



# Suivi écologique sur la rivière Sioule

## Aménagement de Queuille



Etudes d'impact Suivi de qualité



Conseil Aménagement Restauration

EAUX CONTINENTALES

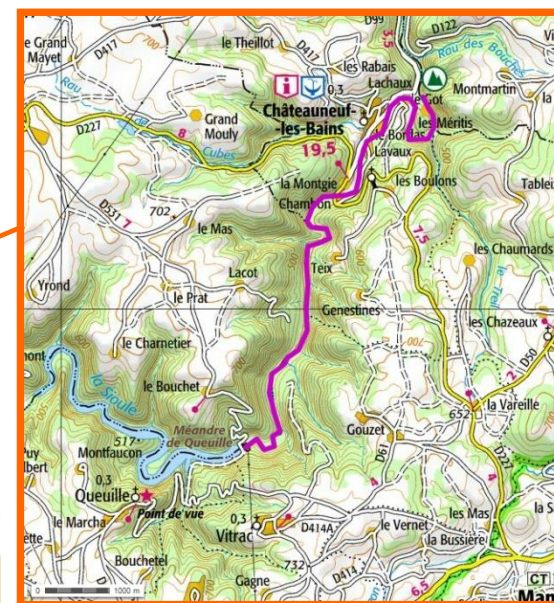
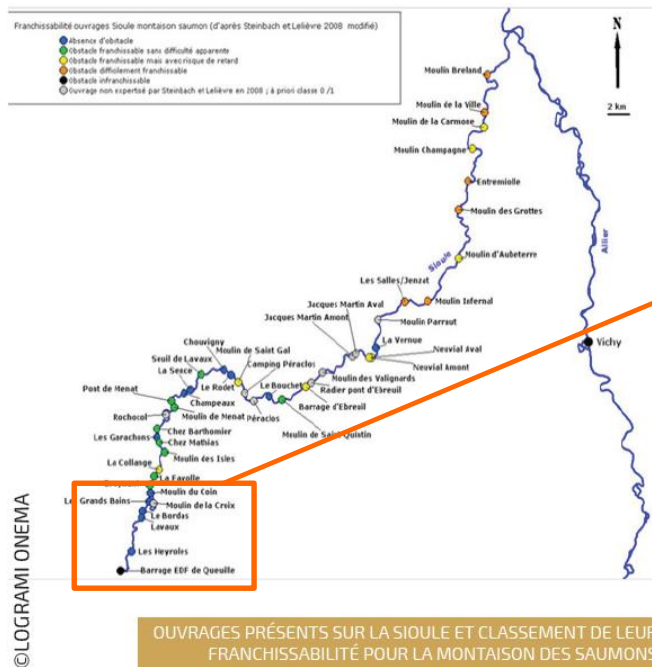
Présentation des résultats 2106-2018  
Ebreuil 28 février 2018

# Suivi écologique de la Sioule- Aménagement de Queuille

## - Contexte et objectif du suivi

La Sioule présente un enjeu piscicole fort, notamment par la présence de sites de frai du Saumon Atlantique.

Le seuil de Queuille constitue le premier obstacle infranchissable depuis la confluence avec l'Allier (Logrami /onema 2008).



Sur les 87 km colonisables, la partie amont est la plus propice à la reproduction du Saumon, 84,4% des frayères recensées en 2012 étant situées sur les 45 premiers km.



## - Contexte et objectif du suivi

Le protocole vise à répondre à l'arrêté préfectoral du 25 Février 2013 portant règlement d'eau de la chute de Queuille, particulièrement à l'article 7 « Eclusées » et au point « Suivi écologique ».

**Objectif d'apprécier l'impact des éclusées sur la base d'un rapport annuel remis par l'exploitant pendant une durée de 5 ans.**

Le suivi s'appuie sur les retours d'expérience de mise en place de suivis d'impacts des éclusées de différents aménagements EDF (préconisations de suivi dans Charret 2014 notamment)

Espèces cibles définies en regard des espèces conduisant au classement de la Sioule en liste 2 à l'aval de Queuille:

- Le saumon



- La truite fario



- l'ombre commun





## - Description de l'aménagement et fonctionnement par écluse

Centrale en pied de barrage assurant la démodulation des débits turbinés à la centrale des Fades. Programme journalier en relation avec celui demandé pour la centrale des Fades.

Chute de 25,98m, débit maximum turbinable de 42,8 m<sup>3</sup>/sec



### Régime d'éclusées:

-Du 1<sup>er</sup> Juillet au 21 Aout: **pas d'éclusées pour un débit entrant au barrage des fades < à 5 m<sup>3</sup>/sec.**

-**Si débit < 10 m<sup>3</sup>/sec à l'aval de Queuille, rapport Q<sub>maxi</sub>/Q<sub>mini</sub> < 3** sauf du 15 décembre à fin février. Débit aval du barrage maintenu 4 h avant augmentation de charge

- Si débit > 10 m<sup>3</sup>/sec à l'aval de Queuille, pas de limitation du rapport Q<sub>maxi</sub>/Q<sub>mini</sub>, Q<sub>maxi</sub> maintenu 4 h avant baisse de charge, sauf du 15 décembre à fin février.

-Du 1<sup>er</sup> Avril au 1<sup>er</sup> Juin, entre 22h et 4 h du matin, éclusées limitées au rapport **Q<sub>maxi</sub>/Q<sub>mini</sub> < 3**

## - Description de l'aménagement et fonctionnement par écluse

Période et gradient pour la prise en charge des groupes:

| critère                | Variation de débit              | temps de mise en charge |   |
|------------------------|---------------------------------|-------------------------|---|
|                        |                                 | cas général             | du 15/04 au 15/06 et du 15/11 au 15/12<br>périodes d'émergence et de frai |
| Augmentation de charge | 2,5 à 5 m <sup>3</sup> /sec     | 30 min                  | pas d'écluse  |
|                        | 5 à 10,7 m <sup>3</sup> /sec    | 30 min                  | 30 min  |
|                        | 10,7 à 21,5 m <sup>3</sup> /sec | 15 min                  | 15 min  |
|                        | 21,5 à 32 m <sup>3</sup> /sec   | 15 min                  | 15 min  |
|                        | 32 à 42,8 m <sup>3</sup> /sec   | 15min                   | 15min   |
| Baisse de charge       | 42,8 à 32 m <sup>3</sup> /sec   | 15 min                  | 15 min  |
|                        | 32 à 21,5 m <sup>3</sup> /sec   | 15min                   | 15min   |
|                        | 21,5 à 10,7 m <sup>3</sup> /sec | 30 min                  | 30 min  |
|                        | 10,7 à 5 m <sup>3</sup> /sec    | 30 min                  | 30 min  |
|                        | 5 à 2,5 m <sup>3</sup> /sec     | 45 min                  | pas d'écluse  |

A retenir dans le règlement d'eau:

- pas d'éclusées pour un débit plancher < à 5 m<sup>3</sup>/sec entrant aux Fades
- pas d'éclusées en conditions d'eau basse lors du frai et de l'émergence des salmonidés
- Rapport des débits turbinés  $Q_{\text{maxi}}/Q_{\text{mini}} < 3$ , hors période hivernale

## - Présentation du protocole de suivi pluri-annuel

|   | site suivi  | nombre de campagne                     |
|---|---|--|
| <b>Hydrologie et thermie</b>                              |   |  |
| Hydrologie et régime d'écluse                             | station Hydro Chateaufort les Bains. Analyse du régime d'éclusées | en continu                             |
| Suivi du niveau d'eau et température                      | 2 stations S2 et S2bis  | sondes en continu                      |
| <b>Physico-chimie</b>                                     |   |  |
| Physico-chimie de terrain                                 | stations S1 et S2 + biblio  | 2 campagnes/an à minima                |
| suivi de l'oxygénation en continu lors d'une éclusée      | station S1 et S2  | 1 campagne (étiage)                    |
| <b>Morphologie</b>  |   |  |
| Hydromorphologie, cartographie zones de piégeage/échouage | linéaire de 12.5 km du barrage au pont de Braynant                | 1 campagne (5m <sup>3</sup> /sec = QR) |
| <b>Frayère</b>  |   |  |
| inventaire des frayères potentielles                      | linéaire de 12.5 km du barrage au pont de Braynant                | 1 campagne (5m <sup>3</sup> /sec = QR) |
| suivi frayère actives truites et saumon                   | linéaire de 12.5 km du barrage au pont de Braynant                | 2 campagnes en 2016                    |
| suivi frayère actives ombre                               | linéaire de 12.5 km du barrage au pont de Braynant                | 2 campagnes en 2016/2017               |
| <b>Suivi piscicole</b>                                    |   |  |
| pêche de sondage EPA juvéniles                            | stations S1 et S2   | 1 campagne/an                          |
| Pêche d'inventaire complète                               | 1 station à définir   | 1 campagne en 2017                     |
| <b>Suivi des sites de piégeage/échouage</b>               |   |  |
| topographie des zones et suivi de niveau                  | 20 sites issues de la cartographie                                | 5 sites/an depuis 2018                 |

# Partie 1: Etat des lieux piscicole (inventaire 2017)



# - Situation piscicole en début de suivi: inventaire 6 sept 2017

**50 opérateurs** : FDAAPPMA 63, FDAAPPMA 03, LOGRAMI, l'AAPPMA Châteauneuf les Bains, AFB DR Clermont Ferrand, Eaux Continentales

Lamproie de planer non capturée mais présente sur le secteur (faible densité.)

abondance conformes: chabot, vairon, loche franche, spirin, goujon.

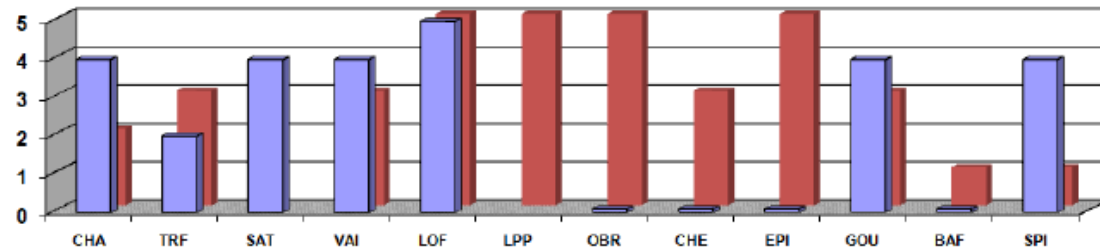
Déficit chevesne, épinouche.

Truite: 690 ind/ha, classe « faible » selon référentiel massif central. Toutes les classes de taille en déficit.

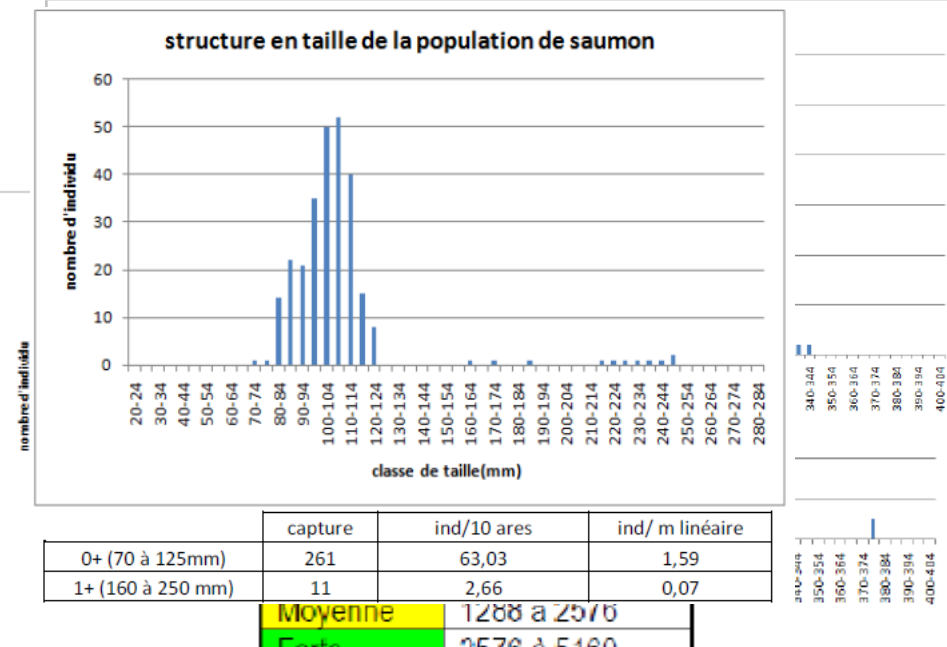
Saumon: bonne présence de juvéniles, mais année de bonne réussite du frai

Ombre: très faible abondance

classes d'abondance Comparaison du peuplement de la Sioule aux Méritis au peuplement référentiel



structure en taille de la population de saumon



|                   | capture | ind/10 ares | ind/ m linéaire |
|-------------------|---------|-------------|-----------------|
| 0+ (70 à 125mm)   | 261     | 63,03       | 1,59            |
| 1+ (160 à 250 mm) | 11      | 2,66        | 0,07            |

|            |             |
|------------|-------------|
| Moyenne    | 1288 à 2576 |
| Forte      | 2576 à 5160 |
| Très forte | > à 5160    |



# - Orientations sur les facteurs limitant les espèces cibles

Effets potentiels de l'aménagement de Queuille

Qualité d'eau

Variabilité hydrologique

Fonctionnalité Frayères

Régime thermique

Habitat des juvéniles

Pression de pêche truite

Abondances espèces cibles



## Partie 2: morphologie générale



## - Hydromorphologie

- Succession des faciès plus naturelle sur la partie amont Chateauneuf. Présence de chenaux lenticues (18.7%) à l'amont des seuils.

