

14.4. Aménagements pour le retour des substrats sableux et graveleux

Dans les parties précédentes, le déséquilibre du transport solide du Renon a été démontré et l'on sait qu'il est principalement dû à son sur-élargissement et aux curages des années 70, ainsi qu'à la puissance élevée de ses crues qui, du coup, emportent les moindres dépôts de gravier et de sable et le substratum à dominance marno-argileux faiblement érodable. Ce fait est évidemment à prendre en compte lors de l'établissement des aménagements de restauration. Leur objectif sera d'aider le Renon à stocker ces deux types de sédiments, gravier et sable, par conséquent, son lit devra être apte à retenir la charge sédimentaire.

Afin de réintroduire du sable, des graviers et de la litière dans cette rivière, on peut envisager la réalisation d'aménagements visant à concentrer les écoulements en rive droite ou en rive gauche, afin qu'ils viennent éroder les berges. Les matières ainsi récupérées permettraient de combler quelque peu le déficit sédimentaire observé. Par ailleurs, des aménagements simples pourraient contribuer à retenir ces sédiments dans le lit du Renon. Par exemple, de petits barrages de faible hauteur, quelques centimètres (au maximum de 20 cm), pourraient être installés en aval des seuils. Ils bloqueraient alors les sédiments relargués par l'arasement des seuils mais également ceux potentiellement issus de l'érosion des berges induite par les aménagements précédemment mis en place. Pour la faune piscicole, ces petits seuils doivent impérativement être franchissables en période d'étiage. Une échancrure peut y être réalisée ou on peut faire en sorte que ces seuils ne soient pas continus. Cette seconde possibilité aurait pour effet de concentrer quelque peu les écoulements et de dynamiser le courant. Le choix entre ces deux solutions reviendra au S.M.V.V. ou au bureau d'étude chargé de réaliser les aménagements, ces indications n'étant pas l'objectif de cette présente étude. Il faudra tout de même garder à l'esprit que le problème de base vient de l'enfoncement du Renon dans son lit dû aux travaux hydrauliques passés. Face à cela, les petits aménagements construits dans le lit mineur ne sont pas les réponses idéales. Seuls des terrassements très ambitieux des berges, limitant ainsi la puissance des crues, est une solution durable et à l'échelle du problème. Les gains en fonctionnement hydromorphologique et biologique seraient très importants. Malheureusement ces travaux sont d'une ampleur pharaonique, presque irréaliste au vu des nombreuses contraintes de terrain : les riverains veulent se protéger des inondations, le S.M.V.V. reçoit de nombreuses demandes de curage des cours d'eau, les agriculteurs souhaitent protéger leurs cultures des crues, transformer les prairies bocagères en champs...

14.5. Restauration du Renon

Suite à l'arasement des deux seuils, la ligne d'eau dans les retenues va s'abaisser considérablement et le lit du Renon va se retrouver encaissé. Il apparaît comme évident qu'il ne faudra en aucun cas limiter les travaux aux seuls arasements et laisser son lit homogène, sans caches, ni abris. De plus, la puissance spécifique du Renon risquerait d'aggraver la situation. Par conséquent, il faudra réfléchir à des aménagements visant à diversifier le cours d'eau. Le retalutage des berges de la retenue du seuil de Champagne est, par exemple à préconiser afin d'adoucir les pentes et de permettre à la végétation de s'y installer. On peut envisager d'y réaliser des lits emboîtés sous forme d'un lit mineur et d'un lit moyen.

La création d'habitats aquatiques paraît également indispensable puisqu'aucune cache ne sera présente. On peut projeter la création de sous-berges, la pose de déflecteurs qui auront un avantage double : dynamiser le cours d'eau et servir de caches aux gros poissons. Les arbres situés juste au bord de la berge de la station S3 devront être abattus afin d'éviter qu'ils ne tombent dans le cours d'eau ou sur le moulin de Champagne. On pourrait prévoir de conserver certaines souches pour les disposer dans le lit du Renon. Elles auront la même fonctionnalité que les déflecteurs mais leur attractivité pour la faune pisciaire sera plus importante. Aucun embâcle n'a été observé sur tout le linéaire étudié, or ce type d'habitat est très recherché par la faune aquatique. Un arbre abattu pourra être fixé à l'aide de pieux en bois dans le lit du Renon. Ce dispositif a déjà fonctionné sur le site d'aménagements piscicoles en amont du moulin de Burel,

ses résultats ont été fort concluants. Ces obstacles constitueront également un lieu de refuge pour les poissons lors des crues.

Afin de favoriser la reprise d'une sinuosité, des banquettes végétalisées pourront être installées afin de réduire la largeur du cours d'eau et d'y amener de la végétation dans le lit du Renon. Des épis devront également être installés afin de varier le sens des écoulements, ils pourront dans le même temps retenir les possibles graviers et le sable venus de l'amont.

Un aspect non négligeable de ce chantier est à prendre en compte : il se situe en pleine zone urbaine et est doté d'une vocation de site pilote. En conséquence, des plus values paysagères doivent être pensées. La plantation d'hélophytes et d'essences d'arbres typiques des bords de cours d'eau aura ainsi un triple avantage : maintenir les berges ou les banquettes, recréer une véritable ripisylve et rendre le site harmonieux et propice aux promenades.

Je tiens à préciser que les plans des aménagements ne rentrent pas dans le cadre de cette étude, seules des pistes sont données afin de dynamiser les courants et de rendre le lit du Renon plus attractif.

14.6. Poursuite de la politique de démantèlement

D'autre part, à environ 460 m en amont de la vanne de répartition du moulin de la Poule, se situe le moulin Burel. La hauteur de retenue de ce moulin est d'1,70 m, son impact sur la continuité piscicole et sédimentaire pourrait être aussi important que celui du seuil du moulin de Champagne puisque leur hauteur est comparable, (ceci n'est que supposition). La vanne de ce moulin a été remise en service par les nouveaux propriétaires bien qu'aucune demande d'autorisation n'est été effectuée. Le bief de ce moulin est long de 100 m et possède une largeur moyenne de 5,5 m. En amont de ce moulin, hors retenue, des aménagements piscicoles ont été réalisés en 2008 (pose d'épis et de déflecteurs, création d'embâcles...) De ce fait, on est en droit de se poser la question du devenir du moulin Burel. Son démantèlement pourrait permettre de reconnecter environ un quart du Renon aval, soit un peu moins de 10 kilomètres à la Veyle. La faune pisciaire de la Veyle pourrait alors coloniser une partie importante du Renon. L'étude piscicole préalable au contrat de rivière réalisée par Teleos en 2002, affirme que le Renon possède une population source de sprilins et de blageons pour la Veyle. Ces deux populations pourraient alors recoloniser ce cours d'eau lui aussi perturbé.

14.7. Une modélisation hydraulique

Une modélisation hydraulique paraît également indispensable afin d'obtenir une image concrète du comportement futur du Renon en crue. En effet, il ne faut pas que l'arasement des deux seuils entraînent une inondation plus importante des terres agricoles riveraines du Renon ce qui provoquerait à coup sûr, une vive réprobation de la part des agriculteurs ni même que cela accentue sa puissance. Elle permettra de quantifier l'augmentation des débits de crues et de se faire une idée précise des débordements du Renon. De plus, le moulin de Champagne étant construit juste au bord du Renon en rive gauche, l'abaissement de la ligne d'eau d'environ 1,70m pourrait peut-être déstabiliser ses fondations. Un stagiaire ou un bureau d'études pourra réaliser cette modélisation. Il faut également observer ce que ces travaux engendreraient au niveau du pont du camping de Vonnas où une incision du lit est déjà présente. Apparemment, ce point a déjà été envisagé par le S.M.V.V. (CORGET J. Com. Pers, 2009).

14.8. Le pont du camping de Vonnas

Le Renon s'incise sur tout le linéaire étudié et des marques de cette incision sont facilement visibles au niveau du pont situé près du camping de Vonnas. Le radier de ce pont est construit d'une telle façon qu'il sépare les écoulements en deux. Il est par ailleurs infranchissable par les poissons en période d'étiage. Afin de le rendre franchissable et pour contrer les phénomènes d'incision, il faudra surement coupler l'arasement des seuils du moulin de Champagne et du moulin de la Poule par la création de pré-barrages à l'aval du pont du Camping. La chute d'eau engendrée est d'environ 20 cm, deux pré-barrages en pierres ou en bois d'une

hauteur de 10 cm chacun seraient à envisager. En effet, il serait impensable de démanteler les deux seuils aval du Renon afin de rétablir une continuité piscicole et sédimentaire sur environ 2,5 km pour, ensuite, s'apercevoir que la faune pisciaire est bloquée à 200 m de la confluence du Renon avec la Veyle.

14.9. L'étude de la population de toxostomes (*Chondrostoma toxostoma*)

La « re » découverte du toxostome au niveau du moulin de la Poule est particulièrement surprenante car cette espèce tend à disparaître de l'axe Saône-Rhône alors qu'elle subsiste davantage dans leurs affluents. Il est connu que le Toxostome peut s'hybrider avec un autre chondrostome, le Hotu (*Chondrostoma nasus*). Une assimilation génétique complète apparaît possible entre ces deux chondrostomes et peut présenter un danger pour l'intégrité génétique des espèces parentales (Berrebi *et al.*, 1989 ; Gilles, 1998 In CODESTOAT C. *et al.*, 2004). Or lors des pêches électriques, nous avons omis de prélever un échantillon, une nageoire par exemple, afin de réaliser des études génétiques permettant de déterminer si les toxostomes du Renon sont purs ou s'ils sont déjà hybridés avec le Hotu. Pour ce faire, il faudrait retourner sur les lieux de la pêche (station S2) afin d'y récolter cette fois-ci un échantillon. S'il s'avère que les Toxostomes sont purs alors il faudra quantifier la taille de la population qui fréquente le Renon. En effet, nous n'en avons retrouvé que trois exemplaires de grande taille ce qui laisse penser que cette population est marginale. Dans le cas contraire, il faudra également délimiter la zone de résidence des hotus qui ont été observés à 2 km de la confluence du Renon et de la Veyle. Dans le cas où le nombre de hotus est élevé et que leur aire de répartition s'est agrandie, la protection du Toxostome devient primordiale. Or l'unique manière de le protéger de l'hybridation avec le hotu est de conserver le seuil du moulin de Champagne qui comme nous l'avons démontré est infranchissable. Cela représente beaucoup de suppositions mais elles valent la peine d'être avancées et vérifiées car la protection d'une espèce qui tend à se raréfier est bien évidemment capitale. Le démantèlement de la vanne du moulin de la Poule pourra dans tous les cas être réalisé puisqu'aucun hotu n'a été retrouvé en amont de la vanne.

15. Les critiques qui en découlent

Il me semble important de revenir sur certains points méthodologiques de cette étude afin d'y apporter quelques améliorations et dans le cas où ce rapport serait lu par d'autres stagiaires ou techniciens, afin de préciser les choix qui ont été faits :

- **Les mesures topographiques qui concernent la réalisation du profil en long** ont été effectuées systématiquement tous les 10 m au milieu du cours d'eau (cf II. Le protocole mis en œuvre). Cette distance ne tient pas compte des différents faciès du Renon. Or, afin d'apprécier au mieux le changement de faciès, une autre méthode aurait pu être utilisée qui consistait à relever les différences topographiques au début, au milieu et à la fin de chaque mouille, plat et radier rencontrés sur le terrain. Un profil en long plus précis du linéaire étudié aurait ainsi pu être dessiné.

- **Les sondes thermiques ont toutes été disposées dans des zones d'eau courante** (cf ANNEXE 3 et II. Le protocole mis en œuvre). Seules les sondes C et D indiquent les changements thermiques réels des stations S2 et S4. Les NTT affiliés à ces deux stations correspondent bien aux conditions du milieu. En revanche, la sonde B a été placée à 50 m en amont de la station S1 et la sonde C est placée dans la station S2 située à 900m en amont de S3. Les températures enregistrées ne caractérisent donc pas l'augmentation de température que l'on aurait dû observer dans ces retenues. Cependant, ce choix de positionnement avait été réalisé dans l'optique de ne pas trop intégrer la perturbation thermique dans le calcul du NTT, celui-ci devant être une

référence. De ce fait, l'écart entre peuplement piscicole théorique et observé provient en partie du réchauffement.

