

# Plan d'Action Territorial du bassin amont du Cône

## Rapport de synthèse

des 3 périodes suivies (2011-2012, 2012-2013 et 2013-2014)



« Opération réalisée avec le concours financier de l'Agence de l'Eau Adour-Garonne et de la Région Midi-Pyrénées. »

DURBEC Martial - GUILMET Martine

Octobre 2015

# Sommaire

|                                                                                                                                                                                                                                     |           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Sommaire.....</b>                                                                                                                                                                                                                | <b>1</b>  |
| <b>Note de synthèse .....</b>                                                                                                                                                                                                       | <b>6</b>  |
| <b>Introduction .....</b>                                                                                                                                                                                                           | <b>9</b>  |
| <b>Matériels et méthodes.....</b>                                                                                                                                                                                                   | <b>12</b> |
| <b>1- Stations d'étude .....</b>                                                                                                                                                                                                    | <b>13</b> |
| <b>2- Variables d'étude.....</b>                                                                                                                                                                                                    | <b>15</b> |
| a- Variable de caractérisation des 5 cours d'eau .....                                                                                                                                                                              | 15        |
| b- Analyse de la température et du débit.....                                                                                                                                                                                       | 15        |
| i) Analyse de l'hydrologie .....                                                                                                                                                                                                    | 15        |
| ii) Analyse de la température .....                                                                                                                                                                                                 | 16        |
| c- Analyse du colmatage .....                                                                                                                                                                                                       | 17        |
| i) Colmatage de surface.....                                                                                                                                                                                                        | 17        |
| ii) Stick hypoxie.....                                                                                                                                                                                                              | 18        |
| iii) Volume de fines dans les mouilles.....                                                                                                                                                                                         | 18        |
| d- Variables biologiques .....                                                                                                                                                                                                      | 21        |
| i) Survie intragravellaire .....                                                                                                                                                                                                    | 21        |
| ii) Pêche électrique .....                                                                                                                                                                                                          | 21        |
| <b>3- Analyses des données.....</b>                                                                                                                                                                                                 | <b>22</b> |
| a- Analyse des données brutes.....                                                                                                                                                                                                  | 22        |
| b- Analyse en Composantes Principales .....                                                                                                                                                                                         | 22        |
| c- Tests statistiques.....                                                                                                                                                                                                          | 23        |
| <b>Résultats .....</b>                                                                                                                                                                                                              | <b>24</b> |
| <b>1- Caractéristiques des stations .....</b>                                                                                                                                                                                       | <b>25</b> |
| <b>2- Effets de la température et du débit sur les populations de truite .....</b>                                                                                                                                                  | <b>26</b> |
| a- Différences de température et de débit entre les 3 périodes et les 5 stations .....                                                                                                                                              | 26        |
| b- Impact de la température et du débit sur le cycle biologique de la truite .....                                                                                                                                                  | 31        |
| i) Impact du débit lors de la phase de reproduction de la truite : comparaison du pourcentage du nombre de jour où le débit a été inférieur au débit médian entre le 1 octobre et le 30 novembre (Annexe 3).....                    | 31        |
| ii) Impact du débit lors de l'incubation et de l'émergence des alevins de truite : comparaison du pourcentage du nombre de jour où le débit a été supérieur à 5 fois le module entre le 1 décembre et le 28 février (Annexe 4)..... | 32        |
| iii) Impact du débit lors de la phase de post-émergence des alevins de truite : comparaison du pourcentage du nombre de jour où le débit a été supérieur à 5 fois le module entre le 1 mars et le 31 mai (Annexe 5) .....           | 32        |
| iv) Impact de la température lors de l'émergence et post-émergence des alevins de truite : pourcentage du nombre de jour inférieur à 4°C (Annexe 6).....                                                                            | 33        |

|           |                                                                                                                                                                                                   |           |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| v)        | Impact du débit lors de la phase de croissance de la truite : comparaison du pourcentage du nombre de jour où le débit a été inférieur au QMNA entre le 1 juin et le 30 septembre (Annexe 7)..... | 33        |
| vi)       | Impact de la température lors la phase de croissance de la truite : pourcentage du nombre de jour supérieur à 17°C entre le 1 juin et le 30 septembre (Annexe 8) .....                            | 34        |
| c-        | Conclusion .....                                                                                                                                                                                  | 35        |
| <b>3-</b> | <b>Effets du colmatage sur les populations de truite.....</b>                                                                                                                                     | <b>36</b> |
| a-        | Différences sur les variables « colmatage » entre les 3 périodes et les 5 stations .....                                                                                                          | 36        |
| b-        | Différences significatives sur les variables « colmatage » : mise en évidence par les tests statistiques                                                                                          | 40        |
| i)        | Différences de quantité de matières fines entre les 5 cours d'eau pour les 3 campagnes (novembre, février et septembre).....                                                                      | 40        |
| ii)       | Différences de profondeur d'oxygénation entre les 5 cours d'eau pour les 3 campagnes (novembre-janvier, février-mars et juin-juillet) .....                                                       | 40        |
| iii)      | Différences de quantité de sables entre les 5 cours d'eau pour les 3 campagnes (novembre, février et septembre) .....                                                                             | 41        |
| iv)       | Différences des variables « colmatage » entre les 3 périodes.....                                                                                                                                 | 41        |
| c-        | Graphique synthétique des résultats colmatage .....                                                                                                                                               | 41        |
| d-        | Qualité des populations de truite .....                                                                                                                                                           | 43        |
| i)        | Différences du taux de survie intragravellaire entre les 5 cours d'eau .....                                                                                                                      | 43        |
| ii)       | Différences de densité de 0+ entre les 5 cours d'eau .....                                                                                                                                        | 44        |
| iii)      | Différences de biomasse entre les 5 cours d'eau .....                                                                                                                                             | 46        |
| e-        | Conclusion sur l'effet du colmatage sur les truites .....                                                                                                                                         | 47        |
|           | <b>Discussion .....</b>                                                                                                                                                                           | <b>49</b> |
|           | <b>Définition .....</b>                                                                                                                                                                           | <b>60</b> |
|           | <b>Remerciements .....</b>                                                                                                                                                                        | <b>61</b> |
|           | <b>Bibliographie .....</b>                                                                                                                                                                        | <b>62</b> |
|           | <b>Annexes .....</b>                                                                                                                                                                              | <b>64</b> |

# Liste des Annexes

|                                                                                                                                                                                                                 |                  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| <b><i>ACP sur les caractéristiques des stations .....</i></b>                                                                                                                                                   | <b><i>65</i></b> |
| Annexe 1 : Description des résultats obtenus à l'aide de l'Analyse en Composantes Principales pour l'étude des caractéristiques des 5 stations. ....                                                            | 66               |
| <b><i>ACP sur les variables de température et de débit .....</i></b>                                                                                                                                            | <b><i>69</i></b> |
| Annexe 2 : Description des résultats obtenus à l'aide de l'Analyse en Composantes Principales pour l'étude des effets de l'hydrologie et de la température au cours des 3 périodes et pour les 5 stations. .... | 70               |
| <b><i>Tests statistiques sur les variables de température et de débit .....</i></b>                                                                                                                             | <b><i>74</i></b> |
| <b><i>Analyse des différences entre les périodes .....</i></b>                                                                                                                                                  | <b><i>74</i></b> |
| Annexe 3 : Analyse des différences de débit lors de la phase de reproduction de la truite (du 1 octobre au 30 novembre) au cours des années 2009 à 2014 .....                                                   | 75               |
| Annexe 4 : Analyse des différences de débit lors de la phase d'incubation et d'émergence des alevins de truite (du 1 décembre au 28 février) au cours des années 2009 à 2014 .....                              | 76               |
| Annexe 5 : Analyse des différences de débit lors de la phase de post-émergence des alevins de truite au cours des années 2009 à 2014 .....                                                                      | 77               |
| Annexe 6 : Analyse des différences de température lors de la phase d'émergence et post-émergence de la truite entre les 3 périodes .....                                                                        | 78               |
| Annexe 7 : Analyse des différences de débit lors de la phase de croissance de la truite au cours des années 2009 à 2014 .....                                                                                   | 79               |
| Annexe 8 : Analyse des différences de température lors de la phase de croissance de la truite entre les 3 périodes .....                                                                                        | 80               |
| <b><i>Tests statistiques sur les variables de température et de débit .....</i></b>                                                                                                                             | <b><i>81</i></b> |
| <b><i>Analyse des différences entre les stations .....</i></b>                                                                                                                                                  | <b><i>81</i></b> |
| Annexe 9 : Analyse des différences de température lors de la phase d'émergence et post-émergence de la truite entre les 5 stations .....                                                                        | 82               |
| Annexe 10 : Analyse des différences de température lors de la phase de croissance de la truite entre les 5 stations .....                                                                                       | 83               |
| <b><i>ACP sur les variables « colmatage » .....</i></b>                                                                                                                                                         | <b><i>84</i></b> |
| Annexe 11 : Description des résultats obtenus à l'aide de l'Analyse en Composantes Principales pour l'étude de l'effet du colmatage au cours des 3 périodes et pour les 5 stations. ....                        | 85               |
| <b><i>Tests statistiques sur les variables colmatage .....</i></b>                                                                                                                                              | <b><i>90</i></b> |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Analyse des différences entre les stations .....</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | <b>90</b> |
| Annexe 12 : Différences de pourcentage de matières fines entre les 5 stations pour la campagne de novembre .....                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 91        |
| Annexe 13 : Différences de pourcentage de matières fines entre les 5 stations pour la campagne de février .....                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 92        |
| Annexe 14 : Différences de pourcentage de matières fines entre les 5 stations pour la campagne de septembre .....                                                                                                                                                                                                                                                                                | 93        |
| Annexe 15 : Différences de profondeur d'oxygénation entre les 5 stations pour la campagne de novembre à janvier .....                                                                                                                                                                                                                                                                            | 94        |
| Annexe 16 : Différences de profondeur d'oxygénation entre les 5 stations pour la campagne de février à mars .....                                                                                                                                                                                                                                                                                | 95        |
| Annexe 17 : Différences de profondeur d'oxygénation entre les 5 stations pour la campagne de juin à juillet .....                                                                                                                                                                                                                                                                                | 96        |
| Annexe 18 : Différences de pourcentage de sables entre les 5 stations pour la campagne de novembre .....                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 97        |
| Annexe 19 : Différences de pourcentage de sables entre les 5 stations pour la campagne de février .....                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 98        |
| Annexe 20 : Différences de pourcentage de sables entre les 5 stations pour la campagne de septembre .....                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 99        |
| Annexe 21 : Différences de pourcentage de matières fines entre les 3 périodes pour les 3 campagnes de mesure .....                                                                                                                                                                                                                                                                               | 100       |
| Annexe 22 : Différences de profondeur d'oxygénation entre les 3 périodes pour les 3 campagnes de mesure .....                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 101       |
| Annexe 23 : Différences de pourcentage de sables entre les 3 périodes pour les 3 campagnes de mesure .....                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 102       |
| Annexe 24 : Différences du taux de survie intragravellaire : .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 103       |
| Annexe 25 : Densité de truites 0+ échantillonnée sur les 5 cours d'eau entre juin 2011 et octobre 2014. Le code couleur est affecté en fonction de la valeur de densité, selon les classes de densité comprise entre « Très mauvaise » en rouge et « Excellente » en bleu. Les classes de densité des truites 0+ proviennent de Cuinat (1978) et de la Fédération de pêche (Guilmet 2013). ..... | 104       |
| Annexe 26 : Différences de densité des truites 0+ entre les 5 stations .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 105       |
| Annexe 27 : Biomasse de truites échantillonnée sur les 5 cours d'eau entre juin 2011 et octobre 2014. Le code couleur est affecté en fonction de la valeur de densité, selon les classes de biomasse comprise entre « Très mauvaise » en rouge et « Excellente » en bleu. Les classes de biomasse proviennent de la Fédération de pêche (Guilmet 2013). .....                                    | 106       |
| Annexe 28 : Différences de densité des 1+ entre les 5 stations .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 107       |
| Annexe 29 : Différences de densité des 2+ entre les 5 stations .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 108       |
| Annexe 30 : Synthèse des données des expérimentations pour les 3 périodes .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 109       |

|                                                                                                                                                                                                                    |            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Annexe 31 : Analyse spatiale sur l'occupation des sols, les caractéristiques topographiques et l'INSEE, des 5 bassins versants étudiés (a- Cône, b- Escorbis, c- Bertrand, d- Clauzelles et e- Lagast).....</b> | <b>110</b> |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|

## Liste des Figures

|                |    |
|----------------|----|
| Figure 1 ..... | 13 |
| Figure 2 ..... | 14 |
| Figure 3 ..... | 28 |
| Figure 4 ..... | 30 |
| Figure 5 ..... | 38 |
| Figure 6 ..... | 39 |
| Figure 7 ..... | 43 |
| Figure 8 ..... | 44 |
| Figure 9 ..... | 45 |
| Figure 10..... | 46 |

## Liste des Tableaux

|                |    |
|----------------|----|
| Tableau 1..... | 20 |
| Tableau 2..... | 25 |
| Tableau 3..... | 29 |
| Tableau 4..... | 35 |
| Tableau 5..... | 37 |
| Tableau 6..... | 53 |

## **Note de synthèse**

Cette étude intervient dans le cadre du Plan d'Action Territorial du bassin versant du Cône, initié par le Syndicat Mixte du Bassin Versant du Viaur. Une mission du Plan d'Action Territorial du bassin versant du Cône concerne le suivi de la qualité générale des cours d'eau et plus généralement le fonctionnement des milieux aquatiques. Le colmatage du lit des cours d'eau par des matériaux fins, l'une des problématiques majeures dans le département de l'Aveyron, est au cœur de l'évaluation. Le Syndicat Mixte du Bassin Versant du Viaur en collaboration avec les partenaires du PAT Cône ont missionné la Fédération de l'Aveyron pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique pour définir et mettre en place une expérimentation « colmatage ». Cette expérimentation vise à établir les liens entre qualité du milieu physique et qualité biologique via une espèce indicatrice des cours d'eau salmonicoles, la Truite fario (*Salmo trutta*). L'hypothèse formulée est que plus un cours d'eau est colmaté et plus la qualité biologique est mauvaise.

Le protocole comprend 5 stations d'étude. Trois stations d'étude se situent sur le territoire du PAT Cône (Cône, Bertrand et Escorbis) et 2 se situent à proximité sur les cours d'eau Clauzelles et Lagast. Plusieurs études, dont le Schéma Départemental de Vocation Piscicole, signalent le fort degré de colmatage du cours d'eau Cône. Le cours d'eau de référence, faiblement colmaté, est le cours d'eau Lagast. La station Clauzelles est sélectionnée comme station impactée par le colmatage et ne bénéficiant pas des actions initiées par le PAT Cône.

Aucune méthode normée, validée à l'échelle nationale ou européenne, n'existe pour la problématique « colmatage » des cours d'eau. Pour répondre aux besoins de l'étude, la Fédération de pêche et ses partenaires ont choisi non pas une méthode mais un panel de méthodes. Le colmatage à la fois de surface et en profondeur est suivi. Le premier consiste en un prélèvement des sédiments fins en surface. Le second consiste en la pose de bâton de pin (ou sticks hypoxie) dans le substrat, indicateur du degré de colmatage du compartiment hyporhéique (ensemble des sédiments). Le lien entre colmatage et biologie se fait à travers l'étude de 3 variables. La survie intragravellaire des œufs de truite relie le niveau de colmatage du substrat à l'impact sur une phase (œuf) du cycle biologique de la truite. Les pêches électriques permettent de suivre les autres stades de développement de la truite (les 0+ ou alevins-juvéniles et les adultes).

Parmi les principaux facteurs influençant la densité d'une population de truite se trouvent le débit et la température. Ces deux paramètres sont des facteurs de confusion puisqu'ils peuvent masquer ou empêcher de voir l'effet du colmatage sur la truite. Ces 2 paramètres sont suivis et leurs impacts éventuels sur le cycle biologique de la truite sont analysés.

Le suivi de l'expérimentation se déroule sur 3 périodes d'étude : 2011-2012, 2012-2013 et 2013-2014. Par période, 3 campagnes de suivi concernent le colmatage de surface et les sticks hypoxie. La survie intragravellaire est étudiée durant les mois décembre, janvier, février et mars des 3 périodes. Deux pêches électriques sont effectuées par période (juin et octobre). Deux pêches électriques supplémentaires concernent les 3 stations du territoire PAT Cône (Cône, Bertrand et Escorbis), afin de décrire l'état initial. La température est mesurée durant les phases hivernales et estivales et les données de débit proviennent à la fois des données mesurées sur les 5 stations (de 2011 à 2014) et de données collectées par la station de jaugeage des débits du Giffou (de 1970 à 2014).

Les premiers résultats montrent que le débit et la température n'ont pas beaucoup influencé la densité de truite au cours des années de suivi. Aucune crue trop importante et aucune sécheresse ne se sont produites entre 2011 et 2014.

En termes de colmatage, les cours d'eau montrent un fort contraste. Le cours d'eau Cône présente un fort colmatage à la fois de surface (avec 50% de sédiments fins) et en profondeur (avec 10cm de zone oxygénée – Tableau ci-dessous). A l'opposé, le cours d'eau Lagast, présente un faible colmatage à la fois de surface (avec 20 à 25% de sédiments fins) et en profondeur (avec 20cm de zone oxygénée). Les 3 autres cours d'eau présentent des résultats intermédiaires à la fois pour le colmatage de surface (entre 25 et 50% de sédiments fins) et le colmatage en profondeur (entre 10 et 20cm de zone oxygénée).

Ces 3 niveaux de colmatage se répercutent sur la biologie. Un cours d'eau fortement colmaté (tel que le Cône) présente un taux de survie inférieur ou égal à 10% et une faible densité de 0+ (1550 individus/hectare). Un cours d'eau faiblement colmaté (tel que le Lagast) présente un taux de survie supérieur à 40% et une densité élevée de 0+ (4600 individus/hectare). Les cours d'eau « intermédiaire » présentent un taux de survie compris entre 10 et 40% et une densité moyenne de 0+ (2200 individus/hectare). Donc, un lien fort existe entre niveau de colmatage et biologie (survie intragravellaire et densité de 0+).

| Cours d'eau                        | Colmatage      |                             |                     | Biologie                |                                   |
|------------------------------------|----------------|-----------------------------|---------------------|-------------------------|-----------------------------------|
|                                    | Sédiments fins | Sticks hypoxie              | Niveau de colmatage | Survie intragravellaire | Densité 0+ (Moyenne)              |
| Cône                               | ~ 50%          | 10 cm de zone oxygénée      | Fortement colmaté   | ≤ 10%                   | Faible (1550 individus/ha)        |
| Lagast                             | 20 à 25%       | 20 cm de zone oxygénée      | Faiblement colmaté  | > 40%                   | Elevée (4600 individus/ha)        |
| Bertrand<br>Escorbis<br>Clauzelles | 25 à 50%       | 10 à 20 cm de zone oxygénée | Intermédiaire       | 10 à 40%                | Intermédiaire (2200 individus/ha) |

Cette importante étude sur le colmatage permet d'avoir un regard critique sur le protocole et de proposer un protocole allégé pour suivre les cours d'eau du PAT Cône et peut être d'autres cours d'eau. Une forte corrélation existe entre le colmatage de surface et celui de la zone hyporhéique. Plus il y a de sédiments fins en surface moins la profondeur d'oxygénation est importante. Dans le cadre d'un protocole allégé, la mesure des sticks hypoxie peut être effectué sans le prélèvement de sédiments ou inversement. L'étude de la survie intragravellaire est une opération lourde à mettre en place. Elle peut être envisagée comme dernier maillon d'une étude sur le colmatage. Une relation existe entre survie intragravellaire et résultats de pêche électrique. Donc, la réalisation de pêche électrique peut renseigner sur le taux de survie et est indispensable pour faire le lien entre colmatage et biologie.

# Introduction

- Plan d'Action Territorial

Un Plan d'Action Territorial (PAT) est une démarche prônée par l'Agence de l'eau Adour-Garonne et ses partenaires. C'est une démarche intégrée qui regroupe les différents acteurs d'un territoire autour de la problématique « eau ». Par exemple, un PAT permet de mobiliser les acteurs du territoire autour d'un objectif concret de reconquête de la qualité de l'eau altérée par des pollutions diffuses, phytosanitaires, nitrates ou autre.

En juin 2010, un programme d'action territorial (PAT) expérimental et innovant a été mis en place sur le bassin versant de la rivière Cône (département de l'Aveyron - 12). Les acteurs du territoire, notamment les agriculteurs, se sont mobilisés autour de 3 objectifs principaux : améliorer la qualité des eaux en diminuant les pollutions ponctuelles et diffuses, améliorer le fonctionnement hydromorphologique des cours d'eau du bassin versant et préserver le paysage et la biodiversité du territoire.

- L'expérimentation « colmatage » au sein du PAT Cône

Un cours d'eau est le réceptacle d'un bassin versant. Ainsi dans une démarche intégrée, à l'échelle d'un bassin versant, comme un PAT, le cours d'eau révèle le bon fonctionnement du bassin versant ou les changements effectués sur le bassin versant.

Le territoire du Cône est un territoire principalement agricole. Plusieurs constats ont été faits sur l'état de colmatage des cours d'eau du bassin versant du Cône (SDVP 2006 ; AGERIN 2010). L'objectif des expérimentations menées dans le cadre du PAT Cône était de dépasser le simple constat de colmatage et de mesurer l'impact de ce colmatage sur les communautés biologiques des cours d'eau.

Parmi les communautés biologiques des cours d'eau, les poissons sont des organismes qui vivent plusieurs années et qui intègrent donc les impacts répétés que peuvent subir les masses d'eau. De plus, à travers l'halieutisme, les poissons constituent un vecteur important de sensibilisation des personnes.

La Fédération de l'Aveyron pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique (nommé Fédération dans la suite du document) a été missionnée pour définir et mettre en place l'expérimentation « colmatage » du PAT Cône. Le protocole sur le suivi du colmatage est un protocole novateur. En effet, la problématique « colmatage » des cours d'eau, bien que relevée depuis de nombreuses années, ne dispose pas de méthodes de mesure normées, validées à l'échelle nationale ou européenne, tel qu'un IBGN (Indice Biologique Global Normalisé) pour le suivi de la qualité de l'eau. De nombreuses recherches sont en cours (Gayraud et al. 2002 ; Ombredane 2010 ; Jégousse 2011 ; Descloux 2011 ; Datry 2011). Conscient de ce manque de méthode généralisable à n'importe quelle rivière, la Fédération a choisi non pas une méthode mais un panel de méthodes.

- Indicateurs de colmatage et indicateurs de l'impact du colmatage sur la biologie

Le colmatage d'une rivière peut se faire à deux niveaux, en surface et en profondeur, avec des relations entre les 2 (Gayraud et al. 2002). Le colmatage de surface concerne la partie visible du colmatage, c'est-à-dire les sédiments fins qui se déposent sur le substrat d'une rivière. Ces sédiments fins se retrouvent également dans le substrat. Donc il y a un colmatage de surface et un colmatage en profondeur du substrat ou hyporhéique. La Fédération a opté pour une étude des deux types de colmatage afin d'essayer d'avoir un diagnostic sur l'état de colmatage le plus précis possible (le détail des méthodes d'étude est présenté dans la partie « matériel et méthodes »). Pour estimer l'impact du colmatage sur la biologie, le diagnostic concerne l'espèce cible du territoire du PAT Cône, la truite fario (*Salmo trutta*).

- Rapport de synthèse de l'expérimentation « Colmatage » du PAT Cône

L'expérimentation « colmatage » se compose de 3 périodes d'étude : 2011-2012, 2012-2013 et 2013-2014. Chaque période a donné lieu à un rapport présentant les résultats obtenus. Ce dernier rapport est un document de synthèse. Il analyse les résultats obtenus lors des 3 périodes et conclue sur l'expérimentation.

Ce rapport de synthèse revient :

- dans un premier temps, dans la partie matériel et méthodes, sur les stations d'étude, les variables étudiées et les analyses des données.
- Dans un deuxième temps, sont présentés les résultats et une conclusion pour :
  - o les caractéristiques des stations,
  - o l'effet des variables température et débit sur l'espèce cible
  - o et enfin l'impact du colmatage sur l'espèce cible.
- Dans un troisième temps, une discussion met en perspectives les résultats en fonction de différentes thématiques.

# **Matériels et méthodes**

## 1- Stations d'étude

Le bassin versant du Cône est un affluent de la rivière Giffou et se situe au sud de Rodez (Figure 1). Il s'étend sur environ 54km<sup>2</sup> (en violet clair sur la Figure 1). Le territoire concerné par le PAT Cône est une partie de ce bassin versant, il débute en amont de la Selve (en violet foncé sur la Figure 1).

En plus du bassin versant du Cône, la Fédération en collaboration avec le Syndicat Mixte du Bassin Versant du Vaur, a étendu la zone d'étude à 2 autres bassins versants. Le constat sur le bassin versant du Cône montre qu'aucune station de référence ou station faiblement impacté n'est présente. Des comparaisons avec des contextes faiblement impactés sont indispensables à toute étude scientifique. Le bassin versant du Lagast a été sélectionné comme bassin versant témoin, faiblement impacté par le colmatage (en bleu sur la Figure 1). Le bassin versant du Clauzelles a été sélectionné comme bassin versant impacté par les pratiques agricoles et ne bénéficiant pas d'actions agro-environnementales (en rouge sur la Figure 1).

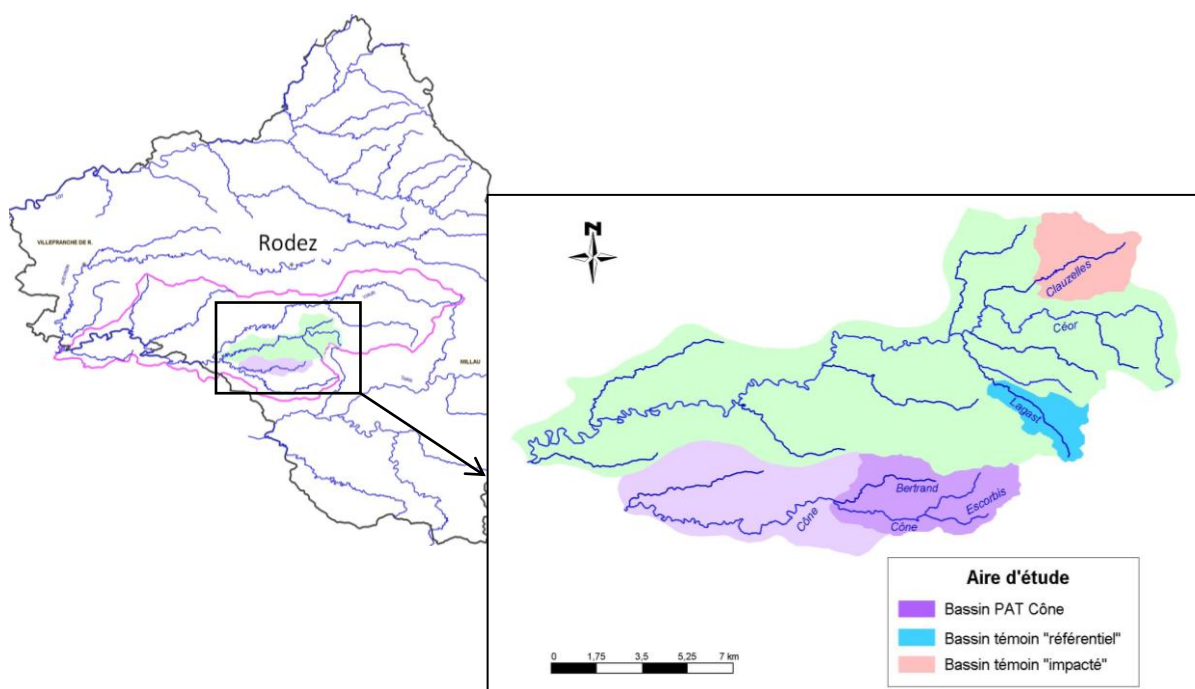


Figure 1. Localisation du bassin versant de la rivière Cône (fond violet) au sein du département de l'Aveyron et du bassin versant du Vaur (contour rose). Zoom sur le bassin versant du Cône (fond violet), localisation de ses 2 affluents (Bertrand et Escorbis) et de deux rivières supplémentaires, Lagast et Clauzelles (fonds bleu et rouge clair respectivement).

Sur le bassin versant du Cône, trois stations sont suivies : le Cône, le Bertrand et l'Escorbis (Figure 2-a). Sur les bassins versants du Lagast et du Clauzelles, une station par bassin versant est suivie (Figure 2-b et c).

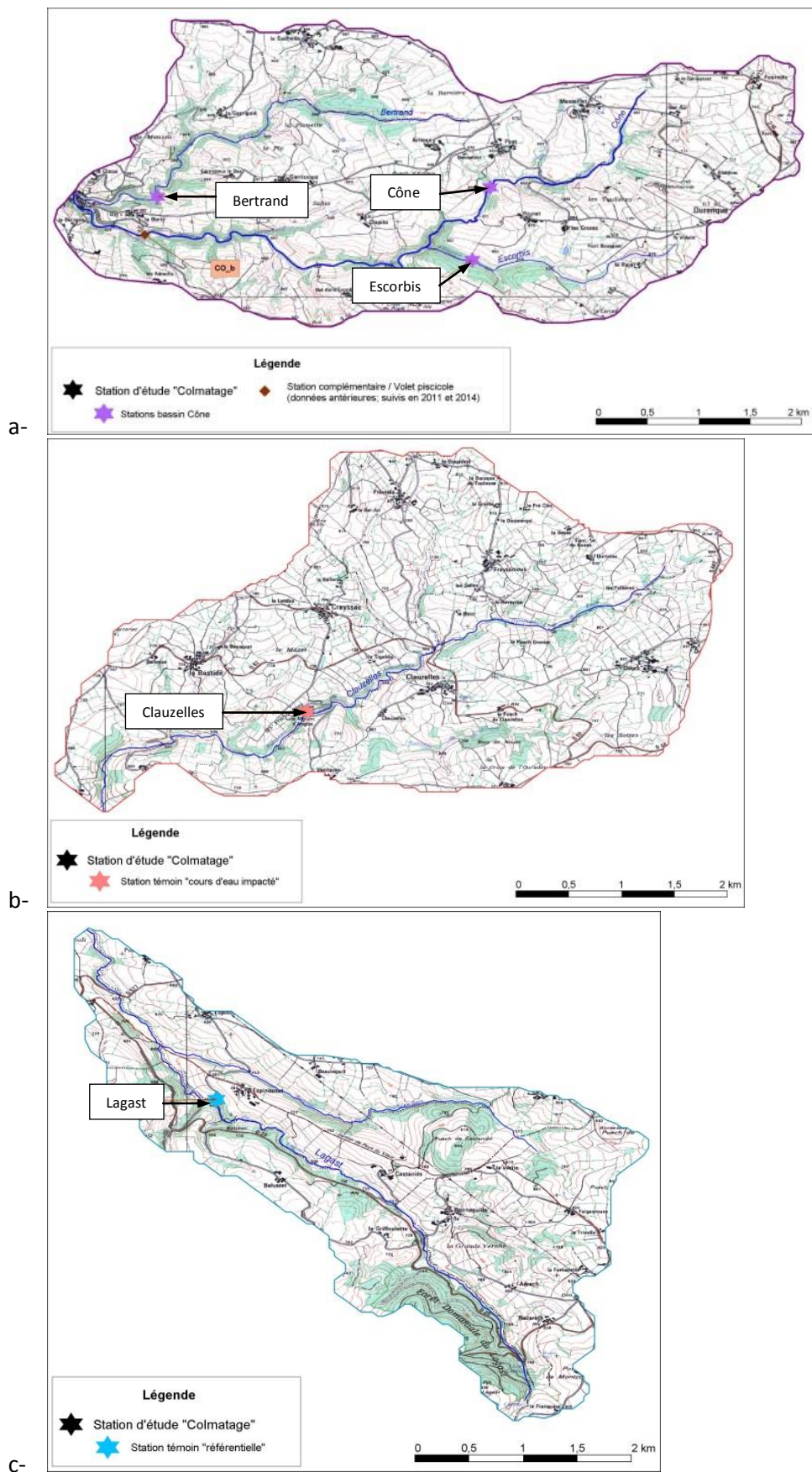


Figure 2. Localisation des 5 stations d'étude : a- les 3 stations Cône, Bertrand et Escorbis du bassin versant du Cône, b- la station sur la rivière Clauzelles et c- la station sur la rivière Lagast.

## **2- Variables d'étude**

Différentes variables ont été suivies au cours de l'expérimentation sur les 5 stations (Tableau 1 a et b). Le tableau 1-a détaille la chronologie des interventions réalisées entre 2011 et 2014 pour un cours d'eau. Le tableau 1-b résume les variables d'étude et les expérimentations effectués.

Les protocoles sont décrits de façon détaillés dans le premier rapport (Müller et al. 2012).

Dans l'étude nous ne parlons pas d'année mais de période. La raison est que l'étude est calée sur le cycle biologique de la truite, de novembre à octobre. La période 1 commence en novembre 2011 et finit en octobre 2012. La période 2 commence en novembre 2012 et finit en octobre 2013. La période 3 commence en novembre 2013 et finit en octobre 2014.

### **a- Variable de caractérisation des 5 cours d'eau**

8 variables ont été relevées par station :

- L'altitude a été relevée au niveau de la station à l'aide d'un système d'informations géographiques.
- La largeur plein bord est la limite au-delà de laquelle l'eau se répand dans la plaine d'inondation. Elle a été suivie au niveau de la station. Les relevés précèdent la pose des œufs sous le gravier en octobre.
- La conductivité a été relevée au niveau de la station, lors des pêches électriques.
- Le pH a été relevé au niveau de la station, lors des pêches électriques.
- La superficie drainée correspond à la superficie du bassin versant au droit de la station de pêche électrique, mesurée à l'aide d'un système d'informations géographiques.
- La distance à la source correspond à la distance entre la station de pêche électrique et la source, mesurée à l'aide d'un système d'informations géographiques.
- La pente du fond du lit des radiers correspond à la différence d'altitude au sein de chaque radier de la station. Les mesures ont été effectuées selon la méthode d'un relevé topographique. Les relevés précèdent la pose des œufs sous le gravier.
- Le rang de Strahler est une classification des réseaux hydrographiques des cours d'eau pour indiquer le niveau de complexité de son réseau d'affluents et de sous-affluents. Par exemple, un cours d'eau avec un rang de Strahler 2 signifie qu'il a reçu 2 cours d'eau de rang 1.

### **b- Analyse de la température et du débit**

#### *i) Analyse de l'hydrologie*

Les données de débit proviennent à la fois :

- des données mesurées sur les 5 stations (de 2011 à 2014)
- et de données collectées par la station de jaugeage des débits du Giffou (de 1970 à 2014).

Les données sur les 5 stations (de 2011 à 2014) permettent de calculer les débits spécifiques d'hiver (mois de janvier), du printemps (mois de juin) et d'été (mois de septembre). Ces débits servent à caractériser les 5 stations et donner des informations sur la qualité d'alimentation des cours d'eau.

Les données collectées par la station de jaugeage des débits du Giffou (de 1970 à 2014) servent à retracer l'histoire de vie des individus durant la phase d'expérimentation, afin d'évaluer les impacts éventuels sur les 4 phases du cycle de vie de la truite.

Durant la phase de reproduction (du 1 octobre au 30 novembre) :

- le débit médian calculé entre les années 1970 et 2014, mesurée à partir des données de la station du Giffou
- et le pourcentage du nombre de jours pour les années 2009 à 2014, où le débit a été inférieur au débit médian précédent.

