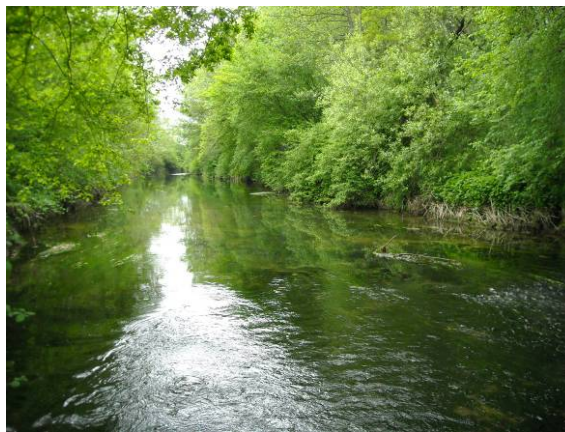


SYNDICAT DU BASSIN DE LA VOUGE

ETUDE DES VOLUMES PRELEVABLES SUR LE BASSIN VERSANT DE LA VOUGE

Phase 4 : Détermination des débits minimums biologiques



*Rapport définitif
Décembre 2011*

DÉTERMINATION DES VOLUMES PRÉLEVABLES MAXIMUMS SUR LE BASSIN VERSANT DE LA VOUGE

RAPPORT DE PHASE 4

DÉTERMINATION DES DÉBITS MINIMUMS BIOLOGIQUES

PRÉAMBULE.....	1
1. RAPPEL RÉGLEMENTAIRE	3
1.1 Directive Cadre sur l'Eau	3
1.2 Loi sur l'eau	4
1.3 Circulaire du 30 juin 2008 relative à la résorption des déficits quantitatifs en matière de prélèvement d'eau et gestion collective des prélèvements d'irrigation	5
1.4 Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux du bassin RM	5
2. CONNAISSANCE DU CONTEXTE ENVIRONNEMENTAL.....	6
2.1 Principales sources documentaires utilisées	6
2.2 Une géomorphologie influencée par des aménagements ancestraux et récents	6
2.2.1 Présentation et contexte général	6
2.2.2 Le remodelage des cours d'eau : perte de connectivité latérale et banalisation des habitats	9
2.2.3 Les ouvrages transversaux : perte de connectivité longitudinale	12
2.3 Une ripisylve absente : des incidences fortes	13
2.4 Hydrologie	14
2.5 Une qualité globale des eaux superficielles médiocre	16
2.5.1 Régime thermique : les conditions de vie du milieu	16
2.5.2 La qualité des eaux	19
2.6 La réponse biologique	20
2.6.1 Peuplements de macro-invertébrés benthiques	20
2.6.2 Ichtyofaune	21
2.7 Synthèse : le bassin versant de la Vouge, un système fortement anthropisé	23
3. BILAN ET OBJECTIFS ENVIRONNEMENTAUX	24

4. PROPOSITION D'OBJECTIFS DE DÉBITS/RÉGIMES HYDROLOGIQUES ...	27
4.1 Matériel et méthode	27
4.1.1 Choix de la méthode	27
4.1.2 Matériel	32
4.1.3 Campagnes de terrain et personnel	33
4.2 Localisation des stations d'étude	35
4.2.1 Justification des stations	35
4.2.2 Présentation des stations	36
4.3 Présentation des espèces cibles	40
4.3.1 Zones amont et médianes : la Truite fario	40
4.3.2 Zones aval : les guildes d'habitat	42
4.4 Résultats des modélisations	43
4.4.1 La Vouge amont à Villebichot	43
4.4.2 La Vouge à Magny	48
4.4.3 La Bièvre à Brazey en Plaine	52
4.4.4 La Varaude à Tarsul-Izeure	56
4.4.5 La Cent Fonts à Saulon la Rue	63
5. SYNTHÈSE DES DÉBITS MINIMUM BIOLOGIQUE RETENUS	68

TABLE DES ILLUSTRATIONS

FIGURES

Figure 1 : Présentation du bassin versant de la Vouge (source : SBV).....	8
Figure 2 : Section type de la Varaude en amont d'Izeure (source : étude géomorphologique-IPSEAU, 2001)	10
Figure 3 : Comparaison entre la carte de Cassini (XVIIIème) et la carte IGN (XXème). Source (IGN et BRLi)	10
Figure 4 : La Varaude à Tarsul-Izeure : perte de connectivité latérale et banalisation des habitats (source : BRLi)	11
Figure 5 : Qualité des ouvrages et répartition par usages sur le bassin versant de la Vouge (source : SBV)	12
Figure 6 : Localisation, usages et franchissabilité des ouvrages du bassin versant de la Vouge (source : SBV)	13
Figure 7 : la Vouge à Esbarres : un développement excessif de la végétation aquatique (source BRLi).....	14
Figure 8 : Hydrogramme de la Vouge à Aubigny en Plaine au mois de décembre 2006 (source : Hydroreel des DREAL Bourgogne et Rhône-Alpes)	15
Figure 9 : Evolution des températures des eaux de la Bièrre à Brazey en Plaine sur l'année 2009.....	17
Figure 10 : Evolution de la température de la Bièrre à Brazey en Plaine selon le débit et la température de l'air entre le 15 juin et le 31 juillet 2009.....	18
Figure 11 : Occurrences des 24 espèces de poissons échantillonnées sur le bassin versant de la Vouge en 2001 (source : CSP).....	21
Figure 12 : Suivi de l'Indice Poisson Rivière sur le bassin versant de la Vouge (source SBV)	22
Figure 13 : Synthèse des masses d'eau et objectifs environnementaux du bassin versant de la Vouge (source : SDAGE RM).....	24
Figure 14 : Principes de la méthode des microhabitats (source : CEMAGREF)	27
Figure 15 : Courbes habitats/débit issu de la méthode des micro-habitats (source : CEMAGREF)	28
Figure 16 : Protocole de terrain (source : Lamouroux, 2002, CEMAGREF).....	29
Figure 17 : Exemple d'interprétation d'une courbe habitats/débit issu du logiciel ESTIMHAB.....	30
Figure 18 : Appareil Flow Tracker avec sonde 2D	32
Figure 19 : Hydrologie observée de la Vouge et la Cent Fonts (données de base : banque hydro) et campagnes de terrain	34
Figure 20 : Localisation des stations DMB à l'échelle du bassin de la Vouge.....	36
Figure 21 : Présentation et localisation de la station DMB : la Vouge à Villebichot.....	37
Figure 22 : Présentation et localisation de la station DMB : la Vouge à Magny	37
Figure 23 : Présentation et localisation de la station DMB : la Bièrre à Brazey en Plaine.....	38
Figure 24 : Présentation et localisation de la station DMB : la Varaude à Tarsul-Izeure.....	39
Figure 25 : Présentation et localisation de la station DMB : la Cent Fonts à Saulon la Rue	39
Figure 26 : Truite fario (source : FDPPMA 21).....	40
Figure 27 : Courbes de préférences de la Truite fario utilisées en France dans le cadre des études de microhabitats. D'après Souchon, Y., Trocherie, F., Fragnoud E. et Lacombe C. (1989).....	41
Figure 28 : Courbes de préférences de différentes espèces, prises en compte dans le logiciel ESTIMHAB. D'après Lamouroux et Capra (2002). Adapté de Lamouroux et collaborateurs (1999).	41

