



>

# Éléments pour la détermination de préférences d'habitat de l'Apron en Ardèche

Campagne 2020

Le Coarer Yann  
Lizée Marie-Hélène

Décembre 2020

DECEMBRE 2020

**LE COARER Yann**  
**LIZEE Marie-Hélène**

INRAE  
CENTRE PACA – Site Le Tholonet  
3275 Route Cézanne - CS 40061  
13182 Aix-en-Provence Cedex 5

**Relecteurs ayant participé à l'étude**

THELEMAQUE Elise
------------------

GEORGET Marianne
------------------

**Référence :**

CONTRAT DE COLLABORATION : Détermination des préférences d'habitat pour l'apron en Ardèche entre l'INRAE et la Fédération de pêche de l'Ardèche pour la Pêche et la Protection des Milieux Aquatiques.

---

**Pour citer ce rapport :** LE COARER Y & LIZEE M.-H., 2020. Elements pour la détermination de préférences d'habitat de l'Apron en Ardèche. Campagne 2020. UR RECOVER, INRAE, Aix-en-Provence.

## Personnel ayant participé aux opérations de terrain

BARRAL Rémy <sup>a</sup>
GEORGET Marianne <sup>b</sup>
HABAUZIT Gaëtan <sup>a</sup>
LADROUE Honoré <sup>c</sup>
LEBRA Bastien <sup>c</sup>
LE COARER Yann <sup>d</sup>
LECOQ Olivier <sup>a</sup>
NICODEME Florent <sup>a</sup>
PEYRONNET Vincent <sup>a</sup>
ROUSSEAU Alexandre <sup>c*</sup>
THELEMAQUE Élise

<sup>a</sup> Fédération de pêche de l'Ardèche pour la Pêche et la Protection des Milieux Aquatiques Association dont le siège social se trouve Villa La Favorite, 16 avenue Paul Ribeyre, 07600 VALS LES-BAINS

<sup>b</sup> Conservatoire d'Espaces Naturels Rhône-Alpes Antenne Ardèche / Drôme 8 allée du château 07200 VOGÜE

<sup>c</sup> Association Agréée de Pêche et de Protection des Milieux Aquatiques Ardèche

<sup>d</sup> INRAE Unité de Recherche RECOVER équipe FRESHCO 3275 Route de Cézanne CS 40061 13182 Aix en Provence Cedex 5

\* Stagiaire

## Contributeurs INRAE au rapport d'étude

CARREL Georges
DIOULOUFET Virginie
REYNAUD Nathalie
ROYER Quentin



*Apron : Photo FDPPMA 07*

Septembre 2020 : Inspiration matinale au lendemain d'une nuit de mesures échohydrauliques d'aprons.....

*Au clair de lune, au fond de l'eau, deux éclats de mica qui toujours vont par paire : c'est l'apron !*

*Dans la nuit, sous la lune, galaxie d'étoiles jumelles qui doucement s'étend : c'est le retour à la liberté ☺*

## SOMMAIRE

---

Résumé .....	5
Tables des illustrations .....	6
Table des figures .....	6
Liste des tableaux .....	8
Liste des annexes .....	9
1. Introduction.....	11
2. matériels et méthodes utilisés pour le recueil des données .....	11
Compte-rendu des actions menées sur le terrain .....	11
Précisions sur le matériel utilisé .....	14
Les mesures de substrat .....	15
Les mesures de vitesses.....	15
3. Description des données recueillies .....	16
Présentation des actions de terrain .....	16
Les données biologiques.....	18
Le substrat .....	20
La température .....	25
L'hydrologie .....	27
L'hydraulique .....	28
4. Considérations sur les tailles des aprons échantillonnés .....	31
Analyse des longueurs totales pour la classe 0+ .....	33
Analyse des longueurs totales pour la classe $\geq 1+$ .....	36
5. Analyse morphohydraulique à l'aide du modèle habitatS/poissonS 5M7 .....	40
6. Modélisation des courbes de préférences de l'apron.....	45
Présentation de la démarche.....	45
7. Discussion et perspectives .....	50
Remarques .....	51
"Remerciements" .....	51
8. Sites web .....	53
9. Références.....	53
10. Rapports .....	54
11. Annexes.....	55

## RESUME

---

L'Apron du Rhône est une espèce piscicole menacée d'extinction, elle est endémique du bassin du Rhône, il s'agit aussi de l'unique espèce piscicole endémique de France. Cette étude s'inscrit au titre de l'action 1B du second plan national d'actions 2020-2030 en faveur de l'Apron. Des échantillonnages de nuit associés à des mesures physiques et biométriques ont été réalisés lors de 10 nuits en septembre 2020 dans la rivière Ardèche et son affluent la Beaume, conjointement par INRAE et la Fédération de pêche de l'Ardèche pour la Pêche et la Protection des Milieux Aquatiques. Ces données ont permis à l'INRAE d'établir les préférences d'habitat de deux stades de vie de l'apron : l'adulte et le juvénile en fonction des hauteurs d'eau, vitesses d'écoulements et substrats qui conditionnent leurs présences. Ce modèle biologique sera directement utilisable, par tous les acteurs de l'eau, avec le logiciel libre HABBY qui va être diffusé en 2021. Cependant, les effectifs capturés étant de 1079 juvéniles (0+) pour seulement 100 'adultes' ( $\geq 1+$ ) seule la modélisation des 0+ apparaît robuste. Afin d'éviter que le modèle ne soit utilisé en dehors de son domaine de validité le fichier XML pour HABBY contient l'hydrosignature caractérisant les conditions hydrauliques relevées pendant l'échantillonnage. Cette étude a été coordonnée par le Conservatoire d'Espaces Naturels Rhône-Alpes, animateur du plan national d'actions en faveur de l'espèce. Ce rapport présente les résultats obtenus en 2020.

**Mots-clés :** Apron, écohydraulique, Ardèche, modélisation habitat poisson,



## TABLES DES ILLUSTRATIONS

---

### TABLE DES FIGURES

Figure 1 : Echantillonnages et mesures physiques : équipe de pêche et biométrie , équipe de mesure, plomb et flotteurs ( <i>Photos FDPPMA 07</i> ). .....	13
Figure 2 : Photos du matériel utilisé : a) Enregistreur de températures b) embarcation c)GPS d) courantomètre.....	14
Figure 3 : Localisations des numéros d'opérations et des stations de pêches .....	16
Figure 4 : Distribution des longueurs totales (en mm) des aprons échantillonnés. ....	18
Figure 5 : Aprons 0+ et $\geq 1+$ ( <i>Photos FDPPMA 07</i> ) .....	19
Figure 6 : Histogrammes des classes granulométriques observées pour les substrats dominants, accessoires et le plus grossier, pour l'ensemble des aprons capturés, pour les 0+, pour les $\geq 1+$ et pour les points NULS. ....	22
Figure 7 : Histogrammes par cours d'eau des classes granulométriques observées pour les substrats dominants, accessoires et le plus grossier, pour l'ensemble des aprons capturés, pour les 0+, pour les $\geq 1+$ et pour les points NULS ; les ronds noirs précisent la valeur médiane du substrat. ....	24
Figure 8 : Relevés des températures pour l'ensemble des mesures, représentés sous forme de boxplot par opération. La moyenne est représentée par un cercle blanc. ....	25
Figure 9 : Hydrosignatures en aires des verticales de mesures pour l'ensemble des données et par cours d'eau. ....	29
Figure 10 : Histogramme illustrant la distribution des longueurs totales des aprons échantillonnés par cours d'eau .....	31
Figure 11 : Histogramme illustrant la distribution des longueurs totales des aprons échantillonnés par station.....	32
Figure 12 : Longueur totale (en mm) des aprons, représentée sous forme de boxplot par opération. La moyenne est représentée par un cercle blanc. ....	32
Figure 13 : Distribution des longueurs totales (en mm) des aprons 0+ sur l'Ardèche et sur La Beauce, représentée sous forme de boxplot par cours d'eau. La moyenne est représentée par un cercle blanc.....	33
Figure 14 : Distribution des longueurs totales (en mm) des aprons 0+, représentée sous forme de boxplot par station. La moyenne est représentée par un cercle blanc. ....	34
Figure 15 : Histogrammes des LT (en mm) des aprons 0+ par station. Ici, la ligne pointillée représente la médiane de chaque histogramme .....	35
Figure 16 : Distribution des longueurs totales (en mm) des aprons $\geq 1+$ sur l'Ardèche et sur La Beauce, représentée sous forme de boxplot par cours d'eau. La moyenne est représentée par un cercle blanc (moy Ardèche = 142.35 mm, et moy La Beauce = 143.54 mm). ....	36
Figure 17 : Distribution des longueurs totales (en mm) des aprons $\geq 1+$ sur l'Ardèche et sur La Beauce, représentée sous forme de boxplot par station. La moyenne est représentée par un cercle blanc.....	37

Figure 18 : LT[mm] des aprons ‘adultes’ par station, les lignes matérialisent les médianes supposées pour chaque classe d’âge envisagée.....	38
Figure 19 : Box-plot de la longueur rétrocalculée (mm) pour les trois premières années de vie de <i>Z. asper</i> (DANANCHER et al, 2007).....	39
Figure 20 : Trajectoire de l’apron dans le plan [vitesse, profondeur] : en bleu trajectoire des 0+ en rouge trajectoire des ≥1+. ....	41
Figure 21 : Trajectoire des aprons juvéniles LT[mm]∈[60,100[ dans le plan [Longueur Totale, profondeur]. ....	41
Figure 22 : Trajectoire des aprons juvéniles LT[mm]∈[60,100[ dans le plan Longueur Totale, (vitesse) <sup>2</sup> /2g].....	42
Figure 23 : capture d’écran du logiciel 5M7 : trajectoire de l’apron dans le plan [vitesse, profondeur] superposée à une hydrosignature. ....	43
Figure 24 : Courbes d’occupation des aprons 0+ et ≥1+ pour la hauteur d’eau et la vitesse moyenne.....	47
Figure 25 : Courbes d’occupation des aprons 0+ et ≥1+ pour les catégories de substrat dominant et plus gros. ....	48



## LISTE DES TABLEAUX

Tableau I : Echelle granulométrique de WENTWORTH (1922) modifiée, dans MALAVOI et SOUCHON (1989) .....	15
Tableau II : Caractéristiques générales des opérations d'échantillonnages (noOP : numéro d'opération, Nb.pts NUL : nombre de mesures physiques effectuées sans présence d'aprons, nbAPR/h : nombre d'aprons pêchés par heure, nbAPR/100m : nombre d'aprons pêchés pour 100 mètres de linéaire de cours d'eau). .....	17
Tableau III : Récapitulatif des effectifs capturés par opération et par station. ....	18
Tableau IV : Récapitulatif des effectifs capturés par cours d'eau. ....	18
Tableau V : Résumé statistique chiffré des boxplots de température (T°C par opération). ....	25
Tableau VI : Indication des débits mesurés dans l'Ardèche et la Beume pendant les 12 heures suivant le début des opérations en prenant en compte un temps de transit pour atteindre à l'aval une station de jaugeage. ....	27
Tableau VII : Résumés hydrauliques par opération. ....	28
Tableau VIII : Résumés hydrauliques par station. ....	28
Tableau IX : Résumés hydrauliques par cours d'eau et pour l'ensemble des mesures. ....	28
Tableau X : Résumé statistique des longueurs totales (LTmm) mesurées par cours d'eau pour les 0+. ....	33
Tableau XI : Résultats des tests statistiques de comparaison par paire des longueurs totales (LTmm) mesurées pour les 0+ dans les stations. ....	34
Tableau XII : Résumé statistique des longueurs totales (LTmm) mesurées par stations pour les $\geq 1+$ . ....	37
Tableau XIII : Résultats des tests statistiques de comparaison par paire des longueurs totales (LTmm) mesurées pour les $\geq 1+$ dans les stations. ....	37
Tableau XIV : Découpage en classes de tailles : effectif, Longueur Totale moyenne, profondeur moyenne, vitesse moyenne et nombre de Froude. ....	40
Tableau XV : Evolution des substrats (norme Sandre) dominants et plus gros utilisés par les aprons (classes de tailles 5M7). ....	44
Tableau XVI : Résumé des caractéristiques différenciant les fichiers XML de modèles biologiques apron pour le logiciel HABBY. ....	49

## LISTE DES ANNEXES

Annexe I : Histogrammes par station des classes granulométriques observées pour les substrats dominants, accessoires et le plus grossier, pour l'ensemble des aprons capturés.....	56
Annexe II : Histogrammes par station des classes granulométriques observées pour les substrats dominants, accessoires et le plus grossier, pour les 0+.....	57
Annexe III : Histogrammes par station des classes granulométriques observées pour les substrats dominants, accessoires et le plus grossier, pour les $\geq 1+$ .....	58
Annexe IV : Histogrammes par station des classes granulométriques observées pour les substrats dominants, accessoires et le plus grossier, pour les points NULS.....	59
Annexe V : Histogrammes par opération des classes granulométriques observées pour les substrats dominants, pour l'ensemble des aprons capturés. ....	60
Annexe VI : Histogrammes par opération des classes granulométriques observées pour les substrats accessoires pour l'ensemble des aprons capturés. ....	61
Annexe VII : Histogrammes par opération des classes granulométriques observées pour le substrat le plus grossier pour l'ensemble des aprons capturés. ....	62
Annexe VIII : Histogrammes par opération des classes granulométriques observées pour les substrats dominants pour les 0+.....	63
Annexe IX : Histogrammes par opération des classes granulométriques observées pour les substrats accessoires pour les 0+.....	64
Annexe X : Histogrammes par opération des classes granulométriques observées pour le substrat le plus grossier pour les 0+.....	65
Annexe XI : Histogrammes par opération des classes granulométriques observées pour les substrats dominants pour les $\geq 1+$ .....	66
Annexe XII : Histogrammes par opération des classes granulométriques observées pour les substrats accessoires pour les $\geq 1+$ .....	67
Annexe XIII : Histogrammes par opération des classes granulométriques observées pour le substrat le plus grossier pour les $\geq 1+$ .....	68
Annexe XIV : Histogrammes par opération des classes granulométriques observées pour les substrats dominants pour les points NULS. ....	69
Annexe XV : Histogrammes par opération des classes granulométriques observées pour les substrats accessoires pour les points NULS. ....	70
Annexe XVI : Histogrammes par opération des classes granulométriques observées pour le substrat le plus grossier pour les points NULS. ....	71
Annexe XVII : Hydrosignatures en aires des verticales de mesures par station. ....	72
Annexe XVIII : Hydrosignatures en aires des verticales de mesures par opération dans l'Ardèche. ....	73
Annexe XIX : Hydrosignatures en aires des verticales de mesures par opération dans la Beaume. ....	74
Annexe XX : Comparaison des hydrosignatures en aires avec l'indice HSC [k1=1, k2=1] des verticales de mesures, des opérations, stations, cours d'eau et pour l'ensemble des données.....	75

Annexe XXI : Résumés statistiques des longueurs totales (en mm) par opération, pour l'ensemble des captures pour les juvéniles et pour les adultes.....	76
Annexe XXII : Résumés statistiques des longueurs totales (en mm) par station, pour l'ensemble des captures, pour les juvéniles et pour les adultes.....	77
Annexe XXIII : Résumés statistiques des longueurs totales (en mm) par cours d'eau, pour l'ensemble des captures, pour les juvéniles et pour les adultes.....	78
Annexe XXIV : Température (°C) par opération, par station, par cours d'eau, et pour l'ensemble des points de mesures. ....	79
Annexe XXV : Modèle biologique pour les aprons 0+ au format XML compatible avec le logiciel HABBY, substrat dominant. ....	80
Annexe XXVI : Modèle biologique pour les aprons 0+ au format XML compatible avec le logiciel HABBY, substrat le plus gros.....	82
Annexe XXVII : Modèle biologique pour les aprons $\geq 1+$ au format XML compatible avec le logiciel HABBY, substrat dominant. ....	84
Annexe XXVIII : Modèle biologique pour les aprons $\geq 1+$ + au format XML compatible avec le logiciel HABBY, substrat le plus gros.....	86

## 1. INTRODUCTION

---

L'apron du Rhône (*Zingel asper*) est non seulement une espèce endémique du bassin du Rhône mais il s'agit aussi de l'unique espèce piscicole endémique de France. Cette espèce est gravement menacée d'extinction ; elle est en tête de liste des espèces prioritaires de France métropolitaine pour l'action publique (Savouré-Soubelet A. 2015). Pour la sauvegarder, à la suite de deux programmes Life apron (2004-2010), un premier plan national d'actions 2012-2016 a été approuvé par le Ministère de l'environnement. Un second plan national d'actions 2020-2030 est actuellement mis en œuvre. Cette étude en fait partie au titre de {l'action 1B-Détermination des préférences d'habitat pour l'apron}. Ces plans sont coordonnés par la DREAL Auvergne Rhône-Alpes et animés par le Conservatoire d'Espaces Naturels Rhône-Alpes ou CEN RA.

Pour estimer l'effet de scénarios d'aménagements ou de gestions en rivière sur une population d'aprons, il est nécessaire de connaître les caractéristiques d'habitats de cette espèce. L'objectif de cette étude était de construire un modèle biologique de préférences d'habitat de deux stades de vie de l'apron : l'adulte et le juvénile en fonction des hauteurs d'eau, vitesses d'écoulements et substrats qui conditionnent leurs présences. Un tel modèle biologique au format XML associé à une modélisation hydraulique peut être directement utilisable, par tous les acteurs de l'eau, avec le logiciel libre HABBY qui va être diffusé en 2021.

## 2. MATERIELS ET METHODES UTILISES POUR LE RECUEIL DES DONNEES

---

### COMPTE-RENDU DES ACTIONS MENEES SUR LE TERRAIN

Des échantillonnages d'aprons par pêche électrique associés à des mesures physiques et biométriques ont été réalisés la nuit dans la rivière Ardèche et son affluent la Beaume, conjointement par INRAE et la Fédération de pêche de l'Ardèche pour la Pêche et la Protection des Milieux Aquatiques.

### METHODES D'ECHANTILLONNAGES ET DE MESURES PHYSIQUES

Nous avons utilisé un protocole d'échantillonnage 'léger' très particulier adapté à notre problématique et à nos moyens logistiques. L'équipe d'échantillonnage progresse à pied en 'waders' dans le lit du cours d'eau, globalement à contre-courant de l'aval vers l'amont. Les poissons sont repérés la nuit à l'aide de lampes frontales car les yeux des aprons ont alors la particularité de refléter en blanc la lumière. Dans ces conditions et dans la grande majorité des cas ces poissons, dont la période d'activité est nocturne, n'ont eu aucun comportement de fuite à notre approche. Un opérateur équipé d'un appareil de pêche électrique portable immobilise l'apron repéré par électronarcose et un autre opérateur le capture à l'aide d'une épuisette. Une marque numérotée est alors positionnée à l'endroit exact où se situait l'apron. La longueur totale de l'individu est alors mesurée à l'aide d'un réglet millimétrique et notée en association avec le

numéro de marque. L'apron est alors placé dans un vivier/seau d'eau. Ce vivier est situé dans une petite embarcation qui est tractée par l'équipe de pêche ou par un assistant. A intervalle régulier les poissons du vivier sont relâchés 😊 largement à l'aval afin de ne pas être repêchés une seconde fois. Nous avons utilisé 4 marques numérotées de 1 à 4 de façon lisible sur toutes les faces de la bouée/flotteur qui est lestée par un 'bout' d'environ 1.50 mètre à un plomb. Pour éviter que ces marques qui sont stockées dans l'embarcation ne s'emmêlent il est important d'utiliser une gaine constituée d'un tube PVC qui rigidifie l'ensemble et qui enserre le 'bout'. Selon les conditions d'écoulements il peut être utile de disposer de plombs supplémentaires accrochables à l'aide d'une manille/mousqueton.

L'équipe de pêche est suivie par l'équipe de mesures physiques constituée de deux personnes. L'une qui effectue la mesure de la hauteur d'eau et les mesures hydrauliques de vitesses d'écoulement sur la verticale au droit de la position de la marque. L'autre qui effectue les relevés granulométriques dans un rayon de 50 centimètres autour de la marque, relève sa position et la température de l'eau. C'est cette dernière personne qui prend toutes les notes des deux équipes et qui place sur la même ligne d'une fiche de terrain la taille de l'apron pêché avec les mesures hydrauliques et granulométriques, la correspondance s'effectuant via le numéro de marque. Le positionnement grossier de chaque apron a été effectué à l'aide d'un GPS manuel. Pour noter cette position il suffit de noter le numéro de 'Waypoint' à chaque marque puisque le GPS enregistre le détail de la position. La température de l'eau a été relevée manuellement à chaque position à l'aide d'un thermomètre électronique ; mais aussi à l'aide d'une sonde d'enregistrement thermique enregistrant une température toutes les minutes et fixée à la botte de l'opérateur du GPS. Puisque chaque Waypoint/ position GPS est associée à une heure d'enregistrement, cela nous a permis ultérieurement de faire correspondre la température de l'eau lors de notre passage sur chaque position d'apron. Selon notre expérience, si nous rééditons de telles opérations c'est cette dernière approche qui nous semble tout compte fait la plus fiable et la plus pratique car moins contraignante sur le terrain. En notant simplement un numéro de Waypoint à 4 chiffres maximum nous pouvons récupérer dans la mémoire du GPS la position et l'heure de la mesure à laquelle nous pouvons associer la température dans l'enregistreur thermique.

Nous avons effectué en faible proportion des mesures physiques dans des zones sans apron que nous notons dans le reste du document points NULs, et nous appellerons points de pêche l'ensemble des points comportant des mesures physiques avec ou sans présence d'aprons.

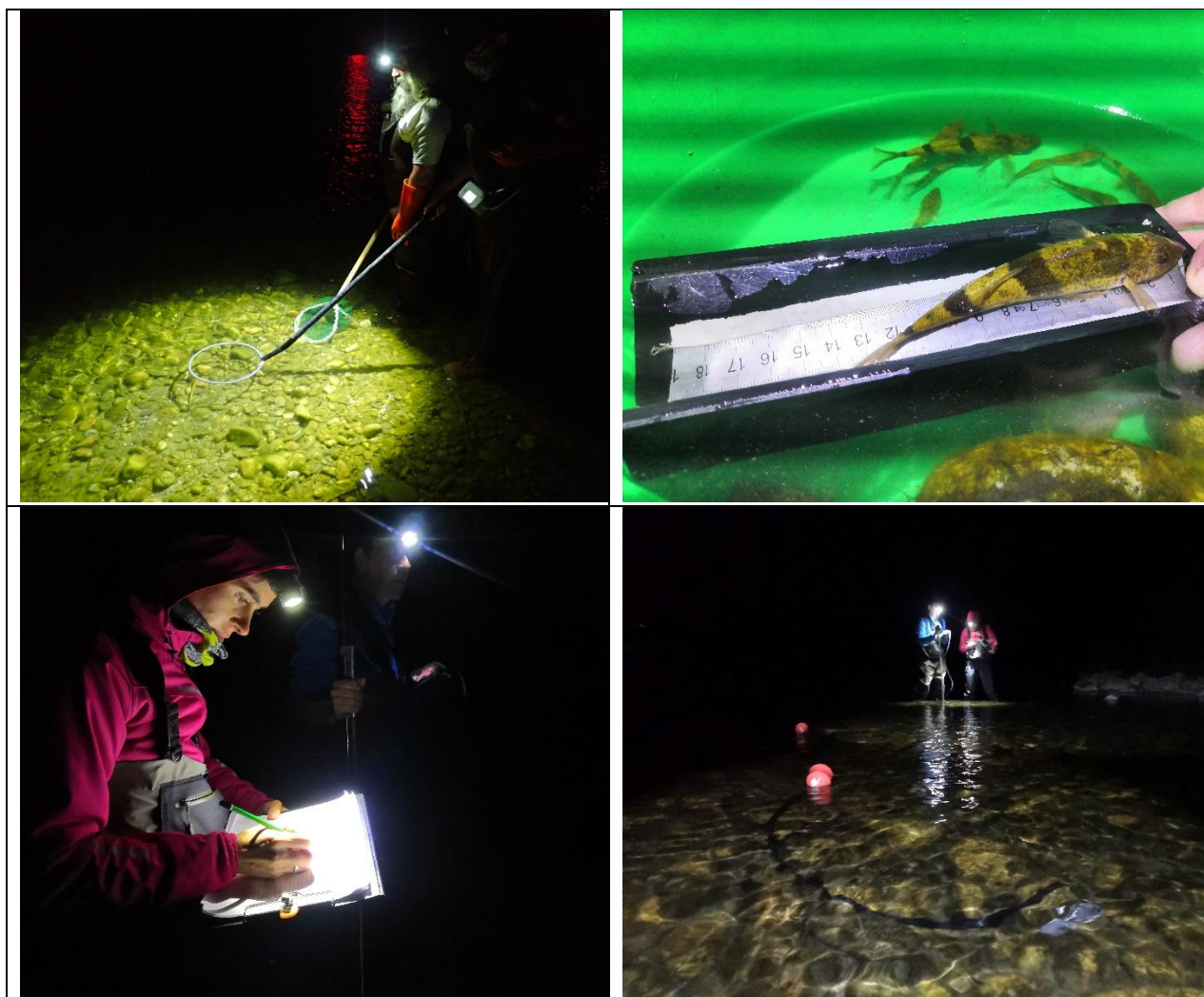


Figure 1 : Echantillonnages et mesures physiques : équipe de pêche et biométrie , équipe de mesure, plomb et flotteurs (Photos FDPPMA 07).



## PRECISIONS SUR LE MATERIEL UTILISE

Afin de mieux repérer les aprons nous avons utilisé des lampes frontales puissantes (500 lumens) mais aussi pour la sécurité des opérateurs afin de mieux distinguer le fond lors des progressions dans le lit mouillé.

L'embarcation que nous avons utilisée pour stabuler les poissons et notre matériel [ Barque Marque : Tabur Modèle : Le tout petit aux dimensions de 1.40 m x 0.71 m x 0.24 m ] s'est avérée très pratique à transporter par deux personnes, pour accéder à pied aux lits mouillés parfois dans des conditions difficiles de descentes ou remontées abruptes dans des blocs. Par ailleurs elle est facilement transportable dans un véhicule de service de type berline puisqu'elle peut se loger entre les dossiers des sièges avant et la banquette des sièges arrières.

Liste des caractéristiques du matériel utilisé :

- ❖ Enregistreur de températures : HOBO data logger U22 Water Temp Pro V2
- ❖ GPS : Garmin GPSMAP 64S
- ❖ Appareil de pêche électrique portatif : Volta de la marque IMEO
- ❖ Courantomètre électromagnétique : OTT MF pro



Figure 2 : Photos du matériel utilisé : a) Enregistreur de températures b) embarcation c)GPS d) courantomètre



## LES MESURES DE SUBSTRAT

Tableau I : Echelle granulométrique de WENTWORTH (1922) modifiée, dans MALAVOI et SOUCHON (1989)

Nom de la classe granulométrique	Classes de taille (diamètre en mm perpendiculaire au plus grand axe)	Code utilisé	Code Sandre
Rochers	> 1024	<b>R</b>	12
Blocs	256-1024	<b>B</b>	11
Pierres Grossières	128-256	<b>PG</b>	10
Pierres Fines	64-128	<b>PF</b>	9
Cailloux Grossiers	32-64	<b>CG</b>	8
Cailloux Fins	16-32	<b>CF</b>	7
Graviers Grossiers	8-16	GG	6
Graviers Fins	2-8	GF	5
Sables Grossiers	0,5-2	<b>SG</b>	4
Sables Fins	0,0625-0,5	<b>SF</b>	3
Limons	0,0039-0,0625	<b>L</b>	2
Argiles	< 0,0039	A	1

Pour chaque position d'apron, nous avons décrit le substrat présent en notant 3 codes de classes granulométriques (Tableau I) correspondant à i) l'élément le plus grossier ii) l'élément dominant iii) le second élément dominant (accessoire).

A noter que :

- ❖ L'élément le plus grossier est également codé comme élément dominant s'il dépasse 30% de la surface prise en compte.
- ❖ Nous avons utilisé un code **D** dans le cas de dalles.
- ❖ Nous n'avons utilisé qu'un code noté **G** pour les 2 classes de gravier.
- ❖ Nous n'avons pas fait de distinction Argiles Limons et assimilé ces 2 classes granulométrique à du limon codé **L**.

## LES MESURES DE VITESSES

Elles ont été mesurées à l'aide d'un courantomètre électromagnétique OTT MF pro.

Sur chaque verticale de mesures située sur la position d'un apron pêché, trois vitesses ont été mesurées respectivement à 20 %, 40 % et 80 % de la hauteur d'eau totale. La vitesse moyenne  $V$  pour la verticale est estimée en considérant que le profil de vitesses est une fonction logarithmique de l'abscisse décrivant la hauteur d'eau, elle est calculée par l'équation :

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

### 3. DESCRIPTION DES DONNEES RECUEILLIES

#### PRESENTATION DES ACTIONS DE TERRAIN

La collecte des données sur le terrain s'est effectuée de nuit lors de 10 opérations, dans cinq stations localisées pour trois d'entre elles dans la rivière Ardèche les deux autres dans son affluent la Beauce (Figure 3).

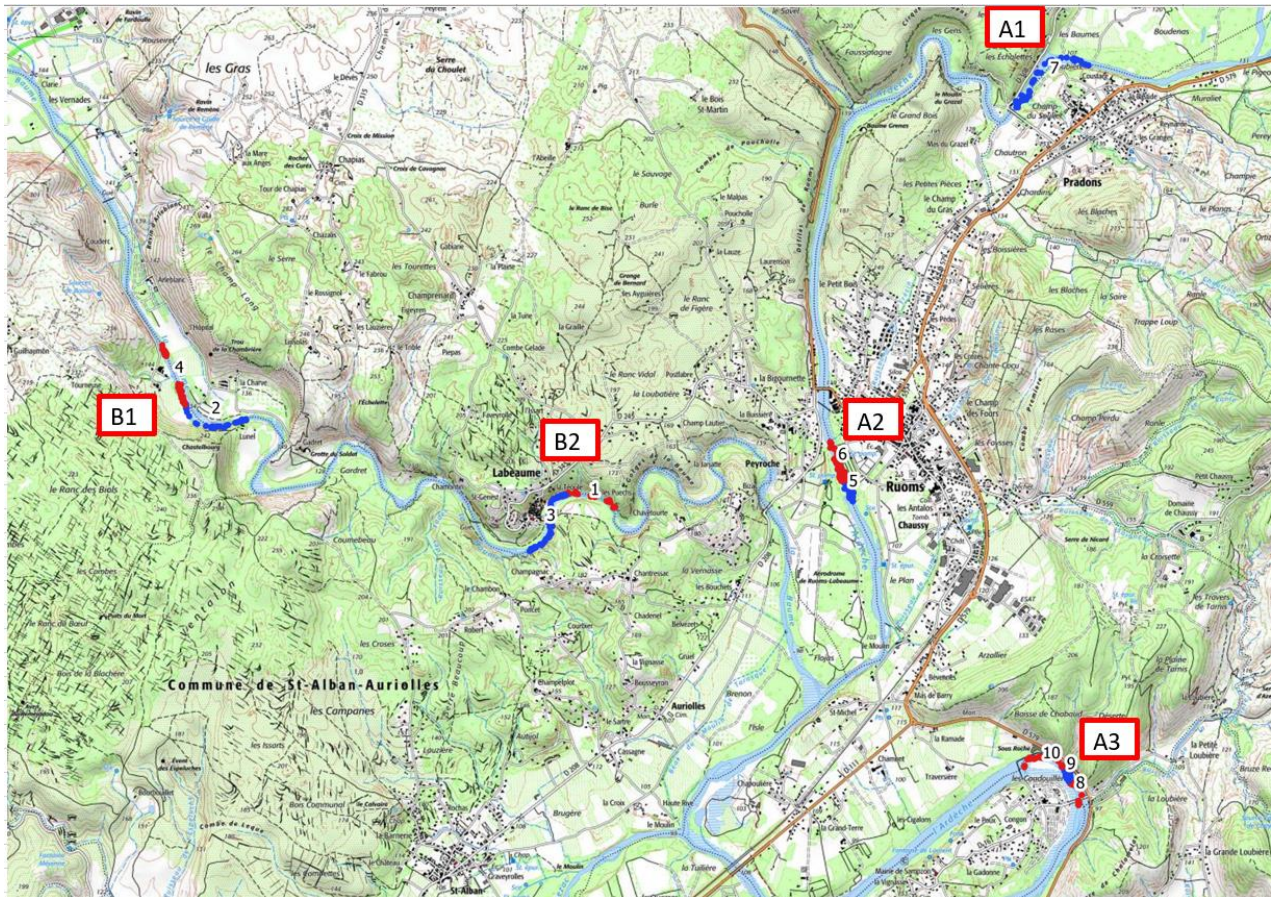


Figure 3 : Localisations des numéros d'opérations et des stations de pêches

**Tableau II : Caractéristiques générales des opérations d'échantillonnages (noOP : numéro d'opération, Nb.pts NUL : nombre de mesures physiques effectuées sans présence d'aprons, nbAPR/h : nombre d'aprons pêchés par heure, nbAPR/100m : nombre d'aprons pêchés pour 100 mètres de linéaire de cours d'eau).**

noOP	Cours d'eau	NomStation	Code Station	Lineaire [m]	Nb. Aprons	Nb. pts NUL	Date/heure debut	Date/ heure fin	Durée heures	nbAPR/h	nbAPR/100m
7	l'Ardèche	Pradons	A1	731	64	26	09/09/2020 21:14	10/09/2020 01:08	3 :54	16	9
5	l'Ardèche	Ruoms : aval base nautique	A2	165	142	8	07/09/2020 21:25	08/09/2020 02:02	4 :37	31	86
6	l'Ardèche	Ruoms : amont base nautique	A2	298	131	21	08/09/2020 21:13	09/09/2020 02:02	4 :48	27	44
8	l'Ardèche	Sampzon; Aval Sous Roche	A3	213	149	-	10/09/2020 21:33	11/09/2020 01:56	4 :22	34	70
9	l'Ardèche	Sampzon; Aval Sous Roche	A3	135	181	-	14/09/2020 21:22	15/09/2020 02:05	4 :43	38	134
10	l'Ardèche	Sampzon; Aval Sous Roche	A3	354	147	2	15/09/2020 21:46	16/09/2020 02:02	4 :16	34	41
2	La Beaume	Rosières : Lunel, Platanes	B1	554	90	12	01/09/2020 22:15	02/09/2020 02:11	3 :55	23	16
4	La Beaume	Rosières : Platanes , Arleblanc	B1	459	103	12	03/09/2020 21:29	04/09/2020 01:41	4 :11	25	22
1	La Beaume	Labeaume, en aval du gué	B2	376	58	6	31/08/2020 22:42	01/09/2020 02:42	3 :59	15	15
3	La Beaume	Labeaume, de l'aval à l'amont du gué	B2	580	114	13	02/09/2020 21:46	03/09/2020 02:24	4 :37	25	20
				Total	3865	1179			moyenne	27	46
									min	15	9
									max	38	134

Le Tableau II ci-dessus présente les caractéristiques générales des opérations d'échantillonnages. En 10 nuits, 1179 aprons ont pu être capturés et les caractéristiques physiques de leur habitat mesurées selon le protocole présenté au chapitre précédent. Les durées d'opérations ne prennent pas en compte les temps de déplacement à pied depuis les véhicules jusqu'aux points de départ/fin des mesures ; ni les temps d'équipement et de préparation des personnels.