Afin de quand même quantifier l'augmentation de température des deux retenues Champagne et Poule, on pourrait donc envisager de placer deux sondes thermiques dans chacune des retenues au cours de l'été prochain, les travaux ne devant pas avoir lieu avant deux ans. On pourrait également imaginer utiliser deux sondes supplémentaires disposées à 500 m en aval des seuils afin d'évaluer la persistance du réchauffement. Les variations de températures seront ainsi caractéristiques de ces deux milieux, il sera plus aisé d'observer les changements de température avant et après travaux. Le lieu d'ancrage de ces deux nouvelles sondes thermiques devra être retenu pour le suivi thermique après travaux.

- **la station amont du seuil du moulin de Champagne a été établie en queue du plan d'eau** pour des raisons techniques (passage en waders pour les prélèvements car les eaux sont turbides, présence d'un radier en amont permettant de bloquer la fuite des poissons lors de la pêche électrique). Cette position ne reflète donc pas les conditions physiques et biologiques de la retenue du seuil ce qui a pour conséquence de sur estimer la note de l'IAM puisque 3 classes de vitesse et 4 classes d'hauteur d'eau ont pu être observées. En effet, le radier en amont dynamise légèrement les écoulements et les classes de vitesse les plus élevées y sont regroupées. Or les vitesses de courant de la retenue sont nulles. Il en va de même pour les classes de profondeur, c'est à ce même endroit que l'on rencontre les hauteurs d'eau de classe 1. Le substrat prédominant de la station est le galet associé à du gravier, on peut penser que si cette cartographie des substrats avait été effectuée dans la retenue, les sédiments fins, vases et limons seraient apparus sur des superficies plus importantes. Ce choix de localisation limite très fortement le diagnostic des conditions et des peuplements anormaux présents en amont du moulin de Champagne ; l'intérêt de cette station pour le suivi temporel en est diminué.

- L'arrêté sécheresse émis à la fin du mois de mai par le préfet interdit toutes manœuvres des vannes. De ce fait, il m'a été impossible de réaliser une cartographie des mosaïques d'habitats avec **la méthode de l'IAM**, sur la station S1, avec la vanne entièrement baissée. Cette cartographie aurait pourtant été très utile et aurait permis d'observer les variations des hauteurs d'eau et l'accélération des vitesses entraînées par l'abaissement de la vanne. On aurait ainsi pu avoir une idée plus précise de l'intérêt de démanteler cette vanne et de voir si son radier est franchissable par la faune piscicole. Il serait intéressant qu'elle soit effectuée dès que cet arrêté sera ne sera plus justifié.

Les mesures de vitesse effectuées sur les quatre stations ont été réalisées avec un moulinet monté d'une **hélice de type 3**. Or ce type d'hélice n'est pas adapté aux faibles vitesses de courant. De ce fait, de nombreuses mesures ont défini les vitesses comme nulles bien que les observations sur le terrain montraient le contraire. Il aurait été préférable de se munir d'une hélice de type 1 conçue pour déceler les très faibles vitesses mais celle-ci a été perdue au cours d'une campagne de mesure précédente.

- **Les Mag20** ont été réalisés par un bureau d'étude qui a été retenu après le lancement d'un appel d'offres que j'ai été amenée à réaliser à la demande de mon maître de stage. Lors d'échanges écrits, un malentendu a persisté quant au déroulement de la méthode à appliquer. L'opérateur ne connaissait pas cette méthode de prélèvements comme j'ai pu le constater une fois que les prélèvements de deux stations avaient été réalisés. Des corrections ont été apportées mais cela a entraîné un retard considérable dans le rendu des résultats qui n'ont été fournis que le 21 aout. De plus, le jugement de l'opérateur différait du mien concernant, par exemple, la qualification des substrats ce qui a entraîné quelques discordances entre les cartographies réalisées par la méthode de l'IAM et les prélèvements réalisés sur le terrain. Malgré tout, ce prestataire a fait son maximum afin de rendre les résultats avant la finalisation du présent rapport. Je regrette tout de même de ne pas avoir effectué moi même ces prélèvements. J'aurais ainsi pu noter sur les fonds de cartes IAM le positionnement des placettes échantillonnées.

- **La pêche électrique réalisée dans la station d'étude S3** pour les raisons citées précédemment ne reflète pas le réel peuplement piscicole de la retenue du moulin de Champagne. Le choix d'une pêche à pied était pertinent pour les comparaisons inter-stationnelles cependant des sondages complémentaires auraient pu être mis en œuvre dans la retenue en bateau.

De plus, deux filets ont dû être installés en amont et en aval de la station afin de cantonner les poissons dans la station. La pose de ce matériel même si elle a été réalisée de la manière la plus discrète possible a pu effrayer certains poissons qui ont pu fuir le lieu de la pêche. Compte tenu des hauteurs d'eau importantes, l'efficacité de pêche s'en trouve réduite car le courant électrique est plus faible, la turbidité affecte la visibilité et le maniement des épuisettes est rendu plus difficile. Trois électrodes auraient dû être utilisées afin d'accroître cette efficacité mais cela n'était techniquement pas possible. De plus le risque d'une trop forte turbidité soulevée par les opérateurs supplémentaires était intégré. Malgré ces limites, les efficacités de pêche restent correctes.

- **La méthode tronçon (Teleos) ou une adaptation reproductible** n'a pas été réalisée sur le linéaire étudié. Seules les mesures de hauteur de berges et de largeur à pleins bords ont été effectuées. Cette méthode est moins précise que la méthode IAM mais elle permet d'identifier les caractéristiques générales du milieu. L'utiliser aurait permis de montrer l'impact négatif des deux ouvrages transversaux sur tout le linéaire étudié de façon simple (réalisation de cartes des faciès, des caches et des abris, prise en compte de tout le linéaire....) Cela aurait été très utile en terme de suivi afin de maximiser les possibilités de compréhension des évolutions du Renon. Cette méthode est également intéressante pour exposer aux élus composant le bureau exécutif du contrat de rivière quels sont les problèmes rencontrés. Ce point devra être corrigé avant tous travaux.

- **La caractérisation des différents faciès d'écoulement** sur tout le linéaire impacté par les deux seuils de moulins aurait également pu être envisagée. Quand elle sera effectivement réalisée avant les travaux, elle permettra, par la suite, de suivre l'évolution morphologique du Renon consécutivement à l'arasement des seuils. La création de bancs de gravier, de mouilles ainsi que les effets de l'érosion pourront ainsi être quantifiés au cours du temps et comparés aux résultats des futures données qui seront récoltées après les travaux. Un suivi de l'évolution morphologique du Renon pourra être effectué au fur et à mesure des années. Ce travail peut s'inspirer de la méthode tronçon pour ses métriques en l'allégeant de façon à être mise en œuvre sur tout le linéaire.

✚ **Enfin**, je trouve quelque peu frustrant d'effectuer une étude complète sur les raisons du démantèlement de deux ouvrages hydrauliques sans avoir la possibilité de participer aux modalités des travaux et aux mesures d'accompagnement qui en découlent. J'aurais beaucoup apprécié, par exemple, évaluer les différentes possibilités d'arasement du seuil du moulin de Champagne afin de déterminer quelle solution est la plus bénéfique à la faune piscicole : est-ce une rampe en enrochement ou bien des pré-barrages ou encore une rivière de contournement du seuil en rive droite ? Même sentiment vis-à-vis des mesures de restauration : comment déterminer le positionnement idéal des épis, où situer préférentiellement les banquettes, quelles plantes utiliser pour reconstituer une ripisylve structurante connectée au Renon ? J'aurais trouvé particulièrement intéressant et enrichissant de mener le projet de bout en bout, d'être là à toutes ses étapes car c'est un projet ambitieux qui n'a pas le droit de se contenter d'à peu près. Quant à la restauration du Renon j'avance l'idée qu'elle pourra faire l'objet d'un autre stage au sein de S.M.V.V. J'ajoute que j'aurais également souhaité réaliser les analyses des rejets des buses de la station S4 car la dégradation de l'eau est une problématique qui m'intéresse au plus haut point. Je n'envisagerais pas d'améliorer les composantes physiques du Renon en rétablissant la libre circulation sédimentaire et biologique, si la qualité chimique de l'eau reste dégradée.

CONCLUSION

Les effets des aménagements du 20^{ème} siècle se font donc toujours ressentir.

Le colmatage minéral et algal est un véritable problème sur le Renon, l'ensemble des substrats est colmaté. La disparition de ce colmatage ne pourra pas être espérée tant que les vidanges des étangs ne seront pas plus encadrées, que les différentes sources de pollutions ne seront pas réduites et que l'agriculture intensive continuera de prendre l'ascendant sur les prairies bocagères.

Après la réalisation et l'analyse des composantes physiques et biologiques du Renon sur tous les linéaires impactés par le seuil du moulin de Champagne et la vanne de répartition du moulin de la Poule, il convient de conclure à l'arasement du premier et au démantèlement du second. En effet, la retenue engendrée par ces deux ouvrages transversaux induit une homogénéisation du milieu avec des vitesses faibles et des hauteurs d'eau importantes. Ce type d'habitat est loin d'être favorable aux espèces piscicoles qui devraient normalement se retrouver dans le Renon. Les espèces rhéophiles se concentrent dans les zones courantes en aval des seuils et les espèces qui apprécient les zones lenticules voire stagnantes sont principalement localisées à leur l'amont. Le seuil du moulin de Champagne constitue le premier obstacle entre la Veyle et le Renon, il empêche la montaison des poissons de la Veyle et la dévalaison de ceux du Renon. Pour exemple, le barbeau est limité à l'aval du seuil de Champagne alors qu'on devrait le retrouver sur tout le linéaire. Il a été démontré que la vanne de répartition du moulin de la Poule possédait un impact moindre vis-à-vis de la faune macrobenthique et pisciaire, cependant elle n'en reste pas moins, elle aussi, un obstacle à la libre circulation biologique et devra également faire l'objet d'un démantèlement. Il faudra, tout d'abord, impérativement réparer et grillager les boîtiers de commande ainsi que le flotteur de la vanne afin d'éviter toute manipulation intempestive de la part des riverains dans l'attente du démantèlement.

Le S.M.V.V. prend l'initiative de se lancer dans une grande campagne de démantèlement des ouvrages transversaux mais il est à regretter que le moulin Burel en soit exclu. Sans sa présence, près de 10 kilomètres du Renon, soit presque un quart de son linéaire, retrouveraient une continuité piscicole et sédimentaire. De plus, les aménagements piscicoles réalisés en amont de celui-ci, n'en seraient que plus attractifs.

Cependant, tout ce projet de démantèlement d'ouvrages pourrait être remis en question s'il s'avérait que les spécimens de Toxostomes (*Chondrostoma toxostoma*) capturés sur la station aval du moulin de la Poule étaient génétiquement purs. Le Hotu (*Chondrostoma nasus*), qui fréquente la Veyle, à 2 km du Renon, représente un risque important d'hybridation avec le toxostome, espèce jusqu'ici préservée et réglementairement protégée, qui tend à disparaître des cours d'eau du département. En effet, une assimilation génétique complète est possible entre les deux *Chondrostomes* ce qui constitue un réel danger pour l'intégrité génétique des deux espèces parentales (BERREBI P. et al., 1989 ; GILLES A., 1998 In COSTEDEAT C., 2004). Dans ce cas, le seuil du moulin de Champagne constitue le meilleur rempart pour la préservation de la population de Toxostomes fixée dans le Renon. C'est là un cas intéressant et complexe des paradoxes de la gestion des milieux et de la biologie de la conservation.