Figure 29 : Courbes de préférences « moyennes » des quatre guildes d'habitat prises en compte dans le logiciel Estimhab. Coefficient de préférence moyen (courbe noire en gras) et incertitude associée (courbe fine) de différentes espèces, prises en compte dans le logiciel Estimhab. D'après Lamouroux et Capra Souchon (2002). Adapté de Lamouroux et collaborateurs (1999).....	42
Figure 30 : Données d'entrée du modèle ESTIMHAB – La Vouge à Villebichot.....	43
Figure 31 : Courbes d'évolution de la valeur d'habitat (VHA) en fonction du débit pour l'ensemble des espèces – La Vouge à Villebichot	44
Figure 32 : Courbes d'évolution de la surface utile (pour 100 m de cours d'eau) en fonction du débit – Truite fario – La Vouge à Villebichot.....	44
Figure 33 : Evolution de la surface utile en fonction du débit – Espèces accompagnatrices de la Truite fario – La Vouge à Villebichot.....	45
Figure 34 : Proposition de DMB sur la Vouge à Villebichot au regard de l'hydrologie naturelle reconstituée	47
Figure 35 : Données d'entrée du modèle ESTIMHAB – La Vouge à Magny	48
Figure 36 : Courbes d'évolution de la valeur d'habitat (VHA) en fonction du débit pour l'ensemble des espèces – La Vouge à Magny	49
Figure 37 : Evolution de la surface utile en fonction du débit pour les guildes d'espèces – La Vouge à Magny.....	49
Figure 38 : Proposition de DMB sur la Vouge à Magny au regard de l'hydrologie naturelle reconstituée	51
Figure 39 : Données d'entrée du modèle ESTIMHAB – La Biètré à Brazey en Plaine.....	52
Figure 40 : Courbes d'évolution de la valeur d'habitat (VHA) en fonction du débit pour l'ensemble des espèces – La Biètré à Brazey.....	52
Figure 41 : Courbes d'évolution de la surface utile (pour 100 m de cours d'eau) en fonction du débit – Truite fario – La Biètré à Brazey	53
Figure 42 : Evolution de la surface utile en fonction du débit – Espèces accompagnatrices de la Truite fario – La Biètré à Brazey	54
Figure 43 : Proposition de DMB sur la Biètré à Brazey au regard de l'hydrologie naturelle reconstituée	55
Figure 44 : Données d'entrée du modèle ESTIMHAB – La Varaude à Tarsul-Izeure	56
Figure 45 : Courbes d'évolution de la valeur d'habitat (VHA) en fonction du débit pour l'ensemble des espèces – La Varaude à Tarsul-Izeure	57
Figure 46 : Courbes d'évolution de la surface utile (pour 100 m de cours d'eau) en fonction du débit – Truite fario – La Varaude à Tarsul-Izeure.....	57
Figure 47 : Evolution de la surface utile en fonction du débit – Espèces accompagnatrices de la Truite fario – La Varaude à Tarsul-Izeure.....	58
Figure 48 : Comparaison des résultats issus d'Estimhab pour la Varaude à Tarsul-Izeure et de l'hydrologie naturelle reconstituée	60
Figure 49 : Proposition de DMB sur la Varaude à Tarsul-Izeure au regard de l'hydrologie naturelle reconstituée	62
Figure 50 : Données d'entrée du modèle ESTIMHAB – La Varaude à Tarsul-Izeure	63
Figure 51 : Courbes d'évolution de la valeur d'habitat (VHA) en fonction du débit pour l'ensemble des espèces – La Cent Fonts à Saulon la Rue.....	63
Figure 52 : Courbes d'évolution de la surface utile (pour 100 m de cours d'eau) en fonction du débit – Truite fario – La Cent Fonts à Saulon la Rue	64
Figure 53 : Evolution de la surface utile en fonction du débit – Espèces accompagnatrices de la Truite fario – La Cent Fonts à Saulon la Rue	65
Figure 54 : Proposition de DMB sur la Cent Fonts à Saulon la Rue au regard de l'hydrologie naturelle reconstituée	66
Figure 55 : Valeurs de DMB adoptées en CLE de la Vouge le 5 mai 2011	68

PRÉAMBULE

Dans beaucoup de situations, **les comités sécheresse sont réunis trop souvent**. Ils ne gèrent donc pas la crise mais un **déséquilibre structurel entre offre et demande**. Cette gestion dans l'urgence peut arranger certains acteurs mais elle est irrecevable. Si la crise a lieu tous les ans, cela n'est plus une crise, c'est le signe d'un déséquilibre de fond observé sur de nombreux bassins versants.

Le **rétablissement de l'équilibre entre offre et demande** en eau est ainsi un objectif affiché par le plan national de gestion de la rareté de la ressource.

Cet objectif s'inscrit pleinement dans celui, plus large, de la **mise en œuvre de la Directive Cadre sur l'Eau**. Les échéances de cette dernière, l'atteinte du bon état à l'horizon 2015, ont été retenues pour mettre en place les actions devant rétablir l'équilibre offre / demande : la date à laquelle le volume total autorisé sur un bassin ne devra plus dépasser le volume prélevable ne pourra en aucun cas excéder le 14 décembre 2014.

On constate en moyenne sur le bassin versant de la Vouge un déficit en eau chronique, puisque des restrictions d'usage ont lieu 2 années sur 5. Le bassin de la Vouge et la nappe de Dijon Sud sont des ressources classées en zones de répartition des Eaux (ZRE).

Le Syndicat du Bassin Versant de la Vouge a confié à BRL *ingénierie* deux études de détermination des volumes prélevables : l'une concerne le bassin versant de la Vouge et l'autre la nappe de Dijon Sud. La seconde inclut également la détermination des ressources stratégiques sur la nappe de Dijon Sud.

Ces études ont plusieurs enjeux :

- ▶ **Un enjeu environnemental** : La garantie du bon état des cours d'eau du bassin versant en application de la Directive Cadre sur l'Eau.

Pratiquement l'étude doit en effet déterminer, en différents points du bassin, les débits minimums au-dessus desquels il est nécessaire de rester pour garantir le bon état des écosystèmes aquatiques :

- *Quels débits minimums sont nécessaires pour garantir le bon état écologique des cours d'eau du bassin de la Vouge ?*

La connaissance de ces limites permet d'aborder également le degré de pression des prélèvements actuels. Ce sujet recouvre plusieurs questions :

- *La ressource en eau disponible permet-elle de satisfaire les besoins en eau dans le bassin tout en garantissant le respect des débits minimums ?*
- *Si il y a des déficits, à quoi sont ils liés ? Au fait qu'il y a trop de surfaces irriguées ? Au fait que les techniques et les modes de gestion employés conduisent à consommer trop d'eau et/ou à court-circuiter des tronçons de cours d'eau ? A la surexploitation locale de la ressource ?*

Au final, il s'agira de dresser les limites de prélèvements acceptables dans les différents hydrosystèmes, et pour les différentes périodes de l'année, au regard des contraintes environnementales qui auront été décidées.