Les deux dernières colonnes sont indicatrices des conditions rencontrées sur le terrain. Le nombre d'aprons pêchés par heure et le nombre d'Apron pêché pour 100 mètres de linéaire dépend des conditions de terrains multifactorielles ; citons :

- ❖ Les facilités de progressions et de localisation des poissons fonctions des conditions hydrauliques rencontrées, du substrat, de la turbidité de l'eau.
- ❖ Des zones denses en aprons peuvent être suivies de zones sans aprons.
- ❖ Si l'équipe de mesures physiques a toujours été constituée des mêmes opérateurs, l'équipe de pêche a varié dans son effectif et sa composition. Si l'effectif minimal était de quatre opérateurs, deux par équipe, du personnel supplémentaire facilitait grandement les opérations en localisant les poissons, en gérant l'embarcation et en ramenant jusqu'à celle-ci les marques une fois mesurées.
- ❖ Des incidents ont pu survenir ralentissant les opérations, changements de batteries, chute d'opérateur....

Notons que pour cette étude les conditions logistiques ont été très favorables avec une météo clémente bien que plusieurs d'entre nous aient ressenti parfois le froid nocturne mais sans pluies importantes pour entraver nos actions. Et remarquons surtout que l'effectif d'aprons collectés s'avère inespéré et fait suite à une très bonne reproduction en regard des dernières années.

## LES DONNEES BIOLOGIQUES

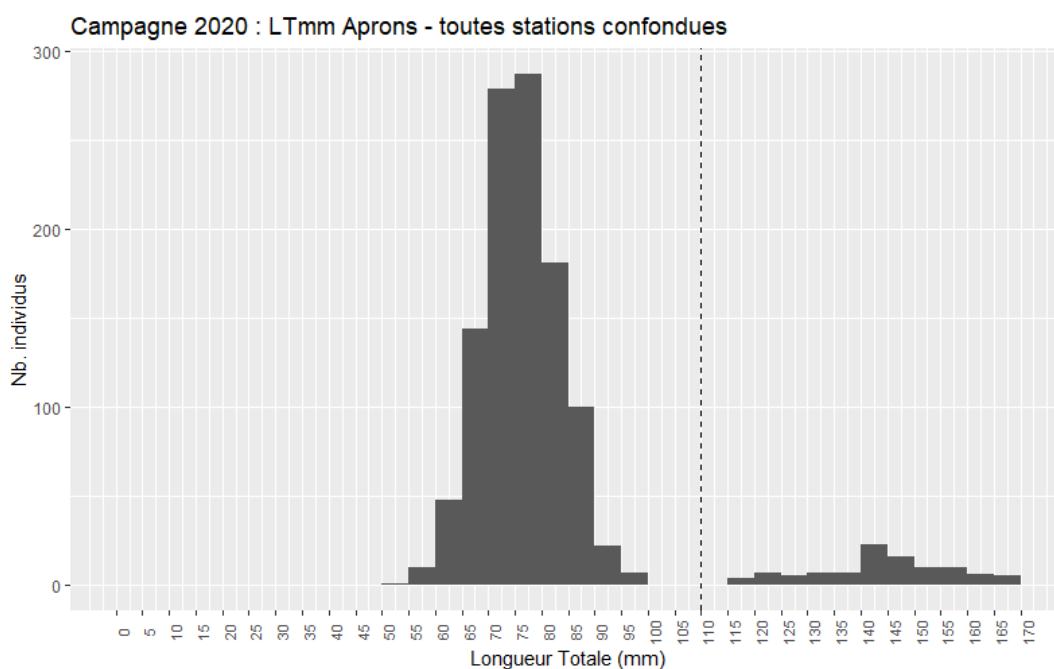
Le Tableau III et le Tableau IV présentent les effectifs d'aprons capturés par opérations, par station et par cours d'eau ; au total 1179 individus ont pu être capturés et 1279 points de pêches/mesures physiques ont été effectués.

**Tableau III : Récapitulatif des effectifs capturés par opération et par station.**

Station	#OP	Date (fin)	Nb. Aprons	Nb. points NULS	Nb. points de pêche	TOT/station
A1	7	10/09/2020	64	26	90	64
A2	5	08/09/2020	142	8	150	273
	6	09/09/2020	131	21	152	
A3	8	11/09/2020	149	-	149	314
	9	15/09/2020	181	-	181	
	10	16/09/2020	147	2	149	
B1	2	02/09/2020	90	12	102	193
	4	04/09/2020	103	12	115	
B2	1	01/09/2020	58	6	64	172
	3	03/09/2020	114	13	127	

**Tableau IV : Récapitulatif des effectifs capturés par cours d'eau.**

Cours d'eau	Nb. Aprons	Nb. points NULS	Nb. points de pêche
Ardèche	814	57	871
La Beaume	365	43	408
<b>Total</b>	<b>1179</b>	<b>100</b>	<b>1279</b>



**Figure 4 : Distribution des longueurs totales (en mm) des aprons échantillonnés.**



La Figure 4 présente les longueurs totales d'aprons échantillonnés toutes stations confondues. Il apparait ainsi deux groupes distincts, le premier constitué de 92% de l'effectif total avec 1079 individus 0+, et un second de 100 âgés d'un an et plus ( $\geq 1+$ ). Il apparait ici clairement que nous disposons d'éléments pour construire un modèle biologique de préférences d'habitat de juvéniles ; mais qu'avec au maximum une centaine d'individus adultes l'opération s'avère délicate....



Figure 5 : Aprons 0+ et  $\geq 1+$  (Photos FDPPMA 07)

## LE SUBSTRAT

### Généralités

Le substrat est une composante majeure de l'habitat aquatique des poissons, il joue un rôle complexe et multiple qui va conditionner la présence des individus ; citons sans être exhaustif ses fonctions :

- d'abri hydraulique contre le courant ,
- de protection contre le risque de prédation,
- d'isolement visuel entre congénères chez les espèces territoriales,
- de support des ressources alimentaires : invertébrés, végétation aquatique,
- de support pour la fraie des espèces lithophiles....

Il est très complexe de décrire le substrat et son agencement d'éléments granulométriques qui conditionne sa porosité, son colmatage et son interaction avec le courant.

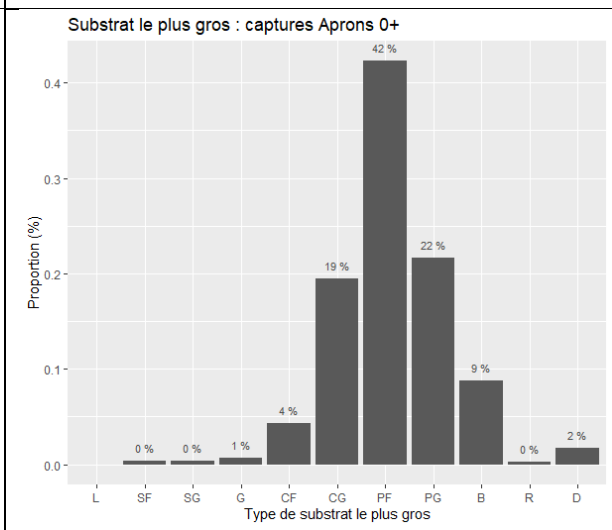
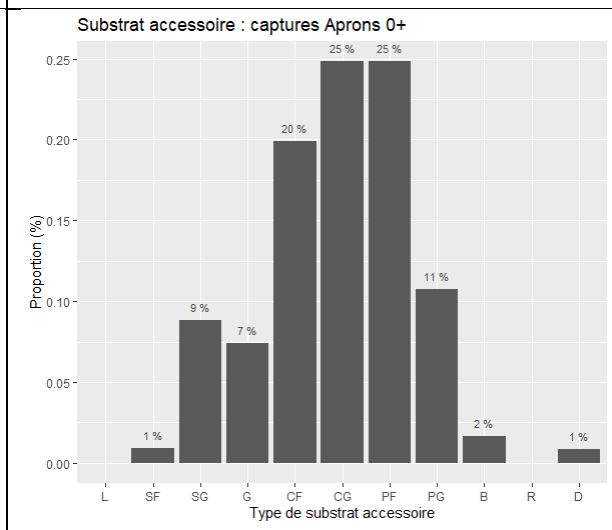
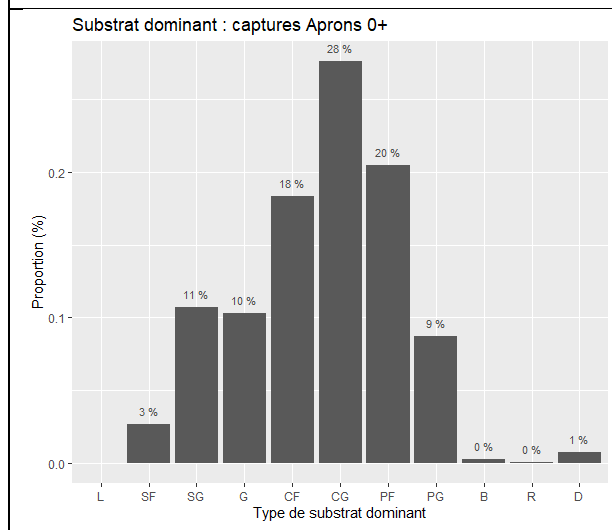
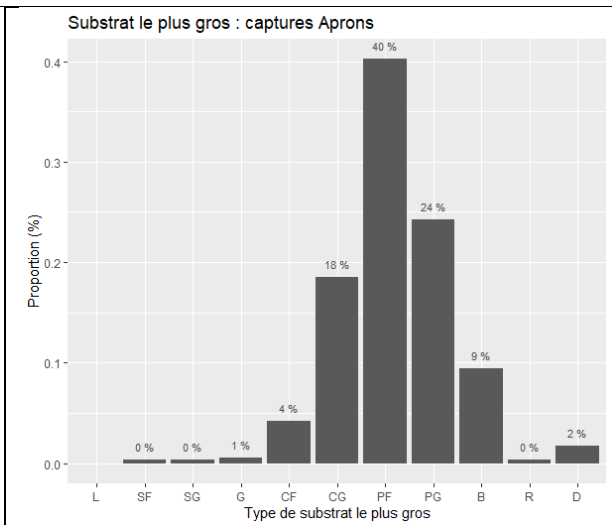
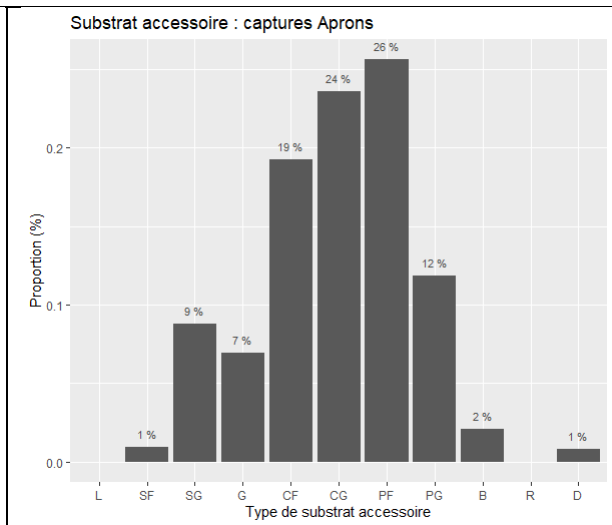
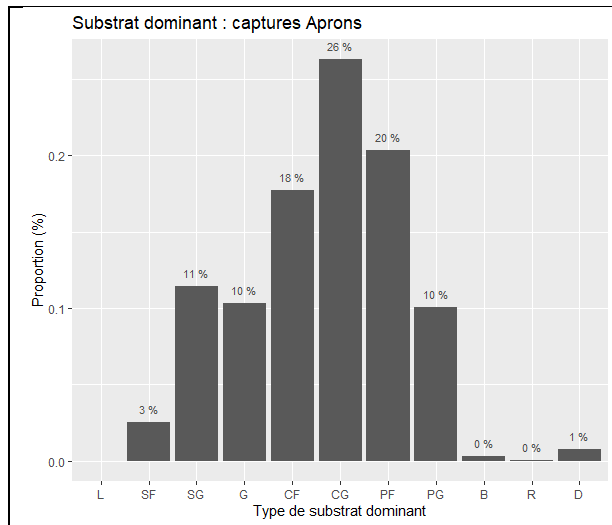
Pour des raisons pratiques nous avons utilisé le protocole 'classique' en hydrobiologie et décrit précédemment à savoir une échelle granulométrique de WENTWORTH (1922) modifiée. Mais cette approche n'est pas forcément la plus efficace pour la modélisation de l'apron, des considérations prenant en compte le colmatage, ou la hauteur de rugosité du fond qui est l'approche hydraulique pour caractériser les pertes d'énergie par frottement, pourraient être plus pertinentes.

Notons que pour cette étude nos observations de terrain indiquent que les aprons n'étaient jamais présents dans les zones colmatées notamment celles que l'on trouvait sur les bords du lit mouillé. Ceci est illustré par la Figure 6 où la catégorie L limons aussi bien en substrat dominant qu'accessoire n'est observée que dans les points NULS ie sans présence d'aprons.

La Figure 6 présente les histogrammes des substrats dominants et accessoires pour l'ensemble des aprons capturés, pour les 0+, pour les  $\geq 1+$  et pour les points NULS. La Figure 7 détaille ces relevés pour l'Ardèche et pour la Beaume. Les codes de granulométrie utilisés figurent au Tableau I et dans son commentaire. De l'Annexe I à l'Annexe XVI, ces résultats sont présentés par stations et par opérations.

La présentation de ces histogrammes ne doit pas conduire à des interprétations abusives car ce sont surtout 1079 aprons 0+ qui ont fait l'objet de mesures, contre seulement 100 individus âgés de 1 an et plus ( $\geq 1+$ ), et 100 points NULS. Ces deux dernières catégories n'étant pas représentatives comme celle des juvéniles 0+...

Si l'on compare les cours d'eau entre eux, bien que l'Ardèche compte au moins deux fois plus d'observations que la Beaume, l'affluent apparaît avec une granulométrie en moyenne plus grossière que le cours principal. Les histogrammes de substrats observés apparaissent avec globalement une classe de granulométrie décalée vers la droite (grossier) pour la Beaume.





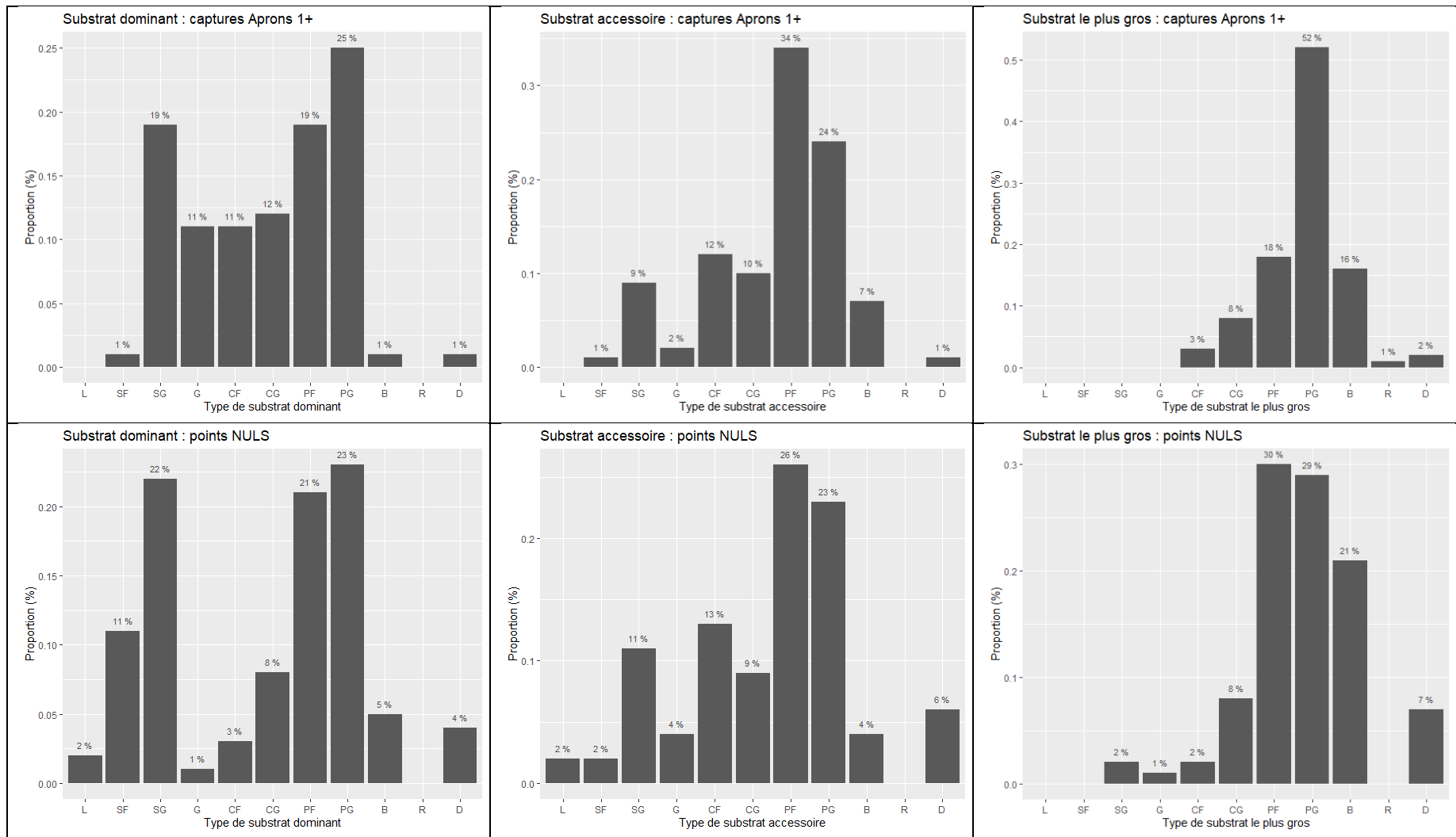
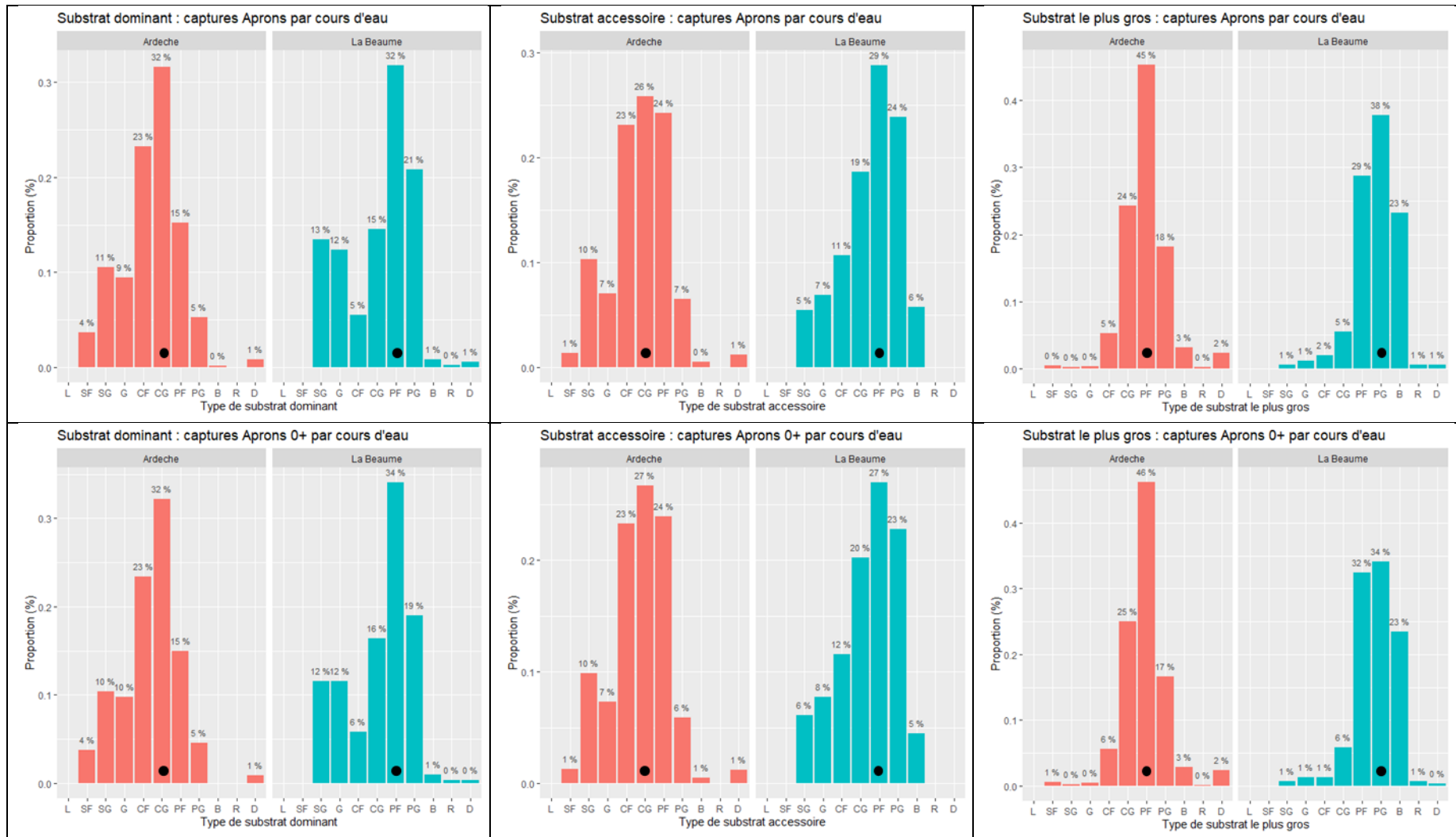


Figure 6 : Histogrammes des classes granulométriques observées pour les substrats dominants, accessoires et le plus grossier, pour l'ensemble des aprons capturés, pour les 0+, pour les ≥1+ et pour les points NULS.



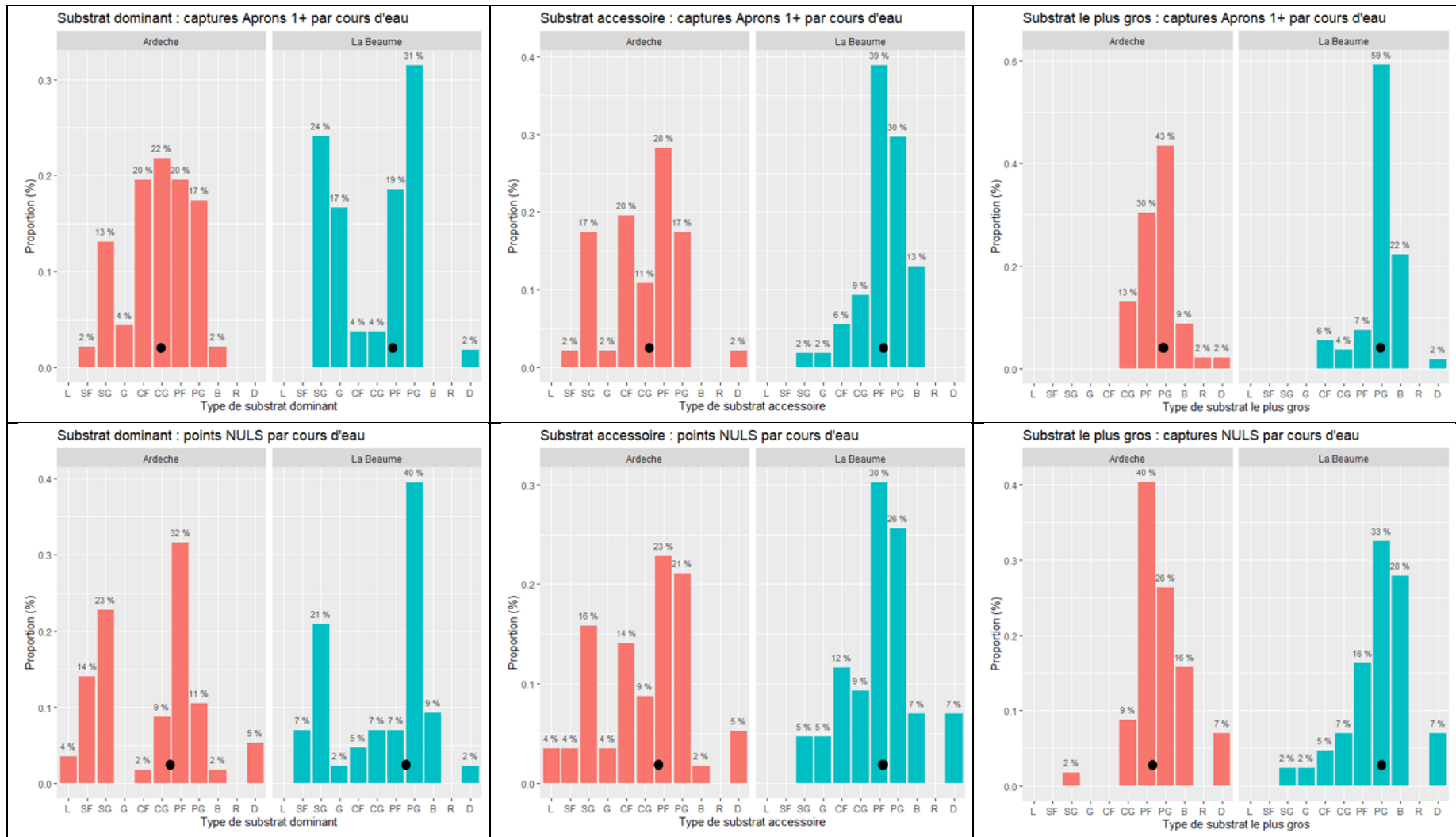


Figure 7 : Histogrammes par cours d'eau des classes granulométriques observées pour les substrats dominants, accessoires et le plus grossier, pour l'ensemble des aprons capturés, pour les 0+, pour les ≥1+ et pour les points NULS ; les ronds noirs précisent la valeur médiane du substrat.

## LA TEMPERATURE

Les poissons sont des organismes ectothermes ; la température de l'eau joue donc un rôle clé comme facteur de contrôle de leurs métabolismes. A l'heure du changement climatique, l'évolution de ce paramètre en combinaison avec celle des ressources en eau peut conditionner la survie de nombreuses espèces aquatiques. Cette problématique peut s'avérer cruciale à l'avenir dans le cas de l'apron espèce déjà en danger d'extinction....

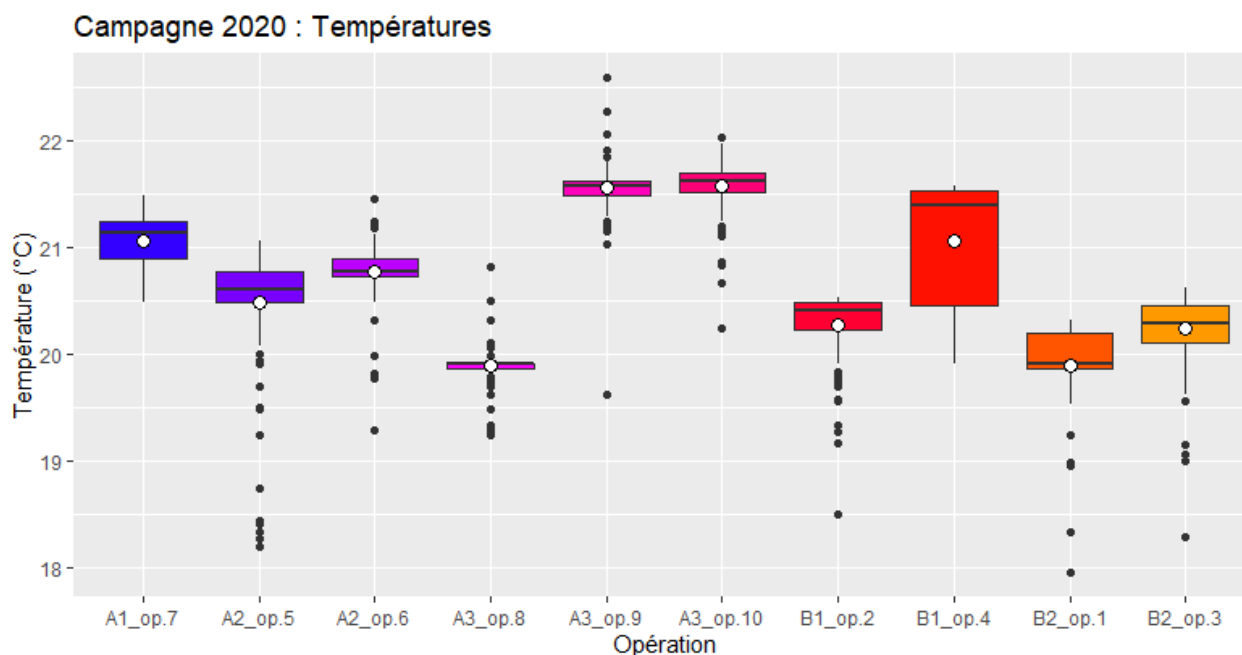


Figure 8 : Relevés des températures pour l'ensemble des mesures, représentés sous forme de boxplot par opération. La moyenne est représentée par un cercle blanc.

Tableau V : Résumé statistique chiffré des boxplots de température (T°C par opération).

Sta_noOP	Date (fin)	n	mean	sd	min	Q1	median	Q3	max
A1_op.7	10/09/2020	90	21.06	0.29	20.48	20.89	21.14	21.25	21.49
A2_op.5	08/09/2020	150	20.48	0.56	18.20	20.48	20.60	20.77	21.06
A2_op.6	09/09/2020	152	20.78	0.23	19.29	20.72	20.77	20.89	21.46
A3_op.8	11/09/2020	149	19.89	0.16	19.25	19.87	19.91	19.91	20.82
A3_op.9	15/09/2020	181	21.56	0.22	19.63	21.49	21.58	21.63	22.59
A3_op.10	16/09/2020	149	21.57	0.23	20.25	21.51	21.63	21.70	22.03
B1_op.2	02/09/2020	102	20.27	0.34	18.51	20.23	20.41	20.48	20.53
B1_op.4	04/09/2020	115	21.07	0.52	19.91	20.46	21.39	21.53	21.58
B2_op.1	01/09/2020	64	19.90	0.42	17.96	19.86	19.91	20.20	20.32
B2_op.3	03/09/2020	127	20.24	0.34	18.30	20.11	20.29	20.46	20.63

La Figure 8 et le Tableau V présentent, par opération, les relevés des températures via l'enregistreur HOBO couplé temporellement au GPS Garmin pour l'ensemble des 1279 mesures. Il convient là aussi de se garder d'une comparaison hâtive, car les opérations ont été effectuées à des dates différentes. Ainsi les deux dernières opérations A3\_op.9 et A3\_op.10 qui

apparaissent les plus chaudes commencent respectivement 4 et 5 jours plus tard que A3\_op.8 la plus froide opération relevée alors même qu'elle est située dans le même tronçon/station ....

L'Annexe XXIV présente le détail des températures moyennes relevées : par opération, par station, par cours d'eau, et pour l'ensemble des points de mesures.

## L'HYDROLOGIE

Les variations hydrologiques sont l'un des principaux facteurs conditionnant la dynamique des populations de poissons dans les cours d'eau. Notre étude n'avait pas pour objectif de conduire de telles analyses, même si rechercher par de telles approches les raisons de la grande densité d'aprons observés nous semblerait très pertinent.

Nous n'avons pas effectué de jaugeages lors des opérations de terrain qui ont été effectuées dans une période de stabilité hydrologique. A titre indicatif le Tableau VI présente par opération les relevés sur 12h des débits de 2 stations de jaugeages, situées à l'aval de nos stations d'échantillonnages sur l'Ardèche et sur la Beume. Nous avons calculé très grossièrement un temps de transfert entre les stations d'échantillonnage et les stations de jaugeages en mesurant les linéaires de cours d'eau à parcourir et en utilisant les vitesses moyennes d'écoulement de nos mesures. Cela nous a permis de remplir une colonne 'Date heure aval' à partir de laquelle nous avons calculé sur les 12 heures suivantes un débit moyen.

