

Etude d'impact d'une infrastructure linéaire sur la qualité des cours d'eau

Analyse de l'incidence des apports de matières fines sur les traits
biologiques des populations de macro-invertébrés aquatiques



Ecdyonurus

LARROQUE Clarisse

Stage effectué du 02/03/2015 au 30/06/2015



Société AQUABIO
ZA du Grand Bois Est
Route de Créon - 33750 St Germain-du-Puch
Sous la direction scientifique de Bruno FONTAN

*« Le présent rapport constitue un exercice pédagogique qui ne peut en aucun cas engager la
responsabilité de l'Entreprise »*

Sommaire

Avant-propos	8
I) Structure	8
II) Remerciements	8
III) Répartition du temps de stage.....	9
Introduction	10
Matériels et méthodes.....	12
I) Zone d'étude et expertise antérieure	12
II) Analyse fonctionnelle	16
III) Sélection des variables, transformation des données	18
1) Estimation du colmatage entre amont et aval	18
2) Transformation des données	20
IV) Outils d'interprétation approfondie.....	23
Résultats et analyse	28
I) Analyses des traits biologiques entre amont et aval	28
II) Outils d'interprétation approfondie	30
1) Etude de la relation Amont/Aval	30
2) Calculs d'indices et comparaisons des saisons	32
Discussion	36
Conclusion.....	38
Liste des figures	39
Liste des tableaux.....	40
Bibliographie.....	41
Résumé.....	44

Avant-propos

I) Structure

La société AQUABIO est un bureau d'études indépendant créé en 1998, dont le métier consiste à produire et valoriser des données hydrobiologiques. Implantée sur 5 sites (Gironde, Puy-de-Dôme, Ille-et-Vilaine, Hauts-de-Seine, Drôme), elle s'est faite une spécialité de l'évaluation de l'état écologique des milieux aquatiques français, dans la lignée de la Directive Cadre sur l'Eau.

Les prestations proposées s'adressent particulièrement aux industriels, aux Agences de l'eau, aux Conseils généraux, aux syndicats et communautés de communes, nécessitant un diagnostic ou un suivi écologique de milieux aquatiques. La garantie de qualité de ces prestations est assurée par une accréditation de la COFRAC pour l'ensemble des sites.

8 pôles d'activités permettent de répondre aux attentes des clients : Macro-invertébrés, Diatomées, Ichtyologie, Physico-chimie, Macrophytes, Oligochètes, Etude des lacs, Recherche et développement.

Société coopérative (SCOP) depuis 2007, AQUABIO véhicule au sein de ses employés, des valeurs humaines, sociales et démocratiques, encourageant l'implication de chacun dans l'avenir de l'entreprise.

II) Remerciements

Je tiens à remercier M. Bruno FONTAN et Mme Aurélia BERTHOU de m'avoir proposé ce stage qui m'a permis d'acquérir de nouvelles compétences variées, et de découvrir le monde de l'hydrobiologie.

Un immense merci à M. Frédéric LABAT pour son appui, son suivi et ses précieux conseils.

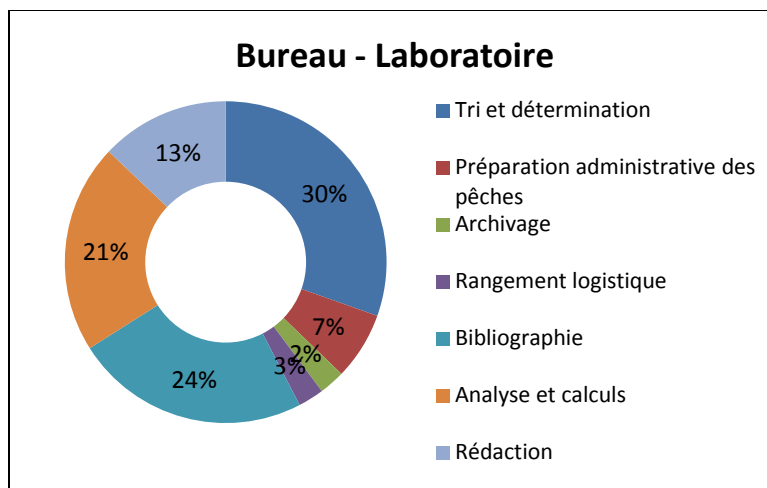
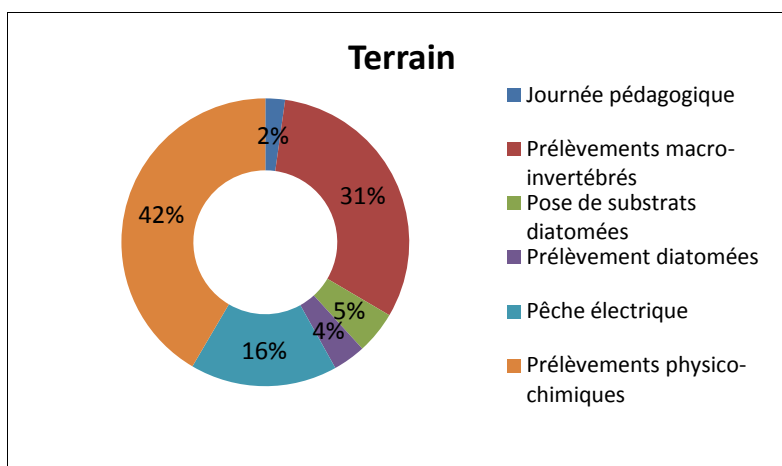
Merci à Angèle LORIENT de m'avoir fait bénéficier de son expérience et ses conseils. Merci aux opérateurs de saisie pour leur disponibilité et leur bonne humeur.

Je remercie toutes les personnes que j'ai accompagnées sur le terrain ou au laboratoire, qui m'ont partagé leurs connaissances, leurs méthodes, et fait découvrir la richesse insoupçonnée de la vie des cours d'eau : Damien, Julien, Sébastien, Romain, Yann, Jean-Christophe, Joël, Anthony, Eva, Leslie...

Pour finir, merci à toute l'équipe d'AQUABIO pour son accueil.

III) Répartition du temps de stage

		Mars	Avril	Mai	Juin
Terrain	Journée pédagogique				6h
	Prélèvements macro-invertébrés		85h		
	Pose de substrats diatomées		13h		
	Prélèvement diatomées		10h		
	Pêche électrique			45h	
	Prélèvements physico-chimiques	40h	28h		45h
Laboratoire	Tri et détermination	60h	12h	20h	2h
	Préparation administrative des pêches		15h	6h	
	Archivage	8h			
	Rangement logistique			6h	2h
	Bibliographie	20h		40h	5h
	Analyse et calculs			25h	18h
	Rédaction				40h



Introduction

L'objectif du stage était de participer au suivi annuel des impacts d'une infrastructure linéaire (route, autoroute, voie ferrée) sur la qualité des cours d'eau qu'elle traverse. Il s'agissait donc de participer aux campagnes d'échantillonnages sur le terrain (prélèvements d'eau, de diatomées, de macro-invertébrés, participation aux pêches électriques), ainsi qu'aux analyses en laboratoire (macro-invertébrés).

Les résultats obtenus chaque année sont comparés à un état de référence, établi en 2009 par un autre bureau d'étude, et interprétés. Ils indiquent l'intensité et la nature des potentielles dégradations occasionnées par le chantier et l'entretien d'une telle infrastructure.

Les rapports des précédents stagiaires, couplés aux résultats des analyses antérieures et de recherches bibliographiques, ont permis de prendre connaissance des différentes méthodes utilisables pour qualifier et quantifier ces impacts potentiels.

Le caractère confidentiel, souhaité par le client, empêche la divulgation d'informations telles que les noms des stations d'études, la nature exacte de l'infrastructure et la localisation des cours d'eaux traversés. Le cours d'eau en question sera appelé « L'Acacia ».

D'après les études précédentes concernant le suivi annuel de l'infrastructure, lorsqu'il y a une source de pression potentielle significative causée par les travaux, il s'agit essentiellement de problèmes de colmatage des cours d'eau par des sédiments fins (LORIENT, 2014 ; PICHARD, 2014). Ces analyses de la qualité globale des cours d'eau s'appuient sur différents protocoles mis en œuvre par le bureau d'études, répondant à des normes bien précises :

- Prélèvements et analyses physico-chimiques de l'eau et des sédiments
- IBG-DCE, Indice Biologique Global équivalent Directive Cadre sur l'Eau : inventaire de macro-invertébrés
- IBD, Indice Biologique Diatomique : analyses des peuplements de diatomées
- IPR, Indice Poisson Rivière : inventaire piscicole
- Hydro-morphologie (mesures de débits, hauteurs d'eau, contexte géologique...)

Les analyses physico-chimiques de l'eau et des sédiments (SEQ-eau V2), apportent une indication précise sur la qualité de l'eau à l'époque du prélèvement, elles situent le contexte environnemental influant nécessairement sur le fonctionnement biologique du système. En outre, elles peuvent renseigner la nature de la perturbation (le type de pollution par exemple : hydrocarbures, pesticides...). (DREAL ALSACE, 2006)

Les analyses hydro-morphologiques viennent compléter l'appréhension des variables environnementales interagissant avec les peuplements biologiques des cours d'eau ou avec les différentes perturbations. Par exemple, l'impact d'un rejet ou d'une charge élevée de particules en suspension sera atténué par un débit important, illustrant ainsi un effet de dilution.

Les méthodes d'analyses des peuplements biologiques des cours d'eau (IBD, IPR, IBG) reposent sur des principes de bio-indication¹ qui permettent d'apporter une plus grande précision à l'analyse, en intégrant notamment le facteur temps. En effet, alors qu'une perturbation peut être très ponctuelle et difficilement décelable, ses conséquences sur les peuplements biologiques restent visibles longtemps et peuvent être cumulatives.

L'accès aux résultats des analyses de ces plusieurs années de suivis a permis de mettre en exergue une problématique récurrente impactant certains des cours d'eau traversés par l'infrastructure : l'apport exogènes de sédiments fins conduisant au colmatage de ceux-ci (AQUABIO, synthèse 2014 ; LORIENT, 2014). Problématique qui constitue, d'après Larsen (LARSEN, 2009), l'une des plus importantes et préoccupantes origines de dégradation des cours d'eau et rivières actuellement.

Certains traits biologiques² de macro-invertébrés, tels que les degrés saprobie³ ou trophiques, sont déjà utilisés pour mettre en évidence une pression d'apport de sédiments organiques (DESCLOUX et al, 2011). Qu'en est-il dans le cas d'apport de matières fines essentiellement minérales ? Peut-on utiliser certains traits biologiques de macro-invertébrés pour mettre en évidence un problème de colmatage minéral⁴ ? En d'autres termes, le colmatage minéral a-t-il un impact significatif sur la fonctionnalité écologique d'un cours d'eau ?

Ces problématiques semblent ouvrir de nouvelles perspectives et implications. Ainsi, serait-il opportun d'utiliser de nouveaux indices ou outils, plus complets, et donc plus à mêmes de répondre à l'attente des clients ? D'autres approches sont en effet possibles, intégrant l'analyse des traits biologiques (indicateurs multi-métriques : I2M2 par exemple) (REYJOL et al –ONEMA, 2012) ce qui n'est pas le cas pour l'IBG-DCE, qui ne prend pas en compte la qualité fonctionnelle des cours d'eau étudiés.

Ce rapport se basera sur les données brutes issues d'une analyse effectuée par AQUABIO en novembre 2014, dans le cadre d'une expertise visant à quantifier l'impact d'un apport important de sédiments fins dans le cours d'eau l'Acacia, lors d'épisodes de pluies hivernales. Différentes approches seront explorées afin de déterminer l'impact potentiel du colmatage minéral occasionné.

¹ Bioindicateur : groupe d'espèces végétales ou animales dont les caractéristiques observées (occurrence, abondance, biomasse, traits biologiques...) fournissent une indication sur le niveau de dégradation du milieu. (ONEMA, 2010)

² Les traits biologiques représentent l'ensemble des caractéristiques biologiques des espèces ainsi que leurs relations avec l'environnement. (Sciences, Eaux et territoires, 2013) Ce sont des « propriété bien définies et mesurables des organismes, habituellement mesurées au niveau individuel et utilisées de manière comparative à travers les espèces ». (McGILL et al. 2006)

³ Degré saprobie : charge d'une eau en micro-organismes dégradant les substances organiques.

⁴ Le colmatage minéral fait référence aux phénomènes de dépôt et d'infiltration de sédiments fins minéraux au sein du lit, ce qui provoque un remplissage des interstices du substrat et conduit à une altération de ses fonctions. (GAYRAUD et al, 2001).

Matériels et méthodes

I) Zone d'étude et expertise antérieure

L'Acacia est un cours d'eau de première catégorie piscicole, d'un linéaire de 46km, et dont le bassin versant est relativement limité (200km²). Il est traversé par l'infrastructure linéaire au moyen d'un viaduc récemment construit, dont l'impact potentiel fait l'objet d'un suivi annuel depuis 4 ans.

Suite à de fortes précipitations orageuses entre le 18 et 21 septembre 2014 (épisodes les plus marquants), puis vers le 8 octobre et 3 novembre 2014, le lessivage des sols par les eaux de ruissellement a charrié d'importantes quantités de matières fines dans l'Acacia, entraînant une augmentation notable de la turbidité du cours d'eau et un colmatage important. Le réseau pluvial n'étant, à l'époque, pas encore fonctionnel, les matières minérales issues du chantier de construction du viaduc ont été lessivées depuis le haut de la culée.

L'entreprise AQUABIO a été chargée de réaliser une mesure d'impact des apports exogènes de sédiments fins minéraux dans l'Acacia.

Le travail d'expertise a consisté en une comparaison des résultats de suivis biologiques, granulométriques et de colmatage, entre une station dite de référence, située en amont du chantier, et une station aval, faisant déjà l'objet de suivis annuels. Pour les besoins de l'étude comparative, le maximum de similitude dans la composition d'habitats et de conditions morpho-dynamiques a été recherché entre les stations amont et aval.

Un suivi de granulométrie a été réalisé. Différents points d'échantillonnage de sédiments fins ont été répartis entre la station amont et la station aval du cours d'eau (Annexe 2). De plus, un suivi du colmatage a été mis en place (Annexe1), au moyen du protocole CARHYCE. Il est en effet possible d'appréhender l'intensité du colmatage du lit des cours d'eau en évaluant la profondeur d'oxygénation du substrat, via le changement de couleur de supports en bois implantés pendant un mois dans les sédiments. Le passage de la couleur claire au noir renseigne sur la profondeur à partir de laquelle le milieu devient anoxique, résultats de processus biogéochimiques de dégradations (MARMONNIER et al, 2004). D'autres méthodes, comme des mesures de conductivité hydraulique sont également utilisées, ou encore, la méthode du carottage cryogénique, beaucoup plus fastidieuse (LARSEN, 2009).

Le suivi biologique a été effectué via l'application du protocole IBG-DCE, qui permet, jusqu'à l'adoption d'un nouvel indice européen, de calculer une note I.B.G.N (NF T90-350) dite Équivalent IBG afin de garantir la continuité du suivi et valoriser les données des années antérieures (Annexe 3).