▶

- ▶ Un enjeu économique : L'irrigation joue un fort rôle dans l'économie des exploitations agricoles. Les cultures irriguées ont généralement une rentabilité supérieure aux cultures en sec et permettent d'assurer un meilleur revenu aux exploitants. Pour certaines cultures, l'irrigation permet également une assurance de récolte les années les plus sèches.
- ▶
- ▶ Un enjeu pour l'alimentation en eau potable actuelle et future: avec l'identification de ressources stratégiques (ou « ressources majeures ») au niveau de la nappe de Dijon Sud.
- ▶

Les deux études sont chacune divisée comme suit :

- ▶ Phase 1 : Caractérisation des sous bassins et aquifères et recueil de données complémentaires
- ▶ Phase 2 : Bilan des prélèvements existants, analyse de l'évolution
- ▶ Phase 3 : Impact des prélèvements et quantification des ressources existantes
- ▶ Phase 3 bis (seulement pour la partie Dijon Sud) : Identification et Caractérisation des ressources à préserver pour l'AEP
- ▶ **Phase 4 : Détermination des débits minimums biologiques** et des objectifs de niveau de nappe
- ▶ Phase 5 : Détermination des volumes prélevables et des Débits d'Objectif d'étiage
- ▶ Phase 6 : Proposition de répartition des volumes entre les usages et proposition de périmètre d'organisme unique

Le présent rapport présente le volet débits minimums biologiques de la phase 4 de l'étude volumes maximums prélevables du bassin de la Vouge.

L'objectif de cette phase 4 est de déterminer les besoins des milieux à travers des débits minimums biologiques (DMB) en différents points du bassin versant représentatifs des sous bassins déterminés dans les phases précédentes. Ces DMB seront ensuite utilisés pour le calcul intégral des volumes prélevables qui aura lieu en phase 5.

Cette détermination implique d'analyser l'hydrosystème du bassin versant de la Vouge : les clefs de son fonctionnement, ses sensibilités, ses menaces, afin de proposer des débits minimums biologiques les plus en adéquation avec les objectifs environnementaux.

Les débits biologiques seront approchés sous la forme de régimes réservés afin de mieux prendre en compte les exigences des écosystèmes au cours de l'année. Le travail sera conduit au **pas de temps mensuel** nécessaire à l'exercice de détermination des volumes prélevables maximums.

Il est proposé une démarche en quatre étapes principales : 1) la connaissance du contexte, 2) le bilan et/ou la définition des objectifs environnementaux, 3) la proposition d'objectifs de débits/régimes hydrologiques.

La quatrième étape, consistant à proposer les modalités techniques du suivi des effets de la mise en œuvre des préconisations, sera abordée dans un second temps lorsqu'un consensus global sera trouvé sur les valeurs de DMB.

1. RAPPEL RÉGLEMENTAIRE

Plusieurs outils juridiques et de planification existent pour encadrer la gestion des rivières :

- ▶ au niveau Européen, la Directive Cadre sur l'Eau (DCE) ;
- ▶ au niveau national, la loi sur l'eau de 2006 ; mentionnons également la circulaire du 30 juin 2008 relative à la résorption des déficits quantitatifs en matière de prélèvement d'eau et gestion collective des prélèvements d'irrigation ;
- ▶ au niveau du bassin hydrographique, le Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux du bassin Rhône-Méditerranée (SDAGE RM, 2009).

Ce paragraphe rappelle succinctement les éléments de ces outils juridiques et de planification qui encadrent la gestion des étiages.

1.1 DIRECTIVE CADRE SUR L'EAU

La directive cadre sur l'eau (DCE) impose de parvenir à un bon état des masses d'eau souterraines et superficielles d'ici à 2015 :

- ▶ Masse d'eau superficielle : elle demande que ses états écologique (qualité de la structure et du fonctionnement des écosystèmes aquatiques associés) et chimique (concentration de polluants en-deçà des seuils) soient au moins bons,
- ▶ Masse d'eau souterraine, elle demande que son état quantitatif et son état chimique soient au moins bons.

Les masses d'eau en très bon état doivent le rester.

Le détail des masses d'eau superficielles du bassin versant de la Vouge ainsi que leurs objectifs environnementaux sont présentés au chapitre 3.

1.2 LOI SUR L'EAU

On rappelle ci-après l'article L. 214-18 du Code de l'Environnement (article inséré par la Loi n° 2006-1772 du 30 décembre 2006 art. 6) instituant les débits minimums à respecter :

Article L214-18 du code de l'Environnement créé par Loi n°2006-1772 du 30 décembre 2006 - art. 6 JORF 31 décembre 2006

I. - Tout ouvrage à construire dans le lit d'un cours d'eau doit comporter des dispositifs maintenant dans ce lit un **débit minimal garantissant en permanence la vie, la circulation et la reproduction des espèces vivant dans les eaux au moment de l'installation de l'ouvrage** ainsi que, le cas échéant, des dispositifs empêchant la pénétration du poisson dans les canaux d'amenée et de fuite.

Ce débit minimal ne doit pas être inférieur au dixième du module du cours d'eau en aval immédiat ou au droit de l'ouvrage correspondant au débit moyen interannuel, évalué à partir des informations disponibles portant sur une période minimale de cinq années, **ou au débit à l'amont immédiat de l'ouvrage, si celui-ci est inférieur**. Pour les cours d'eau ou parties de cours d'eau dont le module est supérieur à 80 mètres cubes par seconde, ou pour les ouvrages qui contribuent, par leur capacité de modulation, à la production d'électricité en période de pointe de consommation et dont la liste est fixée par décret en Conseil d'Etat pris après avis du Conseil supérieur de l'énergie, ce débit minimal ne doit pas être inférieur au vingtième du module du cours d'eau en aval immédiat ou au droit de l'ouvrage évalué dans les mêmes conditions ou au débit à l'amont immédiat de l'ouvrage, si celui-ci est inférieur. **Toutefois, pour les cours d'eau ou sections de cours d'eau présentant un fonctionnement atypique rendant non pertinente la fixation d'un débit minimal dans les conditions prévues ci-dessus, le débit minimal peut être fixé à une valeur inférieure.**

II. - Les actes d'autorisation ou de concession **peuvent fixer des valeurs de débit minimal différentes selon les périodes de l'année, sous réserve que la moyenne annuelle de ces valeurs ne soit pas inférieure aux débits minimaux fixés en application du I**. En outre, **le débit le plus bas doit rester supérieur à la moitié des débits minimaux précités.**

Lorsqu'un cours d'eau ou une section de cours d'eau est soumis à un étiage naturel exceptionnel, l'autorité administrative peut fixer, pour cette période d'étiage, des débits minimaux temporaires inférieurs aux débits minimaux prévus au I.

III. - **L'exploitant de l'ouvrage est tenu d'assurer le fonctionnement et l'entretien des dispositifs garantissant dans le lit du cours d'eau les débits minimaux définis aux alinéas précédents.**

IV. - **Pour les ouvrages existant à la date de promulgation de la loi n° 2006-1772 du 30 décembre 2006 sur l'eau et les milieux aquatiques, les obligations qu'elle institue sont substituées, dès le renouvellement de leur concession ou autorisation et au plus tard le 1er janvier 2014, aux obligations qui leur étaient précédemment faites.** Cette substitution ne donne lieu à indemnité que dans les conditions prévues au III de l'article L. 214-17.