Ces stations de jaugeages de la Banque Hydro ont le même producteur : SPC Grand Delta. Il s'agit de :

- V5054010 L'Ardèche à Vallon-Pont-d'Arc
- V5035005 La Beume à Saint-Alban-Auriolles [Peyroche]

**Tableau VI : Indication des débits mesurés dans l'Ardèche et la Beume pendant les 12 heures suivant le début des opérations en prenant en compte un temps de transit pour atteindre à l'aval une station de jaugeage.**

Station	#OP	Date heure début	Date heure aval	Station Jaugeage	Débit moyen [m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> ]	Std [m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> ]
<b>A1</b>	<b>7</b>	09/09/2020 21:14	10/09/2020 19:24	V5054010	8.34	0.06
<b>A2</b>	<b>5</b>	07/09/2020 21:25	08/09/2020 13:20	V5054010	7.73	0.82
	<b>6</b>	08/09/2020 21:13	09/09/2020 13:08	V5054010	7.98	1.60
<b>A3</b>	<b>8</b>	10/09/2020 21:33	11/09/2020 06:15	V5054010	8.27	1.12
	<b>9</b>	14/09/2020 21:22	15/09/2020 06:04	V5054010	7.89	0.09
	<b>10</b>	15/09/2020 21:46	16/09/2020 06:28	V5054010	9.18	2.55
<b>B1</b>	<b>2</b>	01/09/2020 22:15	02/09/2020 11:40	V5035005	0.42	0.01
	<b>4</b>	03/09/2020 21:29	04/09/2020 10:54	V5035005	0.38	0.01
<b>B2</b>	<b>1</b>	31/08/2020 22:42	01/09/2020 07:35	V5035005	0.47	0.02
	<b>3</b>	02/09/2020 21:46	03/09/2020 06:39	V5035005	0.43	0.01

Ce tableau a une valeur toute relative pour montrer la stabilité hydrologique durant les opérations et donner une indication approximative des débits des cours d'eau durant nos opérations. Pour estimer les débits de nos stations A1 et A2, il faudrait soustraire aussi a minima les débits des deux affluents situés entre l'aval de ces stations et la station de jaugeage de Vallon-Pont-d'Arc, à savoir la Beume et Le Chassezac.

## L'HYDRAULIQUE

Pour chaque verticale de mesure nous disposons de la hauteur d'eau et de la vitesse moyenne. Les grandeurs hydrauliques mesurées par opération (Tableau VII), station (Tableau VIII), cours d'eau et pour l'ensemble des données (Tableau IX) sont présentées dans les tableaux ci-après.

**Tableau VII : Résumés hydrauliques par opération.**

Station	#OP	Nb. verticales	Hauteur moyenne [m]	Vitesse moyenne [ $\text{ms}^{-1}$ ]	Hauteur max [m]	Vitesse max [ $\text{ms}^{-1}$ ]	Froude moyen [ ]
<b>A1</b>	<b>7</b>	90	0.49	0.24	1.07	1.21	0.11
<b>A2</b>	<b>5</b>	150	0.24	0.35	0.45	0.74	0.22
	<b>6</b>	152	0.37	0.23	0.66	0.74	0.12
<b>A3</b>	<b>8</b>	150	0.42	0.30	0.76	0.87	0.15
	<b>9</b>	180	0.41	0.13	1.02	0.32	0.06
	<b>10</b>	149	0.47	0.30	1.09	1.10	0.13
<b>B1</b>	<b>2</b>	102	0.48	0.08	1.40	0.84	0.04
	<b>4</b>	115	0.47	0.03	1.12	0.10	0.01
<b>B2</b>	<b>1</b>	64	0.72	0.05	1.35	0.79	0.02
	<b>3</b>	127	0.57	0.07	1.60	1.09	0.04

**Tableau VIII : Résumés hydrauliques par station.**

Station	Nb. verticales	Hauteur moyenne [m]	Vitesse moyenne [ $\text{ms}^{-1}$ ]	Hauteur max [m]	Vitesse max [ $\text{ms}^{-1}$ ]	Froude moyen [ ]
<b>A1</b>	90	0.49	0.24	1.07	1.21	0.11
<b>A2</b>	302	0.31	0.28	0.66	0.74	0.16
<b>A3</b>	479	0.43	0.24	1.09	1.10	0.11
<b>B1</b>	217	0.47	0.05	1.40	0.84	0.03
<b>B2</b>	191	0.62	0.06	1.60	1.09	0.03

**Tableau IX : Résumés hydrauliques par cours d'eau et pour l'ensemble des mesures.**

Cours d'eau	Nb. verticales	Hauteur moyenne [m]	Vitesse moyenne [ $\text{ms}^{-1}$ ]	Hauteur max [m]	Vitesse max [ $\text{ms}^{-1}$ ]	Froude moyen [ ]
<b>Ardèche</b>	871	0.39	0.25	1.09	1.21	0.13
<b>La Beaume</b>	408	0.54	0.06	1.60	1.09	0.03
<b>Total</b>	1279	0.44	0.17	1.60	1.21	0.09



En considérant que chaque verticale représente la même proportion d'aire nous pouvons calculer des signatures morpho-hydrauliques (LE COARER, 2007) pour chaque regroupement de mesure. En définissant dans le plan vitesse/profondeur une grille de classes hydrauliques une hydrosignature permet de visualiser les pourcentages de chaque classe en aire ou en volume. Ces calculs sont effectués à l'aide de la version 3.0.36 du logiciel « HydroSignature », téléchargeable sur le site Web INRAE.

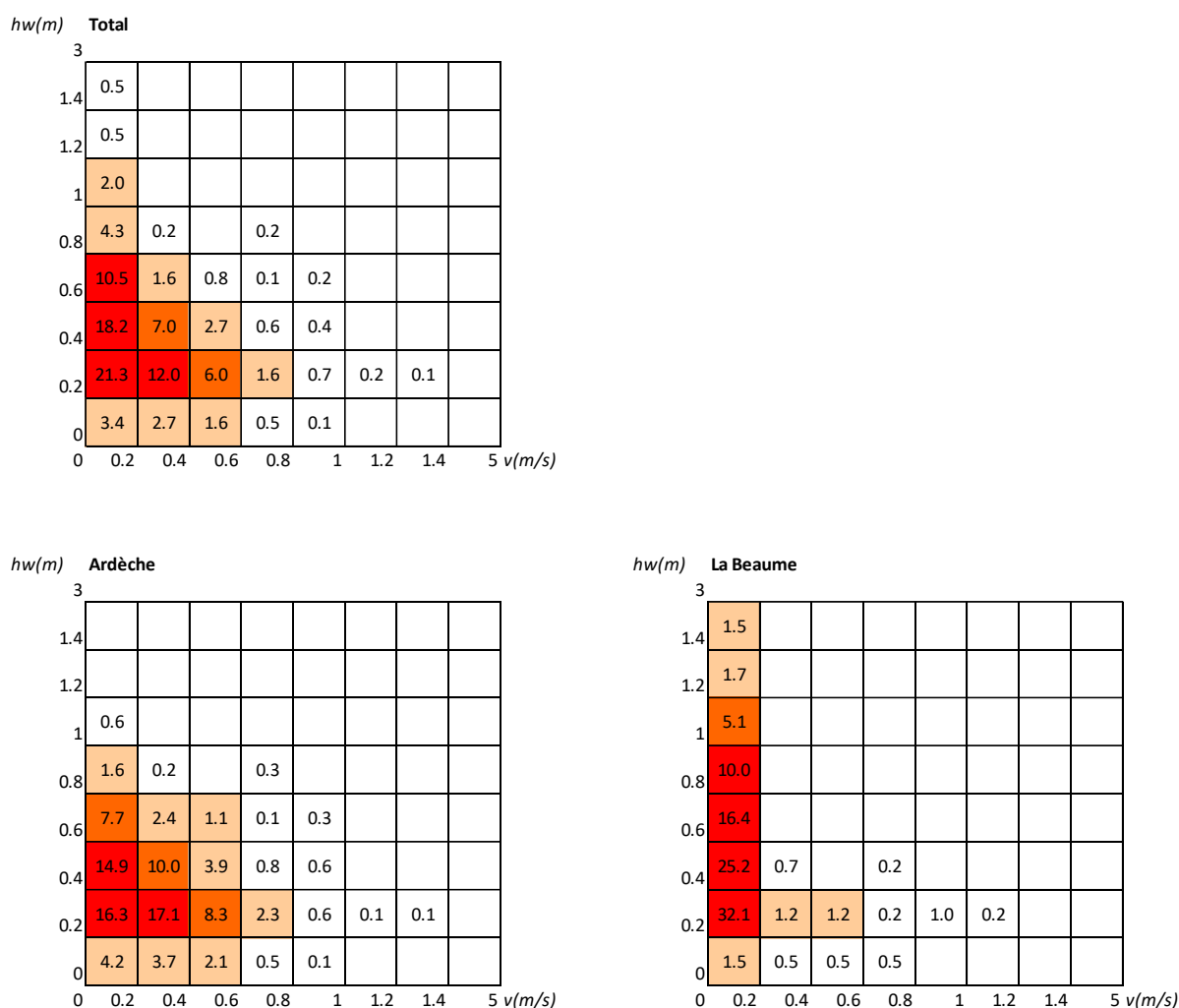


Figure 9 : Hydrosignatures en aires des verticales de mesures pour l'ensemble des données et par cours d'eau.

La Figure 9 présente les hydrosignatures des verticales de mesures pour l'ensemble des données et par cours d'eau.

Nous pouvons comparer les hydrosignatures des verticales mesurées par cours d'eau en utilisant l'indice de comparaison HSC [ $k_1=1$ ,  $k_2=1$ ] (SCHARL & LE COARER, 2005) à valeurs entre 0 et 100 ; 0 pour deux hydrosignatures identiques, et 100 pour deux hydrosignatures complètement différentes. Compte-tenu des grilles de définition des hydrosignatures et des coefficients de comparaison utilisés, nous estimons que deux hydrosignatures sont proches hydrauliquement pour des valeurs inférieures à 20.

Dans notre cas pour la comparaison Ardèche / la Beaume le coefficient est  $HSC = 30.26$  ce qui indique des milieux hydrauliquement différents. En effet (Tableau IX) la Beaume apparaît plus profonde [en moyenne 0.54 m contre 0.39 m en Ardèche], alors que l'Ardèche présente une vitesse moyenne plus rapide [ $0.25 \text{ ms}^{-1}$  contre  $0.06 \text{ ms}^{-1}$  dans la Beaume].

Nos mesures n'ont pas suivi un protocole capable de mesurer avec précisions les hydrosignatures des conditions rencontrées. Elles sous-estiment les milieux profonds (>1,40m), non accessibles en waders. La part des bordures de lits mouillés peu profondes et peu rapides est sous-représentée car nous les avons peu échantillonnées en raison de la quasi-absence d'aprons, même si nous y avons effectué quelques mesures de points NULS. Pour le reste du milieu aquatique estimé à 70% nous estimons par expertise que les hydrosignatures collectées sont représentatives.

Notre jeu de données collectées est composé de deux types d'habitats hydrauliques différents à savoir l'Ardèche et son affluent la Beaume.

Le détail des hydrosignatures figure en Annexes pour les stations (Annexe XVII), les opérations dans l'Ardèche (Annexe XVIII), dans la Beaume (Annexe XIX), enfin l'Annexe XX présente les comparaisons des hydrosignatures en aires avec l'indice HSC [ $k_1=1$ ,  $k_2=1$ ] des verticales de mesures, des opérations, stations, cours d'eau et pour l'ensemble des données.

#### 4. CONSIDERATIONS SUR LES TAILLES DES APRONS ECHANTILLONNES

La Figure 4 présentait les longueurs totales d'aprons échantillonnés toutes stations confondues, la Figure 10 et la Figure 11 présentent ces résultats par cours d'eau et par station.

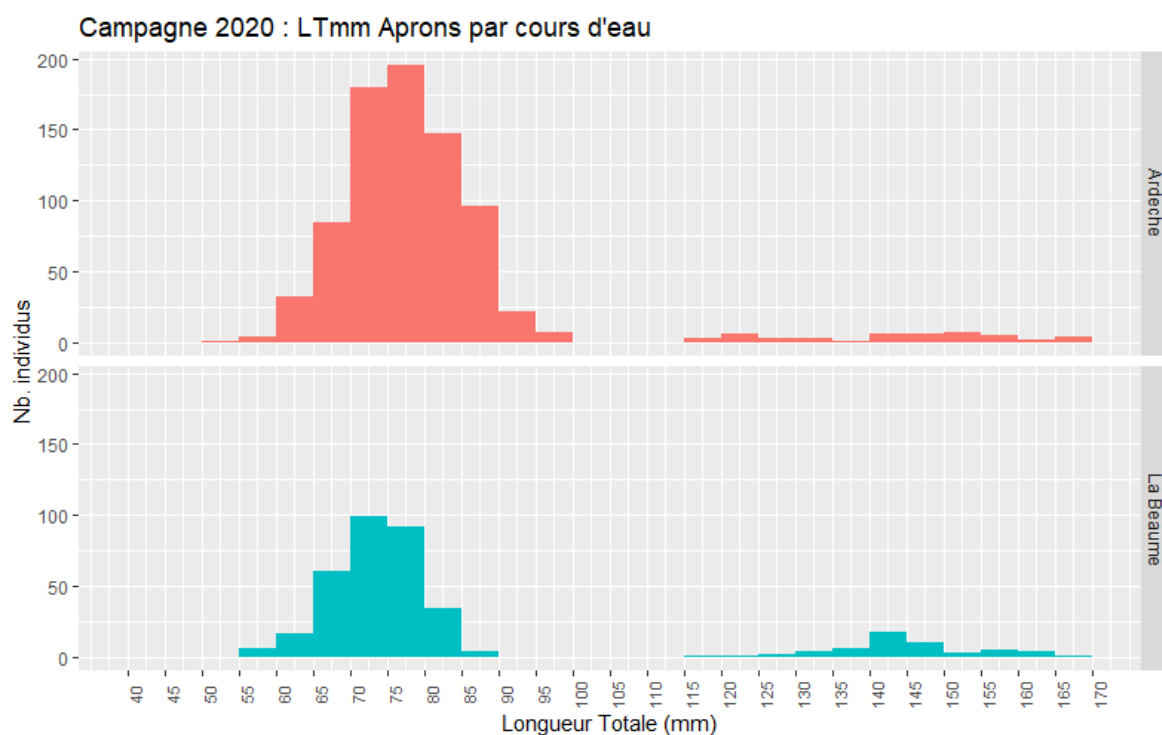


Figure 10 : Histogramme illustrant la distribution des longueurs totales des aprons échantillonnés par cours d'eau

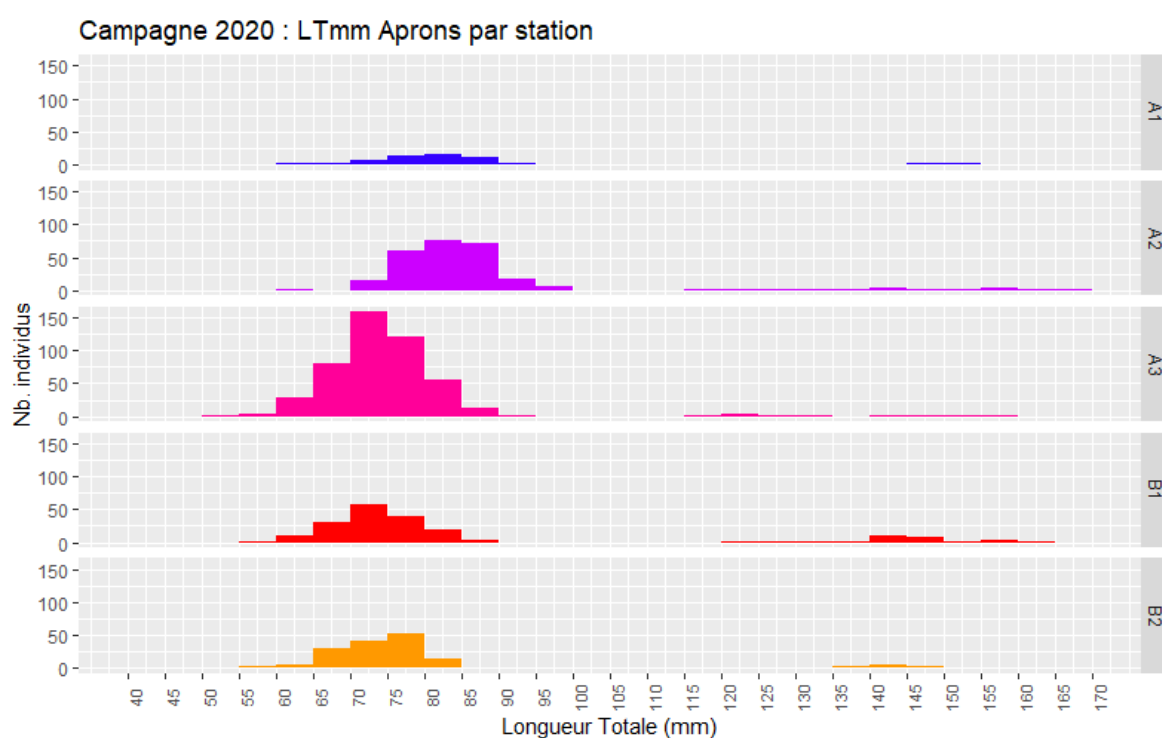


Figure 11 : Histogramme illustrant la distribution des longueurs totales des aprons échantillonnés par station.

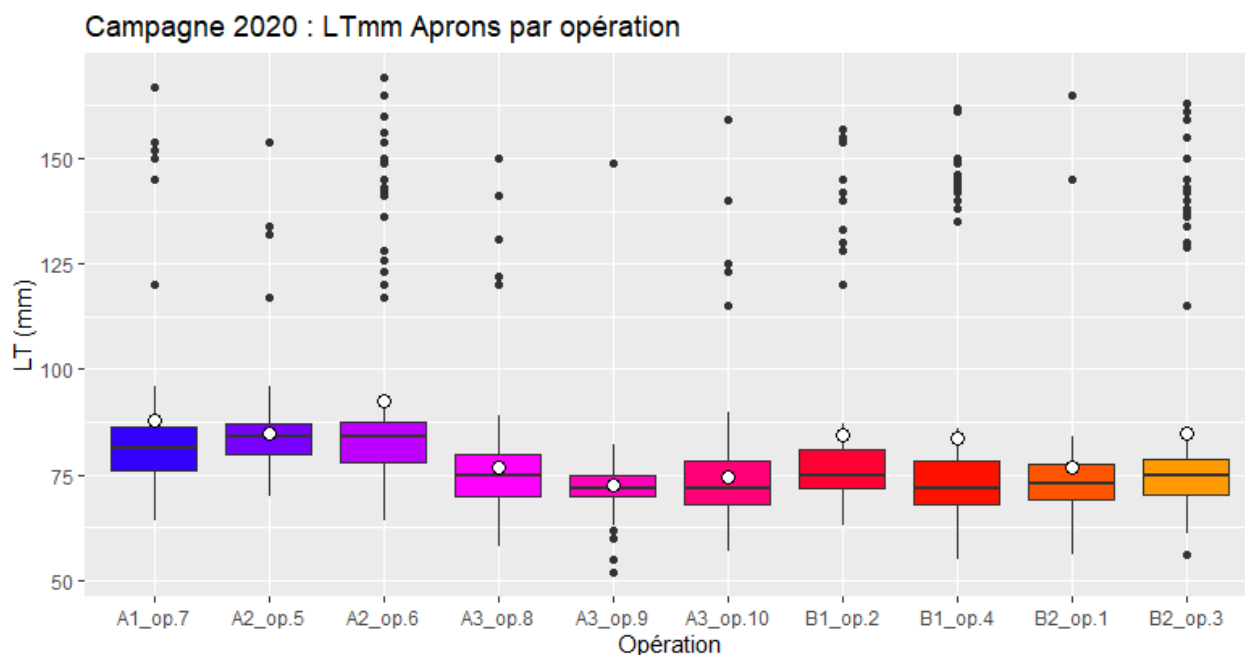


Figure 12 : Longueur totale (en mm) des aprons, représentée sous forme de boxplot par opération. La moyenne est représentée par un cercle blanc.

La Figure 12 fait apparaître des aprons en moyenne plus grands dans les deux stations Ardèche amont A1 et A2. Pour analyser cette observation nous avons différencié les 0+ des  $\geq 1+$ .

De l'Annexe XXI à l'Annexe XXIII sont présentés en détail les tableaux des longueurs totales (en mm) pour l'ensemble des classes d'âges, pour les juvéniles et pour les adultes : par opération, par station, et par cours d'eau.

## ANALYSE DES LONGUEURS TOTALES POUR LA CLASSE 0+

Un sous-jeu de données a été créé, avec uniquement les individus vérifiant  $LT < 110\text{mm}$ . Dans les données collectées, il y a un « trou » dans la distribution des LT entre 96 et 115 mm (Figure 10 et Figure 11), dénotant l'existence de 2 classes de taille bien distinctes. Les résumés et comparaisons statistiques ci-dessous concernent les 0+ (i.e. les individus dont  $LT < 110\text{mm}$ ).

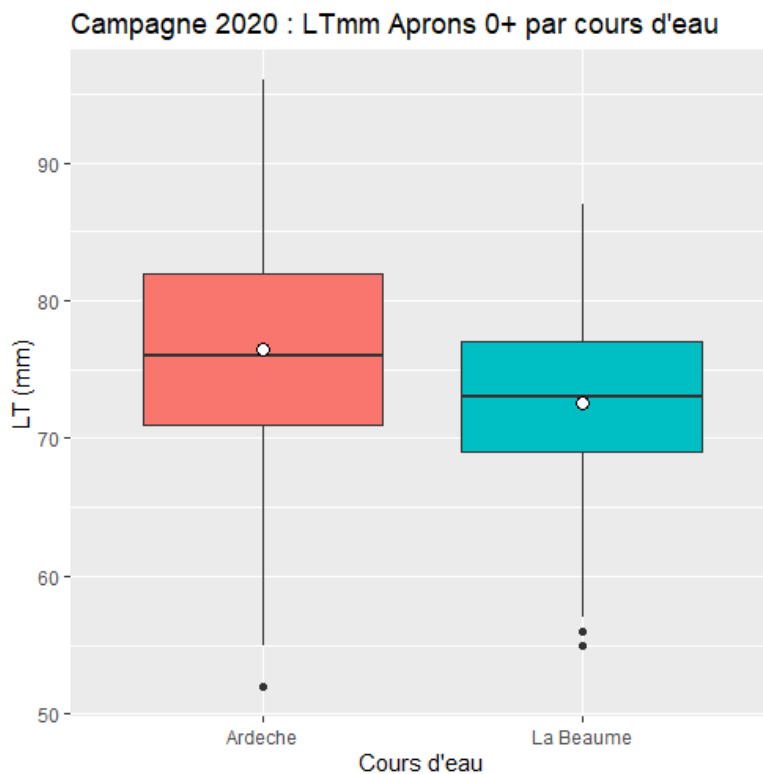


Figure 13 : Distribution des longueurs totales (en mm) des aprons 0+ sur l'Ardèche et sur La Beaume, représentée sous forme de boxplot par cours d'eau. La moyenne est représentée par un cercle blanc.

Le test t met en évidence une différence significative de taille des 0+ entre l'Ardèche et La Beaume ( $p\text{-val} < 0.001^{***}$ ).

Les 0+ sont légèrement plus grands sur l'Ardèche que sur La Beaume (IC 95% de la différence entre moyennes : [3.02 ; 4.69] en mm) (Figure 13), avec une longueur totale moyenne de 76,5mm sur l'Ardèche, contre 72,6mm sur La Beaume (Tableau X).

Tableau X : Résumé statistique des longueurs totales (LTmm) mesurées par cours d'eau pour les 0+.

Cours.d.eau	n	mean	sd	min	Q1	median	Q3	max
Ardèche	768	76.48	7.39	52	71	76	82	96
La Beaume	311	72.62	5.85	55	69	73	77	87

Cette différence est également retrouvée à l'échelle des stations (Figure 14), avec cependant une nuance concernant la station A3, la plus aval de l'Ardèche. En effet, cette dernière présente une longueur totale moyenne pour les 0+ qui tend à la rapprocher des stations de La Beaume (B1 et B2) (cf. Annexe XXII et Tableau XI).

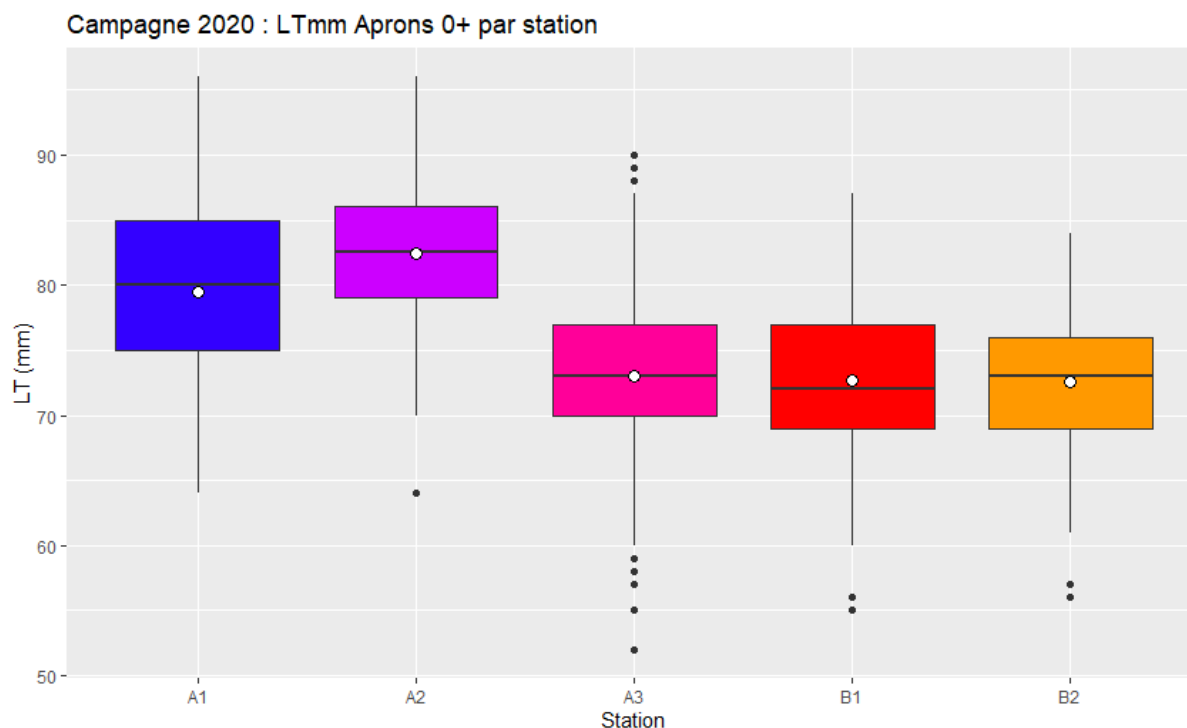


Figure 14 : Distribution des longueurs totales (en mm) des aprons 0+, représentée sous forme de boxplot par station. La moyenne est représentée par un cercle blanc.

Tableau XI : Résultats des tests statistiques de comparaison par paire des longueurs totales (LTmm) mesurées pour les 0+ dans les stations.

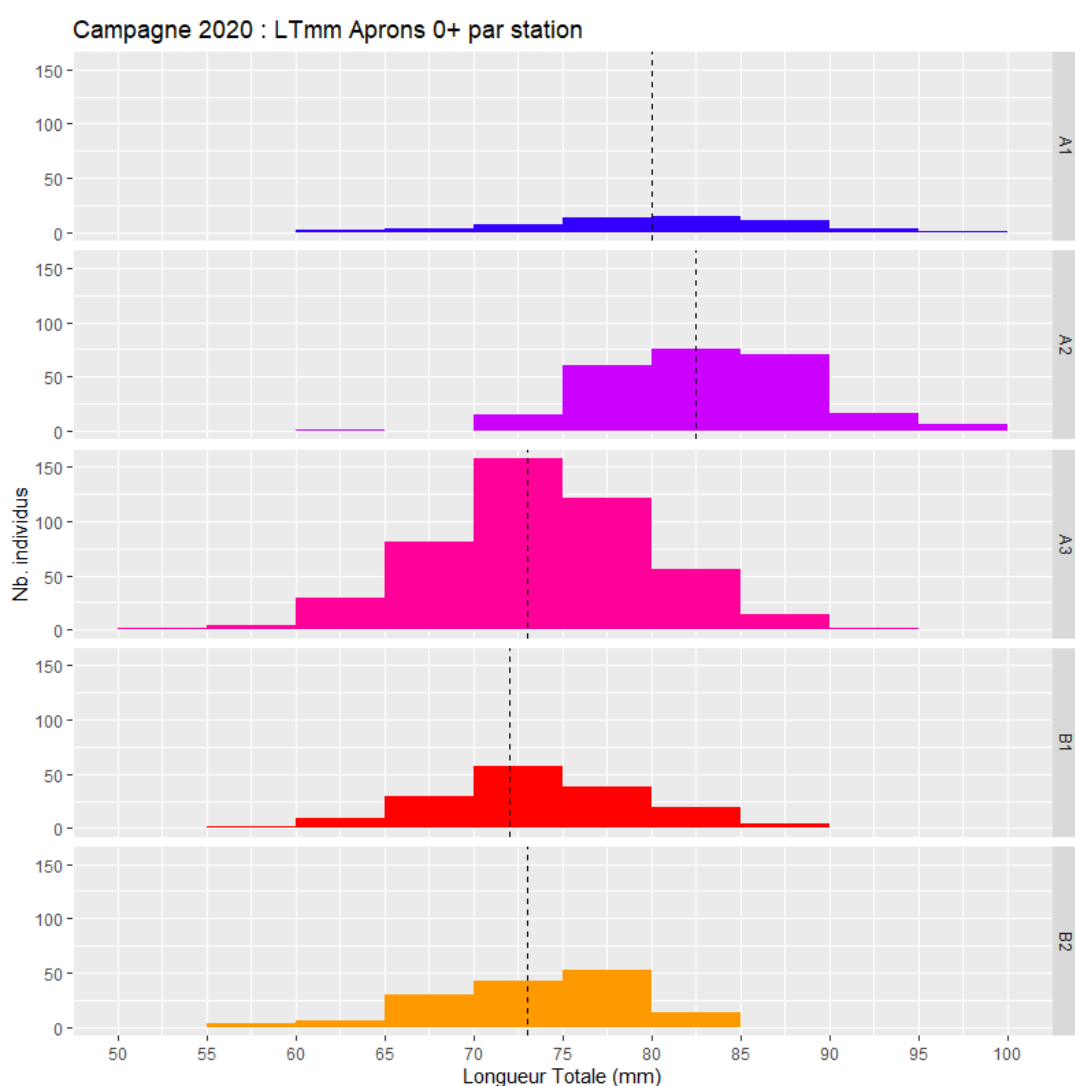
Gp. 1	Gp. 2	n1	n2	Stat.	p	p.adjust.	signif
A1	A2	56	246	2.74	6.13e-3	6.13e-2	n.s.
A1	A3	56	466	-6.40	1.55e-10	1.55e-9	***
A1	B1	56	162	-6.11	1.02e-9	1.02e-8	***
A1	B2	56	149	-5.94	2.90e-9	2.90e-8	***
A2	A3	246	466	-16.6	3.82e-62	3.82e-61	***
A2	B1	246	162	-13.4	9.62e-41	9.62e-40	***
A2	B2	246	149	-12.9	6.30e-38	6.30e-37	***
A3	B1	466	162	-0.45	6.51e-1	1.00	n.s.
A3	B2	466	149	-0.27	7.88e-1	1.00	n.s.
B1	B2	162	149	-0.14	8.89e-1	1.00	n.s.

Les tests par paire (Tableau XI) montrent une absence de différence significative en ce qui concerne les LT des 0+ entre les stations A1 et A2 d'une part, et entre les stations A3, B1 et B2 d'autre part.

En revanche, ces tests mettent en évidence des différences significatives de taille des 0+ entre les stations les plus amont de l'Ardèche (A1 et A2) et la station aval (A3), de même qu'avec les 2 stations de La Beaume. Les 0+ sont légèrement plus grands sur les 2 stations amont de l'Ardèche, que sur les stations de La Beaume et la station Ardèche aval, située après la confluence avec La Beaume (Figure 3).

Ces différences de longueur totale entre stations pour le 0+ apparaissent clairement sur la Figure 15 ci-après, où sont matérialisées les médianes. Les stations amont de l'Ardèche

présentent toutes 2 des médianes supérieures ou égale à 80mm, alors que les stations A3, B1 et B2 présentent des médianes inférieures ou égales à 73mm (Annexe XXII).



**Figure 15 : Histogrammes des LT (en mm) des aprons 0+ par station. Ici, la ligne pointillée représente la médiane de chaque histogramme**

Les différences de taille observées peuvent trouver une part d'explication liée aux différences de températures entre stations (Annexe XXIV et Figure 8). Comme évoqué précédemment, les poissons sont des organismes pour lesquels la température de l'eau joue un rôle clé comme facteur de contrôle du métabolisme, conditionnant notamment la croissance des individus. Globalement, les réponses des organismes ectothermes face aux variations thermiques relèvent de la précocité saisonnière de la reproduction et d'une accélération des processus physiologiques lorsque les températures sont plus élevées (KUCZYNSKI et al., 2017 ; MANN, 1991).

On pourrait envisager que la reproduction ait eu lieu plus tôt sur l'Ardèche que sur La Beume, en raison de températures plus élevées, offrant plus de temps pour grandir aux juvéniles de



cette espèce à ponte annuelle unique. Dans la même idée, une température plus élevée pourrait également expliquer des taux de croissance plus importants.

Par ailleurs, les dates d'échantillonnage peuvent jouer un rôle sur les différences de longueurs totales des 0+. Les stations de La Beaume ont, en effet, été échantillonnées 1 semaine à 10 jours avant les stations A1 et A2 (Tableau III). Ceci peut expliquer, d'une part les températures plus fraîches sur les stations de La Beaume, et d'autre part les tailles plus petites qui leur sont associées.

Cependant, la station A3, échantillonnée 2 semaines après La Beaume, et présentant des températures bien plus importantes, enregistre des LT pour les 0+ très proches des stations B1 et B2 (Figure 15). Il apparaît ainsi que les explications de ces différences de longueur totale pour les 0+ sont à rechercher encore ailleurs.

En effet, ces résultats laissent envisager des fonctionnements différents des populations d'aprons, sur les stations A1 et A2 d'une part, et les stations A3, B1 et B2 d'autre part, que l'on retrouve traduits par des taux de croissance différents qui, eux-mêmes, s'expriment au niveau des longueurs totales de 0+ (Figure 15). On pourrait ainsi envisager un effet éventuel de l'habitat sur les taux de croissance des juvéniles, lié à la variabilité des conditions environnementales entre les sites. Des différences en termes de morphologie, de régime thermique ou encore d'hydrologie (pouvant de plus entrer en interaction) pourraient modifier la trophie (au sens large) des stations et expliquer en partie la plasticité des taux de croissance observée entre l'Ardèche et La Beaume.

