correctement la variabilité inter-annuelle du succès de reproduction des espèces les mieux représentées, seuls les effectifs post-estivaux de juvéniles de l'année étaient pris en compte. La présente étude a pour objectif de collecter des données régulièrement (tous les quinze jours) entre l'apparition des premières larves (mars-avril) et le début de l'automne (octobre) afin de préciser la nature et l'amplitude des variations de débit et/ou de température susceptibles de faire varier significativement les abondances de juvéniles au cours leurs premiers mois de vie.

Quatorze campagnes d'échantillonnage par an ont été réalisées du printemps à l'automne dans chacun des secteurs. La stratégie d'échantillonnage des poissons utilisée est celle de l'échantillonnage ponctuel d'abondance (E.P.A.) avec un matériel adapté aux jeunes poissons. L'effort d'échantillonnage a été maximal dans les vieux-Rhône (100 E.P.A.) et réduit dans les canaux de fuite et l'aval des zones de restitution (25 E.P.A. dans chaque entité).

La température de l'eau a été enregistrée en continu ainsi que le niveau des eaux, les données hydrologiques (débits) ont été fournies par la Compagnie Nationale du Rhône.

Près de 120 000 poissons ont été échantillonnés, la majeure partie a été conditionnée et ramenée au laboratoire où les poissons ont été identifiés (espèce et stade de développement) et mesurés. Le travail d'identification a été réalisé grâce à des travaux existants mais a nécessité la recherche et la définition de certains critères pour des espèces et des stades de développement particuliers.

La conservation des poissons dans une solution de formol altère la structure des otolithes et interdit donc l'accès à l'âge des individus. L'examen des données brutes a rapidement mis en évidence plusieurs phases successives d'apparition de très jeunes stades pour une même espèce (plusieurs cohortes successives). Seules quatre espèces ont pu être analysées en raison des contraintes numériques (effectifs suffisants par espèce, stade de développement et date). Suite à la croissance des individus des différentes cohortes, l'affectation d'un individu à une cohorte par examen des distributions de tailles devient de plus en plus difficile au cours du temps. La première phase de l'analyse des données a donc consisté à établir une classification des individus en cohorte (modèles de mélange) afin de permettre l'estimation des effectifs. Cette phase a été couplée à une expertise destinée à limiter les erreurs.

L'étude réalisée a mis en évidence les difficultés d'interprétation des variations d'effectifs entre deux dates d'échantillonnage. En effet, il existe manifestement un mécanisme « naturel » de régulation des effectifs au cours des premières semaines de développement (mortalité des formes non-viables, prédation, dérive vers l'aval de très jeunes stades...), il peut également exister des phénomènes de pontes étalées dans le temps en fonction des degrés de maturité des géniteurs (des femelles notamment) et qui peuvent influencer significativement sur les effectifs à la date de pêche ; enfin, la variabilité thermique peut induire une hétérogénéité temporelle des taux de croissances inter-cohortes qui rendent difficile l'interprétation des variations d'effectifs par classe de tailles d'une date d'échantillonnage à l'autre.

La conséquence de ces caractéristiques est que l'analyse du rôle des variations de débit et de température devient très délicate. Un recours à des analyses basées sur la « logique floue » a

alors été nécessaire. Les concepts soutenant cette méthode permettent de changer l'échelle de la mesure d'abondance, de lui donner une « interprétabilité » plus directe et ainsi de mettre en évidence les variations des abondances qui resteraient masquées par le processus de décroissance temporelle des effectifs.

Ces analyses ont montré que l'apparition des jeunes larves dans le système est fortement conditionnée par l'existence de périodes de débits faibles (débits réservés ou débits légèrement supérieurs) et stables. L'étude révèle également que les périodes de débits élevés sur une longue durée (plusieurs jours) participent à la limitation de l'effectif des cohortes mais n'en sont pas la seule cause.

Par ailleurs, l'incidence d'une surverse n'est peut-être pas uniquement liée à son intensité (débit maximum et durée) mais dépend probablement de la date à laquelle elle intervient. L'impact des surverses est plus marqué sur les stades jeunes (stades 1 et 2) que sur les alevins de fin de premier été ayant acquis des capacités de nage importantes (juvéniles). Les surverses de printemps affectent donc préférentiellement les jeunes stades de hotus et de gardons, plus tard dans la saison, les surverses ont un impact plus marqué sur les espèces à reproduction plus tardive (ablette) ou plus étalée (chevaine par exemple). Il faut souligner que, malgré un effort d'échantillonnage important, le nombre d'observations par cas de figures en termes de caractéristiques de surverses reste peu important et limite les possibilités de généralisation.

En ce qui concerne la température aucune relation n'a pu être mise en évidence entre le maintien d'abondances élevées de juvéniles et les variables thermiques définies (températures basses ou élevées) au cours des deux années d'étude.

L'étude réalisée met en évidence la complexité des liens qui régissent les variations d'effectifs de jeunes poissons entre le moment de l'éclosion et la fin du premier été. Elle a permis de montrer la dynamique d'apparition, de maintien ou de réduction des effectifs au cours de cette période et la relative complexité des processus liés à la phénologie de la reproduction des espèces étudiées. Ces observations et la dynamique mises en évidence permettent de mieux comprendre une partie des sources de variabilité inter-annuelle du succès de reproduction des quatre espèces étudiées dans des systèmes très anthropisés.

1 Introduction

L'aménagement des grands cours d'eau tempérés a conduit à une altération progressive de la continuité écologique, de la connectivité latérale et de la qualité et de la diversité des habitats au sein des plaines alluviales. Ces modifications importantes des caractéristiques physiques des cours d'eau ont eu, au fil des décennies, des répercussions importantes sur la composition spécifique des peuplements et les densités des espèces. Le Rhône et sa plaine alluviale ont été aménagés depuis plusieurs siècles, d'abord par des endiguements, puis, depuis la construction de l'aménagement hydroélectrique de Cusset en 1899, par l'édification d'une chaîne de barrages hydroélectriques du Léman jusqu'à l'entrée du delta. Des documents anciens permettent de mettre en évidence les changements importants de structure de peuplements associés aux différentes phases d'aménagements du fleuve, notamment les plus récentes (Olivier *et al.*, 2009¹, Persat *et al.*, 1995²). Depuis Seyssel (en aval du barrage de Génissiat), une succession de barrages hydroélectriques à dérivation a transformé le cours du Rhône en un ensemble d'entités composées de sections aménagées (retenue et canaux d'amenée et de fuite), de tronçons court-circuités (vieux-Rhône) dans lesquels transite, en dehors des épisodes de crue ou d'incident (ou de maintenance) au niveau des usines hydroélectriques, un débit réservé très inférieur au débit de fleuve, et des zones plus ou moins longues entre deux aménagements. Sur le Haut-Rhône (entre Genève et Lyon), en aval de Seyssel, la partie comprise entre l'aval du barrage de Sault-Brénaz et le barrage de Jons, constitue un des plus longs secteurs hors-aménagement. En aval de Lyon, le chenal est endigué et les aménagements hydroélectriques sont rapprochés les uns des autres. Plus récemment, le régime thermique du Rhône s'est modifié d'une part conjointement avec l'évolution des températures de l'air en réponse au changement climatique et d'autre part suite à l'installation successive depuis les années 70 de quatre centres nucléaires de production électrique (CNPE) (Bugey en amont de Lyon, et Saint-Alban, Cruas-Meysse et Tricastin en aval) qui utilisent l'eau du Rhône comme source froide. Dans ce contexte, les modalités d'utilisation de l'espace fluvial par les espèces et notamment les poissons sont fortement

¹ Olivier J-M., Carrel G., Lamouroux, N., Dole-Olivier M-J., Malard F., Bravard J-P., Amoros C. (2009) The Rhône River Basin. In Rivers of Europe (Eds K. Tockner, C.T. Robinson & U. Uehlinger), pp 247-295. Academic Press, London.

² Persat H., Olivier J.M., Bravard J.P. (1995) Stream and riparian management of large braided central European rivers, and consequences for fish. In Condition of the World's Aquatic Habitats. Proceedings of the World Fisheries Congress, Theme 1. (Ed Armantrout N.B.), pp. 139-169. Oxford Publishing Co., New Delhi.

dépendantes de la disponibilité des habitats (pour la reproduction et la croissance notamment) et de fait, des modifications induites par le fonctionnement des ouvrages de production électrique et de la qualité de l'eau. Il existe donc une structuration longitudinale des peuplements de poissons avec une différence de structure marquée entre l'amont et l'aval de Lyon. Au sein de ces deux grands ensembles, les vieux-Rhône constituent des secteurs privilégiés dans lesquels les espèces les plus rhéophiles trouvent encore des conditions d'habitat compatibles avec leurs exigences, et ce malgré les faibles débits qui transitent dans ces tronçons court-circuités. Le maintien des populations de poissons dans ces milieux est en grande partie dû aux stratégies biologiques de ces espèces, en particulier la durée de vie potentiellement importante des individus et la possibilité pour certaines espèces (l'ablette par exemple) de se reproduire à plusieurs reprises au cours du printemps et de l'été. Les vieux-Rhône offrent des habitats de reproduction pour la majeure partie des espèces. Dans tous les cas, la vulnérabilité des œufs et des très jeunes individus au cours des premières semaines de développement fait de cette période une étape clé dans le processus de maintien des populations dans un site donné. Une attention particulière est donc généralement portée à cette étape de reproduction et de maintien des juvéniles de poissons au cours de leurs premiers mois de développement.

La phase III de l'étude thermique Rhône a montré la complexité du rôle des facteurs thermique et hydrologique sur le succès de la reproduction de 14 espèces de Cyprinidés. En effet, si le bilan annuel du succès de la reproduction peut être estimé de manière relativement rigoureuse par l'analyse des structures en classes de tailles des poissons échantillonnés en début d'automne, aucune information permettant de comprendre la dynamique d'apparition des larves dans le milieu et les causes de leur maintien ou non au cours des premiers mois de vie des jeunes poissons n'est disponible. Les processus exacts de régulation des densités de jeunes poissons au cours des premiers mois de développement sont encore mal décrits. Il existe très certainement des phénomènes de régulation liés à des différences de performance inter-individus, à des pressions de prédateurs variables, mais également à des facteurs abiotiques importants tels que l'exposition à des fluctuations des contraintes hydrauliques et potentiellement fortes au regard des capacités physiques des jeunes poissons. À la suite des résultats obtenus à partir de pêches de printemps et de fin d'été (de 1982 à 2004)³, il est donc apparu nécessaire d'analyser la dynamique temporelle d'apparition et de croissance des jeunes

³ Etude thermique globale du Rhône Phase 3, « Étude à l'échelle du Rhône des compartiments biologiques »
Coordination EDF. Lot 2.2.2. « La variabilité hydro-climatique et son rôle sur la reproduction des poissons
Cyprinidae 1982-2004 ».

poissons (Cyprinidés) en relation avec l'évolution temporelle de la température de l'eau et du débit.

Pour atteindre ces objectifs, deux sites d'étude ont été sélectionnés : le vieux-Rhône de Péage-de-Roussillon et celui de Baix-Logis-Neuf. Ces deux vieux-Rhône sont soumis à des régimes de débit réservé comparables ($10 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ en période hivernale et $20 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ en période estivale). En revanche, la présence du CNPE de Saint-Alban/Saint-Maurice l'Exil en amont de la dérivation de Péage-de-Roussillon induit un réchauffement de l'eau qui transite dans le vieux-Rhône. A l'opposé, le vieux-Rhône de Baix-le-Logis-Neuf est situé en aval de la confluence avec l'Isère, affluent froid du Rhône, et possède des caractéristiques thermiques différentes de celles du vieux-Rhône de Péage-de-Roussillon. Le débit dans les vieux-Rhône est susceptible d'augmenter à tout moment en fonction des aléas de fonctionnement et/ou des opérations de maintenance au niveau des usines hydroélectriques, et lors des crues du Rhône lorsque le débit entrant dépasse le débit d'armement de l'usine. Ces variations de débits et de hauteurs d'eau, d'amplitudes variables, peuvent s'accompagner de variations thermiques et constituer des perturbations susceptibles de causer des pertes au sein des groupes de jeunes poissons (Figure 1). La vulnérabilité des individus est probablement différente en fonction de leur âge et notamment selon leur capacité de nage.

Afin de mieux comprendre les modalités de distribution spatiale et de dispersion des jeunes poissons à l'échelle locale, l'échantillonnage a également été réalisé dans les canaux de fuite des deux aménagements hydroélectriques et l'aval des zones de restitution (aval vieux-Rhône).

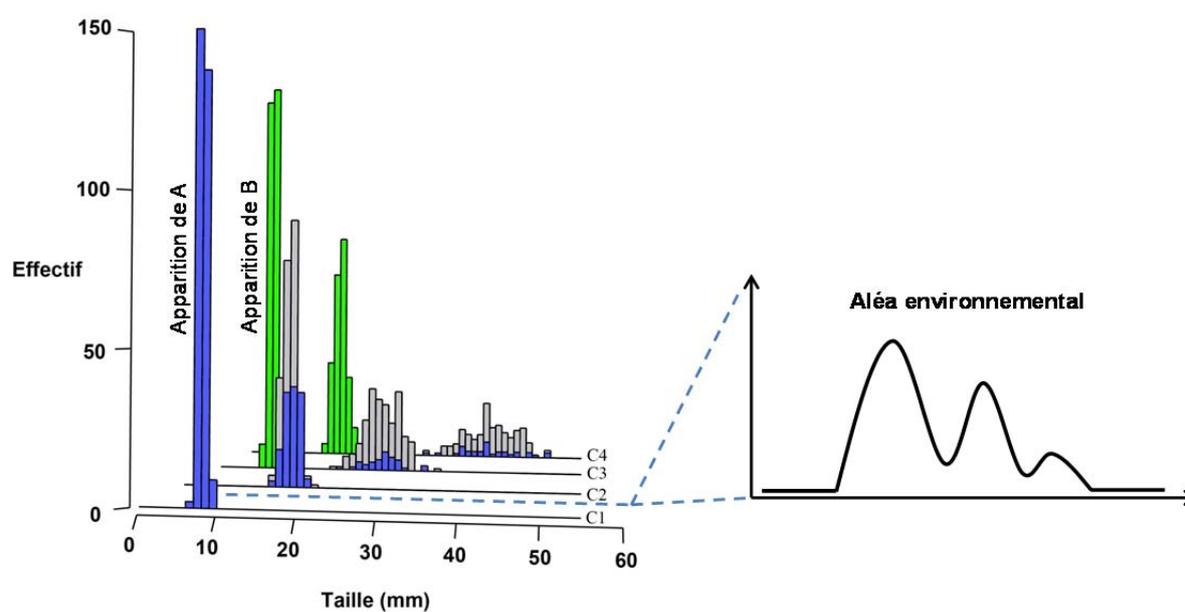


Figure 1 : Illustration théorique de la phénologie d'apparition des cohortes de jeunes poissons et de leur croissance. L'évolution temporelle de leurs effectifs est présentée par des histogrammes de classe de taille de 1 mm. Les distributions de taille de deux cohortes, A et B, sont figurées (bleue et verte, respectivement) à quatre périodes différentes (C1 à C4). Entre C1 et C2 un aléa environnemental intervient (figuré à droite) qui impact les effectifs de A. Les parties grisées des histogrammes figurent les effectifs attendus par classe de taille sans l'aléa.

2 Protocoles

2.1 Choix des sites d'étude

Deux sites d'étude ont été sélectionnés : Péage-de-Roussillon et Baix-Le-Logis-Neuf (Figure 2). Ces sites sont situés à l'aval d'un aménagement hydroélectrique à dérivation sur le Bas-Rhône. Les débits réservés des vieux-Rhône sont similaires et le régime hydrologique annuel de ces deux secteurs présente des profils relativement homogènes. Enfin, le contraste thermique entre les deux vieux-Rhône a été un élément déterminant. En effet, la présence du rejet du CNPE de Saint-Alban à l'amont du site de Péage de Roussillon entraîne une élévation de la température de l'eau du vieux-Rhône. A l'opposée, l'arrivée de l'Isère, affluent froid du Rhône en amont du site de Baix-Le-Logis-Neuf, rafraichit les eaux du Rhône.

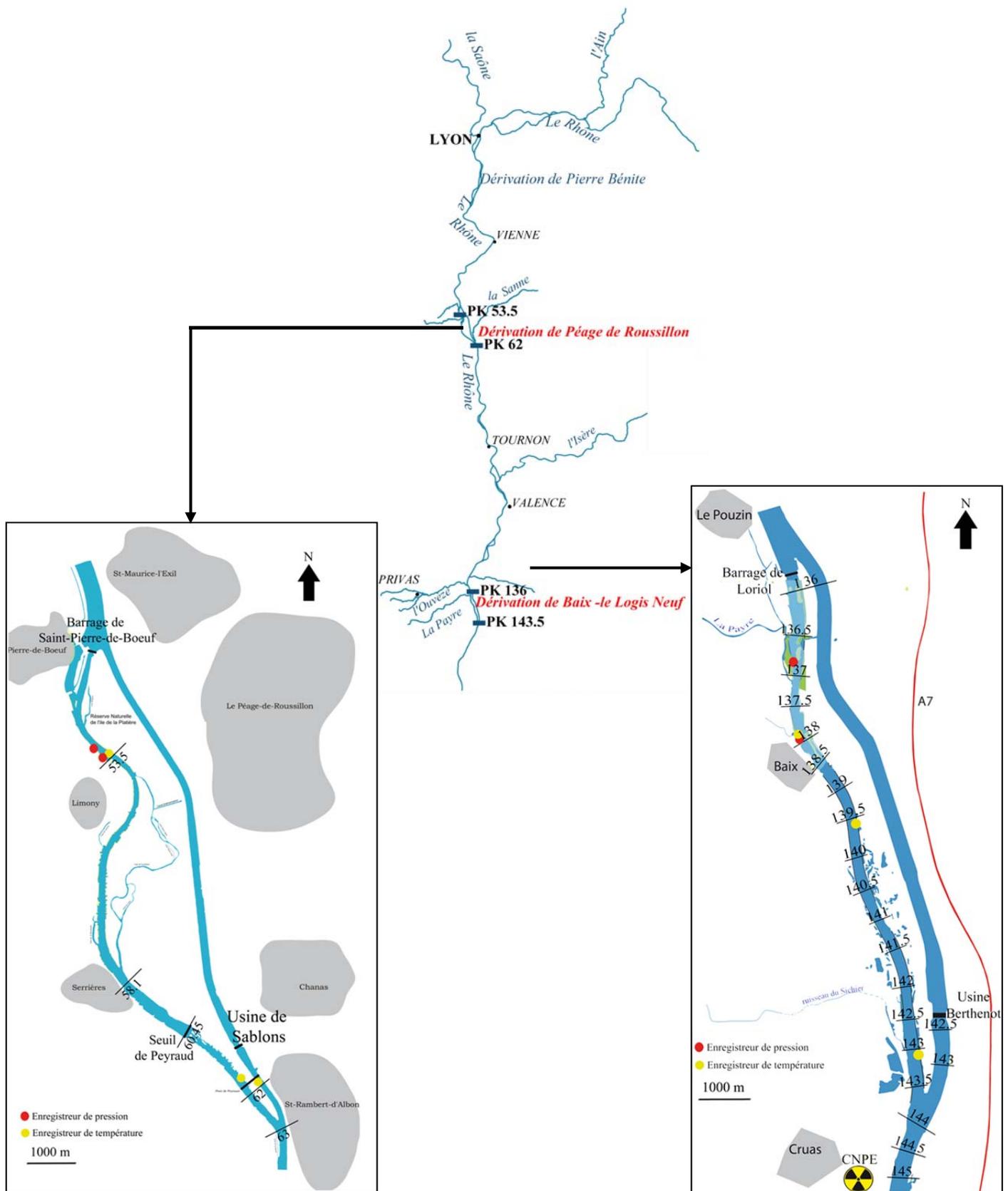


Figure 2 : Cartes de localisation des sites d'étude. Les points kilométriques (PK) sont figurés par des traits continus noirs. Haut : carte générale du Rhône et de ses principaux affluents entre Lyon et la dérivation de Baix-Logis-neuf. Bas : détails des deux sites d'étude et localisation des enregistreurs : température (points jaunes) et pression d'eau (points rouges)

2.2 Échantillonnage des poissons

La précision requise par l'étude demande un effort d'échantillonnage important fixé selon le protocole suivant :

- 14 campagnes d'échantillonnage par pêche électrique sur la période de reproduction (tous les 15 jours, Tableau 1) à raison de deux jours par site pour suivre les trois secteurs (Vieux-Rhône, Restitution et Canal de fuite) (Figure 3) ;
- 150 échantillons ponctuels d'abondance (E.P.A.) par site ont été effectués à chaque campagne (vieux-Rhône : 100 E.P.A. ; restitution : 25 E.P.A. répartis sur les 2 rives ; canal de fuite : 25 répartis sur les 2 rives) (Figure 3).
- la taille des premières larves étant très petite, un filet de vide de maille de 200µm a été utilisé à chaque EPA

Les poissons identifiables ont été mesurés sur le terrain. Larves et juvéniles ont été conditionnés dans une solution de formol (4%) et ramenés pour détermination au laboratoire. La phase de détermination et de mesure de l'ensemble des campagnes de pêches s'est terminée mi-novembre 2012.

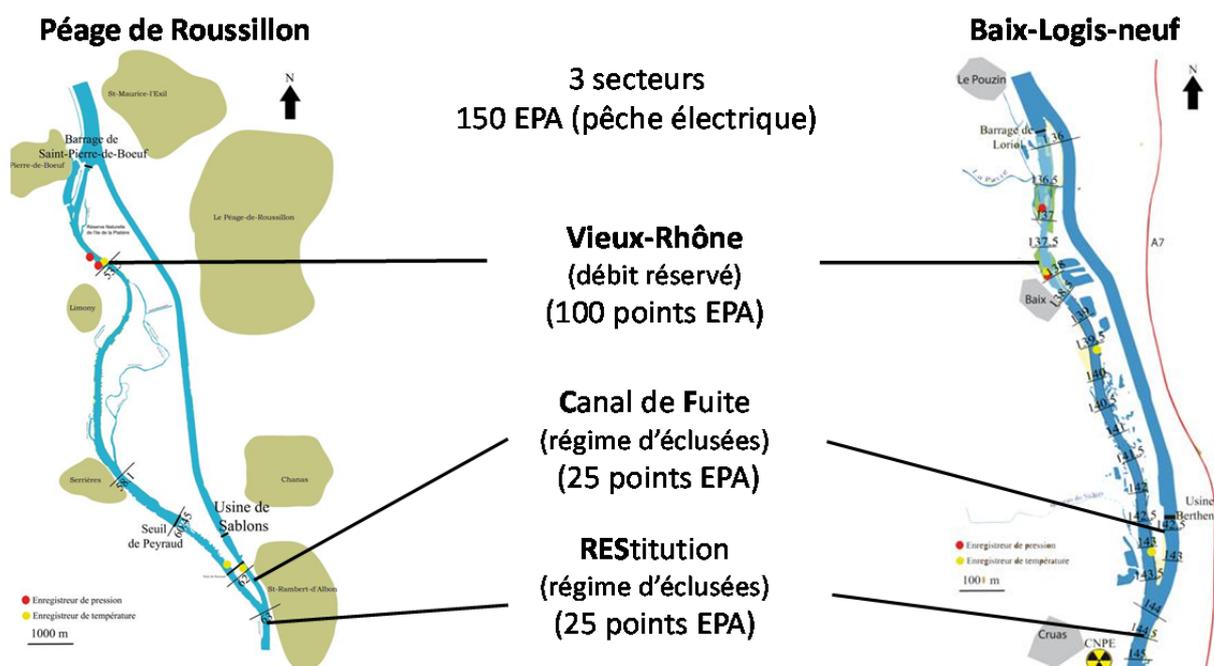


Figure 3 : Distribution des Échantillons Ponctuels d'Abondance au sein des deux sites d'étude, dans les différents compartiments (Vieux-Rhône ou RCC, Canal de fuite et zone de restitution)

Tableau 1 : Calendrier des campagnes d'échantillonnage à Péage-de-Roussillon et Baix-le-Logis-Neuf en 2010 et 2011. La campagne du 26-27/07/2011 n'a pas pu être réalisée pour des raisons hydrologiques.

	Péage-de-Roussillon		Baix-le-Logis-Neuf	
	2010	2011	2010	2011
C1	13-14 avril	5-6 avril	15-16 avril	7-8 avril
C2	27-28 avril	19-20 avril	29-30 avril	21-22 avril
C3	6-7, 10 mai	3-4 mai	11,18-19 mai	5-6 mai
C4	25-26 mai	17-18 mai	27-28 mai	19-20 mai
C5	8-9, 14 juin	31 mai et 1 juin	10-11 juin	2-3 juin
C6	29-30 juin et 1 Juil	14-15 juin	23-24 juin	16-17 juin
C7	6-7 juil	28-29 juin	8-9 juil	30 juin, 01 juil
C8	20-21 juil	12-13 juil	22-23 juil	14-15 juil
C9	6-7 août	---	8-9 août	27-28 juil
C10	17-18 août	9-10 août	19-20 août	11-12 août
C11	31 août et 1 sept	23-24 août	2-3 sept	25-26 août
C12	14-15 sept	6-7 sept	16-17 sept	8-9 sept
C13	28-29 sept	20-21 sept	30 sept et 1 oct	22-23 sept
C14	12-13 oct	4-5 oct	14-15 oct	9-7 oct

Dans l'ensemble, le pas de temps de 15 jours fixé par le protocole a pu être respecté malgré les contraintes dues aux opérations de maintenance sur les groupes de production des deux barrages. Une seule campagne en juillet 2011 à Péage (C9 ; 26-27/07/2011) n'a pu être effectuée (débit trop important).

2.3 Physico-chimie

2.3.1 Température

L'étude de l'influence du régime thermique nécessite une caractérisation de son évolution pendant toute la durée de l'étude et sur tous les secteurs suivis. Dans cet objectif, nous avons mis en place les enregistreurs suivants :

- Deux thermo-enregistreurs ont été implantés dans le vieux-Rhône de Péage-de-Roussillon. Le premier à hauteur du PK 53.5 dans le chenal principal et le second en aval aux alentours du PK 62 proche de la zone de restitution. Enfin un thermo-enregistreur a été installé dans le canal de fuite de l'usine également à hauteur du PK 62.

- Trois thermo-enregistreurs ont été implantés dans le vieux-Rhône de Baix-Le-Logis-Neuf en 2010 aux PK 137.8, 139.5 et 143. Un quatrième enregistreur (sonde thermique couplée à l'enregistreur de pression, cf. ci-dessous) a été ajouté en aval du barrage du Pouzin en 2011 (PK 136.5). Les données thermiques du Canal de fuite et de la retenue en aval de la restitution ont été enregistrées par EDF.

2.3.2 Paramètres physico-chimiques

Des phénomènes d'eutrophisation ayant été constatés lors des années antérieures (notamment au printemps 2009 dans le vieux-Rhône de Péage-de-Roussillon), les paramètres classiques de la physico-chimie des eaux ont été mesurés lors des pêches : conductivité électrique, concentration en oxygène dissous (et pourcentage de saturation), concentrations en nitrites, nitrates, phosphates et chlorophylle a. Des analyses de la qualité de l'eau ont été effectuées afin de caractériser l'évolution de la qualité physico-chimique des eaux et la productivité du milieu durant la période d'échantillonnage. En 2010, l'eau a été conservée au frais et ramenée au laboratoire pour analyse mais l'examen des résultats a mis en évidence l'existence d'un biais (valeurs aberrantes) probablement dû à une durée de conservation sur le terrain trop importante. Pour pallier à ce problème, en 2011, un spectrophotomètre portatif⁴ a été utilisé afin de réaliser les mesures de concentrations en nitrites, nitrates, ortho-phosphates et ammonium directement sur le terrain évitant ainsi le transport d'eau. Lors des trois premières campagnes, des prélèvements d'eau ont été conservés pour mesurer les concentrations en éléments au laboratoire en suivant le protocole établi en 2010. Cette vérification a permis de conclure à une bonne fiabilité de l'appareil de terrain. Le carbone

⁴ Spectrophotomètre Hach Lange DR 2800 (Modèle LPV422).

organique total a été quantifié au laboratoire et les mesures de concentration en chlorophylle a ont été effectuées à toutes les campagnes au fluorimètre⁵.

Le protocole mis en œuvre à chaque campagne d'échantillonnage est le suivant :

- dans les vieux-Rhône : tous les 20 EPA (5 points), les paramètres suivants ont été mesurés : température, conductivité, oxygène dissous (pourcentage et concentration), des prélèvements d'eau ont été réalisés pour analyse au laboratoire afin de fournir une estimation des concentrations en : nitrates, nitrites, ammonium et phosphates.

- dans les canaux de fuite et en aval des restitutions : les mesures ont été réalisées en un seul point (mêmes paramètres que dans les vieux-Rhône).

2.4 Hydrologie

Un enregistreur de niveau a été implanté dans chacun des vieux-Rhône étudiés au printemps 2010, en amont des zones de remous (Figure 2). Les données hydrologiques dans les vieux-Rhône ont été fournies par La Compagnie Nationale du Rhône.

Suite au vol du matériel dans le vieux-Rhône de Péage-de-Roussillon en 2010, un second enregistreur a été implanté dans chaque vieux-Rhône en 2011.

2.5 Gestion des données

L'ensemble des données a été saisi dans une base de données dédiée au programme *via* une interface web notamment pour tous les paramètres d'habitat et les poissons mesurés *in situ*. Le schéma conceptuel de la base est présenté sur la Figure 4.

Les poissons mesurés au laboratoire ont été saisis dans un premier temps *via* l'interface citée précédemment qui présente l'avantage d'être accessible à un opérateur novice mais ne permet pas d'optimiser le temps de saisie au-delà d'une bonne maîtrise de la séquence de saisie (ordre des champs dans la base). Dans un deuxième temps, il est donc apparu nécessaire d'adopter une autre méthode afin d'améliorer l'efficacité de saisie. Des routines SQL d'import direct des tableaux saisis sous Microsoft © Excel ont été générées (*via* le logiciel R 2.15.0⁶) et utilisées par l'intermédiaire du logiciel phpmyadmin (licence GNU GPL) disponible sur le serveur hébergeant la base de données. Cette méthode nécessite un investissement supplémentaire de programmation. Ceci s'avère très rentable dans le cas où la quantité de données est importante car la saisie sous Excel peut être très rapide par

⁵ Fluorimètre Aquafluor 8000-010

⁶ R Development Core Team. 2012. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org/>.

comparaison à l'interface web mais nécessite une connaissance plus approfondie des données à saisir pour éviter des erreurs.

La base dans sa version finale rassemble les informations (caractérisation de l'habitat, coordonnées GPS) sur plus de 8000 EPA et les mesures individuelles (taille et indicateur de développement ; *cf.* ci-après) de plus de 120000 individus.

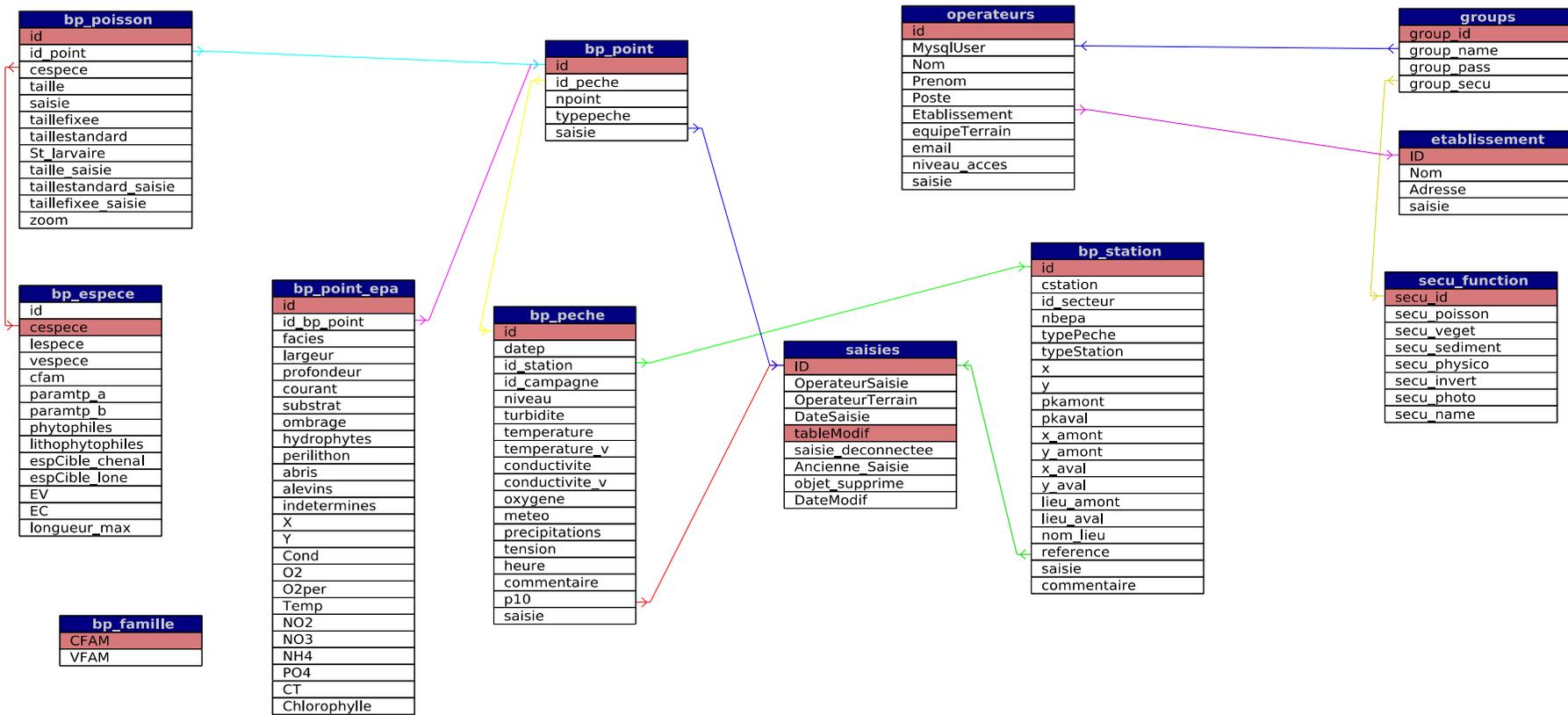


Figure 4: Schéma conceptuel de la base de données contenant l'ensemble des données

2.6 Identification des poissons

Une partie du jeu de données (table bp_poisson de la base de données) provient directement de mesures réalisées *in situ* lors des campagnes de terrain. Les individus prélevés à chaque point de pêche ont été identifiés (champ « cespece » de la base de données) lorsqu'ils étaient de taille suffisante (très faible risque d'erreur), mesurés (champ « taille_saisie » de la base de données) et relâchés dans leur milieu. Les individus dont l'identification n'était pas possible (taille trop faible ou difficulté particulière) ont été ramenés au laboratoire pour être examinés et/ou disséqués pour permettre leur identification grâce à des critères anatomo-morphologiques.

Chaque individu ramené au laboratoire a été identifié et deux mesures ont été réalisées, une correspondant à la longueur totale de l'individu (champ « taillefixee_saisie » de la base de données), l'autre à la longueur dite « standard », correspondant à la longueur jusqu'au pédoncule caudal juste avant le début de la nageoire caudale (champ « taillestandard_saisie » de la base de données) (Figure 5).

Les mesures ont été réalisées au grossissement le plus adapté (de 7X à 20X, selon la taille de l'individu) par l'intermédiaire d'un micromètre oculaire, et chaque mesure effectuée sous la loupe est convertie en mesure millimétrique grâce à une échelle de conversion implémentée dans la base de données (champs « taillefixee », « taillestandard » et « taille » de la base de données). La standardisation des mesures est rendue possible par l'utilisation d'un système « click-stop » sur le réglage du zoom qui permet d'assurer une position identique du zoom.

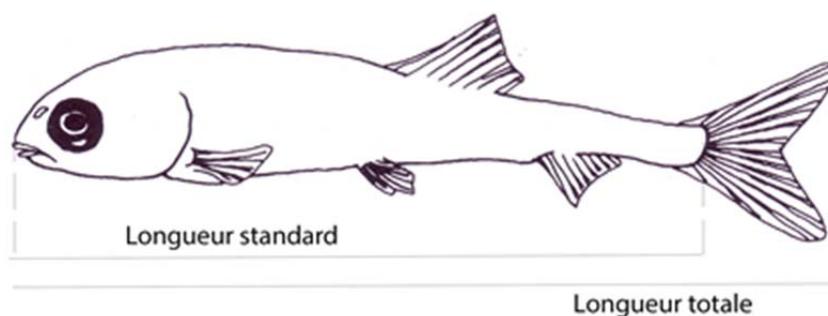


Figure 5: Schéma représentant les mesures réalisées au laboratoire (source : Pinder, 2001).

Le stade de développement (champ « St_larvaire » de la base de données) des plus jeunes individus (juvéniles de l'année) est déterminé selon le degré de résorption du sac vitellin et des champs natatoires (fine membrane où se développent progressivement les nageoires, Figure 6).

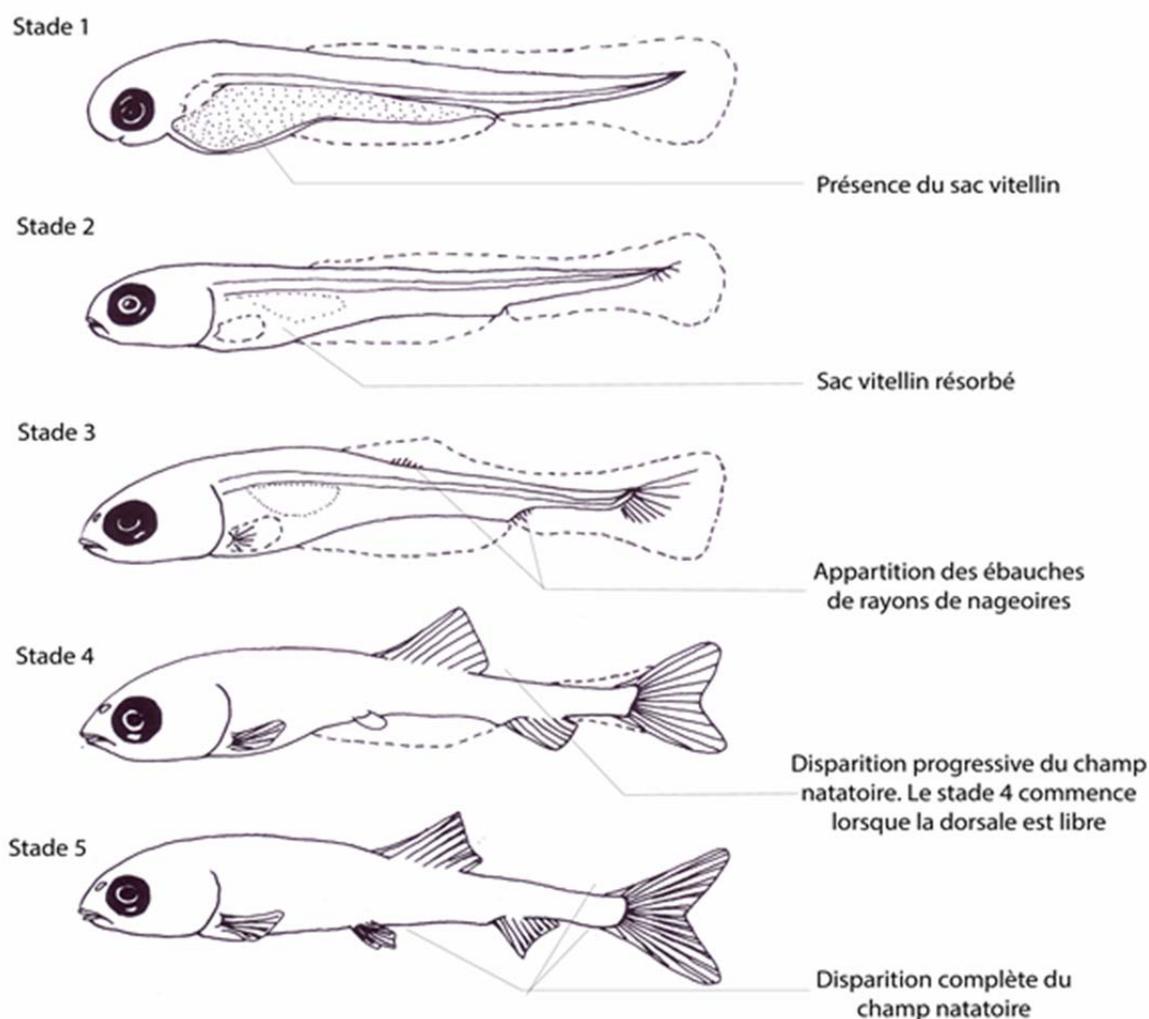


Figure 6: Représentation schématique des stades de développement 1 à 5 de jeunes poissons (source : Pinder, 2001)

Différents critères observables à la loupe binoculaire (une source de lumière à orientation réglable par guides lumineux articulés ainsi qu'un rétro-éclairage sur la base sont souvent nécessaires pour les critères les plus fins) sont alors utilisés pour séparer les espèces : critères de forme générale et de positionnement d'organes (notamment bouche et anus), de pigmentation, de segmentation (les myomères) ou encore de ratio entre parties du corps (Figure 7 et Figure 8).

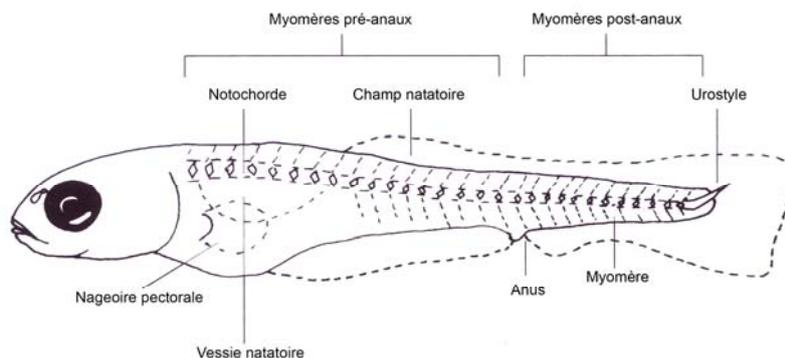


Figure 7 : Schéma général des critères morpho-anatomiques utilisés pour l'identification (source : Pinder, 2001)

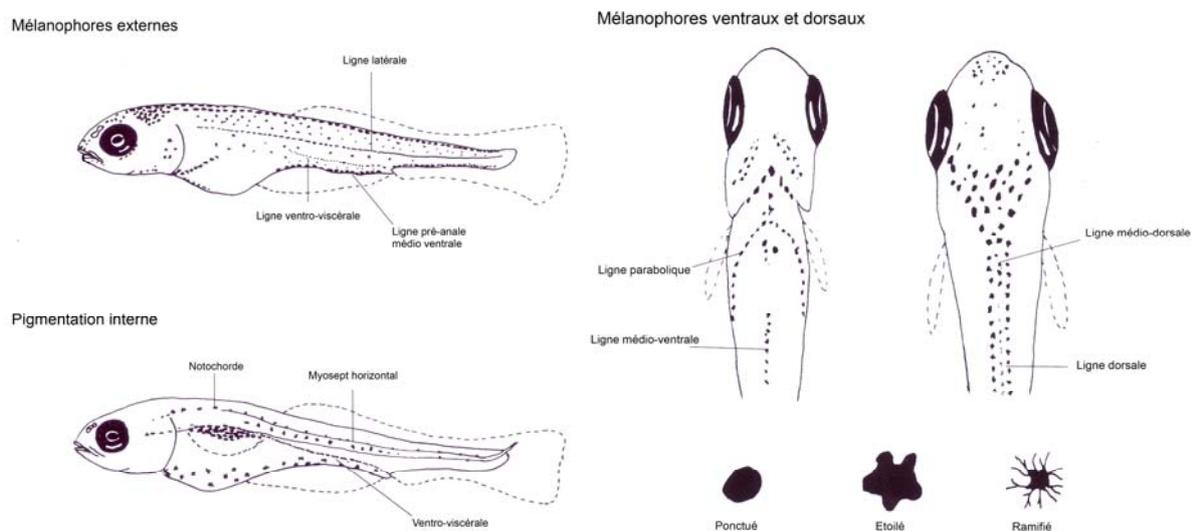


Figure 8: Schéma représentant les principaux critères de pigmentation utilisés lors des identifications (source : Pinder, 2001).

En pratique, la détermination à l'espèce sur des individus mesurant entre 6 et 20 millimètres n'est pas toujours aussi évidente qu'en théorie (Figure 9). Lors de cette étude, plusieurs problèmes ont été rencontrés, qui ont conduit à l'élimination de certains individus dans la base de données, ou à des identifications sujettes à controverses. Les causes sont variées et synthétisées ci-dessous.

Peu d'échantillons ont été altérés suite à l'évaporation du fixateur (formol) due à des problèmes d'étanchéité des flacons.

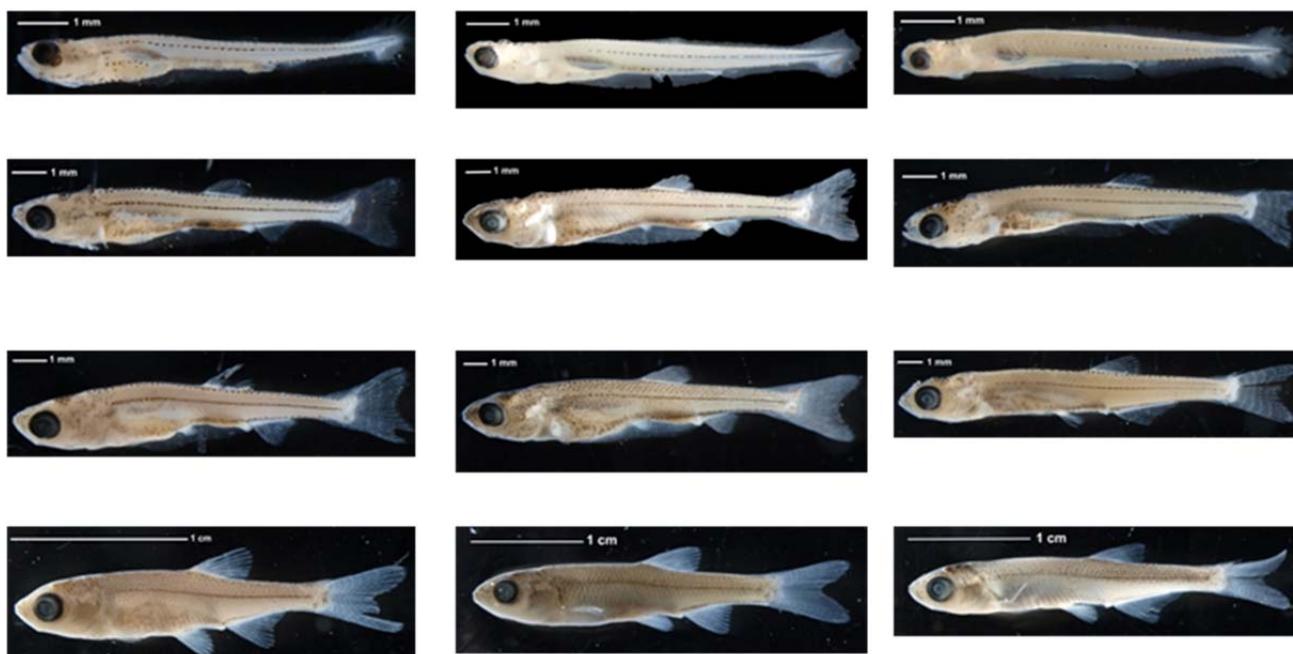


Figure 9: Illustration de l'évolution de la morphologie de quelques espèces au cours du développement. Stades 2 à 5 (de haut en bas) d'après Pinder (2001) pour (de gauche à droite) le rotengle (*Scardinius erythrophthalmus*), le chevaine (*Squalius cephalus*) et l'ablette (*Alburnus alburnus*).

La présence d'algues ou de débris dans les milieux échantillonnés et leur intégration potentielle dans les échantillons est également une source de dégradation : membrane ptérygiale abimée induisant des difficultés de détermination du stade de développement ou de la mesure de la longueur totale des individus. De plus, les pigments de couleurs variées présents dans les algues ont tendance à gagner les tissus des poissons dans la solution de formol, rendant la pigmentation naturelle des individus peu visible, et l'identification plus difficile voire impossible. Sortir les individus entremêlés dans ces algues constitue un risque supplémentaire de perte de données, les poissons s'abimant au fil des manipulations.

L'identification des très jeunes stades de développement des poissons peut se révéler très difficile selon les espèces. Peu d'ouvrages sont actuellement disponibles pour effectuer ce travail de précision. Dans notre étude, nous avons majoritairement utilisé l'ouvrage d'A. C. Pinder⁷ (2001) qui contient des clés d'identification réalisées sur plusieurs espèces des îles britanniques. D'autres publications ont pu être utilisées de façon ponctuelle pour confirmer des déterminations plus complexes (Koblickaja, 1981⁸).

Malgré ces ouvrages bien construits, certaines des espèces présentes à l'état adulte sur les deux sites échantillonnés n'étaient pas décrites à l'état de larves et de juvéniles, il a donc

⁷ Pinder, A.C. 2001. Keys to larval and juvenile stages of coarse fishes from fresh waters in the British Isles. Freshwater Biological Association (Ed), The Ferry House, Ambleside. Scientific Publication 60.

⁸ Koblickaja, A. F. 1981. Key for identifying young freshwater fishes (In Russian). Food Industry Publishing House, Moscow.

été nécessaire d'élaborer des clés d'identification. Des critères d'identification ont été définis pour plusieurs espèces : le hotu (*Chondrostoma nasus*), le spirilin (*Alburnoïdes bipunctatus*) et le blageon (*Telestes souffia*), et des adaptations ont été apportées à la clé élaborée pour les populations des îles britanniques. Plusieurs critères ont été utilisés simultanément afin de minimiser les risques d'erreur.

Ainsi, les règles de décision suivantes ont été adoptées :

- cas des deux espèces de brèmes (commune et bordelière, *Abramis brama* et *Blicca bjoerkna*, respectivement) : aucun critère fiable n'est disponible avant le stade 3, le nombre de myomères pré et post-anaux (21/17 de pour la brème bordelière, 23/19 pour la brème commune), couplé à un critère de pigmentation (Figure 10) a été utilisé. En cas de doutes sur les stades plus avancés, une extraction des dents pharyngiennes a été nécessaire pour confirmer l'identification.

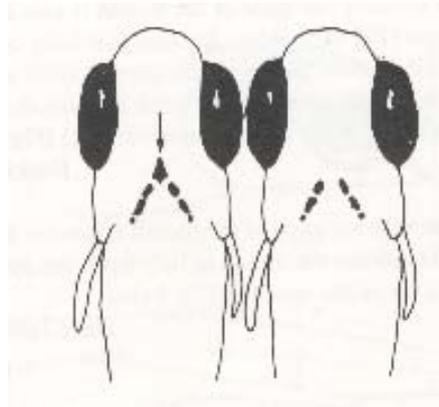


Figure 10 : Critère de pigmentation (aorte ventrale) utilisé pour différencier brème bordelière (à gauche) et brème commune (à droite) (Source : Pinder, 2001)

- cas de l'ablette (*Alburnus alburnus*) et du spirilin (*Alburnoïdes bipunctatus*) : il est difficile de faire une différence avant le stade 3 ; en effet, les stades de développement du spirilin ne sont pas décrits dans la littérature ; en cas de doute, les spirilins ont été identifiés comme des individus ayant le même nombre de myomères que l'ablette, mais un corps plus massif, des mélanophores moins développés, et une bouche en position plus terminale.

- cas du gardon (*Rutilus rutilus*) et du rotengle (*Scardinius erythrophthalmus*) : la question se pose uniquement pour les très jeunes stades (1 et 2) lorsque les dates de reproduction sont proches (années exceptionnelles) ; le critère utilisé pour différencier les deux espèces est le nombre de myomères post-anaux, qui doit être inférieur à 15 pour le rotengle, et à égal à 16 pour le gardon. La segmentation étant progressive au cours du développement larvaire, les myomères de la partie distale du pédoncule caudal peuvent être difficiles à distinguer. La

question s'est souvent posée de savoir si le nombre de myomères comptés sur les poissons de stades 1 et 2 pouvait être rigoureusement fiable. Lorsque le compte de myomères était égal à 15, les individus ont été identifiés comme des gardons.

- cas du carassin commun (*Carassius carassius*) et du carassin argenté (*Carassius auratus gibelio*) : les nombres de myomères pré et post anaux sont très proches et permettent difficilement l'identification. A partir du stade 3, une tache sombre apparaît sur le pédoncule caudal des carassins argentés, et permet une identification plus sûre.

A la suite des identifications et des saisies dans la base de données, une phase de vérification a été effectuée afin d'assurer une qualité optimale des données. Enfin, les données sur les longueurs standards des individus mesurés en laboratoire ont servi à réestimer (modèle linéaire entre longueur totale et longueur standard) celles des individus mesurés *in situ* pour lesquels seule une mesure de la longueur totale était disponible jusque-là.

3 Résultats

L'ensemble des résultats présentés dans cette partie constitue un premier niveau d'analyse qui permet d'aborder les questions en liaison avec la problématique générale de l'étude. La richesse des données acquises permet d'envisager des analyses en lien avec des objectifs variés. Une analyse plus développée des données pourra donc être envisagée à la suite de ce premier travail.

3.1 Thermie

La superposition des enregistrements thermiques effectués dans les vieux-Rhône de Péage-de-Roussillon et de Baix-le-Logis-Neuf montre que la température du vieux-Rhône de Péage-de-Roussillon est supérieure à celle de Baix en dehors des périodes hivernales froides (Figure 11), ce qui est en accord avec les hypothèses formulées lors du montage du projet.

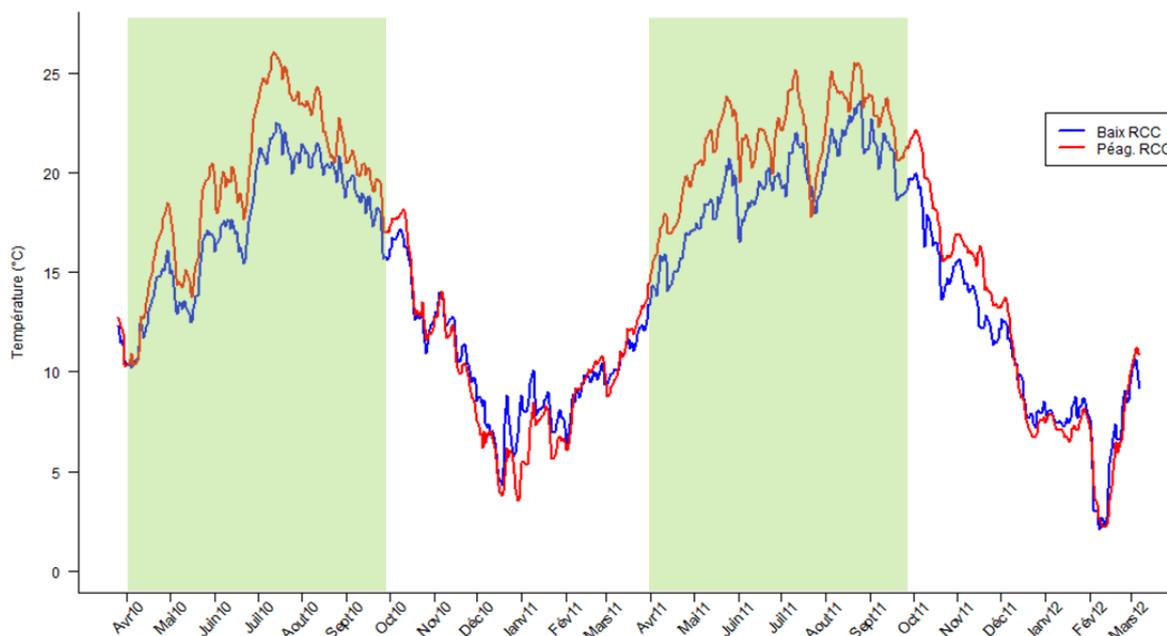


Figure 11 : Evolution des températures de l'eau dans les vieux-Rhône de Péage-de-Roussillon et de Baix-le-Logis-Neuf en 2010 et 2011. Les périodes d'échantillonnage des poissons sont indiquées en vert.

La température dans le vieux-Rhône de Péage-de-Roussillon peut être considérée comme homogène le long du RCC (Figure 12). Il existe certaines zones d'hétérogénéité thermique mais qui sont plutôt latérales et ponctuelles. Dans le vieux-Rhône de Baix-le-Logis-Neuf la température est longitudinalement très hétérogène avec une augmentation progressive de la température vers l'aval (Figure 13 et Figure 14). L'installation d'un enregistreur supplémentaire immédiatement en aval du barrage du Pouzin (PK 136.5) début 2011 a mis en évidence l'alimentation du vieux-Rhône par de l'eau froide (Figure 14)

certainement due à une stratification thermique de la retenue en amont. D'autre part, le RCC de Baix dispose d'un système de contre-canaux qui participent également à l'apport d'eau plus froide notamment sur la partie amont (avant le PK 138).



Figure 12 : Evolution des températures de l'eau dans le vieux-Rhône de Péage-de-Roussillon en amont (radier d'Arcoules, PK 53.5) et en aval (PK 62) en 2010 et 2011.

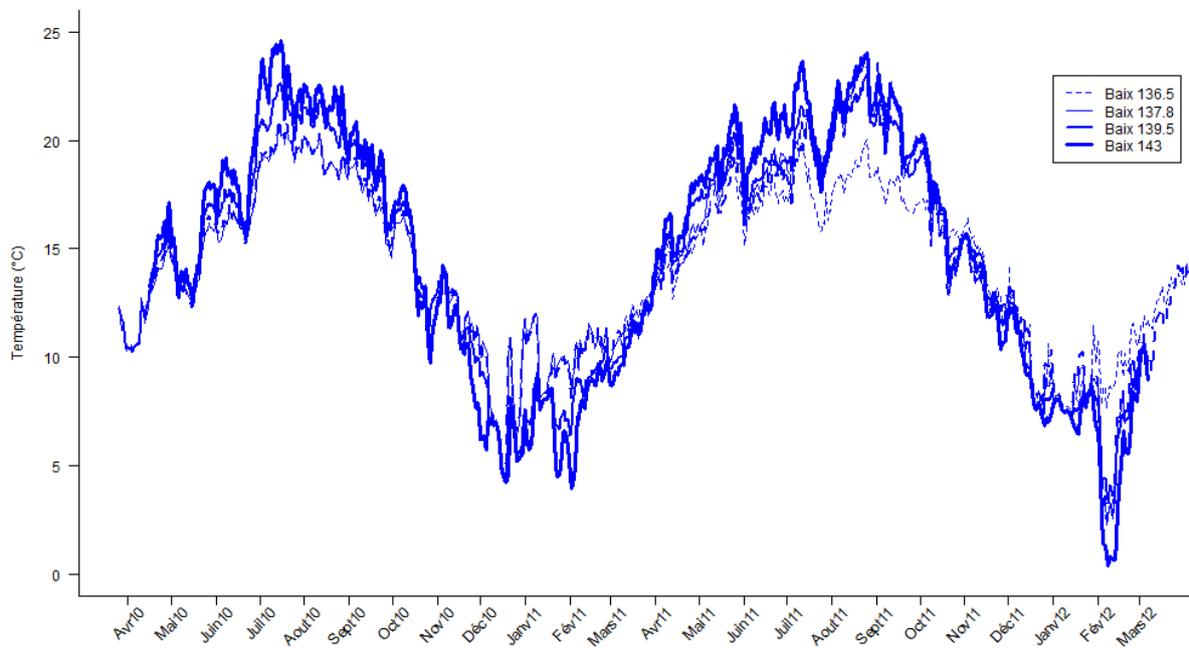


Figure 13 : Evolution des températures de l'eau dans le vieux-Rhône de Baix-le-Logis-Neuf aux PK 136.5, 137.8, 139.5 et 143 en 2010 et 2011.

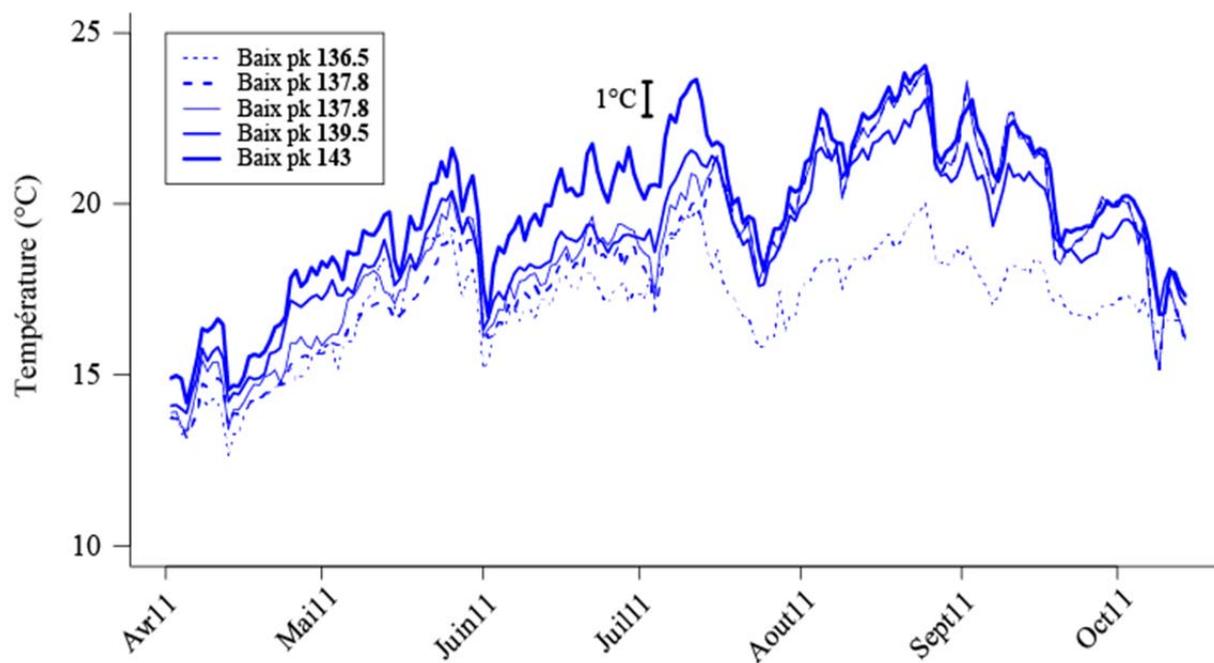


Figure 14 : Evolution des températures de l'eau dans le vieux-Rhône de Baix-le-Logis-Neuf en 2011.

Afin de caractériser thermiquement la période précédant chaque campagne de pêche nous avons utilisé la moyenne des températures horaire sur l'ensemble de la période considérée (généralement 15 jours ; Tableau 2).

Tableau 2 : Caractérisation thermique (température moyenne en °C ; colonne T° moyenne) des périodes inter-pêche des vieux-Rhône de Baix-Le Logis-neuf et Péage de Roussillon en 2010 (Campagnes 1001 à 1014) et 2011 (Campagnes 1101 à 1114).

Campagne	Baix période		T° moyenne	Campagne	Péage période		T° moyenne
	début	fin			début	fin	
1001	28/03/2010	15/04/2010	11.21	1001	28/03/2010	13/04/2010	11.06
1002	15/04/2010	29/04/2010	14.58	1002	13/04/2010	27/04/2010	15.60
1003	29/04/2010	18/05/2010	13.59	1003	27/04/2010	07/05/2010	16.68
1004	18/05/2010	27/05/2010	15.71	1004	07/05/2010	25/05/2010	15.56
1005	27/05/2010	10/06/2010	17.00	1005	25/05/2010	09/06/2010	19.20
1006	10/06/2010	23/06/2010	16.60	1006	09/06/2010	01/07/2010	19.83
1007	23/06/2010	08/07/2010	19.78	1007	01/07/2010	06/07/2010	24.12
1008	08/07/2010	22/07/2010	21.82	1008	06/07/2010	20/07/2010	25.27
1009	22/07/2010	05/08/2010	20.84	1009	20/07/2010	03/08/2010	23.95
1010	05/08/2010	19/08/2010	20.65	1010	03/08/2010	17/08/2010	23.34
1011	19/08/2010	02/09/2010	19.91	1011	16/08/2010	31/08/2010	21.32
1012	02/09/2010	16/09/2010	18.99	1012	31/08/2010	14/09/2010	20.38
1013	16/09/2010	30/09/2010	17.16	1013	14/09/2010	28/09/2010	19.32
1014	30/09/2010	14/10/2010	16.58	1014	28/09/2010	12/10/2010	17.70
1101	23/03/2011	07/04/2011	13.35	1101	21/03/2011	05/04/2011	13.88
1102	07/04/2011	21/04/2011	15.14	1102	05/04/2011	19/04/2011	17.22
1103	21/04/2011	05/05/2011	16.84	1103	19/04/2011	03/05/2011	19.48
1104	05/05/2011	19/05/2011	18.24	1104	03/05/2011	17/05/2011	21.47
1105	19/05/2011	02/06/2011	19.29	1105	17/05/2011	31/05/2011	23.25
1106	02/06/2011	16/06/2011	18.38	1106	31/05/2011	14/06/2011	21.17
1107	16/06/2011	30/06/2011	19.61	1107	14/06/2011	28/06/2011	21.41
1108	30/06/2011	14/07/2011	20.60	1108	28/06/2011	12/07/2011	23.69
1109	14/07/2011	27/07/2011	19.54	1109	---	---	---
1110	27/07/2011	11/08/2011	20.84	1110	12/07/2011	09/08/2011	22.03
1111	11/08/2011	25/08/2011	22.71	1111	09/08/2011	23/08/2011	24.22
1112	25/08/2011	08/09/2011	21.44	1112	23/08/2011	06/09/2011	24.08
1113	08/09/2011	22/09/2011	20.63	1113	06/09/2011	20/09/2011	22.80
1114	22/09/2011	06/10/2011	19.44	1114	20/09/2011	04/10/2011	21.66

3.2 Hydrologie

L'analyse des chroniques de débits dans les deux vieux-Rhône étudiés (Figure 15) permet d'identifier et de caractériser les surverses. Cette information est de première importance dans le cadre de cette étude. La Figure 15 met en évidence les différences de régime hydrologique entre les deux sites, différence accentuée en 2011, année au cours de laquelle le régime hydrologique dans le vieux-Rhône de Baix-le-Logis-Neuf est remarquablement stable jusqu'en août.

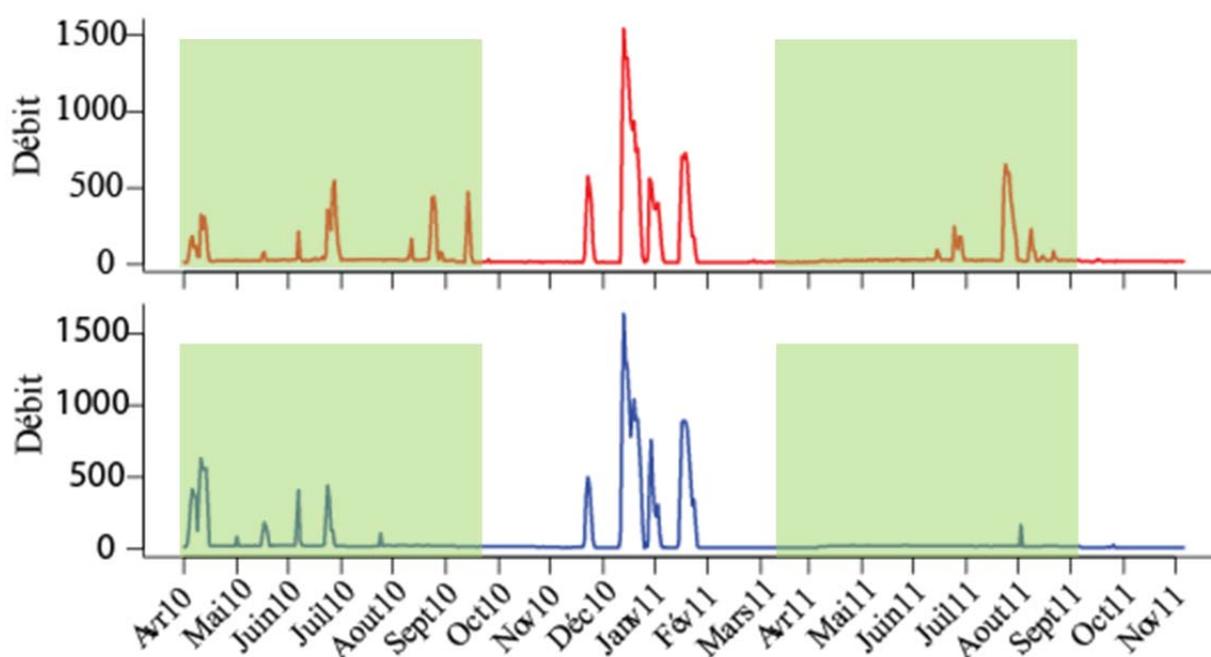


Figure 15 : Evolution des débits de l'eau dans les vieux-Rhône de Péage-de-Roussillon (en haut) de Baix-le-Logis-Neuf (en bas) en 2010 et 2011.

Certaines données manquantes sur les hauteurs d'eau (perte d'enregistreur, pose d'enregistreur à des dates différentes) ont dû être ré-estimées. Un modèle linéaire a été utilisé avec $\sqrt{\text{débit}} \text{ (m}^3 \cdot \text{s}^{-1})$ comme prédicteur de la hauteur d'eau en cm (transformation du débit choisie à partir de l'observation graphique de la relation hauteur-débit sur les données disponibles, Figure 16).

Les modèles estimés pour les deux sites d'étude sont :

$$h_{peage} = 19.2 + 12.7 \times \sqrt[2]{Q_{peage}}$$

$$h_{baix} = -18.8 + 12.3 \times \sqrt[2]{Q_{baix}}$$

avec h , la hauteur d'eau en cm et Q le débit au barrage (fourni par la Compagnie Nationale du Rhône).

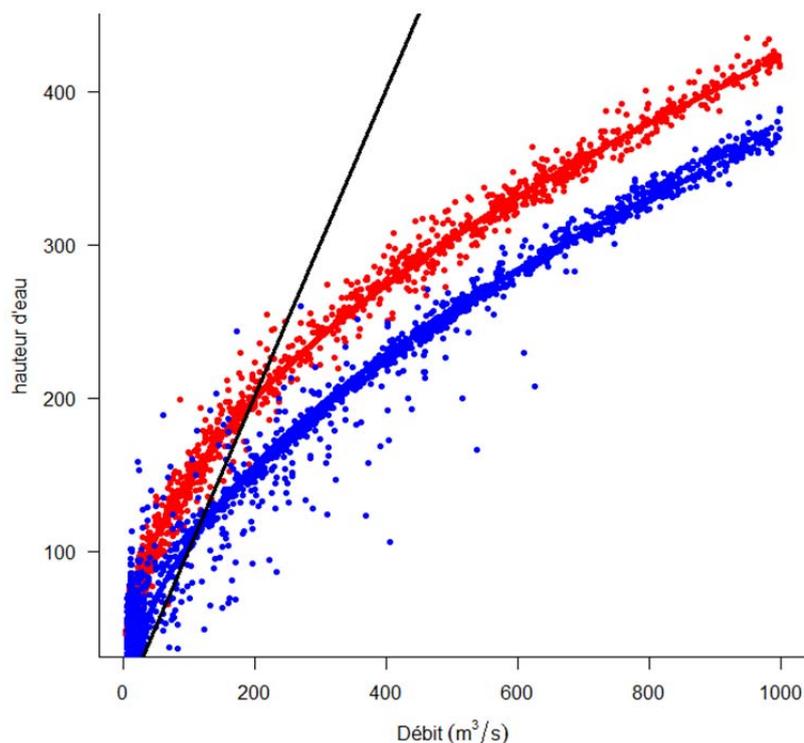


Figure 16 : Relation hauteur d'eau (en cm) et le débit (m^3/s) à Baix (bleu) et Péage (rouge) pour des débits $< 1000 m^3/s$. La droite $y = x$ est figurée.

La problématique de cette étude nécessite d'identifier puis caractériser chaque évènement hydrologique. Pour ce faire, une possibilité est de trouver une mesure représentant :

- 1- La vitesse de montée en débit
- 2- La vitesse de descente
- 3- La durée de l'épisode de surverse
- 4- La vitesse maximale évaluée à partir du débit
- 5- La durée de « stabilité » du débit réservé entre la dernière surverse et la date de pêche.

L'identification des évènements de surverse, requiert d'établir un critère basé sur le débit ou les hauteurs. Après lecture des graphiques d'évolution de ces deux paramètres, il

apparaît que le débit est plus constant et pourra donc permettre un découpage plus aisé des chroniques temporelles pour identifier les surverses.

Le début de la surverse sera défini par le franchissement d'une valeur seuil : il devrait s'agir d'une valeur haute de débit réservé observée dans les périodes d'étiage. En effet, le débit réservé est soumis à une variabilité journalière sur plusieurs dizaines de m^3/s et n'est pas limité à des valeurs autour de 10 ou 20 m^3/s mais se situe souvent au-delà de ces valeurs réglementaires. Il apparaît donc plus judicieux de choisir une valeur seuil plus élevée afin de réellement qualifier le début d'une importante montée de débit.

La fin de l'épisode de surverse est plus problématique car si la montée est généralement franche et linéaire, la descente s'accompagne de fluctuations importantes pouvant représenter des variations de hauteur d'eau de l'ordre de 50 cm à 1m dans le vieux-Rhône. Pour éviter de déduire une date de fin de surverse trop précoce par rapport à la fin réelle de la surverse (retour au débit d'étiage), il apparaît important de regarder la stabilité du débit jusqu'à ~12h après la fin supposée de la surverse et de recalculer une nouvelle fin de surverse au besoin.

Par ailleurs, il serait incorrect de caractériser la vitesse de descente en prenant en compte l'arrêt des fluctuations de fin de surverse. Dans un premier temps, il était apparu logique de prendre la descente entre le maximum de débit et la fin de surverse. Mais encore une fois, compte-tenu de la complexité de la fin de surverse et même de la surverse en elle-même, il semble plus souhaitable de prendre la vitesse de descente entre le dernier maximum observé et le retour au débit réservé. Ceci suppose au préalable que les limites de la période de surverse aient été clairement définies en termes de date de début et de fin.

3.2.1 Caractérisation des évènements hydrologiques

3.2.1.1 Données 2010

Les figures A1.1 et A1.2 (Annexe 1) présentent l'évolution du débit et de la hauteur d'eau pendant la saison de pêche 2010 à Baix-le-Logis-Neuf et Péage-de-Roussillon, respectivement. Six évènements de surverses se sont produits à Baix-le-Logis-Neuf entre avril et août 2010 et huit surverses à Péage entre avril et octobre. Les figures A1.3 à A1.8 (secteurs de Baix-le-Logis-Neuf, annexe 1) et A1.9 à 1.16 (secteur de Péage-de-Roussillon, annexe 1) montrent les graphiques des évènements en resserrant l'échelle temporelle pour être au plus près de l'épisode de surverse afin de mieux évaluer ses caractéristiques.

3.2.1.2 Données 2011

L'année 2011 se caractérise par une hydrologie très stable dans les vieux Rhône (figures A.1.17 et A.1.18, annexe 1) notamment pendant tout le printemps (Baix et Péage) et une partie de l'été (surtout valable pour Baix). De la même manière qu'en 2010, le vieux Rhône de Baix a subi moins d'épisodes de surverse que celui de Péage (maintenance des groupes de production du barrage).

Les données détaillées sont présentées sur les figures A.1.19 et A.1.20 (Annexe 1) pour le secteur de Bais-le-Logis-Neuf et A.1.21 à A.1.24 (Annexe 1) pour le secteur de Péage-de-Roussillon.

3.2.2 Valeurs des variables de caractérisation hydrologique

Le débit moyen observé en période de débit réservé ($40 \text{ m}^3/\text{s}$) a été utilisé comme limite au débit non-réservé. Les maxima observés pendant la surverse ont été repérés et le premier à plus de $100 \text{ m}^3/\text{s}$ a servi de base pour calculer la vitesse de montée en débit à partir de la valeur du débit réservé précédent l'heure de début de surverse ($Q > 40 \text{ m}^3/\text{s}$). Une procédure similaire a été appliquée pour calculer la vitesse de descente : à partir du dernier maximum observé à plus de $100 \text{ m}^3/\text{s}$ (Figure 17). Les surverses dont toutes les valeurs de débit étaient inférieures à la limite de $100 \text{ m}^3/\text{s}$ se sont vu attribuer des valeurs nulles pour leurs caractéristiques. Elles apparaîtront donc comme des phases de débit réservé⁹.

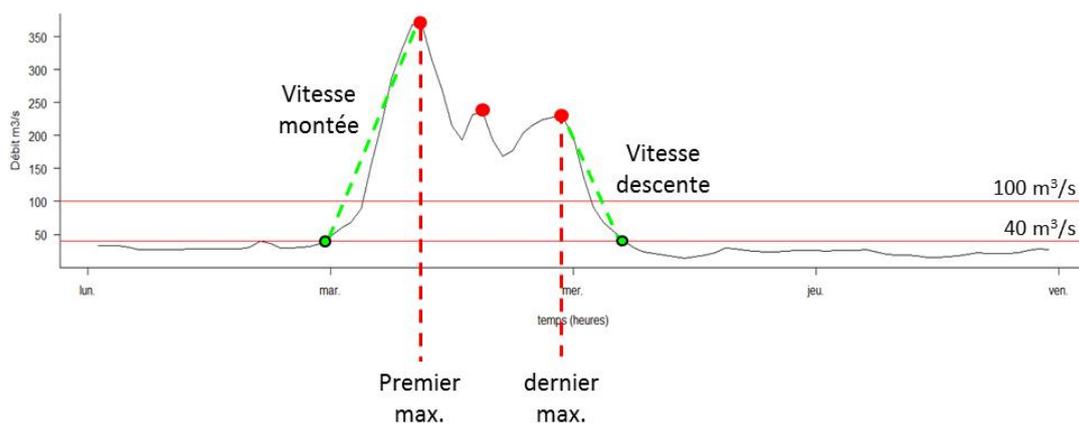


Figure 17 : Exemple de calcul des vitesses de montée jusqu'au premier maximum de débit à plus de $100 \text{ m}^3/\text{s}$ et de descente à partir du dernier maximum de débit à plus de $100 \text{ m}^3/\text{s}$ pour une surverse.

Pour une période donnée (Tableau 3 et Tableau 4), les caractéristiques retenues sont celles de la surverse la plus longue (supposée apporter les modifications les plus importantes

⁹ Ceci ne concerne qu'un seul épisode de surverse pendant les deux années de l'étude.

sur l'écosystème). L'existence des autres surverses est partiellement prise en compte par la durée de stabilité avant la pêche.

L'automatisation des calculs pour leur application à l'ensemble des chroniques de débit disponibles a été faite via le logiciel R. Le code utilisé est disponible sur demande auprès des auteurs.

Tableau 3 : Caractérisation hydrologique des périodes inter-pêche du RCC de Baix-Le Logis-neuf en 2010 (Campagnes 1001 à 1014) et 2011 (Campagnes 1101 à 1114). En cas de surverse caractérisée avant la campagne de pêche, le tableau donne le jour Julien du milieu de la surverse, les vitesses de montée et descente ($m^3 \cdot s^{-1} / h$), le débit maximum observé ($m^3 \cdot s^{-1}$), la durée (h) et la durée en débit réservé avant la pêche (durée de stabilité en h).

Campagne	période		jour	Vitesse de montée	Vitesse de descente	Débit maximum	Durée	Durée de stabilité
	début	fin						
1001	28/03/2010	15/04/2010	100	68.23	22.02	858.15	294	116
1002	15/04/2010	29/04/2010	117	76.19	87.00	285.83	8	47
1003	29/04/2010	18/05/2010	134	88.44	42.53	338.11	57	4
1004	18/05/2010	27/05/2010	0	0.00	0.00	0.00	0	216
1005	27/05/2010	10/06/2010	153	132.43	16.34	752.58	48	175
1006	10/06/2010	23/06/2010	173	42.64	99.02	609.14	125	17
1007	23/06/2010	08/07/2010	0	0.00	0.00	0.00	0	360
1008	08/07/2010	22/07/2010	200	80.75	133.90	434.45	6	53
1009	22/07/2010	05/08/2010	0	0.00	0.00	0.00	0	336
1010	05/08/2010	19/08/2010	0	0.00	0.00	0.00	0	336
1011	19/08/2010	02/09/2010	0	0.00	0.00	0.00	0	336
1012	02/09/2010	16/09/2010	0	0.00	0.00	0.00	0	336
1013	16/09/2010	30/09/2010	0	0.00	0.00	0.00	0	336
1014	30/09/2010	14/10/2010	0	0.00	0.00	0.00	0	336
1101	23/03/2011	07/04/2011	0	0.00	0.00	0.00	0	359
1102	07/04/2011	21/04/2011	0	0.00	0.00	0.00	0	336
1103	21/04/2011	05/05/2011	0	0.00	0.00	0.00	0	336
1104	05/05/2011	19/05/2011	0	0.00	0.00	0.00	0	336
1105	19/05/2011	02/06/2011	0	0.00	0.00	0.00	0	336
1106	02/06/2011	16/06/2011	0	0.00	0.00	0.00	0	336
1107	16/06/2011	30/06/2011	0	0.00	0.00	0.00	0	336
1108	30/06/2011	14/07/2011	0	0.00	0.00	0.00	0	336
1109	14/07/2011	27/07/2011	0	0.00	0.00	0.00	0	312
1110	27/07/2011	11/08/2011	209	109.50	164.00	516.00	9	315
1111	11/08/2011	25/08/2011	0	0.00	0.00	0.00	0	336
1112	25/08/2011	08/09/2011	0	0.00	0.00	0.00	0	336
1113	08/09/2011	22/09/2011	263	11.69	75.00	165.00	13	33
1114	22/09/2011	06/10/2011	0	0.00	0.00	0.00	0	336

Tableau 4 : Caractérisation hydrologique des périodes inter-pêche du RCC de Péage de Roussillon en 2010 (Campagnes 1001 à 1014) et 2011 (Campagnes 1101 à 1114). En cas de surverse caractérisée avant la campagne de pêche, le tableau donne le jour Julien du milieu de la surverse, les vitesses de montée et descente ($m^3 \cdot s^{-1} / h$), le débit maximum observé ($m^3 \cdot s^{-1}$), la durée (h) et la durée en débit réservé avant la pêche (durée de stabilité en h).

Campagne	période		jour	Vitesse de montée	Vitesse de descente	Débit maximum	Durée	Durée de stabilité
	début	fin						
1001	28/03/2010	13/04/2010	93	61.42	30.94	389.06	113	84
1002	13/04/2010	27/04/2010	0	0.00	0.00	0.00	0	336
1003	27/04/2010	07/05/2010	0	0.00	0.00	0.00	0	240
1004	07/05/2010	25/05/2010	132	32.36	18.54	132.26	28	293
1005	25/05/2010	09/06/2010	153	19.95	24.82	370.22	36	160
1006	09/06/2010	01/07/2010	176	11.83	14.53	688.59	198	128
1007	01/07/2010	06/07/2010	0	0.00	0.00	0.00	0	120
1008	06/07/2010	20/07/2010	0	0.00	0.00	0.00	0	336
1009	20/07/2010	03/08/2010	0	0.00	0.00	0.00	0	336
1010	03/08/2010	17/08/2010	218	8.65	19.10	254.69	43	240
1011	16/08/2010	31/08/2010	233	13.45	30.17	617.99	109	160
1012	31/08/2010	14/09/2010	253	35.31	22.92	775.82	81	76
1013	14/09/2010	28/09/2010	263	28.49	21.98	101.70	4	129
1014	28/09/2010	12/10/2010	0	0.00	0.00	0.00	0	336
1101	21/03/2011	05/04/2011	0	0.00	0.00	0.00	0	359
1102	05/04/2011	19/04/2011	0	0.00	0.00	0.00	0	336
1103	19/04/2011	03/05/2011	0	0.00	0.00	0.00	0	336
1104	03/05/2011	17/05/2011	0	0.00	0.00	0.00	0	336
1105	17/05/2011	31/05/2011	0	0.00	0.00	0.00	0	336
1106	31/05/2011	14/06/2011	162	10.09	19.78	167.46	56	68
1107	14/06/2011	28/06/2011	174	59.18	35.80	624.80	113	72
1108	28/06/2011	12/07/2011	0	0.00	0.00	0.00	0	336
1110	12/07/2011	09/08/2011	207	129.00	22.94	834.00	187	76
1111	09/08/2011	23/08/2011	223	48.00	26.67	113.00	39	116
1112	23/08/2011	06/09/2011	0	0.00	0.00	0.00	0	336
1113	06/09/2011	20/09/2011	0	0.00	0.00	0.00	0	336
1114	20/09/2011	04/10/2011	0	0.00	0.00	0.00	0	336

Une ACP normée des caractéristiques (Figure 18) a été réalisée afin de donner des éléments de comparaison entre les différentes surverses observées lors des deux années de l'étude. Le premier plan factoriel vient surtout mettre en évidence une grande variabilité entre les surverses et laisse apparaître un ensemble de surverses peu intenses (Figure 18A, en bas à droite) et suivies d'une période en débit réservé assez importante d'après leur caractérisation par la variable « durée de stabilisation » (Figure 18A et C). La figure 18B illustre la plus grande variabilité des surverses du RCC de Baix-Le Logis-neuf malgré leur nombre plus restreint (8 contre 12 à Péage).

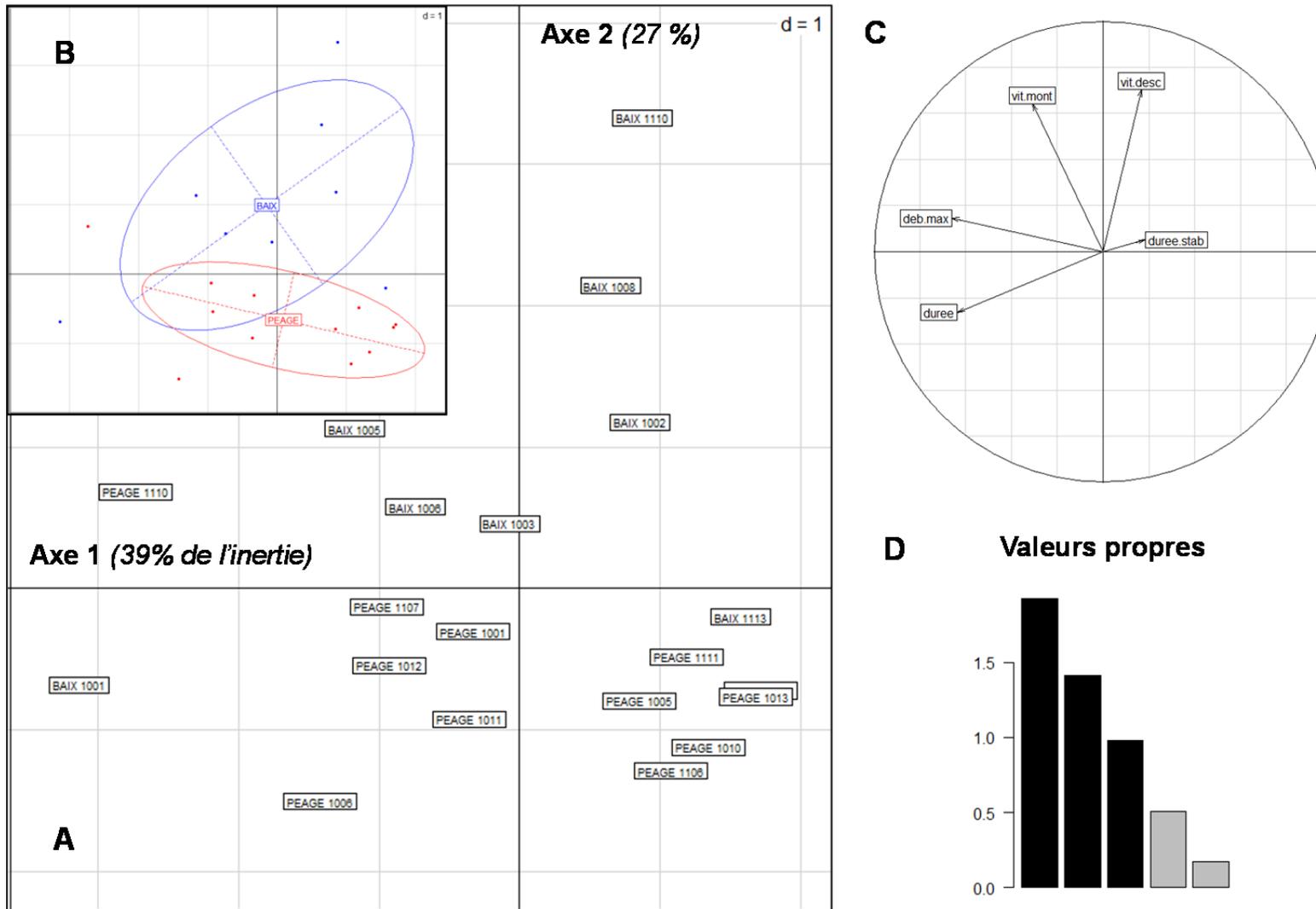


Figure 18 : ACP normée des caractéristiques des surverses des RCC de Baix et Péage en 2010 et 2011. **A et B** : premier plan factoriel présentant la distribution des surverses nommées par le secteur et le numéro de la campagne de pêche qui a suivi (**A**) et représentation, résumée par une ellipse, de la variabilité intra-secteur des caractéristiques des surverses. **C** : cercle des corrélations des variables utilisées pour l'ACP. **D** : Histogramme des valeurs propres. En noir les valeurs propres retenues.

3.3 Données physico-chimiques

La collecte de données de physico-chimie pendant les campagnes de pêches avait pour principal objectif de caractériser d'éventuelles périodes de dysfonctionnement, en particulier des périodes d'eutrophisation comme cela avait été constaté au printemps 2009 dans le vieux-Rhône de Péage-de-Roussillon. L'analyse des données collectées (annexe 2) montre qu'au cours des périodes d'échantillonnage, les valeurs mesurées sont toujours restées dans les gammes habituelles pour le Rhône et à des ordres de grandeur similaires pour Baix et Péage. Des différences peuvent être observées entre les différents secteurs (RCC, canal de fuite et restitution) mais sans présenter de valeurs pouvant amener des conséquences néfastes sur la survie des poissons.

Afin de contrôler la validité des mesures effectuées, les données ont été comparées à celles collectées par l'Agence de l'Eau RM & C dans des stations voisines (Annexe 2), aucune discordance n'a été mise en évidence.

D'après ces observations, il a été décidé de ne pas examiner les relations entre les effectifs de juvéniles et les paramètres physico-chimiques étant donné la gamme de valeur rencontrée et la faible variabilité notamment entre RCC et entre années.

3.4 Données biologiques

Les effectifs de juvéniles de l'année des poissons de la famille des cyprinidés (liste et codes en annexe 3) échantillonnés en 2010 et 2011 dans les vieux-Rhône, canaux de fuite et aval des restitutions de Péage-de-Roussillon et de Baix-le-Logis-Neuf sont respectivement consignés dans les tableaux Tableau 5, Tableau 10 et Tableau 11 ci-dessous.

Tableau 5 : Effectifs de juvéniles de l'année des 19 espèces de Cyprinidés échantillonnées dans les vieux-Rhône de Péage-de-Roussillon et de Baix-le-Logis-Neuf en 2010 et 2011.

secteur campagne	Date	ABL	CHE	GAR	HOT	BAF	BLN	BOU	BRB	BRE	CAG	CAS	CCO	GOU	PSR	ROT	SPI	TAN	VAI	VAN
BAIX.1001	15/04/10	2	102	0	0	0	0	1	10	0	0	0	0	0	5	0	1	3	45	0
BAIX.1002	29/04/10	1	179	0	11	2	0	35	72	2	1	0	0	6	11	0	2	0	54	0
BAIX.1003	18/05/10	9	1399	425	1785	1	25	16	71	4	0	0	0	5	10	8	2	1	1411	0
BAIX.1004	27/05/10	4	964	281	1064	4	5	13	40	0	0	0	0	4	9	0	4	7	2183	0
BAIX.1005	10/06/10	64	1323	8	41	9	0	4	5	0	0	0	0	1	3	0	0	2	432	0
BAIX.1006	23/06/10	3	303	14	42	128	2	2	62	0	0	0	0	6	11	0	1	1	868	0
BAIX.1007	08/07/10	532	2807	5	21	42	0	23	41	0	0	0	8	20	7	2	0	0	1793	0
BAIX.1008	22/07/10	64	801	3	12	29	0	14	19	0	0	1	7	60	14	2	0	0	551	0
BAIX.1009	05/08/10	95	435	7	3	34	0	11	33	0	5	3	2	27	36	2	2	2	567	0
BAIX.1010	19/08/10	13	350	6	15	12	0	22	65	0	1	0	0	21	20	0	0	0	158	0
BAIX.1011	02/09/10	30	232	10	26	22	0	21	17	1	0	20	0	60	21	0	0	1	288	0
BAIX.1012	16/09/10	6	216	3	6	14	0	10	11	0	0	5	0	21	55	0	2	1	247	0
BAIX.1013	30/09/10	31	234	5	7	28	0	18	44	0	1	14	0	13	78	0	0	1	216	0
BAIX.1014	14/10/10	3	210	0	4	16	0	16	4	0	0	1	0	14	33	0	0	2	219	0
BAIX.1101	07/04/11	53	70	2	15	0	0	8	3	0	0	0	0	6	9	0	2	0	240	0
BAIX.1102	21/04/11	17	54	43	587	1	1	3	6	5	0	0	0	0	3	0	18	1	115	0
BAIX.1103	05/05/11	138	8461	40	236	35	1	10	46	159	0	0	3	3	10	1	0	0	1120	0
BAIX.1104	19/05/11	155	1283	4	220	12	0	32	46	0	0	0	0	11	9	3	0	2	1060	0
BAIX.1105	02/06/11	30	956	22	49	41	0	33	13	3	0	0	6	10	9	1	0	0	1522	0
BAIX.1106	16/06/11	1	297	0	12	10	0	9	2	2	0	0	3	15	1	0	0	0	556	1
BAIX.1107	30/06/11	67	1301	0	0	13	0	33	3	1	6	0	5	1	2	0	0	0	1791	0
BAIX.1108	14/07/11	17	329	0	1	7	0	7	0	1	3	0	1	7	6	0	0	0	690	0
BAIX.1109	27/07/11	48	274	10	13	10	0	17	1	0	0	0	0	14	3	0	1	0	1001	0
BAIX.1110	11/08/11	6	340	11	7	8	0	21	8	0	0	0	5	22	22	0	3	0	949	0
BAIX.1111	25/08/11	8	205	23	78	4	0	13	9	0	3	0	0	10	27	1	0	0	460	0
BAIX.1112	08/09/11	99	505	30	65	10	0	71	3	0	0	0	2	86	55	1	0	1	1167	0
BAIX.1113	22/09/11	7	227	16	13	13	0	16	3	2	0	0	0	18	16	0	0	0	422	0
BAIX.1114	06/10/11	11	151	12	22	2	0	7	0	0	1	0	0	22	27	0	1	0	475	0
PEAGE.1001	13/04/10	6	151	30	2	0	0	9	59	22	0	0	0	11	24	0	0	1	0	0
PEAGE.1002	27/04/10	10	44	323	275	0	0	10	8	20	0	0	1	13	26	0	0	1	0	0
PEAGE.1003	07/05/10	2	735	244	353	0	0	10	104	0	1	0	3	2	97	42	15	1	0	0
PEAGE.1004	25/05/10	23	702	2565	1037	2	0	134	220	0	0	0	9	7	94	8	2	0	1	0
PEAGE.1005	09/06/10	171	628	139	68	8	0	60	102	2	5	1	2	21	83	40	3	2	1	1
PEAGE.1006	01/07/10	47	214	245	110	10	0	21	28	3	0	1	1	28	76	1	1	1	0	0
PEAGE.1007	06/07/10	169	453	170	69	7	0	88	19	0	1	0	20	22	40	56	3	7	1	0
PEAGE.1008	20/07/10	215	305	101	103	15	0	91	11	0	1	0	15	39	29	40	0	11	0	0
PEAGE.1009	03/08/10	7	188	58	63	33	0	74	22	1	0	45	26	36	56	10	0	3	0	0
PEAGE.1010	17/08/10	42	72	35	14	0	0	199	32	0	5	2	10	8	133	46	0	5	0	0
PEAGE.1011	31/08/10	38	148	127	21	15	0	162	14	0	0	16	4	29	210	5	0	2	0	0
PEAGE.1012	14/09/10	15	85	49	21	6	0	70	15	2	0	1	0	14	215	0	0	0	0	0
PEAGE.1013	28/09/10	57	217	61	2	1	0	83	73	0	0	5	0	27	272	4	2	1	0	0
PEAGE.1014	12/10/10	153	99	41	0	4	0	34	3	0	3	2	0	17	154	2	0	1	0	0
PEAGE.1101	22/03/11	23	48	13	942	2	0	34	1	0	0	0	0	10	53	0	0	0	0	0
PEAGE.1102	05/04/11	8	144	535	410	0	0	63	21	36	7	0	2	5	59	2	0	1	0	0
PEAGE.1103	19/04/11	330	2448	111	125	5	0	123	612	338	56	11	664	7	85	44	2	0	0	0
PEAGE.1104	03/05/11	40	215	24	44	2	0	65	11	0	91	1	0	14	10	28	0	0	0	0
PEAGE.1105	17/05/11	24	206	0	51	5	0	227	9	0	4	1	8	14	11	12	2	0	0	0
PEAGE.1106	31/05/11	184	165	21	12	3	0	181	23	1	11	0	4	18	44	7	0	0	0	0
PEAGE.1107	14/06/11	25	89	30	11	0	0	33	5	0	6	0	2	15	25	4	1	0	0	0
PEAGE.1108	28/06/11	37	125	48	26	4	0	132	56	7	1	0	1	6	27	19	0	5	0	0
PEAGE.1110	09/08/11	9	200	120	8	4	0	107	11	1	0	0	1	23	31	8	0	0	0	0
PEAGE.1111	23/08/11	7	220	123	4	1	0	110	7	0	1	0	0	12	21	3	0	0	0	0
PEAGE.1112	06/09/11	125	153	133	21	2	0	95	4	0	3	0	3	11	36	12	0	0	0	0
PEAGE.1113	20/09/11	12	210	254	3	2	0	48	4	0	1	0	1	21	70	3	0	2	0	0
PEAGE.1114	04/10/11	17	75	125	7	6	0	78	5	0	1	0	0	9	30	4	0	1	0	0

Les distributions en classes de tailles (avec indication des stades développement correspondants) sont présentées en annexe 4. Les distributions de tailles (box plots) des quatre espèces (chevaine, gardon, hotu et ablette) au cours des différentes campagnes d'échantillonnage sont présentées dans l'annexe 5. Les dates de captures des jeunes stades de développement et les effectifs concernés sont consignés dans les tableaux suivants.

Tableau 6 : Evolution temporelle d'effectifs des stades 1 à 5 de chevaine, sur les secteurs de Baix-Le-Logis-Neuf et Péage-De-Roussillon en 2010 et 2011 (vieux-Rhône). Les effectifs des premiers stades de développement ont été surlignés.

BAIX-LE-LOGIS-NEUF					PEAGE-DE-ROUSSILON						
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
15/04/10					11	13/04/10					
29/04/10					6	27-28/04/10	1				
18/05/10	8	1322	3		3	07-10/05/10	5	675	39		
27/05/10	11	893	4			25-26/05/10	1	276	409	15	
10/06/10	151	1018	71	12		09-14/06/10	3	128	361	68	24
23/06/10	4	92	26	43	13	30-01/06/10			9	85	81
08/07/10	1	2622	121	32	13	06-07/07/10	5	158	9	54	168
22/07/10		228	152	361	36	20-21/07/10		28	25	65	146
05/08/10		137	34	121	94	03-04/08/10			1	23	102
19/08/10		21	50	74	160	17-18/08/10		2		4	57
02/09/10		4	4	19	126	31-01/08/10				3	90
16/09/10				1	155	14-15/09/10					62
30/09/10				1	196	28-29/09/10					161
14/10/10				1	187	12-13/10/10					97
07/04/11						05/04/11		1			
21/04/11		5				19-20/04/11	65	45	1		
05/05/11	18	8332	88			03-04/05/11	19	1648	409	362	
19/05/11		867	327	73	1	17-18/05/11		28	28	80	73
02/06/11	4	368	220	176	130	31-01/05/11		12	58	19	102
16/06/11		77	19	121	77	14-15/06/11		1	9	25	114
30/06/11		1110	51	56	82	28-29/06/11				4	76
14/07/11		165	33	23	93	12-13/07/11		35	11		62
27/07/11		29	18	21	190	26/07/11					
11/08/11		54	1	8	258	09-10/08/11		6		4	135
25-26/08/11		6	6	2	175	23-24/08/11		28	16	1	116
08/09/11				3	469	06-07/09/11					136
22/09/11					198	20-21/09/11					156
06/10/11					128	04-05/10/11					60

L'apparition des jeunes stades de chevaine diffère d'une année à l'autre de l'étude (Tableau 6), avec une précocité de la reproduction en 2011. Les premiers stades apparaissent environ deux semaines plus tôt en 2011 qu'en 2010 sur les deux secteurs, secteurs entre lesquels il existe également une différence d'apparition des stades.

En effet, la reproduction du chevaine est plus précoce à Péage, avec les premières cohortes apparaissant toujours au moins deux semaines plus tôt qu'à Baix. Les effectifs sont néanmoins plus importants à Baix, et malgré une faible efficacité de capture sur le premier stade de développement (due notamment à sa faible persistance dans le milieu car la croissance et le développement en début de vie des poissons sont très élevés), on note une

forte présence de stades 2, indiquant le bon fonctionnement de la reproduction du chevaïne sur une longue période (d'avril à août).

Tableau 7 : Evolution temporelle d'effectifs des stades 1 à 5 de **gardon**, sur les secteurs de Baix-Le-Logis-Neuf et Péage-De-Roussillon en 2010 et 2011 (vieux-Rhône). Les effectifs des premiers stades de développement ont été surlignés.

BAIX-LE-LOGIS-NEUF					PEAGE-DE-ROUSSILON						
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
15/04/10						13/04/10					
29/04/10						27-28/04/10	226	1			
18/05/10		419	3			07-10/05/10	62	130	20		
27/05/10	3	242	36			25-26/05/10	2	1452	966	143	
10/06/10	1	1	4	1		09-14/06/10			4	64	45
23/06/10	3	2	2	6		30-01/06/10				11	182
08/07/10		1	1	2	1	06/07/10				2	104
22/07/10					2	20-21/07/10					93
05/08/10						03-04/08/10					42
19/08/10						17/08/10					34
02/09/10					6	31-01/08/10					97
16/09/10					2	14-15/09/10					42
30/09/10					5	28-29/09/10					57
14/10/10						12-13/10/10					41
07/04/11						05/04/11	2	3			
21/04/11	12	30				19-20/04/11	193	340			
05/05/11		39	1			03/05/11	4	20	78	7	
19/05/11		2	2			17-18/05/11					22
02/06/11	1	20		1		31/05/11					
16/06/11						14-15/06/11					20
30/06/11						28-29/06/11					28
14/07/11						12-13/07/11					44
27/07/11					10	25/07/11					
11/08/11					11	09-10/08/11					109
25-26/08/11					23	23-24/08/11					123
08/09/11					27	06-07/09/11					133
22/09/11					14	20-21/09/11					254
06/10/11					12	04-05/10/11					125

Dans le cas du gardon (Tableau 7), les différences entre années et secteurs sont identiques à celles décrites pour le chevaïne, avec une précocité de la reproduction à Péage par rapport à Baix sur les deux années, et en 2011 une avance d'environ deux semaines par rapport à 2010.

La reproduction s'effectue néanmoins sur une fenêtre temporelle beaucoup plus courte que chez le chevaine, avec une présence de stades 1 et 2 de gardon jusqu'en juin et non jusqu'en août.

Dans le cas du hotu (Tableau 8), le faible taux de capture de stades 1 ne permet pas de délimiter clairement le début de la reproduction, en revanche les effectifs de stades 2 permettent de montrer que comme dans les deux cas précédents, la reproduction se fait de manière plus précoce à Péage qu'à Baix et en 2011 qu'en 2010.

Dans le cas de l'ablette (Tableau 9) la reproduction s'est déroulée plus tôt en 2011 qu'en 2010 comme pour les trois espèces précédentes. En revanche contrairement aux autres cas, pour l'ablette en 2010 c'est à Baix que le départ de la reproduction a été plus avancée et non à Péage. Il faut néanmoins noter que le pic de reproduction survient beaucoup plus tard (grand nombre de stades 2 au 08/07/2010), alors qu'à Péage les effectifs sont déjà élevés pour les stades 2 dès la mi-juin.

Quelle que soit l'espèce, il existe donc une précocité de la reproduction en 2011, avec environ deux semaines d'avance par rapport à l'année précédente. La différence inter-sites est marquée, la reproduction à Péage devance celle de Baix d'une quinzaine de jours, en 2010 comme en 2011.

Tableau 8 : Evolution temporelle d'effectifs des stades 1 à 5 de *hotu*, sur les secteurs de Baix-Le-Logis-Neuf et Péage-De-Roussillon en 2010 et 2011 (vieux-Rhône). Les effectifs des premiers stades de développement ont été surlignés.

BAIX-LE-LOGIS-NEUF						PEAGE-DE-ROUSSILON					
RCC	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
15/04/10						13/04/10					
29/04/10		10				27-28/04/10	11	227	33		
18/05/10		712	1070	3		07-10/05/10	1	5	343	4	
27/05/10		449	604	10	1	25-26/05/10		56	453	517	11
10/06/10		4	22	15		09-14/06/10		2	1	23	35
23/06/10			3	34	5	30-01/06/10				18	86
08/07/10				3	18	06-07/07/10					68
22/07/10					12	20-21/07/10					103
05/08/10					3	03-04/08/10					61
19/08/10					15	17/08/10					13
02/09/10					26	31-01/08/10					18
16/09/10					6	14-15/09/10					21
30/09/10					7	28/09/10					2
14/10/10					4	12/10/10					
07/04/11	8	6				05-06/04/11	55	887			
21/04/11	12	570	4			19-20/04/11	16	48	217	129	
05/05/11	1	128	84	23		03-04/05/11			6	113	6
19/05/11		14	24	165	17	17-18/05/11					44
02/06/11				10	39	31-01/05/11					51
16/06/11				3	9	14-15/06/11					12
30/06/11						28-29/06/11					10
14/07/11					1	12-13/07/11					26
27/07/11					13	25/07/11					
11/08/11					7	10/08/11					8
25-26/08/11					78	23/08/11					3
08/09/11					64	07/09/11					1
22/09/11					13	20-21/09/11					3
06/10/11					22	04-05/10/11					7

Tableau 9 : Evolution temporelle d'effectifs des stades 1 à 5 d'*ablette*, sur les secteurs de Baix-Le-Logis-Neuf et Péage-De-Roussillon en 2010 et 2011 (vieux-Rhône). Les effectifs des premiers stades de développement ont été surlignés.

BAIX-LE-LOGIS-NEUF					PEAGE-DE-ROUSSILON						
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
15/04/10						13/04/10					
29/04/10						27/04/10					
18/05/10		4				07/05/10					
27/05/10		4				25-26/05/10	1	13	8		
10/06/10	26	33				09-14/06/10		14	8		
23/06/10		3				30/06/10		10	27	1	
08/07/10		46	60	11		06-07/07/10	1	16	1		
22/07/10		1				20-21/07/10		7	98	46	3
05/08/10		36	17	10		03-04/08/10		66		7	
19/08/10		54	36	2		17-18/08/10				21	21
02/09/10			3	4	2	31-01/08/10				1	23
16/09/10				6	6	14-15/09/10					13
30/09/10					26	28-29/09/10					57
14/10/10					3	12-13/10/10					15
											0
07/04/11					1	05/04/11					
21/04/11						19-20/04/11	5	3			
05/05/11	1	13	1			03-04/05/11	8	28	33		
19/05/11	1	6				17-18/05/11		8		2	19
02/06/11		13	14			31-01/05/11		16		21	1
16/06/11		9				14-15/06/11				2	85
30/06/11		26	3	1		28-29/06/11		2			59
14/07/11		1				12/07/11		30	2		20
27/07/11		61	2	3		25/07/11					
11/08/11		15	1	1		09-10/08/11					5
26/08/11		24	9	11	4	23-24/08/11					1
08/09/11			1	4	1	06-07/09/11					2
22/09/11				3		20-21/09/11					2
06/10/11					3	04-05/10/11					2
					2						12
					7						2
					11						9
											14

Tableau 10 : Effectifs de juvéniles de l'année des 17 espèces de Cyprinidés échantillonnés dans canaux de fuite de Péage-de-Roussillon et de Baix-le-Logis-Neuf en 2010 et 2011.

secteur campagne	Date	ABL	CHE	GAR	HOT	BAF	BLN	BOU	BRB	BRE	CAG	CCO	GOU	PSR	ROT	SPI	TAN
BAIX.1001	15/04/10	1	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BAIX.1002	29/04/10	1	4	0	0	3	1	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0
BAIX.1003	18/05/10	0	1	0	73	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
BAIX.1004	27/05/10	0	34	0	84	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BAIX.1005	10/06/10	0	7	0	49	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
BAIX.1006	23/06/10	1	13	0	15	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BAIX.1007	08/07/10	7	48	1	23	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	14	0
BAIX.1008	22/07/10	4	20	0	17	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
BAIX.1009	05/08/10	1	95	0	116	17	4	1	0	0	0	0	0	0	0	2	0
BAIX.1010	19/08/10	1	63	1	13	4	2	2	0	0	0	0	0	1	1	0	0
BAIX.1011	02/09/10	3	26	0	3	6	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0
BAIX.1012	16/09/10	0	30	0	3	10	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2	0
BAIX.1013	30/09/10	3	11	2	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	1	0
BAIX.1014	14/10/10	14	28	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BAIX.1101	07/04/11	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BAIX.1102	21/04/11	0	10	736	8	2	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0
BAIX.1103	05/05/11	5	42	148	3	0	0	0	0	9	0	6	0	0	0	1	0
BAIX.1104	19/05/11	124	26	6	4	0	0	0	15	0	0	0	0	0	1	0	0
BAIX.1105	02/06/11	171	57	2	1	2	0	1	31	0	0	0	0	0	1	7	0
BAIX.1106	16/06/11	2	56	2	0	2	0	1	0	6	0	0	0	0	0	0	0
BAIX.1107	30/06/11	0	47	8	1	6	0	0	6	3	0	0	1	0	0	0	0
BAIX.1108	14/07/11	1	62	72	2	6	0	0	5	1	0	1	0	0	0	5	0
BAIX.1109	27/07/11	2	63	3	5	10	2	0	5	2	0	0	2	0	0	5	0
BAIX.1110	11/08/11	0	40	5	1	17	0	0	3	0	0	0	1	0	0	2	0
BAIX.1111	25/08/11	0	30	2	0	4	0	0	1	0	0	0	0	2	0	1	1
BAIX.1112	08/09/11	10	103	51	3	19	0	0	7	0	0	2	12	4	0	17	0
BAIX.1113	22/09/11	2	20	2	1	1	0	0	2	0	0	0	2	0	0	3	0
BAIX.1114	06/10/11	0	16	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0
PEAGE.1001	13/04/10	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PEAGE.1003	07/05/10	3	6	533	53	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
PEAGE.1004	25/05/10	0	18	267	217	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0
PEAGE.1005	09/06/10	23	147	70	100	14	0	0	8	7	0	0	0	0	0	37	0
PEAGE.1006	01/07/10	20	26	58	290	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PEAGE.1007	06/07/10	43	14	60	262	13	0	0	1	0	0	0	0	2	0	20	0
PEAGE.1008	20/07/10	68	34	7	31	1	0	0	0	0	0	0	2	0	1	2	0
PEAGE.1009	03/08/10	48	8	10	5	6	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
PEAGE.1010	17/08/10	5	38	18	5	2	0	0	7	0	0	0	0	3	0	0	1
PEAGE.1011	31/08/10	0	21	13	4	4	0	1	2	0	0	0	0	0	1	0	0
PEAGE.1012	14/09/10	0	15	7	1	5	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0
PEAGE.1013	28/09/10	0	25	0	0	10	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
PEAGE.1014	12/10/10	0	7	5	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PEAGE.1101	22/03/11	0	6	5	10	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PEAGE.1102	05/04/11	107	6	3799	2	0	0	0	9	121	0	4	0	1	1	0	0
PEAGE.1103	19/04/11	81	16	383	21	0	0	0	138	322	1	2	0	0	3	0	0
PEAGE.1104	03/05/11	457	7	22	3	0	0	0	606	3	0	0	0	0	1	1	0
PEAGE.1105	17/05/11	59	2	22	4	0	0	0	10	3	0	0	0	0	0	0	0
PEAGE.1106	31/05/11	24	15	57	11	4	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0
PEAGE.1107	14/06/11	25	21	122	17	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
PEAGE.1108	28/06/11	0	10	27	5	4	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
PEAGE.1110	09/08/11	0	15	34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PEAGE.1111	23/08/11	0	4	23	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PEAGE.1112	06/09/11	0	39	528	12	0	0	0	19	0	0	0	4	0	0	0	0
PEAGE.1113	20/09/11	0	1	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PEAGE.1114	04/10/11	3	3	19	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tableau 11 : Effectifs de juvéniles de l'année des 18 espèces de Cyprinidés échantillonnés en aval des restitutions des aménagements de Péage-de-Roussillon et de Baix-le-Logis-Neuf en 2010 et 2011.

secteur campagne	Date	ABL	CHE	GAR	HOT	BAF	BLN	BOU	BRB	BRE	CAG	CAS	CCO	GOU	PSR	ROT	SPI	TAN	VAI
BAIX.1001	15/04/10	3	35	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BAIX.1002	29/04/10	0	95	0	2	16	0	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BAIX.1003	18/05/10	0	34	0	226	4	0	0	3	0	0	0	0	0	0	2	2	0	1
BAIX.1004	27/05/10	1	29	0	113	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
BAIX.1005	10/06/10	13	82	2	38	3	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BAIX.1006	23/06/10	1	26	0	19	3	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
BAIX.1007	08/07/10	12	90	12	43	7	0	3	2	1	0	0	2	0	0	0	3	0	1
BAIX.1008	22/07/10	19	75	0	16	16	0	0	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
BAIX.1009	05/08/10	13	136	0	8	6	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BAIX.1010	19/08/10	7	64	1	9	9	0	13	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
BAIX.1011	02/09/10	12	22	0	0	2	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BAIX.1012	16/09/10	0	67	2	9	7	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BAIX.1013	30/09/10	7	23	0	24	6	0	0	39	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0
BAIX.1014	14/10/10	2	27	0	0	9	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BAIX.1101	07/04/11	1	55	0	3	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BAIX.1102	21/04/11	0	5	68	2	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BAIX.1103	05/05/11	6	15	48	1	0	0	6	8	34	0	0	2	0	0	0	0	0	0
BAIX.1104	19/05/11	23	20	0	0	0	1	1	5	0	0	1	2	0	1	0	0	0	0
BAIX.1105	02/06/11	83	172	4	2	0	0	17	34	2	0	0	0	0	0	0	12	0	0
BAIX.1106	16/06/11	26	88	0	2	1	0	13	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
BAIX.1107	30/06/11	4	122	1	1	5	0	11	2	0	0	0	0	1	1	0	2	0	0
BAIX.1108	14/07/11	38	78	3	0	2	0	2	4	0	0	0	0	1	0	0	3	0	0
BAIX.1109	27/07/11	9	174	10	20	5	0	34	1	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0
BAIX.1110	11/08/11	1	32	3	0	2	0	18	1	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
BAIX.1111	25/08/11	0	18	2	1	3	0	4	0	0	0	0	0	1	0	0	3	0	0
BAIX.1112	08/09/11	18	166	8	2	7	0	25	0	0	0	0	0	20	1	1	30	0	0
BAIX.1113	22/09/11	0	22	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
BAIX.1114	06/10/11	0	31	1	4	1	0	0	0	0	0	0	1	3	0	0	1	0	0
PEAGE.1001	13/04/10	0	14	6	0	0	0	0	3	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
PEAGE.1002	27/04/10	1	1	6109	386	0	0	0	42	2	0	0	0	0	1	8	0	0	0
PEAGE.1003	07/05/10	0	119	463	39	1	0	0	15	0	0	0	0	0	8	0	0	0	1
PEAGE.1004	25/05/10	8	63	55	327	2	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1
PEAGE.1005	09/06/10	36	301	29	13	5	0	1	61	0	0	0	1	5	0	2	2	0	0
PEAGE.1006	01/07/10	3	71	25	120	7	0	0	0	2	0	0	1	20	0	0	6	0	1
PEAGE.1007	06/07/10	6	56	72	83	13	0	2	0	0	0	0	2	14	0	0	3	1	0
PEAGE.1008	20/07/10	2	9	5	76	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0
PEAGE.1009	03/08/10	19	19	0	12	5	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
PEAGE.1010	17/08/10	7	46	3	0	3	0	6	7	0	0	2	0	1	4	3	0	1	0
PEAGE.1011	31/08/10	7	50	14	6	4	0	0	12	0	0	0	0	0	1	1	2	0	0
PEAGE.1012	14/09/10	3	5	11	0	3	0	1	0	1	0	0	0	0	4	0	1	0	0
PEAGE.1013	28/09/10	14	14	0	1	2	0	0	1	0	0	0	0	5	0	1	0	0	0
PEAGE.1014	12/10/10	5	9	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
PEAGE.1101	22/03/11	5	5	1	15	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PEAGE.1102	05/04/11	21	983	3531	36	0	0	0	100	148	1	0	1	0	25	26	0	0	0
PEAGE.1103	19/04/11	46	730	3	3	1	0	29	121	86	2	0	0	1	4	1	0	0	0
PEAGE.1104	03/05/11	206	61	16	12	0	0	14	17	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
PEAGE.1105	17/05/11	48	24	4	21	5	0	6	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
PEAGE.1106	31/05/11	9	16	16	8	8	0	4	5	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0
PEAGE.1107	14/06/11	0	31	34	11	9	0	7	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0
PEAGE.1108	28/06/11	0	31	6	11	3	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
PEAGE.1110	09/08/11	1	29	17	1	0	0	1	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0
PEAGE.1111	23/08/11	0	10	18	10	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PEAGE.1112	06/09/11	121	30	80	9	4	0	1	3	0	0	0	0	7	0	0	2	1	0
PEAGE.1113	20/09/11	0	14	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0
PEAGE.1114	04/10/11	15	8	9	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0

Une comparaison des effectifs capturés dans les trois types de milieux (Vieux-Rhône, canaux de fuite et aval-restitution) est présentée dans l'annexe 6. Une représentation des tailles standards des poissons capturés dans ces trois types de milieux est disponible dans l'annexe 7.