V. - Le présent article n'est applicable ni au Rhin ni aux parties internationales des cours d'eau partagés.

1.3 CIRCULAIRE DU 30 JUIN 2008 RELATIVE À LA RÉSORPTION DES DÉFICITS QUANTITATIFS EN MATIÈRE DE PRÉLÈVEMENT D'EAU ET GESTION COLLECTIVE DES PRÉLÈVEMENTS D'IRRIGATION

Lien : <http://texteau.ecologie.gouv.fr/texteau/ServletUtilisateurAffichageTexte?origine=resultat&debut=651&fin=660&valeur=ServletUtilisateurRechercheThematique?action=recherche&idTheme=0&annee=&debut=651&fin=660&tri=date&idTexte=922&listeMots=>

1.4 SCHÉMA DIRECTEUR D'AMÉNAGEMENT ET DE GESTION DES EAUX DU BASSIN RM

L'orientation fondamentale N°7 du Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux du bassin Rhône-Méditerranée concerne plus particulièrement la gestion quantitative. Elle fixe pour objectif d'« atteindre l'équilibre quantitatif en améliorant le partage de la ressource et en anticipant l'avenir »

Elle propose des définitions pour les débits objectifs de quantité à fixer :

- ▶ les **débits objectifs d'étiage (DOE)**, établis sur la base des moyennes mensuelles) pour lesquels sont simultanément satisfaits le bon état des eaux, et, en moyenne 8 années sur 10, l'ensemble des usages.
- ▶ Les **débits de Crise Renforcée (DCR)** en-dessous desquels les prélèvements pour l'AEP, la sécurité des installations sensibles et les besoins des milieux naturels ne peuvent être satisfaits. Les DCR sont des valeurs établies sur la base de débits caractéristiques ou d'un débit biologique minimum lorsque celui-ci peut être établi. Dans le cas de sections de cours d'eau à l'aval d'un ouvrage relevant de l'article L 214-18, le DCR ne peut être que supérieur ou égal au débit minimum arrêté pour cet ouvrage.¹

¹ SDAGE RM 2010-2015, document adopté par le Comité de Bassin du 13 décembre 2007, Orientation Fondamentale N°7.

2. CONNAISSANCE DU CONTEXTE ENVIRONNEMENTAL

L'objectif de ce chapitre est de mettre en lumière les principales caractéristiques du système étudié à travers la compilation d'études, de données et d'exemples caractéristiques et illustratifs. Cette étape, indispensable, permet de remettre dans son contexte la question des « débits biologiques » pour le calcul des volumes maximums prélevables et d'ajuster en toute connaissance de cause les valeurs de débits et les règles de gestion du partage de la ressource.

2.1 PRINCIPALES SOURCES DOCUMENTAIRES UTILISÉES

- ▶ Synthèse de l'état des lieux et du diagnostic du S.A.G.E. de la Vouge, SBV, 2005 ;
- ▶ Diagnostic et propositions de gestion des ouvrages hydrauliques du bassin versant de la Vouge. Rapport de stage M. HOUBERDON, SBV, 2007 ;
- ▶ Etude hydrogéomorphologie du bassin versant de la Vouge, Rapport d'étude IPSEAU, 2001 ;
- ▶ Réseau hydrobiologique sur le bassin versant de la Vouge, Fiche action F4 du Contrat de Bassin de la Vouge, FDPMA 21, 2010 ;
- ▶ Réseau piscicole sur le bassin versant de la Vouge, Fiche action F3 du Contrat de Bassin de la Vouge, FDPMA 21, 2010 ;
- ▶ Les peuplements piscicoles de la vallée de la Vouge, Rapport d'étude CSP, 2001 ;
- ▶ Résultats de pêches électriques de la Vouge et la Varaude, rapport préliminaire, ONEMA, 2009 ;
- ▶ Données de qualité des eaux (campagnes 2009 et 2010), SBV ;
- ▶ SDAGE RM 2010-2015. Etat des lieux et programme de mesures, 2009 ;
- ▶ Cartes IGN 1/25 000 ;
- ▶ Cartes de Cassini.

2.2 UNE GÉOMORPHOLOGIE INFLUENCÉE PAR DES AMÉNAGEMENTS ANCESTRAUX ET RÉCENTS

2.2.1 Présentation et contexte général

Le bassin versant de la Vouge draine un bassin versant topographique de l'ordre de 430 km² parcouru par un réseau hydrographique relativement ramifié. Les cours d'eau sont globalement orientés dans un axe Nord Ouest / Sud Est.

Le bassin culmine à environ 600 m NGF et décroît rapidement jusqu'au pied de la côte viticole à une altitude moyenne de 250 m NGF. Le point le plus bas du bassin correspond à la confluence avec la Saône à une altitude de 178 m NGF.

On peut distinguer deux entités distinctes :

- ▶ sur une bande peu large, à l'Ouest du Bassin : les Hautes Côtes. Ce plateau calcaire du Jurassique est entaillé par des combes. Le sommet est boisé et les versants orientés à l'Est, avec des fortes pentes, accueillent les terres viticoles les plus prisées du monde
- ▶ sur le reste du bassin, la plaine est composée de forêts et de productions céréalières ; avec quelques élevages bovins au sud.