## ANALYSE DES LONGUEURS TOTALES POUR LA CLASSE $\geq 1+$

Un sous-jeu de donnée a été créé, avec uniquement les individus vérifiant  $LT > 110\text{mm}$ . Dans les données collectées, il y a un « trou » dans la distribution des LT entre 96 et 115 mm (Figure 10 et Figure 11), dénotant l'existence de 2 classes de taille bien distinctes. Les résumés et comparaisons statistiques ci-dessous concernent les  $\geq 1+$  (i.e. les individus dont  $LT > 110\text{mm}$ ).

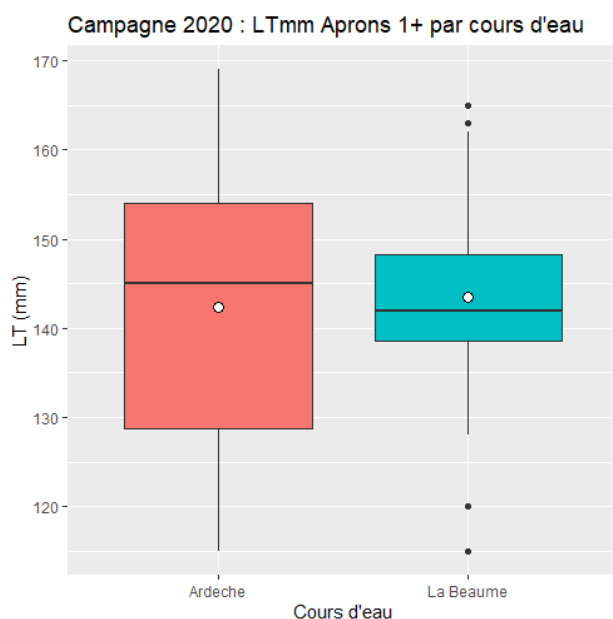


Figure 16 : Distribution des longueurs totales (en mm) des aprons  $\geq 1+$  sur l'Ardèche et sur La Beaume, représentée sous forme de boxplot par cours d'eau. La moyenne est représentée par un cercle blanc (moy Ardèche = 142.35 mm, et moy La Beaume = 143.54 mm).

Tableau XII : Résumé statistique des longueurs totales (LTmm) mesurées par stations pour les  $\geq 1+$ .

Cours.d.eau	n	mean	sd	min	Q1	median	Q3	max
Ardèche	46	142.35	15.35	115	128.75	145	154	169
La Beaume	54	143.54	10.27	115	138.5	142	148.25	165

Les tests de comparaison concluent à une absence de différence significative des longueurs totales moyennes des individus âgés  $\geq 1+$ , que ce soit entre cours d'eau (Figure 16), ou entre stations (Figure 17, Tableau XIII et Annexe XXII).

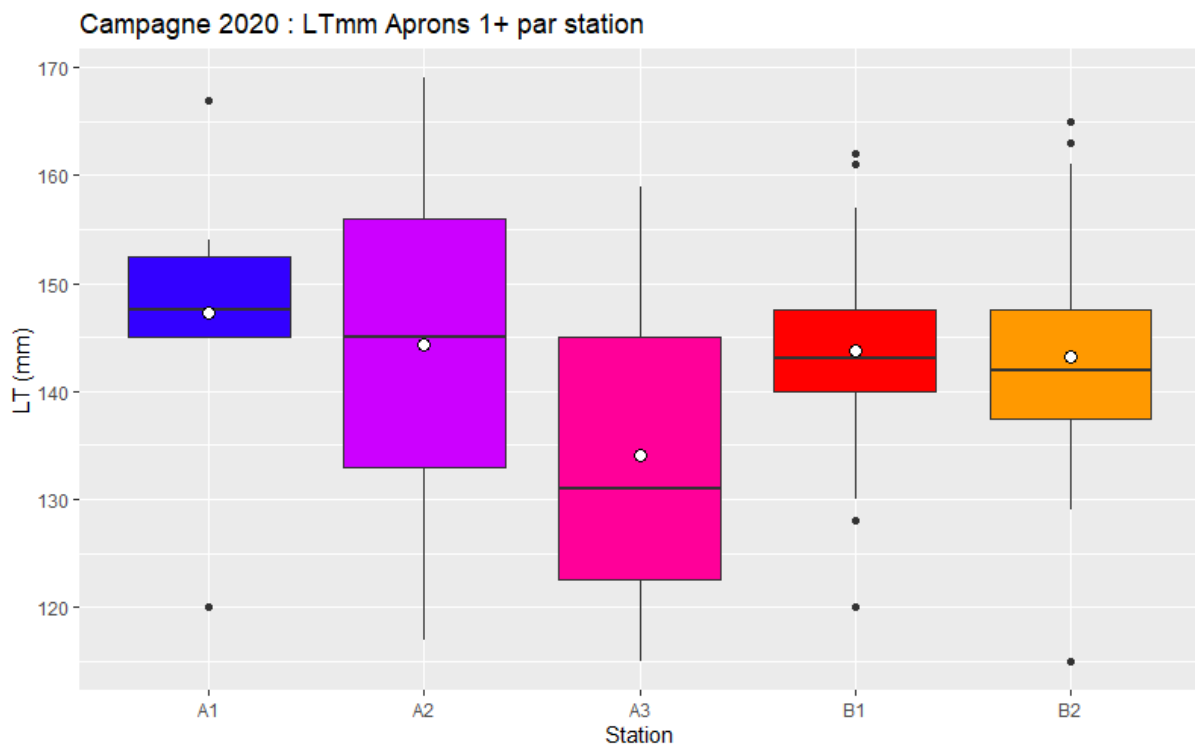


Figure 17 : Distribution des longueurs totales (en mm) des aprons  $\geq 1+$  sur l'Ardèche et sur La Beaume, représentée sous forme de boxplot par station. La moyenne est représentée par un cercle blanc.

Tableau XIII : Résultats des tests statistiques de comparaison par paire des longueurs totales (LTmm) mesurées pour les  $\geq 1+$  dans les stations.

Gp. 1	Gp. 2	n1	n2	Stat.	p	p.adjust.	signif
A1	A2	8	27	-0.82	0.41	1.00	n.s.
A1	A3	8	11	-2.30	0.02	0.21	n.s.
A1	B1	8	31	-1.04	0.30	1.00	n.s.
A1	B2	8	23	-1.24	0.22	1.00	n.s.
A2	A3	27	11	-2.07	0.04	0.39	n.s.
A2	B1	27	31	-0.31	0.75	1.00	n.s.
A2	B2	27	23	-0.63	0.53	1.00	n.s.
A3	B1	11	31	1.87	0.06	0.61	n.s.
A3	B2	11	23	1.53	0.125	1.00	n.s.
B1	B2	31	23	-0.35	0.73	1.00	n.s.

Après ce 1<sup>er</sup> constat, on peut noter que la station A3 aurait tendance à héberger des aprons  $\geq 1+$  légèrement plus petits que les autres stations (Figure 17, Tableau XIII et Annexe XXII). Cependant, le faible nombre d'observations concernant les adultes, ne permet pas de conclure quant à l'existence de différences statistiquement significatives.

Enfin, sur la Figure 18 des lignes pointillées ont été ajoutées manuellement par expertise. Bien qu'il soit difficile de statuer avec des effectifs aussi faibles, il nous paraît possible d'être en présence de 2 ou 3 classes d'âge pour les adultes (des 1+, des 2+, et éventuellement des 3+)... Cependant, une autre hypothèse est possible, si le dimorphisme sexuel est assez marqué. Dans ce cas, nous pourrions être en présence de 1+, puis de 2+, mâles et femelles, car les femelles d'aprons sont plus grandes.

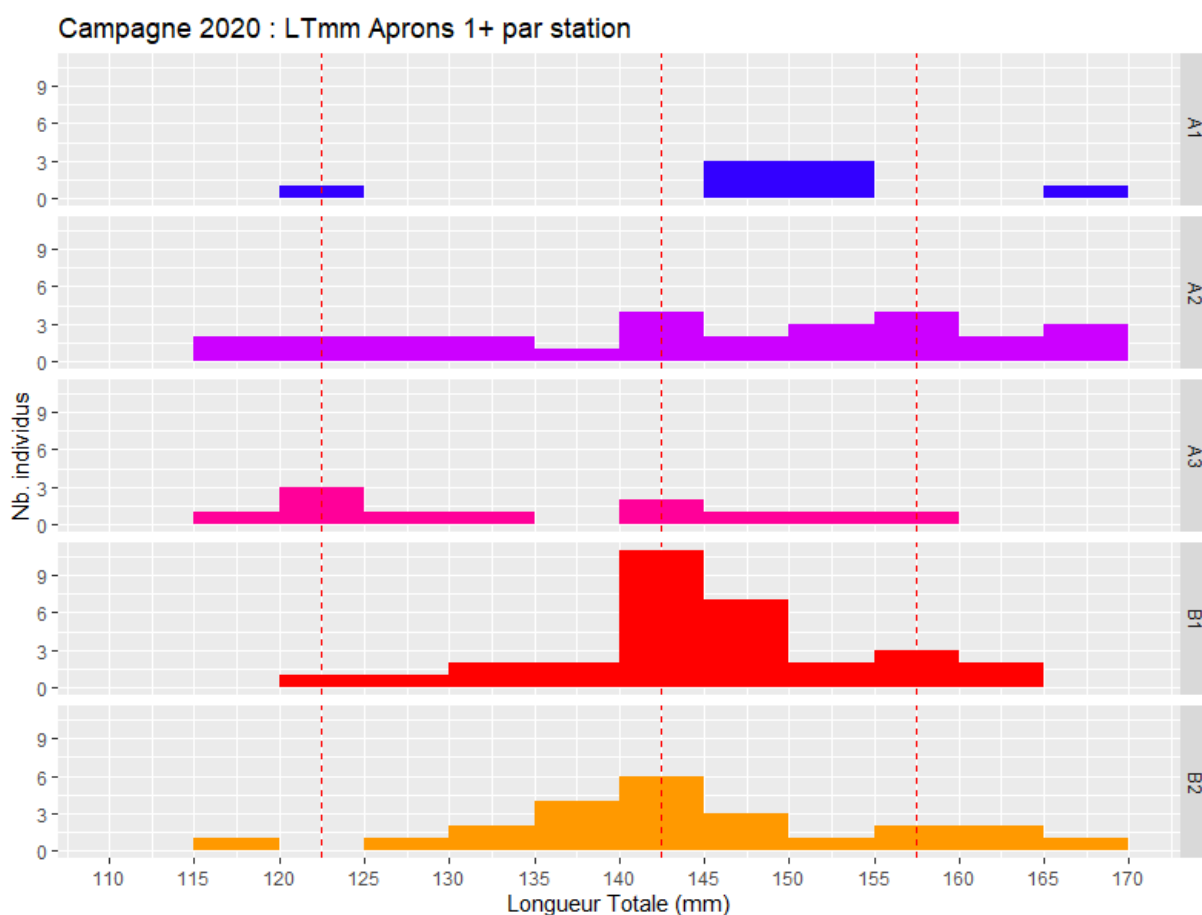


Figure 18 : LT[mm] des aprons 'adultes' par station, les lignes matérialisent les médianes supposées pour chaque classe d'âge envisagée.

On peut noter que les classes d'âge envisagées ici (Figure 18 pour les  $\geq 1+$  et Figure 15 pour le 0+) apparaissent cohérentes avec celles établies par DANANCHER et al (2007). Dans cette étude scalimétrique sur la croissance des Aprons de La Beaume, les auteurs font état de 3 classes d'âge (Figure 19). Ils distinguent ainsi la 1<sup>ère</sup> année, correspondant à ce que l'on appelle ici 0+, avec des individus d'une longueur (rétrocalculée) inférieure à 110mm, puis des individus âgés

de 2 et 3 ans, correspondant à ce que l'on appelle ici  $\geq 1+$ , avec des individus d'une longueur supérieure ou égale à 110mm (et un maximum à 170mm).

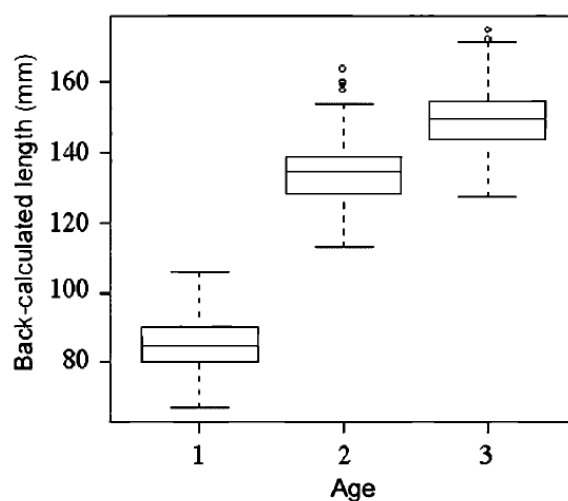


Figure 19 : Box-plot de la longueur rétrocalculée (mm) pour les trois premières années de vie de *Z. asper* (DANANCHER et al, 2007).

Enfin, il est important de rappeler que les aprons sont connus pour atteindre leur maturité reproductive au terme de la 1<sup>ère</sup> année (DANANCHER et al, 2007 ; LABONNE, 2002). Avec un taux de survie annuel relativement faible (estimé entre 45% et 50%) et une longévité ne dépassant que rarement 3 années, un apron va pouvoir se reproduire seulement 1 à 2 fois au cours de son cycle de vie (LABONNE, 2002).

Les résultats amènent à penser que 2020 représente une très bonne année pour la reproduction des aprons. Si le caractère cyclique de leur dynamique de population peut expliquer cette proportion importante de juvéniles (plus de 90% des effectifs capturés). La proportion d'adultes reproducteurs doit rester un point de vigilance pour la conservation de l'espèce.

## 5. ANALYSE MORPHOHYDRAULIQUE A L'AIDE DU MODELE HABITATS/POISSONS 5M7

L'une des méthodes d'exploitation des résultats collectés au travers de l'échantillonnage piscicole associé à des mesures hydrauliques consiste à mettre en œuvre le modèle habitats/poissons 5M7 (LE COARER et al., 2016), créé à l'origine pour analyser ce type de données en moyenne Durance.

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

Pour rechercher la trajectoire de l'apron de notre jeu de données, il faut le découper en classes de tailles et calculer pour chacune d'entre elle ses coordonnées moyennes dans l'espace 5M7 (Tableau XIV).

**Tableau XIV : Découpage en classes de tailles : effectif, Longueur Totale moyenne, profondeur moyenne, vitesse moyenne et nombre de Froude.**

classe LT[mm]	effectif	LT[mm]	hauteur moyenne [m]	vitesse moyenne [ $\text{ms}^{-1}$ ]	Nombre de Froude [ ]
[50 60[	11	56.09	0.474	0.122	0.066
[60 70[	192	65.86	0.471	0.125	0.063
[70 75[	279	71.67	0.468	0.145	0.077
[75 80[	287	76.63	0.428	0.211	0.117
[80 85[	181	81.57	0.391	0.296	0.172
[85 90[	100	86.40	0.324	0.341	0.207
[90 100[	29	91.76	0.279	0.388	0.246
[100 125[	11	119.27	0.652	0.225	0.100
[125 150[	58	139.78	0.655	0.109	0.050
[150 170[	31	157.42	0.569	0.143	0.072

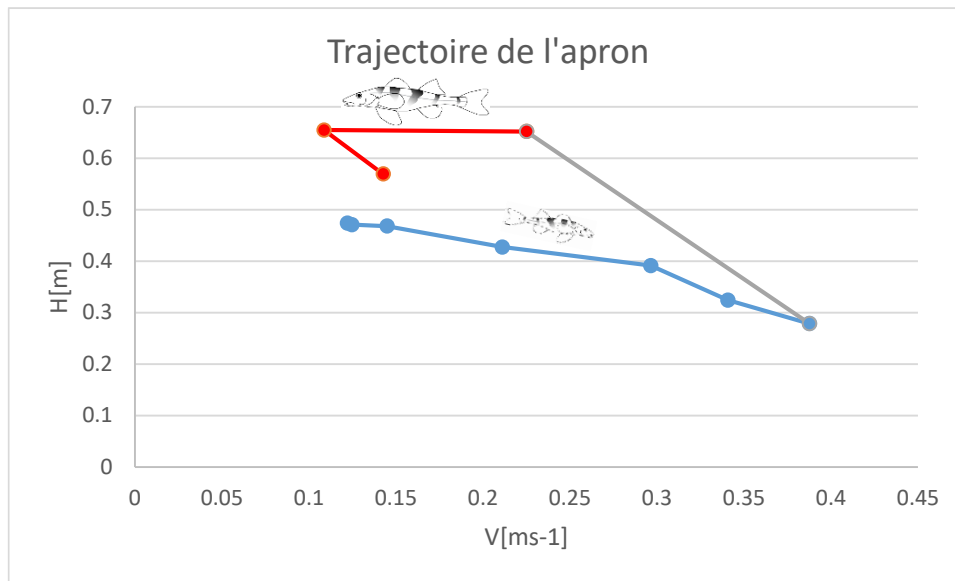


Figure 20 : Trajectoire de l'apron dans le plan [vitesse, profondeur] : en bleu trajectoire des 0+ en rouge trajectoire des ≥1+.

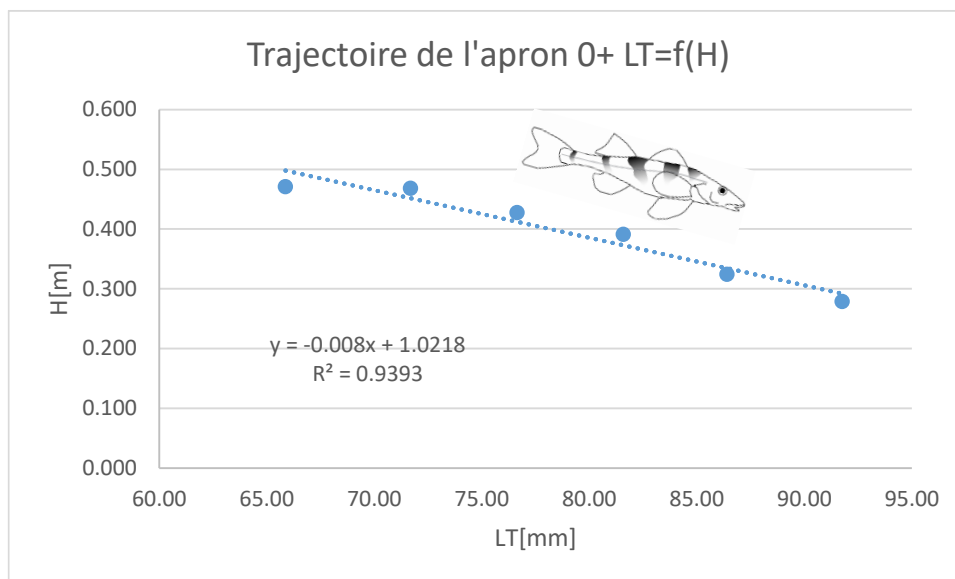


Figure 21 : Trajectoire des aprons juvéniles  $LT[mm] \in [60,100[$  dans le plan [Longueur Totale, profondeur].

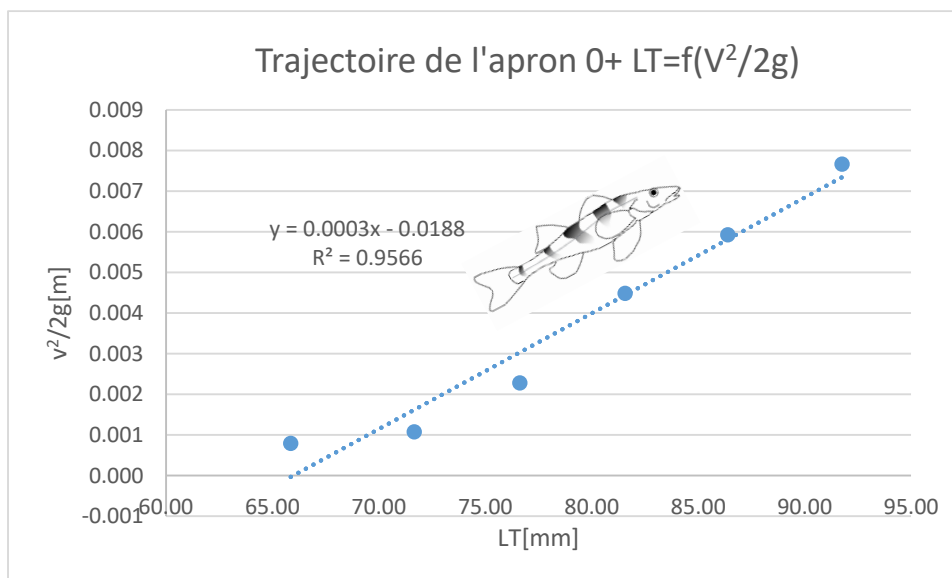


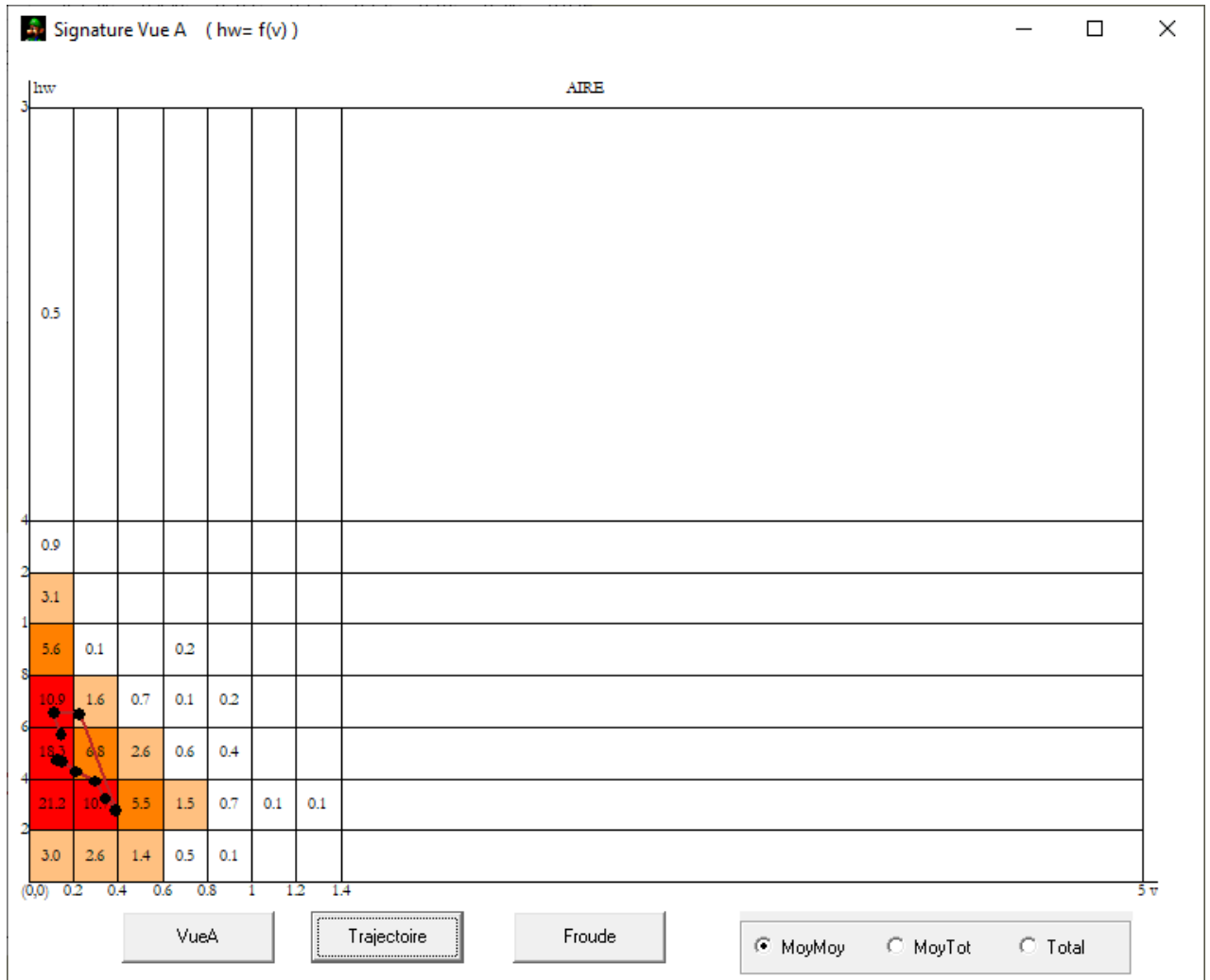
Figure 22 : Trajectoire des aprons juvéniles  $LT[mm] \in [60,100[$  dans le plan Longueur Totale,  $(vitesse)^2/2g$ .

La Figure 20 représente la trajectoire des aprons dans le plan [vitesse, profondeur], il apparaît que la trajectoire des 0+ qui grandissent décroît avec la profondeur et augmente avec la vitesse, mais que les  $\geq 1+$  semblent avoir une tendance inverse avec la vitesse. La trajectoire des 0+ s'interprète comme une recherche de conditions d'écoulements plus 'torrentielles' avec la croissance. Le Tableau XIV montre, en effet un nombre de Froude  $\frac{V}{\sqrt{gH}}$  qui caractérise le rapport énergie cinétique/ énergie potentielle continuellement croissant de 0.06 à 0.25. La trajectoire des 0+ est 'plus longue' que celle des  $\geq 1+$  qui comportent vraisemblablement plusieurs classes d'âges. Cela traduit une croissance et un besoin de changement d'habitats plus important chez les 0+ que pour les individus plus âgés. Le nombre de 0+ étant consistant pour une modélisation 5M7, la Figure 21 et la Figure 22 représentent les lois linéaires de bioénergie entre la taille des individus et respectivement la profondeur et la grandeur  $\frac{V^2}{2g}$  (avec g accélération de la pesanteur). La profondeur représente ici de l'énergie potentielle et la grandeur  $\frac{V^2}{2g}$  de l'énergie cinétique.

Selon notre expertise, la linéarité de ces deux relations pour les 0+ traduit la grande qualité du jeu de données.

La base 5M7 INRAE rassemble environ 5000 ambiances de pêches et 120 000 poissons de 51 espèces de poissons en majorité des cyprinidés. Mais jusque-là nous avons toujours constaté des relations à la fois croissantes en profondeur et en vitesse lorsque la taille des individus augmente. A l'exception notable de l'anguille dans deux cours d'eau côtiers, le Loup et les Paillons, situés de part et d'autre de la ville de Nice. Pour ces cours d'eau, la trajectoire de l'anguille est à l'inverse de celle constatée ici pour l'apron juvénile : lorsque la taille des anguilles augmente elles recherchent des profondeurs plus élevées et se retrouvent nécessairement dans des vitesses plus faibles compte tenu des hydrosignatures de ces cours d'eau.



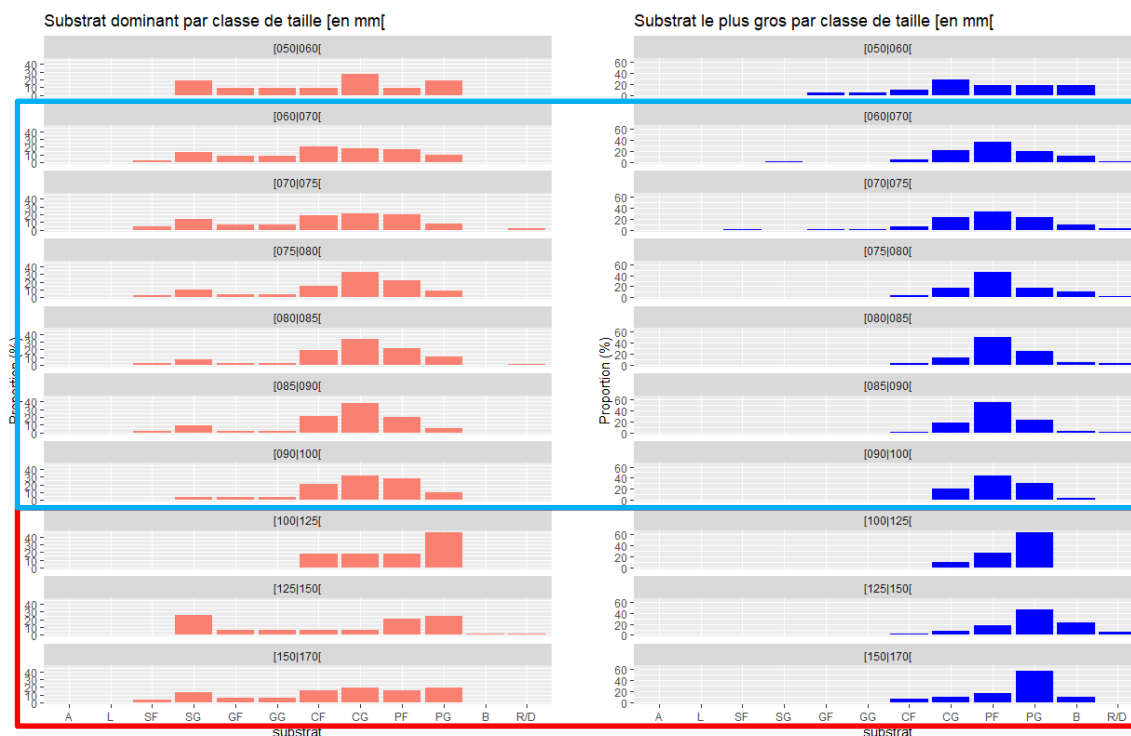


**Figure 23 : capture d'écran du logiciel 5M7 : trajectoire de l'apron dans le plan [vitesse, profondeur] superposée à une hydrosignature.**

Pour la base 5M7 nous constatons des relations de bioénergie des espèces consistantes mais différentes selon les hydrosignatures des cours d'eau échantillonnés. La recherche de l'explication du caractère atypique de la trajectoire des aprons juvéniles en Ardèche doit nécessairement prendre en compte les disponibilités morpho-hydrauliques du milieu (Figure 23). Constatons seulement que la trajectoire prise par les 0+ ne peut se poursuivre au stade  $\geq 1+$  car les couples hauteur/vitesse ne sont plus présents.

Le lecteur doit prendre en compte ces faits pour comprendre la difficulté d'établir un modèle biologique habitat/poisson transposable d'un milieu aquatique à un autre. Pour une même espèce et une même taille, les poissons se situent en moyenne dans des couples hauteur/vitesse différents selon l'hydrosignature des cours d'eau. Notons aussi que ces poissons ont des morphométries différentes selon ces cours d'eau, un champ de recherche utilisant la génétique pour mieux comprendre ces phénomènes reste ouvert....

**Tableau XV : Evolution des substrats (norme Sandre) dominants et plus gros utilisés par les aprons (classes de tailles 5M7).**



La colonne de droite du Tableau XV, présente l'évolution des substrats les plus gros, utilisés par les aprons, selon les classes de tailles 5M7. Pour les 0+, avec la croissance des individus, le signal granulométrique se resserre en 3 classes (CG, PF, PG), avec une préférence pour la classe 'centrale' Pierres Fines (PF). Pour les  $\geq 1+$  se sont finalement les Pierres Grossières (PG) qui semblent préférées, reste que la centaine d'individus capturés ne permet pas vraiment de statuer....

Pour les 0+ et le substrat dominant, colonne de gauche, le signal granulométrique se resserre, lui aussi (quoique de façon moins discriminante que la fraction la plus grossière), en 3 classes (CF, CG, PF), avec une préférence pour la classe 'centrale' Cailloux Grossiers (CG).

## 6. MODELISATION DES COURBES DE PREFERENCES DE L'APRON

---

### PRESENTATION DE LA DEMARCHE

En écohydraulique la méthode des microhabitats et les méthodes de construction des courbes de préférence font l'objet d'une controverse scientifique mondiale, l'expliciter ici dépasse largement le cadre de cette étude. Ces courbes de préférence représentent des profils écologiques pour les poissons aux stades : adulte, juvénile et alevin, vis-à-vis de variables physiques (H,V,S) : hauteur d'eau, vitesse moyenne du courant et granulométrie du substrat. Pour calculer les préférences d'habitat des poissons, nous utilisons usuellement des courbes similaires à celles de la catégorie III (BOVEE, 1983), les plus utilisées en France pour la mise en œuvre de la méthode des microhabitats qui reste pour l'heure une référence Nationale. Pour ces calculs, nous utilisons aussi usuellement la méthode des log-densités (LLD) (LAMOUREUX et al., 1999). Celle-ci permet, dans le cas de pêches par ambiances, de composer avec les problèmes numériques liés à la présence de bancs de poissons dans les ambiances. Cette dernière méthode n'a pas lieu d'être appliquée ici, puisque nos relevés et mesures associés ne concernent qu'un poisson à la fois. Rappelons que le protocole que nous avons employé mesure les grandeurs physiques associées à une taille/espèce de poisson à l'endroit où il se situe. Alors que celui qui met en œuvre des ambiances, de plusieurs m<sup>2</sup>, conduit à une caractérisation de l'habitat d'autant plus imprécise que l'ambiance est hétérogène, dans les cas de pêche en bordure de lit mouillé notamment.

Usuellement, nous découpons chacune des grandeurs (H,V,S) en classes et nous déterminons leurs préférences  $p \in [0,1]_{\mathbb{R}}$ . Ce calcul s'effectue en rapportant la proportion de poissons présents dans une classe à la proportion d'aire occupée par cette classe dans le cours d'eau. Les résultats sont ensuite normés pour affecter la valeur 1 par grandeur à sa classe la plus occupée en densité. Il peut en être ainsi d'une classe occupant certes une faible proportion du cours d'eau, mais présentant la densité/fréquentation de poissons maximale observée.

Pour utiliser au mieux notre jeu de données et pouvoir effectuer les calculs décrits ci-dessus, il aurait fallu cartographier par des mesures systématiques les linéaires prospectés par nos pêches. Ceci afin de connaître les proportions des différentes classes d'habitat. Pour des raisons financières et logistiques, ce travail n'a pas été effectué. Il pourrait toutefois l'être ultérieurement, dans des conditions hydrologiques similaires, et si l'Ardèche et son affluent ne subissent pas de modifications hydromorphologiques importantes.