Durant la phase d'incubation-émergence des œufs de truite (du 1 décembre au 28 février) :

- le module calculé entre les années 1970 et 2014, mesurée à partir des données de la station du Giffou
- et le pourcentage du nombre de jours pour les années 2009 à 2014, où le débit a été supérieur au module précédent.

Durant la phase de post-émergence des embryons vésiculés de truite (du 1 mars au 31 mai) :

- le module calculé entre les années 1970 et 2014, mesurée à partir des données de la station du Giffou
- et le pourcentage du nombre de jours pour les années 2009 à 2014, où le débit a été supérieur au module précédent.

Durant la phase de croissance de la truite (du 1 juin au 30 septembre) :

- la moyenne calculée entre les années 1970 et 2014, appelé QMNA (Définition du QMNA en fin de document), mesurée à partir des données de la station du Giffou
- et le pourcentage du nombre de jours pour les années 2009 à 2014, où le débit a été inférieur au QMNA.

## *ii) Analyse de la température*

Les données de température proviennent de données collectées à partir de thermomètres (marque Tinytag) posés sur chacune des stations d'étude. Les mesures effectuées par les thermomètres correspondent à un pas de temps horaire. Deux périodes sont distinguées (Tableau 1), l'été (du 1 juin au 30 septembre) et une période regroupant l'automne et l'hiver (du 1 novembre au 31 mars). A partir de ces relevés, plusieurs variables sont calculées pour les analyses.

- En hiver :
  - la température moyenne des 10 jours consécutifs les plus froids
  - et le pourcentage du nombre de jour en hiver où la température est inférieure à 4°C.
- En été :
  - la température moyenne des 30 jours consécutifs les plus chauds
  - et le pourcentage du nombre de jour en été où la température est supérieure à 17°C.

Le choix de ces 4 variables repose à la fois sur des justifications biologiques et sur des raisons de distinction des 5 cours d'eau étudiés (voir plus loin dans la partie résultats).

### c- Analyse du colmatage

Comme vu précédemment, la Fédération a opté pour un panel de variables pour suivre l'effet du colmatage.

#### *i) Colmatage de surface*

L'étude du colmatage de surface s'effectue au cours de 3 campagnes (C1, C2 et C3) pour les 3 périodes suivies (Tableau 1). Le protocole comprend 2 étapes, la première étape se déroule sur la rivière et la deuxième dans les locaux de la Fédération.

Sur le terrain, la récolte des sédiments fins se fait en aspirant à l'aide d'une pompe les éléments fins présents à la surface du substrat. Les zones échantillonnées se situent sur les radiers et les prélèvements se font sur 3 radiers par station. La surface prospectée est délimitée à l'aide d'un cylindre et correspond à environ 700 cm<sup>2</sup>. Le volume d'eau et de sédiments collecté est de 20 litres.

A la Fédération, les 20 litres sont tamisés à travers 3 tamis qui permettent de recueillir 3 types de sédiments : des sédiments fins (inférieurs à 0,5mm), des sables (compris entre 0,5mm et 2mm) et des éléments plus grossiers (supérieurs à 2mm). Afin d'éliminer toute l'eau retenue entre les éléments, notamment les plus fins, les sédiments sont séchés en étuve à 110°C. Cette opération de séchage permet de peser le poids des 3 fractions granulométriques exempte d'eau.

Les variables utilisées pour les analyses sont :

- le pourcentage d'éléments fins (inférieurs à 0,5mm),
- le pourcentage de sables (compris entre 0,5mm et 2mm)
- et le pourcentage d'éléments plus grossiers (supérieurs à 2mm).

Ces variables sont obtenues en sommant le poids des éléments fins récoltés sur les 3 radiers d'une station multiplié par 100 et divisé par le poids total des 3 fractions granulométriques pesés sur les 3 radiers.

### *ii) Stick hypoxie*

L'étude des sticks hypoxies s'effectue au cours de 3 campagnes (C1, C2 et C3) pour les 3 périodes suivies (Tableau 1). Le protocole comprend 2 étapes.

Un stick hypoxie est un bâton de pin (Marmonier et al. 2004). Dans le cas de l'expérimentation, il mesure 25 cm de long. Par station, 20 sticks hypoxies sont disposés sur les radiers. Chacun d'entre eux est enfoncé de 25cm dans le substrat. Ils sont laissés implantés dans le substrat soit 2 mois et demi en automne-hiver soit 2 mois en été.

Après retrait des sticks hypoxie, la hauteur de la zone oxygénée est mesurée à l'aide d'une règle graduée. La différence entre zone oxygénée et zone non-oxygénée se matérialise sur le bâton de pin par une différence de couleur (Marmonier et al. 2004). La hauteur de la zone oxygénée (la partie orange claire) des 4 faces du bâton est mesurée.

La variable utilisée pour les analyses est :

- la valeur moyenne de la zone oxygénée des 80 mesures par station (4 faces pour les 20 sticks).

### *iii) Volume de fines dans les mouilles*

En période de basses eaux, les mouilles constituent des zones d'accumulation des sédiments du fait d'une vitesse de courant plus faible. Les relevés sont effectués une fois par an après des conditions hydrologiques stables, selon la méthode de Lisle&Hilton (1993). Sont relevés les profondeurs d'eau et de sédiments fins au niveau de 4 à 6 transects. Les mesures permettent de calculer le ratio de sédiments fins dans la mouille et le pourcentage de comblement par les sédiments fins.

Dans le rapport de synthèse, les données de volume de fines dans les mouilles ne sont pas présentées. Les mouilles échantillonnées ne représentent qu'une faible partie du linéaire des cours d'eau. L'échelle stationnelle n'est pas une échelle pertinente, en particulier sur ces petits cours d'eau où la fréquence des mouilles est faible (Guilmet 2015).

|             |                                    | Etat initial |     |      |     |     |     |     |     | Période 1 (automne 2011 - été 2012) |     |     |     |     |      |      |     | Période 2 (automne 2012 - été 2013) |     |     |     |     |     |     |     | Période 3 (automne 2013 - été 2014) |     |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |     |     |  |  |
|-------------|------------------------------------|--------------|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|-------------------------------------|-----|-----|-----|-----|------|------|-----|-------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------------------------------------|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|--|--|
| Suivi       | Paramètres                         | Mai          | Jun | Juil | Aou | Sep | Oct | Nov | Déc | Jan                                 | Fév | Mar | Avr | Mai | juin | Juil | Aou | Sep                                 | Oct | Nov | Déc | Jan | Fév | Mar | Avr | Mai                                 | Jun | Juil | Aou | Sep | Oct | Nov | Déc | Jan | Fév | Mar | Avr | Mai | Jun | Juil | Aou | Sep |  |  |
| Station     | Caractéristiques habitats          |              |     |      |     |     |     |     |     |                                     |     |     |     |     |      |      |     |                                     |     |     |     |     |     |     |     |                                     |     |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |     |     |  |  |
|             | Caractérisation des radiers        |              |     |      |     |     |     |     |     |                                     |     |     |     |     |      |      |     |                                     |     |     |     |     |     |     |     |                                     |     |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |     |     |  |  |
| Température | Estivale                           |              |     |      |     |     |     |     |     |                                     |     |     |     |     |      |      |     |                                     |     |     |     |     |     |     |     |                                     |     |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |     |     |  |  |
|             | Hivernale                          |              |     |      |     |     |     |     |     |                                     |     |     |     |     |      |      |     |                                     |     |     |     |     |     |     |     |                                     |     |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |     |     |  |  |
| Colmatage   | Colmatage de surface               |              |     |      |     |     |     |     |     |                                     |     |     |     |     |      |      |     |                                     |     |     |     |     |     |     |     |                                     |     |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |     |     |  |  |
|             | Sticks hypoxie                     |              |     |      |     |     |     |     |     |                                     |     |     |     |     |      |      |     |                                     |     |     |     |     |     |     |     |                                     |     |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |     |     |  |  |
|             | Volume des fines dans les mouilles |              |     |      |     |     |     |     |     |                                     |     |     |     |     |      |      |     |                                     |     |     |     |     |     |     |     |                                     |     |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |     |     |  |  |
| Biologie    | Survie                             |              |     |      |     |     |     |     |     |                                     |     |     |     |     |      |      |     |                                     |     |     |     |     |     |     |     |                                     |     |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |     |     |  |  |
|             | intragravelaire                    |              |     |      |     |     |     |     |     |                                     |     |     |     |     |      |      |     |                                     |     |     |     |     |     |     |     |                                     |     |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |     |     |  |  |
|             | Inventaire piscicole               |              |     |      |     |     |     |     |     |                                     |     |     |     |     |      |      |     |                                     |     |     |     |     |     |     |     |                                     |     |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |     |     |  |  |

| Type                      | Intervention                                                                 | Fréquence d'intervention                                                                                             | Durée                                                                 | Matériels                                                                                                                                                                                                                                                                                | Réplicats                                                                                                                                                                                                   | Mesures                                                                                                                                                                                                         | Paramètres / Indicateurs                                                                                                                                                                     | Observations                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|---------------------------|------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                           | <b>Description du milieu : Caractéristiques générales des radiers</b>        | 1 fois / an avant la pose des œufs sous graviers                                                                     | Mesures ponctuelles                                                   | Lazermètre - pied photo - règle graduée                                                                                                                                                                                                                                                  | Mesures sur la totalité des radiers présents sur la station                                                                                                                                                 | Relevés topographiques                                                                                                                                                                                          | Pentes des radiers, largeurs moyenne du lit mouillé et plein bord                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|                           | <b>Description du milieu : conditions habituellement au sein des radiers</b> | 4 fois / période d'étude : avant la pose des œufs, éclosion, émergence, été                                          | Mesures ponctuelles                                                   | Courantomètre - Logiciel Moulmet - stick pour matérialisé un point central                                                                                                                                                                                                               | 5 points dans la veine centrale de chaque radier présent sur la station (1 point central et 4 points équidistants) - Débit : 1 transect / station                                                           | Hauteurs, vitesses d'écoulement (à 0,4h/60m), substrats dans la veine centrale de chaque radier - Hauteurs d'eau et vitesses d'écoulement (0,2h, 0,4h et 0,8h) au niveau d'un transect                          | Radier : Hauteurs d'eau moyennes, vitesses d'écoulement moyennes et substrats dominants - Station : débit                                                                                    | Balçage du point central à l'aide d'un stick enfoncé dans le substrat, le positionnement du stick / rives et / un point de référence sur la berge est relevé                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|                           | <b>Sticks Hypoxie (radiers)</b>                                              | 3 campagnes / période d'étude : avant la pose des œufs sous graviers, à l'émergence (retrait des capsules) et en été | 55 à 60 jours / campagne                                              | Baguettes en pin non traité de section carrée de 1 cm et d'une longueur de 25 cm / station / campagne, barre à mine, tube guide, masse, règle graduée                                                                                                                                    | 20 sticks / station / campagne répartis sur la totalité des radiers présents sur la station                                                                                                                 | Hauteur de la zone oxygénée dans le substrat pour les 4 côtés de chaque stick (80 mesures / station / campagne)                                                                                                 | Profondeur de la zone oxygénée dans le substrat (stick, radier, station) / campagne                                                                                                          | Références : Mammonier et al. 2004; Tremblay L., 2006 et Logez et al. 2011 - Longueur du stick réduite de 5 cm / méthode initiale en lien avec la hauteur des matériaux disponibles / roche mère et la petite taille des géniteurs de Truite commune; sticks positionnés à proximité des capsules                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|                           | <b>Colmatage de surface (radiers)</b>                                        | 3 campagnes / période d'étude : avant la pose des œufs sous graviers, à l'émergence (retrait des capsules) et en été | Prélèvements ponctuels                                                | Pompe à main de type Urcin, cylindre PVC, stick, bidons, tamis 0,5 mm, 2 mm et 5 mm, étuve                                                                                                                                                                                               | 3 prélèvements sur 3 radiers différents / station / campagne (balçage de la surface échantillonnée à l'aide d'un stick)                                                                                     | 20 litres pompés (eau et matériaux fins); tamisage - poids de 3 fractions granulométriques après passage à l'éluve à 105°C, pendant 24 heures correspondant à une surface échantillonnée de 700 cm <sup>2</sup> | Poids de 3 fractions granulométriques / radier : < 0,5 mm, [0,5 - 2 mm] et [2 - 5 mm] - Poids moyens des différentes fractions granulométriques / station / campagne                         | Prélèvement de toute la gamme de matériaux fins impliqués dans le colmatage de surface - Fraction supérieure à 5 mm non comptabilisée - Références : Guillemette F., 2001 et Etchebarne M., 2002                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|                           | <b>Volume des fines dans les mouilles</b>                                    | 1 fois / an après des conditions hydrologiques stables (été)                                                         | Mesures ponctuelles                                                   | Décantimètre, pège graduée                                                                                                                                                                                                                                                               | Mesures sur chaque mouille présente sur la station / campagne                                                                                                                                               | Mesures de profondeurs d'eau et de profondeurs de fines au niveau de 4 à 5 transects / mouille + mesures de hauteur d'eau de la crête du radier correspondant à la limite aval de la mouille                    | Ratio du volume de sédiments fins dans la mouille (%) de comblement de la mouille par les fines)                                                                                             | Méthode de Lisle & Hilton (1993), Etchebarne, 2002 - Cours d'eau étudiés < 5 m : faciès mouille considérée à partir de 40 cm de hauteur d'eau + zone lentique; Types de mouille liés à un obstacle temporaire ou permanent exclus                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|                           | <b>Thermie</b>                                                               | 2 fois : été et automne-hiver / période d'étude (années n et n+1)                                                    | 4 mois (été) et 4 à 7 mois (automne-hiver)                            | 1 Sonde Inyraq aquatic / station                                                                                                                                                                                                                                                         | Pas de temps horaire                                                                                                                                                                                        | Température                                                                                                                                                                                                     | Multiples                                                                                                                                                                                    | Cf synthèse thermie et tableaux listant les principaux indicateurs (été, hiver)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <b>Suivis Biologiques</b> |                                                                              |                                                                                                                      |                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|                           | <b>Survie intragravellaire (Truite commune)</b>                              | 1 fois / période d'étude                                                                                             | Plusieurs mois (facteur dépendant de la température; années n et n+1) | Capsules en grillage d'acier inoxydable de 1 mm de vide de maille et 6 cm de longueur, pour un Ø de 1,5 cm remplies avec 20 billes de verre d'un Ø de 5 mm + Incubateurs de 1 mm de vide de maille, 10 cm de long pour un Ø de 5 cm remplis avec 225 gr de graviers nettoyés de 1 à 3 cm | 12 capsules / campagne / station avec 10 œufs / chaque + 3 incubateurs / campagne / station avec 30 œufs chacun, réparés sur 4 à 6 radiers en fonction des cours d'eau : soit 210 œufs / campagne / station | Nombre d'œufs morts, nombre d'œufs vivants et nombre d'œufs vivants                                                                                                                                             | Taux de fécondation (lot témoin en pisciculture) et taux de survie intragravellaire                                                                                                          | Prélèvement des œufs sur des géniteurs capturés par pêche électrique dans le Gône - Identification sur le terrain des sexes et du niveau de maturation - Stockage des géniteurs matures ou en phase de maturation dans des bacs sur un cours d'eau proche du Gône et présentant un contexte géologique similaire (Duranco) - Lot témoin non soumis à des aléas naturels ou anthropiques de 210 œufs maintenu et surveillé à la pisciculture de Plajac (détermination du taux de fécondation des œufs) + capsules et incubateurs répartis sur site pour contrôler le développement des œufs - Substrats des radiers expérimentaux/déclinaux quelques jours avant la pose des capsules et incubateurs |
|                           | <b>Imentaires piscicoles</b>                                                 | 2 fois / an : printemps et automne                                                                                   | 1/2 journée par campagne et par station                               | Matériel portatif pêche électrique IC 600 - 1 électrode par station, épuisettes et petit matériel de pêche                                                                                                                                                                               | 2 passages sans remise à l'eau des poissons à chaque passage sur la totalité de la station (pêche complète; inventaire)                                                                                     | Taille en mm des poissons + mesures annexes (caractéristiques de la station...)                                                                                                                                 | Densité et biomasse en place pour chaque espèce piscicole (méthode des captures successives; De Lury) - Structure de la population de truites - valeurs d'abris pour la Truite commune - IPR | Mesures annexes : caractéristiques de la station (longueur, largeur, faciès), mesures des abris pour les truites adultes, physico-chimie (température, conductivité, pH, oxygène), débit                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |

Tableau 1. a- Chronologie des interventions réalisées entre 2011 et 2014 pour un cours d'eau. b- Résumé des variables et des expérimentations employées.

#### d- Variables biologiques

Deux méthodes d'étude du volet biologique ont été retenues, la survie intragravellaire et la pêche électrique.

##### *i) Survie intragravellaire*

L'étude de la survie intragravellaire s'effectue au cours d'une campagne, la période de reproduction de la truite, pour les 3 périodes (Tableau 1). Le protocole imite le phénomène de reproduction des truites, c'est-à-dire la pose d'œufs fécondés dans le substrat de la rivière. Il se décompose en plusieurs étapes avant d'obtenir la variable d'étude.

Afin de récupérer des individus femelles et mâles, des pêches électriques sont effectuées sur les 5 cours d'eau. Les pisciculteurs de la Fédération ont extrait les œufs des femelles matures et les ont fécondés à l'aide de la semence de mâle.

Les œufs fécondés sont disposés dans à la fois des incubateurs et des capsules. Les capsules sont de petits tubes cylindriques en grillage d'acier inoxydable de 1 mm de vide de maille, de 6 cm de longueur pour un diamètre de 1,5 cm. Les incubateurs sont de tubes cylindriques plus importants que les capsules, avec un vide de maille de 1 mm, de 10 cm de longueur pour un diamètre de 5 cm. Les capsules sont remplies de 20 billes de verre de 5 mm de diamètre et de 10 œufs répartis aléatoirement. Les incubateurs sont remplis de 225 g de graviers lavés de tailles hétérogènes (1 à 3 cm) et de 30 œufs répartis aléatoirement.

Avant d'insérer les incubateurs et capsules dans le substrat, les radiers sont nettoyés afin de chasser tous les sédiments fins accumulés dans le substrat, comme le fait naturellement une truite avant de pondre ces œufs. Par station, entre 4 et 6 radiers ont été sélectionnés et 12 capsules et 3 incubateurs sont disposés.

Le relevé des incubateurs et capsules se fait en fonction de la température. Il faut 420°C.jour à un œuf pour atteindre le stade d'embryon vésiculé. Des capsules et incubateurs témoins ont été disposés afin d'être relevés avant terme afin de vérifier le développement des œufs.

La variable utilisée pour les analyses est :

- un pourcentage entre le nombre d'embryons vésiculés récupérés et le nombre d'œufs introduits. La variable est appelée le taux de survie intragravellaire des œufs.

##### *ii) Pêche électrique*

Par période, 2 pêches électriques sont effectuées : en juin et en septembre-octobre (Tableau 1). Préalablement à l'étude, 2 premières pêches ont été effectuées sur les rivières du bassin versant du Cône : Cône, Bertrand et Escorbis. Sur ces dernières, on compte 8 pêches électriques et sur le Lagast et le Clauzelles, 6 pêches électriques (Tableau 1).

Le protocole de pêche électrique est de type pêche complète d'inventaire, à l'aide d'une anode (car les 5 rivières présentent une largeur de lit mouillée inférieure à 4 mètres) et avec 2 passages. Le matériel est un portatif IG600. Les individus de toutes les espèces sont récoltés, identifiés, mesurés puis remis à l'eau.

Après la pêche électrique, la station de pêche est décrite : faciès, longueur, plusieurs largeurs, mesures des abris, mesure du débit.

Les variables utilisées pour les analyses sont :

- la densité des truites 0+ (en nombre d'individus par hectare), qui est le ratio entre le nombre d'individus 0+ et la surface de la station de pêche, puis la valeur est ramenée à l'hectare
- et la biomasse de truite (en kilogramme par hectare), qui est le ratio entre le poids de l'ensemble des individus capturés (à partir de la relation taille (en cm) – poids (en kg) :  $0,01 \times (Taille/10)^3$ ) et la surface de la station de pêche, puis la valeur est ramenée à l'hectare

L'état des populations de truite est diagnostiqué et détaillé dans les 3 rapports précédents (2011-2012, 2012-2013 et 2013-2014).

### **3- Analyses des données**

#### **a- Analyse des données brutes**

La première étape consiste en l'analyse des données brutes, sous forme soit de tableau soit de graphique. L'objectif est de faire apparaître les principales différences. Ces différences sont comparées aux résultats de l'Analyse en Composantes Principales (voir ci-dessous). Enfin, un graphique synthétique (obtenu à l'aide de l'ACP) résume l'information, c'est-à-dire les grandes différences.

#### **b- Analyse en Composantes Principales**

L'Analyse en Composantes Principales (ou ACP) est une analyse multivariée. Ce type d'analyse s'emploie lorsque le jeu de données se compose de plus de 2 variables (comme dans notre cas, par exemple 8 variables pour la caractérisation des stations). L'intérêt d'une analyse multivariée est de résumer l'information du jeu de données à un graphique à 2 dimensions ou axes, appelés les « composantes principales ».

La première étape d'une ACP est l'analyse de l'histogramme des valeurs propres. L'intérêt de l'histogramme des valeurs propres est de juger de la robustesse des résultats de l'ACP.

L'histogramme des valeurs propres renseigne également sur le nombre d'axes à conserver pour les analyses et aussi sur le pourcentage de la variabilité totale porté par chacun des axes.

La deuxième étape porte sur l'interprétation des graphiques tirés de l'ACP. Le premier graphique est le graphique des individus (les stations et les périodes dans notre cas) et le deuxième graphique est le graphique des variables d'étude (par exemple, le pourcentage de sédiments fins ou la profondeur d'oxygénation). L'interprétation consiste à visualiser les différences entre les stations ou périodes et de les positionner dans les 4 cadrans. Par exemple, 2 stations distantes sur le graphique vont présenter des différences sur les variables. Au contraire, 2 stations assez proches sur le graphique vont présenter des similitudes sur les variables.

Enfin, le graphique des variables permet de comprendre les différences observées entre les stations ou périodes. Par exemple, si une station se situe à gauche alors ce sont les variables projetées vers la gauche qui explique sa position et la différence avec les autres stations.

Trois ACP ont été effectuées :

- une ACP sur les variables des caractéristiques des stations,
- une ACP sur les variables température et débit
- et une ACP sur les variables colmatage.

### c- Tests statistiques

Le choix des tests statistiques est fonction de la taille de l'échantillon et de la nature des variables à tester :

- Variable qualitative : test du Chi-deux d'homogénéité et si les conditions ne sont pas remplies lors de ce test, le test exact de Fischer est appliqué
- Variable quantitative :
  - Contrôle de la normalité et de l'homoscédasticité des données pour les grands échantillons
  - Les conditions précédentes n'ayant jamais été satisfaites, il a été réalisé des tests non paramétriques pour la comparaison des moyennes (Kruskall-Wallis, Mann-Whitney, Friedman et Wilcoxon).

Pour l'ensemble des tests, le seuil de significativité est fixé à 5%.

# Résultats

## 1- Caractéristiques des stations

Le tableau 2 présente les résultats obtenus sur les 8 variables pour les 5 stations. Ces 8 variables permettent de caractériser les stations. Par exemple, la station Bertrand présente l'altitude la plus faible, de 530 m, et la station Clauzelles, celle la plus élevée avec 662 m.

Parmi les 8 variables, celles qui discriminent le mieux les 5 stations sont la largeur plein bord, la superficie drainée et la conductivité (selon l'ACP – Annexe 1). Sur ces dernières variables, la station Clauzelles se distingue des 4 autres stations par des valeurs plus élevées (cellule grisée dans le tableau 2).

| Cours d'eau       | Station                | Altitude (m) | Distance à la source (km) | Largeur plein bord (m) | Rang de Strahler | pH  | Superficie drainée (km <sup>2</sup> ) | Conductivité (µS/cm) | Pente (‰) |
|-------------------|------------------------|--------------|---------------------------|------------------------|------------------|-----|---------------------------------------|----------------------|-----------|
| <b>Cône</b>       | Aval Puot              | 620          | 2,4                       | 3,8                    | 2                | 7,2 | 5,4                                   | 145,9                | 3,4       |
| <b>Escorbis</b>   | Prunet                 | 605          | 2,4                       | 3,6                    | 2                |     | 2,2                                   |                      | 5,2       |
| <b>Bertrand</b>   | Amont confluence Borie | 530          | 4,4                       | 3,6                    | 2                | 7,5 | 6,1                                   | 135,9                | 5,2       |
| <b>Clauzelles</b> | Moulin d'Angles        | 662          | 4,7                       | 5,5                    | 2                | 7,7 | 13                                    | 170,4                | 4,8       |
| <b>Lagast</b>     | Espinouset             | 653          | 5,5                       | 3,6                    | 2                | 7,6 | 6,9                                   | 127,9                | 3,9       |

Tableau 2. Résultats pour les 8 variables (altitude, distance à la source, largeur plein bord, rang de strahler, pH, superficie drainée, conductivité et pente) pour les 5 stations d'étude.

Des différences existent entre les 5 stations, mais elles restent minimales. Les stations présentent un pH compris entre 7 et 8, commun à beaucoup de rivière. Elles ont un rang de Strahler faible et identique, ainsi qu'une distance à la source relativement proche, synonyme de cours d'eau de tête de bassin.

## **2- Effets de la température et du débit sur les populations de truite**

Le chapitre sur l'effet de la température et du débit est structuré en 3 parties :

- la première partie s'appuie sur les données brutes présentées sous forme de tableau et graphiques afin de montrer les différences observées. Une synthèse des résultats est présentée sous forme de graphique. Ce dernier provient de l'Analyse en Composantes Principales (Annexe 2).
- La deuxième partie quantifie l'impact de la température et du débit sur le cycle biologique de la truite pour les 5 cours d'eau et les 3 périodes. Pour cela, on utilise les tests statistiques.
- La troisième partie conclue sur les résultats.

### **a- Différences de température et de débit entre les 3 périodes et les 5 stations**

La figure 3 présente les températures obtenues durant l'expérimentation entre juin 2011 et septembre 2014. Durant la période estivale (juin à septembre - Figure 3-a), la température fluctue entre 11,8°C (la station Lagast en juin 2013) et 16,3°C (la station Bertrand en août 2012). Durant la période hivernale (novembre à mars-avril - Figure 3-b), la température fluctue entre 1,8°C (la station Bertrand en février 2011) et 10,2°C (la station Bertrand en avril 2013).



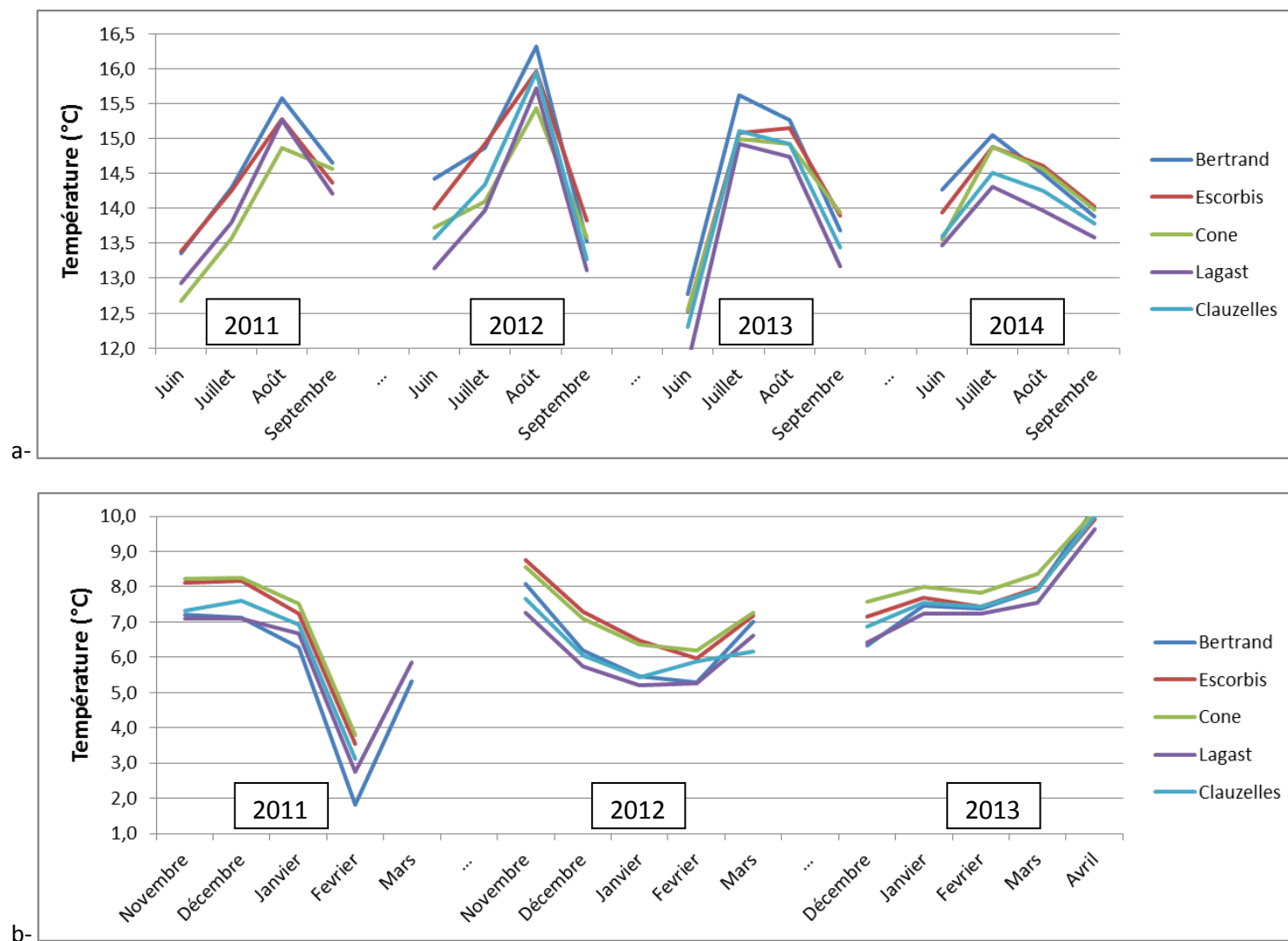


Figure 3. Températures mesurées durant l'expérimentation sur les 5 stations. a- Températures estivales et b- Température hivernale.

Le tableau 3 présente les 7 variables utilisées pour interpréter les différences entre les 5 stations et les 3 périodes. L'analyse du tableau 3, révèle des différences plus importantes entre les 3 périodes qu'entre les 5 stations pour les 7 variables. Ces différences sont aussi visibles sur la figure 3. Par exemple, pour  $NJ < 4^{\circ}C$  (pourcentage du nombre de jour en hiver où la température est inférieure à  $4^{\circ}C$ ), les différences entre les 3 périodes sont très importantes (différence de 30% entre la période 1 et la période 3 pour la station Bertrand – Tableau 3). Au contraire, les différences entre les 5 stations sont plus faibles (aucune différence entre les 5 stations au cours de la période 3 et une différence de 15% lors de la période 1 – Tableau 3). On retrouve les mêmes conclusions à l'aide de l'Analyse en Composantes Principales (Annexe 2).

Les faibles différences entre les stations se comprennent aisément puisque les 5 stations sont relativement proches dans l'espace et ont subi à peu de chose près les mêmes conditions thermiques et hydrologiques. Au contraire entre les 3 périodes, les conditions de température et de débit n'ont pas été identiques, comme c'est souvent le cas entre 2 années.

| Période   | Station    | NJ<4 (%) | TM10 (°C) | NJ>17 (%) | TM30 (°C) | Débit hiver (l/s/km <sup>2</sup> ) | Débit printemps (l/s/km <sup>2</sup> ) | Débit été (l/s/km <sup>2</sup> ) |
|-----------|------------|----------|-----------|-----------|-----------|------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------|
| Période 1 | Bertrand   | 30,2     | 0,02      | 9,8       | 16,4      | 10,5                               | 5,9                                    | 1,5                              |
|           | Escorbis   | 19       | 2,06      | 5,4       | 16,0      | 10,9                               | 15,9                                   | 4,5                              |
|           | Cône       | 14,3     | 2,04      | 2,2       | 15,5      | 12,6                               | 15,2                                   | 3,3                              |
|           | Lagast     | 24,4     | 0,65      | 6,5       | 15,8      | 25,5                               | 14,6                                   | 3,9                              |
|           | Clauzelles | 20,9     | 0,91      | 7,6       | 16,0      | 13,8                               | 12,3                                   | 2,8                              |
| Période 2 | Bertrand   | 15,3     | 3,76      | 6,5       | 16,3      | 18,5                               | 7,4                                    | 2,1                              |
|           | Escorbis   | 1,2      | 5,17      | 0         | 15,8      | 9,5                                | 15,9                                   | 4,1                              |
|           | Cône       | 3,5      | 5,36      | 0         | 15,7      | 19,4                               | 12,4                                   | 3,9                              |
|           | Lagast     | 15,3     | 4,02      | 4,3       | 15,6      | 12,9                               | 16,1                                   | 3,9                              |
|           | Clauzelles | 9,4      | 4,18      | 4,3       | 15,8      | 8,2                                | 13,9                                   | 3,8                              |
| Période 3 | Bertrand   | 0        | 5,40      | 3,3       | 15,6      | 15,7                               | 4,1                                    | 2,5                              |
|           | Escorbis   | 0        | 6,56      | 0         | 15,3      | 18,6                               | 5,5                                    | 8,2                              |
|           | Cône       | 0        | 7,17      | 0         | 15,3      | 17,0                               | 4,8                                    | 3,9                              |
|           | Lagast     | 0        | 5,74      | 0         | 14,9      | 21,3                               | 6,1                                    | 5,5                              |
|           | Clauzelles | 0        | 6,22      | 0         | 15,0      | 19,0                               | 6,2                                    | 6,1                              |

Tableau 3. Données brutes concernant les 5 stations et 3 périodes pour les 8 variables d'étude (NJ <  $4^{\circ}C$  : le pourcentage du nombre de jour en hiver où la température est inférieure à  $4^{\circ}C$ , TM10 ( $^{\circ}C$ ) : la température moyenne des 10 jours les plus froids, NJ >  $17^{\circ}C$  : le pourcentage du nombre de jour en été où la température est supérieure à  $17^{\circ}C$ , TM30 ( $^{\circ}C$ ) : la température moyenne des 30 jours les plus chauds, débit hiver (l/s/km<sup>2</sup>) : le débit spécifique d'hiver, débit printemps (l/s/km<sup>2</sup>) : le débit spécifique du printemps et débit été (l/s/km<sup>2</sup>) : le débit spécifique d'été).

La figure 4 résume à l'aide d'un graphique les principales différences observées sur le jeu de données. Ce graphique provient de l'Analyse en Composantes Principales (Annexe 2). Sur ce graphique, les événements climatiques ont été rajoutés (les cercles de couleur). Ceux-ci permettent de distinguer les 3 périodes. Au cours de la période 1, l'hiver le plus froid et l'été le plus chaud des 3 périodes ont été observés. Au contraire, au cours de la période 3, l'hiver le plus chaud, l'été le plus froid et le débit spécifique d'été le plus élevé des 3 périodes ont été observés. La période 2 se situe entre les périodes 1 et 3, cela signifie qu'elle est une année intermédiaire sur les variables précédentes. On retrouve bien l'ensemble de ces résultats sur les données brutes (Tableau 3).