- Succession plat courant et radier/rapide dominante (63% en surface). **Fort potentiel de production en juvéniles des espèces cibles.**

-Granulométrie plus variée sur la partie aval (apports ru. de Cube), moindre proportion de cailloux fins et graviers à l'aval proche du barrage (pavage)

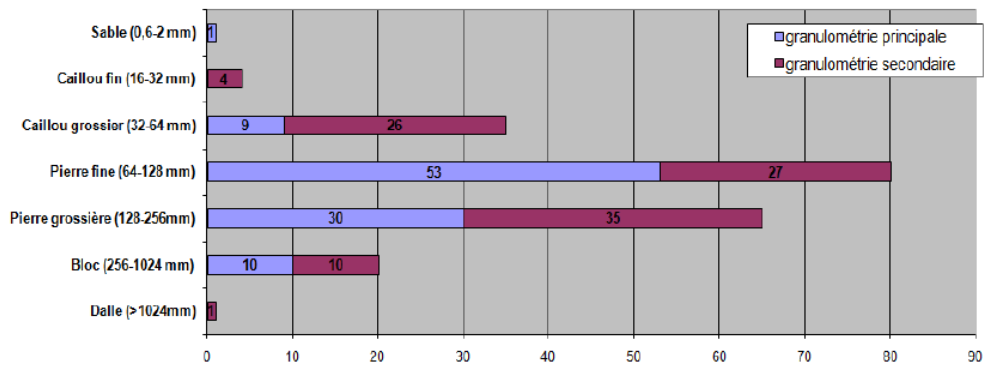
- Colmatage fort par les diatomées jusqu'à Chateauneuf les Bains.

- Continuité: 6 seuils franchissables, le barrage de Queuille est le seul infranchissable sur le linéaire étudié.

-Berges majoritairement naturelles et ripisylve bien présente, mais manque de rajeunissement.

Carte de la succession des faciès la Sioule en aval de Queuille

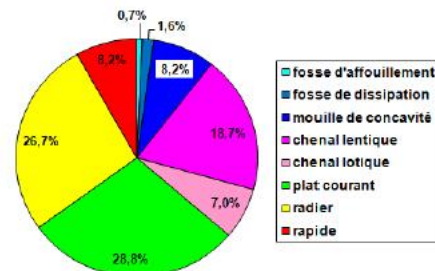
Granulométrie principale et secondaire observée sur les faciès.  
La valeur correspond à l'occurrence de la classe granulométrique sur la totalité des faciès



| nom                | ROE  | type             | Franchissabilité pour les espèces cibles |
|--------------------|------|------------------|--|
| Braynant           | 1911 | seuil en rivière | Franchissable                            |
| Moulin du Coin     | 4573 | seuil en rivière | Franchissable                            |
| Les Grands Bains   | 4484 | seuil en rivière | Franchissable                            |
| Le Bordas          | 4462 | seuil en rivière | Franchissable                            |
| Lavaux Chateauneuf | 4562 | seuil en rivière | Franchissable                            |
| Les Heyroles       | 4247 | seuil en rivière | Franchissable                            |
| Queuille           | 4222 | barrage          | infranchissable                          |



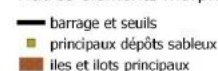
Représentation surfacique des différents faciès. Sioule entre le barrage de Queuille et le Pont de Braynant (12.5km de linéaire)



Légende des faciès au débit réservé



Autres éléments morphologiques





## Partie 3 : hydrologie et régime d'éclusée





## - Etude du régime d'éclusées (méthode Courret D. 2014)

Une éclusée se caractérise pour la hausse et la baisse par:

- Débit de base
- Débit maximum
- Amplitude
- Gradient : vitesse de variation de débit (amplitude/delta t).

Méthode de **sélection automatisée discriminant les éclusées** des variations naturelles.

**Régime d'éclusées:** 5 paramètres retenus pour caractériser le niveau de perturbation hydrologique:

- le nombre total de baisse et de hausses d'éclusées par année
- la valeur du débit de base non dépassée par 10% des baisses
- la valeur d'amplitude non dépassée par 90% des baisses
- la valeur de gradient non dépassée par 90% des baisses
- la valeur de gradient non dépassée par 90% des hausses

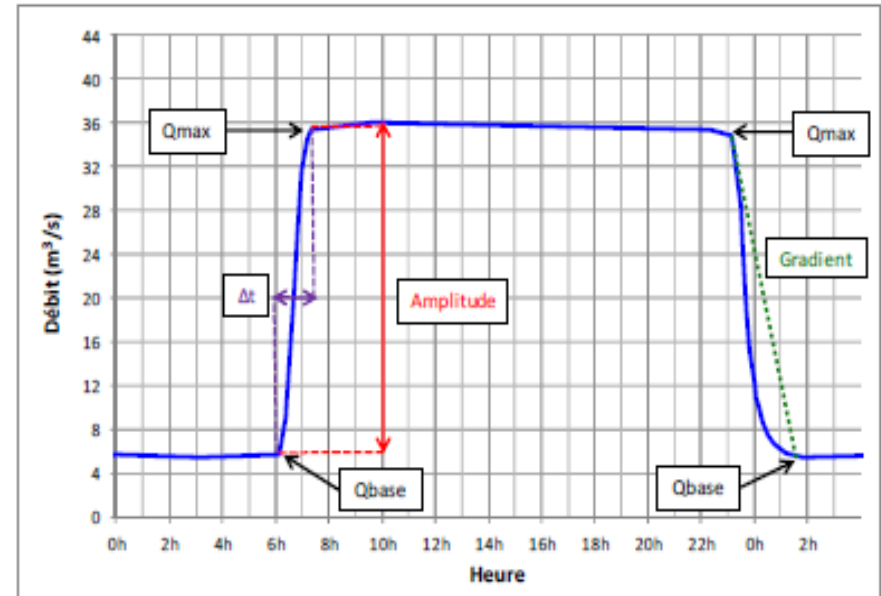


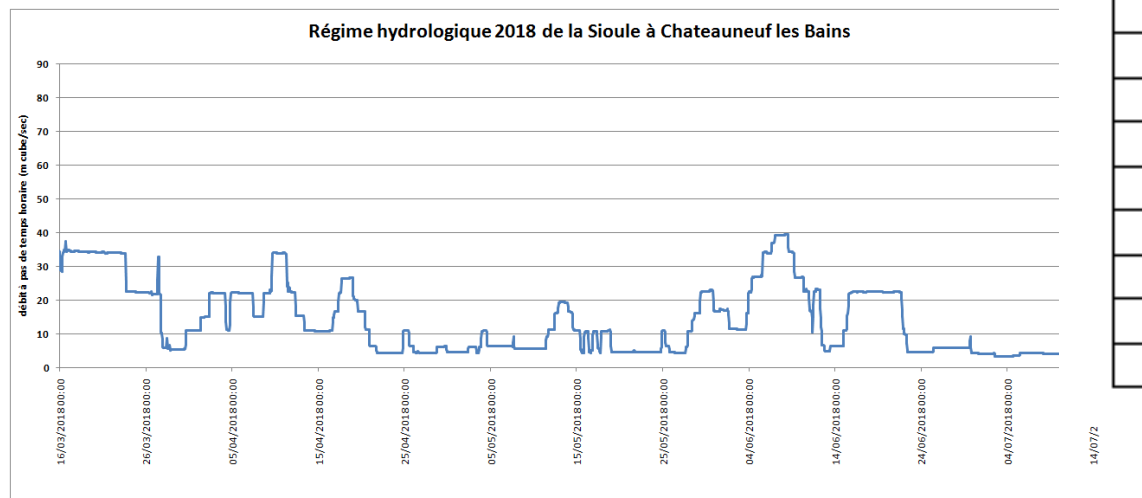
Figure 42 : Variables caractéristiques d'une hausse ou baisse d'éclusée.

## - Etude du régime d'éclusées (méthode Courret D. 2014)

La classe 2 est prédominante à Chateauneuf les Bains: **perturbation hydrologique marquée**

| Classe | Code couleur | Niveau de perturbation hydrologique due aux éclusées |
|--------|--------------|--|
| 0      |              | Hydrologie naturelle ou peu perturbée                |
| 1      | Bleu         | Perturbation hydrologique sensible.                  |
| 2      | Vert         | Perturbation hydrologique marquée.                   |
| 3      | Jaune        | Perturbation hydrologique très marquée.              |
| 4      | Orange       | Perturbation hydrologique sévère.                    |
| 5      | Rouge        | Perturbation hydrologique très sévère.               |

Travail ciblé sur les baisses, plus impactantes



| année | Chateauneuf<br>classe | Ebreuil<br>classe |
|-------|-----------------------|-------------------|
| 1999  | 2+                    | 2-                |
| 2000  | 2+                    | 1                 |
| 2001  | 2+                    | 1                 |
| 2002  | 1                     | 1                 |
| 2003  | 1                     | 1                 |
| 2004  | 2-                    | 1                 |
| 2005  | 2+                    | 1                 |
| 2006  | 2+                    | 2-                |
| 2007  | 3-                    | 2-                |
| 2008  | 2+                    | 2-                |
| 2009  | 2+                    | 2-                |
| 2010  | 2-                    | 1                 |
| 2011  | 1                     | 1                 |
| 2012  | 2-                    | 1                 |
| 2013  | 2-                    | 1                 |
| 2014  | 2+                    | 1                 |
| 2015  | 2-                    | 1                 |
| 2016  | 2+                    | 1                 |
| 2017  | 2+                    | 2-                |
| 2018  | 2-                    | 1                 |

# - Etude du régime d'éclusées (méthode Courret D. 2014)

## Fréquence Baisses d'éclusées:

En moyenne 67/an sur les 20 dernières années. 108 en 2017. En dessous de la moyenne de 220 éclusées par an obtenue par Courret (2008) sur un suivi pluri-annuel de 80 stations influencées.

Nombre plus élevé en Décembre/janvier/février  
Rare d'avoir plusieurs éclusées journalières.

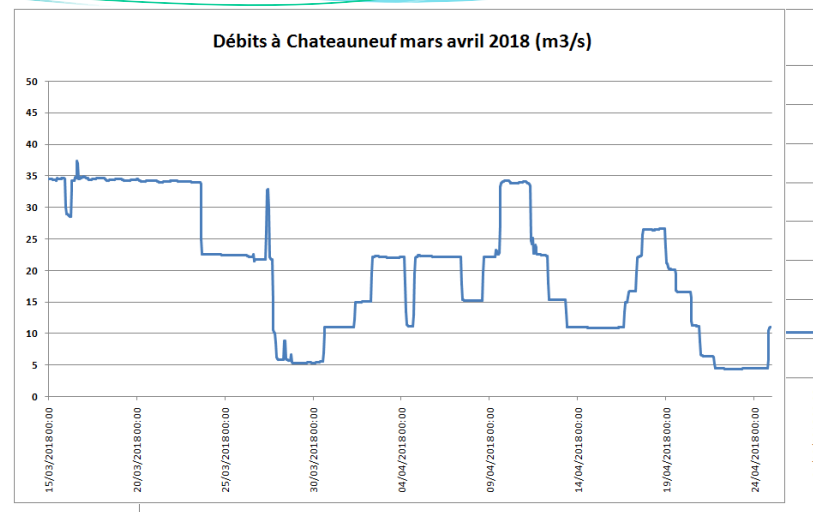
## Amplitude des baisses:

La valeur moyenne de l'amplitude est de 9,2 m<sup>3</sup>/sec en baisse, en moyenne sur les 20 dernières années. (0,4 module Courret (2014) mentionnant une amplitude allant de 0,15 à 0,7 module pour 80 stations étudiées en France)

Par contre les valeurs maximales (de 29 à 38.4 m<sup>3</sup>/sec sur 2016/2018) indiquent qu'une partie des baisses présente une amplitude notable.