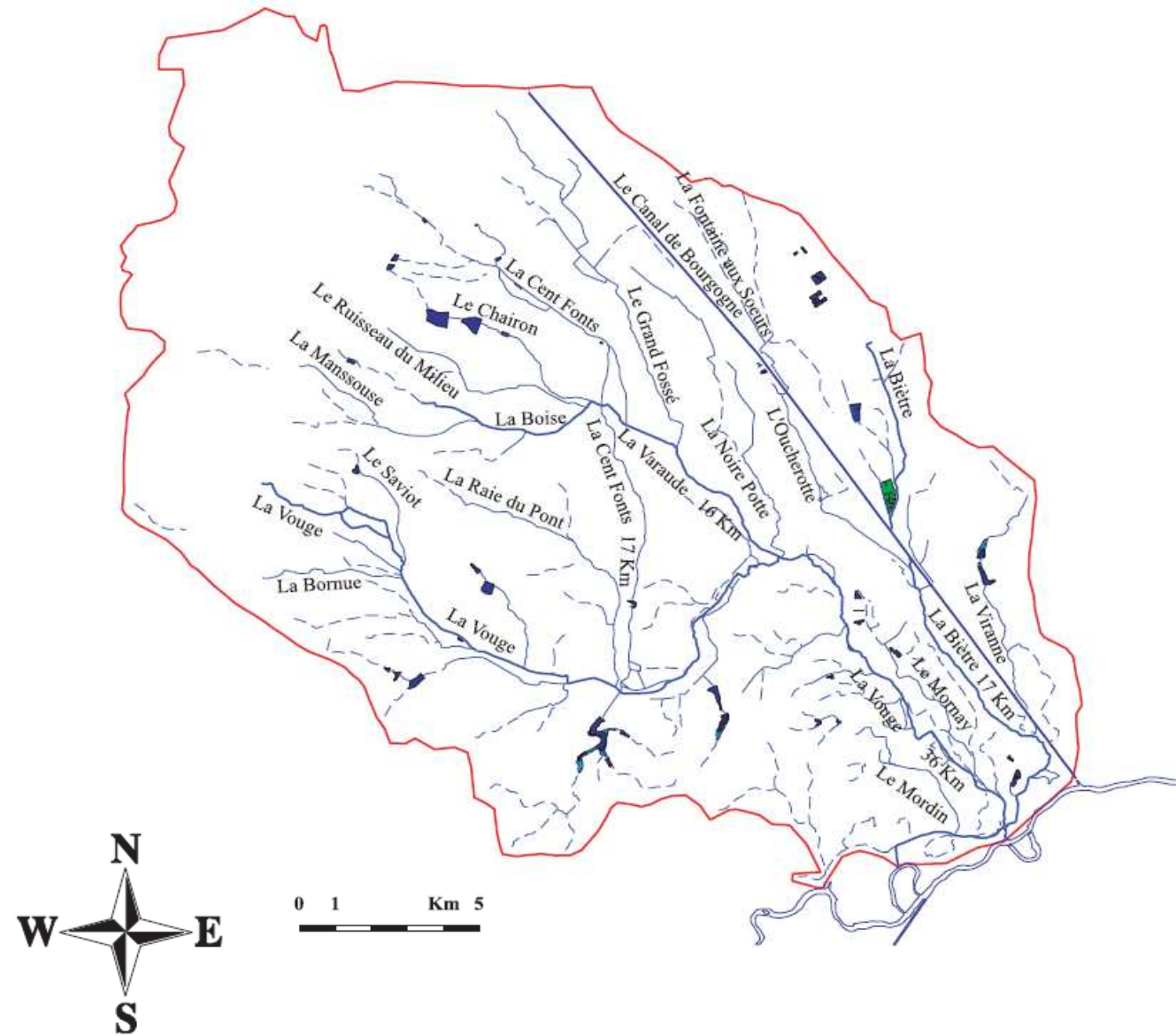
La Vouge s'écoule sur 33 km et le réseau hydrographique total comprend 417 km de cours d'eau, soit une densité de linéaire de 1,03 km/km².

On distingue les principaux affluents suivants :

- ▶ La Cent Fonts : alimentée par de nombreuses sources de la nappe de Dijon-Sud, elle conserve un aspect relativement naturel jusqu'à Saulon-la-Chapelle alors que la partie aval a été canalisée et dérivée par les moines de l'abbaye de Citeaux entre 1212 et 1221. La « rivière » traverse ainsi la Varaude à Noiron-sous-Gevrey en empruntant un ouvrage d'art des plus remarquables : le Pont Aqueduc des Arvaux ;
- ▶ La Varaude collecte les eaux de la Boïse, la Mansouse, le Grand Fossé et le Ruisseau du Milieu. Elle draine un bassin versant relativement important et débute au sud de l'Agglomération Dijonnaise ;
- ▶ La Bièvre conflue avec la Vouge immédiatement avant la confluence avec la Saône. Son principal affluent est l'Oucherotte.

Enfin, il est nécessaire d'indiquer la traversée du bassin par le canal de Bourgogne qui est alimenté par les eaux voisines de l'Ouche. Il participe, via ses quelques pertes, à alimenter localement le réseau hydrographique Est du bassin.

Figure 1 : Présentation du bassin versant de la Vouge (source : SBV)



2.2.2 Le remodelage des cours d'eau : perte de connectivité latérale et banalisation des habitats

Le bassin de la Vouge tient sa renommée de son passé historique très riche. Les particularités de ce territoire, aussi bien d'un point de vue paysager, architectural, qu'agricole, sont les vestiges d'une activité ecclésiastique importante, dès le XI^{ème} siècle.

L'abbaye de Cîteaux, au sud du bassin, a été fondée en 1098. Maison mère de l'ordre des cisterciens, ce lieu fut pendant sept siècles de renommée internationale dans le monde chrétien. Le lieu est surnommé à l'époque « le désert », car peu peuplé, boisé, aux eaux dormantes, « peu accueillant », mais permettant la construction de bâtiments et l'agriculture, et donc d'assurer la subsistance des moines dans l'isolement.

Dès cette époque, l'activité humaine a cherché à domestiquer ces lieux et à maîtriser un des éléments clef : l'eau.

L'étude des tracés ancestraux, sont probablement cachés sous plusieurs mètres de terre et d'alluvions, permettrait de nous renseigner sur le système qui était en place avant la transformation par les moines.

Ces derniers ont commencé à drainer des zones humides pour la mise en place de cultures ainsi qu'à chenaliser les cours d'eau pour la mise en place des premiers seuils et moulins ainsi que les digues d'étangs. En effet, selon la règle bénédictine, un monastère se doit de posséder un moulin pour l'alimentation, l'hygiène et l'évacuation des déchets.

Sur le territoire, l'aménagement majeur consiste en la création d'un bief de 4 km sur la Vouge en 1206, puis la Cent Fonts est détournée en 1221 par un canal de plus de 10 km.

Afin de comprendre l'évolution du système, il est intéressant de s'arrêter sur les cartes de Cassini. Créées au XVIII^{ème} siècle, elles permettent à l'hydro-écologue de mettre en évidence l'évolution des différentes composantes du système en la comparant à la carte IGN récente.

Sur la figure ci-après, on constate par exemple des étangs qui étaient présents aux XVIII^{ème} et qui ne le sont plus au XX^{ème} (exemple des étangs au Nord de Magny-lès-Aubigny) ou encore la confluence de la Vouge avec la Saône déplacée de plusieurs kilomètres vers l'ouest d'Esbarres. De nombreux cours d'eau ont été déplacés pour optimiser le fonctionnement des moulins/canaux : certains sont aujourd'hui situés en léger « surplomb » par rapport au talweg naturel.

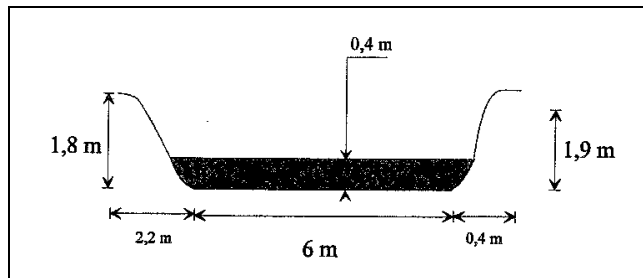
L'intensification de la domestication des cours d'eau a été probablement progressive mais s'est considérablement accélérée après la 2^{nde} Guerre Mondiale lors des grands programmes de remembrements agricoles qui ont eu de multiples conséquences bien connues sur l'hydrosystème par les actions de recalibrage, rectification ou curage.

Les caractéristiques des cours d'eau généralement observés aujourd'hui sur le bassin sont :

- ▶ une section trapézoïdale aux berges sub-verticales ;
- ▶ un tracé quasi rectiligne : sinuosité généralement inférieure à 1,1 sur le bassin de la Vouge ;
- ▶ des hauteurs d'eau homogènes sur les profils en travers ;
- ▶ une granulométrie particulièrement fine composée principalement de sables, sables grossiers et quelques bancs de sédiments plus grossiers de type graviers.