3.4.1 Analyse globale des peuplements

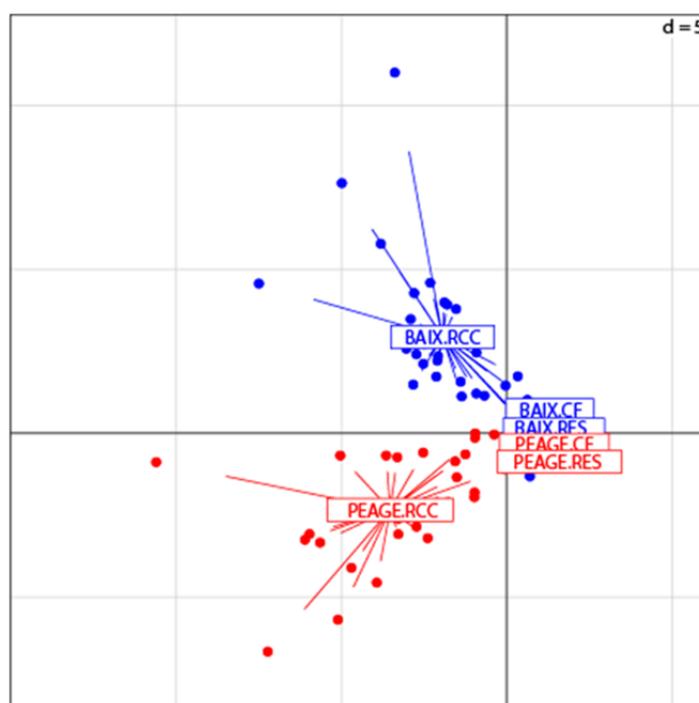


Figure 19 : Premier plan factoriel de l'ACP normée de la matrice espèces x campagnes ; plan des individus. Les noms des sites (RCC, CF, RES) par secteur (BAIX, PEAGE) sont positionnés aux barycentres des campagnes de pêche.

Une Analyse en Composantes Principales (normée) a été réalisée sur la matrice contenant les effectifs par espèce et par pêche (les différents types de stations échantillonnées – vieux-Rhône, canaux de fuite, aval restitution - ont été distingués). Les résultats sont présentés sur les figures Figure 19 et Figure 20.

Le résultat le plus intéressant (du point de vue des attendus du plan d'échantillonnage) est que les deux RCC se distinguent nettement des canaux de fuite et zones de restitution et sont différents entre eux. Par contre, les canaux et les restitutions des deux sites sont très proches du point de vue de leurs compositions faunistiques.

Les peuplements piscicoles des deux sites (Péage et Baix) sont donc différents dans les parties court-circuitées mais tendent à être homogènes dans les parties plus aménagées (CF et RES).

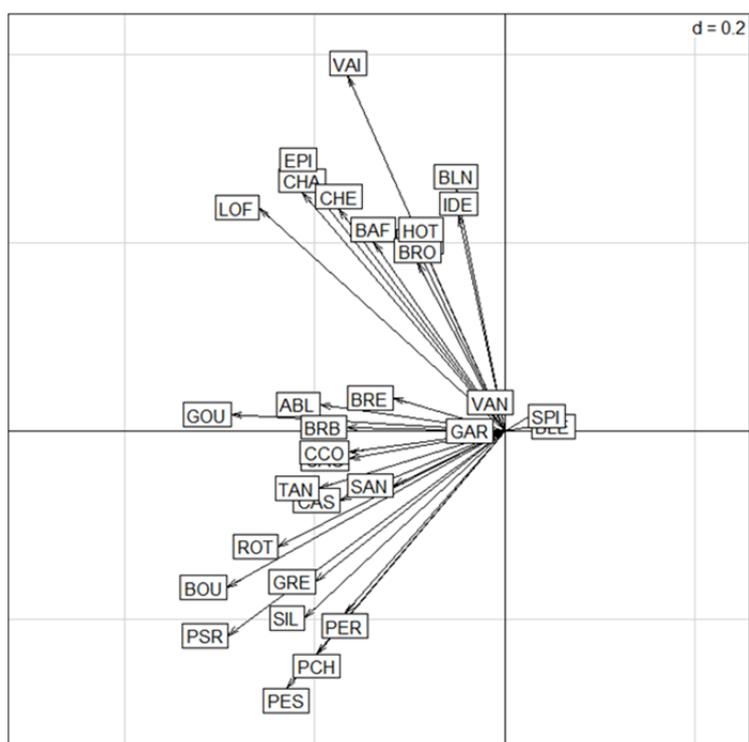


Figure 20 : Premier plan factoriel de l'ACP normée de la matrice espèces x campagnes ; plan des variables (i.e. les espèces).

Pour compléter l'illustration fournie par l'ACP, nous donnons ci-dessous les effectifs et proportions d'espèces pour les deux secteurs étudiés selon leurs répartitions par type de station (vieux-Rhône – RCC, canal de fuite – CF, aval de la restitution – RES ; Tableau 12).

Si les effectifs totaux à Péage et Baix sont comparables, les proportions des espèces dominantes changent. Ces différences de proportions s'observent également entre les types de stations d'un même secteur.

Tableau 12 : Effectifs (colonnes N) et proportions (colonnes %) des espèces échantillonnées par type de station (RCC, CF et RES) à Péage-de-Roussillon et Baix-le-Logis-Neuf toutes campagnes confondues. Les espèces sont classées par ordre décroissant d'effectif total (colonne « TOTAUX »).

Espèces	PEAGE						BAIX						TOTAUX (N)
	CF		RCC		RES		CF		RCC		RES		
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	
CHE	506	5.0	8429	27.1	2749	17.0	981	29.9	24008	41.1	1803	51.8	38476
GAR	6097	60.2	5733	18.4	10543	65.3	1042	31.8	980	1.7	165	4.7	24560
VAI	3	0.0	3	0.0	3	0.0	2	0.1	20600	35.3	3	0.1	20614
HOT	1054	10.4	3802	12.2	1200	7.4	425	13.0	4355	7.5	545	15.7	11381
ABL	966	9.5	1797	5.8	583	3.6	353	10.8	1514	2.6	299	8.6	5512
LOF	2	0.0	1281	4.1	27	0.2	28	0.9	3500	6.0	40	1.1	4878
BRB	807	8.0	1480	4.8	391	2.4	97	3.0	637	1.1	158	4.5	3570
BOU	2	0.0	2360	7.6	74	0.5	5	0.2	486	0.8	158	4.5	3085
PSR	6	0.1	2048	6.6	50	0.3	8	0.2	512	0.9	4	0.1	2628
PES	17	0.2	1402	4.5	20	0.1	2	0.1	39	0.1	3	0.1	1483
BRE	456	4.5	433	1.4	240	1.5	30	0.9	180	0.3	45	1.3	1384
GOU	10	0.1	448	1.4	76	0.5	19	0.6	483	0.8	30	0.9	1066
BAF	79	0.8	138	0.4	81	0.5	143	4.4	507	0.9	116	3.3	1064
CCO	6	0.1	777	2.5	5	0.0	9	0.3	42	0.1	7	0.2	846
ROT	15	0.1	400	1.3	42	0.3	3	0.1	21	0.0	4	0.1	485
SPI	61	0.6	31	0.1	19	0.1	65	2.0	39	0.1	64	1.8	279
EPI	0	0.0	50	0.2	6	0.0	2	0.1	170	0.3	1	0.0	229
CAG	1	0.0	198	0.6	3	0.0	0	0.0	21	0.0	0	0.0	223
ANG	12	0.1	15	0.0	3	0.0	40	1.2	84	0.1	20	0.6	174
CAS	0	0.0	86	0.3	2	0.0	0	0.0	44	0.1	1	0.0	133
PER	11	0.1	69	0.2	8	0.0	9	0.3	17	0.0	6	0.2	120
TAN	1	0.0	46	0.1	5	0.0	1	0.0	25	0.0	1	0.0	79
GRE	12	0.1	47	0.2	1	0.0	1	0.0	12	0.0	3	0.1	76
CHA	5	0.0	8	0.0	1	0.0	0	0.0	43	0.1	1	0.0	58
BLN	0	0.0	0	0.0	0	0.0	10	0.3	34	0.1	1	0.0	45
SIL	2	0.0	28	0.1	0	0.0	5	0.2	4	0.0	3	0.1	42
PCH	0	0.0	16	0.1	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	16
BRO	1	0.0	3	0.0	1	0.0	0	0.0	9	0.0	1	0.0	15
SAN	2	0.0	5	0.0	2	0.0	0	0.0	1	0.0	0	0.0	10
VAN	0	0.0	1	0.0	2	0.0	0	0.0	1	0.0	0	0.0	4
BLE	1	0.0	0	0.0	1	0.0	1	0.0	0	0.0	0	0.0	3
IDE	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	1	0.0	0	0.0	1
TOTAUX	10135		31134		16138		3281		58369		3482		

3.4.2 Distinction des cohortes : estimation par modèles de mélange

Le principal travail avant d'analyser la relation entre les variations d'effectifs de juvéniles des différentes populations et les régimes hydrologique et thermique est d'identifier les cohortes des différentes espèces. Pour la présente étude, quatre espèces dont les effectifs sont suffisamment importants ont été délibérément sélectionnées: l'ablette (*Alburnus alburnus* ; ABL), le chevaine (*Squalius cephalus* ; CHE), le gardon (*Rutilus rutilus* ; GAR) et le hotu (*Chondrostoma nasus* ; HOT).

3.4.2.1 Eléments de réflexion sur les cohortes

Quelques remarques préliminaires s'imposent sur le terme de « cohorte ».

Une cohorte est constituée d'individus du même âge issus d'un ensemble de reproducteurs ayant frayé sur une courte période (quelques jours au maximum). D'un point de vue biologique la vision en cohortes de l'organisation du peuplement de juvéniles au cours du temps suppose un ou plusieurs épisodes de reproduction nettement distincts dans le temps et assez importants pour engendrer des effectifs de larves (ou juvéniles) détectables dans le système (selon le protocole retenu pour la pêche). Généralement, dans les études portant sur une analyse pluriannuelle des peuplements ou des populations, les auteurs considèrent un lot d'individus de l'année (0+) identifiés par rapport à des individus nés les années précédentes (1+, 2+, 3+...). Mais dans le présent rapport, l'échelle temporelle prise en compte est beaucoup plus fine et il s'agit de distinguer différentes cohortes au sein d'une même année, soient les pics d'éclosions (correspondant sans doute aux épisodes de reproduction).

Si la vision théorique exposée précédemment peut être une bonne approche pour étudier le recrutement des juvéniles au cours du temps, il faut garder à l'esprit un certain nombre d'éléments en lien avec le protocole retenu et la biologie des populations de poissons dans les secteurs d'étude. Les observations de terrain montrent avant tout qu'il existe bien des pics plus importants de reproduction pour toutes les espèces de Cyprinidés du Rhône, mais qu'il existe aussi des épisodes de reproduction entre ces pics. Pour une espèce donnée, la reproduction peut ainsi s'étaler sur plusieurs semaines au cours desquelles la reproduction va alterner entre des périodes d'intense activité et des périodes plus calmes mais pendant lesquelles l'activité existe toujours. Pour une année donnée, **la reproduction doit plutôt être considérée comme un phénomène continu mais à intensité variable**. Il est probable qu'il existe également une variabilité interannuelle importante en fonction des conditions hydro-climatiques. A ceci vient s'ajouter le fait que les espèces peuvent avoir des stratégies de ponte différentes. En effet, certaines espèces ont une ponte unique et d'autres des pontes multiples.

Mais encore une fois, ces caractéristiques concernent l'échelle de l'individu qui n'est pas celle traitée dans ce rapport. A l'échelle de la population de reproducteurs des sites d'étude, il est difficile de considérer qu'il y ait, pour une espèce donnée, et même si elle est décrite comme une espèce à ponte unique, un épisode unique de reproduction. Les reproducteurs arrivent en vagues successives (plus ou moins importantes) sur les frayères, notamment en fonction du niveau de maturation des organes reproducteurs des femelles. Le nombre de vagues et leur intensité dépend certainement de la taille de la population de reproducteurs.

Dans le protocole de pêche, les campagnes de prélèvement ont été réalisées tous les 15 jours. Il est donc possible que plusieurs épisodes d'éclosion aient eu lieu entre deux pêches successives. Par conséquent, les effectifs de larves échantillonnés lors d'une pêche donnée, peuvent représenter plusieurs cohortes.

3.4.2.2 *Spécification des modèles de mélange*

En l'absence d'information précise sur l'âge exact des individus, la taille peut servir de *proxy* afin d'assembler les individus d'âges similaires. Différentes méthodes de classification existent pour retrouver les cohortes au sein d'une distribution de tailles d'individus (Veslot *et al.* 2012¹⁰). Le choix a été arrêté sur les modèles de mélange car d'une part nous ne disposons pas d'un jeu de données d'apprentissage permettant d'implémenter des méthodes de classification supervisées et d'autre part nous avons au moins une variable (le stade de développement larvaire) qui peut être utilisée pour pondérer la probabilité d'appartenance à un groupe.

Une procédure automatique de regroupement des individus ne peut se substituer complètement à une expertise en l'absence d'information précise sur l'âge des individus. Il en découle que la définition des groupes d'individus, dont la taille et le stade de développement larvaire sont similaires, nécessite un va-et-vient entre utilisation d'un algorithme et choix en lien avec la connaissance biologique des espèces et du protocole. Le but n'étant pas une application d'une méthode de classification mais bien un gain de temps par rapport au recours à une méthode complètement basée sur l'expertise vu le grand nombre d'individus échantillonnés.

¹⁰ Veslot, J. 2012. Discrimination automatique des cohortes de juvéniles à partir des distributions de tailles. Irstea, UR Hydrobiologie, Aix-en-Provence, 120 p.

D'un point de vue strictement technique, l'implémentation des modèles de mélange a été réalisée en utilisant le logiciel R et plus particulièrement la librairie `flexmix`¹¹ qui offre de nombreuses possibilités de modèles et les outils d'évaluation appropriés. Il est important également de signaler que les modèles de mélange constituent simplement une aide à la décision sur la construction des cohortes mais ne constituent pas la finalité de cette étude. Par conséquent, nous ne présenterons pas en détails les résultats de ces modèles. La distinction des groupes pour une distribution de tailles à une campagne donnée a été généralement faite en plusieurs étapes. Dans un premier temps, les individus clairement identifiés comme 1+ (i.e. : fort écart de taille avec les individus 0+ qui présentent encore souvent des caractères larvaires) ont été écartés des données, constituant un premier groupe (individus nés l'année précédente ou avant). Ensuite, les modèles de mélanges ont été utilisés sur les distributions de tailles plus chevauchantes. Comme indiqué précédemment, des allers retours entre modèle et attribution par expertise ont été faits notamment dans les cas où les modèles fournissaient des groupes biologiquement aberrants. Dans un premier temps, une procédure de sélection de modèle sur critère d'information (Bayesian Information Criterion, BIC) a été utilisée afin de retenir le modèle avec le nombre de groupes statistiquement le plus adapté aux données. Ensuite, une procédure de modèle de mélange a de nouveau été appliquée en utilisant les probabilités à posteriori issues de la sélection de modèle comme probabilité à priori dans le nouveau modèle. Le nombre de groupes de ce nouveau modèle a servi comme base de travail à l'expertise pour finaliser la définition des cohortes.

L'application de la méthode des modèles de mélange a été réalisée en premier lieu sur les données de taille du chevaine (*Squalius cephalus*). Il s'agit de l'espèce la plus représentée dans le jeu de données ce qui met à disposition le plus grand nombre d'individus par campagne et limite les problèmes de convergence des modèles inhérents à de trop faibles effectifs.

L'exemple de la distribution des tailles des chevaines échantillonnés lors de la 4^e campagne dans le vieux Rhône de Péage de Roussillon les 25 et 26 mai 2010 est illustré ci-

¹¹ Friedrich Leisch. FlexMix: A general framework for finite mixture models and latent class regression in R. Journal of Statistical Software, 11(8), 1-18, 2004. URL <http://www.jstatsoft.org/v11/i08/>
Bettina Gruen and Friedrich Leisch. Fitting finite mixtures of generalized linear regressions in R. Computational Statistics & Data Analysis, 51(11), 5247-5252, 2007. doi:10.1016/j.csda.2006.08.014
Bettina Gruen and Friedrich Leisch. FlexMix Version 2: Finite mixtures with concomitant variables and varying and constant parameters Journal of Statistical Software, 28(4), 1-35, 2008. URL <http://www.jstatsoft.org/v28/i04/>

dessous (Figure 21). La première observation sur la distribution de tailles (limitée à 35mm) semble indiquer une distribution au moins bimodale lorsqu'on prend en compte le stade de développement. Notamment, les stades 3 et 4 correspondent au début à l'apparition des rayons dans les champs natatoires. De fait, la différence morphologique (autre la taille) est marquée entre un stade 2 et un stade 3-4. L'algorithme a donc été initié avec trois composantes dans la fonction `flexmix` du package `flexmix` afin de laisser une certaine latitude à l'algorithme dans la définition des groupes mais sans aller à balayer un trop grand nombre possible de groupes pour éviter une séparation trop « virtuelle » (i. e. due au hasard).

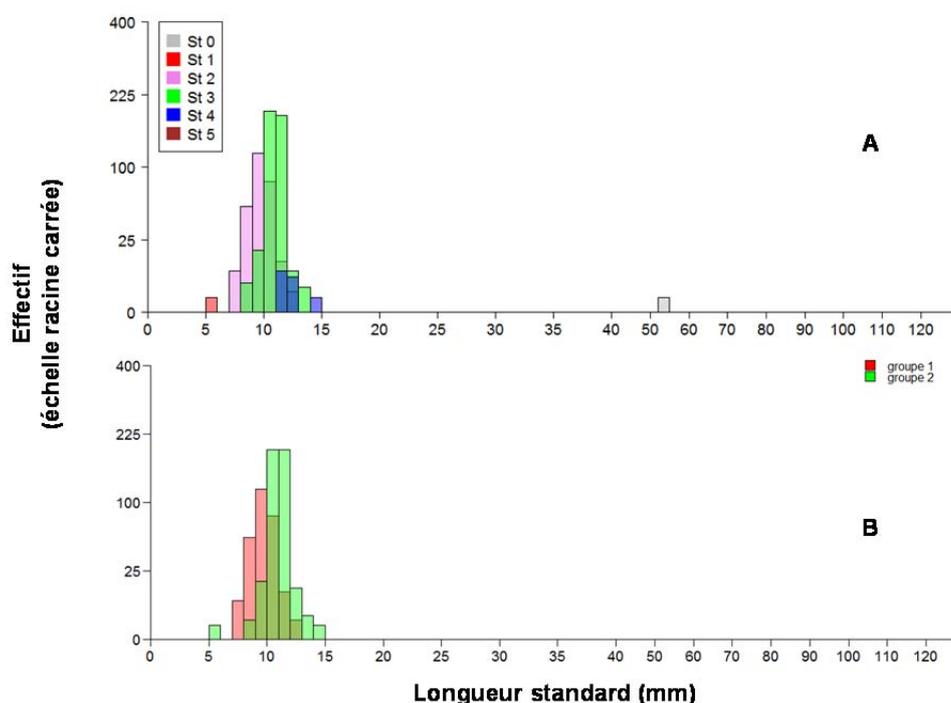


Figure 21 : Histogrammes de la distribution de tailles (LS) du chevaîne dans le vieux-Rhône de Péage (25 et 26 mai 2010). L'échelle de l'axe des effectifs a été au préalable modifiée par une transformation racine carrée. Les effectifs indiqués sont les effectifs réels (sans transformation). Sur les graphiques, les couleurs ont été rendues transparentes afin de permettre une lecture globale malgré le chevauchement des distributions ce qui donne l'impression d'avoir plus de couleurs que celles définies dans les légendes. **A** : Distribution observée et regroupement par stade larvaire (St 1 à 5, stades larvaires 1 à 5, cf. Pinder 2001 ; Stade 0, juvénile). **B** : Distribution avec le regroupement (cohorte) simulé par modèle de mélange après intégration de l'information taille et stade larvaire.

Le modèle retenu distingue deux groupes dans cette distribution que l'on définira comme deux cohortes distinctes. Quelques corrections seront apportées à ce regroupement qui n'est pour l'instant que statistique et qui prend comme base une distribution des tailles par cohorte selon une loi normale (Figure 21). Cependant, en supposant une croissance des cohortes au cours du temps (sans évoquer la valeur du taux de croissance) on peut raisonnablement supposer que tous les petits individus doivent appartenir au même groupe. Ce n'est pas le cas sur la Figure 21 puisque le plus petit individu ($5 < LS < 6\text{mm}$) a été

regroupé avec le groupe 2 qui a une taille médiane supérieure à celle du groupe 1. L'individu en question sera donc inclus dans le groupe 1.

Cette modélisation a été répétée pour chaque campagne de chaque année et chaque site et pour les quatre espèces (soit 220 modèles, l'année 2011 ne comportant que 13 campagnes à Péage) (Figure 22). Une fois les groupes obtenus pour l'ensemble des campagnes, une même cohorte a été suivie au cours du temps en utilisant les groupes les plus raisonnables en fonction de la croissance des espèces. Par exemple, le groupe le plus grand (en taille médiane) a toujours été attribué à la cohorte apparue en première dans la succession temporelle des pêches.

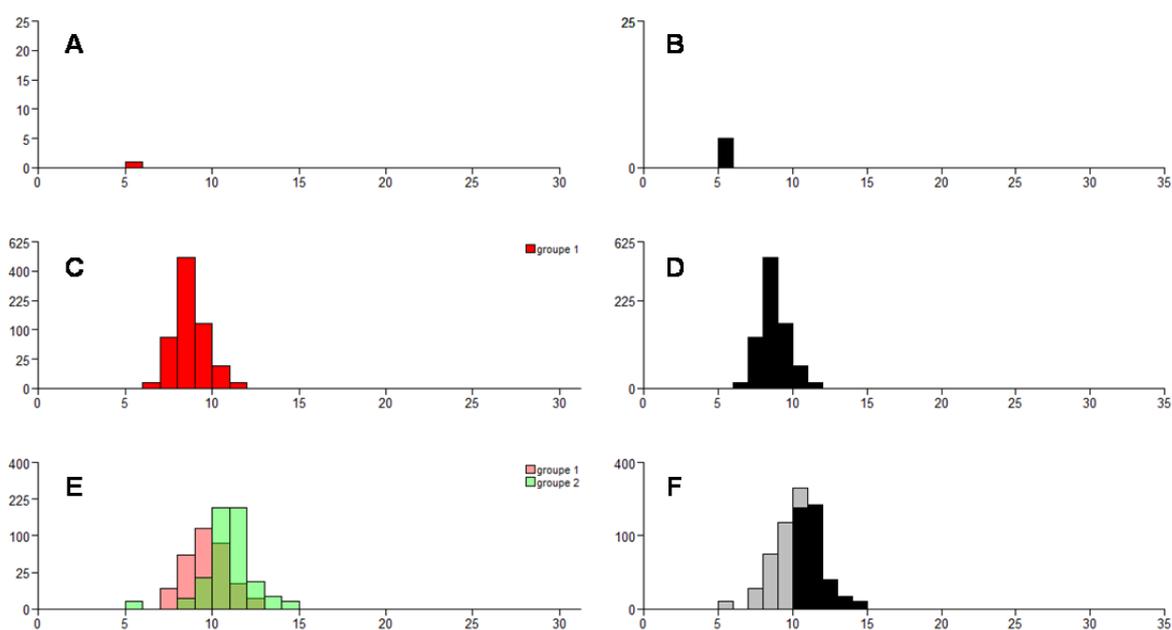


Figure 22 : Distribution des tailles (LS) de chevaines groupées selon un modèle de mélange (A, C, E) et après expertise (B, D, F) pour trois campagnes de 2010 à Péage : A-B, 27-28/04/2010 ; C-D, 7 et 10/05/2010 ; E-F, 25-26/05/2010. Sur les graphiques B, D, F on peut voir l'évolution d'une même cohorte (en noir) et l'apparition d'une nouvelle (en gris). L'échelle de l'axe des effectifs a été au préalable modifiée par une transformation racine carrée. Les effectifs indiqués sont les effectifs réels (sans transformation). Sur le graphique E les couleurs ont été rendues transparentes afin de permettre une lecture globale malgré le chevauchement des distributions ce qui donne l'impression d'avoir plus de couleurs que celles définies dans les légendes.

En fin de saison (généralement à partir de la 10^e ou 11^e campagne, fin juillet-début août), la distinction des cohortes devient impossible par un modèle de mélange ou par toute autre méthode automatisée. Les individus ont donc été affectés à des cohortes à partir de lois normales dont les paramètres ont été fixés selon une expertise des distributions de tailles en essayant de repérer visuellement les modes ou encore les ruptures dans la distribution et en s'appuyant sur la taille des individus échantillonnés lors de la campagne précédente.

Les figures illustrant le regroupement des individus selon leurs tailles et leurs stades de développement d'après l'estimation des modèles de mélange (par campagne de pêche) sont présentées en annexe 8.

3.4.3 Evolution temporelle des effectifs par cohorte

Une fois que chaque individu a pu être associé à une cohorte, les effectifs totaux de chaque cohorte ont été calculés. Le très important travail réalisé est une phase préliminaire indispensable à l'obtention des données souhaitées.

L'étape suivante est la représentation de l'évolution temporelle de l'effectif de chaque cohorte au cours du temps (période de pêche). A ces représentations graphiques ont été adjointes les évolutions temporelles des débits correspondantes et notamment les épisodes de surverse afin d'avoir une première visualisation de l'effet des variations du régime hydrologique en ayant également présent à l'esprit l'élévation de température au cours de la saison de pêche et notamment en 2011. Ces illustrations sont présentées dans l'annexe 9.

Il est très vite apparu un pattern très global quelles que soient les conditions hydrologiques et thermiques : Les effectifs des cohortes sont initialement élevés, ce qui correspond à l'apparition des très jeunes stades dans le système après éclosion, cette phase est suivie d'une chute très importante (en valeur absolue et/ou relativement à l'effectif de départ) et brutale de l'effectif puis par une stabilisation à une valeur très faible par rapport à la valeur initiale.

Une approche pragmatique de l'analyse des données avait été envisagée en illustrant quelques cas de chute d'effectifs en réponse à la variabilité hydrologique. A la vue de l'organisation temporelle des effectifs quelle que soit l'espèce considérée, nous avons dû abandonner cette solution.

Nous donnons ci-dessous les éléments à prendre en compte dans l'analyse de ces données et les limites des analyses statistiques usuelles qui pourraient être envisagées.

3.4.4 Limites à l'analyse de la variabilité des effectifs bruts

Les premières analyses réalisées sur les données de l'étude, bien que déjà très élaborées et longues, révèlent qu'établir un lien entre la variabilité spatio-temporelle des effectifs par cohorte et la variabilité des régimes hydrologique et thermique est très complexe.

Cette complexité tient d'abord à l'organisation du plan d'échantillonnage et au mode de reproduction des espèces étudiées. Les deux sites et les deux années de l'étude présentent des productivités différentes en termes d'effectifs et même de cohortes. Il existe donc un

premier niveau spatio-temporel d'hétéroscédasticité des données qu'il n'est pas possible d'expliquer au moins sur une durée de seulement deux années. Ensuite, au sein d'un site et pour une année, les cohortes n'ont pas la même productivité et les effectifs peuvent donc varier de manière importante d'une cohorte à l'autre. Cette structure est d'autant plus problématique pour l'analyse qu'elle est organisée temporellement le long de la période de reproduction, les cohortes apparaissant entre avril et août. Le pattern d'hétéroscédasticité ne suit donc pas une simple diminution de variance au cours du temps mais présente différents pics qui s'atténuent temporellement. Ce pattern diffère entre sites et entre années par l'amplitude des pics et leur nombre (Figure 23).

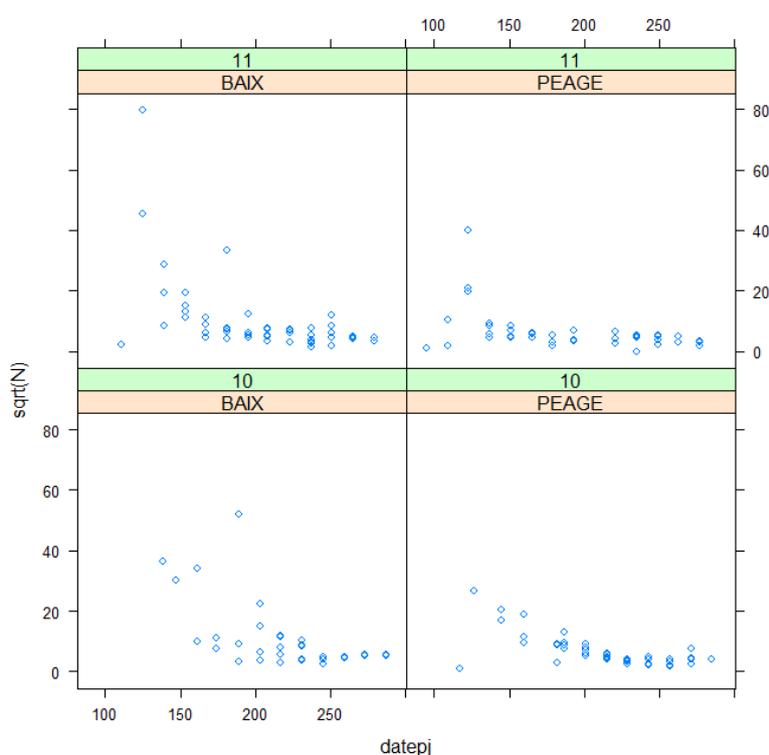


Figure 23 : Evolution temporelle (*datej* = jour Julien) des effectifs (transformation racine carrée) de juvéniles de chevaines par site et par année (10= 2010, 11= 2011).

Il existe quelques outils d'analyse qui pourraient permettre de tenir compte d'une telle structure. L'organisation temporelle peut faire penser à une série temporelle puisqu'en toute rigueur l'effectif d'une cohorte à une date dépend de celui observé à la date précédente. Si l'on souhaite prendre en compte toutes les données, il faut envisager des séries temporelles répétées avec une forte non-stationnarité. Dans le même ordre d'idée, les modèles mixtes permettent d'inclure une description de la structure de variance et d'inclure les effets aléatoires comme les variabilités inter-sites et interannuelles. Cependant, une fois la variabilité inter-cohortes introduite dans les effets aléatoires afin de voir globalement l'effet

des régimes hydrologique et thermique, apparaissent des problèmes de convergence même pour les espèces pour lesquelles on dispose du plus grand nombre de valeurs. En effet, une fois tous les facteurs aléatoires et de structure de variance intégrés au modèle, l'estimation de ces effets ne peut être réalisée qu'à partir de quelques valeurs seulement. Malgré l'intense effort d'échantillonnage sur les deux années de l'étude (plus de 8000 EPA au total) et l'importance de l'effectif de larves et de juvéniles échantillonnés (plus de 120 000), une fois ces données ramenées à l'échelle de la cohorte, le nombre de valeurs à disposition reste faible. Au-delà des problèmes de convergence observés, l'estimation des paramètres ne peut être considérée comme fiable.

De plus, la structure de variance (atténuation forte au départ puis progressive) est un signal très présent dans les données. Avec une telle structure spécifiée dans le modèle, le modèle décrit très vite et très bien les données sans avoir à ajouter une quelconque variable explicative. On notera également qu'une transformation des données d'abondance (log ou racine carrée) n'élimine pas cette structure (Cf. Figure 23) ou fournit un nuage de point non structuré. On pourrait alors penser que les régimes hydrologique et thermique n'influencent pas l'abondance des larves et juvéniles. La forte diminution des effectifs est biologiquement prévisible puisque les espèces étudiées se basent plutôt sur une stratégie qui consiste à produire un grand nombre d'œufs et donc de nombreux jeunes stades (de petite taille) en espérant ainsi maximiser le succès de reproduction sans investir dans des soins aux jeunes (stratégie « *r* », Pianka 1972¹²). Une solution possible pourrait être de travailler en relatif en utilisant la différence entre l'effectif à la date *t* avec celui de la date *t-1*. Mais on retrouve encore la tendance temporelle et on a en plus divisé nos valeurs en deux groupes : les valeurs positives (gain d'une date à l'autre) et les valeurs négatives (pertes), ce qui réduit encore le nombre de valeurs pour expliquer chaque tendance (perte et gain). D'une date à l'autre, les individus changent de stade de développement et de taille ce qui permettrait d'expliquer les différences d'effectif. Mais cela implique de nouveaux paramètres à estimer et au final on amplifie le problème de la structure de variance puisque la taille et le stade de développement évoluent au cours du temps selon leurs propres règles et notamment en lien avec les variables environnementales. On ajoute alors un problème de corrélation dans les variables explicatives. Une dernière voie envisagée serait d'avoir une réponse multivariée en essayant d'expliquer à la fois la taille, le stade et l'effectif mais encore une fois cela ne permettrait pas de tenir compte du fait qu'à une même valeur d'effectif peuvent correspondre des individus au

¹² Pianka, E. R. 1972. *r* and *K* Selection or *b* and *d* Selection. *American Naturalist* 106:581-588.

développement très différent et que les plus forts effectifs correspondent toujours à des très jeunes stades.

Les observations décrites ci-dessus montrent finalement qu'avec les mesures classiques d'effectifs on se retrouve face à un problème d'échelle de mesure. L'effet principal que l'on enregistre est finalement celui auquel on peut s'attendre avant même d'avoir réalisé l'échantillonnage : une perte importante d'individus peu de temps après l'apparition de la cohorte quelles que soient les conditions environnementales. Les pertes enregistrées par la suite apparaissent marginales en termes d'effectifs mais pourraient être tout aussi importantes au regard de la fraction qui survit.

3.4.5 Définition d'une nouvelle mesure d'abondance : Introduction à la logique floue

On retiendra ici que le problème d'échelle relevé tient au fait :

- qu'il est difficile d'intégrer dans un modèle que des valeurs identiques d'effectifs pourraient avoir un sens biologique complètement différent et au contraire,
- que des valeurs différentes pourraient avoir un sens proche en termes de fonctionnement du système,
- et ce selon le développement des individus auxquels on fait référence.

Il conviendrait donc essayer de déterminer une mesure de l'abondance qui ne soit pas influencée par les différences d'effectifs interstades. Pour cela, cette mesure devra être définie par stade et devra, comme toute mesure d'abondance, rendre-compte de l'importance de l'effectif.

De manière simple, le but est d'arriver à savoir dire si, pour une cohorte donnée, il y a « beaucoup » ou « peu » d'individus selon le stade de développement (et implicitement selon la taille, les deux étant fortement liés).

La méthodologie employée se base sur les concepts de la *logique floue* ou *théorie des ensembles flous* (Zadeh, 1965¹³) dont le fondement est d'arriver à prendre une décision dans un contexte mal défini, imprécis, *flou*. Dans cette partie, nous présentons quelques éléments de cette théorie afin de comprendre les différences par rapport à l'analyse statistique plus classiquement utilisée en écologie et de donner les bases nécessaires à la compréhension des analyses menées par la suite.

¹³ Zadeh, L. A. 1965. Fuzzy Sets. Information and Control **8**:338-353.

3.4.5.1 Notions ensemblistes

L'idée de base est simple puisque cette théorie utilise les opérations sur les ensembles (intersection, union...) que l'on connaît de la logique binaire (algèbre de Boole). Dans cette dernière, un objet appartient ou n'appartient pas à l'ensemble désigné. On est donc dans une approche de type oui/non qui se formalise numériquement par les valeurs 1/0 : un objet appartenant à un ensemble A aura la valeur 1 pour cet ensemble. La logique floue généralise ce concept en utilisant non pas le couple de valeur (0,1) mais l'intervalle [0,1]. L'unité reste l'ensemble mais un objet appartient ou n'appartient pas à l'ensemble **à un certain degré**.

Par exemple, on peut prendre l'ensemble des espèces rhéophiles, E_{rh} d'un site donné qui s'écrit :

$$E_{rh} = \{sp1, sp2, sp3, sp4\}$$

$sp1$ à 4 désignant les espèces à caractère rhéophile trouvées dans le site. L'ensemble obtenu est tout aussi important que la règle ayant servi à sa définition car elle lui donne son sens et une interprétabilité. Si on définit à présent l'ensemble des espèces de grande taille E_G sur le même site d'étude :

$$E_G = \{sp2, sp3, sp5, sp6\}$$

On peut alors définir quatre opérations de base sur ces deux ensembles :

- intersection (notée : \cap) : donne les éléments communs aux deux ensembles, ici $E_{rh} \cap E_G = \{sp2, sp3\}$ est l'ensemble des espèces rhéophiles ET de grande taille.

- union (notée : \cup) : accole les deux ensembles, $E_{rh} \cup E_G = \{sp1, \dots, sp6\}$ est l'ensemble des espèces rhéophiles ET/OU (OU inclusif) de grande taille.

- négation (notée : \sim ou \bar{E}) : donne le complément de l'ensemble E . Si le site étudié comporte 20 espèces alors $\bar{E}_{rh} = \{sp5, \dots, sp20\}$ représente les espèces non-rhéophiles. Cette opération suppose l'existence d'un *univers de discours* U qui correspond à l'ensemble des objets, ici : les espèces du site. Et, $E_{rh} \cup \bar{E}_{rh} = U$, $E_{rh} \cap \bar{E}_{rh} = \emptyset$, sont des règles fondamentales des mathématiques ensemblistes. La seconde est appelée « loi du milieu exclu » et constitue un point fondamental de la logique floue puisqu'elle n'y est pas respectée. Autrement dit, en logique floue, un ensemble et son complément peuvent avoir des éléments en commun.

- l'inclusion (notée : \subset) : applicable si les deux ensembles ont des éléments en commun. En théorie ensembliste classique, un ensemble est inclus dans un autre si tous ses

éléments s'y trouvent. L'inclusion est l'équivalent de la corrélation dans les méthodes usuelles d'analyse. En logique floue, la règle stricte d'inclusion est assouplie et permet des inclusions partielles : un ensemble peut être un sous ensemble d'un autre à un certain degré. Dans l'exemple précédent la relation d'inclusion s'écrit : $\{sp3, sp6\} \subset E_G$.

Par l'utilisation des notations ensemblistes et de l'intervalle $[0, 1]$, les ensembles flous combinent les avantages du raisonnement par les ensembles avec les possibilités d'analyse des mesures continues. L'élément clef permettant cette combinaison est appelé *fonction d'appartenance*, généralement notée m_x (désigne la fonction d'appartenance à l'ensemble x). Cette fonction mathématique réalise le passage de l'univers de discours de l'ensemble vers l'intervalle $[0, 1]$. Elle établit ainsi le *degré d'appartenance* d'un objet à l'ensemble. Elle est définie par l'utilisateur selon des critères qui mêlent mathématiques et hypothèses a priori sur la correspondance entre l'univers de discours et l'intervalle $[0, 1]$.

Admettons que nous ayons défini les fonctions d'appartenance liées aux ensembles E_G et E_{rh} précédemment définis, avec les résultats suivant :

$$E_{rh} = \{0.45, 1, 0.2, 0.75\}$$

$$E_G = \{0.4, 0.1, 0.7, 0.55\}$$

Chaque espèce est donc définie au travers de son degré d'appartenance à chacun des ensembles.

L'union de ces deux ensembles se calcule par l'opérateur *maximum* (noté *max*). On définit alors le degré d'appartenance de l'union de E_{rh} et E_G ainsi :

$$m_{E_{rh} \cup E_G} = \max(m_{E_{rh}}, m_{E_G})$$

$$m_{E_{rh} \cup E_G} = \{0.45, 1, 0.7, 0.75\}$$

L'intersection s'obtient avec l'opérateur *minimum* (*min*) :

$$m_{E_{rh} \cap E_G} = \min(m_{E_{rh}}, m_{E_G})$$

$$m_{E_{rh} \cap E_G} = \{0.4, 0.1, 0.2, 0.55\}$$

Le complément d'un ensemble E se définit simplement par $1 - m_E$:

$$m_{\bar{E}_{rh}} = 1 - m_{E_{rh}} = \{0.55, 0, 0.8, 0.25\}$$

Avec ces quelques opérations, il est possible d'établir des relations entre les ensembles de la même manière que les relations qui sont établies entre les variables en analyse statistique classique. La simplicité des opérateurs rend leur combinaison aisée et autorise la constitution d'ensembles complexes.

3.4.5.2 Variables et nombres flous

La notion de variable existe aussi en logique floue. On parle également de *variable floue*. Le concept fait encore une fois directement référence à l'ensemble auquel on s'intéresse. Le passage dans l'intervalle $[0, 1]$ peut être réalisé au travers d'une fonction d'appartenance unique mais il peut s'avérer utile autant conceptuellement que pratiquement de diviser l'univers de discours de la variable en sous-ensembles que l'on appelle alors des *nombres flous*. Autrement dit, les nombres flous sont des ensembles qui partagent un même univers de discours. Les sous-ensembles définis par les nombres flous peuvent être partiellement chevauchant comme illustré sur la Figure 24. Cette transcription mathématique s'applique particulièrement bien aux variables que l'on a tendance à décrire par des mots tels que « faible », « moyen » ou « fort ».

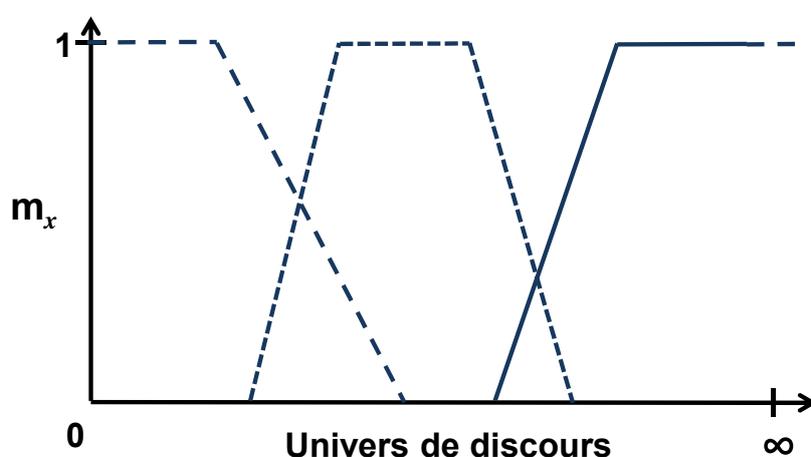


Figure 24 : Illustration de la définition de trois nombres flous sur l'univers de discours d'une même variable. Chaque nombre est défini par une fonction d'appartenance trapézoïdale (3 types de lignes différents) qui donne la valeur du degré d'appartenance (m_x).

3.4.5.3 Relations entre ensembles flous

En adoptant une démarche basée sur les ensembles flous, on adopte également une nouvelle manière d'étudier les relations entre les variables. Notamment, la covariation de deux ensembles ne se mesure pas au travers d'une covariance ou d'une corrélation. L'équivalent de ces mesures en logique floue est l'inclusion. Le degré avec lequel deux

ensembles se recouvrent permet de juger de la relation de causalité qui les lie. Il existe de nombreuses manières d'évaluer l'inclusion de deux ensembles (ou plus) mais ce n'est pas l'objet de la présente introduction à la logique floue. Le concept ne sera donc pas plus détaillé mais une illustration graphique de la notion d'inclusion est donnée ci-dessous afin 1) d'illustrer la différence avec l'illustration d'une corrélation et 2) savoir identifier une relation d'inclusion à partir de la distribution bivariée.

La Figure 25 illustre le fait que la distribution des points qui met en évidence une corrélation est très différente de celle mettant en évidence une inclusion. Une corrélation nécessite que les valeurs se distribuent toujours selon la pente fixée dans la relation $y=f(x)$. Pour que B soit totalement inclus dans A (cas de la Figure 25) il faut que pour tout objet décrit par les deux ensembles $m_A \geq m_B$. Graphiquement, tous les points sont situés sur ou au-dessus de la droite $m_A = m_B$. Dans la situation inverse (tous les points au-dessous de la droite) alors A sera totalement inclus dans B. L'inclusion sera partielle (définie à un certain degré) si les points se répartissent de part et d'autre de la droite. Par ailleurs, une interprétation prédictive du graphique est possible. Un haut degré d'appartenance à l'ensemble A est une condition nécessaire mais non suffisante pour avoir un haut degré d'appartenance à B et inversement, une appartenance forte à B est une condition suffisante mais non nécessaire pour avoir une appartenance forte à A. Ce genre de lecture et de déduction est impossible dans une approche corrélatrice.

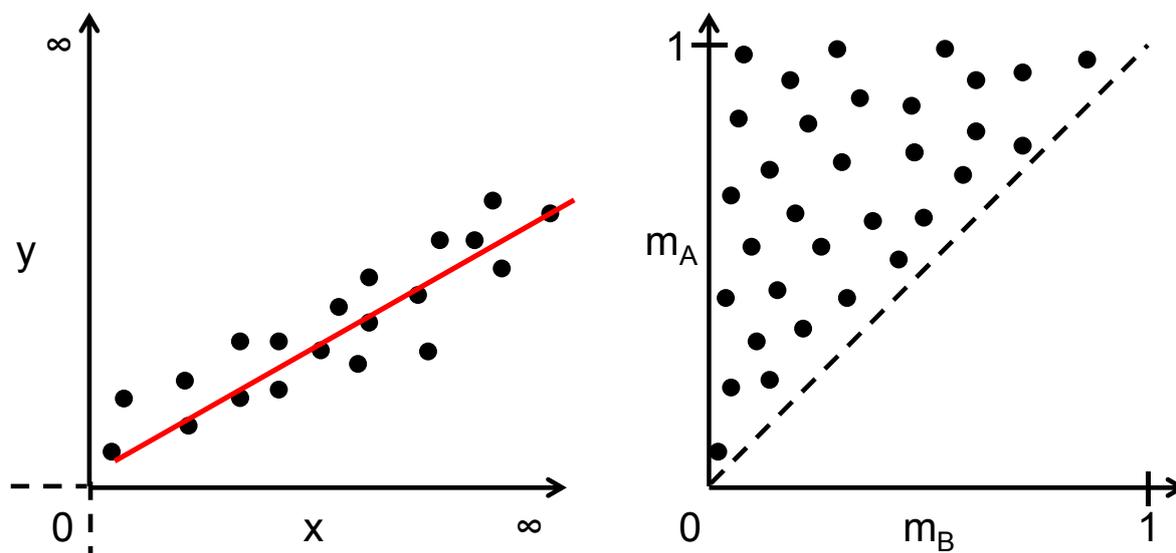


Figure 25 : Illustration de la notion de corrélation entre deux variables x et y (à gauche) et de la notion d'inclusion de deux ensembles flous A et B à partir de la valeur prise par la fonction d'appartenance m propre à chaque ensemble. En rouge est figurée la droite de régression $y=f(x)$ et en pointillé la droite $m_A = m_B$.

3.4.5.4 Construction de la fonction d'appartenance

La méthode de construction de la fonction d'appartenance employée ici (décrite dans Ragin, 2008) nécessite la définition de trois points : le point d'exclusion ou de non-appartenance totale à l'ensemble (i.e. degré = 0), le point d'inclusion ou appartenance totale (i.e. : degré = 1) et le point de bascule ou point d'ambiguïté maximale (i.e. degré = 0.5). Ces trois points servent à définir les éléments du passage de l'univers de discours à l'intervalle [0,1].

Comme énoncé précédemment, la règle décrivant l'ensemble est un élément crucial dans la théorie des ensembles flous notamment parce qu'elle est à la base de l'interprétation des valeurs de degré obtenues et également de leur construction dans la méthodologie retenue ici.

Dans cette étude l'objectif est de mesurer le succès de chaque cohorte au cours du temps. **Il est donc possible d'adopter la règle suivante pour définir l'ensemble d'intérêt : ensemble « des Effectifs élevés du stade ».** Dans la même idée, l'ensemble « des Effectifs faibles du stade » pourra être tout aussi informatif. Cette manière de voir les données d'effectif sera donc l'élément fondamental à prendre en compte dans la construction de la fonction d'appartenance et par la suite dans l'interprétation des résultats obtenus.

D'après L. Zadeh, la logique floue permet une formalisation mathématique de la façon avec laquelle le cerveau humain décrit tout ce qui fait son environnement. Il est donc possible de s'appuyer sur notre propre façon de décrire les effectifs pour guider les choix mathématiques de construction des ensembles. Ainsi, quelle que soit l'espèce étudiée, des effectifs en-deçà d'une certaine valeur seront toujours décrits comme « faibles » par un observateur averti. Inversement, ce même observateur qualifiera de « forts » tous les effectifs au-delà d'une certaine valeur. Entre ces extrêmes, l'observateur aura tout un système de gradation de sa description (« peu », « abondance fréquente » etc...). Ce système de description est bien repris par une fonction logistique (Ragin, 2008). On peut donc envisager un passage par les logs des odd-ratios à partir des effectifs bruts.

La méthode décrite par C. Ragin définit alors la déviation (par soustraction) de chaque effectif par rapport à la valeur d'effectif définissant le point pivot. Dans un second temps, on définit un scalaire sur la base du rapport entre d'une part le log odd-ratio définissant la valeur maximale du degré d'appartenance (i.e. 3) et d'autre part, la différence entre les valeurs d'effectif correspondant au maximum et au point pivot. Ce scalaire servira pour toutes les

valeurs au-dessus du point pivot. On procède de même pour les valeurs en dessous du point pivot en utilisant d'une part, le log odd-ratio définissant la valeur minimale du degré d'appartenance (i.e. : -3) et d'autre part la différence entre les valeurs d'effectif correspondant au point pivot et à la valeur d'effectif définie comme valeur minimale du degré d'appartenance. Chaque déviation est alors multipliée par le scalaire correspondant pour obtenir le logarithme de l'odd-ratio. Enfin, l'obtention du degré d'appartenance se fait par la conversion classique des logs odd-ratios :

$$degré = \frac{\exp(\log odd)}{1 + \exp(\log odd)}$$

3.4.6 Application aux données d'effectifs par cohorte

Le principal problème est le manque de connaissances antérieures sur la variabilité des effectifs ou encore sur le contexte environnemental des individus à des stades de développement aussi précoces. Par exemple, il n'est pas possible de donner une idée a priori sur le nombre d'individus qui définit un effectif élevé ou faible ou encore d'indiquer à partir de quelle valeur on va considérer qu'un débit est fort dans un RCC.

Dans ce cas, il convient d'adopter une démarche empirique en se basant sur la distribution des données. Les quantiles de la distribution des effectifs toutes situations confondues sont alors étudiés afin de se donner une idée du domaine des possibles pour chaque ensemble étudié. Cependant, on ne peut envisager une méthode entièrement automatique comme les quantiles par exemple pour déterminer les points clefs car les quantiles prennent en compte la distribution complète qui comporte souvent un nombre important de faibles valeurs. Par conséquent, l'utilisation des quantiles aboutirait à une sous-estimation des valeurs pour les ensembles « Effectifs élevés ».

3.4.6.1 Classes d'occupation spatiale

Dans le cas des données de l'étude Rhône phase IV, nous allons considérer les effectifs des cohortes de chaque espèce tous sites et toutes dates confondus. Le nombre de points (EPA) contenant des individus du stade considéré est également une bonne indication sur l'intensité de l'effectif obtenu puisqu'il permet d'évaluer le taux d'occupation spatial du site par les larves. On peut s'attendre à ce que les périodes où les larves sont présentes en tout point du système correspondent aussi aux périodes où les effectifs des cohortes sont les plus élevés. 100 points d'échantillonnage (EPA) ont été répartis dans chaque tronçon court-circuité (RCC) de manière aléatoire sur l'ensemble du linéaire. En prenant comme base d'occupation

totale du système l'occurrence d'individus du stade considéré dans les 100 points, il est possible de déterminer trois classes d'occupation du système. Pour cette première étape, les classes ont été constituées arbitrairement de taille homogène : occupation faible, de **1** à **33** points avec des individus ; occupation moyenne de **34** à **66** points ; occupation forte de **67** à **100** points. Afin de respecter les différences de productivité des espèces ainsi qu'une potentielle différence d'efficacité de capture, nous n'avons pas systématiquement employé la valeur de 100 points comme valeur théorique maximale d'occupation. Pour chaque stade, le nombre maximal d'EPA occupé a été relevé et a servi de base pour le calcul des bornes des classes d'occupation. Le ratio entre ce nombre et le nombre théorique maximal (100) a été utilisé pour calculer les bornes proportionnellement au maximum observé. Par exemple, lorsque des larves de stades 2 ont été observées sur 75 points sur 100 au maximum sur l'ensemble des campagnes de pêche, les bornes ne sont alors plus 1-33, 34-66, 67-100 mais 1-24, 25-49, 50-75. Le Tableau 13 reprend les valeurs des limites obtenues à partir de tous les maxima d'EPA occupés (par campagne de pêche) observés sur tous les stades des quatre espèces étudiées.

Tableau 13 : Limites des classes d'occupation spatiale définies suivant le maximum d'EPA occupé observé.

nb. EPA max.	limites de classe d'occupation					
	forte	moyenne		faible		
100	100	67	66	34	33	1
75	75	50	49	25	24	1
68	68	45	44	23	22	1
65	65	43	42	22	21	1
50	50	34	33	17	16	1
47	47	32	31	16	15	1
33	33	22	21	11	10	1
32	32	22	21	11	10	1
27	27	18	17	9	8	1
25	25	17	16	9	8	1
20	20	14	13	7	6	1
15	15	10	9	5	4	1
10	10	7	6	3	3	1

3.4.6.2 Nombres flous des effectifs

Une fois ces catégories définies, les effectifs ont été ordonnés selon le nombre d'EPA correspondant puis séparés en groupe selon les classes d'occupation spatiale définies précédemment. Un exemple est donné dans le Tableau 14 pour les hotus de stade 4. Cet exemple n'est pas le plus représentatif des cas rencontrés dans les données ni le plus aisés

pour illustrer notre propos mais il a l'avantage de contenir peu de valeurs ce qui rend plus facile la compréhension des mécanismes utilisés et il présente certaines faiblesses qu'il est important d'illustrer. Les médianes des distributions d'effectifs ont été calculées par catégorie d'occupation afin de fournir une indication de la valeur la plus souvent retrouvée dans la distribution. Selon le nombre de valeurs d'effectif à disposition cette indication pourra ou non être utile. Ainsi, dans l'exemple des hotus de stades 4, la médiane de la catégorie forte est plus faible que celle de la catégorie moyenne. Il n'apparaît donc pas raisonnable de l'utiliser.

Tableau 14 : Distribution des effectifs de hotus stade 4 par cohortes. Le tableau est découpé en classes d'occupation (forte, moyenne, faible) définies à partir du nombre d'EPA (Nepa) présentant des hotus de stade 4 sur l'ensemble de la campagne. La colonne « médianes » comporte les médianes des effectifs par catégories d'occupation.

		HOTUS Stade 4				
		secteur	campagne	cohorte	Nepa	N médiane
faible	BAIX	1003	A	2	3	
	BAIX	1105	D	2	10	
	BAIX	1106	D	2	3	
	BAIX	1004	A	3	9	
	BAIX	1004	C	3	1	
	BAIX	1007	B	3	3	
	BAIX	1103	A	4	23	
	PEAGE	1003	A	4	4	3.5
moyenne	PEAGE	1102	A	8	129	
	BAIX	1005	A	9	15	
	PEAGE	1006	B	9	18	
	BAIX	1104	A	12	4	
	BAIX	1104	C	12	8	
	BAIX	1104	B	12	153	
	PEAGE	1103	A	13	34	
	PEAGE	1103	B	13	79	26
forte	PEAGE	1005	A	14	7	
	PEAGE	1005	D	14	1	
	PEAGE	1005	B	14	15	
	BAIX	1006	B	16	34	
	PEAGE	1004	A	20	517	15

Etant donné la faible distinction des catégories d'occupation « Forte » et « moyenne » du point de vue des effectifs, les valeurs de ces deux catégories peuvent être utilisées pour définir les trois points clefs du nombre flou « Effectif fort ». L'observation des effectifs de la catégorie d'occupation « forte » révèle que la borne qui délimite le début d'un effectif fort pourrait être autour de 34 qui est une valeur faible par rapport au maximum observé et aux valeurs de la catégorie « moyenne ». La valeur de 129 apparaît être déjà une abondance

relativement forte par rapport à ce qui est observable et peut donc servir d'indication sur la valeur pivot à retenir. Par ailleurs, étant donné le très fort écart qui existe entre le potentiel point pivot et le maximum observé (517) il apparaît raisonnable de prendre une valeur intermédiaire pour définir le point où l'appartenance à l'ensemble « Effectif fort » sera proche de 1. En tenant compte des précédentes observations, nous avons donc retenu les valeurs 35, 100 et 200 respectivement pour les degrés 0, 0.5 et 1 d'appartenance à l'ensemble « Effectif fort ». Ces points ont ensuite été utilisés pour calibrer la fonction d'appartenance selon la méthode décrite précédemment (Figure 26).

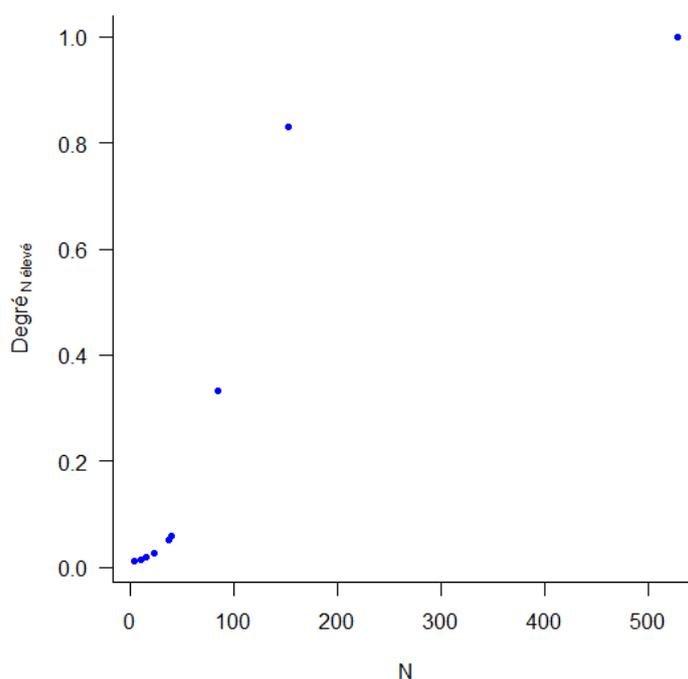


Figure 26 : Fonction d'appartenance à l'ensemble « Effectif élevé » pour les hotus de stade 4 (d'après Pinder, 2001).

Cette méthode a été appliquée aux quatre espèces retenues pour les analyses et à chacun de leurs stades de développement afin de déterminer les trois points nécessaires à la définition des fonctions d'appartenance. Les résultats obtenus sont donnés dans le Tableau 15 ci-dessous.

Ci-dessous sont illustrées graphiquement les fonctions d'appartenance aux ensembles « Effectifs élevés » définie pour les stades de développement (les stades 1 et 2 seront regroupés en raison du trop faible nombre de valeurs pour le premier stade ; Tableau 15) du chevaine sont présentées sur la Figure 27. Les données disponibles plus importantes sur cette espèce dans les secteurs étudiés permettent une définition plus précise et plus facile de la fonction d'appartenance.

Tableau 15 : Valeurs définies pour les points correspondant aux degrés d'appartenance 0, 0.5 et 1 aux ensembles « Effectif fort » selon l'espèce et le stade de développement (défini d'après Pinder, 2001). Les stades 1 ont été regroupés avec les stades 2.

espèce	stade	0	0.5	1
ABL	2	50	100	200
ABL	3	20	45	70
ABL	4	5	10	20
ABL	5	10	15	20
CHE	2	250	600	1000
CHE	3	80	150	250
CHE	4	70	100	200
CHE	5	30	60	100
GAR	2	100	200	400
GAR	3	15	40	70
GAR	4	15	25	40
GAR	5	20	40	100
HOT	2	170	350	600
HOT	3	135	200	400
HOT	4	35	100	200
HOT	5	15	30	50

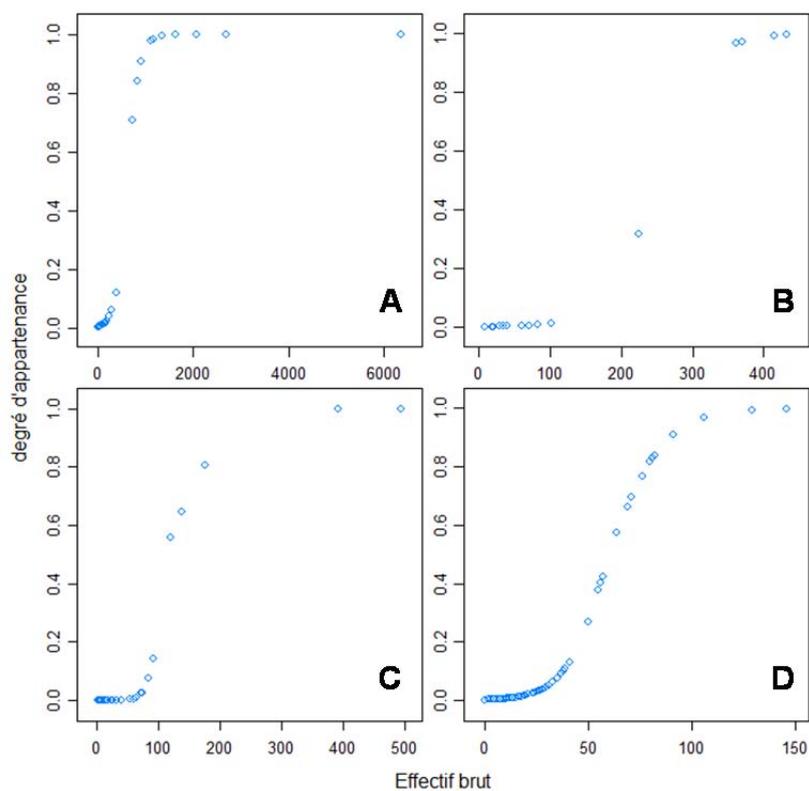


Figure 27 : Fonction d'appartenance à l'ensemble « Effectif fort » pour chaque stade de développement larvaire (d'après Pinder, 2001). A : stade 1 et 2. B : stade 3. C : stade 4. D : stade 5.

3.4.6.3 Nombres flous par cohorte

Jusqu'ici, ce sont les effectifs par stade de chaque cohorte qui ont été passés en degré d'appartenance. Ainsi, pour chaque cohorte à une campagne donnée on dispose d'un ensemble de valeurs décrivant l'abondance par stade présent. Il faut donc envisager de combiner ces valeurs pour avoir une information unique sur l'abondance de la cohorte en prenant en compte les différences d'abondances (en degré) entre chaque stade.

Kosko¹⁴ a proposé différentes propriétés que doit respecter un opérateur d'agrégation¹⁵. Par exemple, il est nécessaire qu'il soit borné par les opérateurs *minimum* et *maximum*. Si on nomme l et m les limites inférieure et supérieure de l'opérateur recherché, on peut alors définir des versions pondérées de ces deux bornes :

$$l^w = \min_i \max(1 - w_i, X_i)$$

$$m^w = \max_i \min(w_i, X_i)$$

Les X_i correspondent aux valeurs de degré d'appartenance définies précédemment pour chaque stade présent dans la cohorte à une campagne donnée et les w_i peuvent être définis comme les degrés relatifs, soit chaque degré divisé par leur somme. Les w_i représentent donc une pondération établie d'après le ratio entre l'abondance du stade (en degré) et l'abondance totale (somme des degrés par stade) de la cohorte.

L'opérateur final Φ , s'écrit alors :

$$\Phi^w(l, m) = \min(m^w, 1 - m^w + l^w)$$

Φ permet de tenir compte de l'incertitude globale qui provient du mélange de stade au sein de la cohorte tout en conservant une pondération comme pour une moyenne par exemple. Nous avons appliqué cet opérateur à l'ensemble des cohortes pour chaque campagne.

3.4.6.4 Remarques sur la nouvelle mesure d'abondance

A cette étape de l'analyse des données, il est important de relever que les choix fait jusqu'ici définissent fortement les interprétations possibles dans la suite du travail. Notamment, une valeur de 0 pour l'ensemble « effectif élevé » ne signifie pas que l'abondance est faible mais bien qu'elle est non-élevée.

Un autre point important à relever est que la mesure d'abondance ainsi obtenue est calibrée c'est-à-dire qu'on a directement une lecture de l'ordre de grandeur de la valeur

¹⁴ Kosko, B. 1986. Fuzzy knowledge combination. International Journal of Intelligent Systems 1:293-320.

¹⁵ Terme général définissant toute opération qui permet de synthétiser un ensemble de valeurs par une seule.

contrairement à un effectif brut qui ne peut être apprécié sans connaître les conditions précises de l'échantillonnage et la nature des individus associés.

Enfin, la méthode de construction des fonctions d'appartenance permet une comparaison des abondances entre stade mais également entre espèces.

3.4.6.5 Nombres flous des variables environnementales

Afin de disposer de toutes les possibilités offertes par l'analyse en logique floue il est nécessaire d'adopter de manière globale cette démarche et de l'appliquer aux variables environnementales utilisées. Cependant, aucune information n'existe sur les valeurs des variables qui peuvent être considérées comme fortes selon leurs effets sur les compartiments biologiques.

3.4.6.5.1 Variables hydrologiques

Les bornes retenues pour définir les débits élevés (à partir du **débit maximum observé** lors de chaque épisode de surverse) ont été définies de manière empirique et selon les observations faites lors des campagnes de pêche sur les effets des élévations de débit en termes de morphologie du cours d'eau (modification de connectivité, débordement sur les berges émergées en débit réservé etc...). Le débit maximum de surverse a été considéré comme élevé à partir de 100 m³/s (valeur retenue pour définir les pics hydrologiques lors de la caractérisation des surverses). Le point de bascule a été fixé à 300 m³/s et le point de débit « totalement » élevé à 600 m³/s. La fonction d'appartenance obtenue est illustrée (Figure 28).

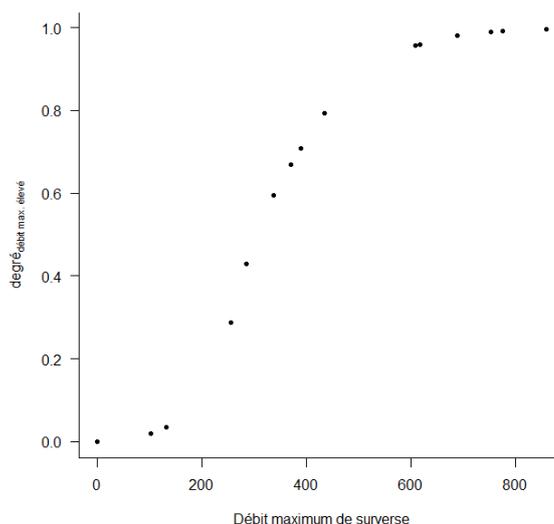


Figure 28 : Fonction d'appartenance à l'ensemble « débit fort ».

Quelques éléments de connaissance ont pu servir de base pour la construction de la fonction d'appartenance à l'ensemble « durée de stabilité longue ». Etant donné le plan

d'échantillonnage, la durée de stabilité maximale est de 14 jours. D'après la connaissance sur le développement larvaire des cyprinidés, il semble qu'une durée d'une semaine puisse être considérée comme suffisamment longue pour permettre l'éclosion de nouvelles larves. Enfin en deçà de quatre jours on ne considèrera plus la durée de stabilité comme longue (Figure 29).

Les autres fonctions ont été construites à partir des distributions observées (Figure 30, Figure 31 et Figure 32). Les valeurs des trois points clefs sont données dans le Tableau 16.

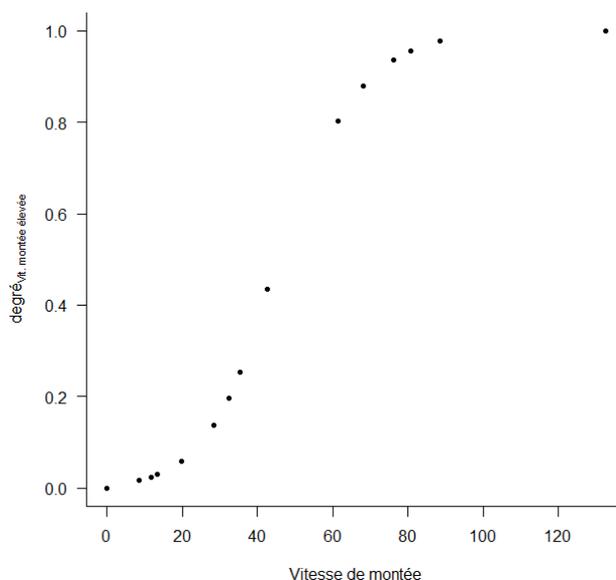


Figure 29 : Fonction d'appartenance à l'ensemble « Vitesse de montée élevée ».

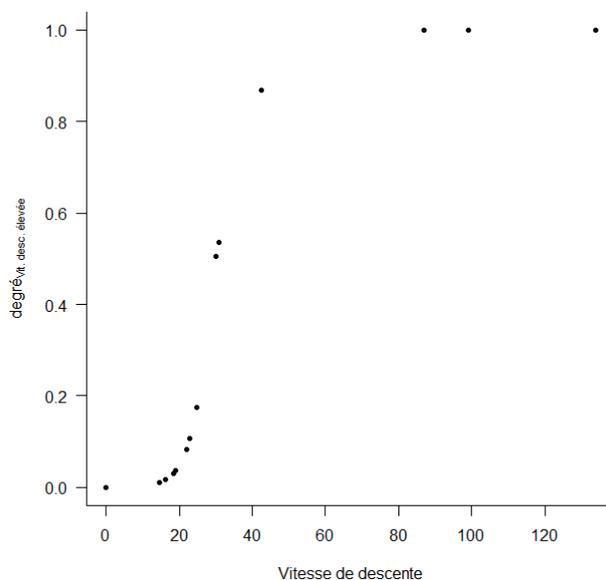


Figure 30 : Fonction d'appartenance à l'ensemble « Vitesse de descente élevée ».

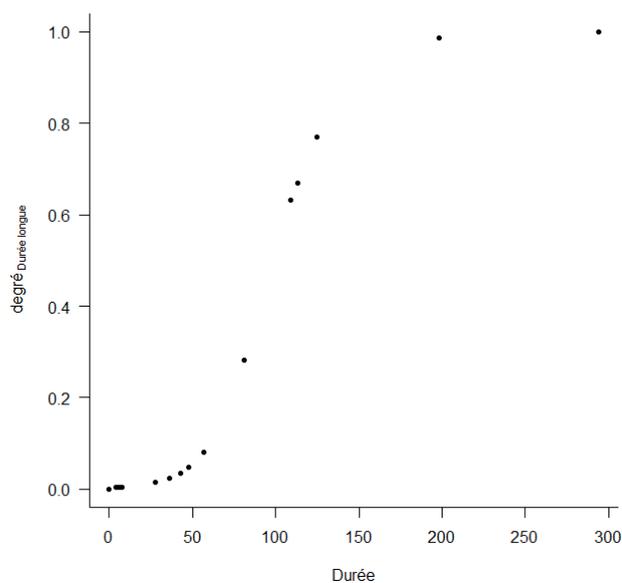


Figure 31 : Fonction d'appartenance à l'ensemble « Durée de surverse longue ».

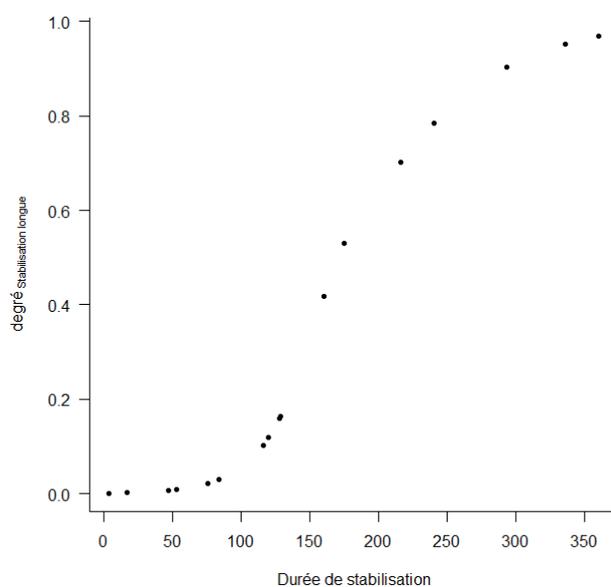


Figure 32 : Fonction d'appartenance à l'ensemble « stabilisation longue ».

Tableau 16 : Synthèse des points clefs pour les variables de caractérisation des surverses.

	0	0.5	1
Vitesse de montée	18	45	80
Vitesse de descente	20	30	50
Durée de surverse	48	96	168
Durée de stabilisation	96	168	336

3.4.6.5.2 Variables thermiques

Seule la température moyenne sur la période précédant la pêche a été utilisée. Les seuils physiologiques connus pour les espèces de cyprinidés ne peuvent servir de base à la construction d'un ensemble pertinent pour évaluer ce que serait une température élevée. Le seuil de croissance de 12°C est quasiment toujours dépassé sur les périodes considérées. Quant aux températures extrêmes supportées, elles ne sont jamais atteintes. Pour cet ensemble nous avons donc pris le parti de tester explicitement l'hypothèse de l'influence de la différence de température entre les deux sites d'études. Les températures élevées pour l'étude seront donc attendues à Péage en été et les températures faibles à Baix en début et fin de saison. La distribution des températures a donc été utilisée comme seule base pour déterminer la fonction d'appartenance des ensembles « températures basses » et « températures élevées ».

Tableau 17 : Quartiles des distributions des températures à Baix et à Péage

secteur	0%	25%	50%	75%	100%
BAIX	11.21	16.59	19.14	20.61	22.71
PEAGE	11.06	18.45	21.32	23.29	25.27

L'ensemble « températures basses » a été calibré à partir des quartiles de Baix soit 20.5, 19 et 16.5 respectivement pour les degrés 0, 0.5 et 1. L'ensemble « températures élevées » a été calibré à partir des quartiles de Péage soit 18.5, 21.5 et 23.5 (Figure 33).

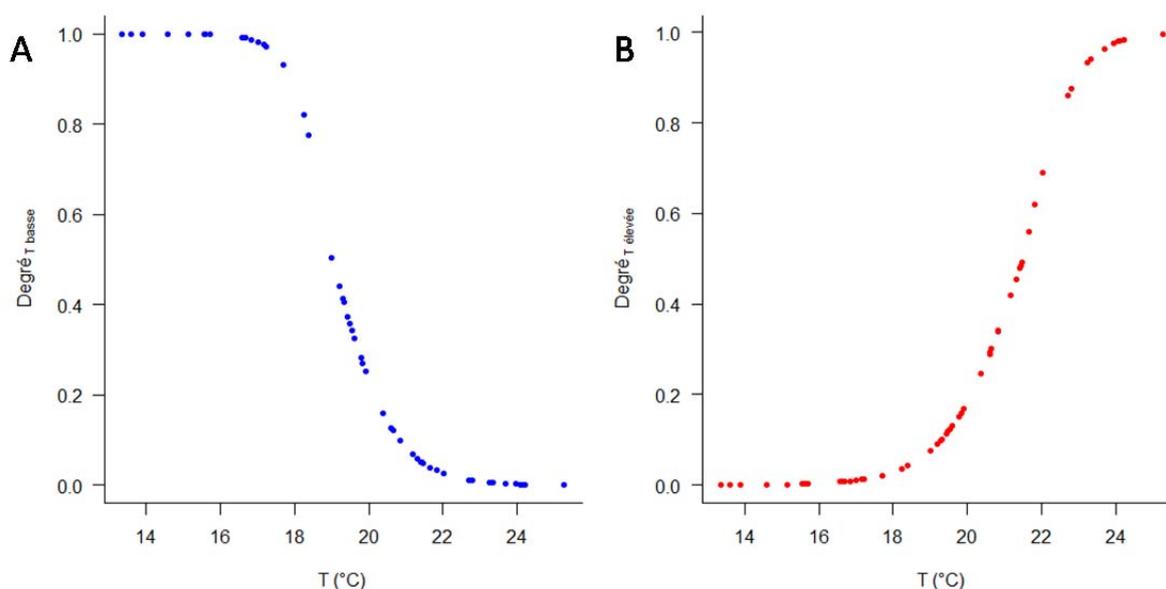


Figure 33 : Fonction d'appartenance aux ensembles « Température basse » (A) et « Température élevée » (B).

3.4.6.5.3 Relations entre variables environnementales

En complément des informations apportées par la caractérisation des surverses (cf. Figure 18), nous avons illustré quelques relations entre les nombres flous précédemment décrits.

On observe qu'un débit maximum élevé est plus souvent rencontré quand la surverse est longue mais ce n'est pas nécessairement le cas (Figure 34). De même, quand le débit maximum de la surverse est élevé alors la vitesse de descente peut être élevée. En revanche, il n'y a pas de lien apparent entre un débit élevé et une vitesse de montée élevée (on peut seulement constater l'absence de cas de vitesse très élevée quand le débit max n'est pas élevé).

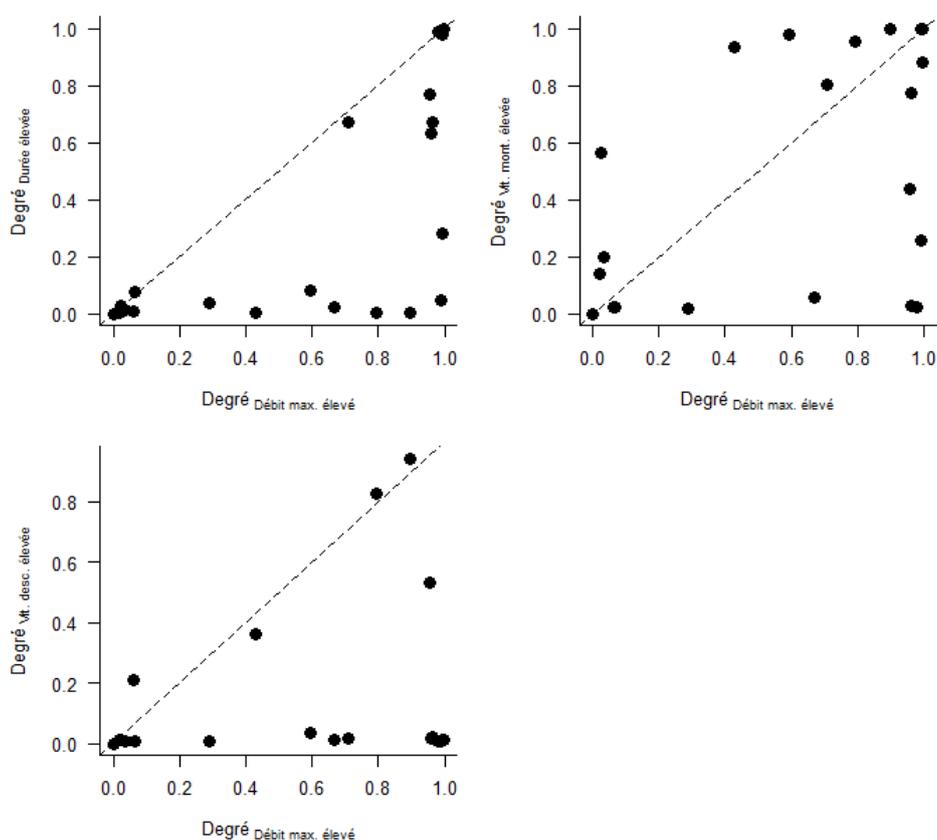


Figure 34 : Relation entre l'ensemble flou « **débit maximum élevé** » (abscisse) et les ensembles « **durée de surverse élevée** », « **vitesse de montée élevée** », « **vitesse de descente élevée** ».

Bien que le régime thermique puisse être lié au régime hydrologique, les liens entre les variables hydrologiques et thermiques ne sont pas évidents (Figure 35). Seul un débit maximum élevé, et par conséquent une surverse longue d'après les relations précédemment illustrées (Figure 35), semble pouvoir être relié à une température un peu moins élevée. Il ne semble donc pas y avoir de relation étroite entre les régimes hydrologique et thermique au pas de temps considéré dans les analyses.

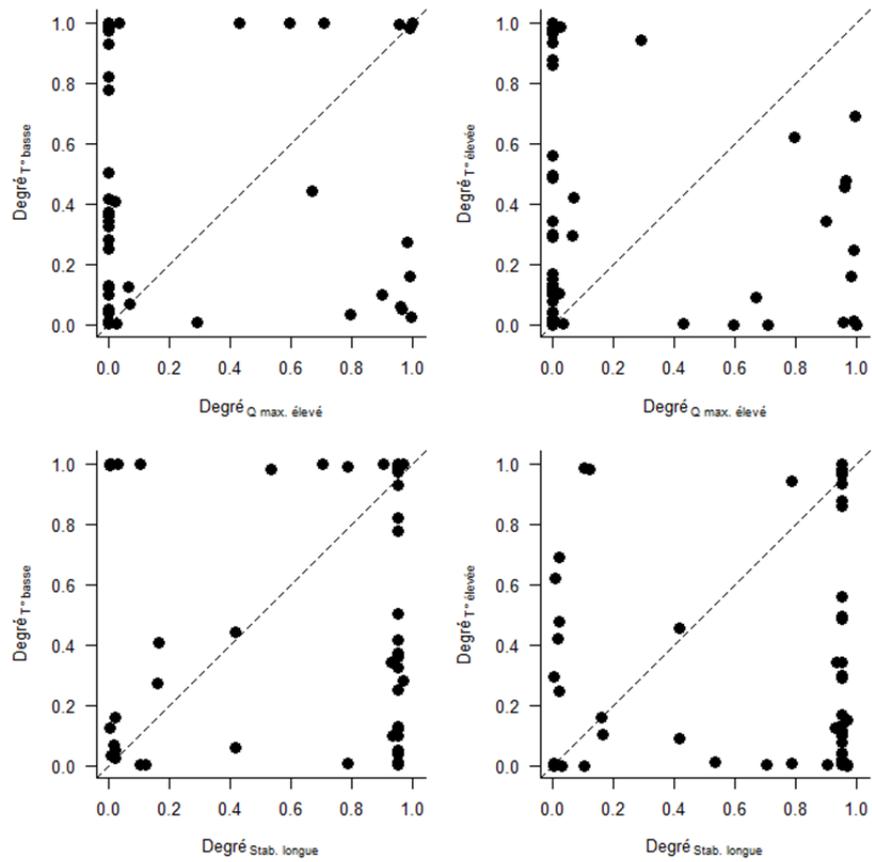


Figure 35 : Relation entre régime hydrologique (débit maximum de surverse, durée de stabilité) et régime thermique (température basse et élevée) pour les périodes précédant chaque campagne de pêche.

3.4.7 Variabilité des effectifs en réponse aux régimes hydrologique et thermique, analyse par logique floue.

3.4.7.1 Test des effets

Afin de proposer une validation statistique des résultats sur les variations de régime hydrologique, nous avons émis comme hypothèse nulle que le nombre de cohortes, par classe de degré d'effectif (de 0.25 en 0.25), observé en débit réservé devraient être conservé après un épisode de surverse. Ceci correspond à une absence d'effet des variables hydrologiques. Nous n'avons considéré que les cas où le degré d'effectif est supérieur à 0.1 afin d'éliminer l'ensemble des valeurs qui sont mal représentées par l'ensemble retenu. Par conséquent, ces données permettront de regarder la distribution des cas d'abondance élevée mais pas de savoir si les abondances après surverse sont « non-élevées ».

Les proportions théoriques de cohorte dans les classes d'abondance ont été calculées à partir des valeurs relevées après les périodes sans surverse (débit réservé entre les deux pêches). Ces valeurs ont été comparées (via un test du χ^2) au nombre de cohortes, regroupées par classe de degré, après un épisode de surverse.

Ceci permet de juger, de manière simpliste, s'il existe un effet statistiquement significatif des surverses. Cependant ce test ne constitue qu'une vision très générale de la distribution des valeurs d'abondance des cohortes. On peut d'ores et déjà souligner que les valeurs d'abondance des cohortes dont le stade médian est 5 représenteront la majorité des cas. Le test décrit précédemment sera donc fortement influencé par la réponse de ces individus. Cependant, un test par stade est inenvisageable étant donné le faible nombre de valeurs à disposition.

Le lien entre le maintien des juvéniles et les vitesses de descente ou de montée en débit repose sur trop peu de cas lorsqu'on considère les vitesses élevées (relativement aux valeurs observées lors de l'étude). Ainsi, les résultats concernant ces variables de caractérisation hydrologique ne seront pas présentés.

3.4.7.2 Régime hydrologique

Quelle que soit l'espèce, la plupart des valeurs d'abondance par cohorte ont été relevées à la suite d'une période complète en débit réservé. Il en résulte un fort déséquilibre du nombre de cas entre les situations à débit faible et les situations à débit plus élevés (comprenant au moins une surverse dans la période avant la date de pêche).

3.4.7.2.1 Le chevaine

Les données disponibles pour cette espèce consistent en 257 mesures d'abondances toutes situations (sites, années) et cohortes confondues. Parmi ces valeurs, 84 sont observées après un épisode de surverse. Une fois la limite d'abondance floue à 0.1 appliquée, le nombre total de valeurs chute à 47 dont 14 après une surverse (Tableau 18) ce qui souligne la très importante proportion de valeurs non-élevées présentes dans les données.

Tableau 18 : Distribution des valeurs d'effectif de chevaine (>0.1) selon les classes d'abondance définies à partir du degré (low : $\text{degré} < 0.25$; mid : $0.25 \leq \text{degré} < 0.5$; int. : $0.5 \leq \text{degré} < 0.75$ high : $\text{degré} \geq 0.75$) pour les situations en débit réservé (DR, proportion de cohortes) et après surverse (Surverse, nombre de cohorte).

	DR				Surverse				
	low	mid	int.	high	low	mid	int.	high	
%	0.12	0.12	0.21	0.55	N	4	4	1	5

En débit réservé, une proportion importante des abondances (> 0.1) est élevée (55%, Tableau 18). La comparaison de ces proportions à la distribution des valeurs d'abondance en cas de surverse révèle qu'il existe une différence globale de répartition des abondances élevées dans les classes d'abondance après un épisode de surverse ($\chi^2_{\text{obs}} = 8.468$; p-value = 0.04).

Même si le nombre de valeurs n'autorise pas un test statistique lorsqu'on scinde les données (pas de limitation sur l'abondance floue) par stade et selon deux catégories de débit maximal de surverse, l'examen du Tableau 19 et de la Figure 36 ci-dessous montre que les jeunes stades sont rarement retrouvés quand le débit maximum de surverse devient très élevé puisque seulement cinq valeurs d'abondances de degré > 0.5 sont observées (lignes « int » et « high » ; Tableau 19) tous stades confondus. Ce résultat est encore plus prononcé lorsque l'on s'intéresse à la durée de l'épisode de surverse (Tableau 20). Lorsque la surverse peut être qualifiée de longue, une seule valeur d'abondance élevée est notée et il s'agit d'une cohorte dont les individus sont en majorité pleinement développés (stade 5).

Tableau 19 : Distribution des valeurs d'effectif de chevaine selon les classes d'abondance (degré par classe de 0.25) et de **débit maximum** (low : degré < 0.5 ; high : degré ≥ 0.5) pour chaque stade de développement, toutes situations confondues.

	stade 2		stade 3		stade 4		stade 5	
	low	high	low	high	low	high	low	high
abondance low	18	5	10	2	14	7	135	27
abondance mid	0	0	0	0	0	1	6	2
abondance int	1	0	0	0	2	1	4	0
abondance high	7	2	4	1	2	0	6	1

Tableau 20 : Distribution des valeurs d'effectif de chevaine selon les classes d'abondance (degré par classe de 0.25) et de **durée de surverse** (low : degré < 0.5 ; high : degré ≥ 0.5) pour chaque stade de développement, toutes situations confondues.

	stade 2		stade 3		stade 4		stade 5	
	low	high	low	high	low	high	low	high
abondance low	22	1	11	1	15	5	146	14
abondance mid	0	0	0	0	1	0	9	0
abondance int.	1	0	0	0	1	0	4	0
abondance high	9	0	5	0	4	0	7	1

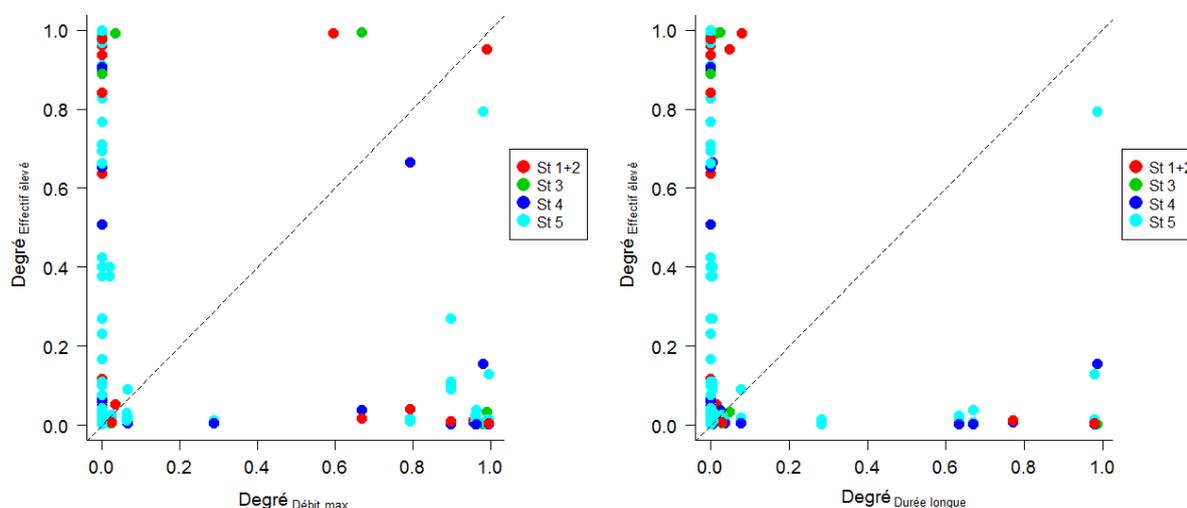


Figure 36 : Relations entre « **effectif élevé** » et « **débit maximum élevé** » (à gauche) et entre « **effectif élevé** » et « **durée de surverse élevée** » (à droite) pour le chevaine. Les couleurs des points font référence au stade larvaire médian de la cohorte (cf. légende sur la figure). La droite $y=x$ est représentée en pointillé.

Par ailleurs, on peut relever sur la Figure 36 que trois valeurs d'abondance très élevées (degré > 0.75) de cohorte dont le stade médian est 2 ou 3 ont été observées après une surverse à débit maximum élevé (degré > 0.5). Ces valeurs proviennent des campagnes 3 et 5 à Baix et Péage en 2010 qui ont été réalisées après des surverses courtes et/ou suivies d'une période de stabilité du débit relativement longue de l'ordre d'une semaine (Tableau 3, Tableau 4 et Figure 18).

Globalement, un débit stable (débit réservé) pendant une période longue entre la dernière surverse et le moment de la pêche autorise une plus grande variabilité des valeurs d'abondance pour tous les stades comme le montre la dispersion des points sur la Figure 37.

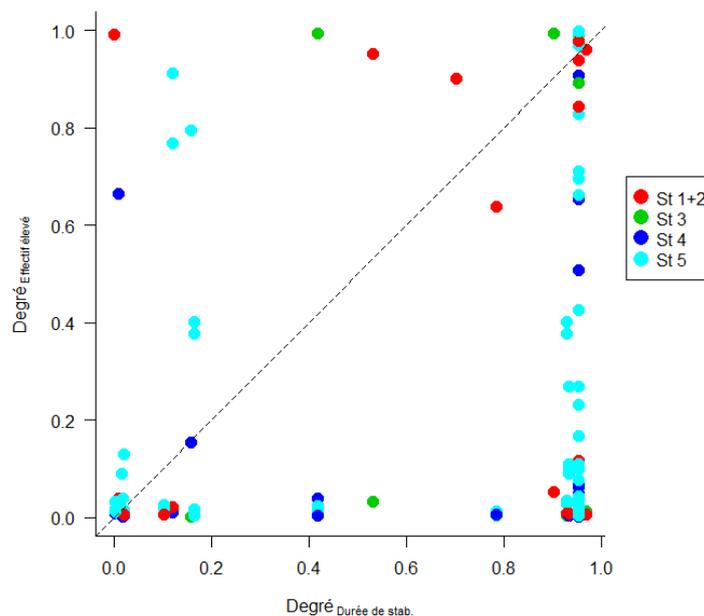


Figure 37: Relation entre les deux ensembles flous « **effectif élevé** » (ordonnée) et « **durée de stabilisation élevée** » (abscisse) pour le chevaine. Les couleurs des points font référence au stade larvaire médian de la cohorte (cf. légende sur la figure). La droite $y=x$ est représentée en pointillé.

3.4.7.2.2 Le gardon

122 valeurs d'abondances ont pu être relevées pour les cohortes de gardons pendant les deux années de l'étude et sur les deux sites dont 49 après au moins un épisode de surverse. En limitant au cas où le degré d'appartenance à l'ensemble « Effectif élevé » est supérieur à 0.1, on conserve 34 cas dont 16 après une surverse (Tableau 21). La comparaison des distributions d'abondance en débit réservé et après surverse montrent une différence significative ($\chi^2_{\text{obs}} = 24.45$; $p\text{-value} < 10^{-3}$) principalement due à une forte chute des cas d'abondances intermédiaires (colonne « int » ; Tableau 21).

Tableau 21 : Distribution des valeurs d'effectif de gardon (>0.1) selon les classes d'abondance définies à partir du degré (low : degré < 0.25 ; mid : $0.25 \leq \text{degré} < 0.5$; int. : $0.5 \leq \text{degré} < 0.75$ high : degré ≥ 0.75) pour les situations en débit réservé (DR, proportion de cohortes) et après surverse (Surverse, nombre de cohorte).

	DR				Surverse			
	low	mid	int.	high	low	mid	int.	high
%	0.11	0.06	0.61	0.22				
N					1	5	4	6

Les observations faites sur le chevaine sont similaires à celles concernant les cohortes de gardon. Ainsi, les jeunes stades sont rarement présents en abondance élevée après une surverse à débit maximum élevé (Tableau 22 et Figure 38) et sont absents si la surverse se prolonge (Tableau 23 et Figure 38). En cas de période prolongée de débit réservé, les valeurs d'abondances sont moins contraintes notamment pour les plus jeunes stades (Figure 39). Les deux cas d'abondance élevée (degré >0.5) après une surverse à débit maximum élevé sont consécutifs à une surverse courte et/ou suivi d'une période en débit réservé longue (surverses précédant les campagnes 3 et 5 respectivement à Baix et Péage).

Tableau 22 : Distribution des valeurs d'effectif de gardon selon les classes d'abondance (degré par classe de 0.25) et de **débit maximum** (low : degré < 0.5 ; high : degré \geq 0.5) pour chaque stade de développement, toutes situations confondues.

	stade 2		stade 3		stade 4		stade 5	
	low	high	low	high	low	high	low	high
abondance low	12	2	2	2	3	3	53	14
mid	1	0	0	0	0	0	2	3
int.	2	0	0	0	0	0	10	3
high	1	1	2	0	1	1	3	1

Tableau 23 : Distribution des valeurs d'effectif de gardon selon les classes d'abondance (degré par classe de 0.25) et de **durée de surverse** (low : degré < 0.5 ; high : degré \geq 0.5) pour chaque stade de développement, toutes situations confondues.

	stade 2		stade 3		stade 4		stade 5	
	low	high	low	high	low	high	low	high
abondance low	13	1	3	1	4	2	62	5
mid	1	0	0	0	0	0	2	3
int.	2	0	0	0	0	0	11	2
high	2	0	2	0	2	0	3	1

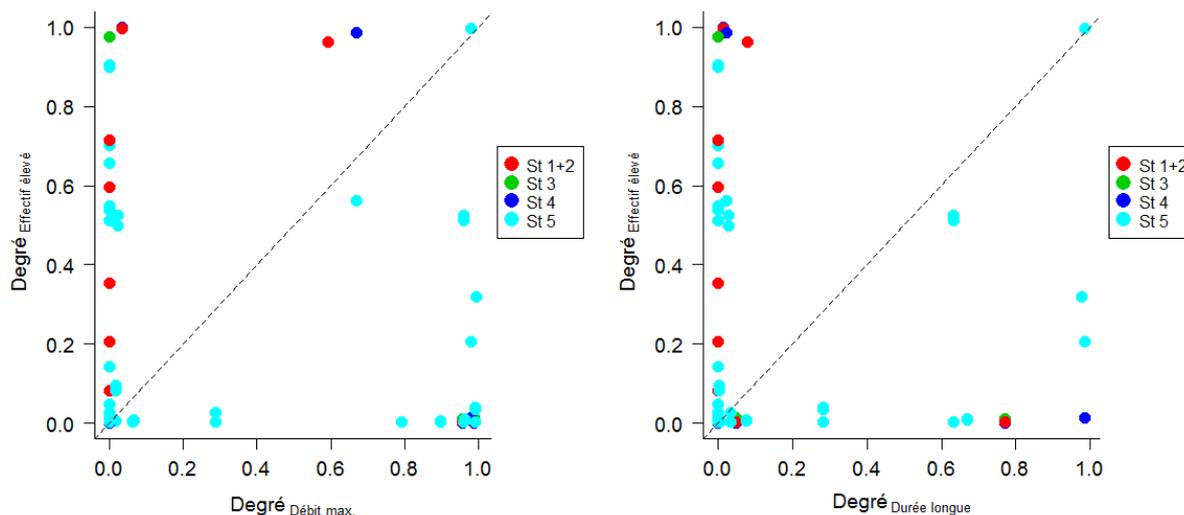


Figure 38 : Relations entre « **effectif élevé** » et « **débit maximum élevé** » (à gauche) et entre « **effectif élevé** » et « **durée de surverse élevée** » (à droite) pour le gardon. Les couleurs des points font référence au stade larvaire médian de la cohorte (cf. légende sur la figure). La droite $y=x$ est représentée en pointillé.

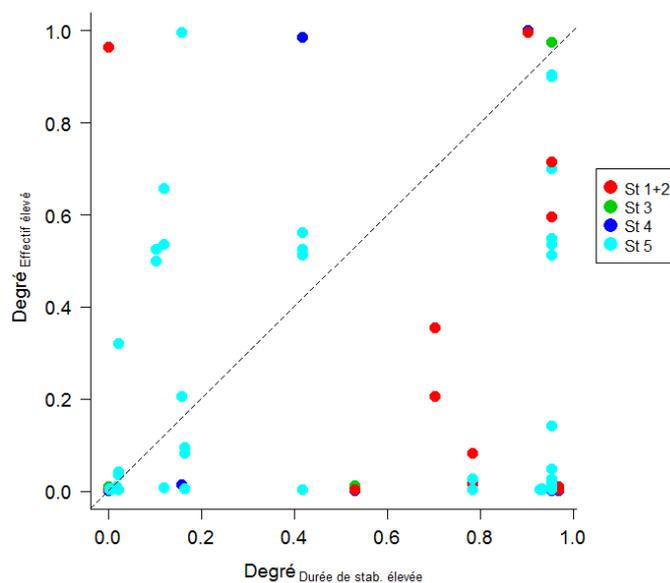


Figure 39 : Relation entre les deux ensembles flous « **effectif élevé** » (ordonnée) et « **durée de stabilisation élevée** » (abscisse) pour le gardon. Les couleurs des points font référence au stade larvaire médian de la cohorte (cf. légende sur la figure). La droite $y=x$ est représentée en pointillé.

3.4.7.2.3 Le hotu

Pour le hotu 123 valeurs d'abondance ont pu être obtenues dont 42 après une surverse. De nombreuses valeurs sont faibles et le passage en degré d'appartenance à l'ensemble « effectif élevé » limité aux valeurs supérieures à 0.1 amène à un nombre de valeurs très réduit : 26 valeurs dont 7 après une surverse (Tableau 24).

Tableau 24 : Distribution des valeurs d'effectif de hotu (> 0.1) selon les classes d'abondance définies à partir du degré (low : degré < 0.25 ; mid : $0.25 \leq \text{degré} < 0.5$; int. : $0.5 \leq \text{degré} < 0.75$ high : degré ≥ 0.75) pour les situations en débit réservé (DR, proportion de cohortes) et après surverse (Surverse, nombre de cohorte).

	DR				Surverse				
	low	mid	int.	high	low	mid	int.	high	
%	0.16	0.21	0.26	0.37	N	0	0	2	5

La différence des distributions de valeur en débit réservé et après surverse est non-significative ($\chi^2_{\text{obs}} = 4.865$; p-value = 0.2). La distribution globale ne met donc pas en évidence d'effet des surverses sur les cohortes de hotus. Cependant, si on regarde par stade de développement il devient plus évident que l'effet des variations de régime hydrologique est observable sur les plus jeunes stades. De la même manière que pour les deux espèces précédentes, un débit maximum de surverse élevé mène à une quasi-absence d'abondance élevée des stades 2 à 4 (Tableau 25 et Figure 40) et une absence en cas de surverse longue (Tableau 26 et Figure 41). Malgré les surverses intervenues avant les campagnes 3 et 5 en 2010 à Baix, de jeunes stades (2 et 3) ont été observé (Figure 40). On pointe encore une fois l'effet relativement modéré des surverses de courte durée.

L'effet d'une période de débit réservé suivant les surverses n'apparaît pas pour les jeunes stades de hotu. En effet, à Péage en 2010 les hotus ont déjà atteint le stade 5 quand les cas de surverses à débit maximum élevé, suivies d'une longue période de débit réservé, sont intervenus. On ne met donc pas en évidence une absence d'effet mais simplement le fait que le cas ne s'est pas présenté au cours de l'étude. Par contre, une période prolongée de débit réservé permet d'observer des abondances élevées pour les jeunes stades et globalement une variabilité des valeurs plus importantes que celle observée après une surverse proche de la date de pêche.

Tableau 25 : Distribution des valeurs d'effectif de hotu selon les classes d'abondance (degré par classe de 0.25) et de **débit maximum** (low : degré < 0.5 ; high : degré ≥ 0.5) pour chaque stade de développement, toutes situations confondues.

	stade 2		stade 3		stade 4		stade 5	
	low	high	low	high	low	high	low	high
abondance low	11	1	2	1	4	3	63	15
mid	0	0	0	0	1	0	3	0
int.	1	0	0	0	0	0	2	0
high	3	0	4	1	2	0	3	3

Tableau 26 : Distribution des valeurs d'effectif de hotu selon les classes d'abondance (degré par classe de 0.25) et de **durée de surverse** (low : degré < 0.5 ; high : degré \geq 0.5) pour chaque stade de développement, toutes situations confondues.

abondance	stade 2		stade 3		stade 4		stade 5	
	low	high	low	high	low	high	low	high
	low	12	0	3	0	6	1	71
mid	0	0	0	0	1	0	3	0
int.	2	0	1	0	0	0	3	1
high	2	0	4	0	2	0	3	1

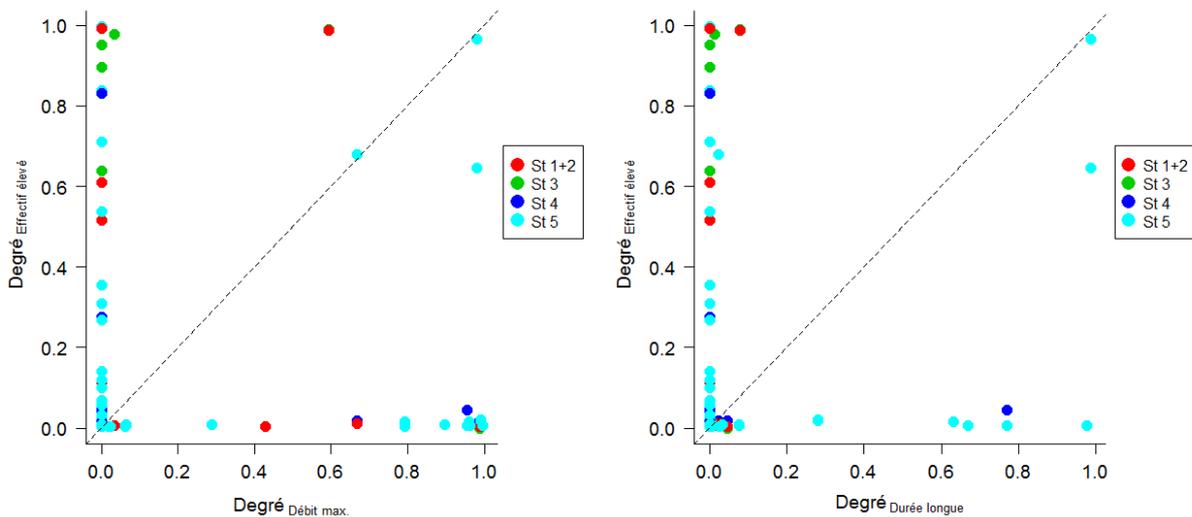


Figure 40 : Relations entre « **effectif élevé** » et « **débit maximum élevé** » (à gauche) et entre « **effectif élevé** » et « **durée de surverse élevée** » (à droite) pour le hotu. Les couleurs des points font référence au stade larvaire médian de la cohorte (cf. légende sur la figure). La droite $y=x$ est représentée en pointillé.

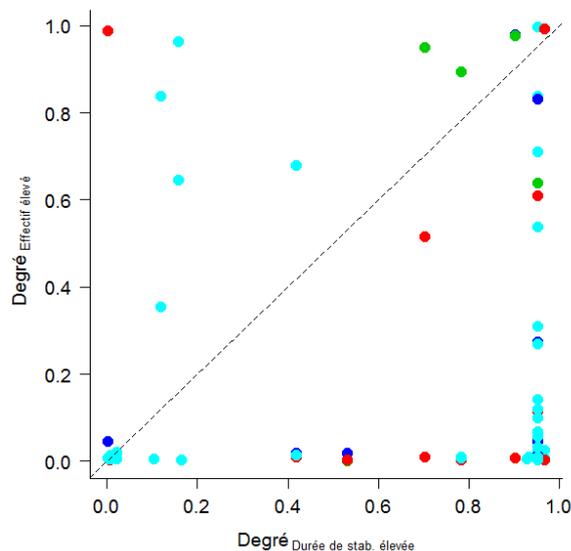


Figure 41 : Relation entre les deux ensembles flous « **effectif élevé** » (ordonnée) et « **durée de stabilisation élevée** » (abscisse) pour le hotu. Les couleurs des points font référence au stade larvaire médian de la cohorte (cf. légende sur la figure). La droite $y=x$ est représentée en pointillé.

3.4.7.2.4 L'ablette

Les données sur les cohortes d'ablette comptent 182 valeurs dont 66 après une surverse. Les valeurs au-delà de 0.1 d'appartenance à l'ensemble « effectif élevé » se réduisent à 38 valeurs dont 8 après surverse (Tableau 27).

Tableau 27 : Distribution des valeurs d'effectif d'ablette (> 0.1) selon les classes d'abondance définies à partir du degré (low : degré < 0.25 ; mid : $0.25 \leq$ degré < 0.5 ; int. : $0.5 \leq$ degré < 0.75 high : degré ≥ 0.75) pour les situations en débit réservé (DR, proportion de cohortes) et après surverse (Surverse, nombre de cohorte).

DR					Surverse				
	low	mid	int.	high		low	mid	int.	high
%	0.23	0.23	0.13	0.40	N	1	3	1	3

Pour cette espèce, il n'y a pas de différence globale significative des distributions d'abondance élevée après une surverse ($\chi^2_{\text{obs}} = 1.107$; p-value = 0.77). Ce résultat est par contre dépendant du stade de développement. En cas de débit maximum de surverse élevé, les abondances des plus jeunes stades sont généralement peu élevées (Tableau 28 et Figure 42) et jamais élevées lorsque la durée de surverse devient longue (Tableau 29 et Figure 42).