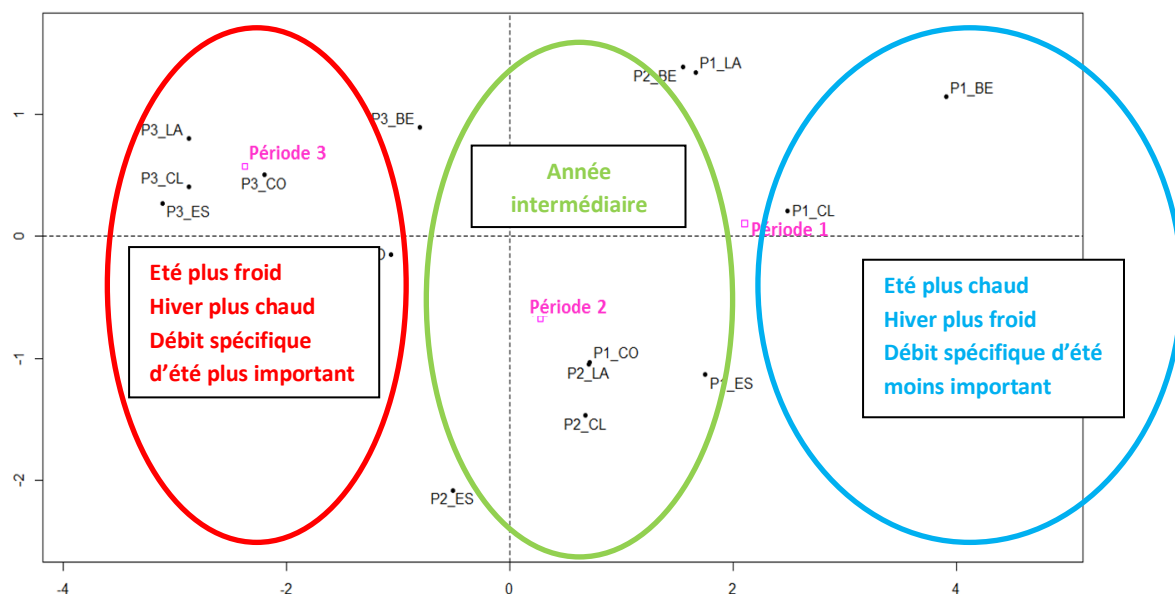


Figure 4. Synthèse graphique des différences de température et débit observées sur les 5 stations (BE, ES, CO, LA et CL) au cours des 3 périodes (P1, P2 et P3). En rose, sont représentés les barycentres de la période 1 (2011-2012), la période 2 (2012-2013) et la période 3 (2013-2014). Les cercles rouge, vert et bleu distinguent les 3 périodes et leur attribuent les événements climatiques survenus.

Suite à l'interprétation des données brutes, nous allons tester si des différences significatives existent pour la température et le débit au cours des 3 périodes. L'intérêt est de conclure sur l'impact de ces variables sur la truite.

## b- Impact de la température et du débit sur le cycle biologique de la truite

Le cycle biologique de la truite se compose de plusieurs phases. La première phase est celle qui permet la production de nouveaux individus ; c'est la phase de **reproduction**. La truite produit des œufs qui sont enfouis sous le substrat. Durant un laps de temps, les œufs continuent leur développement dans le substrat avant d'émerger ; c'est la phase d'**incubation et émergence**. Suite à l'émergence, les alevins se situent dans le cours d'eau où ils continuent leur développement ; c'est la phase de **post-émergence**. Enfin la période printanière et estivale constitue une période d'alimentation ; c'est la phase de **croissance**.

Le débit et la température peuvent être des facteurs limitants le développement des truites et donc des facteurs limitants pour l'état de la population. Nous allons analyser l'impact du débit et de la température sur les différentes phases du cycle biologique de la truite. Cette analyse porte sur les différences entre les 3 périodes d'étude (2011-2012, 2012-2013 et 2013-2014). L'objectif des tests statistiques est de trancher sur le fait que 2 périodes présentent ou pas des différences significatives sur une variable.

### *i) Impact du débit lors de la phase de reproduction de la truite : comparaison du pourcentage du nombre de jour où le débit a été inférieur au débit médian entre le 1 octobre et le 30 novembre (Annexe 3)*

L'habitat de reproduction de la truite présente des paramètres bien précis, notamment en termes de hauteur d'eau (Haury et al. 1991 ; Tissot et al. 2011). De plus lors de la reproduction, les individus adultes effectuent une migration vers l'amont en direction de zones de reproduction (Baglinière et al. 1987). Des débits trop faibles entraînent une diminution d'accès, aux individus adultes, aux zones de reproduction et impactent donc la reproduction de la truite. Le test statistique concerne la comparaison du pourcentage du nombre de jour où le débit a été inférieur au débit médian (calculé entre 1970 et 2014 entre le 1 octobre et le 30 novembre).

Cette variable n'a pas été incluse dans l'ACP, car cette donnée n'est pas disponible pour les 5 stations (Bertrand, Escorbis, Cône, Clauzelles et Lagast). Une seule station de mesure du débit est présente sur la rivière Giffou, en aval des stations étudiées et mesure le débit depuis 1970. Les données traitées proviennent de cette station. Cette analyse présente l'intérêt de pouvoir nous renseigner sur l'impact éventuel de l'hydrologie sur les truites. Nous considérons les années 2009 à 2014 pour étendre l'analyse du débit aux truites échantillonnées. En effet, les truites âgés de 2+ en octobre 2011 ont été des immatures (des 0+) en 2009.

Le résultat des tests (Annexe 3) montre une différence significative pour les années 2011, 2012 et 2013. En 2011 et 2012, le débit est inférieur au débit médian, contrairement à l'année 2013 où il est supérieur. Le débit lors de l'année 2013 est supérieur, donc il n'impacte pas l'accès aux zones de reproduction.

En conclusion, le débit lors de la reproduction est plus impactant lors des années 2011 et 2012. On émet l'hypothèse que ces résultats sont applicables aux 5 rivières étudiées, c'est-à-dire que

les 5 rivières ont subi les mêmes évènements hydrologiques. Donc elles ont subi le même impact hydrologique lors de la reproduction. **Au cours des périodes 1 et 2, les conditions hydrologiques ont pu tout d'abord perturber l'accès aux zones de reproduction. Cependant cet impact a été identique pour les 5 cours d'eau.**

*ii) Impact du débit lors de l'incubation et de l'émergence des alevins de truite : comparaison du pourcentage du nombre de jour où le débit a été supérieur à 5 fois le module entre le 1 décembre et le 28 février (Annexe 4)*

Lors de la phase d'incubation et d'émergence des alevins, des débits trop élevés vont mettre en suspension le substrat de fraie et découvrir les œufs et les alevins, entraînant leur mort (Baran 2012). Le test statistique concerne la comparaison du pourcentage du nombre de jour où le débit a été supérieur à 5 fois le module.

Le résultat des tests (Annexe 4) montre une différence significative pour les années 2010, 2011, 2012 et 2013. Au cours de ces années, aucun jour n'a dépassé 5 fois le module. En 2009 et 2014, quelques jours ont présenté un débit supérieur à 5 fois le module, sans présenter de différence significative.

En conclusion, l'impact du débit lors de l'incubation et l'émergence des alevins de truite est faible sur l'ensemble des années, de 2009 à 2014. Donc entre 2009 et 2014, le stress hydrologique lors de l'incubation et l'émergence des alevins de truite semble négligeable. Autrement dit **le débit lors de l'incubation et l'émergence des alevins ne pourra pas expliquer pas d'éventuelle faible abondance d'alevins de truite.**

*iii) Impact du débit lors de la phase de post-émergence des alevins de truite : comparaison du pourcentage du nombre de jour où le débit a été supérieur à 5 fois le module entre le 1 mars et le 31 mai (Annexe 5)*

Les alevins présentent de faibles capacités de nage et donc des préférences d'habitat avec de faible vitesse de courant (Tissot et al. 2011). De même que pour la phase d'émergence, nous avons testé si le débit a impacté les alevins lors de la phase de post-émergence. Le test statistique concerne la comparaison du pourcentage du nombre de jour où le débit a été supérieur à 5 fois le module (soit un débit de crue).

Le résultat des tests montre aucune différence significative pour les années 2009 à 2014 (Annexe 5). Au cours de ces années, aucun jour n'a dépassé 5 fois le module.

En conclusion, l'impact du débit lors de la post-émergence des alevins de truite est nul pour l'ensemble des années. Donc entre 2009 et 2014, le stress hydrologique lors de la phase de post-émergence des alevins de truite est nul. Autrement dit, **le débit lors de la phase de post-émergence des alevins n'expliquera pas d'éventuelle faible abondance d'alevins de truite.**

*iv) Impact de la température lors de l'émergence et post-émergence des alevins de truite : pourcentage du nombre de jour inférieur à 4°C (Annexe 6)*

Les alevins de truite ont des préférences thermiques. Le seuil de 4°C est le seuil thermique bas. En deçà de ce seuil les alevins risquent de mourir du fait de températures trop basses alors que le seuil pour les individus adultes est aux environs de 1°C (Bruslé et Quignard 2001).

Le test statistique porte sur le nombre de jour inférieur à 4°C (Annexe 6). Les résultats montrent que toutes les périodes présentent des différences significatives. La période 1 (2011-2012) est significativement différente des périodes 2 et 3 et la période 2 est significativement différente de la période 3. La période 1 est la plus froide avec entre 14 et 30% de jours où la température a été inférieure à 4°C durant l'hiver (Tableau 3). Au cours de la période 3 (2013-2014), aucun jour n'est inférieur au seuil de 4°C (Tableau 3). Donc la saison hivernale de cette période, n'a pas été stressant thermiquement pour les alevins de truites.

En conclusion, en 2011-2012 (plus particulièrement une dizaine de jours en février 2012), les températures basses peuvent avoir impacté les truites. **La température lors de la phase d'émergence et post-émergence des alevins peut expliquer d'éventuelle faible abondance d'alevins de truite.** Cependant, toutes les stations n'ont pas subi le même impact. **Les truites de la rivière Cône ont moins subi l'impact négatif de la température hivernale que les autres rivières (Tableau 3).**

*v) Impact du débit lors de la phase de croissance de la truite : comparaison du pourcentage du nombre de jour où le débit a été inférieur au QMNA entre le 1 juin et le 30 septembre (Annexe 7)*

Pour les cours d'eau étudiés, avec un régime pluvial, les étiages estivaux sont souvent les plus sévères au cours d'une année. Donc durant cette période qui correspond à la phase de croissance de la truite, les conditions d'habitat sont les plus drastiques principalement pour les adultes (Souchon et al. 1989 ; Tissot et al. 2011). De même que les autres variables concernant le débit, cette variable n'est pas disponible pour les 5 stations et provient de la station de mesure du débit présent sur la rivière Giffou.

Le résultat des tests montre une différence significative entre la moyenne calculée et les années 2009, 2011, 2013 et 2014 (Annexe 7). Parmi ces 4 années, seule l'année 2011 présente une période de sécheresse. Au contraire, les années 2009, 2013 et 2014 présente un débit supérieur à la moyenne.

En conclusion, en termes de stress hydrologique pour les truites, seule l'année 2011 est considérée comme défavorable. Les autres années ont peu voire pas été défavorables hydrologiquement aux truites. Autrement dit **si des différences de densité de juvéniles de truite existent entre les 5 cours d'eau, elles ne peuvent pas s'expliquer par des débits d'étiage trop faibles entre 2012 et 2014. Pour les adultes, l'année 2011 a pu impacter le stock d'individus.**

*vi) Impact de la température lors la phase de croissance de la truite :  
pourcentage du nombre de jour supérieur à 17°C entre le 1 juin et le 30  
septembre (Annexe 8)*

De même que durant l'hiver, en été les truites ont des préférences thermiques. Le seuil de 17°C n'est pas un seuil contraignant pour les truites. Les 5 stations ne sont pas thermiquement contraignantes pour les truites. Le choix de ce seuil a été choisi pour discriminer les 3 périodes et les 5 stations.

Le test statistique porte sur le nombre de jour supérieur à 17°C entre le 1 juin et le 30 septembre(Annexe 8). Les résultats montrent que les périodes 1 et 3 présentent une différence significative sur le pourcentage de nombre de jour supérieur à 17°C. La période 1 (l'été 2012) a été la plus chaude des 3 périodes (Tableau 3). Cependant, pour la période 1, au maximum seulement 10 jours (pour la station Bertrand) ont dépassé le seuil de 17°C. Pour la période 3 (l'été 2014), aucun jour n'a dépassé le seuil de 17°C (excepté sur la station Bertrand – Tableau 3).

En conclusion, lors des 3 périodes d'étude, la température estivale n'est pas un facteur limitant la densité de truite sur les 5 cours d'eau. Autrement dit **si des différences de densité de truite existent entre les 5 cours d'eau, elles ne peuvent pas s'expliquer par des températures estivales trop élevées.**

### c- Conclusion

Le tableau 4 synthétise les effets potentiels de la température et du débit sur les différentes phases du cycle biologique de la truite au cours des 3 périodes.

Entre les 5 stations (testées 2 à 2), aucune différence significative n'est observée ni lors de la phase d'émergence – post émergence (Annexe 9) ni lors de la phase de croissance (Annexe 10).

|                                              | <b>Période 1<br/>(2011 – 2012)</b>   | <b>Période 2<br/>(2012 – 2013)</b> | <b>Période 3<br/>(2013 – 2014)</b> |
|----------------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| <b>Phase de reproduction</b>                 | Impact<br>(débits assez faibles)     | Impact<br>(débits assez faibles)   |                                    |
| <b>Phase d'incubation<br/>et d'émergence</b> | Impact<br>(températures très basses) |                                    |                                    |
| <b>Phase de post-<br/>émergence</b>          |                                      |                                    |                                    |
| <b>Phase de croissance</b>                   |                                      |                                    |                                    |

Tableau 4. Résumé des impacts du débit et de la température au cours des 3 périodes sur les 4 phases du cycle biologique de la truite (reproduction, incubation-émergence, post-émergence et croissance).

Lors de la phase de reproduction, au cours de la période 1 (automne 2011) et de la période 2 (automne 2012), l'hydrologie a pu impacter la reproduction (lié à de faibles débits). Cependant, entre le 1 octobre et le 31 novembre (pas de temps retenu pour la phase de reproduction), les débits les plus faibles ont été observés début octobre et fin novembre. Sur les cours d'eau du Ségala, la reproduction de la truite s'étale entre fin octobre et novembre. En 2011 et 2012, de mi-octobre à mi-novembre, les débits ont été un peu plus soutenus, ce qui réduit l'impact du débit lors de la phase de reproduction. Enfin, les débits relativement faibles auront impacté la reproduction des truites sur les 5 cours d'eau, de manière identique.

Lors des phases d'incubation-émergence et de post-émergence, le débit n'explique pas d'éventuelle faible abondance d'embryons, au contraire de la température. Des températures inférieures à 4°C au cours de la période 1 (en février 2012 – Figure 3), ont pu impacter la densité des populations de truite des 5 cours d'eau. Le cours d'eau le plus impacté est le Bertrand et le cours d'eau le moins impacté est le Cône. Cet épisode n'a cependant duré qu'une dizaine de jours.

Lors de la phase de croissance, ni le débit ni la température ont énormément impacté les truites au cours des 3 périodes.

En résumé, ni des crues trop importantes ni des températures estivales trop élevées ne se sont produits au cours des 3 périodes d'étude. Les impacts du débit et de la température sur les populations de truite n'ont donc pas été trop contraignants.

### **3- Effets du colmatage sur les populations de truite**

Le chapitre sur l'effet du colmatage est structuré en 5 parties :

- la première partie s'appuie sur les données brutes présentées sous forme de tableau et graphiques afin de montrer les différences observées. Une synthèse des résultats est présentée sous forme de graphique. Ce dernier provient de l'Analyse en Composantes Principales (Annexe 11).
- La deuxième partie quantifie l'impact des variables « colmatage » sur la truite. Pour cela, on utilise les tests statistiques.
- La troisième partie propose un graphique synthétique des résultats colmatage.
- La quatrième partie présente l'état des populations de truite.
- La cinquième partie relie le taux de colmatage à l'état des populations de truite.

#### **a- Différences sur les variables « colmatage » entre les 3 périodes et les 5 stations**

Le tableau 5 présente les 10 variables utilisées pour interpréter les différences entre les 5 stations et les 3 périodes. L'analyse du tableau 5, révèle des différences plus importantes entre les 5 stations qu'entre les 3 périodes. Par exemple, pour « Stick Nov-Jan » (profondeur moyenne d'oxygénation des sticks hypoxie posés de novembre à janvier), les différences entre les 5 stations sont très importantes (différence d'environ 10 cm entre la station Cône et la station Lagast pour les 3 périodes – Tableau 5). Au contraire, les différences entre les 3 périodes sont plus faibles (différence de moins de 10 cm pour la station Cône entre la période 1 et la période 3 ou entre la période 2 et la période 3 – Tableau 5). On retrouve les mêmes conclusions à l'aide de l'Analyse en Composantes Principales (Annexe 11).

| Station    | Période | Stick<br>Nov-Jan<br>(cm) | Stick Fév-<br>Mar (cm) | Stick<br>Juin-Juil<br>(cm) | %Fin Nov | %Fin Fév | %Fin<br>Sept | %Sable<br>Nov | %Sable<br>Fév | %Sable<br>Sept | Survie |
|------------|---------|--------------------------|------------------------|----------------------------|----------|----------|--------------|---------------|---------------|----------------|--------|
| Bertrand   | 1       | 14,4                     | 18,6                   | 15,2                       | 38,9     | 35,0     | 31,8         | 35,8          | 41,5          | 41,5           | 14,9   |
|            | 2       | 20,4                     | 16,2                   | 20,2                       | 23,7     | 34,3     | 41,8         | 44,3          | 43,4          | 38,1           | 11,2   |
|            | 3       | 20,0                     | 14,4                   | 16,4                       | 32,5     | 33,5     | 38,0         | 41,5          | 40,3          | 38,6           | 5,1    |
| Escorbis   | 1       | 13,7                     | 19,9                   | 15,7                       | 35,6     | 32,2     | 27,7         | 41,6          | 42,7          | 36,9           | 26,6   |
|            | 2       | 21,8                     | 17,4                   | 18,2                       | 25,2     | 35,6     | 28,9         | 33,9          | 30,0          | 38,6           | 51,9   |
|            | 3       | 20,1                     | 19,0                   | 13,5                       | 34,6     | 44,2     | 34,7         | 33,4          | 30,1          | 34,1           | 6,1    |
| Cône       | 1       | 11,7                     | 11,7                   | 11,7                       | 48,7     | 48,6     | 49,8         | 31,8          | 32,5          | 28,5           | 12,8   |
|            | 2       | 10,8                     | 8,6                    | 13,6                       | 51,9     | 45,2     | 50,7         | 31,7          | 35,3          | 29,8           | 13,9   |
|            | 3       | 14,5                     | 8,8                    | 7,0                        | 47,5     | 47,8     | 51,0         | 32,9          | 32,7          | 36,3           | 0,5    |
| Lagast     | 1       | 18,3                     | 20,1                   | 20,2                       | 19,6     | 20,7     | 31,2         | 46,8          | 41,4          | 39,0           | 42,0   |
|            | 2       | 19,9                     | 20,8                   | 19,0                       | 26,4     | 21,0     | 28,1         | 42,8          | 39,0          | 33,2           | 71,4   |
|            | 3       | 22,5                     | 21,7                   | 21,4                       | 21,8     | 19,1     | 21,1         | 38,5          | 43,1          | 40,2           | 9,1    |
| Clauzelles | 1       | 19,1                     | 18,8                   | 14,8                       | 29,4     | 26,5     | 40,2         | 43,7          | 56,4          | 43,3           | 0,0    |
|            | 2       | 20,9                     | 12,5                   | 21,4                       | 46,3     | 39,1     | 49,7         | 42,1          | 41,1          | 32,1           | 26,2   |
|            | 3       | 19,7                     | 15,3                   | 22,8                       | 35,3     | 34,4     | 28,1         | 45,9          | 44,3          | 47,4           | 2,0    |

Tableau 5. Données brutes concernant les 5 stations et les 3 périodes pour les 10 variables d'étude (« Stick Nov-Jan » : profondeur moyenne d'oxygénation des sticks hypoxie posés de novembre à janvier, « Stick Fév-Mar » : profondeur moyenne d'oxygénation des sticks hypoxie posés de février à mars, « Stick Juin-Juil » : profondeur moyenne d'oxygénation des sticks hypoxie posés de juin à juillet, « %Fin Nov » : pourcentage de matière fine en novembre, « %Fin Fév » : pourcentage de matière fine en février, « %Fin Sept » : pourcentage de matière fine en septembre, « %Sable Nov » : pourcentage de sable en novembre, « %Sable Fév » : pourcentage de sable en février, « %Sable Sept » : pourcentage de sable en septembre et « Survie » : le taux de survie intragravellaire).

Sur la profondeur d'oxygénation (mesurée à l'aide des sticks hypoxie), d'importantes différences existent entre la station Cône et la station Lagast (Figure 5). La station Cône présente une profondeur d'oxygénation d'environ 10 à 12 cm pour les 3 campagnes et les 3 périodes (station la plus à gauche et en orange sur la figure 5). La station Lagast présente une profondeur d'oxygénation d'environ 20 cm pour les 3 campagnes et les 3 périodes (station la plus à droite et en orange sur la figure 5). Entre ces 2 stations, les 3 autres stations (Bertrand, Escorbis et Clauzelles) présentent une profondeur d'oxygénation qui fluctue entre 13 et 22 cm pour les 3 campagnes et les 3 périodes.

Sur le pourcentage de matières fines (substrat le plus colmatant), on observe également d'importantes différences entre la station Cône et la station Lagast (Figure 6). La station Cône présente un pourcentage de matières fines d'environ 50 % pour les 3 campagnes et les 3 périodes (station la plus à gauche et en bleu sur la figure 6). La station Lagast présente un pourcentage de matières fines d'environ 20 à 25 % pour les 3 campagnes et les 3 périodes (station la plus à droite et en bleu sur la figure 6). Entre ces 2 stations, les 3 autres stations (Bertrand, Escorbis et Clauzelles) présentent un pourcentage de matières fines d'environ qui fluctue entre 25 et 50 % pour les 3 campagnes et les 3 périodes.

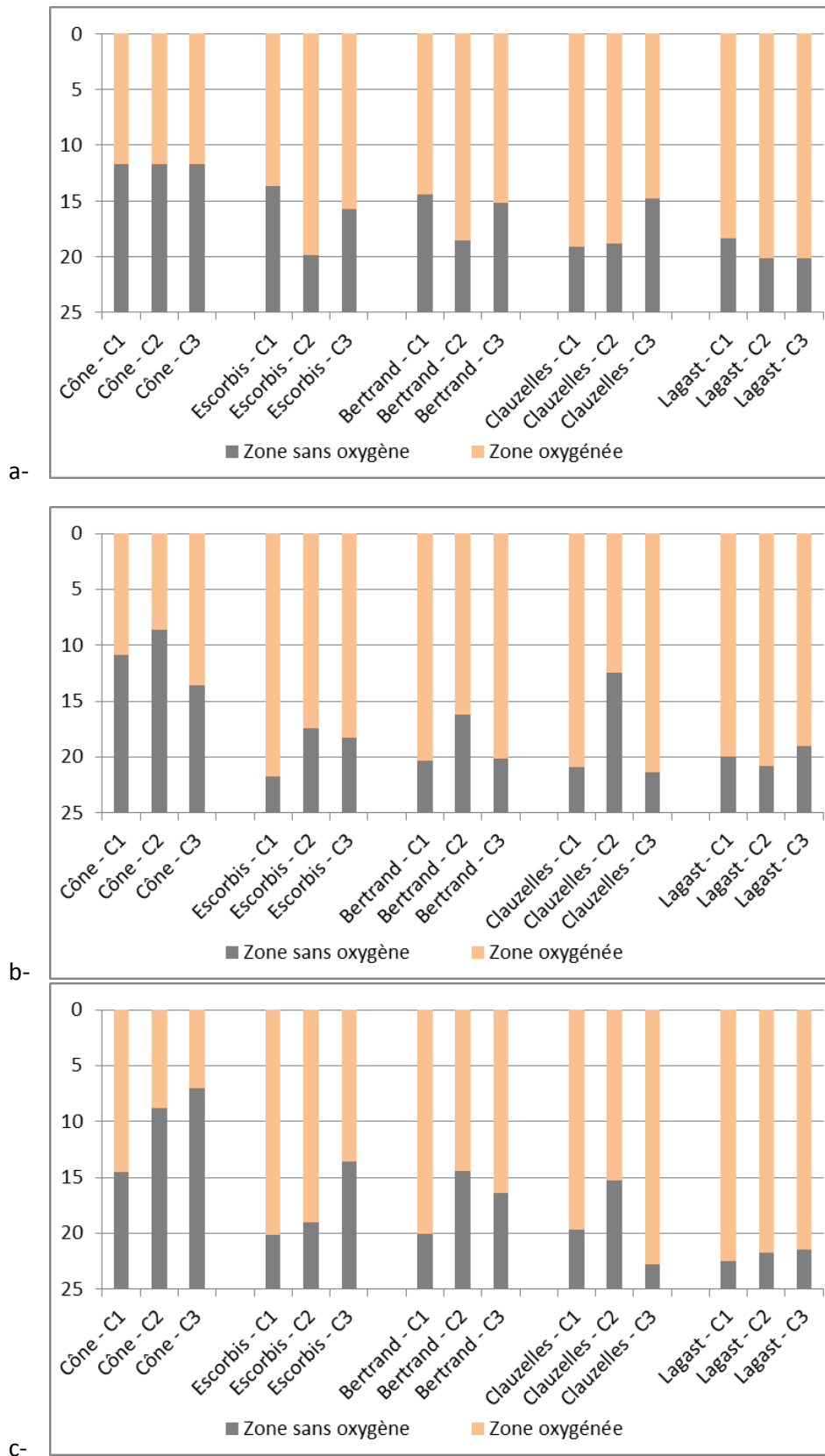


Figure 5. Profondeur d'oxygénation du substrat (ou zone oxygénée – en orange) et zone sans oxygène (en gris) sur les 5 stations (Cône, Escorbis, Bertrand, Clauzelles et Lagast) lors des 3 campagnes (C1, C2 et C3). Graphique a- au cours de la période 1. Graphique b- au cours de la période 2. Graphique c- au cours de la période 3.

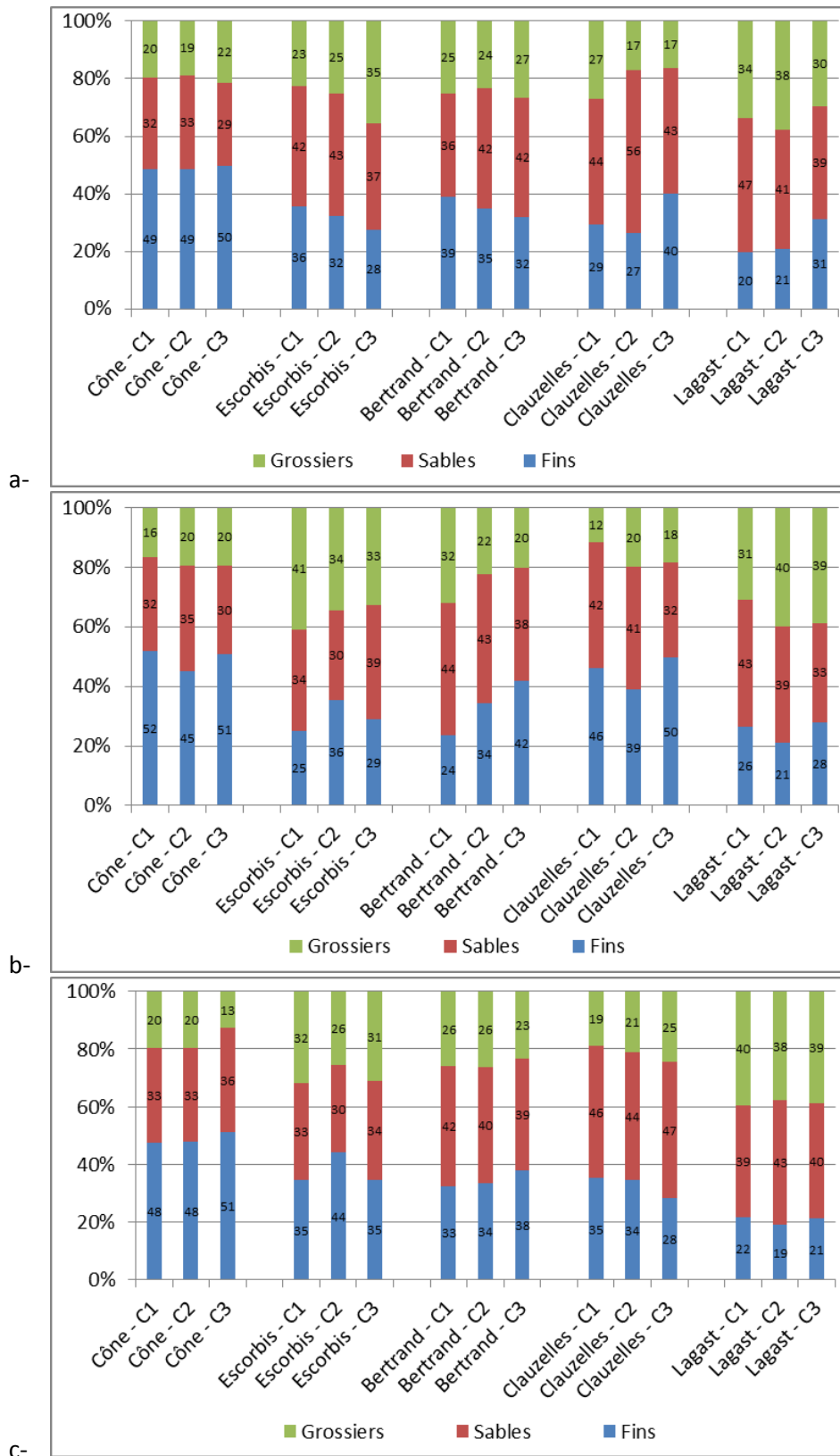


Figure 6. Pourcentage de matières grossières (en vert), de sables (en rouge) et de matières fines (en bleu) sur les 5 stations (Cône, Escorbis, Bertrand, Clauzelles et Lagast) lors des 3 campagnes (C1, C2 et C3). Graphique a- au cours de la période 1. Graphique b- au cours de la période 2. Graphique c- au cours de la période 3.

Suite à l'interprétation des données brutes, nous allons tester si les différences observées précédemment sont significativement différentes l'une de l'autre.

b- Différences significatives sur les variables « colmatage » : mise en évidence par les tests statistiques

Les 5 cours d'eau étudiés (Bertrand, Cône, Escorbis, Lagast et Clauzelles) appartiennent au bassin versant du Céor. Cette partie va montrer les différences statistiques qui existent entre ces 5 cours d'eau proches géographiquement pour les variables « colmatage ».

*i) Différences de quantité de matières fines entre les 5 cours d'eau pour les 3 campagnes (novembre, février et septembre)*

Le cours d'eau Cône présente le plus de différence significative avec les 4 autres cours d'eau sur la quantité de matières fines (Annexe 12, Annexe 13 et Annexe 14). De plus, pour les 3 campagnes de prélèvement (novembre, février et septembre), le cours d'eau Cône présente une différence significative avec le cours d'eau Lagast. Ceci confirme que le cours d'eau Cône présente un taux de matières fines significativement supérieur aux 4 autres cours d'eau.

Le deuxième cours d'eau qui présente le plus de différence significative avec les autres cours d'eau est le cours d'eau Lagast (Annexe 12 à 14). Ceci confirme que ce cours d'eau présente un taux de matières fines significativement inférieur aux 4 autres cours d'eau.

Entre les 3 autres cours d'eau (Bertrand, Escorbis et Clauzelles), aucune ou peu de différence significative n'est observée. Ceci confirme également les résultats graphiques, les 3 cours d'eau présentent des valeurs intermédiaires aux 2 premiers.

*ii) Différences de profondeur d'oxygénation entre les 5 cours d'eau pour les 3 campagnes (novembre-janvier, février-mars et juin-juillet)*

La valeur obtenue à l'aide des sticks hypoxie révèle la profondeur d'oxygénation du substrat du cours d'eau. Par la suite on parle de profondeur d'oxygénation et non pas de valeur de stick hypoxie.

Les résultats obtenus à l'aide des tests statistiques confirment les différences observés sur les graphiques. Parmi les 5 cours d'eau, le cours d'eau Cône présente le plus de différence significative avec les 4 autres cours d'eau (Annexe 15, Annexe 16 et Annexe 17). Ce cours d'eau présente une profondeur d'oxygénation significativement inférieure aux 4 autres cours d'eau.

Le deuxième cours d'eau qui présente le plus de différence significative avec les autres cours d'eau est le Lagast (Annexes 15 à 17). Ce cours d'eau présente une profondeur d'oxygénation significativement supérieure aux 4 autres cours d'eau.

Entre les 3 autres cours d'eau (Bertrand, Escorbis et Clauzelles), aucune ou peu de différence significative n'est observée. Ceci confirme également les résultats des graphiques, les 3 cours d'eau présentent des valeurs intermédiaires aux 2 premiers.

*iii) Différences de quantité de sables entre les 5 cours d'eau pour les 3 campagnes (novembre, février et septembre)*

On n'observe pas autant de différences significatives pour la quantité de sables que pour à la fois la quantité de matières fines et la profondeur d'oxygénation (Annexe 18, Annexe 19 et Annexe 20). Autrement dit, les différences de quantité de sable ne permettent pas de distinguer les 5 cours d'eau aussi nettement que les 2 variables précédentes.

*iv) Différences des variables « colmatage » entre les 3 périodes*

Les tests statistiques pour les 5 variables précédentes ont été effectués également entre les 3 périodes. Les résultats obtenus confirment les observations faites sur les données brutes (Tableau 5, Figures 5 et 6) et à l'aide de l'ACP (Annexe 11). C'est-à-dire que peu de variables d'étude présentent des différences entre les 3 périodes (Annexes 21, 22 et 23).

Par exemple pour la quantité de matières fines ou la profondeur d'oxygénation (Annexes 21 et 22), alors que de nombreuses différences existent dans l'espace, entre les 5 cours d'eau (Annexe 12 à 17), aucune différence ne s'observe dans le temps, entre les 3 périodes (2011-2012, 2012-2013 et 2013-2014) et pour les 3 campagnes de prélèvement. Cela signifie que les différences observées entre le cours d'eau Cône et le cours d'eau Lagast est constant dans le temps au cours des 3 périodes d'étude.

c- Graphique synthétique des résultats colmatage

Contrairement à la température et au débit, le colmatage varie dans l'espace et peu dans le temps. Autrement dit, le colmatage est très différent entre les 5 cours d'eau et au contraire, il est relativement stable dans le temps (entre les 3 périodes).

La figure 7 résume à l'aide d'un graphique les principales différences observées sur le jeu de données, pour les 3 années et les différentes campagnes annuelles. Ce graphique provient de

l'Analyse en Composantes Principales (Annexe 11). Sur ce graphique, les différences de colmatage ont été rajoutés (les cercles de couleur). Ceux-ci permettent de distinguer les 5 stations.

La station Cône présente le pourcentage de matières fines significativement le plus élevé et la profondeur d'oxygénation significativement la plus faible au cours des 3 périodes. La station Cône est donc fortement colmatée (Cercle rouge sur la figure 7). Au contraire, la station Lagast présente le pourcentage de matières fines significativement le moins élevé et la profondeur d'oxygénation significativement la plus forte au cours des 3 périodes. La station Lagast est donc faiblement colmatée (Cercle bleu sur la figure 7). Les 3 autres stations (Bertrand, Escorbis et Clauzelles) présentent un pourcentage de matières fines et une profondeur d'oxygénation qui sont intermédiaires aux stations Cône et Lagast. Ces 3 stations sont donc considérées comme des stations intermédiaires (Cercle vert sur la figure 7).