En termes de hauteur d'eau sur les stations de suivi de niveau, l'amplitude moyenne calculée sur une année varie de 12.3 cm à 14.8 cm en station S2 et de 9.7 cm à 10.2 cm en station S2 bis durant le suivi 2016/2018.

Les maximales indiquent des baisses de l'ordre de 20 à près de 60 cm ,peu fréquentes.



|                   | Nombre de baisses | Débit de base (m3/s) |     | Débit maximum (m3/s) |      | Amplitude (m3/s) |      | Gradient (m3/s/h) |      |
|-------------------|-------------------|----------------------|-----|----------------------|------|------------------|------|-------------------|------|
|                   |                   | Moy                  | Min | Moy                  | Max  | Moy              | Max  | Moy               | Max  |
| Moyenne 1999/2018 | 67                | 13.2                 | 4.0 | 22.4                 | 47   | 9.2              | 33   | 3.8               | 17.3 |
| 2016              | 81                | 14.3                 | 4.2 | 23.4                 | 48.4 | 9.2              | 31.6 | 3.8               | 28.8 |
| 2017              | 108               | 11.3                 | 4.4 | 19.2                 | 49.1 | 8.0              | 38.4 | 2.9               | 23.0 |
| 2018              | 92                | 11.5                 | 3.4 | 18.9                 | 47.5 | 7.4              | 29.0 | 3.4               | 12.8 |

|                   | Nombre de Baisse en station 2 | Amplitude (cm) |      |      |             | Gradient (cm/h) |     |      |             |
|-------------------|-------------------------------|----------------|------|------|-------------|-----------------|-----|------|-------------|
|                   |                               | Min            | Moy  | Max  | gème décile | Min             | Moy | Max  | gème décile |
| Moyenne 1999/2018 | 67                            | 3.1            | 14.9 | 68.5 | 28.8        | 0.4             | 5.9 | 67.5 | 12.2        |
| 2016              | 81                            | 3.1            | 14.8 | 50.7 | 29.3        | 0.7             | 5.9 | 45.4 | 10.3        |
| 2017              | 108                           | 3.4            | 13.1 | 59.3 | 27.0        | 0.4             | 4.8 | 35.6 | 7.8         |
| 2018              | 92                            | 3.3            | 12.3 | 46.9 | 20.1        | 0.6             | 5.4 | 19.8 | 11.8        |

# - Etude du régime d'éclusées (méthode Courret D. 2014)

## Débit de base :

Le débit de base moyen sur les 20 dernières années est de 13,2 m<sup>3</sup>/s, avec des valeurs pour les 3 dernières années qui oscillent autour de cette moyenne.

Mais 10% des baisses éclusées de la chronique ont un débit de base inférieur à 5.2 m<sup>3</sup>/s (entre 4.6 et 5.6 m<sup>3</sup>/s entre 2016 et 2018).

## Gradients des baisses:

**Gradient non dépassé par 90 % des baisses** (9<sup>ème</sup> décile) de 6.8 m<sup>3</sup>/s/h en 2016, 5.0 m<sup>3</sup>/s/h en 2017 et 7.8 m<sup>3</sup>/s/h en 2018.

**En termes de niveau d'eau, cela correspond à des valeurs comprises entre 7.8 et 11.8 cm/h en station S2 et entre 5.4 et 6.0 cm/h en station S2bis.**

**Mais:**

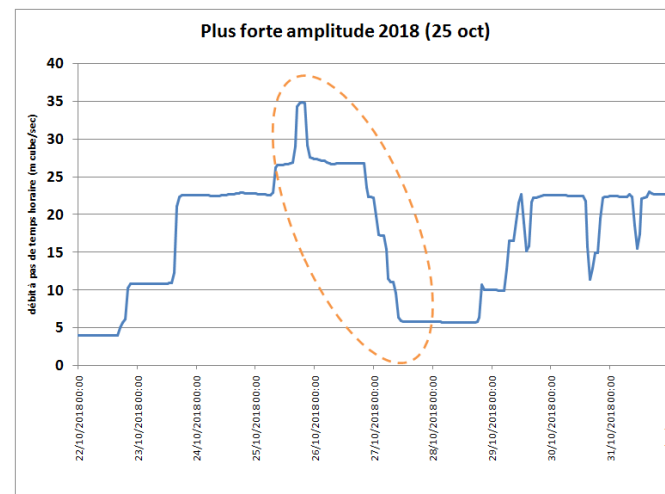
**Valeurs maximales pour 2016 à 2018 entre 19.8 et 45.4 cm/h en S2 et entre 10.9 et 26.1 cm/h en S2bis.**

**Quel gradient plus proche du barrage?**

Gradient sous-estimé pour les quelques éclusées concaténées...

|                   | Nombre de baisses | Débit de base (m <sup>3</sup> /s) |     | Débit maximum (m <sup>3</sup> /s) |      | Amplitude (m <sup>3</sup> /s) |      | Gradient (m <sup>3</sup> /s/h) |      |
|-------------------|-------------------|-----------------------------------|-----|-----------------------------------|------|-------------------------------|------|--------------------------------|------|
|                   |                   | Moy                               | Min | Moy                               | Max  | Moy                           | Max  | Moy                            | Max  |
| Moyenne 1999/2018 | 67                | 13.2                              | 4.0 | 22.4                              | 47   | 9.2                           | 33   | 3.8                            | 17.3 |
| 2016              | 81                | 14.3                              | 4.2 | 23.4                              | 48.4 | 9.2                           | 31.6 | 3.8                            | 28.8 |
| 2017              | 108               | 11.3                              | 4.4 | 19.2                              | 49.1 | 8.0                           | 38.4 | 2.9                            | 23.0 |
| 2018              | 92                | 11.5                              | 3.4 | 18.9                              | 47.5 | 7.4                           | 29.0 | 3.4                            | 12.8 |

|                   | Nombre de Baisse en station 2 | Amplitude (cm) |      |      |                         | Gradient (cm/h) |     |      |                         |
|-------------------|-------------------------------|----------------|------|------|-------------------------|-----------------|-----|------|-------------------------|
|                   |                               | Min            | Moy  | Max  | g <sup>ème</sup> décile | Min             | Moy | Max  | g <sup>ème</sup> décile |
| Moyenne 1999/2018 | 67                            | 3.1            | 14.9 | 68.5 | 28.8                    | 0.4             | 5.9 | 67.5 | 12.2                    |
| 2016              | 81                            | 3.1            | 14.8 | 50.7 | 29.3                    | 0.7             | 5.9 | 45.4 | 10.3                    |
| 2017              | 108                           | 3.4            | 13.1 | 59.3 | 27.0                    | 0.4             | 4.8 | 35.6 | 7.8                     |
| 2018              | 92                            | 3.3            | 12.3 | 46.9 | 20.1                    | 0.6             | 5.4 | 19.8 | 11.8                    |





## **- Etude du régime d'éclusées (méthode Courret D. 2014)**

**Une perturbation hydrologique marquée (classe 2 sur 5) avec des valeurs médianes ou moyennes des descripteurs qui restent dans la gamme observées à l'aval de nombreux ouvrages.**

 **Mais une petite partie d'évènements hydrologiques qui s'écartent fortement des valeurs moyennes**

 **Les effets d'un phénomène sur la biologie sont souvent reliées à ses valeurs extrêmes...**

Zooms effectués sur ces valeurs lors des périodes de sensibilité biologique.

## Partie 4 : influence sur la qualité d'eau



## - Qualité d'eau globale

### Données Agence de l'eau à Lisseuil:

Atteinte du « Bon Etat » pour la physico-chimie générale et la biologie.

Mais des concentrations en nutriments supérieures aux valeurs naturelles...



|                               | valeur déclassante 2015 | valeur déclassante 2016 | valeur déclassante 2017 | état 2017             |
|-------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|
| Température eau (°C)          | 19.4                    | 17.3                    | 18.2                    | très bon              |
| pH                            | 7.5 à 8                 | 6.8 à 7.7               | 6.5 à 7.6               | très bon              |
| Oxygène dissous (mg/L)        | 9.26                    | 9.6                     | 9.08                    | très bon              |
| Taux de saturation( %)        | 99.3                    | 92                      | 97                      | très bon              |
| DBO5 (mg/L d'O2)              | 3                       | 1.5                     | 1.2                     | très bon              |
| COD (mg/L C)                  | 4.1                     | 5.7                     | 5.9                     | bon                   |
| Ammonium NH4+ (mg/L)          | 0.02                    | 0.03                    | 0.06                    | très bon              |
| Nitrites NO2- (mg/L)          | 0.05                    | 0.04                    | 0.05                    | très bon              |
| Nitrates NO3- (mg/L)          | 8.9                     | 9.1                     | 10.6                    | bon                   |
| Phosphates (mg/L)             | 0.13                    | 0.11                    | 0.09                    | bon                   |
| Phosphore total (mg/L)        | 0.036                   | 0.038                   | 0.108                   | bon                   |
| Matières en suspension (mg/L) | 3.8                     | 12                      | 66                      |                       |
| Conductivité (µS/cm²)         | 111 à 153               | 97.8 à 140.5            | 122 à 148.2             |                       |
| IBMR                          | 11.76                   | 11.64                   |                         | moyenne 11.7 bon      |
| IBD                           | 20                      | 17.6                    | 18.2                    | moyenne 18.6 très bon |
| IBG RCS                       | 17                      | 18                      | 20                      | moyenne 18.3 très bon |
| I2M2                          |                         |                         | 0.81                    | très bon              |
| IPR                           | 2.8                     |                         | 7.35                    | moyenne 5.07 bon      |

## - Zoom sur un cycle nyctéméral en période estivale

Suivi continu 24H sonde Odeon 27 et 28 juillet 2016. débit: QR 4 m<sup>3</sup>/s stable

Forte amplitude d'oxygénation et de saturation.

Les valeurs mini sont plus faibles à l'aval proche du barrage S1:  
6.58 mg/L et 62% de saturation.

Valeurs s'approchant de la gamme de confort de la truite (6mg/L et 65%, Morin 2012) à l'aval proche, valeur plus conforme en S2 (9km en aval).

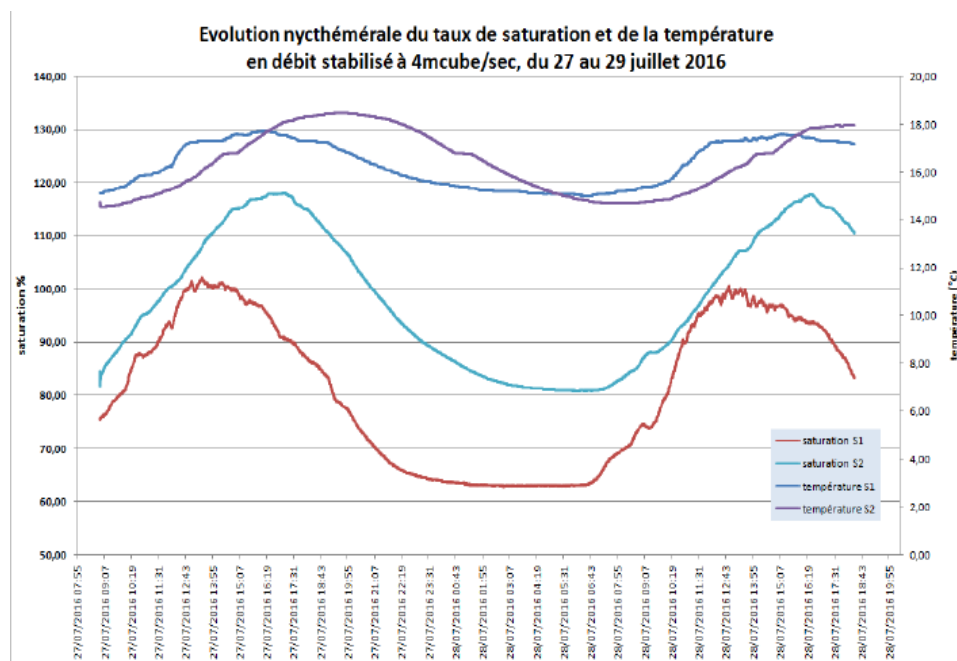
Contribution des herbiers sur la partie amont, mais décalage dans le temps des pics



Restitution par la retenue d'une eau peu oxygénée la nuit (prise d'eau sous la couche euphotique ou couche euphotique peu oxygénée la nuit...)