Ainsi que nous l'avons indiqué, la part des bordures de lits mouillés peu profondes et peu rapides sans aprons est sous-représentée, même si nous y avons effectué quelques mesures de points NULS. Ceux-ci constituent moins de 8% des mesures alors qu'ils devraient être représentatifs d'environ 30% des aires prospectées.

Nous avons tenté d'effectuer les calculs en fixant la représentativité des points NULs à cette valeur de 30%. Les résultats obtenus se sont avérés inconsistants, sans la logique habituelle des comportements piscicoles, avec des courbes par trop chaotiques, alors même que nous avons fait la preuve d'une vraie cohérence de bioénergie des données avec le modèle 5M7.

Les 100 points NULs relevés pendant les temps morts de la prospection sont probablement insuffisants à parfaire la description du milieu.

Après plusieurs démarches infructueuses, nous avons été contraints dans ces conditions de construire des courbes que l'on peut qualifier d'occupation et non pas de préférences.

Pour le substrat, et pour adapter notre description (Tableau I) à celle de la norme Sandre (Malavoi et Souchon 1989), nous avons rajouté la classe Argile(A) et réparti arbitrairement les Graviers(G) dans les classes Graviers Fins(GF) et Graviers Grossiers(GG), et nous avons fusionné les Rochers(R) et les Dalles(D). Les histogrammes obtenus à partir des mesures 0+ et  $\geq 1+$  ont été normés à 1 pour les valeurs maximales obtenues, pour deux catégories de substrat : dominant et le plus grossier.

Pour les données hydrauliques, nous avons construit pour chaque 'stade', à partir des mesures 0+ et  $\geq 1+$ , des hydrosignatures avec des classes de hauteur d'eau réparties tous les 5 cm et des classes de vitesse moyenne tous les 5  $\text{cm}^{-1}$ . Les distributions marginales des hauteurs et vitesses obtenues ('histogrammes' H & V) ont fait l'objet de moyennes glissantes sur 3 classes, puis normées à 1 pour obtenir les courbes de 'préférences'. Notons que dans le cas de la variable hauteur d'eau, pour les  $\geq 1+$  compte tenu du faible effectif de 100 individus, nous avons dû appliquer une moyenne glissante sur 5 classes, et estimer par expertise la fin de la distribution au-delà de  $1.025 \text{ ms}^{-1}$ . La Figure 24 pour l'hydraulique et la Figure 25 pour le substrat présentent ces résultats.

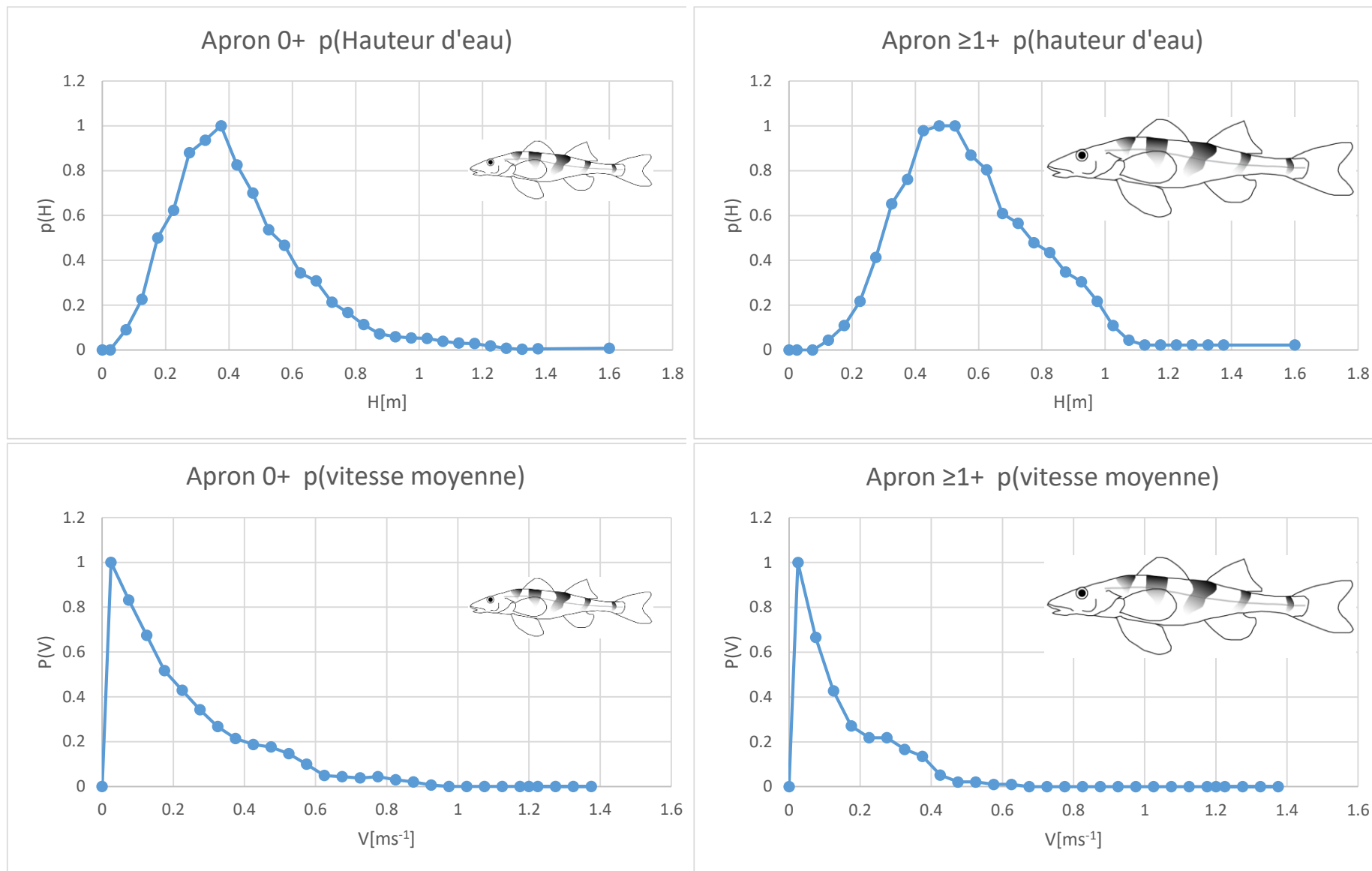


Figure 24 : Courbes d'occupation des aprons 0+ et  $\geq 1+$  pour la hauteur d'eau et la vitesse moyenne

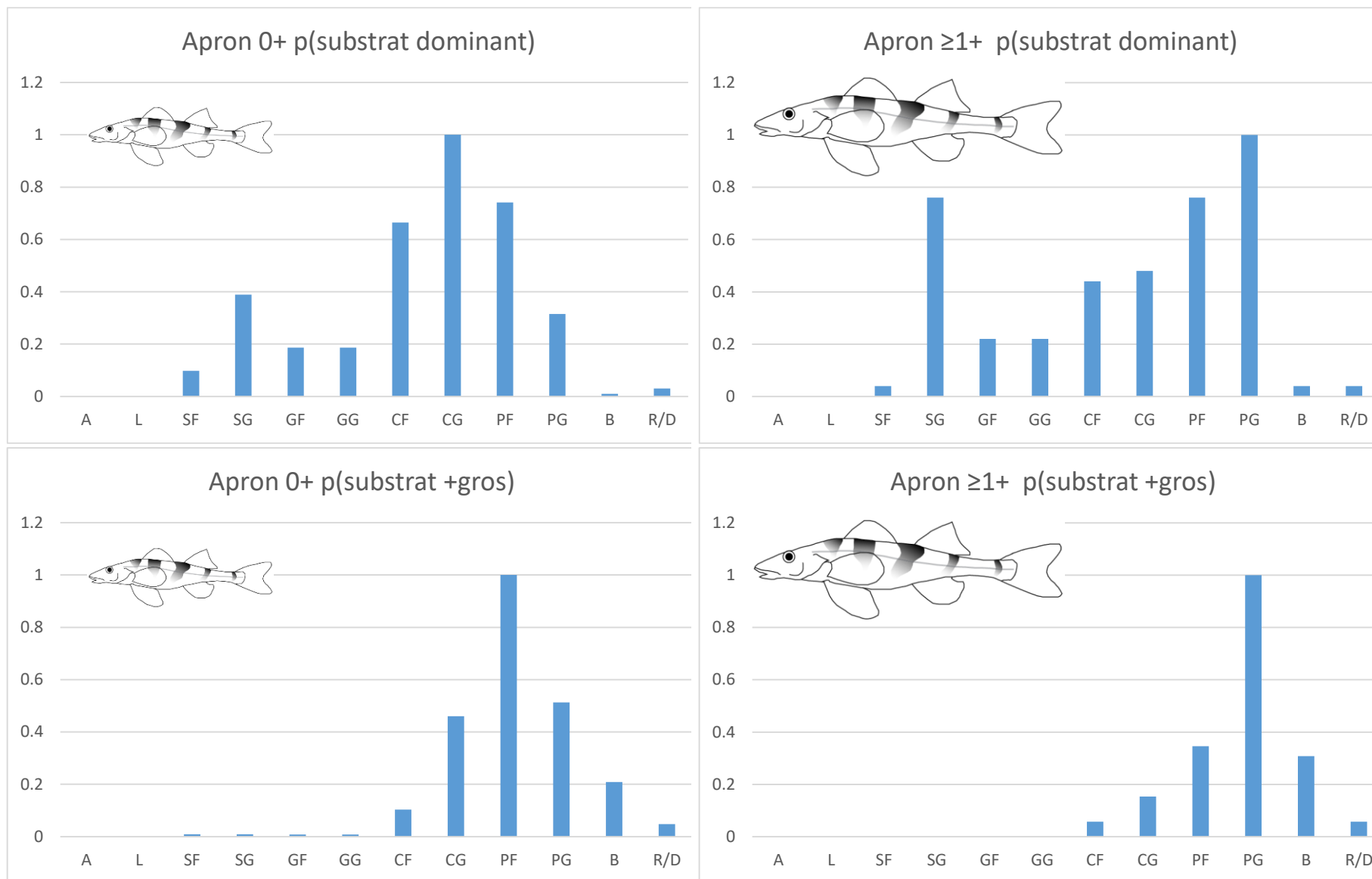


Figure 25 : Courbes d'occupation des aprons 0+ et ≥1+ pour les catégories de substrat dominant et plus gros.

**Tableau XVI : Résumé des caractéristiques différenciant les fichiers XML de modèles biologiques apron pour le logiciel HABBY.**

Nom de fichier	Classes de taille LT[mm]	Catégorie de substrat
APR01b.xml	[50,100[	dominant
APR02b.xml	[50,100[	le plus gros
APR03b.xml	[115,170[	dominant
APR04b.xml	[115,170[	le plus gros

Nous avons constitué 4 fichiers XML, compatibles avec le logiciel HABBY (Annexes XV à XVIII et Tableau XVI), pour pouvoir utiliser ces résultats dans des études hydrobiologiques mettant en œuvre des modélisations hydrauliques.

Volontairement, nous n'avons pas indiqué les stades juvéniles et adultes, mais plutôt les classes de taille des aprons 0+ et ≥1+ modélisées : soit en LT[mm] [50,100[ et [115,170[. Car si les 0+ de l'étude sont à coup sûr des juvéniles, les ≥1+ peuvent aussi inclure des individus non matures, puisque selon DANANCHER et al (2007) la première reproduction des aprons de la Beaume s'effectue probablement au cours de la seconde année de vie (de février à fin avril).

Nous avons constitué, à chaque fois, une paire de modèles, l'un utilisant le substrat dominant, l'autre le substrat le plus grossier. Le substrat le plus gros apparaît plus discriminant (Figure 25) que le substrat dominant, il serait donc préférable de l'utiliser. Cependant, les utilisateurs d'HABBY devront faire une cartographie du substrat sous formes de polygones au format SIG, et il peut être moins contraignant de relever le dominant.

A titre d'information pour les utilisateurs, pour éviter que les modèles ne soient utilisés en dehors de leur domaine de validité, les fichiers XML contiennent l'hydrosignature caractérisant les conditions hydrauliques relevées pendant l'étude.

A priori le modèle ≥1+ basé sur seulement 100 individus ne sera pas fourni avec HABBY, il pourra cependant être distribué sur demande auprès des responsables de cette étude, qui expliciteront alors les risques d'utilisations auprès des demandeurs.



## 7. DISCUSSION ET PERSPECTIVES

---

Nous développons actuellement dans le cadre d'une collaboration OFB, EDF, INRAE le logiciel libre HABBY qui permet d'estimer les habitats piscicoles en se basant sur des modèles biologiques et hydrauliques. La modélisation des aprons 0+ de cette étude sera disponible pour les acteurs de l'eau dans HABBY, lors de sa première diffusion en 2021.

Rappelons les recommandations INRAE : l'utilisation de ces modèles nécessite une réflexion sur le domaine de validité et sur l'interprétation des résultats qu'elles permettent d'obtenir.

Les données de cette étude ont été remises au CEN RA, animateur du plan national d'actions en faveur de l'apron du Rhône et implémentées dans la base 'ambiances' INRAE ; elles contribueront à la poursuite de modélisations écohydrauliques de l'apron. Pour mettre au point une modélisation habitats/poissons performante de l'apron, il serait notamment souhaitable :

- de compléter le jeu de données Ardèche et affluents avec un plus grand nombre d'adultes, et en effectuant des mesures dans les endroits profonds ;
- de construire des modélisations écohydrauliques pour la fraie et le stade alevin ;
- d'échantillonner d'autres cours d'eau dans des conditions hydrauliques différentes, notamment la Durance ; pour établir une modélisation aprons/habitats pertinente,
- d'entreprendre des recherches sur les risques 'éclusées' d'échouages des jeunes d'aprons en fonction de la vitesse de déplacement de la bordure du lit mouillé (HRR : Horizontal Ramping Rate qui seront modélisables dans HABBY).

La modélisation habitats/poissons reste, pour l'écohydraulique mondiale, une entreprise très difficile. Car il s'agit de "mettre la vie en équation", et que la présence d'un poisson dans un habitat donné dépend de l'histoire du milieu et de nombreux paramètres avec des lois non linéaires.

Des recherches se poursuivent à l'INRAE, notamment pour prendre en compte la non-indépendance des variables hydrauliques en utilisant des modèles multivariés, mais aussi en cherchant à intégrer la notion d'habitat fonctionnel (repos, alimentation, nutrition...).

## REMARQUES

Avant d'entreprendre cette étude, nous avons échangé avec le CEN RA sur l'opportunité de la réaliser en échantillonnant par pêche électrique une espèce en danger d'extinction. Sur le terrain, notre méthode d'échantillonnage s'est avérée immédiatement létale pour moins de 10 individus sur les 1179 manipulés.

## "REMERCIEMENTS"

Cette étude a bien failli ne jamais se réaliser ! Son projet a fait suite à deux échecs, l'un instruit pour la Durance avec l'Université de Marseille, l'autre en tentant d'utiliser l'accord cadre Agence-Irstea.

Nous avons, nous semble-t-il, dépensé plus d'énergie à tenter de contractualiser et à errer dans des dédales kafkaïens administrativo-budgétaires, qu'à réaliser l'étude proprement dite. Avec, il faut l'avouer, des moments de déconvenue, par exemple, lorsque l'on nous a prouvé que notre projet était juridiquement impossible..... Si nous n'avions pas été animés par un sens du devoir envers une espèce menacée ....

Il y a sûrement là un sujet de thèse en sociologie, pour comprendre comment nous pouvons collectivement aussi bien « normaliser la déviance », et accepter que nous créions de toutes pièces notre propre enfer juridico-administratif, pour contribuer à la décadence de notre société.

Merci à Marianne GEORGET d'avoir été aussi résiliente dans ces conditions.

Heureusement les actions de terrain se sont déroulées efficacement et en harmonie avec la Fédération de pêche. Alors même que les pêches nocturnes n'étaient pas une pratique habituelle pour certains d'entre nous. Merci à toute l'équipe citée en début de document avec une mention spéciale à Elise THELEMAQUE qui 'assure grave'.



*Aprons (Photo FDPPMA 07)*

## 8. SITES WEB

---

<http://www.aprondurhone.fr/> Site dédié au Plan national d'actions en faveur de l'apron du Rhône 2020-2030 et édité par le Conservatoire d'espaces naturels Rhône Alpes.

<https://github.com/Yannlrstea/habby> plateforme de développement du logiciel HABBY.

<https://habby.wiki.inrae.fr/> site en construction pour la diffusion du logiciel HABBY.

<http://www.hydro.eaufrance.fr/> la Banque Hydro.

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

<https://www.python.org/> Site officiel du langage de programmation Python.

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

<https://www.sandre.eaufrance.fr/> Le Service d'administration nationale des données et référentiels sur l'eau.

## 9. REFERENCES

---

BOVEE, K. D., 1982. A guide to stream habitat analysis using the Instream Flow Incremental Methodology. U.S. Department of the Interior, Fish and Wildlife Service, Office of Biological Services, Washington, D.C.: 248.

BOVEE, K. D., B. L. LAMB, J. M. BARTHOLOW, C. B. STALNAKER, J. G. TAYLOR & J. HENRIKSEN, 1998. Stream habitat analysis using the Instream Flow Incremental Methodology. Biological Resources Division Information and Technology, U.S. Geological Survey, 2150 Centre Avenue, Bldg C, Fort Collins, CO 80526: 131.

DANANCHER D., LABONNE J., GAUDIN P. & JOLY P., 2007. Scales measurements as a conservation tool in endangered Zingel asper (Linnaeus, 1758). *Aquat. Conserv.: Mar. Freshwat. Ecosyst.*, 17, 712–723.

KUCZYNSKI, L., CHEVALIER, M., LAFFAILLE, P., LEGRAND, M. & GRENOUILLET, G., 2017. Indirect effect of temperature on fish population abundances through phenological changes. - *PLoS ONE* 12: e0175735.

LABONNE, C. 2002 Contribution à la conservation de l'Apron du Rhône (Zingel asper): dynamique des populations, sélection de l'habitat et modélisation. PhD thesis, University Cl. Bernard, Lyon, France.

LABONNE, J., S. ALLOUCHE & P. GAUDIN. 2003. Habitat selection in Zingel asper, an endemic endangered percid of the River Rhône: use of a general linear model approach to test preferences. *Freshwater Biology* 48:687–697.

LAMOUREUX, N., H. CAPRA, M. POUILLY & Y. SOUCHON, 1999. Fish habitat preferences in large streams of southern France. *Freshwat Biol* 42(4):673-687.

LE COARER, Y. (2007): Hydraulic signatures for ecological modelling at different scales. - *Aquat. Ecol.* 41: 451-459.

LE COARER, Y., PROST, O. & TESTI, B. (2016): Transferability of fish habitat models: The new 5m7 approach applied to the Mediterranean Barbel (*Barbus meridionalis*). Paper 26752. - In: WEBB, J.A., COSTELLOE, J.F., CASAS-MULET, R., LYON, J.P. & STEWARDSON, M.J. (Eds), Proceedings of the 11th International Symposium on Ecohydraulics, The University of Melbourne, Melbourne, Australia, 7-12 February 2016.

MALAVOI J.R., SOUCHON Y., 1989. Méthodologie de description et quantification des variables morphodynamiques d'un cours d'eau à fond caillouteux. Exemple d'une station sur la Filière (Haute Savoie). *Revue de Géographie de Lyon*, 64, 252-259.

MANN, R.H.K. (1991): Growth and production. - In: WINFIELD, I.J. & NELSON, J.S. (Eds), *Cyprinid Fishes. Systematics, biology and exploitation*. Fish and fisheries Series 3. Chapman & Hall, London, pp. 456-482.

SAVOURE-SOUBELET A. 2015. Liste hiérarchisée d'espèces pour la conservation en France. Espèces prioritaires pour l'action publique. V1.1. Muséum national d'histoire naturelle – Service du Patrimoine naturel. 22p.

SCHARL, A. & LE COARER, Y. (2005): Morphohydraulic quantification of non spatialized datasets with the "Hydrosignature" software. - In: HARBY, A. et al. (Eds), Proceedings, Final COST 626 European Aquatic Modelling Network meeting in Silkeborg, Denmark 19-20 May 2005. National Environmental Research Institute, pp. 313-326.

WENTWORTH C.K., 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments. *Journal of Geology*, 30, 377-392.

## 10. RAPPORTS

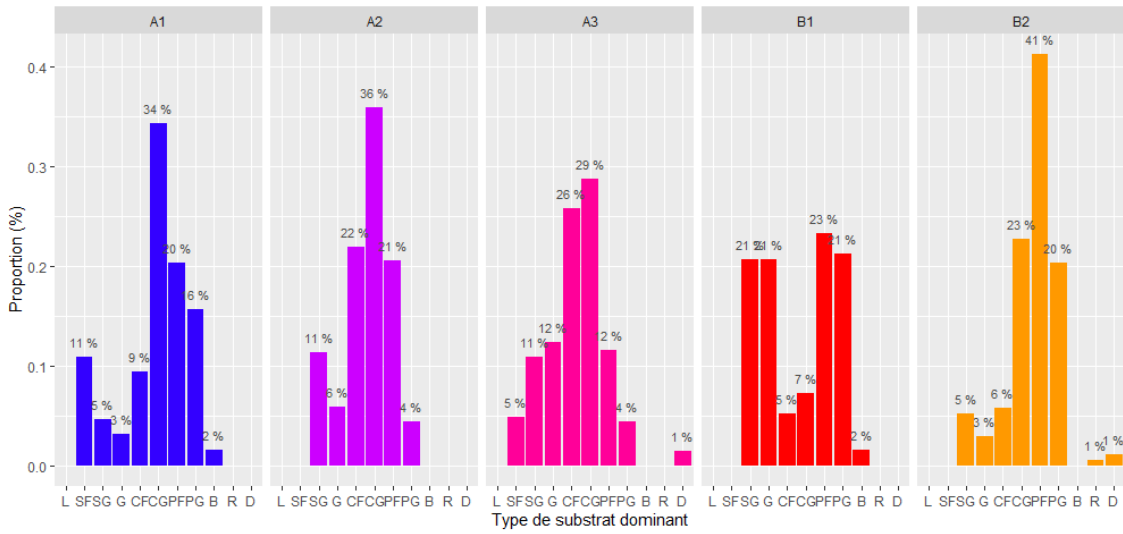
---

## 11. ANNEXES

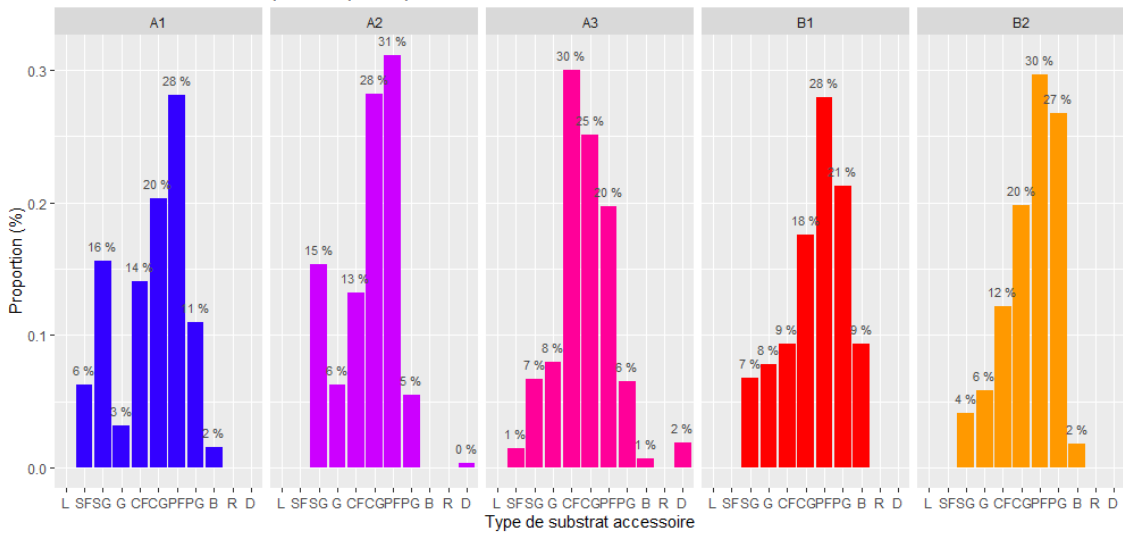
---

**Annexe I : Histogrammes par station des classes granulométriques observées pour les substrats dominants, accessoires et le plus grossier, pour l'ensemble des aprons capturés.**

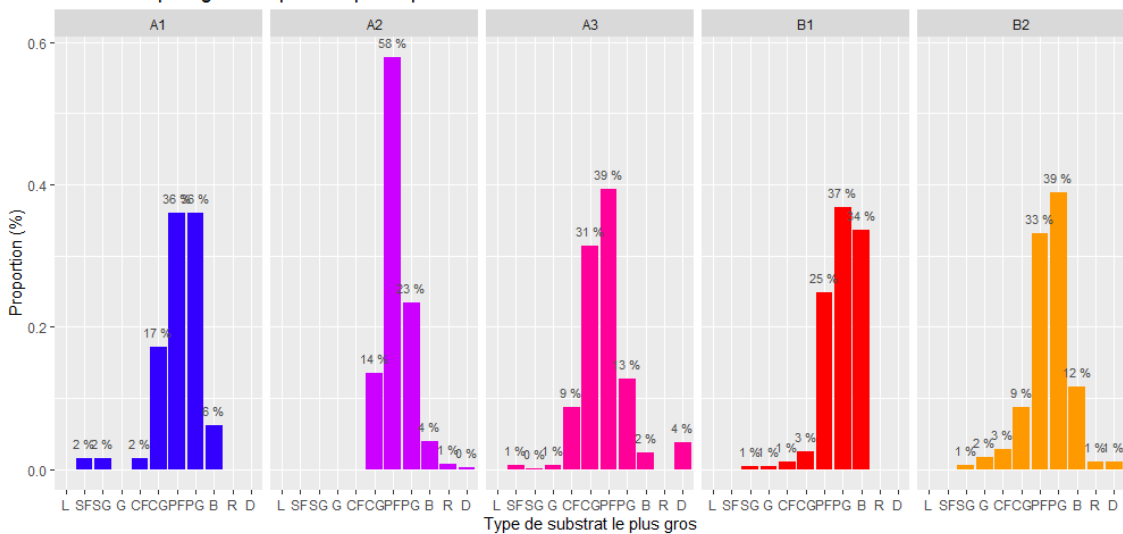
**Substrat dominant : captures Aprons par station**



**Substrat accessoire : captures Aprons par station**

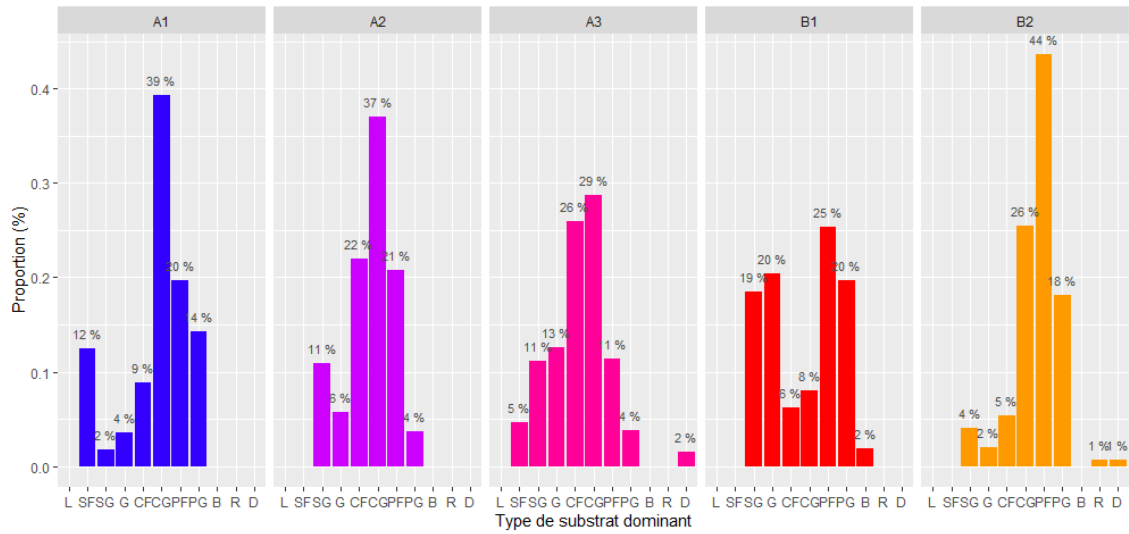


**Substrat le plus gros : captures Aprons par station**

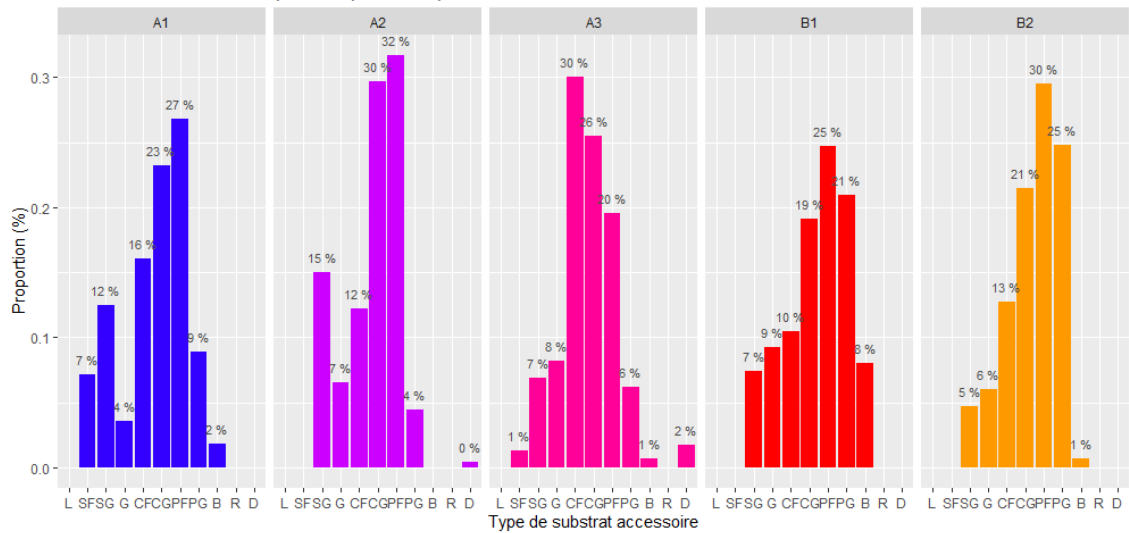


**Annexe II : Histogrammes par station des classes granulométriques observées pour les substrats dominants, accessoires et le plus grossier, pour les 0+.**

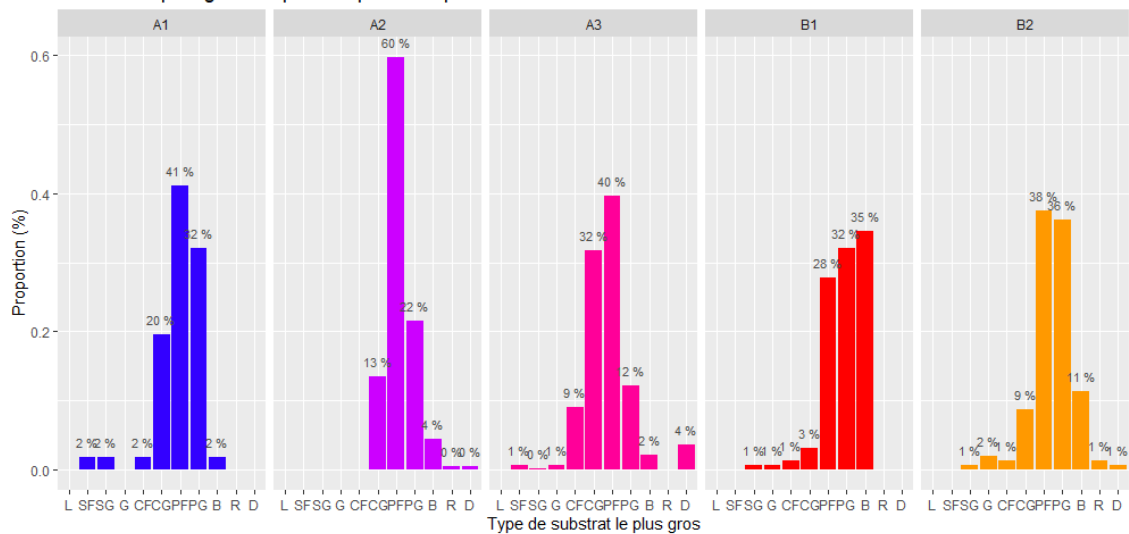
**Substrat dominant : captures Aprons 0+ par station**



**Substrat accessoire : captures Aprons 0+ par station**



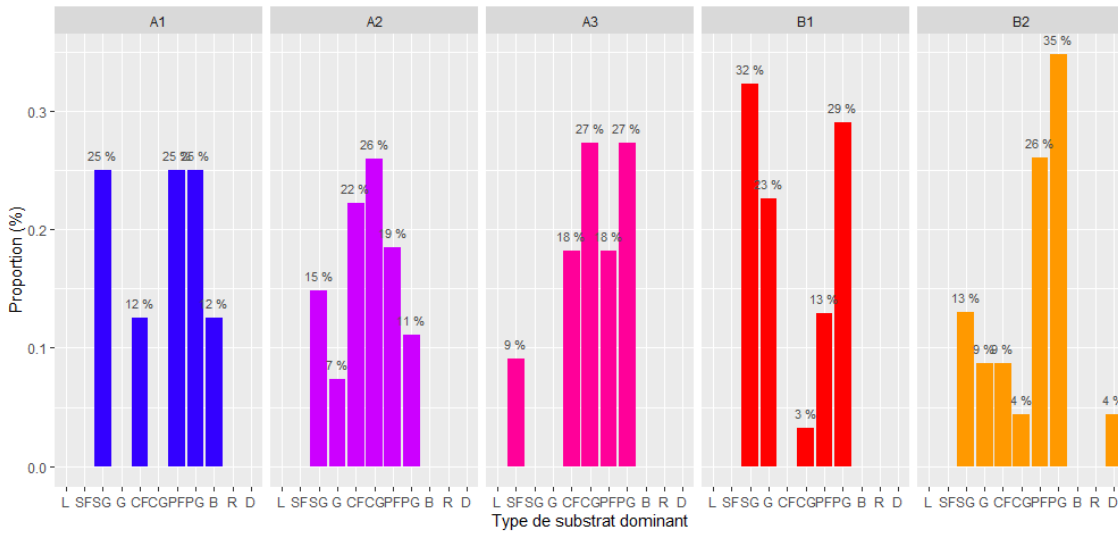
**Substrat le plus gros : captures Aprons 0+ par station**