BIBLIOGRAPHIE

- **AFNOR**, 2004. Détermination de l'Indice Biologique Global Normalisé (IBGN), 16pp.
- **ANDERS BRANDT S.**, 2000. Classification of geomorphological effects downstream of dams, Institute of Geography, University of Copenhagen, Catena 40 : 375-401p.
- **ARMIRAIL S.**, n. d.. Le brochet un avenir incertain. Maison de la pêche et de la nature, Gestion d'étang : plan d'eau communal, étang de loisir, chasse, pêche, 6 pp.
- **BACCHI**, 1993. Recherche sur la macrofaune benthique de la Haute-Loue, Structuration des habitats, Evolution des peuplements macrobenthiques depuis 1973, mémoire D.E.S.S. Eaux continentales, Univ. Fr-Comté, 30pp.
- **BARAS E.**, 1997. Environmental determinant of residence area selection by *Barbus barbus* in the river Ourthe. Aquat. Living Resour, 10, 195-206.
- **BCEOM**, 2003. Etude du fonctionnement hydraulique de la Veyle et de ses affluents, 61 pp.
- **BELLIARD J., BERREBI R., MONNIER D.**, 1999. Fish communities and river alteration in the Seine Basin and near coastal streams. Hydrobiologia, 400, 155-166 p.
- **BERKMAN H.E., RABENI C.F.**, 1987. Effect of siltation on fish communities. Environmental Biology of Fishes, 18, 285-294 p.
- **BIOTEC**, 2006. Note technique pour l'arasement du seuil situé au lieu-dit du « Quai d Merle, 20 pp.
- **CHAPMAN D.W.**, 1988. Critical review of variables used to define effects of fines in redds of large salmonids. Trans. Am. Fish. Soc., 117, 1-21p.
- **CHIEN N.**, 1985. Changes in river regime after the construction of upstream reservoirs. Earth Surf. Processes Landforms 10, 143-159.
- **Circulaire DCE 2005/12** du 28 juillet relative à la définition du « bon état » et à la constitution des référentiels pour les eaux douces de surface (cours d'eau, plans d'eau), en application de la directive européenne 2000/60/DCE du 23 octobre 2000, ainsi qu'à la démarche à adopter pendant la phase transitoire (2005-2007).
- **CORGET J.**, 2008. Le Syndicat Mixte de la Veyle Vivante et le contrat de rivière Veyle : note à l'attention des élus, 21pp.
- **COSTEDEAT C., PECH N., CHAPPAZ R., SALDUCCI M.D., LIM P et GILLES A.**, 2004. Etude de l'hybridation introgressive entre *Chondrostoma t. toxostome* et *Chondrostoma n. nasus* (téléostéen, cyprinidae) en utilisant une approche multiple. Cybium, 28, 51-61p.
- **DE LURY DB**, 1951. On the planning of experiments for the estimation of fish population, 18, p 281-307.

- **Eaux Continentales**, 2008. Site pilote de reméandrement de la Petite Veyle en amont du Moulin du Geai à Biziat (Travaux réalisés en 2006), Suivi écologique 2008, 71pp.
- **GAYRAUD S., HEROUIN 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. Bull. Fr. Pêche Piscic., (366) 339-355 p.
- **GRANDMOTTET J.P.**, 1983. Principales exigences des téléostéens dulcicoles vis à vis de l'habitat aquatique. Annales Scientifiques de l'Université de Franche-Comté, 4, 3-32 p.
- **GREBE eau-sol-environnement**, 2009. Suive de la qualité des eaux superficielles du département de l'Ain, programme 2007, suivi allégé du bassin versant de la Veyle, Rapport technique. Conseil Général de l'Ain, 101 pp.
- **HIGGS G., PETTS G.**, 1988. Hydrological changes and river regulation in the UK. Regulated Rivers: Res.Manage. 2, 349-368 p.
- **HYDRATEC**, 2006. Devenir des ouvrages hydrauliques de la Veyle et de ses affluents. Phase 1 : Analyse rapide des ouvrages, 73 pp.
- **HYDRATEC**, 2007. Devenir des ouvrages hydrauliques de la Veyle et de ses affluents. Phase 2 : Analyse détaillée des enjeux associés aux ouvrages, 94 pp.
- **HYDRATEC**, 2007. Compte-rendu de réunion de concertation, 13 pp.
- **HYDRATEC**, 2008. Devenir des ouvrages hydrauliques de la Veyle et de ses affluents. Phase 4 : Estimation du coût des travaux à engager, 61 pp.
- **KARR J.R.**, 1981. Assessment of biotic integrity using fish communities. Fisheries 6, 21-27 p.
- **KARR J.R., FAUSCH K.D., ANGERMEIER P.L., YANT P.R., SCHLOSSER I.J.**, 1986. Assessing Biological Integrity in Running Waters: A Method and its Rationale. Illinois Natural History Survey Special Publication 5, Champaign.
- **KEITH P. et ALLARDI J.**, 2001. Atlas des poissons d'eau douce de France. Muséum national d'histoire naturelle, 387 pp.
- **MALAVOI J.R.**, 2002. Etude éco-géomorphologique de la Veyle et de ses principaux affluents : Irance, Vieux-Jonc, Renon, Menthon, Bief Bourbon. EPTEAU, 98 pp.
- **MALAVOI J.R.**, 2003. Stratégie d'intervention de l'Agence de l'eau sur les seuils en rivière. AREA eau-environnement, Agence de l'eau Loire-Bretagne, 135 pp.
- **MALAVOI J.R.**, 2007. Manuel de restauration hydromorphologique des cours d'eau. Agence de l'eau Seine Normandie, 64 pp.
- **NATHER B.**, n.d.. Problèmes concernant l'ensablement des retenues.
- **NELVA A.**, 1997. La pénétration du Hotu, *Chondrostoma nasus nasus* (poisson cyprinidé), dans le réseau hydrographique français et ses conséquences. Bull. Fr. Pêche Piscic. 344/345, 253-269 p.

- **OBERDORFF T.**, 1996. Réseau Hydrobiologique et Piscicole. Synthèse des Données 1995 sur le Bassin Seine Normandie. Rapport Conseil Supérieur de la Pêche et Agence de l'Eau Seine-Normandie.
- **OBERDORFF T., PONT D., HUGUENY B., BELLIARD J., BERREBI DIT THOMAS R. et J.P. PORCHER J.P.**, 2002. Adaptation et validation d'un indice poisson (FBI) pour l'évaluation de la qualité biologique des cours d'eau français. Bull. Fr. Pêche Piscic., 365-366, 405-433 p.
- **PARMENTIER E.**, 1994. Etude de la biocénose benthique du Drugeon. Application d'un nouveau protocole d'échantillonnage. Bilan de la qualité habitationnelle. Analyse biocénotique générique. Bilan de la qualité faunistique. Mém. D.U.E.H.H., Lab. Hydrobiol. Univ Fr-Comté, 69 pp.
- **RENOU E.**, 2009. Communication personnelle, technicien Sèvre-nantaise
- **Riverain**, 2009. Communication personnelle.
- **RUHL C.**, 2009. Communication personnelle, technicien au S.I.C.A.L.A.
- **Syndicat Mixte Interdépartemental de Gestion Intégrée de l'Alagnon et de ses affluents**, 2007. Arasement du seuil de Stalapos, Dossier d'enquête publique pour la Déclaration d'Intérêt Général et demande d'Autorisation d'exécution des travaux (article L.211-7 du Code de l'Environnement), 51 pp.
- **SOUCHON Y.**, 2005. Impacts écologiques de l'effacement des barrages dans le Grand-Est. Conseil Supérieur de la Pêche Protection des Milieux Aquatiques, 17 pp.
- **TACHET H. RICHOUX P., BOURNAUD M. et USSEGLIO-POLATERA P.**, 2003. Invertébrés d'eau douce systématique, biologie, écologie.
- **TELEOS, CSP DR Franche-Comté, 1999-2001.** Etat physique des cours d'eau – Méthodes de description à l'échelle du tronçon et de la station. Rapport d'étude, 28 p.
- **TELEOS et Gestion des Espaces Naturels, 2002.** Etude piscicole de la Veyle et de ses affluents –Etat actuel, 86 pp.
- **VERNEAUX J.**, 1977. Biotypologie de l'écosystème « eau courante ». Les groupements socio-écologiques, C.R Acad. Sc. Paris, t. 284 (21.02.1977), série D, 675-677.
- **VERNEAUX J.**, 1981. Les poissons et la qualité des cours d'eau. Annales Scientifiques de l'Université de Franche-Comté, 2 , 33-41 p.
- **VERNEAUX J.**, 1982. Une nouvelle méthode pratique d'évaluation de la qualité des eaux courantes. Un indice biologique de la qualité générale (IBG), Ann. Sci-Univ. Fr-Comte, Biol. Anim, 3, 11-22.
- **VERNEAUX J.**, 1982. Expression biologique, qualitative et pratique de l'aptitude des cours d'eau au développement de la faune benthique. Un coefficient d'aptitude biogène : le Cb2. Ann. Sci Univ. Besançon Biol. Anim.
- **WASSON J.G., CHANDESRIS A., PELLA H. et BLANC L.**, 2004. Les hydro-écorégions de France métropolitaine. Approche régionale de la typologie des eaux courantes et éléments pour la définition des peuplements de référence d'invertébrés. Rapport, Ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement, Cemagref Lyon BEA/LHQ, 190 pp.

- **WASSON J.G.**, CHANDESRIS A., PELLA H. et BLANC L., 2004. Détermination des valeurs de référence de l'IBGN et propositions de valeurs limites du « Bon état ». Cemagref Lyon BEA/LHQ, 88 pp.

- **WOOSLEY S.** et *al.*, 2007. A strategy to asses river restoration success. *Freshwater Biology* 2007 (52), 752-769 p.

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Occupation du sol	7
Figure 2 : Localisation du bassin versant du Renon et des deux seuils de moulin	10
Figure 3 : Profil en long du Renon (d'après MALAVOI, 2002)	11
Figure 4 : Profil en long du moulin Burel à la confluence du Renon avec la Veyle.....	19
Figure 5 : Représentativité en pourcentage des différents types de substrats sur chaque station d'étude.....	22
Figure 6 : Graphique représentant une synthèse de l'évolution longitudinale des indices calculés	32
Figure 7 : Densité des espèces relevées sur la station S1	34
Figure 8 : Histogramme de comparaison entre les classes d'abondance observée et théoriques de la station S1	35
Figure 9 : Densité des espèces relevées sur la station S2	36
Figure 10 : Histogramme de comparaison entre les classes d'abondance observées et théoriques de la station S2	37
Figure 11 : Densité des espèces relevées sur la station amont du moulin de Champagne	38
Figure 12 : Histogramme de comparaison entre les classes d'abondances observées et théoriques de la stations S3.....	39
Figure 13 : Densité des espèces relevées sur la station aval du moulin de Champagne	40
Figure 14 : Histogramme de comparaison entre les classes d'abondance observées et théoriques de la station S4	41
Figure 15 : Colmatage du Renon Source : personnelle.....	47
Figure 16 : Calendrier prévisionnel du suivi.....	51

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Synthèse des mesures thermiques relevées par les sondes.....	20
Tableau 2 : Synthèse des puissances spécifiques calculées	20
Tableau 3 : Synthèse des principaux résultats concernant la qualité physique des quatre stations du Renon.....	22
Tableau 4 : Synthèse de la qualité biologique pour les quatre stations.....	28
Tableau 5 : Synthèses des indices de Jaccard calculés entre toutes les stations ; Récapitulatif du nombre de taxons communs entre chaque station	31
Tableau 6 : NTT correspondant aux stations	34
Tableau 7 : Synthèse du nombre d'individus et de la densité piscicole pour 6 métriques des stations S1 et S2	43
Tableau 8 : Synthèse du nombre d'individus et de la densité piscicole pour 6 métriques des stations S3 et S4	44
Tableau 9 : Synthèse des NTT et des NTI pour chaque stations.....	46