Le profil ci-après représente une section type des cours d'eau de la zone d'étude :

Figure 2 : Section type de la Varaude en amont d'Izeure (source : étude géomorphologique- IPSEAU, 2001)

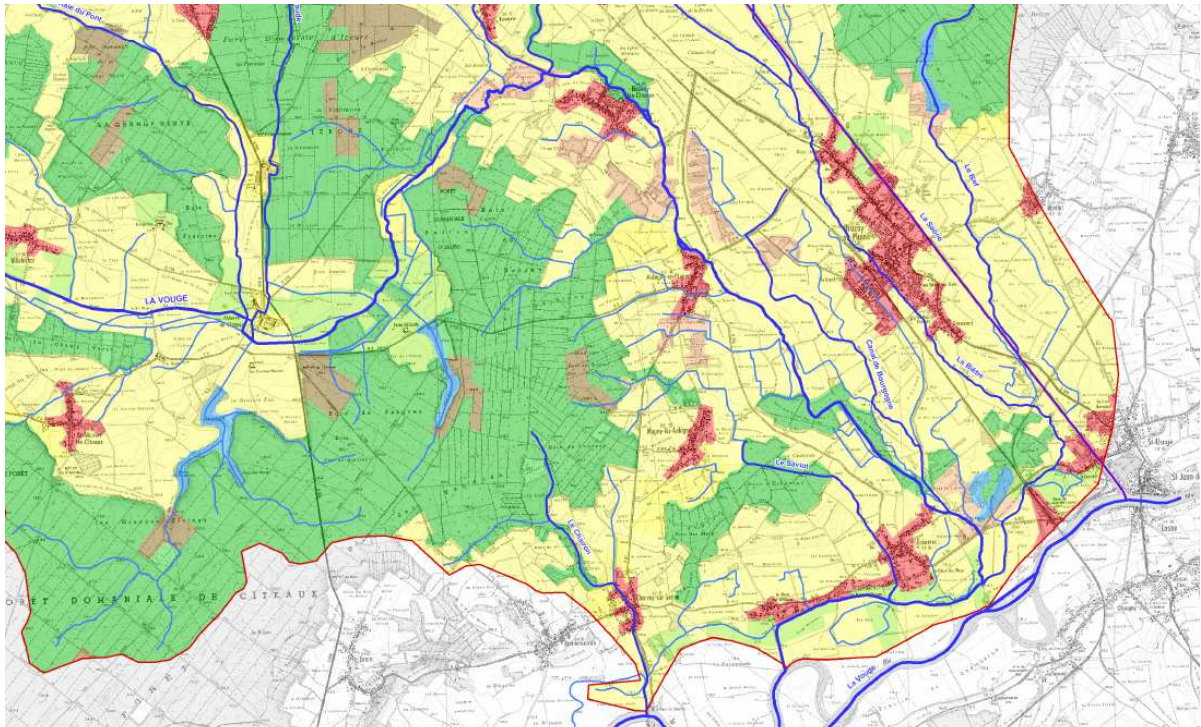


Ces simples éléments permettent d'affirmer que les caractéristiques des cours d'eau étudiés sont particulièrement éloignées de leurs composantes originelles.

Une des conséquences les plus dommageables de ces aménagements est la perte quasi-complète de la connectivité latérale de l'hydrosystème ainsi qu'une banalisation et un appauvrissement des habitats aquatiques.

Figure 3 : Comparaison entre la carte de Cassini (XVIII^{ème}) et la carte IGN (XX^{ème}). Source (IGN et BRLi)





La perte de connectivité latérale entraîne une quasi disparition des zones humides (favorisée par leur drainage) ayant pour conséquence la perte du « pouvoir tampon » de l'hydrosystème sur les aspects quantitatifs et qualitatifs.

Les cours d'eau étant à faible énergie (pentes faibles, généralement inférieures à 0,25%, puissance spécifique inférieure à 20 W/m^2), ces derniers ne peuvent se réajuster qu'au moyen de très longs processus d'érosions verticaux et horizontaux lorsqu'ils ne sont pas contraints latéralement par des enrochements.

L'absence du pouvoir tampon de l'hydrosystème (capacité à atténuer les variations rapides de l'hydrologie et apports d'éléments chimiques) se traduit par une répercussion amplifiée des phénomènes climatiques (crues, étiages...) ou anthropiques (rejets de STEP...) sur le compartiment biologique.

*Figure 4 : La Varaude à Tarsul-Izeure : perte de connectivité latérale et banalisation des habitats
(source : BRLi)*

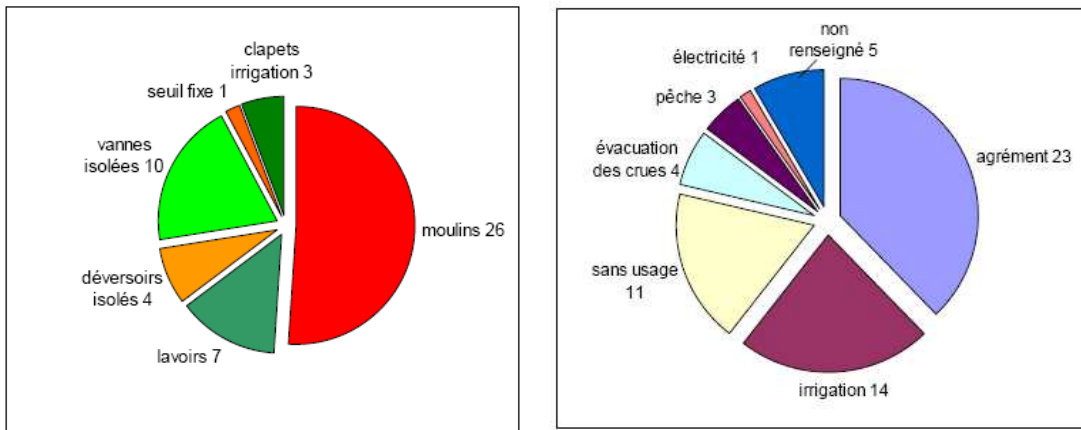


2.2.3 Les ouvrages transversaux : perte de connectivité longitudinale

L'inventaire des ouvrages transversaux du bassin versant de la Vouge comptait en 2007 près de 51 ouvrages dont près de la moitié est composée par les moulins (vannes, bief, seuil).

Ces ouvrages sont utilisés aujourd'hui principalement pour l'agrément, puis pour l'irrigation dans la partie est du bassin versant. Plus de 10 % des ouvrages sont sans usage à ce jour.

Figure 5 : Qualité des ouvrages et répartition par usages sur le bassin versant de la Vouge (source : SBV)



Les plus fortes densités d'ouvrages sont observées sur le cours amont de la Vouge, l'Oucherotte et la Bièvre amont. La Vouge compte ainsi près de 16 ouvrages composés presque exclusivement de moulins.