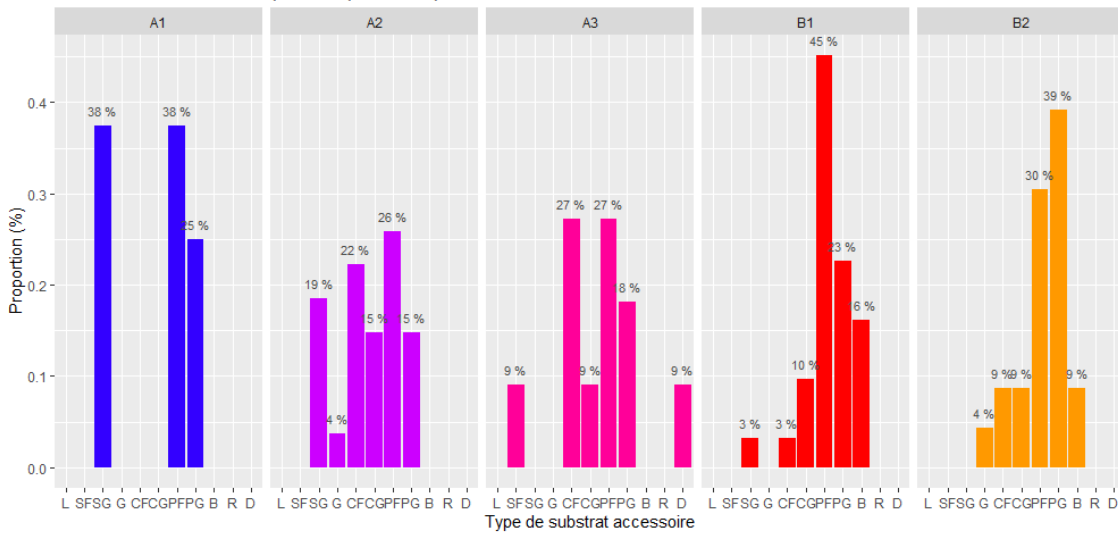


**Annexe III : Histogrammes par station des classes granulométriques observées pour les substrats dominants, accessoires et le plus grossier, pour les ≥1+.**

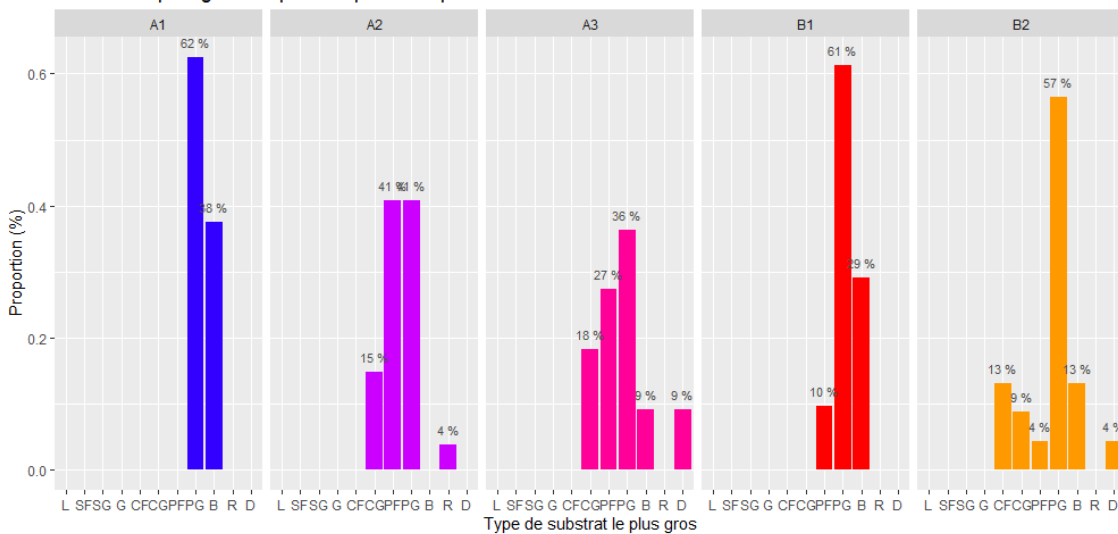
**Substrat dominant : captures Aprons 1+ par station**



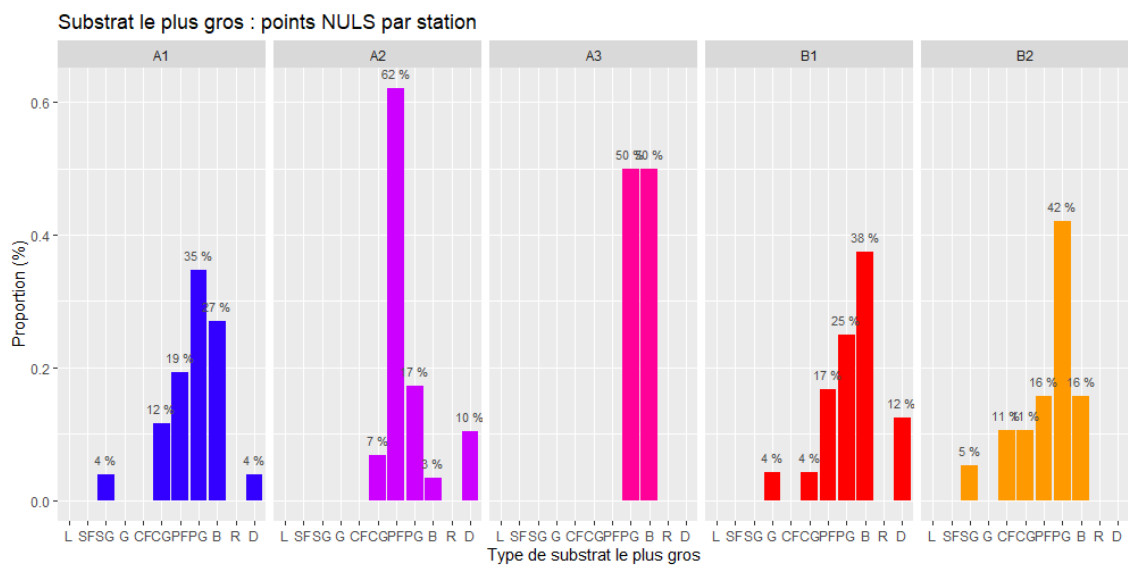
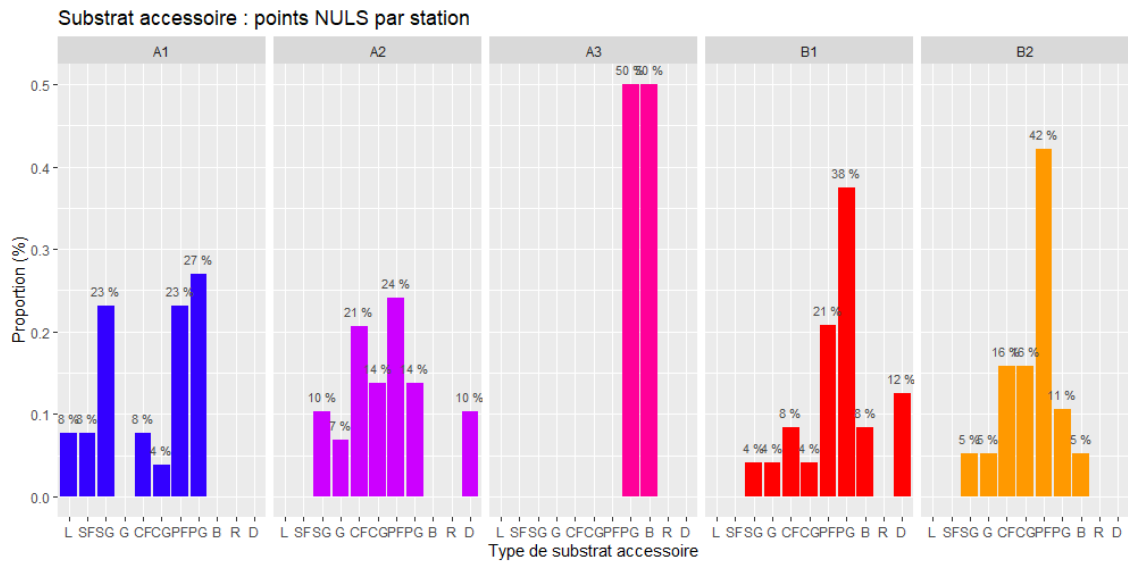
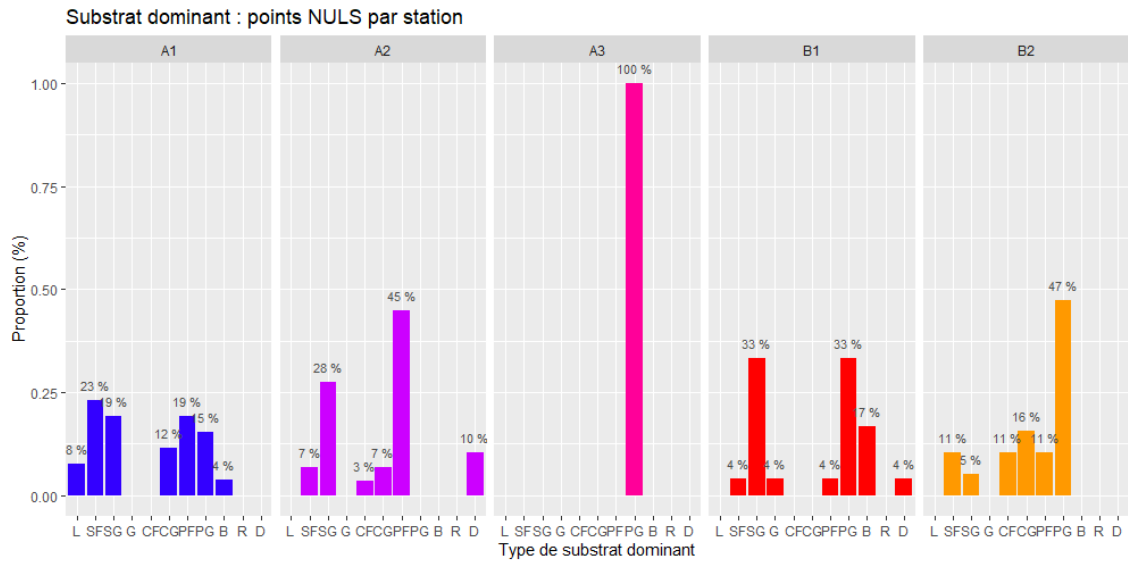
**Substrat accessoire : captures Aprons 1+ par station**



**Substrat le plus gros : captures Aprons 1+ par station**

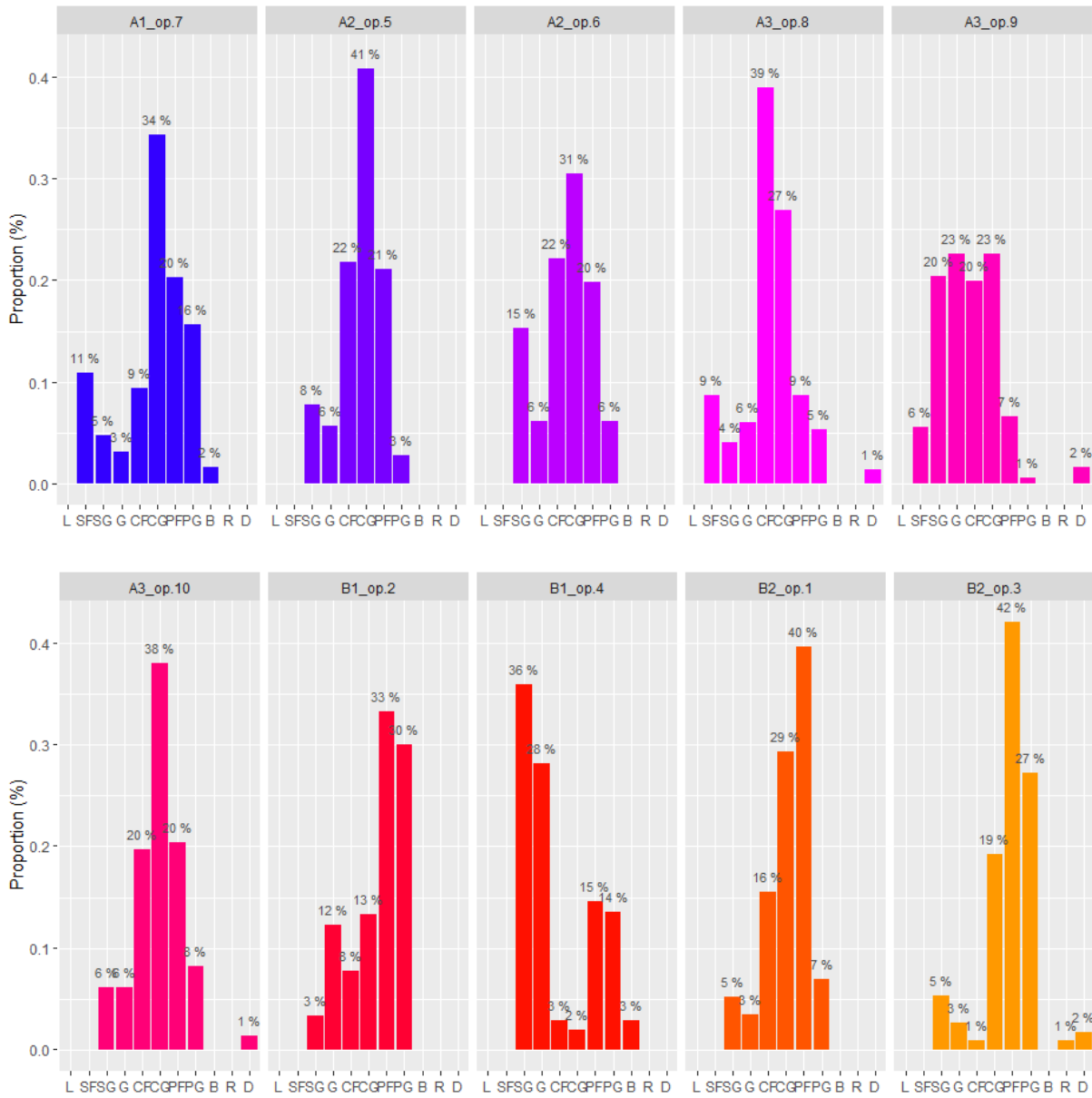


**Annexe IV : Histogrammes par station des classes granulométriques observées pour les substrats dominants, accessoires et le plus grossier, pour les points NULS.**



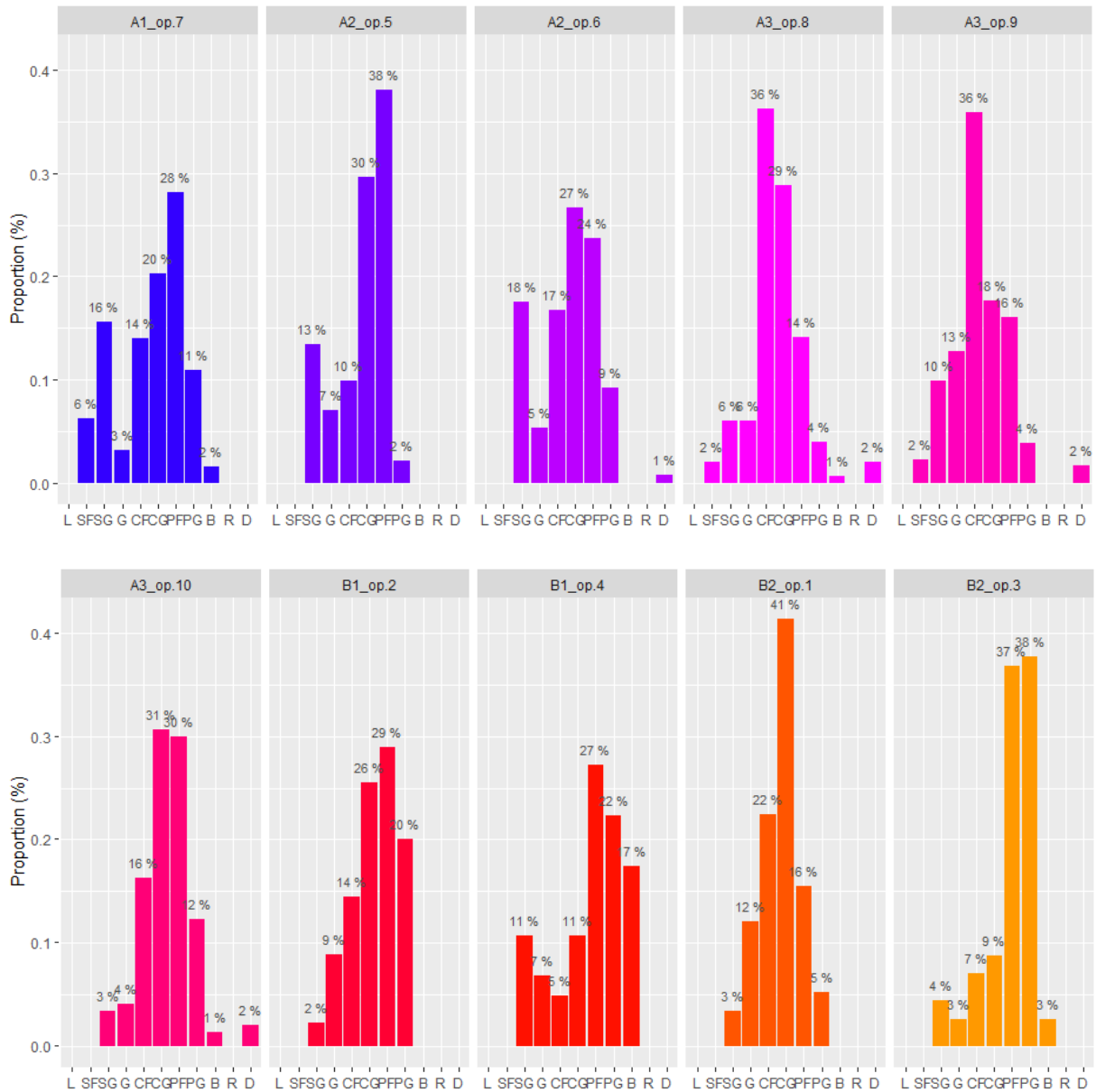
**Annexe V : Histogrammes par opération des classes granulométriques observées pour les substrats dominants, pour l'ensemble des aprons capturés.**

Substrat dominant : captures Aprons par opération



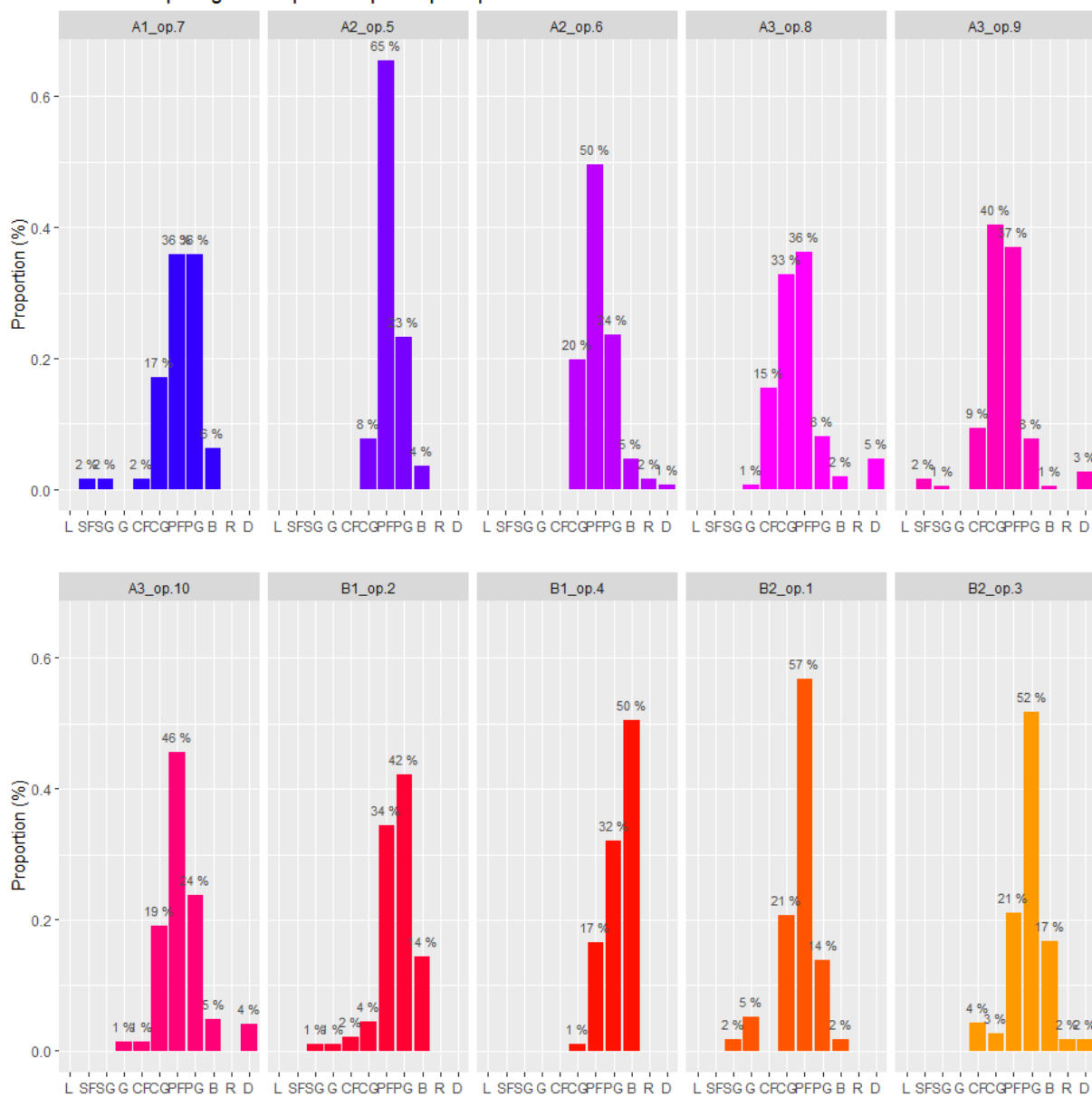
**Annexe VI : Histogrammes par opération des classes granulométriques observées pour les substrats accessoires pour l'ensemble des aprons capturés.**

Substrat accessoire : captures Aprons par opération



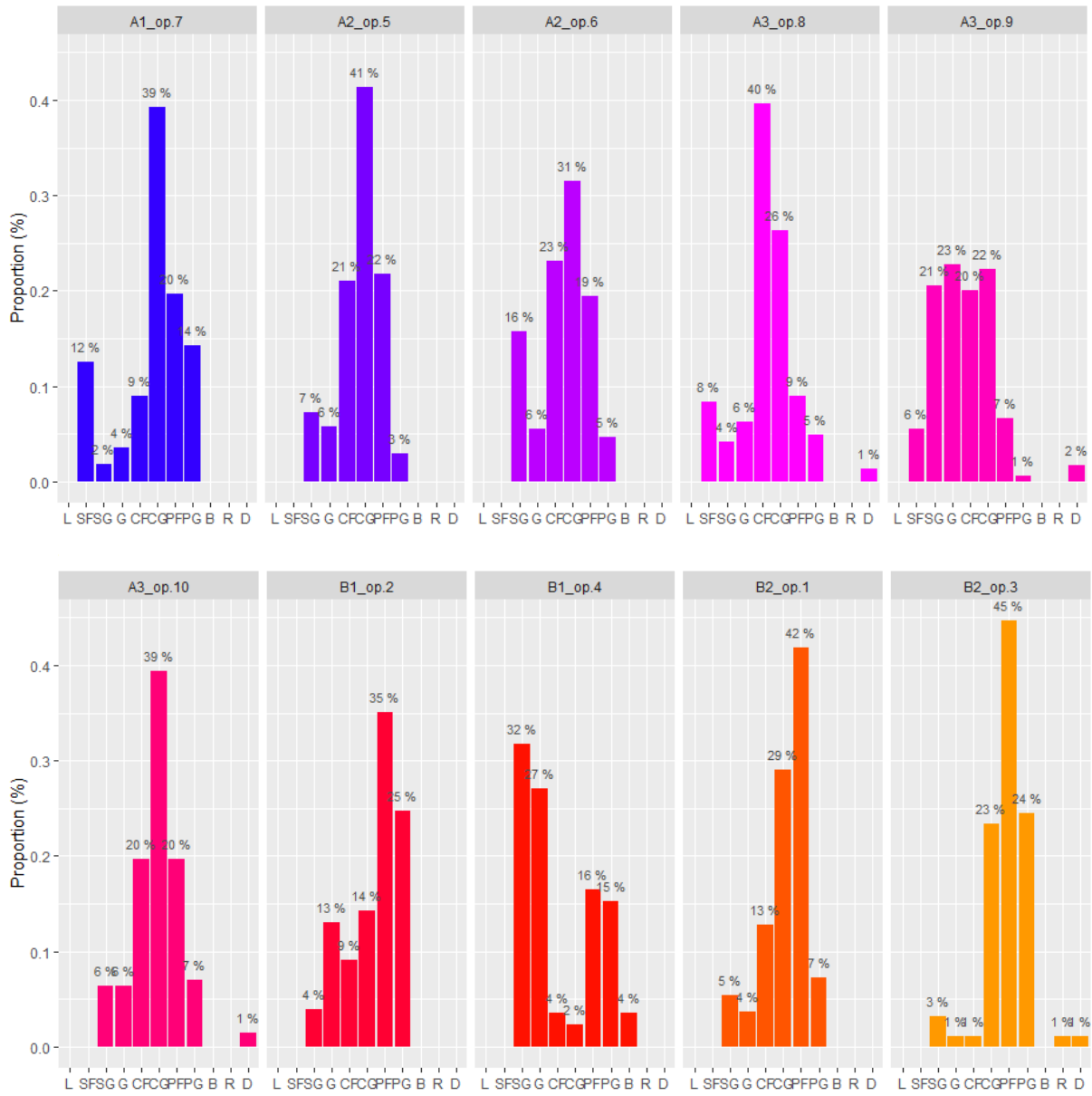
**Annexe VII : Histogrammes par opération des classes granulométriques observées pour le substrat le plus grossier pour l'ensemble des aprons capturés.**

**Substrat le plus gros : captures Aprons par opération**



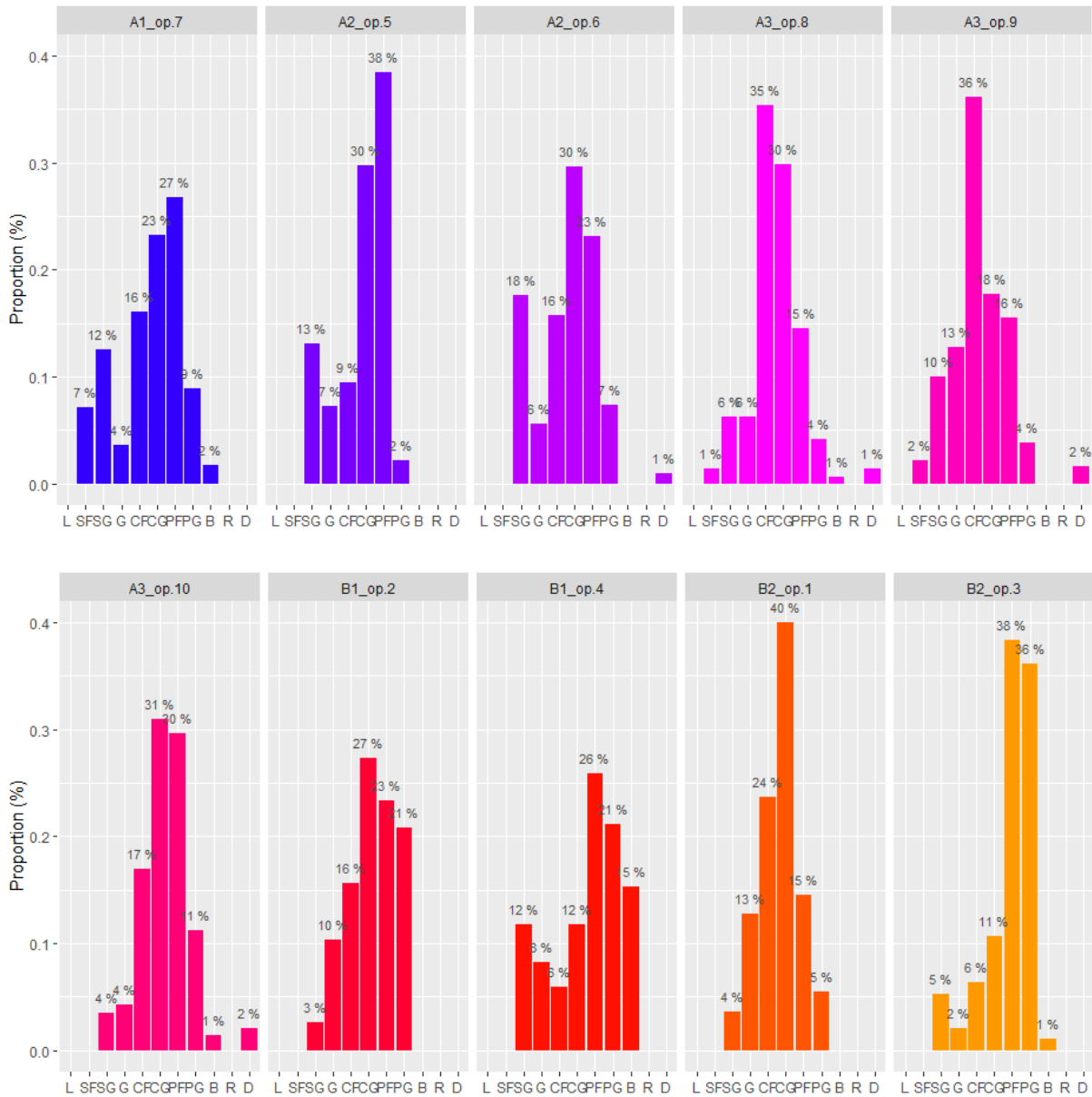
**Annexe VIII : Histogrammes par opération des classes granulométriques observées pour les substrats dominants pour les 0+.**

Substrat dominant : captures Aprons 0+ par opération



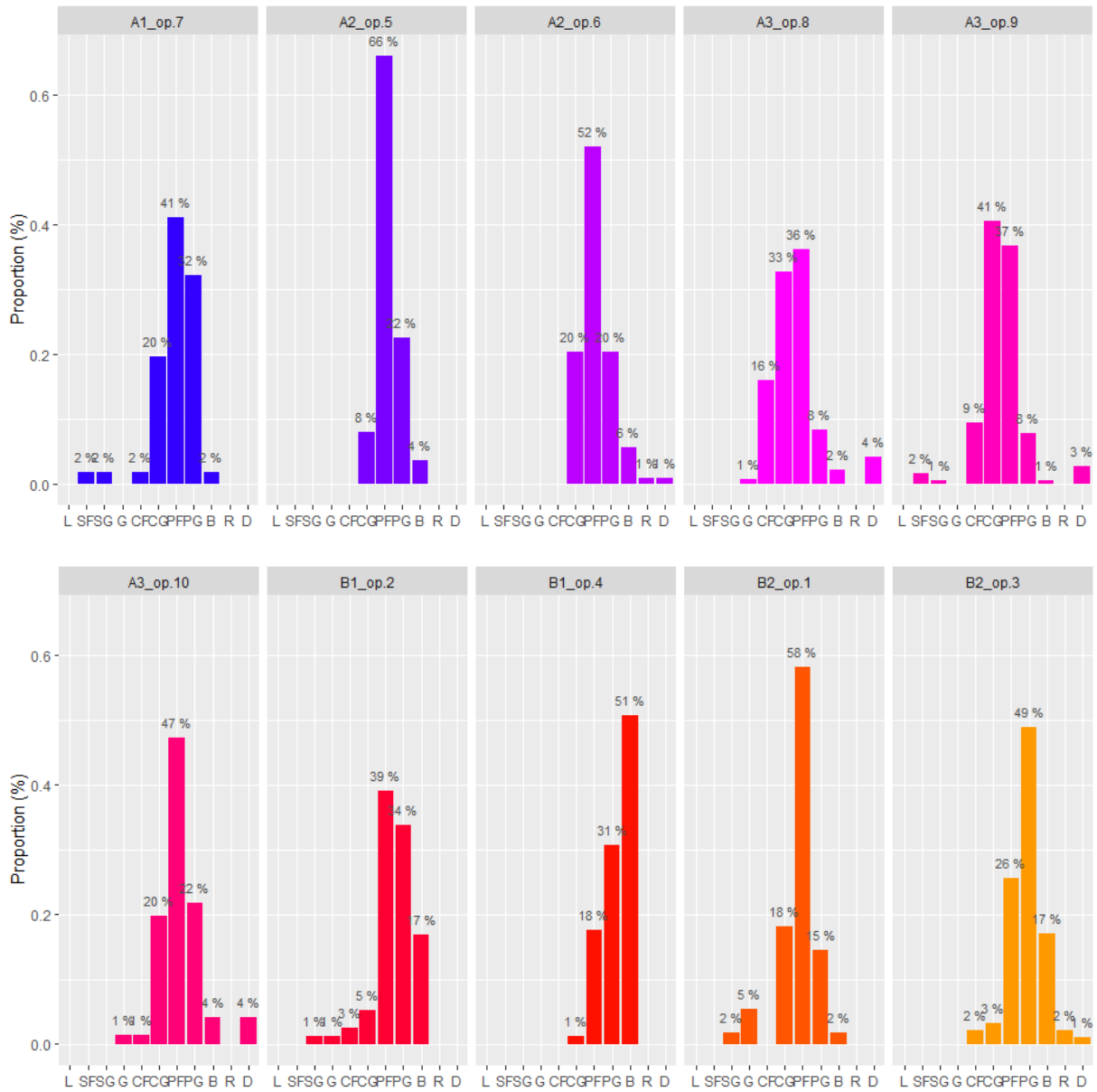
## Annexe IX : Histogrammes par opération des classes granulométriques observées pour les substrats accessoires pour les 0+.