TABLE DES MATIERES

RESUME	2
LISTE DES ABREVIATIONS.....	3
INTRODUCTION	4
I. PRESENTATION DU SITE ET DU CONTEXTE GENERALE DE L'ETUDE.....	5
1. LE SYNDICAT MIXTE DE LA VEYLE VIVANTE	5
1.1. Le Syndicat Mixte de la Veyle Vivante.....	5
1.2. Le contrat de rivière de la Veyle et de ses affluents	5
1.3. Le contexte géologique : la Bresse et la Dombes	5
1.4. Le bassin versant de la Veyle et la DCE	6
1.5. La Veyle	6
1.6. L'occupation du sol.....	7
2. LES MOULINS, UNE PROBLEMATIQUE INHERENTE A LA VEYLE ET SES AFFLUENTS	7
2.1. Les seuils, quelles actions sur les milieux aquatiques ?.....	7
2.2. Quel avenir pour les moulins du bassin versant de la Veyle.....	8
3. DEUX MOULINS POUR UNE ETUDE PLUS APPROFONDIE	9
3.1. Le moulin de la Poule	9
3.2. Le moulin de Champagne.....	9
3.3. Un cours d'eau : le Renon.....	11
3.4. Qualité physico-chimique du Renon	12
II. LE PROTOCOLE MIS EN ŒUVRE	12
1. LES PARAMETRES PHYSIQUES.....	12
1.1. Choix des stations d'étude	12
1.2. Le profil en long.....	13
1.3. Suivi de la température	13
1.4. Calcul de la puissance spécifique	13
2. EVALUATION DE LA QUALITE DE L'HABITAT AQUATIQUE A L'ECHELLE DE LA STATION : L'IAM	13
3. LES PARAMETRES BIOLOGIQUES	14
3.1. Etude des peuplements de macro-invertébrés benthiques	14
3.2. Calcul du Niveau Typologique Théorique (NTT)	16
3.3. Etude du peuplement piscicole.....	17
4. ESTIMATION DU STOCK SEDIMENTAIRE DE LA RETENUE DU MOULIN DE CHAMPAGNE	18
III. LES RESULTATS ET DISCUSSIONS.....	18
1. UN LINEAIRE, QUATRE STATIONS	18
2. LE PROFIL EN LONG	19
3. LE SUIVI THERMIQUE	19
4. LA PUISSANCE SPECIFIQUE	20
5. EVALUATION DE LA QUALITE DE L'HABITAT A L'ECHELLE DE LA STATION : L'IAM.....	20
5.1. Analyse de la qualité physique stationnelle	20
5.1.1. La station S1 : Amont du moulin de la Poule avec la vanne relevée	21
5.1.2. La station S1 : Amont du moulin de la Poule avec la vanne en position habituelle	23
5.1.3. La station S2 : Aval du moulin de la Poule.....	23
5.1.4. La station S3 : Amont du moulin de Champagne	24
5.1.5. La station S4 : Aval du moulin de Champagne	24

5.2.	<i>Analyses discutives et comparaison de la qualité physique des quatre stations</i>	25
5.2.1.	Comparaison S1 vanne levée et vanne en position normale	25
5.2.2.	Possible explication de la note IAM de la station S3	25
5.2.3.	Comparaison Amont poule et Amont Champagne	26
5.2.4.	Remarques générales	26
6.	QUALITE BIOLOGIQUE DES QUATRE STATIONS D'ETUDES : MAG20	27
6.1.	<i>Les résultats obtenus</i>	27
6.1.1.	La station S1 : Amont du moulin de la Poule	27
6.1.2.	La station S2 : Aval du moulin de la Poule	29
6.1.3.	La station S3 : Amont du moulin de Champagne	30
6.1.4.	La station S4 : Aval du moulin de Champagne	30
6.2.	<i>Discussion comparative entre les stations</i>	31
6.2.1.	Comparaison S1 et S2	31
6.2.2.	Comparaison S3 et S4	32
6.2.3.	Comparaison S2 et S4	32
6.3.	<i>Discussion générale</i>	32
7.	ETUDE PISCICOLE DES QUATRE STATIONS D'ETUDE	33
7.1.	<i>Le Niveau Typologique Théorique</i>	33
7.2.	<i>Le peuplement piscicole de la station amont du moulin de la Poule</i>	34
7.2.1.	Résultats de la pêche électrique	34
7.2.2.	Comparaison du peuplement piscicole observé avec le peuplement théorique	34
7.2.3.	Etude de la composition des populations en place	35
7.3.	<i>Le peuplement piscicole de la station aval du moulin de la Poule</i>	36
7.3.1.	Résultats de la pêche électrique	36
7.3.2.	Comparaison du peuplement piscicole observé au peuplement théorique	36
7.3.3.	Etude de la composition des populations en place	37
7.4.	<i>Le peuplement piscicole de la station amont du moulin de Champagne</i>	38
7.4.1.	Résultats de la pêche électrique	38
7.4.2.	Comparaison du peuplement piscicole observé au peuplement théorique	39
7.4.3.	Etude de la composition des populations en place	39
7.5.	<i>Le peuplement piscicole de la station aval du moulin de Champagne</i>	40
7.5.1.	Résultats de la pêche électrique	40
7.5.2.	Comparaison du peuplement piscicole observé au peuplement théorique	41
7.5.3.	Etude de la composition des populations en place	42
7.6.	<i>Comparaison des peuplements piscicoles des stations amont et aval</i>	43
7.6.1.	Comparaison des peuplements piscicoles des stations S1 et S2	43
7.6.2.	Comparaison des peuplements piscicoles des stations S3 et S4	44
7.7.	<i>Le peuplement global de l'aval du Renon</i>	45
IV.	DISCUSSION GENERALE	47
1.	DISCUSSION GENERALE	47
2.	LE PROTOCOLE DE SUIVI	49
2.1.	<i>Le suivi thermique</i>	49
2.2.	<i>Le suivi topographique</i>	49
2.3.	<i>Le suivi photographique</i>	50
2.4.	<i>Le suivi des faciès d'écoulement</i>	50
2.5.	<i>Le suivi biologique</i>	50
3.	UNE ETUDE, DES PERSPECTIVES	52
3.1.	<i>Analyses physico-chimiques</i>	52
		67

3.2.	<i>Seuil du moulin de Champagne</i>	52
3.3.	<i>Seuil du moulin de la Poule</i>	53
3.4.	<i>Aménagements pour le retour des substrats sableux et graveleux</i>	55
3.5.	<i>Restauration du Renon</i>	55
3.6.	<i>Poursuite de la politique de démantèlement</i>	56
3.7.	<i>Une modélisation hydraulique</i>	56
3.8.	<i>Le pont du camping de Vonnas</i>	56
3.9.	<i>L'étude de la population de toxostomes (Chondrostoma toxostoma)</i>	57
4.	LES CRITIQUES QUI EN DECOULENT	57
CONCLUSION		60

SOMMAIRE DES ANNEXES

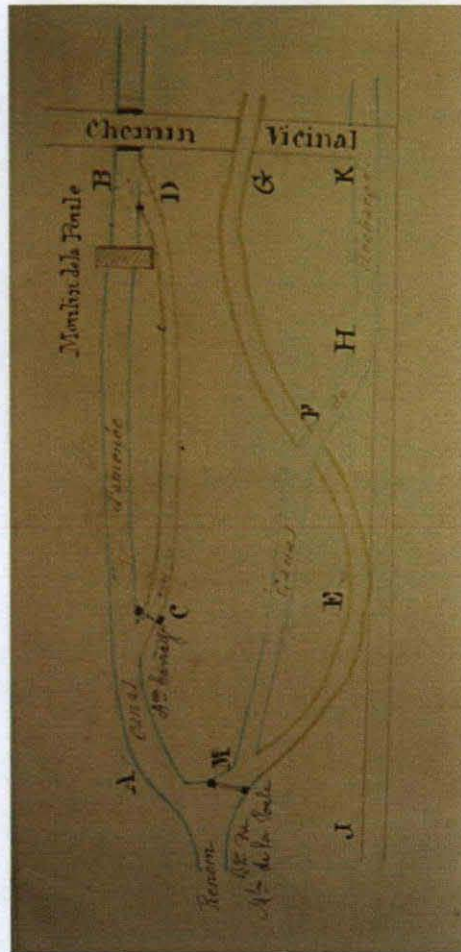
- ANNEXE 1_CARTE GEOLOGIQUE DU BASSIN VERSANT DE LA VEYLE ET DE SES ALENTOURS
- ANNEXE 2_ancien recalibrage du Renon au niveau du moulin de la poule
- ANNEXE 3_LOCALISATION DES SONDES THERMIQUES
- ANNEXE 4_PROTOCOL DE L'IAM
- ANNEXE 5_TABLEAU DE DETERMINATION DE L'IBGN
- ANNEXE 6_LISTE DE LA FAUNE MACROBENTHIQUE UTILISEE POUR LE CALCUL DU CB2
- ANNEXE 7_PROTOCOL MAG20
- ANNEXE 8_PRESENTATION DE L'ABAQUE PERMETTANT DE CALCULER LE NTI
- ANNEXE 9_LISTES DES ESPECES PISCICOLES PRISES EN COMPTE POUR LE CALCUL DE LA DENSITE DE RHEOPHILES, LITHOPHILES, INTOLERANTES, TOLERANTES, OMNIVORES ET INVERTIVORES.
- ANNEXE 10_LOCALISATION DES QUATRE STATIONS D'ETUDE
- ANNEXE 11_CARTOGRAPHIE DES MOSAÏQUES D'HABITAT OBTENUES PAR LA METHODE DE L'IAM ET RECAPITULATIF DES CALCULS DE L'IAM POUR LA STATION S1 EN AMONT DE LA VANNE DE REPARTITION DU MOULIN DE LA POULE, VANNE LEVEE
- ANNEXE 12_CARTOGRAPHIE DES MOSAÏQUES D'HABITAT OBTENUES PAR LA METHODE DE L'IAM ET RECAPITULATIF DES CALCULS DE L'IAM POUR LA STATION S1 EN AMONT DE LA VANNE DE REPARTITION DU MOULIN DE LA POULE, VANNE EN POSITION HABITUELLE
- ANNEXE 13_CARTOGRAPHIE DES MOSAÏQUES D'HABITAT OBTENUES PAR LA METHODE DE L'IAM ET RECAPITULATIF DES CALCULS DE L'IAM POUR LA STATION S2 EN AVAL DE LA VANNE DE REPARTITION DU MOULIN DE LA POULE
- ANNEXE 14_CARTOGRAPHIE DES MOSAÏQUES D'HABITAT OBTENUES PAR LA METHODE DE L'IAM ET RECAPITULATIF DES CALCULS DE L'IAM POUR LA STATION S3 EN AMONT DU SEUIL DU MOULIN DE CHAMPAGNE
- ANNEXE 15_CARTOGRAPHIE DES MOSAÏQUES D'HABITAT OBTENUES PAR LA METHODE DE L'IAM ET RECAPITULATIF DES CALCULS DE L'IAM POUR LA STATION S4 EN AVAL DU SEUIL DU MOULIN DE CHAMPAGNE
- ANNEXE 16_LISTE FAUNISTIQUE DE LA STATION S1
- ANNEXE 17_LISTE FAUNISTIQUE DE LA STATION S2
- ANNEXE 18_LISTE FAUNISTIQUE DE LA STATION S3
- ANNEXE 19_LISTE FAUNISTIQUE DE LA STATION S4
- ANNEXE 20_TAXONS SAPROBIONTES
- ANNEXE 21_GRAPHIQUES REPRESENTANT LES POIDS POUR CHACUNE DES ESPECES REPRESENTEES SUR LES STATIONS D'ETUDE (KG.HA^{-1})
- ANNEXE 22_DONNEES DE L'ANCIENNE PECHE ELECTRIQUE DE SAUVETAGE
- ANNEXE 23_PROFILS EN TRAVERS DU CABINET DE GEOMETRE CMS
- ANNEXE 24_PROFILS EN TRAVERS
- ANNEXE 25_LOCALISATION DES PROFILS EN TRAVERS

ANNEXE 1

Carte géologique du bassin versant de la Veyle et de ses alentours

ANNEXE 2

Ancien recalibrage du Renon au niveau du moulin de la Poule



« La rivière AB serait un canal d'irrigation ouvert à une époque reculée par les Seigneurs de Marmont pour arroser les prairies qu'ils possédaient en aval.

Le Sr RATON étant devenu acquéreur d'une parcelle de terrain sur ce canal, construisit le moulin de la Poule vers la fin du dernier siècle. Comme il ne possédait qu'une faible bande de terrain sur la rive droite, il ouvrit la rivière de décharge CD.

Plus tard, le Sr RONJON acheta le moulin, comme il était propriétaire du pré situé sur la droite de la rivière de décharge, il transporta le barrage de prise d'eau au point M du plan et combla la rivière CD.