Suivi en période d'écluse qui n'a pas pu être programmé en 2016 et 2017.

|           | Température (°C) |       | Oxygénation (mg/L) |       | Saturation (%) |        |
|-----------|------------------|-------|--------------------|-------|----------------|--------|
|           | S1               | S2    | S1                 | S2    | S1             | S2     |
| mini      | 15,02            | 14,52 | 6,58               | 8,33  | 62,81          | 80,79  |
| maxi      | 17,74            | 18,46 | 10,22              | 11,53 | 102,11         | 118,09 |
| amplitude | 2.72             | 3.94  | 3.64               | 3.2   | 39.3           | 37.3   |





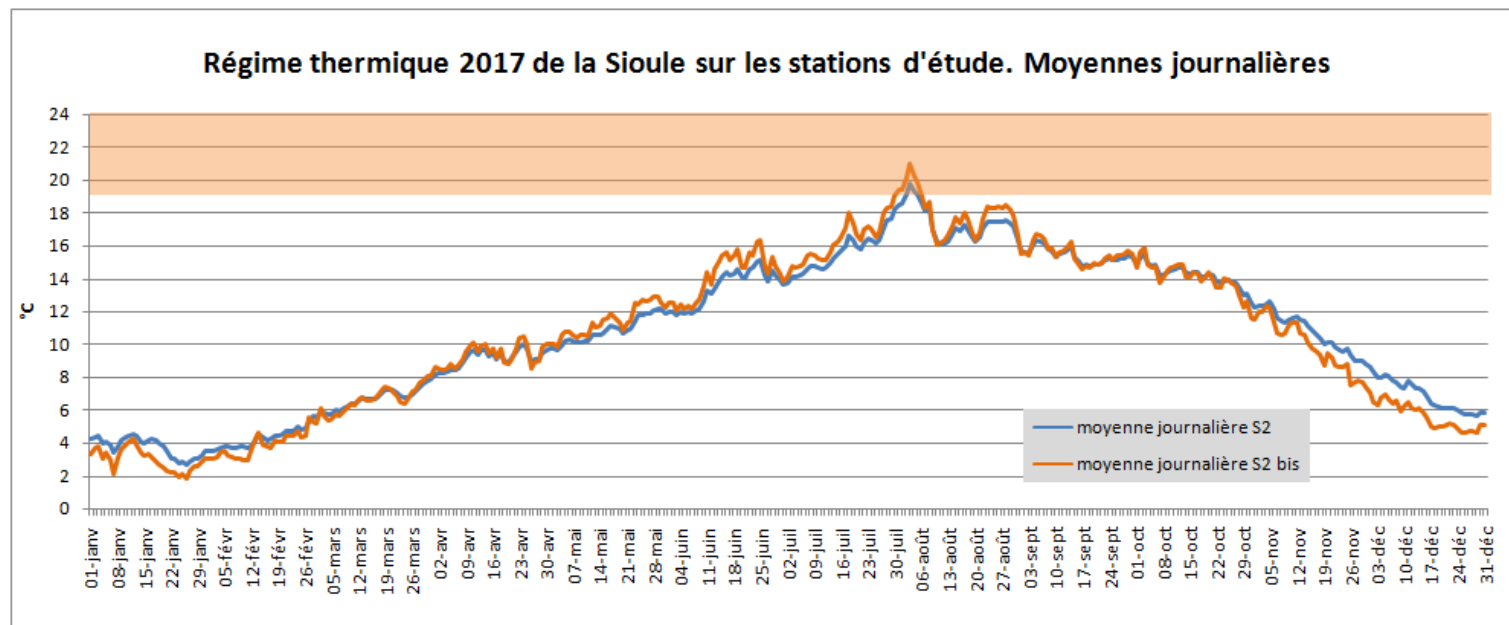
## Partie 5: influence sur le régime thermique



## - Régime thermique annuel

Variations saisonnières typiques de cours d'eau alimentés par une eau de la couche d'eau intermédiaire (-8m) d'une retenue stratifiée:

- En hiver restitution d'une eau à 4°C
- Réchauffement printanier long et progressif (influence durée d'incubation)
- En été, température tamponnée, faible amplitude journalière, mais dépassements ponctuels de la gamme de confort de 19°C (214 h en S2bis en 2017) avec un pic à 22,1°C en S2bis. Année 2016 un peu moins chaude.
- Décalage horaire des pics de température.



## - Recherche d'un effet potentiel de thermo-peaking

Thermo-peaking = modifications soudaine de la T° liées aux éclusées avec dépassement de l'amplitude journalière naturelle

Méthode Baumann 2012, classes de risque basée sur 3 paramètres:

- Taux de variation de la température entre débit d'éclusee et débit plancher (en °C/h)
- Amplitude de la variation de température entre débit d'éclusee et débit plancher (en °C)
- Nombre de pics de température par jour:

|  | 2016   | 2017 (partiel) |
|--|--|----------------|
| Taux de variation de la température entre débit d'éclusee et débit plancher:<br>TTéclusee/plancher       | 0,39°C/heure   | 0,37°C/heure   |
| Amplitude de la variation de température entre débit d'éclusee et débit plancher:<br>ATéclusee/plancher. | 1,13°C   | 2,35°C         |
| Amplitude de référence de la variation de température spécifique au type de cours d'eau:<br>ATréf        | Métarhithron montagnard : 6.3°C<br>Métarhithron collinéen: 4.1°C |                |
| Moyenne du nombre de pics de température par jour (PMéclusee/plancher)                                   | 1,85   | 1,87           |
| Quantile 95% du nombre de pics de température par jour (P95éclusee/plancher).                            | 2  | 2,6            |

Pas de thermopeaking décelé: une seule prise d'eau sous la thermocline

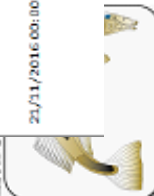
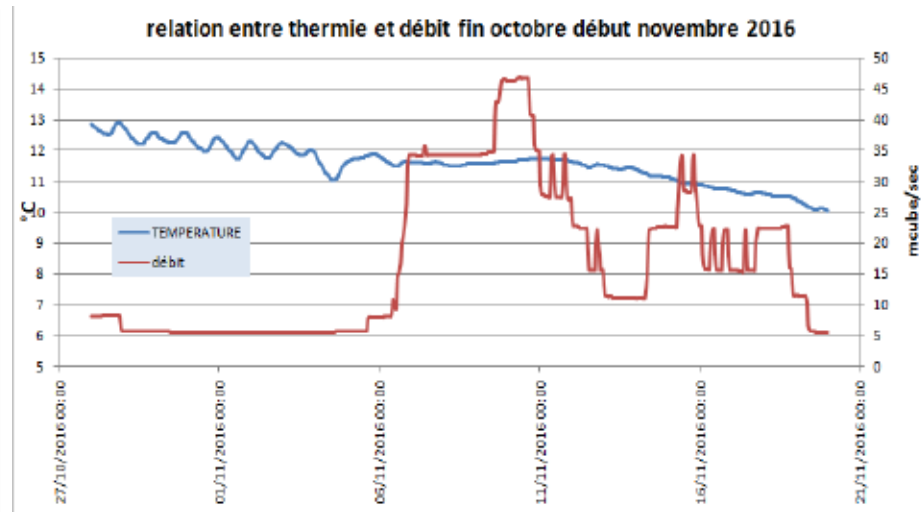
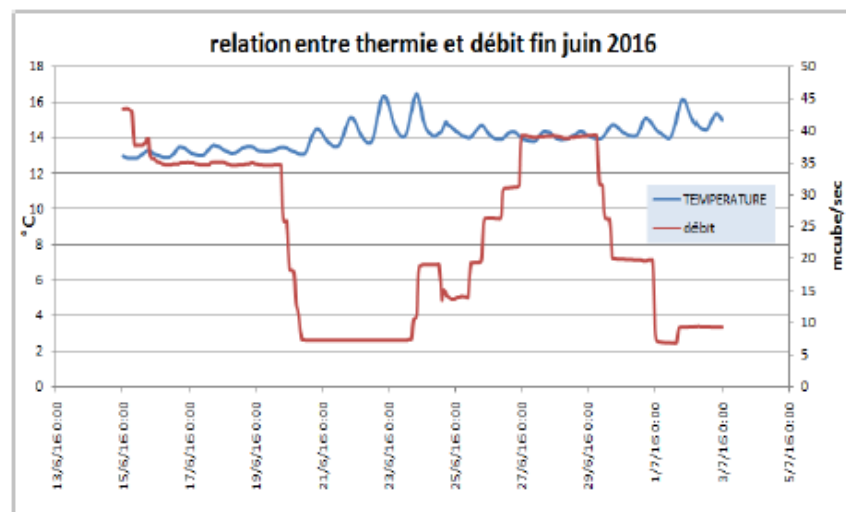
## - Recherche d'un effet potentiel de thermo-peaking

Thermo-peaking = modifications soudaine de la T° liées aux éclusées avec dépassement de l'amplitude journalière naturelle

Phénomène inverse sur la Sioule, les éclusées réduisent les amplitudes :

- En automne, les éclusées réduisent l'amplitude journalière

- En été, le retour au débit réservé favorise les hausses de température et d'amplitude journalière





## Partie 6 : étude des frayères





## - Localisation des frayères potentielles

Têtes de radier souvent pavées, en lien avec un manque de transport solide. Les granulométries de cailloux/graviers sont localisées **en bordure**.

Sites de grande surface observés à l'aval d'apports de granulats (ru.de Cube) ou d'élargissement favorisant les dépôts (aval seuil Heyroles, aval seuil Braynant...)

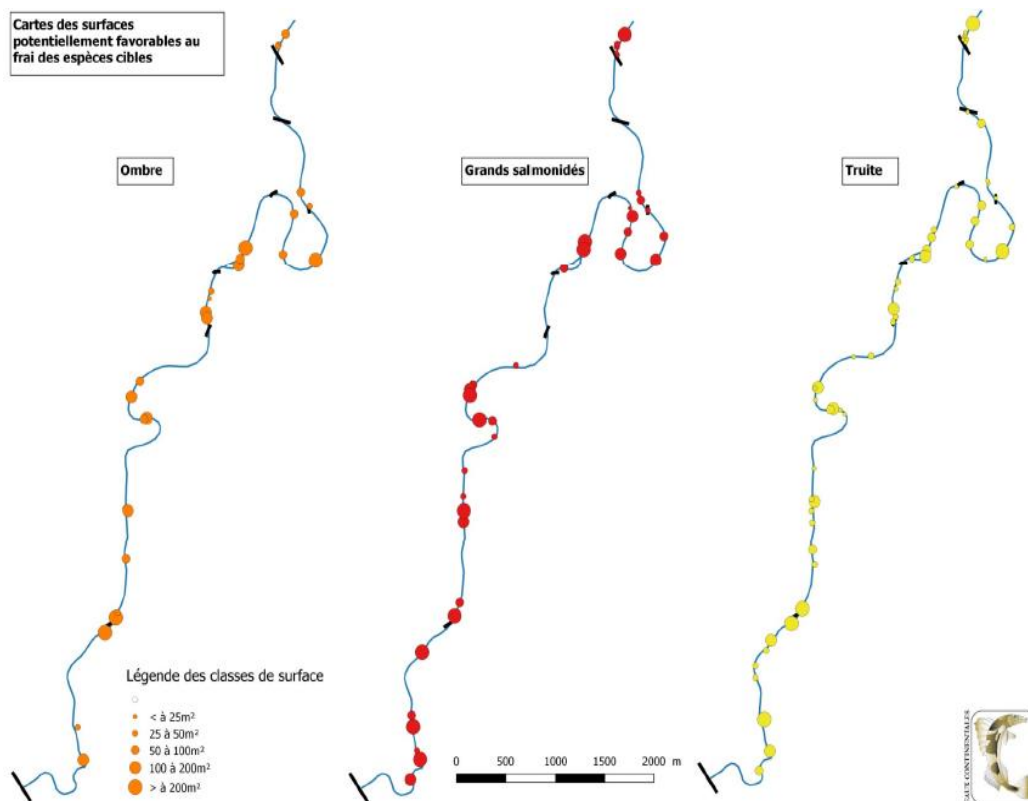
### Espèces cibles

Ombre: sites rares sur la partie amont, granulométrie souvent grossière.

Truite : 1,1 % de la surface mouillée. Proche du seuil limitant de 1% (Baran 1999).