Figure 1. Vue de la culée après l'épisode orageux



Figure 2. Colmatage minéral de l'Acacia à l'aval du pont

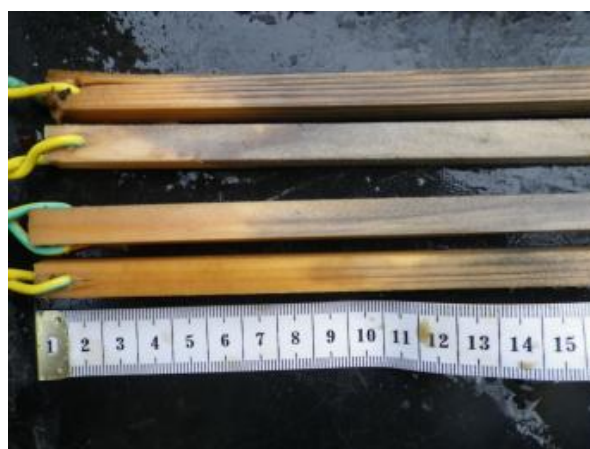


Figure 3. Mesures des profondeurs d'anoxie

Ce protocole IBG-DCE fournit une appréciation de la qualité des eaux courantes en analysant le peuplement d'invertébrés benthiques. La faune des habitats dominants (superficie de recouvrement supérieur à 5%) est séparée de celles des habitats marginaux (superficie de recouvrement inférieur à 5%), afin de fournir une image représentative du peuplement d'invertébrés.

Les prélèvements sont réalisés selon la norme AFNOR XP T90-333 (AFNOR, 2009). Pour les petits et moyens cours d'eau, la méthode préconise d'échantillonner, pour une station, douze échantillons de substrats différents (pierres, sables, végétaux...) de 1/20 m². Ils sont répartis, dans la mesure du possible, sur l'ensemble de la station et tiennent compte des différentes classes de vitesse représentées (facteur important de diversification des peuplements d'invertébrés benthiques). Les 12 prélèvements sont rassemblés en 3 groupes de 4 pots :

Phase A = 4 supports marginaux échantillonnés suivant l'ordre d'habitabilité

Phase B = 4 supports dominants échantillonnés suivant l'ordre d'habitabilité

Phase C = 4 supports dominants échantillonnés en privilégiant la représentativité des habitats.

Les invertébrés benthiques sont ensuite extraits des substrats sous loupe binoculaire et identifiés au genre (norme AFNOR XP T90-388) (AFNOR, 2010). Pour chacune des listes faunistiques établies, deux composantes sont déterminées sur la base de la grille de calcul de l'IBGN : le groupe indicateur (GI) qui correspond à la qualité de l'eau (selon la polluosensibilité du groupe) et la variété taxonomique (VT) qui informe sur la diversité des habitats. La note obtenue donne la qualité biologique globale du cours d'eau.

Figure 4. Suivi granulométrique réalisé par AQUABIO (novembre 2014)

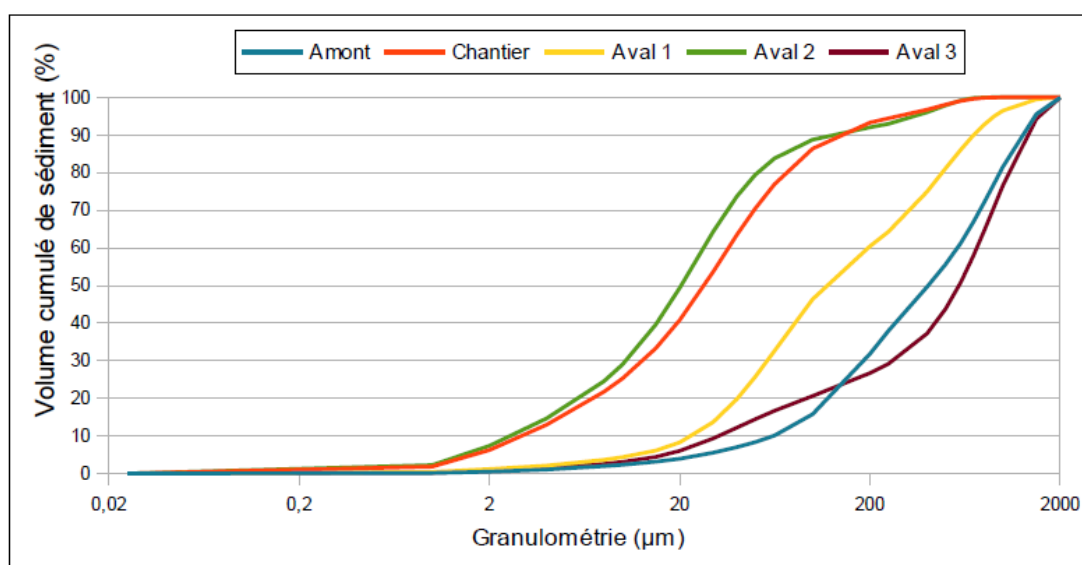


Tableau 1. Résultats de l'IBG-DCE novembre 2014

	Amont Chantier	Aval Chantier
Groupe indicateur (/9)	9 (Taeniopterygidae)	6 (Lepidostomatidae)
Variété taxonomique (/14)	12 (44 US)	10 (36 US)
Indice (/20)	20	15
IBG robuste - GI robuste	18 - 7 (Leptophlebiidae)	15 - 6 (Sericostomatidae)
Etat biologique	Très Bon	Bon

II) Analyse fonctionnelle

L'analyse menée par AQUABIO révèle une baisse de qualité biologique globale entre amont et aval (« très bon » en amont et « bon » en aval), la note IBG-DCE aval étant affectée par une perte de quelques unités taxonomiques et une diversité moindre. La raison de l'hétérogénéité des stations peut être invoquée pour expliquer cette différence de diversité, non significative en termes d'impact. (AQUABIO, 2014)

L'approche fonctionnelle, par l'utilisation des traits biologiques, permet de s'affranchir de ces contraintes taxonomiques et de la variabilité naturelle inhérente à chaque cours d'eau. Ces traits biologiques ont de plus l'avantage de produire des réponses en rapport direct avec la perturbation étudiée. (DESCLOUX et al, 2011)

Les mêmes listes faunistiques issues des prélèvements IBG-DCE seront donc utilisées (Annexes3-4-5-6), afin de permettre une comparaison entre les deux méthodes.

L'apport important de sédiments fins constitue un stress pour les macro-invertébrés, ce qui impacte les peuplements. Le substrat étant un élément indispensable à l'accomplissement de certaines fonctions biologiques des macro-invertébrés (reproduction, alimentation...), cela les rend particulièrement sensibles au colmatage. En outre, il influence largement leur répartition et la structure des peuplements d'invertébrés. (GAYRAUD et al, 2001)

Ainsi, les matières en suspension troublent l'eau et induisent une réduction de la luminosité, ce qui impacte négativement la production primaire. Les ressources trophiques sont donc moins disponibles, ou rendues moins attractives car mélangées aux éléments particuliers inorganiques. (GAYRAUD et al, 2001) La dérive dite catastrophique contribue à la réduction de la densité de peuplements : les macro-invertébrés se laissent alors entraîner vers l'aval, pour fuir une situation de perturbation, notamment en cas de colmatage. (Paimpont, 1994 ; LARSEN, 2009). En outre, le transport des sédiments fins par suspension favorise la dispersion d'éléments polluants piégés dans ces sédiments et affectant les organismes aquatiques. Les effets mécaniques exercés par le transport des sédiments fins affectent quant à eux la structure, la perméabilité et la porosité du substrat, ce qui réduit les échanges hydriques et l'oxygénation du benthos ⁵et de la zone hyporhéique⁶. L'occultation des interstices conduit à une diminution du nombre de refuges potentiels pour les organismes cherchant un abri pendant les crues. Enfin, les taxons ayant des affinités différentes pour les différents types de substrat, l'uniformisation du lit du cours d'eau engendre nécessairement une perte de diversité taxonomique. (LARSEN, 2009)

Des effets directs sont également à noter, puisque ces sédiments peuvent altérer sévèrement les structures respiratoires et nourricières des organismes. Ils induisent très souvent une dérive de certains organismes (LARSEN, 2009 ; TACHET et al, 2010)

⁵Benthos : Ensemble des organismes présents sur ou dans le fond des eaux. (IFREMER, 2014)

⁶Zone hyporhéique : Ensemble des sédiments saturés en eau, situés au-dessous et à côtés d'un cours d'eau, contenant une certaine quantité d'eau de surface. (ONEMA, 2010)

Tableau 2. Intensité de colmatage des sites amont et aval. (Représentatif de l'échantillonnage, et non pas strictement de la station en elle-même)

Intensité	Typologie	AMONT		AVAL	
		Nombre de pots	"Score" de colmatage	Nombre de pots	"Score" de colmatage
0	absent	7	0	2	0
1	très léger	0	0	0	0
2	léger	1	2	2	4
3	moyen	4	12	2	6
4	important	0	0	4	16
5	complet	0	0	2	10
Colmatage maximal : 60			14		36
Indice de colmatage			0,23333333		0,6

Tableau 3. Distribution des substrats de l'échantillonnage pour les stations amont et aval.

	AMONT	AVAL
Substrats dominants	Bryophytes	Pierres
	Pierres	Pierres
	Pierres	Pierres
	Pierres	Pierres
	Pierres	Pierres
	Pierres	Limons
	Sable	Limons
	Sable	Argile
Substrats marginaux	Hydrophytes	Bryophytes
	Litière	Litière
	Racines	Racines
	Blocs	Blocs

III) Sélection des variables, transformation des données

Ces effets néfastes sur la macrofaune aquatique peuvent être visibles lors de l'analyse des traits biologiques des peuplements de macro-invertébrés. C'est ainsi que des études sur de grands jeux de données hydrobiologiques ont mis en évidence les traits bioécologiques affectés significativement par le colmatage minéral. (DESCLOUX et al, 2011 ; LARSEN, 2009 ; TACHET et al, 2010 ; GAYRAUD et al, 2010 ; ARCHAIMBAULT et al, 2010 ; USSEGLIO et al, 2011)

C'est donc en se basant sur différentes recherches bibliographiques que les variables d'intérêt ont été sélectionnées. L'objectif étant de comparer les profils fonctionnels entre amont et aval, ainsi qu'entre différentes années d'étude. Les traits biologiques retenus et leurs modalités sont présentés en annexes 12 et 13.

Il est tout d'abord nécessaire de souligner la différence d'intensité de colmatage entre amont et aval, afin de justifier le suivi d'impact potentiel.

1) Estimation du colmatage entre amont et aval

Les résultats de l'analyse granulométrique et du suivi de colmatage (annexes 1 et 2) par les mesures d'anoxie sur des substrats superficiels permettent ainsi de conclure positivement quant à un impact du chantier sur l'apport de sédiments fins dans l'Acacia, mais celui-ci demeure limité. Les sédiments paraissent dans l'ensemble peu oxygénés, avec une profondeur d'anoxie de 5 cm en amont, et 8 cm en aval. Le suivi granulométrique (Figure 4) indique une proportion plus importante de sédiments fins en aval immédiat du chantier. L'aval plus éloigné ne présente plus de tendance à l'affinement des sédiments et une profondeur d'anoxie de 2 cm seulement, témoignant ainsi d'un retour du cours d'eau à des conditions normales.

Les estimations visuelles (Annexes 10 et 11) des préleveurs lors de l'IBG-DCE permettent quant à elles de quantifier plus précisément l'intensité de colmatage et de comparer cette modalité entre amont et aval. En effet, le personnel d'AQUABIO s'est attaché à effectuer des échantillonnages les plus similaires possibles (habitats, classes de vitesses, profondeur...) (Annexe 8-9-10).

D'après les estimations réalisées sur le terrain, elles-mêmes s'appuyant sur la norme AFNOR 2012, il devient possible de calculer un indice de colmatage des deux stations. Ainsi, le nombre d'échantillons est multiplié par les intensités respectives, puis ramenés sur score de colmatage théorique maximal. On constate une nette différence de colmatage entre l'amont (23%) et l'aval (60%), pour un échantillonnage similaire.

Tableau 4. Traits biologiques d'intérêts

Traits biologiques	Modalités
Durée du cycle	< 1 an > 1 an
Nombre potentiel de cycles par an (polyvoltinisme)	<1 1 >1
Mode de reproduction	Ovoviviparité Oeufs isolés, libres Oeufs isolés, fixés Couvées, libres ou fixées Couvées libres Couvées fixées à la végétation Couvées terrestres Reproduction asexuée
Mode de dispersion	Aquatique passif Aquatique actif Aérien passif Aérien actif
Formes de résistance	Oeufs, statoblastes Cocons, abris contre dessiccation Diapause ou dormance Aucune
Mode de respiration	Tégumentaire Branchiale Plastronale Spiracale
Transport et relation au substrat	Vol Nage en surface Nage en pleines eaux Rampement Fouissage Intersticiel Accroché temporairement Accroché en permanence
Nourriture	Microorganismes et détritiques <1mm Plantes mortes > 1mm Microphytes Macrophytes Animaux morts > 1mm Microinvertébrés Macroinvertébrés Vertébrés
Mode d'alimentation	Mangeurs de sédiments fins Broyeurs Râcleurs Filtreurs Perceurs Prédateurs Parasites
Substrat préférentiel	Blocs, pavés, cailloux Graviers Sable Limons Macrophytes Microphytes Branchages, racines Litières, Matières organiques Vase

$$\text{Indice de colmatage} = \frac{\sum(\text{Nombre de pots} \times \text{Intensité})}{\text{Colmatage maximal}}$$

La différence notable de colmatage ayant été mise en évidence, on peut formuler l'hypothèse suivante : **la station aval présenterait une différence significative avec la station amont au niveau fonctionnel (différence dans les traits biologiques représentés) car elle serait impactée par le colmatage minéral.**

Les données sélectionnées, c'est-à-dire les effectifs et les noms des taxons, ainsi que les traits biologiques et leurs modalités, doivent dans un premier temps être mises en forme.

2) Transformation des données

Chacune des listes faunistiques disponibles dans la base informatique (amont novembre 2014, aval novembre 2014, aval avril 2014, aval avril 2013) est extraite et mise en forme.

A chaque taxon est associé l'ensemble des codages de traits biologiques issus du guide TACHET et al, 2010.

Ce guide présente, sous forme de tableau, l'ensemble des traits bioécologiques et physiologiques, subdivisés en modalités, pour chacun des taxons répertoriés. Un système de codage permet d'indiquer le degré d'affinité de chaque taxon pour chacune des modalités. Les modalités sont nominales (par exemple le mode de reproduction) ou ordinales, en classes successives le long d'un gradient.

Les traits biologiques retenus pour cette analyse (tableau 3) décrivent la **durée du cycle vital**, le **nombre potentiel de cycles par an (polyvoltinisme)**, le **mode de reproduction**, le **mode de dispersion**, les **formes de résistance**, le **mode de respiration**, le **transport et la relation au substrat**, le **type de nourriture**, le **mode d'alimentation**, et le **substrat préférentiel**. (DESCLOUX et al, 2011 ; TACHET et al, 2010 ; LARSEN, 2009)

Un tableau harmonisé, présentant les modalités sous formes de fréquences relatives d'utilisation permet d'associer le pourcentage d'affinité de chaque taxon avec chacune des modalités. La difficulté d'identifier les bons taxons, causées par les changements de noms (mises à jour taxonomiques) ou les approximations à la famille, nécessite certaines approximations (moyennes, pro-ratas...).

Tableau 5. Exemple de calcul de différences de proportion entre amont et aval (Trait "reproduction" en phases complètes)

		Reproduction							
		Ovoviviparité	Oeufs isolés, libres	Oeufs isolés, fixés	Couvées, libres ou fixées	Couvées libres	Couvées fixées à la végétation	Couvées terrestres	Reproduction asexuée
Pourcentages de représentation de la modalité	AMONT	35,4 %	0,9 %	7,4 %	41,3 %	10,1 %	0,2 %	2,9 %	1,7 %
	AVAL	23,1 %	2,6 %	7,3 %	48,9 %	12,7 %	0,2 %	4,5 %	0,8 %
Ecart Amont-Aval (en %)		-34,8 %	+191,1 %	-0,7 %	+18,3 %	+25,6 %	-16,7 %	+51,2 %	-56,4 %

Bleu : Diminution de la proportion d'une modalité en aval par rapport à l'amont **Vert** : Augmentation de la proportion d'une modalité en aval par rapport à l'amont

Les fréquences relatives $[f(mt)]$ de chaque modalité (m) et pour chaque taxon (t) sont multipliées par les effectifs des taxons correspondants $[n(t)]$, puis sommées sur l'ensemble des taxons présents, afin de pouvoir comparer les proportions de modalités représentées.

$$F(m) = \sum (f(mt) \times n(t))$$

On obtient alors $F(m)$, la fréquence relative de chaque modalité au sein de chaque trait biologique. Celle-ci est présentée en pourcentages.