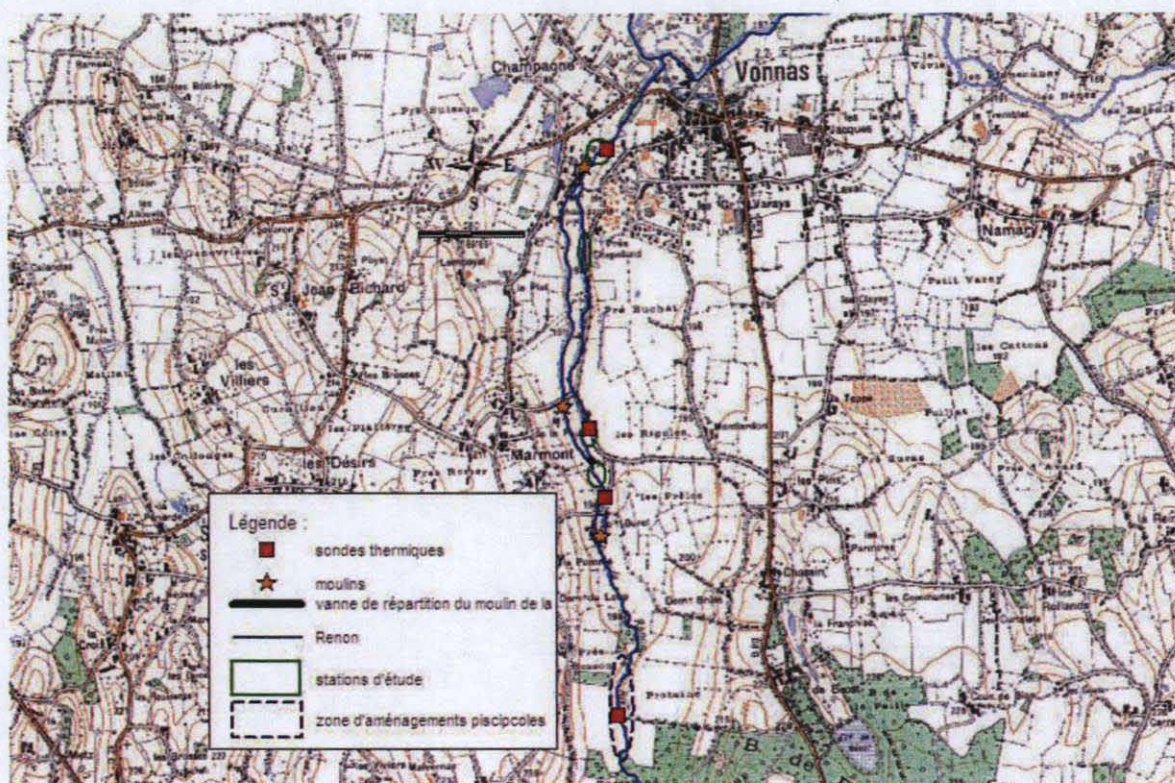
En 1928, la rivière morte MEFG fut redressée et élargit par le Sr RIPPE suivant MFG.

Enfin vers l'année 1847, le Sr RONJON redressa de nouveau la rivière suivant MFHK pour établir sur la rive droite le chemin communal JK. »

(d'après Règlement d'eau – procès verbal de visite des lieux, 1^{er} octobre 1854)

ANNEXE 3

Localisation des sondes thermiques



Sources : IGN, S.M.V.V., personnelle

ANNEXE 4
PROTOCOLE DE L'IAM

Méthode standard d'analyse de la qualité de l'habitat aquatique à l'échelle de la station : l'IAM

CSP 1994-TELEOS 2000-TELEOS 2002.

Synthèse rédigée en 2002 par DEGIORGI F., MORILLAS N. et GRANDMOTTET J. P.

Problématique et concepts.

Une méthode d'analyse cartographique standard de la qualité des mosaïques d'habitats aquatiques a été mise au point par la DR5 du CSP (DEGIORGI et al. 1994-1996) puis finalisée par TELEOS (DEGIORGI ET GRANDMOTTET, 1997-1998). Cette approche, testée et validée sur plusieurs dizaines de rivières, fournit des images comparables de l'hétérogénéité et de l'attractivité biogène d'un cours d'eau à l'échelle de la station.

A qualité d'eau et niveau trophique égaux, les capacités piscicoles d'un site d'eau courante sont en effet déterminées par la diversité et la qualité des combinaisons de hauteurs d'eau, de vitesses de courant et de substrats/supports. La démarche diagnostique utilisée consiste à réaliser une cartographie codifiée de chacune de ces composantes de la qualité physique, puis de considérer leur combinaison. Les compositions des différentes mosaïques et de leur superposition peuvent ainsi être appréciées et confrontées d'une station à l'autre.

Les limites des classes d'hétérogénéité de chaque composante ont été déterminées statistiquement. Leur combinaison définit des zones d'attraction différentielle vis-à-vis des poissons : elles sont appelées "pôles d'attraction". Cette notion intègre l'aspect dynamique de l'intérêt offert par un habitat pour l'ensemble des espèces.

Les capacités piscicoles associées à la structure physique d'une station sont chiffrées globalement, et non pas reconstituées placette par placette, ni fondées sur la définition de *preferenda* spécifiques associées séparément à chaque descripteur fondamental (substrat, profondeur, vitesse). Leur évaluation diffère donc au plan conceptuel de celle qui est obtenue par la mise en œuvre de la méthode des "micro-habitats" ou de ses dérivés.

Fondements de la méthode

Suivant cette optique, les 3 composantes fondamentales de l'habitat aquatique sont analysées simultanément. On découpe en fait l'espace potamique en zones homogènes au point de vue à la fois de la **hauteur d'eau**, de la **vitesse**, et du **couple substrat/support**. Ces différentes catégories de structures spatiales sont appréciées à une échelle globale, en transformant les mesures métriques en classes de valeur biologique dont les seuils ont été déterminés statistiquement.

- 1) Dans un 1^{er} temps, les **hauteurs d'eau** (respectivement : **les vitesses de courant**) sont mesurées au centimètre (resp. : au centimètre/seconde) sur des transects qui servent à tracer des courbes bathymétriques d'équidistance 5 cm (resp. d'isovitesse d'équidistance 5 cm/s). Ces documents graphiques sont alors transformés en cartes des zones de profondeur (resp. : de vitesse) d'intérêt ichtyologique différentiel. Pour cela les valeurs métriques sont regroupées en classes significatives pour le poisson : les limites de ces classes ont été déterminées statistiquement à partir de la répartition spatiale instantanée des poissons enregistrée sur une centaine de stations (60 cours d'eau, MORILLAS 1994).

Simultanément, l'espace fluvial est découpé en placettes homogènes au point de vue des **substrats** (granulométrie) et des **soutpports** (végétation, caches...). En cas de configuration hétérogène, c'est le support ou le substrat le plus attractif vis-à-vis de l'ichtyofaune qui est pris en compte. La hiérarchisation de l'attractivité a elle aussi été déterminée statistiquement.

- 2) Dans un 2^e temps, l'intersection de ces 3 niveaux d'information permet de tracer la **cartographie des pôles d'attraction**. Ces entités spatiales composites expliquent de façon dynamique la répartition spatiale des poissons à l'échelle de l'habitat et donc déterminent la part du potentiel de production liée à celui-ci à l'échelle de la station.
- 3) Dans un 3^e temps, le comptage des différentes catégories de descripteurs et de leurs surfaces relatives constitue une mesure de l'hétérogénéité de la station. Parallèlement, la pondération de la **représentativité** de chaque pôle par son coefficient d'attractivité apprécie le degré d'hospitalité qualitative du cours d'eau à l'endroit considéré.

Les **faciès** ne sont pas intégrés dans la définition de ces pôles, car cette description correspond à une échelle plus globale (un faciès se compose de plusieurs pôles). Cependant, afin de **relier les 2 échelles de travail entre elles**, les faciès rencontrés sur la station cartographiés puis confrontés avec la séquence de succession type des faciès présentés par le cours d'eau, sur un même tronçon fonctionnel.

Cette description complémentaire est nécessaire pour vérifier la bonne représentativité du tronçon cartographié vis-à-vis de ce tronçon. En outre, elle permet d'apprécier les interférences entre échelles emboîtées. Les faciès bien représentés qui n'appartiennent pas à la station pêchée pour diverses raisons (techniques, matérielles, financières...) seront indiqués et les interprétations devront en tenir compte.

Modalités pratiques

Pour pouvoir comparer différentes stations d'un même cours d'eau entre elles ou en mesurer l'évolution temporelle, il est important de **standardiser** les modalités pratiques de relevés de terrain et de cartographie. Avant tout, **les descriptions se font en été** (périodes de développement des herbiers), durant l'**étiage moyen** (facteur limitant).

Toutefois, pour certains cours d'eau ou pour certaines problématiques, une description complémentaire pourra être réalisée pour le débit à pleins bords ou /et pour une crue de fréquence annuelle ou/et en étiage d'hiver. Lors de mesures réalisées pour des débits importants, la cartographie est simplement réajustée à partir des relevés réalisés en étiage (hauteurs d'eau et vitesses mesurées de nouveau mais substrats inchangés sauf pour les bordures). Pour chaque cartographie, 4 séries de mesures et de dessins sont réalisées en découpant la station en placettes homogènes pour le descripteur considéré (vitesses du courant, hauteurs d'eau, substrats et supports, pôles d'attraction).

Sur le terrain, les vitesses et les hauteurs d'eau sont mesurées et repérées sur des transects à l'aide d'une jauge graduée, d'un courantmètre et de plusieurs décamètres. Des lignes d'isovitesse et d'isoprofondeurs sont alors tracées par intrapolation entre les différents transects : si besoin, les limites de zones obtenues sont vérifiées par des mesures ponctuelles complémentaires. Les placettes associées aux différents substrats/supports dont l'attractivité est hiérarchisée sont métrees à l'aide d'un topofil et représentée exhaustivement.

Définition des faciès

Les faciès sont des zones homogènes définies par la **forme globale** du lit (chenal ou annexes, dénivélé, courbure...), la **dominante des vitesses de courant** et la **hauteur modale** de la tranche d'eau au centre du chenal. Les différents faciès sont répertoriés dans l'annexe "Explication des fiches de description de l'habitat du tronçon".

Description du substrat-support

La station est ensuite découpée en placettes d'une surface supérieure à 1 mètre carré ou 0,1 P, l'étant la largeur de la lame d'eau, **homogène** en ce qui concerne les substrats support. La plupart du temps, seul l'élément le plus attractif relevé sur une placette est noté. En cas de substrats/supports composites, la hiérarchisation indiquée ci-dessous permet de choisir la dominante. Un substrat/support secondaire ou une indication d'altération de l'attractivité peut cependant être ajouté (cf. ci-dessous).

* Hiérarchisation des substrats :

La hiérarchisation est effectuée à partir du degré d'attractivité exercé sur l'ichtyofaune. Cette « hospitalité » différentielle est considérée pour différents écostades, différentes espèces, différentes exigences de chaque espace (nutrition, reproduction, caches/abri, circulation/transition...). Suivant cette optique, c'est surtout la **taille des anfractuosités** servant de support ou de cache aux poissons (ainsi qu'à leur nourriture) qui est prise en compte : ainsi on met sur le même plan, branchage, hydrophytes non colmatés et sous-berges. Toutefois, les hydrophytes et dans une moindre mesure les branchages présentent un attrait supplémentaire comme support de fraie et de nutrition.