Saumon: manque de graviers, mais capable d'utiliser des granulométries plus fortes. Surface potentielle supérieure à la truite. **Fort potentiel**: en 2013, 60% des frayères Sioule localisées sur les 15km aval Queuille.

| Espèces           | Nombre de site de frai potentiel | Surface cumulée des sites de frai potentiels (m <sup>2</sup> ) | Surface médiane des sites de frai potentiels (m <sup>2</sup> ) |
|-------------------|----------------------------------|--|--|
| Grands salmonidés | 36                               | 5316   | 77   |
| Truite fario      | 58                               | 3949   | 34   |
| Ombre             | 27                               | 3040   | 84   |



## - Frayères actives

**Ombre:** 2 campagnes en avril 2016 et 2017.

Très peu d'observations. Sites principaux aval seuil Heyroles et Méritis.

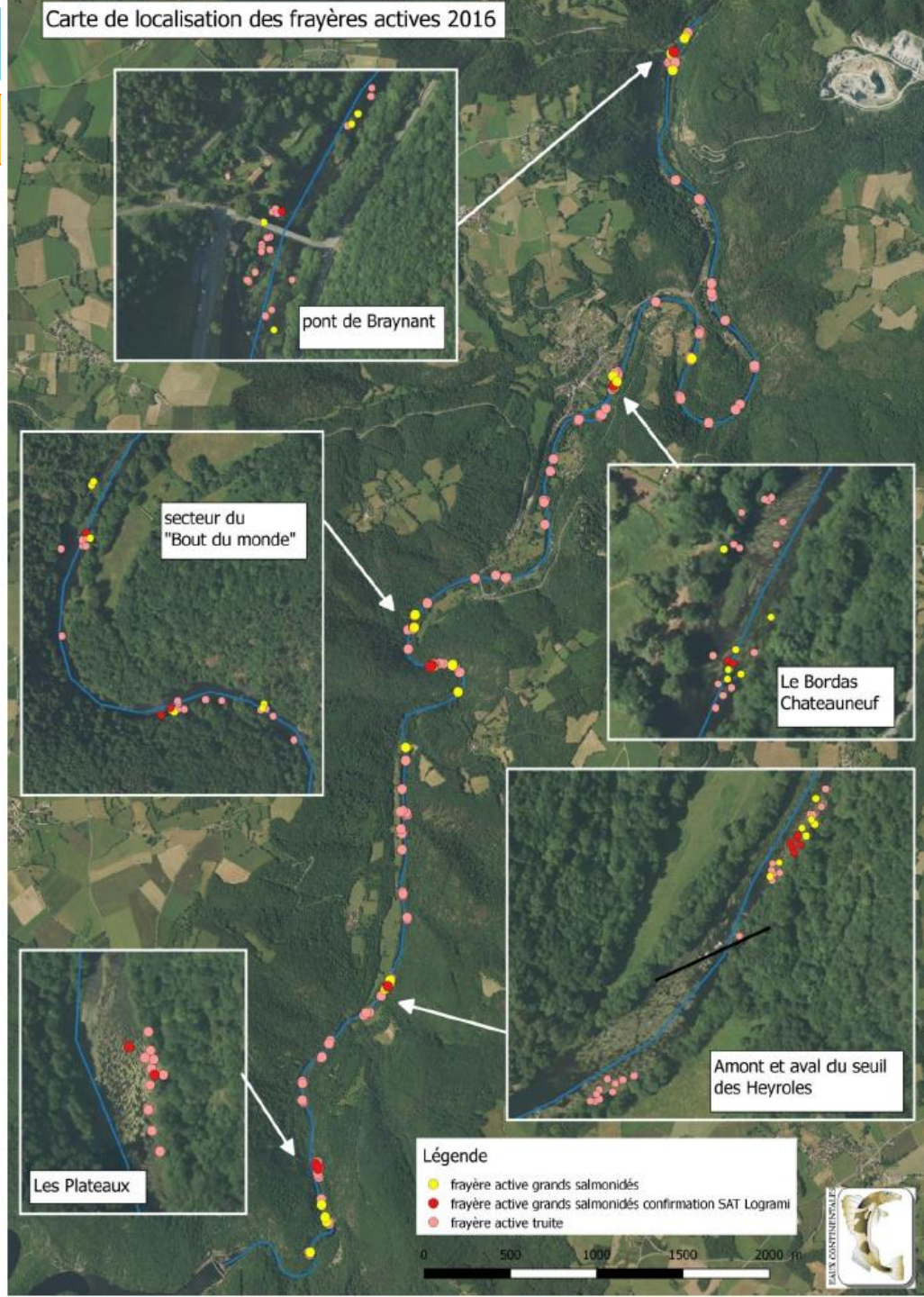
**Salmonidés:** 2 campagnes 2016

Truite: 181 sites pour 369m<sup>2</sup>. 9% du potentiel exploité. Grande majorité de frayère de petite taille.

Grands salmonidés: 45 sites pour 346m<sup>2</sup>.

14 sites confirmés par Logrami en observation aérienne entre les deux campagnes, plus faible valeur depuis 2009. Effacement constatés entre nos campagnes.

Quelques sites à fort intérêt. 





## - Vulnérabilité des frayères

Observations entre 7,5 et 10 m<sup>3</sup>/s

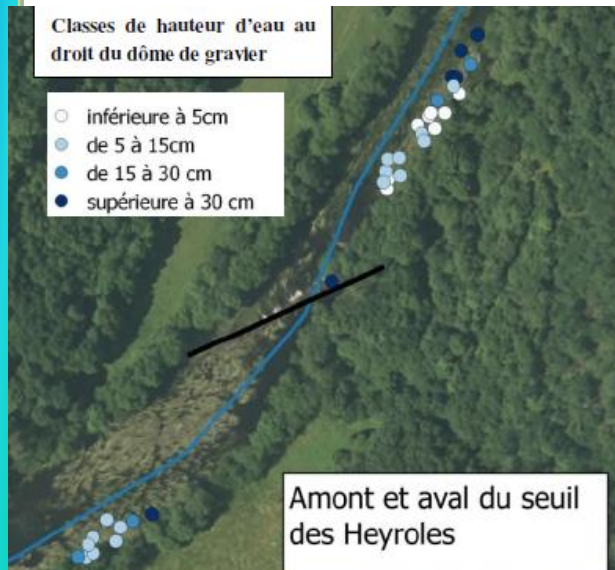


**Faible distance à la berge**, la moitié des frayères à truite à moins de 4m du bord, un quart à moins de 1,5m. Typique des aval de grand barrage (ECOGEA 2008, Courret 2012, Aubert 2013).

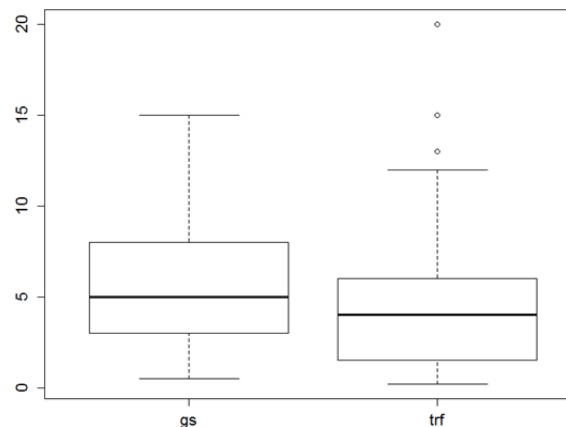
**Faible hauteur d'eau**: la moitié des frayères à truite dans moins de 25 cm, un quart à moins de 15 cm:

**Sensibilité aux variations de niveaux**, notamment site à fort potentiel des Heyroles (+ impact futur de la microcentrale...). Modifications des écoulements, géniteurs perturbés...

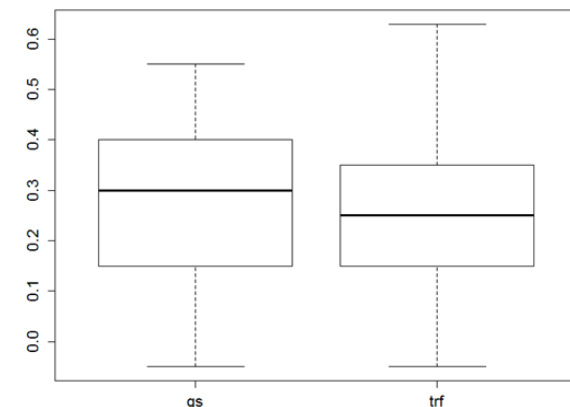
**Point positif: pas d'exondation des œufs au débit bas d'observation 7,5 m<sup>3</sup>/s.**



Distribution de la distance à la berge des frayères (m)



Distribution de la hauteur d'eau au droit du dôme (m)



# Variations de débits en période de frai et incubation 15 novembre au 15 mai

**Le risque d'exondation de frayère est lié à la valeur du débit de base.**

## Cas des salmonidés

Débit de base limité à  $5\text{m}^3/\text{s}$  pendant le frai, mais pas pendant tout l'incubation.

En pratique ce seuil est rarement dépassé en 2017 et 2018 durant l'incubation.

Nombre d'éclusées avec  $Q_{\text{base}} < 7,5\text{ m}^3/\text{s}$  nettement plus élevée en 2017.

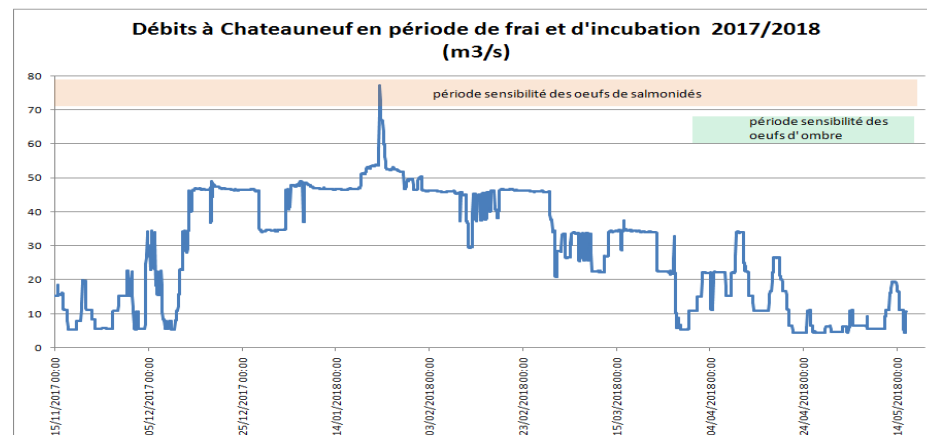
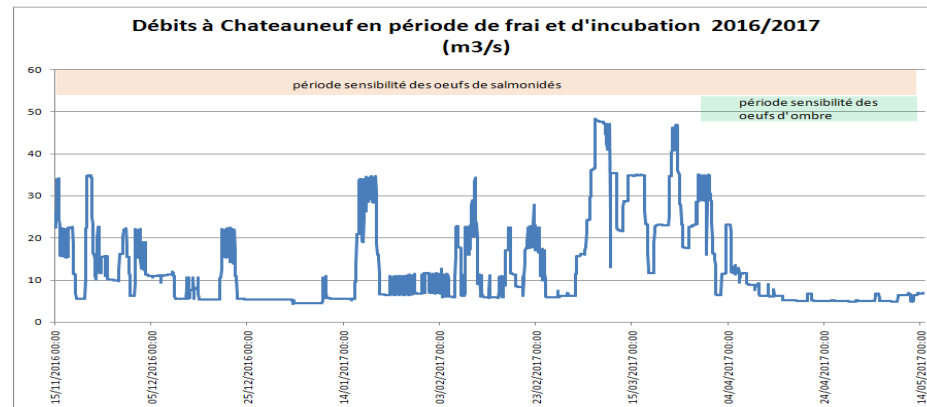
Influence sur le recrutement?

## Cas de l'ombre

Un peu plus de baisses d'éclusées en 2017 et 2018 par rapport à la chronique des 20 dernières années mais plus faible amplitude et gradient (période sèche)

Baisses d'éclusee du 15 novembre au 15 mai

|                        | Nombre total de baisse | $Q_{\text{base}}$ minimal | Nombre de baisse avec $Q_{\text{base}} < 7,5\text{ m}^3/\text{s}$ | Nombre de baisse avec $Q_{\text{base}} < 5\text{ m}^3/\text{s}$ |
|------------------------|------------------------|---------------------------|---|---|
| Moyenne pour 1999/2018 | 45.8                   | 4.9                       | 11.4  | 1.7   |
| 2016/2017              | 101                    | 5.5                       | 48  | 0   |
| 2017/2018              | 51                     | 4.5                       | 16  | 2   |





# Partie 7: problématique spécifique aux juvéniles



# - Définition de la période de sensibilité des alevins

Juvéniles d'ombre et salmonidés utilisent des bordures peu profondes et à courant modeste jusqu'à la taille de 4cm.