Le colmatage est l'accumulation de matériel fin dans le lit d'une rivière (Larousse 2015). Ainsi le cours Cône, avec des quantités de sédiments fins plus importantes, est plus colmaté que le cours d'eau Lagast. Une définition scientifique du colmatage est le dépôt de sédiments organiques ou minéraux et à leur infiltration dans le substrat du cours d'eau (Gayraud et al. 2002). Les sédiments fins accumulés en surface vont pénétrer dans le lit du cours d'eau et s'accumuler entre les interstices du substrat (Gayraud et al. 2002). L'accumulation de matières fines dans le substrat entraîne la diminution de la profondeur d'oxygénation du substrat. Ceci conforte et renforce les résultats obtenus puisqu'on observe ce phénomène entre les cours d'eau Lagast et Cône. Le cours d'eau Lagast présente 2 fois moins de matières fines en surface et une profondeur d'oxygénation 2 fois plus importante que le cours d'eau Cône. Ainsi la profondeur d'oxygénation est inversement proportionnelle à la quantité de matières fines.

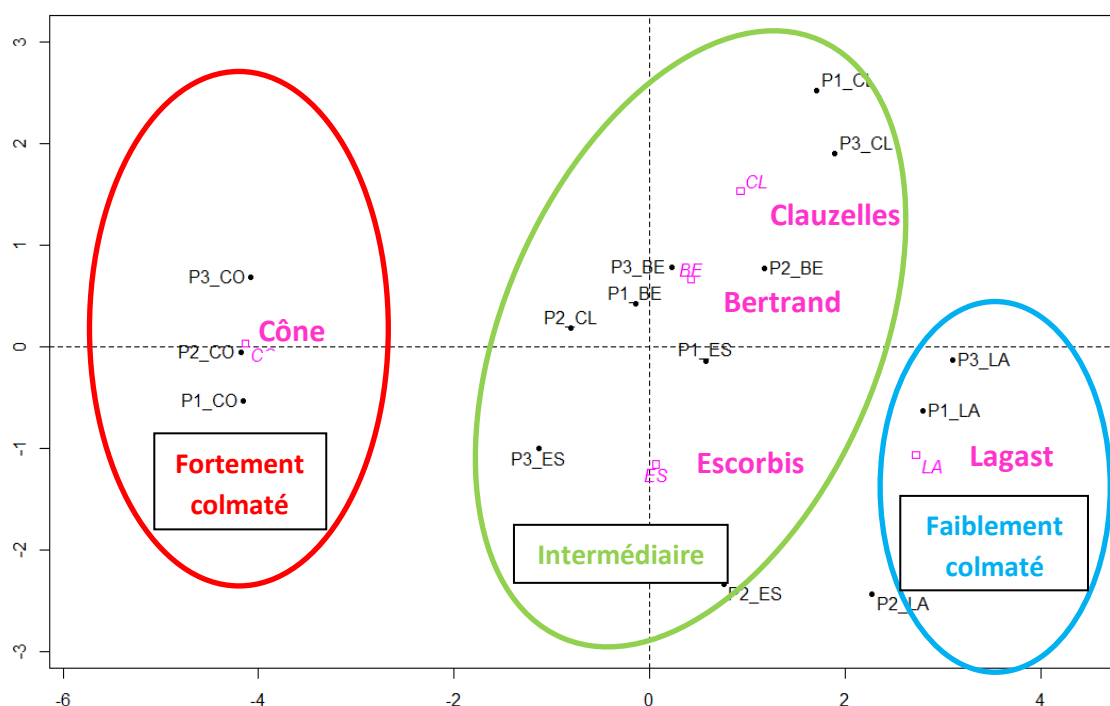


Figure 7. Synthèse graphique des différences de colmatage observées sur les 5 stations (BE, ES, CO, LA et CL) au cours des 3 périodes (P1, P2 et P3). En rose, sont représentés les barycentres des stations Cône (CO), Lagast (LA), Bertrand (BE), Escorbis (ES) et Clauzelles (CL). Les cercles rouge, vert et bleu distinguent les 5 stations et leur attribuent les différences de colmatage.

#### d- Qualité des populations de truite

Dans le cadre de cette synthèse, 3 variables sont utilisées pour estimer la qualité des populations de truite :

- la survie intragravellaire,
- la densité des 0+ (tous les individus qui n'ont pas encore 1 an)
- et la biomasse de truite, regroupant tous les individus échantillonnés

##### *i) Différences du taux de survie intragravellaire entre les 5 cours d'eau*

Les données brutes révèlent des différences entre les cours d'eau (Figure 8 – Annexe 31). Le cours d'eau Lagast présente des pourcentages toujours supérieurs au cours d'eau Cône. Les 3 autres cours d'eau présentent des valeurs intermédiaires à ces 2 cours d'eau (excepté le cours d'eau Clauzelles lors de la période 1).

Aucune différence significative n'est observée entre les 5 cours d'eau toutes périodes confondues, sur le taux de survie intragravellaire (Annexe 24). Par contre, entre les 3 périodes, des différences significatives existent (Annexe 24). La période 3 présente un taux de survie intragravellaire significativement inférieur aux 2 autres périodes (en vert sur la figure 8). C'est cette importante variabilité entre les 3 périodes qui empêche la mise en évidence d'une différence significative entre les stations.

L'étude du taux de survie intragravellaire repose sur la manipulation d'un matériel biologique très sensible : les œufs de truite. Lors de la 3<sup>ème</sup> période (2013-2014), le taux de survie est excessivement faible (inférieur à 10%, en vert sur la Figure 8) pour les 5 cours d'eau. On ne peut rejeter l'hypothèse d'un problème de mauvaise manipulation pour expliquer ces faibles taux.

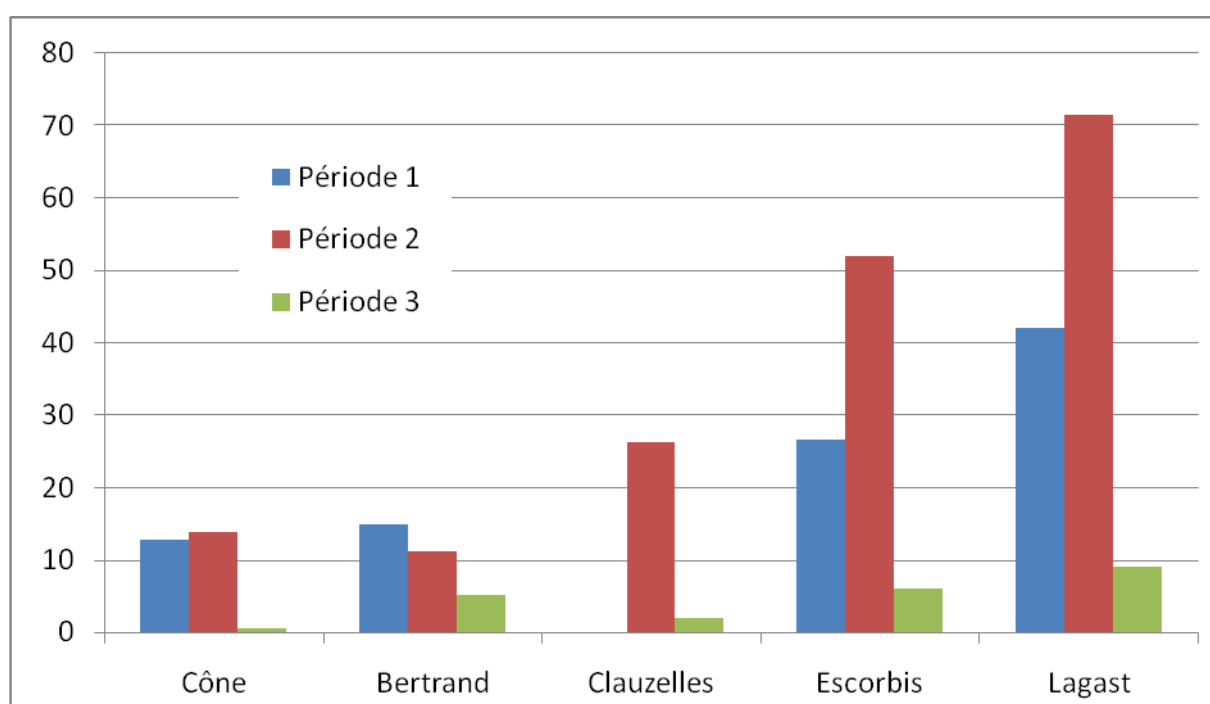


Figure 8. Pourcentage moyen du taux de survie intragravellaire des œufs de truite pour les 5 cours d'eau au cours des 3 périodes.

## ii) Différences de densité de 0+ entre les 5 cours d'eau

L'histogramme des densités de truites 0+ révèlent des différences entre les cours d'eau (Figure 9). Les données brutes de densité de truites 0+ sont présentées en Annexe 25. Le cours d'eau Lagast présente des classes de densités de 0+ comprise entre « Excellente » et « Médiocre » (de bleu à jaune). Les valeurs brutes fluctuent entre 2172 et 7744 individus par hectare (Annexe 25). Le cours d'eau Cône présente des classes de densités de 0+ comprise entre « Bonne » et « Très mauvaise » (de vert à rouge). Les valeurs brutes fluctuent entre 86 et 3193 individus par hectare (Annexe 25). Les

cours d'eau Bertrand et Escorbis présentent des valeurs de classe et des valeurs brutes intermédiaires aux cours d'eau Cône et Lagast.

Le cours d'eau Clauzelles se démarque par des valeurs de densité de 0+ « Très mauvaise », comprise entre 0 et 398 individus par hectare (Annexe 25). Ces résultats ne sont reliés ni au colmatage, ni à la thermie et ni à l'hydrologie. Un effet lié à une dégradation récurrente de la qualité physico-chimique de l'eau ou un autre facteur doit expliquer ces densités excessivement faibles au cours du temps.

Comme pour la survie intragravellaire, aucune différence significative entre les 5 cours d'eau n'est observée sur les densités de 0+ (Annexe 26). La raison est la même que pour la survie intragravellaire, les densités de truites 0+ fluctuent énormément dans le temps (Annexe 25). C'est cette importante variabilité entre les échantillonnages qui empêche la mise en évidence d'une différence significative entre les stations.

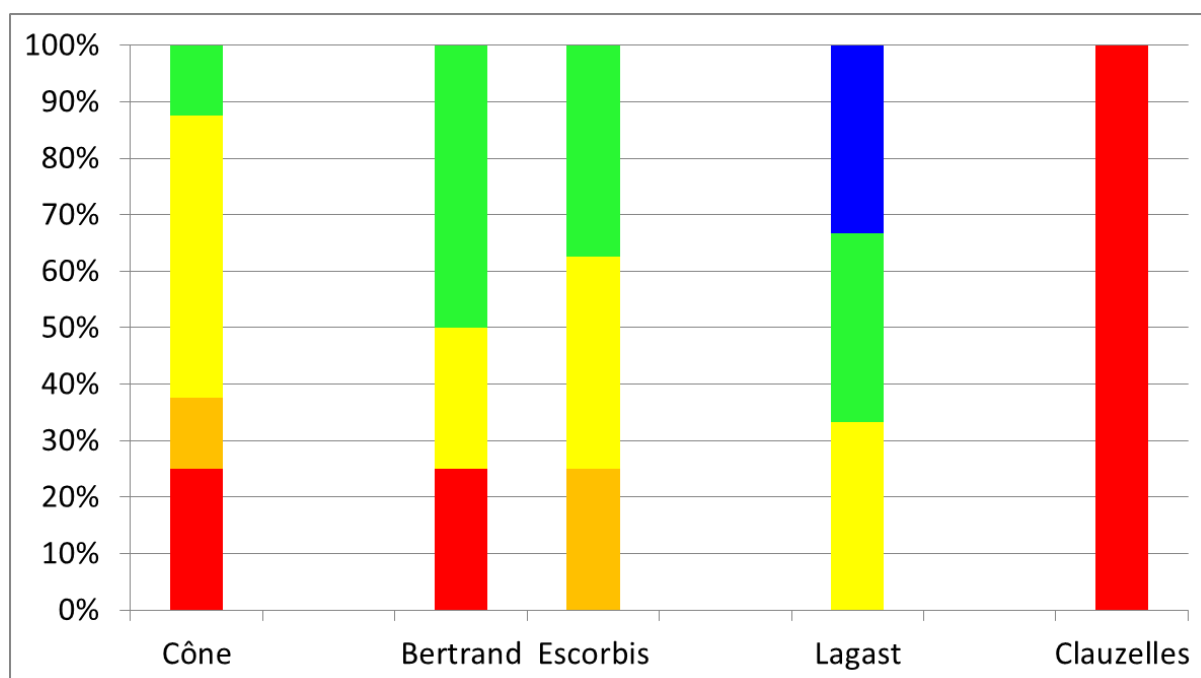


Figure 9. Histogramme des densités de truites 0+ sur les 5 stations. En rouge, la densité est « Très mauvaise » (inférieure à 549 individus par hectare). En orange, la densité est « Mauvaise » (entre 550 et 899 individus par hectare). En jaune, la densité est « Médiocre » (entre 900 et 2699 individus par hectare). En vert, la densité est « Bonne » (entre 2700 et 4999 individus par hectare). En bleu, la densité est « Excellente » (supérieure ou égale à 5000 individus par hectare). Les classes de densités proviennent de Cuinat (1978) et Guilmet (2013).

### iii) Différences de biomasse entre les 5 cours d'eau

Des différences de biomasse existent entre les cours d'eau (Figure 10). Les données brutes de biomasse sont présentées en Annexe 27. Le cours d'eau Lagast présente des classes de biomasse comprise entre « Bonne » et « Médiocre » (de vert à jaune). Les valeurs brutes fluctuent entre 50 et 78 kg/ha (Annexe 27). Le cours d'eau Cône présente des classes de biomasse comprise entre « Mauvaise » et « Très mauvaise » (d'orange à rouge). Les valeurs brutes fluctuent entre 12 et 44 kg/ha (Annexe 27).

Contrairement aux résultats sur les 0+ (survie intragravellaire et densité), les cours d'eau Bertrand, Escorbis et Clauzelles ne présentent pas des valeurs intermédiaires aux cours d'eau Cône et Lagast.

Bien que des différences apparaissent, aucune différence significative n'a été observée sur les densités de 1+ (Annexe 28), les densités de 2+ (Annexe 29). Comme pour la survie intragravellaire et la densité des 0+, ce sont les fluctuations dans le temps qui expliquent cette absence de différence significative.

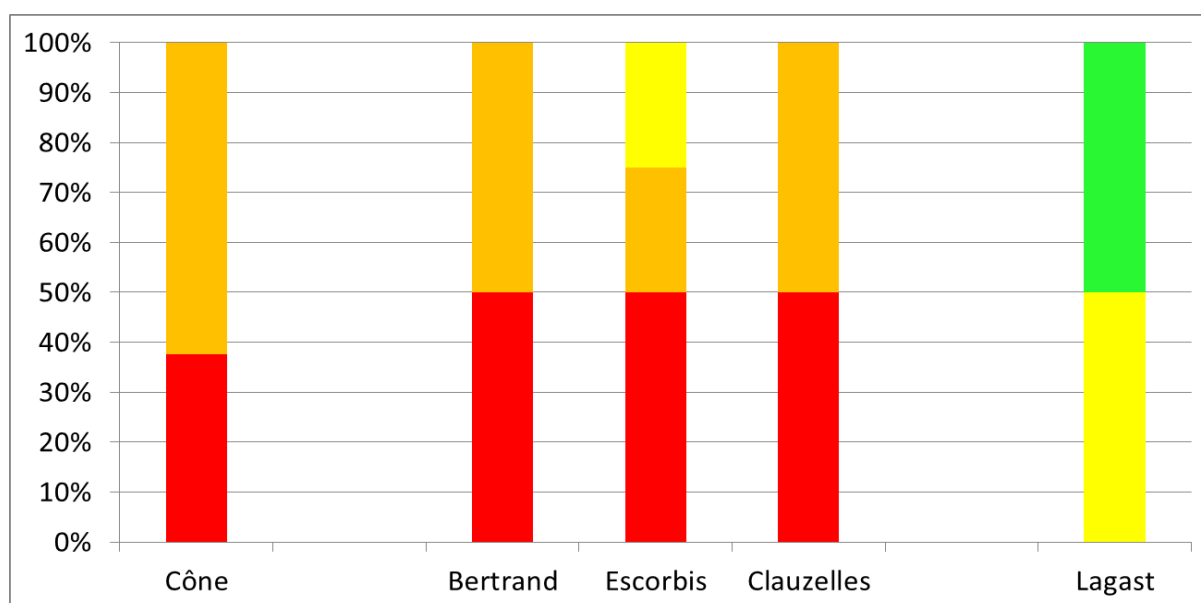


Figure 10. Histogramme des biomasses de truites sur les 5 stations. En rouge, la biomasse est « Très mauvaise » (inférieur à 23 kg/ha). En orange, la biomasse est « Mauvaise » (entre 23 et 45 kg/ha). En jaune, la biomasse est « Médiocre » (entre 46 et 61,4 kg/ha). En vert, la biomasse est « Bonne » (entre 61,5 et 110 kg/ha). En bleu, la biomasse est « Excellente » (supérieure à 110 kg/ha). Les classes de densités proviennent de Guilmet (2013).

#### e- Conclusion sur l'effet du colmatage sur les truites

Comme vu précédemment sur les variables colmatage, 3 types de cours d'eau apparaissent :

- fortement colmaté, le cours d'eau Cône
- faiblement colmaté, le cours d'eau Lagast
- et intermédiaire (c'est-à-dire entre fortement et faiblement colmaté et avec des fluctuations entre ces 2 niveaux), les cours d'eau Bertrand, Escorbis et Clauzelles.

En ce qui concerne les variables biologiques, l'état des populations se distingue, notamment en fonction du niveau de colmatage. Le cours d'eau Cône présente à la fois un taux de survie intragravellaire et une densité de truite 0+ les plus faibles. Au contraire, le cours d'eau Lagast présente à la fois un taux de survie intragravellaire et une densité de truite 0+ les plus élevés. Enfin, les cours d'eau Bertrand, Escorbis et Clauzelles présentent à la fois un taux de survie intragravellaire et une densité de truite 0+ intermédiaires aux 2 cours d'eau précédents (excepté la densité de 0+ sur le Clauzelles, causée par un autre problème que le colmatage, la thermie et l'hydrologie).

Une bonne survie intragravellaire des œufs de truite est fonction de l'oxygénation du substrat (Ombredane2010 ; Jégousse et al. 2011). Nous observons bien cela puisque :

- le cours d'eau Cône qui présente la profondeur d'oxygénation la plus faible, a un taux de survie intragravellaire des œufs le plus faible.
- Le cours d'eau Lagast qui présente la profondeur d'oxygénation la plus élevée, a un taux de survie intragravellaire des œufs le plus élevé.
- Les 3 autres cours d'eau qui présentent une profondeur d'oxygénation intermédiaire (entre les cours d'eau Cône et Lagast), ont un taux de survie intragravellaire des œufs intermédiaire.

Enfin, le cours d'eau Lagast présente une profondeur d'oxygénation 2 fois plus importante que le cours d'eau Cône et une survie intragravellaire plus de 2 fois supérieur à celle du Cône.

Une fois les œufs de truites transformés en embryons vésiculés, ces derniers quittent le substrat, vivent dans le cours d'eau et deviennent des individus 0+. On peut supposer que si le taux de survie intragravellaire des œufs est faible alors la densité de truites 0+ est faible, et inversement. Nous observons bien cela puisque :

- le cours d'eau Cône qui présente le taux de survie intragravellaire le plus faible, a une densité de 0+ la plus faible (excepté le cours d'eau Clauzelles).
- Le cours d'eau Lagast qui présente le taux de survie intragravellaire le plus élevé, a une densité de 0+ la plus élevée.
- Les 2 autres cours d'eau (Bertrand et Escorbis) qui présentent un taux de survie intragravellaire intermédiaire, ont une densité de 0+ intermédiaire.

Sur le cours d'eau Clauzelles, la survie intragravellaire et la densité de juvéniles sont très faibles (inférieure à 500 individus par hectare – Annexe 25), alors que ni la température, ni le débit et ni le colmatage ne sont plus défavorables sur ce cours d'eau que sur les 4 autres. Donc un autre facteur explique la faible quantité de juvéniles. On peut supposer un problème de pollution.

La biomasse de truite ne suit pas le même schéma que pour le colmatage, la survie intragravellaire ou la densité de 0+, c'est-à-dire la distinction des cours d'eau en 3 groupes. Le cours d'eau Cône ne présente pas des classes de biomasse plus faibles que les autres cours d'eau (Figure 10). Donc les résultats de biomasse ne sont pas expliqués par les différences de colmatage, mais par d'autres facteurs. La valeur de biomasse reflète la quantité de truites adultes, c'est-à-dire tous les individus sauf les 0+. On le voit en comparant les cours d'eau Bertrand et Cône. Le cours d'eau Bertrand présente des densités de 0+ souvent supérieures au cours d'eau Cône (Figure 9), cependant les classes de biomasse sont sensiblement les mêmes entre les 2 cours d'eau (Figure 10). Même le cours d'eau Lagast ne présente pas une biomasse supérieure à 110 kg/ha (la classe « Excellente » en bleu). La raison est que les 5 cours d'eau sont des ruisseaux de tête de bassin, avec des débits relativement faibles. Souchon et al. (1989) ont montré une relation entre débit et densité de truite adulte.

# Discussion

L'étude du colmatage comprend :

- l'étude d'indicateurs directs (colmatage de surface) et indirects du colmatage (les sticks hypoxie et la survie intragravellaire des œufs de truite et les densités et biomasses de truites)
- et l'étude du milieu superficiel (colmatage de surface et les densités et biomasses de truites) et interstitiel (les sticks hypoxie et la survie intragravellaire des œufs de truite).

Ces variables ont été suivies au cours de 2 à 3 campagnes par an et sur un pas de temps de 3 à 4 ans pour certaines variables. Ceci a donc nécessité une importante charge de travail. Cette charge de travail a permis d'obtenir des résultats très intéressants.

La discussion se découpe en plusieurs parties.

- La première partie propose une synthèse de l'influence des variables hydrologie et température et l'impact du colmatage sur les truites.
- La deuxième partie propose une classification des cours d'eau, en cours d'eau colmaté et cours d'eau faiblement colmaté à non-colmaté. Une troisième classe comprend les cours d'eau intermédiaires, c'est-à-dire entre des cours d'eau colmaté et non-colmaté.
- La troisième partie discute de l'origine probable des différences de colmatage entre les 5 cours d'eau étudiés à l'aide d'une analyse spatiale.
- A partir des 3 classes de cours d'eau vues dans la troisième partie, la quatrième partie discute de la capacité de résilience des classes de cours d'eau colmaté et intermédiaires.
- La cinquième partie conclue sur l'intérêt des différents indicateurs du colmatage pour les rivières du PAT Cône.
- La dernière et sixième partie propose un protocole allégé de suivi du colmatage pour les cours d'eau du PAT Cône et d'autres cours d'eau.

- **Discussion sur l'impact des variables température, hydrologie et colmatage sur le cycle biologique de la truite**

Excepté de rares évènements hydrologiques (débits assez faibles pendant la période de reproduction : automnes 2012 et 2013) et thermiques (10 jours très froids en février 2012), ni crues importantes (décennale ou plus), ni sécheresses estivales et ni températures estivales trop élevées ne se sont produits durant la phase d'expérimentation. Les 2 variables température et débit n'auront pas entraîné d'importants effets sur les densités de truite des 5 cours d'eau, au cours des périodes d'étude.

L'impact du colmatage est visible entre les 3 groupes de cours d'eau définis à partir des variables colmatage.

- Sur le cours d'eau Cône, on observe la quantité de sédiments fins la plus élevée et au contraire la profondeur d'oxygénation, la survie intragravellaire et la densité moyenne de 0+ les plus faibles (excepté le cours d'eau Clauzelles pour les indicateurs biologiques).
- Sur le cours d'eau Lagast, on observe la quantité de sédiments fins la plus faible et au contraire la profondeur d'oxygénation, la survie intragravellaire et la densité moyenne de 0+ les plus élevées.
- Sur les 3 autres cours d'eau (Bertrand, Escorbis et Clauzelles), les variables présentent des valeurs intermédiaires aux 2 cours d'eau Cône et Lagast.

L'étude montre un lien fort entre faible colmatage (faible quantité de sédiments fins) et densité plus élevée de truite (à la fois survie des œufs et densité moyenne de truite 0+ plus élevées). De plus, ces résultats ne s'observent pas seulement sur une année mais sur les 3 années de suivi.

Etant donné le faible impact des variables température et débit au cours des 3 périodes, et le lien entre colmatage et densité de truite, on conclut que le colmatage impacte le cycle biologique de la truite et explique des différences de densité de truite.

- **Discussion sur le classement entre « cours d'eau colmaté » et « cours d'eau non-colmaté » et sur le « coût biologique » du colmatage d'un cours d'eau**

Cette étude montre un contraste important en termes de colmatage entre 2 cours d'eau : Cône et Lagast et entre ces 2 cours d'eau et les 3 derniers (Bertrand, Escorbis et Clauzelles). Le cours d'eau Cône est considéré comme colmaté et le cours d'eau Lagast est considéré comme faiblement colmaté à non-colmaté. Les 3 autres cours d'eau présentent des valeurs intermédiaires aux cours d'eau Cône et Lagast.

Le cours d'eau Cône est classé comme cours d'eau colmaté pour plusieurs raisons.

- Tout d'abord, la quantité de sédiments fins est supérieure aux 2 autres classes de sédiments prélevées (sables et graviers) et représente environ 50% de ces sédiments.
- Ensuite, la profondeur d'oxygénation est très faible ; la limite entre zone oxygénée et zone non-oxygénée se situe aux alentours de 10 cm de profondeur. Ceci traduit une présence importante de sédiments fins dans le substrat du lit de la rivière.
- Egalement, le taux de survie intragravellaire des œufs y est faible, proche de 10% (si on exclut l'année 2014).
- Une autre raison est la stabilité dans le temps pour les 3 variables précédentes. Ce dernier critère et le niveau de colmatage élevé justifie qu'on considère le cours d'eau Cône comme colmaté.
- Enfin, la densité moyenne est de 1550 individus hectare. Les classes de densité de truite 0+ n'atteignent jamais la classe « Excellente » (densité supérieure à 5000 individus/ha) et rarement la classe « Bonne » (densité comprise entre 2700 et 4999 individus/ha). La densité se situe principalement dans la classe « Médiocre » (densité comprise entre 900 et 2699 individus/ha).

Le cours d'eau Lagast est classé comme cours d'eau faiblement colmaté à non-colmaté pour plusieurs raisons.

- Tout d'abord, la quantité de sédiments fins est inférieure aux 2 autres classes de sédiments prélevées (sables et graviers) et représente environ 20 à 25% de ces sédiments.
- Ensuite, la profondeur d'oxygénation est élevée ; la limite entre zone oxygénée et zone non-oxygénée se situe aux alentours de 20 cm de profondeur. Ceci traduit une faible présence de sédiments fins dans le substrat du lit de la rivière.
- Egalement, le taux de survie intragravellaire des œufs y est relativement élevé, supérieur à 40% (si on exclut l'année 2014).
- Une autre raison est la stabilité dans le temps pour les 3 variables précédentes. Ce dernier critère et le faible niveau de colmatage justifie qu'on considère le cours d'eau Lagast comme faiblement colmaté à non-colmaté.
- Enfin, la densité moyenne est de 4600 individus hectare. Les classes de densité de truite 0+ atteignent la classe « Excellente » (densité supérieure à 5000 individus/ha) et ne descendent pas en dessous de la classe « Médiocre » (densité comprise entre 900 et 2699 individus/ha).

Dans la construction du protocole d'échantillonnage de l'étude, la Fédération de l'Aveyron pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique et le Syndicat Mixte du Bassin Versant du Viaur ont

choisi le cours d'eau Lagast comme témoin faiblement impacté. Les résultats précédents confirment la bonne connaissance par ces gestionnaires des cours d'eau aveyronnais et de leur fonctionnement.

Les 3 derniers cours d'eau Bertrand, Escorbis et Clauzelles sont considérés comme compris entre non-colmaté et colmaté, avec une tendance à tendre vers des cours d'eau colmaté. La principale raison est :

- la grande variabilité de la quantité de sédiments fins, de la profondeur d'oxygénation, de la survie intragravellaire et de la densité de truite 0+. Les valeurs se situent entre celles observées pour les cours d'eau Cône et Lagast.

On distingue 3 classes de cours d'eau : colmaté, faiblement colmaté et intermédiaires (Tableau 6). Un cours d'eau colmaté présente des valeurs de colmatage à la fois stables dans le temps et élevées (notamment en quantité de sédiments fins). Un cours d'eau faiblement colmaté à non-colmaté présente des valeurs de colmatage à la fois stables dans le temps et relativement faibles (notamment en quantité de sédiments fins). Et les cours d'eau intermédiaires aux deux précédentes classes présentent des valeurs variables dans le temps. Attention, ce classement tient compte de l'expérience acquise à partir des résultats du PAT Cône. Donc il reste à vérifier s'ils peuvent être étendus à d'autres contextes et d'autres cours d'eau.

| Cours d'eau                        | Colmatage      |                             |                     | Biologie                |                                   |
|------------------------------------|----------------|-----------------------------|---------------------|-------------------------|-----------------------------------|
|                                    | Sédiments fins | Sticks hypoxie              | Niveau de colmatage | Survie intragravellaire | Densité 0+ (Moyenne)              |
| Cône                               | ~ 50%          | 10 cm de zone oxygénée      | Fortement colmaté   | ≤ 10%                   | Faible (1550 individus/ha)        |
| Lagast                             | 20 à 25%       | 20 cm de zone oxygénée      | Faiblement colmaté  | > 40%                   | Elevée (4600 individus/ha)        |
| Bertrand<br>Escorbis<br>Clauzelles | 25 à 50%       | 10 à 20 cm de zone oxygénée | Intermédiaire       | 10 à 40%                | Intermédiaire (2200 individus/ha) |

Tableau 6. Valeurs de sédiments fins, de zone oxygénée, de niveau de colmatage, de survie intragravellaire et de densité de 0+ pour les 3 classes de cours d'eau (fortement colmaté, faiblement colmaté et intermédiaire).

En comparant les cours d'eau colmaté à faiblement colmaté, on s'aperçoit qu'un doublement de la quantité de sédiments fins correspond à une réduction par 2 de la profondeur d'oxygénation. Par contre, en termes de fonctionnement biologique, le colmatage d'un cours d'eau entraîne une réduction non pas par 2 des densités biologiques mais entraîne une réduction par 4 de la survie

intragravellaire des œufs et une réduction par 3 de la densité moyenne de truite 0+ (Tableau 6). Le « coût biologique » du colmatage d'un cours d'eau entraîne une perte par 3 à 4 des fonctionnalités biologiques (salmonicoles) d'un cours d'eau.

Certes, ces résultats en termes de perte de fonctionnalité biologique restent à être testés sur d'autres cours d'eau. Mais les résultats acquis ne concernent que les zones lotiques (les radiers) qui de surcroît sont les zones les moins impactées par le colmatage puisque ce sont des habitats avec des vitesses de courant élevées où les matières fines vont le moins s'accumuler. Donc, d'un côté notre étude ne s'est intéressée qu'à une espèce ; mais en contrepartie, elle a été menée sur les habitats les moins impactés par le colmatage. Au final, la perte de fonctionnalité biologique observée sur la truite doit également s'observer sur les habitats avec des vitesses de courant moins rapides (plats courant, mouilles, ... ; observation constatées sur le terrain), ainsi que sur d'autres compartiments biologiques (macro-invertébrés, diatomées, ...) et également sur d'autres fonctionnalités d'un cours d'eau, comme le phénomène d'auto-épuration ou la production d'abris.

- **Discussion sur l'origine probable des différences de colmatage entre les 5 cours d'eau à l'aide d'une analyse spatiale**

Des différences de colmatage s'observent entre les 5 cours d'eau. Le cours d'eau Cône présente une quantité de sédiments fins significativement supérieure aux 4 autres cours d'eau et 2 fois supérieure au cours d'eau Lagast. Parmi les paramètres qui influencent l'érosion des sols, Le Bissonnais *et al.* (1998) et MESALES (Modèle d'Evaluation Spatiale de l'Aléa Erosion des Sols) citent l'occupation des sols, la pente des sols, le sol et les précipitations. Les régions agricoles du Ségala et du Lézou sont classées en « aléa érosion fort » (Le Bissonnais *et al.* 1998).

Parmi ces paramètres, on suppose que les précipitations et le sol sont homogènes sur les 5 bassins versant. En effet, ces derniers sont très proches géographiquement et leur géologie est identique (substrat cristallin : gneiss - micaschiste et schiste).

En ce qui concerne la pente des sols, elle apparaît comme plus favorable au bassin versant du Cône. Ce dernier présente des pentes principalement inférieures à 7% pendant que les autres bassins versants présentent des pentes principalement comprises entre 10 et 30% (carré bleuté de l'Annexe 31). Donc la pente n'explique pas le fort colmatage du Cône et le faible colmatage du Lagast.

Des différences entre les bassins versants existent sur l'occupation du sol. L'étude se situe en milieu rural donc la principale différence vient de pratiques agricoles et pas de différence d'urbanisation des bassins versants (carré jaune de l'Annexe 31). De par l'activité de travail du sol (labourage, ...), les cultures sont les pratiques agricoles les plus impactantes en termes d'érosion des sols et de colmatage. Le bassin versant du Lagast présente un pourcentage de culture plus faible à l'échelle du bassin versant (carré marron de l'Annexe 31). Dans le fond de vallée, c'est-à-dire en bordure de cours d'eau (75m autour des 2 rives), pour l'axe principale et les affluents, la différence entre le bassin versant du Lagast et les 4 autres est moins marquée (carré orange de l'Annexe 31).

La ripisylve de par sa situation en bordure de cours d'eau, joue un rôle de protection des éléments qui proviennent des bassins versants, comme les particules de sol érodées. La ripisylve du cours d'eau Lagast présente des pourcentages sur l'axe principal et les affluents, nettement supérieurs aux 4 autres cours d'eau (carré vert de l'Annexe 31). Les cours d'eau Cône et Escorbis présentent des pourcentages les plus faibles.

Outre la ripisylve, toute zone arborée (comme une haie en bordure de champ) présente sur le bassin versant d'un cours d'eau joue ce rôle de protection des éléments qui proviennent des bassins versants, comme les particules de sol érodées. Comme pour la ripisylve, le bassin versant du Lagast présente le pourcentage de zones arborées le plus élevé (carré rouge de l'Annexe 31). Le bassin versant du Cône présente le pourcentage de zones arborées le plus faible.

L'hypothèse d'un colmatage lié aux activités humaines semble irréfutable. L'impact de l'activité agricole ne doit pas être négligeable mais il reste à confirmer que c'est la plus importante vis-à-vis d'autres activités humaines, tels que le recalibrage du cours d'eau, la déforestation, etc.

#### - **Discussion sur la résilience des cours d'eau au colmatage**

Le classement d'un cours d'eau en colmaté ou en non-colmaté n'est en rien définitif. Des améliorations ou des dégradations peuvent être observées. La capacité de résilience d'un cours d'eau est sa capacité par exemple à revenir à un état non-colmaté alors qu'il est colmaté.