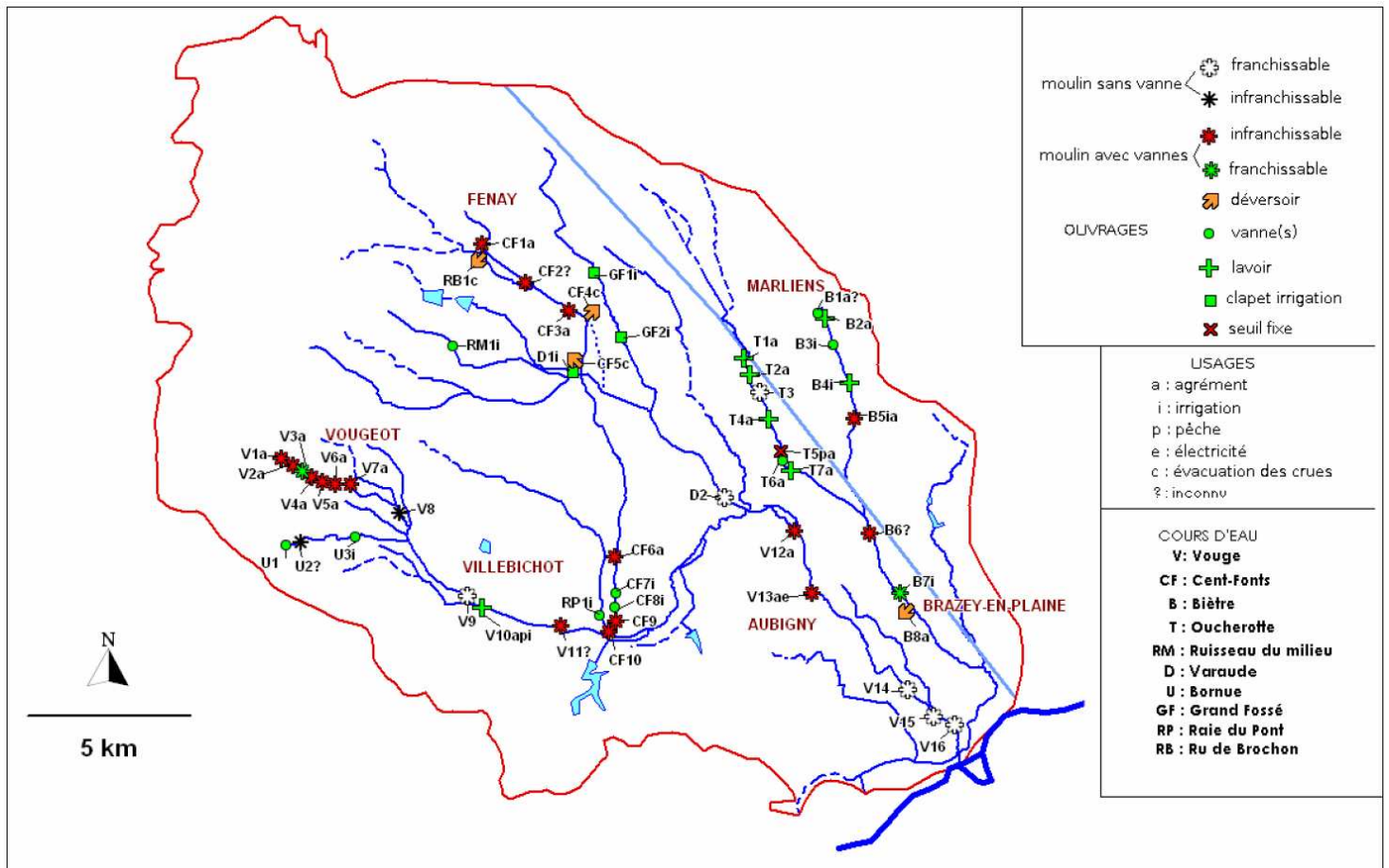
Les principaux impacts enregistrés sur le bassin versant de la Vouge sont la perte de connectivité longitudinale que l'on peut détailler par :

- ▶ l'obstacle aux migrations de la faune aquatique (principalement à la montaison) ;
- ▶ une rupture du transit sédimentaire (phénomène d'ensablement et d'envasement des retenues) ;
- ▶ une modification de la qualité des eaux de l'amont vers l'aval (phénomène d'eutrophisation et de réchauffement des eaux) ;
- ▶ une rupture de la continuité hydrologique lors de chasses, remplissages des biefs et prélèvements.

Ces différents impacts diminuent d'autant les échanges entre les différents tronçons de cours d'eau pourtant nécessaires dans un hydrosystème hormis en période de crue.

La figure suivante illustre la localisation des différents ouvrages. Un diagnostic de la franchissabilité piscicole a été réalisé mais la méthodologie utilisée n'est pas détaillée.

Figure 6 : Localisation, usages et franchissabilité des ouvrages du bassin versant de la Vouge (source : SBV)



2.3 UNE RIPISYLVE ABSENTE : DES INCIDENCES FORTES

Une des incidences majeures des remodelages récents des cours d'eau de la zone d'étude (curage, recalibrage, rectification...) est la disparition de la ripisylve qui, anciennement, accompagnait le système.

Pour rappel, ce cordon de végétation assure différentes fonctions, dont :

- ▶ Le garant de la connectivité latérale en favorisant les échanges entre le milieu terrestre et aquatique ;
- ▶ L'épuration des eaux de ruissellement (les bandes enherbées devant assurer en partie cette fonction aujourd'hui) ;
- ▶ La réduction des vitesses d'écoulements lors des crues (le ralentissement dynamique naturel) ;
- ▶ La création d'habitats pour la faune aquatique par la production d'embâcles, de sous berges, chevelus racinaires, dépôts de matières organiques...
- ▶ La protection de la masse d'eau vis-à-vis des conditions extérieures (rayonnement solaire, variations climatiques).

Les cours d'eau du bassin versant de la Vouge, à de rares exceptions comme la partie amont de la Cent Fonts, présentent une faible densité de ripisylve sur leurs berges en raison des forts remodelages des cours d'eau et des pratiques d'entretien.

Cette faible densité de ripisylve est dommageable vis-à-vis de la qualité de l'eau. On s'attendra en milieu agricole à des apports de nitrates et pesticides importants, favorisés par les réseaux de drainages.

On observe ainsi une banalisation majeure des habitats piscicoles ainsi qu'un réchauffement des eaux important, notamment pendant la période estivale. Un chapitre spécifique est dédié à ce sujet ci-après.

Cette non couverture du cours d'eau favorise enfin le développement excessif de la végétation aquatique qui recouvre sur certains secteurs l'intégralité des substrats.

Figure 7 : la Vouge à Esbarres : un développement excessif de la végétation aquatique (source BRLi)



Dans le cadre de ses compétences, le SBV met en place, depuis 2006, un plan de régénération naturelle de la ripisylve et de plantations d'essences autochtones.

Toutefois avant de ressentir un quelconque effet bénéfique de la ripisylve nouvellement implantée sur la qualité des cours d'eau du bassin, il faudra plusieurs années avant que celle-ci devienne fonctionnelle.

2.4 HYDROLOGIE

ÉLÉMENTS DE CONTEXTE

Le régime des cours d'eau du bassin versant de la Vouge est de type pluvial avec un effet de soutien des débits en période estivale relativement fort par les apports des nappes et sources du secteur, notamment sur la Cent Fonts et sur la Biètré.

L'hydrologie étant l'un des volets principaux d'une étude volumes prélevables maximums, il est proposé au lecteur de se reporter préférentiellement à la phase 3 de l'étude pour connaître les détails méthodologiques qui ont permis de déterminer l'hydrologie observée (réelle) et reconstituée (dite « naturelle ») des différents cours d'eau du bassin versant de la Vouge.