Pour une comparaison plus robuste des deux stations, il semblerait plus opportun de traiter uniquement les phases dominantes (phases B et C) des deux échantillons, puisqu'elles sont censées être plus représentatives du cours d'eau. Cependant, l'homogénéité des stations étant remise en cause, les calculs précédents sont effectués également avec les phases marginales (Phase A).

Afin d'avoir une vision globale des différences entre station et entre modes de calcul (toutes phases / phases dominantes), on calcule les écarts de pourcentages entre amont et aval, pour chaque modalité de trait, et pour les deux modes de calcul. Le graphique obtenu (figure 6) est analysé dans la partie résultats. Le tableau 4 donne un exemple de ce calcul, pour le trait « reproduction », et pour le calcul en phases complètes. L'écart calculé représente, en aval, le pourcentage de diminution ou d'augmentation d'une modalité, par rapport à l'amont. Lorsque l'écart est négatif (bleu), on assiste à la diminution, de l'amont à l'aval, de la représentation de la modalité. Au contraire, les cellules vertes, affichant des écarts positifs, représentent les modalités plus représentées en aval qu'en amont.

La figure 5 rassemble tous les écarts obtenus pour les deux modes de calculs, et donne un aperçu des différences de tendances biologiques pour chacune des stations. Son analyse est faite dans la partie « Résultats ».

Chaque trait biologique fait ensuite l'objet d'une représentation graphique, rendant compte de l'évolution de ce trait au fil des années et en fonction de la situation de la station (amont/aval).

IV) Outils d'interprétation approfondie

Divers indices et outils sont utilisés, dans le but d'approfondir la comparaison entre stations, et de tester la significativité des différences mises en évidence. Ces outils semblent nécessaires, car ils permettent de prendre une certaine distance critique vis-à-vis des résultats obtenus.

Indice de Shannon

$$H' = - \sum_{i=1}^S f_i \cdot \ln(f_i)$$

S = nombre total d'espèces

$f_i = n_i/N$

n_i = nombre d'individus d'une espèce dans l'échantillon

N = nombre total d'individus

Cet indice permet d'évaluer la diversité au sein d'une communauté en prenant en compte le nombre d'espèces mais également l'abondance des individus au sein d'une même espèce. (Grall J. & Coïc N., 2006; Marcon E., 2011)

NB : La détermination n'allant pas jusqu'au niveau de l'espèce, l'interprétation de la valeur brute de l'indice n'est pas possible. Cependant, cet indice est utilisé à des fins de comparaisons entre les stations.

Indice d'équitabilité de Pielou (1966)

Cet indice traduit le degré de diversité atteint par rapport au maximum théorique. Tout comme l'indice de Shannon dont il est tiré, sa valeur brute ne peut être interprétée dans ce cadre, mais sera utilisée à des fins de comparaisons.

Avec : $H'_{\max} = \log S$

$$J = \frac{H'}{H'_{\max}}$$

Indice de Jaccard (JACCARD, 1901)

L'indice et la distance de Jaccard sont utilisés pour comparer la similitude de deux échantillons en s'intéressant à leur diversité. Il traduit la proportion d'espèces communes par rapport au total des espèces des deux relevés réunis. Il ne tient donc pas compte de l'abondance des espèces.

$$J(A, B) = \frac{|A \cap B|}{|A \cup B|}$$

Indice de Bray-Curtis

La distance de Bray-Curtis permet d'évaluer la dissimilarité, en termes d'abondance, entre deux échantillons donnés.

Le calcul est le suivant :

$$\text{Indice de Bray – Curtis} = 1 - \frac{2W}{A + B}$$

W = somme des valeurs d'abondance les plus faibles pour chaque espèce commune aux deux échantillons.

A = somme des abondances de toutes les espèces trouvées dans un échantillon donné

B = somme des abondances des espèces d'un autre échantillon

I2M2

Il s'agit d'un indice Invertébré multi-métrique, récemment mis au point. Dans sa version actuelle, l'I2M2 est une combinaison de l'indice de diversité de Shannon, l'ASPT, l'abondance relative des taxons polyvoltins, l'abondance relative des taxons ovovivipares et la richesse taxonomique. (MONDY et al, 2012)

Dans ce cas de figure, les métriques composant l'I2M2 seront utilisées à des fins comparatives, le calcul de l'I2M2 étant beaucoup plus complexe, et faisant intervenir des coefficients auxquels l'accès n'est guère possible dans le cadre de cette étude.

Étude du groupe indicateur (GI) et de la variété taxonomique (VT)

Pour chacune des listes établies, deux composantes sont déterminées sur la base de la grille de calcul de l'IBGN : le groupe indicateur (GI) qui correspond à la qualité de l'eau et la variété taxonomique (VT) qui informe sur la diversité des habitats. Le groupe indicateur représente le taxon le plus polluo-sensible, présent en quantité suffisante dans les échantillons. La variété taxonomique est quant à elle donnée par le nombre de taxons pris en compte par la norme.

L'Équivalent IBG

Cette note, tout en intégrant le nouveau protocole IBG-DCE, reste comparable aux données antérieures issues du protocole IBGN. En effet, la séparation des prélèvements par phases autorise le regroupement des phases A et B pour le calcul de cet indice. Celui-ci est obtenu selon la grille IBGN, en croisant les scores du groupe indicateur et de la variété taxonomique (Annexe 16).

Évaluation de la robustesse de la note

Certaines familles polluo-sensibles peuvent présenter un genre ou une espèce plus résistante aux perturbations que les autres. La note indicielle peut alors être surestimée. On évalue la robustesse de la note, c'est-à-dire la pertinence de celle-ci, en supprimant le premier groupe indicateur de la liste faunistique et en déterminant l'Équivalent IBG avec le groupe suivant.

Biological Monitoring Working Party

Ce système a été introduit en Grande-Bretagne en 1980 pour fournir un indice de la qualité globale des rivières, en se basant sur les macro-invertébrés aquatiques. (PAINSLEY et al, 2013). Le calcul du B.M.W.P. est établi à partir d'une liste de taxons indicateurs regroupés suivant des scores de tolérances à la pollution. Le score final est obtenu en effectuant la somme des scores de sensibilité attribués à toutes les familles de la liste faunistique, selon la grille présentée en Annexe. (ARMITAGE et al, 1983)

Average Score Per Taxon

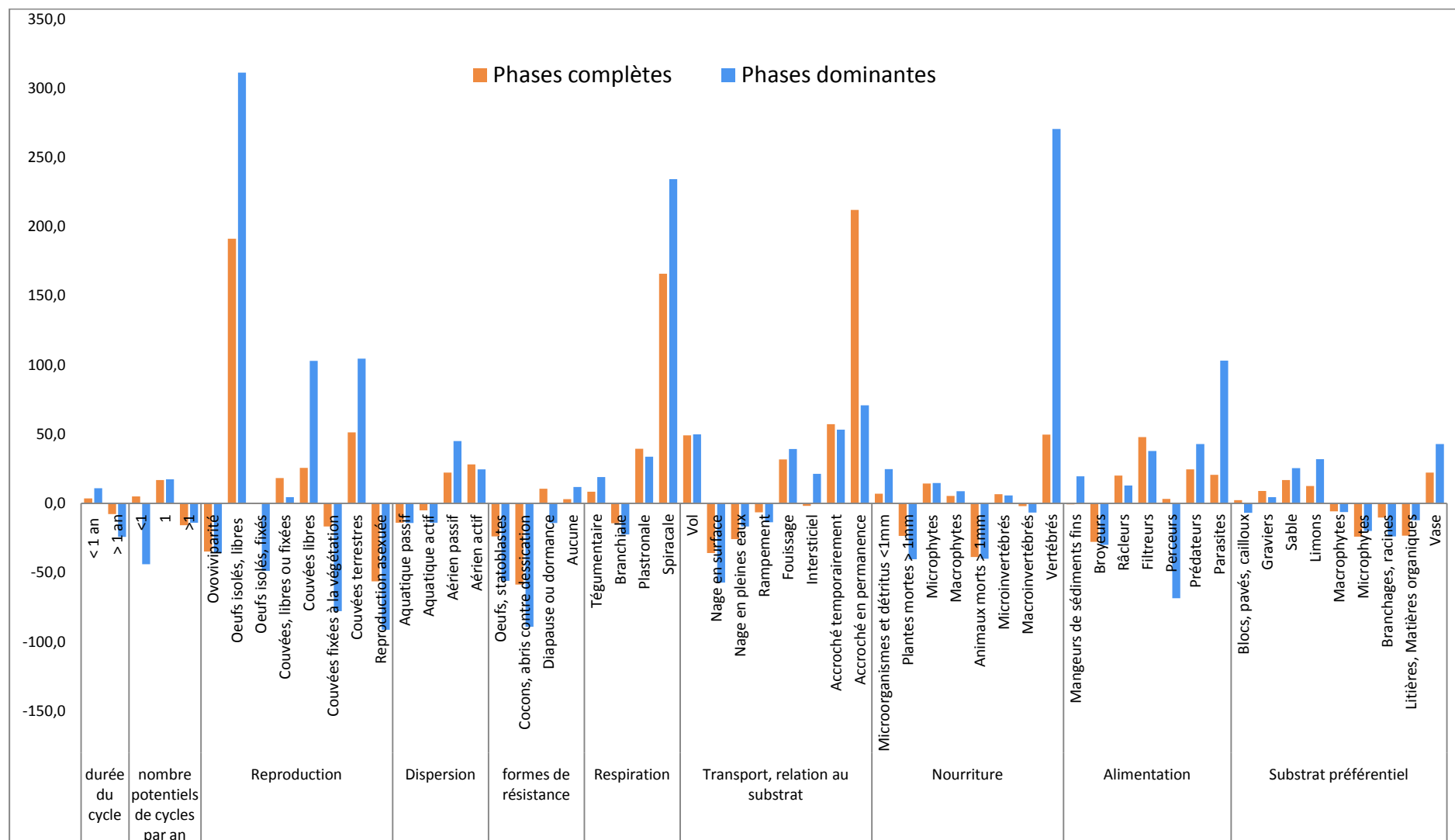
Le score moyen par taxon (A.S.P.T.) est calculé en divisant le score du BMWP par la diversité taxonomique. Cela permet de s'affranchir de l'effet « habitat » induit par le BMWP. (En effet, la diversité faunistique, sur laquelle se base le BMWP est révélatrice de la diversité des habitats). Son utilisation est recommandée dans la mesure où il varie moins en fonction de la taille de l'échantillonnage que le B.M.W.P. (ARMITAGE et al, 1983).

Tableau 6. Tendances prédictives des traits biologiques de macro-invertébrés benthiques en cas de colmatage et observations pour le cours d'eau « l'Acacia »

Trait	Tendance en cas de colmatage	Différences de proportions pour l'Acacia	Hypothèse
Nombre de cycles par an	medium ; polyvoltinisme	- 16% de polyvoltins	contraire
Mode de reproduction	pontes libres	+ 217% de pontes libres	cohérente
	ovoviviparité, reproduction asexuée	-56% d'ovoviviparité	contraire
Formes de résistance	Aucune forme de résistance	-24% d'œufs -59% de cocons et abris	cohérente
mode de respiration	diminution de "branchiale" au profit de "tégumentaire"	-15% de "branchiale" et + 8% de "tégumentaire" en aval	cohérente
Transport et relation au substrat	Nageurs	-30% de "nageurs" en aval	contraire
	Fouisseurs	+30% de fouisseurs en aval	cohérente
Nourriture	microorganismes	+6% de microorganismes	non significatif
Mode d'alimentation	mangeurs de sédiments fins	-1% de mangeurs de sédiments	contraire
	Filtreurs	+48% de filtreurs en aval	cohérente

D'après Descloux, 2011 ; LARSEN, 2009 ; DEMARS et al, 2012.

Figure 5. Evolution du pourcentage de représentation de chaque modalité de traits biologiques en aval, par rapport à l'amont (phases dominantes et toutes phases). Par exemple, pour le trait « reproduction », en phases complètes, la modalité « œufs isolés, libre » est plus représentée en aval de 200% par rapport, tandis que la modalité « ovoviviparité » est moins représentée de 40% par rapport à l'amont.



Résultats et analyse

I) Analyses des traits biologiques entre amont et aval

La Figure 4 permet de repérer facilement les différences de proportions des modalités de traits, selon le regroupement des phases. On remarque ainsi que les différences entre amont et aval sont plus exacerbées en phases dominantes seules.

En effet, comme présenté dans le tableau 3, le substrat « Bryophyte », habitat le plus biogène⁷, est classé en dominant pour la station amont, tandis qu'il n'est que marginal en aval. Quant au substrat « argile », habitat le moins biogène, il fait partie des substrats dominants de la station aval. Cela induit nécessairement un biais dans la densité et la diversité des macro-invertébrés échantillonnés, biais non corrélés au colmatage, mais aux conformations des stations. C'est pourquoi les résultats présentant les liens potentiels entre colmatage et traits biologiques des peuplements seront présentés pour les phases complètes. Le biais est donc limité mais perdure, puisque le substrat « hydrophyte » présent uniquement dans la station amont, est le deuxième substrat le plus biogène.

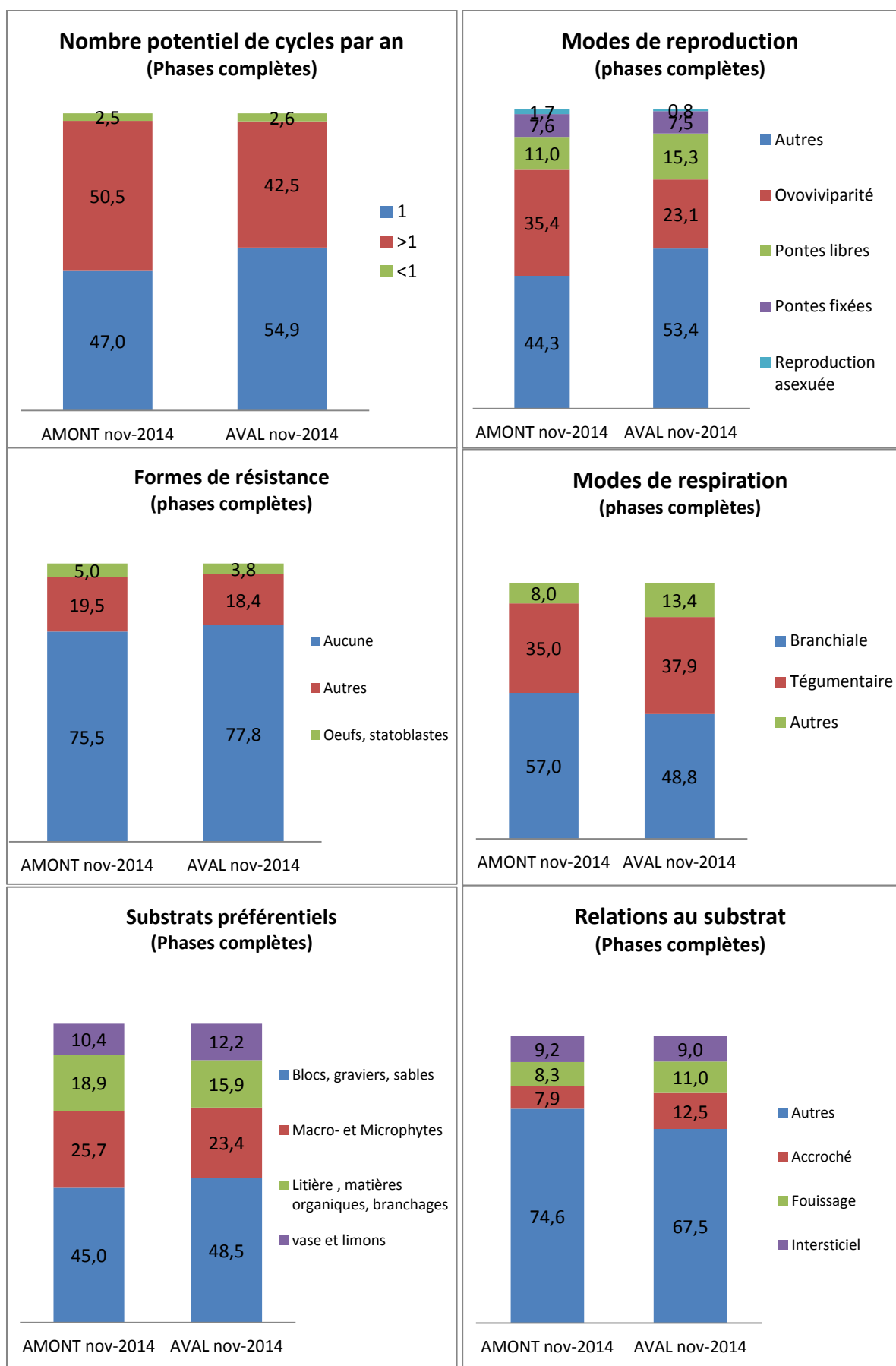
Il aurait été utile d'avoir accès à la composition faunistique de chaque échantillon élémentaire afin de limiter ce biais, et de pouvoir pondérer chaque échantillon par la superficie de la station. En effet, le protocole effectué sur le terrain donne accès au pourcentage de recouvrement de chaque substrat. En outre, il aurait été possible de se focaliser sur les échantillons les plus colmatés et tenter ainsi de relier plus finement les variables « colmatage » et « traits biologiques des macro-invertébrés ».