La capacité de résilience des cours d'eau Bertrand, Escorbis et Clauzelles, à revenir à un état non-colmaté est supérieure à la capacité de résilience du cours d'eau Cône. Cela est dû au fait que sur le cours d'eau Cône, les valeurs sont stables dans le temps, alors que pour les cours d'eau Bertrand, Escorbis et Clauzelles, les valeurs ne sont pas stables. Elles fluctuent dans une plage comprise entre les valeurs d'un cours d'eau colmaté (Cône) et les valeurs d'un cours d'eau faiblement colmaté (Lagast) (Figures 5 et 6). Autrement dit, ces 3 cours d'eau alternent des épisodes où ils sont plus colmatés et des épisodes où ils sont moins colmatés. Donc, si la source d'alimentation en matières fines des 3 cours d'eau cesse alors ces 3 cours d'eau pourraient revenir à un état non-colmaté, comme le Lagast.

Au contraire, le cours d'eau Cône ne présente pas d'alternance. Les valeurs de colmatage (en surface et en profondeur) sont élevées et stables dans le temps. Parmi les événements à l'origine d'un décolmatage des cours d'eau, il y a les forts débits. Ceux-ci décolmatent le cours d'eau en remaniant le substrat et en transportant les sédiments fins vers l'aval. Au cours des 3 périodes d'étude, même si les événements hydrologiques ont été faibles, on en a observé. Ces événements peuvent expliquer les fluctuations de quantité de sédiments fins sur les 3 cours d'eau Bertrand, Escorbis et Clauzelles. Malgré ces événements hydrologiques sur le cours d'eau Cône, la quantité de sédiments fins n'a pas diminuée et n'a que très faiblement fluctué. Les sources d'alimentation en sédiments fins sur le bassin versant du Cône doivent être plus importantes que sur les autres bassins versants. Le passage du cours d'eau Cône de l'état colmaté à un état non-colmaté n'est pas impossible. Cependant, étant donné son niveau de colmatage et l'apport de sédiments fins depuis son bassin versant, le retour vers un état faiblement colmaté nécessitera plus de temps que pour les cours d'eau Bertrand, Escorbis et Clauzelles.

Le niveau de colmatage du cours d'eau Cône n'a pas évolué au cours des 3 ans. Les changements de pratiques agricoles opérés depuis le commencement du PAT Cône ne suffisent pas à entraîner une baisse du colmatage. Cependant, le temps de réponse d'un cours d'eau à des changements survenus sur son bassin versant n'est pas instantané et l'effet d'une parcelle agricole peut continuer à entraîner un colmatage. Etant donné la stabilité dans le temps du colmatage du cours d'eau Cône, il serait peut être judicieux d'envisager des actions de restauration afin d'accélérer son décolmatage.

Enfin le cours d'eau Lagast est considéré comme faiblement colmaté à non-colmaté. Comme pour les autres cours d'eau, cet état n'est pas définitif. Le basculement vers un état intermédiaire ou colmaté dépend de l'apport en sédiments fins dans le lit du cours d'eau. L'origine de ces sédiments fins n'est pas uniquement minérale (argile, limons, ...) elle peut être organique, c'est-à-dire provenir de matières organiques telles que lisier, fumier, etc. (Gayraud et al. 2002).

- **Discussion sur l'intérêt de l'étude comme indicateur de suivi du colmatage sur les 5 cours d'eau**

Le résultat intéressant qui permet d'affirmer que cette étude peut servir comme indicateur de suivi du colmatage sur les 5 cours d'eau est la stabilité dans le temps des mesures effectuées et cela pour les 5 cours d'eau.

Précédemment nous avons dit que seules les variables des cours d'eau Lagast et Cône sont stables dans le temps. Par contre les variables des 3 autres cours d'eau (Bertrand, Escorbis et Clauzelles) présentent une variabilité dans le temps. Alors pourquoi affirmer que la stabilité dans le temps des mesures effectuées est l'indicateur important et cela pour les 5 cours d'eau ?

Les variables colmatage des 3 cours d'eau Bertrand, Escorbis et Clauzelles varient dans le temps. Cependant ce qui est stable dans le temps c'est l'amplitude de ces valeurs. Cette amplitude (entre les années et entre les campagnes) est strictement comprise entre les valeurs observées sur les cours d'eau Cône et Lagast.

Contrairement au Cône où un retour à un état décolmaté semble nécessiter beaucoup de temps, la réponse des cours d'eau Bertrand, Escorbis et Clauzelles semble pouvoir être plus rapide, sans pour autant être instantané. Ainsi avec l'évolution des pratiques agricoles amorcées dans le cadre du PAT Cône, cette étude fournit un état initial robuste afin de suivre l'évolution du colmatage sur les cours d'eau Bertrand et Escorbis.

## - Discussion sur un protocole de suivi allégé

L'étude du colmatage englobe l'étude de 4 variables, le sédiment, la profondeur d'oxygénation, la survie intragravellaire et l'état des populations de truite (densité, biomasse et structure des populations de truite), qui ont été suivies au cours de 2 à 3 campagnes par an. Ceci a donc nécessité une importante charge de travail. Cette importante charge de travail permet de faire une analyse critique du protocole de suivi du colmatage. L'objectif de ce paragraphe est de discuter d'un protocole allégé pour suivre les cours d'eau du PAT Cône et peut être sur d'autres cours d'eau, l'évolution dans le temps du colmatage.

Le protocole d'étude du colmatage se base sur le croisement de plusieurs variables. Ces variables ont toutes un lien avec le colmatage mais ne mesurent pas toute la même chose. En effet, le prélèvement des sédiments quantifie le colmatage de surface alors que la pose de sticks hypoxie et la survie intragravellaire reflète le colmatage interstitiel, c'est-à-dire le colmatage du lit de la rivière. Ces différentes variables auraient pu n'avoir aucun lien entre elles. Or, comme vu précédemment, les résultats montrent des corrélations plus ou moins fortes entre ces variables.

La première forte corrélation se fait entre la quantité de sédiments fins et la profondeur d'oxygénation. Elles sont fortement corrélées négativement. Ceci signifie que plus il y a de sédiments fins en surface moins la profondeur d'oxygénation est importante. Dans le cadre d'un protocole allégé, le prélèvement de sédiments peut être effectué sans la mesure des sticks hypoxie ou inversement. En ce qui concerne le nombre de réplica par an, cette mesure d'une des 2 variables doit être effectuée comme dans l'étude, au moins trois fois dans l'année. Se limiter à 2 mesures dans l'année, c'est prendre le risque de ne pas estimer correctement la variabilité du cours d'eau. En effet ce qui est intéressant au final est de classer le cours d'eau comme fortement colmaté, faiblement colmaté ou intermédiaire. Plus le nombre de réplica dans l'année sera important meilleur sera à la fois l'estimation de la variabilité du colmatage et le classement du cours d'eau. Par exemple, si la quantité de sédiments fins présente une stabilité dans le temps le cours d'eau sera colmaté ou faiblement colmaté (en fonction de la valeur obtenue et du contexte géologique). Par contre si la quantité de sédiments fins varie énormément dans le temps le cours d'eau sera considéré comme intermédiaire avec un risque de basculer vers un état colmaté.

Même si ce résultat pouvait être attendu, comme le signale la bibliographie (Gayraud et al. 2002), cette corrélation aussi forte soit elle, reste à être confirmée sur d'autres contextes géologiques. Les sticks hypoxie présentent l'avantage d'intégrer les données sur un laps de temps plus long (2 à 3 mois) ; cependant, il est indispensable de répéter l'opération dans le temps afin d'avoir plusieurs données au cours de l'année.

Pour l'étude de la survie intragravellaire, la cellule technique de la Fédération de pêche a bénéficié du savoir-faire des pisciculteurs de la Fédération (Philippe Cenni, Patrick Cayrel, José Angoy et Gérard Barrière). Sans ces derniers, il est compliqué voire impossible à la fois de prélever les œufs de truite et de les féconder sur le terrain. De plus, ce type d'opération est lourd à mettre en place au vu des moyens humains disponibles pour des gestionnaires. Donc l'étude de la survie intragravellaire peut être envisagée comme dernier maillon de l'étude du colmatage. Par exemple, un cours d'eau est classé comme colmaté (à l'aide des sédiments fins ou des sticks hypoxie) et dans un deuxième temps, on souhaite quantifier l'impact du colmatage sur les truites à l'aide de l'étude de la survie intragravellaire.

Cette étude a dépassé le simple constat d'état colmaté ou pas colmaté d'une rivière. Elle a fait le lien entre niveau de colmatage et biologie (survie des œufs de truite et densité de juvéniles). Le suivi à l'aide des pêches électriques apporte cette information et semble indispensable à réaliser. De plus, les densités de 0+, obtenus à l'aide des pêches électriques, sont corrélées aux taux de survie intragravellaire. Plus le taux de survie est faible et plus la densité de 0+ est faible et inversement. Le protocole de pêche électrique ne peut pas se limiter à 1 suivi annuel, il doit s'effectuer sur plusieurs années afin d'obtenir une moyenne robuste. Le protocole pêche électrique peut ne pas être une pêche d'inventaire, l'effort de pêche peut cibler les juvéniles en utilisant la méthode des indices d'abondance (Roussel *et al.* 2004). D'autres compartiments biologiques pourraient être suivis, comme par exemple les macro-invertébrés. Ce lien entre colmatage et biologie restent évidemment à être testés et confirmés sur d'autres cours d'eau.

# Définition

Barycentre : est un point mathématique construit à partir d'un ensemble d'autres. Il correspond au point central. Par exemple, le barycentre de la période 1 (P1) se situe au centre du polygone construit par les 5 individus :

- la station Cône lors de la période 1 (P1\_CO),
- la station Lagast lors de la période 1 (P1\_LA),
- la station Clauzelles lors de la période 1 (P1\_CL),
- la station Escorbis lors de la période 1 (P1\_ES)
- et la station Bertrand lors de la période 1 (P1\_BE).

QMNA : Débit mensuel minimal d'une année hydrologique.

# Remerciements

Cette étude n'aurait pu être menée à bien sans le soutien matériel et humain du Syndicat Mixte du Bassin Versant du Viaur.

Egalement, l'aide des pisciculteurs de la Fédération Départementale de l'Aveyron pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique a été indispensable à la bonne réalisation de l'étude de la survie intragravellaire.

La Fédération Départementale de l'Aveyron pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique remercie pour leurs soutiens financiers l'Agence de l'Eau Adour-Garonne, la Région Midi-Pyrénées, la Fédération Nationale de la Pêche en France et le Syndicat Mixte du Bassin Versant du Viaur.

# Bibliographie

AGERIN (2010). Etude hydromorphologique du bassin versant du Cône.

Baglinière J.L., Maisse G., Lebaill P.Y. et Prévost E. (1987). Dynamique de la population de truite commune (*Salmo trutta*) d'un ruisseau breton (France). II. Les géniteurs migrants. Acta Oecologica. 8 – n°3. p. 201-215.

Baran P. (2012). Gestion des débits : comment concilier tous les intérêts et usages ? La gazette officielle de la pêche et de l'eau. p. 4.

Bruslé J. et Quignard J.P. (2001). Biologie des poissons d'eau douce européens. Editions Tec&Doc.

Le Bissonnais Y., Montier C., Daroussin J. et King D. (1998). Cartographie de l'aléa « Erosion des sols » en France. INRA Orléans. Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement. Etude et Travaux.

Cuinat R. (1978). Barème conventionnel des croissances, potentiels de reproduction et densité de peuplement pour les truites communes des rivières du Massif Central. CSP. DR6.

Datry T. & Donon E. (2011). Colmatage interstitiel des cours d'eau : Développement d'un protocole de mesure standardisé sur les réseaux de contrôle de surveillance français. Publication ONEMA.

Descloux S. (2011). Le colmatage minéral du lit des cours d'eau : méthode d'estimation et effets sur la composition et la structure des communautés d'invertébrés benthiques et hyporhéiques. Thèse. Université de Lyon.

Gayraud S., Hérouin E. et Philippe M. (2002). Le colmatage minéral du lit des cours d'eau : revue bibliographique des mécanismes et des conséquences sur les habitats et les peuplements de macroinvertébrés. Bulletin français de la pêche et de la pisciculture. p. 339-355. n° 365/366.

Guilmet M. (2013). Etat des peuplements piscicoles sur le bassin du Vaur (2008-2012).

Guilmet M. (2015). Etude du suivi du colmatage des cours d'eau. Résultats de la 3<sup>ème</sup> campagne de suivis 2013-2014.

Haury J. Ombredane D. et Baglinière J.L. (1991). L'habitat de la truite commune (*Salmo trutta* L.) en cours d'eau. Dans « la truite biologie et écologie ». INRA Editions. p. 48-96.

Husson François (2009). Analyse en composantes principales (ACP). [http://math.agrocampus-ouest.fr/infoGlueDeliverLive/digitalAssets/72930\\_AnaDo\\_ACP\\_cours\\_slides.pdf](http://math.agrocampus-ouest.fr/infoGlueDeliverLive/digitalAssets/72930_AnaDo_ACP_cours_slides.pdf)

Jégousse L., Ombredane D. et Tremblay J. (2011). Variabilité spatiale et temporelle des conditions d'oxygénation du milieu hyporhéique via l'utilisation de bâtons de pin – tests méthodologiques. Systèmes innovants, ingénierie et méthodes d'évaluation. INRA. p. 54-187.

Larousse (2015). Dictionnaire de français.  
<http://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/colmatage/17243>

Lisle T.E. et Hilton S. (1993). Measuring the fraction of pool volume filled with fine sediment. USDA Forest Services Res. Note. p. 1-11.

Marmonier P., Delettre Y., Lefevre S., Guyon J. et Boulton A.J. (2004). A simple technique using wooden stakes to estimate vertical patterns of interstitial oxygenation in the bed of rivers. Arch. Hydrobiol. 160 p.133-143.

Müller F., Fergeault F., Guikmet M. et Jourdan H. (2012). Etude du suivi du colmatage des cours d'eau. Résultats de la 1<sup>ère</sup> campagne de suivis 2011-2012.

Ombredane D. (2010). La survie sous graviers des œufs de salmonidés. Présentation orale durant le congrès « Les rencontres Migrateurs ».

Roussel J.M., Huteau D., Richard A. et Gallet O. (2004). Mise au point et validation d'une méthode simple pour estimer l'abondance des juvéniles de truite en cours d'eau. Convention INRA/DIREN. INRA-CSP.

SDVP (2006). Schéma Départemental de Vocation Piscicole – Département de l'Aveyron – Rapport de synthèse.

Souchon Y., Trocherie F., Fragnoud E. et Lacombe C. (1989). Les modèles numériques des microhabitats des poissons : application et nouveaux développements. Revue des Sciences de l'eau. p. 807-830.

Tissot L., Sabaton C. et Gouraud V. (2011). Logiciel d'application de la méthode des micro-habitats – guide méthodologique. EDF.

# **Annexes**

# **ACP sur les caractéristiques des stations**

## **Annexe 1 : Description des résultats obtenus à l'aide de l'Analyse en Composantes Principales pour l'étude des caractéristiques des 5 stations.**

Avant de discuter des différences entre les 5 stations et de l'interprétation de ces différences, il est indispensable de discuter de la robustesse des résultats obtenus à l'aide de l'ACP

### **Robustesse des résultats de l'ACP**

Cette ACP concerne les 8 variables concernant les stations. Pour discuter de la robustesse des résultats de l'ACP, deux critères sont analysés.

- Tout d'abord, entre les axes 2 et 3 (Figure 1), on observe une rupture de pente (visible entre le trait rouge et le trait vert sur la figure 1). Les axes 1 et 2 se distinguent très nettement des axes suivants. Donc on ne retient par la suite que ces 2 premiers axes.
- Ensuite, ces 2 premiers axes représentent 74,9% de la variabilité totale observée dans le jeu de données (52,2% + 22,7%). Ce pourcentage de variabilité est très élevé (Husson 2009).

Ces deux critères font que les interprétations tirées de l'ACP sont robustes.

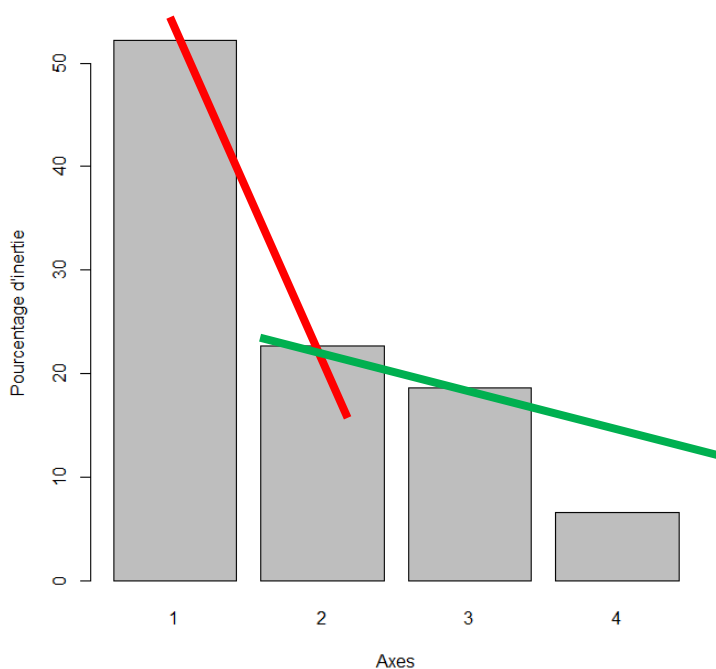


Figure 1. Histogramme des valeurs propres de l'ACP sur les données de 5 stations. Le trait rouge relie les axes 1 et 2 et le trait vert relie les axes 2 et 3. A l'aide de ces 2 traits, on voit nettement la rupture de pente entre les axes 2 et 3.

- Différences entre les 5 stations

La figure 2 correspond à la projection des 5 stations sur les axes 1 et 2. La station Clauzelles se distingue des 4 autres. Elle se situe seule à droite et proche de l'axe 1 (Figure 2). Selon l'axe 2, la station Bertrand (en haut) s'oppose à la station Cône (en bas). Les stations Escorbis et Lagast sont proches du centre.

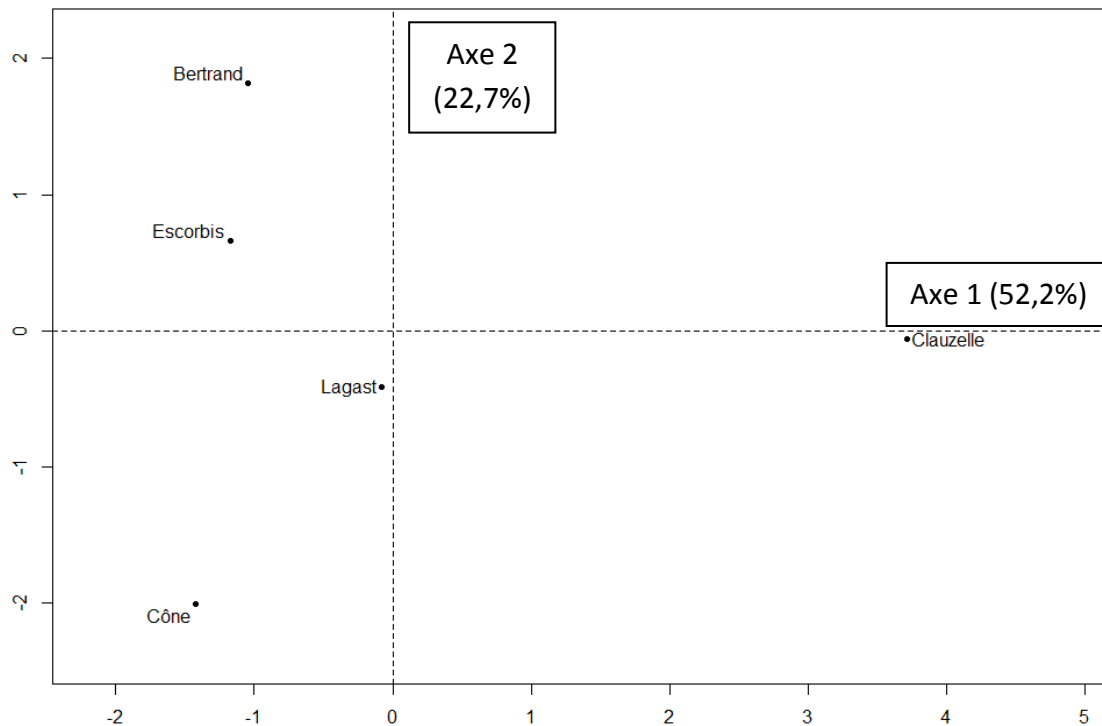


Figure 2. Projection des 5 individus (les 5 stations) sur les axes 1 et 2. L'axe 1 représente 52,2% et l'axe 2 représente 22,7% de la variabilité.

- Interprétation des différences entre les stations

La figure 3 représente la projection des 8 variables sur les axes 1 et 2. On observe que les variables superficie drainée, largeur plein bord et conductivité sont proches et toutes situées à l'extrémité droite du graphique, quasiment sur l'axe 1. L'altitude se situe dans le quart en bas à droite, le pH dans le quart en haut à droite et la pente (pente des radiers) se situe vers le haut, proche de l'axe 2.

Le croisement de la figure 2 et de la figure 3 permet de savoir pourquoi la station Clauzelles est aussi éloignée des 4 autres stations. La station Clauzelles se situe où il y a les variables superficie drainée, largeur plein bord et conductivité. Cela signifie que Clauzelles a une superficie drainée, une

largeur plein bord et une conductivité supérieures aux 4 autres stations. On retrouve bien ces résultats dans les données brutes (Tableau 2).

Selon l'axe 2 (expliqué majoritairement par la pente du fond du lit des rivières), Bertrand a une pente supérieure à la station Cône. De même on retrouve bien ce résultat dans les données brutes (Tableau 2).

Lagast et Escorbis, proches du centre, ne présentent pas de différence marquée selon ces 8 variables sur les caractéristiques des stations.

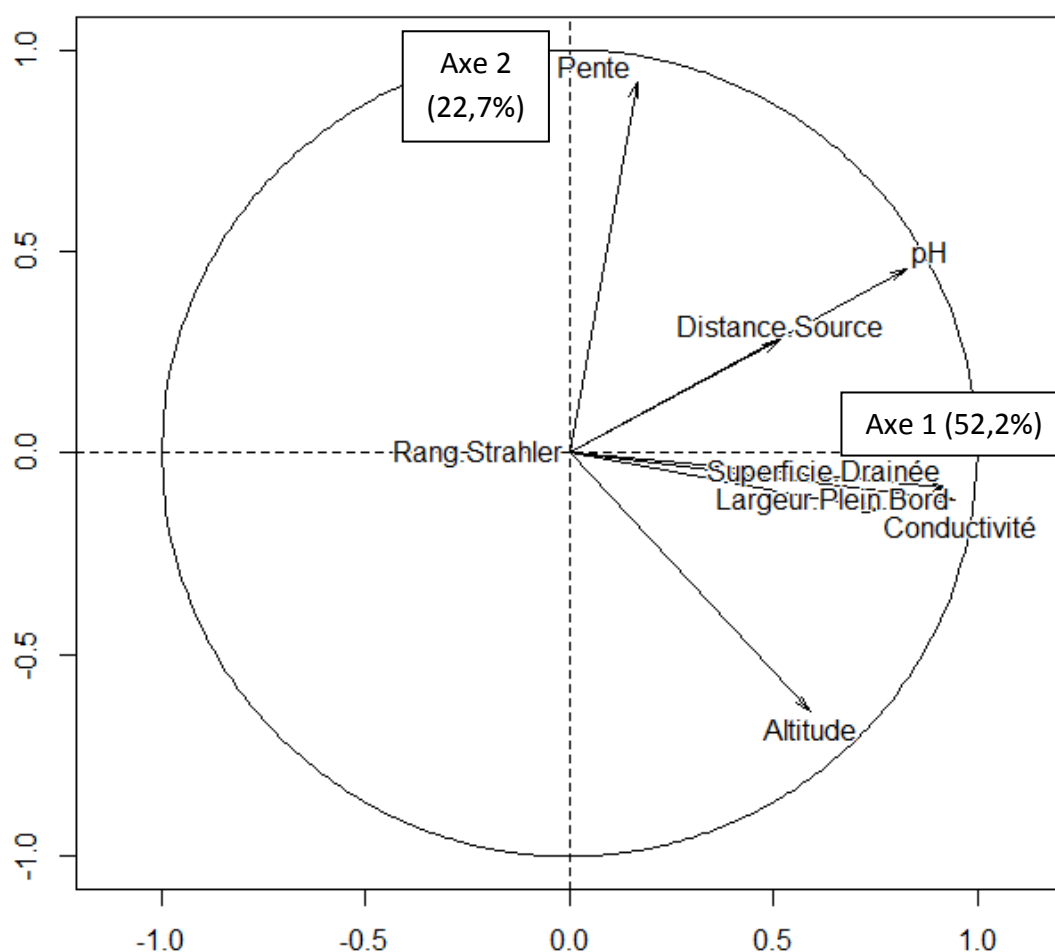


Figure 3. Projection des 8 variables d'étude (altitude, largeur plein bord, conductivité, superficie drainée, pH, distance à la source, pente du fond du lit des rivières et le rang de Strahler) sur les axes 1 et 2. L'axe 1 représente 52,2% et l'axe 2 représente 22,7%.

## **ACP sur les variables de température et de débit**

## **Annexe 2 : Description des résultats obtenus à l'aide de l'Analyse en Composantes Principales pour l'étude des effets de l'hydrologie et de la température au cours des 3 périodes et pour les 5 stations.**

Avant de discuter des différences de température et de débit et de l'interprétation de ces différences, il est indispensable de discuter de la robustesse des résultats obtenus à l'aide de l'ACP

### **Robustesse des résultats de l'ACP**

Cette ACP concerne les 7 variables température et débit. Pour discuter de la robustesse des résultats de l'ACP, deux critères sont analysés.

- Tout d'abord, entre les axes 2 et 3 (Figure 1), on observe une rupture de pente (visible entre le trait rouge et le trait vert sur la figure 1). Les axes 1 et 2 se distinguent très nettement des axes suivants. Donc on ne retient par la suite que ces 2 premiers axes.
- Ensuite, ces 2 premiers axes représentent 77,3% de la variabilité totale observée dans le jeu de données (61,2% + 16,1%). Ce pourcentage de variabilité est très élevé (Husson 2009).

Ces deux critères font que les interprétations tirées de l'ACP sont robustes.

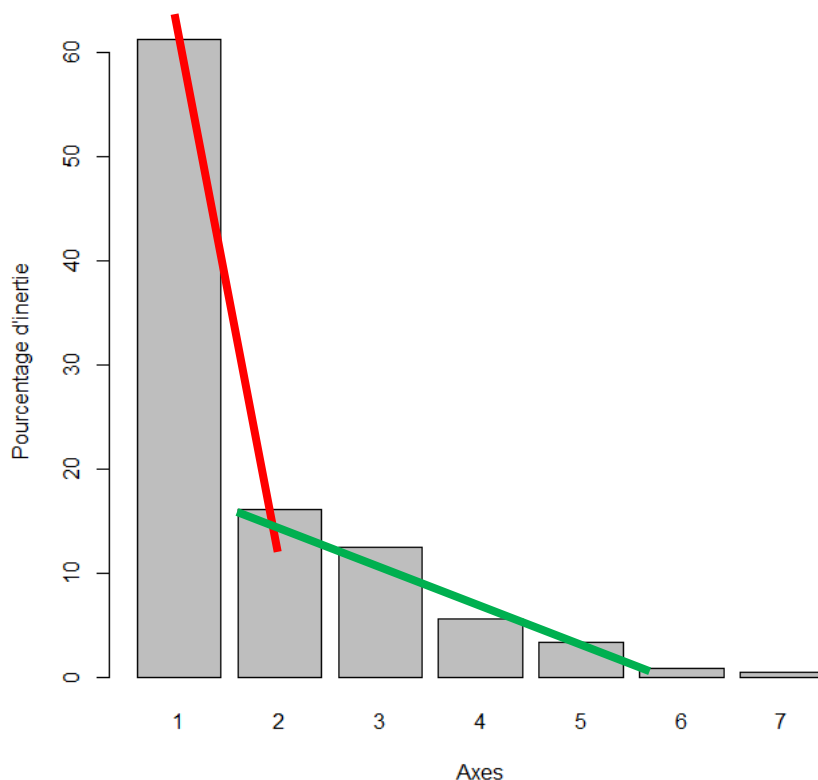


Figure 1. Histogramme des valeurs propres de l'ACP sur les données de débit et de température. Le trait rouge relie les axes 1 et 2 et le trait vert relie les axes 2 et 3. A l'aide de ces 2 traits, on voit nettement la rupture de pente entre les axes 2 et 3.

- Différences de température et débit entre les 3 périodes et entre les 5 stations

Le graphique des individus avec soit les barycentres (Cf. Définition du barycentre) des 3 périodes (Figure 2) soit les barycentres des 5 stations (Figure 3) présente des différences. Les barycentres des 3 périodes (Figure 2) présentent un plus grand étalement que les barycentres des 5 stations (Figure 3). A part la station Bertrand (BE) qui s'éloigne des 4 autres, les stations sont regroupées assez proches du centre. Au contraire les 3 périodes sont étalées dans l'espace et principalement selon l'axe 1. Cela signifie que les différences de température et débit sont plus causées par des différences entre les 3 périodes que par des différences entre les 5 stations.

Cette comparaison entre périodes et stations sur l'effet de la température et du débit montre que l'effet station est moins important que l'effet période.

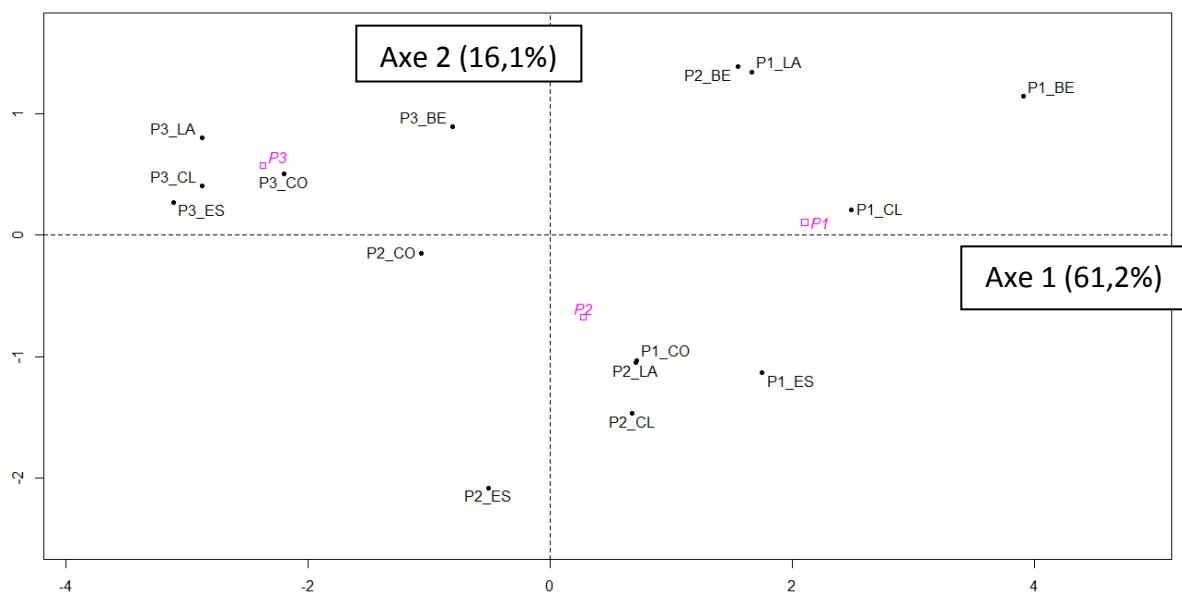


Figure 2. Projection des 15 individus (les 5 stations – BE, ES, CO, LA et CL – multipliées par les 3 périodes – P1, P2 et P3) sur les axes 1 et 2. En rose, P1, P2 et P3 sont respectivement les barycentres des périodes 1 (2011-2012), 2 (2012-2013) et 3 (2013-2014).

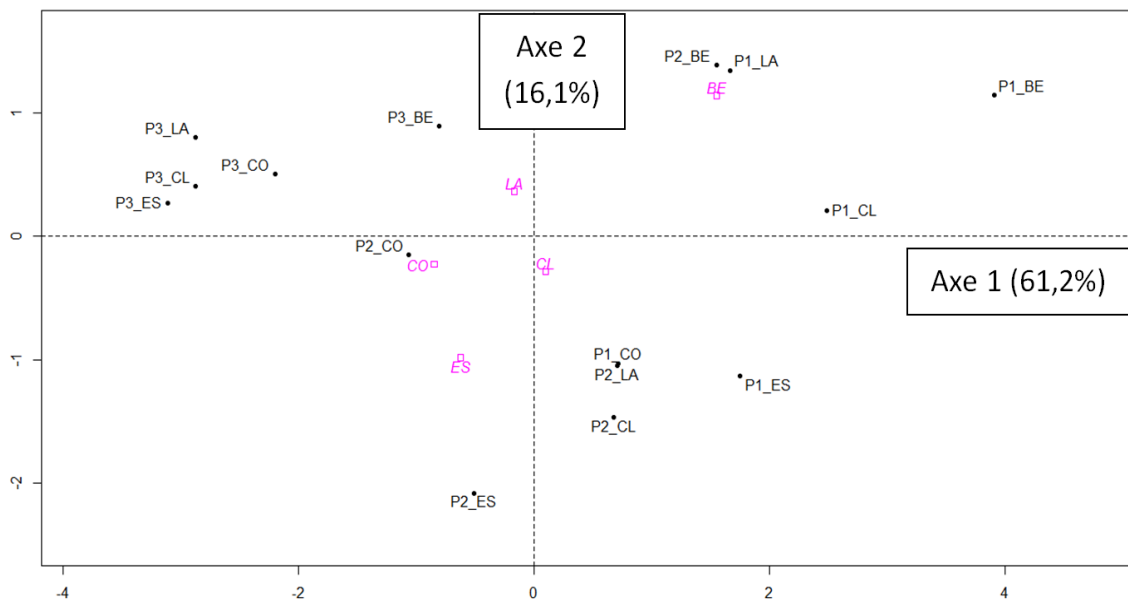


Figure 3. Projection des 15 individus (les 5 stations – BE, ES, CO, LA et CL – multipliées par les 3 périodes – P1, P2 et P3) sur les axes 1 et 2. En rose, BE, ES, CO, LA et CL sont respectivement les barycentres des stations Bertrand, Escorbis, Cône, Lagast et Clauzelles.

#### - Interprétation des différences de température et débit entre les 3 périodes

Le croisement de la figure 2 et de la figure 4 (la projection des variables sur les axes 1 et 2) permet de savoir pourquoi la période 3 (P3) est aussi éloignée de la période 1 (P1).

Le barycentre de la période 3 (P3) se situe à gauche sur l'axe 1 (Figure 2). Sur la figure 4, 2 variables se situent à l'extrémité gauche de l'axe 1 : la température moyenne des 10 jours les plus froids (TM10) et le débit spécifique d'été (Qété). Ainsi au cours de la période 3 (année 2013-2014), les 5 stations présentent une température moyenne des 10 jours les plus froids et un débit spécifique d'été supérieurs aux 2 autres périodes (P1 et P2).