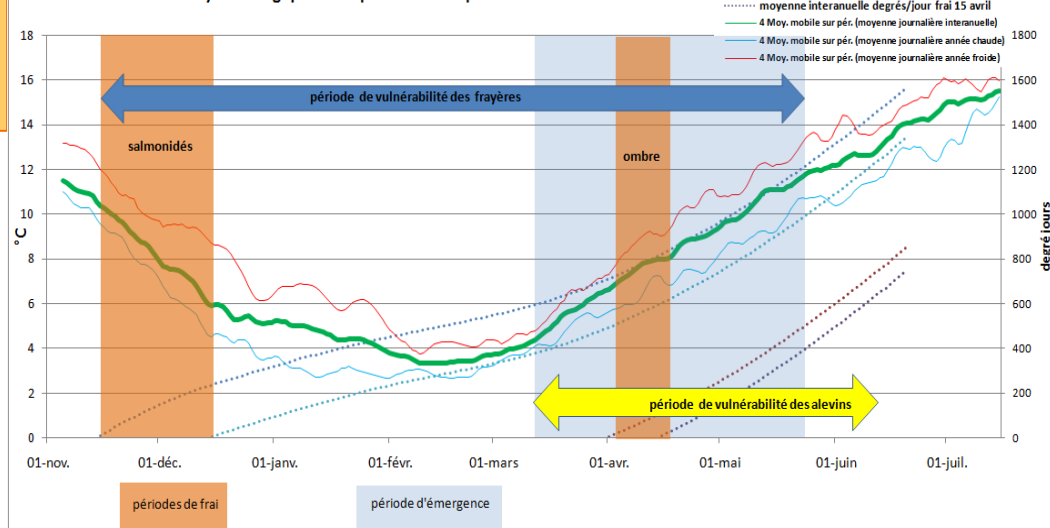
Ecostade le plus sensible à la variation de débit compte tenu de l'habitat utilisé qui présente des risques d'exondation.

Utilisation des données thermiques interannuelles pour évaluer la période théorique de sensibilité.

Croisement avec l'histogramme des captures fin mai (pêche EPA)

**3 mois de vulnérabilité potentielle, du 15 mars au 15 juin.**

Régime thermique de la Sioule à Chateaufort-Synthèse des données FDAAPPMA 63 2008 à 2014  
Phases clés du cycle biologique des espèces cibles et période de vulnérabilité



| Année 2016-2017 | Truite fario      |                    | Saumon atlantique       |                    | Ombre commun       |                    |
|-----------------|-------------------|--------------------|-------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|                 | 15 nov.           | 15 dec.            | 15 nov.                 | 15 dec.            | 1 avril            | 15 avril           |
| frai            | 15 nov.           | 15 dec.            | 15 nov.                 | 15 dec.            | 1 avril            | 15 avril           |
| éclosion        | 11 au 16 janvier  | 12 au 16 mars      | 25 janvier au 9 février | 17 au 24 mars      | 17 au 25 avril     | 30 avril au 8 mai  |
| émergence       | 6 au 27 mars      | 10 au 26 avril     | 11 au 17 avril          | 30 avril au 5 mai  | 27 avril au 5 mai  | 10 au 19 mai       |
| taille de 4 cm  | A partir du 2 mai | A partir du 27 mai | A partir du 20 mai      | A partir du 3 juin | A partir du 17 mai | A partir du 30 mai |





## - Sites d'échouage piégeage

**Zones qui s'assèchent ou se déconnectent du lit lors des baisses de débit.**

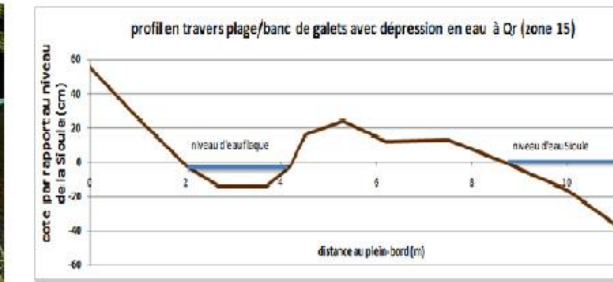
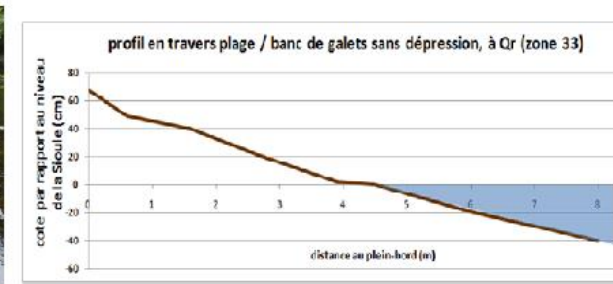
**Les poissons qui ne peuvent pas suivre le retrait de la surface mouillée ou restent dans les dépressions sont piégés.** Risques de mortalités directes, de prédation, d'asphyxie, de réchauffement....

2 grands types de sites:

**Bordure de type plage: 26 sites, 4734m<sup>2</sup>.** la faible pente favorise le découvrément rapide de grandes surfaces.

**Bras secondaires: 18 sites, 5213 m<sup>2</sup>.** les dépressions favorisent le piégeage lorsque le niveau devient inférieur à la cote d'alimentation.

Correspond à 7% du linéaire de berge (10 et 12% sur la Maronne et la Dordogne (Lascaux 2008).





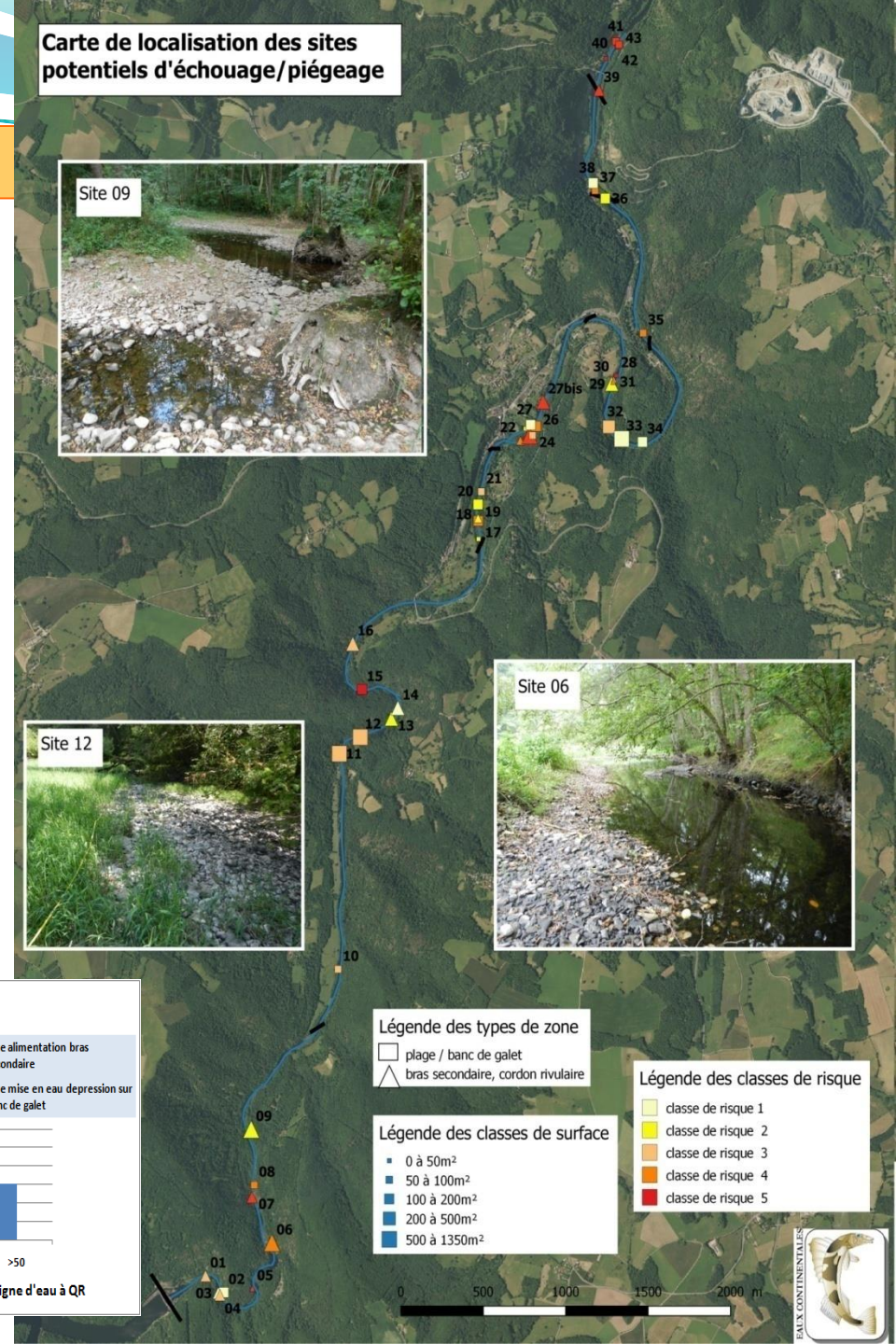
## - Sites d'échouage piégeage

Peu de sites sur les portions rectilignes et à l'amont de seuils.

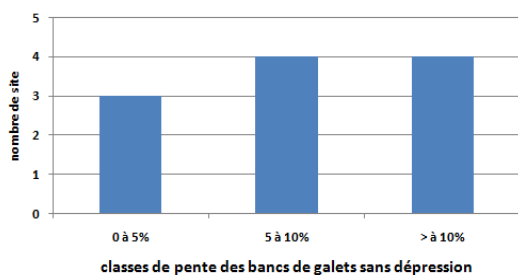
Davantage au niveau de méandres ou d'îles, à morphologie naturelle.

**Proposition d'une typologie pour classer les sites en fonction de:**

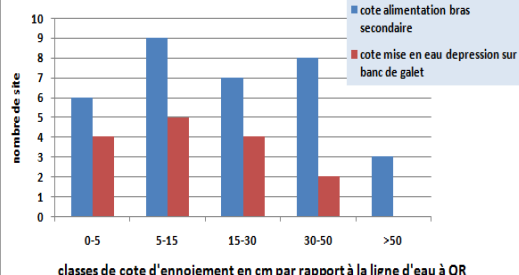
- présence d'une dépression
- pente des plages
- cote d'alimentation des bras
- maintien de zones en eau
- granulométrie
- proximité de frayère...