- 1° **Hydrophytes (HYI)** : végétaux aquatiques ou amphiphytes noyés à tige souple habitat encombré dans la masse d'eau, avec des coulées d'importance décimétrique.
- 2° **Branchages immergés (BRA)** : amas de branchages, arbres tombés ou s'avancant dans l'eau ou réseaux de racines de gros diamètre. Substrat considéré comme étant le plus attractif.
- 3° **Sous-berge (BER)** : abri creusé sous une berge en terre, créé par une cavité sous des racines immergées, faille dans une paroi rocheuse, ou cache dans les bancs de tufs fracturés (même loin du bord). Cette anfruosité doit réellement constituer un abri contre le courant et non pas un simple marche pied.
- 4° **Blocs (BLO)** : granulats d'une taille supérieure à 20 cm et offrant une cache assez importante (si un bloc est posé sur du sable ou dégagé par une érosion active, il n'offre plus la même qualité d'abri, il n'est pas noté comme bloc (blo) mais comme bloc sans anfruosité (bls)).
- 5° **Hydrophytes à feuilles flottantes (HYF)** : végétaux aquatiques noyés à feuilles flottantes (nénuphars, potamots...) formant un couvert horizontal, mais ne constituant pas un habitat très encombré dans la masse d'eau.
- 7° **Hélophytes (HEL)** : végétaux à tige ligneuse immergés en partie : densification d'éléments verticaux d'écartement centimétrique à pluri-centimétrique.
- 6° **Blocs sans anfruosité (BLS)** : blocs posés sur le sable ou dégagés par l'érosion : il n'y a pas de caches proprement dites mais des zones de turbulence encore attractives pour le poisson.
- 8° **Végétations aquatiques rases (CHV)** : tous supports végétaux de faible hauteur offrant des vides de taille relativement réduite (importance centimétrique) mais très nombreuses (système de racines de petite taille, bryophytes ou autres végétaux hydrophytes ou amphiphytes en début de croissance...)
- 9° **Galets (GAL)**, taille 2 à 20 cm : anfractuosités d'ordre centimétrique, non colmatées
- 10° **Galets et graviers mélangés (GGR)**, taille 0,2 à 20 cm
- 11° **Graviers (GRA)** : taille 0,2 à 2 cm : anfruosité d'ordre millimétrique
- 12° **Sable (SAB)** : taille 0,2 à 2 mm.
- 13° **Éléments fins (FIN)** : minéral ou organique granulométrie inférieure à 2 mm, substrat n'offrant aucun abri (vase, limon...), mais éventuellement des ressources alimentaires.
- 14° **Dalle (DAL)** : substrat dur horizontal ou vertical n'offrant aucun abri (roche, marnes, surface artificielle jointive, palplanche ...) et peu ou pas de ressources alimentaires.

- 15° **Substrats particuliers** : lorsque la problématique de l'étude impose une description plus fine des supports végétaux (ex : cartographie des zones de frayère des espèces recherchant spécifiquement certains types de végétation...) ou lors de cartographie de stations particulières (ex : baissière en zone inondable avec une végétation de prairie terrestre...) des substrats supplémentaires peuvent être ajoutés, en particulier "Prairie immergée" (PRA) correspondant à une végétation terrestre graminée.

• *Choix du nombre de substrats :*

Les principes de descriptions proposés doivent parfois être modulés en fonction des caractéristiques de la rivière, des espèces présentes, de la précision des relevés... Cependant, le principe de travail fondamental est le suivant : **on indique un seul substrat lorsque l'un des deux substrats possède une attractivité nettement plus faible que l'autre** (HYI/fin ou BLO/GRA sont ainsi notés HYI ou BLO dans la plupart des cas). Un substrat secondaire devra être précisé suivant les règles suivantes :

- 1° Le **substrat le plus attractif** relevé sur une placette est considéré comme étant le substrat principal ou le substrat unique s'il représente au moins **25%** de la surface ou de l'encombrement spatial. Sinon, il est noté en substrat secondaire tandis que le support dominant est indiqué en substrat principal, même si ce n'est pas le plus attractif.

- 2° On indiquera également deux substrats lorsque la dimension des caches ou vides caractéristiques de ces substrats est très différente et n'intéresse pas les mêmes poissons (ou même écostades).

Exemples : les racines regroupant à la fois un substrat du type chevelu racinaire et une sous-berge seront notées comme "ber" en substrat principal et comme "chv" en substrat secondaire : les chabots trouveront refuge dans les petites racines, tandis que les chevaines, truites, perches... utiliseront la sous-berge. De la même manière, les zones mixtes de blocs/galets peuvent intéresser les truites, barbeaux, chevaines (dans les blocs) et les loches, chabots (dans les galets). Un substrat mixte composé principalement de petites racines, de sous-berges et branchages associés est noté "chv/bra" : chv en tant que support dominant en proportion, de nature très différente de bra ou ber (taille des vides) et bra car ce substrat est plus attractif que ber. Tuf fracturé formant des caches et bryophytes = ber/chv.

- 3° Enfin lorsqu'un substrat **ne dépassant pas 75 %** de surface par placette demeure systématiquement moins attractif que le substrat conjoint (exemple sable à 40% ou 60% avec galets, graviers, blocs...) mais qu'il n'apparaît jamais en substrat "pur" ou principal (>25%), il passe substrat principal sur une fraction des placettes composites proportionnelle. Sa représentativité est appréciée empiriquement.

• *Altération ou modification de l'attractivité*

- ◇ **Epaississement spatial, densification** (suffixe "D" à la place de la troisième lettre) Une indication de densité d'encombrement de l'habitat est utilisée pour préciser la description

des supports végétaux lorsqu'ils sont fermés par une densification qui semble pénalisante pour la circulation et la vie du poisson.

Par exemple, herbier à cératophylles très serré, envahissant et encroûté, noté HYD, ou roselière très dense et fermée notée HLD. *A contrario*, des hélophytes très épars ou des herbiers clairsemés sur fond nus sont notés hle ou hye.

- ◇ **Algues filamenteuses** (alg) : lorsque les algues colmatent un habitat, celles-ci sont indiquées en substrat secondaire uniquement en raison des cycles de développement très rapide de ces végétaux et pour rendre comparable les cartographies.

La mention supplémentaire "alg" ne sera indiquée que lorsque le développement des algues filamenteuses est visiblement **anormal** et qu'il pénalise l'habitabilité d'un substrat en colmatant les anfractuosités ; ce colmatage est par définition variable suivant les saisons (cf. Cycle de développement des algues filamenteuses).

- ◇ **Éléments colmatants** (col) : lorsque des éléments fins colmatent un habitat ceux-ci sont indiqués en substrat secondaire uniquement de la même manière que pour les algues, afin de différencier les zones de sédimentation naturelle des secteurs qui voient leur habitabilité potentielle réduite par des pollutions physiques ou organiques.

Soit les éléments fins constituent le substrat normal et unique de la placette en zone de sédimentation : un **seul substrat** est noté (fin) ; soit le **colmatage** par des éléments fins rend le substrat sous-jacent inutilisable par les poissons : le **substrat sous-jacent** est alors indiqué **associé** à la mention "col" pour indiquer la pollution par des matières en suspension. Cette notation permet de différencier les zones où les phénomènes de sédimentation sont naturels des secteurs qui voient leur habitabilité altérée.

- ◇ **Pavage** des galets et des blocs (bls, gls) : lorsque des éléments minéraux grossiers sont pavés, c'est à dire lorsqu'ils compose une cuirasse sans anfractuosités ou/ et sont englobés dans des substrats plus fins qui les ferment complètement leur attractivité est fortement diminuée. Cette tendance est plus particulièrement sensible pour les galets qui perdent beaucoup de leur capacité biogènes lorsqu'ils sont pavés.

* Représentation cartographique :

Pour les stations où les relevés ont été réalisés à pied, la représentation des surfaces observées pour chaque substrat est réalisée à l'échelle sur un fond de carte sur toute la surface du cours d'eau. Le substrat secondaire ou l'indication d'altération est indiqué en inscrivant le code du substrat (3 lettres voir plus haut).

Description de la hauteur d'eau

Les hauteurs de la tranche d'eau sont mesurées à pied ou par écho-sondeurs sur des transects placés et divisés de façon à encadrer les ruptures de pente et les variations nettes de profondeur, ce qui représente 5 à 20 transects par station selon l'hétérogénéité du milieu. Ces mesures sont ensuite regroupées en 5 classes :

- | | | |
|---------------------|-------------------|----------------------|
| - 1 : moins de 5 cm | - 3 : 21 à 70 cm | |
| - 2 : 6 à 20 cm | - 4 : 71 à 150 cm | - 5 : plus de 151 cm |

Description de la vitesse du courant

La vitesse mesurée à 0,6 fois la hauteur d'eau sur les transects vitesses "représentatives" définis ci-dessus

- | | | |
|------------------------|---------------------|------------------------|
| - 1 : moins de 10 cm/s | - 3 : 41 à 80 cm/s | |
| - 2 : 11 à 40 cm/s | - 4 : 81 à 150 cm/s | - 5 : plus de 151 cm/s |

Constitution des pôles d'attraction

L'intersection des 3 niveaux d'information précédents sert à délimiter les pôles d'attraction. Un pôle d'attraction est donc défini par le substrat principal uniquement, dans un but de simplification, par la hauteur d'eau et par la vitesse. Par conséquent, les pôles sont codifiés par les 3 lettres du substrat principal, par le chiffre correspondant à la classe de hauteur d'eau et par le chiffre de la classe de vitesse.

Expression des résultats et règles d'interprétations.

Les cartes obtenues permettent de visualiser l'attractivité ou l'uniformité des mosaïques d'habitats (fig. 15 et ann. 6). Plus synthétiquement, des indices replacent les résultats obtenus pour chaque station sur des échelles d'hétérogénéité et d'attractivité biogène.

- * **Var** = variété : nombre de catégories (de substrats/supports) ou de classes (de vitesses et de profondeurs) pour chacune des composantes de la qualité des mosaïques d'habitats
- * **Div** = Diversité : mesure de la complexité et de l'hétérogénéité quantitative de la répartition des surfaces entre les catégories de chaque composante de la qualité de l'habitat :

$$-\sum_{i=1}^n \frac{S_i}{S} \cdot [\log_{10}(S_i)]$$
 où : n est le nombre de catégorie (n=var)

S_i est la surface cumulée des placettes de la $i^{ème}$ catégorie

- * **Reg** = Régularité : rapport entre la diversité observée et la diversité optimale pour une même variété correspondant à l'équi-répartition.

* IAM = Indice d'Attractivité Morphodynamique sanctionnant la variété des classes de profondeur, de vitesses et de substrats/supports ainsi que leur attractivité vis-à-vis de l'ichtyofaune.

$$IAM = [\sum (Si \cdot \text{Attract.}(\text{subst}i))] \cdot \text{Var}(\text{subst}) \cdot \text{Var}(h.e.) \cdot \text{Var}(v.)$$

où : v. vitesses h.e : hauteurs d'eau subs. substrats/supports Attract. attractivité (tab. XI).

La hiérarchisation et la cotation de l'attractivité **globale** des substrats/supports a été déterminée statistiquement sur plusieurs dizaines de rivières (tab. I). Ces scores prennent en compte les exigences de l'ensemble des pisciaires et intègrent donc l'ensemble des ressorts physiques nécessaires aux transferts trophiques.

Code	Substrat	Attractivité
BRA	branchages, grosses racines immergées	100
BER	sous-berges	90
HYI	hydrophytes immergés	80
AFF	sources, résurgences, affluents	70
BLO	blocs avec caches	60
GAL	galets	50
HEL	hélrophytes	40
CHV	chevelus racinaires, végétations rases	40
BLO	blocs sans anfractuosités	30
GGR	galets et graviers mélangés	25
GRA	graviers	20
GLS	galets pavés (sans anfractuosité)	10
LIT	litières organiques	10
SAB	sables	8
FIN	éléments fins, limons, vases	4
DAL	dalles, surfaces indurées (sans cache)	1

Tableau I : hiérarchisation de l'attractivité des différents substrats.

Conclusion et perspectives

L'IAM, encore expérimental, constitue une approche simplifiée car il ne tient pas compte de l'attractivité des pôles et en particulier de la variation de la valeur piscicole des substrats/supports selon les hauteurs d'eau et les courants qui les baignent. Toutefois la démarche suivie permet d'apprécier les variations spatio-temporelles quantitatives de l'hétérogénéité et de l'attractivité des mosaïques d'habitats.

Cette approche pourra également servir à l'avenir pour évaluer l'évolution de la qualité physique lors de la reprise d'érosion et du transport probable des dépôts de sables, limons et graviers remis en circulation par des vidanges mais aussi en cas d'augmentation de la valeur des débits réservés. Enfin, deux séries de règles d'interprétations sont issues des premières applications de la méthode à des stations référentielles. La première permet d'apprécier la signification de l'IAM en fonction de la largeur du cours d'eau (tab. II). La seconde permet d'utiliser la méthode dans le cas de ruisseau à écrevisse (de 0,5 à 10 m).

Largeur	0,5	1	2	4	6	8	10	12	16	20	40	60
IAM optimal	1600	2400	3600	6200	7720	8880	9750	10400	11470	12060	13550	14030

Tableau II. Valeurs expérimentales de référence de l'IAM en fonction de la largeur moyenne du lit mineur au niveau de la station étudiée.