Selon le même principe, le barycentre de la période 1 (P1) se situe à droite sur l'axe 1 (Figure 2). Sur la figure 4, 3 variables se situent à l'extrémité droite de l'axe 1 : le pourcentage du nombre de jour en été où la température est supérieure à 17°C (NJ.17), le pourcentage du nombre de jour en hiver où la température est inférieure à 4°C (NJ.4) et la température moyenne des 30 jours les plus chauds (TM30). Ainsi au cours de la période 1 (année 2011-2012), les 5 stations présentent un pourcentage du nombre de jour en été où la température est supérieure à 17°C, un pourcentage du nombre de jour en hiver où la température est inférieure à 4°C et une température moyenne des 30 jours les plus chauds supérieurs aux 2 autres périodes (P2 et P3).

Enfin toujours sur le même principe, le barycentre de la période 2 (P2) se situe entre les 2 autres périodes (Figure 2). Cela signifie que pour les 5 variables citées précédemment et qui expliquent l'axe 1, la période 2 présente des valeurs intermédiaires.

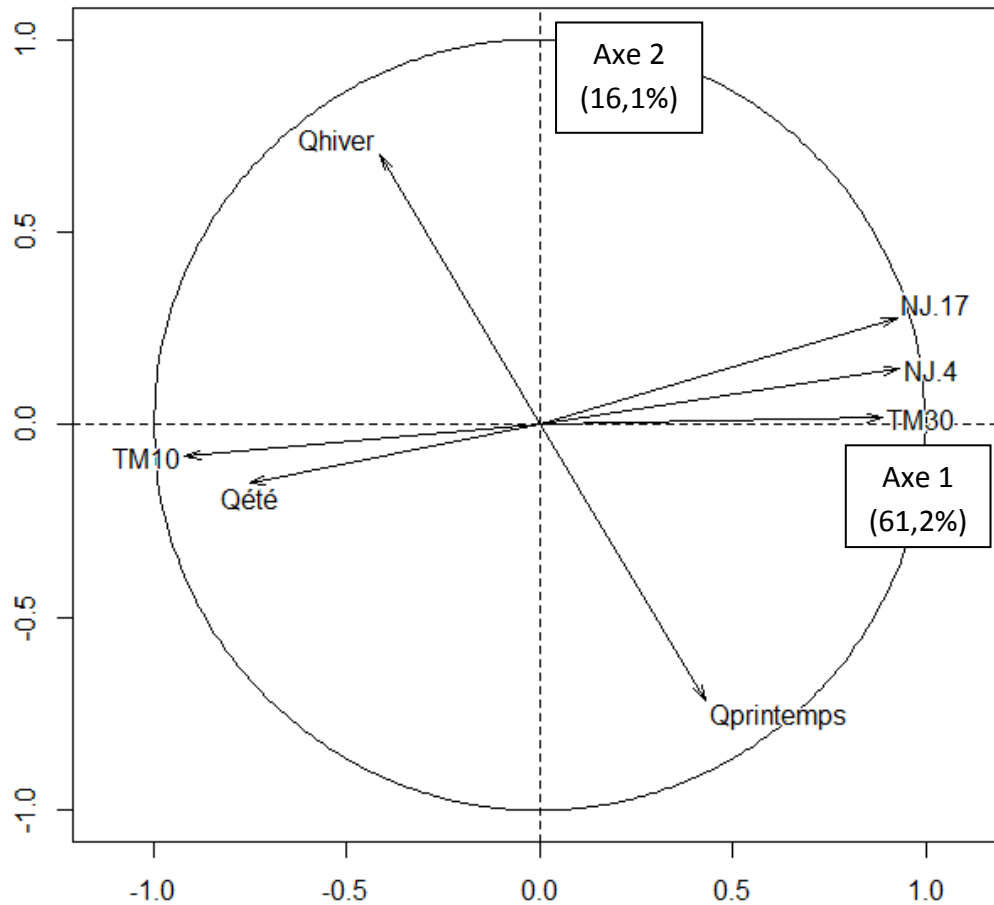


Figure 4. Projection des 7 variables d'étude (TM10 : température moyenne des 10 jours les plus froids, TM30 : température moyenne des 30 jours les plus chauds, NJ.17 : pourcentage du nombre de jour en été où la température est supérieure à 17°C, NJ.4 : pourcentage du nombre de jour en hiver où la température est inférieure à 4°C, Qhiver : le débit spécifique d'hiver, Qprintemps : le débit spécifique du printemps et Qété : le débit spécifique d'été) sur les axes 1 et 2. L'axe 1 représente 61,2% et l'axe 2 représente 16,1% de la variabilité.

# **Tests statistiques sur les variables de température et de débit**

## **Analyse des différences entre les périodes**

### Annexe 3 : Analyse des différences de débit lors de la phase de reproduction de la truite (du 1 octobre au 30 novembre) au cours des années 2009 à 2014

Test : Chi deux

Hypothèses :

- H0 : le pourcentage du nombre de jours où le débit a été inférieur au débit médian est identique entre l'année considérée et la moyenne calculée depuis 1970
- H1 : le pourcentage du nombre de jours où le débit a été inférieur au débit médian n'est pas identique entre l'année considérée et la moyenne calculée depuis 1970.

Le débit médian calculé entre 1970 et 2014 est égale à 49,9.

| Années | % nombre de jours où le débit < débit médian | Chi deux | ddl | p-value  | décision             |
|--------|----------------------------------------------|----------|-----|----------|----------------------|
| 2009   | 50,8                                         | 0        | 1   | 1        | On ne rejette pas H0 |
| 2010   | 55,7                                         | 0,4622   | 1   | 0,4966   | On ne rejette pas H0 |
| 2011   | 95,1                                         | 48,9941  | 1   | 2,57E-12 | <b>On rejette H0</b> |
| 2012   | 86,9                                         | 29,98    | 1   | 4,37E-08 | <b>On rejette H0</b> |
| 2013   | 14,8                                         | 26,5666  | 1   | 2,55E-07 | <b>On rejette H0</b> |

#### **Annexe 4 : Analyse des différences de débit lors de la phase d'incubation et d'émergence des alevins de truite (du 1 décembre au 28 février) au cours des années 2009 à 2014**

Test : Chi deux ou Fisher

Hypothèses :

- H0 : le pourcentage du nombre de jours où le débit a été supérieur à 5 fois le module est identique entre l'année considérée et la moyenne calculée depuis 1970
- H1 : le pourcentage du nombre de jours où le débit a été supérieur à 5 fois le module n'est pas identique entre l'année considérée et la moyenne calculée depuis 1970.

Le module entre 1970 et 2014 est égale à 5,7.

| Années | % nombre de jours où le débit est > à 5 fois le module | Chi deux | ddl | p-value | décision             |
|--------|--------------------------------------------------------|----------|-----|---------|----------------------|
| 2009   | 5,6                                                    | 0        | 1   | 1       | On ne rejette pas H0 |
| 2010   | 0                                                      |          |     | 0,02893 | <b>On rejette H0</b> |
| 2011   | 0                                                      |          |     | 0,02893 | <b>On rejette H0</b> |
| 2012   | 0                                                      |          |     | 0,02893 | <b>On rejette H0</b> |
| 2013   | 0                                                      |          |     | 0,02893 | <b>On rejette H0</b> |
| 2014   | 3,3                                                    |          |     | 0,4977  | On ne rejette pas H0 |

## **Annexe 5 : Analyse des différences de débit lors de la phase de post- émergence des alevins de truite au cours des années 2009 à 2014**

Test : Fisher

Hypothèses :

- H0 : le pourcentage du nombre de jours où le débit a été supérieur à 5 fois le module est identique entre l'année considérée et la moyenne calculée depuis 1970
- H1 : le pourcentage du nombre de jours où le débit a été supérieur à 5 fois le module n'est pas identique entre l'année considérée et la moyenne calculée depuis 1970.

Le module entre 1970 et 2014 est égale à 2,4.

| Années | % nombre de jours où le débit est ><br>à 5 fois le module | p-value | décision             |
|--------|-----------------------------------------------------------|---------|----------------------|
| 2009   | 3,3                                                       | 1       | On ne rejette pas H0 |
| 2010   | 0                                                         | 0.4975  | On ne rejette pas H0 |
| 2011   | 0                                                         | 0.4975  | On ne rejette pas H0 |
| 2012   | 1,1                                                       | 1       | On ne rejette pas H0 |
| 2013   | 0                                                         | 0.4975  | On ne rejette pas H0 |
| 2014   | 2,2                                                       | 1       | On ne rejette pas H0 |

## **Annexe 6 : Analyse des différences de température lors de la phase d'émergence et post-émergence de la truite entre les 3 périodes**

Test : Mann Whitney

Hypothèses :

- H0 : le pourcentage de nombre de jours inférieurs à 4°C des deux échantillons suit la même distribution.
- H1 : le pourcentage de nombre de jours inférieurs à 4°C des deux échantillons ne suit pas la même distribution.

| Périodes            | W  | p-value  | décision             |
|---------------------|----|----------|----------------------|
| 2011-2012_2012-2013 | 23 | 0.03614  | <b>On rejette H0</b> |
| 2011-2012_2013-2014 | 25 | 0.007494 | <b>On rejette H0</b> |
| 2012-2013_2013-2014 | 25 | 0.007290 | <b>On rejette H0</b> |

## Annexe 7 : Analyse des différences de débit lors de la phase de croissance de la truite au cours des années 2009 à 2014

Test : Chi deux

Hypothèses :

- H0 : le pourcentage du nombre de jours où le débit a été inférieur au QMNA est identique entre l'année considérée et la moyenne calculée depuis 1970
- H1 : le pourcentage du nombre de jours où le débit a été inférieur au QMNA n'est pas identique entre l'année considérée et la moyenne calculée depuis 1970.

La moyenne calculée depuis l'année 1970 correspond à la moyenne entre 1970 et 2014 et est égale à 32,6.

| Années | % nombre de jours où le débit <QMNA | Chi deux | ddl | p-value  | décision             |
|--------|-------------------------------------|----------|-----|----------|----------------------|
| 2009   | 17,2                                | 5,5444   | 1   | 0,01854  | <b>On rejette H0</b> |
| 2010   | 46,7                                | 3,5859   | 1   | 0,05827  | On ne rejette pas H0 |
| 2011   | 63,9                                | 18,3843  | 1   | 1,81E-05 | <b>On rejette H0</b> |
| 2012   | 36,1                                | 0,1386   | 1   | 0,7097   | On ne rejette pas H0 |
| 2013   | 0                                   | 36,5958  | 1   | 1,45E-09 | <b>On rejette H0</b> |
| 2014   | 0                                   | 36,5958  | 1   | 1,45E-09 | <b>On rejette H0</b> |

## **Annexe 8 : Analyse des différences de température lors de la phase de croissance de la truite entre les 3 périodes**

Test : Mann Whitney

Hypothèses :

- H0 : le pourcentage de nombre de jours supérieur à 17°C des deux échantillons suit la même distribution.
- H1 : le pourcentage de nombre de jours supérieur à 17°C des deux échantillons ne suit pas la même distribution.

| Périodes               | W    | p-value | décision             |
|------------------------|------|---------|----------------------|
| 2011-2012 et 2012-2013 | 20,5 | 0.1138  | On ne rejette pas H0 |
| 2012-2013 et 2013-2014 | 6    | 0.1563  | On ne rejette pas H0 |
| 2011-2012 et 2013-2014 | 24   | 0.01775 | <b>On rejette H0</b> |

# **Tests statistiques sur les variables de température et de débit**

## **Analyse des différences entre les stations**

## **Annexe 9 : Analyse des différences de température lors de la phase d'émergence et post-émergence de la truite entre les 5 stations**

Test : Mann Whitney

Hypothèses :

- H0 : les pourcentages de nombre de jours inférieurs à 4°C des deux échantillons suivent la même distribution.
- H1 : les pourcentages de nombre de jours inférieurs à 4°C des deux échantillons ne suivent pas la même distribution.

| stations              | W   | p-value | décision             |
|-----------------------|-----|---------|----------------------|
| Cône-Escorbis         | 4,5 | 1       | On ne rejette pas H0 |
| Cône-Clauzelles       | 5,5 | 0.8247  | On ne rejette pas H0 |
| Cône-Lagast           | 6,5 | 0.5065  | On ne rejette pas H0 |
| Cône-Bertrand         | 2,5 | 0.5065  | On ne rejette pas H0 |
| Escorbis -Clauzelles  | 3,5 | 0.8247  | On ne rejette pas H0 |
| Escorbis - Lagast     | 3,5 | 0.8247  | On ne rejette pas H0 |
| Escorbis - Bertrand   | 3,5 | 0.8247  | On ne rejette pas H0 |
| Clauzelles - Lagast   | 3,5 | 0.8247  | On ne rejette pas H0 |
| Clauzelles - Bertrand | 5,5 | 0.8247  | On ne rejette pas H0 |
| Lagast - Bertrand     | 5   | 1       | On ne rejette pas H0 |

## **Annexe 10 : Analyse des différences de température lors de la phase de croissance de la truite entre les 5 stations**

Test : Mann Whitney

Hypothèses :

- H0 : les pourcentages de nombre de jours supérieur à 17°C des deux échantillons suivent la même distribution.
- H1 : les pourcentages de nombre de jours supérieur à 17°C des deux échantillons ne suivent pas la même distribution.

| stations              | W   | p-value | décision             |
|-----------------------|-----|---------|----------------------|
| Cône-Escorbis         | 4   | 1       | On ne rejette pas H0 |
| Cône-Clauzelles       | 2   | 0.3537  | On ne rejette pas H0 |
| Cône-Lagast           | 2   | 0.3537  | On ne rejette pas H0 |
| Cône-Bertrand         | 0   | 0.07652 | On ne rejette pas H0 |
| Escorbis -Clauzelles  | 3   | 0.6428  | On ne rejette pas H0 |
| Escorbis - Lagast     | 3   | 0.6428  | On ne rejette pas H0 |
| Escorbis - Bertrand   | 1   | 0.184   | On ne rejette pas H0 |
| Clauzelles - Lagast   | 5   | 1       | On ne rejette pas H0 |
| Clauzelles - Bertrand | 3   | 0.7     | On ne rejette pas H0 |
| Lagast - Bertrand     | 2,5 | 0.5065  | On ne rejette pas H0 |

## **ACP sur les variables« colmatage »**

## **Annexe 11 : Description des résultats obtenus à l'aide de l'Analyse en Composantes Principales pour l'étude de l'effet du colmatage au cours des 3 périodes et pour les 5 stations.**

Avant de discuter des différences de colmatage et de l'interprétation de ces différences, il est indispensable de discuter de la robustesse des résultats obtenus à l'aide de l'ACP

### **Robustesse des résultats de l'ACP**

L'ACP concerne les 10 variables en lien avec le colmatage. Pour discuter de la robustesse des résultats de l'ACP, deux critères sont analysés.

- Tout d'abord, entre les axes 2 et 3 (Figure 1), on observe une rupture de pente (visible entre le trait rouge et le trait vert sur la figure 1). Les axes 1 et 2 se distinguent très nettement des axes suivants. Donc on ne retient par la suite que ces 2 premiers axes.
- Ensuite, ces 2 premiers axes représentent 73,1% de la variabilité totale observée dans le jeu de données (56,5% + 16,6%). Ce pourcentage de variabilité est très élevé (Husson 2009).

Ces deux critères font que les interprétations tirées de l'ACP sont robustes.

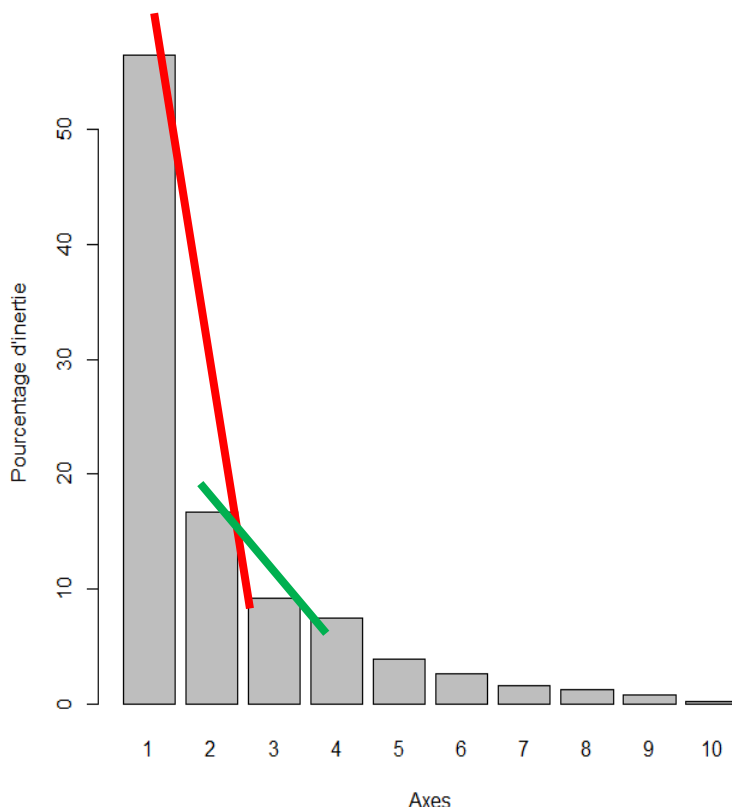


Figure 1. Histogramme des valeurs propres de l'ACP sur les données de colmatage. Le trait rouge relie les axes 1 et 2 et le trait vert relie les axes 2 et 3. A l'aide de ces 2 traits, on voit nettement la rupture de pente entre les axes 2 et 3.

- Différences de colmatage entre les 3 périodes et les 5 stations

Le graphique des individus avec soit les barycentres (Cf. Définition du barycentre) des 3 périodes (Figure 2) soit les barycentres des 5 stations (Figure 3) présente des différences. Les barycentres des 5 stations (Figure 3) présentent un plus grand étalement que les barycentres des 3 périodes (Figure 2). Les 3 périodes sont regroupées assez proches du centre. Au contraire les 5 stations sont très étalées dans l'espace et principalement selon l'axe 1. Cela signifie que les différences de colmatage sont plus causées par des différences entre les 5 cours d'eau que par des différences entre les 3 périodes, contrairement à l'analyse sur le débit et la température.

Bien que relativement proche dans l'espace, ces 5 cours d'eau présente des différences de colmatage très marquées. De plus ces différences sont constantes dans le temps, puisque les 3 périodes ne présentent pas de grande différence.

L'interprétation qui suit, ne concerne que les 5 stations (Figure 3). En effet, l'effet période est moins important que l'effet station sur les variables « colmatage ».

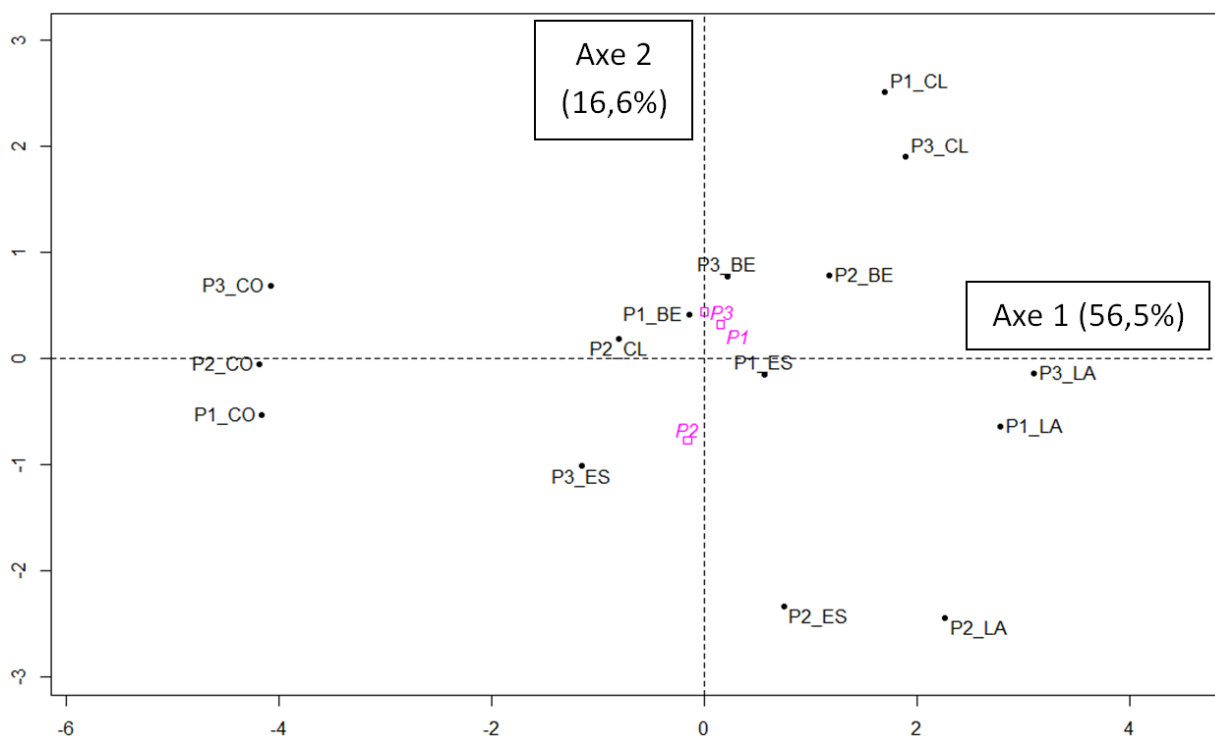


Figure 2. Projection des 15 individus (les 5 stations – BE, ES, CO, LA et CL – multipliées par les 3 périodes – P1, P2 et P3) sur les axes 1 et 2. En rose, P1, P2 et P3 sont respectivement les barycentres de la période 1, la période 2 et la période 3.

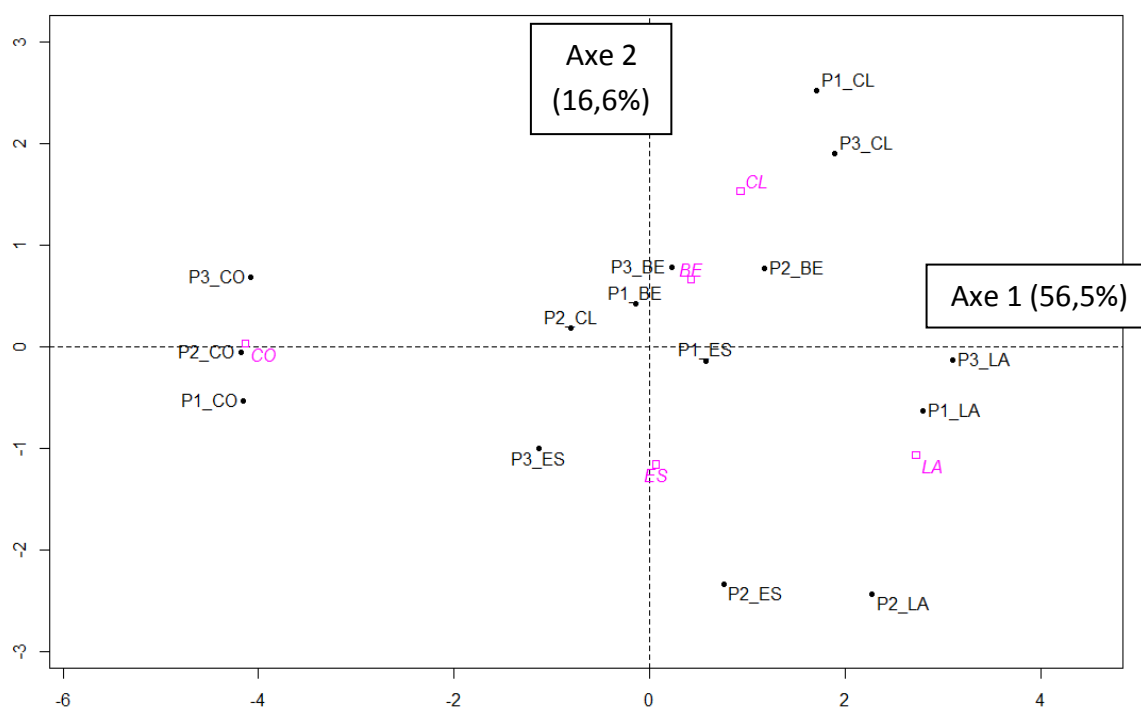


Figure 3. Projection des 15 individus (les 5 stations – BE, ES, CO, LA et CL – multipliées par les 3 périodes – P1, P2 et P3) sur les axes 1 et 2. En rose, CO, BE, ES, LA et CL sont respectivement les barycentres des stations Cône, Bertrand, Escorbis, Lagast et Clauzelles.

#### - Interprétation des différences de colmatage entre les 5 cours d'eau

Le croisement de la figure 3 et de la figure 4 (la projection des variables sur les axes 1 et 2) permet de savoir pourquoi la station sur le cours d'eau Cône (CO) est aussi éloignée de l'ensemble des autres stations et principalement de la station sur le cours d'eau Lagast (LA).

Le barycentre du Cône (CO) se situe à gauche sur l'axe 1 (Figure 3). Sur la figure 4, 3 variables se situent à l'extrémité gauche de l'axe 1 : les pourcentages de matières fines à la fois de novembre (X.fin\_CS1), de février (X.fin\_CS2) et de septembre (X.fin\_CS3). Ainsi au cours des 3 périodes et des 3 campagnes (novembre, février et septembre), le cours d'eau Cône présente un pourcentage de matières fines supérieur aux autres cours d'eau et principalement supérieur au cours d'eau Lagast (LA). On retrouve bien ces résultats sur les données brutes (Tableau 5). Les valeurs pour le cours d'eau Cône atteignent 50% de matières fines, alors que pour le cours d'eau Lagast elles fluctuent autour de 25%. Donc il y a 2 fois moins de matières fines sur le cours d'eau Lagast que sur le cours d'eau Cône. Les 3 autres cours d'eau présentent des valeurs intermédiaires.

Selon le même principe, le barycentre du cours d'eau Lagast (LA) se situe à droite sur l'axe 1 (Figure 3). Sur la figure 4, principalement, 3 variables se situent à l'extrémité droite de l'axe 1 : les valeurs de sticks hypoxie de novembre à janvier (SH\_SH1), de février à mars (SH\_SH2) et de juin à juillet (SH\_SH3). Ainsi au cours des 3 périodes et des 3 campagnes (novembre-janvier, février-mars et juin-juillet), le cours d'eau Lagast présente des valeurs pour les sticks hypoxie supérieures aux autres cours d'eau et principalement supérieures au cours d'eau Cône. On retrouve bien ces résultats sur les

données brutes (Tableau 5). Les valeurs pour le cours d'eau Lagast fluctuent autour de 20, alors qu'elles fluctuent autour de 10 pour le cours d'eau Cône. Donc la profondeur d'oxygénation est 2 fois moindre sur le cours d'eau Cône que sur le cours d'eau Lagast. Les 3 autres cours d'eau présentent des valeurs intermédiaires.

Des corrélations existent entre les variables « colmatage ». Sur la figure 4, les 3 flèches des valeurs de sticks hypoxie (SH\_SH1, SH\_SH2 et SH\_SH3) sont opposées aux 3 flèches du pourcentage de matières fines (X.fin\_CS1, X.fin\_CS2 et X.fin\_CS3). Ceci signifie que plus les matières fines sont abondantes moins la valeur de stick hypoxie (ou la profondeur d'oxygénation) est élevée. Donc les matières fines sont négativement corrélées avec la profondeur d'oxygénation.

La variable survie intragravellaire se dirige en bas à droite. Elle se situe dans le même cadran que la variable stick hypoxie. Ceci signifie qu'il existe une corrélation positive entre la survie et les sticks hypoxie. Autrement dit plus la valeur de stick hypoxie est élevée plus la survie intragravellaire est forte. Ce résultat est à nuancer étant donné l'éloignement entre les variables survie intragravellaire et sticks hypoxie. Cependant la forte variabilité du taux de survie intragravellaire entre les 3 périodes (facteur multiplicatif supérieur à 3 pour certain cours d'eau – Tableau 5) qui ne se rencontre sur aucune autre variable, explique cette faible corrélation. Les données brutes montrent que le cours d'eau Lagast où la profondeur d'oxygénation est la plus élevée, présente le taux de survie le plus élevé pour toutes les périodes (Tableau 5 – Figure 8 de la partie « résultats »). A contrario, le cours d'eau Cône où la profondeur d'oxygénation est la plus faible, présente le taux de survie le plus faible ou le deuxième plus faible (Tableau 5 – Figure 8 de la partie « résultats »).

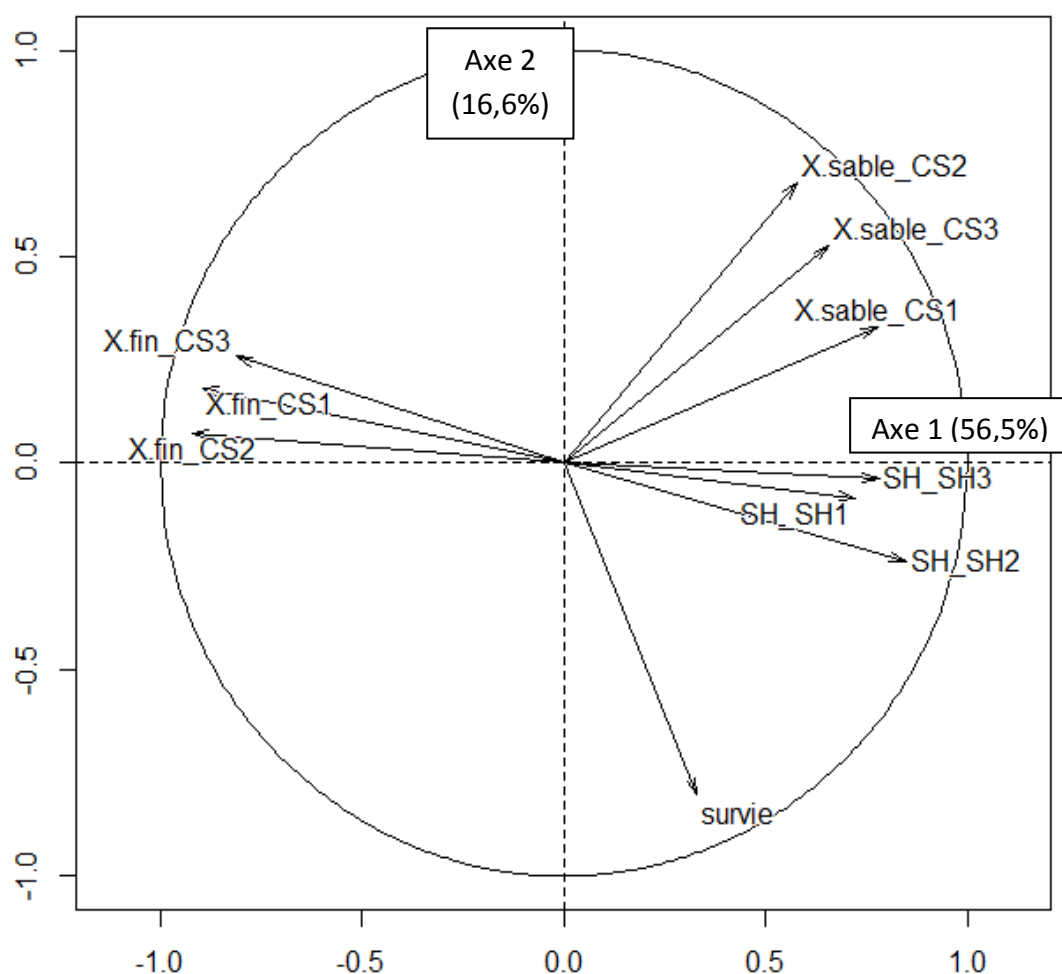


Figure 4. Projection des 10 variables d'étude (sticks hypoxie de novembre à janvier (SH\_SH1), de février à mars (SH\_SH2) et de juin à juillet (SH\_SH3), pourcentages de matières fines de novembre (X.fin\_CS1), février (X.fin\_CS2) et septembre (X.fin\_CS3), pourcentages de sables de novembre (X.sable\_CS1), février (X.sable\_CS2) et septembre (X.sable\_CS3) et la survie intragravellaire (survie)) sur les axes 1 et 2. L'axe 1 représente 56,5% et l'axe 2 représente 16,6% de la variabilité.