Les proportions de chaque modalités de traits biologiques obtenues sont analysées, afin d'être confrontées aux tendances prédictives de l'hypothèse de départ.

Les graphiques obtenus (Annexes 12 et Figure 7) ne discriminent pas nettement les deux stations en termes de traits biologiques et de fonctionnalité. En outre, les écarts de proportions les plus importants ne vont en général pas dans le sens de l'hypothèse. Ainsi, le polyvoltinisme, l'ovoviviparité et le trait « nageurs » sont plus représentés en amont, et sont contraires à l'hypothèse de départ. On note cependant une augmentation significative de la proportion du trait « pontes libres » (+217%), ainsi qu'une diminution de 15% de la proportion de la modalité « respiration branchiale ». L'augmentation de 48% de filtreurs en aval et la diminution de la proportion de formes de résistance vont également plutôt dans le sens de l'hypothèse. Il faut tout de même souligner l'importance des traits « polyvoltinisme » et « ovoviviparité » qui restent, d'après la bibliographie, les indicateurs les plus susceptibles de répondre à une pression de colmatage. Quant aux autres résultats, ils ne sont pas assez significatifs pour être mentionnées.

⁷ Biogène : qui produit ou facilite le développement de la vie. (LAROUSSE, 2015)

Figure 6. Exemples de comparaison de traits biologiques entre les stations amont et aval (nov-2014).



II) Outils d'interprétation approfondie

Le manque d'éléments de comparaison et d'échelle pour qualifier la significativité des différences obtenues entre amont et aval encourage l'utilisation d'autres outils pour analyser l'impact potentiel du colmatage sur cette portion de cours d'eau.

1) Etude de la relation Amont/Aval

On cherche à étudier la liaison possible entre les deux stations, et à tester si les différences taxonomiques et fonctionnelles sont significatives. Les données utilisées sont toujours les listes faunistiques des stations amont et aval. La normalité des données est tout d'abord testée.

Test de normalité de Shapiro-Wilk ($\alpha = 0.05$)

	Amont	Aval
p-value	3.918e-15	1.286e-15
Normalité	Non	Non

Puisque les variables ne suivent pas une loi Normale, on utilise un test non paramétrique pour qualifier l'intensité de la liaison entre les deux stations.

Test de corrélation de Spearman : composition faunistique

H_0 : le coefficient de corrélation r n'est pas significativement différent de 0, il n'y a pas de liaison entre les 2 variables.

H_1 : le coefficient de corrélation r entre les 2 variables étudiées est significativement différent de 0, celles-ci sont bien liées.

Rho	p-value
0.7702152	4.181e-16

On rejette H_0 , il y a bien une liaison positive entre les deux variables quantitative, le risque d'erreur est $p < 4,18.10^{-16}$.

La valeur de ce coefficient indique qu'il n'y a pas de différence significative entre les deux variables en termes de composition faunistique.

Test de corrélation de Spearman : composition fonctionnelle

Rho	p-value
0.9388125	2.2e-16

On rejette H_0 , il y a bien une liaison positive entre les deux variables, le risque d'erreur est $p < 2.2e-16$.

La liaison fonctionnelle est encore plus importante que la liaison taxonomique, ce qui sous-entend que la fonctionnalité du cours d'eau n'est pas impactée, puisque les traits biologiques des deux cours d'eau sont fortement liés. On peut supposer que les taxons qui diffèrent occupent des niches écologiques similaires, ce qui permet de garder une certaine stabilité fonctionnelle.

Tableau 7. Indices de Jaccard décrivant le degré similitude des compositions faunistiques entre différentes stations et années

Indices de Jaccard				
	AMONT Nov-2014	AVAL Nov-2014	AVAL Avr-2014	AVAL Avr-2013
AMONT Nov-2014		0,72	0,46	0,54
AVAL Nov -2014			0,54	0,54
AVAL Avr-2014				0,49
AVAL Avr-2014				

Tableau 8. Indices et outils divers caractérisant les différentes stations et années de suivis.

		avr-13	avr-14	nov-14	nov-14
		Aval chantier	Aval chantier	Amont chantier	Aval chantier
Effectifs totaux	N	2019	1135	5105	3410
Variété taxonomique totale	TAX	52	54	68	56
[Indice de Shannon-Weaver]	H'	2,18	2,89	3,01	3,01
[Equitabilité de Pielou]	H'/ln(S)	0,55	0,72	0,71	0,75
Biological Monitoring Working Party	BMWP	241	279	338	262
Average Score Per Taxon	ASPT	6	6,2	6,3	6
Indice EPT	EPT	2,23	0,10	0,90	0,68
Groupe indicateur (/9)	GI	7	7	9	6
		Leuctridae	Leuctridae	Taeniopterygidae	Lepidostomatidae
Variété taxonomique (/14)	VT	10	15	12	10
Indice (/20)	IBG	16	15	20	15
IBG robuste _ GI robuste		15 _ 6	14 _ 6	18 _ 7	15 _ 6
Etat biologique		Très bon	Bon	Très bon	Bon

NB : La variété Taxonomique totale TAX est calculée d'après la liste fournie par la norme IBG-DCE XPT90-388. La variété taxonomique VT, rentrant dans le calcul de la note IBGN est établie d'après la norme AFNOR T90-350.

2) Calculs d'indices et comparaisons des saisons

Les indices présentés précédemment sont calculés pour permettre de comparer les résultats obtenus sur plusieurs saisons et fournir ainsi un repère à l'analyse.

Les cortèges faunistiques diffèrent plus entre les saisons d'échantillonnages qu'entre l'amont et l'aval du viaduc. C'est ce que met en évidence l'indice de Jaccard, qui attribue 72% de similitudes à l'amont et l'aval 2014 (novembre 2014), mais seulement 54% de similitude entre les avals d'avril et de novembre 2014, prélevés pourtant sur la même station. Les indices de dissimilarité de Bray-Curtis, présentés en Annexes 18 aboutissent au même constat. Les indices de Shannon et de Pielou, non interprétables en valeurs brutes, vont dans le même sens : l'effet de saisonnalité a plus d'impact sur la composition faunistique que le colmatage favorisé par les travaux du viaduc. Les comparaisons graphiques des différentes saisons aboutissent au même constat pour l'analyse des traits biologiques (Annexes 19). Pour chaque trait biologique, l'écart de proportion entre amont et aval en 2014 paraît peu significatif, en regard aux écarts entre saison. Seul le trait « mode de respiration » discrimine légèrement la station aval Nov-2014 : la modalité « respiration branchiale » représente ainsi 49% des échantillons de cette station, tandis qu'elle représente respectivement 59%, 61% et 57% pour les échantillons Aval Avr-2013, Aval Avr-2014 et Amont Nov-2014. Ces différences ne sont cependant pas interprétables en termes d'impact du colmatage sur les traits biologiques.

Enfin, on peut s'intéresser à la densité de macro-invertébrés des différents échantillons à disposition.

La comparaison des différentes saisons est difficile à établir, puisque ce paramètre de saisonnalité impacte énormément les peuplements (date d'éclosion, de reproduction, mortalité...). En partant de ce constat, la différence de note IBG est également à relativiser puisque le groupe indicateur polluosensible « *Taeniopterygidae* » n'est pas encore présent en avril, de par son cycle biologique, alors qu'il est présent, en amont comme en aval dans les prélèvements de novembre.

Sur la figure 10, on peut noter un écart de 1700 individus, soit une potentielle diminution de 33% entre l'amont à l'aval. Si l'on complète cette comparaison au niveau taxonomique, on constate que la densité de la plupart des taxons suit cette tendance. La littérature indique qu'en cas de colmatage léger, si la composition faunistique n'était pas changée, la densité de peuplement pouvait chuter d'au moins 10%, notamment par dérive des organismes en réponse à la perturbation. (LARSEN, 2009 ; DESCLOUX et al, 2011)

Figure 7. Distribution des modalités de reproduction pour les différentes stations

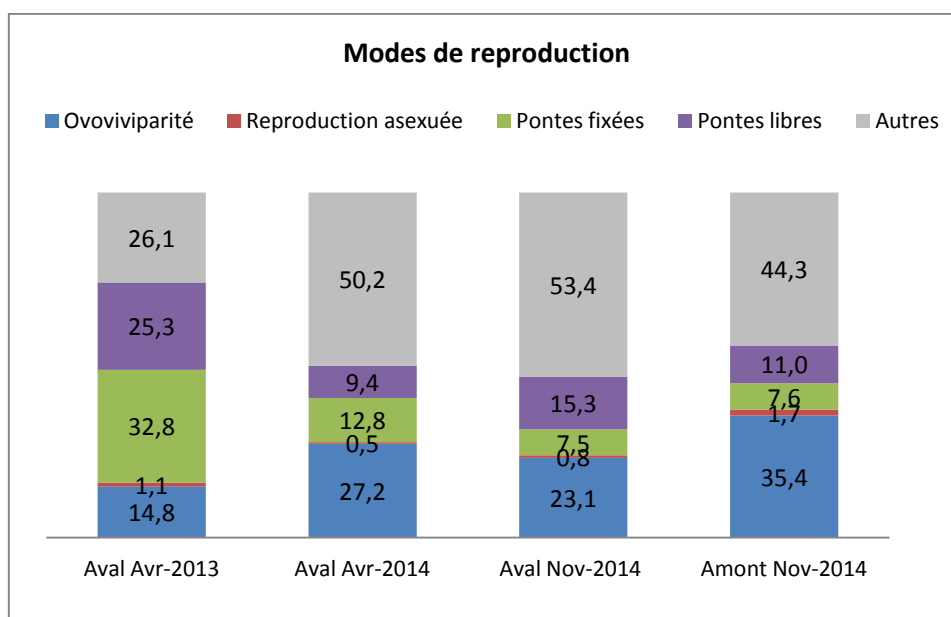
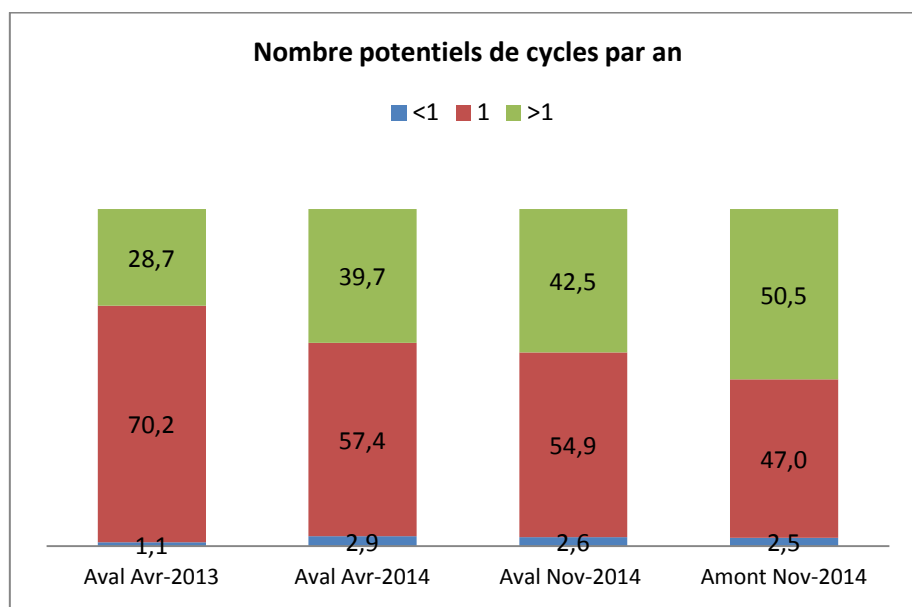


Figure 8. Distribution des nombres de cycles vitaux pour les différentes stations



Cette hypothèse pourrait être formulée pour des taxons enclins à la dérive naturelle comme catastrophique (ici l'apport de matières fines) tels que les genres *Lepidostoma* ou *Mystacides* (Trichoptères), dont les effectifs respectifs s'élèvent à 134 et 44 individus en amont, contre 9 et 10 en aval ; ou encore *Aphelocheirus* (Hétéroptères) qui passe de 51 individus en amont à 8 en aval ; et *Baetis* (éphéméroptères) passant de 250 à 92 individus. (NEUSWANGER, 2015)

Une nouvelle fois, l'hétérogénéité des habitats, et en particulier la différence de biogénité entre deux substrats des stations peut-être invoquée pour expliquer ces écarts, en plus des aléas d'échantillonnage. L'analyse des traits biologiques de ces taxons, confrontée à la littérature (DELMARS et al, 2012) donne du poids à cette explication. Ainsi, on constate que les genres *Lepidostoma* et *Baetis* ont énormément d'affinités avec le substrat « Macrophytes », uniquement échantillonné en Amont (« Hydrophytes »). Ces écarts d'effectifs ne paraissent donc pas illogiques. Il en est de même pour les taxons *Aphelocheirus* et *Mystacides* inféodés au substrat « hydrophytes » de par leur alimentation. (TACHET et al, 2010).

Cette deuxième hypothèse ne semble donc pas valable, et amène une nouvelle fois à ne pas relever d'impact significatif du colmatage minéral sur les populations de macro-invertébrés.