Distribution des sites selon les classes de pente



Distribution des sites selon les classes de cote d'enneiement



Légende des types de zone

- plage / banc de galet
- bras secondaire, cordon rivulaire

Légende des classes de surface

- 0 à 50m<sup>2</sup>
- 50 à 100m<sup>2</sup>
- 100 à 200m<sup>2</sup>
- 200 à 500m<sup>2</sup>
- 500 à 1350m<sup>2</sup>

Légende des classes de risque

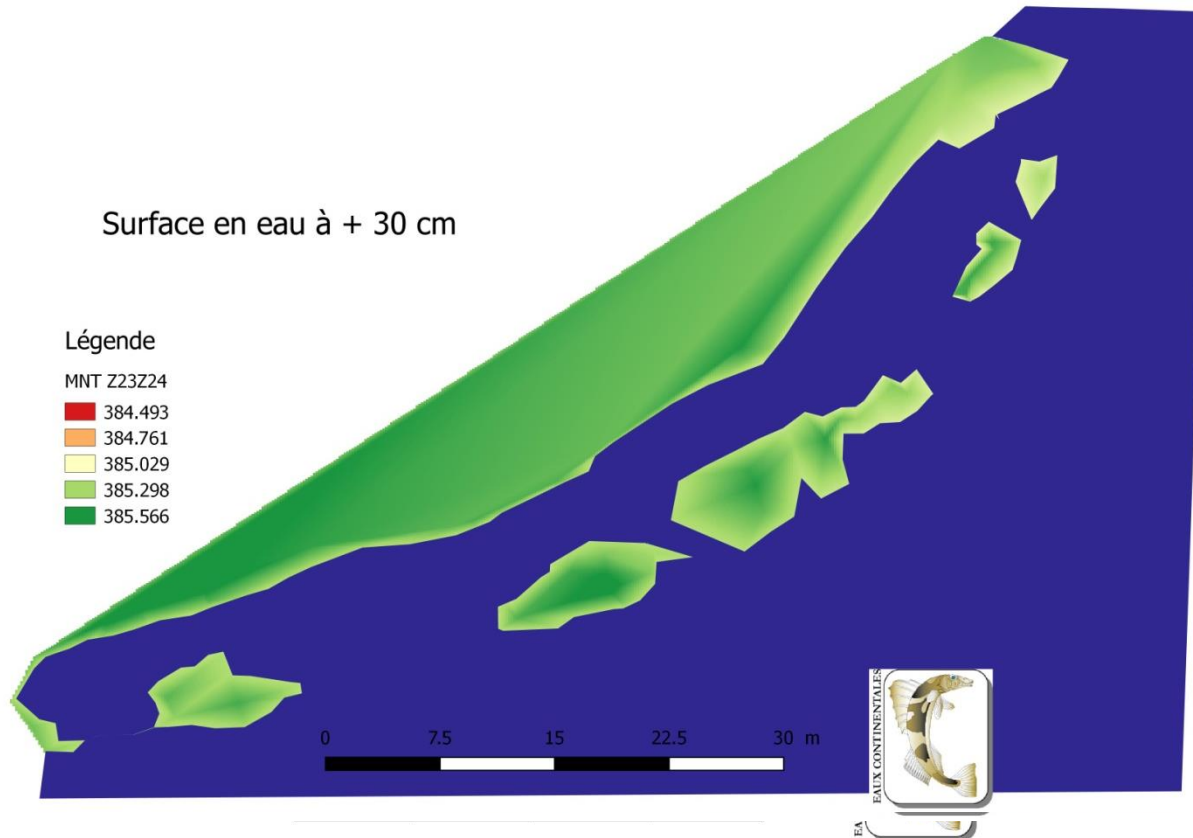
- classe de risque 1
- classe de risque 2
- classe de risque 3
- classe de risque 4
- classe de risque 5



## - Sites d'échouage piégeage: topographie détaillée 2018

**Sélection de 20 sites** parmi les plus sensibles pour une topographie détaillée et un suivi des niveaux en continu. **5 sites suivis par an**, première tranche de topographie réalisée en 2018. Traitement en attente des relevés de sondes de niveau.

**Permettra d'apprécier le nombre et la surface de zones de piégeage mise en eau en fonction du débit.**

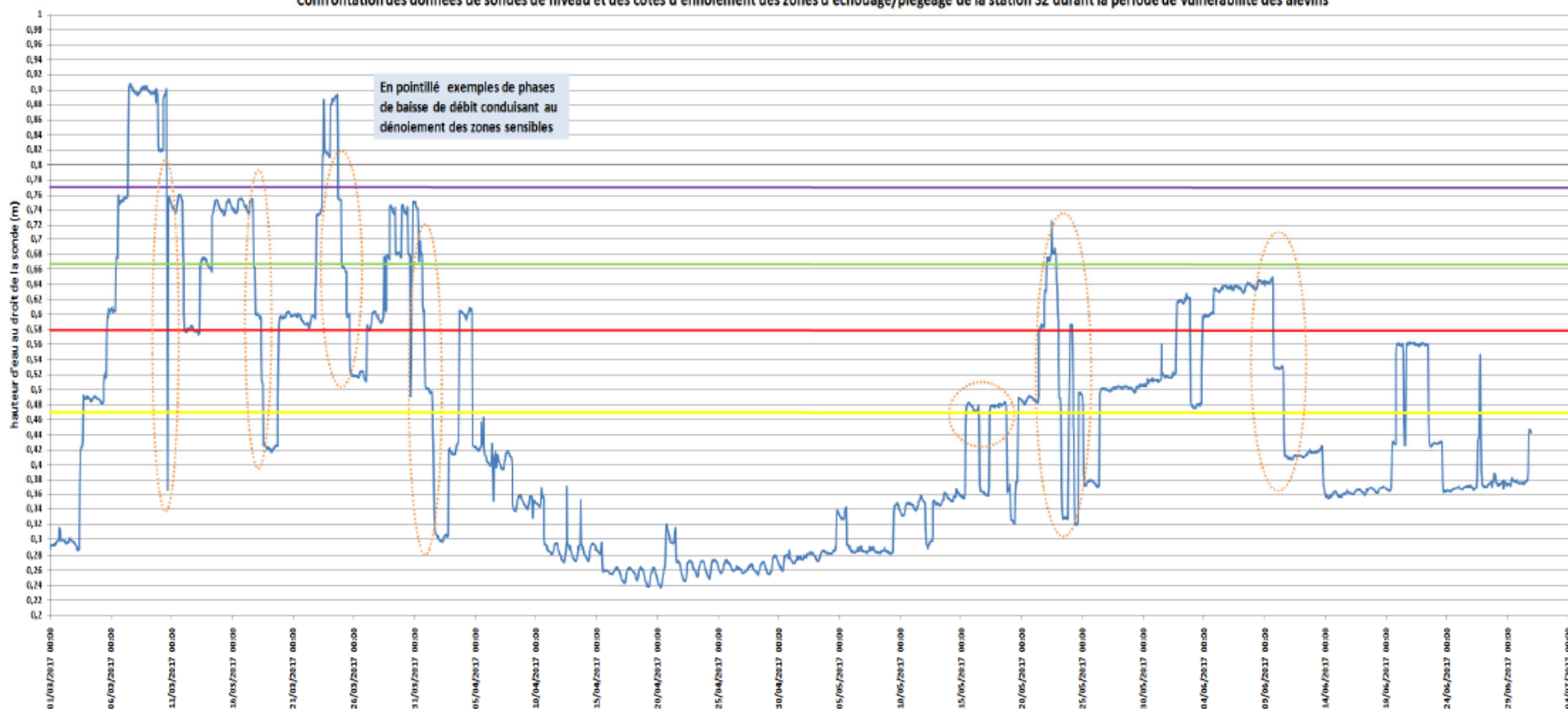


# - Sites d'échouage piégeage: relation avec les suivis de niveau (approche sur les stations S2 et S2bis)

Sur les station S2 et S2bis: calcul des durées d'alimentation et des cycles d'ennoiement

|                                | niveau au droit de la sonde lors des mesures topo en S2: 0.35m                                 |                                  |   | Pour la période du 5/03/2017 au 15/06/2017      |  |
|--------------------------------|--|----------------------------------|---|---|--|
|                                | Hausse nécessaire à la mise en eau par rapport au niveau au QR, d'après données topographiques | Niveau de mise en eau de la zone | Débit à Châteauneuf correspondant d'après modèle débit/niveau | Durée d'alimentation (heure sur 2472h de suivi) | nombre des alternances « ennoiment/déconnexion » |
| zone 28 plage avec dépression  | plus 0,12m   | 0,47m                            | Environ 13,5m <sup>3</sup> /sec                               | 1184  | 10   |
| zone 29 grand cordon rivulaire | plus 0,315m  | 0,66m                            | Environ 25 m <sup>3</sup> /sec                                | 388   | 9  |
| zone 30 petit cordon amont     | plus 0,42m   | 0,77m                            | Environ 32,5 m <sup>3</sup> /sec                              | 108   | 2  |
| zone 31 petit cordon aval      | plus 0,23m   | 0,58m                            | Environ 20 m <sup>3</sup> /sec                                | 770   | 13   |

Confrontation des données de sondes de niveau et des cotes d'ennoiement des zones d'échouage/piégeage de la station S2 durant la période de vulnérabilité des alevins



## - Pêches de sondage printanières ciblant les juvéniles

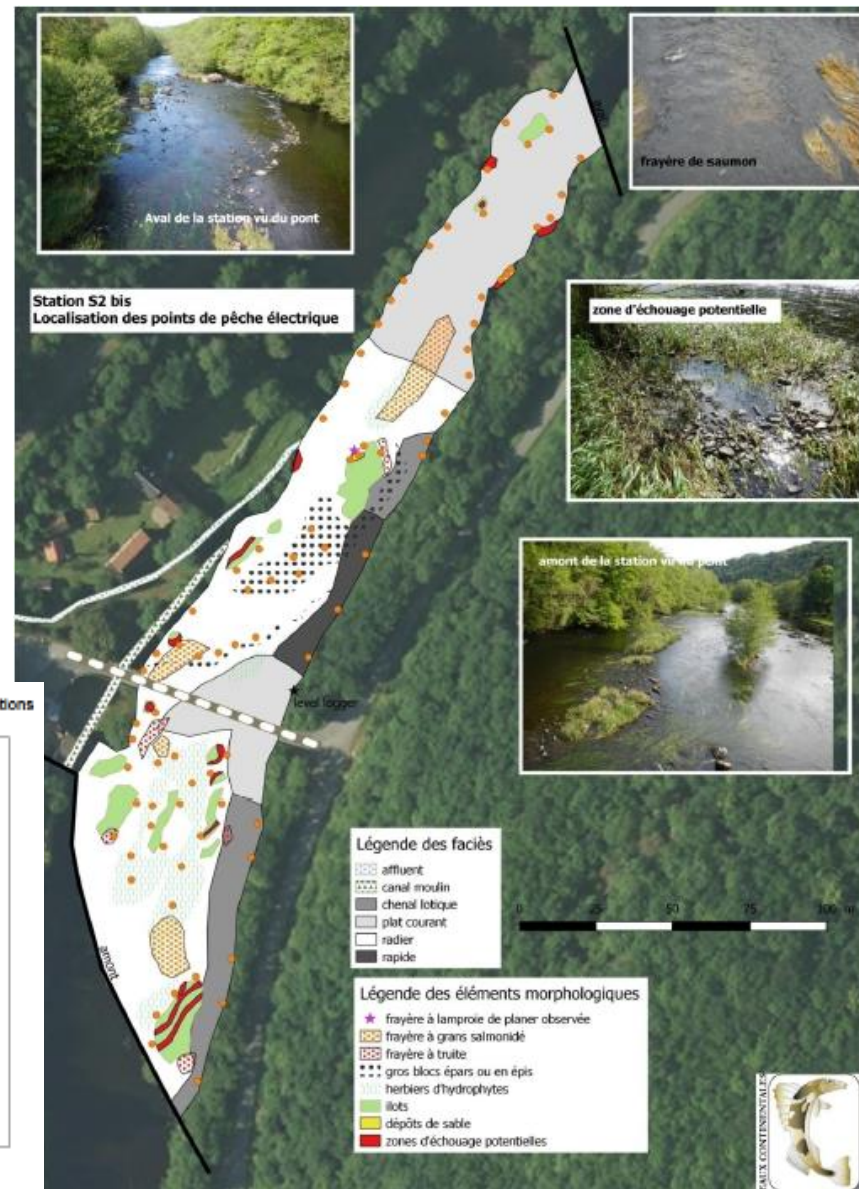
**Protocole « EPA »**, pêche partielle à pied en ciblant les habitats présumés des juvéniles des espèces cibles.