Tableau 28 : Distribution des valeurs d'effectif d'ablette selon les classes d'abondance (degré par classe de 0.25) et de **débit maximum** (low : degré < 0.5 ; high : degré ≥ 0.5) pour chaque stade de développement, toutes situations confondues.

abondance	stade 2		stade 3		stade 4		stade 5	
	low	high	low	high	low	high	low	high
	low	15	5	9	4	18	11	74
mid	0	0	1	0	5	1	3	0
int.	3	0	2	0	0	0	0	0
high	2	1	1	0	1	0	10	0

Tableau 29 : Distribution des valeurs d'effectif d'ablette selon les classes d'abondance (degré par classe de 0.25) et de **durée de surverse** (low : degré < 0.5 ; high : degré ≥ 0.5) pour chaque stade de développement, toutes situations confondues.

abondance	stade 2		stade 3		stade 4		stade 5	
	low	high	low	high	low	high	low	high
	low	18	2	12	1	22	7	81
mid	0	0	1	0	6	0	3	0
int.	3	0	2	0	0	0	0	0
high	3	0	1	0	1	0	10	0

Après une période longue en débit réservé, les abondances des cohortes d'ablette sont moins contraintes dans des valeurs peu élevées (Figure 43).

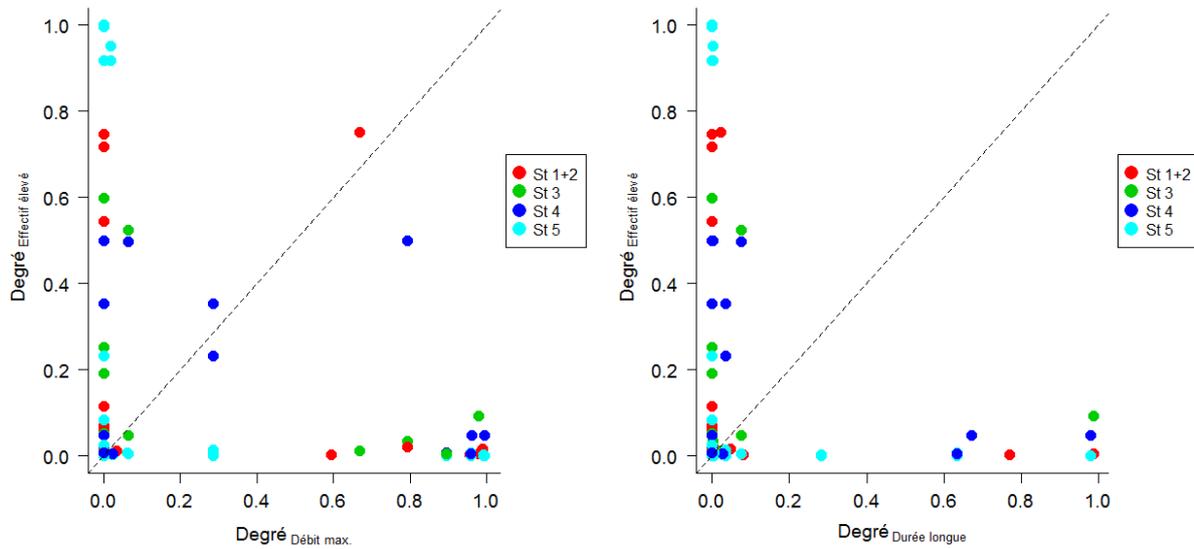


Figure 42 : Relations entre « **effectif élevé** » et « **débit maximum élevé** » (à gauche) et entre « **effectif élevé** » et « **durée de surverse élevée** » (à droite) pour l'ablette. Les couleurs des points font référence au stade larvaire médian de la cohorte (cf. légende sur la figure). La droite $y=x$ est représentée en pointillé.

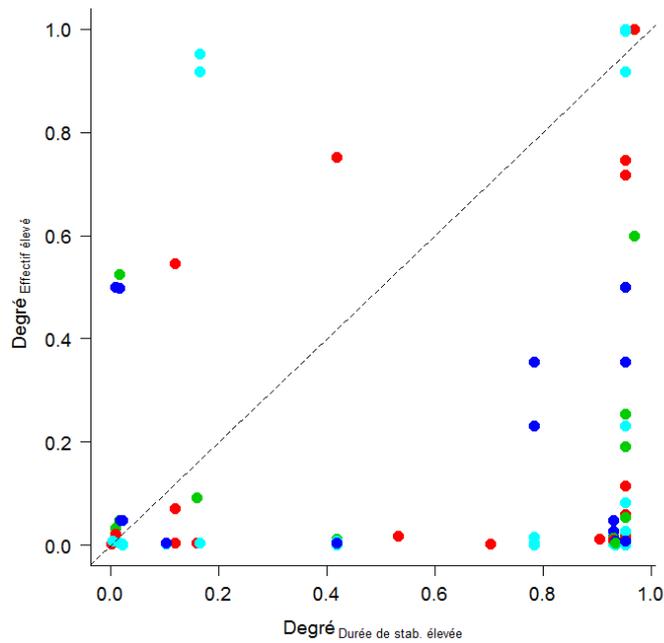


Figure 43 : Relation entre les deux ensembles flous « **effectif élevé** » (ordonnée) et « **durée de stabilisation élevée** » (abscisse) pour l'ablette. Les couleurs des points font référence au stade larvaire médian de la cohorte (cf. légende sur la figure). La droite $y=x$ est représentée en pointillé.

3.5 Recommandations méthodologiques

Les phases d'acquisition et de traitement des données réalisées ci-dessus amènent d'ores et déjà plusieurs recommandations d'ordre méthodologique. Ces recommandations s'intéressent à (i) limiter la charge de travail de l'évaluation des effectifs par cohorte, (ii) améliorer la précision de la distinction des cohortes et (iii) à préciser le lien entre effectifs des cohortes et les conditions environnementales. Pour ce faire, il est raisonnable :

- de restreindre les investigations à certaines espèces choisies au préalable selon leurs caractéristiques et selon la thématique abordée (limitation des étapes d'identification et de comptage)
- d'utiliser si nécessaire les outils génétiques pour l'identification des très jeunes stades (limitation de la difficulté liée aux ressemblances morpho-anatomiques)
- d'utiliser d'autres méthodes de conservation que le formol à 4% afin de rendre possible l'utilisation de l'otolithométrie (âge des poissons, suppression de l'étape de classification)
- d'affiner les données et les métriques servant à caractériser la variabilité hydrologique (modèles hydrologiques –CNR par ex.)
- d'étudier précisément la distribution des poissons dans les points et son évolution au cours du temps en utilisant le géoréférencement.

4 Discussion/conclusion

La persistance des populations de poissons dans un milieu donné suppose l'occurrence simultanée d'un ensemble de facteurs favorables permettant de satisfaire l'ensemble des exigences des espèces et de leurs différents stades de développement. La phase de reproduction, de développement des embryons et des jeunes stades constitue une étape clef en raison essentiellement de la vulnérabilité de ces très jeunes poissons. Si les relations habitats-poissons ont été largement étudiées, y compris pour les juvéniles de fin d'été, les modalités de « succès » de la période de développement précoce des poissons sont beaucoup moins connues et leur étude reste plus délicate. Préciser le rôle des facteurs hydrologique et thermique sur la phénologie de la reproduction et le maintien dans le milieu des jeunes stades de développement des espèces de cyprinidés dans un milieu aménagé comme le Rhône constitue le principal objectif de la présente étude. Deux secteurs du Bas-Rhône soumis à des régimes thermiques différents (Péage-de-Roussillon et Baix-le-Logis-Neuf) ont été sélectionnés et un échantillonnage intensif du printemps (avant l'apparition des premières cohortes de l'année) à l'automne a été réalisé dans ces deux secteurs. Le but était d'essayer de mettre en relation les variations temporelles d'effectifs en fonction des événements hydro-climatiques (élévation de débit notamment), de la taille des poissons et du régime thermique au sein des systèmes étudiés.

L'échantillonnage a été réalisé en 2010 et 2011, 120 000 jeunes poissons ont été identifiés et mesurés. La collecte des données et le travail d'identification et de mesures au laboratoire ont constitué une étape fastidieuse de l'étude en raison du volume à traiter et de la complexité de la phase d'identification.

Les données obtenues mettent en évidence la diversité des espèces se reproduisant au sein des vieux-Rhône par comparaison à des compartiments plus aménagés comme les canaux de fuite et les zones de restitution. D'un point de vue quantitatif, l'abondance de juvéniles dans les RCC semble également plus élevée pour toutes les espèces même si une reproduction intense de certaines espèces (gardon) peut être observée dans les zones de restitution (plus particulièrement à Péage-de-Roussillon).

Le présent rapport présente essentiellement les résultats et conclusions concernant les données collectées dans les deux vieux-Rhône. La durée nécessaire pour l'exploitation totale

des données, la qualité et la quantité de données (effort d'échantillonnage important) et de leur adéquation pour traiter les problématiques proposées nous ont amenés à travailler préférentiellement sur les données collectées dans les vieux-Rhône. Pour les mêmes raisons et du fait de l'hétérogénéité des effectifs au sein des différentes espèces, seules quatre espèces de cyprinidés ont pu être étudiées en détail : l'ablette, le chevaine, le gardon et le hotu.

4.1 Limites de l'étude et solutions apportées

L'analyse du jeu de données a permis de mettre en lumière les difficultés méthodologiques inhérentes à la problématique, notamment celle liée à la mise en évidence des effets des variations de débits (et des paramètres associés) sur des organismes dont la sensibilité varie au cours du temps et pour lesquels une décroissance des effectifs chez les premiers stades de développement est un phénomène attendu mais encore très mal décrit d'un point de vue quantitatif.

4.1.1 Acquisition des données

Les principales contraintes rencontrées durant l'étude concernent aussi bien des aspects méthodologiques que des aspects liés aux données environnementales. La méthodologie reposait sur la réalisation d'un grand nombre d'échantillons à chaque campagne de pêche. Ce prérequis, indispensable à l'acquisition des données, a engendré un temps d'investigation sur le terrain important et un travail de laboratoire très fastidieux.

Afin d'éviter une procédure encore plus lourde pour la détermination des individus (e.g. identification génétique), nous avons choisi d'utiliser les critères définis par Pinder (2001) pour l'identification des jeunes larves. Cette méthode demande une conservation des individus dans le formol à 4% (notamment la pigmentation et les myomères). Mais cette fixation possède un inconvénient majeur : l'acide formique altère la structure des otolithes qui sont la seule structure permettant d'établir l'âge des plus jeunes stades. Il a donc été impossible pour la suite d'envisager leur utilisation pour déterminer l'âge des individus afin de faciliter le suivi des cohortes.

Par ailleurs, des difficultés liées à l'absence de connaissance (ou connaissances partielles) sur l'identification larvaire de plusieurs espèces ont été mises en évidence nécessitant la définition de critères morphologiques (en se basant sur les travaux de Pinder, 2001) pour assurer la distinction des jeunes stades.

Du point de vue thermique, les enregistrements ont mis en évidence une variabilité spatiale (notamment amont-aval) importante de la température dans le vieux-Rhône de Baix-

le-Logis-Neuf. L'étude n'ayant pas pour objectif de décrire la variabilité temporelle de la température à l'échelle du micro-habitat, l'analyse de la variabilité spatiale intra vieux-Rhône de la présence et de la répartition des différents stades de développement n'a pas été abordée. Ce point nécessiterait une approche spatialisée des données qui, bien que possible (EPA géoréférencés), aurait demandé un temps de traitement important incompatible avec les délais de l'étude.

Du point de vue hydrologique, la caractérisation (métriques de description) des épisodes de montée et de descente des débits pourrait probablement être améliorée (problème du lien hauteur-débit).

4.1.2 Analyses des données

Les problèmes théoriques et techniques liés à l'analyse des données collectées sont relativement originaux. Ils sont liés en partie à la nécessité de réattribuer chaque individu à une cohorte (en raison du nonaccès à l'âge des poissons). L'utilisation, rendue nécessaire, d'une méthode de classification (les modèles de mélange) couplée à une expertise des résultats s'avère être une phase de travail longue. L'estimation des effectifs par cohorte et par date comporte donc une part d'incertitude que nous avons tenté de minimiser.

La décroissance importante des effectifs des jeunes poissons au cours des premières semaines post-éclosion apparaît comme un processus « naturel » commun à la plupart des espèces et en accord avec la connaissance actuelle des stratégies biologiques de ces espèces mais dont l'ampleur et la variabilité ne sont pas connues. Dans ce contexte, la mise en évidence d'une accentuation potentielle de cette diminution des effectifs en relation avec la variabilité des facteurs d'habitat en utilisant des méthodes statistiques classiques, en particulier les variations de débit, se révèle techniquement délicate. A cette forte décroissance temporelle s'ajoutent des fluctuations d'effectifs possibles entre deux campagnes de pêche dues à la complexité des phénomènes de reproduction et de croissance des poissons dans ces milieux (reproduction et/ou disparition d'une partie des individus). Ces fluctuations d'effectifs dans un sens puis dans l'autre risquent de masquer les effets recherchés. A la suite de ces observations, il est apparu nécessaire de mettre en œuvre de nouvelles méthodes d'analyse basées sur la « logique floue » qui, bien que peu utilisée en écologie jusqu'à présent (voir par exemple Adriaenssens *et al.* 2006¹⁶), a été largement employée dans d'autres disciplines

¹⁶ Adriaenssens, V., P. L. M. Goethals, and N. De Pauw. 2006. Fuzzy knowledge-based models for prediction of *Asellus* and *Gammarus* in watercourses in Flanders (Belgium). *Ecological modelling* **195**:3-10.

(socio-politique, imagerie, outils de contrôle robotique...). Les concepts soutenant cette méthode permettent de changer l'échelle de la mesure d'abondance, lui donner une interprétabilité plus directe et ainsi de mettre en évidence les variations des abondances qui resteraient masquées par le processus de décroissance temporelle des effectifs.

4.2 Régime hydrologique

Les relations entre les ensembles flous décrivant les « effectifs élevés » des quatre espèces et les variables hydrologiques montrent que les valeurs se distribuent en général principalement près des deux axes. Ceci indique d'une part que des débits faibles (« non-élevés », selon la définition des ensembles retenus) sont une condition triviale de l'explication de l'apparition des larves dans le système (Goertz, 2003¹⁷). D'autre part, des débits faibles ne sont pas suffisants pour aboutir à des effectifs toujours élevés. Les périodes de débits élevés sur une longue durée (plusieurs jours) expliquent quant à elles, de manière pertinente, l'absence d'effectifs « élevés » mais ne sont pas suffisantes pour expliquer tous les cas.

Les surverses agissent donc comme un facteur limitant sur les effectifs que peuvent atteindre les cohortes. Cette limitation est d'autant plus forte que les individus sont jeunes et donc peu développés (faible capacité de nage). Toutes espèces confondues, le stade 5 (correspondant à l'acquisition complète des nageoires et de l'ensemble des caractéristiques des juvéniles) semble être le degré de développement minimal pour éviter en partie l'effet des surverses longue et/ou à débit maximum élevé (Figure 44).

Il reste cependant difficile d'évaluer précisément le maintien des très jeunes stades en réponse aux variations du régime hydrologique. En effet, pour un stade de développement donné, il n'est pas évident de séparer les « pertes » dues à l'entraînement vers l'aval des individus les moins résistants (capacité de nage, aptitude à éviter le courant...) de celles dues aux passages aux stades de développement suivants correspondant simplement au processus de croissance. Cette difficulté est partiellement couverte par l'utilisation de la logique floue et l'opérateur d'agrégation employé pour définir la mesure d'abondance par cohorte (Φ , cf. p. 80).

L'effet des surverses semble assez binaire sur l'abondance des juvéniles. Donc le simple fait de définir qu'il y ait ou non surverse, suffit déjà à introduire une bonne distinction

¹⁷ Goertz, G. 2003. Assessing the importance of necessary or sufficient conditions in fuzzy-set social science. COMPASS Working Paper WP2003-7 www.compass.org/wp.htm.

des cas d'abondance faible. Cependant, l'existence d'une période suffisamment longue de débits faibles et stables semble permettre des épisodes de reproduction et des développements de cohortes (Figure 44). La durée nécessaire de cette stabilité est difficile à évaluer avec les données de cette étude et ceci est certainement valable tant qu'il existe encore des adultes reproducteurs prêts à frayer. La possibilité d'apparition d'une nouvelle cohorte dépend donc fortement de l'espèce et de sa stratégie de reproduction (ponte unique/pontes multiples).

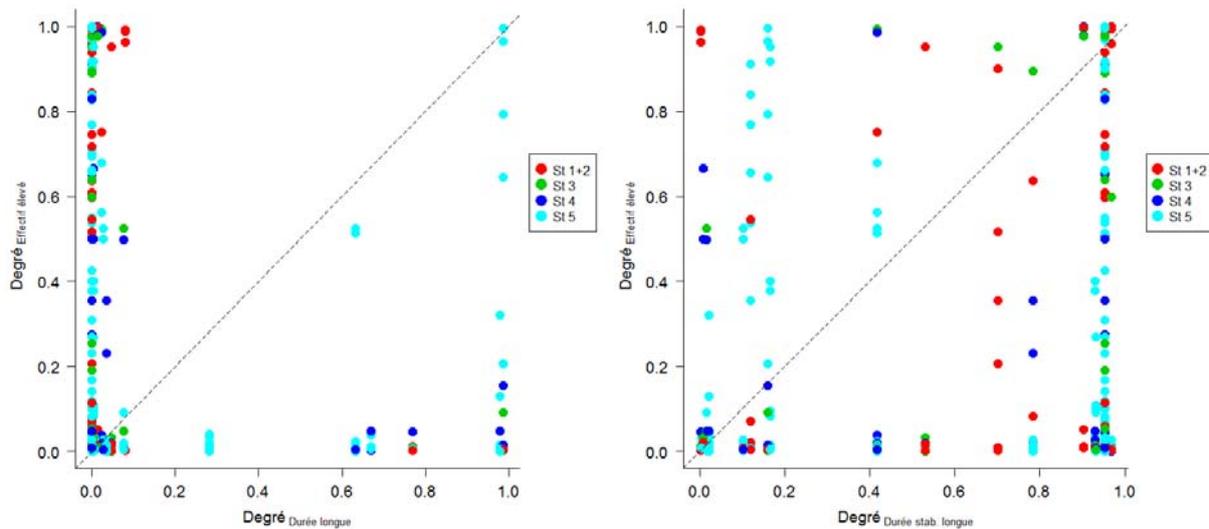


Figure 44 : Relations entre « *effectif élevé* » et « *durée de surverse élevée* » (à gauche) et entre « *effectif élevé* » et « *durée de stabilisation élevée* » (à droite) pour les quatre espèces considérées. Les couleurs des points font référence au stade larvaire médian de la cohorte (cf. légende sur la figure). La droite $y=x$ est représentée en pointillé.

Enfin, l'incidence d'une surverse n'est peut-être pas uniquement liée à son intensité (débit maximum et durée) mais dépend probablement également de la date à laquelle elle intervient. Suite à ce qui a été montré précédemment, il est légitime de supposer que le synchronisme entre d'une part les périodes où les stades jeunes sont présents et d'autre part la présence des surverses est un élément fondamental influant sur l'impact des surverses. En utilisant l'abondance (degré) moyenne des cohortes des quatre espèces étudiées à chaque campagne, on peut mettre en évidence par exemple (Figure 45) que l'effet de la surverse du 1^{er} juin 2010, précédant la campagne n°5 (1005 sur la Figure 45) a eu un impact majeur sur le stock de juvéniles en fin d'été pour les deux sites. En effet, cette surverse correspond à la chute d'abondance globale la plus importante enregistrée dans les deux années de l'étude. Cette surverse a été courte (48h à Baix et 36h à Péage) avec un débit différent sur les deux sites : $750 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ à Baix et $370 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ à Péage. Les surverses précédant les campagnes n°6 (à Baix et Péage) et 12 (à Péage), avec des caractéristiques hydrologiques similaires n'ont pas eu un tel effet. Le positionnement de la surverse du 1^{er} juin par rapport à la période de

reproduction des espèces étudiées semble donc bien expliquer son rôle dans le maintien des larves et juvéniles dans les systèmes étudiés. Cependant, la validation statistique de cette observation nécessiterait une période d'étude beaucoup plus longue afin de multiplier les configurations telles que celle rencontrée le 1^{er} juin 2010.

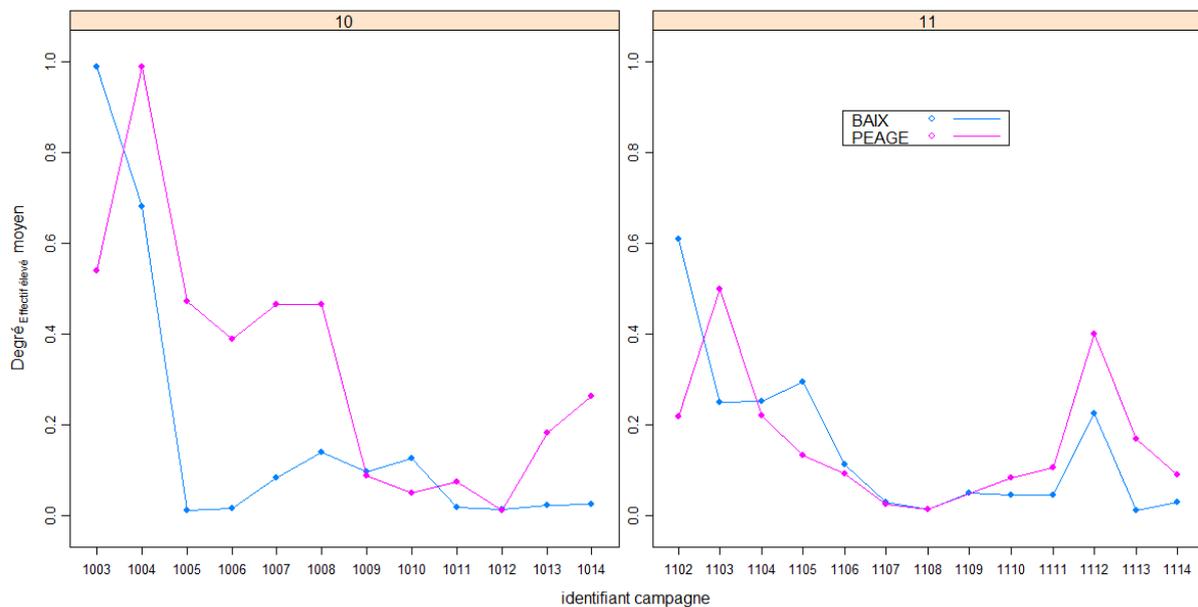


Figure 45 : Evolution temporelle (par campagne) du degré « effectif élevé » moyen sur les quatre espèces étudiées selon le site et l'année (10 = 2010, 11 = 2011). Pour chaque campagne, les valeurs d'abondance des cohortes apparaissant pour la première fois ont été écartées afin de n'illustrer que les valeurs des cohortes ayant vécu complètement les conditions environnementales de la période précédant la pêche. A noter que le pic d'abondance observé pour la campagne 1112 (en 2011) est certainement dû à l'utilisation d'un matériel de pêche électrique différent pour cause de non-disponibilité matérielle.

4.3 Régime thermique

En ce qui concerne la température aucune relation n'a pu être mise en évidence entre le maintien des juvéniles (abondance élevée) et les ensembles de température définis (températures basses ou élevées).

Nous avons utilisé la température moyenne des 15 jours précédant la pêche car l'objectif n'était pas de traiter directement la question de la croissance (qui supposerait plutôt une métrique thermique basée sur une somme des degrés-jour) mais bien de voir si un régime thermique plus élevé (Péage en 2011) favoriserait un stock de juvéniles important en fin d'été. L'illustration (Figure 46) d'une mesure de la productivité globale (somme des degrés « effectif élevé » des quatre espèces pour une campagne) ne montre pas systématiquement une productivité plus élevée à Péage (le site échauffé) par rapport à Baix ou encore en 2011

(températures printanières élevées) par rapport à 2010. En outre, pendant cette étude nous n'avons pas relevé de refroidissement prononcé de la température qui ait influencé les effectifs. Certaines baisses importantes ont pu être constatées comme en mai 2010 (~4 à 5 °C pendant trois semaines) ou encore en juillet 2011 (~6 à 7°C en moins pendant 15 jours) mais elles sont peut-être intervenues tardivement par rapport à la reproduction des espèces et/ou la température absolue est restée dans des gammes de températures où la physiologie des cyprinidés n'est certainement pas ou peu affectée. Ainsi, s'il existe une relation globale entre température et succès de la reproduction, on ne peut que **supposer des effets indirects** qui restent difficiles à mettre en évidence au moins avec les données disponibles pour cette étude.

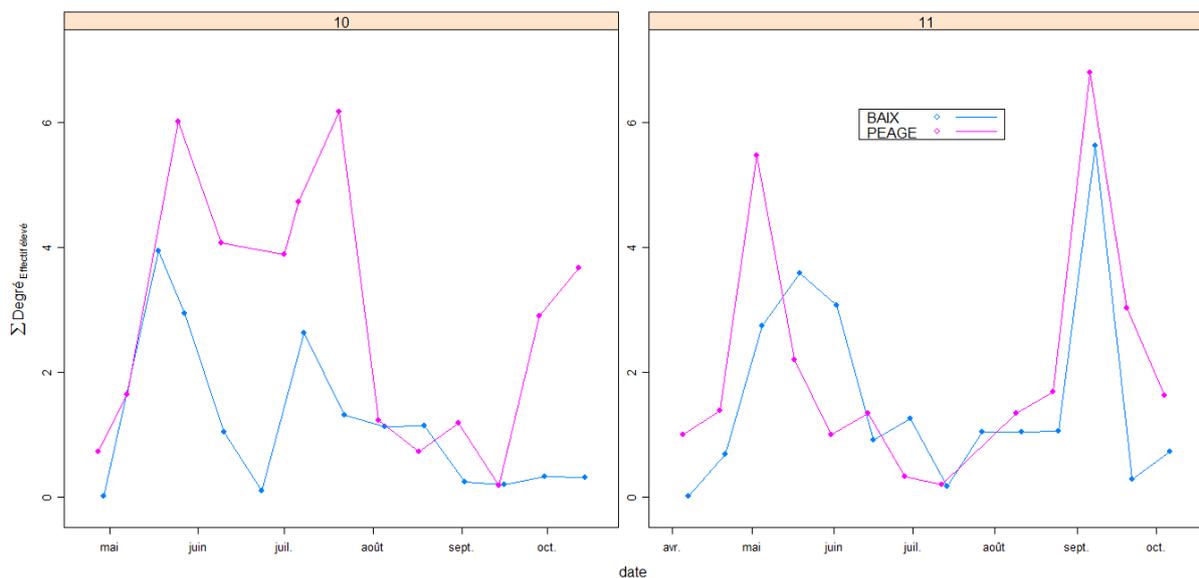


Figure 46 : Evolution temporelle des sommes de degré « effectif élevé » pour les quatre espèces étudiées selon le site et l'année (10 = 2010, 11 = 2011).

Sans avoir à recourir à des analyses spécifiques, il est notable que la température affecte la croissance et le développement des individus. Les individus acquérant de meilleures capacités de nage au fur et à mesure de leur croissance, on pourrait alors penser qu'un échauffement du système pourrait mener à une meilleure survie des juvéniles (au moins durant les premiers mois de développement). Mais les résultats sur l'hydrologie montrent que ce sont surtout les stades 5, donc des juvéniles pleinement développés, qui résistent mieux. Hors, les surverses interviennent à des périodes où les cohortes ne sont pas majoritairement parvenues à ce stade de développement. De fait, une croissance accélérée ne semble pas suffire pour limiter de façon visible l'action des surverses (Cf. commentaire précédent sur la surverse du 1er juin 2010). Cette observation n'écarte pas totalement l'idée que pour une

cohorte de jeunes stades, les individus les plus développés soient les plus aptes à survivre. Mais sur les sites et au cours des années étudiés et dans la gamme de température rencontrée, il ne semble pas évident que des températures dites élevées aboutissent à des effectifs plus importants que des températures supposées moins élevées.

L'étude des liens température-croissance puis croissance-survie dans un contexte de variabilité hydrologique marquée (et certainement d'autres facteurs : pollutions diffuses...) nécessiterait un nouvel effort d'échantillonnage (pas de temps encore plus resserré) dans une étude où le travail technique représente déjà une part très importante. Ceci n'est donc pas apparu envisageable pour un résultat incertain étant donné que l'hydrologie des RCC apparaît comme l'élément limitant du succès reproducteur.

4.4 Apports de l'étude

Cette étude a permis de mettre en évidence que pour de nombreuses espèces, plusieurs phases successives de reproduction ont effectivement eu lieu dans les milieux échantillonnés avec une reproduction étalée sur plusieurs semaines, voire plusieurs mois permettant de compléter et préciser les connaissances sur leurs stratégies de reproduction.

En raison de la durée relativement limitée de l'étude, les effectifs capturés (nombre d'individus et/ou nombre de cohortes) n'ont pas permis d'analyser de manière robuste les effets des facteurs hydro-climatiques sur l'ensemble des espèces de cyprinidés rencontrées. Seules quatre espèces ont pu être conservées pour la phase d'analyse des données.

Dans l'état actuel des analyses et dans les gammes de température rencontrées dans les deux années du suivi (11 à 26°C en moyenne journalière), l'effet moyen de la température de l'eau semble essentiellement s'exprimer sur la précocité de la reproduction et sur la vitesse de croissance des jeunes poissons. La différence de régimes thermiques (de l'ordre de 1 à 2°C en moyenne journalière) entre les deux sites suivis (vieux Rhône de Péage et de Baix) n'explique pas la variabilité des effectifs des cohortes au cours du temps.

L'analyse des effets des variations hydrologiques sur l'évolution temporelle des effectifs par cohorte met en évidence le rôle prépondérant de la valeur maximum du débit et la durée de surverse dans les vieux-Rhône : la fréquence des abondances non-élevées augmente avec ces deux paramètres. Les très jeunes stades de développement (St1 et St2, Pinder 2001) sont les plus vulnérables aux surverses (pas d'effet progressif), ce qui est en accord avec les hypothèses de départ. Le synchronisme des surverses avec les périodes de reproduction et d'occurrence des jeunes stades est un élément clef de l'influence du régime

hydrologique sur les différentes espèces. Ainsi, les surverses printanières vont préférentiellement influencer les abondances d'espèces comme le gardon et le hotu alors que des surverses plus estivales pourront impacter les cohortes d'espèces comme l'ablette. Le chevaine est l'espèce dont la période de reproduction est la plus étalée parmi toutes les espèces recensées dans les vieux-Rhône (potentiellement d'avril à août). Il s'agit donc d'une espèce dont la population de larves et juvéniles subit toutes les surverses de la période de reproduction des cyprinidés. Mais le potentiel reproducteur de cette espèce (population d'individus reproducteurs, nombre de ponte par individu...) apparaît très important et permet un maintien d'effectifs élevés de juvéniles jusqu'à la fin de l'été. L'analyse de la variabilité temporelle du succès de reproduction des cyprinidés réalisée dans le cadre de l'étude thermique phase 3 avait mis en évidence le fait que le succès de reproduction des espèces à pontes fractionnées (plusieurs phases de reproduction des femelles, cas de l'ablette et du chevaine par exemple) était supérieur à celui des espèces à ponte unique lorsque l'hydrologie au printemps et/ou en début d'été était très variable. Le suivi des différentes cohortes de chevaines en 2010 et 2011 confirme et précise ces résultats.

Lors des périodes de relative stabilité hydrologique (débit réservé $<Q < 200 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$), les valeurs de débit ne semblent pas avoir d'influence sur les valeurs d'abondance. Les différentes valeurs observées et leur variabilité ne peuvent pas s'expliquer par les paramètres hydrologiques et thermiques.

Enfin, l'échantillonnage des très jeunes stades de développement (St1 et St2) est conditionné par l'existence d'une période de stabilité hydrologique durant la période précédant l'échantillonnage.

L'accès à l'âge des poissons est une donnée de première importance pour l'analyse de l'évolution temporelle des effectifs depuis les stades de développement les plus précoces jusqu'à l'acquisition de caractères physiques et physiologiques permettant au juvéniles de « gérer » les contraintes physiques du milieu (taille, développement des nageoires etc...)

Les milieux échantillonnés (RCC) sont avant tout des systèmes ouverts soumis à des flux hydriques importants et variables. Dans ces conditions, l'étude précise du développement des poissons après éclosion, de leurs modalités de dispersions et d'occupation de l'espace, est d'une complexité difficile à appréhender d'un point de vue méthodologique. L'analyse du jeu de données met en évidence des phénomènes dont l'origine est complexe à identifier : il est souvent difficile d'attribuer une diminution des effectifs entre deux campagnes d'échantillonnage à une cause particulière (régulation « naturelle » au cours de la phase de

croissance, dérive accentuée par une variation de débit ou changement d'habitat au cours de l'ontogénèse...). D'autres facteurs, non étudiés dans ce travail, comme le fait que les juvéniles puissent rester piégés dans la végétation ou dans des dépressions perchées sur les bancs de galets lors de la phase d'abaissement du débit, seraient à prendre en considération pour bien appréhender les effets des surverses.

Annexes

Annexe 1 : Représentations graphiques de l'évolution horaire des hauteurs d'eau et du débit dans les vieux-Rhône de Baix et Péage en 2010 et 2011

Annexe 2 : Tableaux de données physico-chimiques des vieux-Rhône, restitutions et canaux de fuite de Péage et de Baix en 2010 et 2011, suivi des tableaux de données physico-chimiques de Chasse-sur-Rhône, Serrières (vieux-Rhône à Péage), Beauchastel et Baix collectées dans le cadre du réseau de surveillance de la qualité des eaux superficielles en 2010 et 2011.

Annexe 3 : Liste des espèces échantillonnées en 2010 et 2011 dans les 6 stations.

Annexe 4 : Représentations graphiques des effectifs bruts en fonction des tailles standard (en mm) de chevaine, de gardon, de hotu et d'ablette dans les vieux-Rhône de Péage et de Baix, en 2010 et 2011.

Annexe 5 : Représentations graphiques (Boxplots) des tailles standards en fonction des campagnes de pêche sur les vieux-Rhône de Baix et Péage en 2010 et 2011 pour chaque stade de développement chez le chevaine, le gardon, le hotu et l'ablette

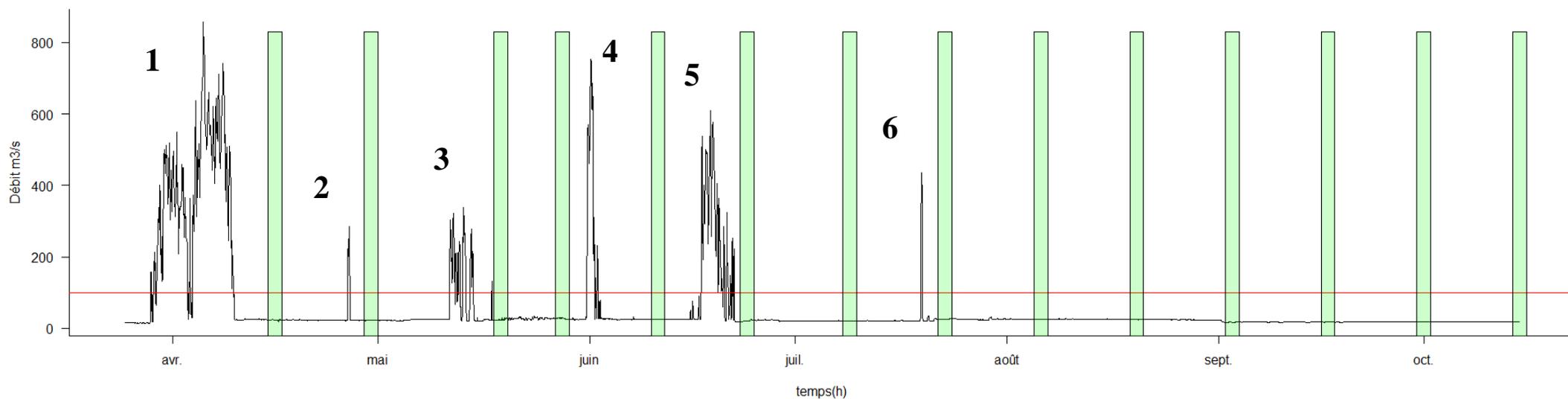
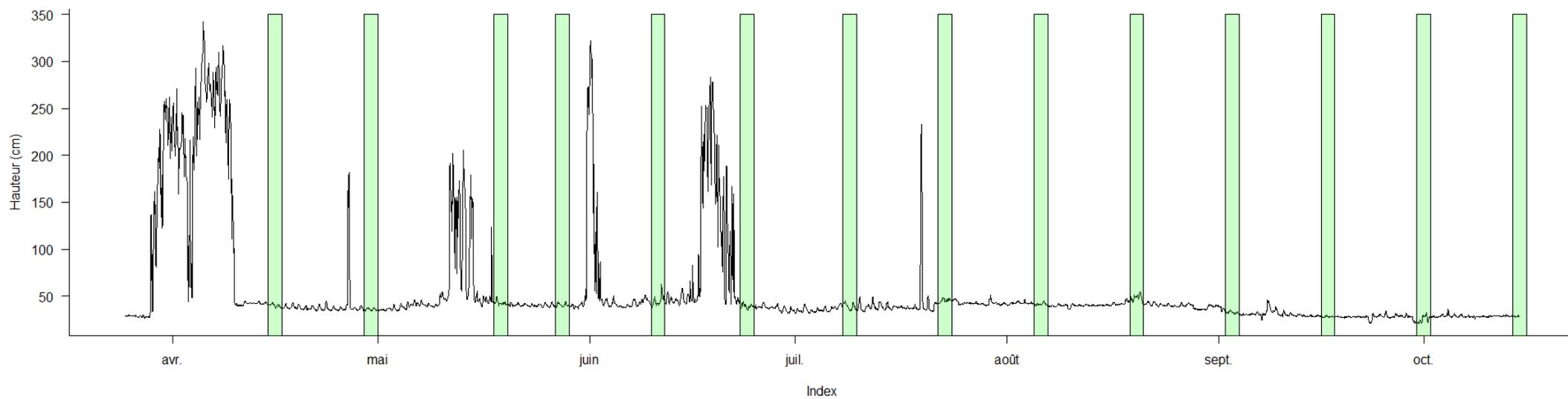
Annexe 6 : Représentations graphiques des effectifs bruts en fonction des campagnes de terrain sur Baix et Péage en 2010 et 2011 : comparaison entre le vieux-Rhône (RCC), la restitution (RES) et le canal de fuite (CF) sur les espèces de cyprinidés les plus abondantes.

Annexe 7 : Représentations graphiques (Boxplots) des tailles standard en fonction des campagnes de pêche sur la restitution (RES) et le canal de fuite (CF) de Baix et Péage en 2010 et 2011 pour chaque stade de développement chez le chevaine, le gardon, le hotu et l'ablette.

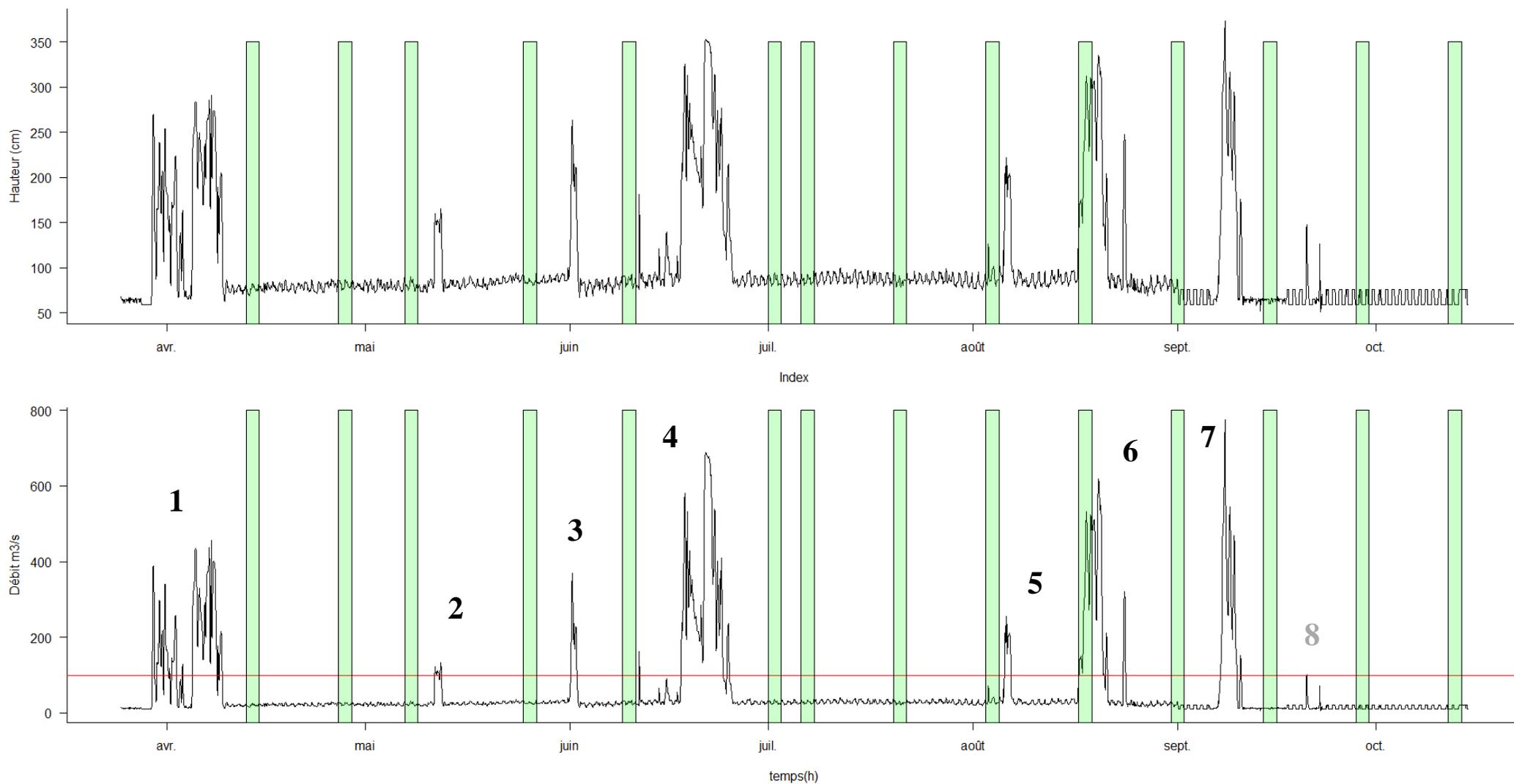
Annexe 8 : Histogrammes de regroupement des individus selon leurs tailles et leurs stades de développement d'après l'estimation des modèles de mélange (par campagne de pêche) sur Baix et Péage en 2010 et 2011.

Annexe 9 : Représentations graphiques de l'évolution des effectifs bruts de chaque cohorte en fonction du temps. Le dernier graphique de chaque série représente la variabilité hydrologique. Les principales surverses sont répercutées sur les graphiques par une barre verticale verte.

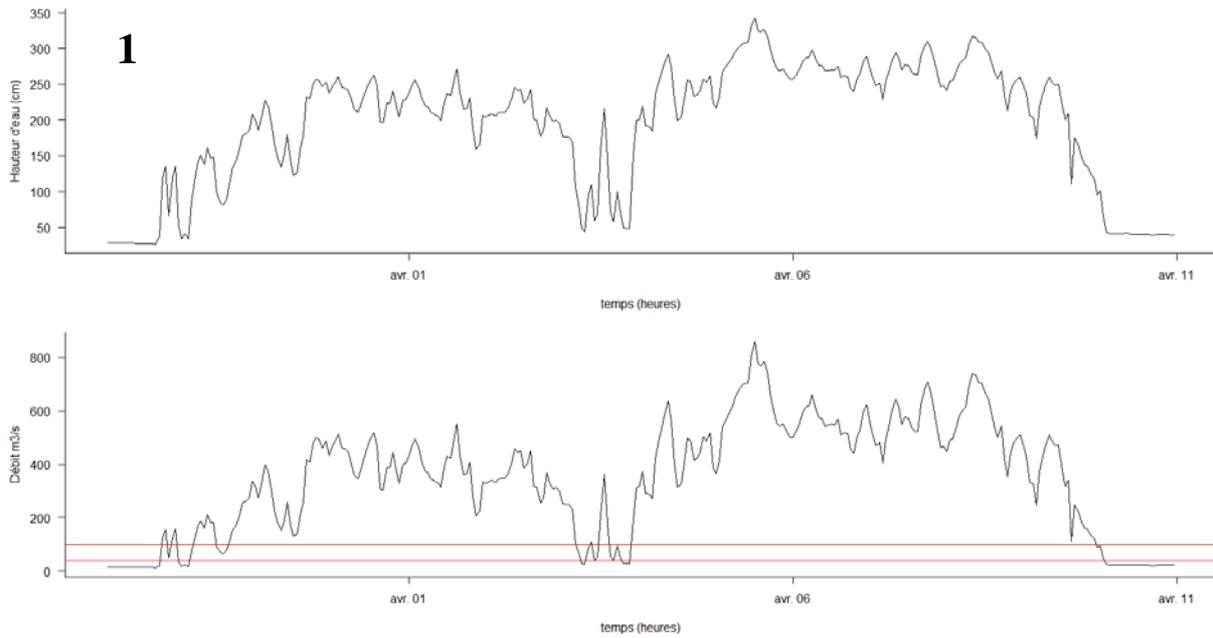
Annexe 1: Représentations graphiques de l'évolution horaire des hauteurs d'eau et du débit dans les vieux-Rhône de Baix et Péage en 2010 (A.1.1, A.1.2) puis en 2011 (A.1.17 et A.1.18). Détails des surverses à une échelle temporelle plus fine sur Baix puis sur Péage en 2010 (A.1.3 à A.1.8 et A.1.9 à A.1.16 respectivement) et en 2011 (A.1.19 et A.1.20 puis A.1.21 à A.1.24).



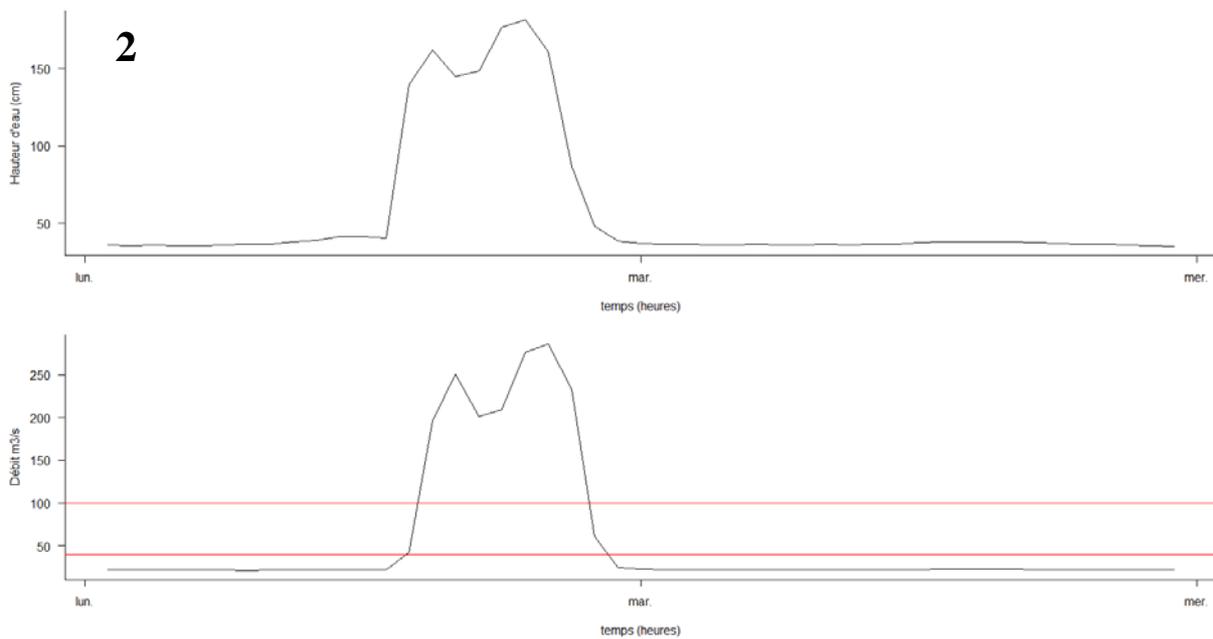
A.1.1 : Evolution horaire des hauteurs d'eau (en cm ; en haut) et du débit (m^3/s ; en bas) dans le **vieux-Rhône de Baix** pour les campagnes de pêche de **2010**. La ligne rouge figure un débit de $100 \text{ m}^3/\text{s}$



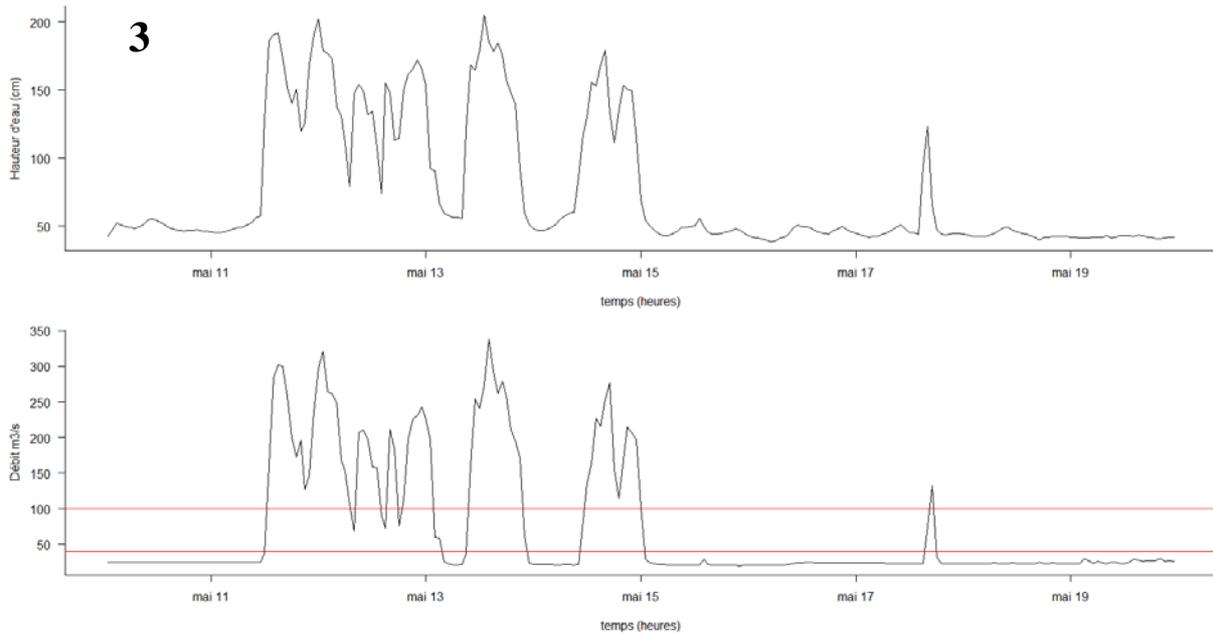
A.1.2 : Evolution horaire des hauteurs d'eau (en cm ; en haut) et du débit (m³/s ; en bas) dans le **vieux-Rhône de Péage** pour les campagnes de pêche de **2010**. La ligne rouge figure un débit de 100 m³/s et les rectangles verts, les périodes de pêche (étendue d'une journée pour une meilleure visualisation)



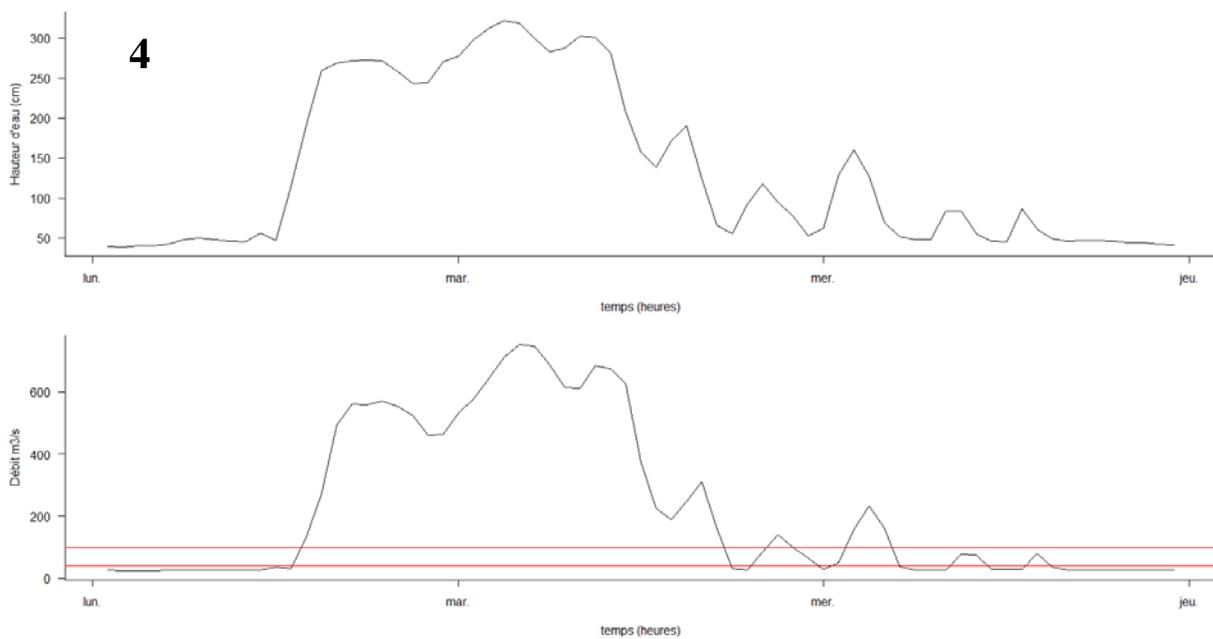
A.1.3 : Evolution horaire des hauteurs d'eau (en cm ; en haut) et du débit (m^3/s ; en bas) dans le **vieux-Rhône de Baix** du 28/03 au 11/04/2010. Les lignes rouges figurent un débit de 40 et $100 m^3/s$.



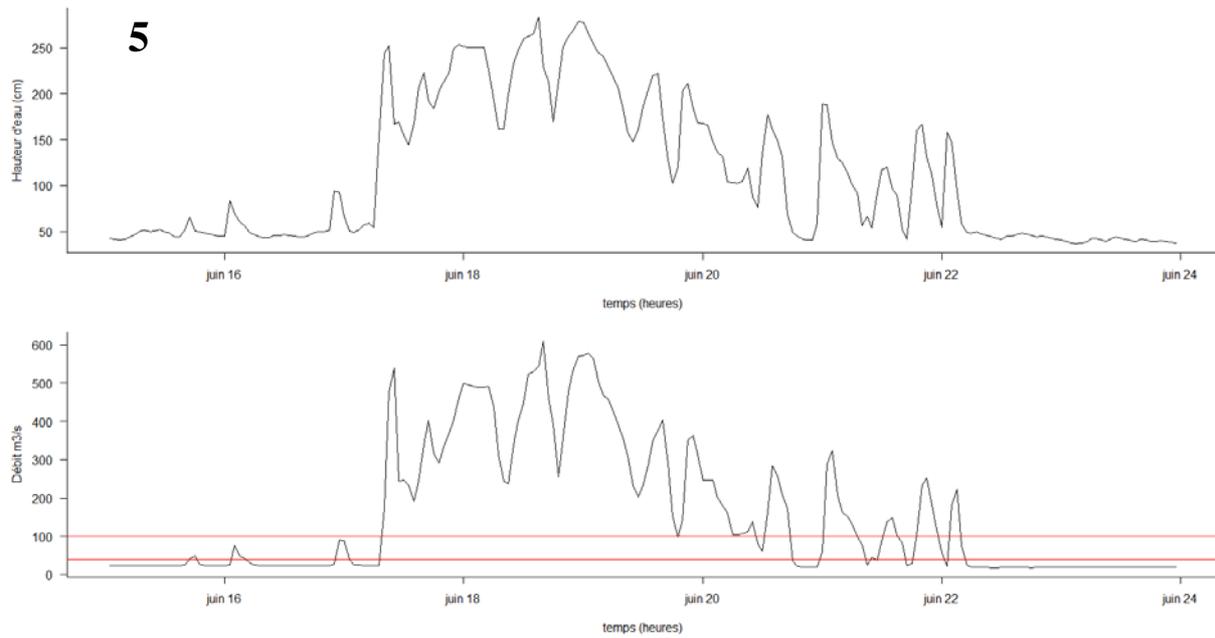
A.1.4 : Evolution horaire des hauteurs d'eau (en cm ; en haut) et du débit (m^3/s ; en bas) dans le **vieux-Rhône de Baix** du 26/04 au 27/04/2010. Les lignes rouges figurent un débit de 40 et $100 m^3/s$.



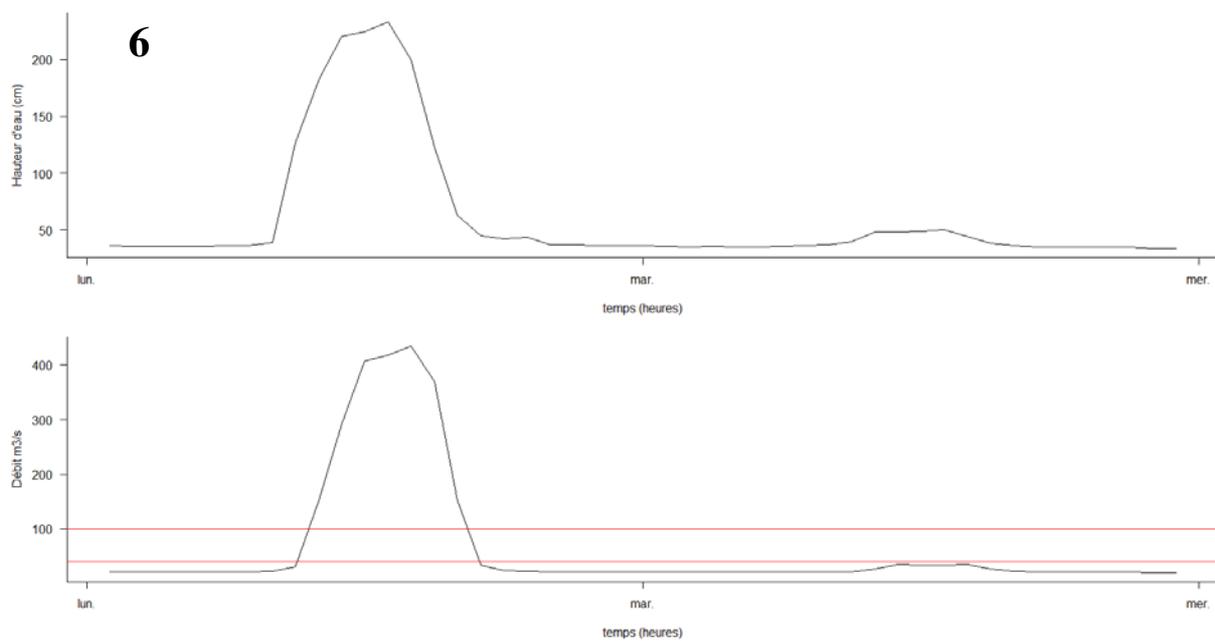
A.1.5 : Evolution horaire des hauteurs d'eau (en cm ; en haut) et du débit (m^3/s ; en bas) dans le **vieux-Rhône de Baix** du 10/05 au 20/05/2010. Les lignes rouges figurent un débit de 40 et $100 m^3/s$.



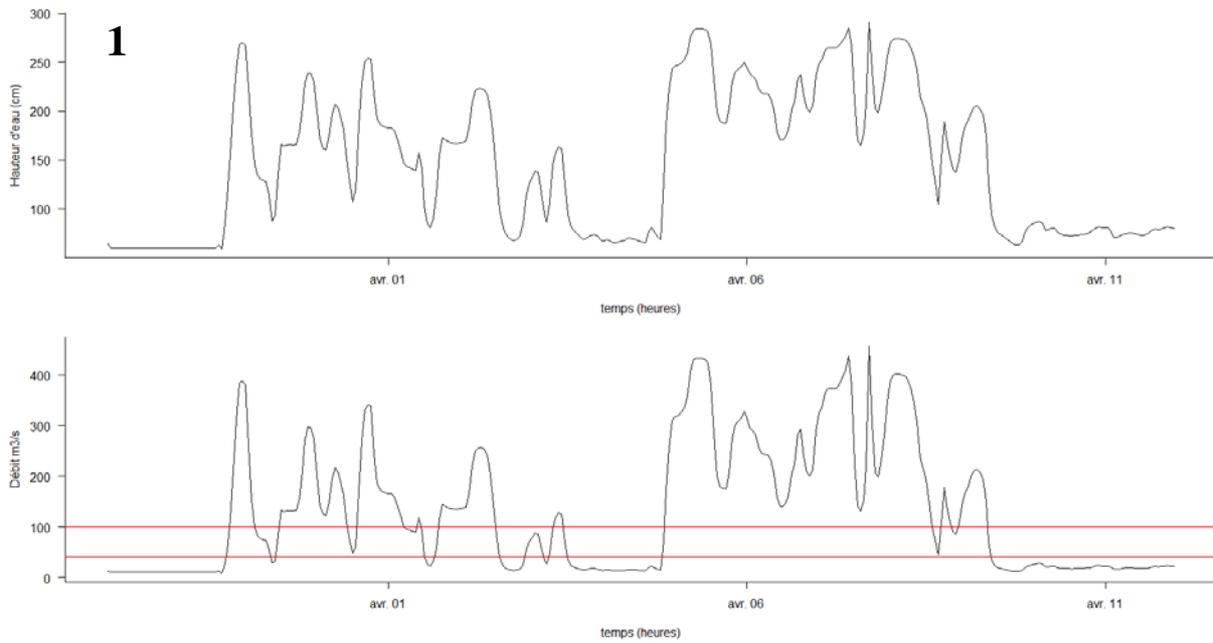
A.1.6 : Evolution horaire des hauteurs d'eau (en cm ; en haut) et du débit (m^3/s ; en bas) dans le **vieux-Rhône de Baix** du 31/05 au 03/06/2010. Les lignes rouges figurent un débit de 40 et $100 m^3/s$.



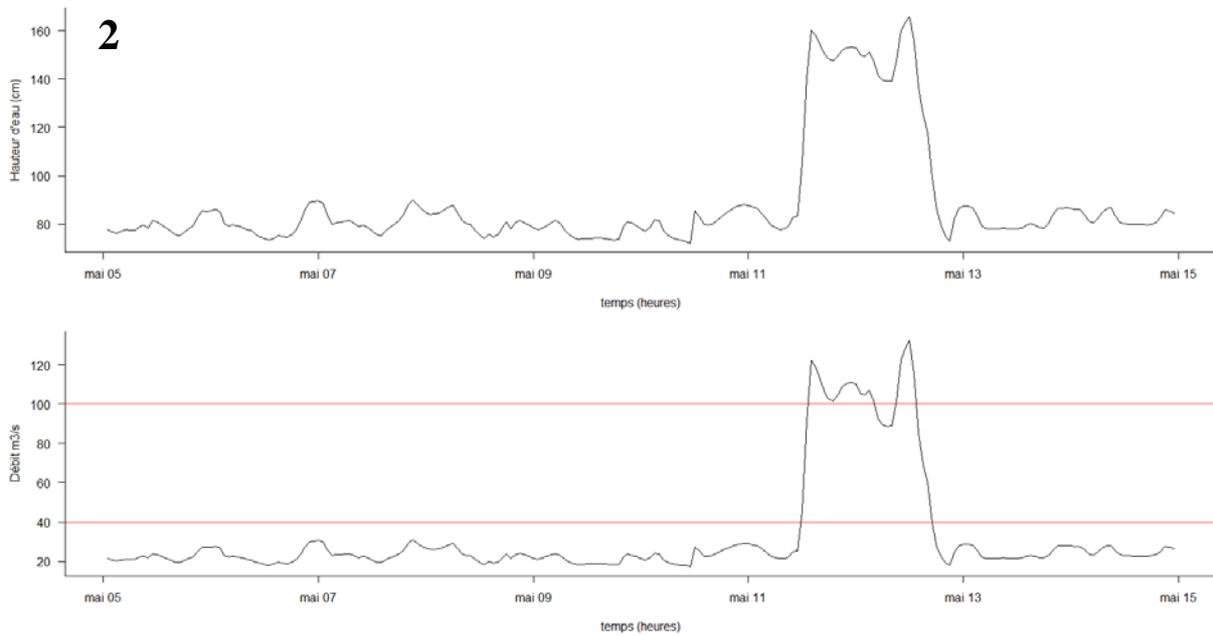
A.1.7 : Evolution horaire des hauteurs d'eau (en cm ; en haut) et du débit (m^3/s ; en bas) dans le **vieux-Rhône de Baix** du 15/06 au 24/06/2010. Les lignes rouges figurent un débit de 40 et $100 m^3/s$.



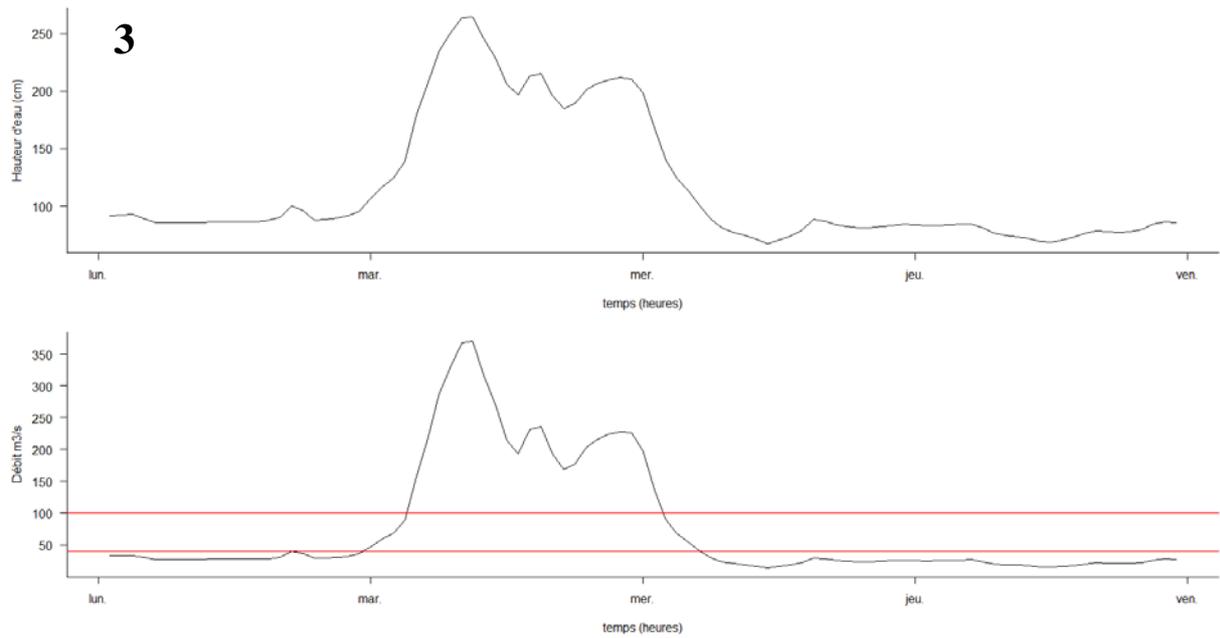
A.1.8 : Evolution horaire des hauteurs d'eau (en cm ; en haut) et du débit (m^3/s ; en bas) dans le **vieux-Rhône de Baix** du 19/07 au 21/07/2010. Les lignes rouges figurent un débit de 40 et $100 m^3/s$.



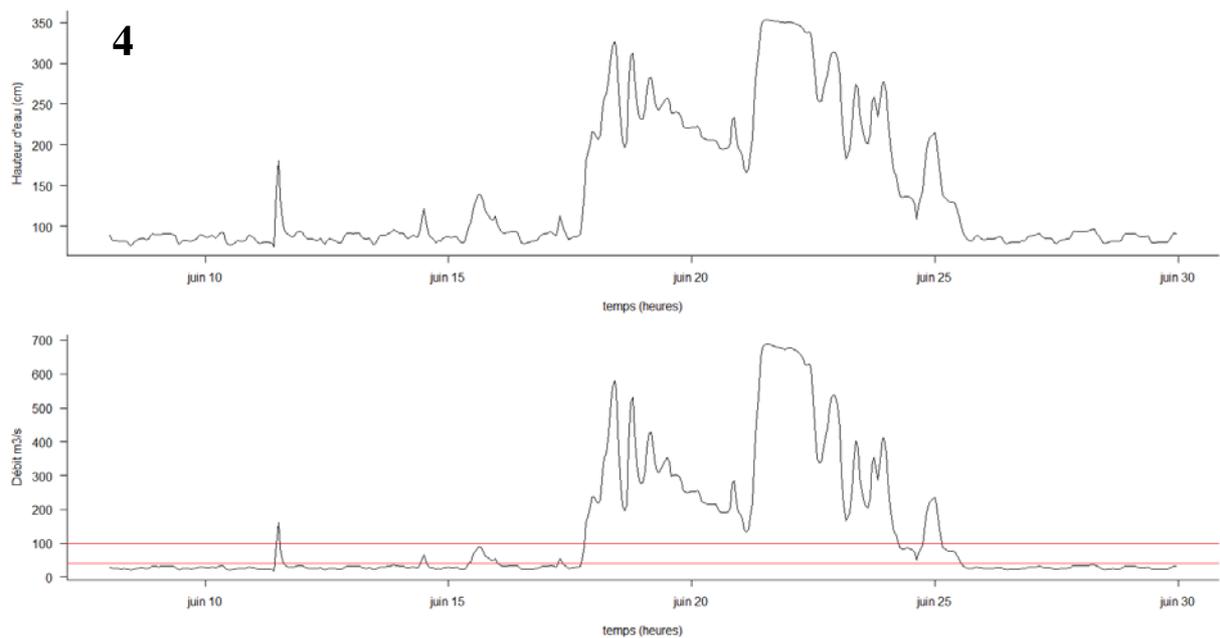
A.1.9 : Evolution horaire des hauteurs d'eau (en cm ; en haut) et du débit (m^3/s ; en bas) dans le **vieux-Rhône de Péage** du 28/03 au 12/04/2010. Les lignes rouges figurent un débit de 40 et $100 m^3/s$



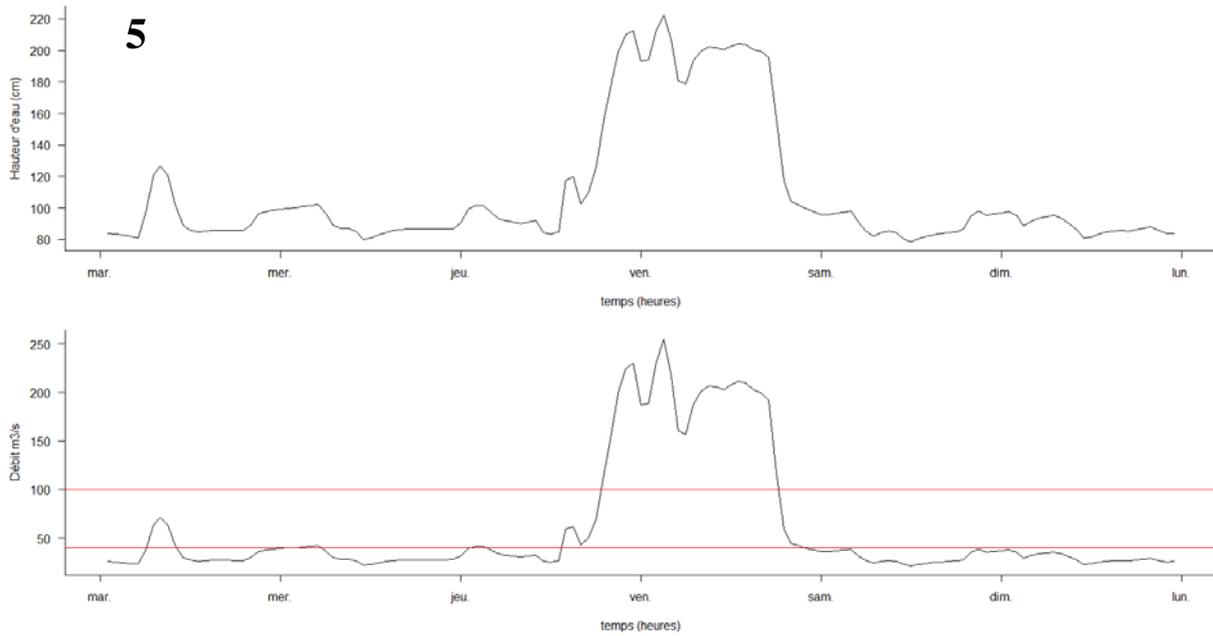
A.1.10 : Evolution horaire des hauteurs d'eau (en cm ; en haut) et du débit (m^3/s ; en bas) dans le **vieux-Rhône de Péage** du 05/05 au 15/05/2010. Les lignes rouges figurent un débit de 40 et $100 m^3/s$



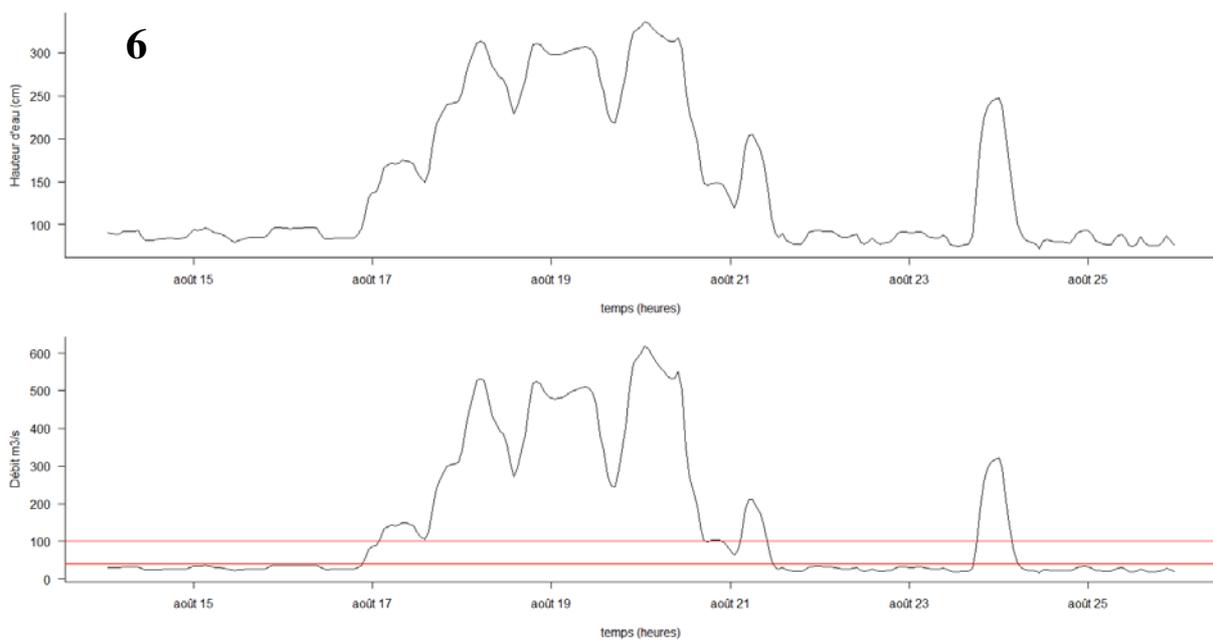
A.1.11 : Evolution horaire des hauteurs d'eau (en cm ; en haut) et du débit (m^3/s ; en bas) dans le **vieux-Rhône de Péage** du 31/05 au 04/06/2010. Les lignes rouges figurent un débit de 40 et $100 m^3/s$



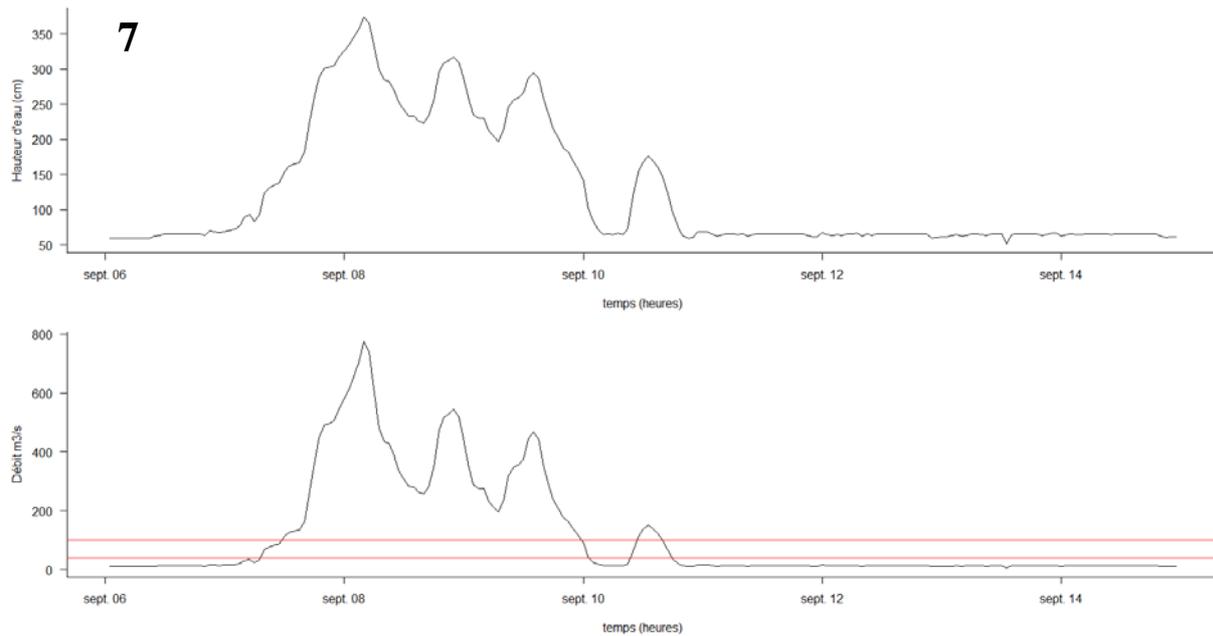
A.1.12 : Evolution horaire des hauteurs d'eau (en cm ; en haut) et du débit (m^3/s ; en bas) dans le **vieux-Rhône de Péage** du 08/06 au 30/06/2010. Les lignes rouges figurent un débit de 40 et $100 m^3/s$.



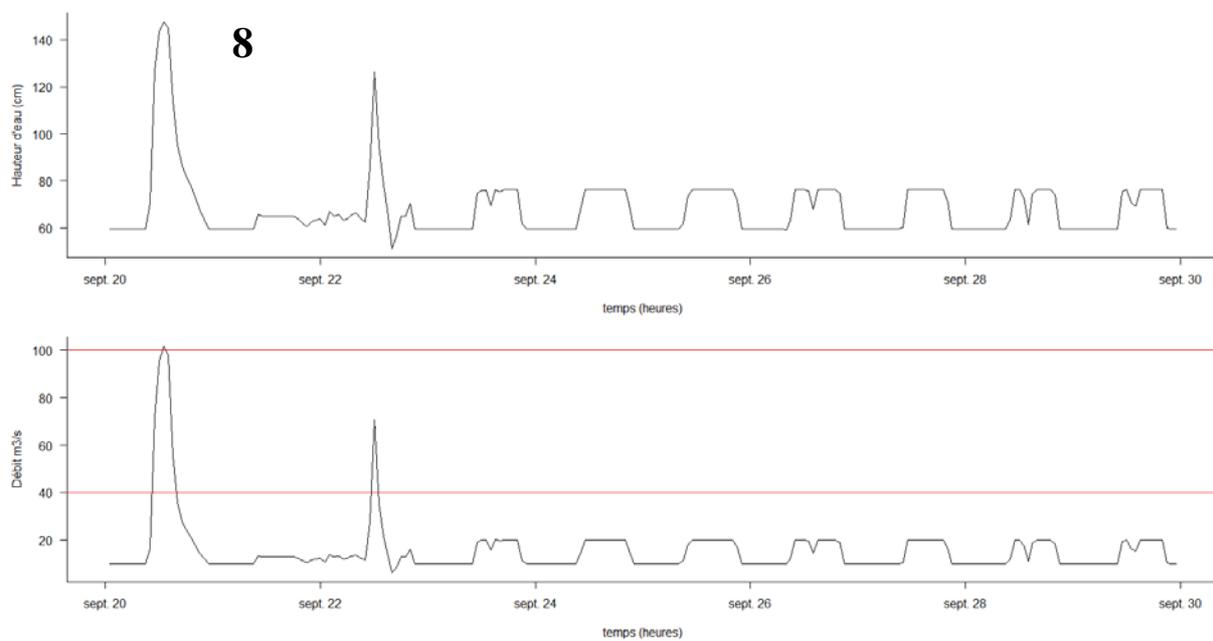
A.1.13 : Evolution horaire des hauteurs d'eau (en cm ; en haut) et du débit (m^3/s ; en bas) dans le **vieux-Rhône de Péage** du 03/08 au 09/08/2010. Les lignes rouges figurent un débit de 40 et $100 \text{ m}^3/\text{s}$.



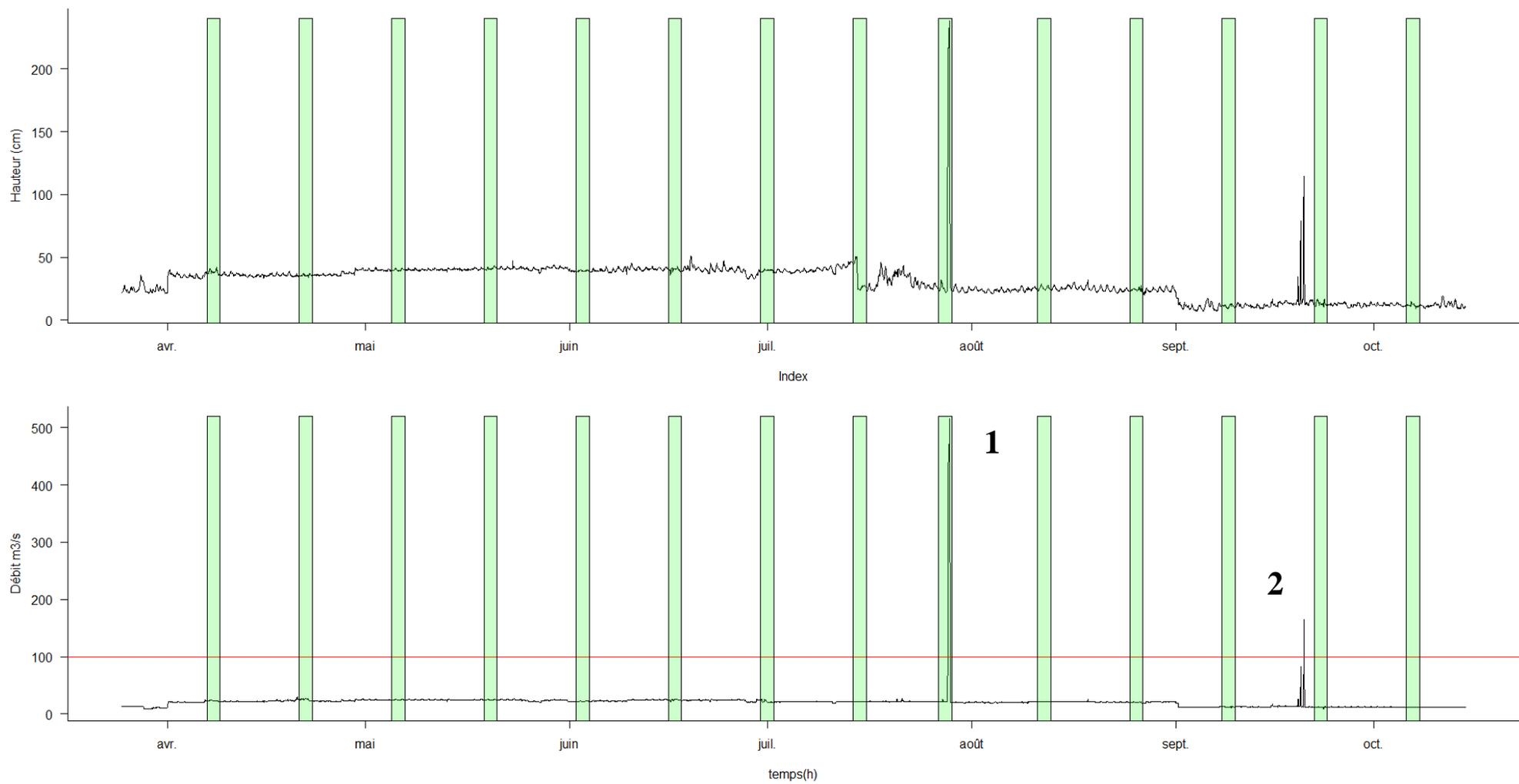
A.1.14 : Evolution horaire des hauteurs d'eau (en cm ; en haut) et du débit (m^3/s ; en bas) dans le **vieux-Rhône de Péage** du 14/08 au 26/08/2010. Les lignes rouges figurent un débit de 40 et $100 \text{ m}^3/\text{s}$.



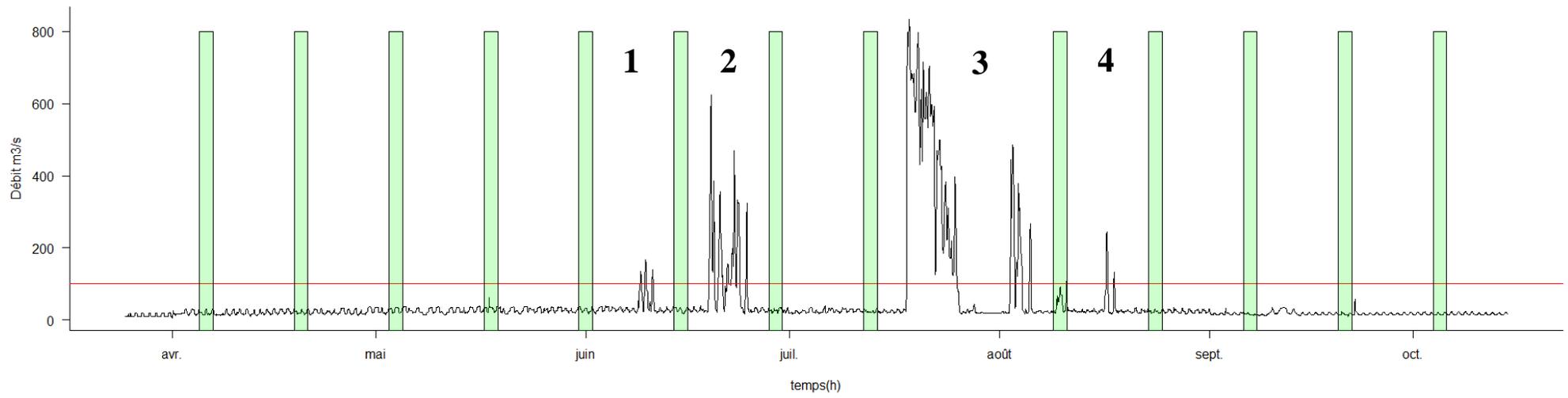
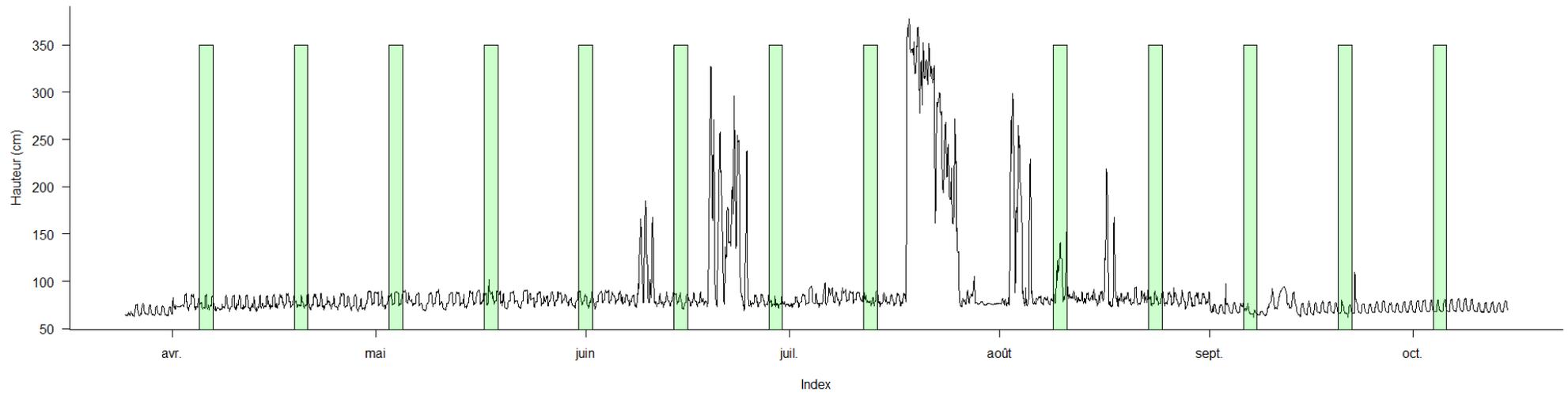
A.1.15 : Evolution horaire des hauteurs d'eau (en cm ; en haut) et du débit (m^3/s ; en bas) dans le **vieux-Rhône de Péage** du 06/09 au 15/09/2010. Les lignes rouges figurent un débit de 40 et $100 m^3/s$.



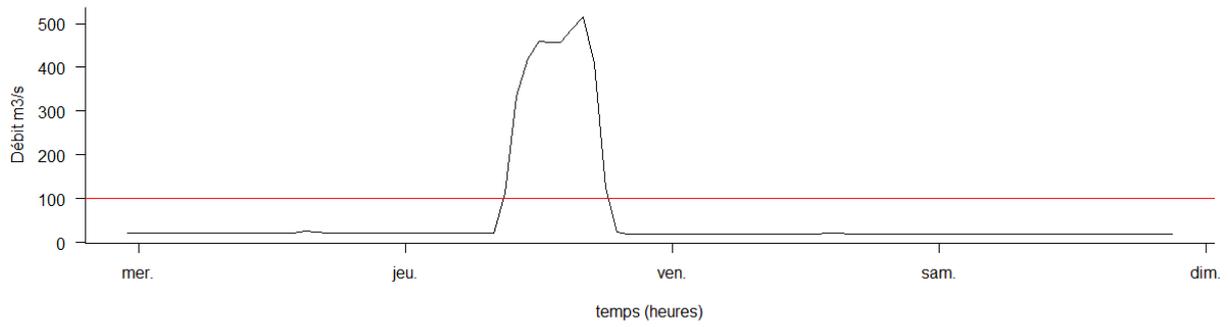
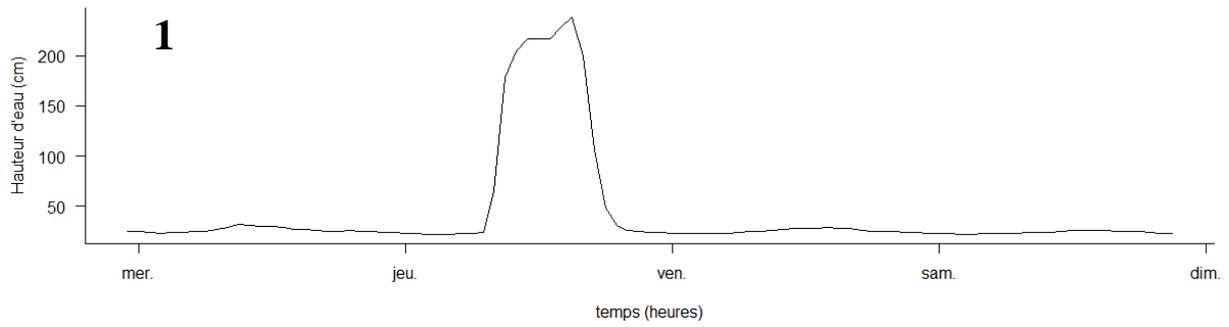
A.1.16 : Evolution horaire des hauteurs d'eau (en cm ; en haut) et du débit (m^3/s ; en bas) dans le **vieux-Rhône de Péage** du 20/09 au 30/09/2010. Les lignes rouges figurent un débit de 40 et $100 m^3/s$.



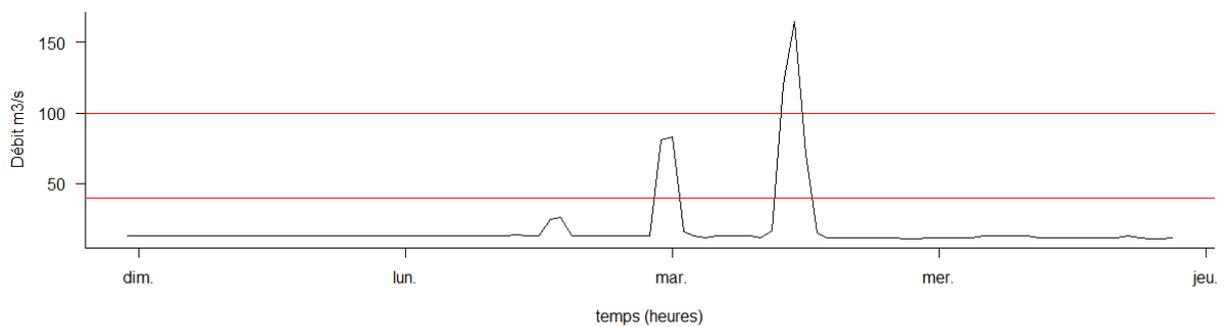
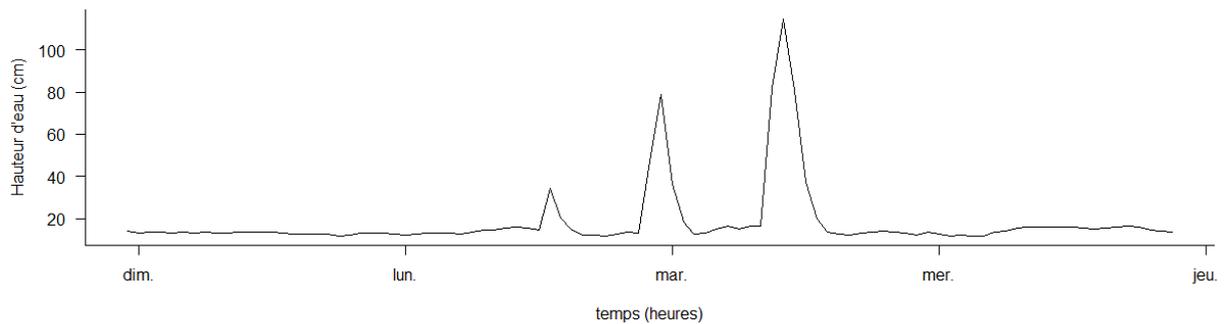
A.1.17 : Evolution horaire des hauteurs d'eau (en cm ; en haut) et du débit (m^3/s ; en bas) dans le **vieux-Rhône de Baix** pour les campagnes de pêche de **2011**. La ligne rouge figure un débit de $100 \text{ m}^3/\text{s}$



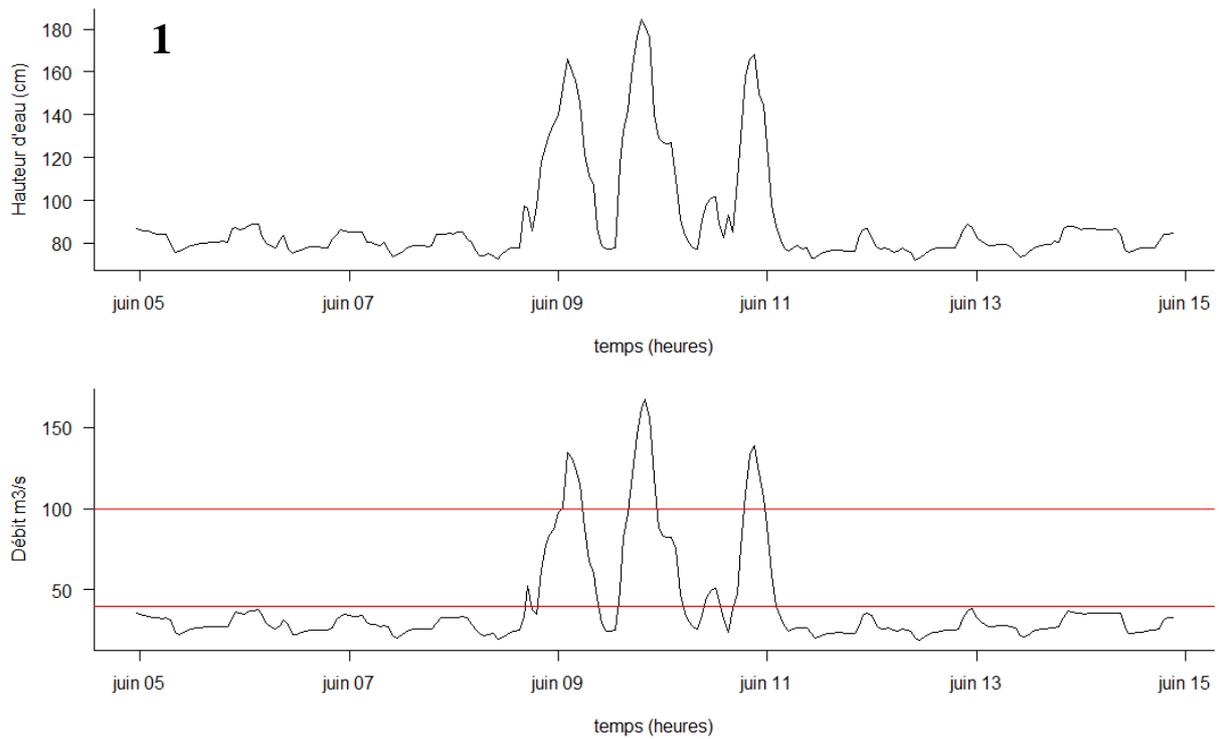
A.1.18 : Evolution horaire des hauteurs d'eau (en cm ; en haut) et du débit (m^3/s ; en bas) dans le **vieux-Rhône de Péage** pour les campagnes de pêche de **2011**. La ligne rouge figure un débit de $100 m^3/s$



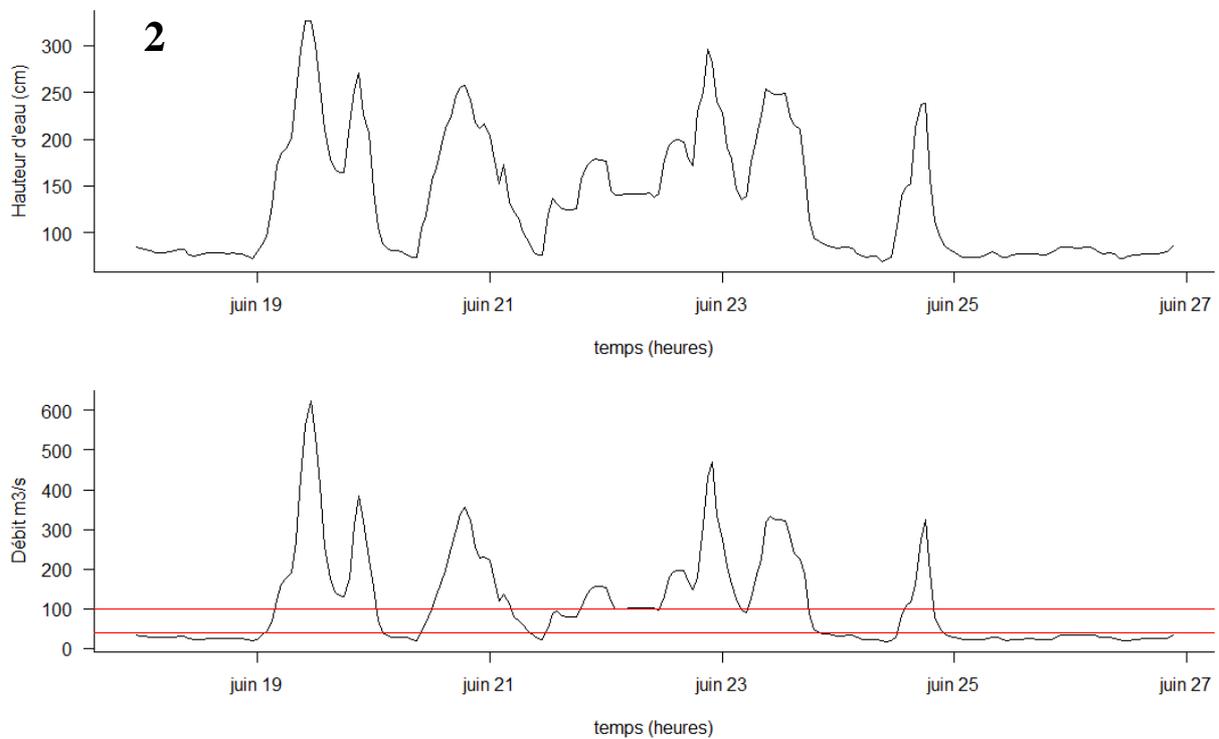
A.1.19 : Evolution horaire des hauteurs d'eau (en cm ; en haut) et du débit (m^3/s ; en bas) dans le **vieux-Rhône de Baix** du 27/07 au 31/07/2011. Les lignes rouges figurent un débit de 40 et $100 m^3/s$.



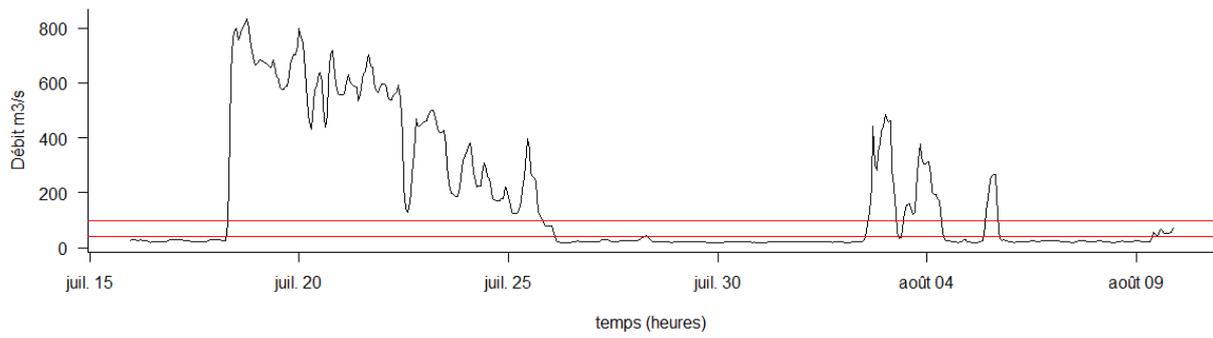
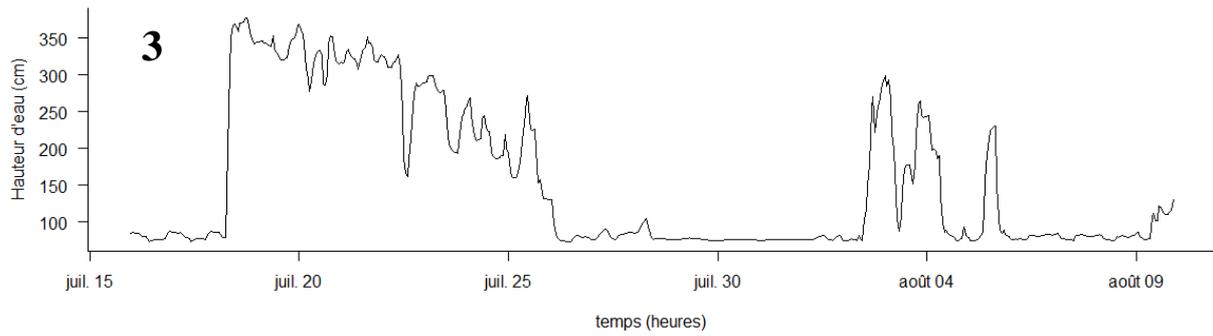
A.1.20 : Evolution horaire des hauteurs d'eau (en cm ; en haut) et du débit (m^3/s ; en bas) dans le **vieux-Rhône de Baix** du 17/09 au 22/09/2011. Les lignes rouges figurent un débit de 40 et $100 m^3/s$.



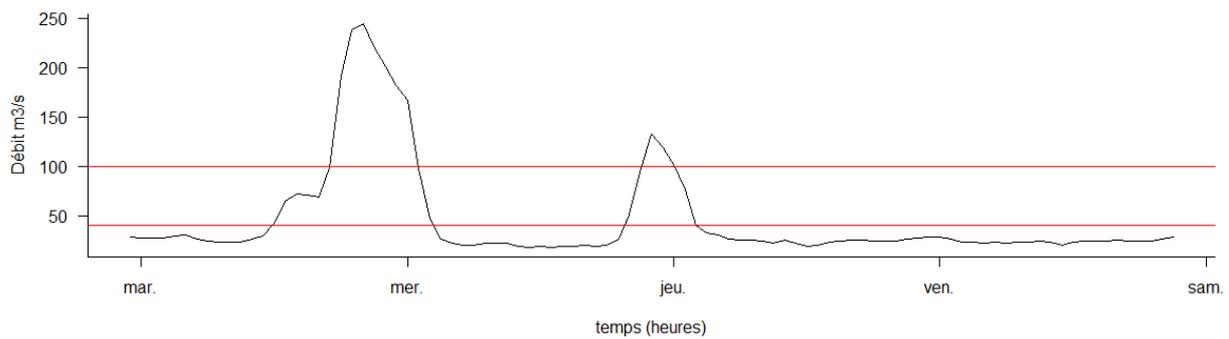
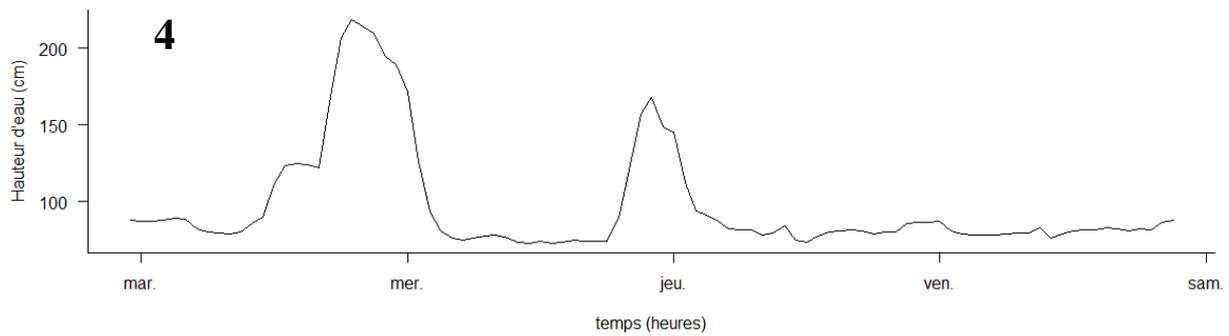
A.1.21 : Evolution horaire des hauteurs d'eau (en cm ; en haut) et du débit (m^3/s ; en bas) dans le **vieux-Rhône de Péage** du 05/06 au 15/06/2011. Les lignes rouges figurent un débit de 40 et 100 m^3/s .



A.1.22 : Evolution horaire des hauteurs d'eau (en cm ; en haut) et du débit (m^3/s ; en bas) dans le **vieux-Rhône de Péage** du 18/06 au 27/06/2011. Les lignes rouges figurent un débit de 40 et 100 m^3/s .



A.1.23 : Evolution horaire des hauteurs d'eau (en cm ; en haut) et du débit (m^3/s ; en bas) dans le **vieux-Rhône de Péage** du 16/07 au 10/08/2011. Les lignes rouges figurent un débit de 40 et $100 m^3/s$.



A.1.24 : Evolution horaire des hauteurs d'eau (en cm ; en haut) et du débit (m^3/s ; en bas) dans le **vieux-Rhône de Péage** du 16/08 au 20/08/2011. Les lignes rouges figurent un débit de 40 et $100 m^3/s$.

Annexe 2: Tableaux de données physico-chimiques des vieux-Rhône, restitutions et canaux de fuite de Péage (A.2.1, A.2.3) et de Baix (A.2.2, A.2.4) en 2010 et 2011, suivi des tableaux de données physico-chimiques de Chasse-sur-Rhône (A.2.5), Serrières (vieux-Rhône à Péage, A.2.6), Beauchastel (A.2.7) et Baix (A.2.8) collectées dans le cadre du réseau de surveillance de la qualité des eaux superficielles en 2010 et 2011.

A.2.1 Tableau : Résumé des données physico-chimiques collectées dans le vieux-Rhône de Péage-de-Roussillon lors des campagnes d'échantillonnage de 2010 et 2011.

Vieux-Rhône	Année	dates	Paramètres	Nombre de mesures	Minimum	Maximum	Moyenne
Péage	2010	13-14 avril	Conductivité électrique ($\mu\text{S/cm}$)	2	408	411	410
			%age de saturation en oxygène dissous	3	45	106	80
			Oxygène dissous (mg/l)	3	4,7	10,6	8,17
			Nitrites (mg/l)	0	-	-	-
			Nitrates (mg/l)	2	1,85	2,24	2,05
			Phosphates (mg/l)	0	-	-	-
			Chlorophylle a ($\mu\text{g/l}$)	0	-	-	-
Péage	2010	27-28 avril	Conductivité électrique ($\mu\text{S/cm}$)	3	433	434	433
			%age de saturation en oxygène dissous	3	82,8	106,9	98
			Oxygène dissous (mg/l)	3	8,05	9,97	9,25
			Nitrites (mg/l)	0	-	-	-
			Nitrates (mg/l)	2	2,24	2,3	2,27
			Phosphates (mg/l)	0	-	-	-
			Chlorophylle a ($\mu\text{g/l}$)	0	-	-	-
Péage	2010	6-7, 10 mai	Conductivité électrique ($\mu\text{S/cm}$)	3	377	385	382
			%age de saturation en oxygène dissous	3	83	120	102
			Oxygène dissous (mg/l)	3	8,92	11,6	10,24
			Nitrites (mg/l)	0	-	-	-
			Nitrates (mg/l)	3	1,65	2,02	1,81
			Phosphates (mg/l)	0	-	-	-
			Chlorophylle a ($\mu\text{g/l}$)	0	-	-	-
Péage	2010	25-26 mai	Conductivité électrique ($\mu\text{S/cm}$)	2	392	419	406
			%age de saturation en oxygène dissous	2	76	178	127
			Oxygène dissous (mg/l)	2	7	16	11,50
			Nitrites (mg/l)	0	-	-	-
			Nitrates (mg/l)	2	1,67	1,68	1,68
			Phosphates (mg/l)	0	-	-	-
			Chlorophylle a ($\mu\text{g/l}$)	0	-	-	-
Péage	2010	8-9, 14 juin	Conductivité électrique ($\mu\text{S/cm}$)	4	352	394	368
			%age de saturation en oxygène dissous	3	76	106	90
			Oxygène dissous (mg/l)	3	6,9	9,12	7,90
			Nitrites (mg/l)	0	-	-	-
			Nitrates (mg/l)	4	1,32	3,1	1,87
			Phosphates (mg/l)	0	-	-	-
			Chlorophylle a ($\mu\text{g/l}$)	0	-	-	-
Péage	2010	29-30 juin et 1 Juil	Conductivité électrique ($\mu\text{S/cm}$)	4	380	406	393
			%age de saturation en oxygène dissous	4	92	157	125
			Oxygène dissous (mg/l)	4	7,54	12,14	9,98
			Nitrites (mg/l)	0	-	-	-
			Nitrates (mg/l)	4	1,15	3,37	2,47
			Phosphates (mg/l)	0	-	-	-
			Chlorophylle a ($\mu\text{g/l}$)	0	-	-	-
Péage	2010	6-7 juil	Conductivité électrique ($\mu\text{S/cm}$)	5	370	387	378
			%age de saturation en oxygène dissous	5	112	150	135
			Oxygène dissous (mg/l)	5	9,25	12,03	10,94
			Nitrites (mg/l)	0	-	-	-
			Nitrates (mg/l)	5	0,37	2,25	1,34
			Phosphates (mg/l)	0	-	-	-
			Chlorophylle a ($\mu\text{g/l}$)	0	-	-	-

A.2.1 Tableau (suite) : Résumé des données physico-chimiques collectées dans le vieux-Rhône de Péage-de-Roussillon lors des campagnes d'échantillonnage de 2010 et 2011.