# **Tests statistiques sur les variables colmatage**

## **Analyse des différences entre les stations**

## **Annexe 12 : Différences de pourcentage de matières fines entre les 5 stations pour la campagne de novembre**

Test : Mann Whitney

Hypothèses :

- H0 : les pourcentages de matières fines des deux échantillons suivent la même distribution.
- H1 : les pourcentages de matières fines des deux échantillons ne suivent pas la même distribution.

| Stations              | Statistique observée Qobs | p-value  | décision             |
|-----------------------|---------------------------|----------|----------------------|
| Cône - Lagast         | 73                        | 0,002756 | <b>On rejette H0</b> |
| Cône – Bertrand       | 12                        | 0,01061  | <b>On rejette H0</b> |
| Cône - Escorbis       | 11                        | 0,007775 | <b>On rejette H0</b> |
| Cône - Clauzelles     | 59                        | 0,1135   | On ne rejette pas H0 |
| Lagast - Clauzelles   | 14                        | 0,01876  | <b>On rejette H0</b> |
| Lagast - Bertrand     | 56                        | 0,1903   | On ne rejette pas H0 |
| Lagast - Escorbis     | 57                        | 0,1615   | On ne rejette pas H0 |
| Bertrand - Clauzelles | 31                        | 0,4363   | On ne rejette pas H0 |
| Bertrand - Escorbis   | 48                        | 0,5457   | On ne rejette pas H0 |
| Escorbis - Clauzelles | 24                        | 0,1615   | On ne rejette pas H0 |

### Annexe 13 : Différences de pourcentage de matières fines entre les 5 stations pour la campagne de février

Test : Mann Whitney

Hypothèses :

- H0 : les pourcentages de matières fines des deux échantillons suivent la même distribution.
- H1 : les pourcentages de matières fines des deux échantillons ne suivent pas la même distribution.

| Stations              | Statistique observée Qobs | p-value   | décision             |
|-----------------------|---------------------------|-----------|----------------------|
| Cône - Lagast         | 81                        | 4,11E-05  | <b>On rejette H0</b> |
| Cône - Bertrand       | 10                        | 0,005636  | <b>On rejette H0</b> |
| Cône - Escorbis       | 19                        | 0,06253   | On ne rejette pas H0 |
| Cône - Clauzelles     | 70                        | 0,007775  | <b>On rejette H0</b> |
| Lagast - Clauzelles   | 0                         | 4,11E-05  | <b>On rejette H0</b> |
| Lagast - Bertrand     | 81                        | 4,11E-05  | <b>On rejette H0</b> |
| Lagast - Escorbis     | 76                        | 0,0007816 | <b>On rejette H0</b> |
| Bertrand - Clauzelles | 45                        | 0,7304    | On ne rejette pas H0 |
| Bertrand - Escorbis   | 44                        | 0,7962    | On ne rejette pas H0 |
| Escorbis - Clauzelles | 37                        | 0,7962    | On ne rejette pas H0 |

## Annexe 14 : Différences de pourcentage de matières fines entre les 5 stations pour la campagne de septembre

Test : Mann Whitney

Hypothèses :

- H0 : les pourcentages de matières fines des deux échantillons suivent la même distribution.
- H1 : les pourcentages de matières fines des deux échantillons ne suivent pas la même distribution.

| Stations              | Statistique observée Qobs | p-value   | décision             |
|-----------------------|---------------------------|-----------|----------------------|
| Cône - Lagast         | 79                        | 0,0001645 | <b>On rejette H0</b> |
| Cône – Bertrand       | 14                        | 0,01876   | <b>On rejette H0</b> |
| Cône - Escorbis       | 5                         | 0,0007816 | <b>On rejette H0</b> |
| Cône - Clauzelles     | 56                        | 0,1903    | On ne rejette pas H0 |
| Lagast - Clauzelles   | 13                        | 0,01419   | <b>On rejette H0</b> |
| Lagast–Bertrand       | 63                        | 0,05031   | On ne rejette pas H0 |
| Lagast - Escorbis     | 53                        | 0,2973    | On ne rejette pas H0 |
| Bertrand - Clauzelles | 34                        | 0,6048    | On ne rejette pas H0 |
| Bertrand - Escorbis   | 61                        | 0,07701   | On ne rejette pas H0 |
| Escorbis - Clauzelles | 16                        | 0,03147   | <b>On rejette H0</b> |

## Annexe 15 : Différences de profondeur d'oxygénation entre les 5 stations pour la campagne de novembre à janvier

Test : Mann Whitney

Hypothèses :

- H0 : la profondeur d'oxygénation des deux échantillons suit la même distribution.
- H1 : la profondeur d'oxygénation des deux échantillons ne suit pas la même distribution.

| Cours d'eau           | Statistique observée Qobs | p-value | décision             |
|-----------------------|---------------------------|---------|----------------------|
| Cône - Lagast         | 0                         | 0.1     | <b>On rejette H0</b> |
| Cône –Bertrand        | 8                         | 0.2     | <b>On rejette H0</b> |
| Cône - Escorbis       | 8                         | 0.2     | <b>On rejette H0</b> |
| Cône - Clauzelles     | 0                         | 0,1     | <b>On rejette H0</b> |
| Lagast - Clauzelles   | 5                         | 1       | On ne rejette pas H0 |
| Lagast - Bertrand     | 4                         | 1       | On ne rejette pas H0 |
| Lagast - Escorbis     | 4                         | 1       | <b>On rejette H0</b> |
| Bertrand - Clauzelles | 4                         | 1       | On ne rejette pas H0 |
| Bertrand - Escorbis   | 4                         | 1       | On ne rejette pas H0 |
| Escorbis - Clauzelles | 5                         | 1       | On ne rejette pas H0 |

## Annexe 16 : Différences de profondeur d'oxygénation entre les 5 stations pour la campagne de février à mars

Test : Mann Whitney

Hypothèses :

- H0 : la profondeur d'oxygénation des deux échantillons suit la même distribution.
- H1 : la profondeur d'oxygénation des deux échantillons ne suit pas la même distribution.

| Cours d'eau           | Statistique observée Qobs | p-value | décision             |
|-----------------------|---------------------------|---------|----------------------|
| Cône - Lagast         | 0                         | 0,1     | <b>On rejette H0</b> |
| Bertrand - Cône       | 9                         | 0,1     | <b>On rejette H0</b> |
| Escorbis - Cône       | 9                         | 0,1     | <b>On rejette H0</b> |
| Cône - Clauzelles     | 0                         | 0,1     | <b>On rejette H0</b> |
| Lagast - Clauzelles   | 9                         | 0.1     | <b>On rejette H0</b> |
| Lagast - Bertrand     | 0                         | 0,1     | <b>On rejette H0</b> |
| Lagast - Escorbis     | 0                         | 0,1     | On ne rejette pas H0 |
| Bertrand - Clauzelles | 5                         | 1       | On ne rejette pas H0 |
| Bertrand - Escorbis   | 1                         | 0.2     | On ne rejette pas H0 |
| Escorbis - Clauzelles | 8                         | 0,2     | <b>On rejette H0</b> |

## Annexe 17 : Différences de profondeur d'oxygénation entre les 5 stations pour la campagne de juin à juillet

Test : Mann Whitney

Hypothèses :

- H0 : la profondeur d'oxygénation des deux échantillons suit la même distribution.
- H1 : la profondeur d'oxygénation des deux échantillons ne suit pas la même distribution.

| Cours d'eau           | Statistique observée Qobs | p-value | décision             |
|-----------------------|---------------------------|---------|----------------------|
| Cône - Lagast         | 0                         | 0,1     | On ne rejette pas H0 |
| Cône - Bertrand       | 9                         | 0,1     | <b>On rejette H0</b> |
| Cône - Escorbis       | 8                         | 0,2     | <b>On rejette H0</b> |
| Cône - Clauzelles     | 0                         | 0,1     | <b>On rejette H0</b> |
| Lagast - Clauzelles   | 4                         | 1       | On ne rejette pas H0 |
| Lagast - Bertrand     | 1                         | 0,2     | On ne rejette pas H0 |
| Lagast - Escorbis     | 0                         | 0,1     | <b>On rejette H0</b> |
| Bertrand - Clauzelles | 3                         | 0,7     | On ne rejette pas H0 |
| Bertrand - Escorbis   | 6                         | 0,7     | On ne rejette pas H0 |
| Escorbis - Clauzelles | 2                         | 0,4     | <b>On rejette H0</b> |

## **Annexe 18 : Différences de pourcentage de sables entre les 5 stations pour la campagne de novembre**

Test : Mann Whitney

Hypothèses :

- H0 : les pourcentages de sables des deux échantillons suivent la même distribution.
- H1 : les pourcentages de sables des deux échantillons ne suivent pas la même distribution.

| Stations              | Statistique observée Qobs | p-value  | décision             |
|-----------------------|---------------------------|----------|----------------------|
| Cône - Lagast         | 13                        | 0,01419  | <b>On rejette H0</b> |
| Cône - Bertrand       | 60                        | 0,09391  | On ne rejette pas H0 |
| Cône -Escorbis        | 46                        | 0,6665   | On ne rejette pas H0 |
| Cône - Clauzelles     | 7                         | 0,001851 | <b>On rejette H0</b> |
| Lagast - Clauzelles   | 39                        | 0,9314   | On ne rejette pas H0 |
| Lagast–Bertrand       | 34                        | 0,6048   | On ne rejette pas H0 |
| Lagast - Escorbis     | 20                        | 0,07701  | On ne rejette pas H0 |
| Bertrand - Clauzelles | 28                        | 0,2973   | On ne rejette pas H0 |
| Bertrand - Escorbis   | 54                        | 0,2581   | On ne rejette pas H0 |
| Escorbis - Clauzelles | 14                        | 0,01876  | <b>On rejette H0</b> |

## **Annexe 19 : Différences de pourcentage de sables entre les 5 stations pour la campagne de février**

Test : Mann Whitney

Hypothèses :

- H0 : les pourcentages de sables des deux échantillons suivent la même distribution.
- H1 : les pourcentages de sables des deux échantillons ne suivent pas la même distribution.

| Stations              | Statistique observée Qobs | p-value  | décision             |
|-----------------------|---------------------------|----------|----------------------|
| Cône - Lagast         | 15                        | 0,02443  | <b>On rejette H0</b> |
| Cône - Bertrand       | 68                        | 0,01419  | <b>On rejette H0</b> |
| Cône - Escorbis       | 43                        | 0,8633   | On ne rejette pas H0 |
| Cône - Clauzelles     | 6                         | 0,001234 | <b>On rejette H0</b> |
| Lagast - Clauzelles   | 17                        | 0,03998  | <b>On rejette H0</b> |
| Lagast - Bertrand     | 46                        | 0,6665   | On ne rejette pas H0 |
| Lagast-Escorbis       | 23                        | 0,1359   | On ne rejette pas H0 |
| Bertrand - Clauzelles | 23                        | 0,1359   | On ne rejette pas H0 |
| Bertrand - Escorbis   | 61                        | 0,07701  | On ne rejette pas H0 |
| Escorbis - Clauzelles | 11                        | 0,007775 | <b>On rejette H0</b> |

## Annexe 20 : Différences de pourcentage de sables entre les 5 stations pour la campagne de septembre

Test : Mann Whitney

Hypothèses :

- H0 : les pourcentages de sables des deux échantillons suivent la même distribution.
- H1 : les pourcentages de sables des deux échantillons ne suivent pas la même distribution.

| Stations              | Statistique observée Qobs | p-value | décision             |
|-----------------------|---------------------------|---------|----------------------|
| Cône - Lagast         | 22                        | 0,1135  | On ne rejette pas H0 |
| Cône – Bertrand       | 66                        | 0,02443 | <b>On rejette H0</b> |
| Cône - Escorbis       | 57                        | 0,1615  | On ne rejette pas H0 |
| Cône - Clauzelles     | 22                        | 0,1135  | On ne rejette pas H0 |
| Lagast - Clauzelles   | 31                        | 0,4363  | On ne rejette pas H0 |
| Lagast - Bertrand     | 45                        | 0,7304  | On ne rejette pas H0 |
| Lagast- Escorbis      | 25                        | 0,1903  | On ne rejette pas H0 |
| Bertrand - Clauzelles | 37                        | 0,7962  | On ne rejette pas H0 |
| Bertrand - Escorbis   | 63                        | 0,05031 | On ne rejette pas H0 |
| Escorbis - Clauzelles | 34                        | 0,6048  | On ne rejette pas H0 |

## **Annexe 21 : Différences de pourcentage de matières fines entre les 3 périodes pour les 3 campagnes de mesure**

Test :Wilcoxon

Hypothèses :

- H0 : La distribution des pourcentages de sédiments fins des 5 stations est identique entre les deux années
- H1 : La distribution des pourcentages de sédiments fins des 5 stations est différente entre les deux années.

Campagne 1 de novembre :

| périodes | Statistique observée Qobs | p-value | décision             |
|----------|---------------------------|---------|----------------------|
| P1-P2    | 7                         | 1       | On ne rejette pas H0 |
| P1-P3    | 8                         | 1       | On ne rejette pas H0 |
| P2-P3    | 8                         | 1       | On ne rejette pas H0 |

Campagne 2 de février :

| périodes | Statistique observée Qobs | p-value | décision             |
|----------|---------------------------|---------|----------------------|
| P1-P2    | 6                         | 0.8125  | On ne rejette pas H0 |
| P1-P3    | 6                         | 0.8125  | On ne rejette pas H0 |
| P2-P3    | 7                         | 1       | On ne rejette pas H0 |

Campagne 3 de septembre :

| périodes | Statistique observée Qobs | p-value | décision             |
|----------|---------------------------|---------|----------------------|
| P1-P2    | 3                         | 0.3125  | On ne rejette pas H0 |
| P1-P3    | 9                         | 0.8125  | On ne rejette pas H0 |
| P2-P3    | 11                        | 0.4375  | On ne rejette pas H0 |

## **Annexe 22 : Différences de profondeur d'oxygénation entre les 3 périodes pour les 3 campagnes de mesure**

Test :Wilcoxon

Hypothèses :

- H0 : La distribution des profondeurs d'oxygénation des 5 stations est la même entre les 2 années
- H1 : La distribution des profondeurs d'oxygénation des 5 stations est différente entre les 2 années.

Campagne 1 de novembre à janvier :

| périodes | Statistique observée Qobs | p-value | décision             |
|----------|---------------------------|---------|----------------------|
| P1-P2    | 1                         | 0.125   | On ne rejette pas H0 |
| P1-P3    | 0                         | 0.0625  | On ne rejette pas H0 |
| P2-P3    | 6                         | 0.8125  | On ne rejette pas H0 |

Campagne 2 de février et mars :

| périodes | Statistique observée Qobs | p-value | décision             |
|----------|---------------------------|---------|----------------------|
| P1-P2    | 14                        | 0.125   | On ne rejette pas H0 |
| P1-P3    | 13                        | 0.1875  | On ne rejette pas H0 |
| P2-P3    | 4                         | 0.4375  | On ne rejette pas H0 |

Campagne 3 de juillet et août :

| périodes | Statistique observée Qobs | p-value | décision             |
|----------|---------------------------|---------|----------------------|
| P1-P2    | 1                         | 0.125   | On ne rejette pas H0 |
| P1-P3    | 7                         | 1       | On ne rejette pas H0 |
| P2-P3    | 12                        | 0.3125  | On ne rejette pas H0 |

### **Annexe 23 : Différences de pourcentage de sables entre les 3 périodes pour les 3 campagnes de mesure**

Test : Wilcoxon

Hypothèses :

- H0 : La distribution des pourcentages de sables des 5 stations est identique entre les deux années
- H1 : La distribution des pourcentages de sables des 5 stations est différente entre les deux années.

Campagne 1 de novembre :

| périodes | Statistique observée Qobs | p-value | décision             |
|----------|---------------------------|---------|----------------------|
| P1-P2    | 10                        | 0.625   | On ne rejette pas H0 |
| P1-P3    | 9                         | 0.8125  | On ne rejette pas H0 |
| P2-P3    | 9                         | 0.8125  | On ne rejette pas H0 |

Campagne 2 de février :

| périodes | Statistique observée Qobs | p-value | décision             |
|----------|---------------------------|---------|----------------------|
| P1-P2    | 11                        | 0.4375  | On ne rejette pas H0 |
| P1-P3    | 11                        | 0.4375  | On ne rejette pas H0 |
| P2-P3    | 5                         | 0.625   | On ne rejette pas H0 |

Campagne 3 de septembre :

| périodes | Statistique observée Qobs | p-value | décision             |
|----------|---------------------------|---------|----------------------|
| P1-P2    | 12                        | 0.3125  | On ne rejette pas H0 |
| P1-P3    | 5                         | 0.625   | On ne rejette pas H0 |
| P2-P3    | 2                         | 0.1875  | On ne rejette pas H0 |

## Annexe 24 : Différences du taux de survie intragravellaire :

### - *entre les 5 stations*

Test : Mann Whitney

Hypothèses :

- H0 : le taux de survie intragravellaire des deux échantillons suit la même distribution.
- H1 : le taux de survie intragravellaire des deux échantillons ne suit pas la même distribution.

| Cours d'eau           | Statistique observée Qobs | p-value | décision             |
|-----------------------|---------------------------|---------|----------------------|
| Cône - Lagast         | 2                         | 0.4     | On ne rejette pas H0 |
| Cône - Bertrand       | 5                         | 1       | On ne rejette pas H0 |
| Cône - Escorbis       | 2                         | 0.4     | On ne rejette pas H0 |
| Cône - Clauzelles     | 5                         | 1       | On ne rejette pas H0 |
| Lagast - Clauzelles   | 8                         | 0.2     | On ne rejette pas H0 |
| Lagast - Bertrand     | 2                         | 0.4     | On ne rejette pas H0 |
| Lagast- Escorbis      | 3                         | 0,7     | On ne rejette pas H0 |
| Bertrand - Clauzelles | 6                         | 0.7     | On ne rejette pas H0 |
| Bertrand - Escorbis   | 2                         | 0.4     | On ne rejette pas H0 |
| Escorbis - Clauzelles | 8                         | 0.2     | On ne rejette pas H0 |

### - *entre les 3 périodes*

Test :Wilcoxon

Hypothèses :

- H0 : Le taux de survie des 5 stations est identique entre les deux années
- H1 : Le taux de survie des 5 stations est différent entre les deux années.

| station    | Chi carré | ddl | p-value   | Décision             |
|------------|-----------|-----|-----------|----------------------|
| Bertrand   | 15.9189   | 2   | 0.0003493 | <b>On rejette H0</b> |
| Cône       | 13.4067   | 2   | 0.001227  | <b>On rejette H0</b> |
| Escorbis   | 52.167    | 2   | 4.7e-12   | <b>On rejette H0</b> |
| Lagast     | 80.3308   | 2   | 2.2e-16   | <b>On rejette H0</b> |
| Clauzelles | 49.9195   | 2   | 1.446e-11 | <b>On rejette H0</b> |

**Annexe 25 : Densité de truites 0+ échantillonnée sur les 5 cours d'eau entre juin 2011 et octobre 2014. Le code couleur est affecté en fonction de la valeur de densité, selon les classes de densité comprise entre « Très mauvaise » en rouge et « Excellente » en bleu. Les classes de densité des truites 0+ proviennent de Cuinat (1978) et de la Fédération de pêche (Guilmet 2013).**

| Densité 0+<br>(Ind/Ha) | 2011      |          | 2012      |          | 2013      |          | 2014      |          |
|------------------------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|
|                        | juin 2011 | oct 2011 | juin 2012 | oct 2012 | juin 2013 | oct 2013 | juin 2014 | oct 2014 |
| <b>Cône</b>            | 86        | 1608     | 2546      | 3193     | 430       | 816      | 1893      | 1793     |
| <b>Bertrand</b>        | 3419      | 2195     | 129       | 225      | 3464      | 1256     | 3346      | 2958     |
| <b>Escorbis</b>        | 3109      | 2199     | 740       | 764      | 3422      | 1906     | 3303      | 2150     |
| <b>Clauzelles</b>      |           |          | 172       | 296      | 0         | 106      | 398       | 255      |
| <b>Lagast</b>          |           |          | 2172      | 4188     | 2444      | 3653     | 7387      | 7744     |

| Densité 0+ (Ind/Ha) |                      |
|---------------------|----------------------|
| Limites             | Classe               |
| < 550               | <b>Très mauvaise</b> |
| [550 - 900[         | <b>Mauvaise</b>      |
| [900 - 2 700[       | <b>Médiocre</b>      |
| [2 700 - 5 000[     | <b>Bonne</b>         |
| ≥ 5 000             | <b>Excellente</b>    |

## **Annexe 26 : Différences de densité des truites 0+ entre les 5 stations**

Test : Mann Whitney

Hypothèses :

- H0 : la densité des 0+ des deux échantillons suit la même distribution.
- H1 : la densité des 0+ des deux échantillons ne suit pas la même distribution.

### **En juin**

| Cours d'eau           | Statistique observée Qobs | p-value | décision             |
|-----------------------|---------------------------|---------|----------------------|
| Cône - Lagast         | 2                         | 0.2286  | On ne rejette pas H0 |
| Cône - Bertrand       | 13                        | 0.2     | On ne rejette pas H0 |
| Cône - Escorbis       | 2                         | 0.1143  | On ne rejette pas H0 |
| Cône - Clauzelles     | 10                        | 0.2286  | On ne rejette pas H0 |
| Lagast - Clauzelles   | 9                         | 0.1     | On ne rejette pas H0 |
| Lagast - Bertrand     | 6                         | 1       | On ne rejette pas H0 |
| Lagast - Escorbis     | 6                         | 1       | On ne rejette pas H0 |
| Bertrand - Clauzelles | 10                        | 0.2286  | On ne rejette pas H0 |
| Bertrand - Escorbis   | 10                        | 0.6857  | On ne rejette pas H0 |
| Escorbis - Clauzelles | 0                         | 0.05714 | On ne rejette pas H0 |

**Annexe 27 : Biomasse de truites échantillonnée sur les 5 cours d'eau entre juin 2011 et octobre 2014. Le code couleur est affecté en fonction de la valeur de densité, selon les classes de biomasse comprise entre « Très mauvaise » en rouge et « Excellente » en bleu. Les classes de biomasse proviennent de la Fédération de pêche (Guilmet 2013).**

| Biomasse (kg/ha)  | 2011 |         | 2012 |         | 2013 |         | 2014 |         |
|-------------------|------|---------|------|---------|------|---------|------|---------|
|                   | Juin | Octobre | Juin | Octobre | Juin | Octobre | Juin | Octobre |
| <b>Cône</b>       | 12   | 28      | 17   | 44      | 26   | 19      | 33   | 32      |
| <b>Bertrand</b>   | 40   | 15      | 24   | 7       | 16   | 15      | 26   | 32      |
| <b>Escorbis</b>   | 32   | 32      | 20   | 17      | 11   | 17      | 60   | 49      |
| <b>Clauzelles</b> |      |         | 29   | 11      | 11   | 13      | 24   | 23      |
| <b>Lagast</b>     |      |         | 62   | 70      | 52   | 58      | 50   | 78      |

| Biomasse (kg/Ha) |               |
|------------------|---------------|
| Limites          | Classe        |
| < 23             | Très mauvaise |
| [23 - 46[        | Mauvaise      |
| [46 - 61,5[      | Médiocre      |
| [61,5 - 110[     | Bonne         |
| ≥ 110            | Excellente    |

## **Annexe 28 : Différences de densité des 1+ entre les 5 stations**

Test : Mann Whitney

Hypothèses :

- H0 : la densité des 1+ des deux échantillons suit la même distribution.
- H1 : la densité des 1+ des deux échantillons ne suit pas la même distribution.

### **En juin**

| Cours d'eau           | Statistique observée Qobs | p-value | décision             |
|-----------------------|---------------------------|---------|----------------------|
| Cône - Lagast         | 0                         | 0.05714 | On ne rejette pas H0 |
| Cône - Bertrand       | 10                        | 0.6857  | On ne rejette pas H0 |
| Cône - Escorbis       | 4                         | 0.3429  | On ne rejette pas H0 |
| Cône - Clauzelles     | 12                        | 0.05714 | On ne rejette pas H0 |
| Lagast - Clauzelles   | 9                         | 0.1     | On ne rejette pas H0 |
| Lagast - Bertrand     | 0                         | 0.05714 | On ne rejette pas H0 |
| Lagast - Escorbis     | 9                         | 0.4     | On ne rejette pas H0 |
| Bertrand - Clauzelles | 10                        | 0.2286  | On ne rejette pas H0 |
| Bertrand - Escorbis   | 5                         | 0.4857  | On ne rejette pas H0 |
| Escorbis - Clauzelles | 3                         | 0.4     | On ne rejette pas H0 |

### **En octobre**

| Cours d'eau           | Statistique observée Qobs | p-value | décision             |
|-----------------------|---------------------------|---------|----------------------|
| Cône - Lagast         | 0                         | 0.05714 | On ne rejette pas H0 |
| Cône - Bertrand       | 6                         | 0.6857  | On ne rejette pas H0 |
| Cône - Escorbis       | 7                         | 0.8857  | On ne rejette pas H0 |
| Cône - Clauzelles     | 0                         | 0.05714 | On ne rejette pas H0 |
| Lagast - Clauzelles   | 9                         | 0.1     | On ne rejette pas H0 |
| Lagast - Bertrand     | 0                         | 0.05714 | On ne rejette pas H0 |
| Lagast - Escorbis     | 11                        | 0.1143  | On ne rejette pas H0 |
| Bertrand - Clauzelles | 9                         | 0.4     | On ne rejette pas H0 |
| Bertrand - Escorbis   | 4                         | 0.3428  | On ne rejette pas H0 |
| Escorbis - Clauzelles | 1                         | 0.1143  | On ne rejette pas H0 |

## Annexe 29 : Différences de densité des 2+ entre les 5 stations

Test : Mann Whitney

Hypothèses :

- H0 : la densité des 2+ des deux échantillons suit la même distribution.
- H1 : la densité des 2+ des deux échantillons ne suit pas la même distribution.

### En juin

| Cours d'eau           | Statistique observée Qobs | p-value | décision             |
|-----------------------|---------------------------|---------|----------------------|
| Cône - Lagast         | 4                         | 0.5926  | On ne rejette pas H0 |
| Cône - Bertrand       | 8                         | 1       | On ne rejette pas H0 |
| Cône - Escorbis       | 9                         | 0.8817  | On ne rejette pas H0 |
| Cône - Clauzelles     | 4                         | 0.5926  | On ne rejette pas H0 |
| Lagast - Clauzelles   | 5                         | 1       | On ne rejette pas H0 |
| Lagast - Bertrand     | 4                         | 0.5926  | On ne rejette pas H0 |
| Lagast - Escorbis     | 8                         | 0.5926  | On ne rejette pas H0 |
| Bertrand - Clauzelles | 5                         | 0.8584  | On ne rejette pas H0 |
| Bertrand - Escorbis   | 10                        | 0.6446  | On ne rejette pas H0 |
| Escorbis - Clauzelles | 8                         | 0.5926  | On ne rejette pas H0 |

### En octobre

| Cours d'eau           | Statistique observée Qobs | p-value | décision             |
|-----------------------|---------------------------|---------|----------------------|
| Cône - Lagast         | 5                         | 0.8544  | On ne rejette pas H0 |
| Cône - Bertrand       | 4                         | 0.1859  | On ne rejette pas H0 |
| Cône - Clauzelles     | 3                         | 0.3725  | On ne rejette pas H0 |
| Cône - Escorbis       | 10                        | 0.6198  | On ne rejette pas H0 |
| Lagast - Clauzelles   | 2                         | 0,4     | On ne rejette pas H0 |
| Lagast - Bertrand     | 2                         | 0.1227  | On ne rejette pas H0 |
| Lagast - Escorbis     | 7.5                       | 0.6965  | On ne rejette pas H0 |
| Bertrand - Clauzelles | 0                         | 0.03191 | <b>On rejette H0</b> |
| Bertrand - Escorbis   | 6                         | 0.4533  | On ne rejette pas H0 |
| Escorbis - Clauzelles | 11                        | 0.09873 | On ne rejette pas H0 |

## Annexe 30 : Synthèse des données des expérimentations pour les 3 périodes

| 1 <sup>ère</sup> période; 2011 - 2012 |             |                                 |                                            |                           |                                    |    |                           |    |                              |    |                           |    |                    |             |
|---------------------------------------|-------------|---------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------|------------------------------------|----|---------------------------|----|------------------------------|----|---------------------------|----|--------------------|-------------|
| Bassin versant                        | Cours d'eau | Pentes moyennes des radiers (%) | Sticks Hypoxie - Hauteurs oxygénation (cm) |                           | Colmatage surface (poids sec en g) |    |                           |    |                              |    |                           |    | Taux de survie (%) |             |
|                                       |             |                                 |                                            |                           | Fraction Fine                      |    |                           |    | Fraction Moyenne             |    |                           |    |                    |             |
|                                       |             | [min ; max]                     | H <sub>Cl-C2</sub> moy (±IC)               | H <sub>C3</sub> moy (±IC) | P <sub>Cl-C2</sub> moy (±IC)       | %  | P <sub>C3</sub> moy (±IC) | %  | P <sub>Cl-C2</sub> moy (±IC) | %  | P <sub>C3</sub> moy (±IC) | %  | Capsules           | Incubateurs |
| Cône amont                            | Cône        | 1,87<br>[0,51 ; 3,6]            | 11,7<br>± 1,9                              | 11,7<br>± 2,0             | 189<br>± 94                        | 49 | 300<br>± 155              | 50 | 125<br>± 48                  | 32 | 172<br>± 70               | 29 | 6                  | 19          |
|                                       | Escorbis    | 4,12<br>[3,30 ; 4,68]           | 16,8<br>± 1,9                              | 15,7<br>± 1,7             | 103<br>± 58                        | 34 | 103<br>± 40               | 28 | 128<br>± 50                  | 42 | 137<br>± 52               | 37 | 26                 | 31          |
|                                       | Bertrand    | 6,3<br>[4,46 ; 10,84]           | 16,5<br>± 1,8                              | 15,2<br>± 2,2             | 127<br>± 34                        | 37 | 126<br>± 48               | 32 | 134<br>± 43                  | 39 | 165<br>± 4                | 42 | 2                  | 32          |
| Céor                                  | Clauzelles  | 4,99<br>[4,14; 6,11]            | 19,0<br>± 1,5                              | 14,8<br>± 1,7             | 84<br>± 18                         | 28 | 131<br>± 21               | 40 | 152<br>± 41                  | 50 | 141<br>± 57               | 43 | 0                  | 0           |
|                                       | Lagast      | 5,27<br>[3,21 ; 7,21]           | 19,2<br>± 1,7                              | 20,2<br>± 1,5             | 47<br>± 22                         | 20 | 140<br>± 60               | 31 | 105<br>± 58                  | 45 | 175<br>± 80               | 39 | 32                 | 54          |

| 2 <sup>ème</sup> période; 2012 - 2013 |             |                                 |                                            |                           |                                    |    |                           |    |                              |    |                           |    |                    |             |  |
|---------------------------------------|-------------|---------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------|------------------------------------|----|---------------------------|----|------------------------------|----|---------------------------|----|--------------------|-------------|--|
| Bassin versant                        | Cours d'eau | Pentes moyennes des radiers (%) | Sticks Hypoxie - Hauteurs oxygénation (cm) |                           | Colmatage surface (poids sec en g) |    |                           |    |                              |    |                           |    | Taux de survie (%) |             |  |
|                                       |             |                                 |                                            |                           | Fraction Fine                      |    |                           |    | Fraction Moyenne             |    |                           |    |                    |             |  |
|                                       |             | [min ; max]                     | H <sub>C3-C2</sub> moy (±IC)               | H <sub>C3</sub> moy (±IC) | P <sub>C3-C2</sub> moy (±IC)       | %  | P <sub>C3</sub> moy (±IC) | %  | P <sub>C3-C2</sub> moy (±IC) | %  | P <sub>C3</sub> moy (±IC) | %  | Capsules           | Incubateurs |  |
| Cône amont                            | Cône        | 4,56<br>[2,94; 6,46]            | 9,7<br>± 1,9                               | 13,6<br>± 1,7             | 373<br>± 153                       | 49 | 465<br>± 180              | 51 | 255<br>±                     | 33 | 273<br>± 16               | 30 | 20                 | 9           |  |
|                                       | Escorbis    | 5,22<br>[3,23; 7,70]            | 19,6<br>± 1,5                              | 18,2<br>± 1,5             | 116<br>± 58                        | 32 | 185<br>± 42               | 29 | 116<br>±                     | 32 | 247<br>± 47               | 39 | 66                 | 50          |  |
|                                       | Bertrand    | 5,17<br>[2,36; 7,58]            | 18,3<br>± 1,6                              | 20,2<br>± 1,3             | 122<br>± 47                        | 30 | 278<br>± 127              | 42 | 181<br>±                     | 44 | 253<br>± 40               | 38 | 14                 | 7           |  |
| Céor                                  | Clauzelles  | 5,13<br>[2,40; 7,75]            | 16,7<br>± 1,9                              | 21,4<br>± 1,1             | 267<br>± 199                       | 44 | 301<br>± 26               | 50 | 254<br>±                     | 42 | 194<br>± 30               | 32 | 21                 | 34          |  |
|                                       | Lagast      | 3,65<br>[1,12; 7,87]            | 20,4<br>± 1,7                              | 19,0<br>± 1,8             | 114<br>± 47                        | 24 | 157<br>± 69               | 28 | 196<br>±                     | 41 | 186<br>± 169              | 33 | 80                 | 60          |  |

| 3 <sup>ième</sup> période; 2013 - 2014 |               |                                 |                                            |                           |                                    |       |                           |      |                              |    |                           |    |                    |             |  |
|----------------------------------------|---------------|---------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------|------------------------------------|-------|---------------------------|------|------------------------------|----|---------------------------|----|--------------------|-------------|--|
| Bassin versant                         | Cours d'eau   | Pentes moyennes des radiers (%) | Sticks Hypoxie - Hauteurs oxygénation (cm) |                           | Colmatage surface (poids sec en g) |       |                           |      |                              |    |                           |    | Taux de survie (%) |             |  |
|                                        |               |                                 |                                            |                           | Fraction Fine                      |       |                           |      | Fraction Moyenne             |    |                           |    |                    |             |  |
|                                        |               | [min ; max]                     | H <sub>Cl-C2</sub> moy (±IC)               | H <sub>C3</sub> moy (±IC) | P <sub>Cl-C2</sub> moy (±IC)       | %     | P <sub>C3</sub> moy (±IC) | %    | P <sub>Cl-C2</sub> moy (±IC) | %  | P <sub>C3</sub> moy (±IC) | %  | Capsules           | Incubateurs |  |
| Cône amont                             | Cône          | 3,7                             | 11,6                                       | 7,0                       | 440                                | 48    | 607                       | 51   | 303                          | 33 | 432                       | 36 | 1,3                | 0           |  |
|                                        |               | [1,42 ; 4,98]                   | ± 1,8                                      | ± 1,7                     | ± 178                              | ± 318 | ± 48                      | ± 46 |                              |    |                           |    |                    |             |  |
|                                        | Escorbis      | 6,2                             | 19,6                                       | 13,5                      | 140                                | 40    | 203                       | 35   | 111                          | 32 | 199                       | 34 | 13,3               | 2,4         |  |
|                                        |               | [4,15 ; 7,65]                   | ± 1,4                                      | ± 1,6                     | ± 68                               | ± 103 | ± 20                      | ± 66 |                              |    |                           |    |                    |             |  |
|                                        | Bertrand      | 4,2                             | 17,2                                       | 16,4                      | 191                                | 33    | 254                       | 38   | 236                          | 41 | 257                       | 39 | 0                  | 11,8        |  |
|                                        |               | [1,22 ; 7,41]                   | ± 1,8                                      | ± 1,8                     | ± 59                               | ± 95  | ± 75                      | ± 37 |                              |    |                           |    |                    |             |  |
| Céor                                   | Clauzelles    | 4,2                             | 17,4                                       | 22,8                      | 197                                | 35    | 211                       | 28   | 254                          | 45 | 356                       | 47 | 3,5                | 2,4         |  |
|                                        | [3,49 ; 4,97] | ± 1,6                           | ± 0,6                                      | ± 38                      | ± 16                               | ± 35  | ± 71                      |      |                              |    |                           |    |                    |             |  |
|                                        | Lagast        | 2,8                             | 22,1                                       | 21,4                      | 109                                | 20    | 126                       | 21   | 220                          | 41 | 240                       | 40 | 22,4               | 5,9         |  |
|                                        |               | [0,28 ; 7,37]                   | ± 1,2                                      | ± 1,4                     | ± 33                               | ± 73  | ± 66                      | ± 83 |                              |    |                           |    |                    |             |  |

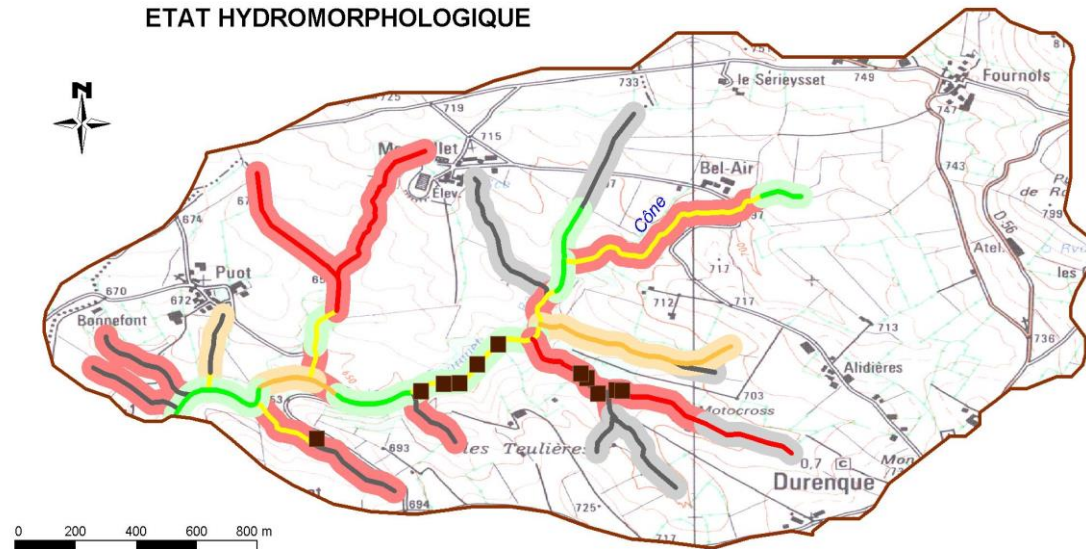
**Annexe 31 : Analyse spatiale sur l'occupation des sols, les caractéristiques topographiques et l'INSEE, des 5 bassins versants étudiés**

- a- Bassin versant du Cône
- b- Bassin versant de l'Escorbis
- c- Bassin versant du Bertrand
- d- Bassin versant du Clauzelles
- e- Bassin versant du Lagast

a-

|                                   |                |                                  |                 |     |
|-----------------------------------|----------------|----------------------------------|-----------------|-----|
| Bassin : Cône en aval de Puot     |                |                                  | Surface (km²) : | 5,5 |
| Axe hydrographique principal (km) | Affluents (km) | Densité du réseau hydrographique |                 |     |
| 2,8                               | 6,0            | 1,86                             |                 |     |