Substrat	Attractivité APP
Branchages, grosses racines immergés	100
Sous-berges	100
<i>Chevelus racinaires, bryophytes</i>	90
<i>Galets plats</i>	90
<i>Galets</i>	80
Sources, résurgences, affluents	80
Blocs avec caches	70
Hydrophytes immergés	70
<i>Litières organiques</i>	60
<i>Galets et graviers mélangés</i>	60
<i>Dalle marneuse ou argileuse fouissable</i>	50
<i>Hélophytes</i>	40
<i>Sables</i>	30
Graviers	20
Éléments fins, limons, vases	10
Galets pavés [gls]	5
Blocs sans anfractuosités	2
Dalles indurées (sans cache)	1

Tableau III : cotation de l'attractivité globale des substrats pour les Pieds Blancs

ANNEXE 5

Tableau de détermination de l'IBGN

Classe de variété		14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
FAMILLES	Σt	>50	45	41	37	33	29	25	21	17	13	10	7	4	1
	GI	49	44	40	36	32	28	24	20	16	12	9	6	3	
<i>Chloroperlidae</i> <i>Perlidae</i> <i>Perlodidae</i> <i>Taeniopterygidae</i>	9	20	20	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9
<i>Capniidae</i> <i>Brachycentridae</i> <i>Odontoceridae</i> <i>Philoctamidae</i>	8	20	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8
<i>Leucridae</i> <i>Glossosomatidae</i> <i>Beraeidae</i> <i>Goeridae</i> <i>Leptophlebiidae</i>	7	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7
<i>Nemouridae</i> <i>Lepidostomatidae</i> <i>Sericostomatidae</i> <i>Ephemeridae</i>	6	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6
<i>Hydroptilidae</i> <i>Heptageniidae</i> <i>Polymitarcidae</i> <i>Potamanthidae</i>	5	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5
<i>Leptoceridae</i> <i>Polycentropodidae</i> <i>Psychomyidae</i> <i>Rhyacophilidae</i>	4	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4
<i>Limnephilidae</i> * <i>Hydropsychidae</i> <i>Ephemerellidae</i> * <i>Aphelocheiridae</i>	3	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3
<i>Baetidae</i> * <i>Caenidae</i> * <i>Elmidae</i> * <i>Gammaridae</i> * <i>Mollusques</i>	2	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2
<i>Chironomidae</i> * <i>Aseilidae</i> * <i>Achètes</i> <i>Oligochètes</i> *	1	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

Source : norme afnor : NF.T. 90.350 1992, 2004

ANNEXE 6

Liste de la faune macrobenthique utilisée pour le calcul du Cb2

Macrofaune benthique - Protocole CB2		
Répertoire des 92 indicateurs classé selon i et par ordre alphabétique,		
i = 9 (5)	i = 5 (16)	i = 2 (8)
Astacidae	Aeschnidae	Ancylidae
(except. <i>A. leptodactylus</i> et <i>P. leniusculus</i>)	Blepharidae	Atyidae
Beraeidae	Bythinellidae	Baetidae
Chloroperlidae	Ceratopogonidae	Bithynidae
Perlidae	Cordulegasteridae	Cambaridae
Thremmatidae	Ecnomidae	Glossiphoniidae
i = 8 (8)	Elmidae	Planorbidae
Brachycentridae	Gomphidae	Valvatidae
Capniidae	Hydraenidae	i = 1 (5)
Goeridae	Leptoceridae	Asellidae
Oligoneuridae	Libellulidae	Chironomidae
Perlidae	Limoniidae	Dreissenidae
Philopotamidae	Planariidae	Erpobdellidae
Siphonuridae	Sialidae	Oligochètes
Taeniopterygidae	Stratomyidae	
i = 7 (11)	Tipulidae	
Empididae	i = 4 (14)	
Ephemeridae	Aphelocheiridae	
Glossosomatidae	Calopterygidae	
Helophoridae	Coenagrionidae	
Heptageniidae	Dugesidae	
Lepidostomatidae	Dytiscidae	
Molannidae	Ephemerellidae	
Odontoceridae	Gyrinidae	
Polymitarcidae	Limnobiidae	
Potamanthidae	Limnephilidae	
Sericostomatidae	Platycnemididae	
i = 6 (14)	Simuliidae	
Athericidae	Sphaeriidae	
Dryopidae	Tabanidae	
Halipidae	Unionidae	
Helodidae/Scirtidae	i = 3 (11)	
Hydroptilidae	Caenidae	
Leptophlebiidae	Corixidae	
Leuctridae	Dendrocoelidae	
Nemouridae	Gammaridae	
Osmylidae	Hydrobiidae	
Phryganeidae	Hydropsychidae	
Polycentropodidae	Limnaeidae	
Psychodidae	Neritidae	
Psychomyidae	Physidae	
Rhyacophilidae	Piscicolidae	
	Viviparidae	
Cb2 = In + Iv (+/- 0,25)		
Avec Iv = 0.22 x N		
In = 1.21 x (Σi max. / K)		
N = nombre total de taxons présents dans l'échantillon global,		
n = nombre de taxons indicateurs représentatifs (nombre d'individus ≥ 3),		
K = variable, fonction du rapport n / 4, rapprochée à l'entier par excès,		
Σi équivaut à la somme des indices (i) les plus élevés,		
en fonction de la variable K (nombre d'individus ≥ 3).		

D'après Verneaux J., 1982

ANNEXE 7
Protocole Mag20

Protocole d'analyse semi-quantitative des communautés benthiques : le MAG20.

TELEOS 2000 Note technique interne rédigée par :

DECOURCIERE H. (TELEOS) et DEGIORGI F. (TELEOS et LBE de l'Université FC)

Contexte, objectifs et fondements

Les méthodes d'analyse simplifiée des communautés benthiques, généralement exprimées sous forme indicielle, permettent d'apprécier l'évolution dans l'espace et dans le temps de l'**aptitude biogène globale** des sites d'eau courante. Toutefois, leur degré de sensibilité est insuffisant pour mesurer quantitativement l'**impact** de plusieurs catégories de perturbations affectant le fonctionnement des milieux lotiques à des échelles plus larges ou suivant des mécanismes pernicioeux.

Par exemple, l'Indice Biologique Global Normalisé (NF.T 90.350) ne sanctionne pas assez fidèlement les altérations de la qualité physique subie par les mosaïques d'habitat à l'échelle stationnelle. Généralement, il ne permet pas non plus de **quantifier** les effets de **contaminations toxiques insidieuses**, ni d'**évaluer** les conséquences des **colmatages** minéraux ou algaux.

Ces « défauts » de sensibilité sont dus à la construction même de ces indices, conçus dans un dessin de perception plus générale et plus synthétique de l'état de santé des cours d'eau. En particulier, le nombre de prélèvements et la finesse de la prospection spatiale des macro invertébrés préconisée par la norme IBGN sont insuffisants pour apprécier, même de façon semi-quantitative, la densité des différents taxons. Parallèlement, son niveau de détermination, « familial » pour la plupart des groupes, est trop imprécis pour garantir sa sensibilité dans le cas d'altérations pernicioeux.

Ces limites s'avéraient déjà flagrantes pour les indices précurseurs de l'IBGN, depuis l'indice biotique (VERNEAUX et TUFFERY 1967) jusqu'à l'IBG (VERNEAUX 1982), en passant par l'IQBG (VERNEAUX et al. 1978) et le CB2 (VERNEAUX et al. 1983). Certes des nuances importantes doivent être apportées sur la significativité et la robustesse des différentes méthodes (VERNEAUX 1984). En outre, la performance des indices a nettement augmenté depuis la mise au point de l'IBG (MONNOT 1983). Toutefois, ces différentes approches restent purement qualitatives et insuffisamment sensibles.

Par conséquent, une méthode pratique plus puissante, le **MAG20**, a été élaborée. Les prémices de cette approche ont été conçues en 1994 au laboratoire d'hydrobiologie de la Faculté des Sciences de Besançon (BACCHI 1994, PARMENTIER 1994). Finalisée par TELEOS en 2000, elle est fondée sur une prospection beaucoup plus complète de l'espace fluvial, s'appuyant sur une description fine de l'habitat aquatique et sur une détermination plus poussée des taxons prélevés.

Modalités spatiales : nombre et répartition des prélèvements

Ce protocole d'échantillonnage balaye systématiquement les trois composantes majeures de l'habitat aquatique : nature du substrat, vitesse de courant et hauteur d'eau (tab. I), alors que le protocole de l'IBGN ne tient pas compte du dernier descripteur. En outre, le nombre de placettes prospectées, c'est-à-dire de prélèvements élémentaires réalisés au filet Sürber de 1/20 de m², est fixé à 20, contre 8 pour l'IBGN, afin de prospecter une gamme d'habitats plus diversifiée.

Codification des substrats/supports et hiérarchisation de leur attractivité

Codes	Désignation
S9	Bryophytes
S8	Spermaphytes immergés
S7	Éléments organiques grossiers (Litières, branchages, racines)
S6	Sédiments minéraux de grande taille (Pierres, galets) 2,5 cm à 25 cm
S5	Granulats grossiers 0,25 cm à 2,5 cm
S4	Spermaphytes émergents
S3	Sédiments fins +- organiques "vases" ≤ 0,1 mm
S2	Sables et limons < 0,25 cm
S1	Surfaces naturelles et artificielles (Roche, dalle, sols, parois) >25 cm
S0	Algues ou à défaut marne et argile

Codification non hiérarchisée des vitesses et de hauteurs d'eau

Code	Vitesses	Code	Hauteurs
V1	< 5 cm/s	H1	< 5 cm
V3	6 à 25 cm/s	H2	6 à 25 cm
V5	26 à 75 cm/s	H3	26 à 50 cm
V4	76 à 150 cm/s	H4	51 à 100 cm
V2	> 151 cm/s	H5	> 101 cm

Tableau I : codification directive de l'espace fluvial pour échantillonner les biocénoses benthiques

Lors de l'échantillonnage, chaque couple substrat-vitesse recensé est échantillonné au moins une fois dans la classe de hauteur d'eau où il est le plus représenté. Dans le cas d'une variété de substrat-vitesse inférieure à 20, les prélèvements sont dupliqués pour les couples dominants dans des classes de profondeurs différentes.

Par rapport à la formulation initiale de ce protocole, certains substrats ont été regroupés tandis que les classes de vitesse sont explorées prioritairement aux profondeurs pour choisir les placettes de prélèvements, conformément aux recommandations de BACCHI (1994). Ces adaptations ont également permis de faire coïncider l'échantillonnage stratifié des macro-invertébrés avec la description objective des mosaïques d'habitats qui peut être réalisée parallèlement selon le protocole CSP-DR 5 (1997) finalisé par TELEOS (2001).

Enfin, pour permettre d'effectuer des comparaisons temporelles avec des données acquises antérieurement à l'aide de l'application du protocole IBGN, les 8 premiers prélèvements élémentaires (sur 20), doivent être effectués en suivant les modalités directives cette norme, afin de pouvoir calculer l'indice stationnel correspondant. Puis, les 12 dernières placettes sont échantillonnées selon le protocole MAG20, qui fournit des données semi-quantitatives standard sur l'organisation spatiale des macro-invertébrés.

Modalités temporelles : conditions d'application

Comme dans le protocole IBGN, l'échantillonnage doit être réalisé pendant **l'été** **estival**, afin de mieux percevoir l'impact des perturbations liée à la qualité de l'eau. Parallèlement, le **débit doit être stabilisé depuis au moins 10 jours** afin d'éviter les pertes ou les apports de faune par la dérive.

Niveaux de détermination

Les prélèvements, fixés à l'aide de formol à 10 %, sont tamisés à 500 µm, puis triés et examinés à l'aide d'une loupe binoculaire. Les Plécoptères, les Ephéméroptères, les Trichoptères, les Coléoptères, les Hétéroptères, les Odonates, les Mollusques, les Achètes et Turbellariés sont déterminés au genre ou à l'espèce si la taxonomie larvaire le permet. La limite taxonomique IBGN a été choisie pour les autres taxons.