Vieux-Rhône	Année	dates	Paramètres	Nombre de mesures	Minimum	Maximum	Moyenne
Péage	2010	20-21 juil	Conductivité électrique ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	4	355	368	361
			%age de saturation en oxygène dissous	4	94	130	110
			Oxygène dissous (mg/l)	3	8,01	10,12	8,92
			Nitrites (mg/l)	0	-	-	-
			Nitrates (mg/l)	4	0,46	1,01	0,77
			Phosphates (mg/l)	0	-	-	-
			Chlorophylle a ($\mu\text{g}/\text{l}$)	3	0,93	3,85	2,69
Péage	2010	6-7 août	Conductivité électrique ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	4	382	395	391
			%age de saturation en oxygène dissous	4	12	157	98
			Oxygène dissous (mg/l)	4	9,25	12,66	10,17
			Nitrites (mg/l)	0	-	-	-
			Nitrates (mg/l)	4	0,58	2,34	1,13
			Phosphates (mg/l)	0	-	-	-
			Chlorophylle a ($\mu\text{g}/\text{l}$)	2	0,03	0,04	0,04
Péage	2010	17-18 août	Conductivité électrique ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	3	411	427	419
			%age de saturation en oxygène dissous	3	99	105	102
			Oxygène dissous (mg/l)	3	8,39	8,88	8,58
			Nitrites (mg/l)	0	-	-	-
			Nitrates (mg/l)	3	0,3	0,75	0,51
			Phosphates (mg/l)	0	-	-	-
			Chlorophylle a ($\mu\text{g}/\text{l}$)	2	0,01	0,35	0,18
Péage	2010	31 août et 1 sept	Conductivité électrique ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	4	396	417	405
			%age de saturation en oxygène dissous	4	97	136	117
			Oxygène dissous (mg/l)	4	8,68	12,15	10,27
			Nitrites (mg/l)	0	-	-	-
			Nitrates (mg/l)	4	0,67	1,02	0,80
			Phosphates (mg/l)	0	-	-	-
			Chlorophylle a ($\mu\text{g}/\text{l}$)	2	1,23	2	1,62
Péage	2010	14-15 sept	Conductivité électrique ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	3	417	426	422
			%age de saturation en oxygène dissous	3	77	135	108
			Oxygène dissous (mg/l)	3	7,15	12,1	9,69
			Nitrites (mg/l)	0	-	-	-
			Nitrates (mg/l)	3	0,15	0,93	0,56
			Phosphates (mg/l)	0	-	-	-
			Chlorophylle a ($\mu\text{g}/\text{l}$)	1	1,87	1,87	1,87
Péage	2010	28-29 sept	Conductivité électrique ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	4	415	429	419
			%age de saturation en oxygène dissous	4	74	114	98
			Oxygène dissous (mg/l)	4	7,14	10,89	9,32
			Nitrites (mg/l)	0	-	-	-
			Nitrates (mg/l)	4	0,02	4,77	1,8
			Phosphates (mg/l)	0	-	-	-
			Chlorophylle a ($\mu\text{g}/\text{l}$)	1	5,71	5,71	5,71
Péage	2010	12-13 oct	Conductivité électrique ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	3	435	468	457
			%age de saturation en oxygène dissous	3	78	191	125
			Oxygène dissous (mg/l)	3	7,34	17,5	11,55
			Nitrites (mg/l)	0	-	-	-
			Nitrates (mg/l)	3	0,73	3,85	1,97
			Phosphates (mg/l)	0	-	-	-
			Chlorophylle a ($\mu\text{g}/\text{l}$)	3	0,22	3,05	1,17

A.2.1 Tableau (suite) : Résumé des données physico-chimiques collectées dans le vieux-Rhône de Péage-de-Roussillon lors des campagnes d'échantillonnage de 2010 et 2011.

Vieux-Rhône	Année	dates	Paramètres	Nombre de mesures	Minimum	Maximum	Moyenne
Péage	2011	5-6 avril	Conductivité électrique ($\mu\text{S/cm}$)	3	438	475	458
			%age de saturation en oxygène dissous	3	117	174	150
			Oxygène dissous (mg/l)	3	12,93	16,54	14,88
			Nitrites (mg/l)	3	0,02	0,03	0,02
			Nitrates (mg/l)	3	0,42	2,53	1,56
			Phosphates (mg/l)	0	-	-	-
			Chlorophylle a ($\mu\text{g/l}$)	2	0	0,97	0,49
Péage	2011	19-20 avril	Conductivité électrique ($\mu\text{S/cm}$)	3	446	456	451
			%age de saturation en oxygène dissous	3	98	149	119
			Oxygène dissous (mg/l)	3	9,43	15,6	11,70
			Nitrites (mg/l)	2	0,01	0,01	0,01
			Nitrates (mg/l)	2	1,21	1,41	1,31
			Phosphates (mg/l)	0	-	-	-
			Chlorophylle a ($\mu\text{g/l}$)	2	0,53	0,85	0,69
Péage	2011	3-4 mai	Conductivité électrique ($\mu\text{S/cm}$)	5	434	462	451
			%age de saturation en oxygène dissous	5	86	184	120
			Oxygène dissous (mg/l)	5	7,75	16,08	10,57
			Nitrites (mg/l)	5	0,02	0,05	0,04
			Nitrates (mg/l)	5	5,98	6,61	6,35
			Phosphates (mg/l)	2	0,29	0,29	0,29
			Chlorophylle a ($\mu\text{g/l}$)	5	1,74	7,5	3,82
Péage	2011	17-18 mai	Conductivité électrique ($\mu\text{S/cm}$)	5	443	464	455
			%age de saturation en oxygène dissous	5	73	191	122
			Oxygène dissous (mg/l)	5	6,58	15,84	10,22
			Nitrites (mg/l)	5	0,03	0,07	0,05
			Nitrates (mg/l)	5	6,27	8,11	6,71
			Phosphates (mg/l)	5	0,33	0,78	0,48
			Chlorophylle a ($\mu\text{g/l}$)	5	0,75	1,57	1,18
Péage	2011	31 mai et 1 juin	Conductivité électrique ($\mu\text{S/cm}$)	3	436	441	438
			%age de saturation en oxygène dissous	3	67	114	92
			Oxygène dissous (mg/l)	3	5,61	9,9	7,97
			Nitrites (mg/l)	3	0,01	0,05	0,04
			Nitrates (mg/l)	3	5,23	5,82	5,50
			Phosphates (mg/l)	3	0,04	0,5	0,33
			Chlorophylle a ($\mu\text{g/l}$)	1	0,04	0,04	0,04
Péage	2011	14-15 juin	Conductivité électrique ($\mu\text{S/cm}$)	4	411	415	414
			%age de saturation en oxygène dissous	4	109	125	117
			Oxygène dissous (mg/l)	4	9,36	10,57	9,92
			Nitrites (mg/l)	4	0,03	0,06	0,05
			Nitrates (mg/l)	3	3,4	4,27	3,98
			Phosphates (mg/l)	4	0,33	1	0,66
			Chlorophylle a ($\mu\text{g/l}$)	1	0,1	0,1	0,1
Péage	2011	28-29 juin	Conductivité électrique ($\mu\text{S/cm}$)	3	388	400	396
			%age de saturation en oxygène dissous	3	114	131	124
			Oxygène dissous (mg/l)	3	9,49	10,72	10,22
			Nitrites (mg/l)	3	0,03	0,09	0,06
			Nitrates (mg/l)	2	3,13	4,39	3,76
			Phosphates (mg/l)	3	0,18	0,45	0,28
			Chlorophylle a ($\mu\text{g/l}$)	3	0,04	0,16	0,11

A.2.1 Tableau (suite) : Résumé des données physico-chimiques collectées dans le vieux-Rhône de Péage-de-Roussillon lors des campagnes d'échantillonnage de 2010 et 2011.

Vieux-Rhône	Année	dates	Paramètres	Nombre de mesures	Minimum	Maximum	Moyenne
Péage	2011	12-13 juil	Conductivité électrique (µS/cm)	3	413	443	429
			%age de saturation en oxygène dissous	3	90	110	102
			Oxygène dissous (mg/l)	3	7,32	8,84	8,30
			Nitrites (mg/l)	3	0,04	0,05	0,04
			Nitrates (mg/l)	3	3,25	3,86	3,58
			Phosphates (mg/l)	3	0,31	0,98	0,61
			Chlorophylle a (µg/l)	2	0,12	0,53	0,33
Péage	2011	9-10 août	Conductivité électrique (µS/cm)	4	397	410	404
			%age de saturation en oxygène dissous	4	100	151	124
			Oxygène dissous (mg/l)	4	8,43	12,41	10,27
			Nitrites (mg/l)	4	0,03	0,06	0,05
			Nitrates (mg/l)	4	4,19	5,17	4,69
			Phosphates (mg/l)	4	0,26	0,37	0,31
			Chlorophylle a (µg/l)	2	0	0,22	0,11
Péage	2011	23-24 août	Conductivité électrique (µS/cm)	3	442	469	454
			%age de saturation en oxygène dissous	3	126	142	131
			Oxygène dissous (mg/l)	3	9,87	11,43	10,41
			Nitrites (mg/l)	3	0,04	0,05	0,04
			Nitrates (mg/l)	3	4,01	4,49	4,21
			Phosphates (mg/l)	3	0,16	0,81	0,43
			Chlorophylle a (µg/l)	1	0,77	0,77	0,77
Péage	2011	6-7 sept	Conductivité électrique (µS/cm)	5	376	400	393
			%age de saturation en oxygène dissous	5	95	164	116
			Oxygène dissous (mg/l)	5	8,25	13,47	9,82
			Nitrites (mg/l)	5	0,03	0,41	0,12
			Nitrates (mg/l)	5	3,29	5,35	4,13
			Phosphates (mg/l)	5	0,24	0,83	0,57
			Chlorophylle a (µg/l)	3	0,07	0,32	0,23
Péage	2011	20-21 sept	Conductivité électrique (µS/cm)	2	398	408	403
			%age de saturation en oxygène dissous	2	109	121	115
			Oxygène dissous (mg/l)	2	9,4	10,96	10,18
			Nitrites (mg/l)	2	0,03	0,04	0,04
			Nitrates (mg/l)	2	4,11	4,29	4,2
			Phosphates (mg/l)	2	0,1	1,16	0,63
			Chlorophylle a (µg/l)	2	0	0,59	0,30
Péage	2011	4-5 oct	Conductivité électrique (µS/cm)	4	415	423	419
			%age de saturation en oxygène dissous	4	80	112	96
			Oxygène dissous (mg/l)	4	7,1	9,41	8,31
			Nitrites (mg/l)	4	0,01	0,03	0,03
			Nitrates (mg/l)	4	3,56	3,93	3,73
			Phosphates (mg/l)	4	0,34	0,69	0,48
			Chlorophylle a (µg/l)	1	0,39	0,39	0,39

A.2.2 Tableau : Résumé des données physico-chimiques collectées dans le vieux-Rhône de Baix-le-Logis-Neuf lors des campagnes d'échantillonnage de 2010 et 2011.

Vieux-Rhône	Année	dates	Paramètres	Nombre de mesures	Minimum	Maximum	Moyenne
Baix	2010	15-16 avril	Conductivité électrique ($\mu\text{S/cm}$)	3	406	450	435
			%age de saturation en oxygène dissous	3	84	119	105
			Oxygène dissous (mg/l)	3	9,2	12,3	11
			Nitrites (mg/l)	0	-	-	-
			Nitrates (mg/l)	3	1,79	2,78	2,14
			Phosphates (mg/l)	0	-	-	-
			Chlorophylle a ($\mu\text{g/l}$)	0	-	-	-
Baix	2010	29-30 avril	Conductivité électrique ($\mu\text{S/cm}$)	4	375	469	423
			%age de saturation en oxygène dissous	4	83	211	126
			Oxygène dissous (mg/l)	4	8,19	18,65	11,87
			Nitrites (mg/l)	0	-	-	-
			Nitrates (mg/l)	4	1,89	8,43	3,94
			Phosphates (mg/l)	0	-	-	-
			Chlorophylle a ($\mu\text{g/l}$)	0	-	-	-
Baix	2010	11,18-19 mai	Conductivité électrique ($\mu\text{S/cm}$)	4	415	475	443
			%age de saturation en oxygène dissous	4	107	116	111
			Oxygène dissous (mg/l)	4	10,85	11,56	11,1
			Nitrites (mg/l)	0	-	-	-
			Nitrates (mg/l)	4	0,91	3,03	1,76
			Phosphates (mg/l)	0	-	-	-
			Chlorophylle a ($\mu\text{g/l}$)	0	-	-	-
Baix	2010	27-28 mai	Conductivité électrique ($\mu\text{S/cm}$)	4	413	476	430
			%age de saturation en oxygène dissous	4	95	166	129
			Oxygène dissous (mg/l)	4	9,1	15,4	12,2
			Nitrites (mg/l)	0	-	-	-
			Nitrates (mg/l)	4	1,02	1,75	1,25
			Phosphates (mg/l)	0	-	-	-
			Chlorophylle a ($\mu\text{g/l}$)	0	-	-	-
Baix	2010	10-11 juin	Conductivité électrique ($\mu\text{S/cm}$)	5	333	382	360
			%age de saturation en oxygène dissous	0	-	-	-
			Oxygène dissous (mg/l)	0	-	-	-
			Nitrites (mg/l)	0	-	-	-
			Nitrates (mg/l)	4	1,05	1,8	1,41
			Phosphates (mg/l)	0	-	-	-
			Chlorophylle a ($\mu\text{g/l}$)	0	-	-	-
Baix	2010	23-24 juin	Conductivité électrique ($\mu\text{S/cm}$)	3	457	472	465
			%age de saturation en oxygène dissous	1	93	93	93
			Oxygène dissous (mg/l)	3	8,89	10,87	10,00
			Nitrites (mg/l)	0	-	-	-
			Nitrates (mg/l)	3	1,34	1,76	1,50
			Phosphates (mg/l)	0	-	-	-
			Chlorophylle a ($\mu\text{g/l}$)	0	-	-	-
Baix	2010	8-9 juil	Conductivité électrique ($\mu\text{S/cm}$)	5	375	397	384
			%age de saturation en oxygène dissous	5	123	228	152
			Oxygène dissous (mg/l)	5	10,38	18,04	12,4
			Nitrites (mg/l)	0	-	-	-
			Nitrates (mg/l)	5	0,67	1,12	0,96
			Phosphates (mg/l)	0	-	-	-
			Chlorophylle a ($\mu\text{g/l}$)	0	-	-	-

A.2.2 Tableau (suite) : Résumé des données physico-chimiques collectées dans le vieux-Rhône de Baix-le-Logis-Neuf lors des campagnes d'échantillonnage de 2010 et 2011.

Vieux-Rhône	Année	dates	Paramètres	Nombre de mesures	Minimum	Maximum	Moyenne
Baix	2010	22-23 juil	Conductivité électrique (µS/cm)	0	-	-	-
			%age de saturation en oxygène dissous	0	-	-	-
			Oxygène dissous (mg/l)	0	-	-	-
			Nitrites (mg/l)	0	-	-	-
			Nitrates (mg/l)	5	0,41	0,95	0,70
			Phosphates (mg/l)	0	-	-	-
			Chlorophylle a (µg/l)	5	0	2,71	1,36
Baix	2010	8-9 août	Conductivité électrique (µS/cm)	3	423	465	446
			%age de saturation en oxygène dissous	3	110	172	136
			Oxygène dissous (mg/l)	3	10,1	14,81	11,94
			Nitrites (mg/l)	0	-	-	-
			Nitrates (mg/l)	4	0,95	1,29	1,08
			Phosphates (mg/l)	0	-	-	-
			Chlorophylle a (µg/l)	0	-	-	-
Baix	2010	19-20 août	Conductivité électrique (µS/cm)	4	428	460	436
			%age de saturation en oxygène dissous	4	93	123	107
			Oxygène dissous (mg/l)	4	7,95	10,45	9,36
			Nitrites (mg/l)	0	-	-	-
			Nitrates (mg/l)	4	0,19	0,78	0,47
			Phosphates (mg/l)	0	-	-	-
			Chlorophylle a (µg/l)	3	0,01	0,96	0,56
Baix	2010	2-3 sept	Conductivité électrique (µS/cm)	5	430	453	438
			%age de saturation en oxygène dissous	5	96	133	120
			Oxygène dissous (mg/l)	5	9,09	11,44	10,61
			Nitrites (mg/l)	0	-	-	-
			Nitrates (mg/l)	5	0,49	1,49	0,88
			Phosphates (mg/l)	0	-	-	-
			Chlorophylle a (µg/l)	1	3,4	3,4	3,4
Baix	2010	16-17 sept	Conductivité électrique (µS/cm)	4	444	464	451
			%age de saturation en oxygène dissous	4	94	124	111
			Oxygène dissous (mg/l)	4	8,32	10,76	9,89
			Nitrites (mg/l)	0	-	-	-
			Nitrates (mg/l)	4	0,53	1,65	0,99
			Phosphates (mg/l)	0	-	-	-
			Chlorophylle a (µg/l)	2	2,75	3,47	3,11
Baix	2010	30 sept et 1 oct	Conductivité électrique (µS/cm)	3	438	474	453
			%age de saturation en oxygène dissous	3	83	139	116
			Oxygène dissous (mg/l)	3	8,05	13,07	10,99
			Nitrites (mg/l)	0	-	-	-
			Nitrates (mg/l)	3	0,85	2,56	1,54
			Phosphates (mg/l)	0	-	-	-
			Chlorophylle a (µg/l)	2	3,18	5,03	4,11
Baix	2010	14-15 oct	Conductivité électrique (µS/cm)	5	477	493	486
			%age de saturation en oxygène dissous	5	89	128	108
			Oxygène dissous (mg/l)	5	8,67	12,3	10,40
			Nitrites (mg/l)	0	-	-	-
			Nitrates (mg/l)	5	0,81	7,57	2,31
			Phosphates (mg/l)	0	-	-	-
			Chlorophylle a (µg/l)	0	-	-	-

A.2.2 Tableau (suite) : Résumé des données physico-chimiques collectées dans le vieux-Rhône de Baix-le-Logis-Neuf lors des campagnes d'échantillonnage de 2010 et 2011.

Vieux-Rhône	Année	dates	Paramètres	Nombre de mesures	Minimum	Maximum	Moyenne
Baix	2011	7-8 avril	Conductivité électrique ($\mu\text{S/cm}$)	3	460	492	481
			%age de saturation en oxygène dissous	3	92	152	126
			Oxygène dissous (mg/l)	3	9,8	14,73	12,62
			Nitrites (mg/l)	3	0,01	0,01	0,01
			Nitrates (mg/l)	3	1,23	1,61	1,41
			Phosphates (mg/l)	0	-	-	-
			Chlorophylle a ($\mu\text{g/l}$)	1	0,4	0,4	0,4
Baix	2011	21-22 avril	Conductivité électrique ($\mu\text{S/cm}$)	2	467	474	471
			%age de saturation en oxygène dissous	2	103	139	121
			Oxygène dissous (mg/l)	2	10,5	13,17	11,84
			Nitrites (mg/l)	2	0,01	0,01	0,01
			Nitrates (mg/l)	2	1,19	1,2	1,195
			Phosphates (mg/l)	0	-	-	-
			Chlorophylle a ($\mu\text{g/l}$)	2	0,14	1,27	0,705
Baix	2011	5-6 mai	Conductivité électrique ($\mu\text{S/cm}$)	4	469	490	475
			%age de saturation en oxygène dissous	4	97	129	118
			Oxygène dissous (mg/l)	4	9,96	11,52	11,04
			Nitrites (mg/l)	4	0,04	0,07	0,048
			Nitrates (mg/l)	4	5,45	7,2	6,26
			Phosphates (mg/l)	4	0,18	0,32	0,24
			Chlorophylle a ($\mu\text{g/l}$)	4	1,03	9,64	6,06
Baix	2011	19-20 mai	Conductivité électrique ($\mu\text{S/cm}$)	2	443	445	444
			%age de saturation en oxygène dissous	2	119	126	122
			Oxygène dissous (mg/l)	2	10,55	11,22	10,89
			Nitrites (mg/l)	2	0	0,06	0,03
			Nitrates (mg/l)	2	5,25	5,27	5,26
			Phosphates (mg/l)	2	0,28	0,38	0,33
			Chlorophylle a ($\mu\text{g/l}$)	1	0,18	0,18	0,18
Baix	2011	2-3 juin	Conductivité électrique ($\mu\text{S/cm}$)	5	450	493	468
			%age de saturation en oxygène dissous	5	87	121	104
			Oxygène dissous (mg/l)	5	8,96	12,12	10,1
			Nitrites (mg/l)	5	0,03	0,07	0,05
			Nitrates (mg/l)	5	5,06	5,88	5,4
			Phosphates (mg/l)	5	0,19	0,48	0,33
			Chlorophylle a ($\mu\text{g/l}$)	0	-	-	-
Baix	2011	16-17 juin	Conductivité électrique ($\mu\text{S/cm}$)	6	434	488	457
			%age de saturation en oxygène dissous	5	97	147	115
			Oxygène dissous (mg/l)	6	9,31	12,45	10,72
			Nitrites (mg/l)	5	0,01	0,07	0,04
			Nitrates (mg/l)	5	1,87	5,27	3,91
			Phosphates (mg/l)	5	0,25	1,24	0,56
			Chlorophylle a ($\mu\text{g/l}$)	2	0	0,05	0,03
Baix	2011	30 juin, 01 juil	Conductivité électrique ($\mu\text{S/cm}$)	5	403	477	429
			%age de saturation en oxygène dissous	5	93	135	121
			Oxygène dissous (mg/l)	5	8,97	11,72	10,77
			Nitrites (mg/l)	5	0,03	0,07	0,05
			Nitrates (mg/l)	5	2,66	3,83	3,42
			Phosphates (mg/l)	5	0,21	0,44	0,32
			Chlorophylle a ($\mu\text{g/l}$)	2	0,36	0,53	0,45

A.2.2 Tableau (suite) : Résumé des données physico-chimiques collectées dans le vieux-Rhône de Baix-le-Logis-Neuf lors des campagnes d'échantillonnage de 2010 et 2011.

Vieux-Rhône	Année	dates	Paramètres	Nombre de mesures	Minimum	Maximum	Moyenne
Baix	2011	14-15 juil	Conductivité électrique ($\mu\text{S/cm}$)	4	446	469	459
			%age de saturation en oxygène dissous	4	99	133	123
			Oxygène dissous (mg/l)	4	9,37	12,01	10,82
			Nitrites (mg/l)	4	0,02	0,05	0,04
			Nitrates (mg/l)	4	3,29	4,07	3,6
			Phosphates (mg/l)	4	0,21	2,05	0,69
			Chlorophylle a ($\mu\text{g/l}$)	3	0,05	0,24	0,15
Baix	2011	27-28 juil	Conductivité électrique ($\mu\text{S/cm}$)	4	458	474	463
			%age de saturation en oxygène dissous	4	91	117	108
			Oxygène dissous (mg/l)	4	8,64	10,69	9,95
			Nitrites (mg/l)	3	0,03	0,03	0,03
			Nitrates (mg/l)	4	0,07	4,28	2,88
			Phosphates (mg/l)	4	0,21	0,39	0,29
			Chlorophylle a ($\mu\text{g/l}$)	2	0,03	0,08	0,06
Baix	2011	11-12 août	Conductivité électrique ($\mu\text{S/cm}$)	5	404	475	432
			%age de saturation en oxygène dissous	5	93	160	133
			Oxygène dissous (mg/l)	5	8,86	13,68	11,67
			Nitrites (mg/l)	5	0,03	0,04	0,03
			Nitrates (mg/l)	5	3,5	4,49	4,01
			Phosphates (mg/l)	5	0,14	0,33	0,25
			Chlorophylle a ($\mu\text{g/l}$)	2	0,03	0,11	0,07
Baix	2011	25-26 août	Conductivité électrique ($\mu\text{S/cm}$)	4	435	483	453
			%age de saturation en oxygène dissous	4	102	133	120
			Oxygène dissous (mg/l)	4	8,42	11,16	10,03
			Nitrites (mg/l)	4	0,03	0,04	0,04
			Nitrates (mg/l)	4	2,93	4,22	3,59
			Phosphates (mg/l)	4	0,16	0,37	0,23
			Chlorophylle a ($\mu\text{g/l}$)	3	0,64	1,55	0,98
Baix	2011	8-9 sept	Conductivité électrique ($\mu\text{S/cm}$)	4	408	482	443
			%age de saturation en oxygène dissous	4	90	175	125
			Oxygène dissous (mg/l)	4	8,39	14,95	11,07
			Nitrites (mg/l)	4	0,03	0,05	0,05
			Nitrates (mg/l)	4	3,37	4,77	3,99
			Phosphates (mg/l)	4	0,15	1,74	0,71
			Chlorophylle a ($\mu\text{g/l}$)	3	0,07	0,38	0,17
Baix	2011	22-23 sept	Conductivité électrique ($\mu\text{S/cm}$)	5	418	480	448
			%age de saturation en oxygène dissous	5	80	126	108
			Oxygène dissous (mg/l)	5	7,76	11,13	9,87
			Nitrites (mg/l)	4	0,04	0,06	0,05
			Nitrates (mg/l)	5	3,63	4,54	3,96
			Phosphates (mg/l)	5	0,04	0,51	0,30
			Chlorophylle a ($\mu\text{g/l}$)	1	0,86	0,86	0,86
Baix	2011	9-7 oct	Conductivité électrique ($\mu\text{S/cm}$)	3	459	482	471
			%age de saturation en oxygène dissous	3	81	133	109
			Oxygène dissous (mg/l)	3	7,77	11,55	9,87
			Nitrites (mg/l)	3	0,03	0,03	0,03
			Nitrates (mg/l)	2	3,86	4,39	4,13
			Phosphates (mg/l)	3	0,17	0,93	0,61
			Chlorophylle a ($\mu\text{g/l}$)	2	0,31	0,36	0,34

A.2.3 Tableau : Données physico-chimiques collectées dans le canal de fuite et en aval de la restitution de l'aménagement hydroélectrique de Péage-de-Roussillon lors des campagnes d'échantillonnage de 2010 et 2011.

Secteur	Station	Date	Conductivité électrique (µS/cm)	%age de saturation en oxygène dissous	Oxygène dissous (mg/l)	Nitrites (mg/l)	Nitrates (mg/l)	Phosphates (mg/l)	Chlorophylle a (µg/l)	
Péage	Canal de fuite	14/04/10	-	-	-	-	-	-	-	
		28/04/10	-	-	-	-	-	-	-	
		10/05/10	408	97,4	9,51	-	1,16	-	-	
		26/05/10	466	101	9,2	-	1,61	-	-	
		14/06/10	409	86	7,6	-	1,86	-	-	
		30/06/10	412	93,8	7,83	-	1,58	-	-	
		07/07/10	379	99,2	7,83	-	1,16	-	-	
		21/07/10	382	91,8	7,24	-	0,67	-	0	
		07/08/10	-	-	-	-	-	-	-	-
		18/08/10	427	95,4	8,37	-	0,61	-	-	
		01/09/10	420	94,1	8,28	-	0,89	-	0,61	
		15/09/10	444	87,4	7,82	-	1,43	-	-	
		29/09/10	451	89,9	8,62	-	1,32	-	-	
		13/10/10	494	80,6	7,73	-	1,5	-	-	
		06/04/11	-	-	-	-	-	-	-	-
		20/04/11	484	95,7	9,05	0,01	1,72	-	0,46	
		04/05/11	479	117,6	10,31	0,04	0,1	-	5,17	
		18/05/11	503	77,1	6,69	0,09	7,34	0,81	2,87	
		01/06/11	-	-	-	-	-	-	-	
		15/06/11	462	86,9	7,68	0,05	5,82	0,73	0,67	
		29/06/11	-	-	-	-	-	-	-	
		13/07/11	472	86,7	7,07	0,04	4,87	0,29	0	
		-	-	-	-	-	-	-	-	
		10/08/11	424	87,3	7,32	0,03	6,53	0,26	0,7	
		24/08/11	-	-	-	-	-	-	-	
		07/09/11	418	78,9	6,59	0,05	5,47	0,7	0	
		21/09/11	402	88,9	7,85	0,02	4,96	0,35	0	
		05/10/11	442	96,4	8,28	0,03	4,68	0,32	0,36	
Péage	Aval Restitution	14/04/10	-	-	-	-	-	-	-	
		28/04/10	437	110,1	9,98	-	3,35	-	-	
		10/05/10	388	115,9	11,47	-	1,28	-	-	
		26/05/10	-	-	-	-	-	-	-	
		14/06/10	417	86,8	7,69	-	2,51	-	-	
		30/06/10	408	93,2	7,7	-	2,81	-	-	
		07/07/10	-	-	-	-	-	-	-	
		21/07/10	376	92,5	7,31	-	0,74	-	0,67	
		07/08/10	-	-	-	-	-	-	-	
		18/08/10	440	92,9	8,19	-	1,31	-	2,98	
		01/09/10	-	-	-	-	-	-	-	
		15/09/10	439	91,6	8,21	-	0,97	-	3,67	
		29/09/10	451	90,1	8,59	-	3,95	-	0	
		13/10/10	500	82,6	7,94	-	1,78	-	3,35	
		06/04/11	477	110,4	10,63	0,01	2,38	-	-	
		20/04/11	-	-	-	-	-	-	-	
		04/05/11	477	119,6	10,54	-	-	-	4,94	
		18/05/11	-	-	-	-	-	-	-	
		01/06/11	-	-	-	-	-	-	-	
		15/06/11	443	101,6	8,6	0,04	4,52	0,3	-	
		29/06/11	-	-	-	-	-	-	-	
		13/07/11	458	85,8	6,98	0,03	4,57	0,29	0,05	
		-	-	-	-	-	-	-	-	
		10/08/11	-	-	-	-	-	-	-	
		24/08/11	-	-	-	-	-	-	-	
		07/09/11	406	81,6	6,86	0,05	4,73	0,27	0	
		21/09/11	-	-	-	-	-	-	-	
		05/10/11	442	96,4	8,28	0,03	4,68	0,32	0,36	

A.2.4 Tableau : Données physico-chimiques collectées dans le canal de fuite et en aval de la restitution de l'aménagement hydroélectrique de Baix-le-Logis-Neuf lors des campagnes d'échantillonnage de 2010 et 2011.

Secteur	Station	Date	Conductivité électrique (µS/cm)	%age de saturation en oxygène dissous	Oxygène dissous (mg/l)	Nitrites (mg/l)	Nitrates (mg/l)	Phosphates (mg/l)	Chlorophylle a (µg/l)		
Baix	Canal de fuite	16/04/10	322	115	11,8	-	1,9	-	-		
		30/04/10	419	102,2	9,81	-	-	-	-		
		19/05/10	-	-	-	-	-	-	-		
		28/05/10	-	-	-	-	-	-	-		
		11/06/10	-	-	-	-	1,14	-	-		
		24/06/10	370	99,7	9,27	-	1,45	-	-		
		09/07/10	370	97,3	8,37	-	1,26	-	-		
		23/07/10	376	91,3	7,91	-	0,44	-	-		
		09/08/10	422	91,5	7,95	-	1,39	-	-		
		20/08/10	457	-	9,03	-	0,32	-	0,82		
		03/09/10	436	93,9	8,56	-	-	-	3,25		
		17/09/10	-	-	-	-	0,73	-	-		
		01/10/10	458	87,1	7,89	-	1,1	-	0		
		15/10/10	-	-	-	-	-	-	-		
		08/04/11	-	-	-	-	-	-	-		
		22/04/11	-	-	-	-	-	-	-		
		06/05/11	472	102,7	10,13	0,01	1,52	-	0,05		
		20/05/11	489	108,6	10,31	0,05	6,18	0,81	5,5		
		03/06/11	433	86,5	8	0,07	5,45	-	1,46		
		17/06/11	444	84,3	7,94	0,06	5,22	0,73	0		
		01/07/11	443	93,4	8,28	0,02	4,69	-	0,14		
		15/07/11	423	92,1	8,34	0,05	3,93	0,29	-		
		28/07/11	433	86,1	7,54	0,07	1,3	-	0,22		
		12/08/11	453	89,7	8,27	0,03	0,09	0,26	0,34		
		26/08/11	403	89,6	7,83	0,04	4,78	-	0,22		
		09/09/11	439	91,5	7,65	0,03	4,45	0,7	0,18		
		23/09/11	410	84,6	7,97	0,02	4,6	0,35	0		
		07/10/11	406	89,6	8,32	0,05	4,69	0,32	0,26		
		Baix	Aval Restitution	16/04/10	429	86	9,1	-	-	-	-
				30/04/10	-	-	-	-	-	-	-
19/05/10	397			120,3	12,21	-	1,58	-	-		
28/05/10	-			-	-	-	-	-	-		
11/06/10	351			-	-	-	1,36	-	-		
24/06/10	380			101,8	9,69	-	1,43	-	-		
09/07/10	367			98,2	8,19	-	1,49	-	-		
23/07/10	-			-	-	-	0,64	-	2		
09/08/10	426			86,3	7,6	-	1,41	-	-		
20/08/10	434			101,5	8,84	-	0,31	-	1,62		
03/09/10	429			94,9	8,39	-	0,74	-	3,14		
17/09/10	-			-	-	-	-	-	-		
01/10/10	453			91	8,97	-	1	-	3,46		
15/10/10	501			90,7	8,91	-	-	-	0		
08/04/11	664			102,5	10,1	-	-	-	0,05		
22/04/11	-			-	-	-	-	-	-		
06/05/11	483			105	9,95	-	6,49	-	8,88		
20/05/11	-			-	-	-	-	-	-		
03/06/11	442			84,1	7,91	0,01	6,05	-	0		
17/06/11	443			97,5	8,5	0,04	4,24	0,3	0,52		
01/07/11	416			100,2	8,95	0,05	3,49	-	-		
15/07/11	442			100	8,68	0,05	4,05	0,29	0		
28/07/11	444			92,8	8,29	0,05	4,97	-	0,36		
12/08/11	404			105,3	9,09	0,03	4,66	-	0,06		
26/08/11	434			102,6	8,5	0,03	4,07	-	0		
09/09/11	414			94,8	8,32	0,05	4,67	0,27	0		
23/09/11	-			-	-	-	-	-	-		
07/10/11	469			95,4	8,71	0,04	4,38	0,32	0		

A.2.5 Tableau : Données physico-chimiques collectées dans le Rhône à Chasse-sur-Rhône (station 6098000) dans le cadre du réseau de surveillance de la qualité des eaux superficielles (portail des données sur l'eau du bassin Rhône-Méditerranée).

PHYSICO-CHIMIE	12/02/10	14/04/10	14/06/10	23/08/10	13/10/10	17/12/10	28/02/11	15/04/11	20/06/11	26/08/11	15/09/11	21/10/11	29/11/11
Validation	Validé												
Ammonium (mg(NH ₄)/L)	0,14	0,16	0,11	0,08	0,18	0,08	0,05	0,11	0,07	0,06		0,1	
Azote Kjeldahl (mg(N)/L)	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1		<1	
Bicarbonates (mg(HCO ₃)/L)		204			172			190				172	
Calcium (mg(Ca)/L)		72			65			68				65	
Carbonates (mg(CO ₃)/L)								0				0	
Carbone organique (mg(C)/L)	2,2	2,3	1,6	1,9	1,8	2,9	2	1,9	2	1,5		1,8	
Chlorophylle a (µg/L)		1	<1	1	<1			<1	1	<1		1	
Chlorures (mg(Cl)/L)		19,6			26,3			26,3				31,4	
Conductivité à 25°C (µS/cm)	432	437	402	415	441	377	497	453	392	350	389	443	473
DBO (mg(O ₂)/L)	0,9	1,1	1,5	0,9	0,8	1,3	0,6	1,3	<0,5	0,5		0,9	
DCO (mg(O ₂)/L)	7,4	6,7	6,2	<5	<5	21	<5	5,5	<5	5,7		5,8	
Dureté (°F)		19,7			19,3			20,1				19,3	
Magnésium (mg(Mg)/L)		5			5,9			6				5,6	
MeS (mg/L)	19	6,4	12	2,6	3,6	9,8	8,8	2,8	6,2	3,2		3,2	
Nitrates (mg(NO ₃)/L)	9,9	7,7	5,4	5,4	6,2	9,9	9,8	6,9	3,7	3,7		4,4	
Nitrites (mg(NO ₂)/L)	0,07	0,06	0,08	0,03	0,13	0,04	0,06	0,06	0,06	0,03		0,03	
Oxygène dissous (mg(O ₂)/L)	12,94	10,84	8,44	8,85	8,9	12,21	12	9,42	8,23	7,67	8,51	9,84	10,36
Oxygène dissous (saturation) (%)	99,5	99,9	93,2	101,2	91,6	95,5	103,8	95,3	91,7	92,8	95,7	91,9	95,4
pH (unité pH)	8,25	8,05	7,95	8,05	7,9	8	7,8	8	7,9	7,8	7,8	8,1	8
Phéopigments (µg/L)		1	<1	<1	<1			1	1	<1		1	
Phosphates (mg(PO ₄)/L)	0,147	0,14	0,15	0,13	0,18	0,15	0,07	0,18	0,16	0,15		0,15	
Phosphore total (mg(P)/L)	0,08	0,06	0,06	0,06	0,06	0,08	0,05	0,06	0,07	0,05		0,06	
Potassium (mg(K)/L)		1,7			2,3			2,1				2,3	
Silice (mg(SiO ₂)/L)	5,715	4,699	3,937	3,81	3,048	5,715	3,302	2,921	3,175	2,794		3,429	
Sodium (mg(Na)/L)		12,7			17,2			15,5				17,7	
Sulfates (mg(SO ₄)/L)		22,8			40			33,2				34,7	
TAC (°F)		16,7			14,1			15,55				14,1	
Température (°C)	3,8	11	19	20,1	15,6	3,5	8	14,8	20	23,2	20,4	13	11,1
Turbidité (NTU)	25	6,9	10	6,6	3,3	27	8,7	2,9	4,8	4,2		4,6	

A.2.6 Tableau : Données physico-chimiques collectées dans le Rhône à Serrières (station 6100900, vieux-Rhône de Péage-de-Roussillon) dans le cadre du réseau de surveillance de la qualité des eaux superficielles (portail des données sur l'eau du bassin Rhône-Méditerranée).

PHYSICO-CHIMIE	23/03/10	15/04/10	05/05/10	14/06/10	28/07/10	18/08/10	27/09/10	14/10/10	17/11/10	17/12/10	25/01/11	17/03/11	31/05/11	26/07/11	15/09/11	29/11/11
Validation	Validé															
Ammonium (mg(NH ₄)/L)	<0,05		0,18		0,05		0,13		0,05		0,07	<0,05	0,06	<0,05	<0,05	<0,05
Azote Kjeldahl (mg(N)/L)	<1		<1		<1		<1		<1		<1	<1	<1	<1	<1	<1
Bicarbonates (mg(HCO ₃)/L)	187						176					189			160	
Calcium (mg(Ca)/L)	70						66					71			59	
Carbonates (mg(CO ₃)/L)												2			0	
Carbone organique (mg(C)/L)	1,5		1,6		1,5		1,8		2,8		1,9	1,8	1,8	2	1,7	1,6
Chlorophylle a (µg/L)	9		1		1		1					2	2	1	<1	
Chlorures (mg(Cl)/L)	22,8						20,5					24,9			21	
Conductivité à 25°C (µS/cm)	430	405	421	393	401	434	414	462	422	365	410	446	436	468	395	474
DBO (mg(O ₂)/L)	2,5		0,8		0,6		<0,5		2,1		1,2	<0,5	0,6	<0,5	<0,5	0,9
DCO (mg(O ₂)/L)	14		8,4		<5		<5		16		6,6	5	6,6	5,7	<5	6,5
Dureté (°F)	19,6						18,4					20,5			17,5	
Magnésium (mg(Mg)/L)	5,6						5,4					5,6			5,4	
MeS (mg/L)	3		2,4		<2		<2		118		3,8	<2	2	2,8	<2	<2
Nitrates (mg(NO ₃)/L)	7,8		6,4		4,1		7,6		9,8		8,7	8,7	5,6	4,1	3,8	6,9
Nitrites (mg(NO ₂)/L)	0,06		0,1		0,06		0,1		0,05		0,06	0,06	0,05	0,04	0,04	0,07
Oxygène dissous (mg(O ₂)/L)	13,48	10,06	8,86	8,96	7,8	9,26	9,04	9,05	12,2	13,42	11,74	12,58	7,14	8,68	8,47	9,58
Oxygène dissous (saturation) (%)	124,5	99,4	88,6	100,7	93,2	105,7	93	93,5	109,8	104,8	93,8	121,5	82,2	96	97	89,9
pH (unité pH)	8	8,2	7,55	8,05	8,05	8	8	8	8,1	7,6	8	8,2	7,9	7,7	7,9	8,1
Phéopigments (µg/L)	5		5		1		<1					4	3	<1	<1	
Phosphates (mg(PO ₄)/L)	0,08		0,19		0,18		0,22		0,18		0,17	0,12	0,27	0,15	0,19	0,23
Phosphore total (mg(P)/L)	0,03		0,06		0,06		0,08		0,11		0,06	0,06	0,1	0,06	0,07	0,09
Potassium (mg(K)/L)	2						2,1					2,1			2,4	
Silice (mg(SiO ₂)/L)	1,905		2,921		3,683		3,302		6,477		6,477	3,048	4,064	5,08	4,064	3,9
Sodium (mg(Na)/L)	14,2						13					14,4			12,8	
Sulfates (mg(SO ₄)/L)	33,1						29,2					30,8			32,2	
TAC (°F)	15,55						14,4					15,8			13,1	
Température (°C)	11,1	13,6	15,3	20	23,1	20,6	15,8	15,5	9,6	3,3	5	12,6	21,1	19,1	21,3	12,2
Turbidité (NTU)	1,4		2,5		1,9		1,8		100		7,1	3,3	1,9	4,2	1,7	1,9

A.2.7 Tableau : Données physico-chimiques collectées dans le Rhône à Beauchastel (station 6106600) dans le cadre du réseau de surveillance de la qualité des eaux superficielles (portail des données sur l'eau du bassin Rhône-Méditerranée).

PHYSICO-CHIMIE	28/01/10	24/03/10	25/05/10	26/07/10	28/09/10	22/11/10	25/01/11	28/03/11	23/05/11	26/07/11	26/09/11	22/11/11
Validation	Validé											
Ammonium (mg(NH ₄)/L)	0,19	0,12	0,08	0,16	0,1	<0,05	0,13	0,07	<0,05	<0,05	<0,05	0,1
Azote Kjeldahl (mg(N)/L)	<1	<1	<1	<1	<1	1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Bicarbonates (mg(HCO ₃)/L)		189			160			186			146	
Calcium (mg(Ca)/L)		72			66			75			62	
Carbonates (mg(CO ₃)/L)								1			0	
Carbone organique (mg(C)/L)	1,7	1,4	1,2	1,3	1,6	2,9	1,7	1,9	1,3	1,6	1,3	1,5
Chlorophylle a (µg/L)		7	1	<1	1			2	6	<1	1	
Chlorures (mg(Cl)/L)		20,7			19			24,9			19	
Conductivité à 25°C (µS/cm)	519	444	401	398	410	388	425	452	417	479	381	485
DBO (mg(O ₂)/L)	0,7	1,5	2,6	0,6	0,7	1,6	0,8	1	<0,5	0,7	0,5	<0,5
DCO (mg(O ₂)/L)	5,2	8,3	7,4	5,6	<5	17	5,5	12	9,3	<5	<5	<5
Dureté (°F)		20,1			19,2			22,6			19,1	
Magnésium (mg(Mg)/L)		6			6,6			7			6,7	
MeS (mg/L)	9,4	6,4	19	13	6,8	30	7,2	5,4	3,2	6,6	3,8	<2
Nitrates (mg(NO ₃)/L)	8,5	7,3	4,8	3,3	5,1	10,2	8,6	7,8	6,3	4,3	4,4	6,1
Nitrites (mg(NO ₂)/L)	0,07	0,06	0,08	0,07	0,08	0,07	0,07	0,08	0,09	0,04	0,06	0,06
Oxygène dissous (mg(O ₂)/L)	11,94	12,35	9,57	8,29	9,35	11,23	12,08	9,13	8,34	8,8	8,4	10,85
Oxygène dissous (saturation) (%)	94,8	117,5	98,2	94,1	96	98	94,8	84,9	94,4	97,3	92,7	101,7
pH (unité pH)	8,25	8,21	8,27	7,89	7,89	7,91	7,76	8,13	8,14	7,64	8	7,88
Phéopigments (µg/L)		5	3	2	1			5	6	1	<1	
Phosphates (mg(PO ₄)/L)	0,15	0,07	0,1	0,14	0,18	0,21	0,15	0,13	0,17	0,15	0,14	0,19
Phosphore total (mg(P)/L)	0,06	0,05	0,05	0,06	0,06	0,11	0,06	0,06	0,07	0,06	0,06	0,07
Potassium (mg(K)/L)		1,6			1,6			1,8			1,8	
Silice (mg(SiO ₂)/L)	5,842	3,302	5,207	3,937	3,683	7,239	5,588	3,937	4,318	5,08	4,191	4,2
Sodium (mg(Na)/L)		12,5			11,6			14,6			12,5	
Sulfates (mg(SO ₄)/L)		41,9			57			53			62	
TAC (°F)		15,5			13,1			15,35			12	
Température (°C)	4,67	11	16,99	21,68	16,43	9,52	5,5	12,34	21,6	19,45	20,1	12,33
Turbidité (NTU)	10	10	15	15	6,2	28	9,5	5,7	3,9	9,8	4,3	4,7

A.2.8 Tableau : Données physico-chimiques collectées dans le Rhône à Baix (station 06110150, vieux-Rhône de Baix) dans le cadre du réseau de surveillance de la qualité des eaux superficielles (portail des données sur l'eau du bassin Rhône-Méditerranée).

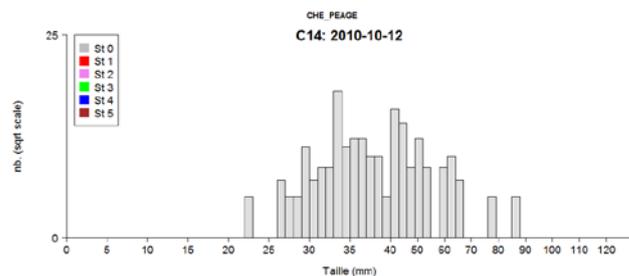
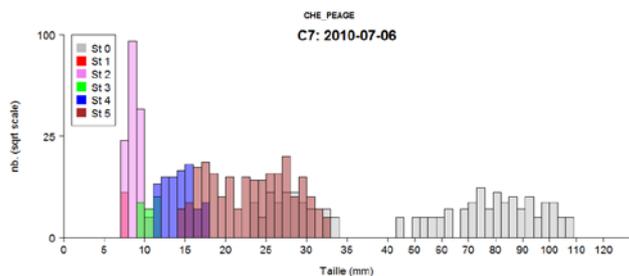
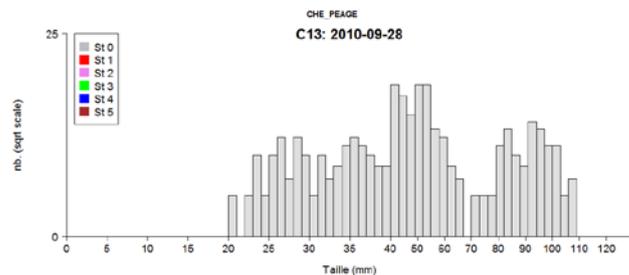
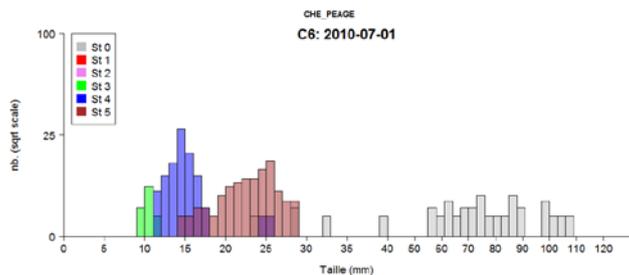
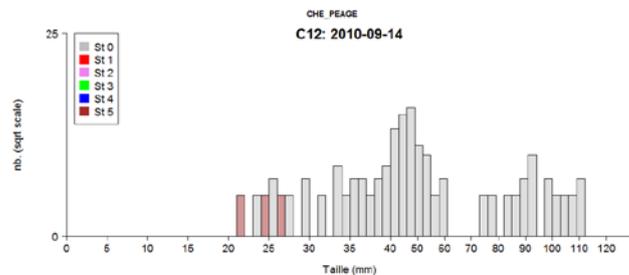
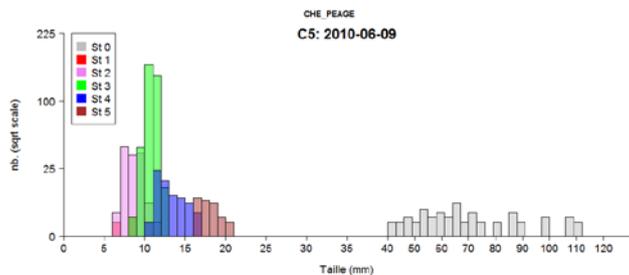
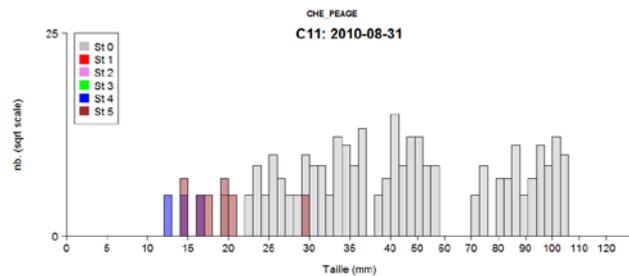
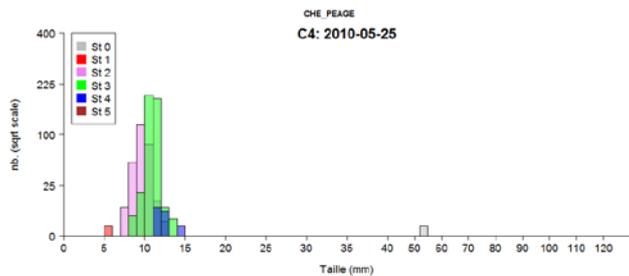
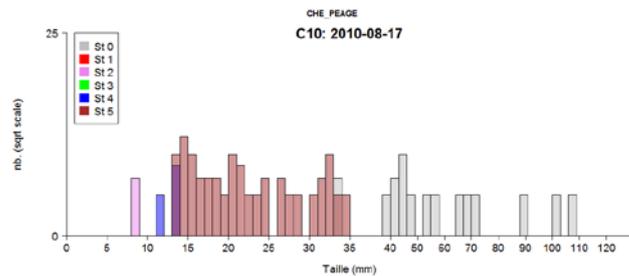
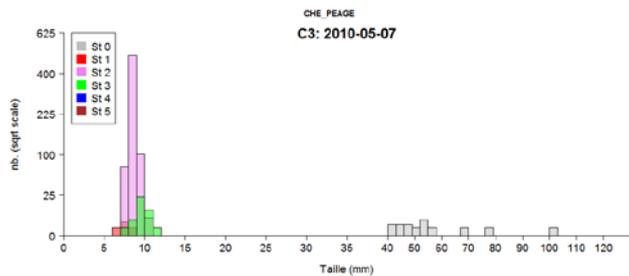
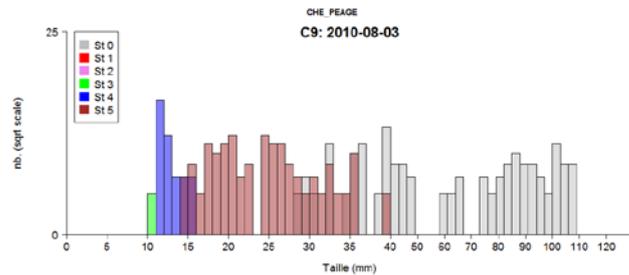
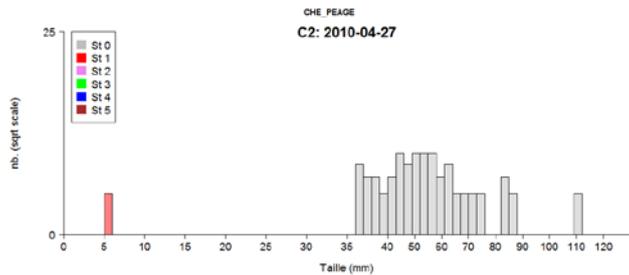
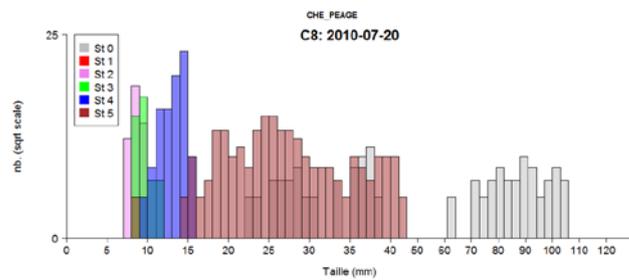
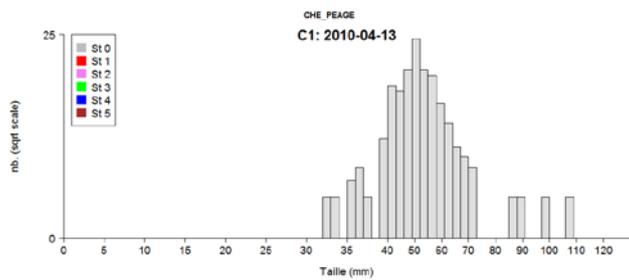
PHYSICO-CHIMIE	23/02/10	26/05/10	23/08/10	23/11/10	28/03/11	27/06/11	27/09/11
Validation	Validé						
Ammonium (mg(NH ₄)/L)	0,06	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Azote Kjeldahl (mg(N)/L)	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Bicarbonates (mg(HCO ₃)/L)		148	173			130	151
Calcium (mg(Ca)/L)		64	69			56	63
Carbonates (mg(CO ₃)/L)						1	0
Carbone organique (mg(C)/L)	2,2	1,5	1,8	2,3	2	1,4	1,2
Chlorophylle a (µg/L)	5	2	1	<1	8	2	1
Chlorures (mg(Cl)/L)		17,2	31,3			14,9	18,4
Conductivité à 25°C (µS/cm)	463	392	525	417	425	351	380
DBO (mg(O ₂)/L)	1,2	1,1	0,8	1,7	1,5	1	0,5
DCO (mg(O ₂)/L)	8,7	5,7	<5	6,9	11	9	<5
Dureté (°F)		18,7	20,2			17,2	19,2
Magnésium (mg(Mg)/L)		6,6	6,8			6	6,6
MeS (mg/L)	42	6,8	<2	5,8	9,8	4	2,8
Nitrates (mg(NO ₃)/L)	9,5	5,6	4,4	7,7	6,8	3	4,2
Nitrites (mg(NO ₂)/L)	0,09	0,05	0,06	0,04	0,06	0,05	0,05
Oxygène dissous (mg(O ₂)/L)	12,16	11,21	8,83	10,8	11,64	11,59	11,85
Oxygène dissous (saturation) (%)	98,9	100,9	101,8	95,5	107,1	129,9	131,1
pH (unité pH)	7,97	8,83	8,55	7,81	8,39	8,58	8,36
Phéopigments (µg/L)	5	12	2	<1	7	2	1
Phosphates (mg(PO ₄)/L)	0,144	0,08	0,12	0,15	0,1	0,12	0,14
Phosphore total (mg(P)/L)	0,1	0,05	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05
Potassium (mg(K)/L)		1,7	2			1,5	1,8
Silice (mg(SiO ₂)/L)	8,001	4,064	4,953	12,319	8,128	3,937	4,572
Sodium (mg(Na)/L)		11	17,3			9,3	12,6
Sulfates (mg(SO ₄)/L)		42,6	40,5			47,7	58
TAC (°F)		13,4	14,2			10,85	12,35
Température (°C)	7,73	18,76	22,3	9,93	11,82	21,16	20,4
Turbidité (NTU)	30	10	7,9	9,1	12	8,6	3,8

Annexe 3: Liste des espèces échantillonnées en 2010 et 2011 dans les 6 stations.

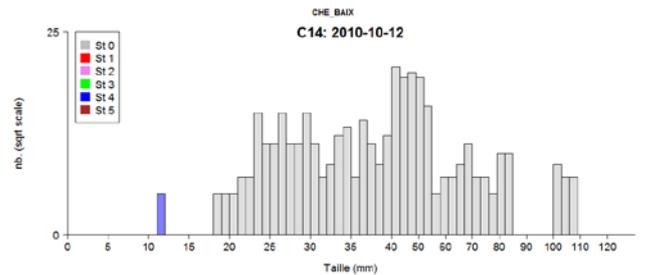
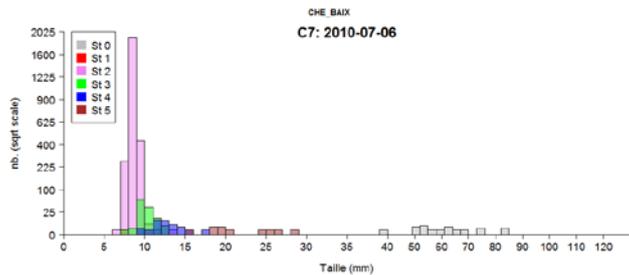
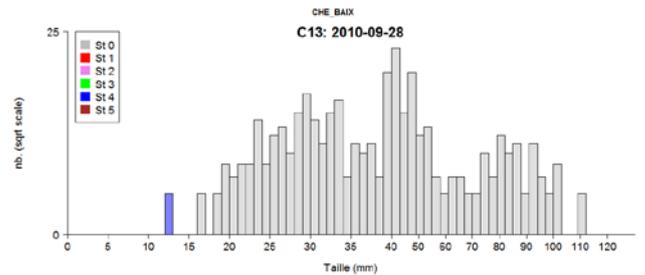
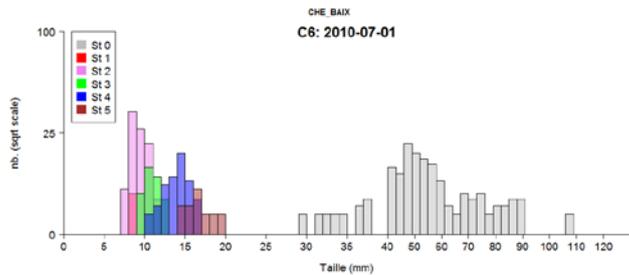
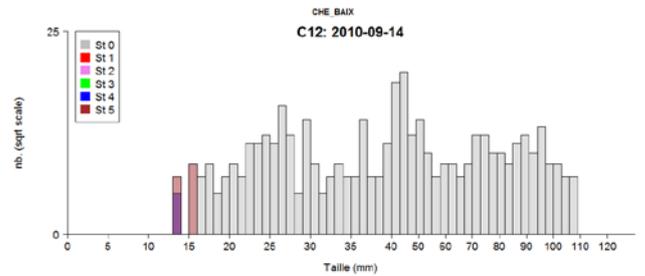
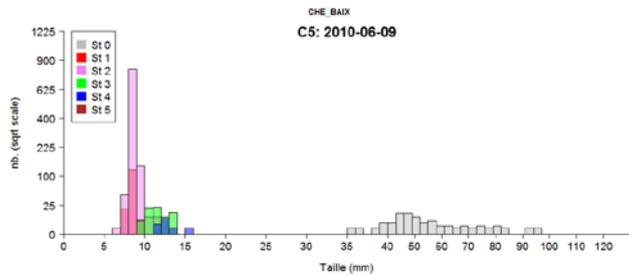
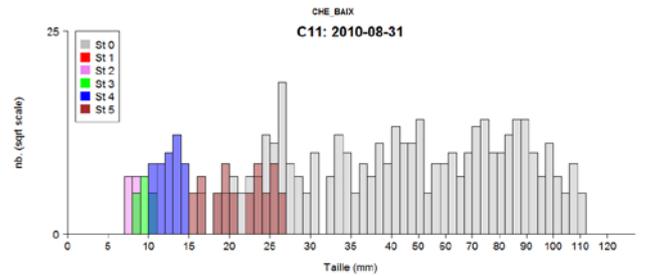
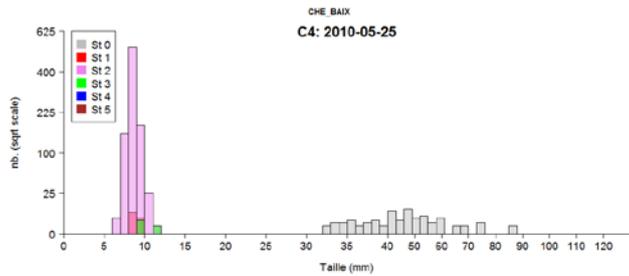
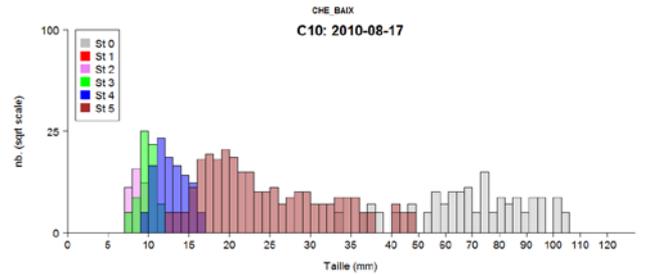
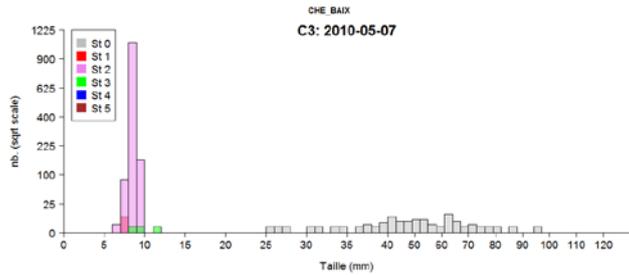
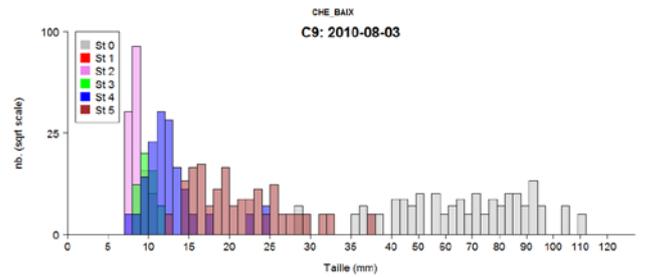
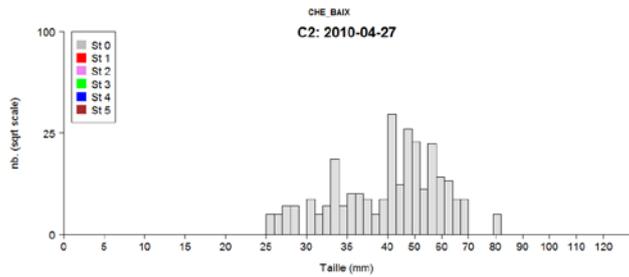
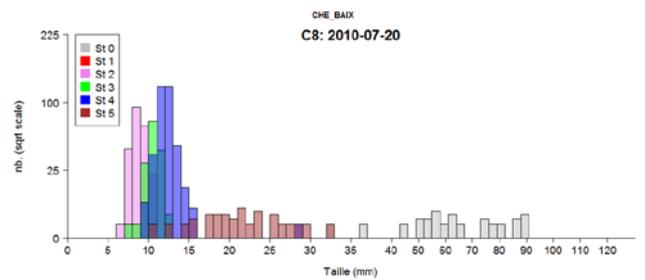
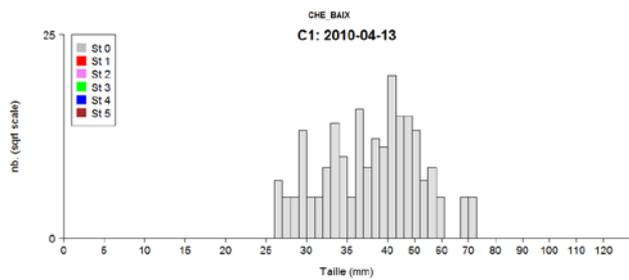
Famille	Espèce		Code	Péage RCC	C. Fuite	Aval Restitution	Baix RCC	Canal de Fuite	Aval Restitution
	Nom vernaculaire	Nom latin							
Esocidés	Brochet	<i>Esox Lucius (L. 1758)</i>	BRO	x	x	x	x		x
Cyprinidés	Ablette	<i>Alburnus alburnus (L., 1758)</i>	ABL	x	x	x	x	x	x
	Barbeau fluviatile	<i>Barbus barbatus (L., 1758)</i>	BAF	x	x	x	x	x	x
	Blageon	<i>Telestes souffia (Risso, 1827)</i>	BLN				x	x	x
	Bouvière	<i>Rhodeus sericeus (Bloch, 1785)</i>	BOU	x	x	x	x	x	x
	Brème bordelière	<i>Blicca bjoerkna (L., 1758)</i>	BRB	x	x	x	x	x	x
	Brème commune	<i>Abramis brama (L., 1758)</i>	BRE	x	x	x	x	x	x
	Carassin argenté	<i>Carassius gibelio (Bloch, 1782)</i>	CAG	x	x	x	x		
	Carassin commun	<i>Carassius carassius (L., 1758)</i>	CAS	x		x	x		x
	Carpe commune	<i>Cyprinus carpio (L., 1758)</i>	CCO	x	x	x	x	x	x
	Chevaine	<i>Squalius cephalus (L., 1758)</i>	CHE	x	x	x	x	x	x
	Gardon	<i>Rutilus rutilus (L., 1758)</i>	GAR	x	x	x	x	x	x
	Goujon	<i>Gobio gobio (L., 1758)</i>	GOU	x	x	x	x	x	x
	Hotu	<i>Chondrostoma nasus (L., 1758)</i>	HOT	x	x	x	x	x	x
	Ide mélanote	<i>Leuciscus idus (L., 1768)</i>	IDE				x		
	Pseudorasbora	<i>Pseudorasbora parva (Chlegel, 1842)</i>	PSR	x	x	x	x	x	x
	Rotengle	<i>Scardinius erythrophthalmus (L., 1758)</i>	ROT	x	x	x	x	x	x
	Spirilin	<i>Alburnoïdes bipunctatus (Bloch, 1782)</i>	SPI	x	x	x	x	x	x
	Tanche	<i>Tinca tinca (L., 1758)</i>	TAN	x	x	x	x	x	x
	Vairon	<i>Phoxinus phoxinus (L., 1766)</i>	VAI	x	x	x	x	x	x
	Vandoise	<i>Leuciscus leuciscus (L., 1758)</i>	VAN	x		x	x		
Balitoridés	Loche franche	<i>Barbatula barbatula (L., 1758)</i>	LOF	x	x	x	x	x	x
Sliruridés	Silure glane	<i>Silurus glanis (Linné, 1758)</i>	SIL	x	x			x	x
Ictaluridés	Poisson-chat	<i>Ameiurus melas (Rafinesque, 1820)</i>	PCH	x					
Gasterosteidés	Epinoche	<i>Gasterosteus aculeatus (L., 1766)</i>	EPI	x		x	x	x	x

Famille	Espèce		Code	Péage RCC	C. Fuite	Aval Restit.	Baix RCC	C. Fuite	Aval Restit.
	Nom vernaculaire	Nom latin							
Blenniidés	Blennie fluviatile	<i>Salaria fluviatilis</i> (Asso, 1801)	BLE		x	x		x	
Anguillidés	Anguille	<i>Anguilla anguilla</i> (L., 1758)	ANG	x	x	x	x	x	x
Centrarchidés	Perche-soleil	<i>Lepomis gibbosus</i> (L., 1758)	PES	x	x	x	x	x	x
Percidés	Grémille	<i>Gymnocephalus cernua</i> (L., 1758)	GRE	x	x	x	x	x	x
	Perche fluviatile	<i>Perca fluviatilis</i> (L., 1758)	PER	x	x	x	x	x	x
	Sandre	<i>Stizostedion lucioperca</i> (L., 1758)	SAN	x	x	x	x		
Cottidés	Chabot	<i>Cottus gobio</i> (L., 1758)	CHA	x	x	x	x		x

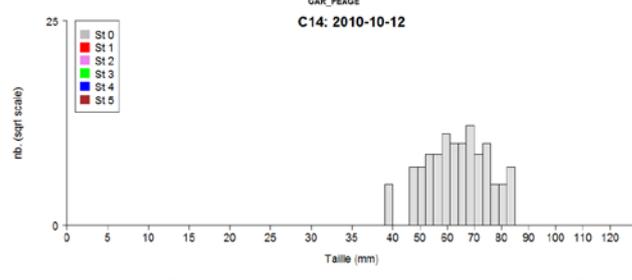
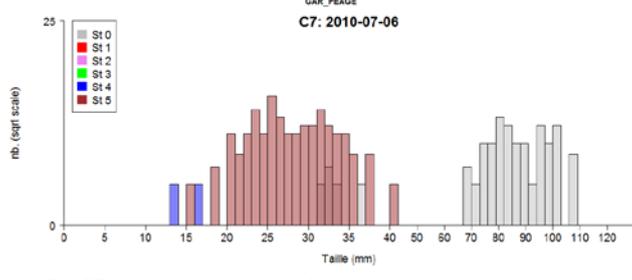
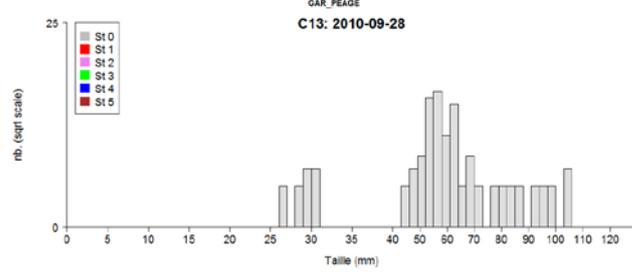
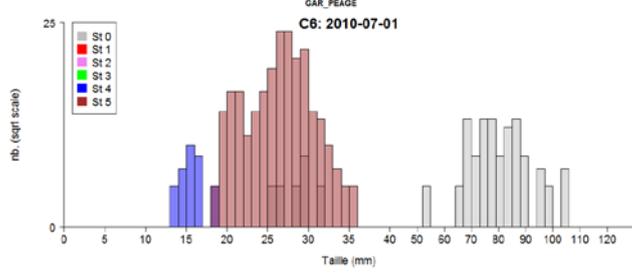
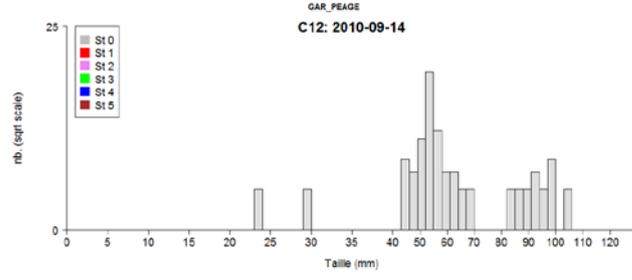
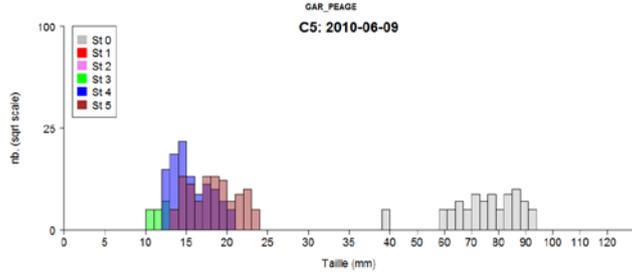
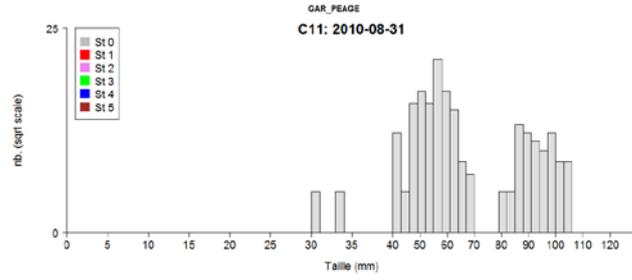
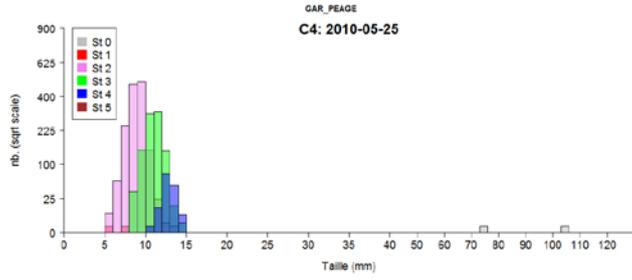
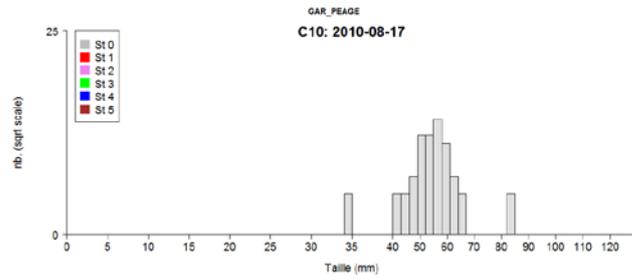
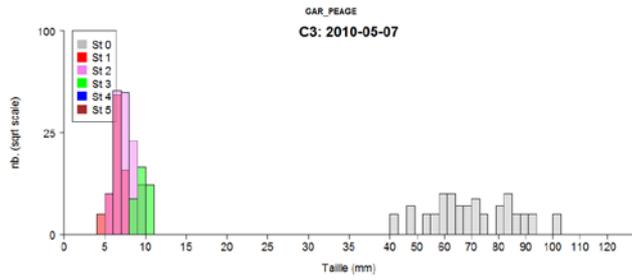
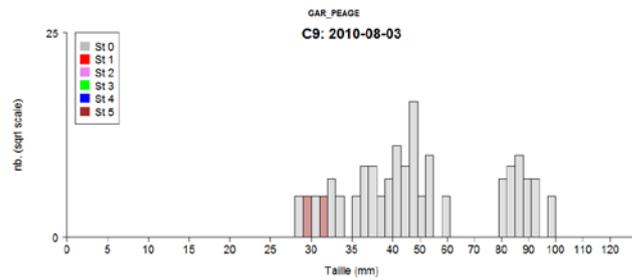
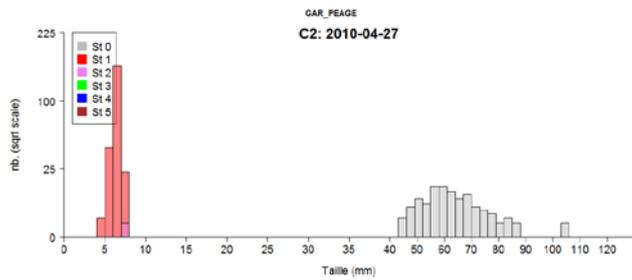
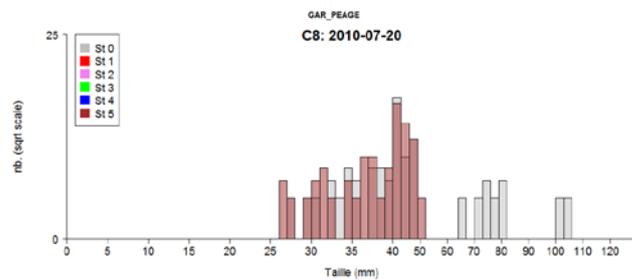
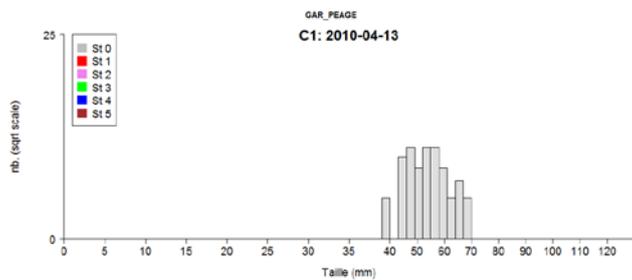
Annexe 4 : Représentations graphiques des effectifs bruts en fonction des tailles standard (en mm) de chevaine, de gardon, de hotu et d'ablette dans les vieux-Rhône de Péage et de Baix, en 2010 et 2011.



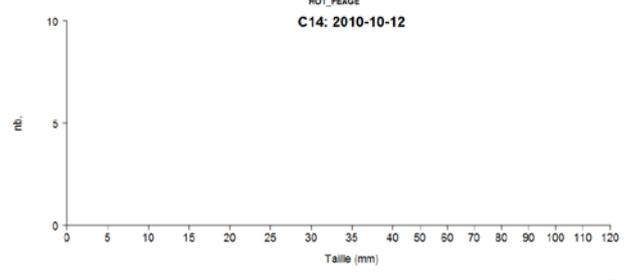
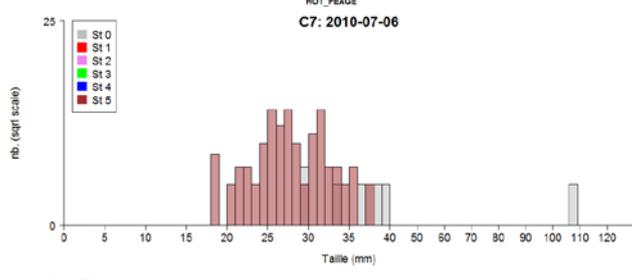
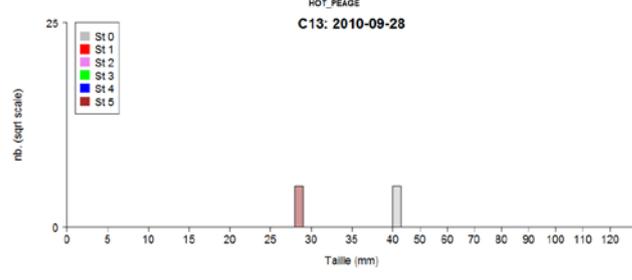
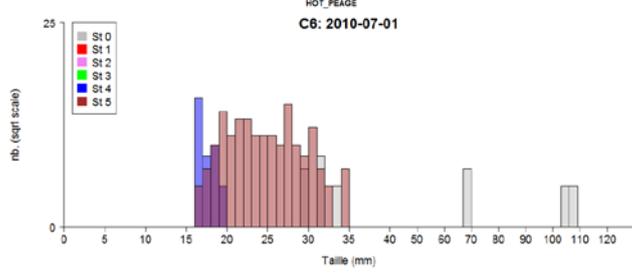
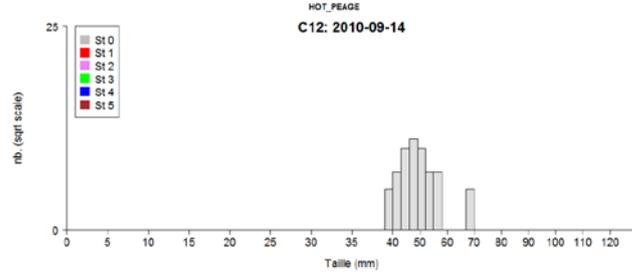
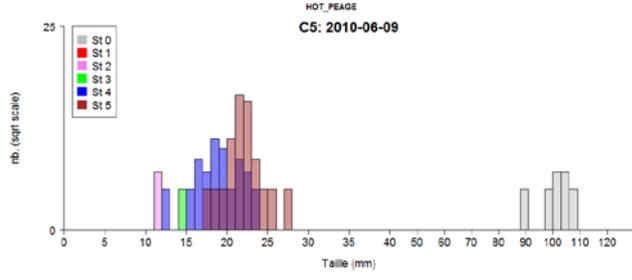
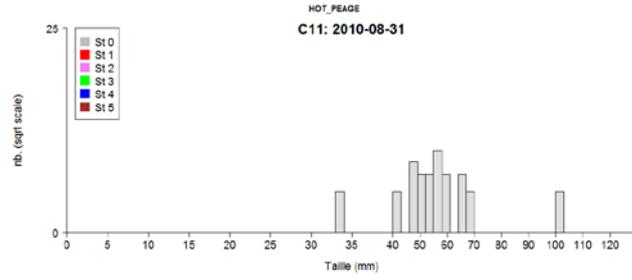
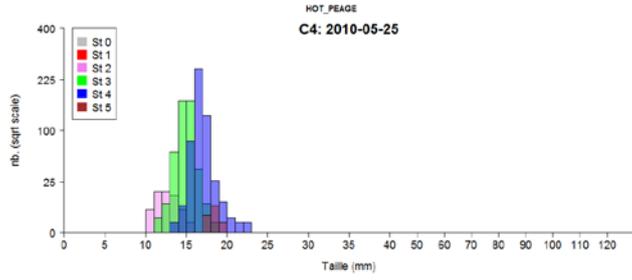
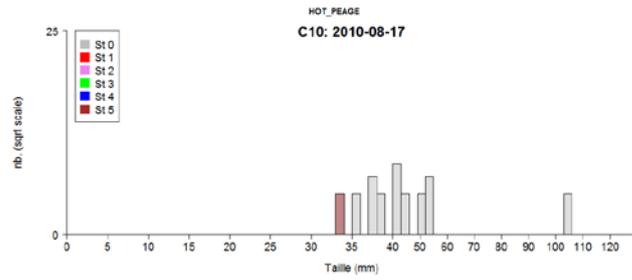
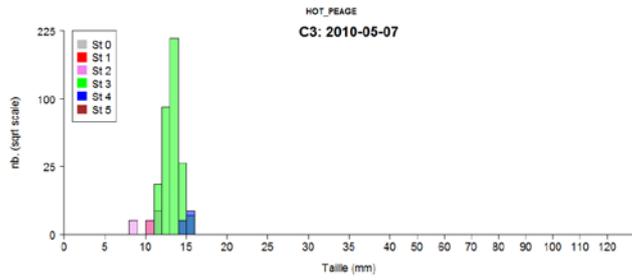
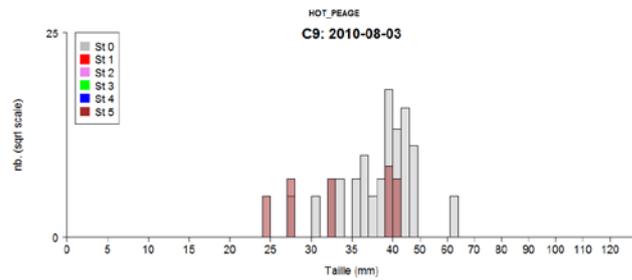
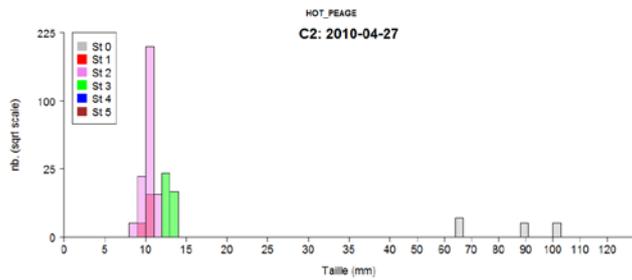
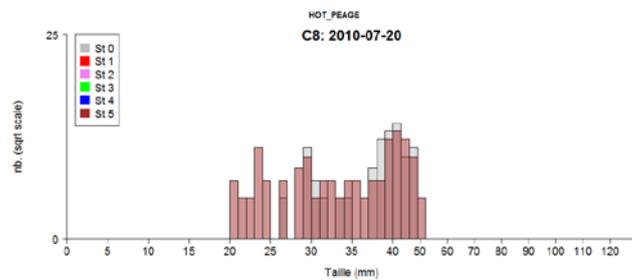
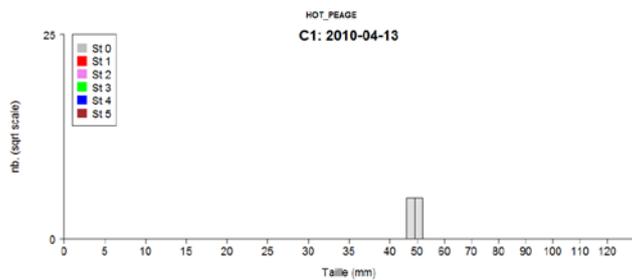
A.4.1 : Histogrammes (échelle racine carrée) des effectifs bruts en fonction de la taille standard (en mm) de chevaines sur le vieux-Rhône de Péage en 2010. Les classes de taille sont de 1 en 1 mm puis de 3 en 3 à partir de 40mm. De haut en bas et de gauche à droite, les campagnes de terrain 1 à 14.



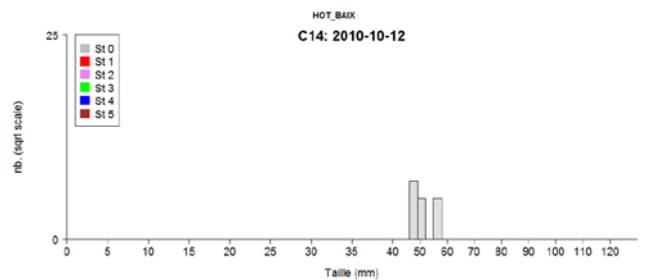
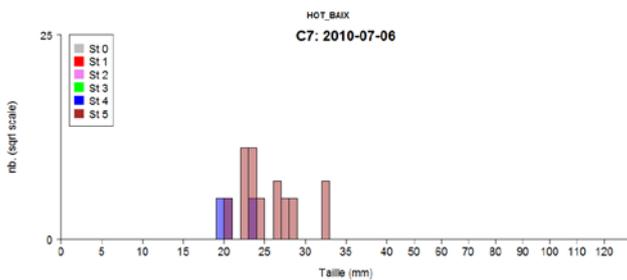
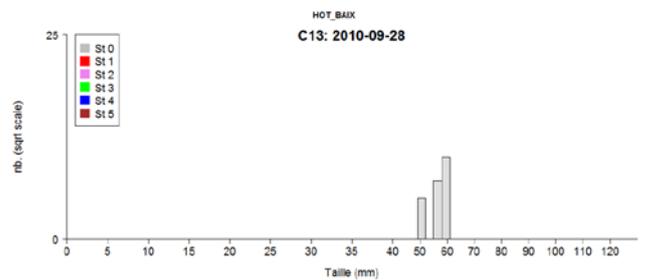
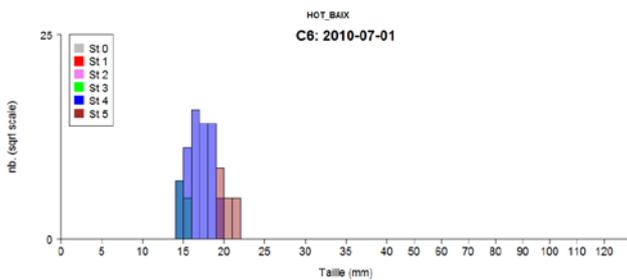
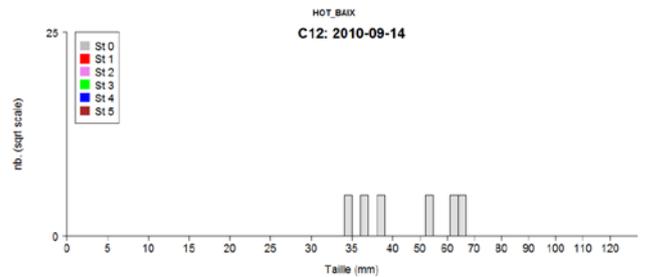
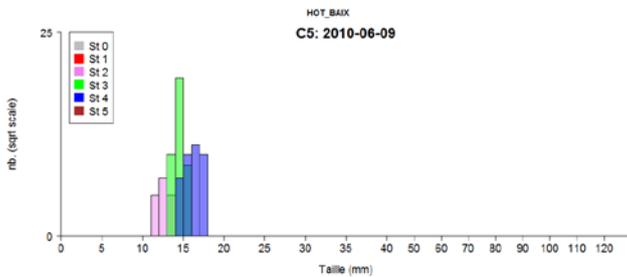
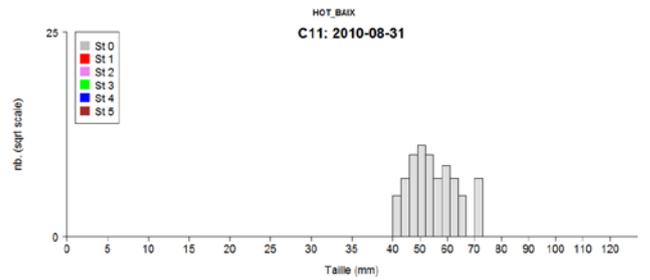
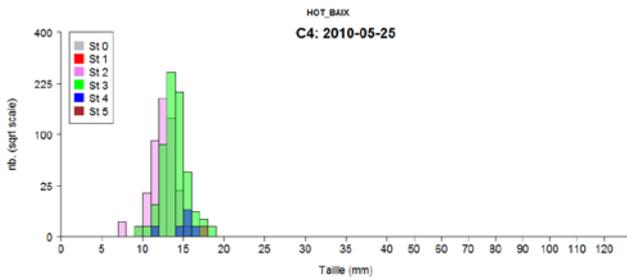
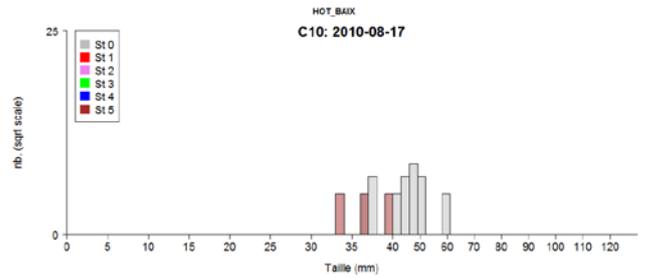
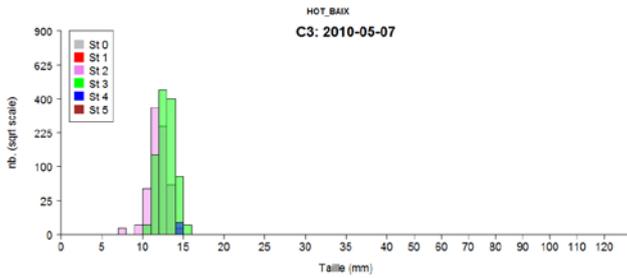
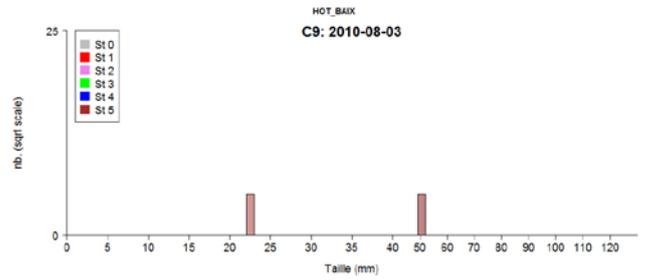
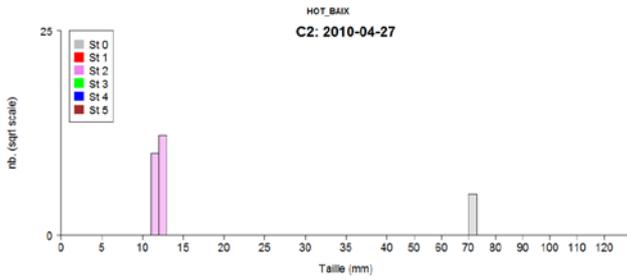
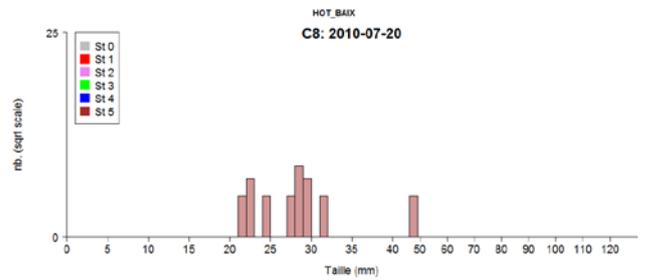
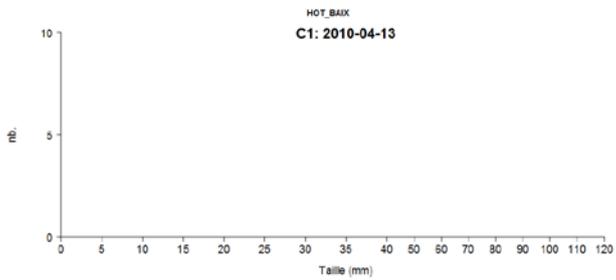
A.4.2 : Histogrammes (échelle racine carrée) des effectifs bruts en fonction de la taille standard (en mm) de chevaines sur le vieux-Rhône de Baix en 2010. Les classes de taille sont de 1 en 1 mm puis de 3 en 3 à partir de 40mm. De haut en bas et de gauche à droite, les campagnes de terrain 1 à 14.



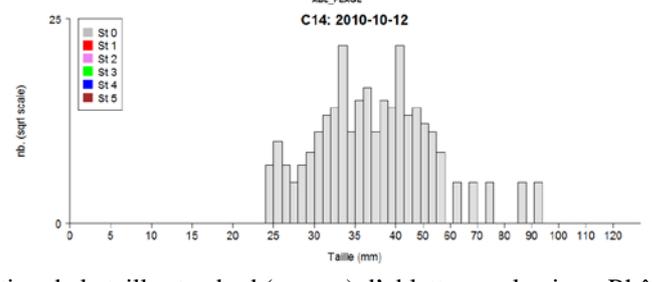
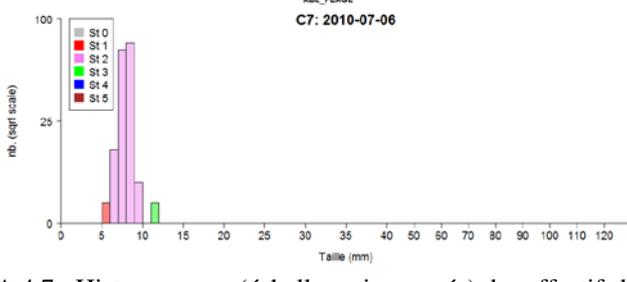
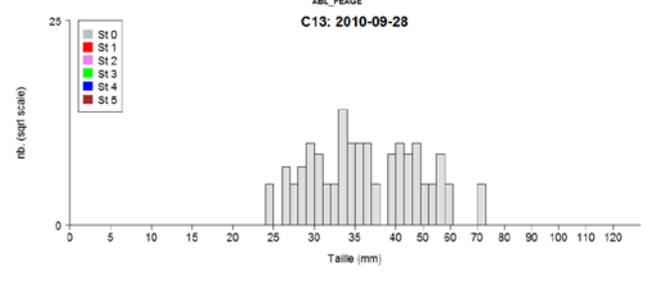
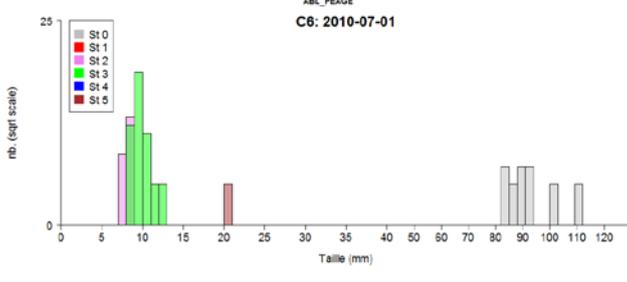
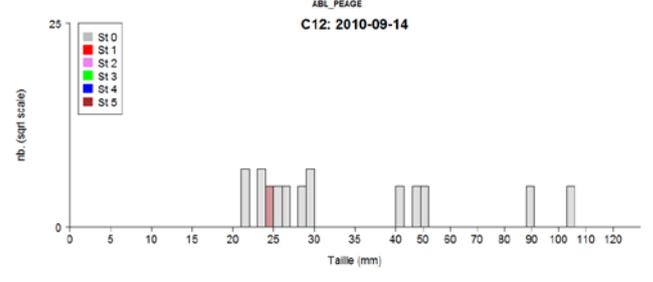
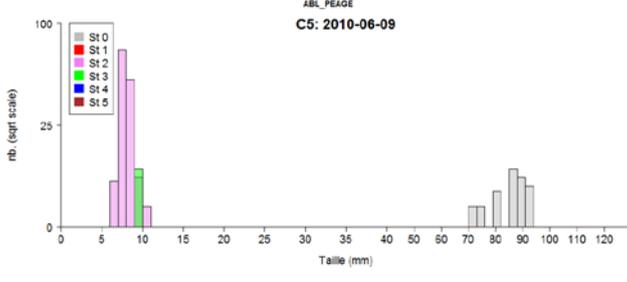
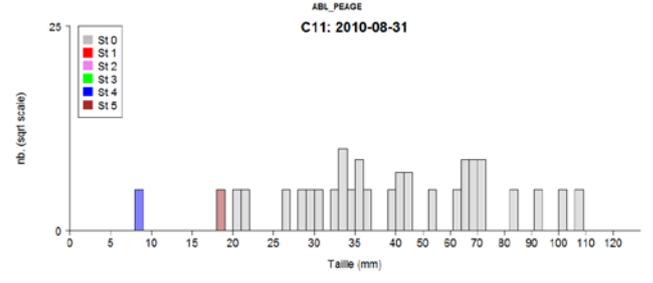
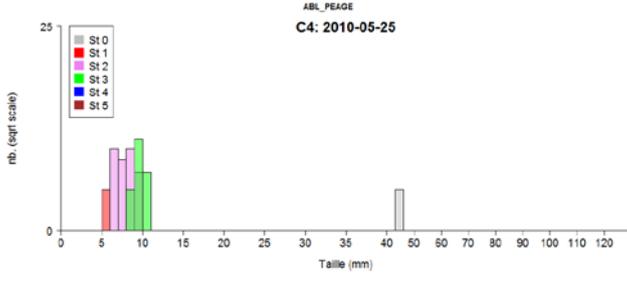
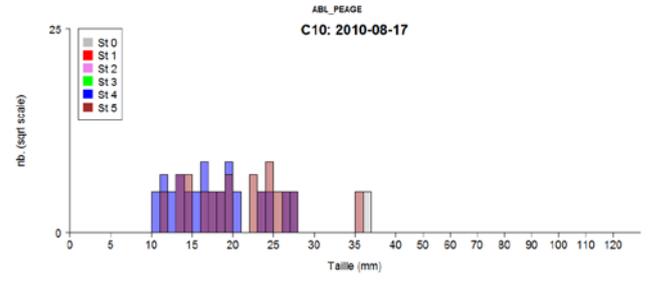
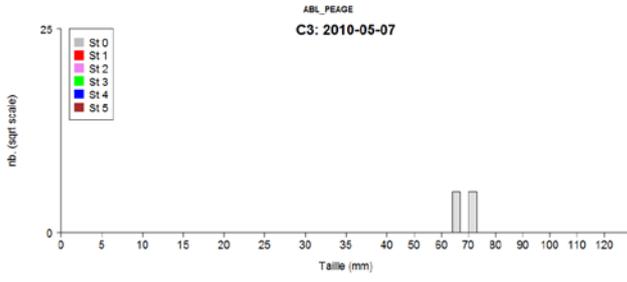
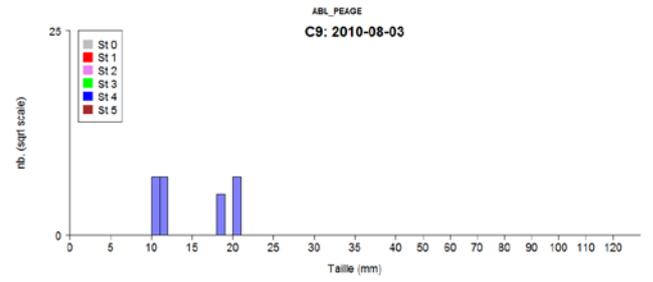
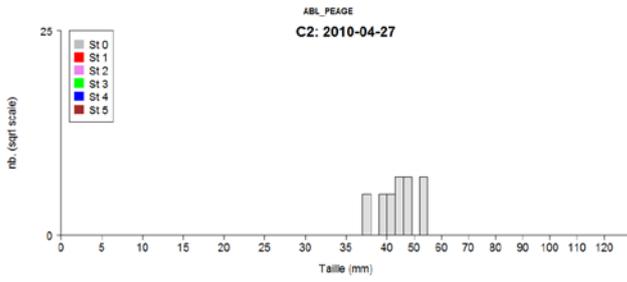
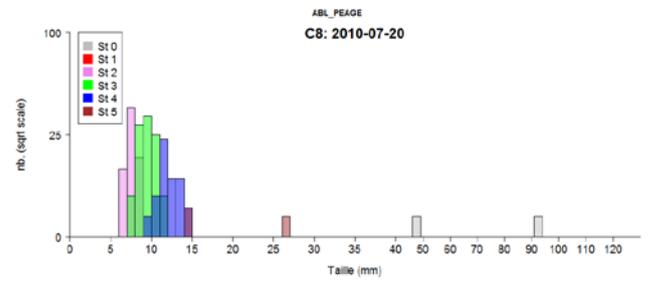
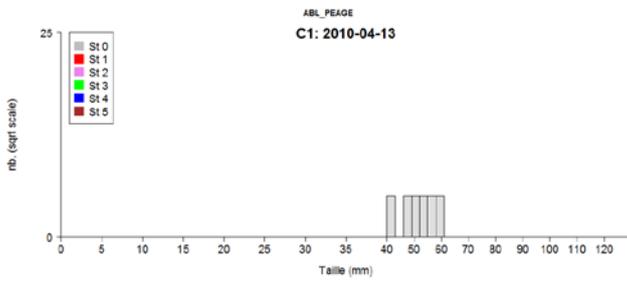
A.4.3 : Histogrammes (échelle racine carrée) des effectifs bruts en fonction de la taille standard (en mm) de gardons sur le vieux-Rhône de Péage en 2010. Les classes de taille sont de 1 en 1 mm puis de 3 en 3 à partir de 40mm. De haut en bas et de gauche à droite, les campagnes de terrain 1 à 14.



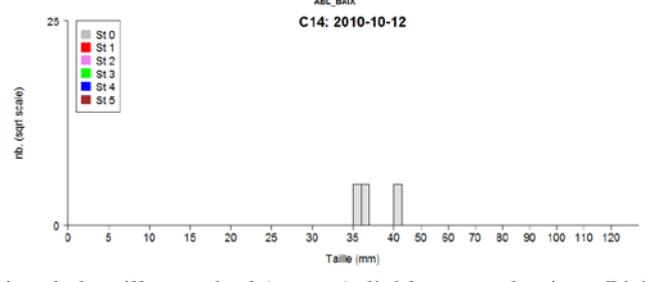
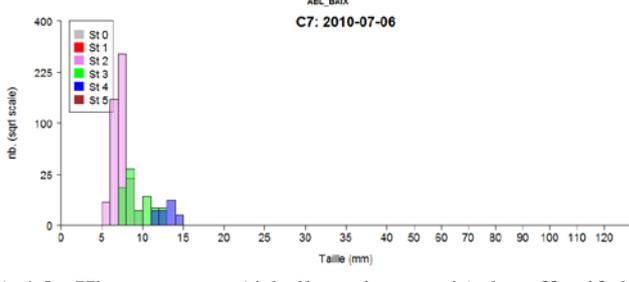
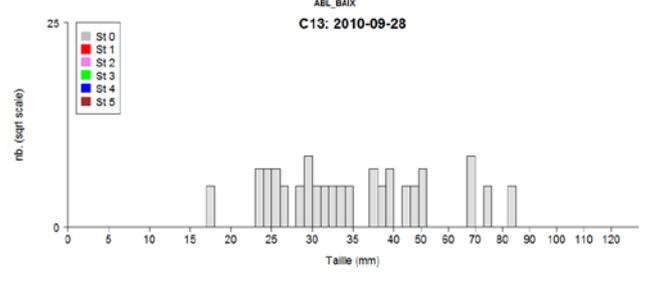
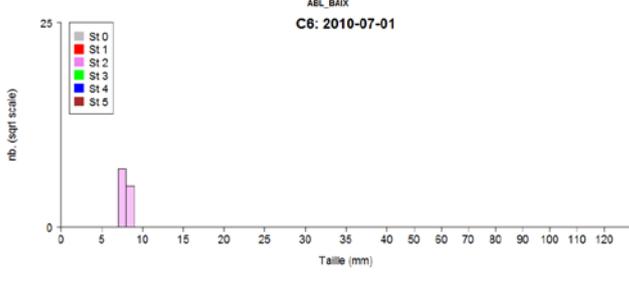
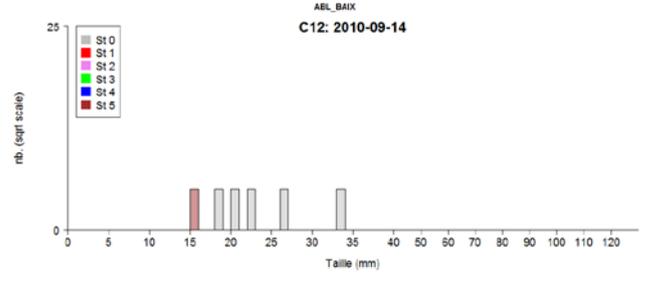
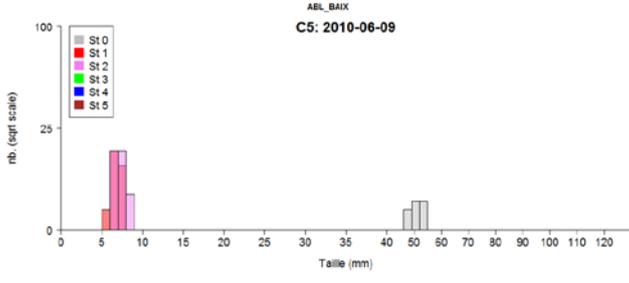
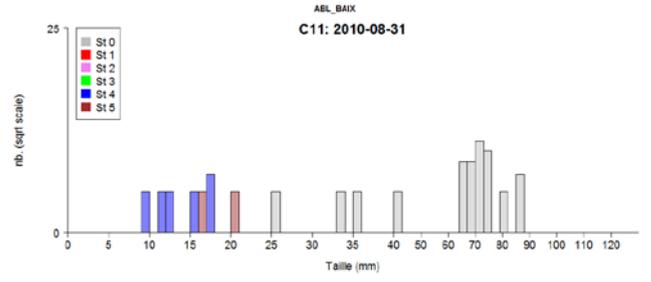
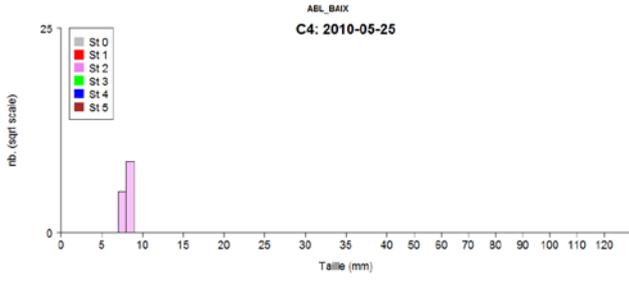
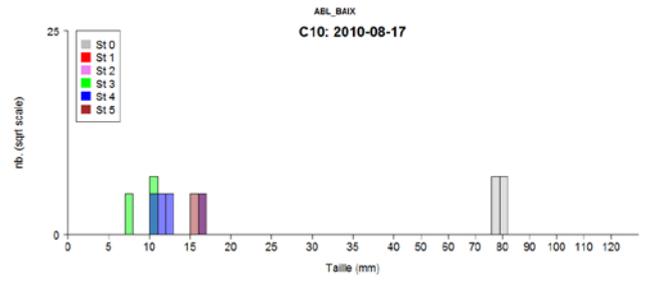
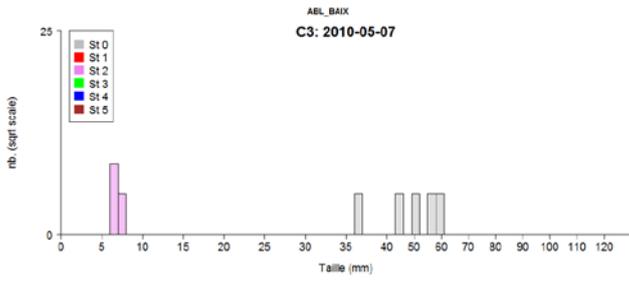
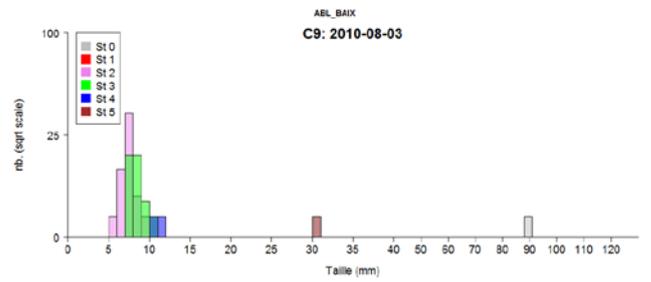
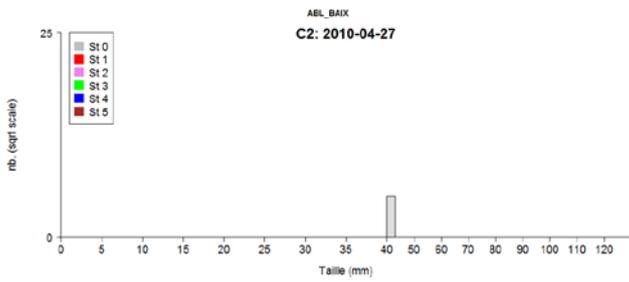
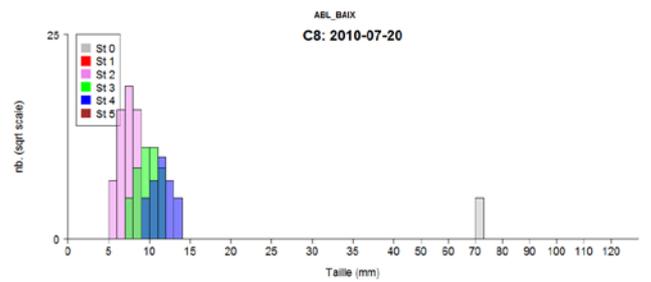
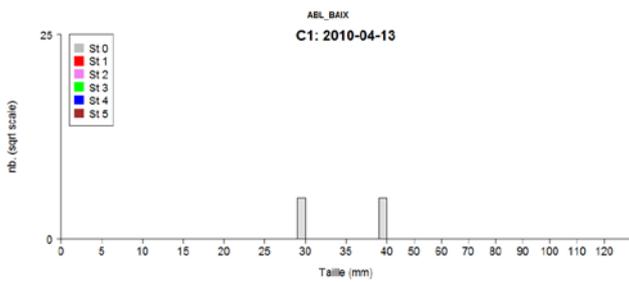
A.4.5 : Histogrammes (échelle racine carrée) des effectifs bruts en fonction de la taille standard (en mm) de hotus sur le vieux-Rhône de Péage en 2010. Les classes de taille sont de 1 en 1 mm puis de 3 en 3 à partir de 40mm. De haut en bas et de gauche à droite, les campagnes de terrain 1 à 14.



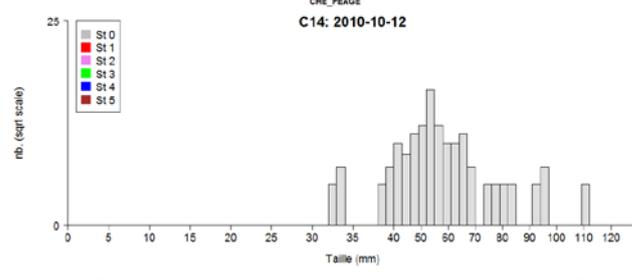
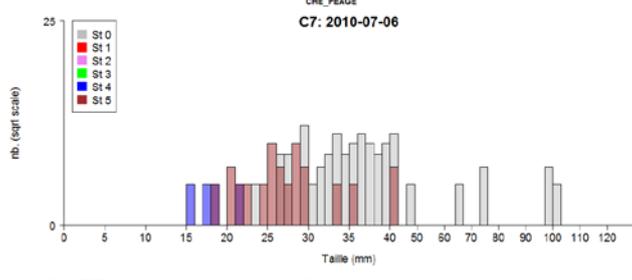
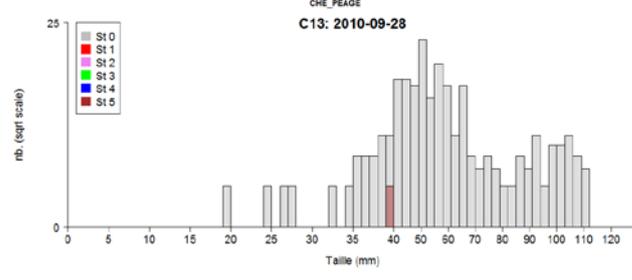
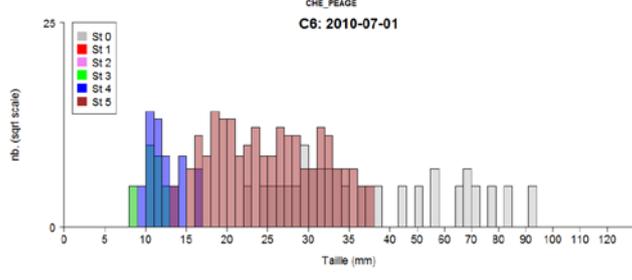
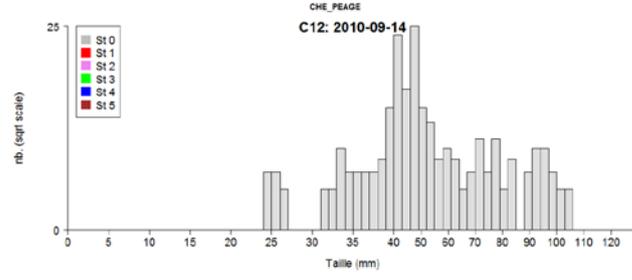
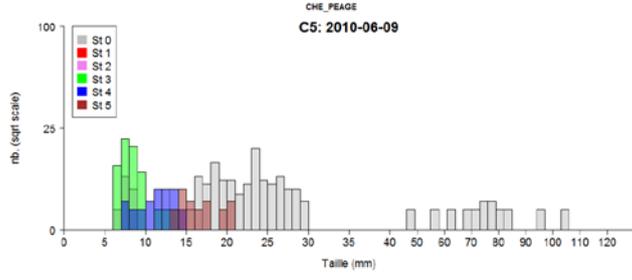
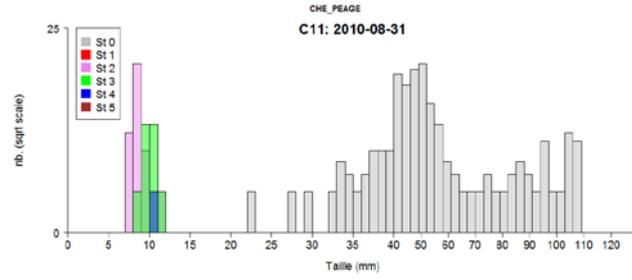
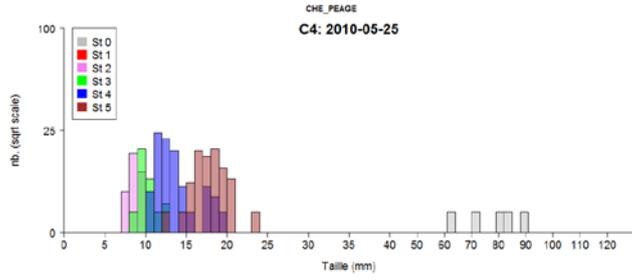
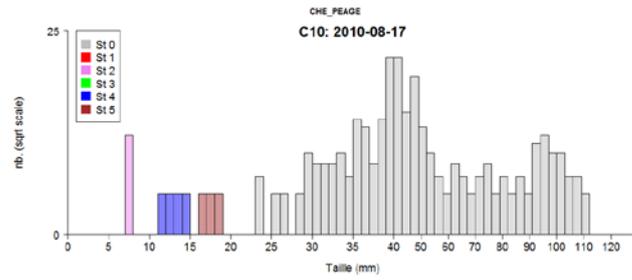
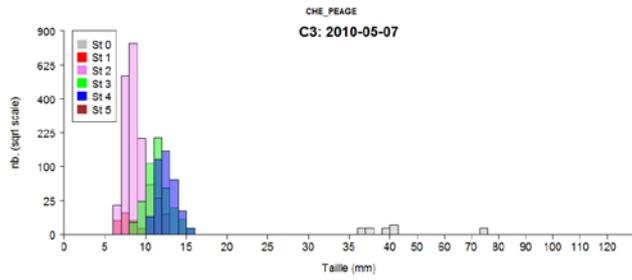
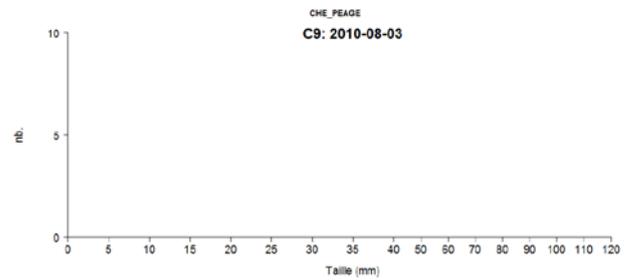
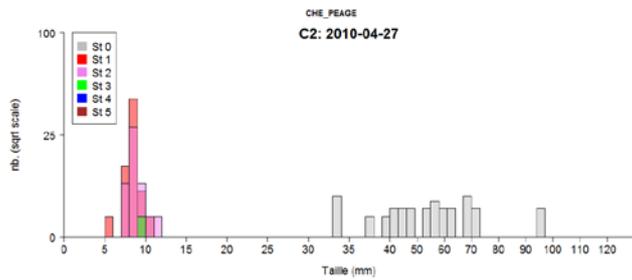
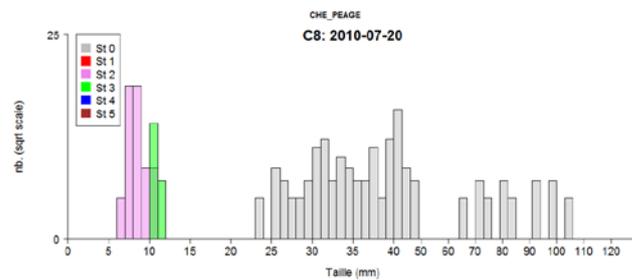
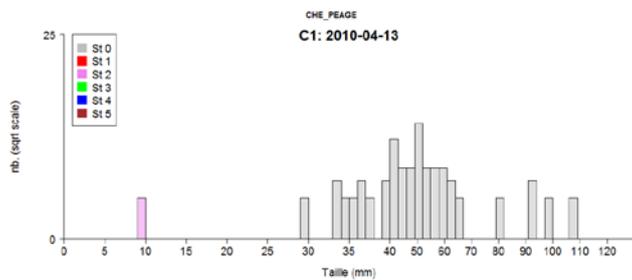
A.4.6 : Histogrammes (échelle racine carrée) des effectifs bruts en fonction de la taille standard (en mm) de hotus sur le vieux-Rhône de Baix en 2010. Les classes de taille sont de 1 en 1 mm puis de 3 en 3 à partir de 40mm. De haut en bas et de gauche à droite, les campagnes de terrain 1 à 14.