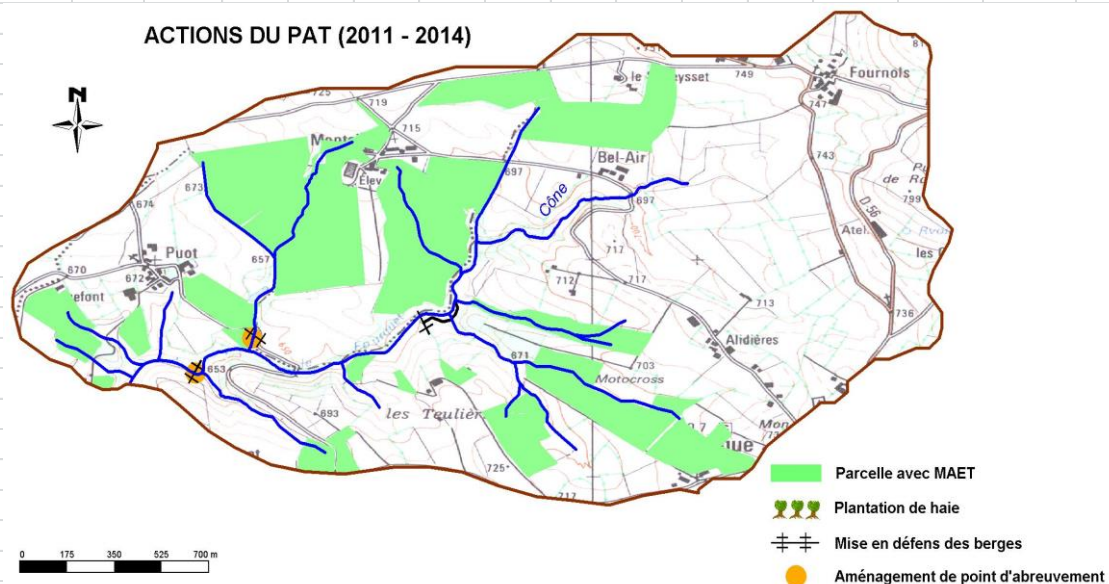
#### ETAT HYDROMORPHOLOGIQUE



| Cours d'eau   | Etat du lit mineur (% linéaire) |          |           |             |         | Etat de la ripisylve (%) |      |       |         |
|---------------|---------------------------------|----------|-----------|-------------|---------|--------------------------|------|-------|---------|
|               | Bon                             | Médiocre | Recalibré | Drainé/Busé | Inconnu | Bon                      | Méd. | Mauv. | Inconnu |
| Réseau tot.   | 11,4                            | 21,9     | 9,7       | 21,4        | 35,7    | 18,9                     | 11,2 | 49,8  | 20,1    |
| Axe principal | 33,5                            | 55,7     | 10,8      | 0,0         | 0,0     | 52,1                     | 7,3  | 40,7  | 0,0     |

Source : SMBV Viaur - Agerin, 2010

#### ACTIONS DU PAT (2011 - 2014)



| Territoire      | Parcelles avec MAET (%/surf. Parcelles) | Autres actions                    |       |
|-----------------|-----------------------------------------|-----------------------------------|-------|
| Bassin          | 22,6                                    | Plantation de haie (m linéaire) : | 0     |
| Fond de vallée* | Axe hydrographique principal            | Mise en défens des berges (ml) :  | 226,8 |
|                 | Affluents                               | Nb point d'abreuvement :          | 2     |

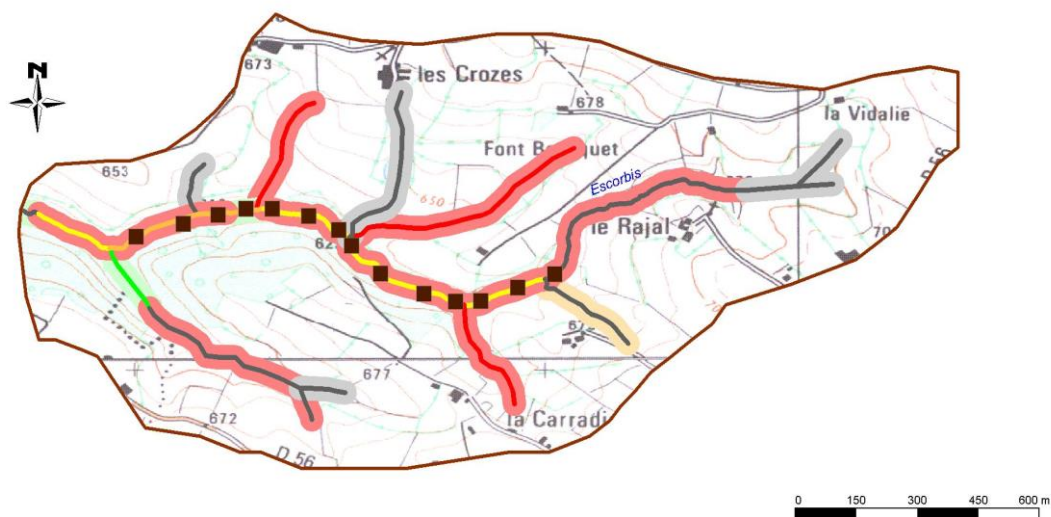
\* Fond de vallée : zone d'une largeur totale de 150 m définie de part et d'autre des cours d'eau

|                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                             |               |            |                                    |                  |             |                   |            |     |      |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|------------|------------------------------------|------------------|-------------|-------------------|------------|-----|------|
| Bassin : Cône en aval de Puot                                                                   |                                                                                                                                                                                                                             |               |            |                                    | Surface (km²) :  |             | 5,5               |            |     |      |
| OCCUPATION DES SOLS                                                                             |                                                                                                                                                                                                                             |               |            |                                    |                  |             |                   |            |     |      |
| % Zones arborées (BD Topo IGN, 2010)                                                            |                                                                                                                                                                                                                             |               |            | 13,3                               | % Zones arborées |             | AP                | 44,6       | Aff | 16,6 |
| Bassin (RPG, 2010)                                                                              |                                                                                                                                                                                                                             |               |            | Fond de vallée (1,46 km²)*         |                  |             |                   |            |     |      |
| % surf RPG                                                                                      | % prairies P.                                                                                                                                                                                                               | % prairies T. | % Cultures | Type                               | % RPG            | % P. Perm.  | % P. Temp.        | % cultures |     |      |
| 89,4                                                                                            | 18,4                                                                                                                                                                                                                        | 66,0          | 15,6       | AP                                 | 72,2             | 35,1        | 56,0              | 9,0        |     |      |
|                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                             |               |            | Aff                                | 91,5             | 8,6         | 77,8              | 13,6       |     |      |
| CARACTÉRISTIQUES TOPOGRAPHIQUES - PENTE (MNT 25, SMBV Vaur 2012; %)                             |                                                                                                                                                                                                                             |               |            |                                    |                  |             |                   |            |     |      |
| Bassin                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                             |               |            | Fond de vallée*                    |                  |             |                   |            |     |      |
| < 7%                                                                                            | [7 - 10[                                                                                                                                                                                                                    | [10 - 30[     | ≥ 30       | Type                               | < 7%             | [7 - 10[    | [10 - 30[         | ≥ 30       |     |      |
| 36,0                                                                                            | 29,5                                                                                                                                                                                                                        | 34,0          | 0,5        | AP                                 | 32,3             | 24,1        | 39,1              | 4,5        |     |      |
|                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                             |               |            | Aff                                | 26,1             | 23,8        | 49,4              | 0,6        |     |      |
| AP : Axe hydrographique principal                                                               |                                                                                                                                                                                                                             |               |            | Aff : affluents                    |                  |             |                   |            |     |      |
| INSEE et USAGES A L'ECHELLE DU BASSIN                                                           |                                                                                                                                                                                                                             |               |            |                                    |                  |             |                   |            |     |      |
| Bassin                                                                                          | Population 2010 (densité/km²)                                                                                                                                                                                               |               |            | Retenues et irrigation (DDT, 2012) |                  |             |                   |            |     |      |
|                                                                                                 | Pop. Disp.                                                                                                                                                                                                                  | Pop. Agglo.   | STEP       | Nbre                               | Nb irr ret.      | Nb irr riv. | Vol. irr. (m³/an) |            |     |      |
| Cône aval P.                                                                                    | 8,6                                                                                                                                                                                                                         | 0             | 0          | 2                                  | 1                | 0           | 20000             |            |     |      |
| Pression liée à la production d'eau potable :                                                   |                                                                                                                                                                                                                             |               |            | Nulle                              |                  |             |                   |            |     |      |
| Pression liée à la production hydroélectrique et aux ouvrages :<br>(linéaires en débit réservé) |                                                                                                                                                                                                                             |               |            | Nulle                              |                  |             |                   |            |     |      |
| INFORMATIONS SUR L'AXE HYDROGRAPHIQUE PRINCIPAL                                                 |                                                                                                                                                                                                                             |               |            |                                    |                  |             |                   |            |     |      |
| Station : Aval Puot                                                                             |                                                                                                                                                                                                                             |               |            | Distance à la source (km) :        |                  | 2,8         |                   |            |     |      |
| • Continuité écologique (circulation piscicole (cas de la Truite commune)) :                    |                                                                                                                                                                                                                             |               |            |                                    |                  |             |                   |            |     |      |
| Cône                                                                                            | Montaison : rivière naturellement fragmentée en amont de la confluence avec le ru d'Escorbis, la zone d'étude est donc "isolée" du réseau hydrographique aval; pas de problème de dévalaison en amont de la station d'étude |               |            |                                    |                  |             |                   |            |     |      |

b-

|                                   |     |                |     |                                  |      |  |                 |     |
|-----------------------------------|-----|----------------|-----|----------------------------------|------|--|-----------------|-----|
| Bassin : Escorbis à Prunet        |     |                |     |                                  |      |  | Surface (km²) : | 2,2 |
| Axe hydrographique principal (km) | 2,5 | Affluents (km) | 3,4 | Densité du réseau hydrographique | 2,72 |  |                 |     |

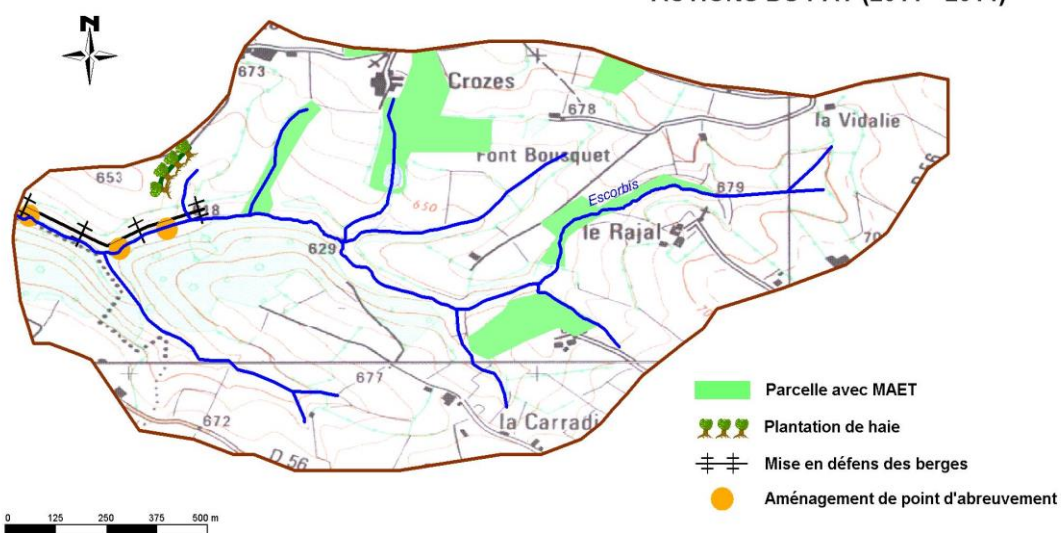
#### ETAT HYDROMORPHOLOGIQUE



| Cours d'eau   | Etat du lit mineur (% linéaire) |          |           |             |         | Etat de la ripisylve (%) |      |       |         |
|---------------|---------------------------------|----------|-----------|-------------|---------|--------------------------|------|-------|---------|
|               | Bon                             | Médiocre | Recalibré | Drainé/Busé | Inconnu | Bon                      | Méd. | Mauv. | Inconnu |
| Réseau tot.   | 3,6                             | 18,2     | 7,1       | 23,6        | 47,5    | 5,9                      | 5,1  | 68,7  | 20,3    |
| Axe principal | 0,0                             | 42,5     | 16,6      | 0,0         | 41,0    | 5,4                      | 0    | 82,5  | 12,1    |

Source : SMBV Viaur - Agerin, 2010

#### ACTIONS DU PAT (2011 - 2014)



| Territoire      | Parcelles avec MAET (%/surf. Parcelles) | Autres actions                    |       |
|-----------------|-----------------------------------------|-----------------------------------|-------|
| Bassin          | 8,0                                     | Plantation de haie (m linéaire) : | 154   |
| Fond de vallée* | Axe hydrographique principal            | Mise en défens des berges (ml) :  | 500,2 |
|                 | Affluents                               | Nb point d'abreuvement :          | 3     |

\* Fond de vallée : zone d'une largeur totale de 150 m définie de part et d'autre des cours d'eau

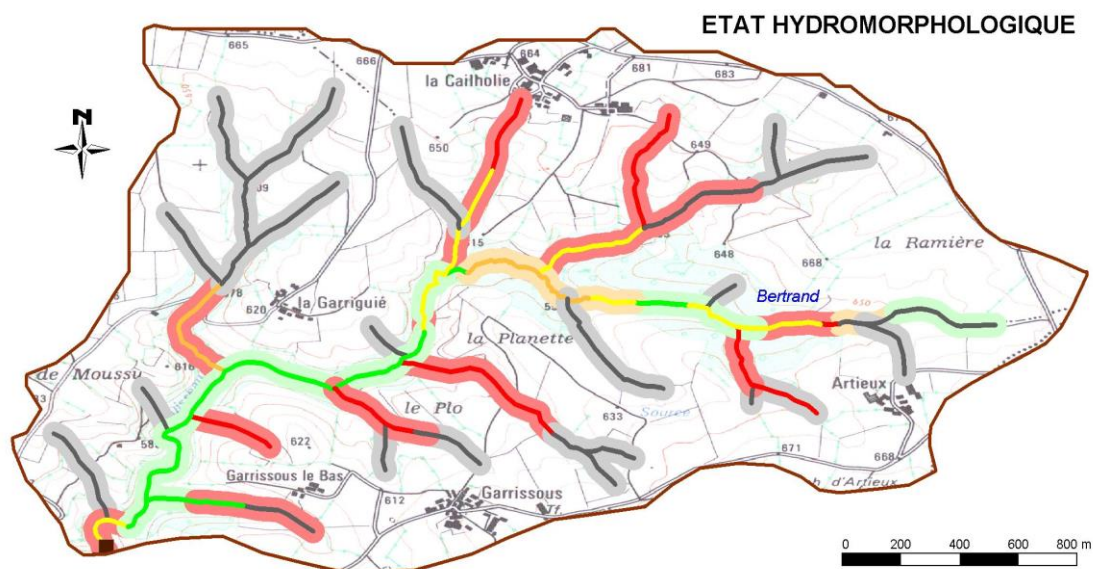
|                                                                                                 |                                                                                                                                                                       |               |            |                                    |                                 |             |                   |            |      |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|------------|------------------------------------|---------------------------------|-------------|-------------------|------------|------|
| Bassin : Escorbis à Prunet                                                                      |                                                                                                                                                                       |               |            |                                    | Surface (km²) : 2,2             |             |                   |            |      |
| OCCUPATION DES SOLS                                                                             |                                                                                                                                                                       |               |            |                                    |                                 |             |                   |            |      |
| % Zones arborées (BD Topo IGN, 2010)                                                            |                                                                                                                                                                       |               |            | 19,8                               | % Zones arborées AP             |             | 36,8              | Aff        | 18,1 |
| Bassin (RPG, 2010)                                                                              |                                                                                                                                                                       |               |            | Fond de vallée (0,83 km²)*         |                                 |             |                   |            |      |
| % surf RPG                                                                                      | % prairies P.                                                                                                                                                         | % prairies T. | % Cultures | Type                               | % RPG                           | % P. Perm.  | % P. Temp.        | % cultures |      |
| 87,3                                                                                            | 2,6                                                                                                                                                                   | 80,0          | 17,4       | AP                                 | 77,5                            | 8,0         | 73,7              | 18,3       |      |
|                                                                                                 |                                                                                                                                                                       |               |            | Aff                                | 92,4                            | 6,5         | 92,5              | 1,0        |      |
| CARACTÉRISTIQUES TOPOGRAPHIQUES - PENTE (MNT 25, SMBV Viaur 2012; %)                            |                                                                                                                                                                       |               |            |                                    |                                 |             |                   |            |      |
| Bassin                                                                                          |                                                                                                                                                                       |               |            | Fond de vallée*                    |                                 |             |                   |            |      |
| < 7%                                                                                            | [7 - 10[                                                                                                                                                              | [10 - 30[     | ≥ 30       | Type                               | < 7%                            | [7 - 10[    | [10 - 30[         | ≥ 30       |      |
| 26,2                                                                                            | 24,8                                                                                                                                                                  | 48,3          | 0,7        | AP                                 | 32,3                            | 19,9        | 46,5              | 1,3        |      |
|                                                                                                 |                                                                                                                                                                       |               |            | Aff                                | 12,6                            | 21,4        | 64,4              | 1,6        |      |
| AP : Axe hydrographique principal                                                               |                                                                                                                                                                       |               |            | Aff : affluents                    |                                 |             |                   |            |      |
| INSEE et USAGES A L'ECHELLE DU BASSIN                                                           |                                                                                                                                                                       |               |            |                                    |                                 |             |                   |            |      |
| Bassin                                                                                          | Population 2010 (densité/km²)                                                                                                                                         |               |            | Retenues et irrigation (DDT, 2012) |                                 |             |                   |            |      |
|                                                                                                 | Pop. Disp.                                                                                                                                                            | Pop. Agglo.   | STEP       | Nbre                               | Nb irr ret.                     | Nb irr riv. | Vol. irr. (m³/an) |            |      |
| Esc à Prunet                                                                                    | 9,8                                                                                                                                                                   | 0             | 0          | 1                                  | 0                               | 0           | 0                 |            |      |
| Pression liée à la production d'eau potable :                                                   |                                                                                                                                                                       |               |            |                                    | Nulle                           |             |                   |            |      |
| Pression liée à la production hydroélectrique et aux ouvrages :<br>(linéaires en débit réservé) |                                                                                                                                                                       |               |            |                                    | Nulle                           |             |                   |            |      |
| INFORMATIONS SUR L'AXE HYDROGRAPHIQUE PRINCIPAL                                                 |                                                                                                                                                                       |               |            |                                    |                                 |             |                   |            |      |
| Station : Prunet                                                                                |                                                                                                                                                                       |               |            |                                    | Distance à la source (km) : 2,5 |             |                   |            |      |
| • Continuité écologique (circulation piscicole (cas de la Truite commune)) :                    |                                                                                                                                                                       |               |            |                                    |                                 |             |                   |            |      |
| Escorbis                                                                                        | Données non connues mais étant donné le relief il est très probable qu'il existe des seuils naturels infranchissables à la montaison sur le cours aval du cours d'eau |               |            |                                    |                                 |             |                   |            |      |

C-

Bassin : Bertrand en amont du ru de la Borie

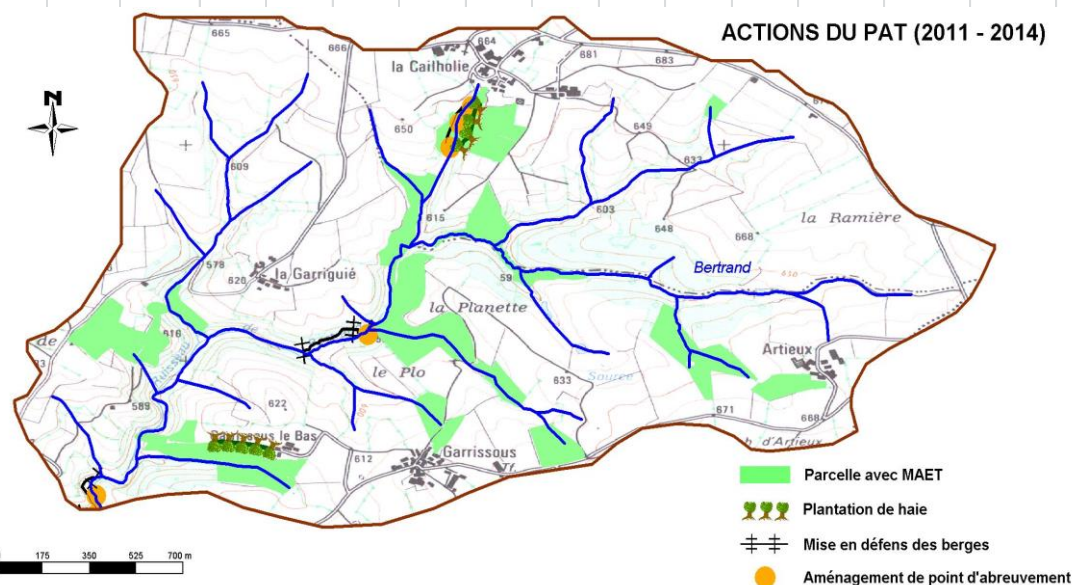
Surface (km²) : 6,1

| Axe hydrographique principal (km) | Affluents (km) | Densité du réseau hydrographique |
|-----------------------------------|----------------|----------------------------------|
| 4,3                               | 11,3           | 2,59                             |



| Cours d'eau   | Etat du lit mineur (% linéaire) |          |           |             |         | Etat de la ripisylve (%) |      |       |         |
|---------------|---------------------------------|----------|-----------|-------------|---------|--------------------------|------|-------|---------|
|               | Bon                             | Médiocre | Recalibré | Drainé/Busé | Inconnu | Bon                      | Méd. | Mauv. | Inconnu |
| Réseau tot.   | 14,8                            | 13,7     | 6,6       | 17,7        | 47,1    | 19,2                     | 5,8  | 34,6  | 40,4    |
| Axe principal | 45,4                            | 27,8     | 12,3      | 1,5         | 13,1    | 64,9                     | 20,8 | 14,4  | 0,0     |

Source : SMBV Viaur - Agerin, 2010



| Territoire      | Parcelles avec MAET (%/surf. Parcelles) |      | Autres actions                    |       |
|-----------------|-----------------------------------------|------|-----------------------------------|-------|
| Bassin          | 10,8                                    |      | Plantation de haie (m linéaire) : | 442   |
| Fond de vallée* | Axe hydrographique principal            | 24,4 | Mise en défens des berges (ml) :  | 565,4 |
|                 | Affluents                               | 22,6 | Nb point d'abreuvement :          | 5     |

\* Fond de vallée : zone d'une largeur totale de 150 m définie de part et d'autre des cours d'eau

|                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                         |               |            |                                    |                             |                     |                   |            |     |      |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|------------|------------------------------------|-----------------------------|---------------------|-------------------|------------|-----|------|
| Bassin : Bertrand en amont du ru de la Borie                                                    |                                                                                                                                                                                                         |               |            |                                    |                             | Surface (km²) : 6,1 |                   |            |     |      |
| OCCUPATION DES SOLS                                                                             |                                                                                                                                                                                                         |               |            |                                    |                             |                     |                   |            |     |      |
| % Zones arborées (BD Topo IGN, 2010)                                                            |                                                                                                                                                                                                         |               |            | 20,4                               | % Zones arborées            |                     | AP                | 62,9       | Aff | 23,9 |
| Bassin (RPG, 2010)                                                                              |                                                                                                                                                                                                         |               |            | Fond de vallée (2,26 km²)*         |                             |                     |                   |            |     |      |
| % surf RPG                                                                                      | % prairies P.                                                                                                                                                                                           | % prairies T. | % Cultures | Type                               | % RPG                       | % P. Perm.          | % P. Temp.        | % cultures |     |      |
| 85,3                                                                                            | 10,8                                                                                                                                                                                                    | 75,4          | 13,8       | AP                                 | 55,5                        | 21,6                | 71,8              | 6,6        |     |      |
|                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                         |               |            | Aff                                | 86,3                        | 15,6                | 71,6              | 12,7       |     |      |
| CARACTÉRISTIQUES TOPOGRAPHIQUES - PENTE (MNT 25, SMBV Viaur 2012; %)                            |                                                                                                                                                                                                         |               |            |                                    |                             |                     |                   |            |     |      |
| Bassin                                                                                          |                                                                                                                                                                                                         |               |            | Fond de vallée*                    |                             |                     |                   |            |     |      |
| < 7%                                                                                            | [7 - 10[                                                                                                                                                                                                | [10 - 30[     | ≥ 30       | Type                               | < 7%                        | [7 - 10[            | [10 - 30[         | ≥ 30       |     |      |
| 25,4                                                                                            | 24,4                                                                                                                                                                                                    | 47,8          | 2,5        | AP                                 | 16,2                        | 13,6                | 56,1              | 14,1       |     |      |
|                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                         |               |            | Aff                                | 11,5                        | 21,9                | 64,0              | 2,6        |     |      |
| AP : Axe hydrographique principal                                                               |                                                                                                                                                                                                         |               |            | Aff : affluents                    |                             |                     |                   |            |     |      |
| INSEE et USAGES A L'ECHELLE DU BASSIN                                                           |                                                                                                                                                                                                         |               |            |                                    |                             |                     |                   |            |     |      |
| Bassin                                                                                          | Population 2010 (densité/km²)                                                                                                                                                                           |               |            | Retenues et irrigation (DDT, 2012) |                             |                     |                   |            |     |      |
|                                                                                                 | Pop. Disp.                                                                                                                                                                                              | Pop. Agglo.   | STEP       | Nbre                               | Nb irr ret.                 | Nb irr riv.         | Vol. irr. (m³/an) |            |     |      |
| Bertrand B.                                                                                     | 9,3                                                                                                                                                                                                     | 0             | 0          | 4                                  | 1                           | 0                   | 3600              |            |     |      |
| Pression liée à la production d'eau potable :                                                   |                                                                                                                                                                                                         |               |            |                                    | Nulle                       |                     |                   |            |     |      |
| Pression liée à la production hydroélectrique et aux ouvrages :<br>(linéaires en débit réservé) |                                                                                                                                                                                                         |               |            |                                    | Nulle                       |                     |                   |            |     |      |
| INFORMATIONS SUR L'AXE HYDROGRAPHIQUE PRINCIPAL                                                 |                                                                                                                                                                                                         |               |            |                                    |                             |                     |                   |            |     |      |
| Station : amont ru de la Borie                                                                  |                                                                                                                                                                                                         |               |            |                                    | Distance à la source (km) : |                     |                   | 4,3        |     |      |
| • Continuité écologique (circulation piscicole (cas de la Truite commune)) :                    |                                                                                                                                                                                                         |               |            |                                    |                             |                     |                   |            |     |      |
| Bertrand                                                                                        | Montaison : connexion possible avec le Cône sur un parcours d'environ 2 km; chaussée infranchissable 480 m en amont de la station d'étude; pas de problème de dévalaison en amont de la station d'étude |               |            |                                    |                             |                     |                   |            |     |      |

d-

|                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                              |               |            |                                    |                             |                      |                   |            |     |      |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|------------|------------------------------------|-----------------------------|----------------------|-------------------|------------|-----|------|
| Bassin : Clauzelles au moulin d'Angles                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                              |               |            |                                    |                             | Surface (km²) : 13,0 |                   |            |     |      |
| OCCUPATION DES SOLS                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                              |               |            |                                    |                             |                      |                   |            |     |      |
| % Zones arborées (BD Topo IGN, 2010)                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                              |               |            | 18,4                               | % Zones arborées            |                      | AP                | 47,1       | Aff | 32,8 |
| Bassin (RPG, 2010)                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                              |               |            | Fond de vallée (2,02 km²)*         |                             |                      |                   |            |     |      |
| % surf RPG                                                                                      | % prairies P.                                                                                                                                                                                                                                                                | % prairies T. | % Cultures | Type                               | % RPG                       | % P. Perm.           | % P. Temp.        | % cultures |     |      |
| 87,7                                                                                            | 12,0                                                                                                                                                                                                                                                                         | 62,9          | 25,1       | AP                                 | 73,1                        | 11,7                 | 57,5              | 30,8       |     |      |
|                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                              |               |            | Aff                                | 86,8                        | 18,0                 | 71,0              | 11,0       |     |      |
| CARACTÉRISTIQUES TOPOGRAPHIQUES - PENTE (MNT 25, SMBV Viaur 2012; %)                            |                                                                                                                                                                                                                                                                              |               |            |                                    |                             |                      |                   |            |     |      |
| Bassin                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                              |               |            | Fond de vallée*                    |                             |                      |                   |            |     |      |
| < 7%                                                                                            | [7 - 10[                                                                                                                                                                                                                                                                     | [10 - 30[     | ≥ 30       | Type                               | < 7%                        | [7 - 10[             | [10 - 30[         | ≥ 30       |     |      |
| 22,7                                                                                            | 24,6                                                                                                                                                                                                                                                                         | 52,3          | 0,4        | AP                                 | 18,5                        | 9,9                  | 68,1              | 3,5        |     |      |
|                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                              |               |            | Aff                                | 27,1                        | 19,6                 | 52,2              | 1,2        |     |      |
| AP : Axe hydrographique principal                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                              |               |            | Aff : affluents                    |                             |                      |                   |            |     |      |
| INSEE et USAGES A L'ECHELLE DU BASSIN                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                              |               |            |                                    |                             |                      |                   |            |     |      |
| Bassin                                                                                          | Population 2010 (densité/km²)                                                                                                                                                                                                                                                |               |            | Retenues et irrigation (DDT, 2012) |                             |                      |                   |            |     |      |
|                                                                                                 | Pop. Disp.                                                                                                                                                                                                                                                                   | Pop. Agglo.   | STEP       | Nbre                               | Nb irr ret.                 | Nb irr riv.          | Vol. irr. (m³/an) |            |     |      |
| Cl. Angles                                                                                      | 12,6                                                                                                                                                                                                                                                                         | 0             | 0          | 0                                  | 0                           | 0                    | 0                 |            |     |      |
| Pression liée à la production d'eau potable :                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                              |               |            |                                    | Nulle                       |                      |                   |            |     |      |
| Pression liée à la production hydroélectrique et aux ouvrages :<br>(linéaires en débit réservé) |                                                                                                                                                                                                                                                                              |               |            |                                    | Nulle                       |                      |                   |            |     |      |
| INFORMATIONS SUR L'AXE HYDROGRAPHIQUE PRINCIPAL                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                              |               |            |                                    |                             |                      |                   |            |     |      |
| Station : Moulin d'Angles                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                              |               |            |                                    | Distance à la source (km) : |                      |                   | 4,7        |     |      |
| • Continuité écologique (circulation piscicole (cas de la Truite commune)) :                    |                                                                                                                                                                                                                                                                              |               |            |                                    |                             |                      |                   |            |     |      |
| Clauzelles                                                                                      | Montaison : obstacle naturel sélectif sur le cours aval du Clauzelles (à l'aval de la station d'étude) d'où une connexion avec le Céor limitée; présence d'une chaussée infranchissable 300 en amont de la station d'étude; pas de problème de dévalaison sur ce cours d'eau |               |            |                                    |                             |                      |                   |            |     |      |

e-

|                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                      |               |            |                                    |                             |             |                     |            |     |      |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|------------|------------------------------------|-----------------------------|-------------|---------------------|------------|-----|------|
| Bassin : Lagast à Espinouset                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                      |               |            |                                    |                             |             | Surface (km²) : 6,9 |            |     |      |
| OCCUPATION DES SOLS                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                      |               |            |                                    |                             |             |                     |            |     |      |
| % Zones arborées (BD Topo IGN, 2010)                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                      |               |            | 32,2                               | % Zones arborées            |             | AP                  | 56,4       | Aff | 45,4 |
| Bassin (RPG, 2010)                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                      |               |            |                                    | Fond de vallée (1,51 km²)*  |             |                     |            |     |      |
| % surf RPG                                                                                      | % prairies P.                                                                                                                                                                                                                                                        | % prairies T. | % Cultures | Type                               | % RPG                       | % P. Perm.  | % P. Temp.          | % cultures |     |      |
| 68,5                                                                                            | 12,7                                                                                                                                                                                                                                                                 | 76,9          | 10,4       | AP                                 | 53,9                        | 13,8        | 76,8                | 9,4        |     |      |
|                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                      |               |            | Aff                                | 61,2                        | 18,6        | 60,9                | 20,5       |     |      |
| CARACTÉRISTIQUES TOPOGRAPHIQUES - PENTE (MNT 25, SMBV Viaur 2012; %)                            |                                                                                                                                                                                                                                                                      |               |            |                                    |                             |             |                     |            |     |      |
| Bassin                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                      |               |            | Fond de vallée*                    |                             |             |                     |            |     |      |
| < 7%                                                                                            | [7 - 10[                                                                                                                                                                                                                                                             | [10 - 30[     | ≥ 30       | Type                               | < 7%                        | [7 - 10[    | [10 - 30[           | ≥ 30       |     |      |
| 15,8                                                                                            | 13,8                                                                                                                                                                                                                                                                 | 63,2          | 7,2        | AP                                 | 19,2                        | 9,4         | 61,9                | 9,6        |     |      |
|                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                      |               |            | Aff                                | 21,2                        | 16,4        | 54,7                | 7,7        |     |      |
| AP : Axe hydrographique principal                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                      |               |            | Aff : affluents                    |                             |             |                     |            |     |      |
| INSEE et USAGES A L'ECHELLE DU BASSIN                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                      |               |            |                                    |                             |             |                     |            |     |      |
| Bassin                                                                                          | Population 2010 (densité/km²)                                                                                                                                                                                                                                        |               |            | Retenues et irrigation (DDT, 2012) |                             |             |                     |            |     |      |
|                                                                                                 | Pop. Disp.                                                                                                                                                                                                                                                           | Pop. Agglo.   | STEP       | Nbre                               | Nb irr ret.                 | Nb irr riv. | Vol. irr. (m³/an)   |            |     |      |
| Lagast                                                                                          | 7,2                                                                                                                                                                                                                                                                  | 0             | 0          | 1                                  | 0                           | 0           | 0                   |            |     |      |
| Pression liée à la production d'eau potable :                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                      |               |            |                                    | Nulle                       |             |                     |            |     |      |
| Pression liée à la production hydroélectrique et aux ouvrages :<br>(linéaires en débit réservé) |                                                                                                                                                                                                                                                                      |               |            |                                    | Nulle                       |             |                     |            |     |      |
| INFORMATIONS SUR L'AXE HYDROGRAPHIQUE PRINCIPAL                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                      |               |            |                                    |                             |             |                     |            |     |      |
| Station : Espinouset                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                      |               |            |                                    | Distance à la source (km) : |             |                     | 5,5        |     |      |
| • Continuité écologique (circulation piscicole (cas de la Truite commune)) :                    |                                                                                                                                                                                                                                                                      |               |            |                                    |                             |             |                     |            |     |      |
| Lagast                                                                                          | Montaison : ouvrage franchissable temporairement à l'aval immédiat de la station d'étude; connexion possible avec le cours aval du Lagast (3,2 km) et le Céor en amont de Salmiech (1,9 km); pas de problème de dévalaison sur 3,3 km en amont de la station d'étude |               |            |                                    |                             |             |                     |            |     |      |