Période: fin de période de sensibilité (23/24 Mai 2017 et 2018)

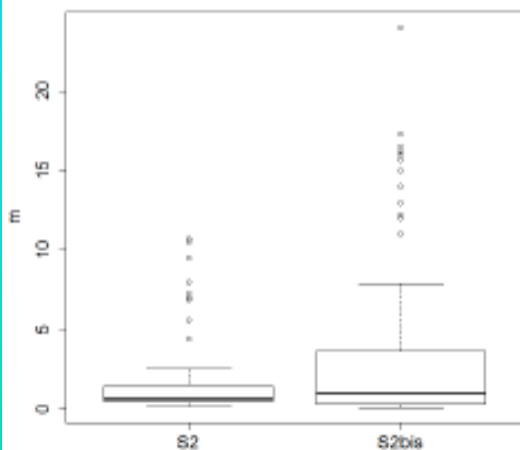
74 et 81 points sur station S2 et S2bis

Tous les habitats à juvéniles ciblés, allocation du nombre de point en fonction de leur surface

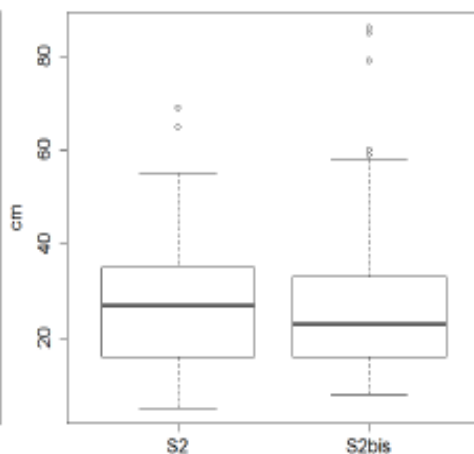
Anode longue et diamètre inférieur au standard, adapté aux petits poissons



distribution de la distance à la berge des EPA selon les stations



distribution de la hauteur d'eau au droit des EPA selon les stations



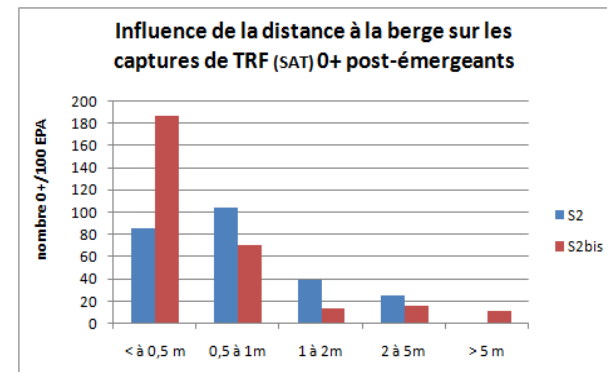
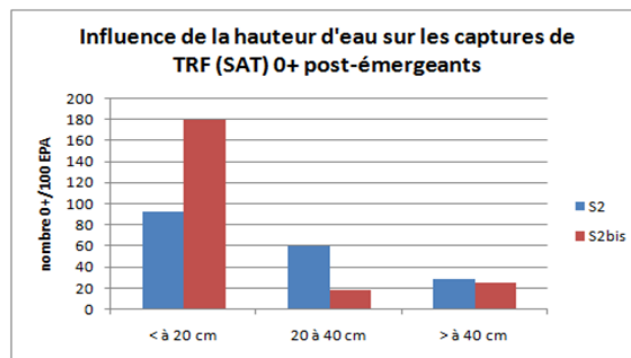


## - Pêches de sondage printanières ciblant les juvéniles

| Année              | Abondance en nombre d'individu/100 EPA |      |               |      |
|--------------------|--|------|---------------|------|
|                    | Station S2                             |      | Station S2bis |      |
|                    | 2017                                   | 2018 | 2017          | 2018 |
| Truite / saumon 0+ | 64.9                                   | 39.2 | 85.2          | 46.9 |
| Ombre 0+           | 1.4                                    | 2.8  | 0             | 0    |
| Truite 1+          | 4.1                                    | 5.4  | 2.5           | 6.2  |
| Truite >1+         | 4.1                                    | 10.8 | 6.2           | 7.4  |
| Saumon 1+          | 0                                      | 0    | 4.9           | 3.7  |



**Confirmation de l'importance des bordures peu profondes**



**0+ Ombre:** une à deux captures/an en S2 (frayère observée), 0 en S2 bis, Analyse difficile...Période de pêche trop précoce? Faible densité globale? Effet des éclusées?

**0+ SAT/TRF: rendement nettement plus faible en 2018 qu'en 2017. Croisement avec le régime d'écluse en période de sensibilié**



# - Etude du régime d'écluse en période de sensibilité

Pas de différence d'indice entre 2017 et 2018,

Moins d'éclusées potentiellement impactantes en 2018 en période de frai (éclusées à forte amplitude et faible Qbase) et moins d'éclusee en période d'incubation.

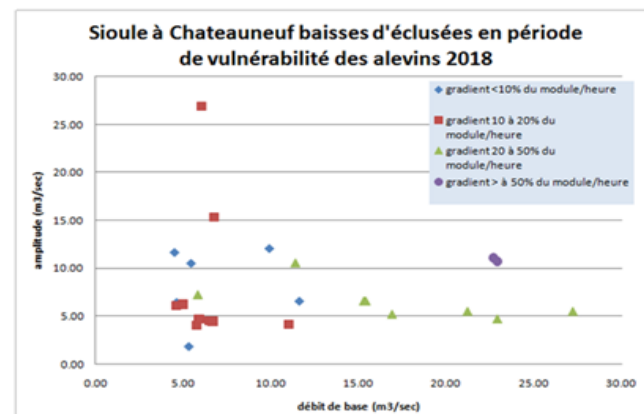
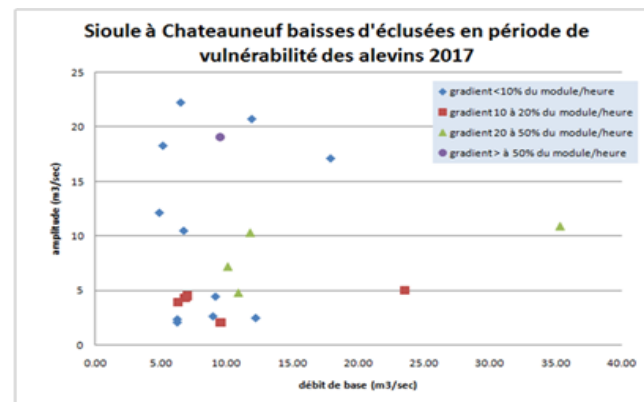
Gradient de 10 cm/h valeur seuil en dessous duquel les échouages/piégeages diminuent significativement (Halleraker et al 2003): **dépassé par quelques éclusées sur la période**

Pas de lien évident entre abondance EPA et valeurs des descripteurs sur la base des premiers éléments. Manque de contraste entre les années, manque de durée de chronique, autres facteurs...

| année | Chateauf-<br>les-Bains | Sioule-à-<br>Ebreuil |
|-------|------------------------|----------------------|
|       | classe                 | classe               |
| 1999  | 3+                     | 2+                   |
| 2000  | 2+                     | 1                    |
| 2001  | 3+                     | 1                    |
| 2002  | 1                      | 1                    |
| 2003  | 1                      | 0                    |
| 2004  | 2+                     | 1                    |
| 2005  | 3+                     | 2+                   |
| 2006  | 2+                     | 1                    |
| 2007  | 2+                     | 1                    |
| 2008  | 3+                     | 1                    |
| 2009  | 3+                     | 2+                   |
| 2010  | 1                      | 1                    |
| 2011  | 1                      | 1                    |
| 2012  | 3+                     | 2+                   |
| 2013  | 2+                     | 1                    |
| 2014  | 1                      | 1                    |
| 2015  | 2+                     | 1                    |
| 2016  | 2+                     | 1                    |
| 2017  | 2+                     | 1                    |
| 2018  | 2+                     | 1                    |

| 2017    |                   |                    |
|---------|-------------------|--------------------|
| date    | Amplitude S2 (cm) | Gradient S2 (cm/h) |
| 17 mars | 33.2              | 1.6                |
| 24 mars | 15.4              | 7.7                |
| 24 mars | 26.7              | 1.5                |
| 30 mars | 31.2              | 26.7               |
| 31 mars | 36.6              | 1.5                |
| 4 avril | 17.0              | 10.7               |
| 22 mai  | 30.7              | 2.4                |
| 23 mai  | 20.8              | 2.2                |
| 2 juin  | 12.1              | 7.3                |
| 9 juin  | 17.9              | 0.8                |

| 2018     |                   |                    |
|----------|-------------------|--------------------|
| date     | Amplitude S2 (cm) | Gradient S2 (cm/h) |
| 23 mars  | 17.1              | 17.1               |
| 27 mars  | 43.8              | 4.0                |
| 28 mars  | 12.6              | 6.3                |
| 4 avril  | 17.6              | 8.1                |
| 11 avril | 16.5              | 19.8               |
| 20 avril | 20.1              | 0.6                |
| 25 avril | 11.3              | 0.8                |
| 14 mai   | 18.1              | 0.8                |
| 10 juin  | 20.1              | 1.9                |
| 12 juin  | 25.8              | 4.2                |



## - Etude du régime d'écluse en période de sensibilité

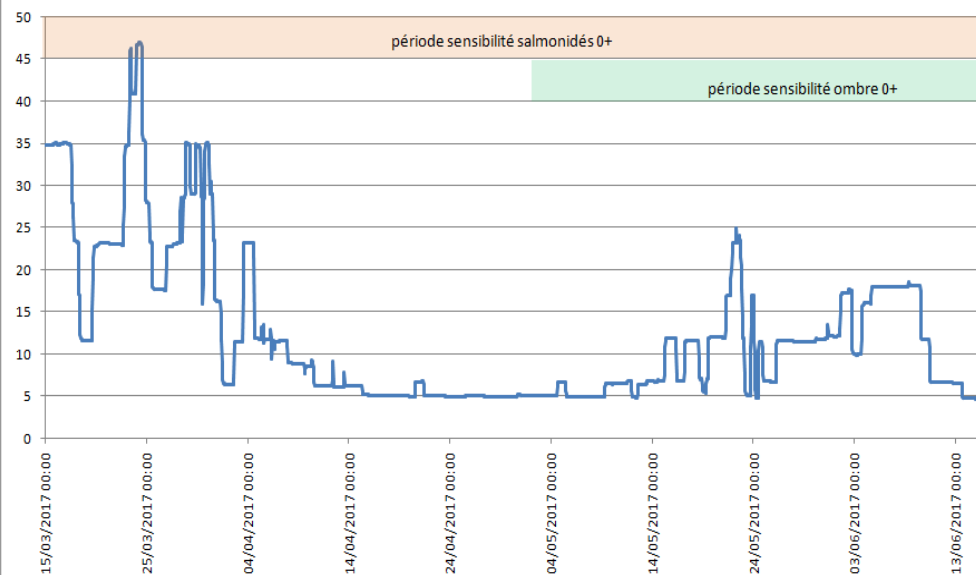
Mais une différence dans la répartition temporelle des éclusées:

Période sèche avec débit faible stabilisé du 15 avril au 15 mai 2017. très rares éclusées et de très faible amplitude.

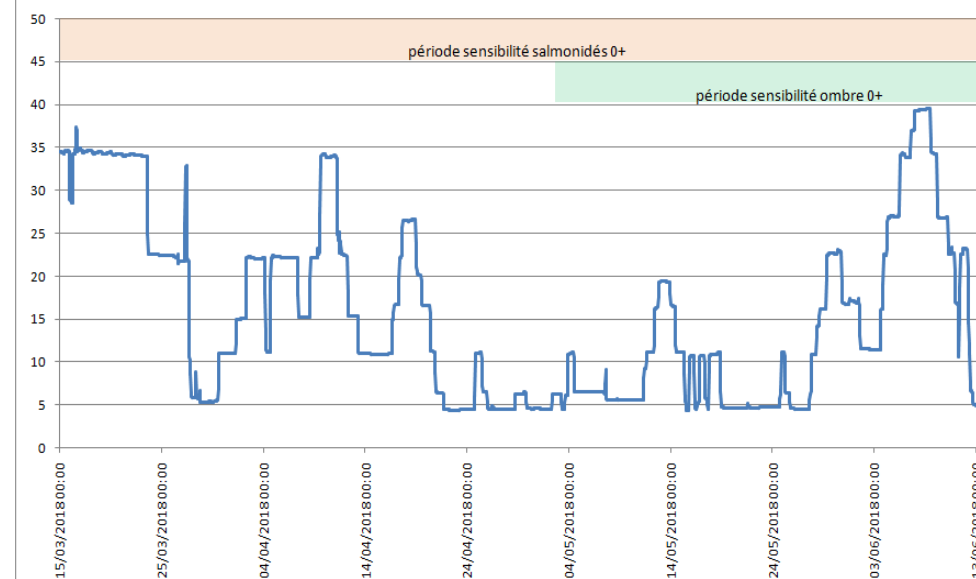
Influence sur les résultats EPA? Période ou la vulnérabilité est encore plus forte en début d'émergence?

Poursuite du suivi nécessaire pour pouvoir isoler, si cela est possible, les événements hydrologiques limitants...

Débits à Chateauneuf en période de sensibilité des juvéniles 2017 (m<sup>3</sup>/s)



Débits à Chateauneuf en période de sensibilité des juvéniles 2018 (m<sup>3</sup>/s)



# Perspectives du suivi

- **Poursuite de l'étude de mise en eau des zones d'échouage en fonction du débit. 20 zones étudiées à l'échéance 2021 pour une vision d'ensemble sur le secteur.**
- **Poursuite des pêches EPA et de l'étude de l'influence du régime d'éclusées en période de sensibilité.**

## **Éléments non réalisés ou à envisager:**

- **suivi en continu de l'O2 pendant une éclusée**
- **peu d'information sur la partie amont du secteur d'étude: peu d'investigation en S1 suite à l'implantation de la station S2bis. Pêche EPA? Mise en place de sondes de niveau, thermie?**
- **renouvellement du suivi de frayère active, car pas de recoupement possible entre les abondance EPA et l'intensité du frai...**