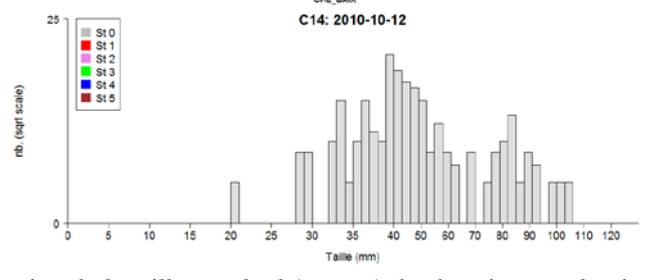
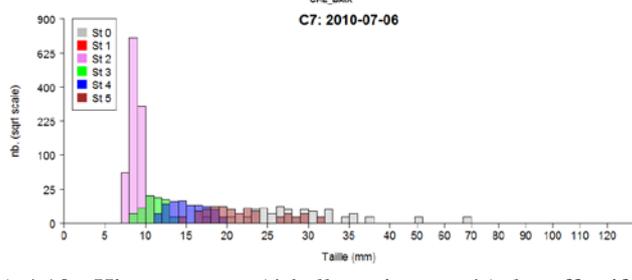
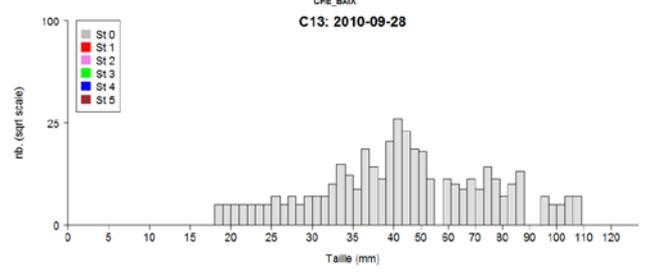
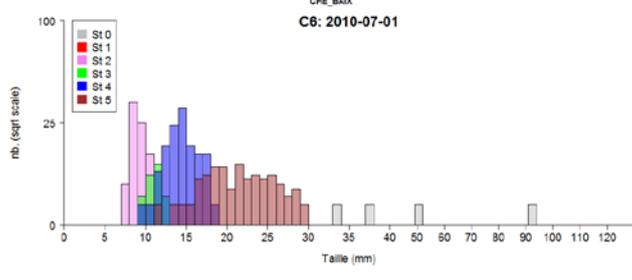
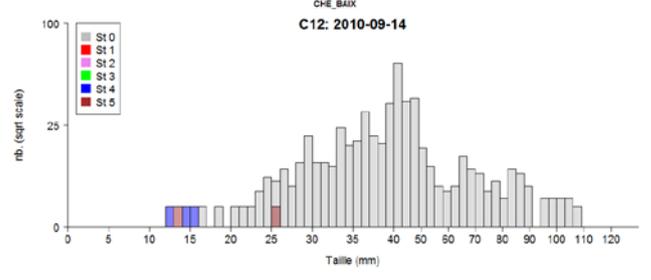
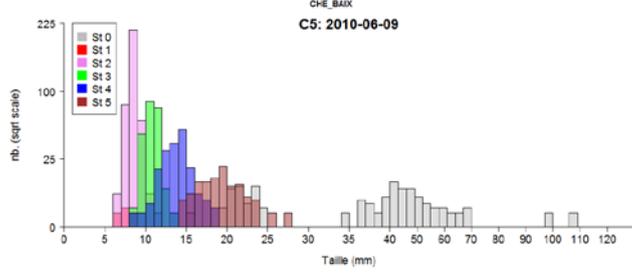
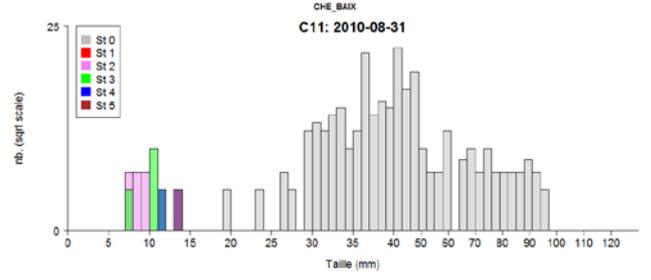
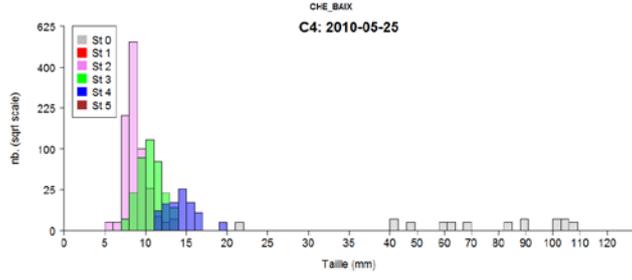
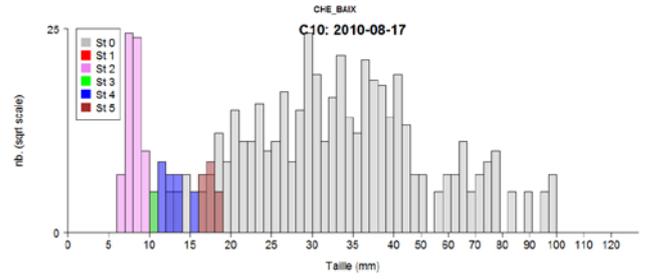
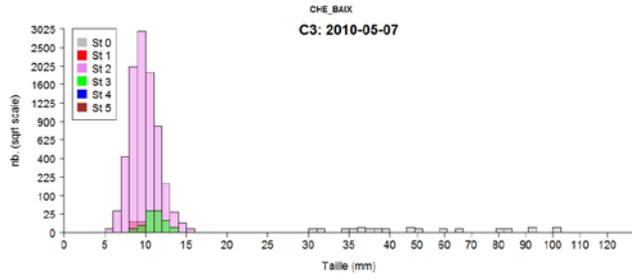
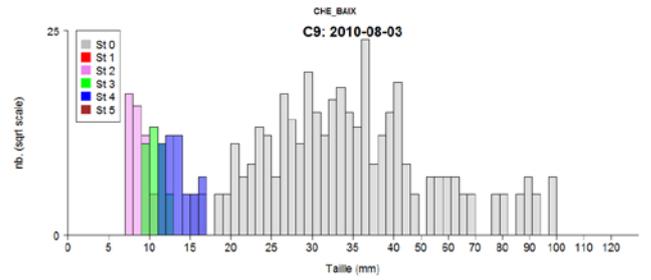
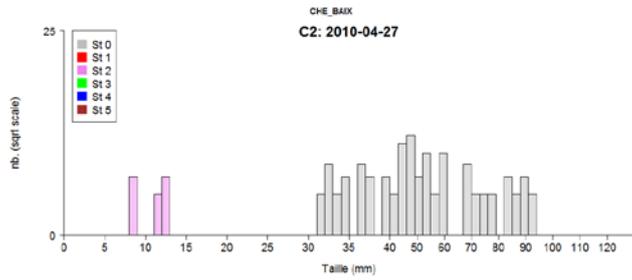
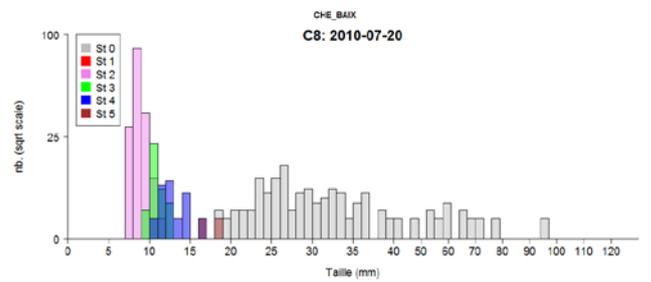
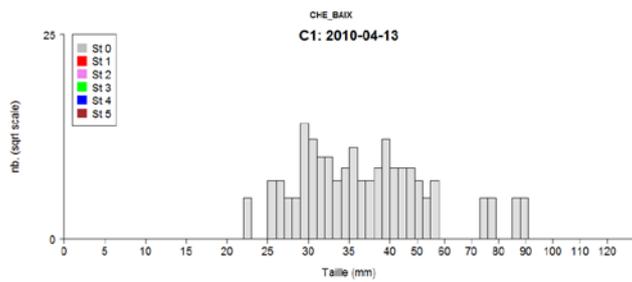
A.4.7 : Histogrammes (échelle racine carrée) des effectifs bruts en fonction de la taille standard (en mm) d'ablettes sur le vieux-Rhône de Péage en 2010. Les classes de taille sont de 1 en 1 mm puis de 3 en 3 à partir de 40mm. De haut en bas et de gauche à droite, les campagnes de terrain 1 à 14.



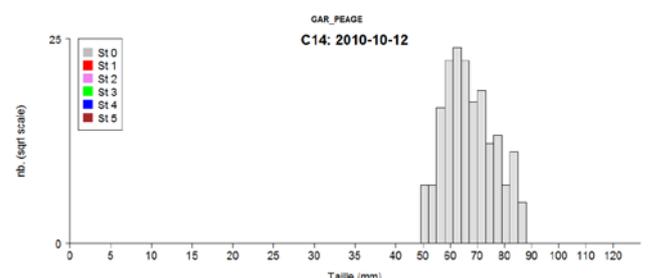
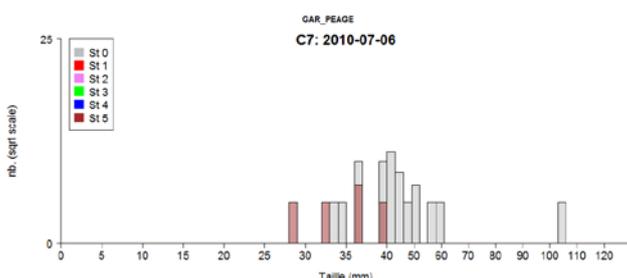
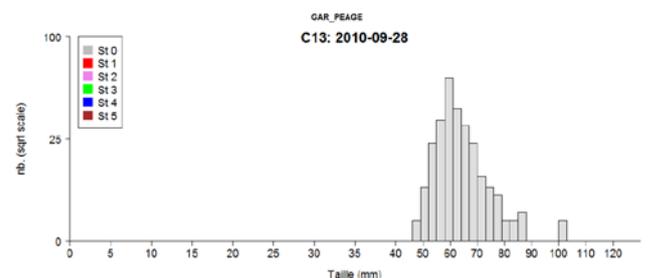
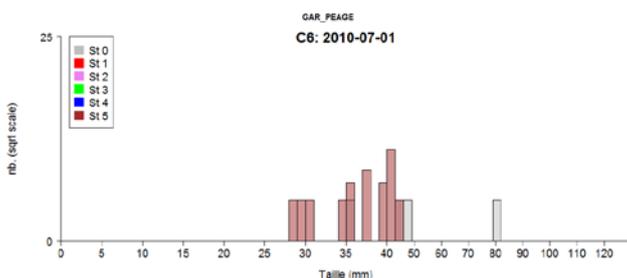
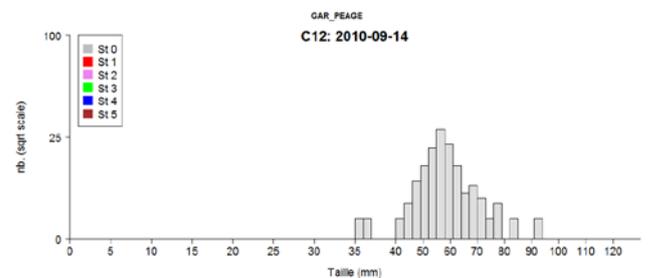
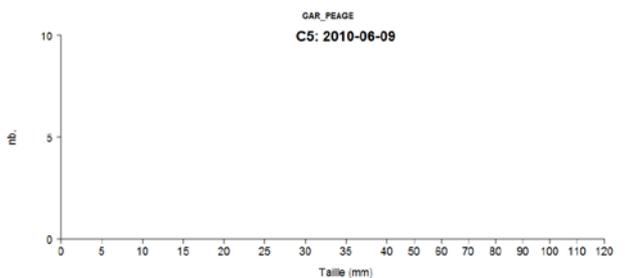
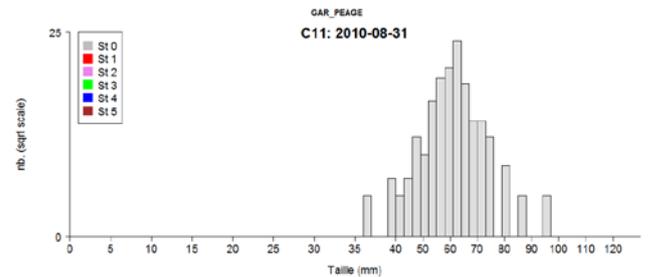
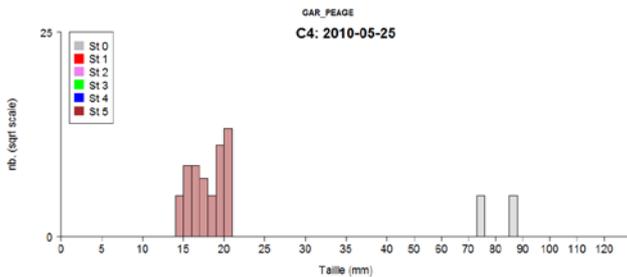
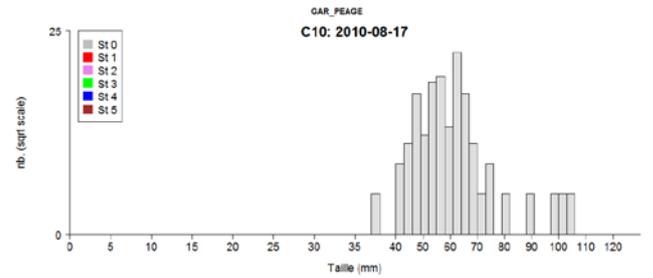
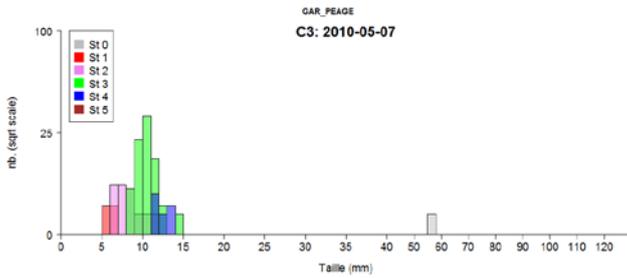
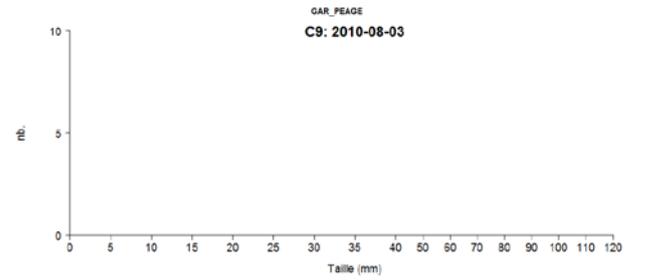
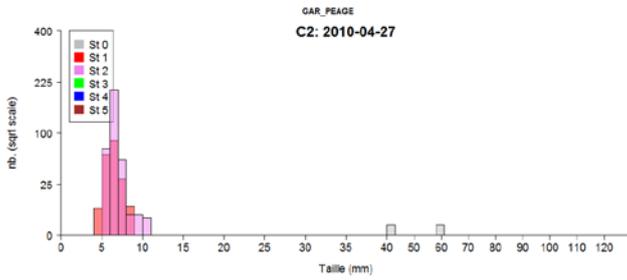
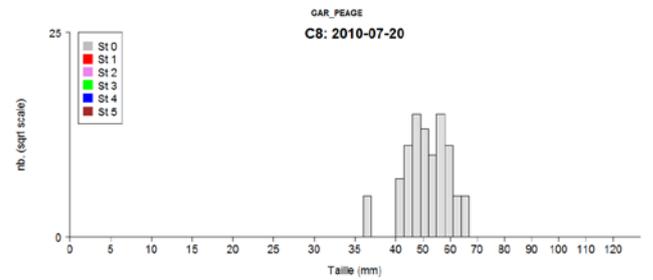
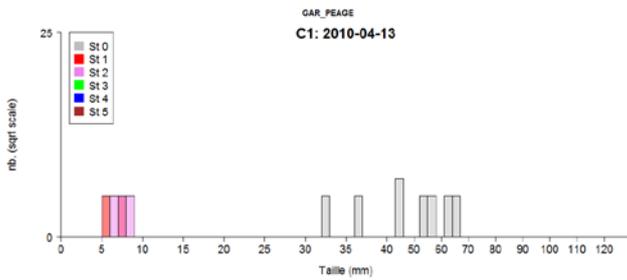
A.4.8 : Histogrammes (échelle racine carrée) des effectifs bruts en fonction de la taille standard (en mm) d'ablettes sur le vieux-Rhône de Baix en 2010. Les classes de taille sont de 1 en 1 mm puis de 3 en 3 à partir de 40mm. De haut en bas et de gauche à droite, les campagnes de terrain 1 à 14.



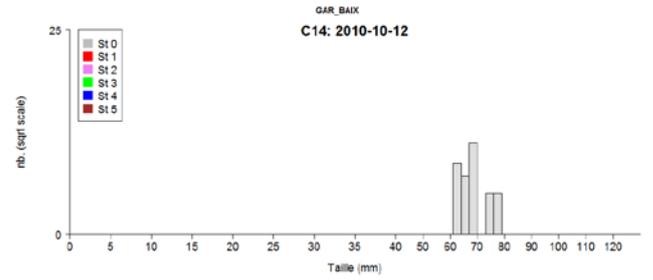
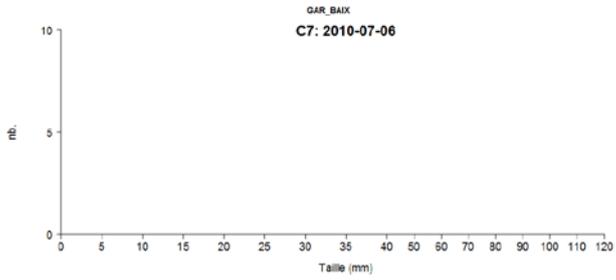
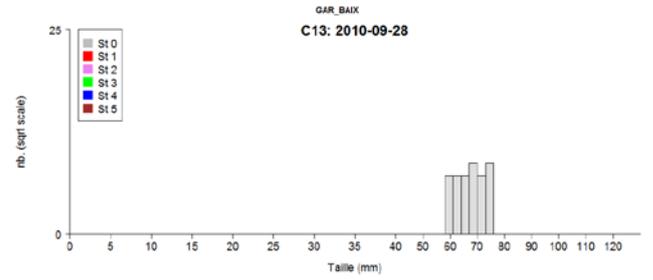
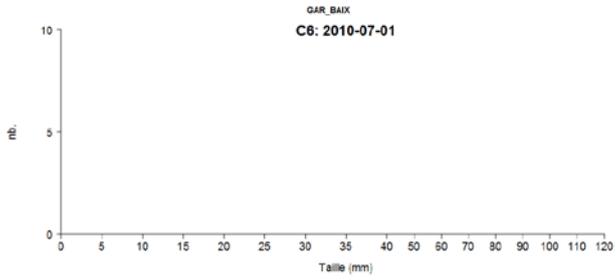
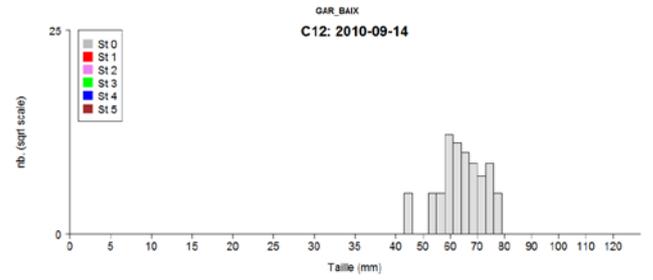
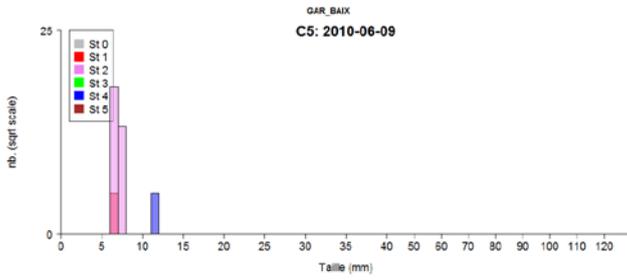
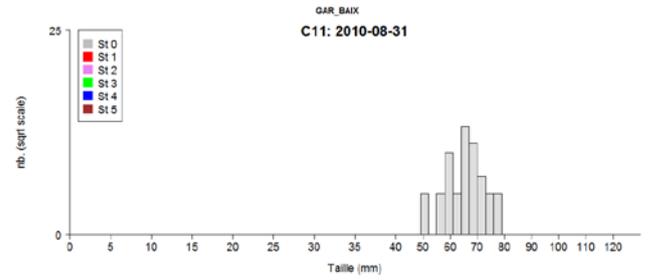
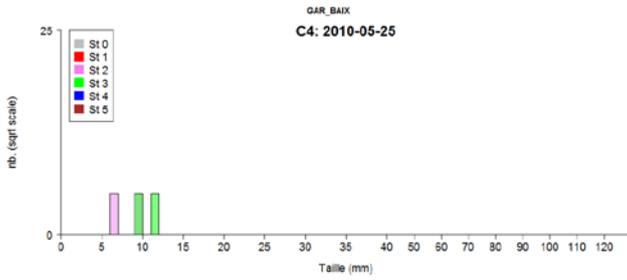
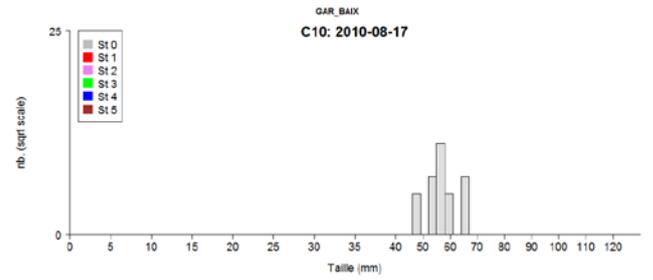
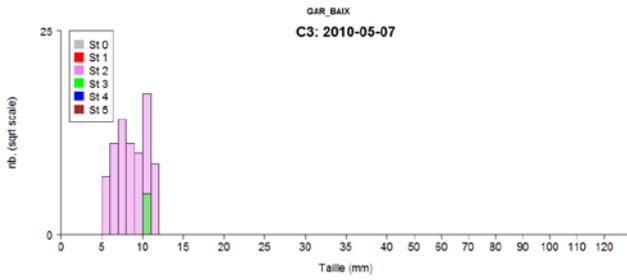
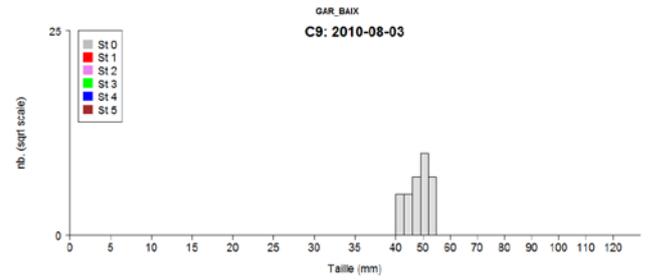
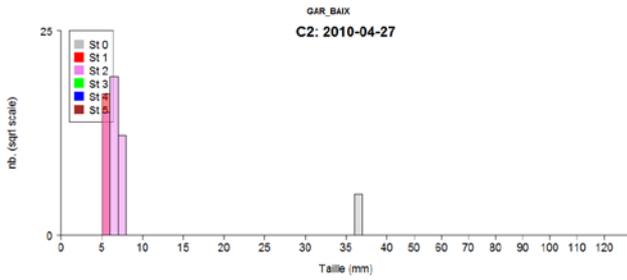
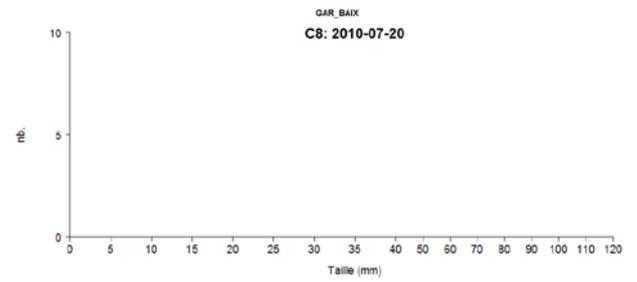
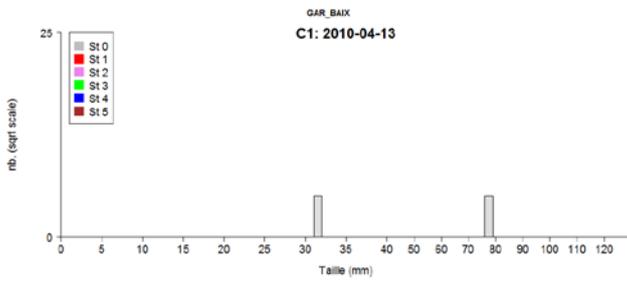
A.4.9 : Histogrammes (échelle racine carrée) des effectifs bruts en fonction de la taille standard (en mm) de chevaines sur le vieux-Rhône de Péage en 2011. Les classes de taille sont de 1 en 1 mm puis de 3 en 3 à partir de 40mm. De haut en bas et de gauche à droite, les campagnes de terrain 1 à 14.



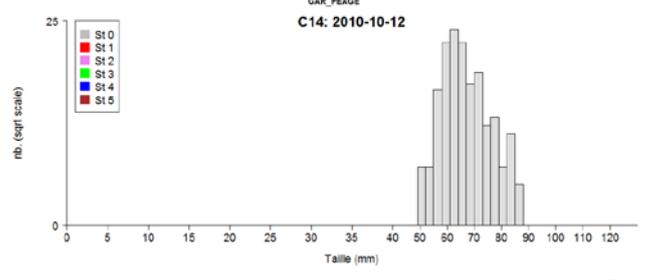
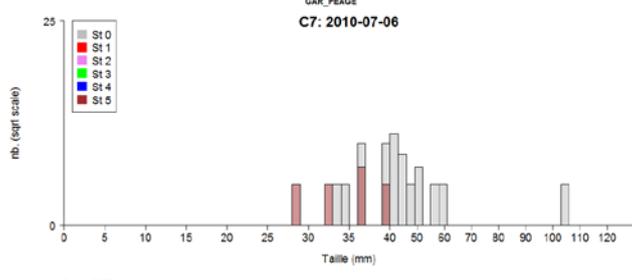
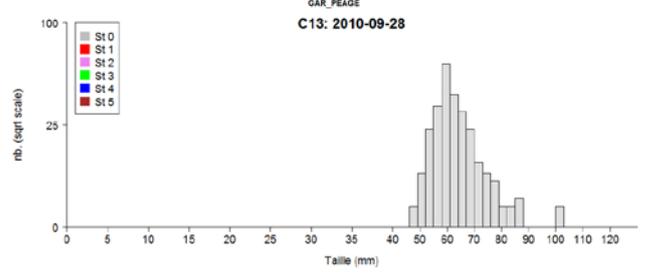
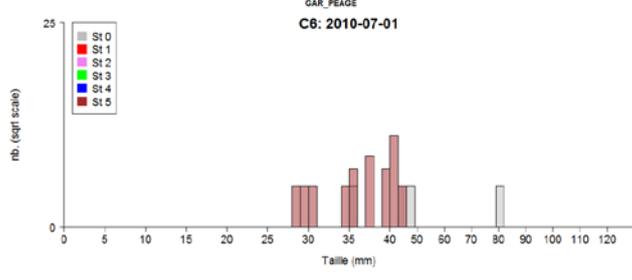
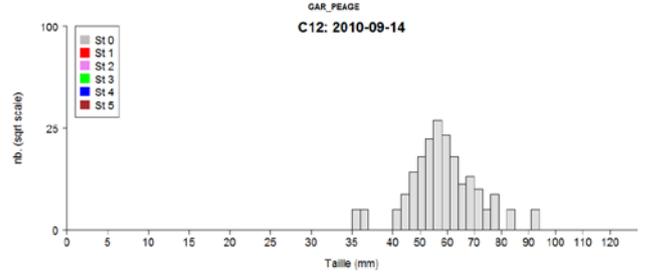
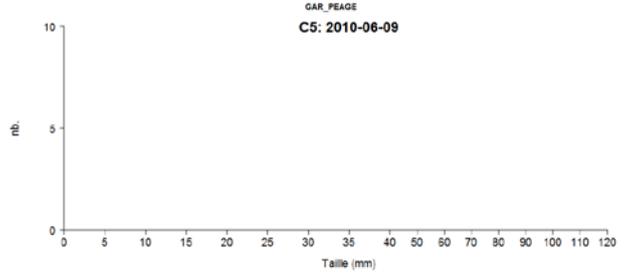
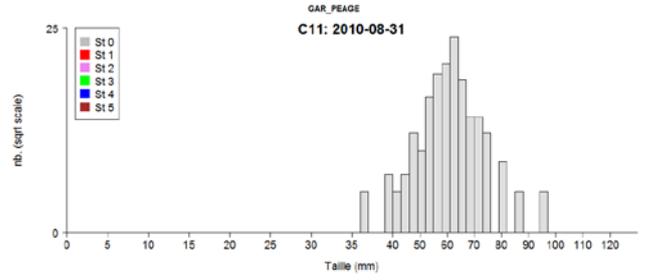
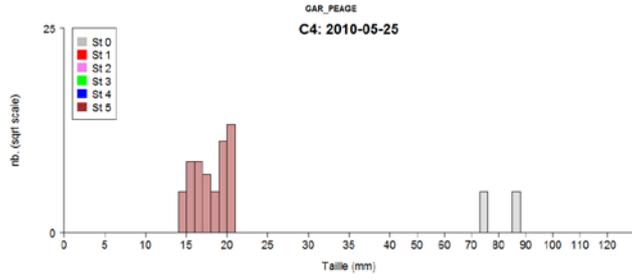
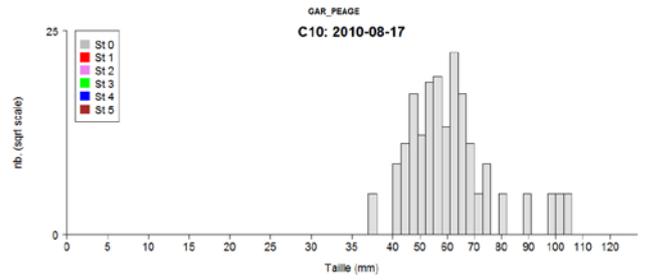
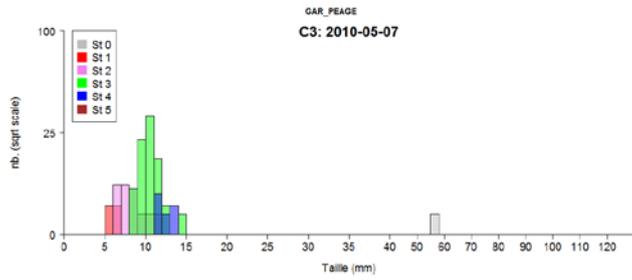
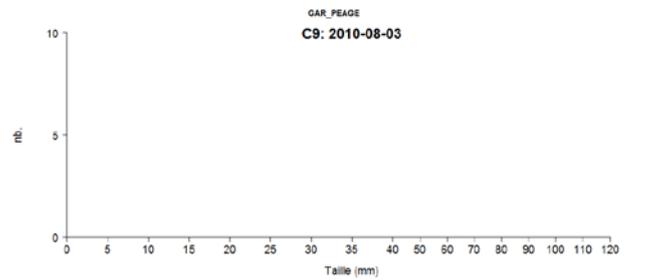
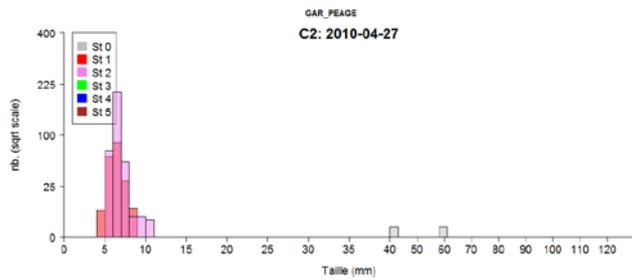
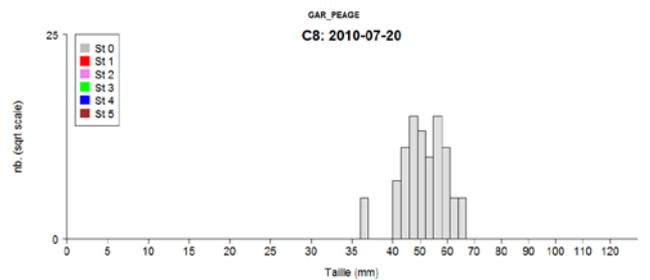
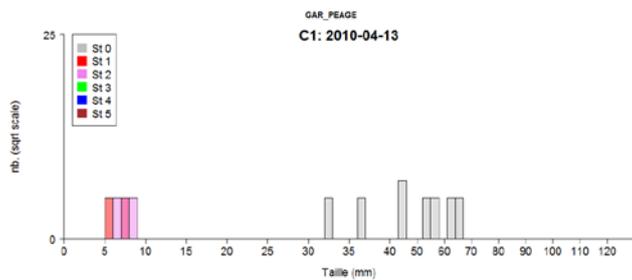
A.4.10 : Histogrammes (échelle racine carrée) des effectifs bruts en fonction de la taille standard (en mm) de chevaines sur le vieux-Rhône de Baix en 2011. Les classes de taille sont de 1 en 1 mm puis de 3 en 3 à partir de 40mm. De haut en bas et de gauche à droite, les campagnes de terrain 1 à 14.



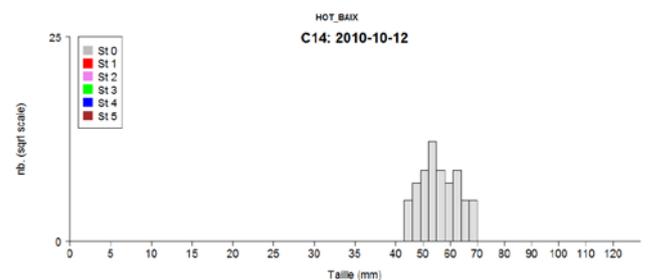
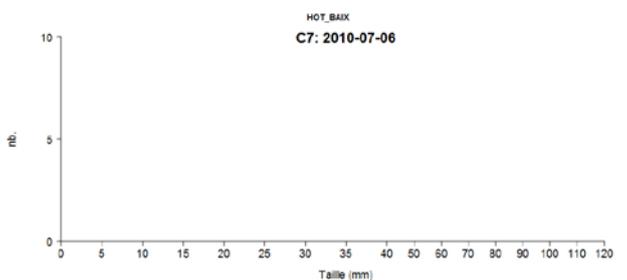
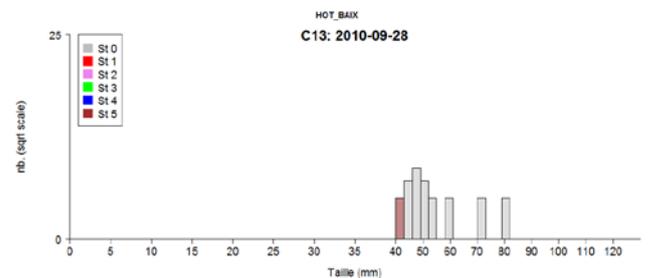
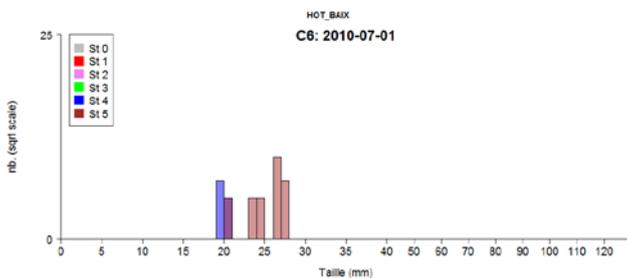
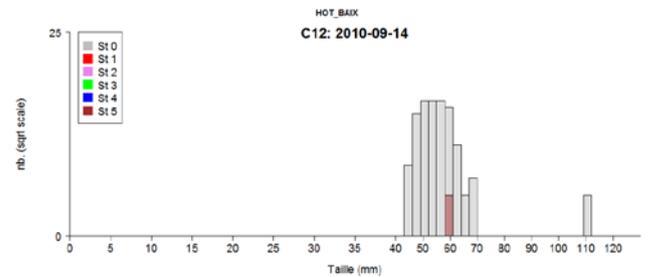
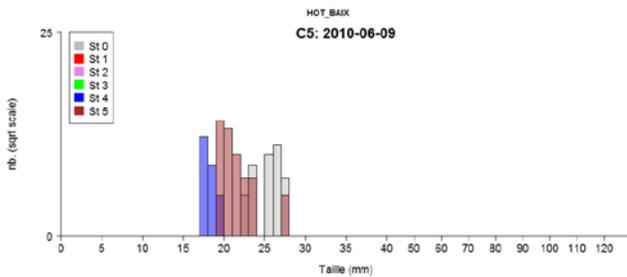
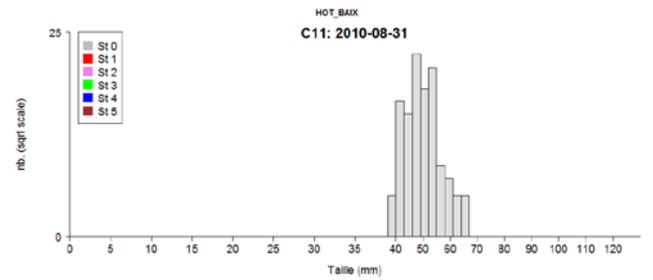
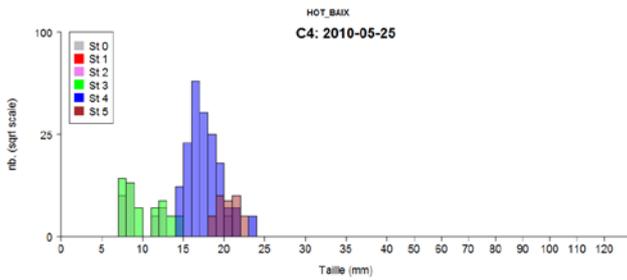
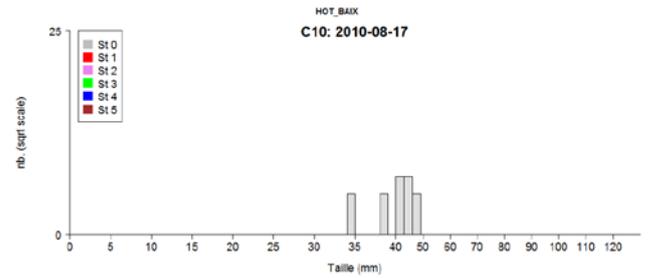
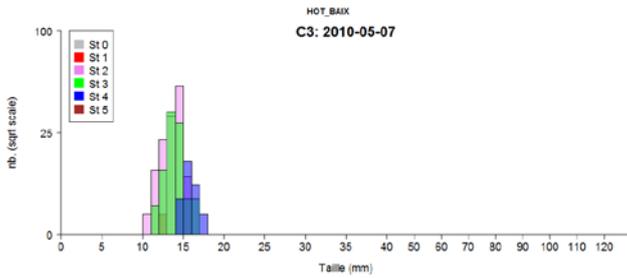
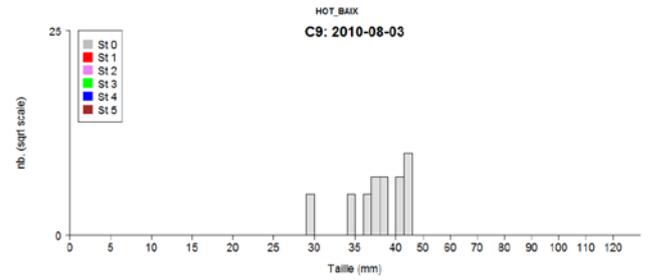
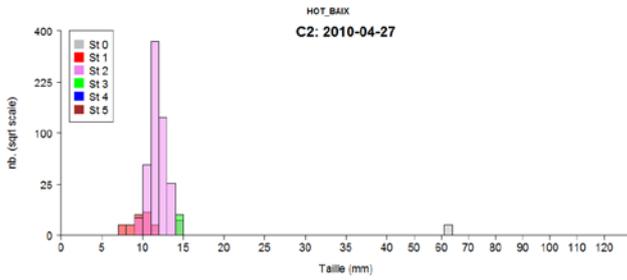
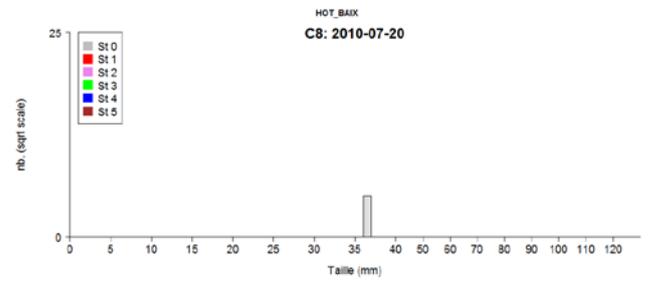
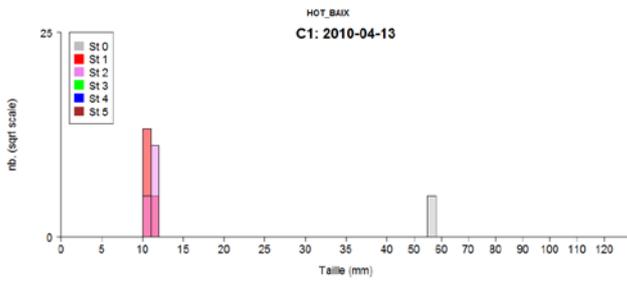
A.4.11 : Histogrammes (échelle racine carrée) des effectifs bruts en fonction de la taille standard (en mm) de gardons sur le vieux-Rhône de Péage en 2011. Les classes de taille sont de 1 en 1 mm puis de 3 en 3 à partir de 40mm. De haut en bas et de gauche à droite, les campagnes de terrain 1 à 14.



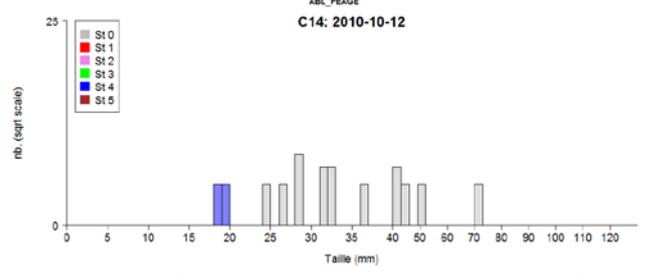
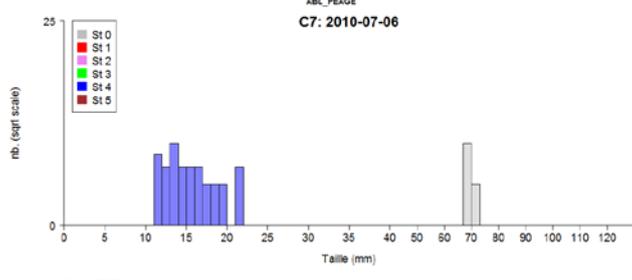
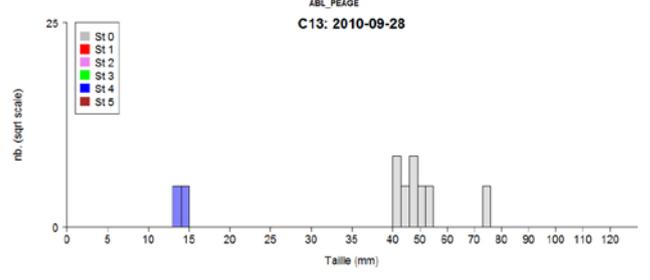
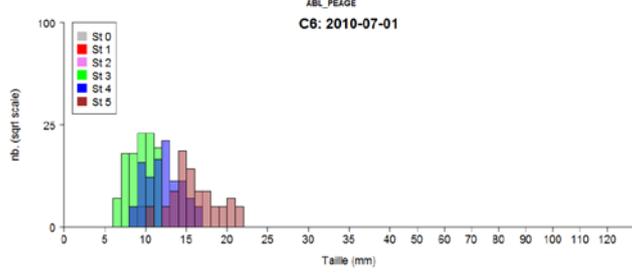
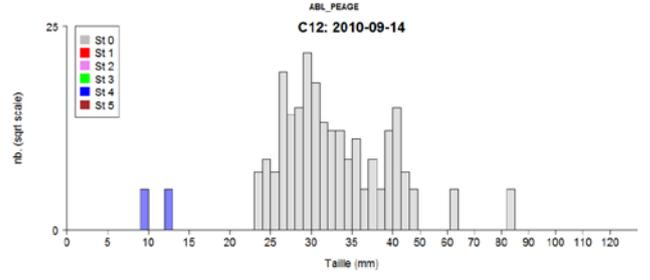
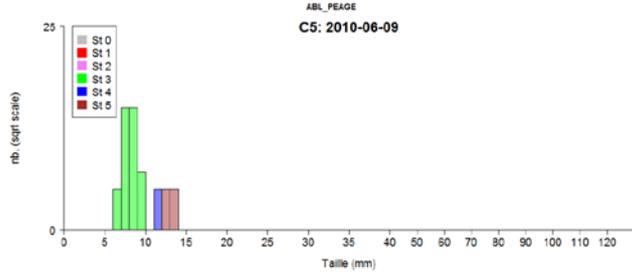
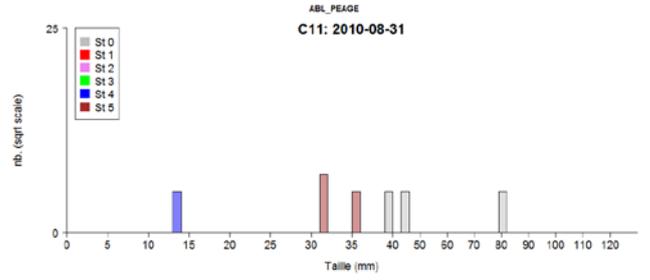
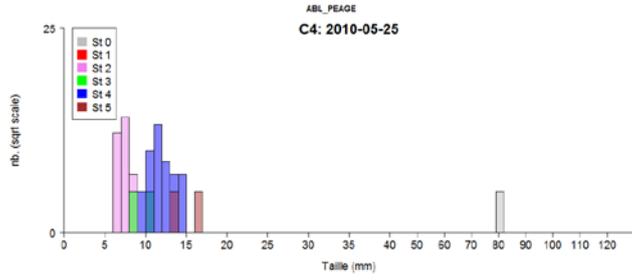
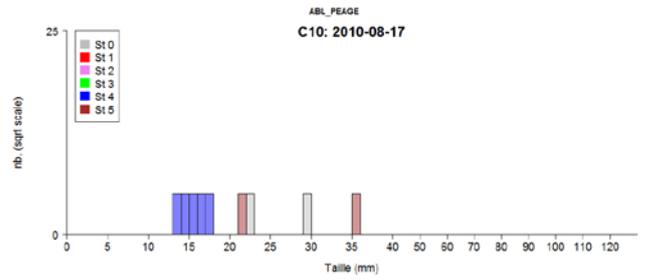
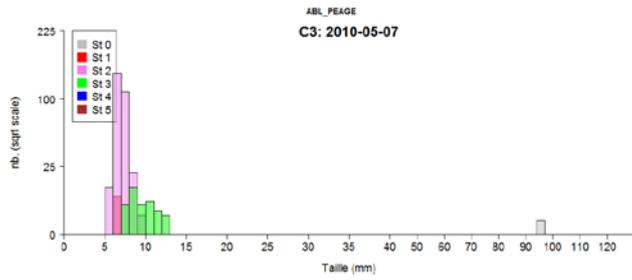
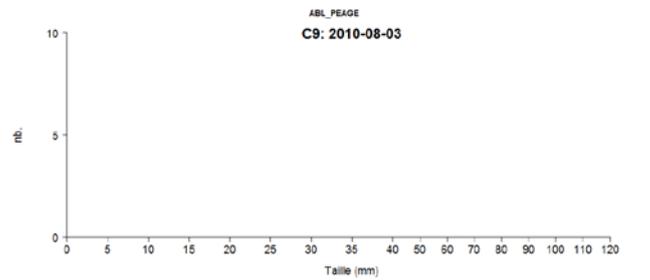
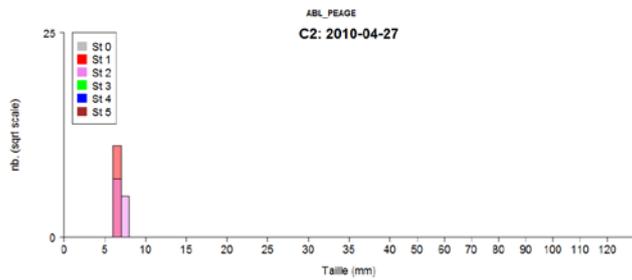
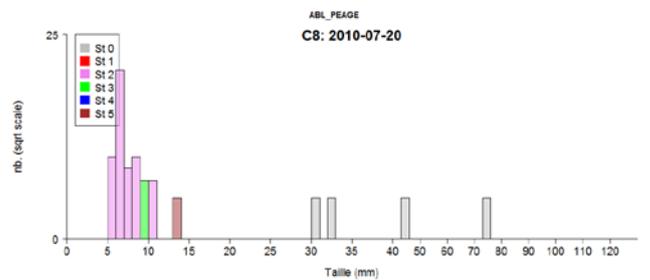
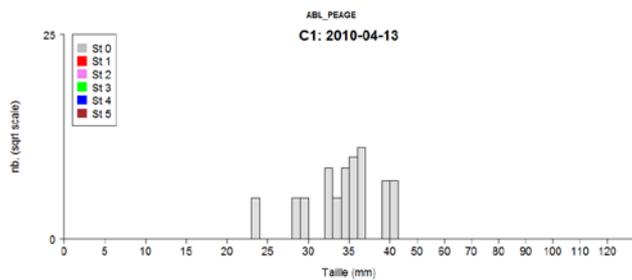
A.4.12 : Histogrammes (échelle racine carrée) des effectifs bruts en fonction de la taille standard (en mm) de gardons sur le vieux-Rhône de Baix en 2011. Les classes de taille sont de 1 en 1 mm puis de 3 en 3 à partir de 40mm. De haut en bas et de gauche à droite, les campagnes de terrain 1 à 14.



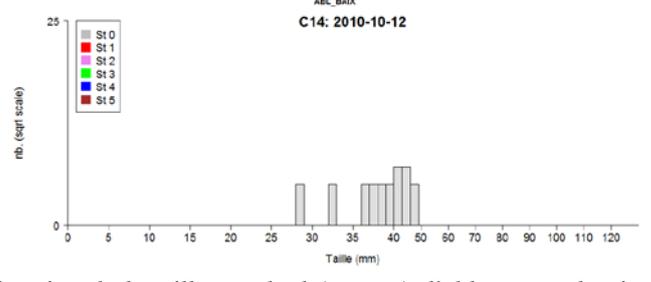
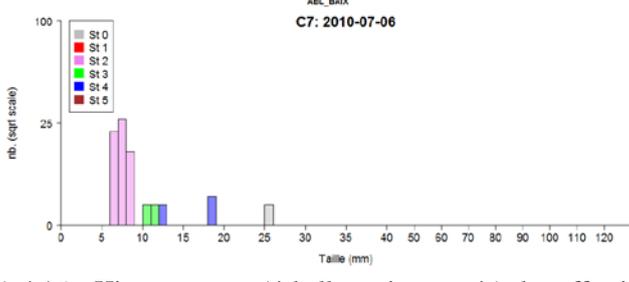
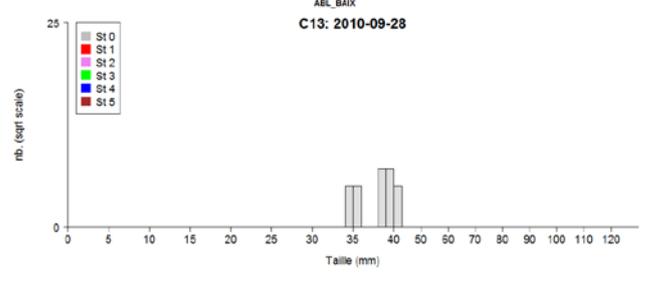
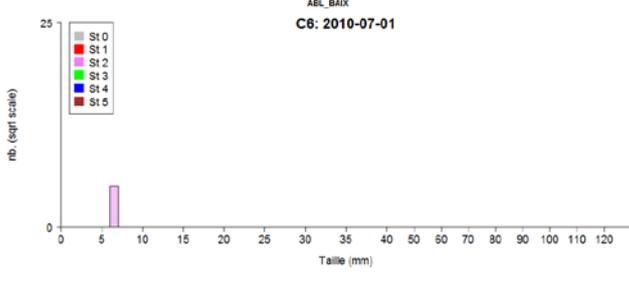
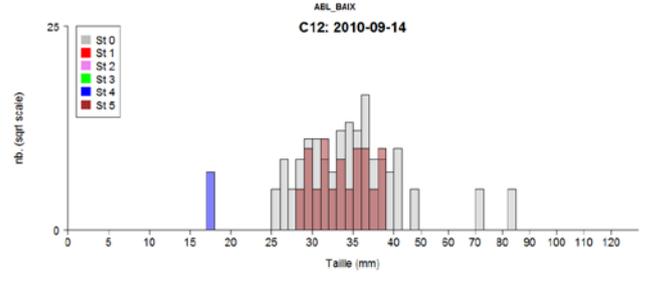
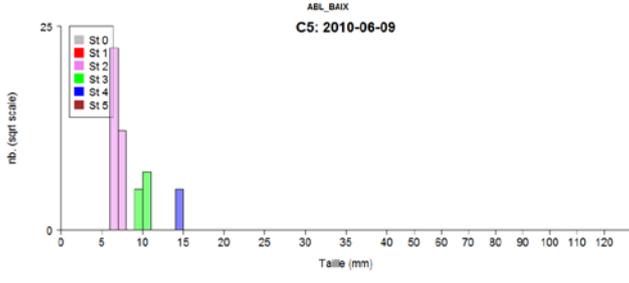
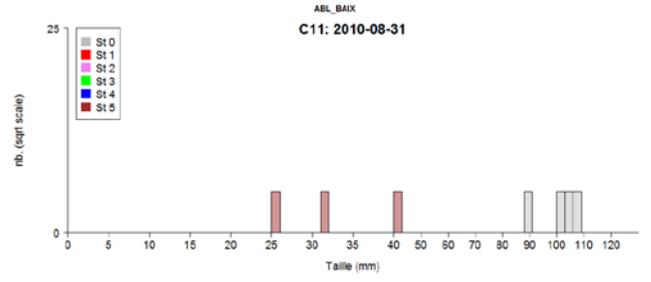
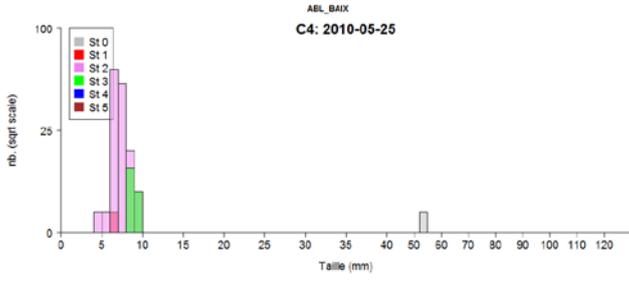
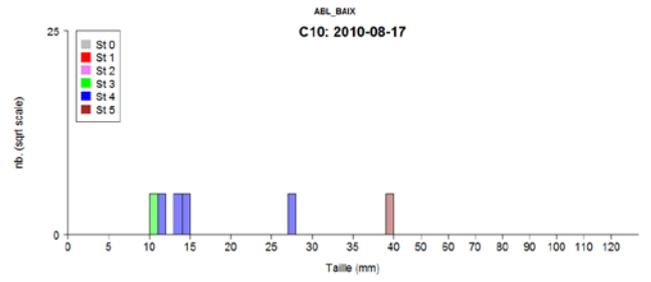
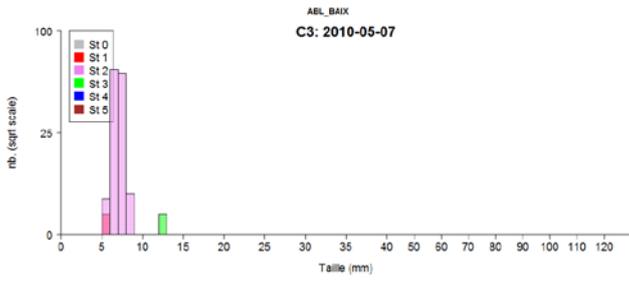
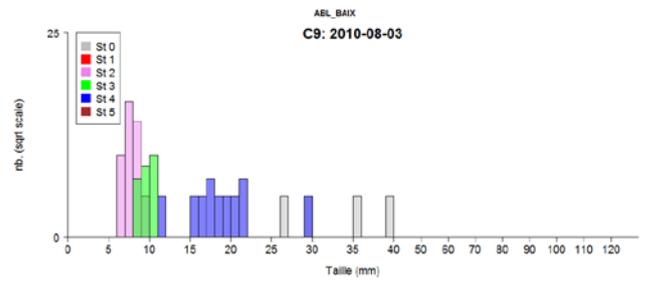
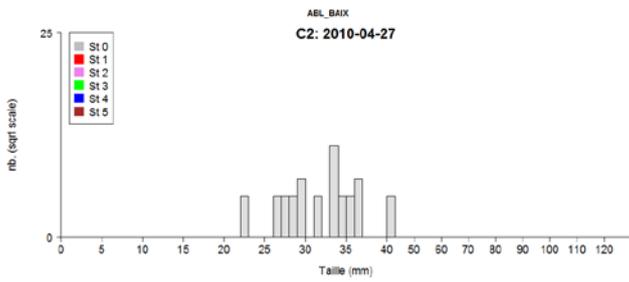
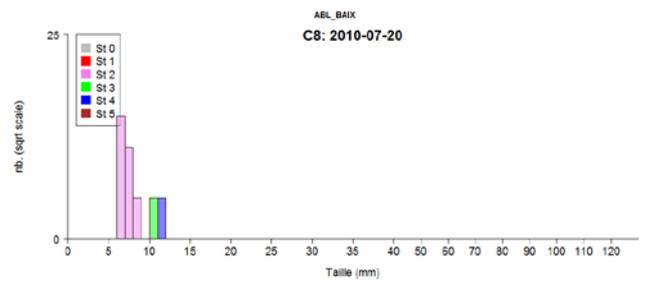
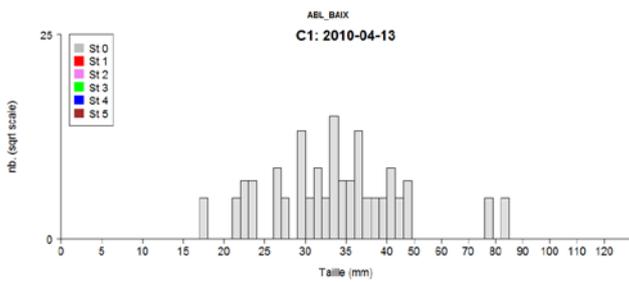
A.4.13 : Histogrammes (échelle racine carrée) des effectifs bruts en fonction de la taille standard (en mm) de hotus sur le vieux-Rhône de Péage en 2011. Les classes de taille sont de 1 en 1 mm puis de 3 en 3 à partir de 40mm. De haut en bas et de gauche à droite, les campagnes de terrain 1 à 14.



A.4.14 : Histogrammes (échelle racine carrée) des effectifs bruts en fonction de la taille standard (en mm) de hotus sur le vieux-Rhône de Baix en 2011. Les classes de taille sont de 1 en 1 mm puis de 3 en 3 à partir de 40mm. De haut en bas et de gauche à droite, les campagnes de terrain 1 à 14.



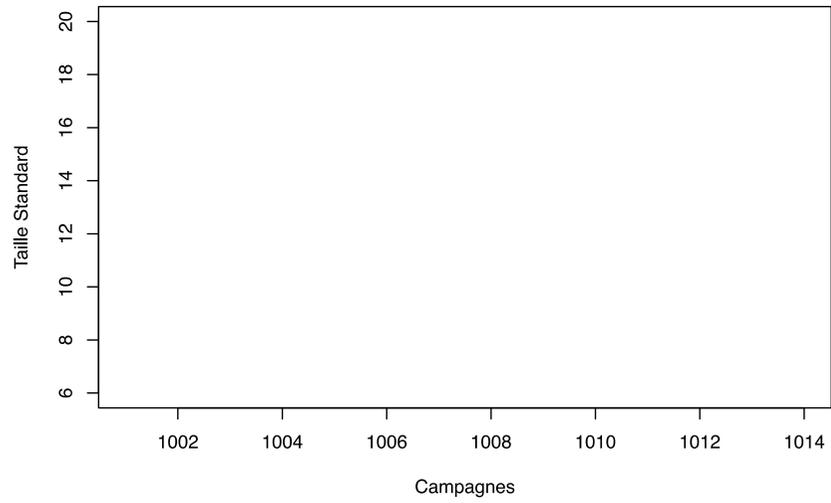
A.4.15 : Histogrammes (échelle racine carrée) des effectifs bruts en fonction de la taille standard (en mm) d'ablettes sur le vieux-Rhône de Péage en 2011. Les classes de taille sont de 1 en 1 mm puis de 3 en 3 à partir de 40mm. De haut en bas et de gauche à droite, les campagnes de terrain 1 à 14.



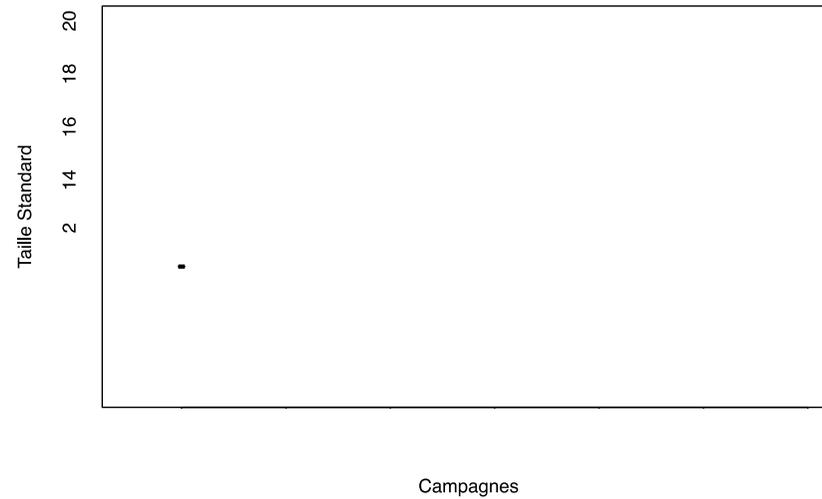
A.4.16 : Histogrammes (échelle racine carrée) des effectifs bruts en fonction de la taille standard (en mm) d'ablettes sur le vieux-Rhône de Baix en 2011. Les classes de taille sont de 1 en 1 mm puis de 3 en 3 à partir de 40mm. De haut en bas et de gauche à droite, les campagnes de terrain 1 à 14.

Annexe 5 : Représentations graphiques (Boxplots) des tailles standard en fonction des campagnes de pêche sur les vieux-Rhône de Baix et Péage en 2010 et 2011 pour chaque stade de développement chez le chevaine, le gardon, le hotu et l'ablette.

Stade 1– CHE BAIX 2010 RCC

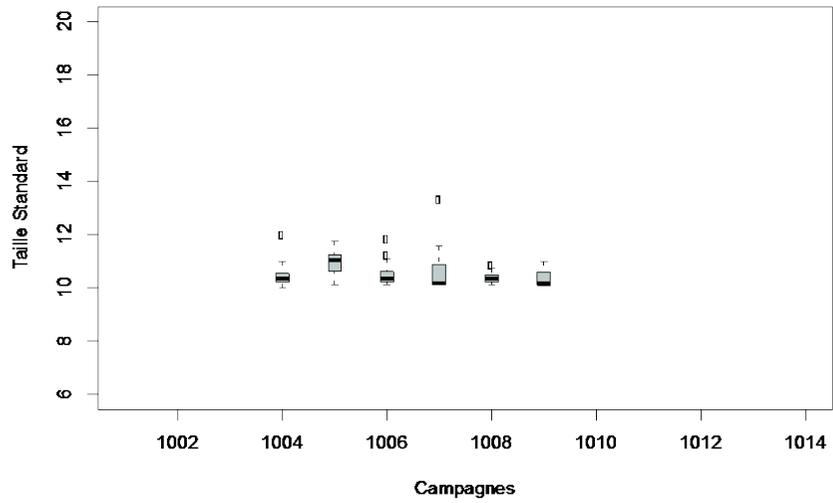


Stades 1– CHE PEAGE 2011 RCC

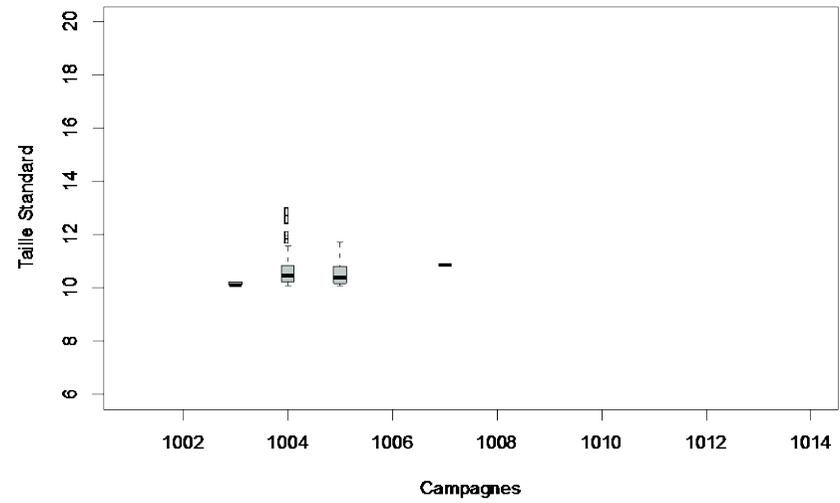


A.5.1 Boxplots représentant les tailles standard de stades 1 de chevine en fonction des 14 campagnes de terrain, sur les vieux-Rhône de Baix et Péage en 2010 et 2011.

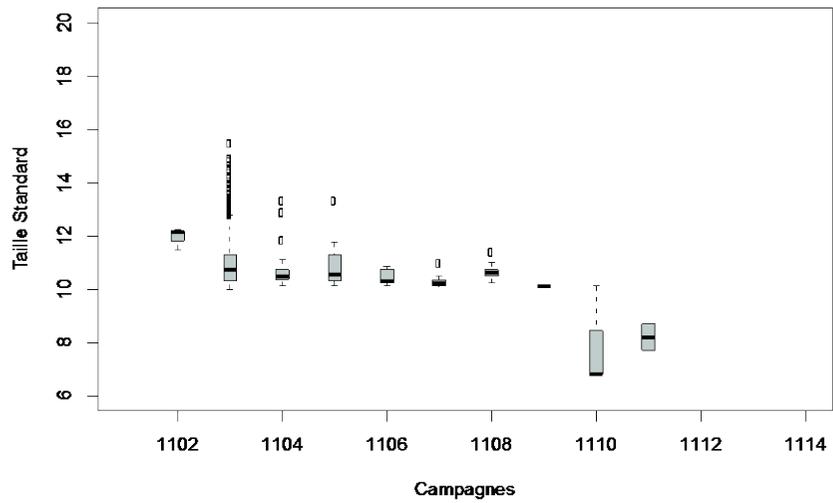
Stade 2- CHE BAIX 2010 RCC



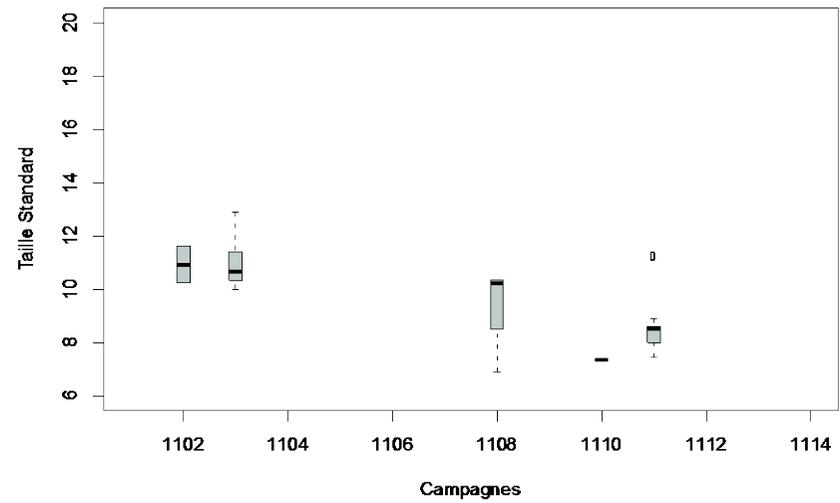
Stade 2- CHE PEAGE 2010 RCC



Stades 2- CHE BAIX 2011 RCC

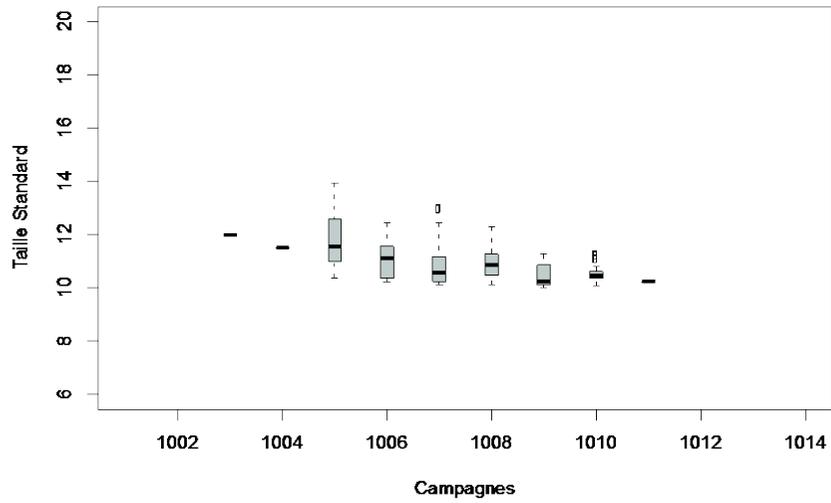


Stades 2- CHE PEAGE 2011 RCC

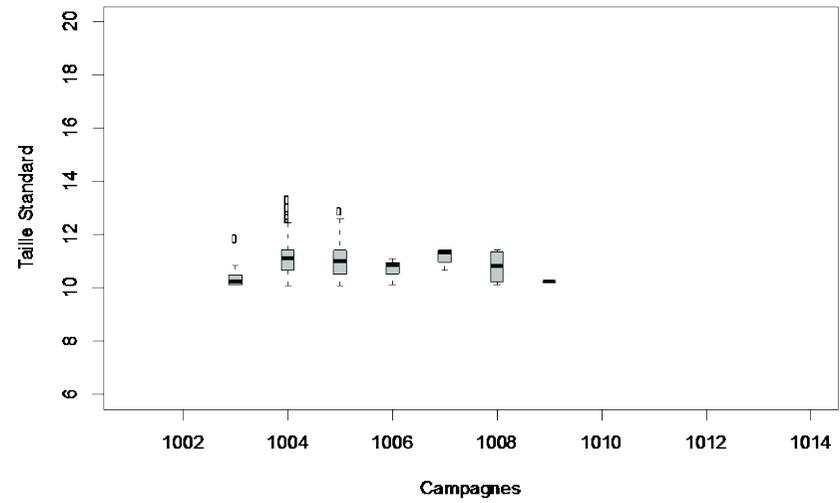


A.5.2 Boxplots représentant les tailles standard de stades 2 de chevaîne en fonction des 14 campagnes de terrain, sur les vieux-Rhône de Baix et Péage en 2010 et 2011.

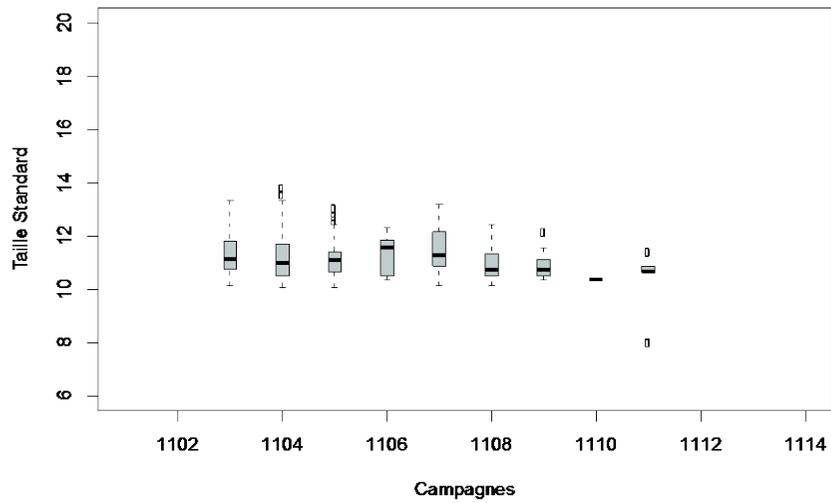
Stade 3- CHE BAIX 2010 RCC



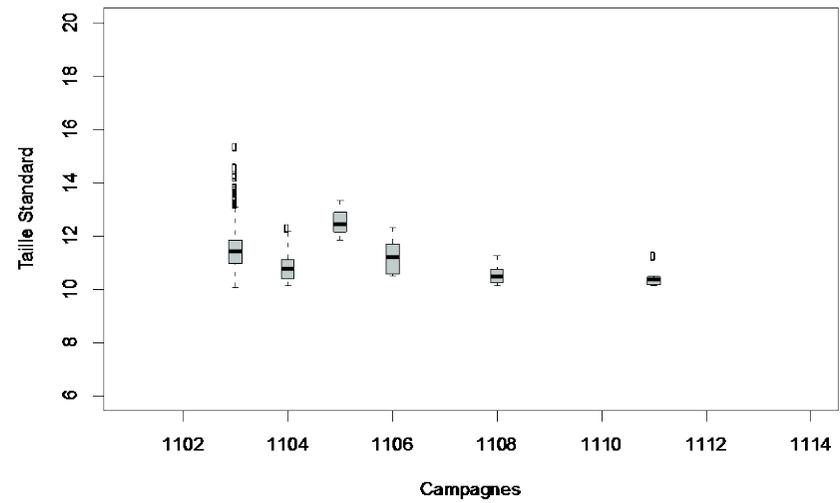
Stade 3- CHE PEAGE 2010 RCC



Stades 3- CHE BAIX 2011 RCC

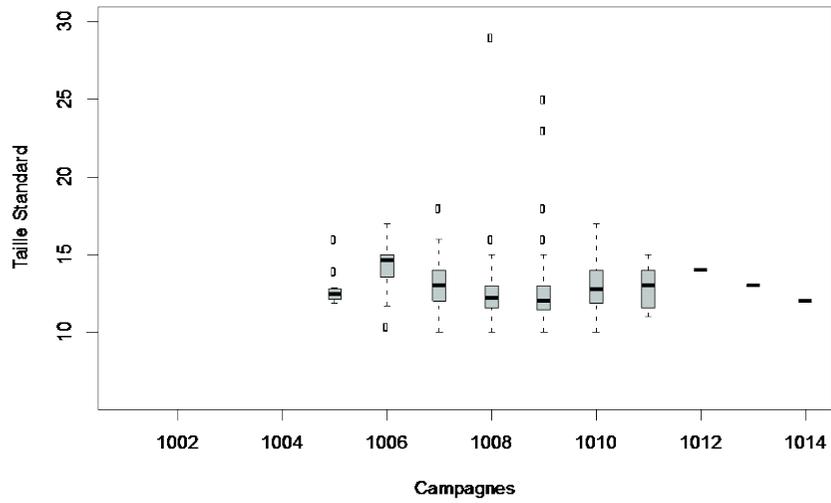


Stades 3- CHE PEAGE 2011 RCC

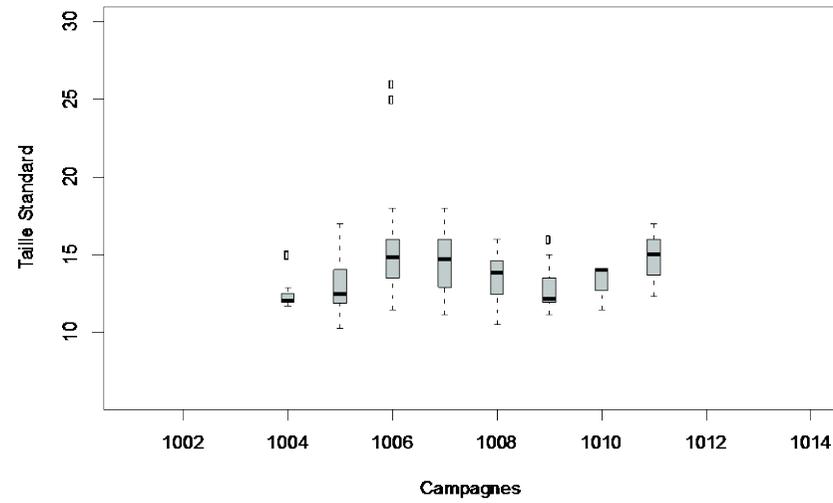


A.5.3 Boxplots représentant les tailles standard de stades 3 de chevine en fonction des 14 campagnes de terrain, sur les vieux-Rhône de Baix et Péage en 2010 et 2011.

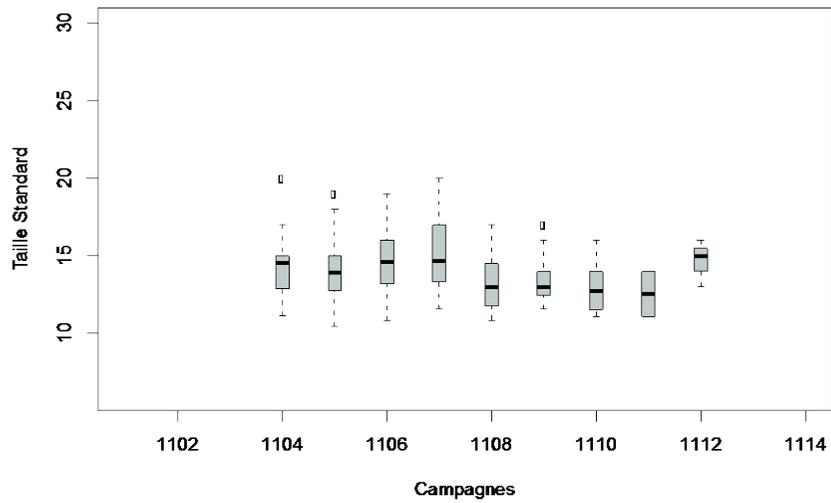
Stade 4- CHE BAIX 2010 RCC



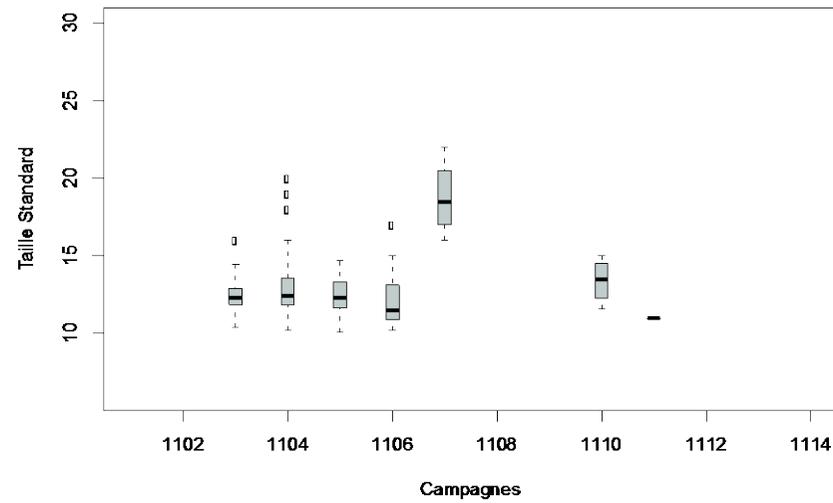
Stade 4- CHE PEAGE 2010 RCC



Stades 4- CHE BAIX 2011 RCC

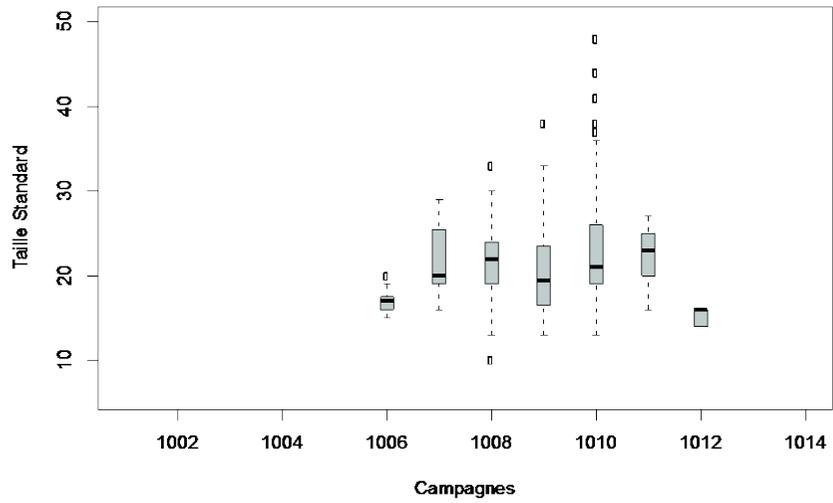


Stades 4- CHE PEAGE 2011 RCC

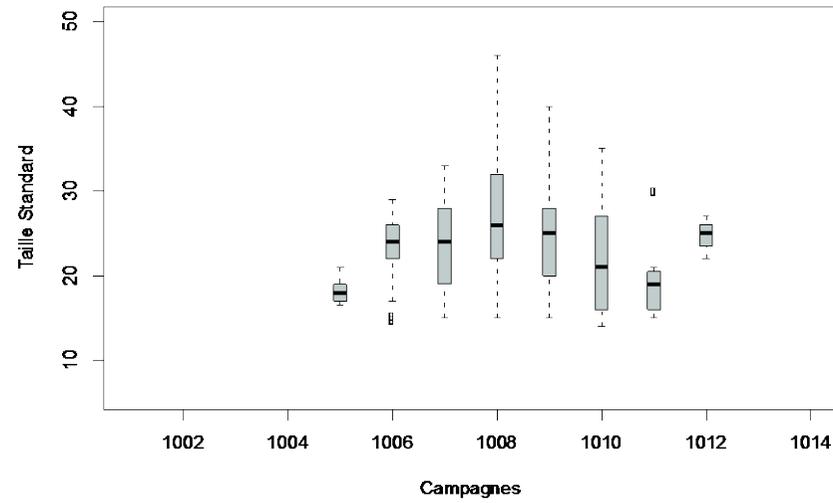


A.5.4 Boxplots représentant les tailles standard de stades 4 de chevine en fonction des 14 campagnes de terrain, sur les vieux-Rhône de Baix et Péage en 2010 et 2011.

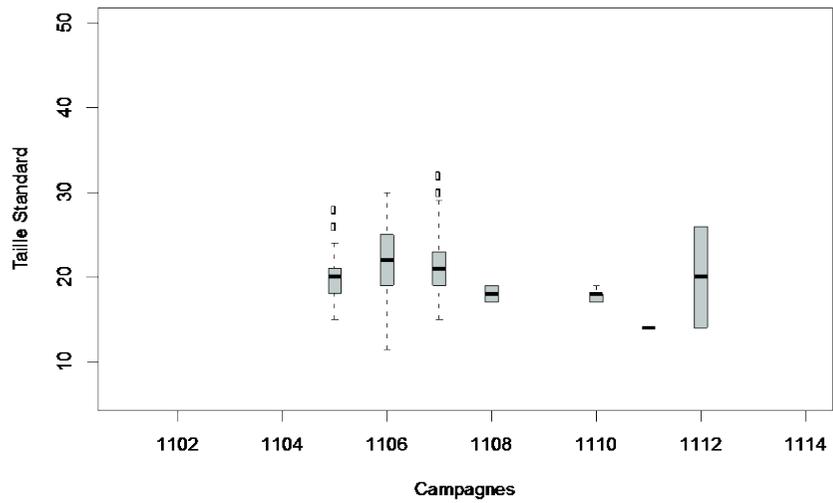
Stade 5- CHE BAIX 2010 RCC



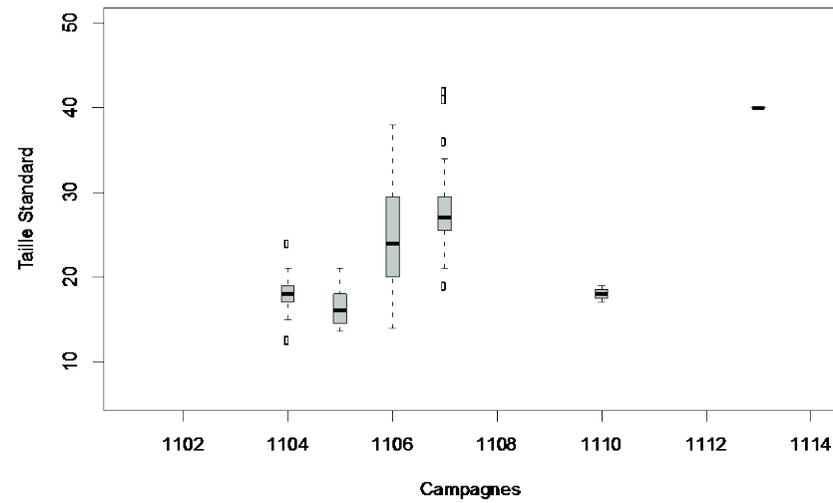
Stade 5- CHE PEAGE 2010 RCC



Stades 5- CHE BAIX 2011 RCC

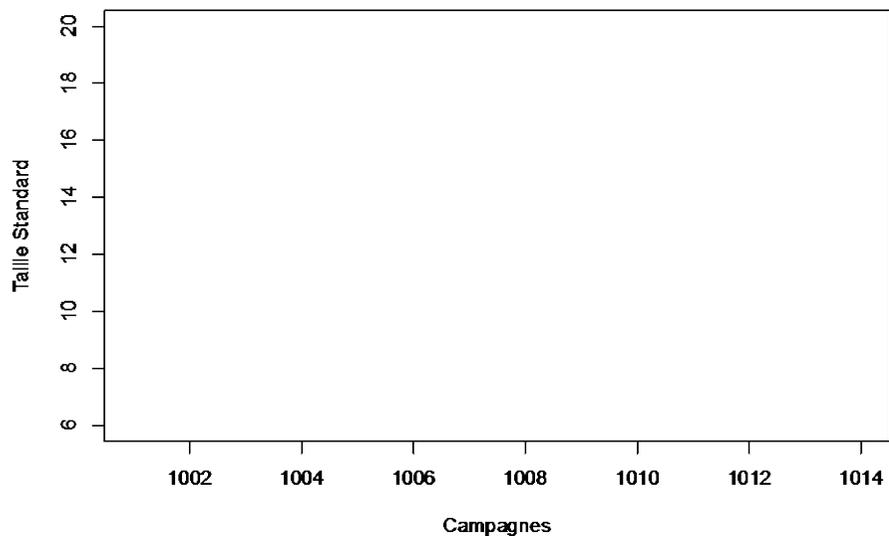


Stades 5- CHE PEAGE 2011 RCC

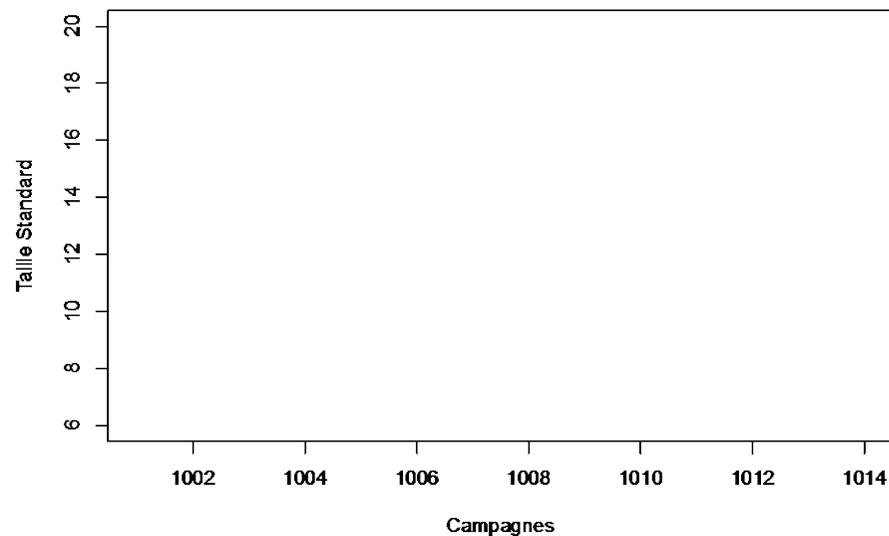


A.5.5 Boxplots représentant les tailles standard de stades 5 de chevaîne en fonction des 14 campagnes de terrain, sur les vieux-Rhône de Baix et Péage en 2010 et 2011.

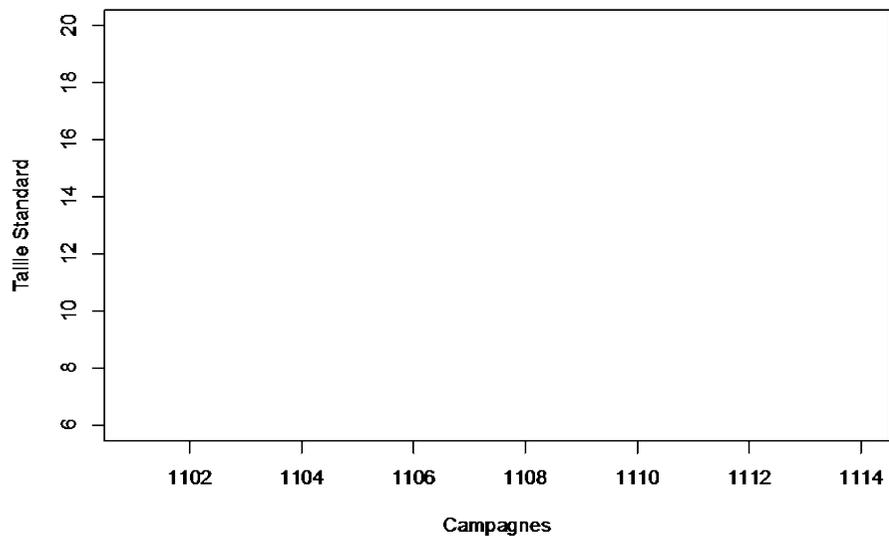
Stade 1– GAR BAIX 2010 RCC



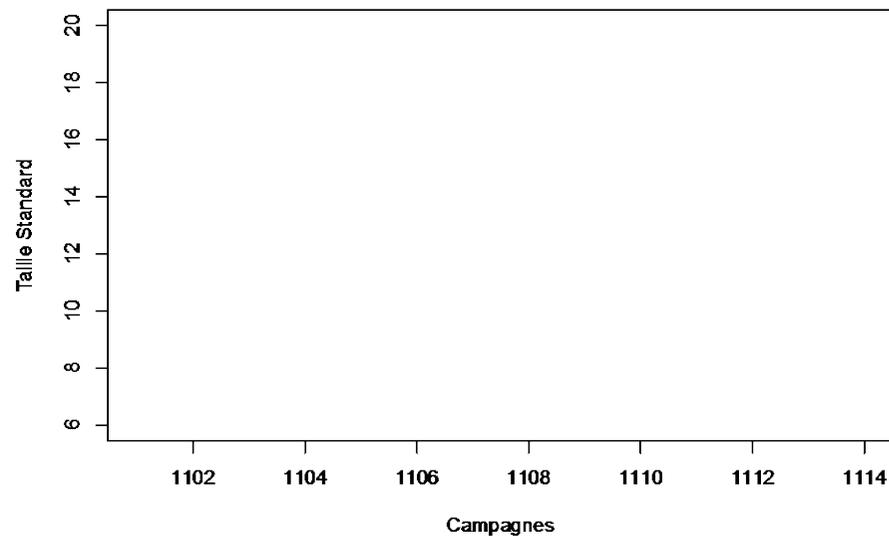
Stade 1– GAR PEAGE 2010 RCC



Stades 1– GAR BAIX 2011 RCC

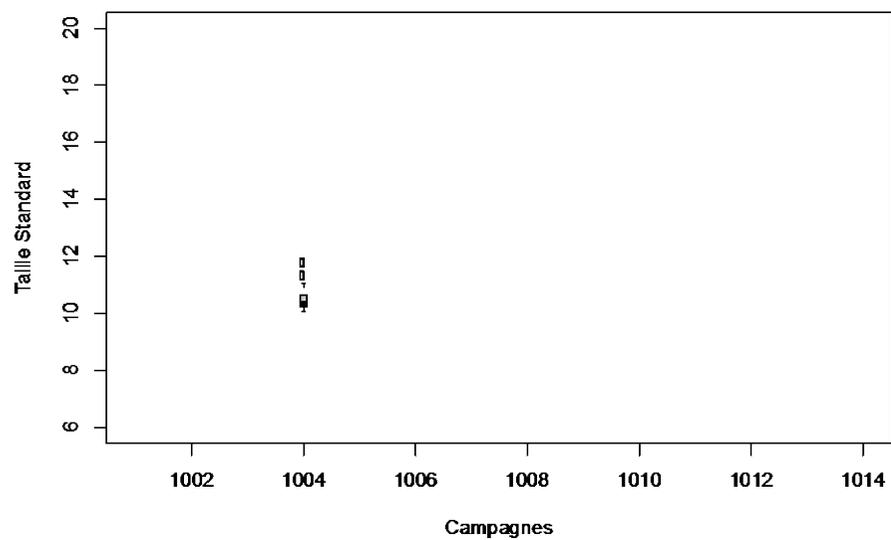


Stades 1– GAR PEAGE 2011 RCC

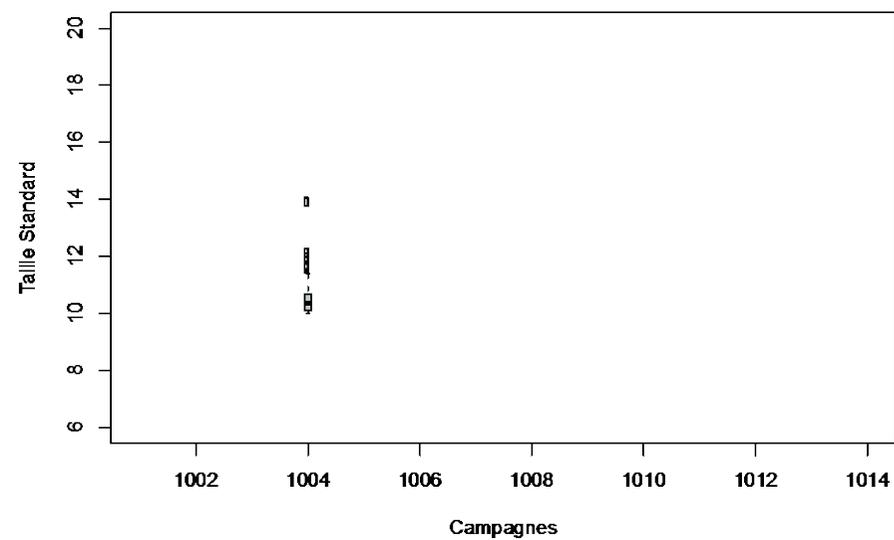


A.5.6 Boxplots représentant les tailles standard de stades 1 de gardon en fonction des 14 campagnes de terrain, sur les vieux-Rhône de Baix et Péage en 2010 et 2011.

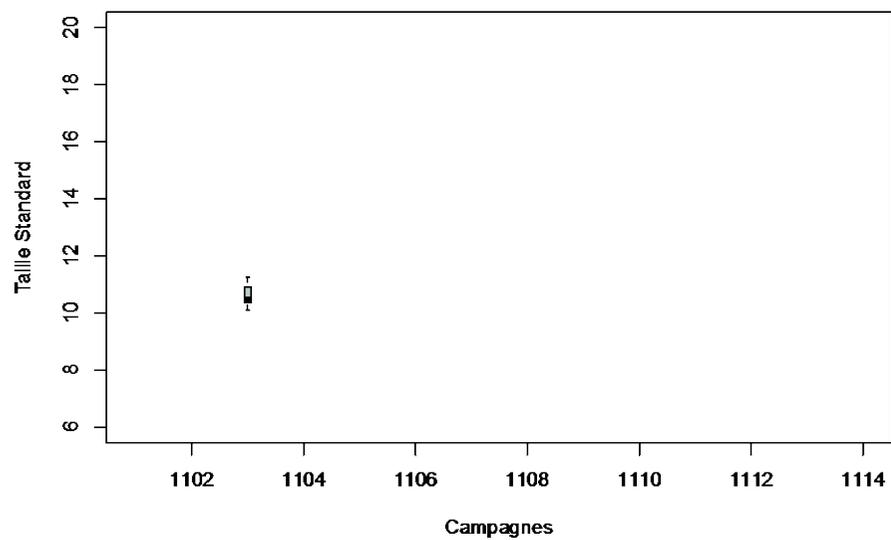
Stade 2– GAR BAIX 2010 RCC



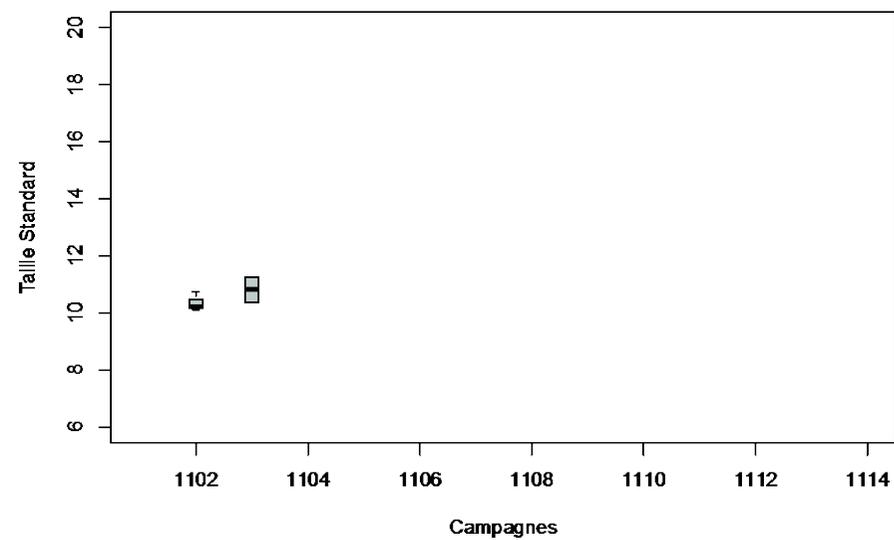
Stade 2– GAR PEAGE 2010 RCC



Stades 2– GAR BAIX 2011 RCC

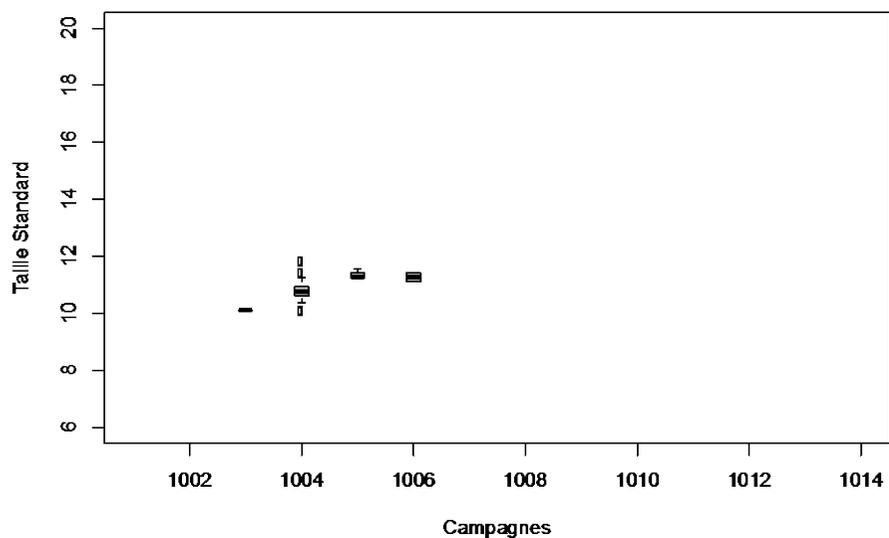


Stades 2– GAR PEAGE 2011 RCC

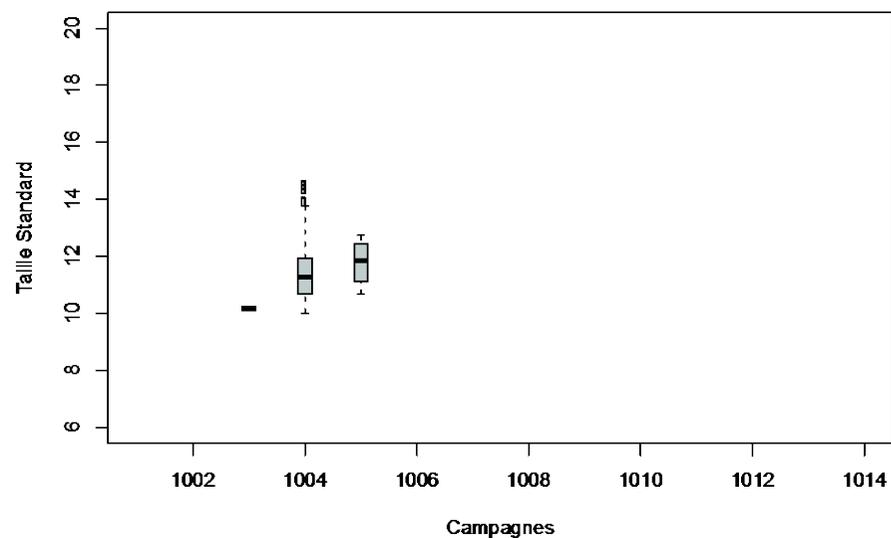


A.5.7 Boxplots représentant les tailles standard de stades 2 de gardon en fonction des 14 campagnes de terrain, sur les vieux-Rhône de Baix et Péage en 2010 et 2011.

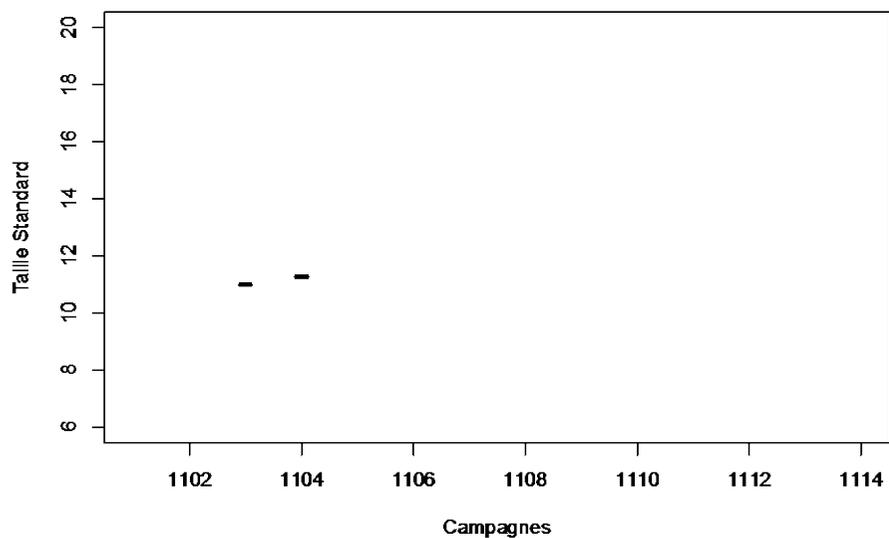
Stade 3– GAR BAIX 2010 RCC



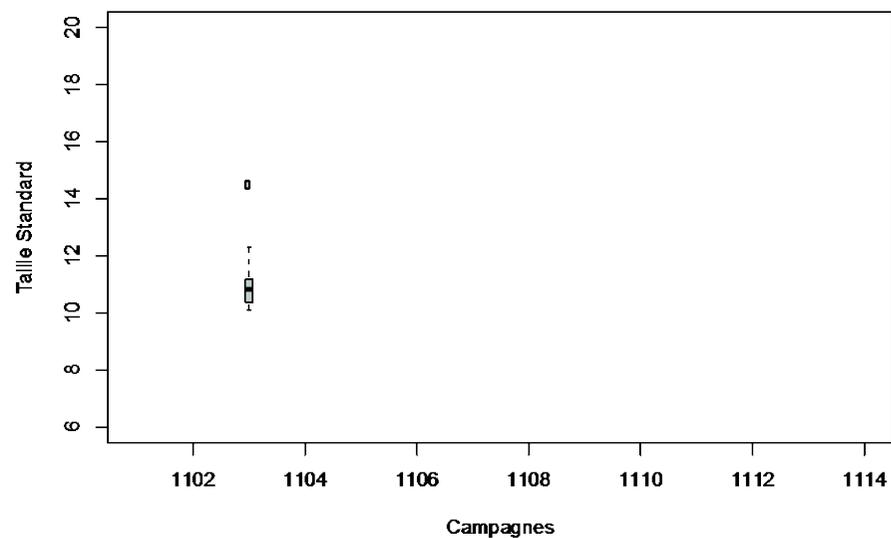
Stade 3– GAR PEAGE 2010 RCC



Stades 3– GAR BAIX 2011 RCC

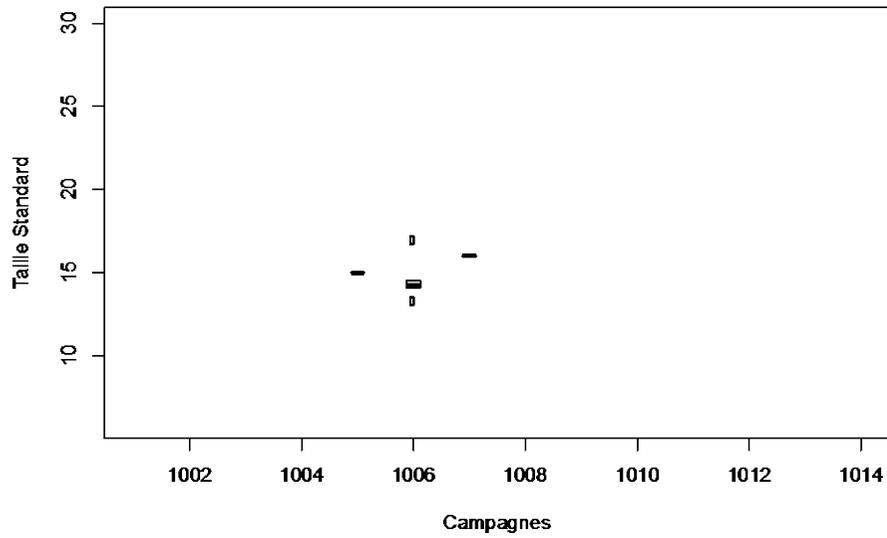


Stades 3– GAR PEAGE 2011 RCC

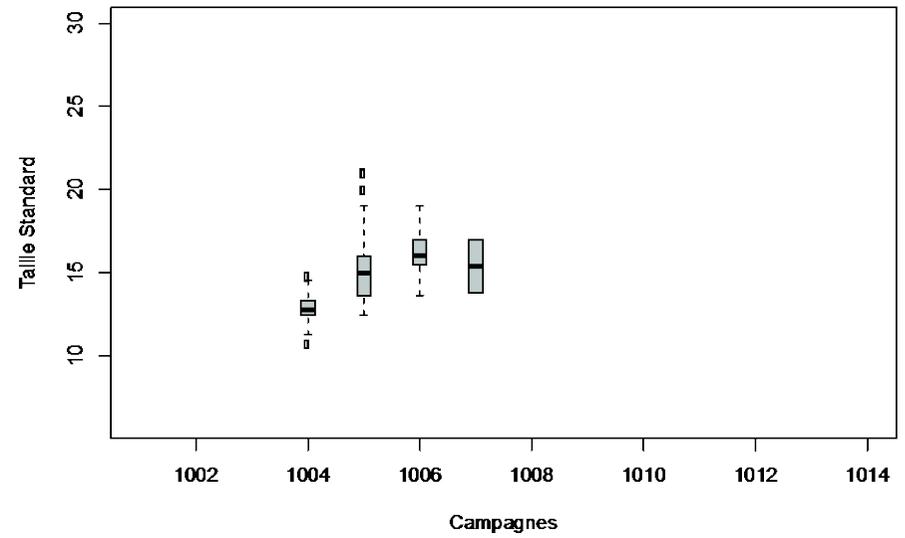


A.5.8 Boxplots représentant les tailles standard de stades 3 de gardon en fonction des 14 campagnes de terrain, sur les vieux-Rhône de Baix et Péage en 2010 et 2011.