Cette détermination au genre pour la majorité des ordres, par rapport à la famille pour l'IBGN, paraît le niveau minimum indispensable pour analyser les structures semi-quantitatives des biocénoses benthiques. L'identification à l'espèce serait idéale mais beaucoup plus coûteuse en temps pour la capture, puis la détermination en laboratoire.

L'exemple de la famille des *Limnephilidae* (Trichoptère) qui compte en Franche-Comté 16 genres et 28 espèces, regroupant des exigences écologiques différentes, est, à cet égard, démonstratif. En effet, dans ce cas, la palette de nuances constituées par les variations d'abondance de chacun des 16 genres, perçue par l'analyse semi-quantitative utilisée ici, est réduite, dans l'IBGN, à la présence / absence de la famille.

Calcul indiciel et analyse semi-quantitative des biocénoses

La séparation des vingt prélèvements en deux groupes comportant respectivement huit et douze placettes de 1/20ème de m² permet de calculer les indices IBGN et CB2 avec le premier ensemble. Cette approche permet de comparer les données obtenues antérieurement, et qui ont, pour la plupart, été effectuées suivant le protocole IBGN.

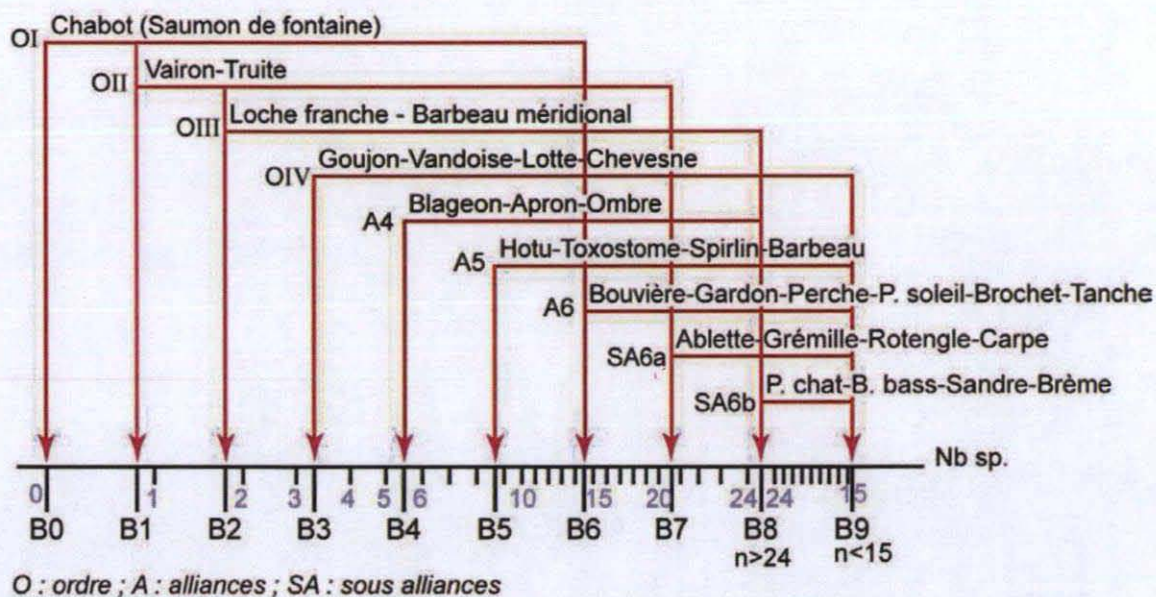
Pour l'instant, en l'absence de classification ou de cotation de la sensibilité des genres larvaires identifiables, il n'existe pas d'indice semi-quantitatif MAG20. En revanche les métriques classiques de description des peuplements peuvent être utilisés. Il s'agit essentiellement de la variété et de l'abondance, considérées globalement et par ordre.4

BIBLIOGRAPHIE :

- AFNOR, 1992 : Détermination de l'indice biologique global normalisé (I.B.G.N.). Norme NF.T 90-350 - 9 p.
- BACCHI M., 1994 : Recherches sur la macrofaune benthique de la Haute-Loue - Structuration des habitats - Evolution des peuplements macrobenthiques depuis 1973. Mém. D.E.S.S. « Eaux continentales, pollution et aménagement » Univ. Fr.-Comté, Besançon : 38 p. + ann.
- Conseil Supérieur de la Pêche & Téléos (B.E.), 1997 : Etat physique des cours d'eau - Méthode de description à l'échelle du tronçon et de la station. Rap. Cons. Sup. Pêche, dél. rég. Lyon, 25 p.
- MONNOT A., 1982 : Indice biologique de qualité générale des cours d'eau (I.B.G.) - exemples d'application de la méthode - 4 (3), 22-31.
- PARMENTIER E., 1994 : Etude de la biocénose benthique du Dugeon. Application d'un nouveau protocole d'échantillonnage. Bilan de la qualité habitationale. Analyse biocénologique générique. Bilan de la qualité faunistique. Mém. D.U.E.H.H., Lab. Hydrobiol. Univ. Fr.-Comté, Besançon : 69 p. + ann.
- TUFFERY G. & VERNEAUX J., 1967 : Une méthode zoologique pratique de détermination de la qualité des eaux courantes - Indices biotiques - Ann. Sci. Univ. Fr.-Comté, Besançon, 3, 79-89.
- VERNEAUX J. & coll., 1982 : Expression biologique, qualitative et pratique de l'aptitude des cours d'eau au développement de la faune benthique - Un coefficient d'aptitude biogène : le Cb2. Protocole expérimental, Trav. Lab. Hydrobiol. Univ. Fr.-Comté, Besançon, 19 p.
- VERNEAUX J. & coll., 1982 : Une nouvelle méthode pratique d'évaluation de la qualité des eaux courantes - un indice biologique de qualité générale (I.B.G.) - Ann. Sci. Univ. Fr.-Comté, Besançon, 4 (3), 11-21.
- VERNEAUX J., 1984 : Méthodes et problèmes de détermination de la qualité des eaux courantes - Bull. Ecol. t.15 :1-6.
- VERNEAUX J., FAESSEL B. & MALESIEUX G., 1976 : "Note préliminaire à la proposition de nouvelles méthodes de détermination de la qualité des eaux courantes." Trav. Lab. Hydrobiol. Univ. Fr.-Comté, et C.T.G.R.E.F., 16 p.
- VERNEAUX J., 1980 a : Fondements biologiques et écologiques de l'étude de la qualité des eaux continentales - Principales méthodes biologiques - in PESSON éd., 289-345.

ANNEXE 8

Présentation de l'abaque permettant de calculer le NTI



Source : Verneaux, 1977

En partant du coin inférieur droit de cet abaque, la première espèce se reproduisant sur le site, c'est-à-dire représentée par des individus de classes de taille variée, détermine le groupement socioécologique (sousalliance SA, alliance A ou ordre O) caractérisant la station de pêche. Celui-ci correspond à une gamme plus ou moins étendue de possibilités typologiques à l'intérieur de laquelle la variété spécifique permet de repérer une appartenance typologique approchée.

ANNEXE 9

Listes des espèces piscicoles prises en compte pour le calcul de la densité de rhéophiles, lithophiles, intolérantes, tolérantes, omnivores et invertivores.

Les espèces lithophiles sont particulièrement sensibles aux problèmes de colmatage du substrat qui biaise le succès reproducteur de ces espèces (BERKMAN et RABENI, 1987 ; BELLIARD et al., 1999 In OBERDORFF et al., 2002). Les espèces retenues métriques sont :

- Lamproie de Planer (*Lampetra planeri*)
- Truite fario (*Salmo trutta*)
- Saumon atlantique (*Salmo salar*)
- Ombre commun (*Thymallus thymallus*)
- Spirlin (*Alburnoides bipunctatus*)
- Barbeau fluviatile (*Barbus barbus*)
- Barbeau méridional (*Barbus meridionalis*)
- Hotu (*Chondrostoma nasus*)
- Toxostome (*Chondrostoma toxostoma*)
- Vairon (*Phoxinus phoxinus*)
- Poisson chat (*Ictalurus melas*)
- Chabot commun (*Cottus gobio*).

Le nombre d'espèces rhéophiles ('espèces tolérantes exclues) permet d'évaluer l'habitat lotique de la station. La présence de seuil par exemple, devrait se traduire par la diminution de ces espèces (OBERDORFF, 1996 In : OBERDORFF, 2002). La liste des espèces rhéophiles retenue est la suivante :

- Truite fario (*Salmo trutta*)
- Saumon atlantique (*Salmo salar*)
- Ombre commun (*Thymallus thymallus*)
- Vandoise (*Leuciscus leuciscus*)
- Blageon (*Leuciscus souffia*)
- Spirlin (*Alburnoides bipunctatus*)
- Barbeau fluviatile (*Barbus barbus*)
- Barbeau méridional (*Barbus meridionalis*)
- Hotu (*Chondrostoma nasus*)
- Toxostome (*Chondrostoma toxostoma*)
- Lote (*Lota lota*)
- Chabot commun (*Cottus gobio*).

Les espèces intolérantes sont les premières à décliner avec l'apparition de perturbations. Elles sont définies comme ayant une flexibilité restreinte aux variations de la physico-chimie et de l'habitat en suivant principalement les travaux de VERNEAUX (1981) et de GRANDMOTTET (1983) (In OBERDORFF, 2002). La liste des espèces retenue est la suivante :

- Lamproie de Planer (*Lampetra planeri*)
- Truite fario (*Salmo trutta*)
- Ombre commun (*Thymallus thymallus*)
- Spirlin (*Alburnoides bipunctatus*)
- Barbeau fluviatile (*Barbus barbus*)
- Vairon (*Phoxinus phoxinus*)
- Blageon (*Leuciscus souffia*)
- Chabot commun (*Cottus gobio*).
- Bouvière (*Rhodeus sericeus*)
- Brochet (*Esox lucius*)

Les espèces tolérantes doivent répondre positivement aux perturbations (KARR, 1981 ; KARR et al., 1986 In OBERDORFF, 2002). Elles sont définies comme ayant une flexibilité importante aux variations de la physico-chimie et de l'habitat en suivant principalement les travaux de VERNEAUX (1981) et de GRANDMOTTET (1993) (In OBERDORFF, 2002). Les espèces retenues sont :

- Gardon (*Rutilus rutilus*)
- Chevesne (*Leuciscus cephalus*)
- Ablette (*Alburnus alburnus*)
- Brème (*Abramis*)
- Epinoche (*Gasterosteus aculeatus*)
- Loche franche (*Nemacheilus barbatulus*)

La densité d'individu omnivore permet de se rendre compte de l'altération de la ressource alimentaire du milieu aquatique. Les espèces omnivores s'alimentant de protéines d'origine végétales et/ou animales sont censées être avantagées en cas d'altération de la ressource alimentaire dans le milieu (KARR, 1981 In OBERDORFF, 2002). Les espèces retenues dans sont :

- Gardon (*Rutilus rutilus*)
- Chevesne (*Leuciscus cephalus*)
- Ablette (*Alburnus alburnus*)
- Brème (*Abramis*)
- Epinoche (*Gasterosteus aculeatus*)
- Toxostome (*Chondrostoma toxostoma*)
- Tanche (*Tinca tinca*)
- Rotengle (*Scardinius erythrophthalmus*)
- Carassin commun (*Carassius carassius*)
- Carpe commune (*Cyprinus carpio*)
- Epinochette (*Pungitius pungitius*)

La quantification des effectifs d'invertivore permet de montrer une possible dégradation de la communauté d'invertébrés présente dans le milieu (KARR, 1981 In OBERDORFF, 2002). Les espèces retenues sont :

- Truite fario (*Salmo trutta*)
- Saumon atlantique (*Salmo salar*)
- Ombre commun (*Thymallus thymallus*)
- Spirlin (*Alburnoides bipunctatus*)
- Chabot commun (*Cottus gobio*).
- Anguille (*Anguilla anguilla*)
- Poisson chat (*Ictalurus melas*)
- Goujon (*Gobio gobio*)
- Grémille (*Gymnocephalus cernua*)
- Perche soleil (*Lepomis gibbosus*)

(tiré de OBERDORFF T., 1996. Réseau Hydrobiologique et Piscicole. Synthèse des Données 1995 sur le Bassin Seine Normandie. Rapport Conseil Supérieur de la Pêche et Agence de l'Eau Seine-Normandie.)