Figure 9. Proportions de respirations branchiales pour les différentes stations échantillonnées

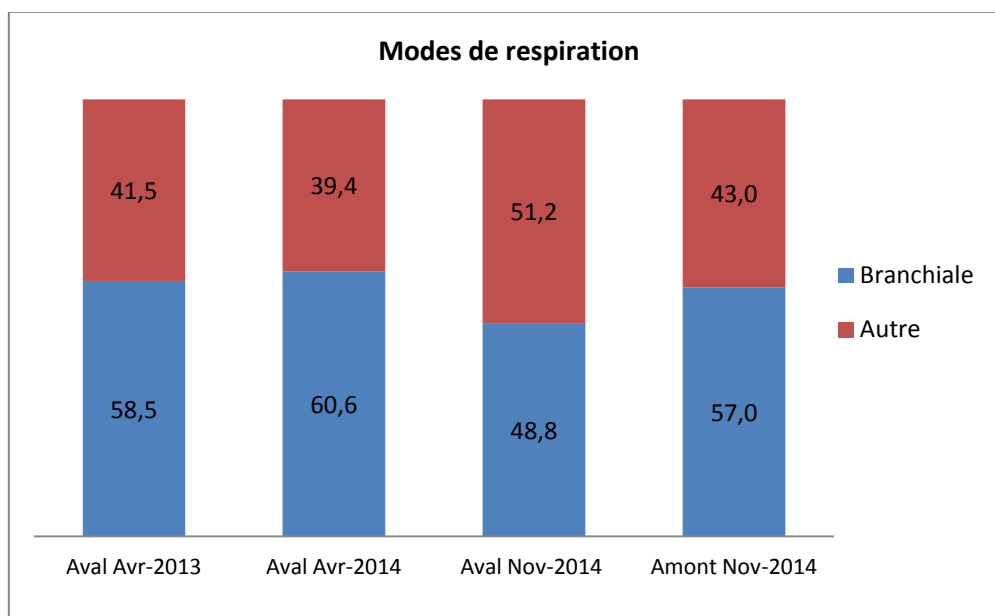
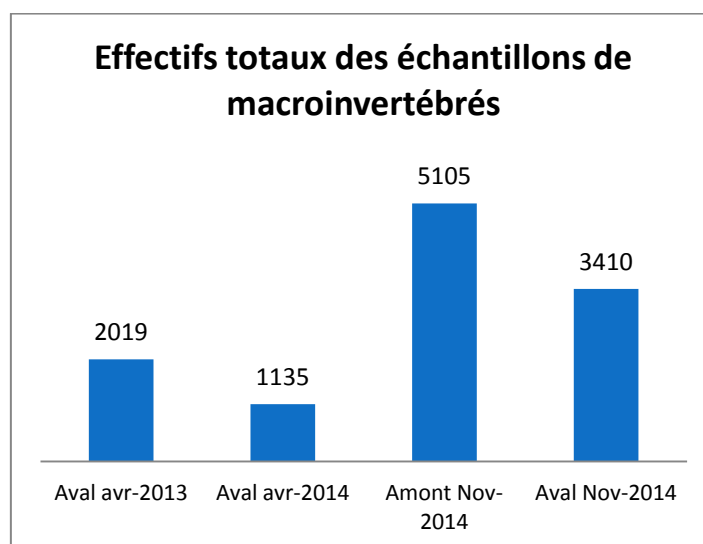


Figure 10. Densité de macro-invertébrés des différents échantillons



Discussion

De nombreuses précisions peuvent être apportées pour souligner les limites de cette analyse, et les nuances à apporter aux prédictions bibliographiques.

Tout d'abord, l'époque du prélèvement est importante puisque l'effet de la perturbation peut s'atténuer plus ou moins rapidement. La résilience⁸ du cours d'eau dépend en partie du débit et de la profondeur du cours d'eau, qui conditionneront le transport et le dépôt des sédiments. Elle peut se manifester par l'essaimage de macro-invertébrés à partir des zones amont moins impactées, et leur recolonisation. Ici, l'impact du colmatage n'ayant pas été considéré comme une réelle perturbation pour la macrofaune, on ne peut étudier la résilience.

Etant menée sur un seul cours d'eau, la démarche scientifique de cette analyse a peu de poids, notamment au niveau statistique. En effet, cette approche, qui se veut innovante, nécessiterait d'être conduite sur de nombreux cours d'eau (colmatés et non colmatés) afin de permettre une analyse et une comparaison plus fines des résultats et d'apporter une certaine robustesse à la démarche. Ne disposant pas de références ou de résultats d'analyses similaires, il est difficile de juger de la significativité des résultats, même lorsque l'écart de proportion est important. Des seuils pourraient ainsi être définis pour identifier des tendances dans la distribution des traits biologiques.

Par ailleurs, l'échantillonnage doit s'affranchir au maximum du biais induit par l'hétérogénéité des stations, et les mêmes types de substrats doivent être prélevés. Un tri par échantillon élémentaire, comme suggéré précédemment, semble impératif afin de limiter ce biais et de relier directement le potentiel effet du colmatage à la composition et la densité faunistique. On peut également suggérer, pour une plus grande robustesse des résultats, un plus grand nombre de prélèvements pour chaque substrat dominant (c'est le cas par exemple du protocole MAG 20, qui prévoit un échantillonnage plus important (DECOURCIERE et al, 2000). En outre, une attention doit être apportée à la saison de prélèvement, qui conditionne le développement (stade ontogénétique par exemple) et la présence des taxons.

Le test de Spearman portant sur les traits fonctionnels est également à remettre en perspectives. D'une part, le nombre de modalités par trait biologique étant limité, le test a été effectué sur l'ensemble des traits biologiques, lissant ainsi les potentielles différences significatives individuelles. D'autre part, d'une manière générale, l'on pourrait arguer que l'utilisation de ce test statistique s'adapte rarement à la réalité biologique. Il faudrait effectivement pondérer les variables en fonction de leur importance respective dans l'interprétation biologique. Par exemple, dans le cas de l'impact du colmatage sur la distribution des traits biologiques, le trait « respiration » est un bien meilleur indicateur que le trait « mode de dispersion ». C'est pourquoi l'utilisation d'indices spécialement mis au point ; tel que l'I2M2, est plus adaptée à ce genre d'analyse.

⁸ Résilience : capacité de retour à un état initial après une perturbation. (Aquaportail.com)

Les tendances de traits biologiques observées dans la littérature peuvent quant à elles être nuancées.

D'une part, les seuls effets du colmatage sur les populations de macro-invertébrés sont difficiles à percevoir. On a notamment constaté, au travers de cette analyse, et en s'appuyant sur la littérature, que le type de méso-habitats était le plus important facteur explicatif de la diversité faunistique d'un échantillon, et contribuait pour 40% à la variabilité des traits biologiques (DEMARS et al, 2012). D'autres facteurs, comme le type de bassin hydrographique, la géomorphologie du cours d'eau (débit, profondeur...) et sa ripisylve, l'échelle d'étude utilisée, la physico-chimie de l'eau (température, pH...) interviennent sur la distribution de macro-invertébrés. L'Acacia par exemple, est naturellement sableux ; or, ce type de substrat a tendance à stocker de plus grandes quantités de sédiments fins (Metza et smock, 1990).

Différentes formes de colmatage existent également, conditionnant donc différentes intensités de réponse à cette perturbation. Ainsi, l'effet négatif sur la macrofaune est le plus apparent lorsque sédiments organiques et minéraux sont associés (LARSEN, 2009).

La forme et la taille des sédiments influencent également le comportement de réponse chez certains macro-invertébrés. C'est le cas du genre *Hydropsyche* dont les individus dérivent lorsqu'ils sont confrontés à des sédiments fins de moins d'un millimètre, tandis qu'ils ne présentent pas ce comportement pour des sédiments plus gros. (LARSEN, 2009)

La fréquence et la durée d'exposition, ainsi que la concentration en matières fines sont également des paramètres à prendre en compte dans l'analyse de l'impact du colmatage sur la qualité des rivières (GAYRAUD et al, 2001).

Conclusion

Cette analyse fonctionnelle va dans le sens de l'analyse classique réalisée en 2014 et n'ayant pas révélé d'impact significatif du colmatage minéral sur la qualité du cours d'eau l'Acacia. Ainsi, il semblerait que la fonctionnalité de la station aval, présentant pourtant un taux de colmatage plus important, ne présente pas de différence significative avec la station amont.

L'apport de matières fines minérales dans l'Acacia favorisé par le chantier, n'a pas d'impact visible sur le cours d'eau.

Les résultats obtenus ne vérifient pas l'hypothèse de départ se basant sur les prédictions issues des recherches bibliographiques : les proportions de traits fonctionnels ne suivent pas les prédictions et la composition faunistique ne laisse pas penser à un changement de population.

Il paraît intéressant de poursuivre le suivi de ce cours d'eau, en centrant l'analyse sur la pression de colmatage. En effet, des aménagements de la culée sont prévus à l'aval immédiat du pont afin de limiter l'apport de sédiments dans le cours d'eau. Par ailleurs, la ripisylve et la zone de bordure, plus en aval, ont été complètement défrichées et mises à nues (exploitation forestière) et exposent une nouvelle fois le cours d'eau à une pression de lessivage et de colmatage par les sédiments fins. Une analyse similaire, intégrant les remarques faites dans la partie « discussion » (biais d'hétérogénéité, délais de prélèvements après les intempéries...) permettrait donc d'approfondir la démarche.

Liste des figures

Figure 1. Vue de la culée après l'épisode orageux	13
Figure 2. Colmatage minéral de l'Acacia à l'aval du pont.....	13
Figure 3. Mesures des profondeurs d'anoxie.....	13
Figure 4. Suivi granulométrique réalisé par AQUABIO (novembre 2014).....	15
Figure 5. Evolution du pourcentage de représentation de chaque modalité de traits biologiques en aval, par rapport à l'amont (phases dominantes et toutes phases). Par exemple, pour le trait « reproduction », en phases complètes, la modalité « œufs isolés, libre » est plus représentée en aval de 200% par rapport, tandis que la modalité « ovoviviparité » est moins représentée de 40% par rapport à l'amont.....	27
Figure 6. Exemples de comparaison de traits biologiques entre les stations amont et aval (nov-2014).....	29
Figure 7. Distribution des modalités de reproduction pour les différentes stations	33
Figure 8. Distribution des nombres de cycles vitaux pour les différentes stations	33
Figure 9. Proportions de respirations branchiales pour les différentes stations échantillonnées	35
Figure 10. Densité de macro-invertébrés des différents échantillons	35

Liste des tableaux

Tableau 1. Résultats de l'IBG-DCE novembre 2014.....	15
Tableau 2. Intensité de colmatage des sites amont et aval. (Représentatif de l'échantillonnage, et non pas strictement de la station en elle-même).....	17
Tableau 3. Distribution des substrats de l'échantillonnage pour les stations amont et aval.	17
Tableau 4. Traits biologiques d'intérêts	19
Tableau 5. Exemple de calcul de différences de proportion entre amont et aval (Trait "reproduction" en phases complètes)	21
Tableau 6. Tendances prédictives des traits biologiques de macro-invertébrés benthiques en cas de colmatage et observations pour le cours d'eau « l'Acacia »	26
Tableau 7. Indices de Jaccard décrivant le degré similitude des compositions faunistiques entre différentes stations et années.....	31
Tableau 8. Indices et outils divers caractérisant les différentes stations et années de suivis. ...	31

Bibliographie

AFNOR. Mars 2012. Guide d'application de la norme expérimentale XP T 90-333 :2009 (Prélèvements des macro-invertébrés aquatiques en rivières peu profondes).

AQUABIO. Documentation interne. (Confidentiel)

ARCHAIMBAULT V., DUMONT B. Mai 2010. L'indice biologique global normalisé (IBGN), principes et évolution dans le cadre de la directive cadre européenne sur l'eau. Sciences Eaux & Territoire n°01, IRSTEA.

ARMITAGE, MOSS D., WRIGHT J.F., FURSE M.T. 1983. The performance of a new biological water quality score system based on macroinvertebrates over a wide range of unpolluted runningwater sites. Water Res. 17, 333-347.

DECOURCIERE H. et DEGIORGI F. 2000. Note technique interne. Protocole d'analyse semi-quantitative des communautés benthiques : le MAG20.

Disponible sur : <http://teleos.info/images/MAG20.pdf>

DEMARS B., KEMP J., FRIBERG N., USSEGLIO-POLATERA P., HARPER D. Avril 2012. Linking biotopes to invertebrates in rivers: Biological traits, taxonomic composition and diversity.

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. Agricultural sciences. Université Claude Bernard - Lyon I.

Disponible sur : <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01002506/document> [consulté le 10/04/2015]

DREAL ALSACE. 2006. Le système d'Evaluation de la Qualité des Cours d'Eau. La qualité des cours d'eau en Alsace : 10 ans de suivi (1997-2006)

Disponible sur : http://www.alsace.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/SEQ_cle0b3cd9.pdf [consulté le 12/03/2015]

DREAL Lorraine. Septembre 2012. Méthode rapide de prélèvement de macro-invertébrés en cours d'eau peu profonds pour une recherche de diversité.

Disponible sur : [consulté le 18/05/2015] http://www.lorraine.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/methode_rapide_macroinv_cle069d52.pdf

EAU-FRANCE. Glossaire sur l'eau.

Disponible sur : <http://www.glossaire.eaufrance.fr/concept/zone-hyporh%C3%A9ique> [consulté le 10/04/2015]

FIRMIGNAC F., J.M. LASCAUX., Juillet 2008. Analyse des peuplements de macro-invertébrés benthiques sur les stations à Moules perlières (*Margaritifera margaritifera*) du Cousin.

Disponible sur : [consulté le 11/05/2015]

http://www.liferuisseaux.org/realisations_etudes/Cousin/ANALYSEPEUPLEMENTMACROINVERTEBRESCOUSINMAG%2020.pdf

GAYRAUD S., HEROUIN E., PHILIPPE M., 2001. Colmatage du lit minéral des cours d'eau : revue bibliographique des conséquences sur les habitats et les peuplements de macroinvertébrés.

Disponible sur :

http://www.irstea.fr/sites/default/files/ckfinder/userfiles/files/2Gayraud_2002_ColmatageLitInvert%C3%A9s.pdf [consulté le 10/04/2015]

GRALL J., COÏC N. Synthèse des méthodes d'évaluation de la qualité du benthos en milieu côtier. IFREMER.

Disponible sur : [consulté le 06/05/2015]

http://www.rebent.org//medias/documents/www/contenu/documents/Grall_Synthese_indicateurs_benthos.pdf

LARSEN S. 2009. The effects of deposited sediments on temperate stream invertebrates. School of Biosciences. Cardiff University.

MARCON E. Mesure de la biodiversité. Unité Mixte de Recherche. 42p. 2011

MARMONIER P., DELETTRE Y., LEFEBVRE S., GUYON J., BOULTON A.J. 2004. A simple technique using wooden stakes to estimate vertical patterns of interstitial oxygenation in the beds of rivers. 133-143p.

MONDY C., VILLENEUVE B., ARCHAIMBAULT V., USSEGLIO P. Septembre 2011. A new macroinvertebrate-based multimetric index (I2M2) to evaluate ecological quality of French wadeable streams fulfilling the WFD demands: A taxonomical and trait approach.

MONDY CP., VILLENEUVE B., ARCHAIMBAULT V., USSEGLIO-POLATERA P. (2012). A new macroinvertebrate-based multimetric index (I2M2) to evaluate ecological quality of French wadeable streams fulfilling the WFD demands: A taxonomical and trait approach.

NEUSWANGER J. Aquatic Insect Encyclopedia. Troutnut.com. (2004-2015)

Disponible sur : <http://www.troutnut.com/hatch/2389/Caddisfly-Lepidostoma-Little-Plain-Brown-Sedges> Consulté sur [le 16/06/2015]

PAIMPON.1994. La dérive des macroinvertébrés aquatiques : exemple du *Chaoborus flavicans* (Meigen)

Disponible sur : http://hebergement.u-psud.fr/ecotp/paimpont/1994/1994_13.pdf Consulté sur [le 20/05/2015]

PAISLEY, TRIGG, WALLEY. Juillet 2013. Revision of the biological monitoring working party (BMWP) score system : derivation of present – only and abundance – related scores from field data. Centre for Intelligent Environment Systems, Staffordshire University, UK. Disponible sur : wileyonlinelibrary.com

PICHARD C., 2014. Rapport d'essai (confidentiel).