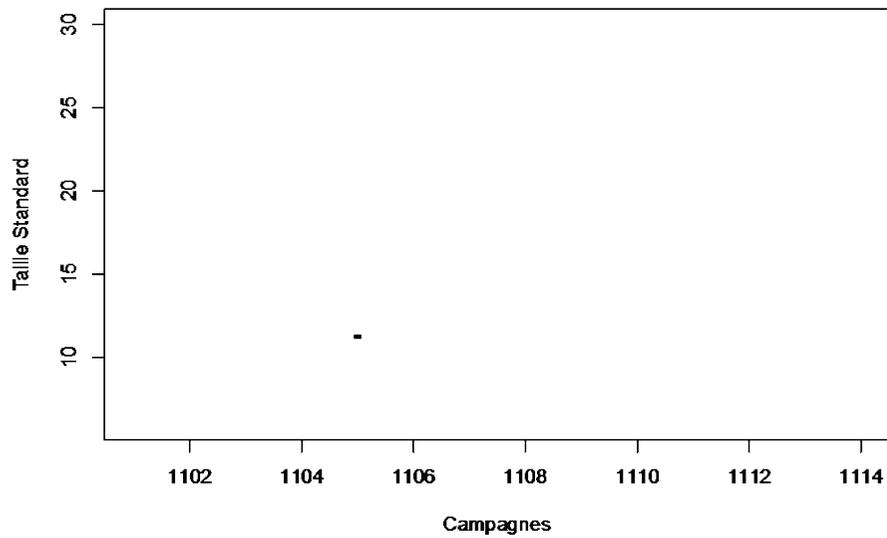
Stade 4– GAR BAIX 2010 RCC



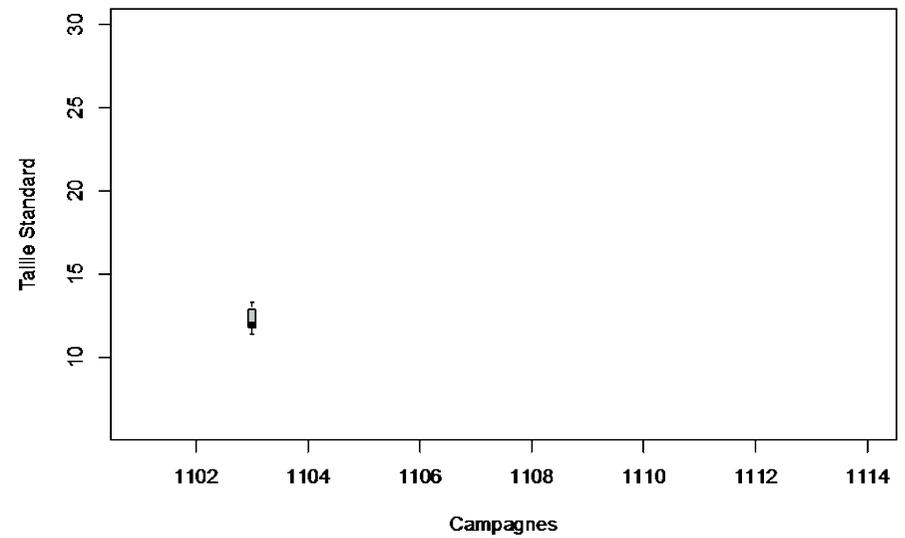
Stade 4– GAR PEAGE 2010 RCC



Stades 4– GAR BAIX 2011 RCC

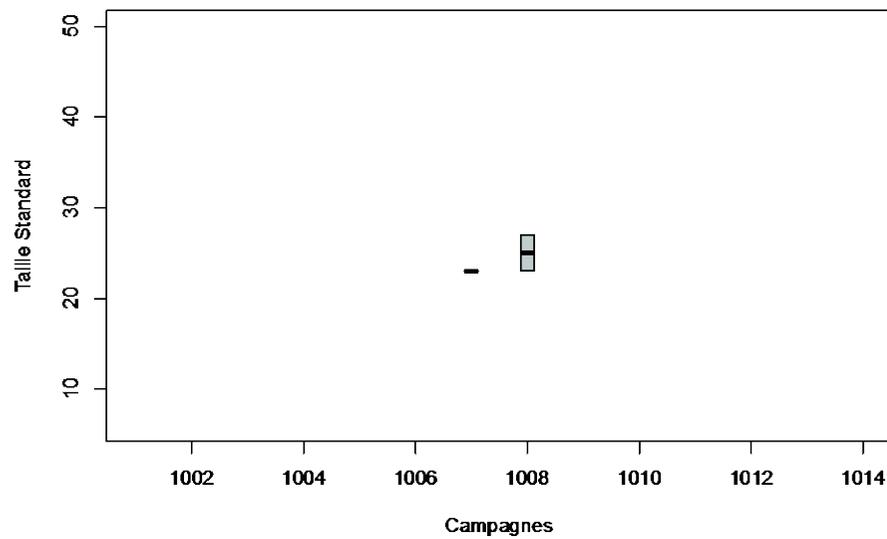


Stades 4– GAR PEAGE 2011 RCC

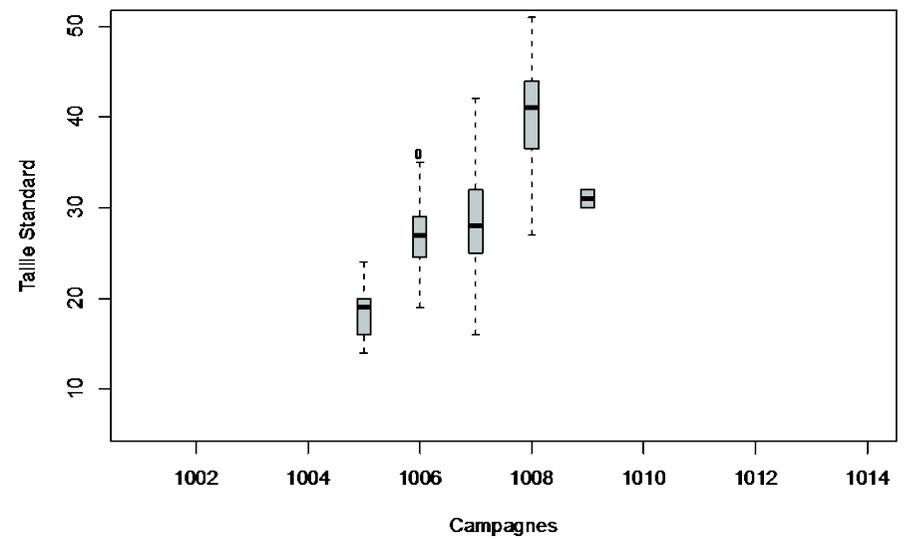


A.5.9 Boxplots représentant les tailles standard de stades 4 de gardon en fonction des 14 campagnes de terrain, sur les vieux-Rhône de Baix et Péage en 2010 et 2011.

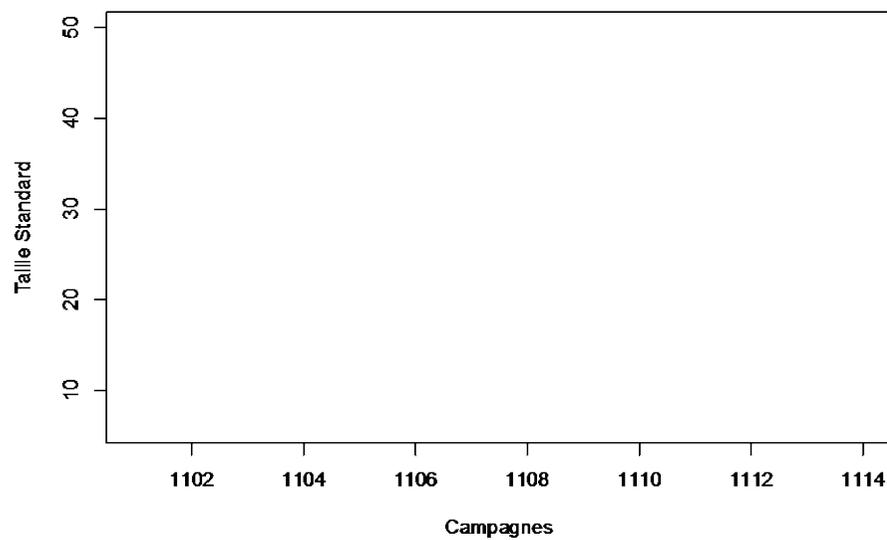
Stade 5– GAR BAIX 2010 RCC



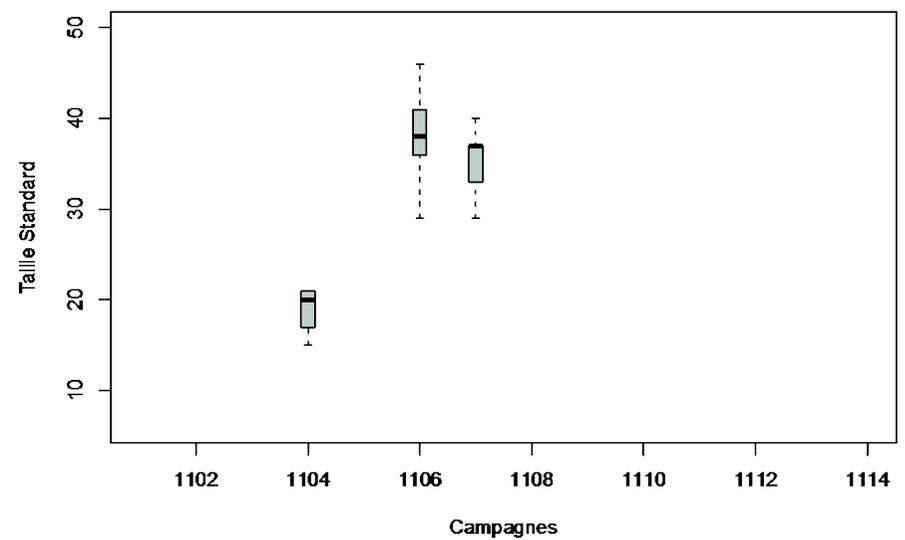
Stade 5– GAR PEAGE 2010 RCC



Stades 5– GAR BAIX 2011 RCC

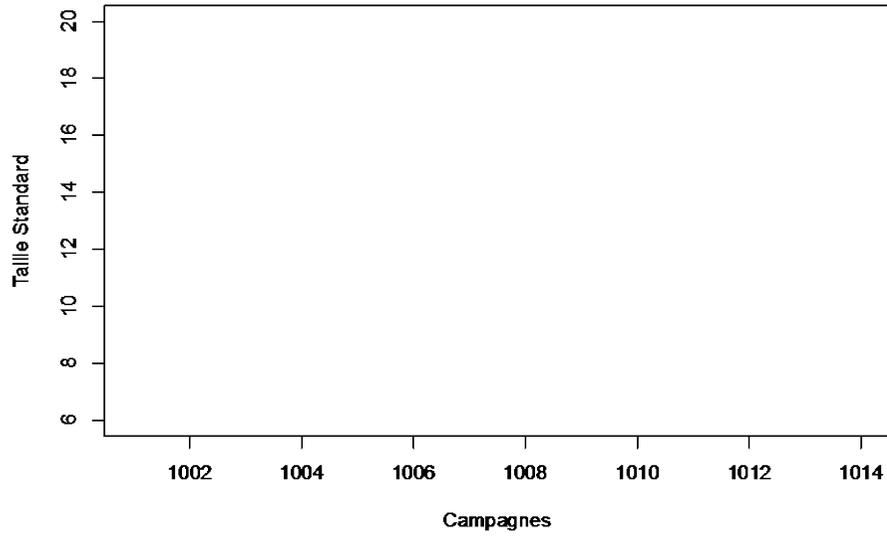


Stades 5– GAR PEAGE 2011 RCC

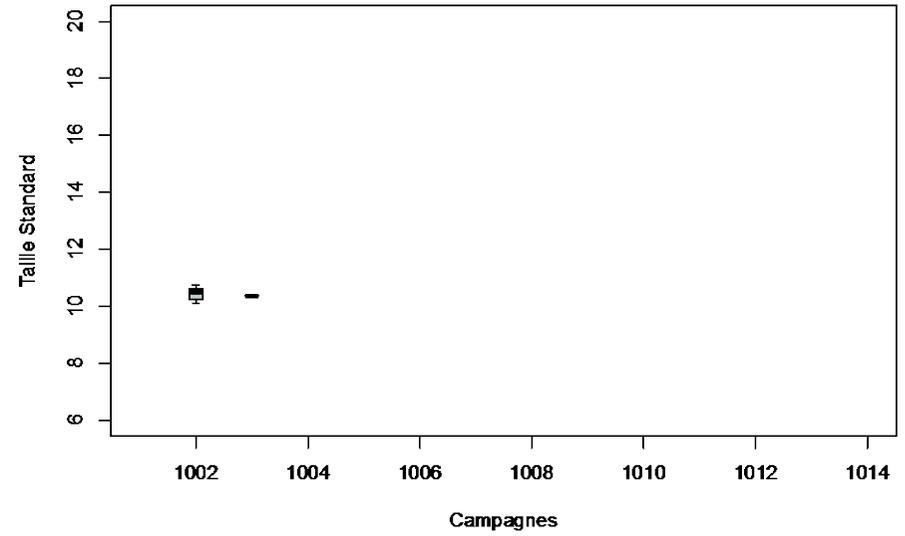


A.5.10 Boxplots représentant les tailles standard de stades 5 de gardon en fonction des 14 campagnes de terrain, sur les vieux-Rhône de Baix et Péage en 2010 et 2011.

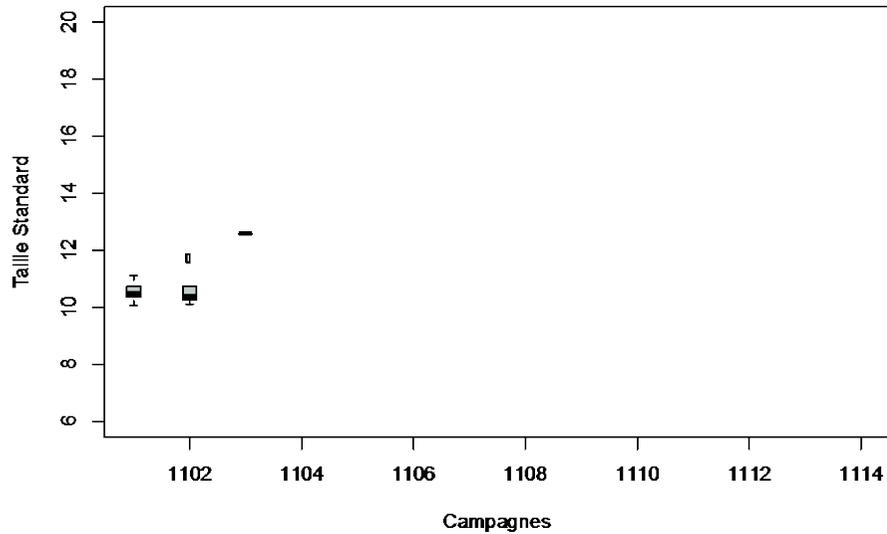
Stade 1– HOT BAIX 2010 RCC



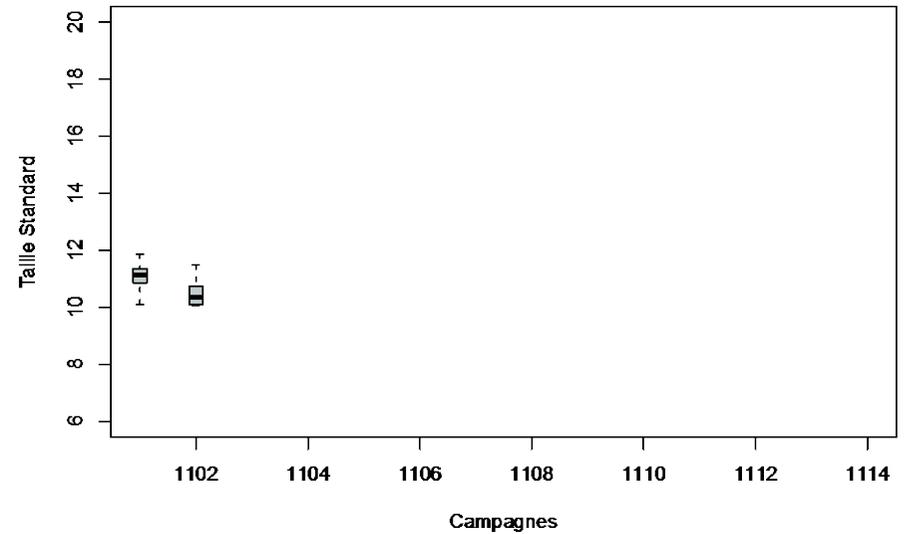
Stade 1– HOT PEAGE 2010 RCC



Stades 1– HOT BAIX 2011 RCC

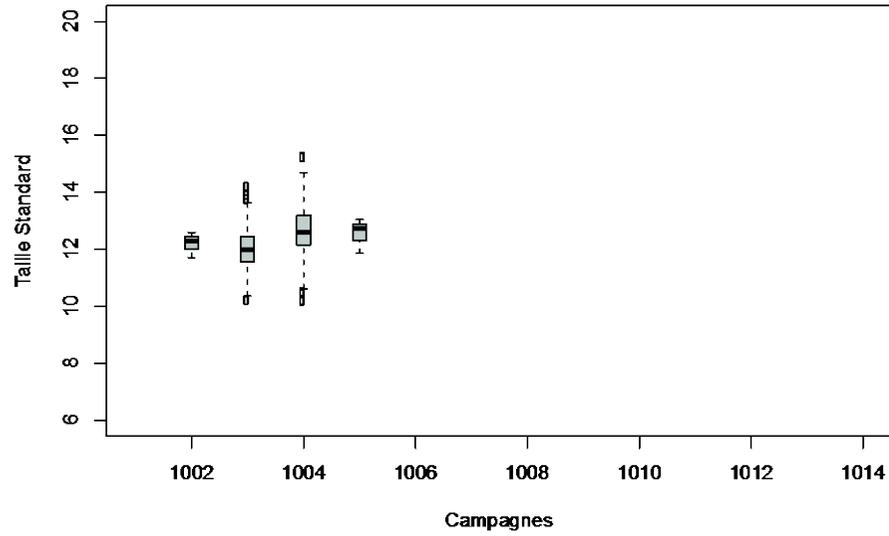


Stades 1– HOT PEAGE 2011 RCC

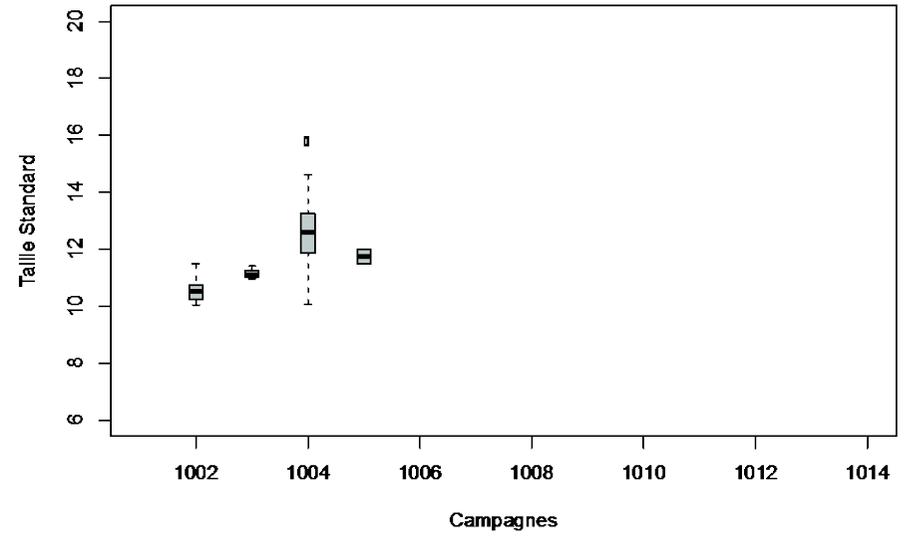


A.5.11 Boxplots représentant les tailles standard de stades 1 de hotu en fonction des 14 campagnes de terrain, sur les vieux-Rhône de Baix et Péage en 2010 et 2011.

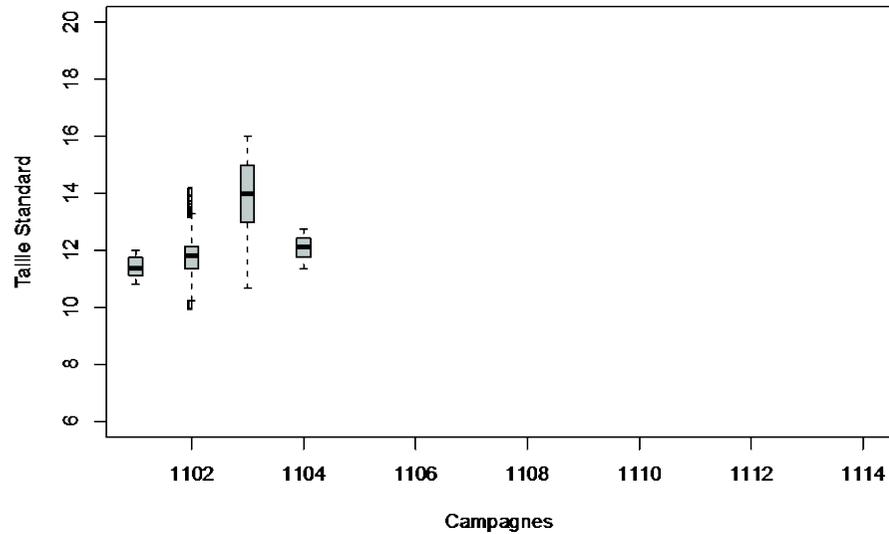
Stade 2- HOT BAIX 2010 RCC



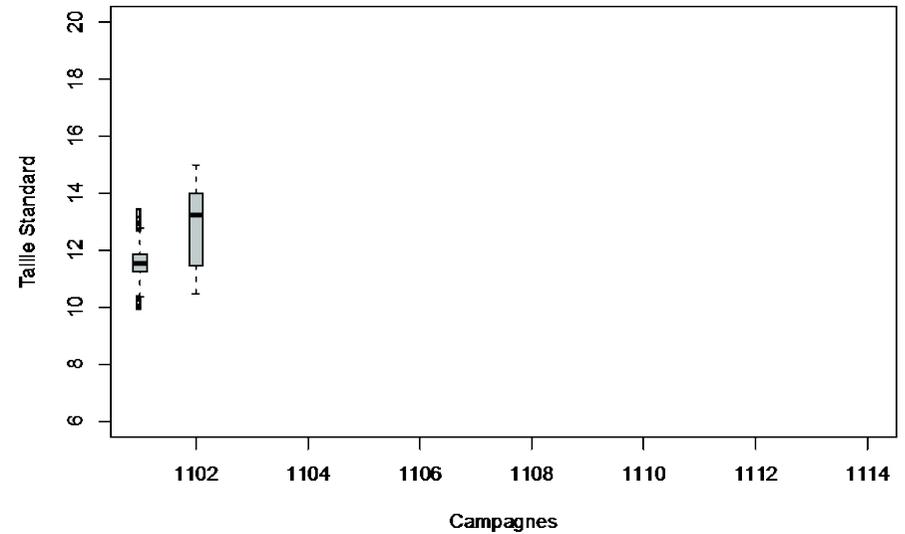
Stade 2- HOT PEAGE 2010 RCC



Stades 2- HOT BAIX 2011 RCC

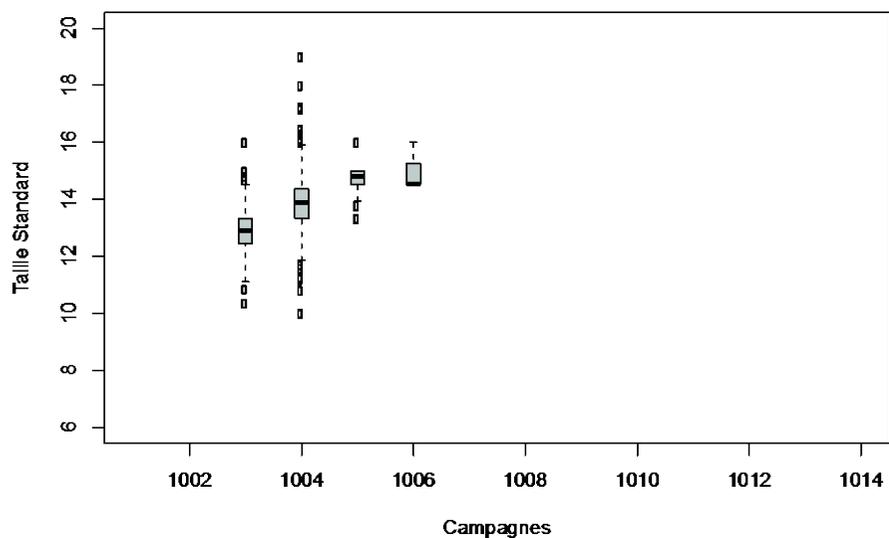


Stades 2- HOT PEAGE 2011 RCC

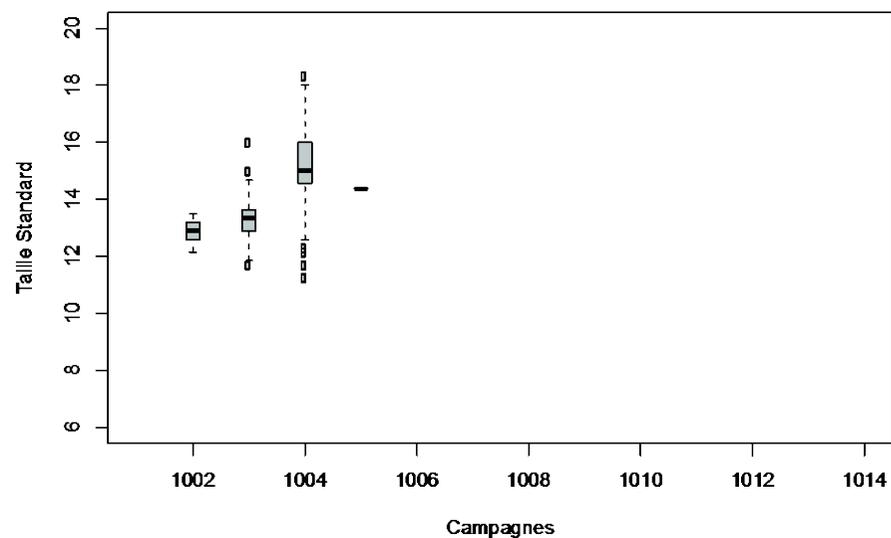


A.5.12 Boxplots représentant les tailles standard de stades 2 de hotu en fonction des 14 campagnes de terrain, sur les vieux-Rhône de Baix et Péage en 2010 et 2011.

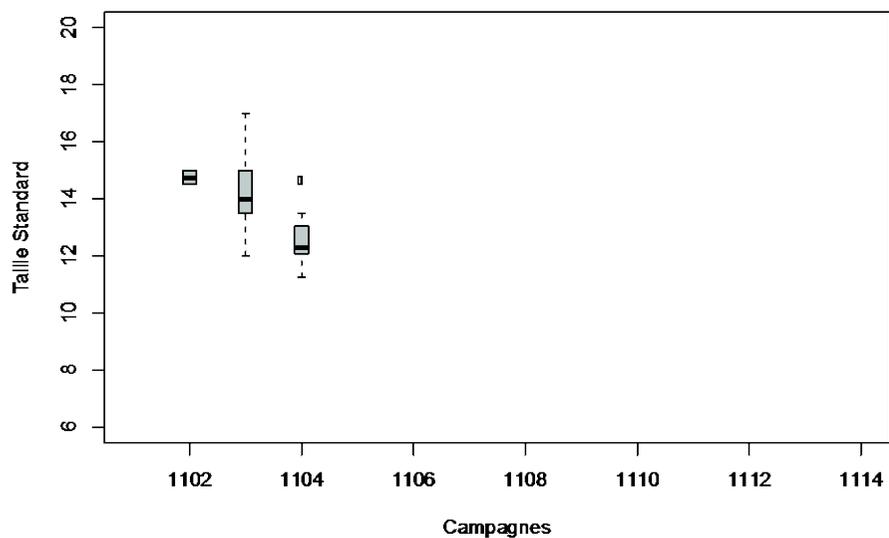
Stade 3– HOT BAIX 2010 RCC



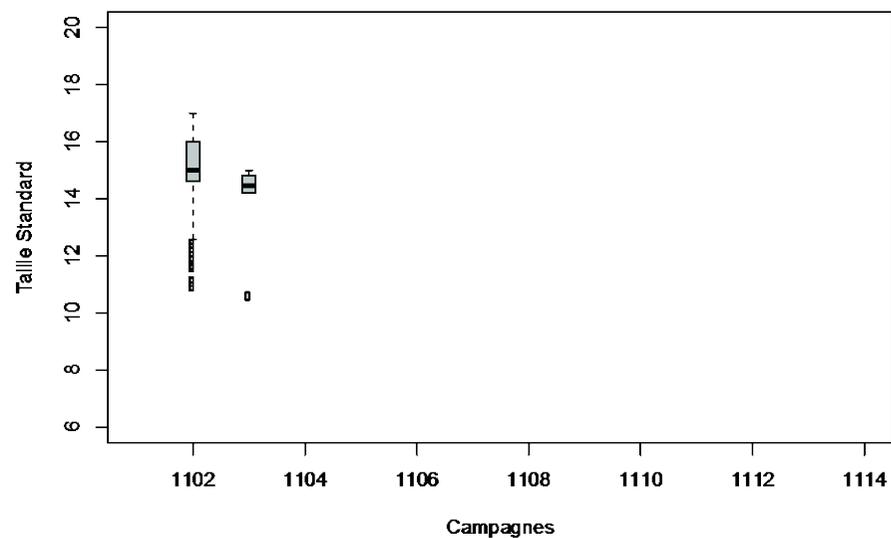
Stade 3– HOT PEAGE 2010 RCC



Stades 3– HOT BAIX 2011 RCC

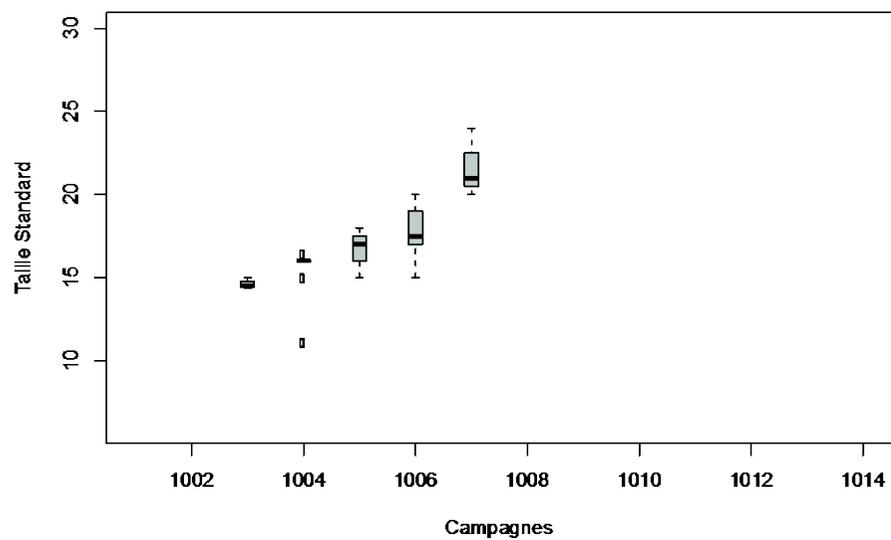


Stades 3– HOT PEAGE 2011 RCC

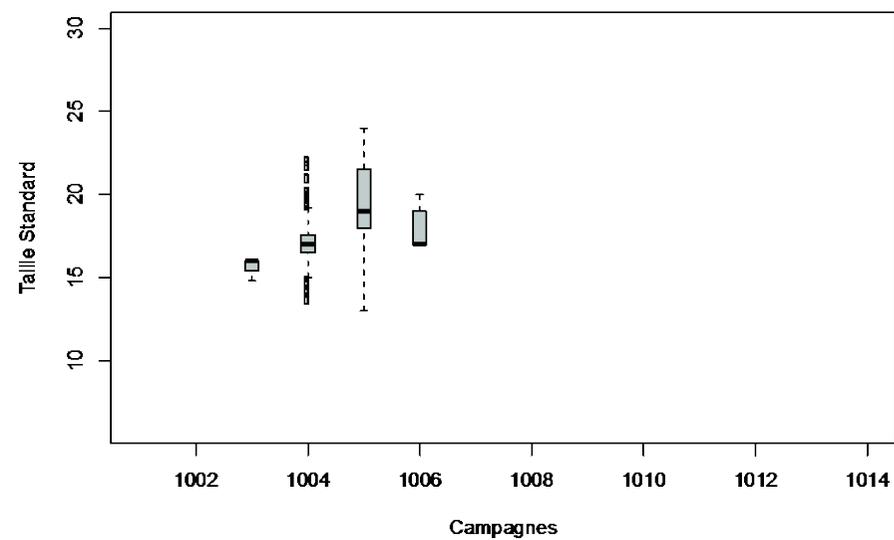


A.5.13 Boxplots représentant les tailles standard de stades 3 de hotu en fonction des 14 campagnes de terrain, sur les vieux-Rhône de Baix et Péage en 2010 et 2011.

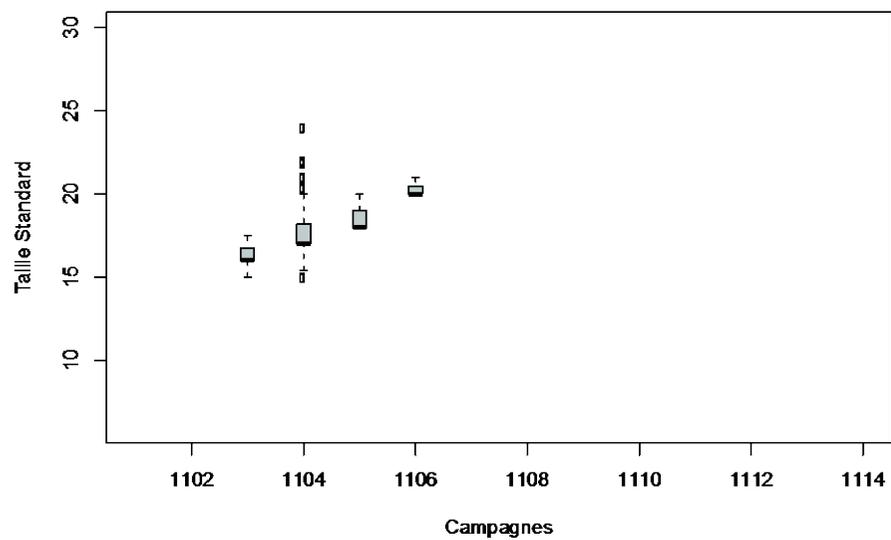
Stade 4- HOT BAIX 2010 RCC



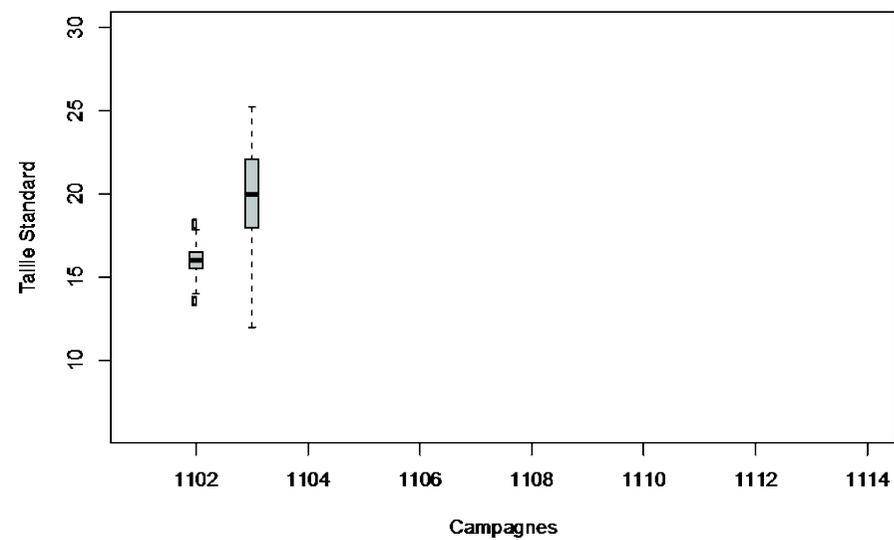
Stade 4- HOT PEAGE 2010 RCC



Stades 4- HOT BAIX 2011 RCC

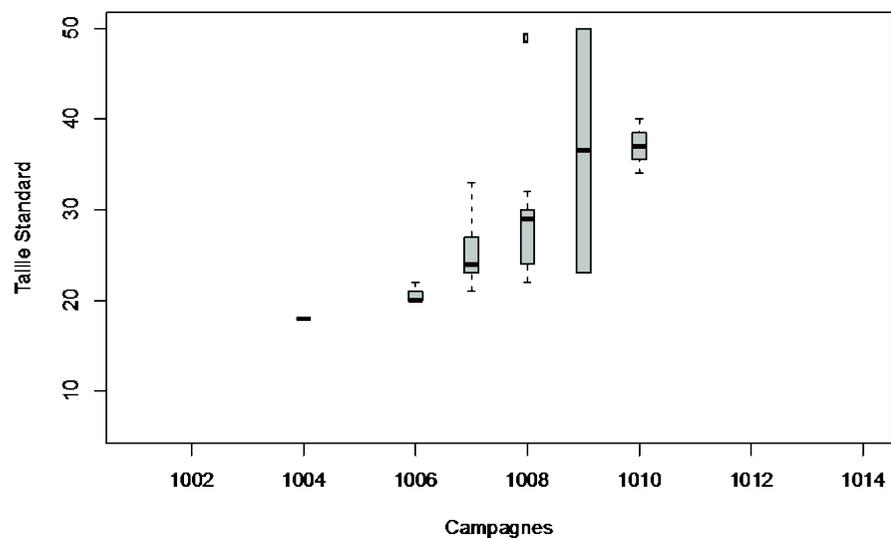


Stades 4- HOT PEAGE 2011 RCC

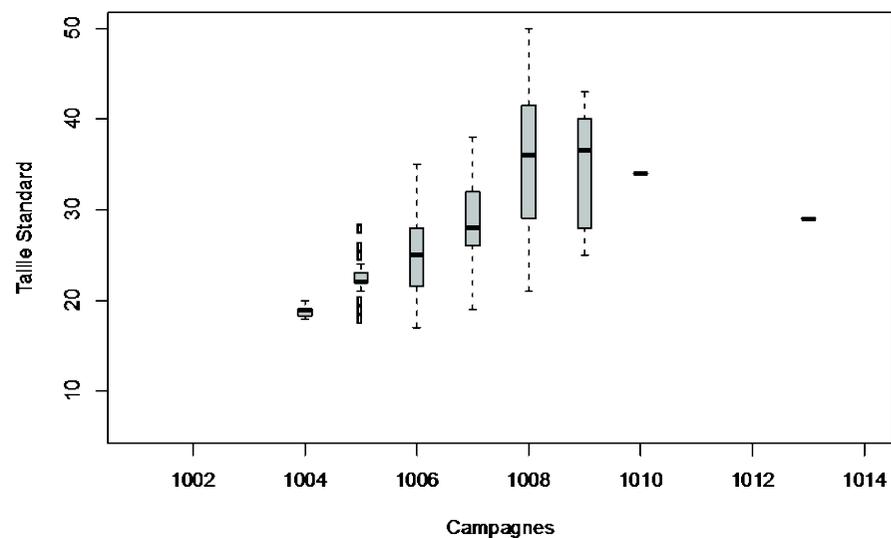


A.5.14 Boxplots représentant les tailles standard de stades 4 de hotu en fonction des 14 campagnes de terrain, sur les vieux-Rhône de Baix et Péage en 2010 et 2011.

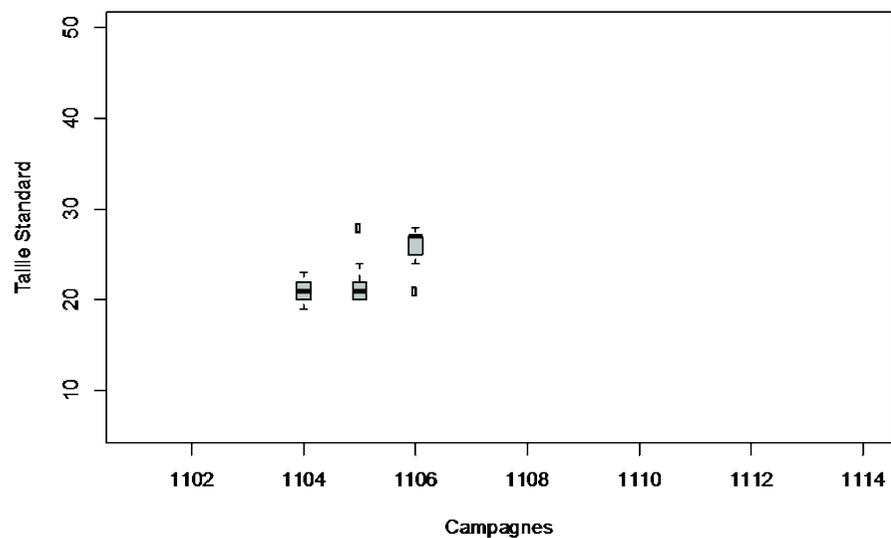
Stade 5– HOT BAIX 2010 RCC



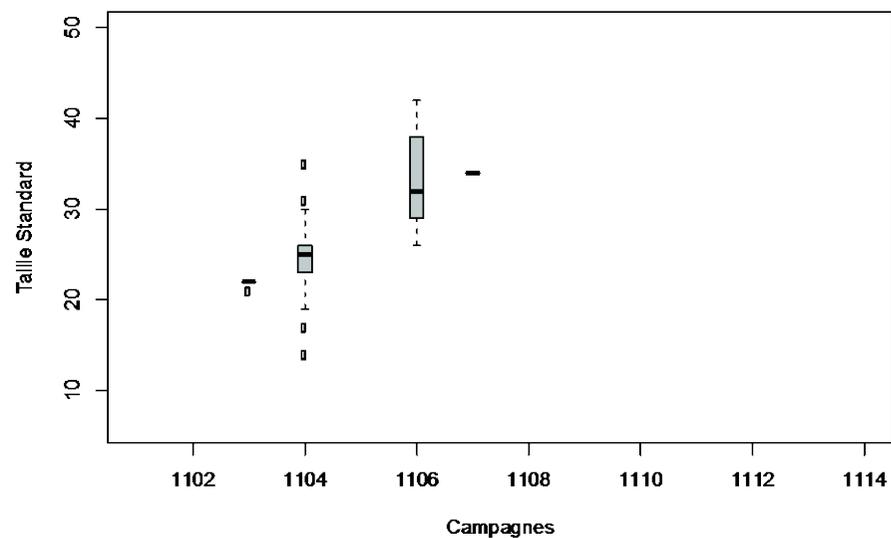
Stade 5– HOT PEAGE 2010 RCC



Stades 5– HOT BAIX 2011 RCC

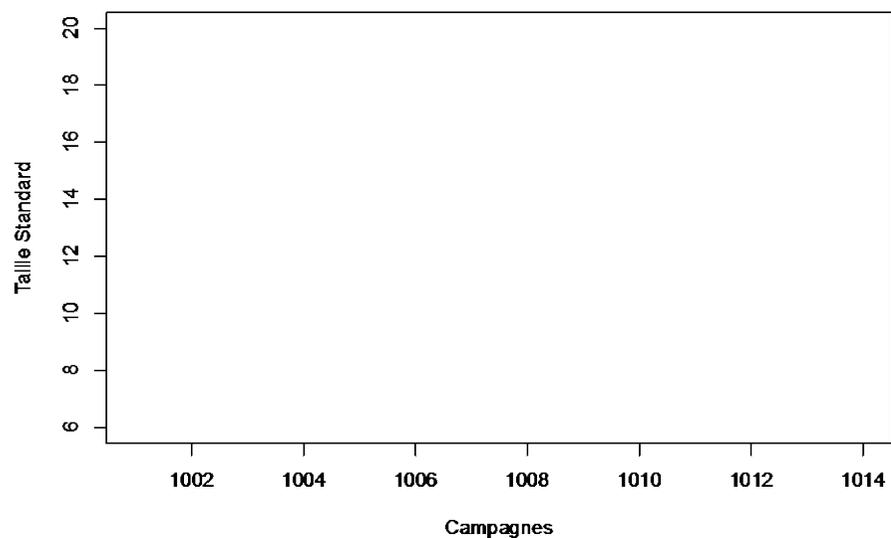


Stades 5– HOT PEAGE 2011 RCC

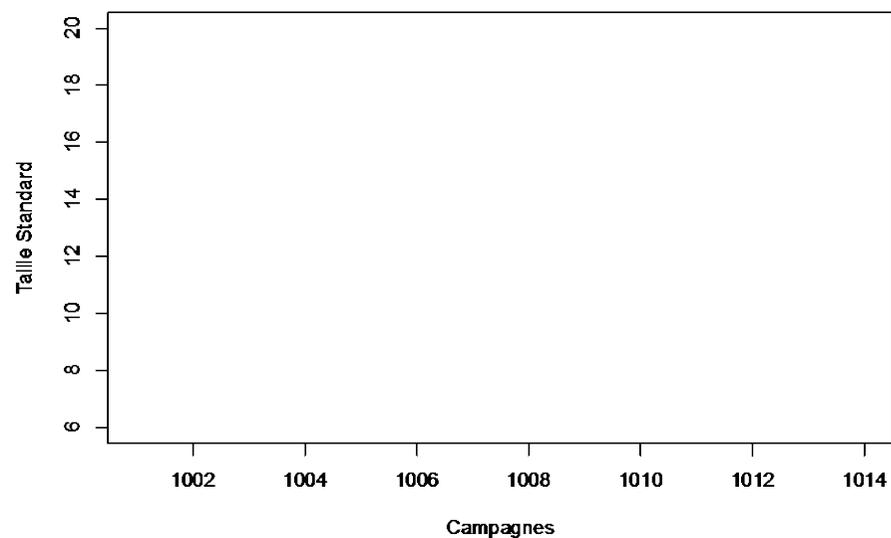


A.5.15 Boxplots représentant les tailles standard de stades 5 de hotu en fonction des 14 campagnes de terrain, sur les vieux-Rhône de Baix et Péage en 2010 et 2011.

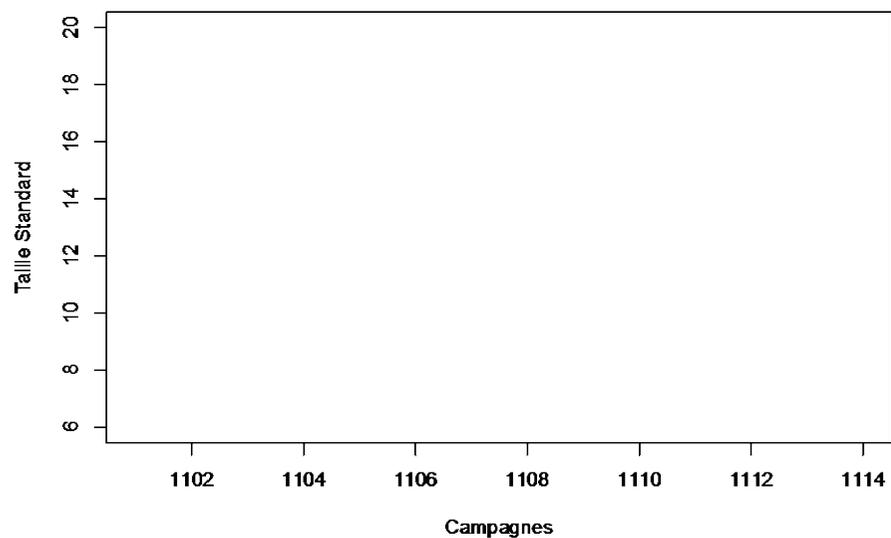
Stade 1– ABL BAIX 2010 RCC



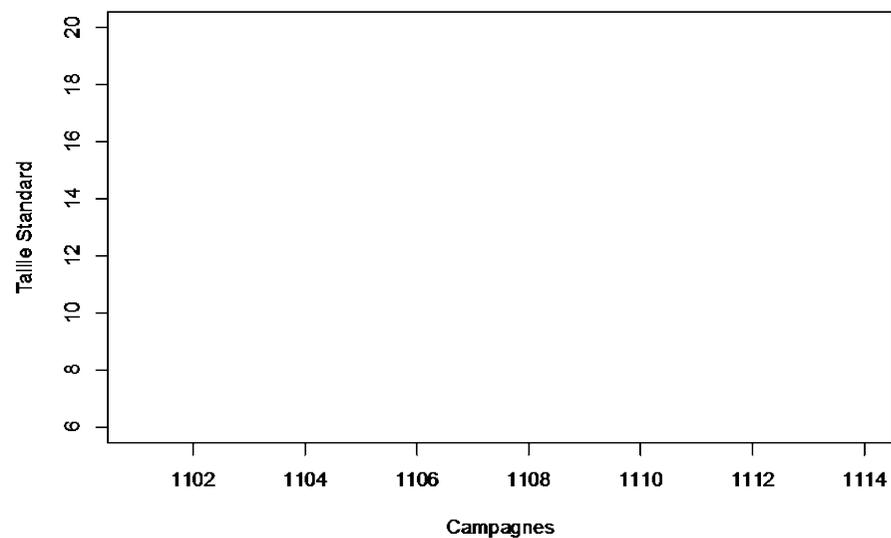
Stade 1– ABL PEAGE 2010 RCC



Stades 1– ABL BAIX 2011 RCC

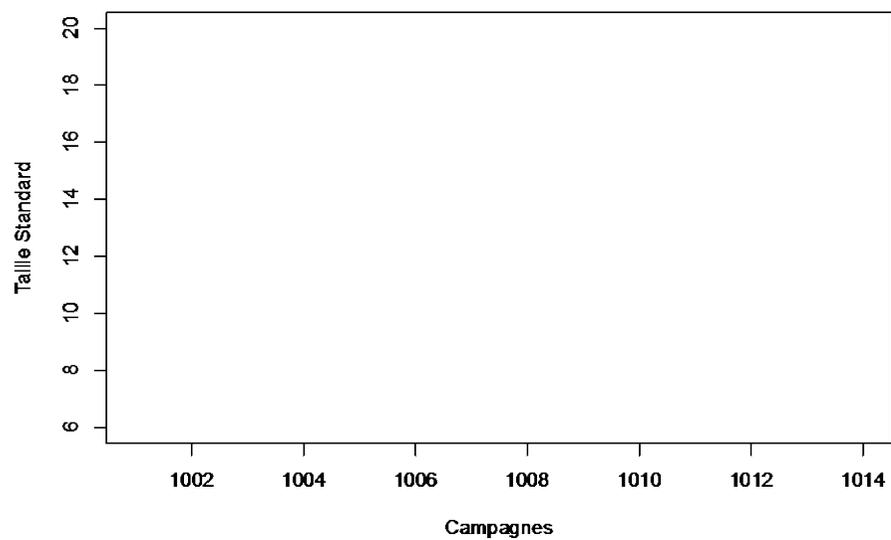


Stades 1– ABL PEAGE 2011 RCC

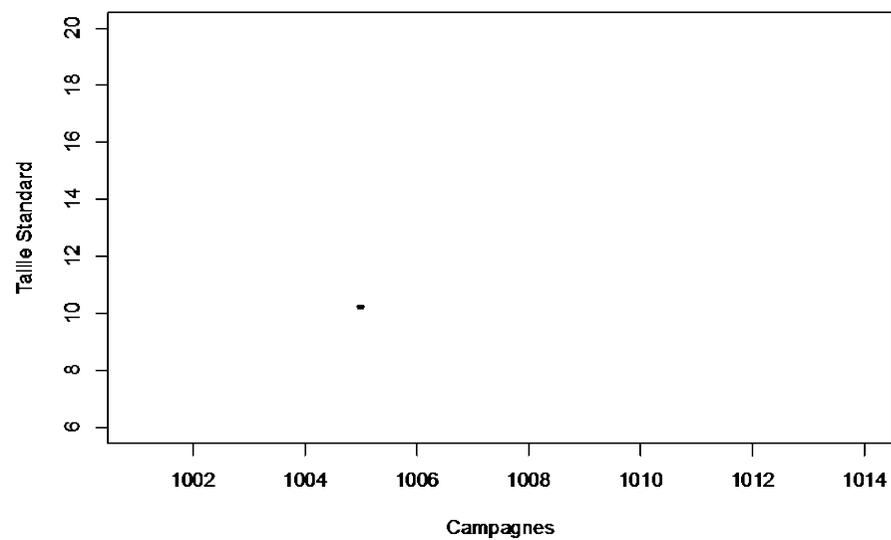


A.5.16 Boxplots représentant les tailles standard de stades 1 d’ablette en fonction des 14 campagnes de terrain, sur les vieux-Rhône de Baix et Péage en 2010 et 2011.

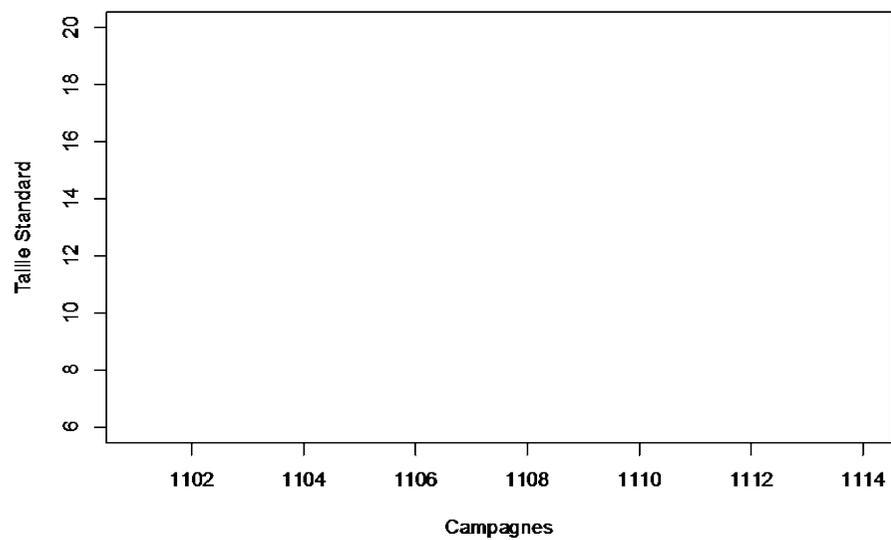
Stade 2– ABL BAIX 2010 RCC



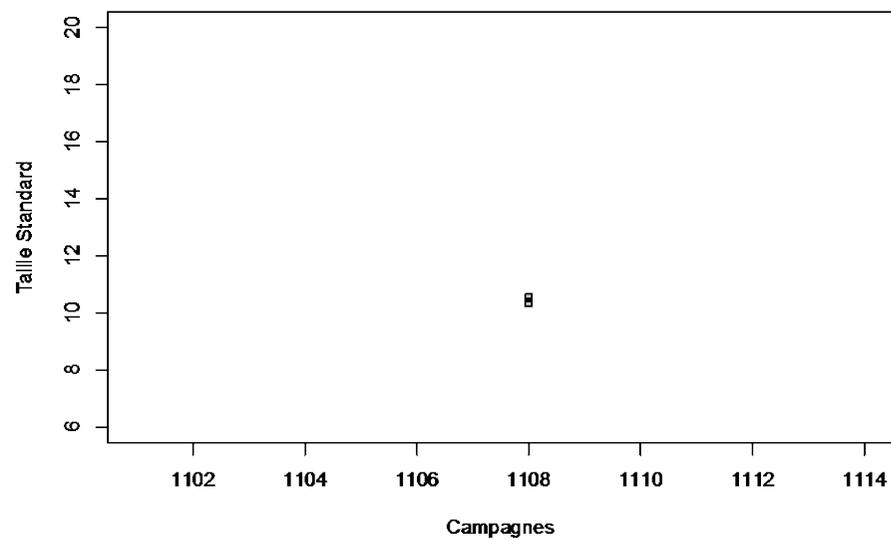
Stade 2– ABL PEAGE 2010 RCC



Stades 2– ABL BAIX 2011 RCC

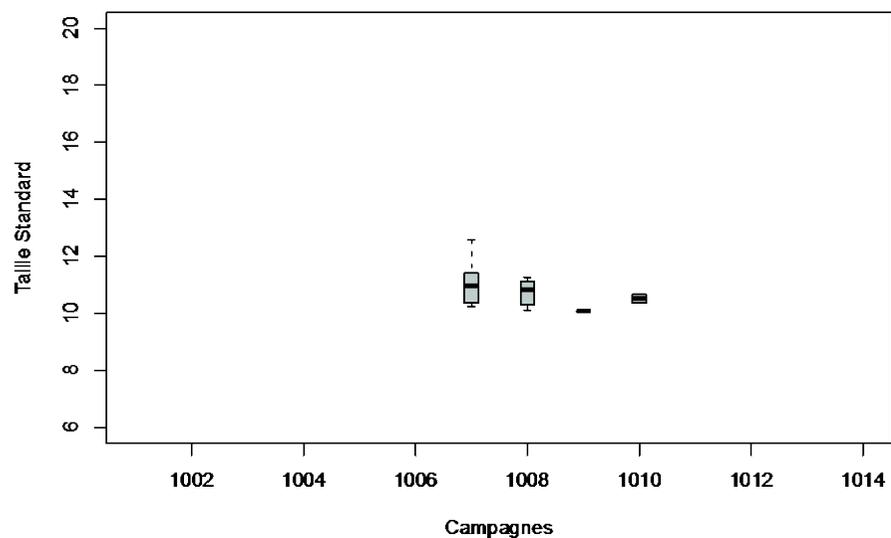


Stades 2– ABL PEAGE 2011 RCC

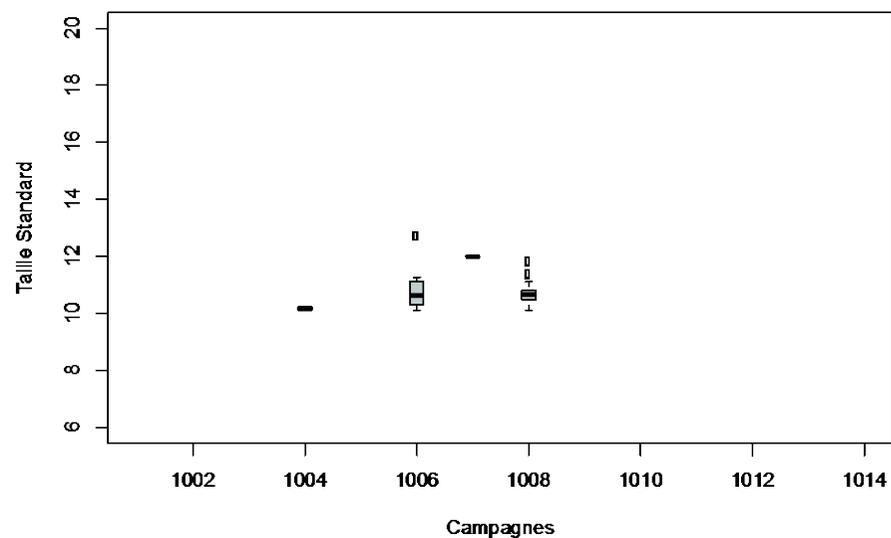


A.5.17 Boxplots représentant les tailles standard de stades 2 d’ablette en fonction des 14 campagnes de terrain, sur les vieux-Rhône de Baix et Péage en 2010 et 2011.

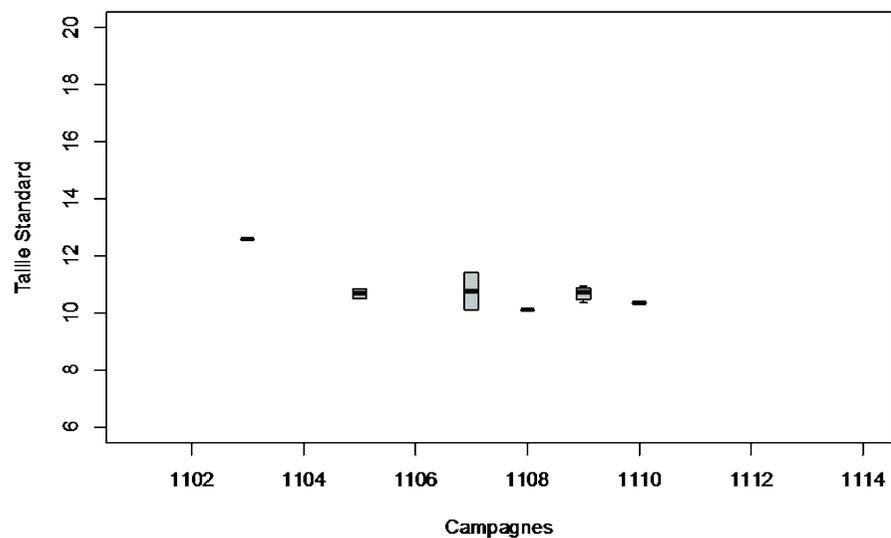
Stade 3– ABL BAIX 2010 RCC



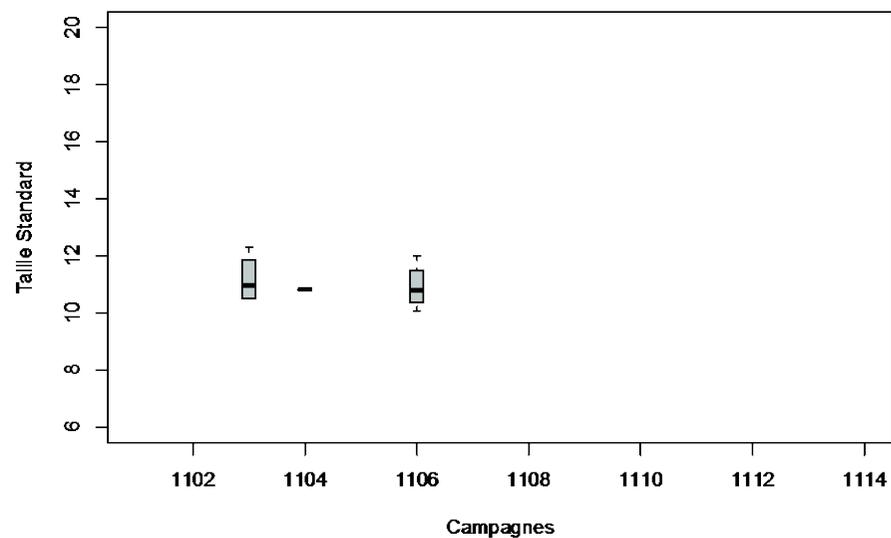
Stade 3– ABL PEAGE 2010 RCC



Stades 3– ABL BAIX 2011 RCC

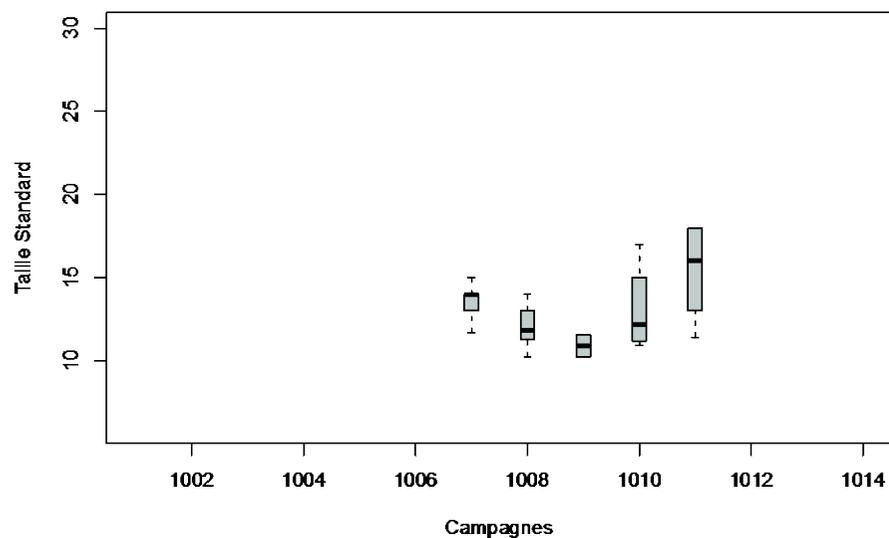


Stades 3– ABL PEAGE 2011 RCC

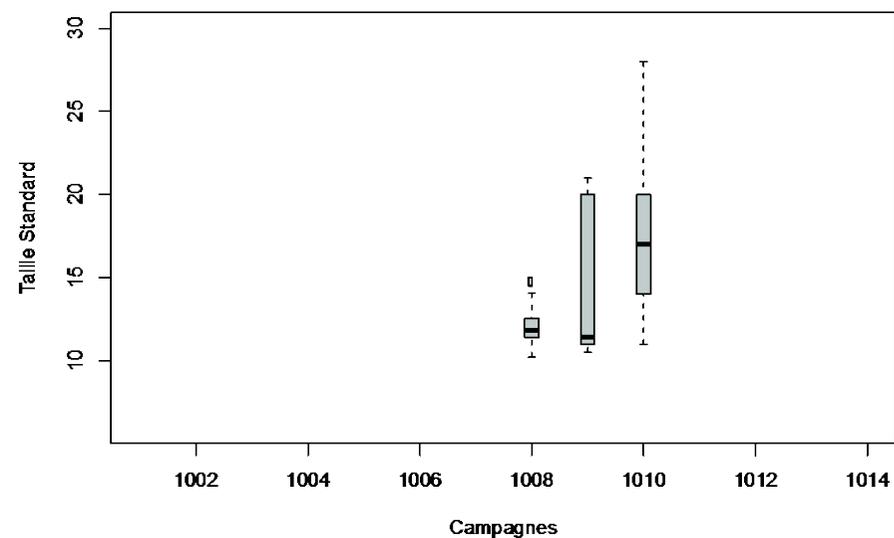


A.5.18 Boxplots représentant les tailles standard de stades 3 d'ablette en fonction des 14 campagnes de terrain, sur les vieux-Rhône de Baix et Péage en 2010 et 2011.

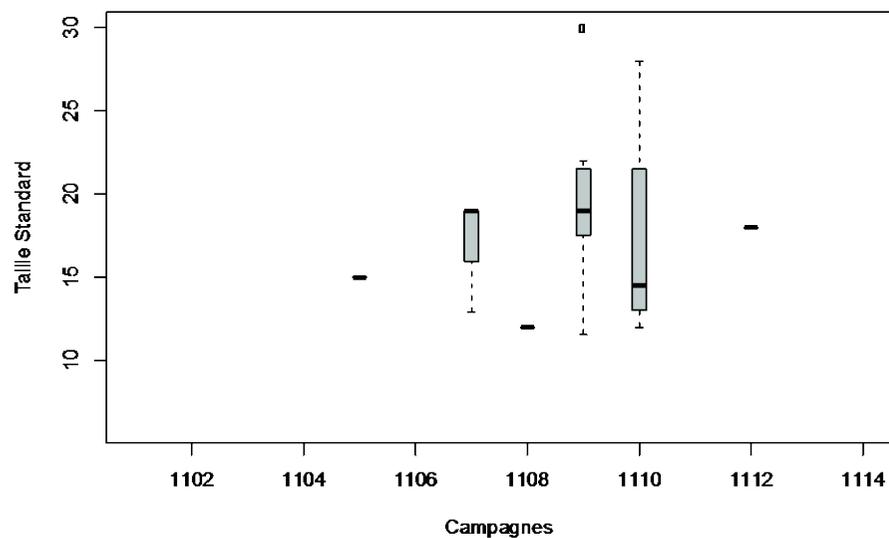
Stade 4- ABL BAIX 2010 RCC



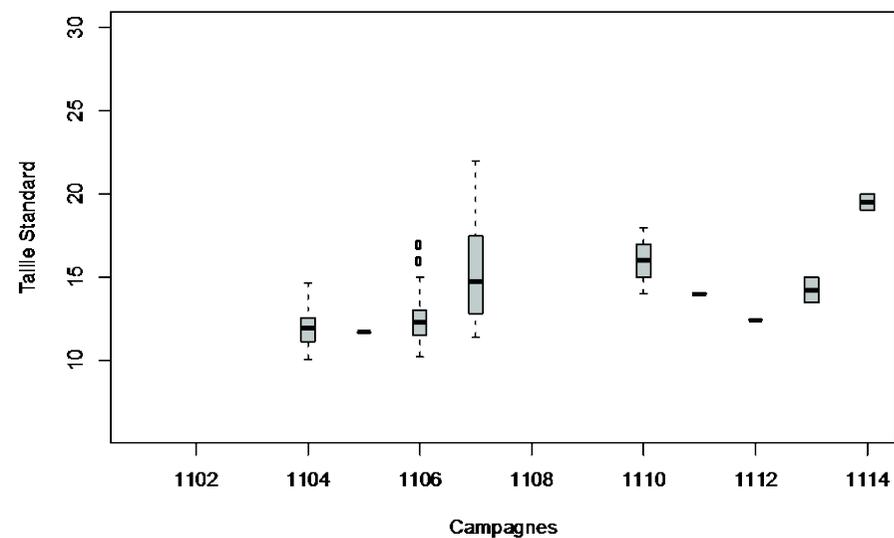
Stade 4- ABL PEAGE 2010 RCC



Stades 4- ABL BAIX 2011 RCC

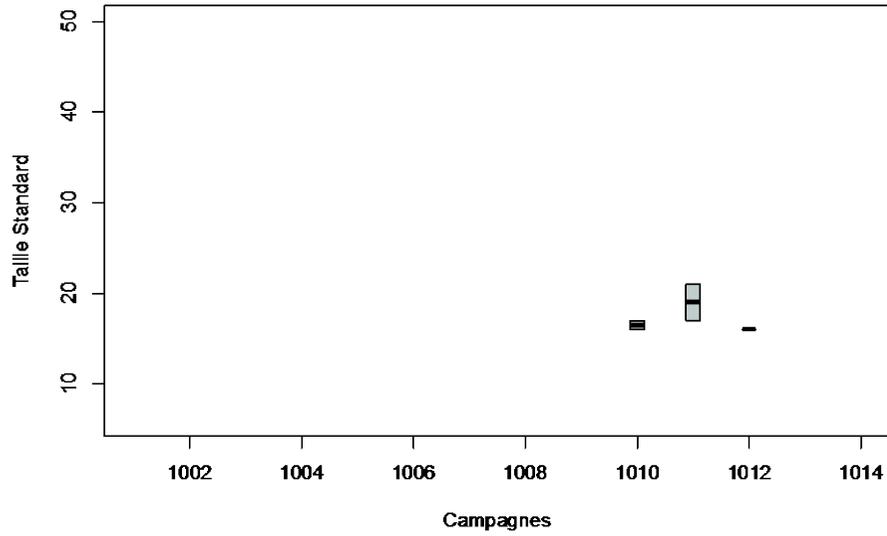


Stades 4- ABL PEAGE 2011 RCC

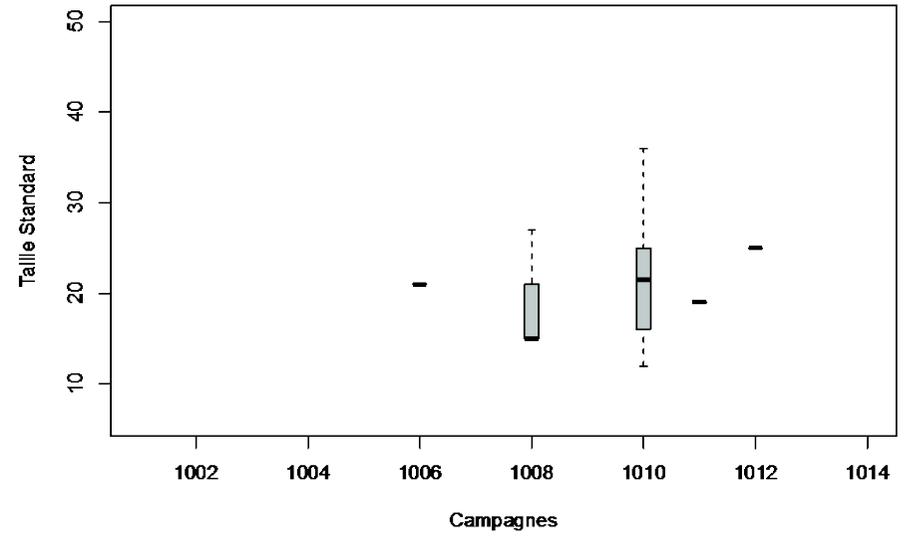


A.5.19 Boxplots représentant les tailles standard de stades 4 d'ablette en fonction des 14 campagnes de terrain, sur les vieux-Rhône de Baix et Péage en 2010 et 2011.

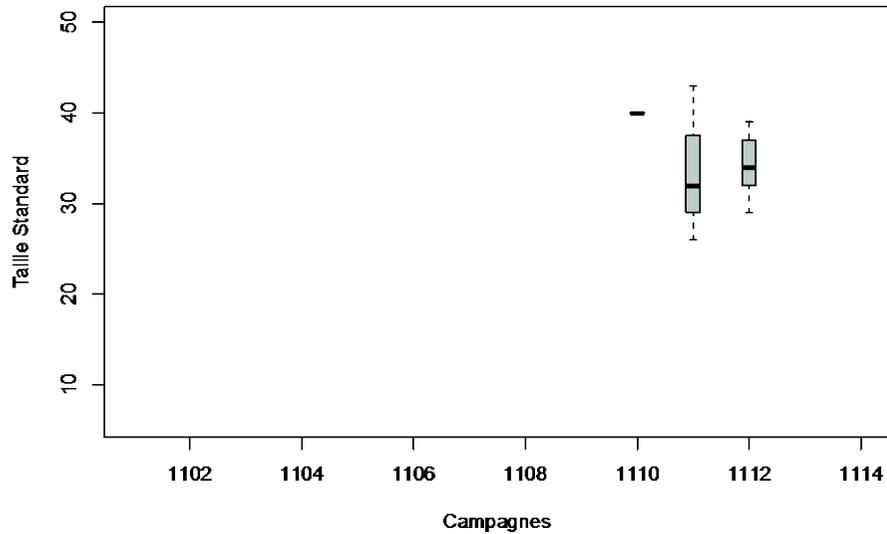
Stade 5– ABL BAIX 2010 RCC



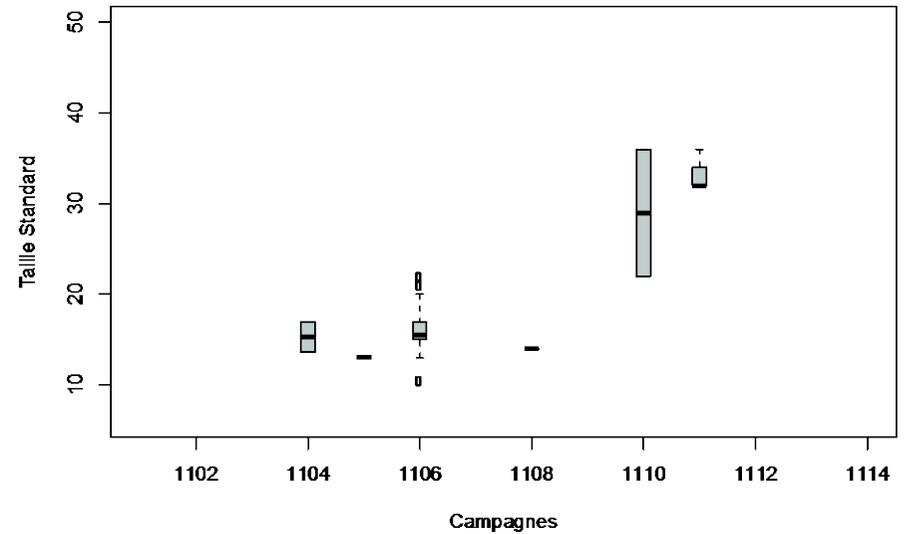
Stade 5– ABL PEAGE 2010 RCC



Stades 5– ABL BAIX 2011 RCC

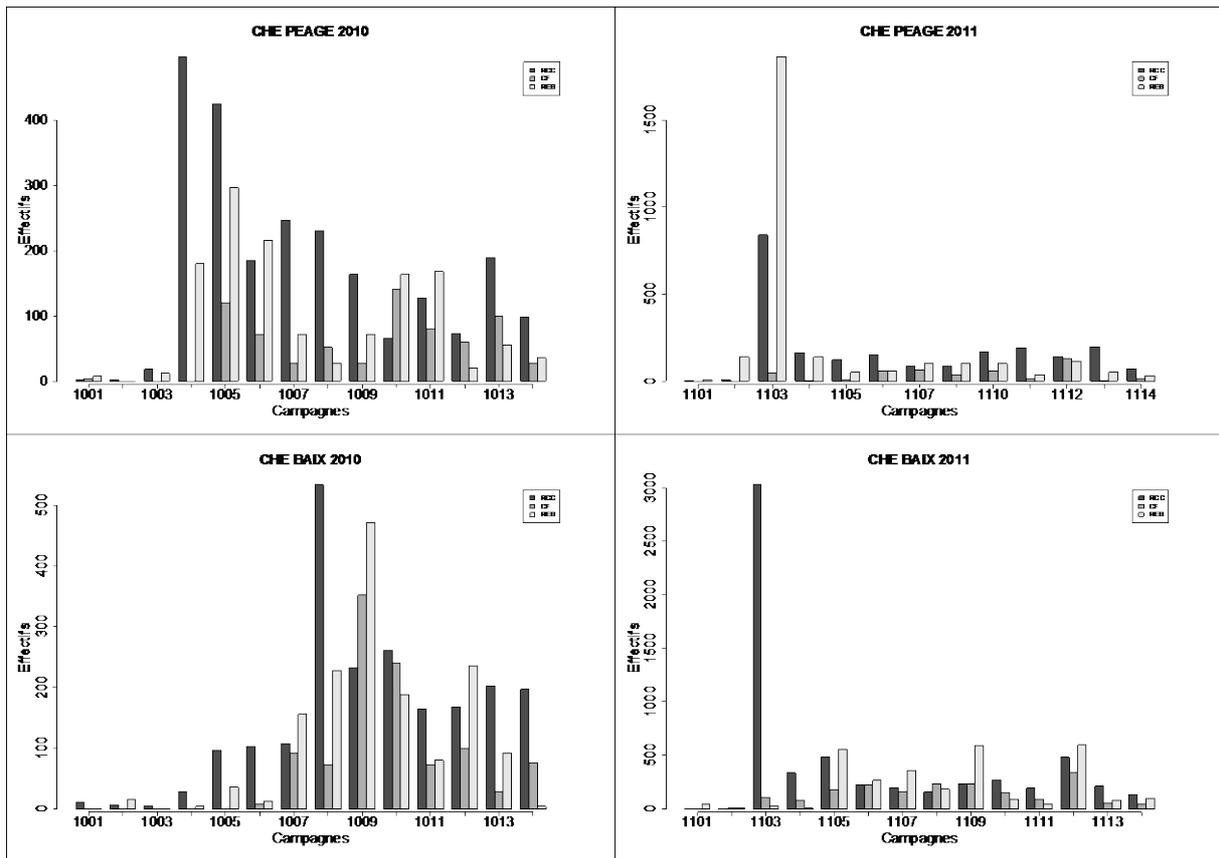


Stades 5– ABL PEAGE 2011 RCC

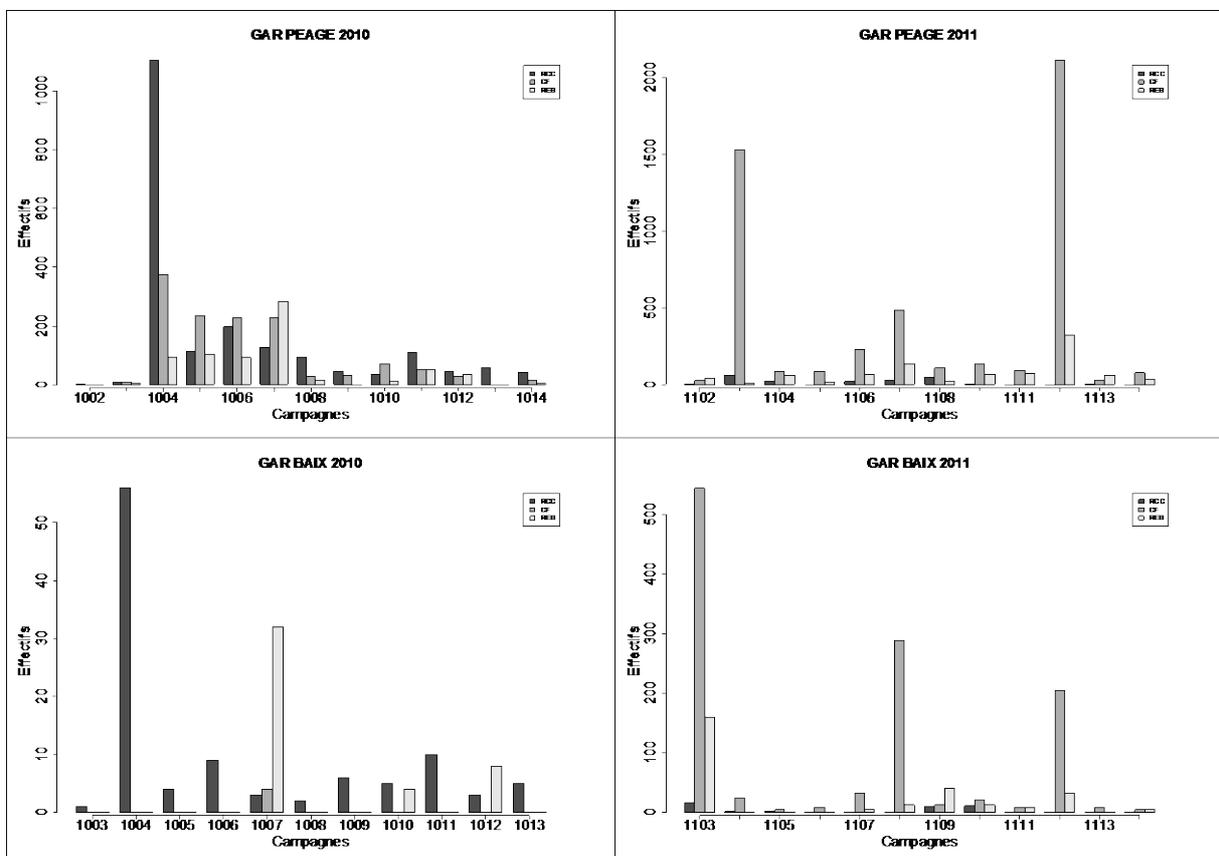


A.5.20 Boxplots représentant les tailles standard de stades 5 d'ablette en fonction des 14 campagnes de terrain, sur les vieux-Rhône de Baix et Péage en 2010 et 2011.

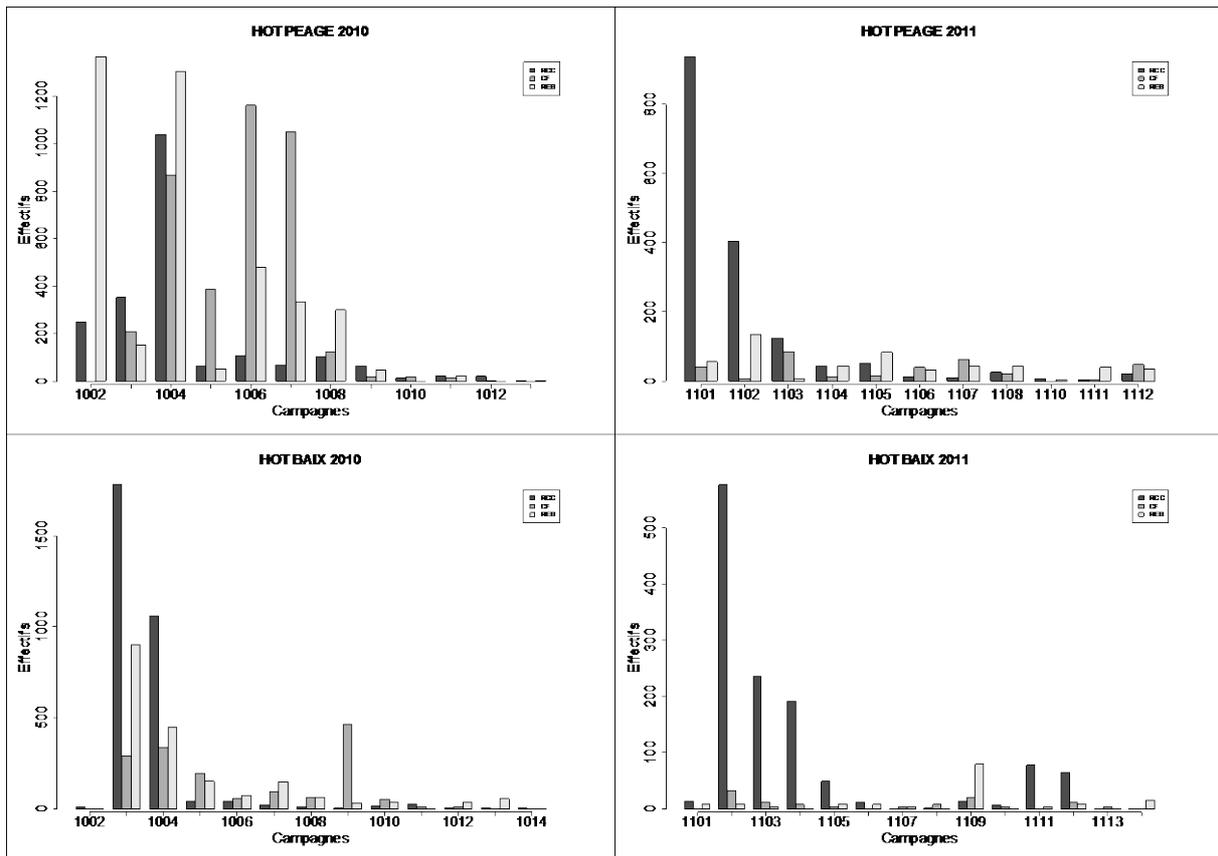
Annexe 6 : Représentations graphiques des effectifs bruts pondérés par le nombre de points d'échantillonnage en fonction des campagnes de terrain sur Baix et Péage en 2010 et 2011 : comparaison entre le vieux-Rhône (RCC), la restitution (RES) et le canal de fuite (CF) sur les espèces de cyprinidés les plus abondantes.



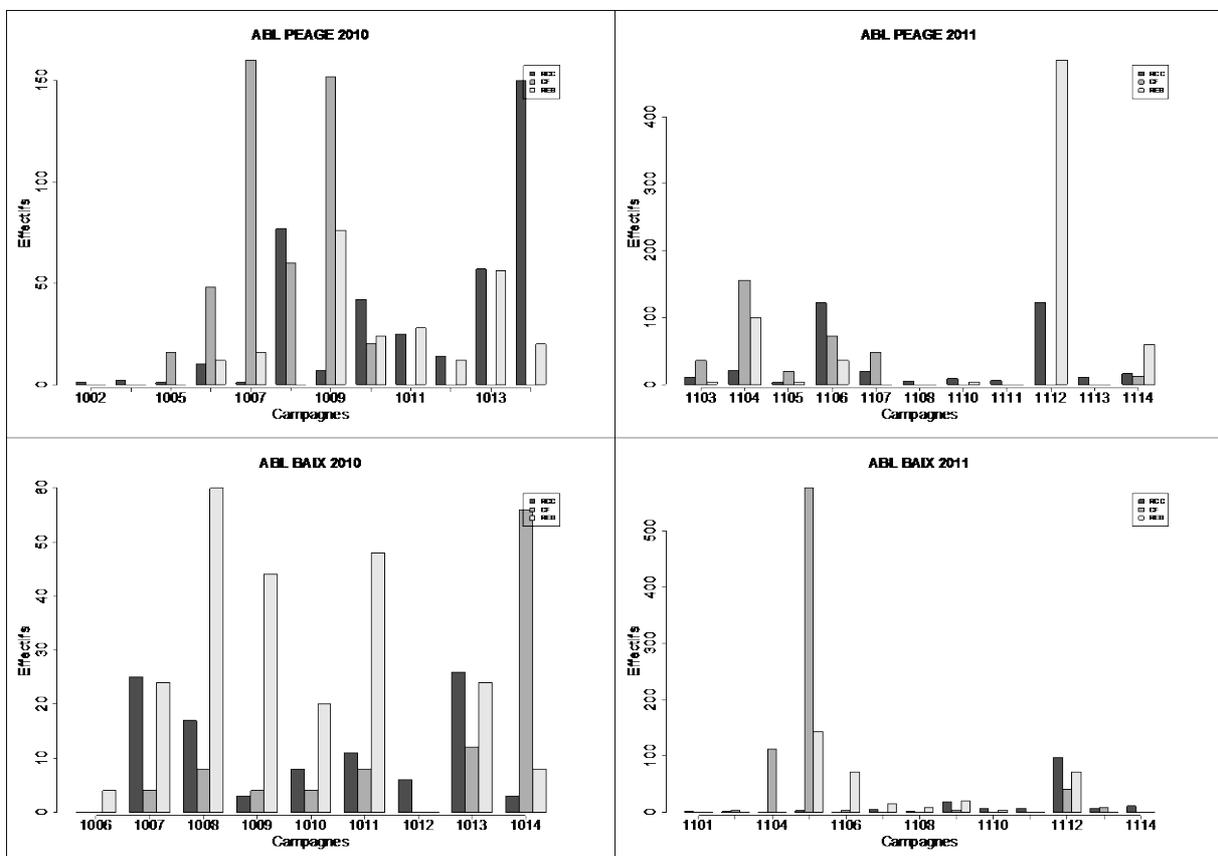
A.6.1 Abondances brutes pondérées de chevaines sur le vieux-Rhône, la restitution et le canal de fuite de Péage et Baix en fonction des campagnes de terrain de 2010 et 2011.



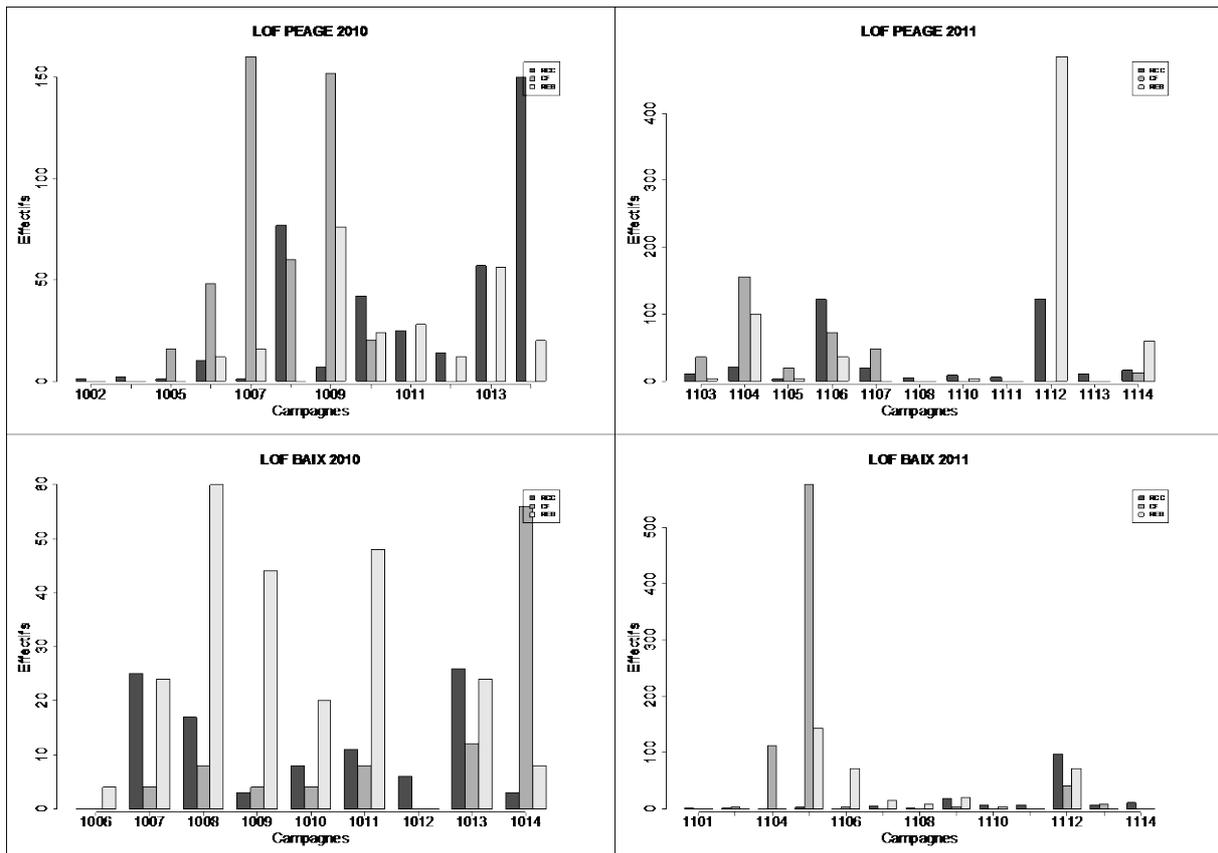
A.6.2 Abondances brutes pondérées de gardons sur le vieux-Rhône, la restitution et le canal de fuite de Péage et Baix en fonction des campagnes de terrain de 2010 et 2011.



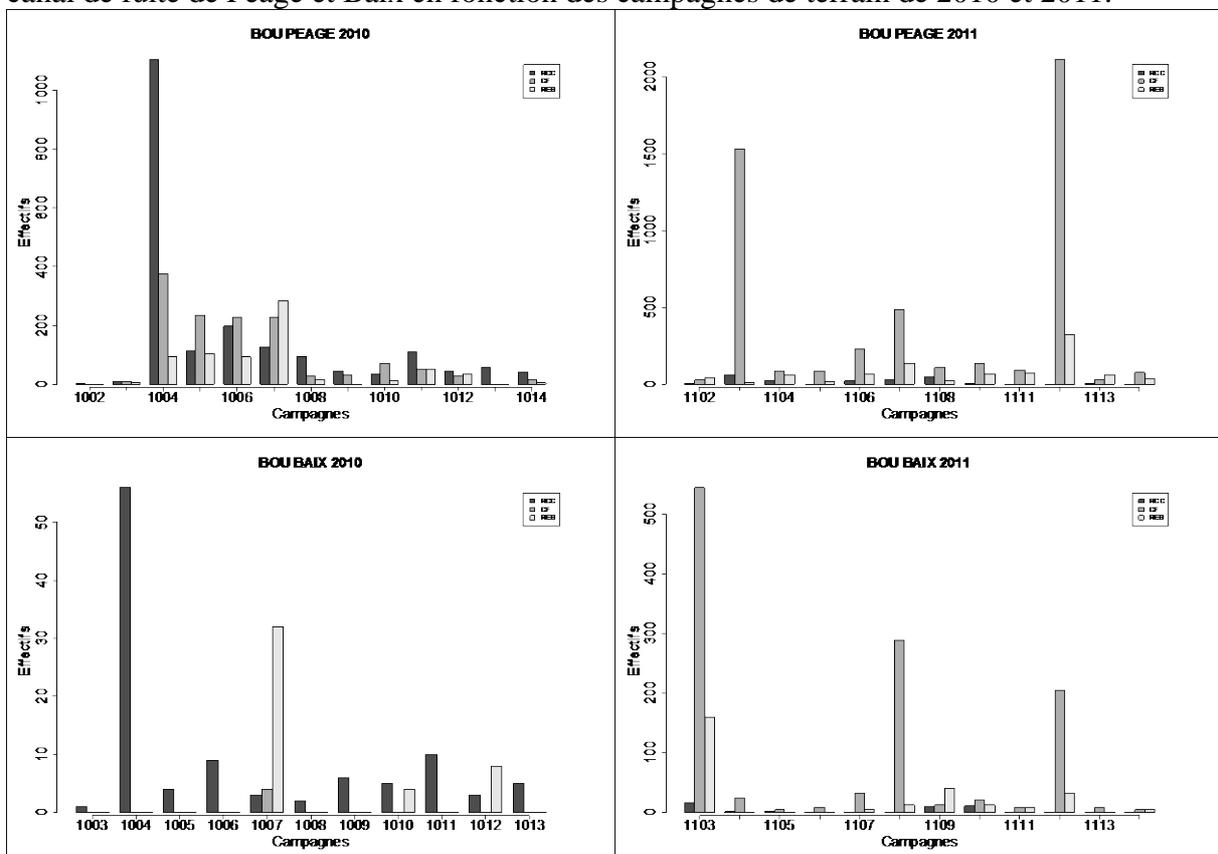
A.6.3 Abondances brutes pondérées de hotus sur le vieux-Rhône, la restitution et le canal de fuite de Péage et Baix en fonction des campagnes de terrain de 2010 et 2011.



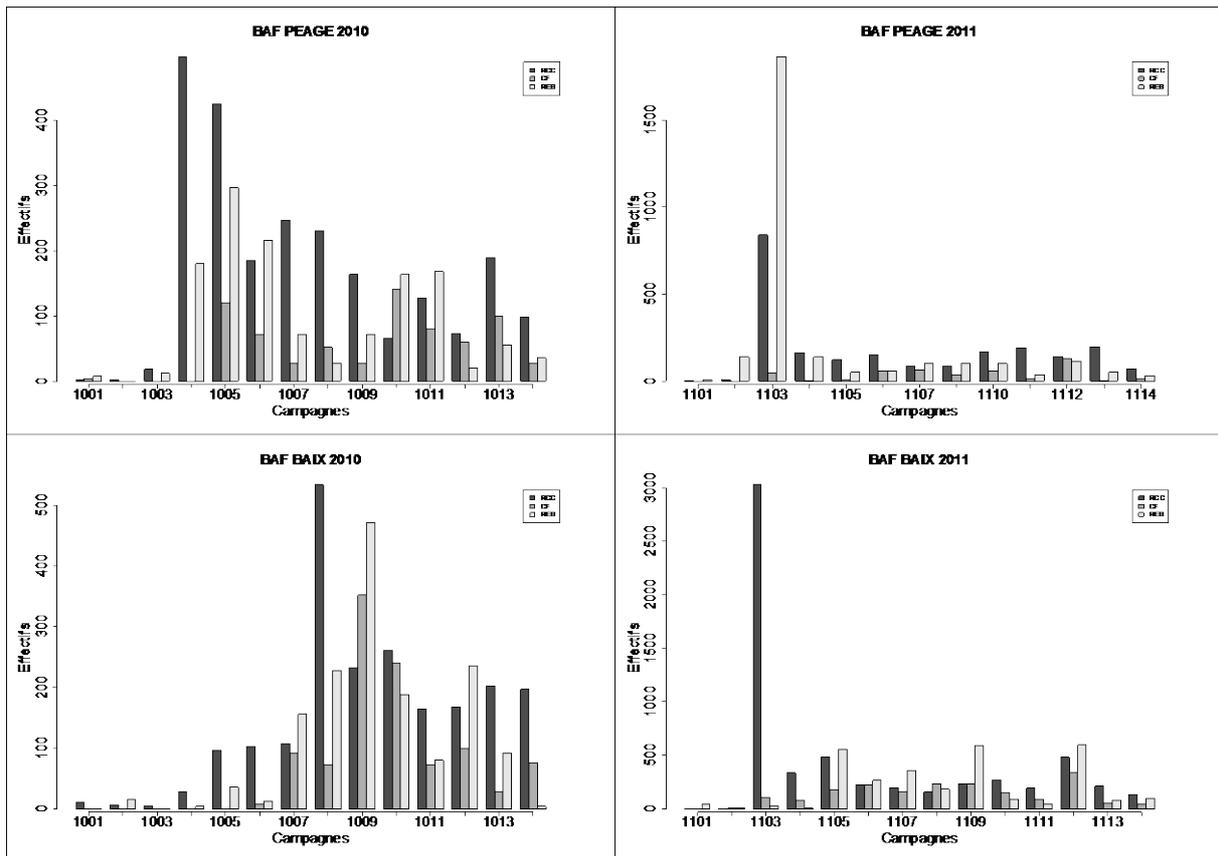
A.6.4 Abondances brutes pondérées d'ablettes sur le vieux-Rhône, la restitution et le canal de fuite de Péage et Baix en fonction des campagnes de terrain de 2010 et 2011.



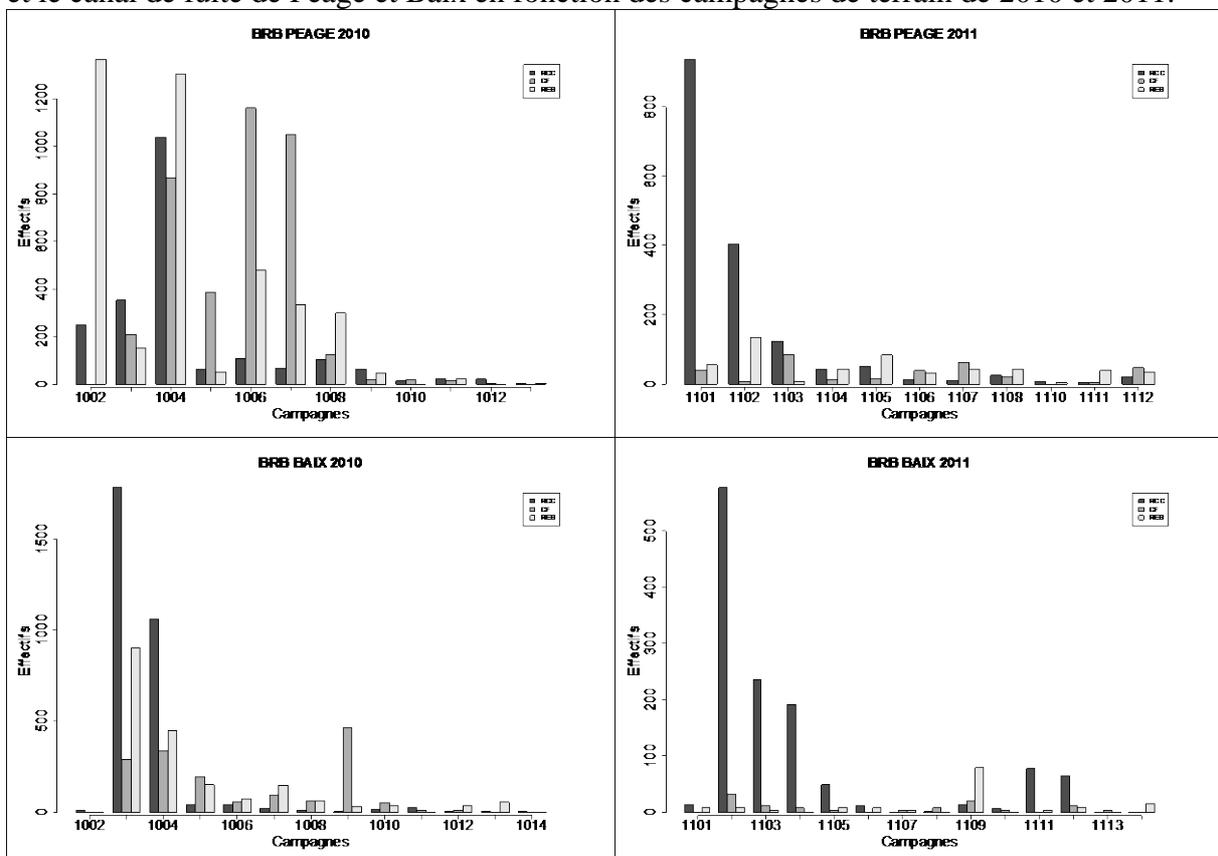
A.6.5 Abondances brutes pondérées de loches franches sur le vieux-Rhône, la restitution et le canal de fuite de Péage et Baix en fonction des campagnes de terrain de 2010 et 2011.



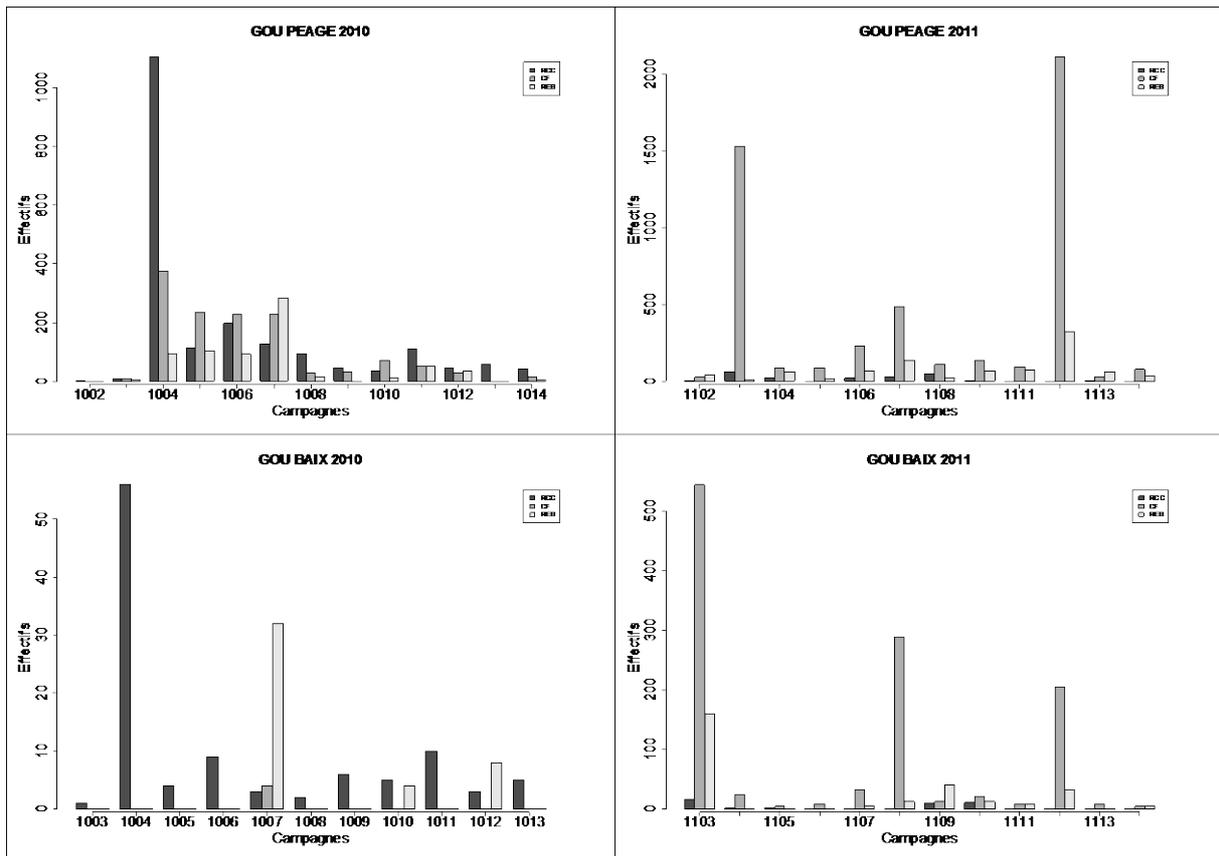
A.6.6 Abondances brutes pondérées de bouvières sur le vieux-Rhône, la restitution et le canal de fuite de Péage et Baix en fonction des campagnes de terrain de 2010 et 2011.



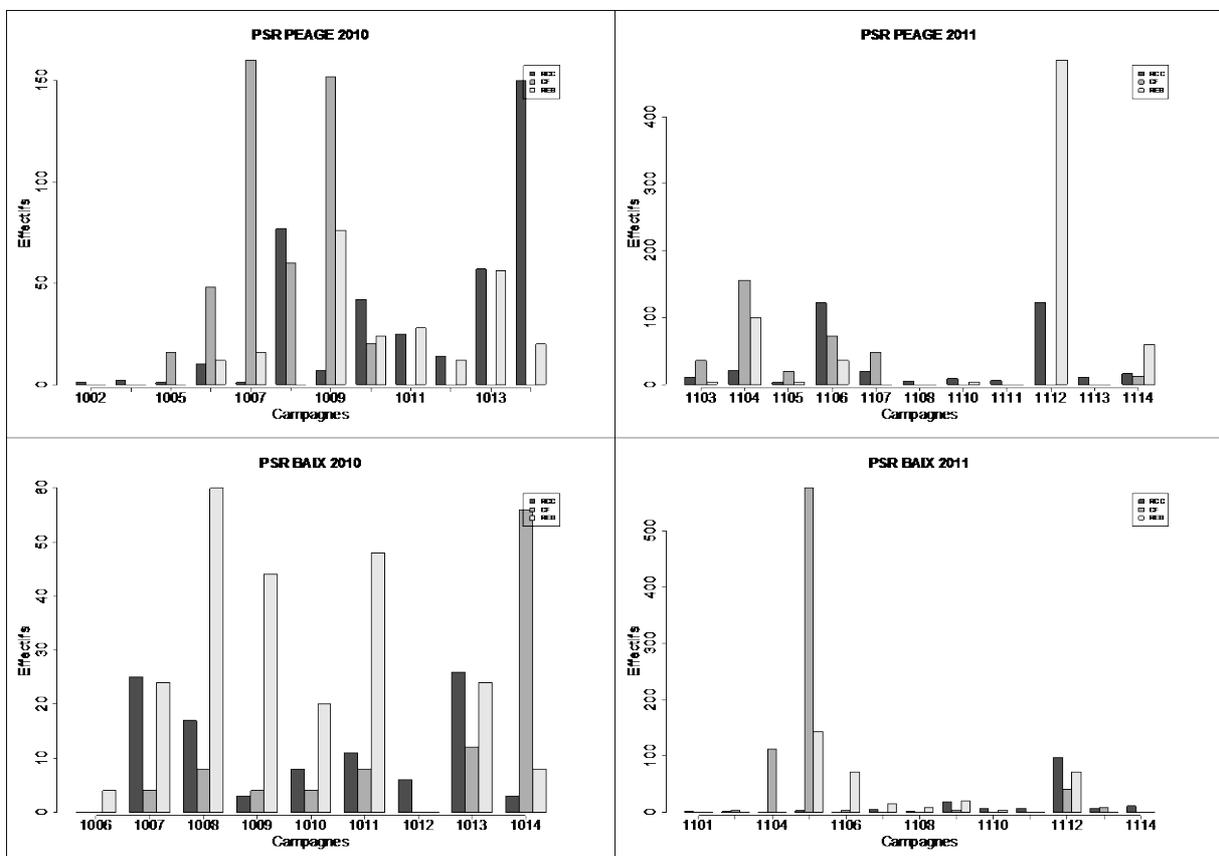
A.6.7 Abondances brutes pondérées de barbeaus fluviaux sur le vieux-Rhône, la restitution et le canal de fuite de Péage et Baix en fonction des campagnes de terrain de 2010 et 2011.



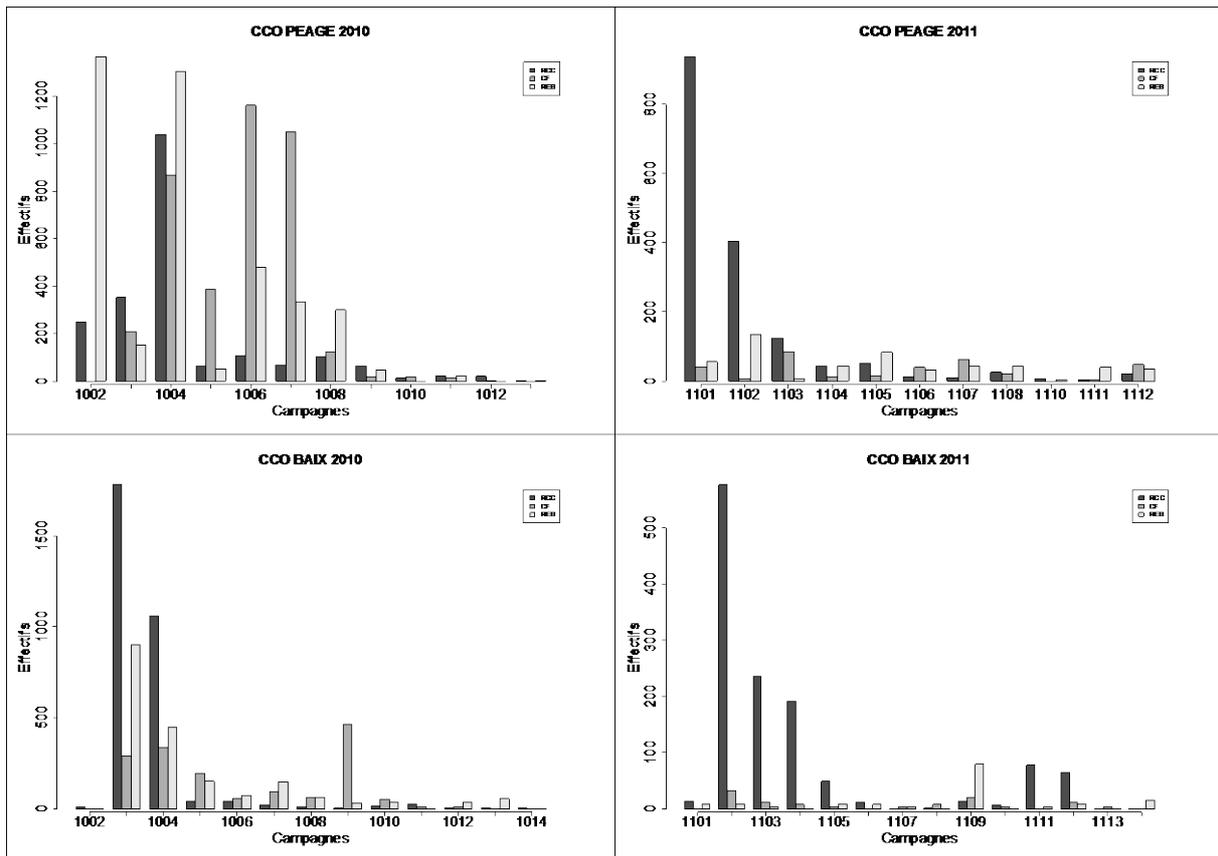
A.6.8 Abondances brutes pondérées de brèmes bordelières sur le vieux-Rhône, la restitution et le canal de fuite de Péage et Baix en fonction des campagnes de terrain de 2010 et 2011.