Substrat accessoire : captures Aprons 0+ par opération



**Annexe X : Histogrammes par opération des classes granulométriques observées pour le substrat le plus grossier pour les 0+.**

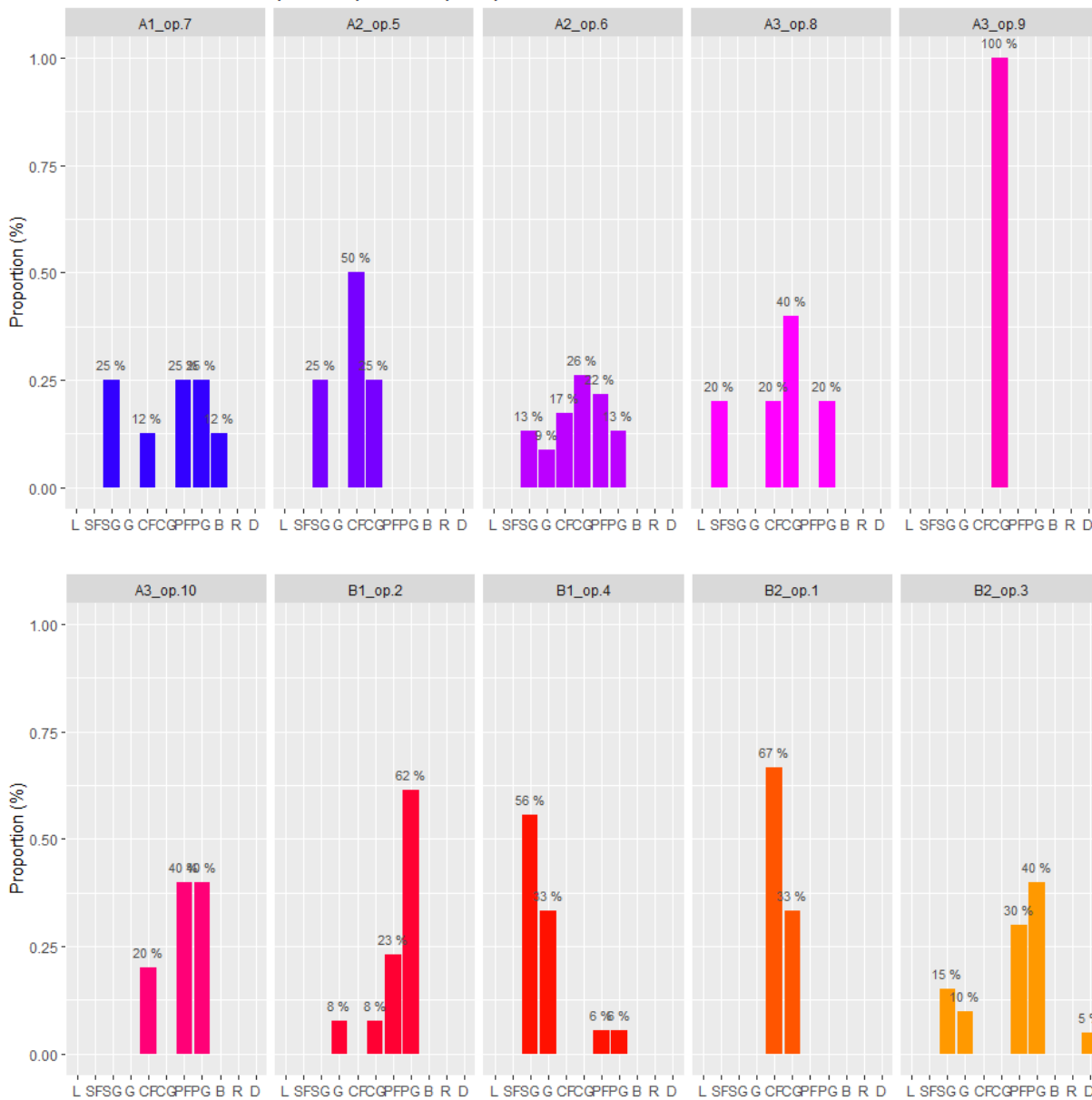
Substrat le plus gros : captures Aprons 0+ par opération





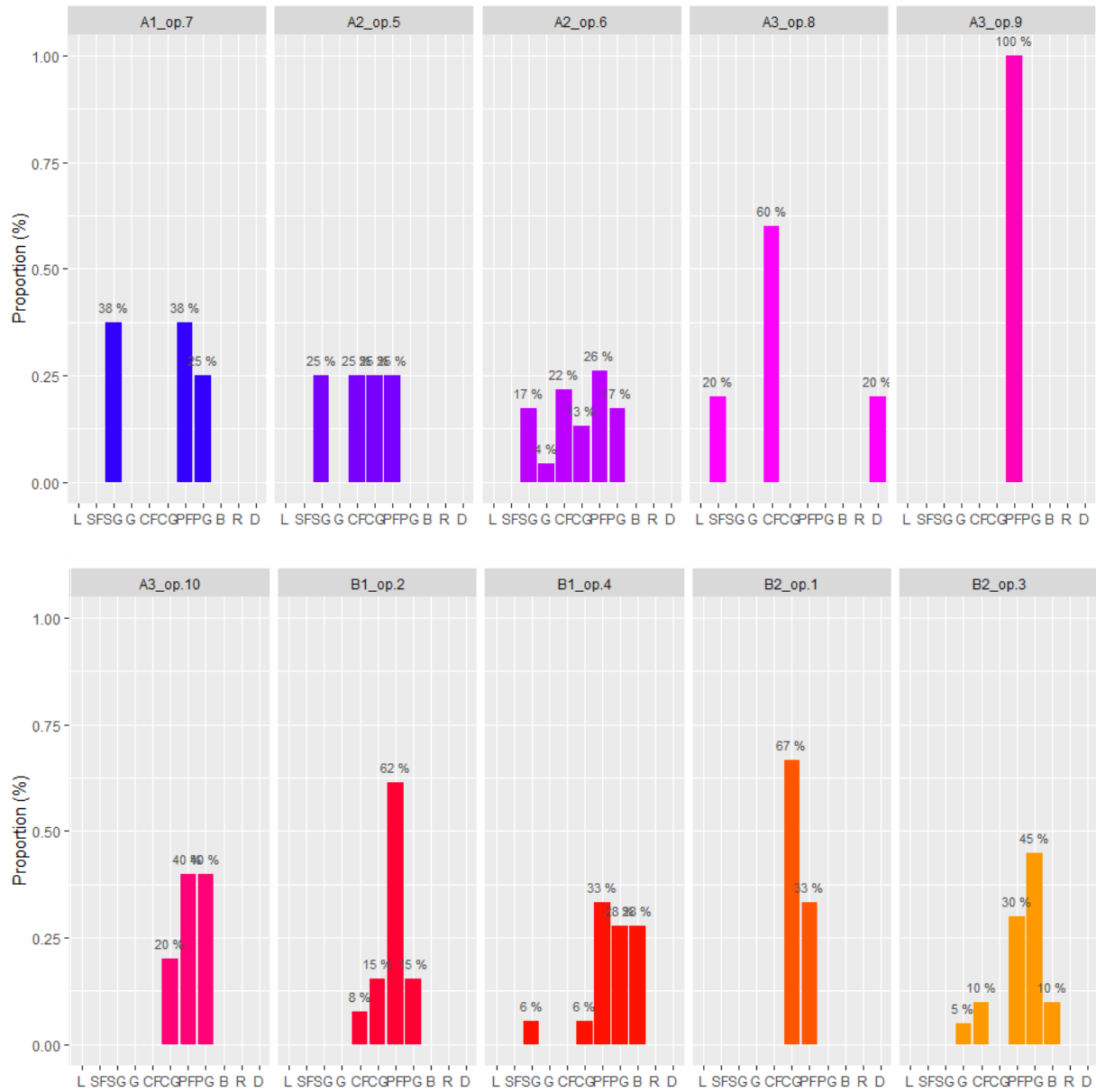
**Annexe XI : Histogrammes par opération des classes granulométriques observées pour les substrats dominants pour les  $\geq 1+$ .**

Substrat dominant : captures Aprons 1+ par opération



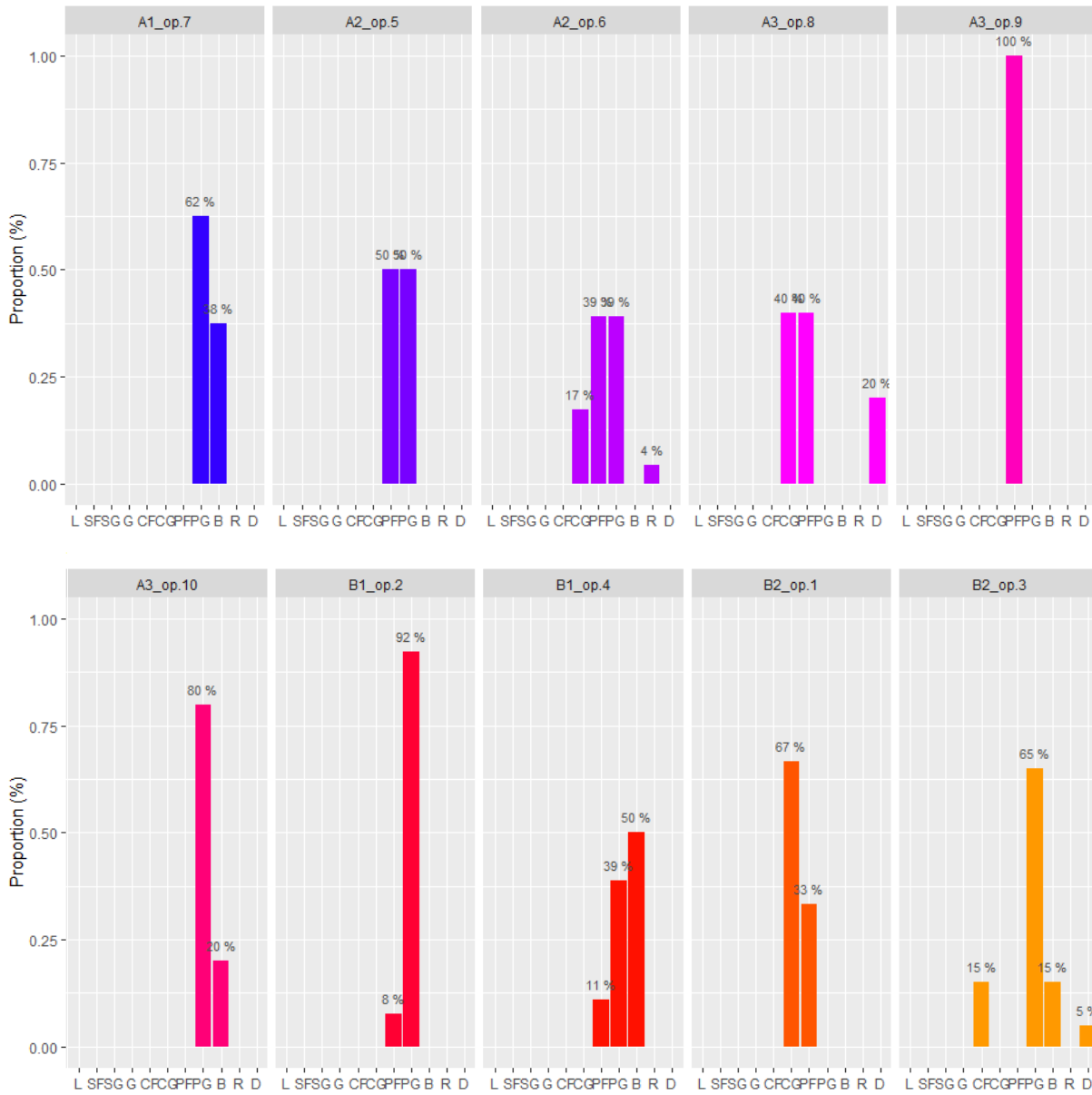
**Annexe XII : Histogrammes par opération des classes granulométriques observées pour les substrats accessoires pour les ≥1+.**

Substrat accessoire : captures Aprons 1+ par opération



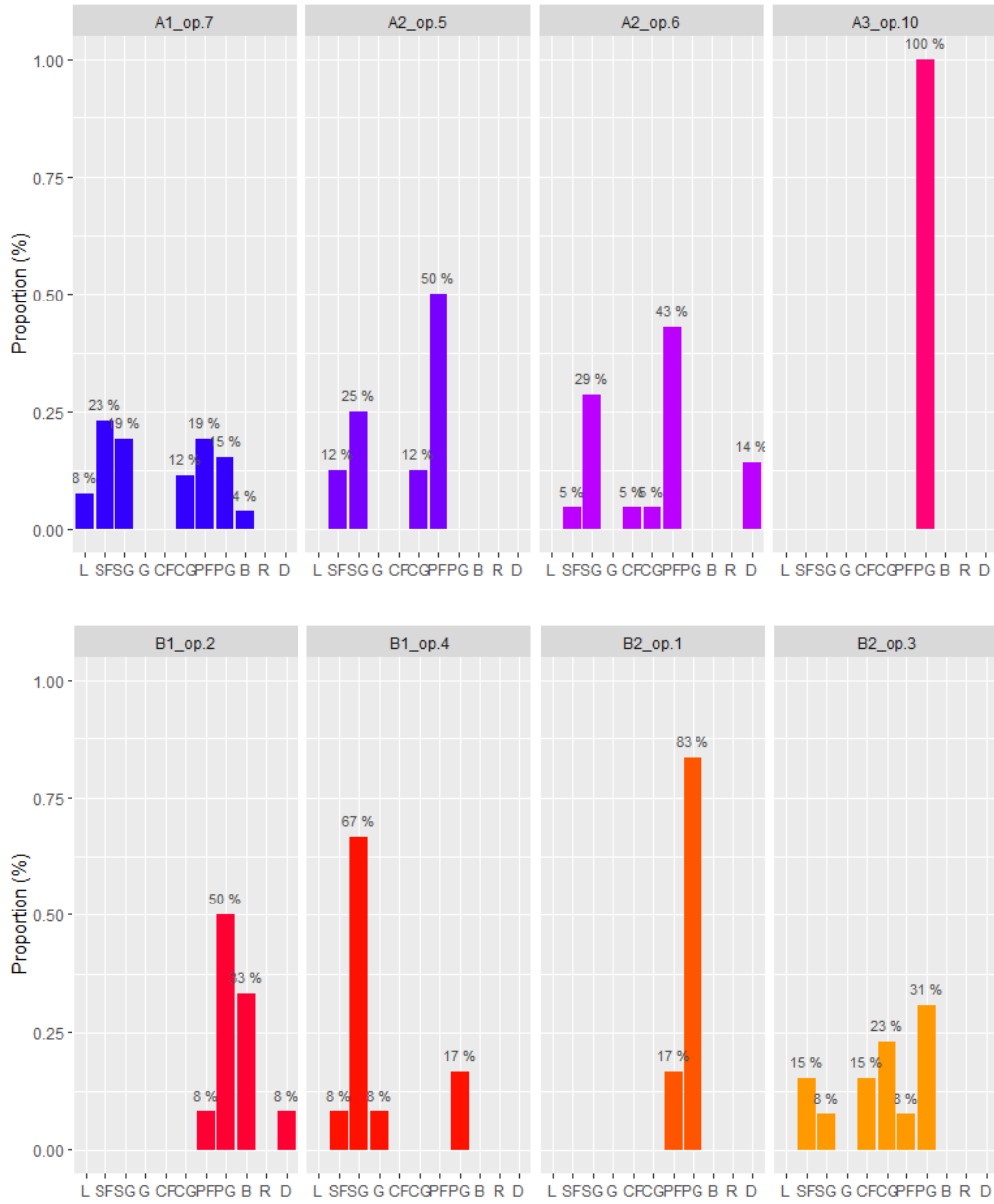
**Annexe XIII : Histogrammes par opération des classes granulométriques observées pour le substrat le plus grossier pour les  $\geq 1+$ .**

Substrat le plus gros : captures Aprons 1+ par opération



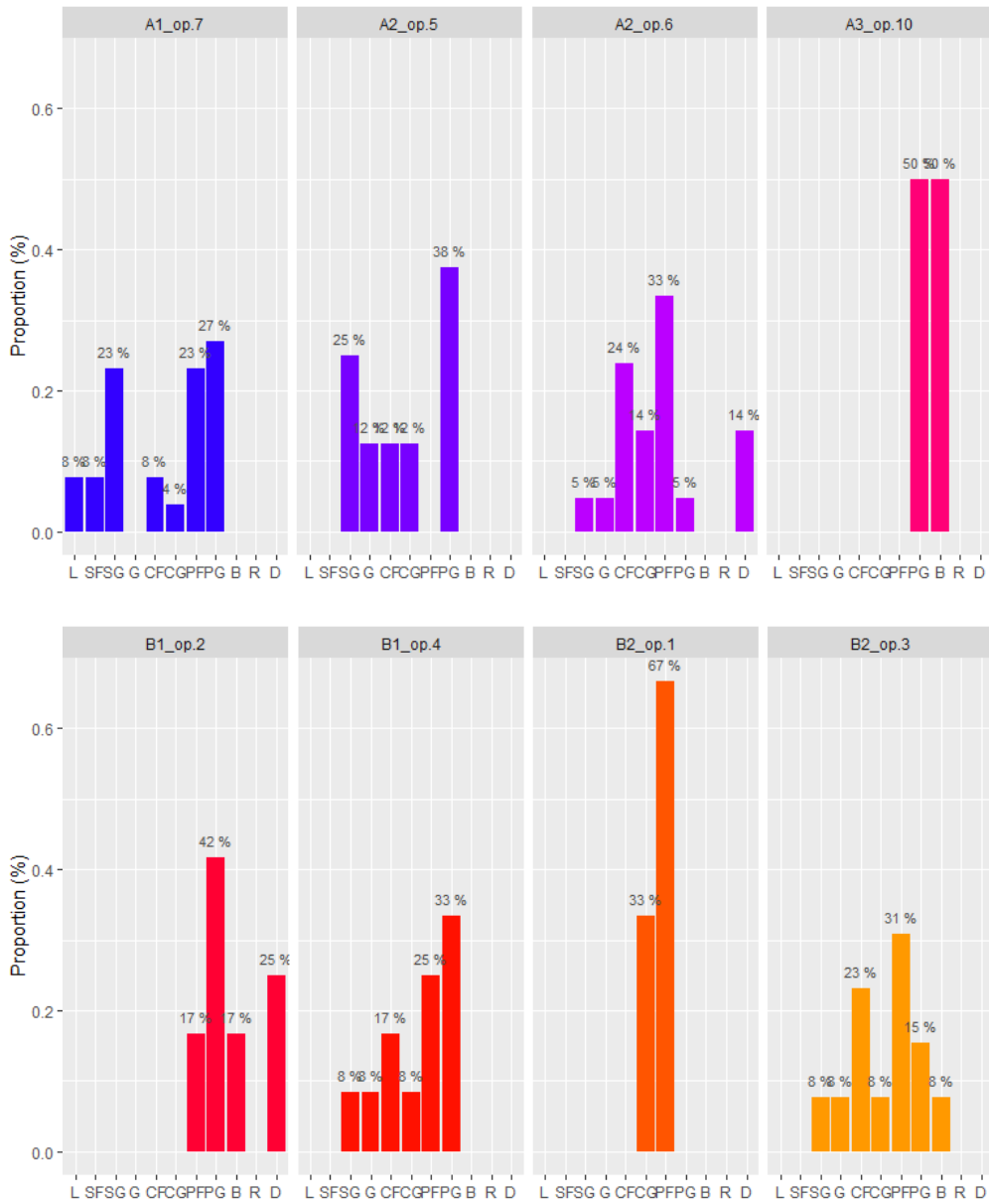
**Annexe XIV : Histogrammes par opération des classes granulométriques observées pour les substrats dominants pour les points NULS.**

Substrat dominant : points NULS par opération



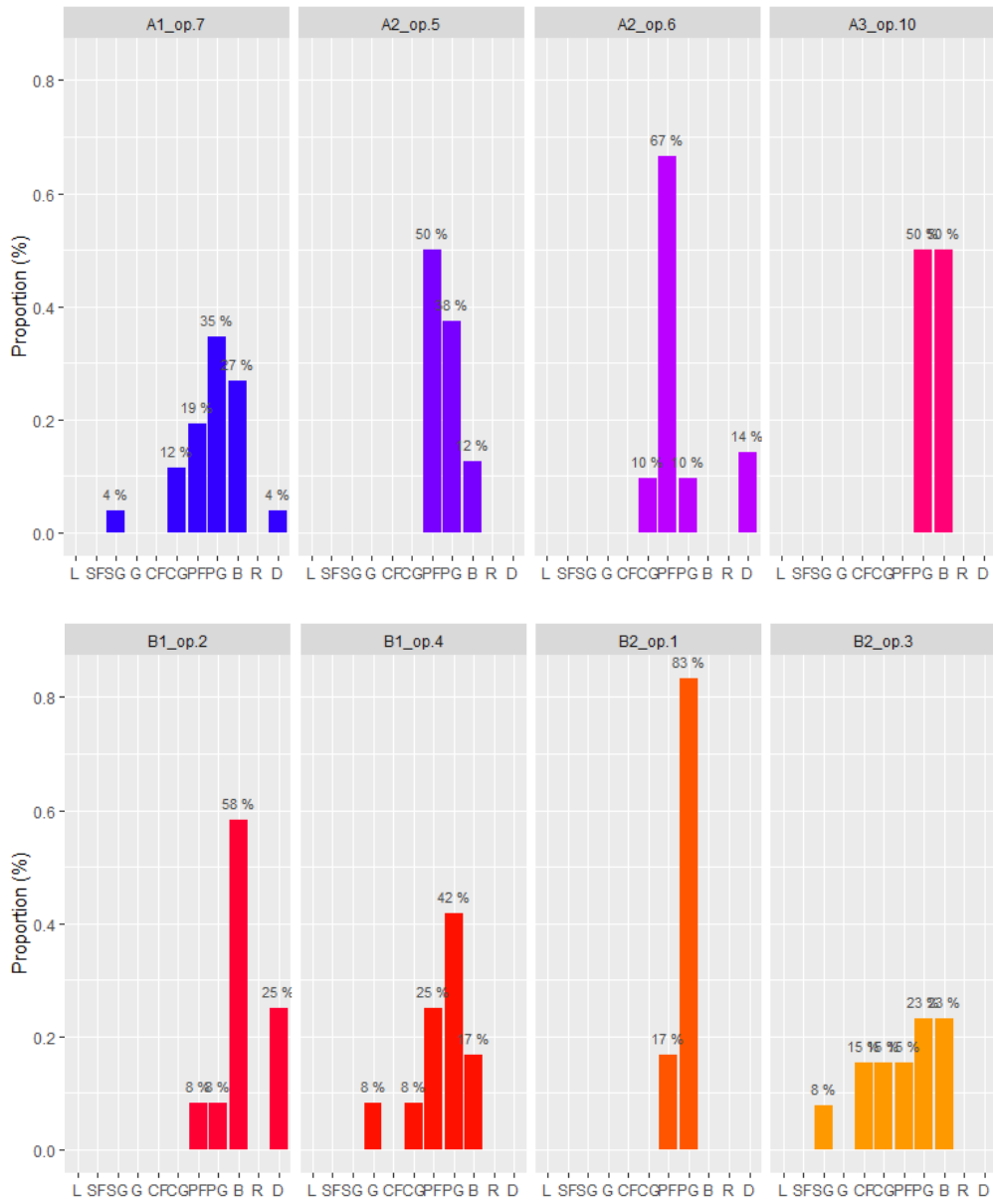
**Annexe XV : Histogrammes par opération des classes granulométriques observées pour les substrats accessoires pour les points NULS.**

Substrat accessoire : points NULS par opération



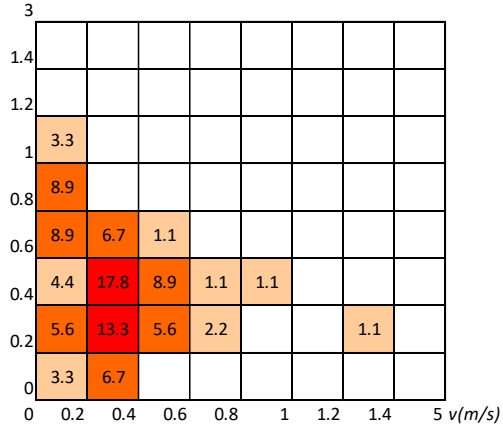
**Annexe XVI : Histogrammes par opération des classes granulométriques observées pour le substrat le plus grossier pour les points NULS.**

Substrat le plus gros : points NULS par opération

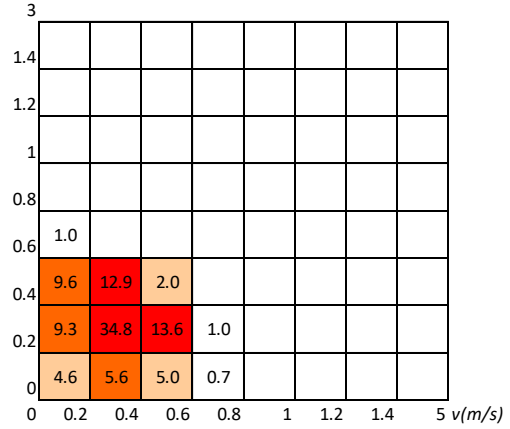


**Annexe XVII : Hydrosignatures en aires des verticales de mesures par station.**

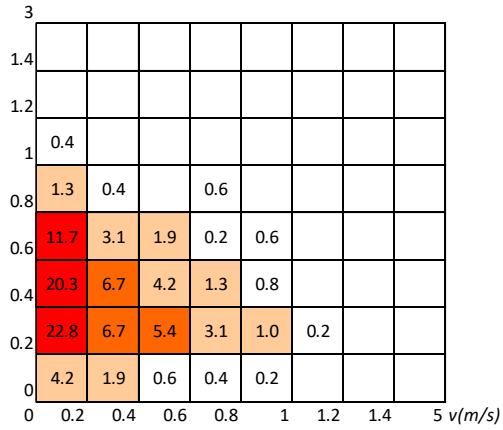
*hw(m)* **Ardèche-A1**



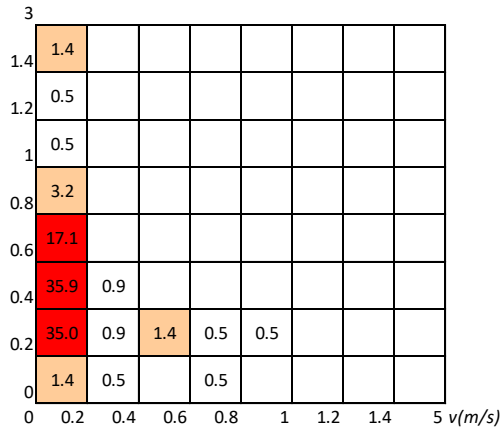
*hw(m)* **Ardèche-A2**



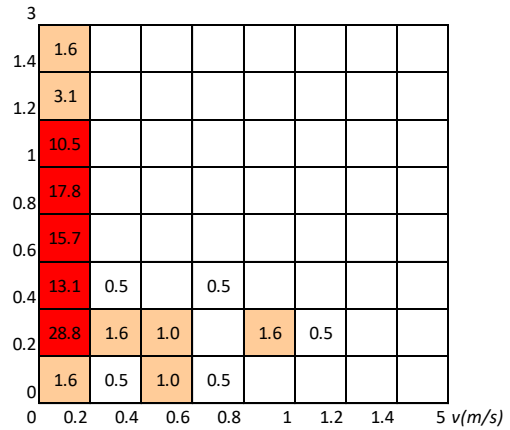
*hw(m)* **Ardèche-A3**



*hw(m)* **La Beaume-B1**

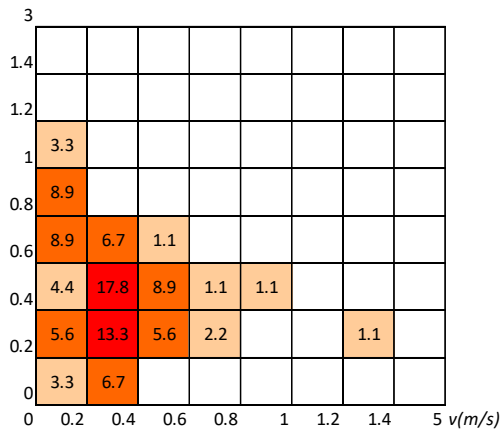


*hw(m)* **La Beaume-B2**

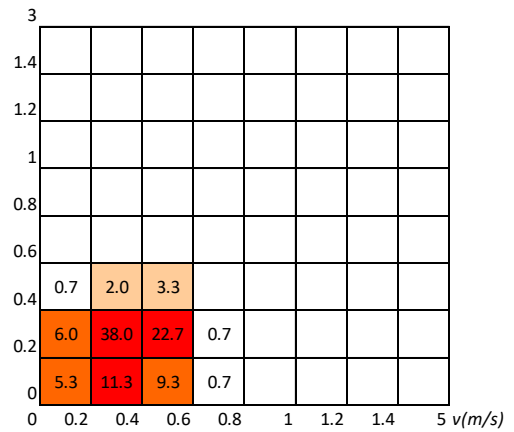


### Annexe XVIII : Hydrosignatures en aires des verticales de mesures par opération dans l'Ardèche.

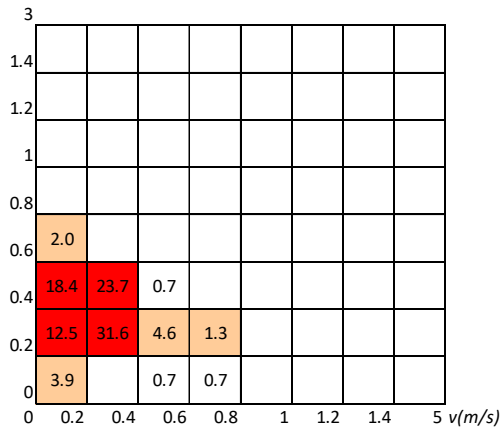
hw(m) Ardèche-A1-7



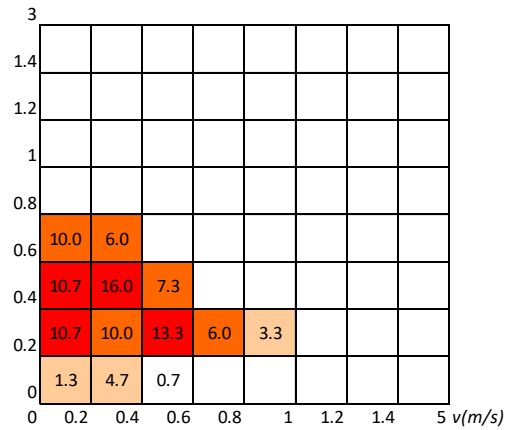
hw(m) Ardèche-A2-5



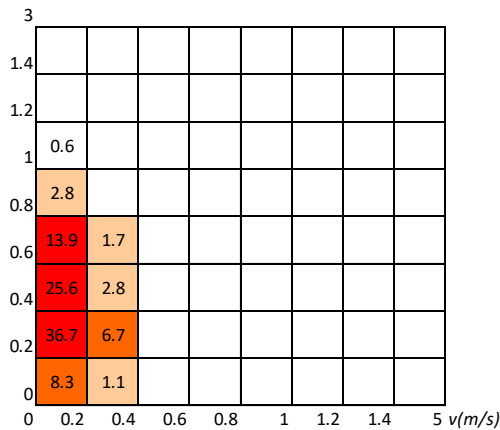
hw(m) Ardèche-A2-6



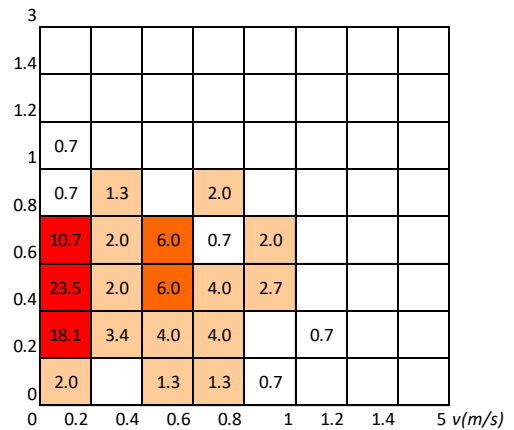
hw(m) Ardèche-A3-8



hw(m) Ardèche-A3-9



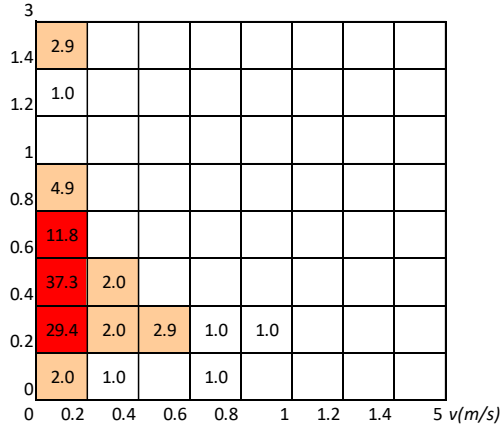
hw(m) Ardèche-A3-10



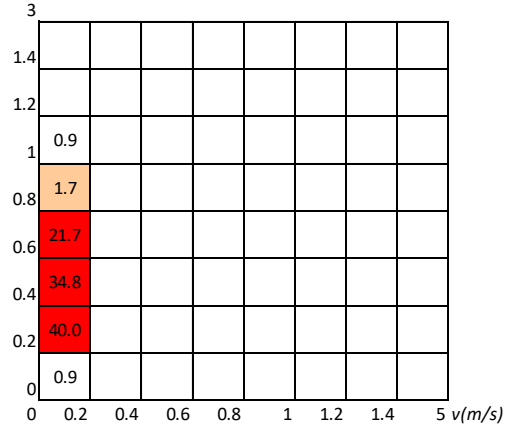


**Annexe XIX : Hydrosignatures en aires des verticales de mesures par opération dans la Beauce.**

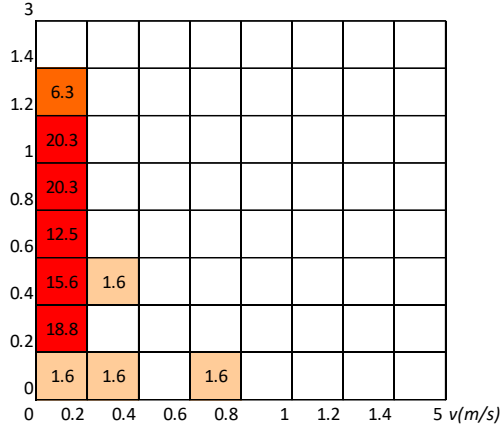
*hw(m)* **La Beauce-B1-2**



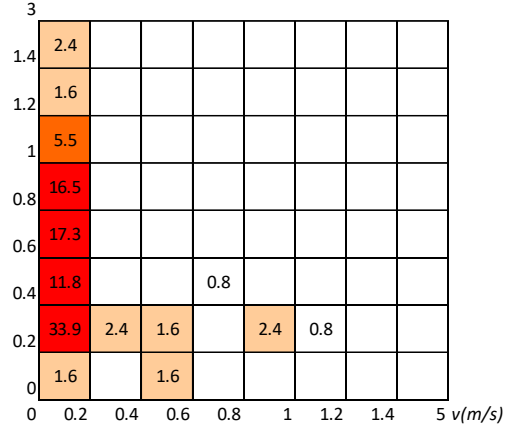
*hw(m)* **La Beauce-B1-4**



*hw(m)* **La Beauce-B2-1**



*hw(m)* **La Beauce-B2-3**



**Annexe XX : Comparaison des hydrosignatures en aires avec l'indice HSC [k1=1, k2=1] des verticales de mesures, des opérations, stations, cours d'eau et pour l'ensemble des données.**