REYJOL Y., SPYRATOS V., BASILICO L. 2012. Bioindication : des outils pour évaluer l'état écologique des milieux aquatiques. Les rencontres de l'ONEMA.
Disponible sur : <http://www.onema.fr/IMG/pdf/bioindication-outils-d-evaluation.pdf>

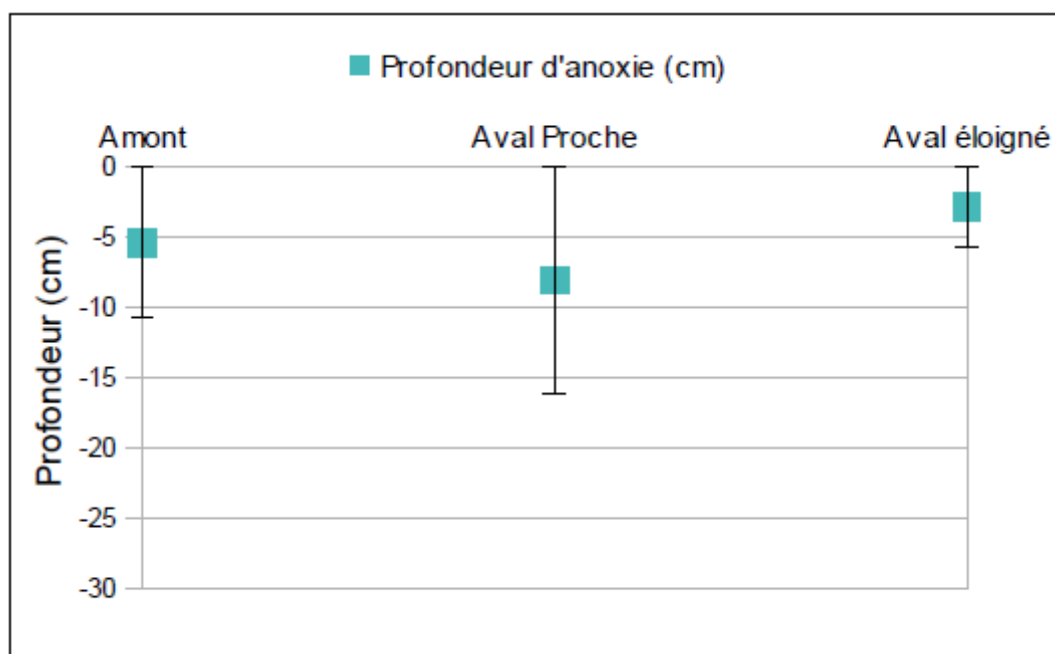
SYNDICAT AVAL DE LA VALLEE DE L'ITON. Glossaire des termes courants.
Disponible sur : <http://www.saviton.org/glossaire.php> [consulté le 12/03/2015]

TACHET H., RICHOUX P., BOURNEAUD M., USSEGLIO-POLTERA P. 2000. Invertébrés d'eau douce, systématique, biologie, écologie. Paris : CNRS Edition.

Annexes

Sommaire	1
Annexe 1. Suivi du colmatage de l'Acacia. Profondeurs d'anoxie mesurées par AQUABIO par la méthode des piquets. (AQUABIO, 2014)	2
Annexe 2. Fiche terrain du protocole IBG-DCE	3
Annexe 3. Listes faunistiques issues des échantillonnages de l'Acacia (AQUABIO, 2014)	4
Annexe 4. Echantillonnage de macro-invertébrés des stations amont et aval Nov-2014	7
Annexe 5. Tableau d'échantillonnage de macro-invertébrés de la station aval Avr-2014.....	8
Annexe 6. Tableau d'échantillonnage de macro-invertébrés de la station aval Avr-2013	8
Annexe 7. Exemple de l'estimation visuelle d'un colmatage superficiel : cas d'un colmatage par des sables d'un substrat constitué de pierres en substrat principal et de sables en substrat secondaire (DREAL Lorraine, 2012)	9
Annexe 8. Intensité du colmatage d'une placette de prélèvement. (AFNOR, 2012).....	9
Annexe 9. Grille de détermination du score BMWP.....	10
Annexe 12. Comparaison des traits biologiques entre amont et aval (novembre 2014).....	12
Annexe 13. Indices de Bray-Curtis	13
Annexe 15. Méso-habitats et exemples de traits de macro-invertébrés positivement associés. (DELMARS et al, 2012)	17

Annexe 1. Suivi du colmatage de l'Acacia. Profondeurs d'anoxie mesurées par AQUABIO par la méthode des piquets. (AQUABIO, 2014)



Annexe 2. Fiche terrain du protocole IBG-DCE



FICHE DE PRELEVEMENTS IBGN

(AFNOR T 90-350)

F-0001
Version 1.0
18/04/2014

N°Essai :	N° National :	Station :
Date :	Heure début :	Heure fin :
Préleveur :	Scribe/ Tuteur :	
Coord. amont X :	Y : E O	Longueur de la station :
Coord. aval X :	Y : E O	

CONTROLES TERRAIN		REMARQUES RELATIVES AU PRELEVEMENT
Nombre de pots :		
Prélèvements :	Facile Difficile	
Dérivation :	Oui Non	
Conformité :	Oui Non	
Signature du responsable de prélèvement		

à justifier en remarque

N° échantillon	1	2	3	4	5	6	7	8
Substrat (11 à 12)								
Prélevation (cote S1 à S20 ou végétation)								
Vitesse (N1 à N2)								
Facile d'accès								
Substrat secondaire (S1 à S20)								
Substrat tertiaire (S1 à S20)								
Nature du colmatage								
Intensité du colmatage								
Stabilité								
Hauteur (cm)								
Moyens de prélèvement								
Méthode de prélèvement								

N°	Vitesse spécifique V (m/s)	Vitesse spécifique V (m/s)							
		V > 150 (N1)	150 > V > 75 (N4)	75 > V > 25 (N5)	25 > V > 5 (N3)	V < 5 (N2)			
1	Bryophytes S1								
2	Sperms. Immergés (Hydrophytes) S2								
3	Debris organiques grossiers (litière S3, racines S2, branchages S4)								
4	Pierre (S7), galets (S8) (250mm > Ø > 25mm) S2A								
5	Granulats grossiers 250mm > Ø > 2,5mm (gravier) S9								
6	Sperms. émergents de la zone basse (halophytes) S10								
7	Vase (Ø < 0,25mm) S11								
8	Sable (S12), limon (S13) Ø > 2,5mm S25								
9	Surfaces dures (roc. et argil.) (rochers S14, dalles S15, reb. S16, pavés S17, blocs S18) S29								
10	Algues (S19) ou à défaut rochers et argiles (S19)								

NOTES COMPLÉMENTAIRES : 1. Zone d'échantillonnage 2. Direction du vent 3. Direction du courant 4. Direction du courant 5. Direction du courant 6. Direction du courant 7. Direction du courant 8. Direction du courant 9. Direction du courant 10. Direction du courant

REMARQUES : 1. Direction du vent 2. Direction du courant 3. Direction du courant 4. Direction du courant 5. Direction du courant 6. Direction du courant 7. Direction du courant 8. Direction du courant 9. Direction du courant 10. Direction du courant

REMARQUES : 1. Direction du vent 2. Direction du courant 3. Direction du courant 4. Direction du courant 5. Direction du courant 6. Direction du courant 7. Direction du courant 8. Direction du courant 9. Direction du courant 10. Direction du courant

REMARQUES : 1. Direction du vent 2. Direction du courant 3. Direction du courant 4. Direction du courant 5. Direction du courant 6. Direction du courant 7. Direction du courant 8. Direction du courant 9. Direction du courant 10. Direction du courant

REMARQUES : 1. Direction du vent 2. Direction du courant 3. Direction du courant 4. Direction du courant 5. Direction du courant 6. Direction du courant 7. Direction du courant 8. Direction du courant 9. Direction du courant 10. Direction du courant

Annexe 3. Listes faunistiques issues des échantillonnages de l'Acacia (AQUABIO, 2014)

Ordre	Famille	Taxon SANDRE	Effectifs amont nov-2014	Effectifs aval nov- 2014	Effectifs aval avr- 2014	Effectifs aval avr- 2013
Plécoptères	Leuctridae	Leuctra geniculata	0	0	1	37
	Leuctridae	Leuctridae	0	0	15	0
	Taeniopterygidae	Taeniopteryx	42	13	1	0
Trichoptères	Hydropsychidae	Cheumatopsyche	2	0	1	0
	Hydropsychidae	Hydropsyche	48	58	62	24
	Hydropsychidae	Hydropsychidae	120	208	0	4
	Hydroptilidae	Hydroptila	11	20	2	41
	Hydroptilidae	Ithytrichia	173	71	0	0
	Lepidostomatidae	Lepidostoma	134	9	0	2
	Leptoceridae	Adicella	2	0	1	0
	Leptoceridae	Athripsodes	1	5	1	1
	Leptoceridae	Ceraclea	0	0	6	11
	Leptoceridae	Mystacides	44	10	0	6
	Leptoceridae	Oecetis	13	4	0	0
	Limnephilidae	Anabolia	0	0	0	2
	Limnephilidae	Halesus	0	0	34	3
	Limnephilidae	Limnephilini	6	24	1	2
	Limnephilidae	Stenophylacini- Chaetopterygini	18	0	4	26
	Limnephilidae	Limnephilidae	12	0	0	0
	Molannidae	Molanna	3	0	0	0
	Polycentropodidae	Polycentropus	32	65	5	11
	Polycentropodidae	Cyrnus	0	2	0	11
	Psychomyidae	Lype	12	28	4	1
	Psychomyidae	Tinodes	0	0	1	0
	Rhyacophilidae	Rhyacophila lato- sensu	2	6	2	1
	Sericostomatidae	Sericostoma	18	7	0	0
	Sericostomatidae	Sericostomatidae	1	0	0	0
Ephéméroptè res	Baetidae	Baetis	250	92	53	17
	Baetidae	Centroptilum	5	15	0	1
	Baetidae	Procloeon bifidum	0	3	0	0
	Baetidae	Baetidae	1	0	0	0
	Caenidae	Caenis	13	21	9	2
	Ephemerellidae	Ephemerella ignita	2	0	120	0
	Ephemerellidae	Seratella	0	0	0	890
	Ephemeridae	Ephemera	139	85	29	13
	Leptophlebiidae	Paraleptophlebia	3	0	0	0

	Leptophlebiidae	Leptophlebiidae	1	0	0	0
Coléoptères	Dryopidae	Dryops	0	0	0	1
	Elmidae	Elmis	174	167	110	54
	Elmidae	Esolus	258	289	137	44
	Elmidae	Limnius	160	66	38	10
	Elmidae	Macronychus	0	0	1	1
	Elmidae	Normandia	1	32	0	0
	Elmidae	Oulimnius	35	44	2	17
	Elmidae	Riolus	45	62	7	20
	Elmidae	Stenelmis	14	13	13	8
	Gyrinidae	Orectochilus	5	10	1	1
	Hydraenidae	Hydraena	6	9	0	0
Diptères	Athericidae	Atherix	12	20	6	0
	Athericidae	Atrichops	9	17	1	2
	Ceratopogonidae	Ceratopogonidae	16	16	1	10
	Chironomidae	Chironomidae	957	812	63	352
	Empididae	Chelifera	0	0	0	2
	Empididae	Hemerodromiinae	0	11	2	3
	Limoniidae	Antocha	40	150	19	2
	Psychodidae	Psychodidae	0	0	0	2
	Simuliidae	Simuliidae	52	19	46	39
	Stratiomyidae	Stratiomyidae	0	0	0	1
	Tabanidae	Tabanidae	2	0	0	0
Hétéroptères	Aphelocheiridae	Aphelocheirus	51	8	1	0
	Corixidae	Micronecta	25	14	0	0
Odonates	Aeshnidae	Boyeria	1	1	0	0
	Calopterygidae	Calopteryx	8	4	2	2
	Gomphidae	Gomphus	0	0	2	0
	Gomphidae	Gomphidae	1	0	1	0
Planipennes	Sisyridae	Sisyra	12	3	5	0
Ostracoda		Ostracoda	0	0	0	0
Copépodes		Copepoda	0	0	0	0
Isopoda	Asellidae	Asellidae	91	2	2	33
Amphipoda	Gammaridae	Echinogammarus	546	149	149	160
	Gammaridae	Gammarus	47	23	2	2
	Gammaridae	Gammaridae	720	276	129	53
Gastropoda	Ancylidae	Ancylus	2	2	4	0
	Hydrobiidae	Potamopyrgus	240	215	15	6
	Lymnaeidae	Radix	0	0	2	0
	Neritidae	Theodoxus	77	95	0	0
	Physidae	Physa lato-sensu	0	1	0	0

	Planorbidae	Armiger	6	0	0	0
Bivalvia	Sphaeriidae	Pisidium	26	34	2	2
	Sphaeriidae	Sphaerium	2	6	1	3
	Sphaeriidae	Sphaeriidae	37	0	2	0
Turbellaria	Planariidae	Polycelis	178	41	7	0
	Dendrocoelidae	Dendrocoelum	0	0	0	1
	Dugesidae	Dugesidae	0	2	0	0
Hirudinea	Erpobdellidae	Erpobdellidae	2	0	0	0
Oligochaeta		Oligochaeta	139	51	10	82
Bryozoa		Bryozoa	0	0	0	0
Némathelmintha	Nematoda	Nematoda	0	0	0	0
Nemertea	Tetrastemmatidae	Prostoma	0	0	0	0
Porifera	Spongillidae	Spongillidae	0	0	0	0
Hydracarina		Hydracarina	0	0	0	0

Annexe 4. Echantillonnage de macro-invertébrés des stations amont et aval Nov-2014

	AVAL Nov-2014											
Numéro de pot	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Substrat	8	7	7	7	6	9	2	0	2	11	7	7
Précision	S5	S7	S7	S7	S30	S3	S13	S19	S13	S1	S7	S7
Vitesse	N1	N1	N3	N5	N5	N1	N1	N5	N3	N5	N6	N5
Phase	A	C	B	B	A	A	B	B	C	A	C	C
Faciès d'écoulement	3	3	8	8	8	3	3	8	3	8	9	9
Substrat secondaire	S9	S9	S9	S12	S7	S12	S9	/	S9	/	S11	S9
Substrat tertiaire	/	S12	S12	/	S12	/	/	/	S12	/	/	S12
Nature du colmatage	4	4	4	4	4	4	4	1	4	4	1	4
Intensité du colmatage	4	4	4	3	3	4	5	0	5	2	0	2
Stabilité	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Hauteur	15	15	20	30	30	20	30	40	20	15	20	30
Moyens de prélèvements	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
Mode de prélèvement	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P

	AMONT Nov-2014											
Numéro de pot	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Substrat	8	2	9	6	11	10	7	7	7	7	2	7
Précision	S5	S12	S3	S30	S1	CAL	S7	S7	S7	S7	S12	S7
Vitesse	N3	N1	N1	N5	N5	N5	N1	N5	N6	N3	N3	N5
Phase	A	C	A	A	B	A	C	B	C	B	B	C
Faciès d'écoulement	3	3	3	9	9	9	3	9	9	3	3	9
Substrat secondaire	S9	S9	S12	S9	/	S12	S3	S9	S11	S3	S9	S11
Substrat tertiaire	S12	/	/	S12	/	/	S12	S12	S12	S9	/	S12
Nature du colmatage	4	4	4	1	1	1	4	1	1	4	1	1
Intensité du colmatage	2	3	3	0	0	0	3	0	0	3	0	0
Stabilité	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Hauteur	20	25	15	20	15	20	15	15	20	20	20	25
Moyens de prélèvements	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
Mode de prélèvement	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P

Annexe 5. Tableau d'échantillonnage de macro-invertébrés de la station aval Avr-2014