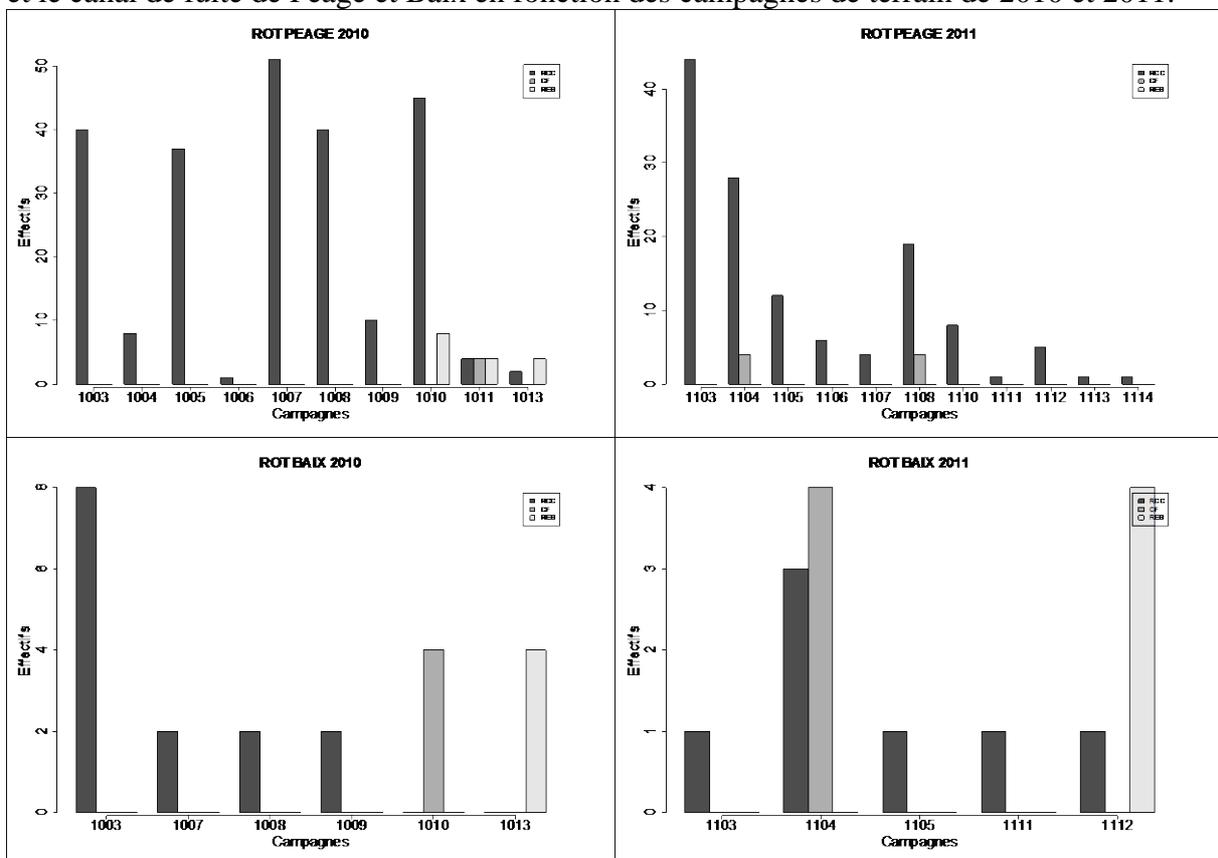
A.6.9 Abondances brutes pondérées de goujons sur le vieux-Rhône, la restitution et le canal de fuite de Péage et Baix en fonction des campagnes de terrain de 2010 et 2011.



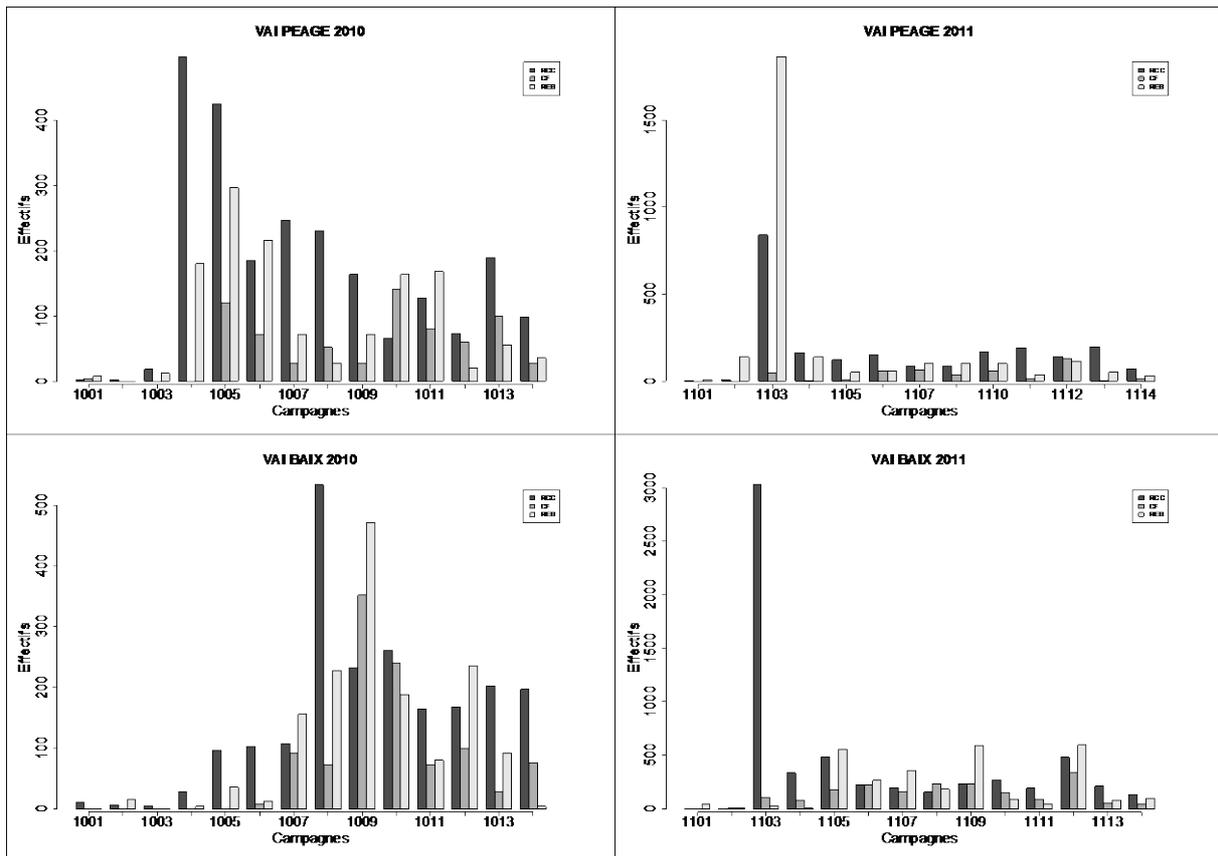
A.6.10 Abondances brutes pondérées de pseudorasboras sur le vieux-Rhône, la restitution et le canal de fuite de Péage et Baix en fonction des campagnes de terrain de 2010 et 2011.



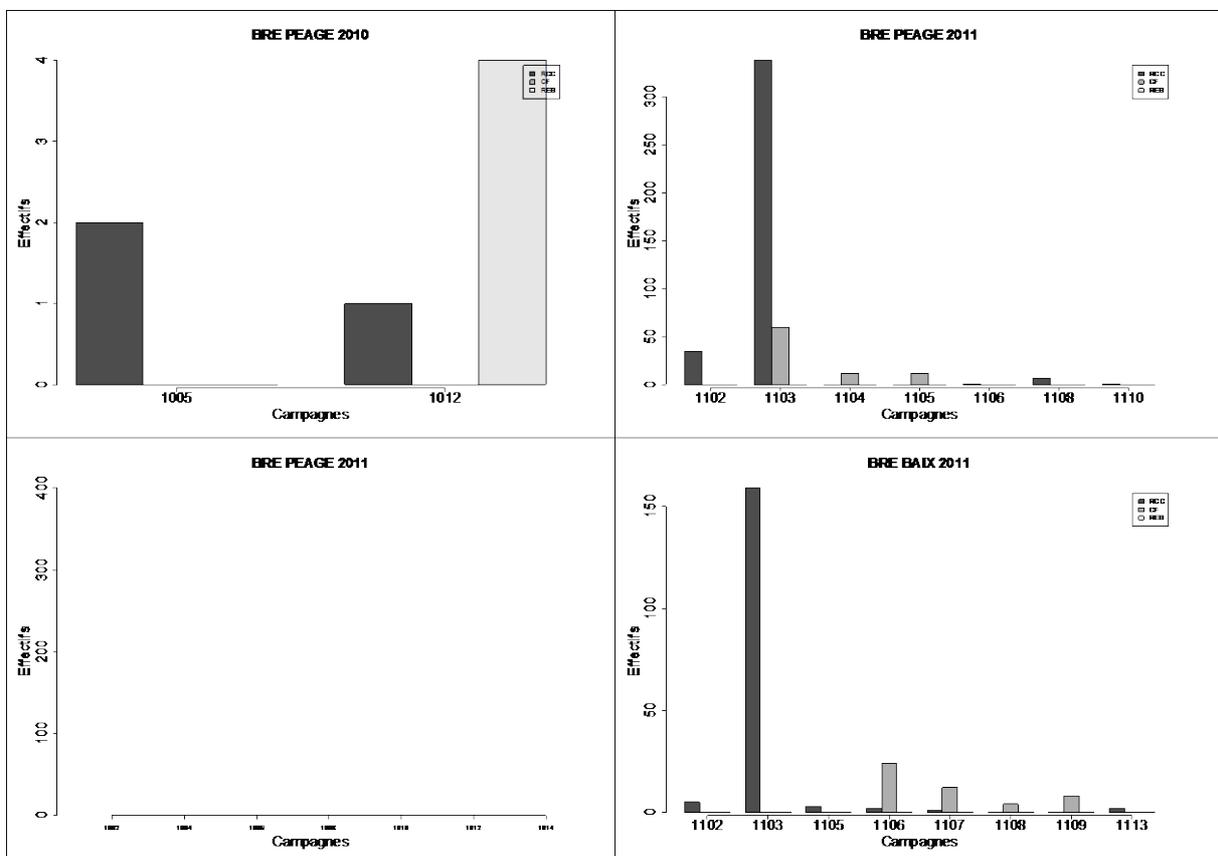
A.6.11 Abondances brutes pondérées de carpes communes sur le vieux-Rhône, la restitution et le canal de fuite de Péage et Baix en fonction des campagnes de terrain de 2010 et 2011.



A.6.12 Abondances brutes pondérées de rotengles sur le vieux-Rhône, la restitution et le canal de fuite de Péage et Baix en fonction des campagnes de terrain de 2010 et 2011.

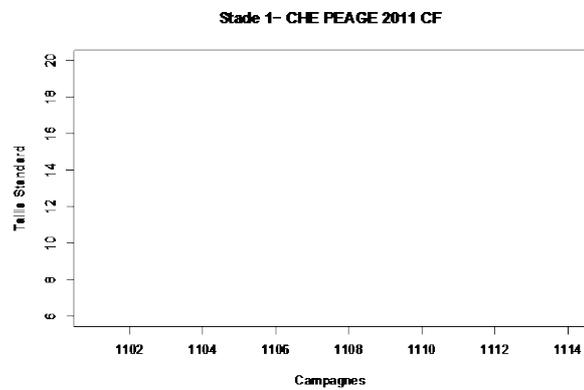
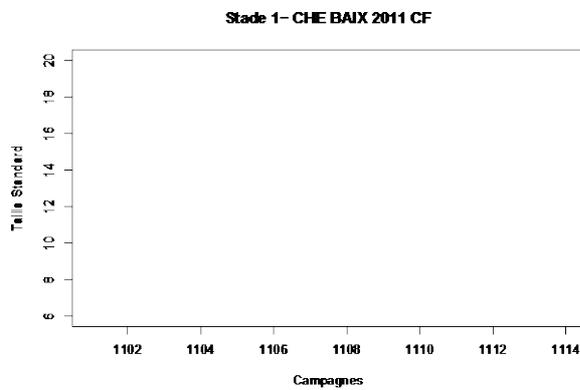
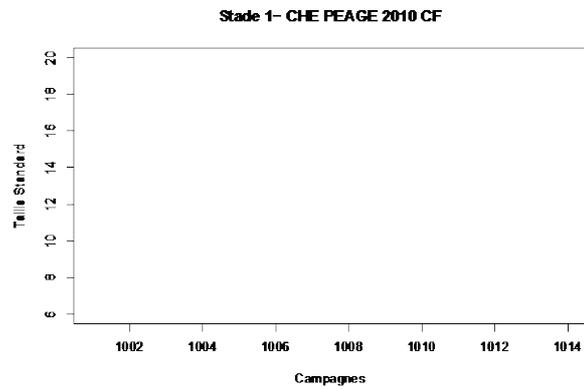
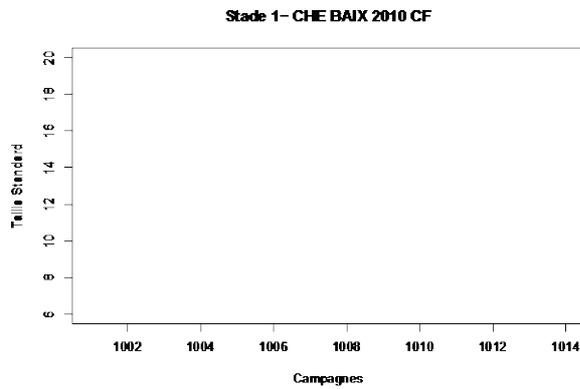
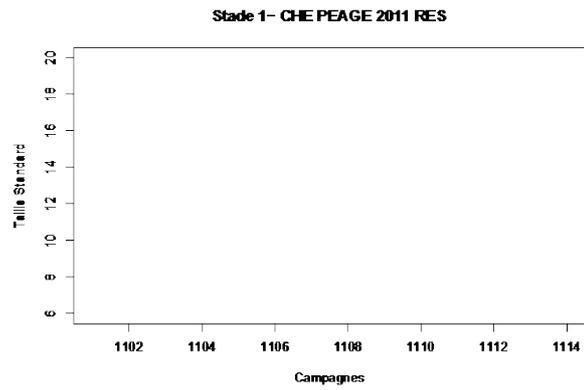
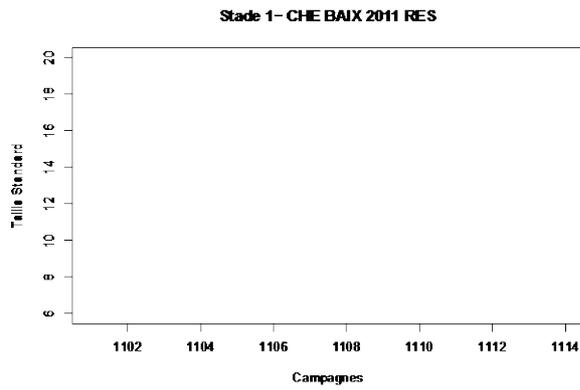
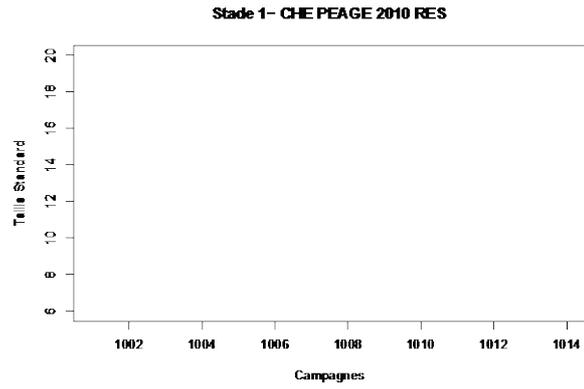
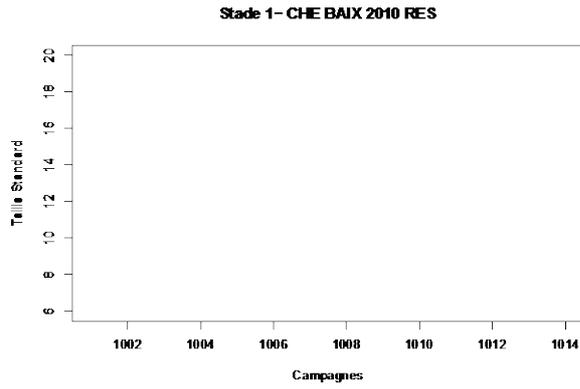


A.6.13 Abondances brutes pondérées de vairons sur le vieux-Rhône, la restitution et le canal de fuite de Péage et Baix en fonction des campagnes de terrain de 2010 et 2011.

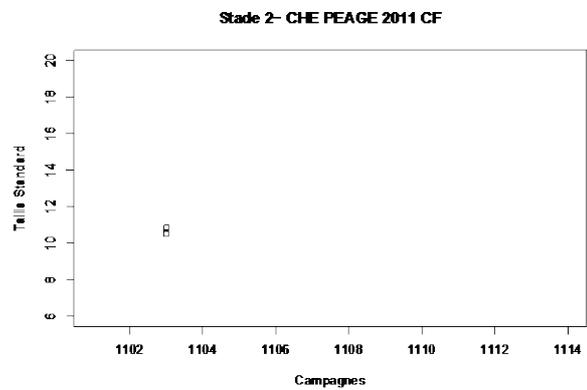
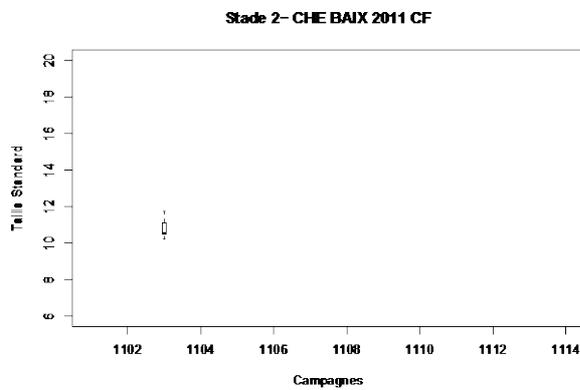
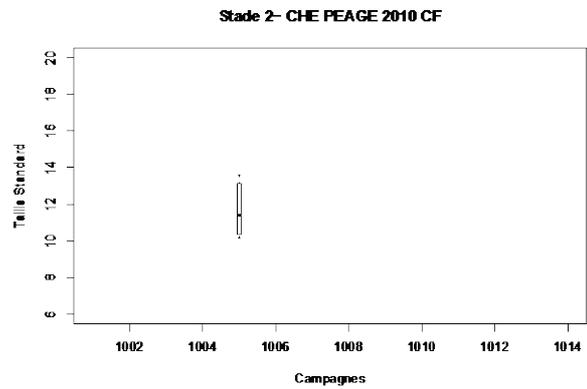
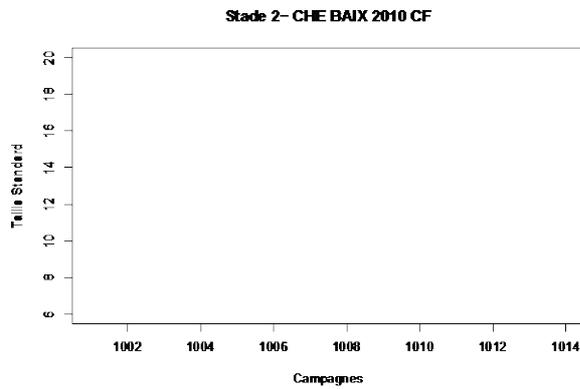
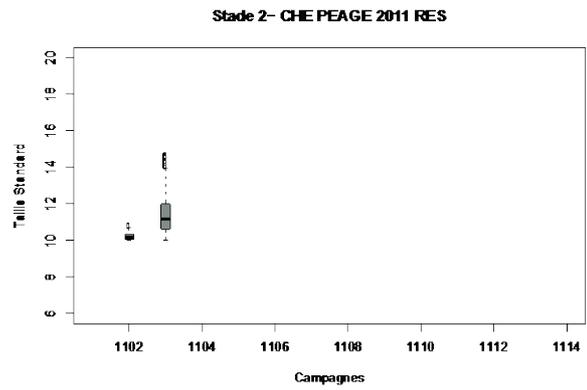
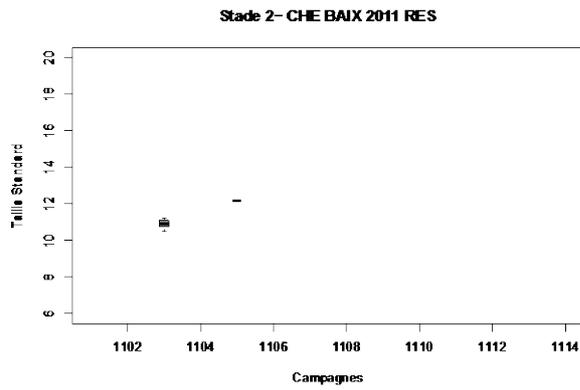
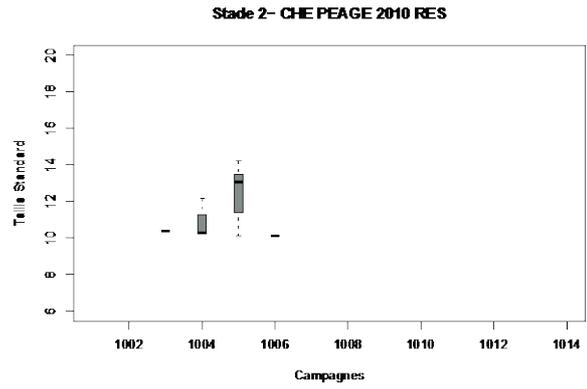
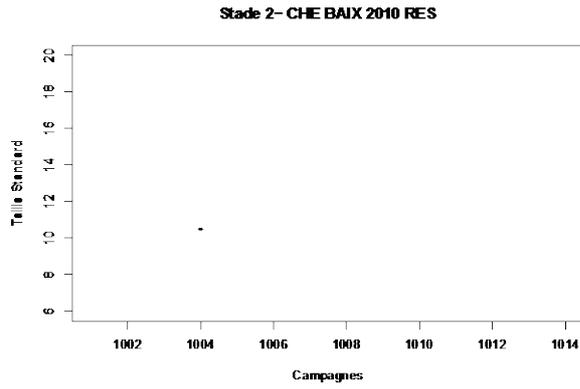


A.6.14 Abondances brutes pondérées de brèmes communes sur le vieux-Rhône, la restitution et le canal de fuite de Péage et Baix en fonction des campagnes de terrain de 2010 et 2011.

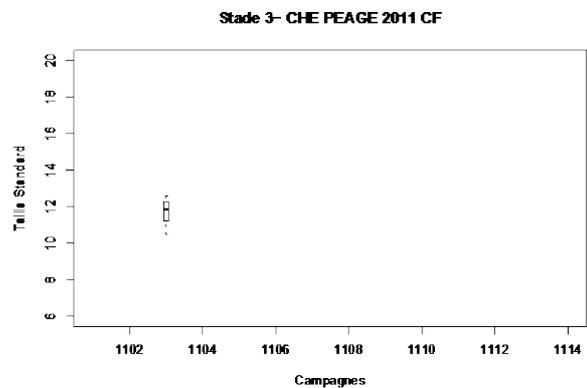
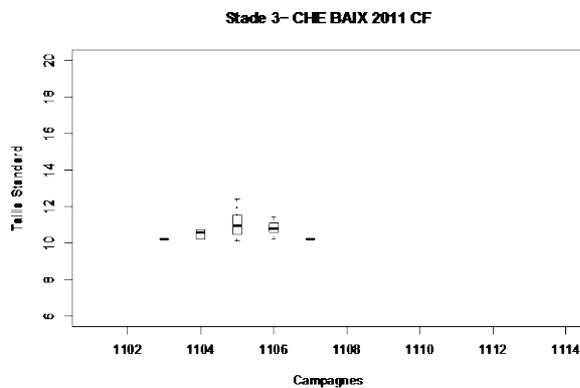
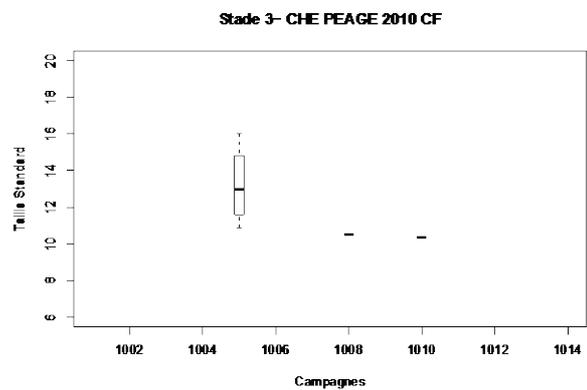
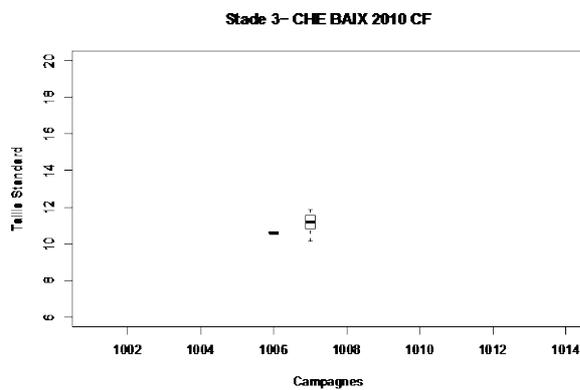
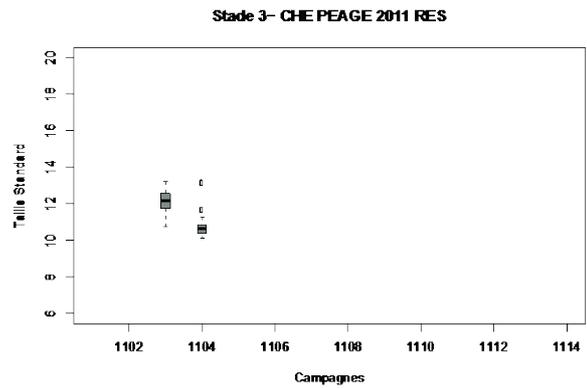
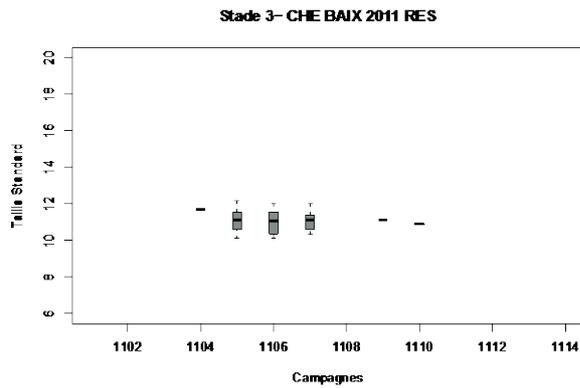
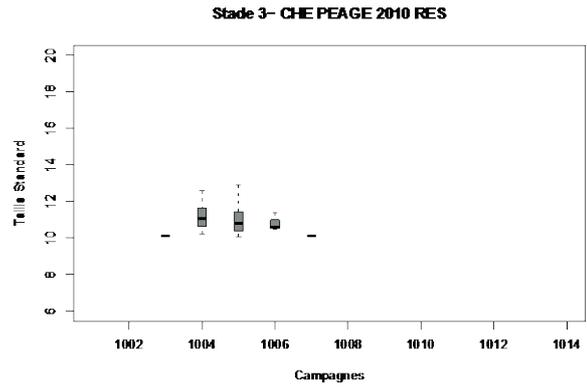
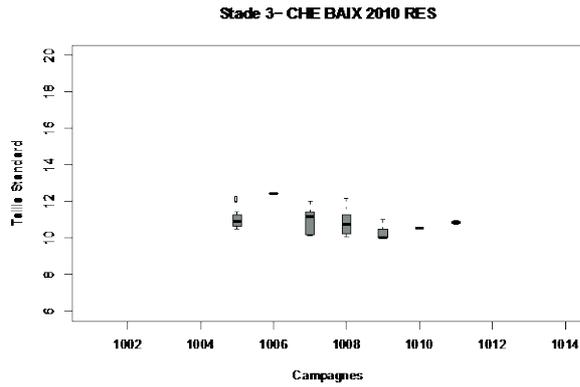
Annexe 7: Représentations graphiques (Boxplots) des tailles standard en fonction des campagnes de pêche sur la restitution (RES) et le canal de fuite (CF) de Baix et Péage en 2010 et 2011 pour chaque stade de développement chez le chevaine, le gardon, le hotu et l'ablette.



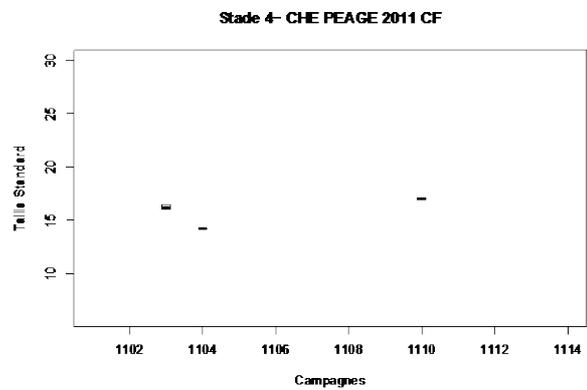
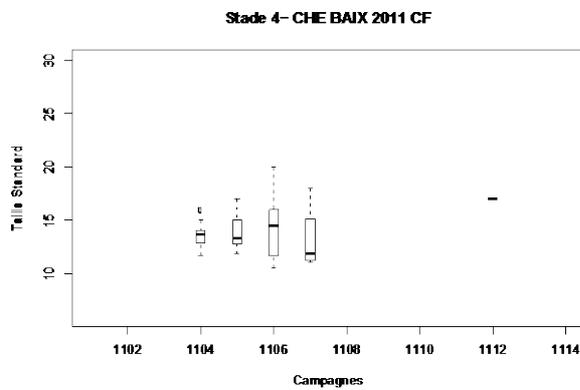
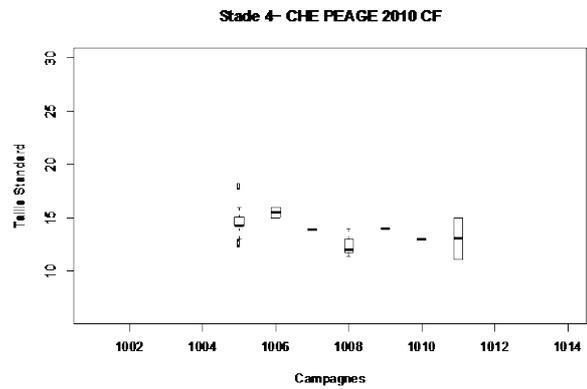
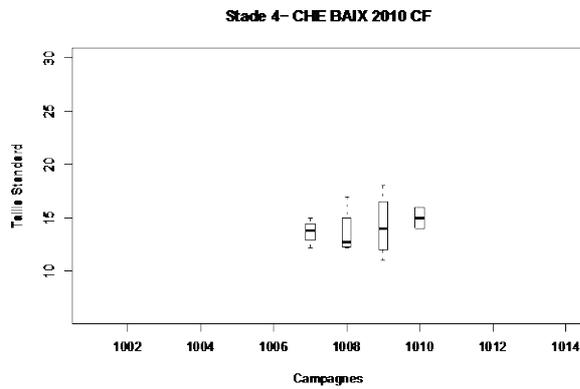
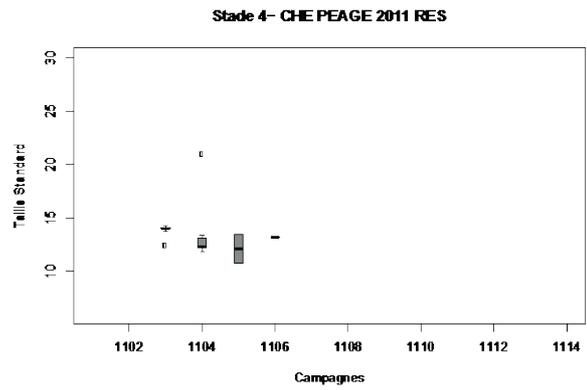
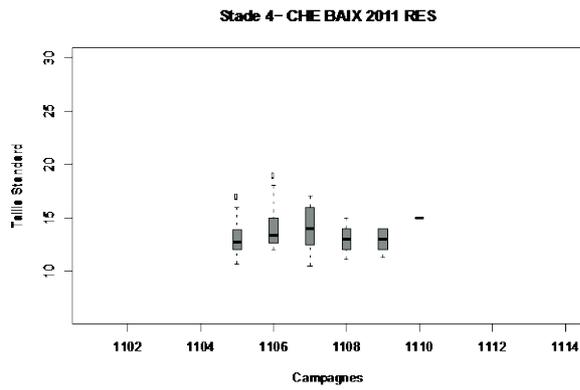
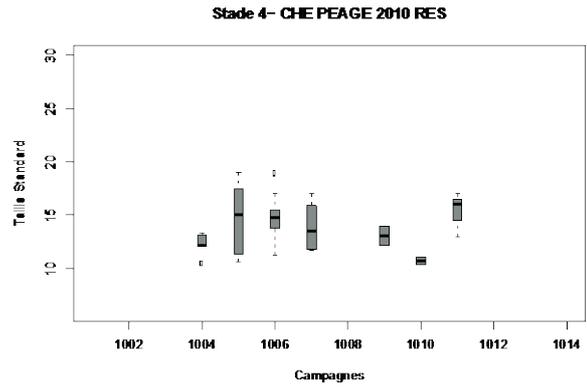
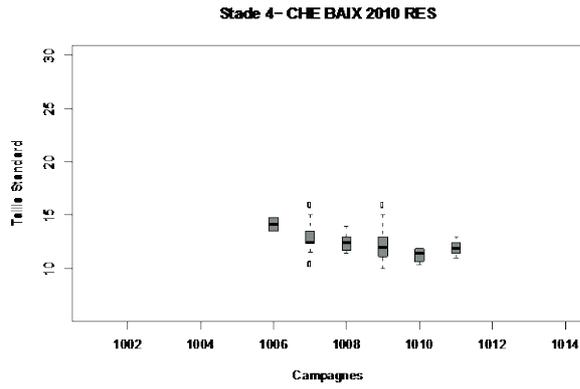
A.7.1 Boxplots représentant les tailles standard de stades 1 de chevine en fonction des 14 campagnes de terrain, sur la restitution et le canal de fuite de Baix et Péage en 2010 et 2011.



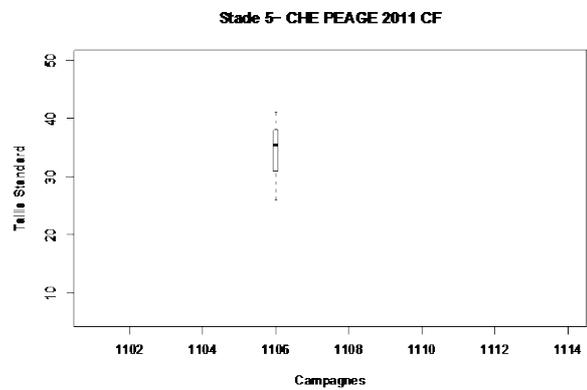
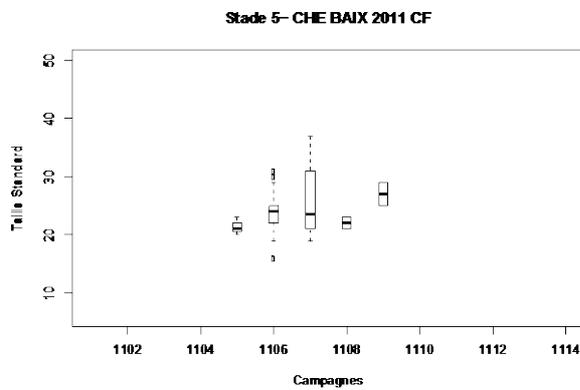
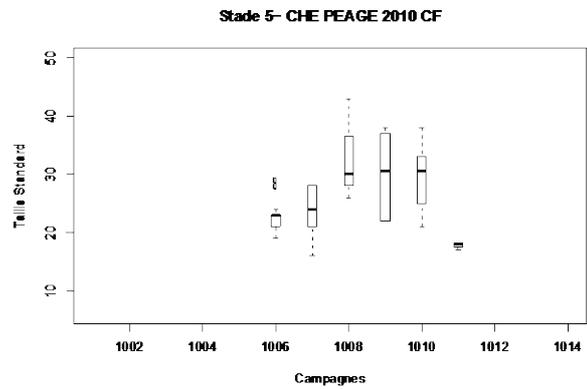
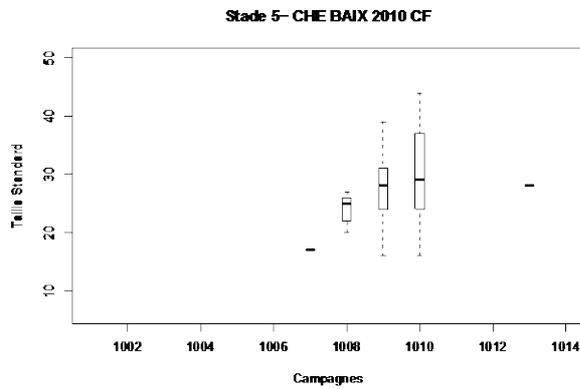
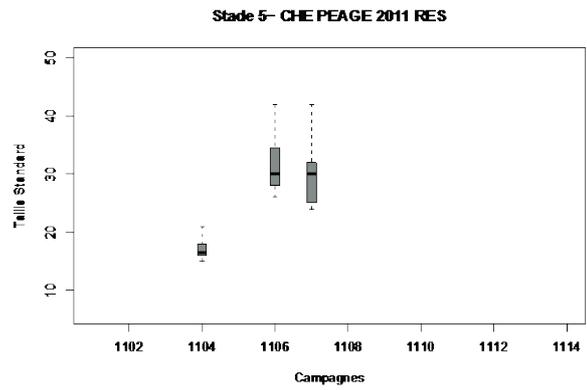
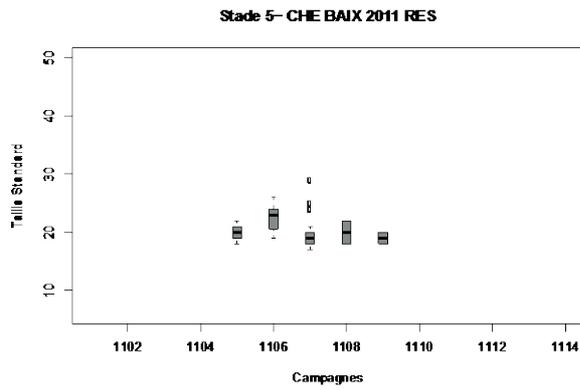
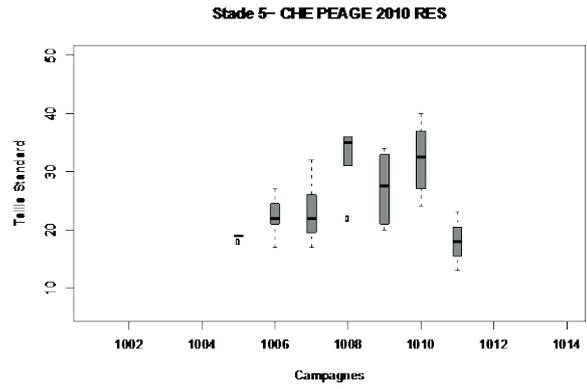
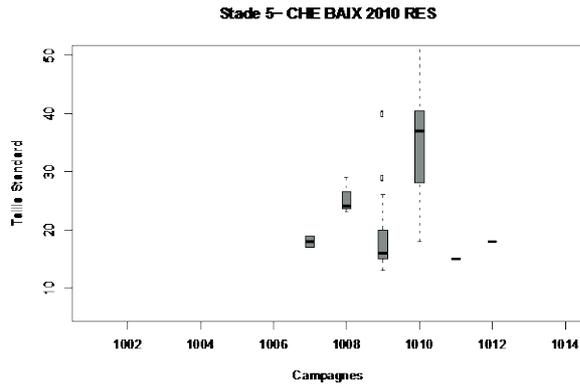
A.7.2 Boxplots représentant les tailles standard de stades 2 de chevine en fonction des 14 campagnes de terrain, sur la restitution et le canal de fuite de Baix et Péage en 2010 et 2011.



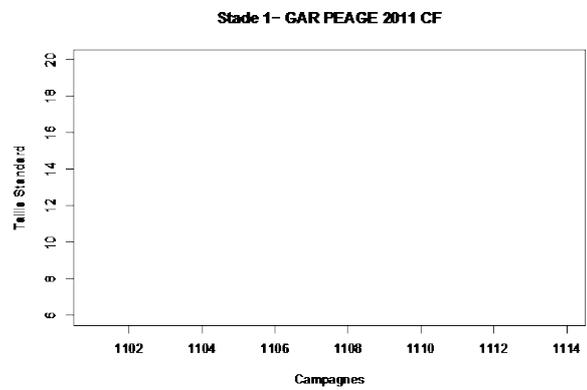
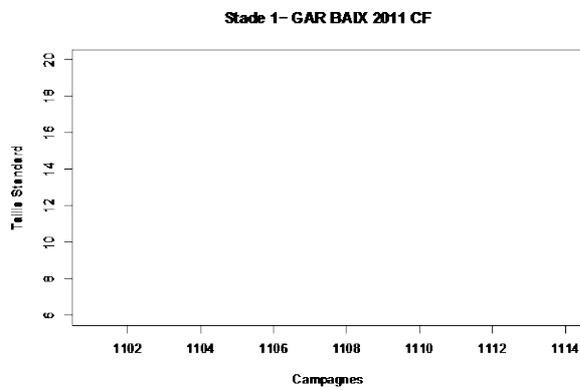
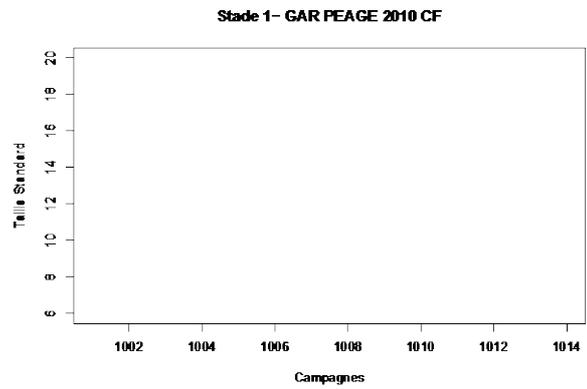
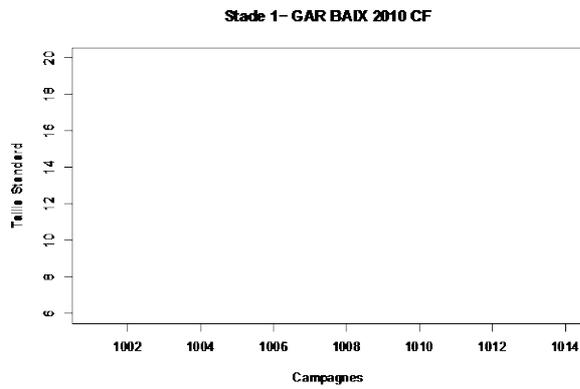
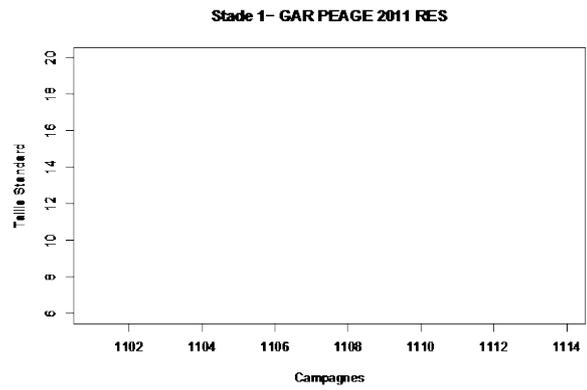
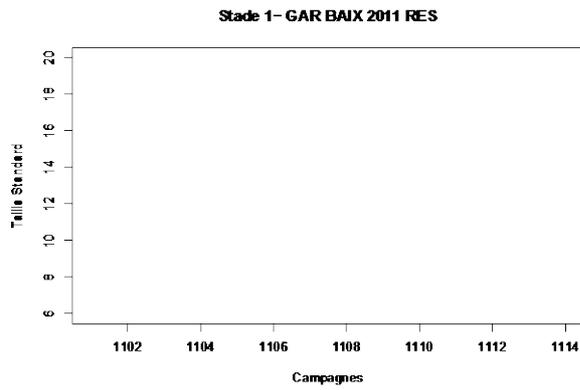
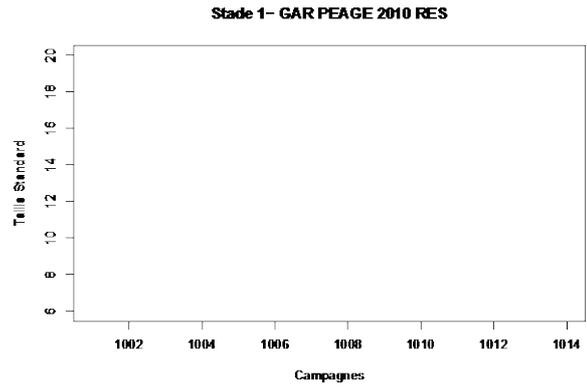
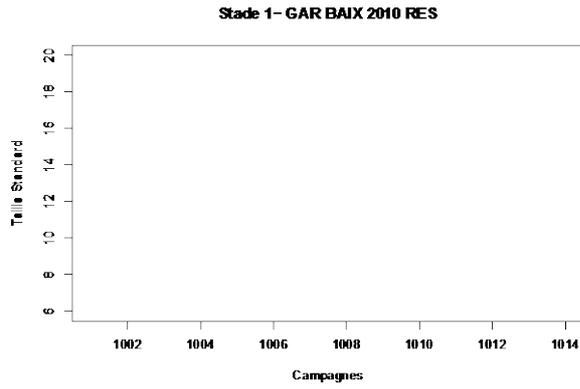
A.7.3 Boxplots représentant les tailles standard de stades 3 de chevaîne en fonction des 14 campagnes de terrain, sur la restitution et le canal de fuite de Baix et Péage en 2010 et 2011.



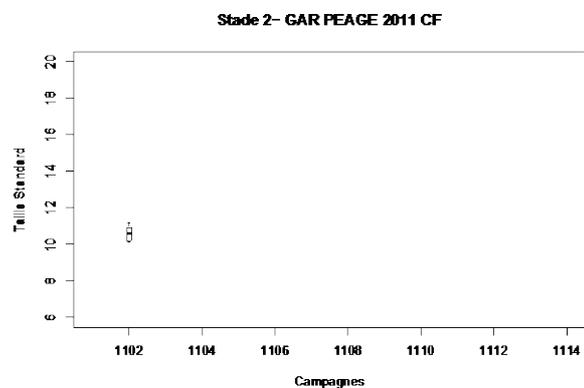
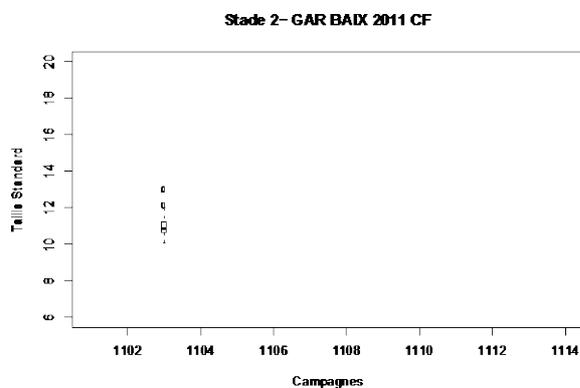
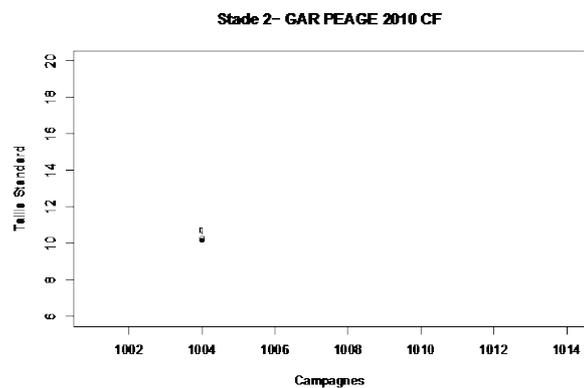
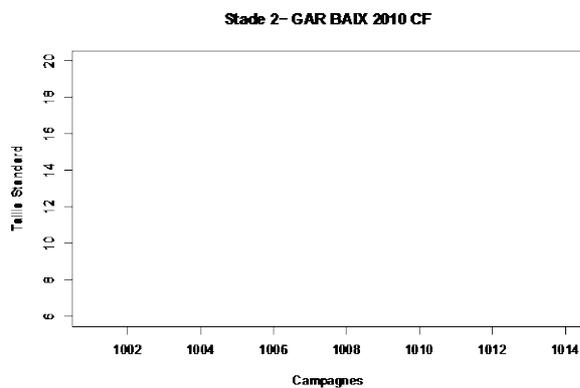
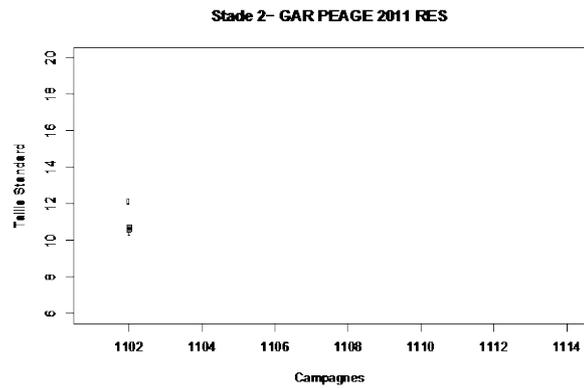
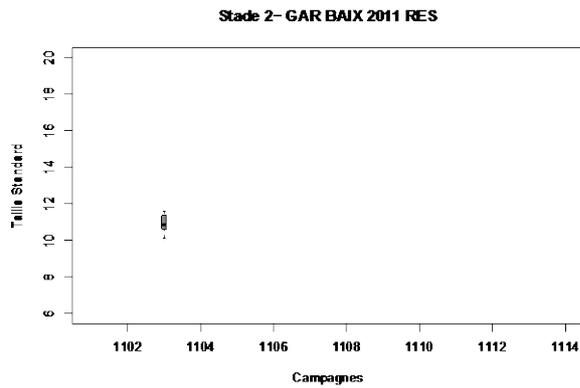
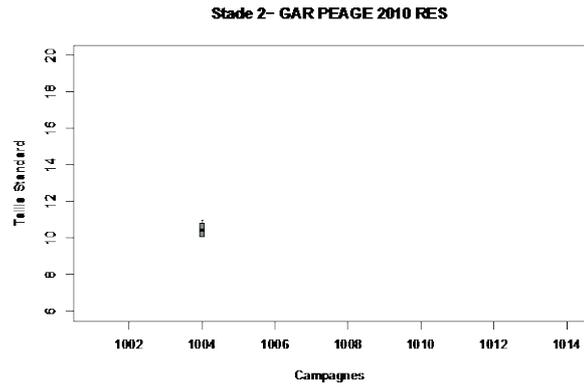
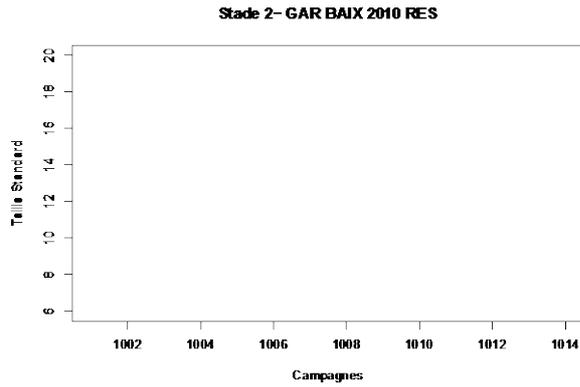
A.7.4 Boxplots représentant les tailles standard de stades 4 de chevine en fonction des 14 campagnes de terrain, sur la restitution et le canal de fuite de Baix et Péage en 2010 et 2011.



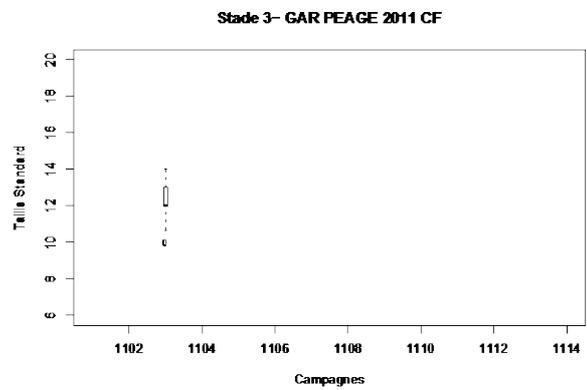
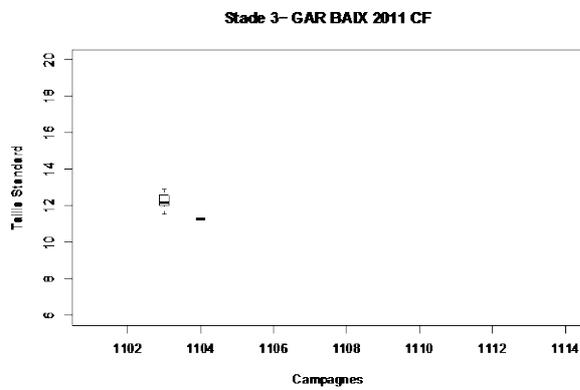
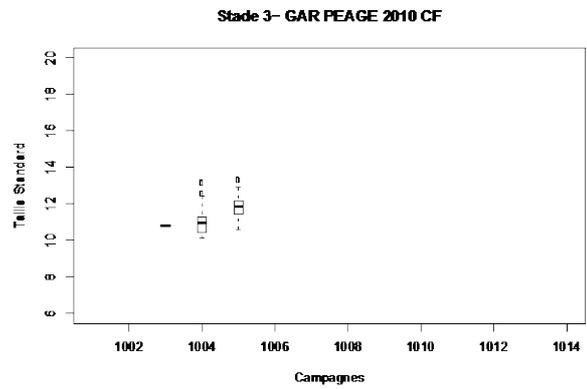
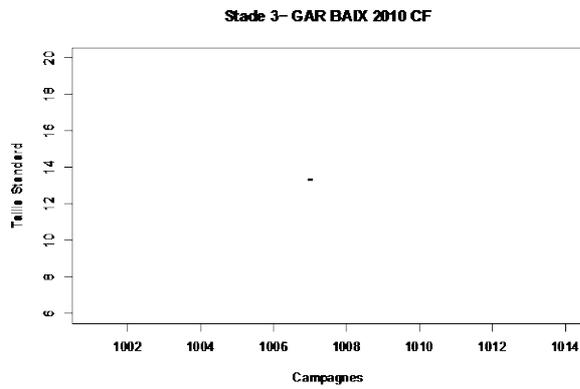
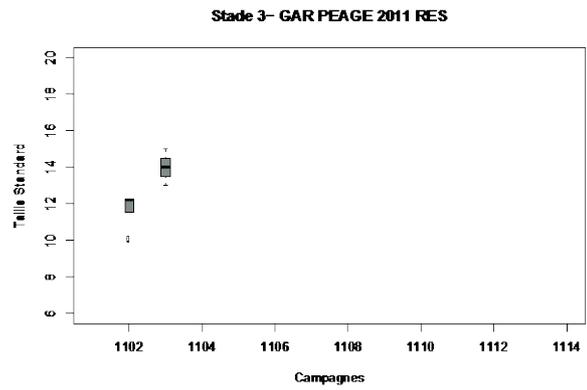
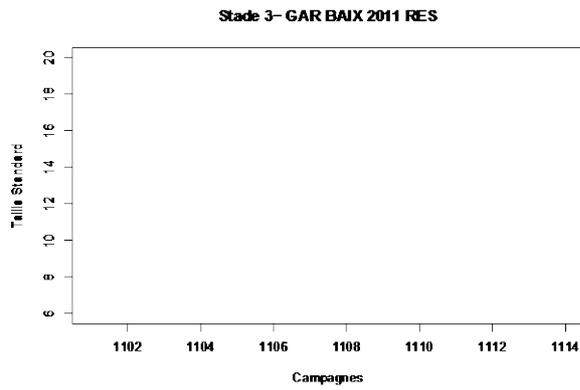
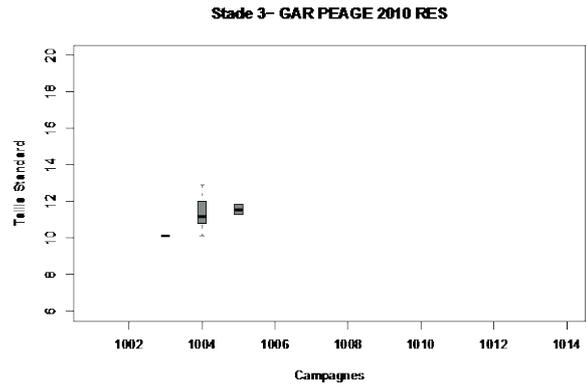
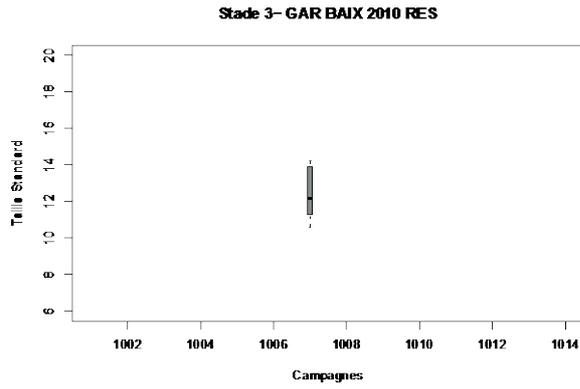
A.7.5 Boxplots représentant les tailles standard de stades 5 de chevine en fonction des 14 campagnes de terrain, sur la restitution et le canal de fuite de Baix et Péage en 2010 et 2011.



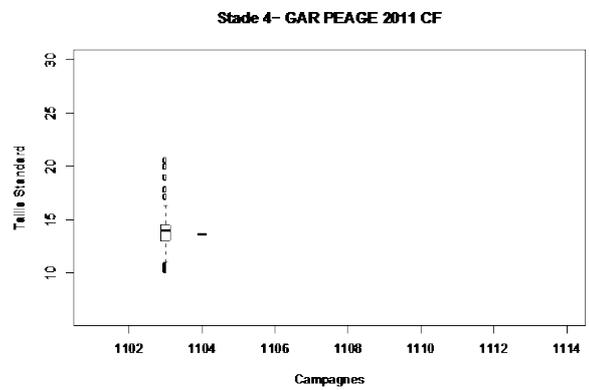
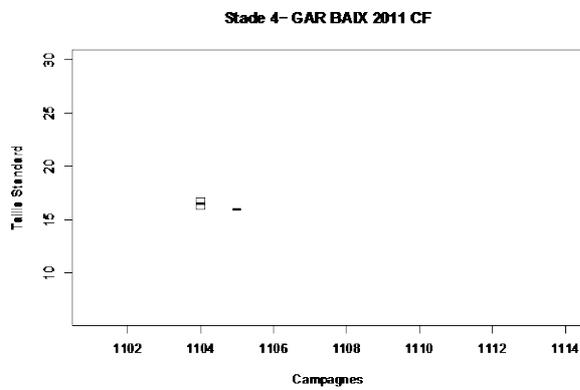
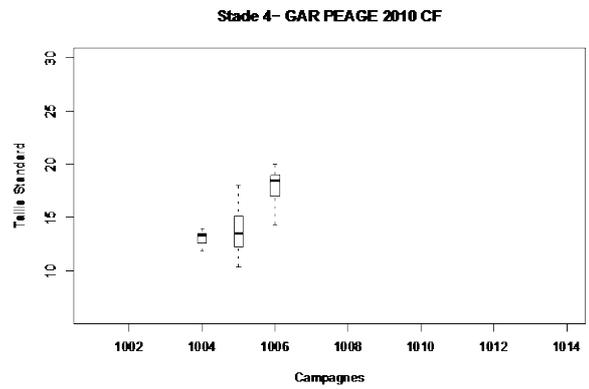
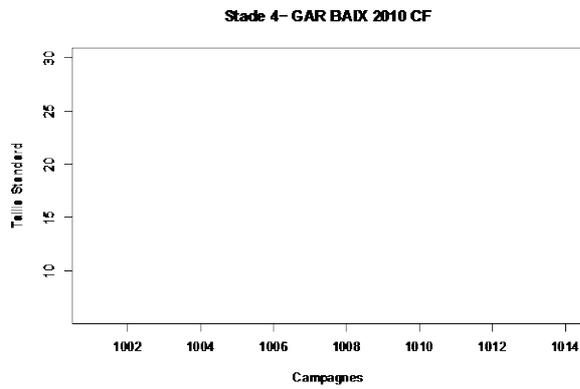
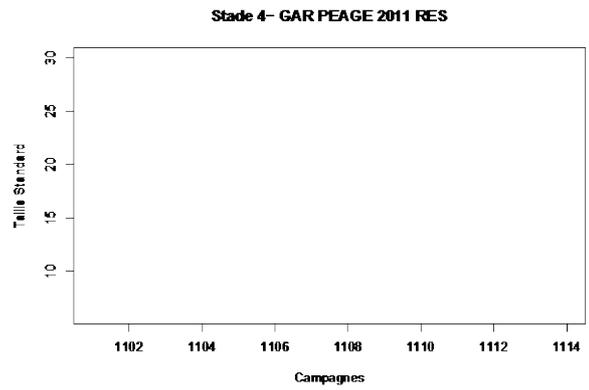
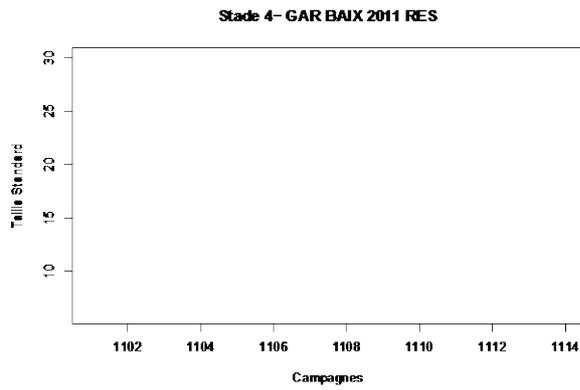
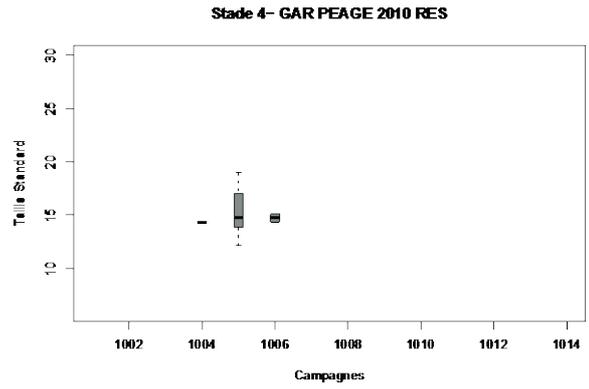
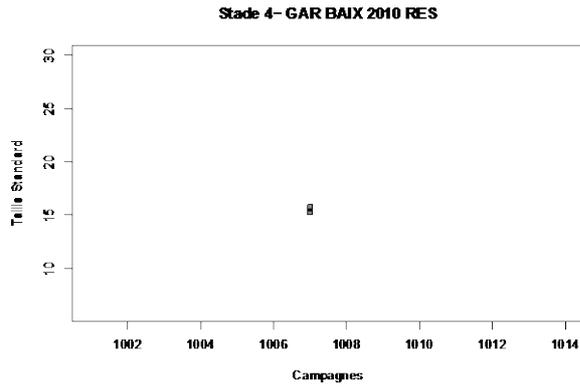
A.7.6 Boxplots représentant les tailles standard de stades 1 de gardon en fonction des 14 campagnes de terrain, sur la restitution et le canal de fuite de Baix et Péage en 2010 et 2011.



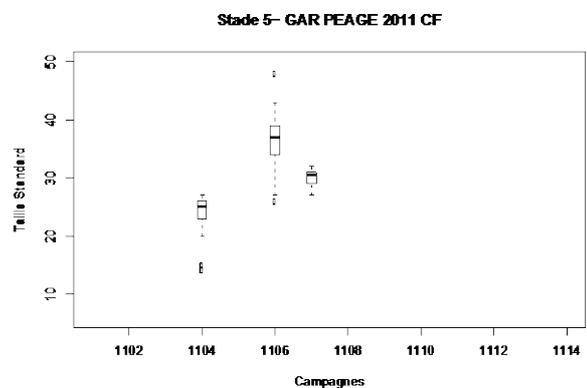
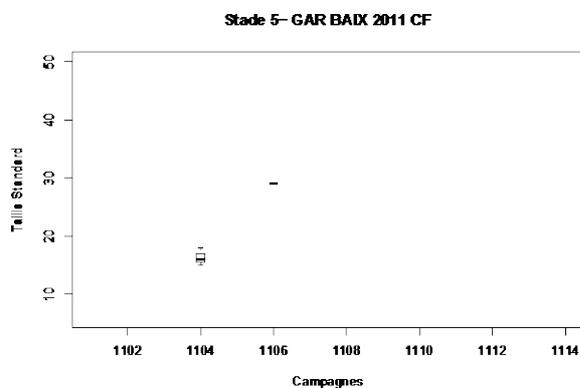
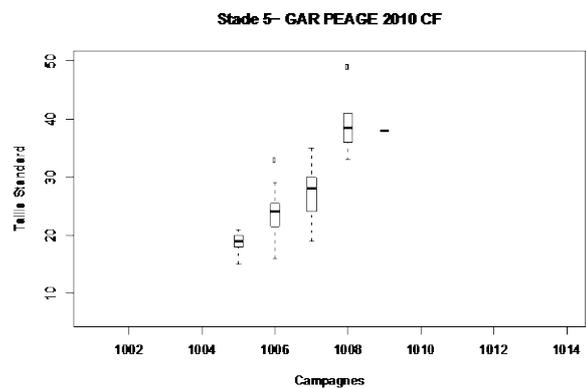
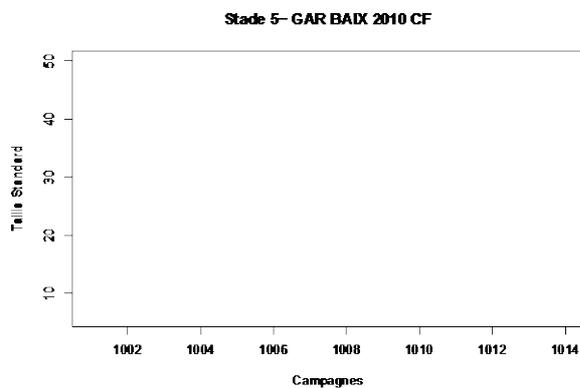
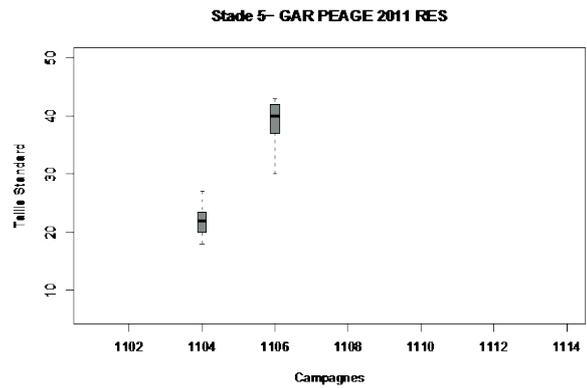
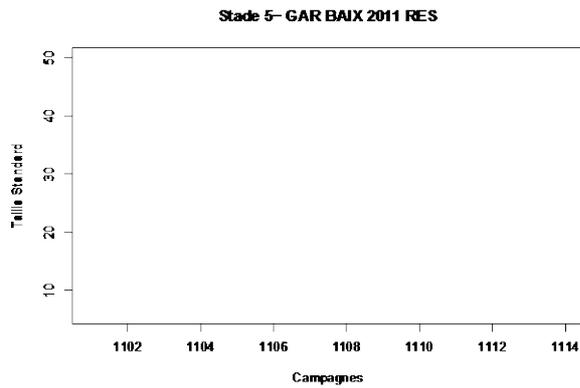
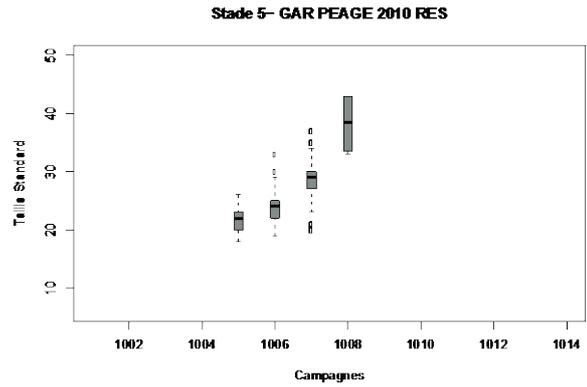
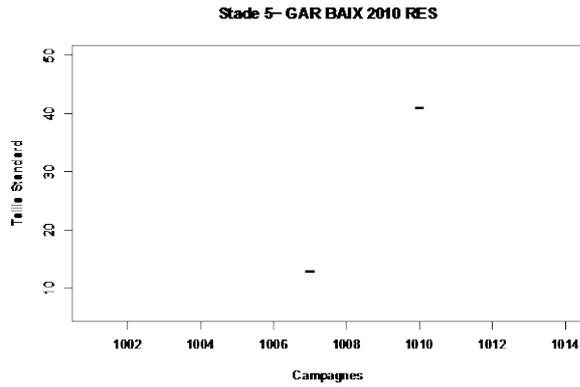
A.7.7 Boxplots représentant les tailles standard de stades 2 de gardon en fonction des 14 campagnes de terrain, sur la restitution et le canal de fuite de Baix et Péage en 2010 et 2011.



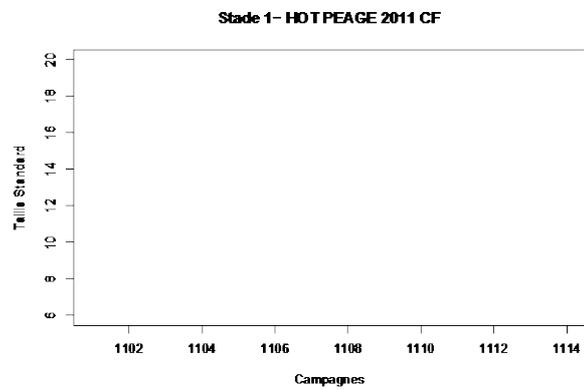
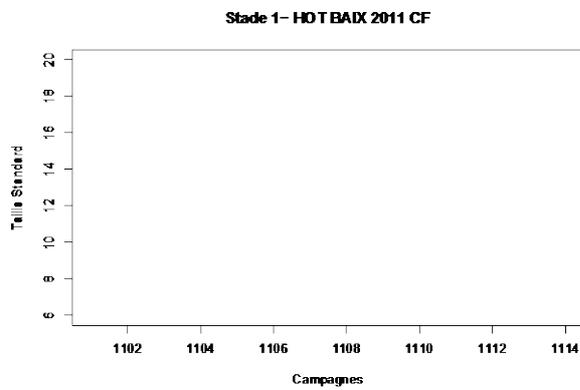
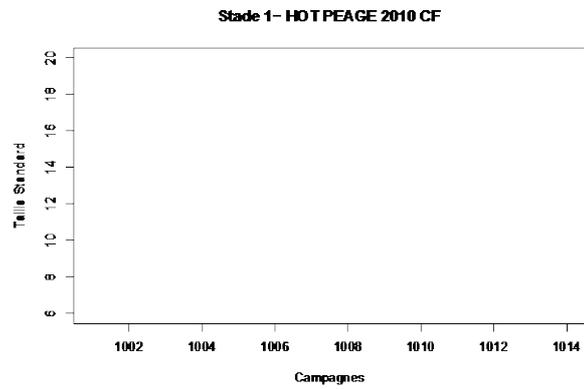
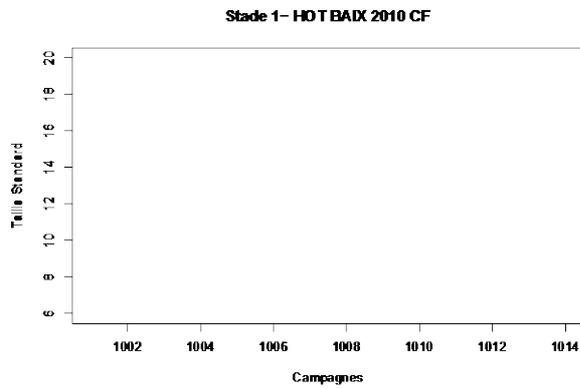
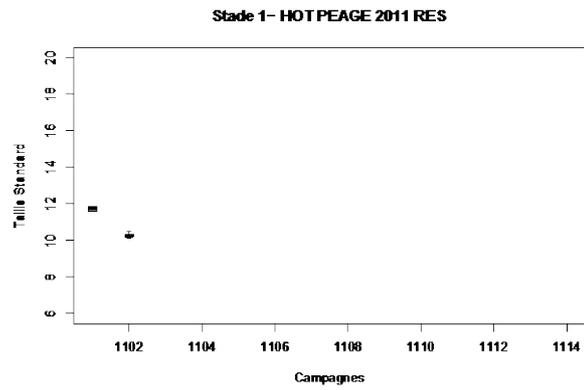
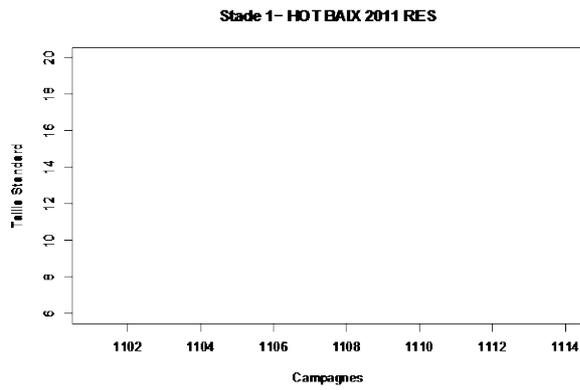
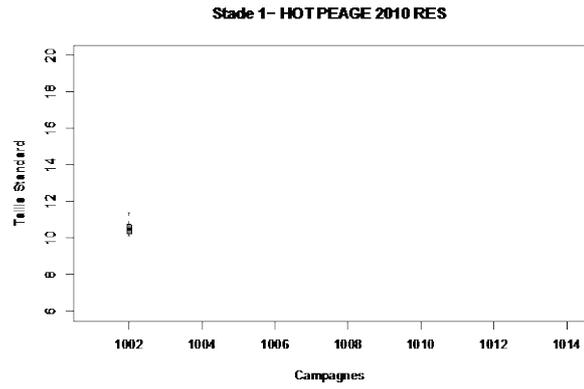
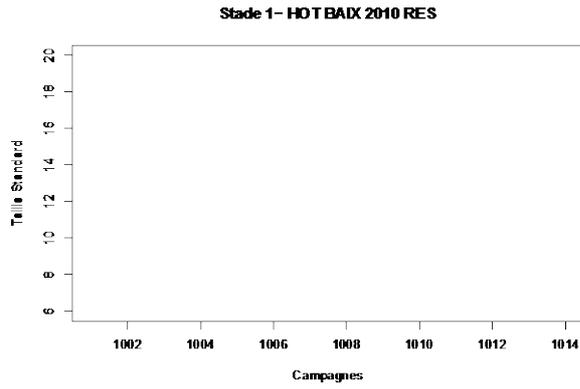
A.7.8 Boxplots représentant les tailles standard de stades 3 de gardon en fonction des 14 campagnes de terrain, sur la restitution et le canal de fuite de Baix et Péage en 2010 et 2011.



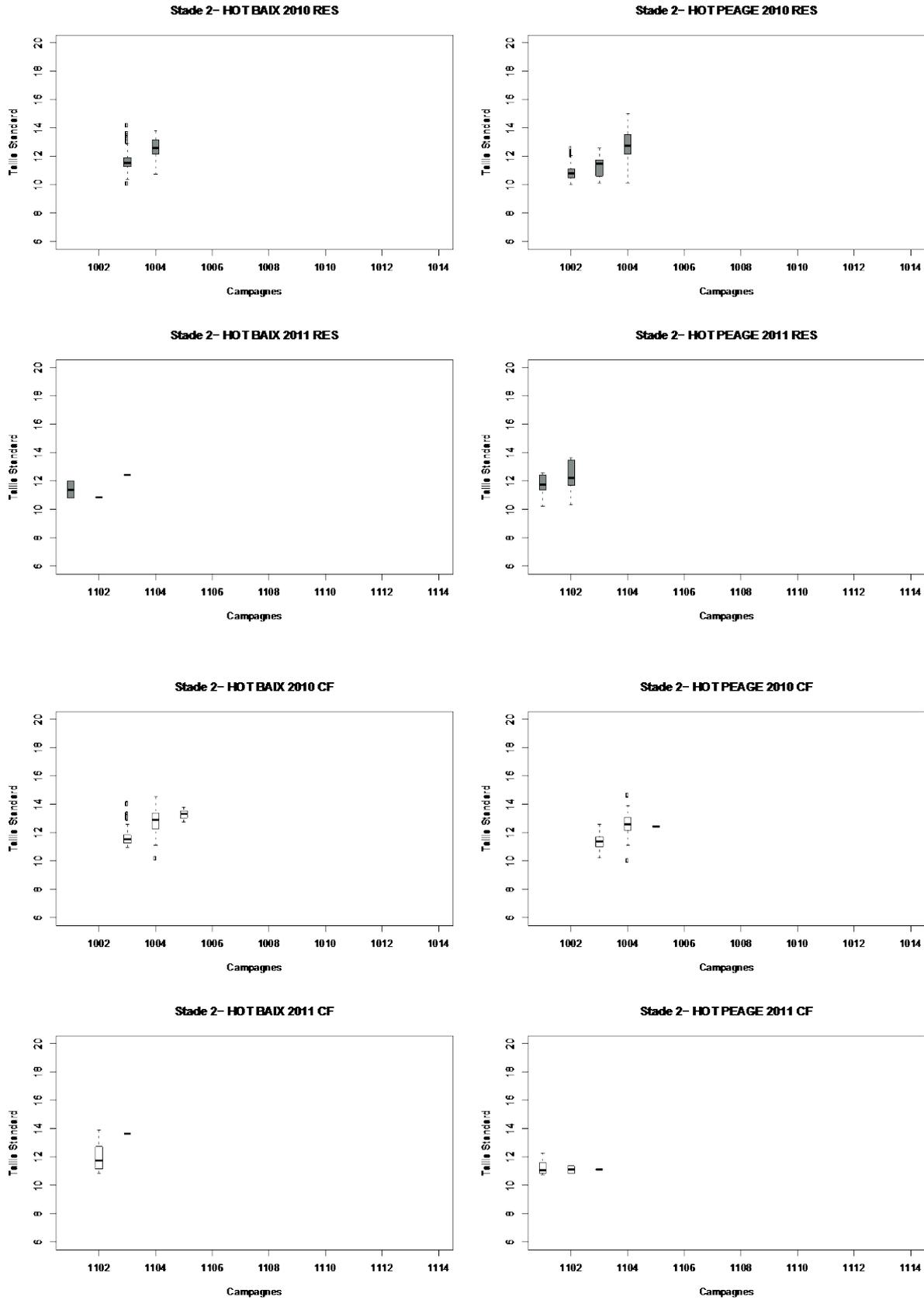
A.7.9 Boxplots représentant les tailles standard de stades 4 de gardon en fonction des 14 campagnes de terrain, sur la restitution et le canal de fuite de Baix et Péage en 2010 et 2011.



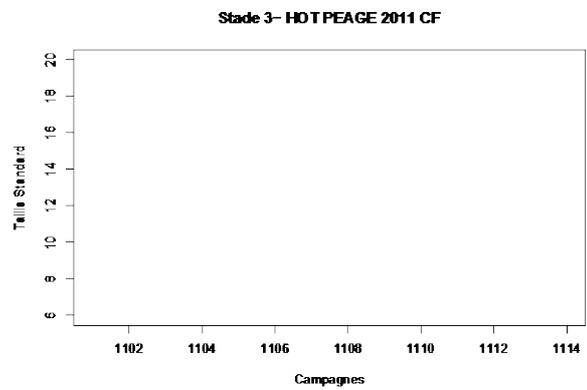
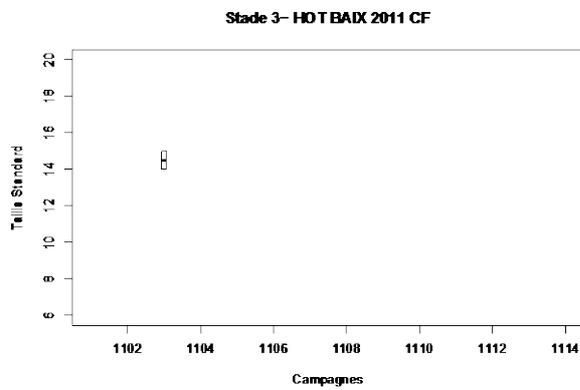
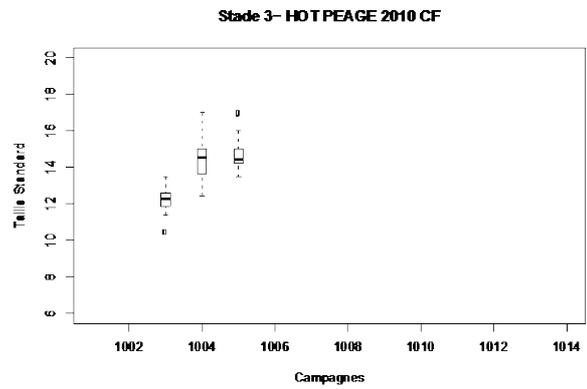
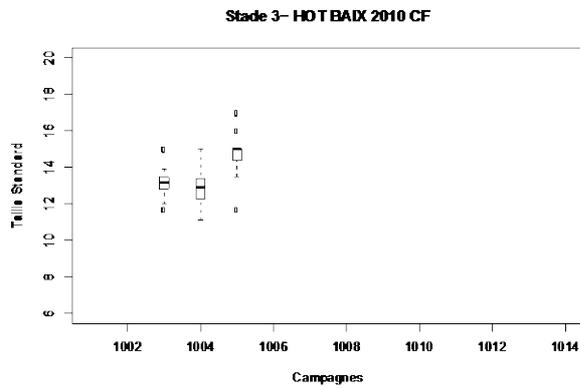
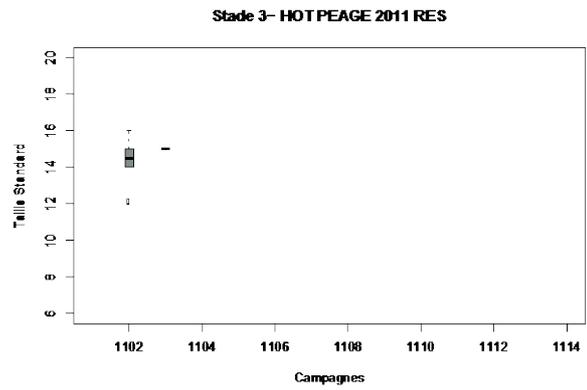
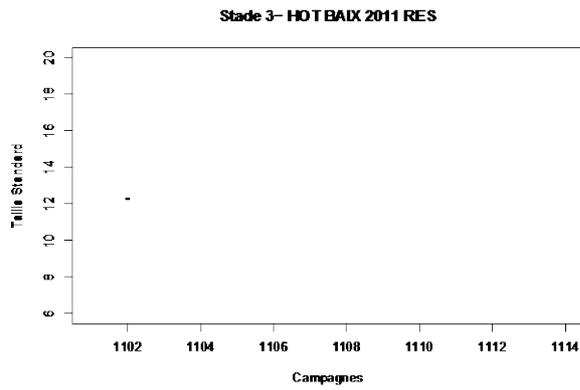
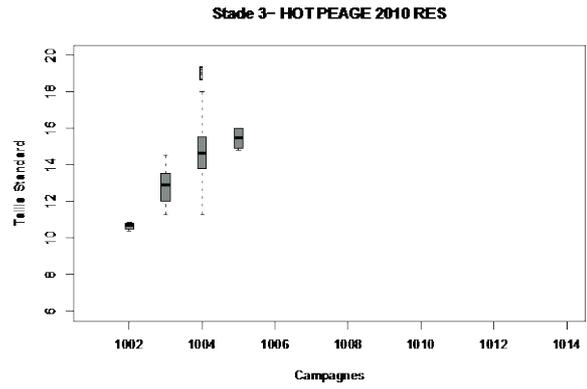
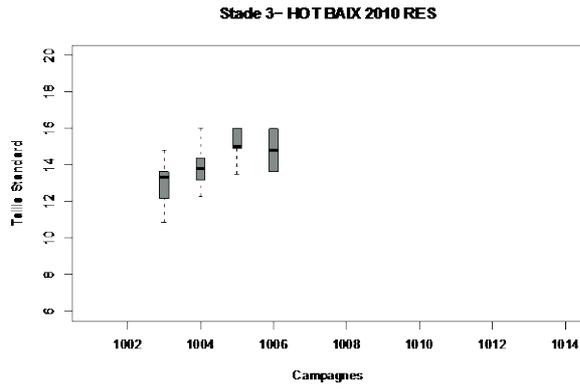
A.7.10 Boxplots représentant les tailles standard de stades 5 de gardon en fonction des 14 campagnes de terrain, sur la restitution et le canal de fuite de Baix et Péage en 2010 et 2011.



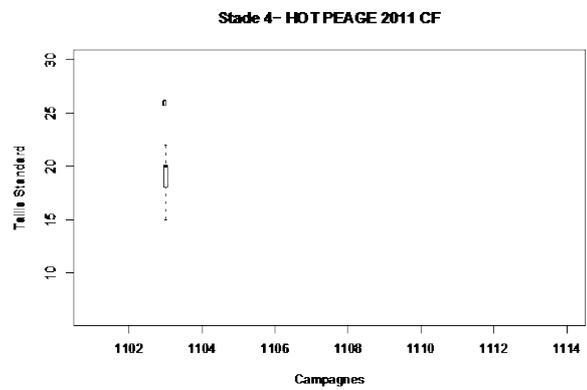
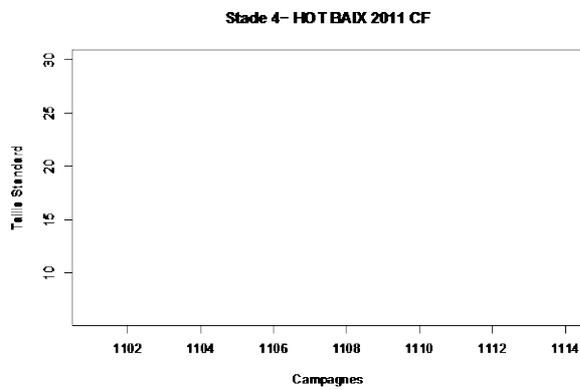
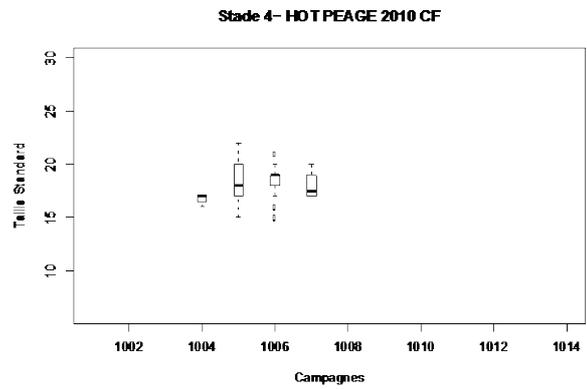
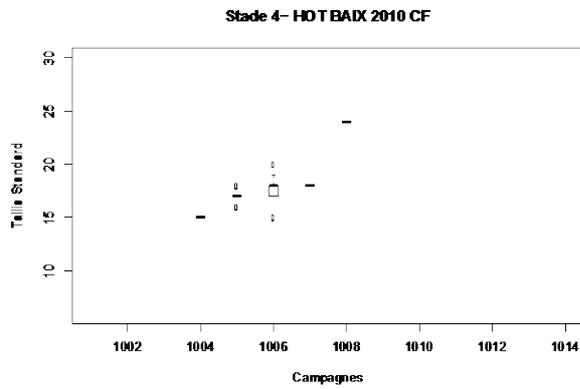
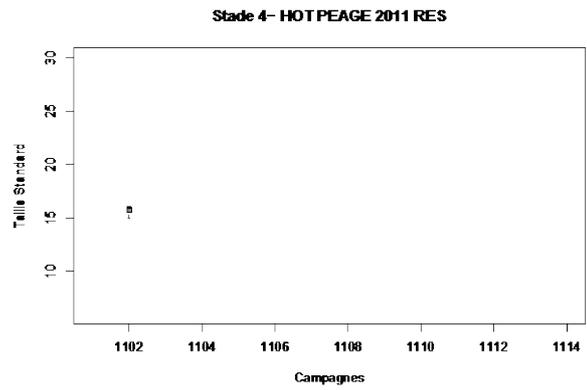
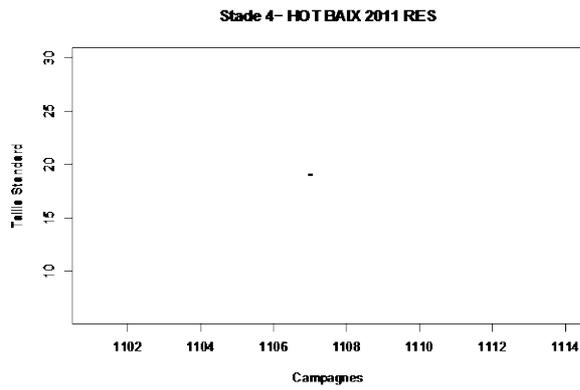
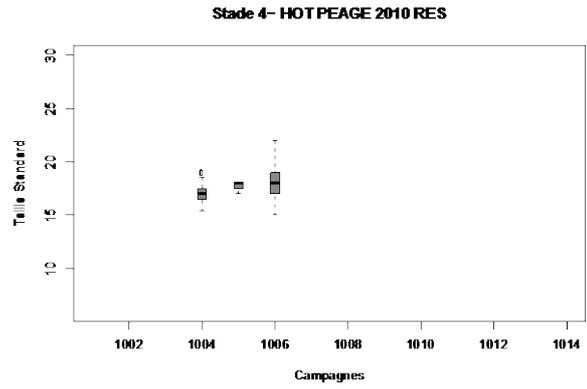
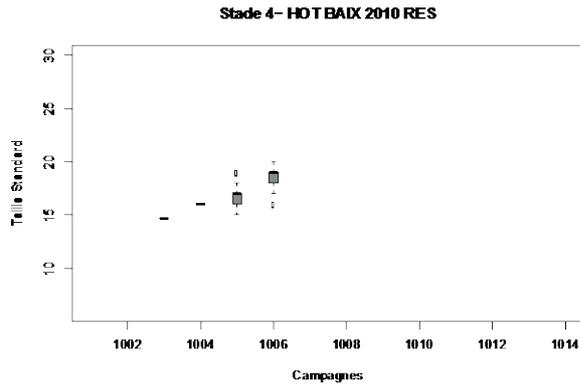
A.7.11 Boxplots représentant les tailles standard de stades 1 de hotu en fonction des 14 campagnes de terrain, sur la restitution et le canal de fuite de Baix et Péage en 2010 et 2011.



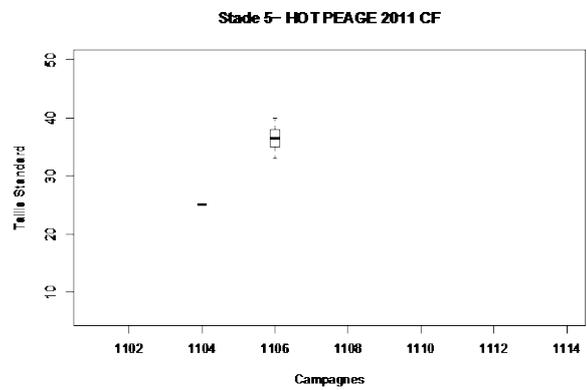
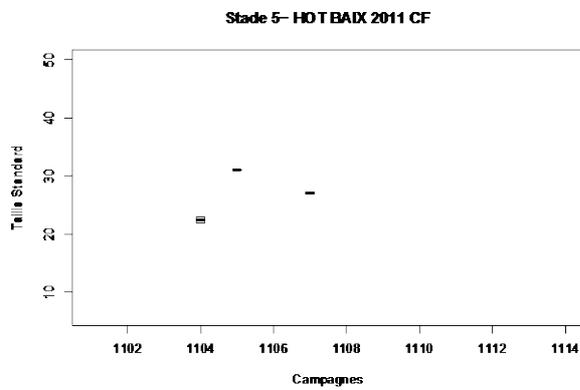
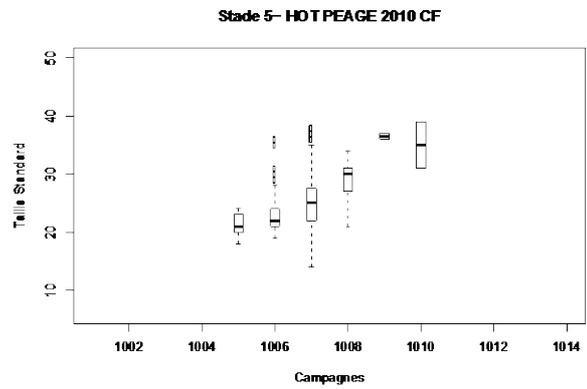
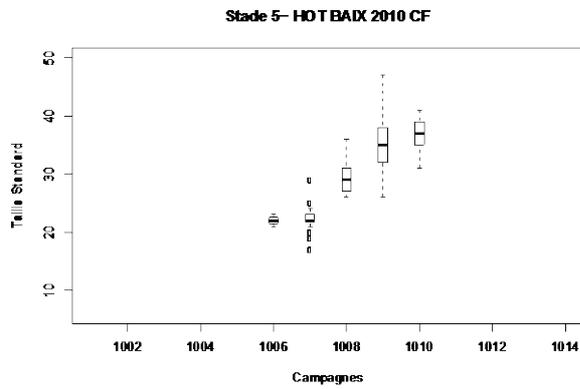
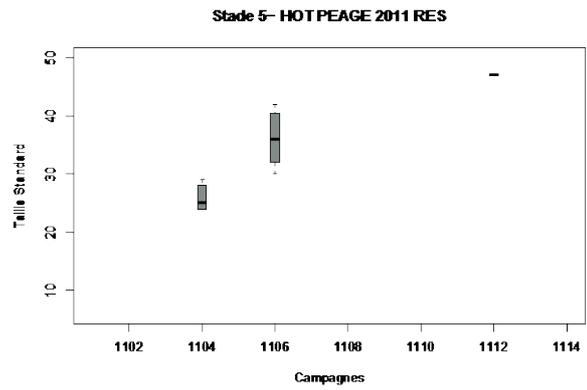
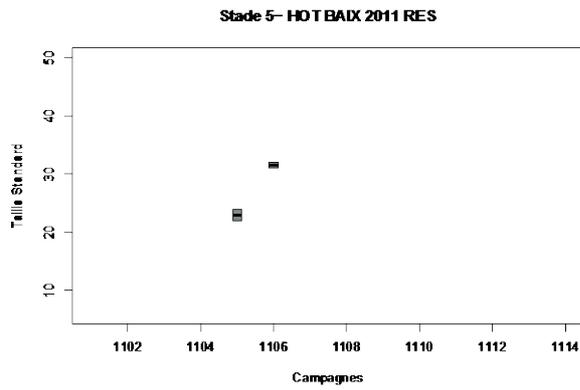
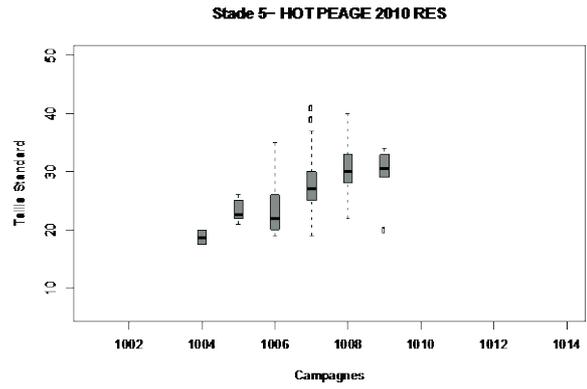
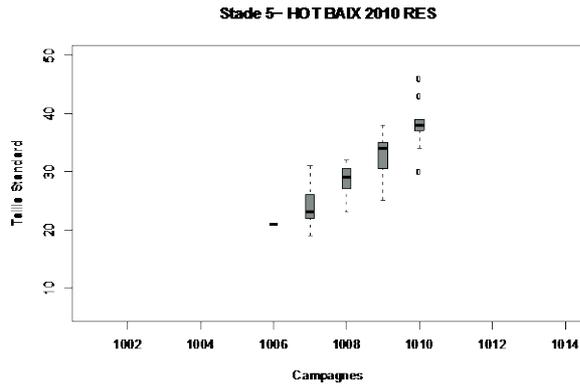
A.7.12 Boxplots représentant les tailles standard de stades 2 de hotu en fonction des 14 campagnes de terrain, sur la restitution et le canal de fuite de Baix et Péage en 2010 et 2011.



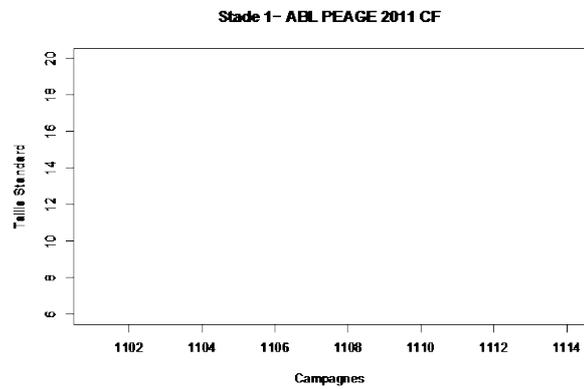
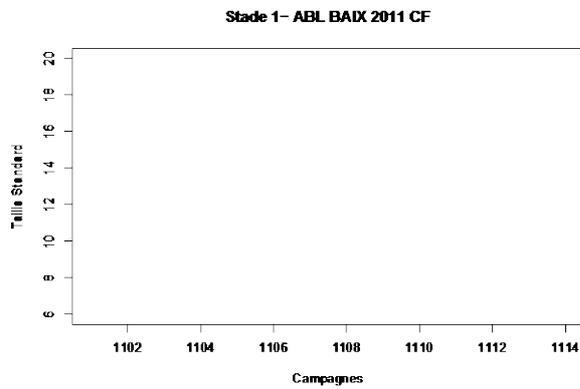
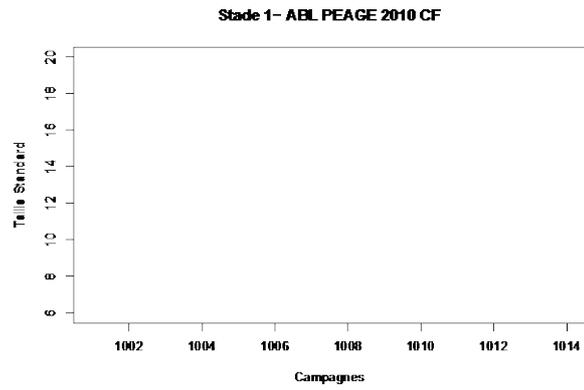
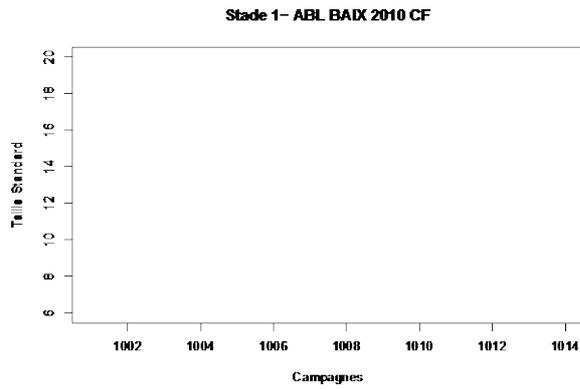
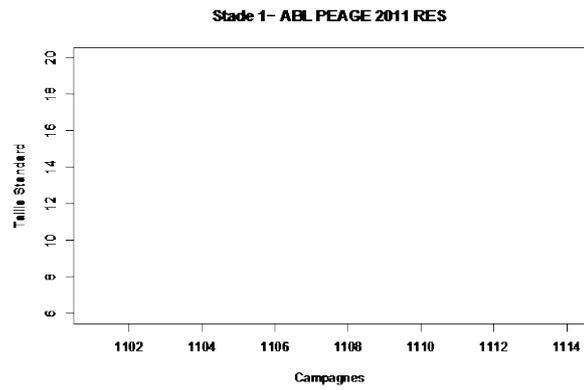
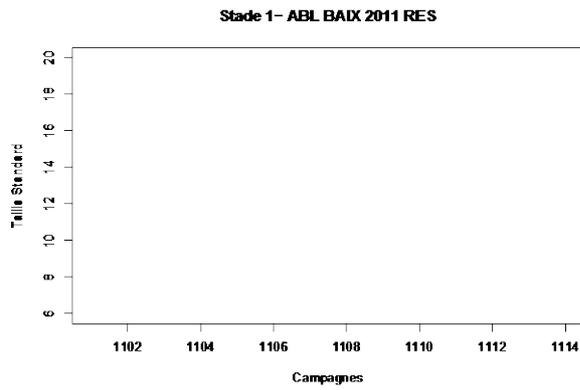
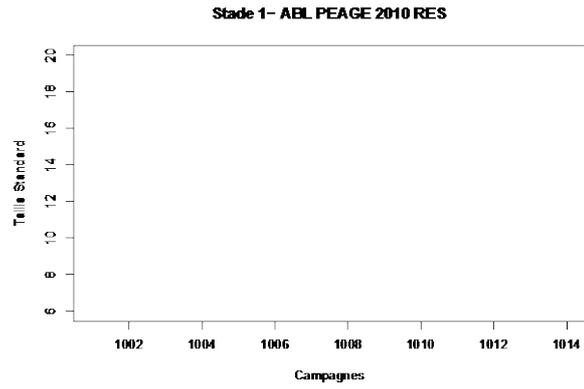
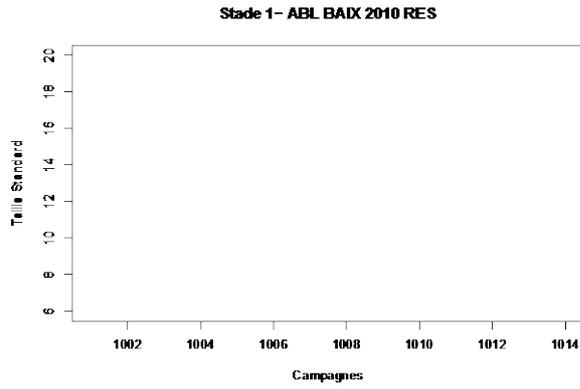
A.7.13 Boxplots représentant les tailles standard de stades 3 de hotu en fonction des 14 campagnes de terrain, sur la restitution et le canal de fuite de Baix et Péage en 2010 et 2011.



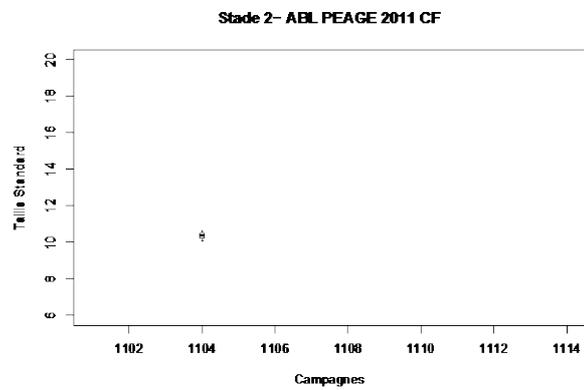
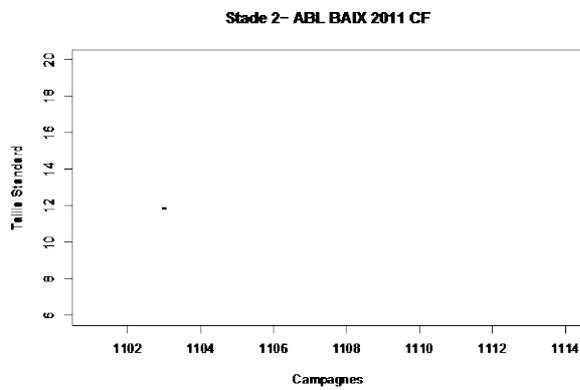
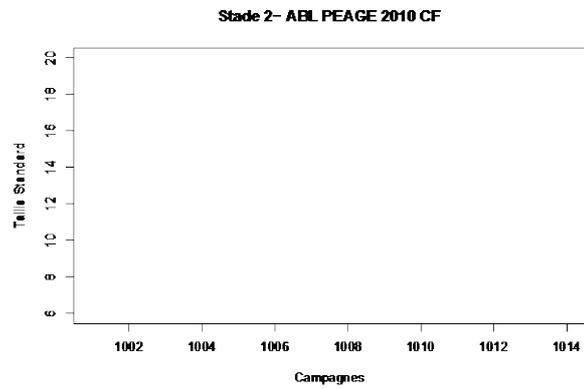
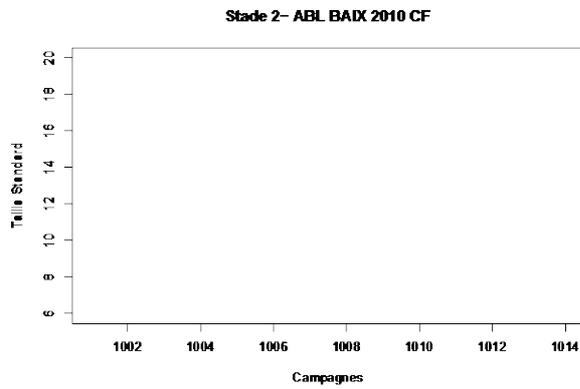
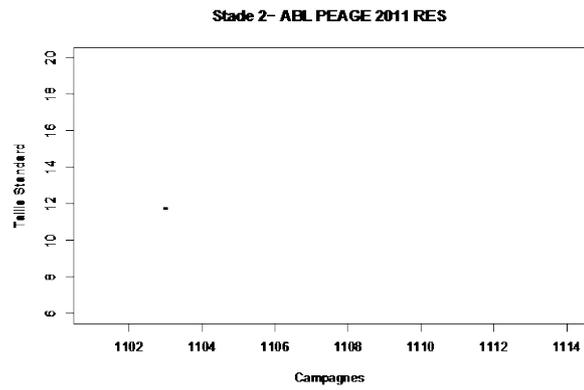
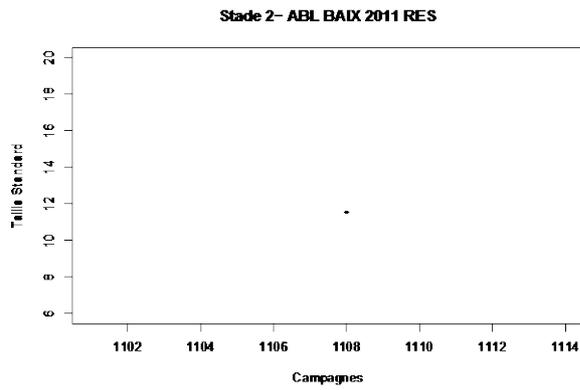
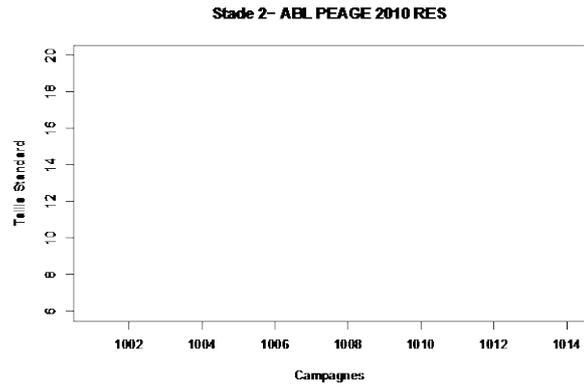
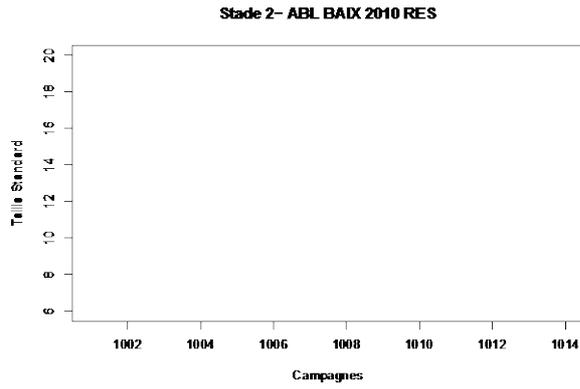
A.7.14 Boxplots représentant les tailles standard de stades 4 de hotu en fonction des 14 campagnes de terrain, sur la restitution et le canal de fuite de Baix et Péage en 2010 et 2011.



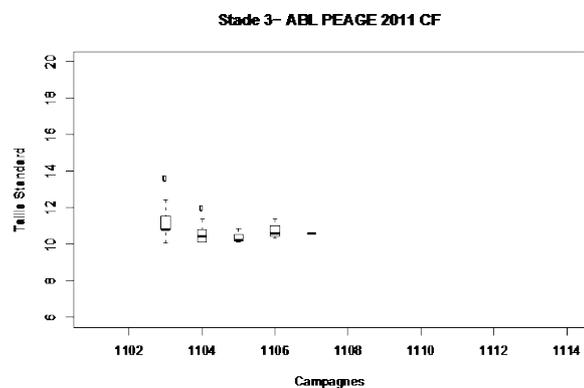
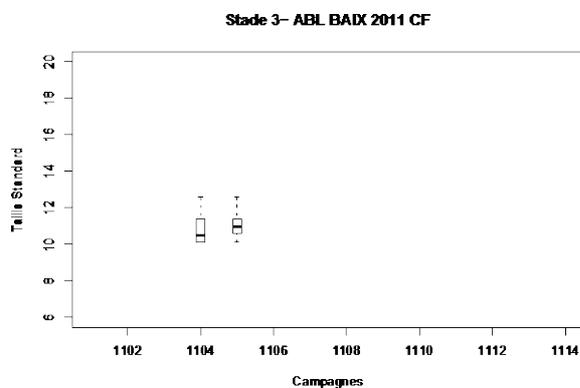
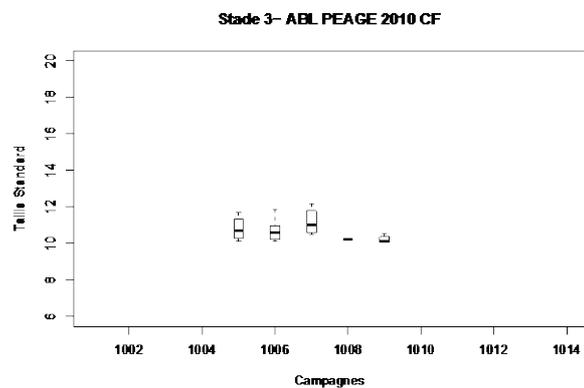
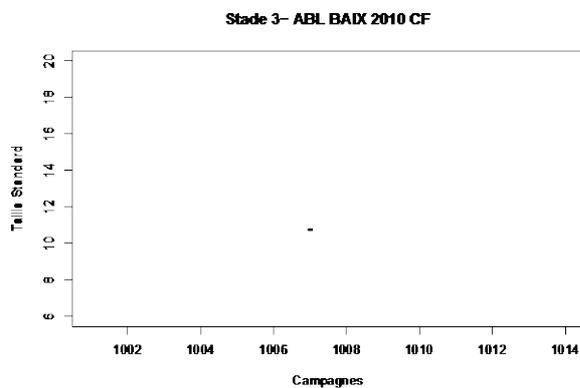
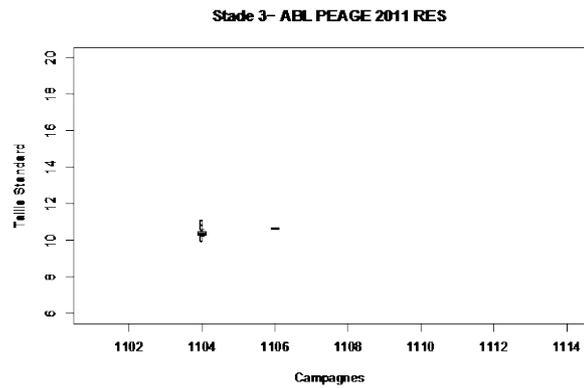
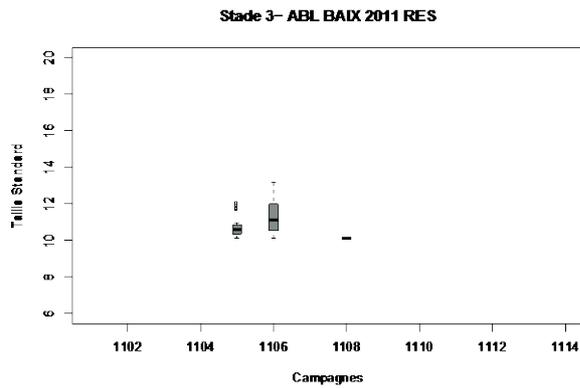
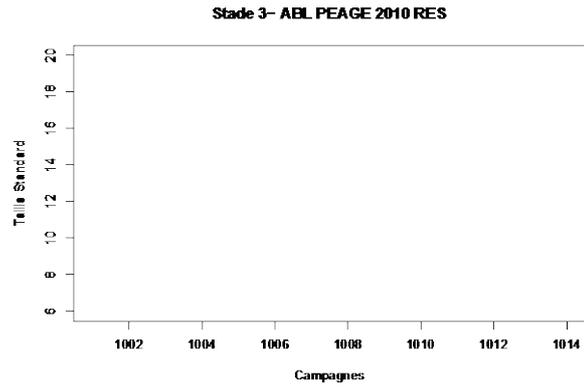
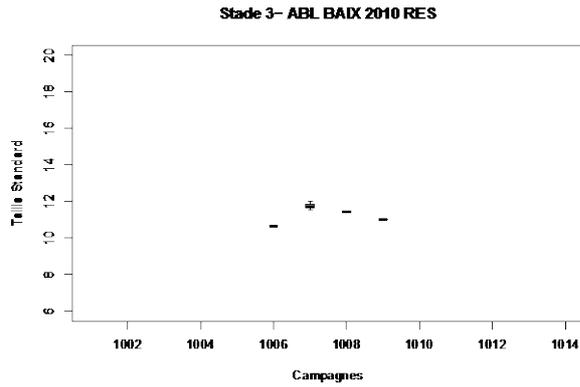
A.7.15 Boxplots représentant les tailles standard de stades 5 de hotu en fonction des 14 campagnes de terrain, sur la restitution et le canal de fuite de Baix et Péage en 2010 et 2011.