HSC	Total	Ard	ArdA1	ArdA1_7	ArdA2	ArdA2_5	ArdA2_6	ArdA3	ArdA3_8	ArdA3_9	ArdA3_10	LaB	LaBB1	LaBB1_2	LaBB1_4	LaBB2	LaBB2_1	LaBB2_3
Total	0	10	19	19	26	39	20	7	18	18	17	21	20	17	25	27	38	22
Ard	10	0	18	18	18	31	14	10	12	23	19	30	28	25	31	36	45	31
ArdA1	19	18	0	0	28	37	26	20	15	34	22	29	35	32	38	32	41	30
ArdA1_7	19	18	0	0	28	37	26	20	15	34	22	29	35	32	38	32	41	30
ArdA2	26	18	28	28	0	15	15	28	21	34	36	45	41	39	44	51	59	46
ArdA2_5	39	31	37	37	15	0	30	41	31	48	47	57	55	52	58	61	68	58
ArdA2_6	20	14	26	26	15	30	0	21	18	24	30	35	29	28	31	42	50	38
ArdA3	7	10	20	20	28	41	21	0	15	19	12	22	21	18	25	29	41	24
ArdA3_8	18	12	15	15	21	31	18	15	0	32	18	35	34	31	37	39	48	36
ArdA3_9	18	23	34	34	34	48	24	19	32	0	30	18	10	11	11	29	40	24
ArdA3_10	17	19	22	22	36	47	30	12	18	30	0	29	30	27	33	31	41	29
LaB	21	30	29	29	45	57	35	22	35	18	29	0	12	11	16	13	25	9
LaBB1	20	28	35	35	41	55	29	21	34	10	30	12	0	6	5	25	36	20
LaBB1_2	17	25	32	32	39	52	28	18	31	11	27	11	6	0	12	22	34	18
LaBB1_4	25	31	38	38	44	58	31	25	37	11	33	16	5	12	0	29	38	24
LaBB2	27	36	32	32	51	61	42	29	39	29	31	13	25	22	29	0	14	7
LaBB2_1	38	45	41	41	59	68	50	41	48	40	41	25	36	34	38	14	0	21
LaBB2_3	22	31	30	30	46	58	38	24	36	24	29	9	20	18	24	7	21	0

**Annexe XXI : Résumés statistiques des longueurs totales (en mm) par opération, pour l'ensemble des captures pour les juvéniles et pour les adultes.**

Longueurs totales (LTmm) par opération (**tous les individus**) :

Sta_noOP	n	mean	sd	min	Q1	median	Q3	max
A1_op.7	64	87.938	23.936	64	76	81.5	86.25	167
A2_op.5	142	84.782	10.275	70	80	84	87	154
A2_op.6	131	92.595	25.956	64	78	84	87.5	169
A3_op.8	149	76.604	12.177	58	70	75	80	150
A3_op.9	181	72.448	7.604	52	70	72	75	149
A3_op.10	147	74.537	13.191	57	68	72	78.5	159
B1_op.2	90	84.444	24.657	63	72	75	81	157
B1_op.4	103	83.728	29.024	55	68	72	78.5	162
B2_op.1	58	76.724	18.707	56	69	73	77.75	165
B2_op.3	114	84.763	27.382	56	70.25	75	78.75	163

Longueurs totales (LTmm) mesurées **pour les 0+** (LT < 110mm) :

Sta_noOP	n	mean	sd	min	Q1	median	Q3	max
A1_op.7	56	79.46	7.01	64	75	80	85	96
A2_op.5	138	83.35	5.48	70	80	84	87	96
A2_op.6	108	81.22	5.24	64	77	82	85.25	91
A3_op.8	144	74.65	5.89	58	70	75	79	89
A3_op.9	180	72.02	5.02	52	70	72	75	82
A3_op.10	142	72.5	6.98	57	67.25	72	77.75	90
B1_op.2	77	74.73	5.31	63	71	75	79	87
B1_op.4	85	70.74	6.04	55	66	71	75	86
B2_op.1	55	72.64	5.95	56	69	73	77	84
B2_op.3	94	72.60	5.55	56	69.25	74	76	83

Longueurs totales (LTmm) mesurées **pour les ≥1+** (LT > 110mm) :

Sta_noOP	n	mean	sd	min	Q1	median	Q3	max
A1_op.7	8	147.25	13.22	120	145	147.5	152.5	167
A2_op.5	4	134.25	15.2	117	128.25	133	139	154
A2_op.6	23	146	15.19	117	138.5	149	156	169
A3_op.8	5	132.8	12.72	120	122	131	141	150
A3_op.9	1	149	NA	149	149	149	149	149
A3_op.10	5	132.4	17.4	115	123	125	140	159
B1_op.2	13	142	11.67	120	133	142	154	157
B1_op.4	18	145.06	6.97	135	142	143.5	145.75	162
B2_op.1	3	151.67	11.55	145	145	145	155	165
B2_op.3	20	141.95	11.56	115	136.75	141	146.25	163

**Annexe XXII : Résumés statistiques des longueurs totales (en mm) par station, pour l'ensemble des captures, pour les juvéniles et pour les adultes.**

Longueurs totales (LTmm) par opération (**tous les individus**) :

noSta	n	mean	sd	min	Q1	median	Q3	max
<b>A1</b>	64	87.94	23.94	64	76	81.5	86.25	167
<b>A2</b>	273	88.53	19.8	64	79	84	87	169
<b>A3</b>	477	74.39	11.15	52	70	73	77	159
<b>B1</b>	193	84.06	27.01	55	70	74	80	162
<b>B2</b>	172	82.05	25.03	56	70	75	78.25	165

Longueurs totales (LTmm) mesurées **pour les 0+** (LT < 110mm) :

noSta	n	mean	sd	min	Q1	median	Q3	max
<b>A1</b>	56	79.46	7.01	64	75	80	85	96
<b>A2</b>	246	82.41	5.47	64	79	82.5	86	96
<b>A3</b>	466	72.98	6.04	52	70	73	77	90
<b>B1</b>	162	72.64	6.03	55	69	72	77	87
<b>B2</b>	149	72.61	5.68	56	69	73	76	84

Longueurs totales (LTmm) mesurées **pour les ≥1+** (LT > 110mm) :

noSta	n	mean	sd	min	Q1	median	Q3	max
<b>A1</b>	8	147.25	13.22	120	145	147.5	152.5	167
<b>A2</b>	27	144.26	15.49	117	133	145	156	169
<b>A3</b>	11	134.09	14.5	115	122.5	131	145	159
<b>B1</b>	31	143.77	9.19	120	140	143	147.5	162
<b>B2</b>	23	143.22	11.78	115	137.5	142	147.5	165

**Annexe XXIII : Résumés statistiques des longueurs totales (en mm) par cours d'eau, pour l'ensemble des captures, pour les juvéniles et pour les adultes.**

Longueurs totales (LTmm) par opération (**tous les individus**) :

<b>Cours.d.eau</b>	<b>n</b>	<b>mean</b>	<b>sd</b>	<b>min</b>	<b>Q1</b>	<b>median</b>	<b>Q3</b>	<b>max</b>
<b>Ardèche</b>	814	80.2	17.21	52	71	77	83	169
<b>La Beauce</b>	365	83.12	26.08	55	70	75	80	165

Longueurs totales (LTmm) mesurées **pour les 0+** (LT < 110mm) :

<b>Cours.d.eau</b>	<b>n</b>	<b>mean</b>	<b>sd</b>	<b>min</b>	<b>Q1</b>	<b>median</b>	<b>Q3</b>	<b>max</b>
<b>Ardèche</b>	768	76.48	7.39	52	71	76	82	96
<b>La Beauce</b>	311	72.62	5.85	55	69	73	77	87

Longueurs totales (LTmm) mesurées **pour les ≥1+** (LT > 110mm) :

<b>Cours.d.eau</b>	<b>n</b>	<b>mean</b>	<b>sd</b>	<b>min</b>	<b>Q1</b>	<b>median</b>	<b>Q3</b>	<b>max</b>
<b>Ardèche</b>	46	142.35	15.35	115	128.75	145	154	169
<b>La Beauce</b>	54	143.54	10.27	115	138.5	142	148.25	165

**Annexe XXIV : Température (°C) par opération, par station, par cours d'eau, et pour l'ensemble des points de mesures.**

**Température (°C) par opération**

<b>Sta_noOP</b>	<b>n</b>	<b>mean</b>	<b>sd</b>	<b>min</b>	<b>Q1</b>	<b>median</b>	<b>Q3</b>	<b>max</b>
<b>A1_op.7</b>	90	21.06	0.29	20.48	20.89	21.14	21.25	21.48
<b>A2_op.5</b>	150	20.48	0.56	18.2	20.48	20.6	20.77	21.06
<b>A2_op.6</b>	152	20.78	0.23	19.29	20.72	20.77	20.89	21.46
<b>A3_op.8</b>	149	19.89	0.16	19.25	19.86	19.91	19.91	20.82
<b>A3_op.9</b>	181	21.56	0.22	19.63	21.48	21.58	21.63	22.59
<b>A3_op.10</b>	149	21.57	0.23	20.25	21.51	21.63	21.7	22.03
<b>B1_op.2</b>	102	20.27	0.34	18.51	20.23	20.41	20.48	20.53
<b>B1_op.4</b>	115	21.07	0.52	19.91	20.46	21.39	21.53	21.58
<b>B2_op.1</b>	64	19.9	0.42	17.96	19.86	19.91	20.2	20.32
<b>B2_op.3</b>	127	20.24	0.34	18.3	20.11	20.29	20.46	20.63

**Température (°C) par station**

<b>noSta</b>	<b>n</b>	<b>mean</b>	<b>sd</b>	<b>min</b>	<b>Q1</b>	<b>median</b>	<b>Q3</b>	<b>max</b>
<b>A1</b>	90	21.06	0.29	20.48	20.89	21.14	21.25	21.48
<b>A2</b>	302	20.63	0.45	18.2	20.6	20.75	20.84	21.46
<b>A3</b>	479	21.04	0.8	19.25	19.94	21.51	21.63	22.59
<b>B1</b>	217	20.69	0.6	18.51	20.41	20.48	21.41	21.58
<b>B2</b>	191	20.13	0.4	17.96	19.92	20.2	20.39	20.63

**Température (°C) par cours d'eau**

<b>Cours.d.eau</b>	<b>n</b>	<b>mean</b>	<b>sd</b>	<b>min</b>	<b>Q1</b>	<b>median</b>	<b>Q3</b>	<b>max</b>
<b>Ardèche</b>	871	20.9	0.69	18.2	20.56	20.89	21.53	22.59
<b>La Beaume</b>	408	20.43	0.59	17.96	20.15	20.41	20.51	21.58

**Annexe XXV : Modèle biologique pour les aprons 0+ au format XML compatible avec le logiciel HABBY, substrat dominant.**

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<BiologicalModel>
<CdBiologicalModel>APR01b</CdBiologicalModel>
<Country>France</Country>
<MadeBy>INRAE Former Irstea Former Cemagref</MadeBy>
<Fish>
<CdAppelTaxon SchemeAgencyID="SANDRE">2197</CdAppelTaxon>
<LatinName>Zingel asper</LatinName>
<ComNames>
  <ComName Language="French">apron du Rhône</ComName>
  <ComName Language="English">Rhone streber</ComName>
</ComNames>
<CdAlternative OrgCdAlternative="ONEMA">APR</CdAlternative >
</Fish>
<General>
<CreationYear>2021</CreationYear>
<Description Language="French">
<![CDATA[
ATTENTION ces courbes sont à considérer comme des courbes d'occupations
et non pas de préférences pour des 0+ d'aprons dans les conditions d'hydrosignatures
précisées.
Origine: Pêches électriques réalisées en 10 nuits de septembre 2020.
Sur l'Ardèche et la Beaume (1279 points).
INRAE Aix en Provence, Fédération de pêche de l'Ardèche
AAPPMA Ardèche, CEN RA Ardèche.
Calculs des courbes d'occupations faits par l'INRAE.
Profondeur moyenne : 0.44 m, vitesse moyenne : 0.17 m/s.
Vitesse maximale: 1.2 m/s ; Hauteur maximale : 1.6 m.
1079 aprons 0+ LT[mm] dans l'intervalle [50,100[
100 aprons 1+ (et plus) LT[mm] dans l'intervalle [115,170[
100 mesures sans aprons
]]>
</Description>
<Image>APR01b.png</Image>
</General>
<ModelType Type="univariate suitability index curves">
<Stages>
<Stage Type="[50,100[" Dimension="Total Length" Unit="Millimeter" UnitSymbol="mm">
<PreferenceHeightOfWater>
<HeightOfWaterValues Unit="Meter" UnitSymbol="m">0 0.025 0.075 0.125 0.175 0.225 0.275
0.325 0.375 0.425 0.475 0.525 0.575 0.625 0.675 0.725 0.775 0.825 0.875 0.925 0.975 1.025
1.075 1.125 1.175 1.225 1.275 1.325 1.375 1.6</HeightOfWaterValues>
```

```

<PreferenceValues>0 0 0.08974 0.22564 0.5 0.62308 0.87949 0.93590 1 0.82564 0.7 0.53590
0.46667 0.34359 0.30769 0.21282 0.16667 0.11282 0.07179 0.05897 0.05385 0.05128
0.03846 0.03077 0.02821 0.01795 0.00769 0.00256 0.00513 0.00769</PreferenceValues>
</PreferenceHeightOfWater>
<PreferenceVelocity>
<VelocityValues Unit="MeterPerSecond" UnitSymbol="m/s">0 0.025 0.075 0.125 0.175 0.225
0.275 0.325 0.375 0.425 0.475 0.525 0.575 0.625 0.675 0.725 0.775 0.825 0.875 0.925 0.975
1.025 1.075 1.125 1.175 1.225 1.275 1.325 1.375 1.5</VelocityValues>
<PreferenceValues>0 1 0.83176 0.67453 0.51730 0.42925 0.34277 0.26730 0.21384 0.18711
0.17610 0.14623 0.09906 0.04874 0.04403 0.03774 0.04403 0.02987 0.02044 0.00629 0 0 0 0
0 0 0 0 0</PreferenceValues>
</PreferenceVelocity>
<PreferenceSubstrate>
<SubstrateValues ClassificationName="Code Sandre (Malavoi et Souchon 1989)"
Variables="Dominant">s1 s2 s3 s4 s5 s6 s7 s8 s9 s10 s11 s12</SubstrateValues>
<PreferenceValues>0 0 0.097315436 0.389261745 0.186241611 0.186241611 0.66442953 1
0.741610738 0.315436242 0.010067114 0.030201342</PreferenceValues>
</PreferenceSubstrate>
</Stage>
</Stages>
</ModelType>
<HydrosignatureOfTheSamplingData Type="Area" calculation_mode="Mean">
<HeightOfWaterClasses Unit="Meter" UnitSymbol="m">0 0.2 0.4 0.6 0.8 1 1.2 1.4
3</HeightOfWaterClasses>
<VelocityClasses Unit="MeterPerSecond" UnitSymbol="m/s">0 0.2 0.4 0.6 0.8 1 1.2 1.4
5</VelocityClasses>
<HydrosignatureValues Type="Percentages"
DescriptionMode="VelocityIncreasingAndThenHeightOfWaterIncreasing">3.36200156372166
2.65832681782643 1.56372165754496 0.469116497263487 7.81860828772478E-02 0 0 0
21.3448006254887 12.0406567630962 6.02032838154808 1.6419077404222
0.703674745895231 0.156372165754496 7.81860828772478E-02 0 18.2173573103988
7.03674745895231 2.65832681782643 0.625488663017983 0.390930414386239 0 0 0
10.4769351055512 1.6419077404222 0.781860828772478 7.81860828772478E-02
0.234558248631744 0 0 0 4.30023455824863 0.156372165754496 0 0.234558248631744 0 0
0 0 2.03283815480844 0 0 0 0 0 0.547302580140735 0 0 0 0 0 0.469116497263487 0 0
0 0 0 0 0</HydrosignatureValues>
</HydrosignatureOfTheSamplingData>
</BiologicalModel>

```



**Annexe XXVI : Modèle biologique pour les aprons 0+ au format XML compatible avec le logiciel HABBY, substrat le plus gros.**

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<BiologicalModel>
<CdBiologicalModel>APR02b</CdBiologicalModel>
<Country>France</Country>
<MadeBy>INRAE Former Irstea Former Cemagref</MadeBy>
<Fish>
<CdAppelTaxon SchemeAgencyID="SANDRE">2197</CdAppelTaxon>
<LatinName>Zingel asper</LatinName>
<ComNames>
  <ComName Language="French">apron du Rhône</ComName>
  <ComName Language="English">Rhône streber</ComName>
</ComNames>
<CdAlternative OrgCdAlternative="ONEMA">APR</CdAlternative >
</Fish>
<General>
<CreationYear>2021</CreationYear>
<Description Language="French">
<![CDATA[
ATTENTION ces courbes sont à considérer comme des courbes d'occupations
et non pas de préférences pour des 0+ d'aprons dans les conditions d'hydrosignatures
précisées.
Origine: Pêches électriques réalisées en 10 nuits de septembre 2020.
Sur l'Ardèche et la Beaume (1279 points).
INRAE Aix en Provence, Fédération de pêche de l'Ardèche
AAPPMA Ardèche, CEN RA Ardèche.
Calculs des courbes d'occupations faits par l'INRAE.
Profondeur moyenne : 0.44 m, vitesse moyenne : 0.17 m/s.
Vitesse maximale: 1.2 m/s ; Hauteur maximale : 1.6 m.
1079 aprons 0+ LT[mm] dans l'intervalle [50,100[
100 aprons 1+ (et plus) LT[mm] dans l'intervalle [115,170[
100 mesures sans aprons
]]>
</Description>
<Image>APR01b.png</Image>
</General>
<ModelType Type="univariate suitability index curves">
<Stages>
<Stage Type="[50,100[" Dimension="Total Length" Unit="Millimeter" UnitSymbol="mm">
<PreferenceHeightOfWater>
<HeightOfWaterValues Unit="Meter" UnitSymbol="m">0 0.025 0.075 0.125 0.175 0.225 0.275
0.325 0.375 0.425 0.475 0.525 0.575 0.625 0.675 0.725 0.775 0.825 0.875 0.925 0.975 1.025
1.075 1.125 1.175 1.225 1.275 1.325 1.375 1.6</HeightOfWaterValues>
```

```

<PreferenceValues>0 0 0.08974 0.22564 0.5 0.62308 0.87949 0.93590 1 0.82564 0.7 0.53590
0.46667 0.34359 0.30769 0.21282 0.16667 0.11282 0.07179 0.05897 0.05385 0.05128
0.03846 0.03077 0.02821 0.01795 0.00769 0.00256 0.00513 0.00769</PreferenceValues>
</PreferenceHeightOfWater>
<PreferenceVelocity>
<VelocityValues Unit="MeterPerSecond" UnitSymbol="m/s">0 0.025 0.075 0.125 0.175 0.225
0.275 0.325 0.375 0.425 0.475 0.525 0.575 0.625 0.675 0.725 0.775 0.825 0.875 0.925 0.975
1.025 1.075 1.125 1.175 1.225 1.275 1.325 1.375 1.5</VelocityValues>
<PreferenceValues>0 1 0.83176 0.67453 0.51730 0.42925 0.34277 0.26730 0.21384 0.18711
0.17610 0.14623 0.09906 0.04874 0.04403 0.03774 0.04403 0.02987 0.02044 0.00629 0 0 0 0
0 0 0 0 0</PreferenceValues>
</PreferenceVelocity>
<PreferenceSubstrate>
<SubstrateValues ClassificationName="Code Sandre (Malavoi et Souchon 1989)"
Variables="Coarser">s1 s2 s3 s4 s5 s6 s7 s8 s9 s10 s11 s12</SubstrateValues>
<PreferenceValues>0 0 0.00877193 0.00877193 0.007675439 0.007675439 0.103070175
0.460526316 1 0.513157895 0.208333333 0.048245614</PreferenceValues>
</PreferenceSubstrate>
</Stage>
</Stages>
</ModelType>
<HydrosignatureOfTheSamplingData Type="Area" calculation_mode="Mean">
<HeightOfWaterClasses Unit="Meter" UnitSymbol="m">0 0.2 0.4 0.6 0.8 1 1.2 1.4
3</HeightOfWaterClasses>
<VelocityClasses Unit="MeterPerSecond" UnitSymbol="m/s">0 0.2 0.4 0.6 0.8 1 1.2 1.4
5</VelocityClasses>
<HydrosignatureValues Type="Percentages"
DescriptionMode="VelocityIncreasingAndThenHeightOfWaterIncreasing">3.36200156372166
2.65832681782643 1.56372165754496 0.469116497263487 7.81860828772478E-02 0 0 0
21.3448006254887 12.0406567630962 6.02032838154808 1.6419077404222
0.703674745895231 0.156372165754496 7.81860828772478E-02 0 18.2173573103988
7.03674745895231 2.65832681782643 0.625488663017983 0.390930414386239 0 0 0
10.4769351055512 1.6419077404222 0.781860828772478 7.81860828772478E-02
0.234558248631744 0 0 0 4.30023455824863 0.156372165754496 0 0.234558248631744 0 0
0 0 2.03283815480844 0 0 0 0 0 0.547302580140735 0 0 0 0 0 0.469116497263487 0 0
0 0 0 0 0</HydrosignatureValues>
</HydrosignatureOfTheSamplingData>
</BiologicalModel>

```

**Annexe XXVII : Modèle biologique pour les aprons ≥1+ au format XML compatible avec le logiciel HABBY, substrat dominant.**

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<BiologicalModel>
<CdBiologicalModel>APR03b</CdBiologicalModel>
<Country>France</Country>
<MadeBy>INRAE Former Irstea Former Cemagref</MadeBy>
<Fish>
<CdAppelTaxon SchemeAgencyID="SANDRE">2197</CdAppelTaxon>
<LatinName>Zingel asper</LatinName>
<ComNames>
  <ComName Language="French">apron du Rhône</ComName>
  <ComName Language="English">Rhone streber</ComName>
</ComNames>
<CdAlternative OrgCdAlternative="ONEMA">APR</CdAlternative >
</Fish>
<General>
<CreationYear>2021</CreationYear>
<Description Language="French">
<![CDATA[
ATTENTION ces courbes sont à considérer comme des courbes d'occupations
et non pas de préférences pour des 0+ d'aprons dans les conditions d'hydrosignatures
précisées.
Origine: Pêches électriques réalisées en 10 nuits de septembre 2020.
Sur l'Ardèche et la Beaume (1279 points).
INRAE Aix en Provence, Fédération de pêche de l'Ardèche
AAPPMA Ardèche, CEN RA Ardèche.
Calculs des courbes d'occupations faits par l'INRAE.
Profondeur moyenne : 0.44 m, vitesse moyenne : 0.17 m/s.
Vitesse maximale: 1.2 m/s ; Hauteur maximale : 1.6 m.
1079 aprons 0+ LT[mm] dans l'intervalle [50,100[
100 aprons 1+ (et plus) LT[mm] dans l'intervalle [115,170[
100 mesures sans aprons
]]>
</Description>
<Image>APR01b.png</Image>
</General>
<ModelType Type="univariate suitability index curves">
<Stages>
<Stage Type="[115,170[" Dimension="Total Length" Unit="Millimeter" UnitSymbol="mm">
<PreferenceHeightOfWater>
<HeightOfWaterValues Unit="Meter" UnitSymbol="m">0 0.025 0.075 0.125 0.175 0.225 0.275
0.325 0.375 0.425 0.475 0.525 0.575 0.625 0.675 0.725 0.775 0.825 0.875 0.925 0.975 1.025
1.075 1.125 1.175 1.225 1.275 1.325 1.375 1.6</HeightOfWaterValues>
```

```

<PreferenceValues>0 0 0 0.04348 0.10870 0.21739 0.41304 0.65217 0.76087 0.97826 1 1
0.86957 0.80435 0.60870 0.56522 0.47826 0.43478 0.34783 0.30435 0.21739 0.10870
0.04348 0.022 0.022 0.022 0.022 0.022 0.022 0.022 0.022</PreferenceValues>
</PreferenceHeightOfWater>
<PreferenceVelocity>
<VelocityValues Unit="MeterPerSecond" UnitSymbol="m/s">0 0.025 0.075 0.125 0.175 0.225
0.275 0.325 0.375 0.425 0.475 0.525 0.575 0.625 0.675 0.725 0.775 0.825 0.875 0.925 0.975
1.025 1.075 1.125 1.175 1.225 1.275 1.325 1.375 1.5</VelocityValues>
<PreferenceValues>0 1 0.66667 0.42708 0.27083 0.21875 0.21875 0.16667 0.13542 0.05208
0.02083 0.02083 0.01042 0.01042 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0</PreferenceValues>
</PreferenceVelocity>
<PreferenceSubstrate>
<SubstrateValues ClassificationName="Code Sandre (Malavoi et Souchon 1989)"
Variables="Dominant">s1 s2 s3 s4 s5 s6 s7 s8 s9 s10 s11 s12</SubstrateValues>
<PreferenceValues>0 0 0.04 0.76 0.22 0.22 0.44 0.48 0.76 1 0.04 0.04</PreferenceValues>
</PreferenceSubstrate>
</Stage>
</Stages>
</ModelType>
<HydrosignatureOfTheSamplingData Type="Area" calculation_mode="Mean">
<HeightOfWaterClasses Unit="Meter" UnitSymbol="m">0 0.2 0.4 0.6 0.8 1 1.2 1.4
3</HeightOfWaterClasses>
<VelocityClasses Unit="MeterPerSecond" UnitSymbol="m/s">0 0.2 0.4 0.6 0.8 1 1.2 1.4
5</VelocityClasses>
<HydrosignatureValues Type="Percentages"
DescriptionMode="VelocityIncreasingAndThenHeightOfWaterIncreasing">3.36200156372166
2.65832681782643 1.56372165754496 0.469116497263487 7.81860828772478E-02 0 0 0
21.3448006254887 12.0406567630962 6.02032838154808 1.6419077404222
0.703674745895231 0.156372165754496 7.81860828772478E-02 0 18.2173573103988
7.03674745895231 2.65832681782643 0.625488663017983 0.390930414386239 0 0 0
10.4769351055512 1.6419077404222 0.781860828772478 7.81860828772478E-02
0.234558248631744 0 0 0 4.30023455824863 0.156372165754496 0 0.234558248631744 0 0
0 0 2.03283815480844 0 0 0 0 0 0 0.547302580140735 0 0 0 0 0 0 0.469116497263487 0 0
0 0 0 0 </HydrosignatureValues>
</HydrosignatureOfTheSamplingData>
</BiologicalModel>

```

**Annexe XXVIII : Modèle biologique pour les aprons ≥1+ + au format XML compatible avec le logiciel HABBY, substrat le plus gros.**

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<BiologicalModel>
<CdBiologicalModel>APR04b</CdBiologicalModel>
<Country>France</Country>
<MadeBy>INRAE Former Irstea Former Cemagref</MadeBy>
<Fish>
<CdAppelTaxon SchemeAgencyID="SANDRE">2197</CdAppelTaxon>
<LatinName>Zingel asper</LatinName>
<ComNames>
  <ComName Language="French">apron du Rhône</ComName>
  <ComName Language="English">Rhône streber</ComName>
</ComNames>
<CdAlternative OrgCdAlternative="ONEMA">APR</CdAlternative >
</Fish>
<General>
<CreationYear>2021</CreationYear>
<Description Language="French">
<![CDATA[
ATTENTION ces courbes sont à considérer comme des courbes d'occupations
et non pas de préférences pour des 0+ d'aprons dans les conditions d'hydrosignatures
précisées.
Origine: Pêches électriques réalisées en 10 nuits de septembre 2020.
Sur l'Ardèche et la Beauce (1279 points).
INRAE Aix en Provence, Fédération de pêche de l'Ardèche
AAPPMA Ardèche, CEN RA Ardèche.
Calculs des courbes d'occupations faits par l'INRAE.
Profondeur moyenne : 0.44 m, vitesse moyenne : 0.17 m/s.
Vitesse maximale: 1.2 m/s ; Hauteur maximale : 1.6 m.
1079 aprons 0+ LT[mm] dans l'intervalle [50,100[
100 aprons 1+ (et plus) LT[mm] dans l'intervalle [115,170[
100 mesures sans aprons
]]>
</Description>
<Image>APR01b.png</Image>
</General>
<ModelType Type="univariate suitability index curves">
<Stages>
<Stage Type="[115,170[" Dimension="Total Length" Unit="Millimeter" UnitSymbol="mm">
<PreferenceHeightOfWater>
<HeightOfWaterValues Unit="Meter" UnitSymbol="m">0 0.025 0.075 0.125 0.175 0.225 0.275
0.325 0.375 0.425 0.475 0.525 0.575 0.625 0.675 0.725 0.775 0.825 0.875 0.925 0.975 1.025
1.075 1.125 1.175 1.225 1.275 1.325 1.375 1.6</HeightOfWaterValues>
```

```

<PreferenceValues>0 0 0 0.04348 0.10870 0.21739 0.41304 0.65217 0.76087 0.97826 1 1
0.86957 0.80435 0.60870 0.56522 0.47826 0.43478 0.34783 0.30435 0.21739 0.10870
0.04348 0.022 0.022 0.022 0.022 0.022 0.022 0.022</PreferenceValues>
</PreferenceHeightOfWater>
<PreferenceVelocity>
<VelocityValues Unit="MeterPerSecond" UnitSymbol="m/s">0 0.025 0.075 0.125 0.175 0.225
0.275 0.325 0.375 0.425 0.475 0.525 0.575 0.625 0.675 0.725 0.775 0.825 0.875 0.925 0.975
1.025 1.075 1.125 1.175 1.225 1.275 1.325 1.375 1.5</VelocityValues>
<PreferenceValues>0 1 0.66667 0.42708 0.27083 0.21875 0.21875 0.16667 0.13542 0.05208
0.02083 0.02083 0.01042 0.01042 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0</PreferenceValues>
</PreferenceVelocity>
<PreferenceSubstrate>
<SubstrateValues ClassificationName="Code Sandre (Malavoi et Souchon 1989)"
Variables="Coarser">s1 s2 s3 s4 s5 s6 s7 s8 s9 s10 s11 s12</SubstrateValues>
<PreferenceValues>0 0 0 0 0 0.05769 0.15385 0.34615 1 0.30769
0.05769</PreferenceValues>
</PreferenceSubstrate>
</Stage>
</Stages>
</ModelType>
<HydrosignatureOfTheSamplingData Type="Area" calculation_mode="Mean">
<HeightOfWaterClasses Unit="Meter" UnitSymbol="m">0 0.2 0.4 0.6 0.8 1 1.2 1.4
3</HeightOfWaterClasses>
<VelocityClasses Unit="MeterPerSecond" UnitSymbol="m/s">0 0.2 0.4 0.6 0.8 1 1.2 1.4
5</VelocityClasses>
<HydrosignatureValues Type="Percentages"
DescriptionMode="VelocityIncreasingAndThenHeightOfWaterIncreasing">3.36200156372166
2.65832681782643 1.56372165754496 0.469116497263487 7.81860828772478E-02 0 0 0
21.3448006254887 12.0406567630962 6.02032838154808 1.6419077404222
0.703674745895231 0.156372165754496 7.81860828772478E-02 0 18.2173573103988
7.03674745895231 2.65832681782643 0.625488663017983 0.390930414386239 0 0 0
10.4769351055512 1.6419077404222 0.781860828772478 7.81860828772478E-02
0.234558248631744 0 0 0 4.30023455824863 0.156372165754496 0 0.234558248631744 0 0
0 0 2.03283815480844 0 0 0 0 0 0.547302580140735 0 0 0 0 0 0 0.469116497263487 0 0
0 0 0 0</HydrosignatureValues>
</HydrosignatureOfTheSamplingData>
</BiologicalModel>

```



**Centre Provence Alpes Côte d'Azur**

**UMR RECOVER**

**Equipe FRESHCO**

**3275 Route Cézanne - CS 40061**

**13182 Aix-en-Provence Cedex 5**

**Tél. : +33 (4) 42 66 99 10**

Rejoignez-nous sur :



[www.inrae.fr/centres/provence-alpes-cote-dazur](http://www.inrae.fr/centres/provence-alpes-cote-dazur)

**Institut national de recherche pour  
l'agriculture, l'alimentation et l'environnement**

**INRAE**  
la science pour la vie, l'humain, la terre