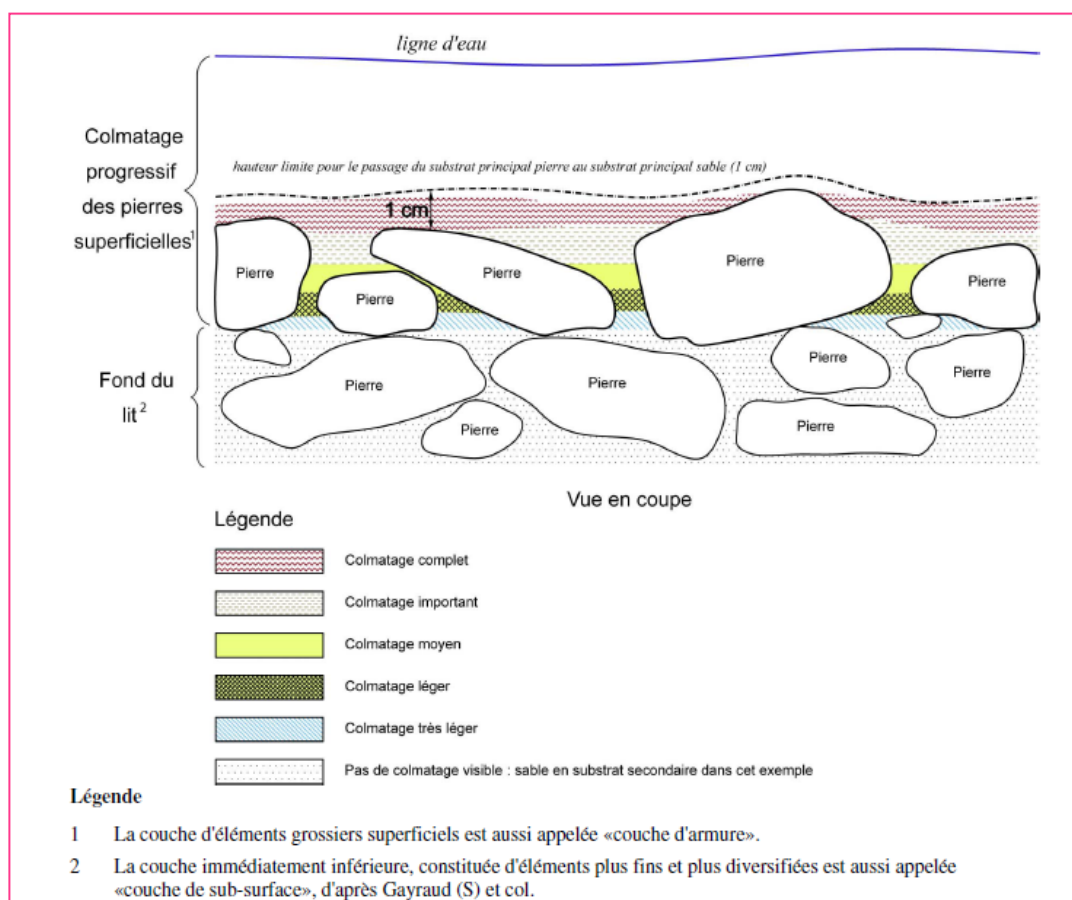
	AVAL Avr-2014											
Numéro de pot	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Substrat	8	2	9	6	11	10	7	7	7	7	2	7
Précision	S5	S12	S3	S30	S1	CAL	S7	S7	S7	S7	S12	S7
Vitesse	N3	N1	N1	N5	N5	N5	N1	N5	N6	N3	N3	N5
Phase	A	C	A	A	B	A	C	B	C	B	B	C
Faciès d'écoulement	3	3	3	9	9	9	3	9	9	3	3	9
Substrat secondaire	S9	S9	S12	S9	/	S12	S3	S9	S11	S3	S9	S11
Substrat tertiaire	S12	/	/	S12	/	/	S12	S12	S12	S9	/	S12
Nature du colmatage	4	4	4	1	1	1	4	1	1	4	1	1
Intensité du colmatage	2	3	3	0	0	0	3	0	0	3	0	0
Stabilité	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Hauteur	20	25	15	20	15	20	15	15	20	20	20	25
Moyens de prélèvements	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
Mode de prélèvement	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P

Annexe 6. Tableau d'échantillonnage de macro-invertébrés de la station aval Avr-2013

	AVAL Avr-2013											
Numéro de pot	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Substrat	7	6	7	11	1	1	5	8	4	0	10	9
Précision	S7	S30	S7	S1	S18	S18	S9	S5	MYOSO	S19	NUPH	S3
Vitesse	N3	N5	N5	N5	N5	N3	N1	N1	N1	N1	N5	N1
Phase	C	B	B	B	C	C	B	A	A	C	A	A
Faciès d'écoulement	6	9	9	9	9	6	6	3	3	3	9	3
Substrat secondaire	/	S18	S11	S18	S1	/	S12	S18	S18	S18	/	/
Substrat tertiaire	/	S7	S18	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Nature du colmatage	5	1	1	1	1	4	1	5	5	4	1	4
Intensité du colmatage	3	0	0	0	0	4	0	4	4	4	0	4
Stabilité	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Hauteur	40	25	15	20	20	30	40	15	5	30	30	30
Moyens de prélèvements	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
Mode de prélèvement	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P

NB : Dans le calcul de l'indice de colmatage, on prend uniquement en compte les pots dont la nature du colmatage est « sédiments fins (4) », ou les pots dont le substrat principal est « limon » (colmatant).

Annexe 7. Exemple de l'estimation visuelle d'un colmatage superficiel : cas d'un colmatage par des sables d'un substrat constitué de pierres en substrat principal et de sables en substrat secondaire (DREAL Lorraine, 2012)



Annexe 8. Intensité du colmatage d'une placette de prélèvement. (AFNOR, 2012)

Intensité	Libellé	Définition
0	Pas de colmatage	Aucun colmatage visible
1	Colmatage très léger	Colmatage peu présent et peu perturbant. Par exemple, très fine pellicule de limons.
2	Colmatage léger	Présence faible (fine pellicule) mais régulière du colmatage
3	Colmatage moyen	Présence moyenne du colmatage (pellicule soutenue). La perturbation est estimée significative sans être limitante.
4	Colmatage important	Substrat principal recouvert (pellicule importante) et en partie non visible
5	Colmatage complet	Substrat principal recouvert (non visible). Pellicule très importante mais sur 1 cm d'épaisseur maximum.

Annexe 9. Grille de détermination du score BMWP

BMWP (Biological Working Party) Score

Families	Score
Siphonuridae Heptagenidae Leptophlebiidae Ephemerellidae Potamanthidae Ephemeridae Taeniopterygidae Leuctridae Capniidae Perlidae Chloroperlidae Aphelocheiridae Phryganeidae Molannidae Beraeidae Odontoceridae Leptoceridae Goeridae Lepidostomatidae Brachycentridae Sericostomatidae	10
Astacidae Lestidae Agriidae Gomphidae Cordulegasteridae Aeshnidae Corduliidae Libellulidae Psychomyiidae Philopitamidae	8
Caenidae Nemouridae Rhycophilidae Polycentropodidae Limnephilidae	7
Neritidae Viviparidae Ancyliidae Hydroptilidae Unionidae Corophidae Gammaridae Platycnemididae Coenagriidae	6
Mesovelidae Hydrometridae Gerridae Nepidae Naucoridae Notonectidae Pleidae Corixidae Haliplidae Hydrobiidae Dytiscidae Gyrinidae Hydrophilidae Clambidae Helododae Dryopidae Elminthidae Chrysomelidae Curculionidae Hydropsychidae Tipulidae Simuliidae Planariidae Dendrocoelidae	5
Baetidae Sialidae Piscicolidae	4
Valvatidae Hydrobiidae Lymnaeidae Physidae Planorbidae Sphaeriidae Glossiphoniidae Hirudidae Erpobdellidae Asellidae	3
Chironomidae	2
Oligochaeta (whole class)	1

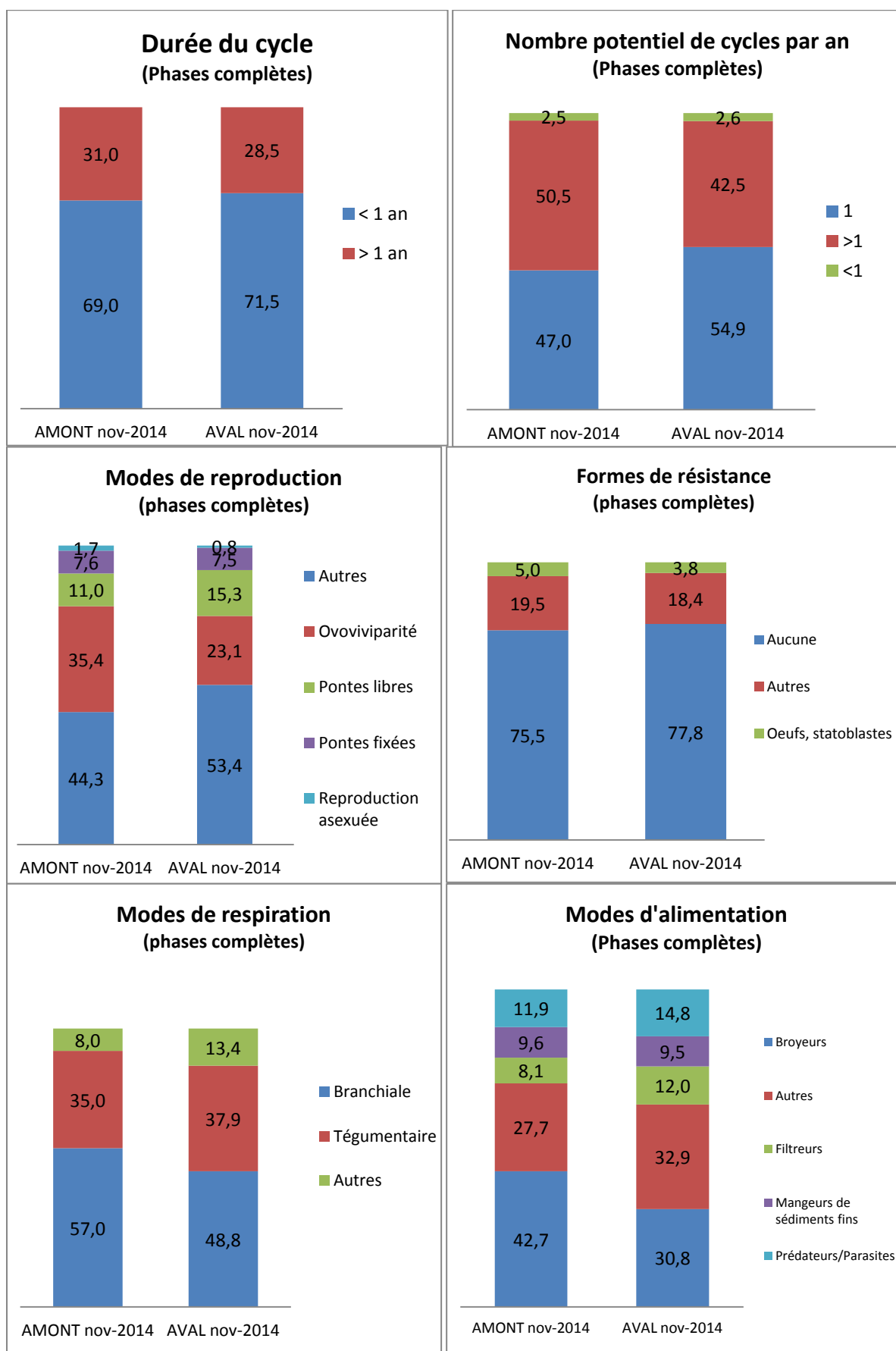
Annexe 10. Tableau de détermination de la note IBGN

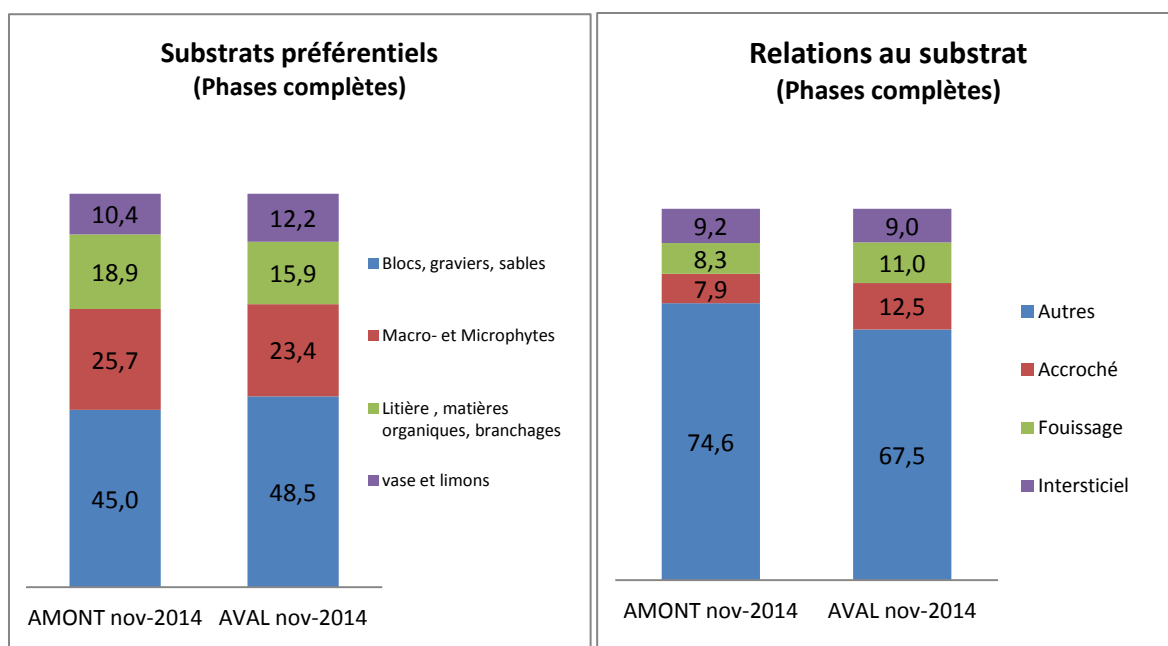
Classe de variété		14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Taxons indicateurs	St Gl	≥50	49-45	44-41	40-37	36-33	32-29	28-25	24-21	20-17	16-13	12-10	9-7	6-4	≤3
Chloroperlidae	9														
Perlidae															
Perlodidae															
Taeniopterygidae															
Capniidae	8														
Brachycentridae															
Odontoceridae															
Philopotamidae															
Leuctridae	7														
Glossosomatidae															
Beraeidae															
Goeridae															
Leptophlebiidae	6														
Nemouridae															
Lepidostomatidae															
Sericostomatidae															
Ephemeridae	5														
Hydroptilidae															
Heptageniidae															
Polymitarcidae															
Potamanthidae	4														
Leptoceridae															
Polycentropodidae															
Psychomyidae															
Rhyacophilidae	3														
Umnephilidae (1)															
Ephemerellidae (1)															
Hydropsychidae															
Aphelocheiridae	2														
Baetidae (1)															
Caenidae (1)															
Elmidae (1)															
Gammaridae (1)	1														
Mollusques															
Chironomidae (1)															
Asellidae (1)															
Achètes	1														
Oligochètes (1)															

(1) Taxons représentés par au moins 10 individus. Les autres par au moins 3 individus

Source : Circulaire DCE 2007/22

Annexe 11. Comparaison des traits biologiques entre amont et aval (novembre 2014)