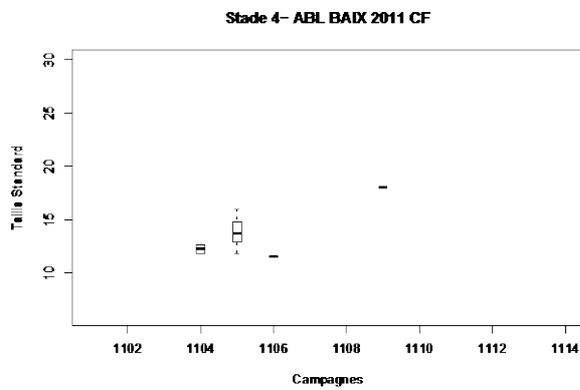
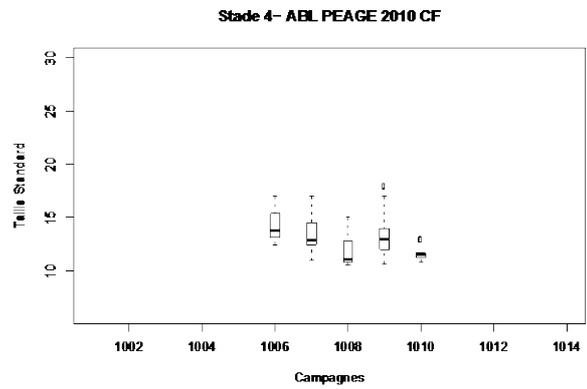
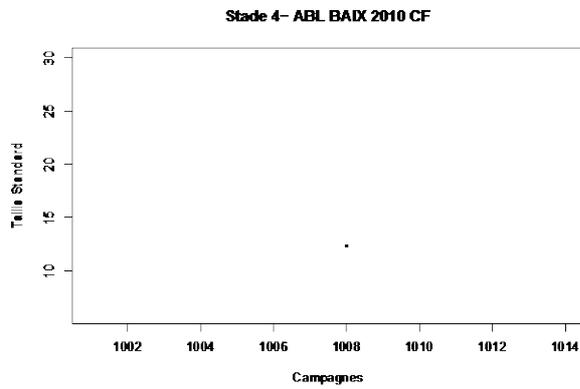
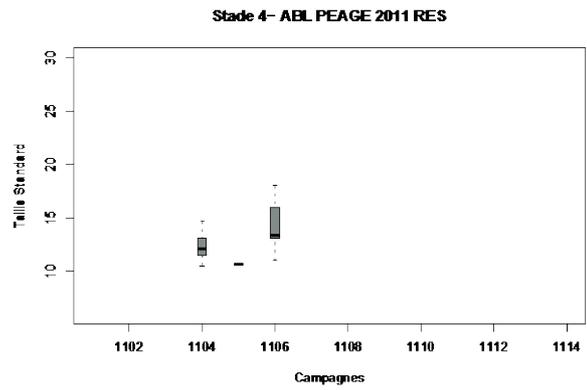
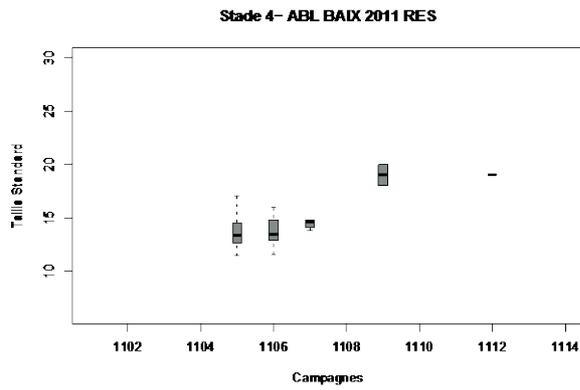
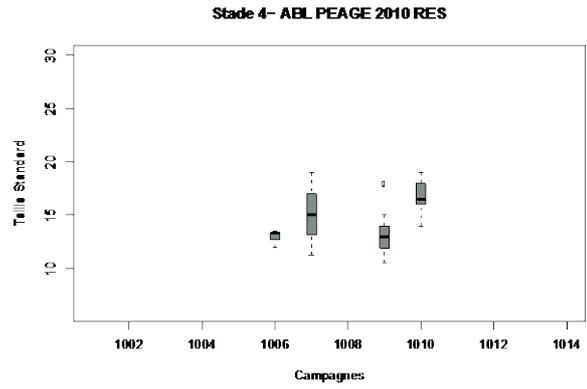
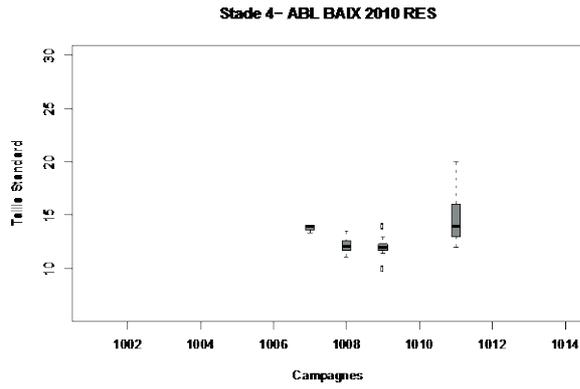
A.7.16 Boxplots représentant les tailles standard de stades 1 d'ablette en fonction des 14 campagnes de terrain, sur la restitution et le canal de fuite de Baix et Péage en 2010 et 2011.



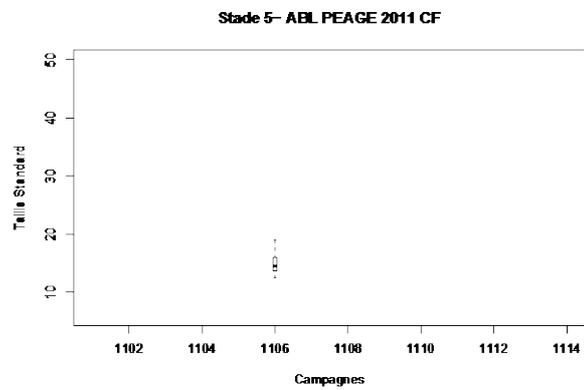
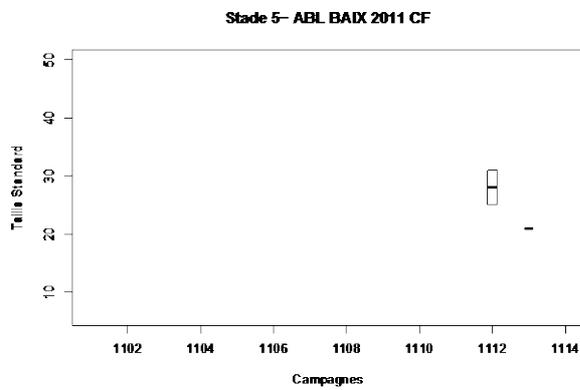
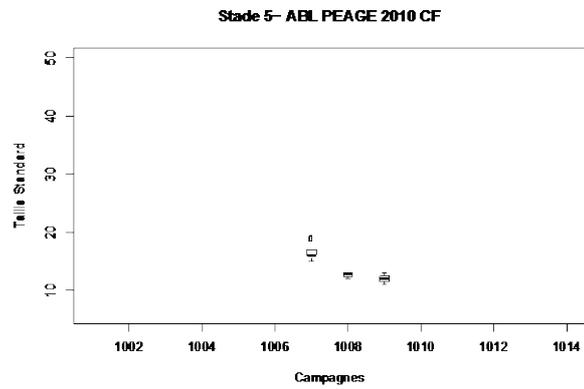
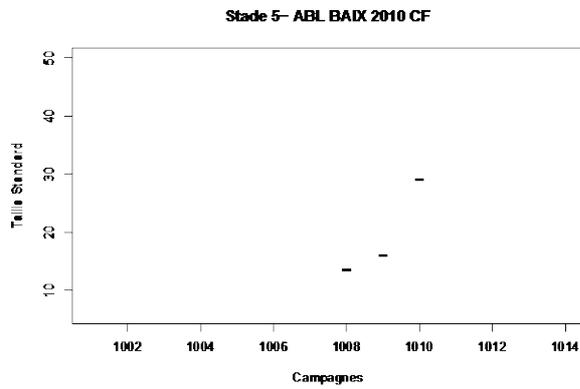
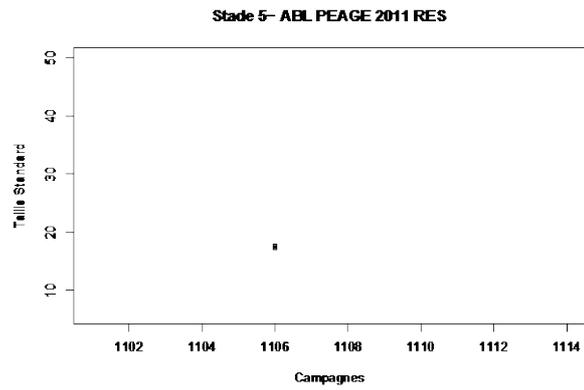
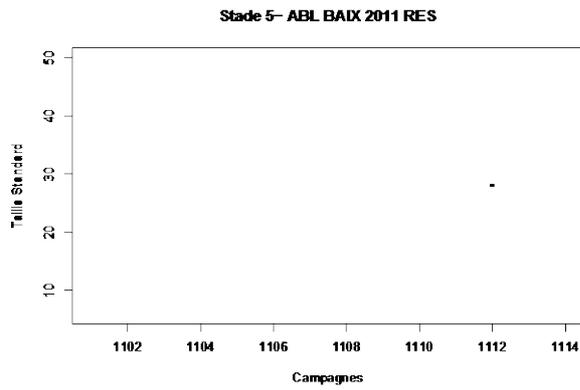
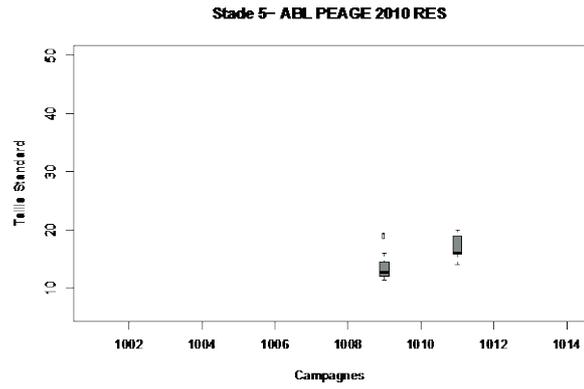
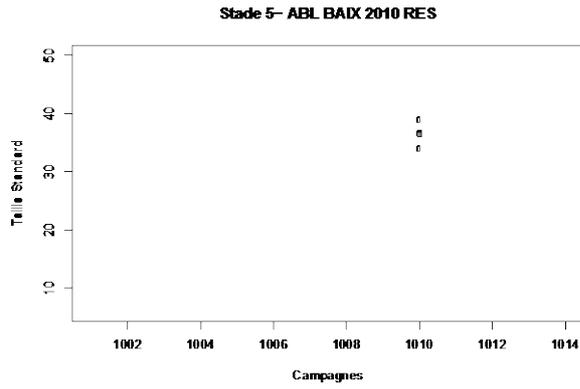
A.7.17 Boxplots représentant les tailles standard de stades 2 d'ablette en fonction des 14 campagnes de terrain, sur la restitution et le canal de fuite de Baix et Péage en 2010 et 2011.



A.7.18 Boxplots représentant les tailles standard de stades 3 d'ablette en fonction des 14 campagnes de terrain, sur la restitution et le canal de fuite de Baix et Péage en 2010 et 2011.

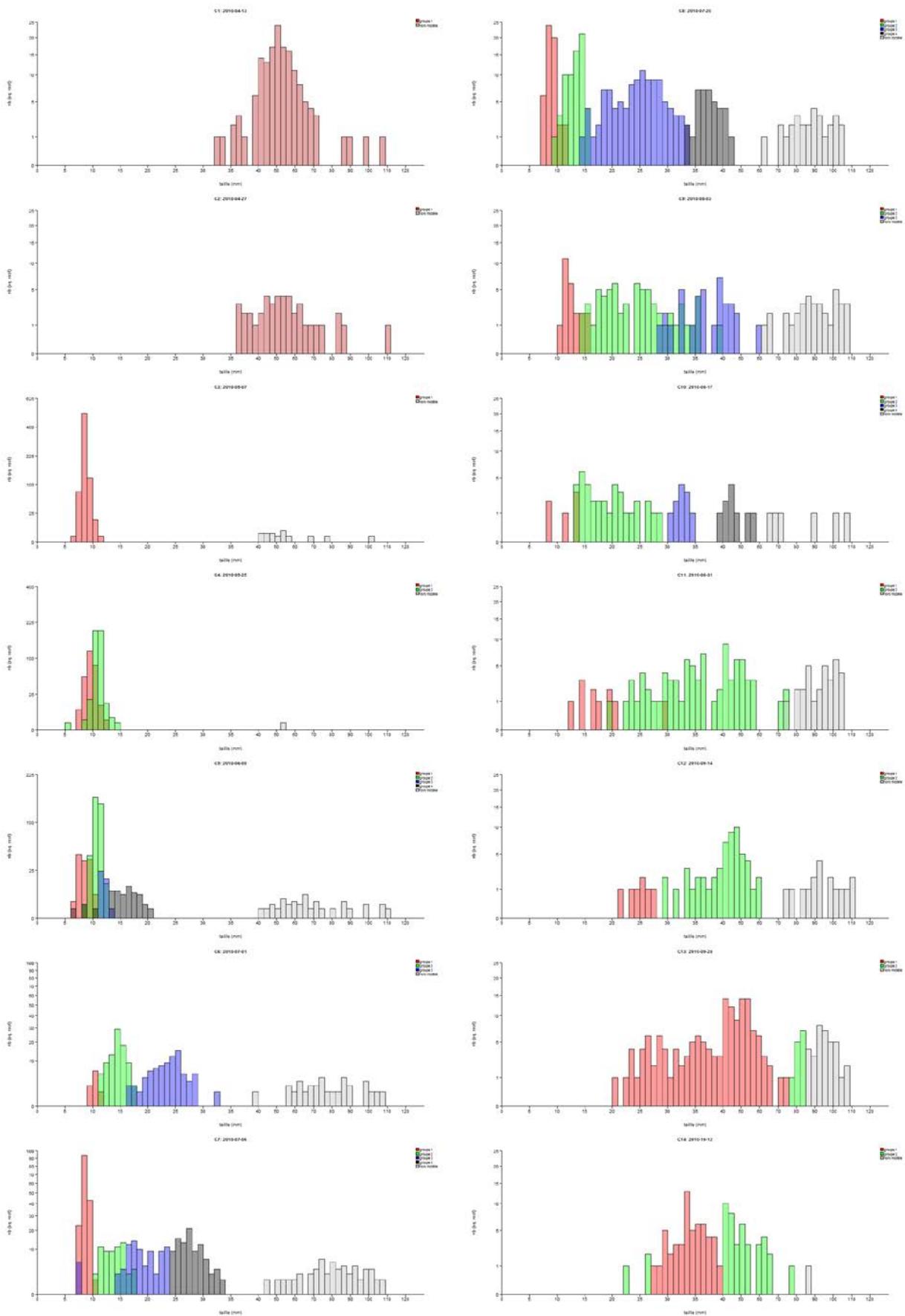


A.7.19 Boxplots représentant les tailles standard de stades 4 d'ablette en fonction des 14 campagnes de terrain, sur la restitution et le canal de fuite de Baix et Péage en 2010 et 2011.

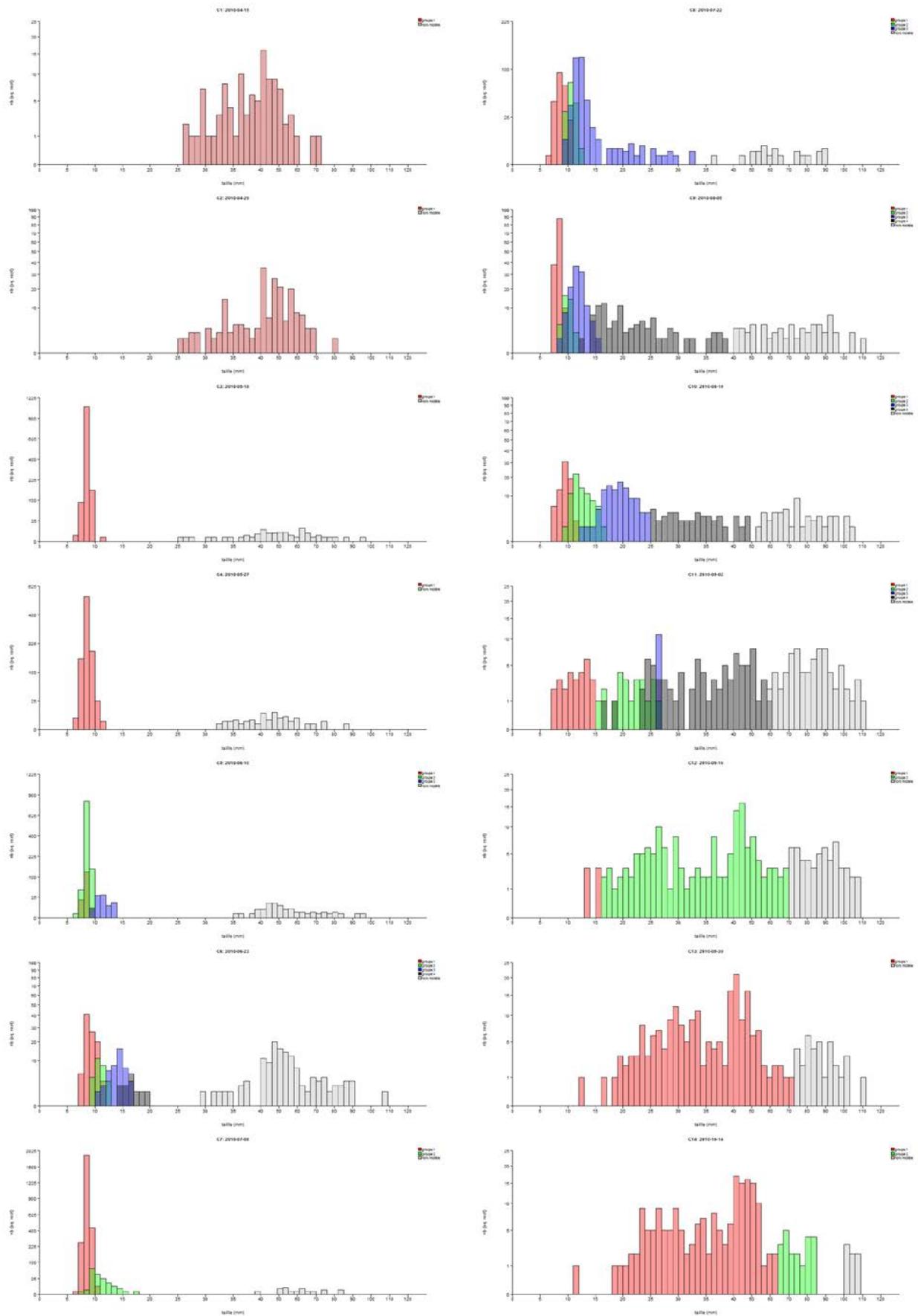


A.7.20 Boxplots représentant les tailles standard de stades 5 d'ablette en fonction des 14 campagnes de terrain, sur la restitution et le canal de fuite de Baix et Péage en 2010 et 2011.

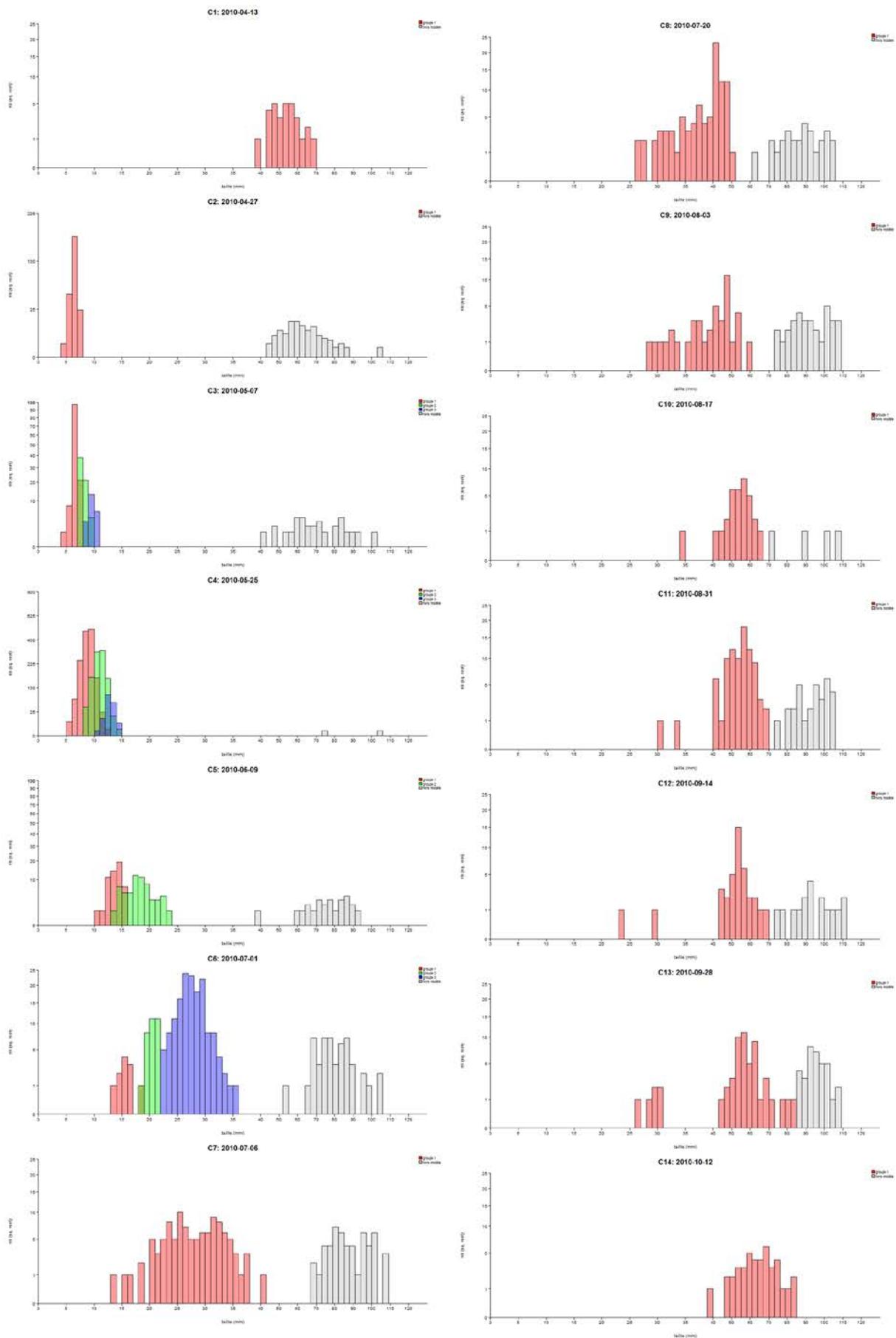
Annexe 8 : Histogrammes de regroupement des individus de chevaine, de gardon, de hotu et d'ablettes selon leurs tailles et leurs stades de développement d'après l'estimation des modèles de mélange (par campagne de pêche) sur Baix et Péage en 2010 et 2011.



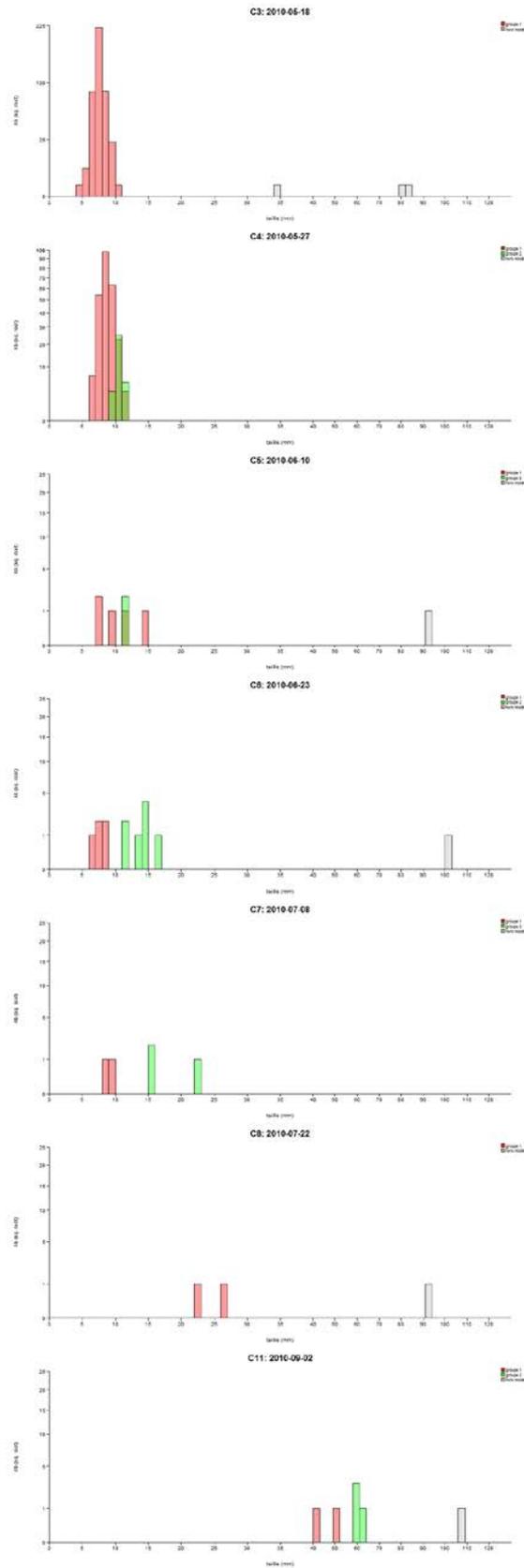
A.8.1: Histogrammes de regroupement des individus selon leurs tailles et leurs stades de développement d'après l'estimation des modèles de mélange (par campagne de pêche) (CHE Péage 2010).



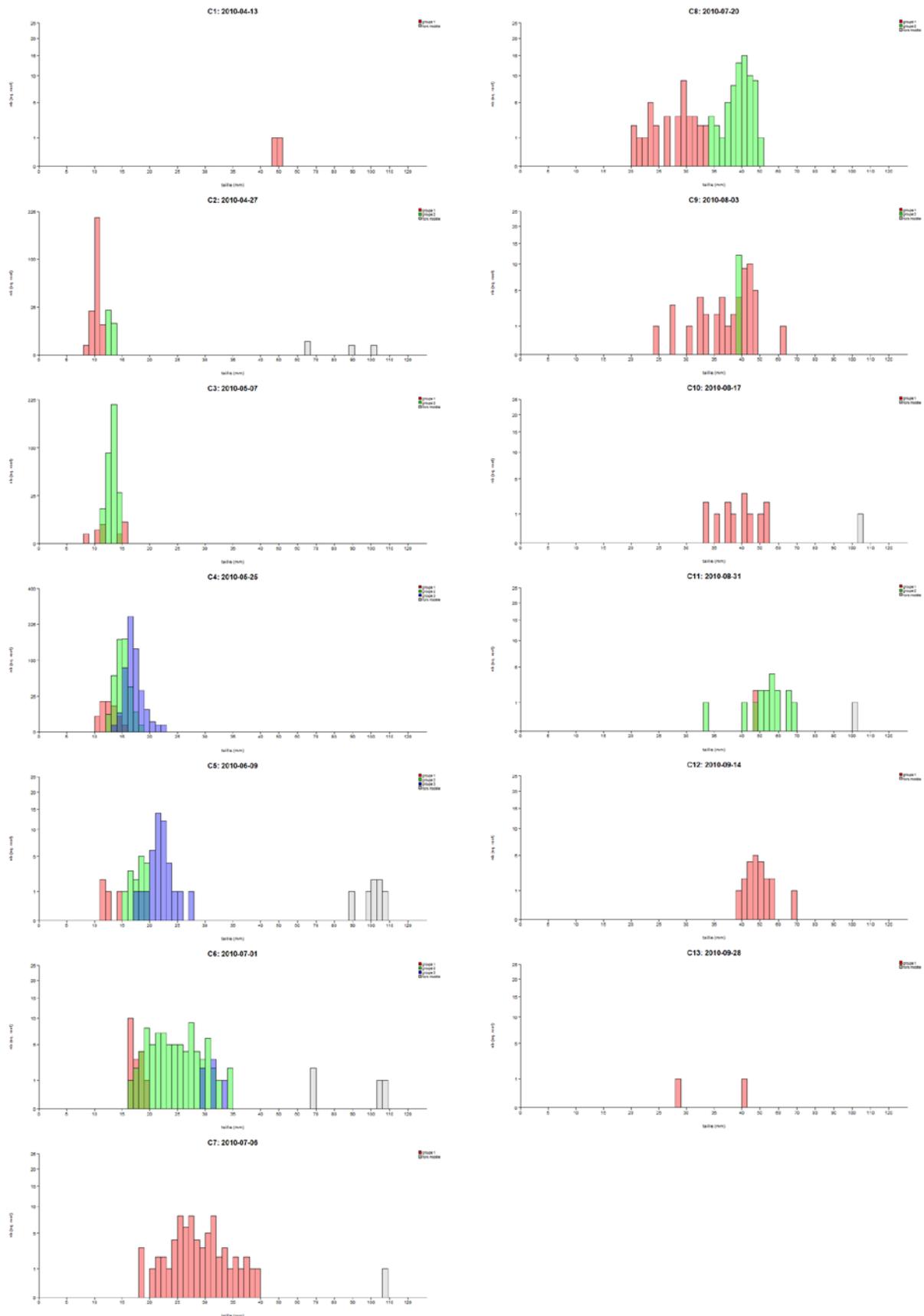
A.8.2: Histogrammes de regroupement des individus selon leurs tailles et leurs stades de développement d'après l'estimation des modèles de mélange (par campagne de pêche) (CHE Baix 2010).



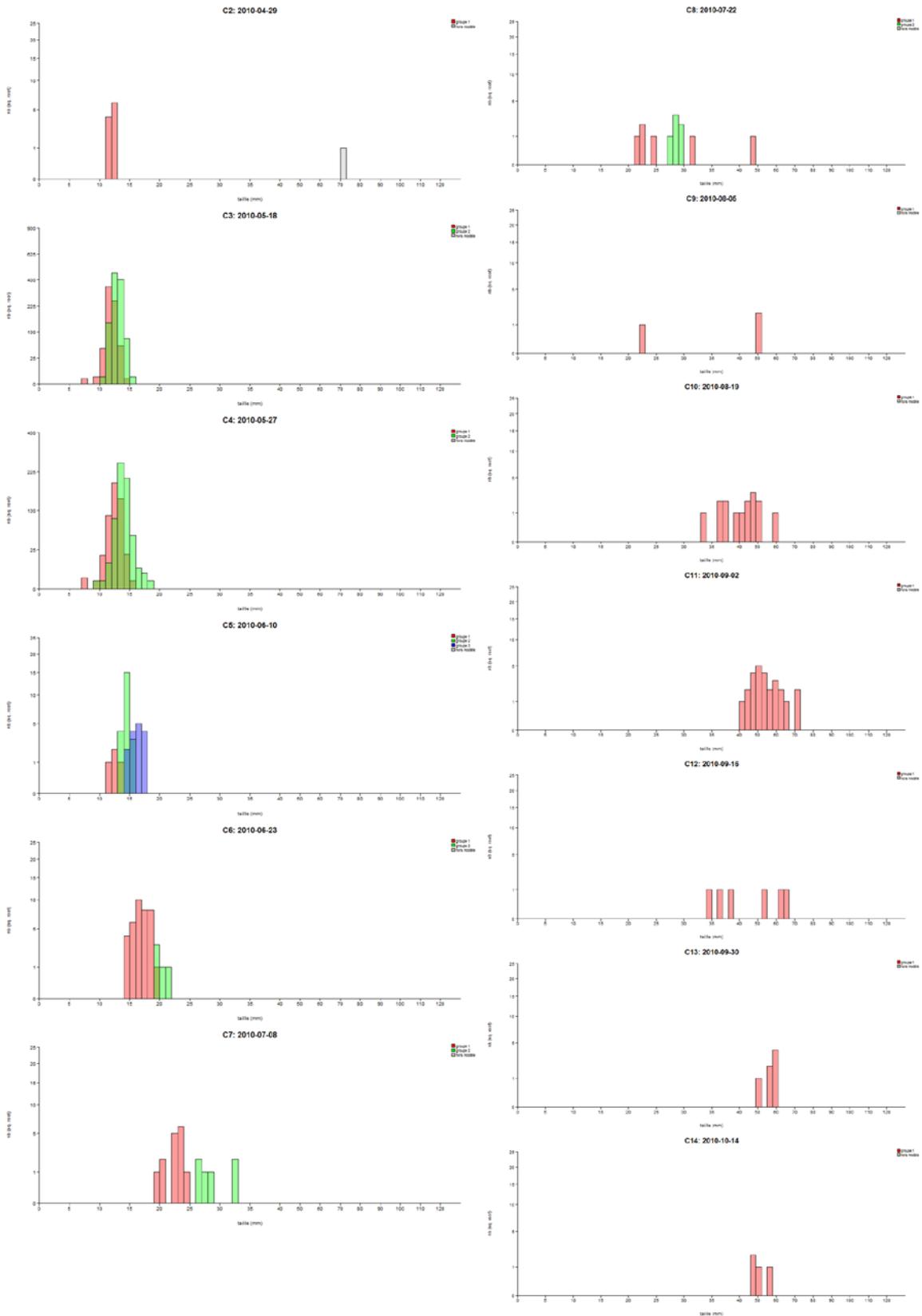
A.8.3: Histogrammes de regroupement des individus selon leurs tailles et leurs stades de développement d'après l'estimation des modèles de mélange (par campagne de pêche) (GAR Péage 2010).



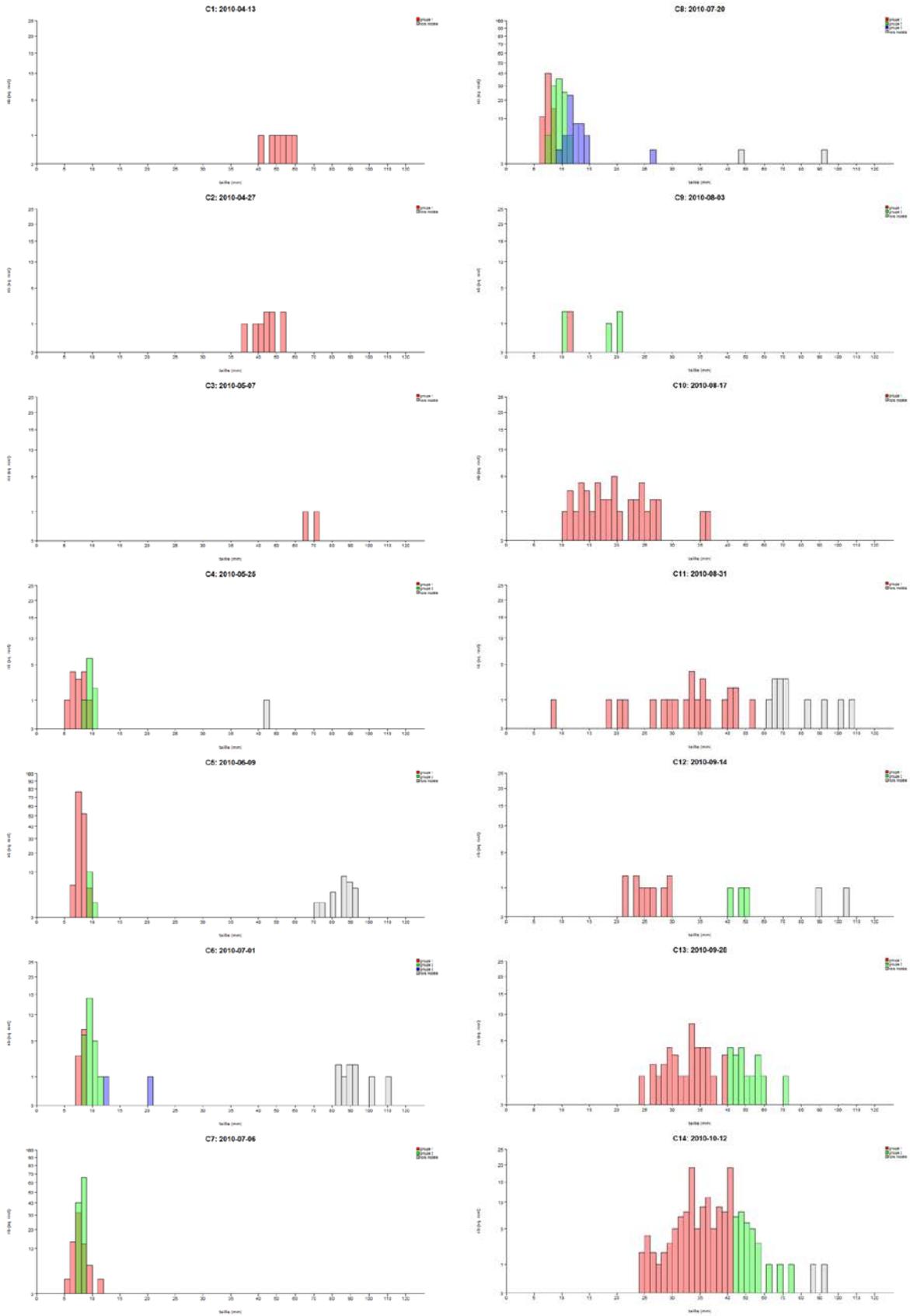
A.8.4: Histogrammes de regroupement des individus selon leurs tailles et leurs stades de développement d'après l'estimation des modèles de mélange (par campagne de pêche) (GAR Baix 2010).



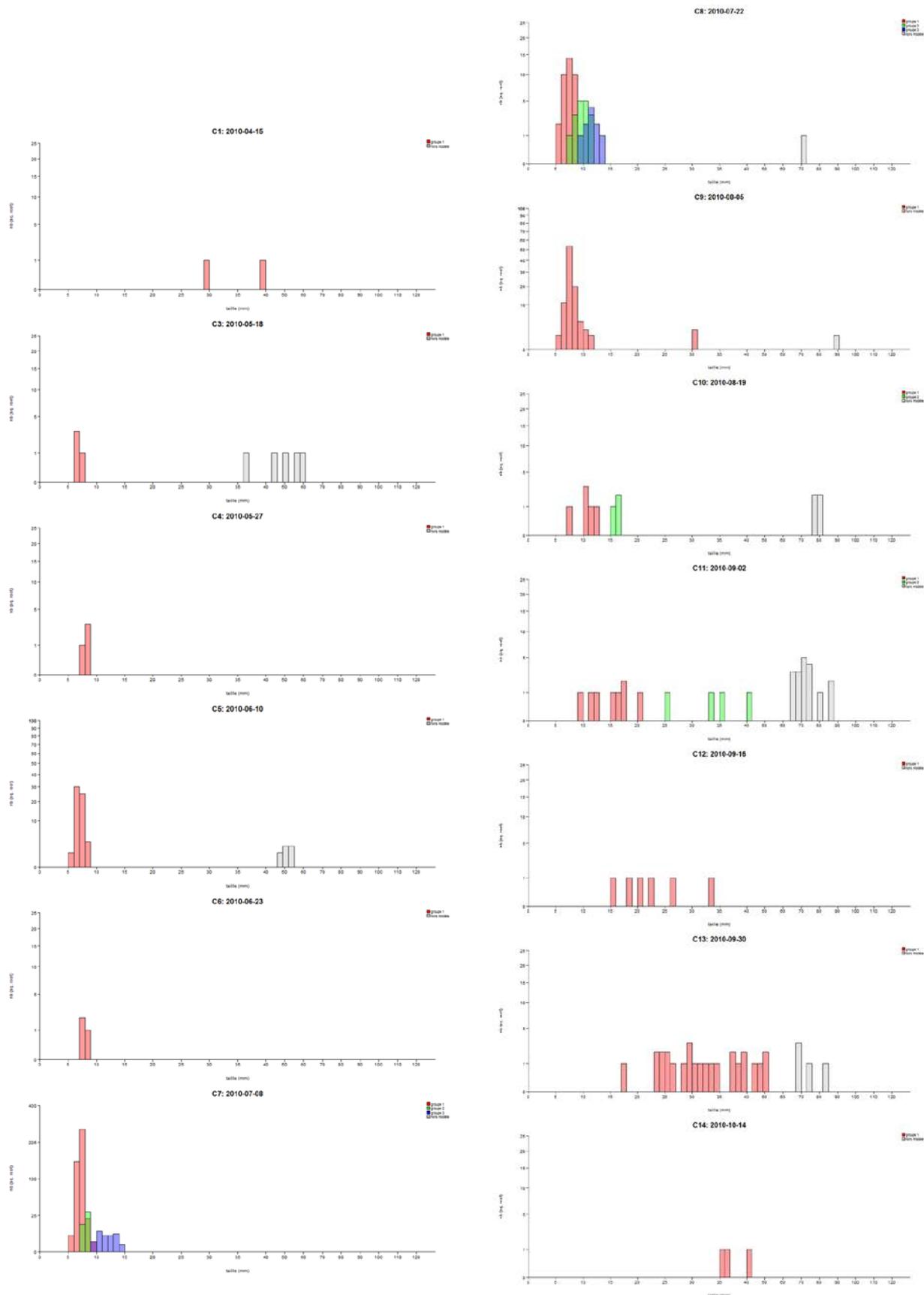
A.8.5: Histogrammes de regroupement des individus selon leurs tailles et leurs stades de développement d'après l'estimation des modèles de mélange (par campagne de pêche) (HOT Péage 2010).



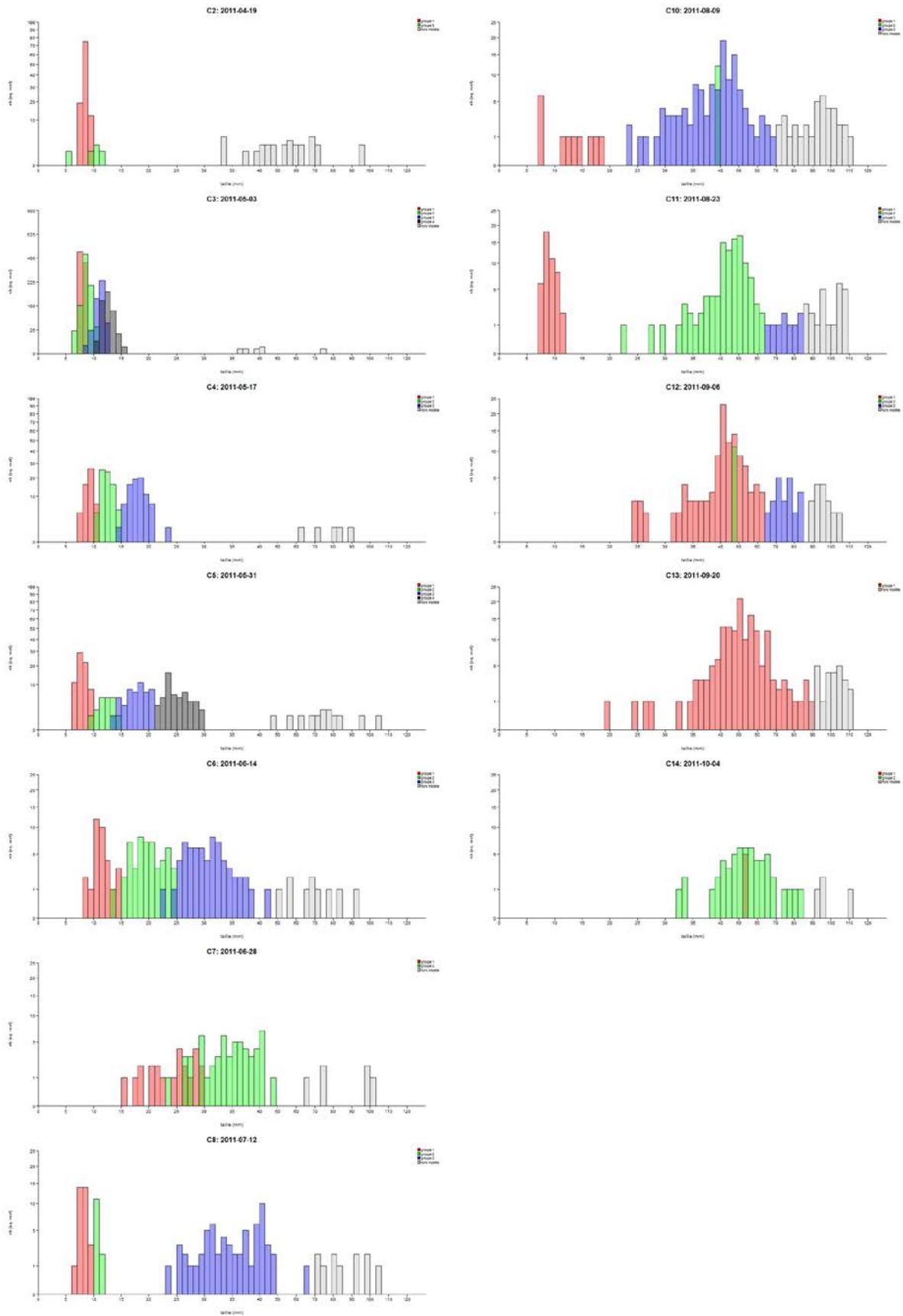
A.8.6: Histogrammes de regroupement des individus selon leurs tailles et leurs stades de développement d'après l'estimation des modèles de mélange (par campagne de pêche) (HOT Baix 2010).



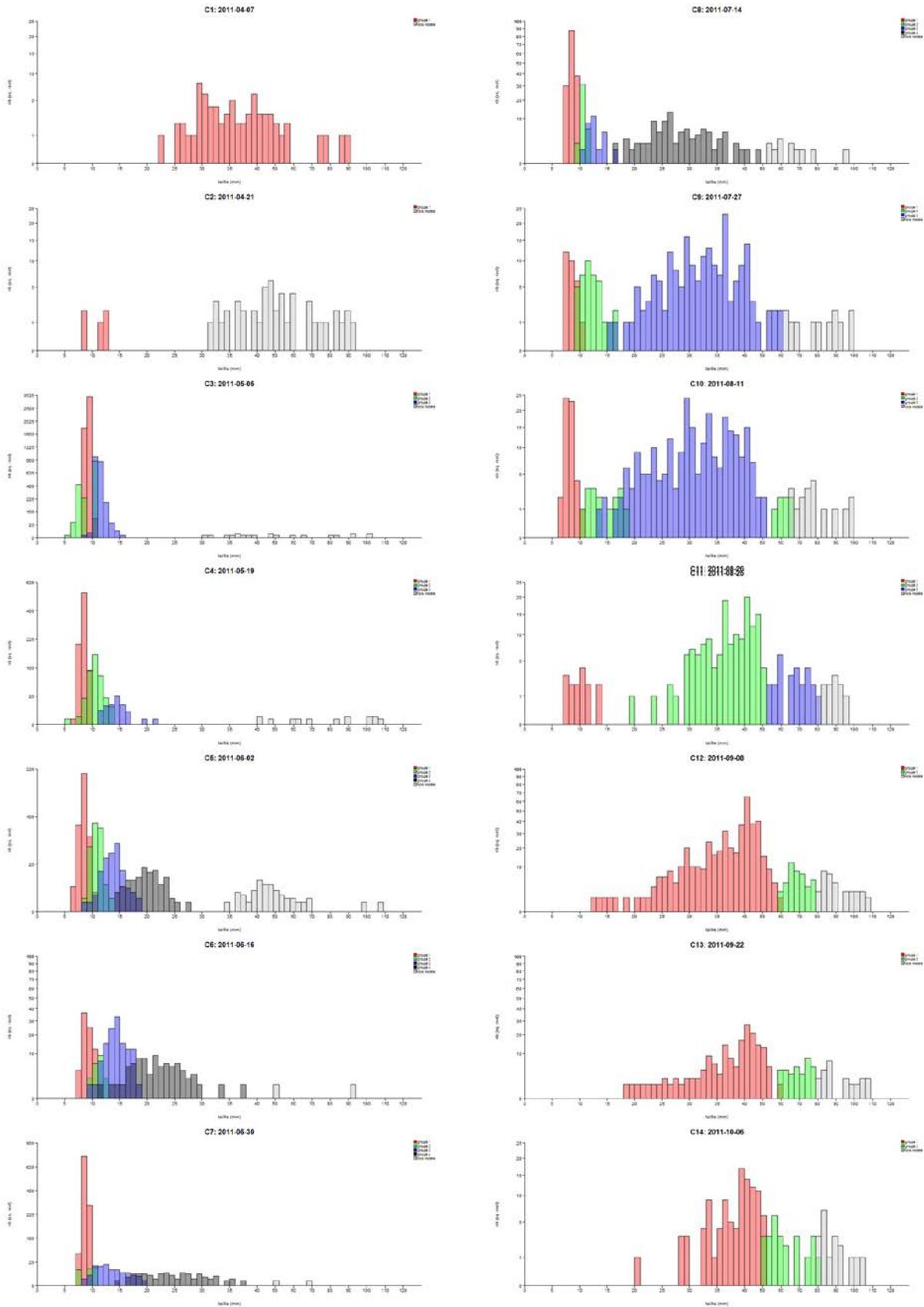
A.8.7: Histogrammes de regroupement des individus selon leurs tailles et leurs stades de développement d'après l'estimation des modèles de mélange (par campagne de pêche) (ABL Péage 2010).



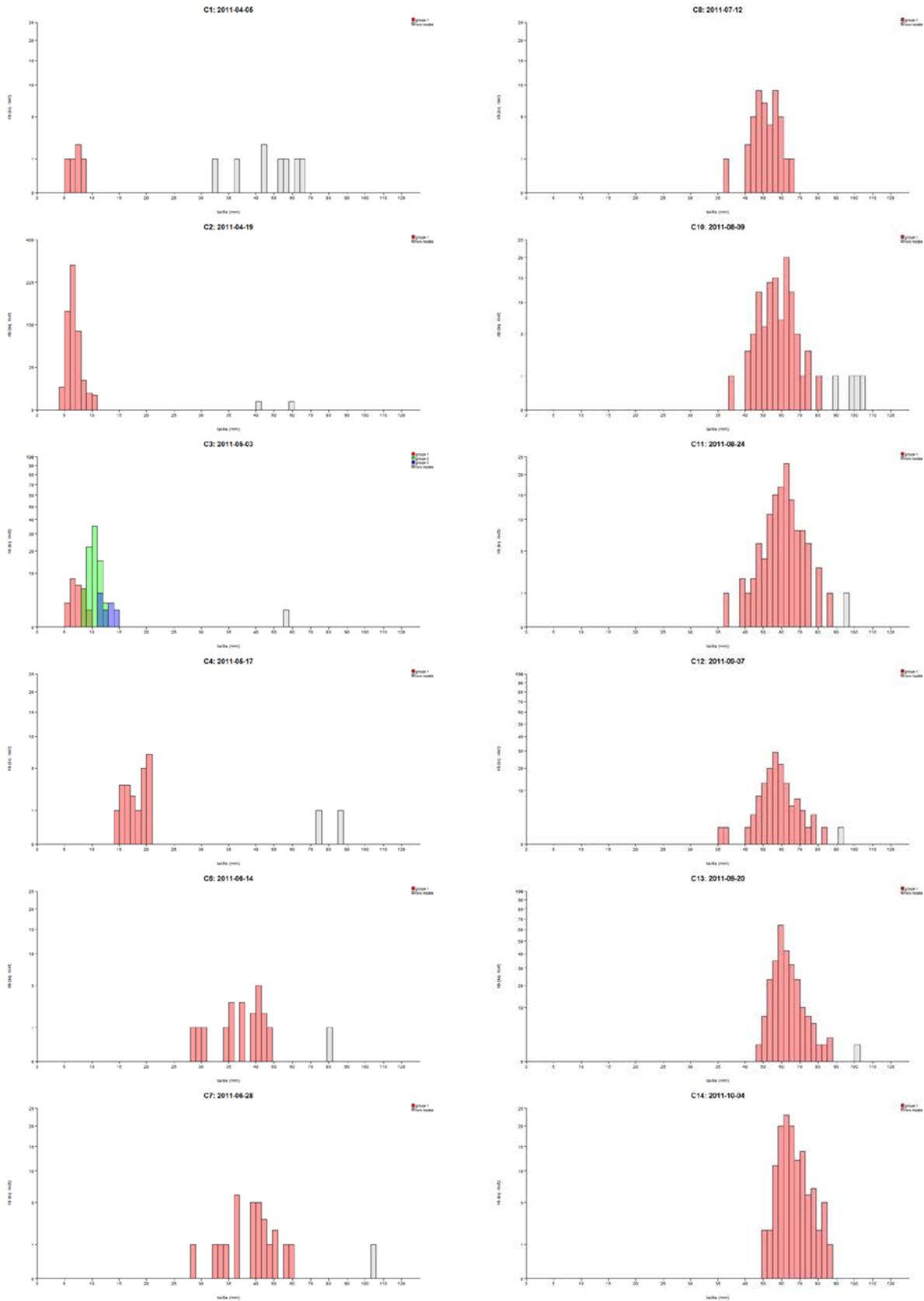
A.8.8: Histogrammes de regroupement des individus selon leurs tailles et leurs stades de développement d'après l'estimation des modèles de mélange (par campagne de pêche) (ABL Baix 2010).



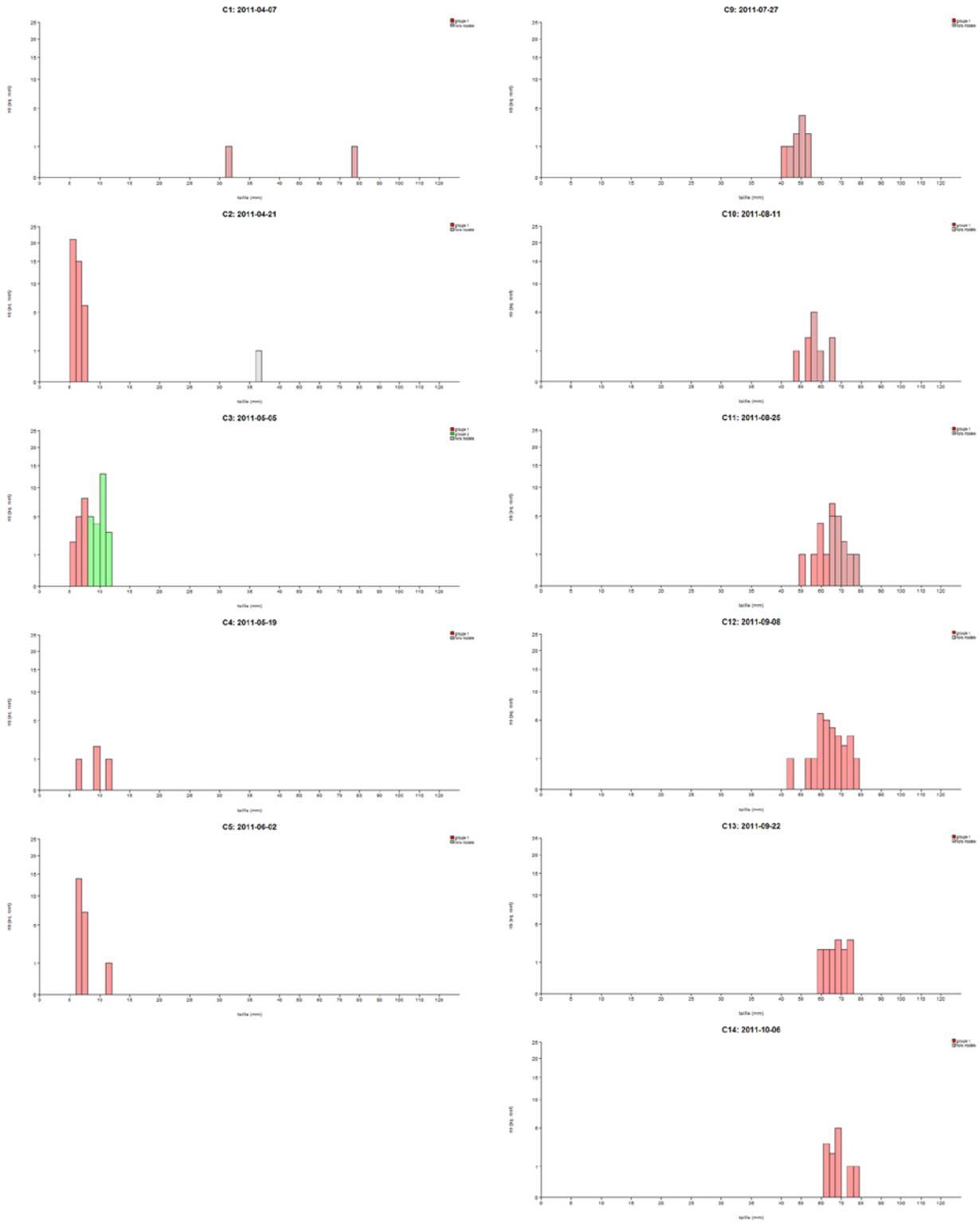
A.8.9: Histogrammes de regroupement des individus selon leurs tailles et leurs stades de développement d'après l'estimation des modèles de mélange (par campagne de pêche) (CHE Péage 2011).



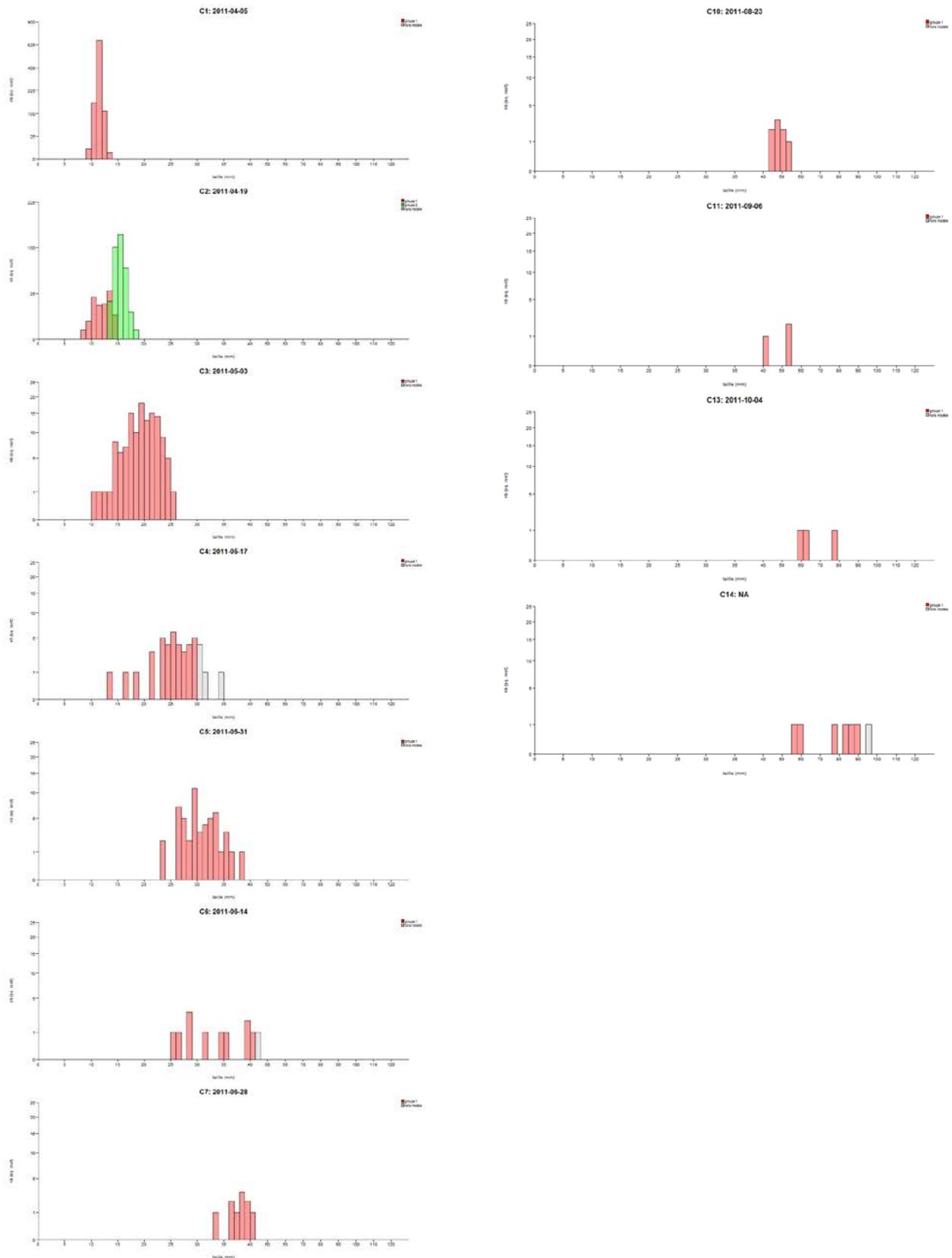
A.8.10: Histogrammes de regroupement des individus selon leurs tailles et leurs stades de développement d'après l'estimation des modèles de mélange (par campagne de pêche) (CHE Baix 2011).



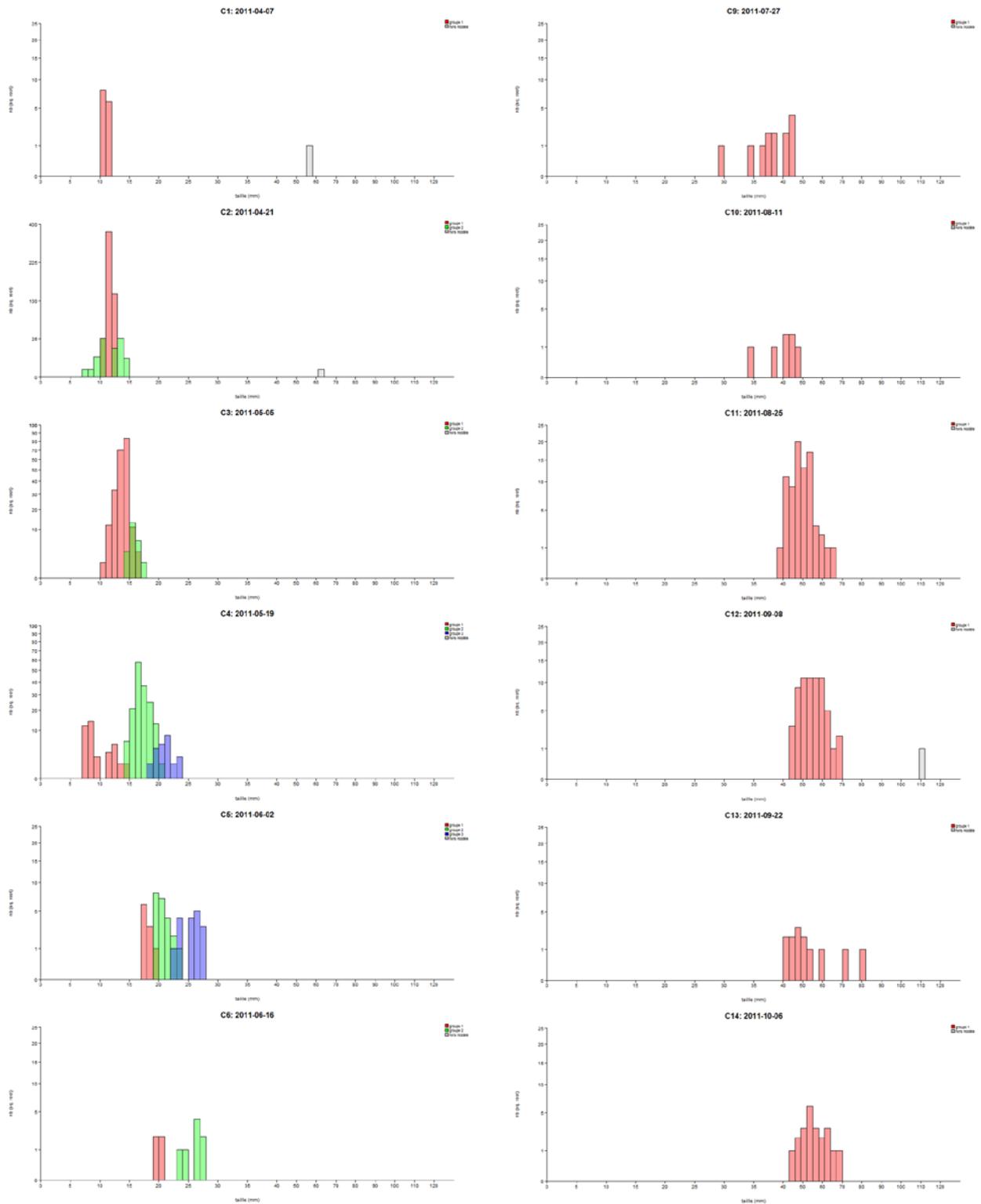
A.8.11: Histogrammes de regroupement des individus selon leurs tailles et leurs stades de développement d'après l'estimation des modèles de mélange (par campagne de pêche) (GAR Péage 2011).



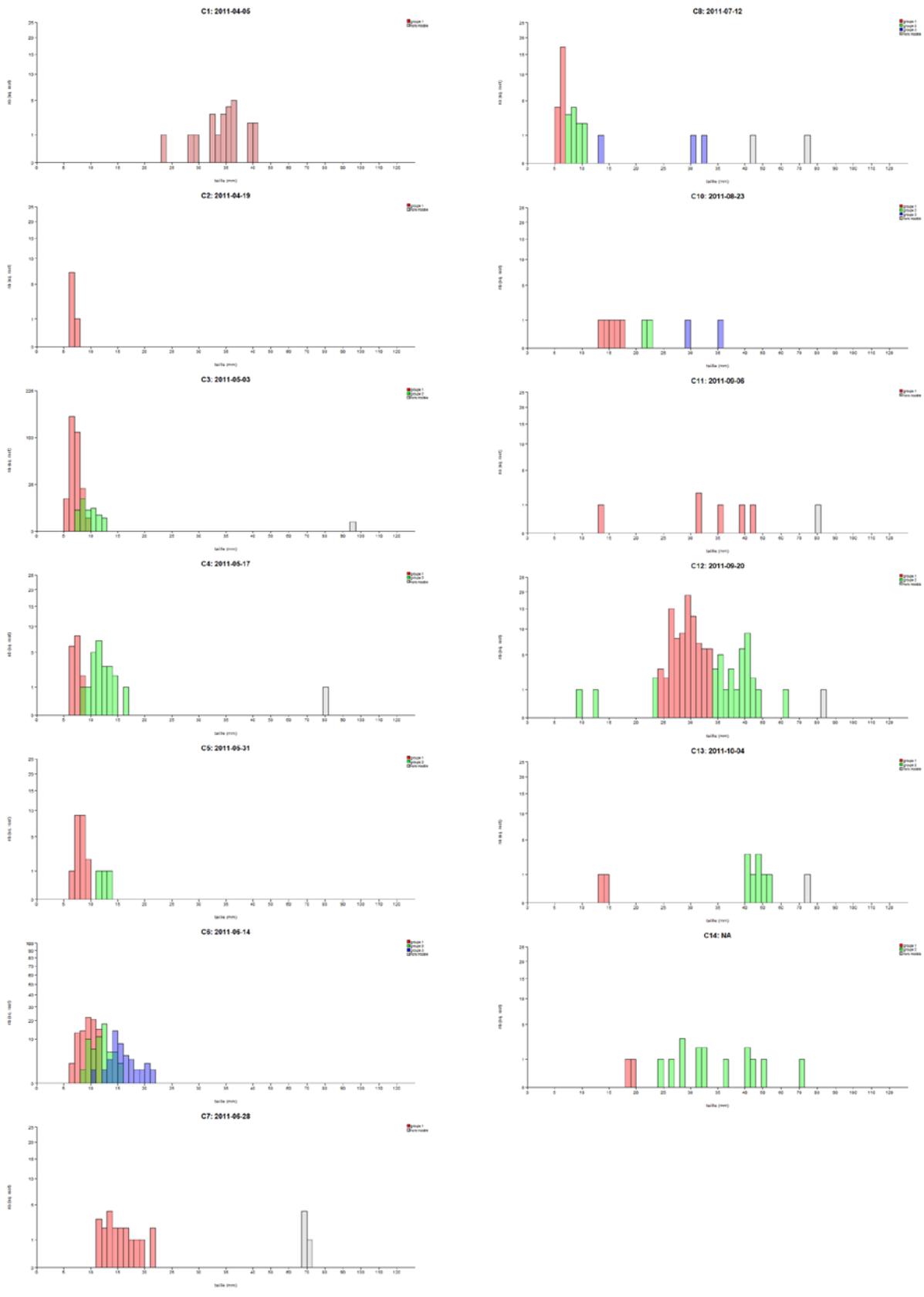
A.8.12: Histogrammes de regroupement des individus selon leurs tailles et leurs stades de développement d'après l'estimation des modèles de mélange (par campagne de pêche) (GAR Baix 2011).



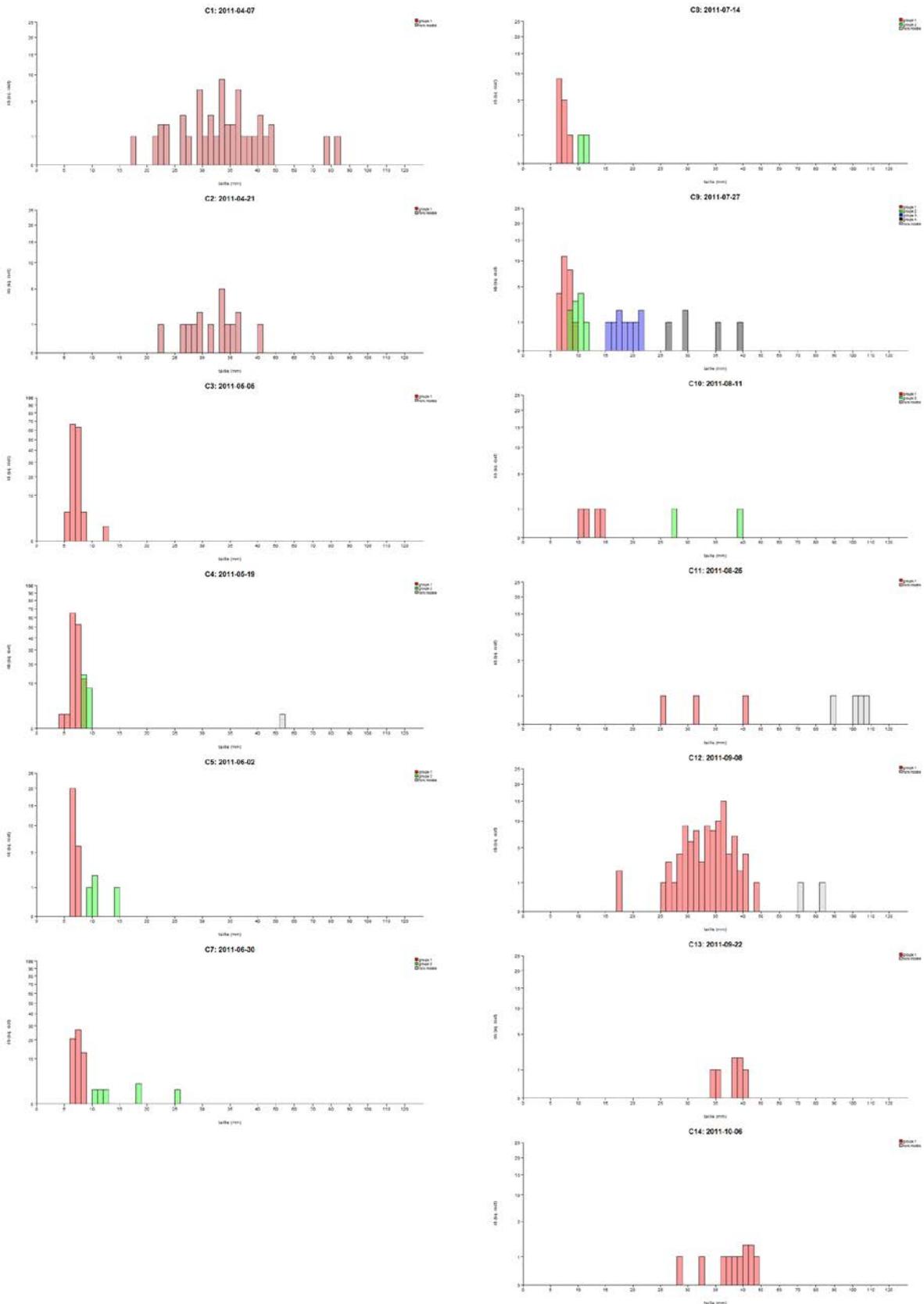
A.8.13: Histogrammes de regroupement des individus selon leurs tailles et leurs stades de développement d'après l'estimation des modèles de mélange (par campagne de pêche) (GAR Péage 2011).



A.8.14: Histogrammes de regroupement des individus selon leurs tailles et leurs stades de développement d'après l'estimation des modèles de mélange (par campagne de pêche) (HOT Baix 2011).

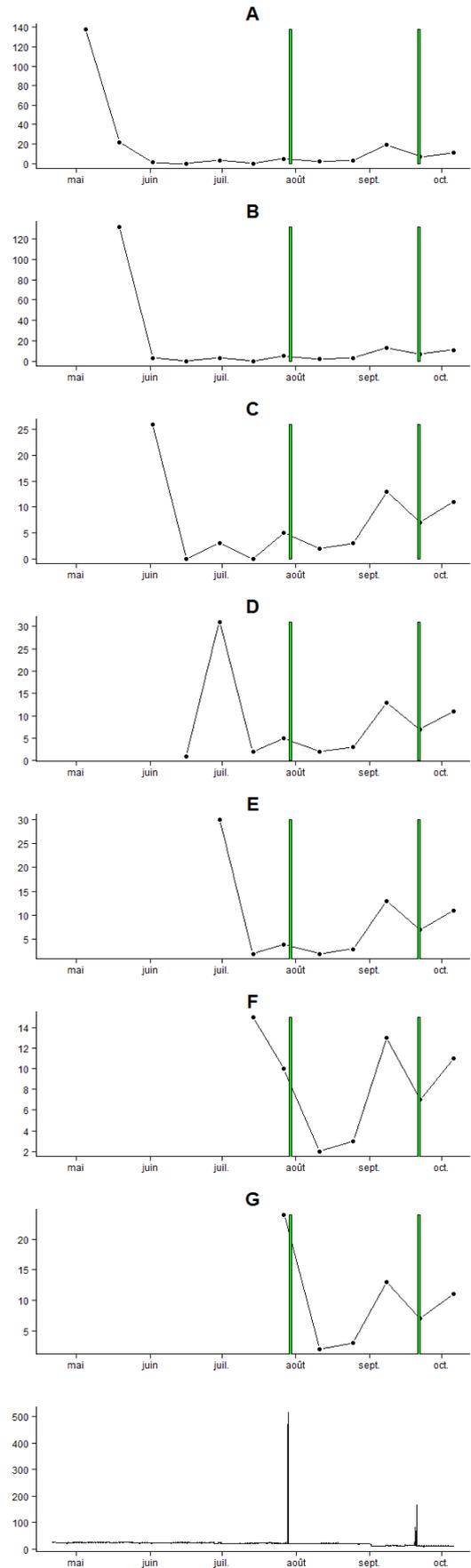
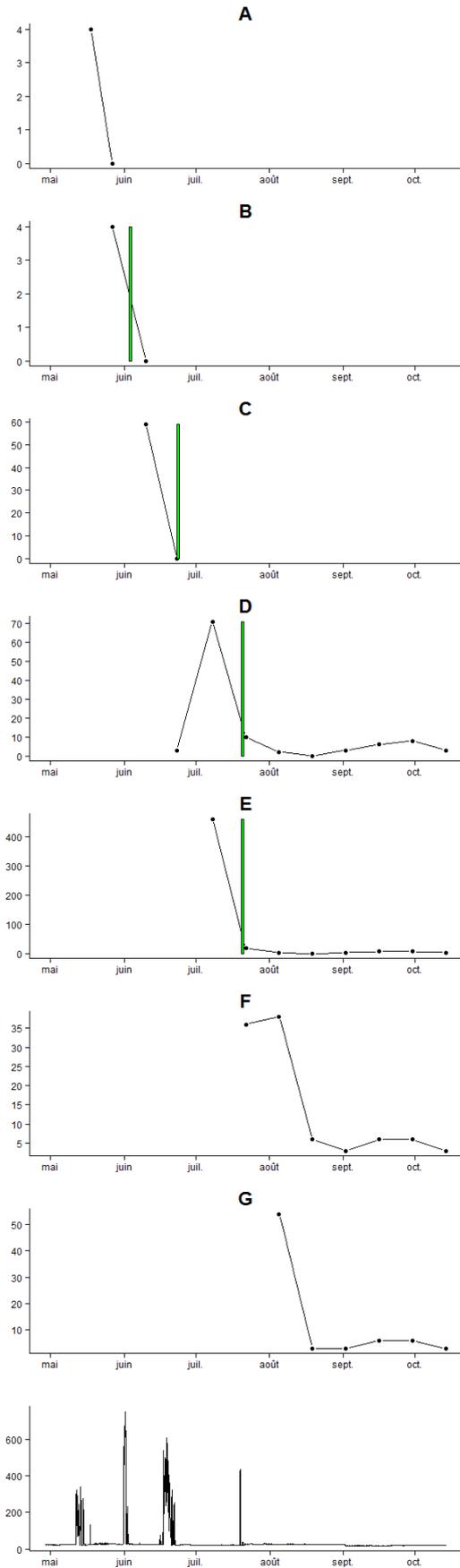


A.8.15: Histogrammes de regroupement des individus selon leurs tailles et leurs stades de développement d'après l'estimation des modèles de mélange (par campagne de pêche) (ABL Péage 2011).

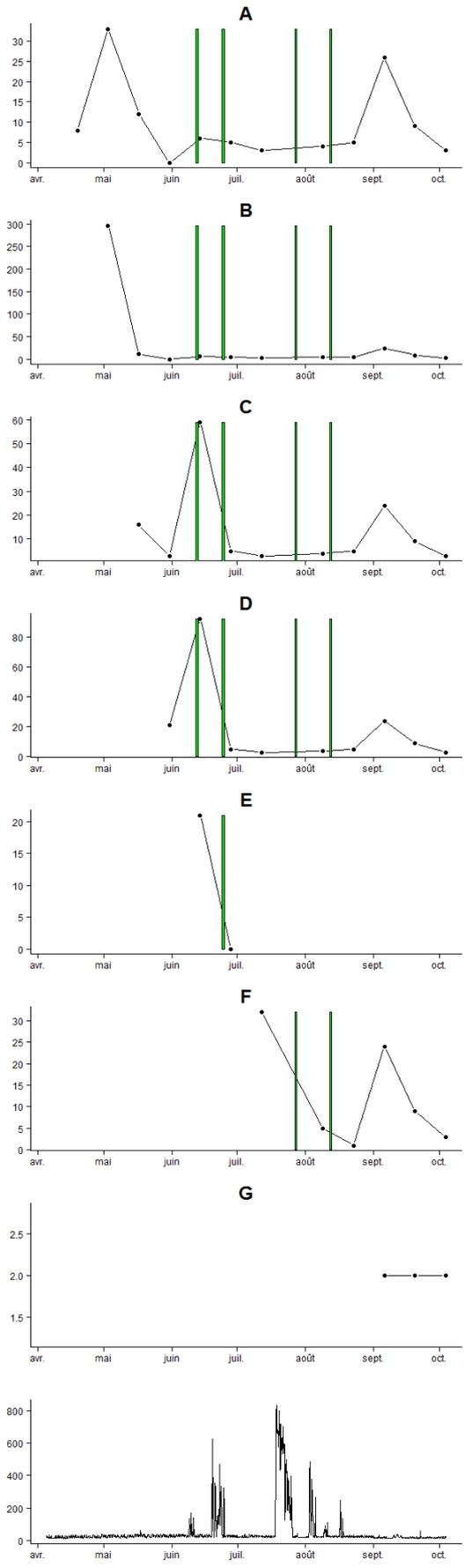
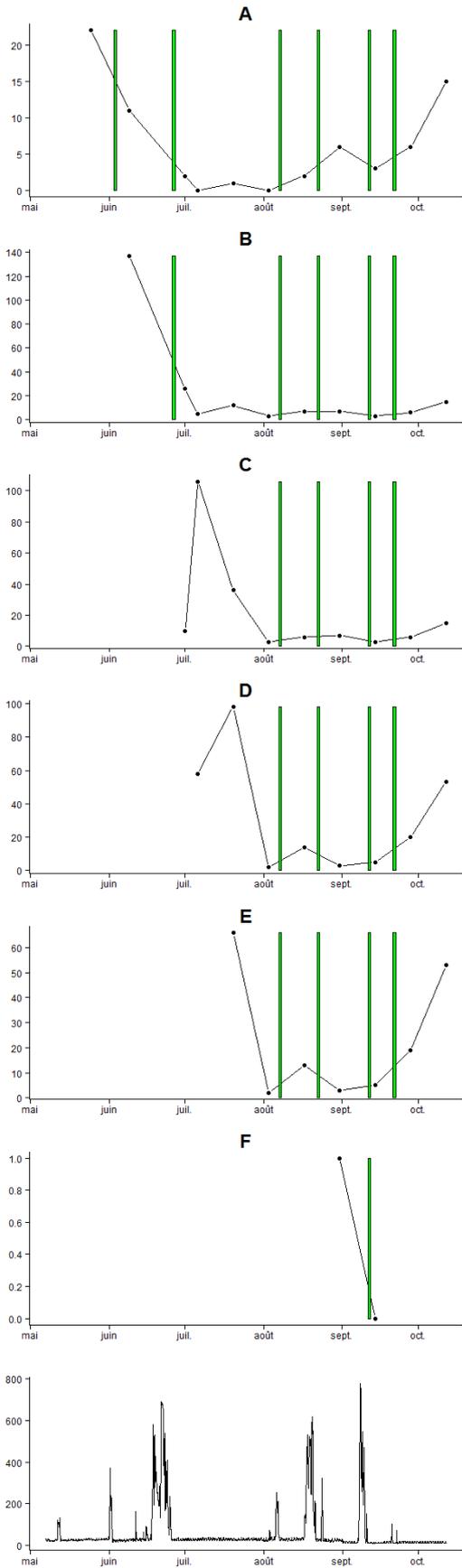


A.8.16: Histogrammes de regroupement des individus selon leurs tailles et leurs stades de développement d'après l'estimation des modèles de mélange (par campagne de pêche) (ABL Baix 2011).

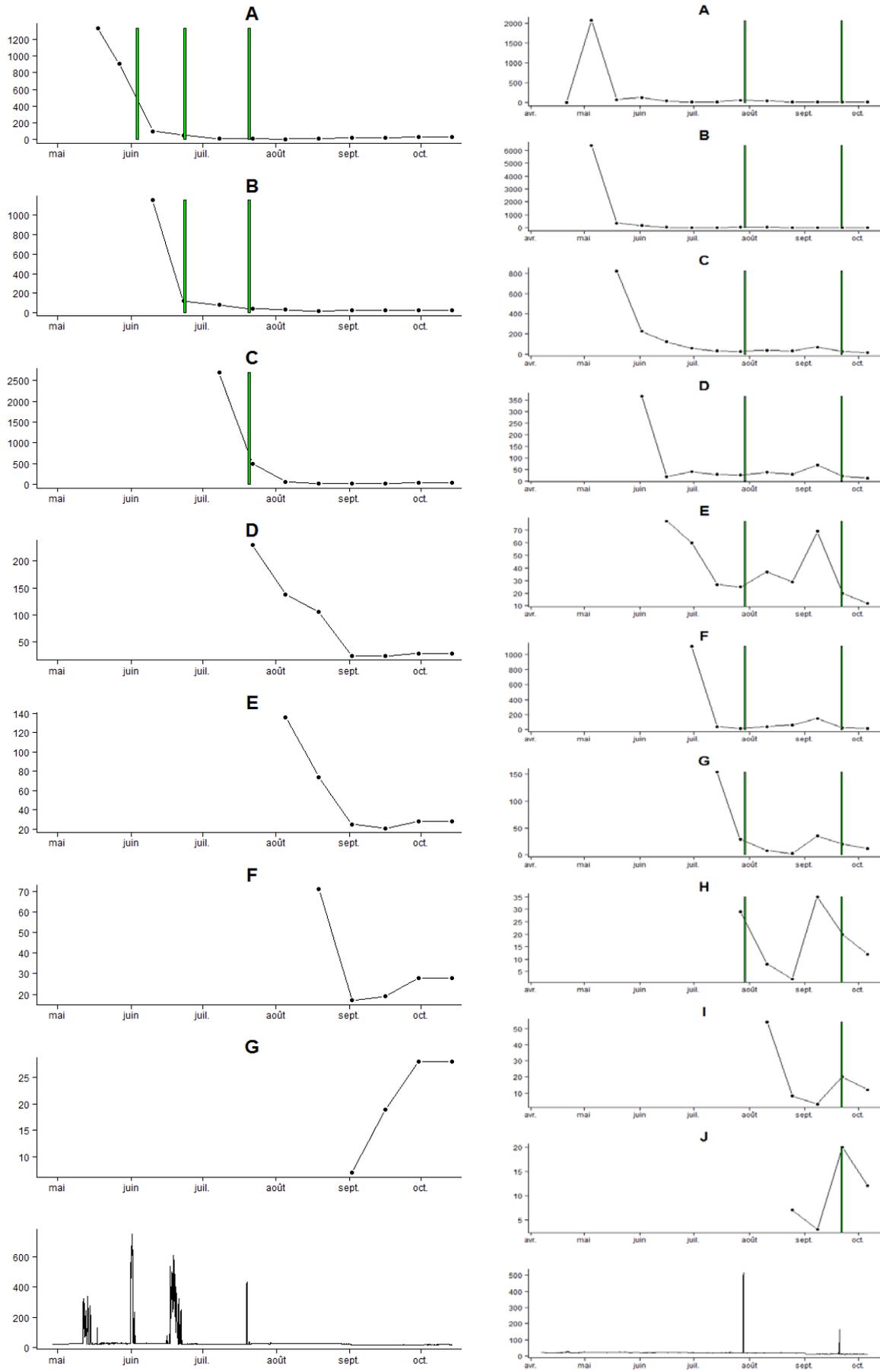
Annexe 9 : Représentations graphiques de l'évolution des effectifs bruts de chaque cohorte en fonction du temps. Le dernier graphique de chaque série représente la variabilité hydrologique. Les principales surverses sont répercutées sur les graphiques par une barre verticale verte.



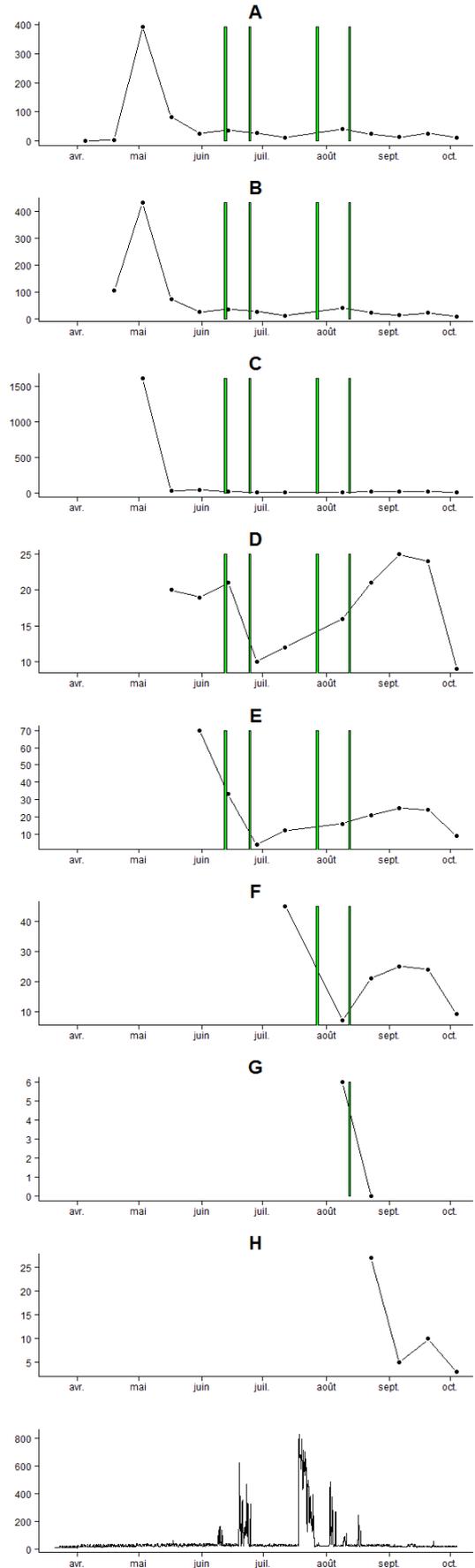
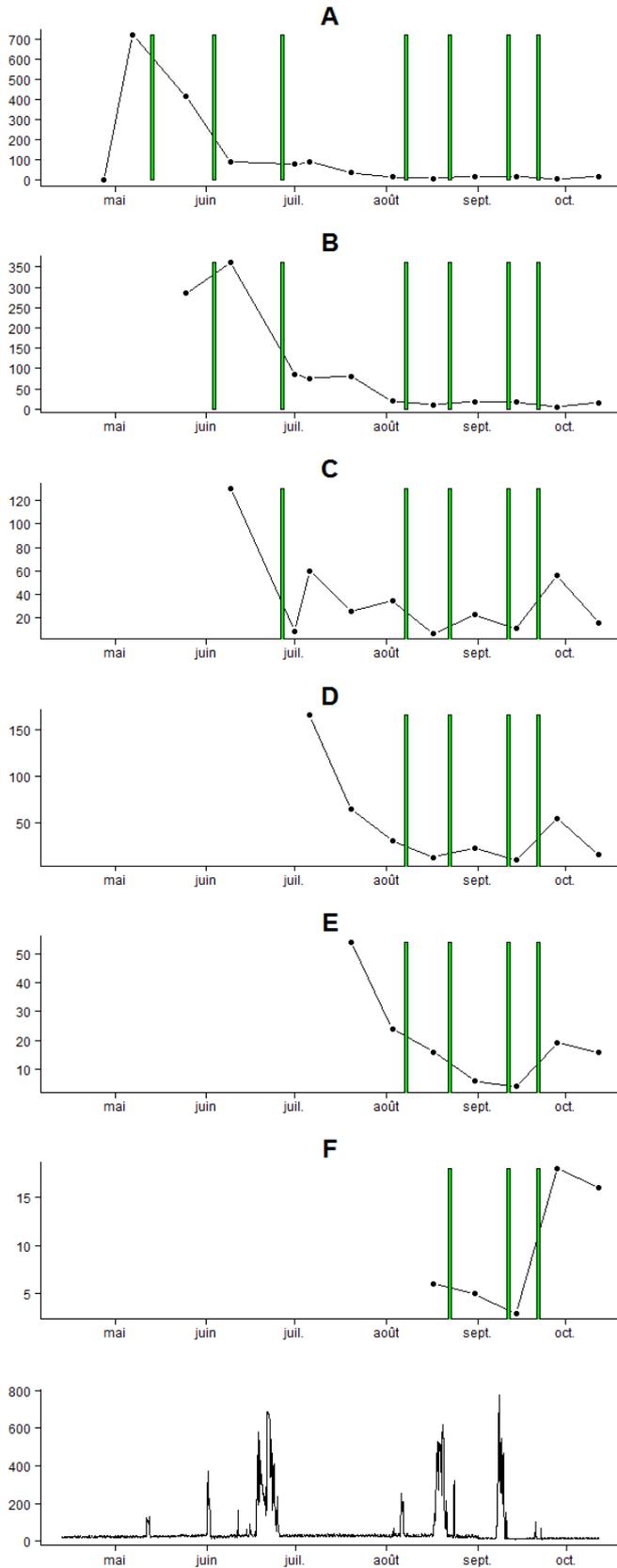
A.9.1. Evolution des effectifs des cohortes d'ablettes à Baix en 2010 (g.) et 2011 (d.).



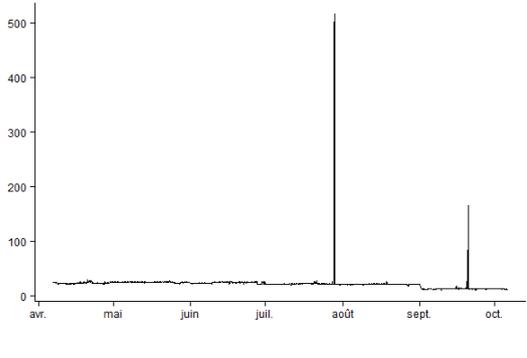
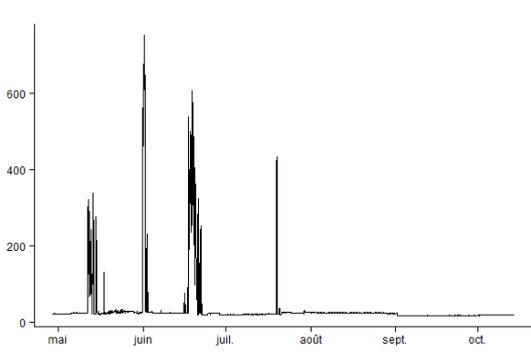
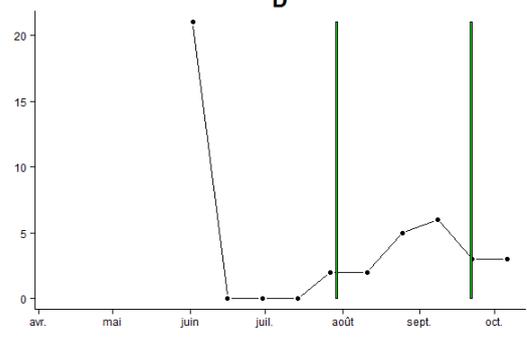
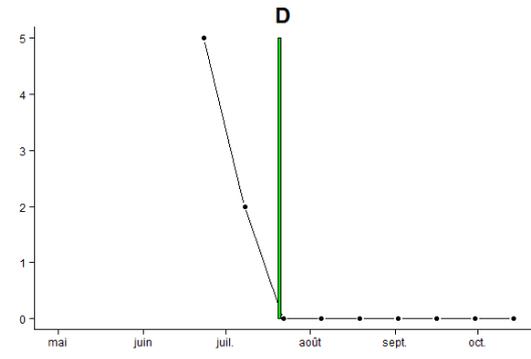
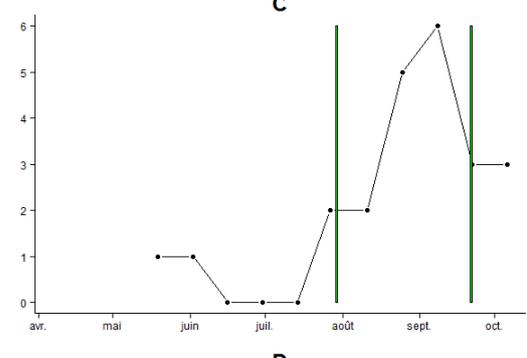
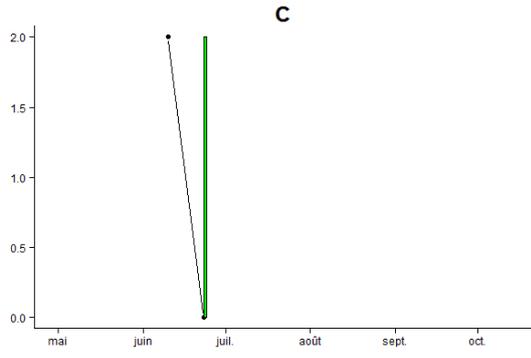
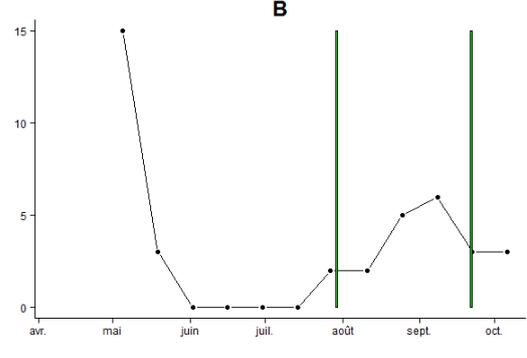
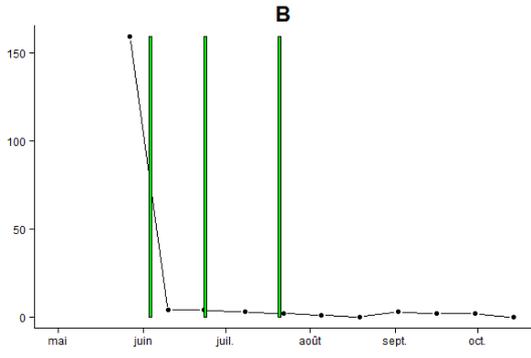
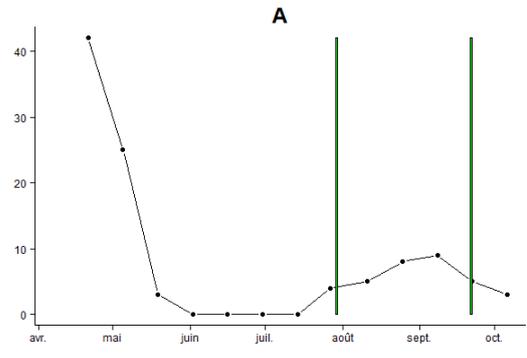
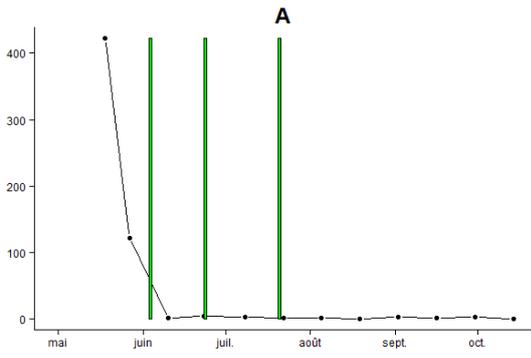
A.9.2 Evolution des effectifs des cohortes d'ablettes à Péage en 2010 (g.) et 2011 (d.).



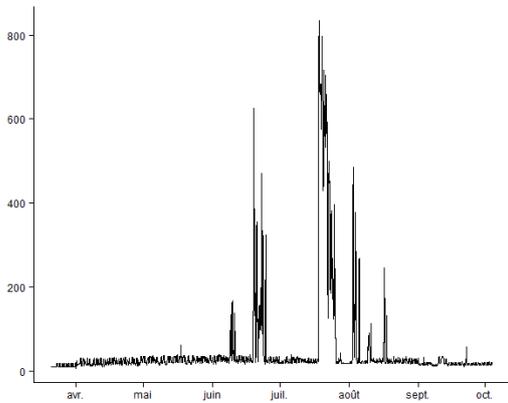
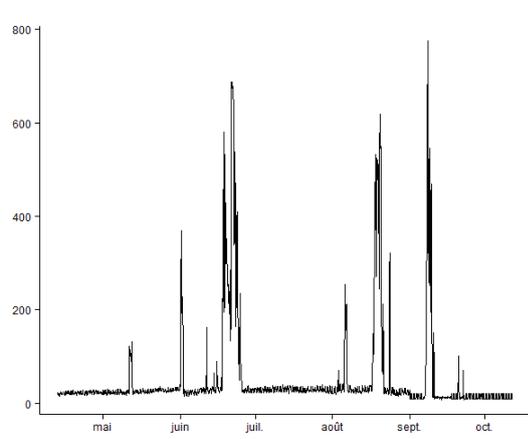
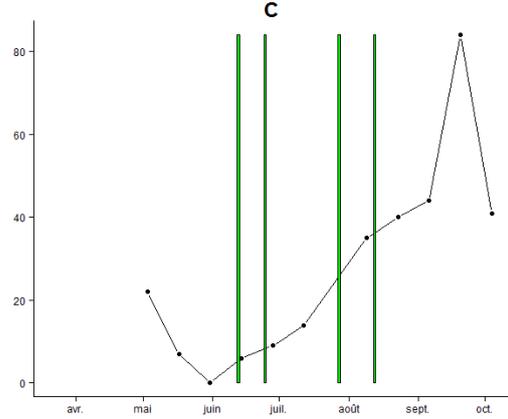
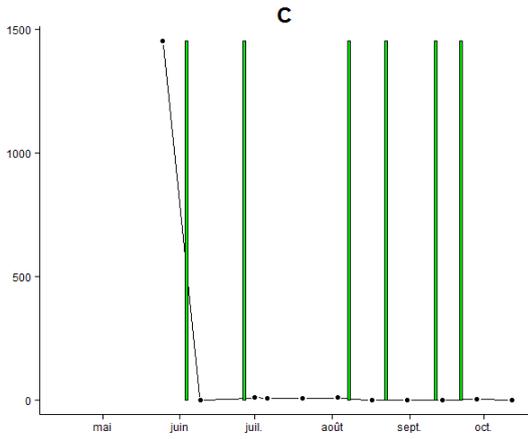
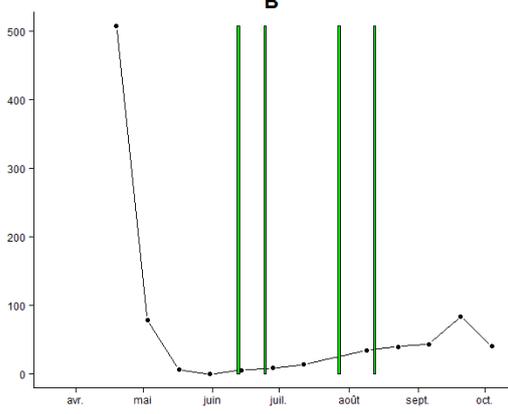
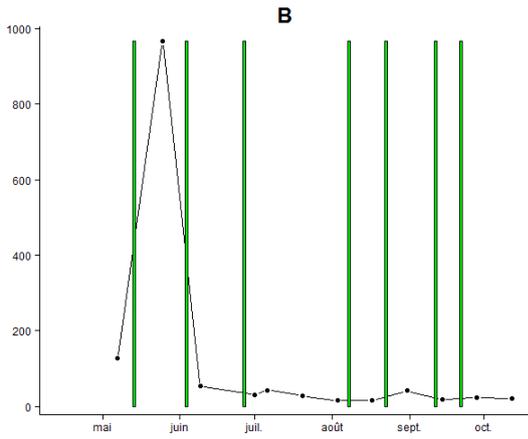
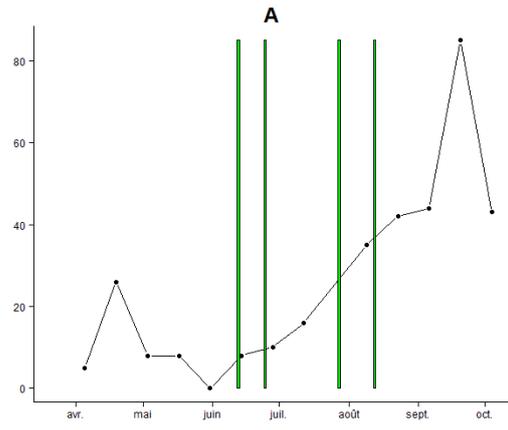
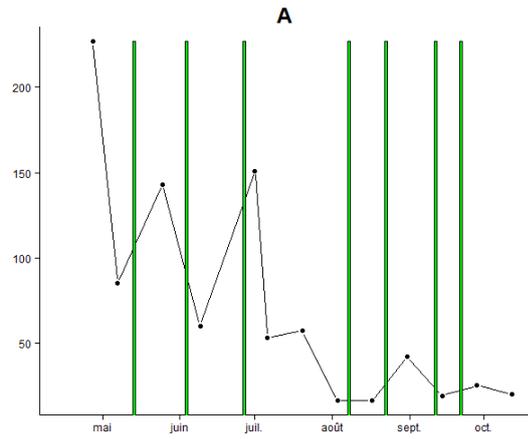
A.9.3 Evolution des effectifs des cohortes de chevaines à Baix en 2010 (g.) et 2011 (d.).



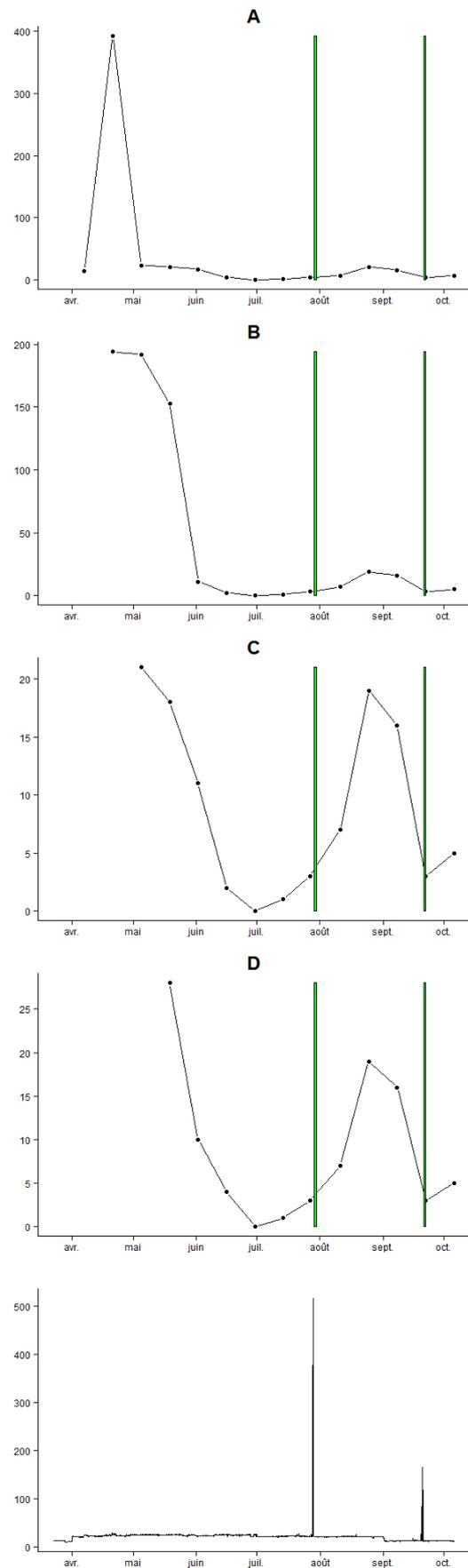
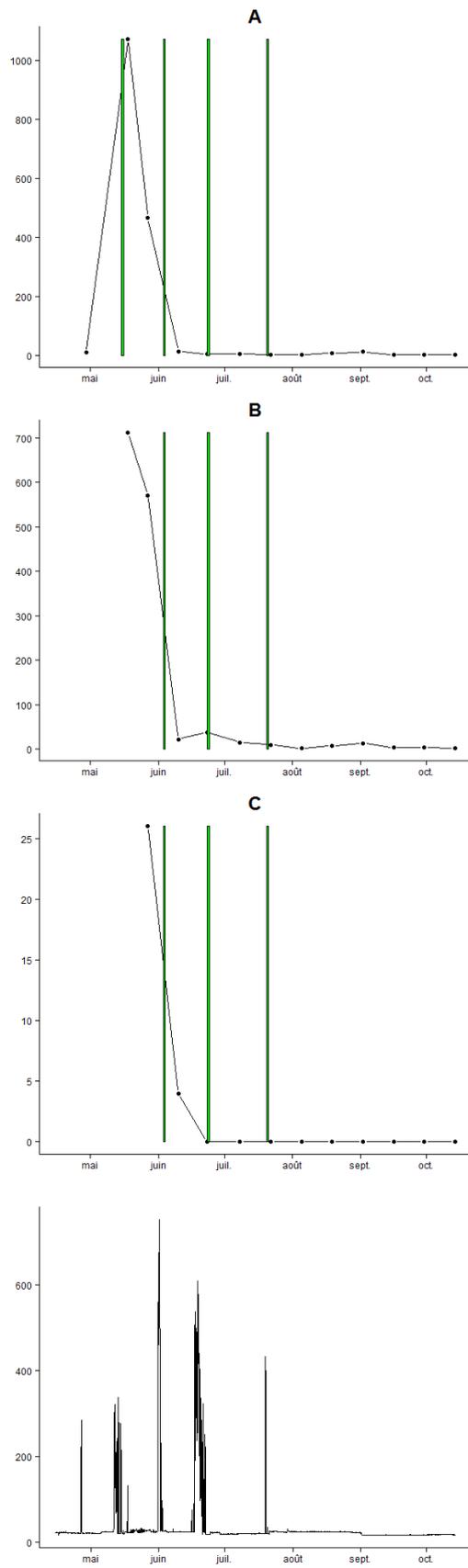
A.9.4 Evolution des effectifs des cohortes de chevaines à Péage en 2010 (g.) et 2011 (d.).



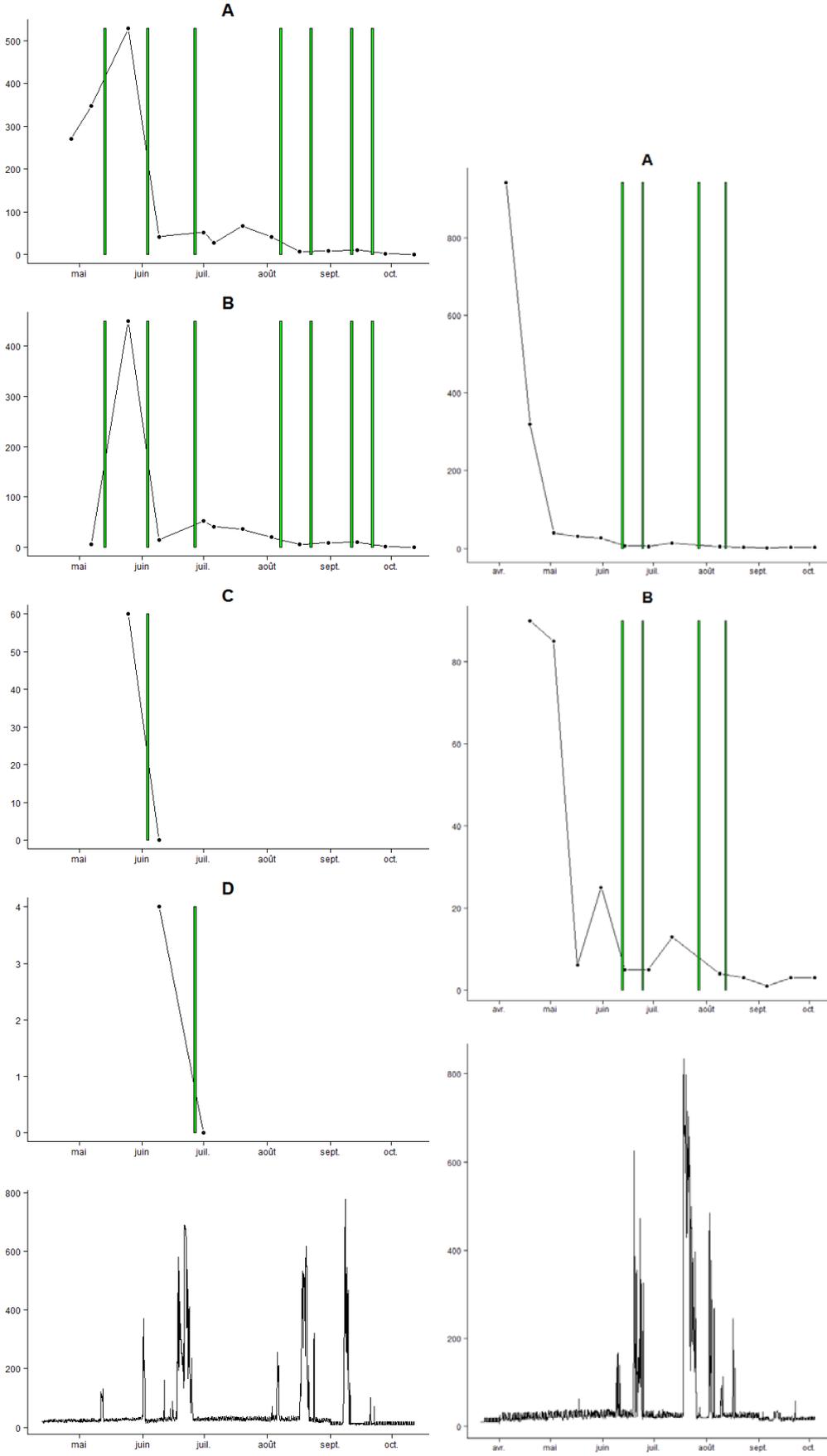
A.9.5 Evolution des effectifs des cohortes de gardons à Baix en 2010 (g.) et 2011 (d.).



A.9.6 Evolution des effectifs des cohortes de gardons à Péage en 2010 (g.) et 2011 (d.).



A.9.7 Evolution des effectifs des cohortes de hotus à Baix en 2010 (g.) et 2011 (d.).



A.9.8 Evolution des effectifs des cohortes de hotus à Péage en 2010 (g.) et 2011 (d.).