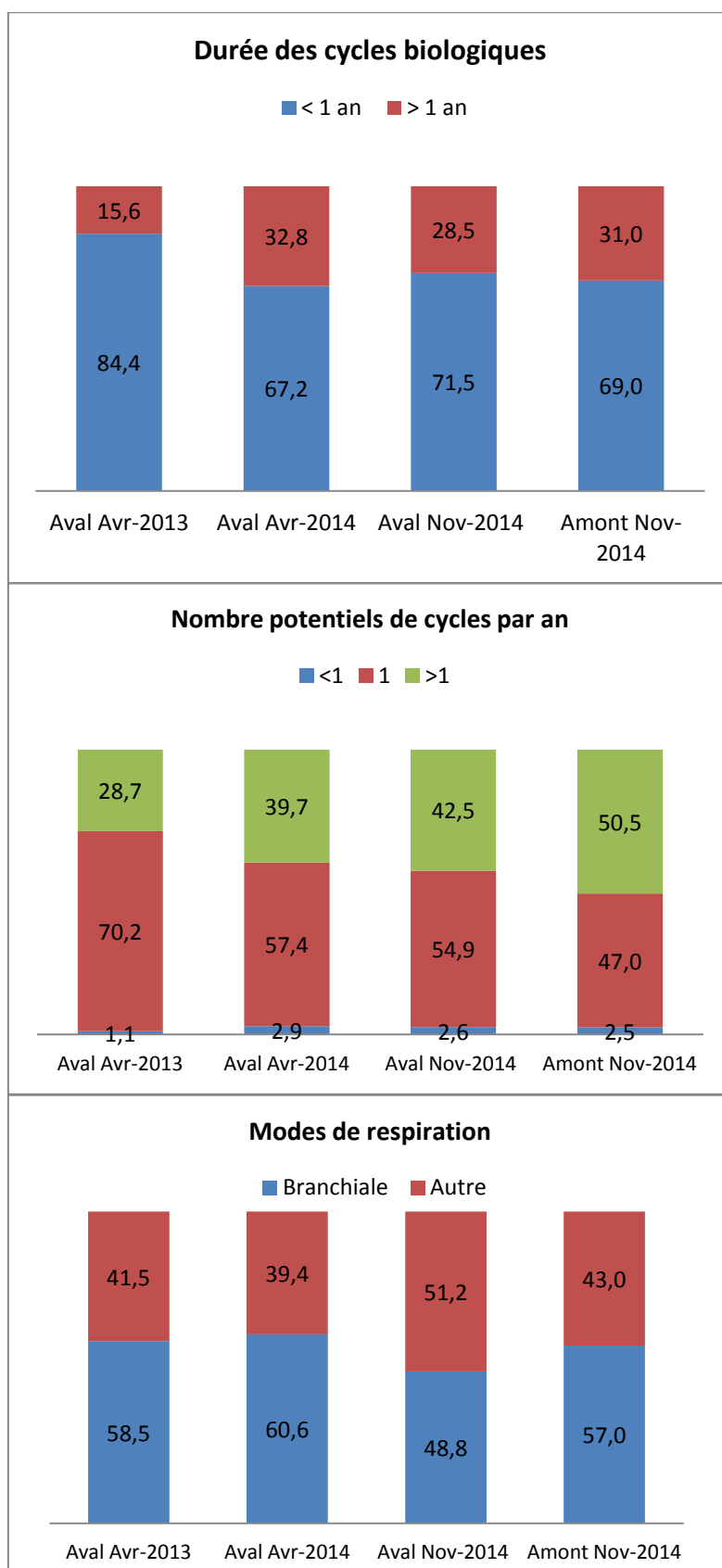


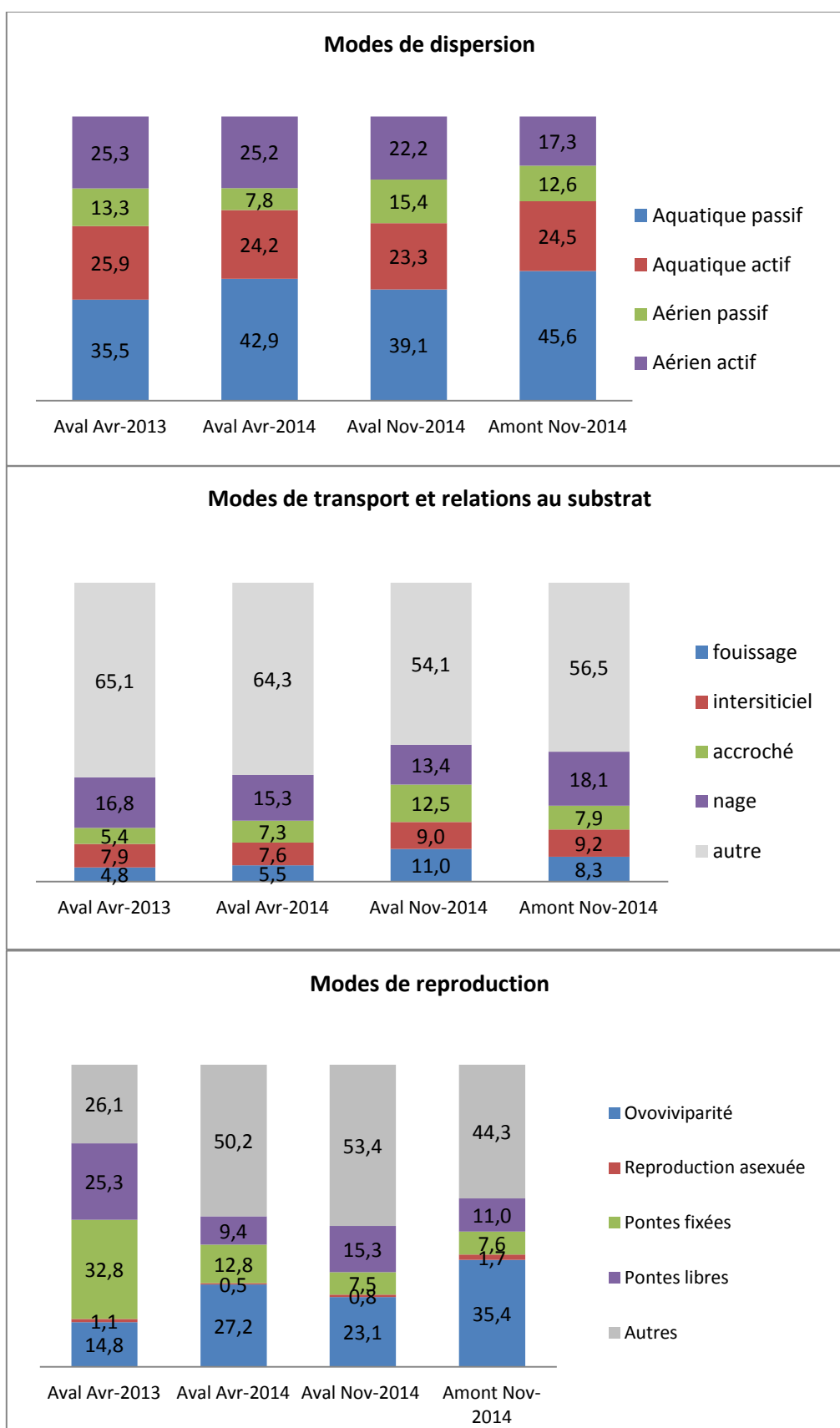
Annexe 12. Indices de Bray-Curtis

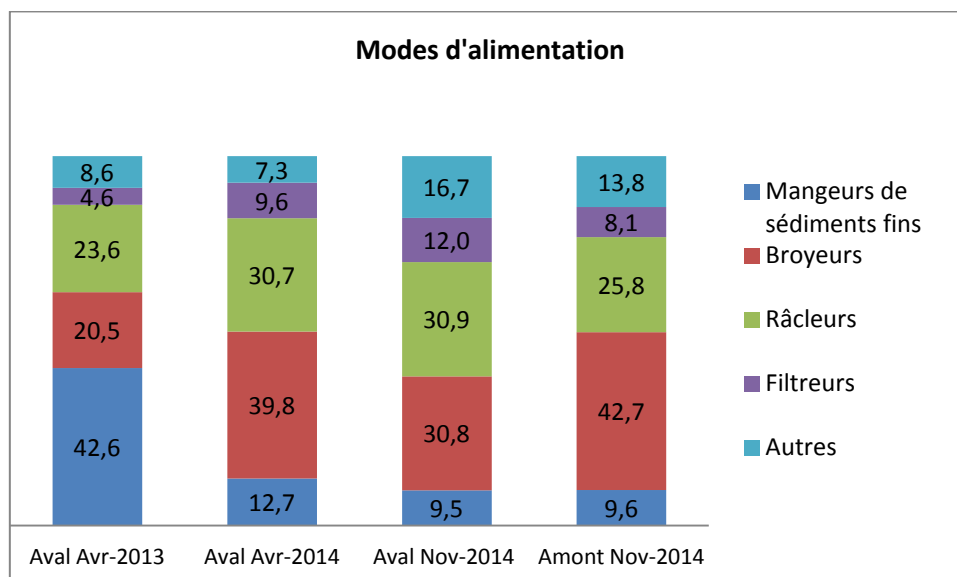
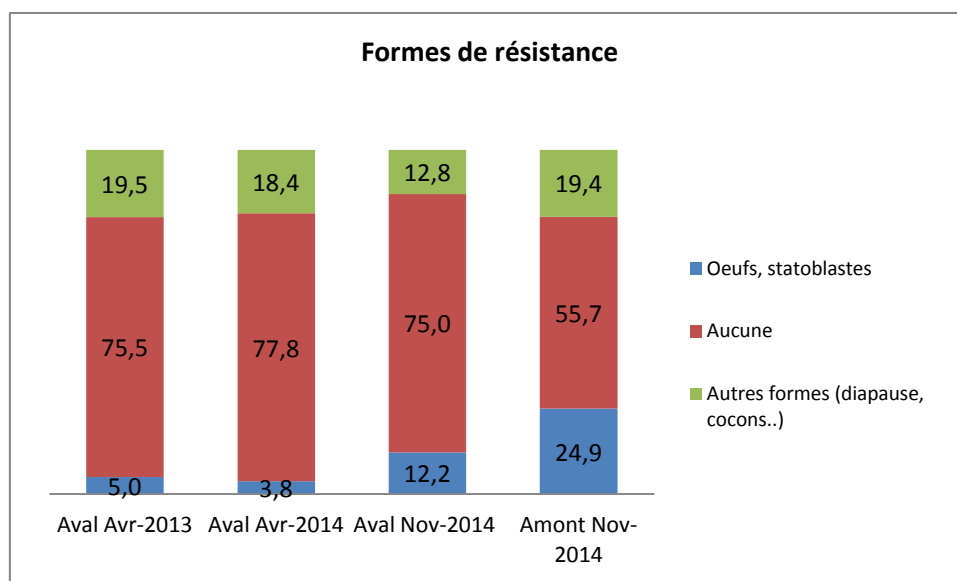
Indice de Bray-curtis				
	AMONT 2014	AVAL 2014	AVAL 123	AVAL 134
AMONT 2014		0,20	0,43	0,64
AVAL 2014			0,26	0,50
AVAL 123				0,28
AVAL 134				

Différence d'effectifs

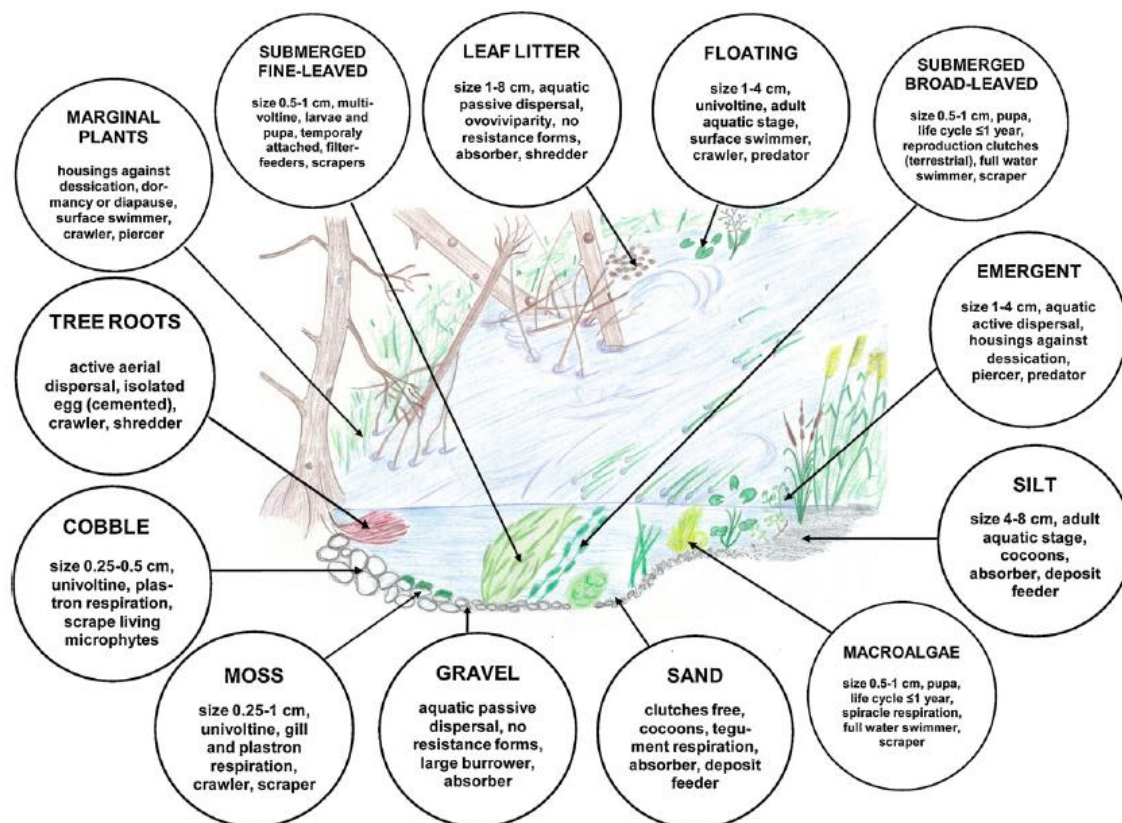
Annexe 13. Comparaisons intersaisons des représentations de traits biologiques (phases complètes)







Annexe 14. Méso-habitats et exemples de traits de macro-invertébrés positivement associés. (DELMARS et al, 2012)



Etude d'impact d'une infrastructure linéaire sur la qualité des cours d'eau

Analyse de l'incidence des apports de matières fines sur les traits biologiques des populations de macro-invertébrés aquatiques

Résumé :

Les phases de travaux des grandes infrastructures linéaires intensifient bien souvent le lessivage de sédiments vers les cours d'eau traversés, entraînant alors une pression de colmatage (minéral et/ou organique). Les études d'impact classiques, bioindicatives, s'appuient sur des protocoles normés tels que l'IBG-DCE, qui analyse les degrés de polluosensibilité des populations de macro-invertébrés pour rendre compte d'impact potentiel de pressions sur le milieu. Le cas d'un cours d'eau ayant subi de fortes pressions de colmatage (essentiellement minéral), a permis de compléter une analyse classique par une autre approche. Cette démarche s'intéresse à l'impact du colmatage minéral sur la fonctionnalité des stations colmatées. Les proportions et la nature de certains traits biologiques, connus pour être sensibles à cette perturbation précise, sont comparées entre saisons et entre station amont/aval d'un cours d'eau. Les différences de représentation des modalités de traits biologiques, ne permettent pas de relever un impact significatif du colmatage minéral sur la fonctionnalité du cours d'eau étudié. Des paramètres tels que l'échelle de l'étude, l'homogénéité des stations, le mode de tri et de détermination, la démarche statistique mériteraient cependant d'être améliorés, afin de conduire au mieux cette analyse.

Mots-clés : colmatage minéral, sédiments fins, macro-invertébrés, traits fonctionnels (biologiques), benthos, polyvoltinisme, ovoviviparité