Les données, au pas de temps mensuel, sont consultables dans ce même volet d'étude.

Dans le cadre de la détermination des DMB, il a été choisi d'exploiter les données hydrologiques reconstituées afin de juger de la pertinence des débits proposés vis-à-vis des potentialités réelles des cours d'eau.

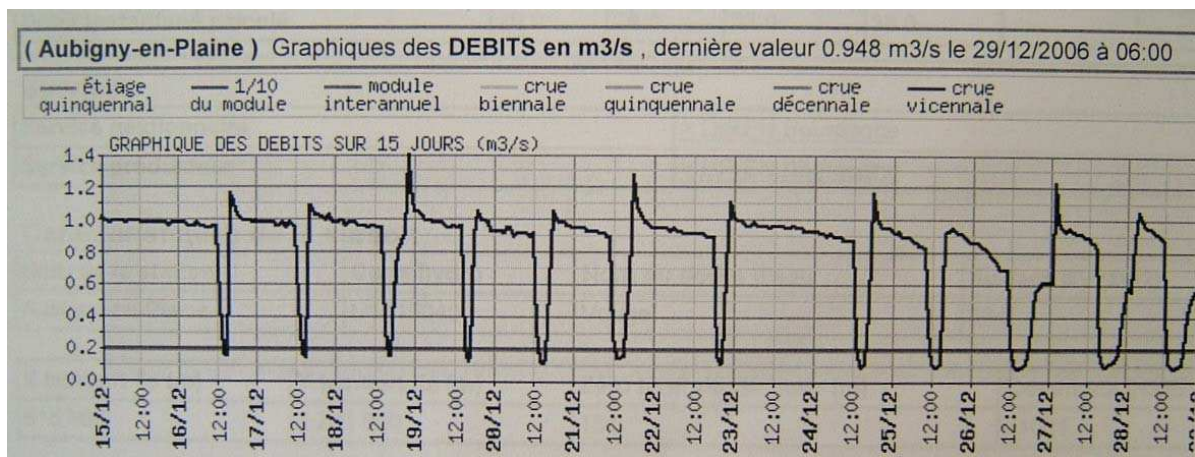
UNE PRATIQUE AYANT DE FORTS IMPACTS SUR L'HYDROLOGIE ET LES MILIEUX

Il est proposé ci-après d'évoquer une pratique peu développée sur le bassin (com pers : M. Boillin) mais ayant un fort impact sur l'hydrologie et des incidences majeures sur les milieux. Il s'agit de chasses réalisées sur des biefs de moulins lorsque les débits sont stabilisés. Ces chasses sont en revanche fréquentes sur la partie amont de la Vouge.

La figure ci-dessous illustre le phénomène : il s'agit d'un lâché d'eau obtenu par l'ouverture brutale et rapide des vannes de la retenue entraînant une petite chasse et une augmentation du débit.

L'incidence de ce type de pratique peut se faire ressentir loin en aval sur le cours principal, notamment lorsqu'il n'y a pas d'apport par les affluents.

Figure 8 : Hydrogramme de la Vouge à Aubigny en Plaine au mois de décembre 2006 (source : Hydroreel des DREAL Bourgogne et Rhône-Alpes)



Cette gestion des vannes a de nombreuses conséquences particulièrement négatives sur le milieu :

- ▶ modification des écoulements dans le cours d'eau entraînant une modification rapide des habitats préjudiciable notamment pour les juvéniles ;
- ▶ évacuation des sédiments fins en aval provoquant probablement une baisse de l'oxygène dissous et un effet abrasif sur les branchies des poissons ;
- ▶ relargage des micros polluants stockés dans les vases.

Cette gestion est d'autant plus à proscrire sur des cours d'eau altérés comme ceux du bassin de la Vouge.

2.5 UNE QUALITÉ GLOBALE DES EAUX SUPERFICIELLES MÉDIOCRE

2.5.1 Régime thermique : les conditions de vie du milieu

La température de l'eau est un facteur essentiel pour la faune aquatique. Les conséquences, sur les peuplements piscicoles notamment, sont aujourd'hui mieux appréhendées et sont très régulièrement pris en compte dans les études d'incidences. La température conditionne à la fois la croissance des individus (métabolisme), la reproduction (temps d'incubation...) et la survie (température létale).

Les données thermiques des cours d'eau du bassin versant de la Vouge (source CSP-ONEMA-SBV) collectées et utilisées pour caractériser le régime thermique des cours d'eau sont :

- ▶ les régimes thermiques sur 16 stations du bassin mesurés au pas de temps de 1 heure de juillet à septembre 2001 (période de plus fortes chaleurs) ;
- ▶ le régime thermique de la Bièvre à Brazey sur l'année 2009 au pas de temps 30 minutes.
- ▶ Les données 2010 de la Vouge à Aubigny (ONEMA) n'ont pu être utilisées en raison de la perte de l'enregistreur.

Afin de mettre en lumière le régime thermique avec les facteurs de contrôles principaux, il a également été utilisé les températures de l'air journalières de la station météorologique de Dijon ainsi que les chroniques de débits journaliers des cours d'eau du bassin de la Vouge.

DES RÉGIMES THERMIQUES CONTRASTÉS

Selon l'origine des apports (résurgence calcaire, apports de nappes, eaux de ruissellement...), les régimes thermiques sont très variables dans l'espace et dans le temps sur le bassin versant de la Vouge.

Il est proposé ci-après une présentation des régimes thermiques par sous bassin avec les données de 2001 permettant d'apprécier ce paramètre à l'échelle du bassin.

La Cent Fonts présente dans sa partie amont des eaux très fraîches (< 16°C en moyenne en 2001) avec des variations journalières faibles (moins de 2°C en été) alors que dans sa partie aval, le réchauffement est significatif (augmentation de 4,5°C en moyenne) avec de fluctuations journalières plus élevées (3,5 °C).

Sur la Vouge, on observe des températures élevées dès les zones amont avec une température moyenne comprise entre 18 et 20°C en juillet-août. Les températures maximales journalières sont supérieures à 23 °C sur les parties amont et 25°C sur l'aval. Seuls les apports de la Cent Fonts ou la proximité de la nappe sur la partie aval de la Vouge limitent le réchauffement. Les affluents comme la Bornue sont très sensibles au réchauffement des eaux avec des températures instantanées dépassant les 30°C.

Les températures moyennes de la Varaude et de ses affluents sont légèrement moins chaudes que sur la Vouge. Sur la Manssouze, le Chairon et l'amont du Grand Fossé, elles ne dépassent pas en moyenne journalière les 20 °C. Pour autant, la Varaude est significativement plus chaude avec des périodes supérieures à 20 °C. La Boïse apparaît également comme un cours d'eau sensible au réchauffement du fait de sa distance aux sources.

Le bassin versant de la Bièvre fait état de très grandes variations d'un cours d'eau à l'autre. Le cours d'eau de la Bièvre présente des températures moyennes journalières inférieures à 17°C sur sa partie amont mais pouvant atteindre près de 20°C en pointe. Aussi, ce cours d'eau conserve un régime thermique qui semble cohérent avec des exigences thermiques des salmonidés.

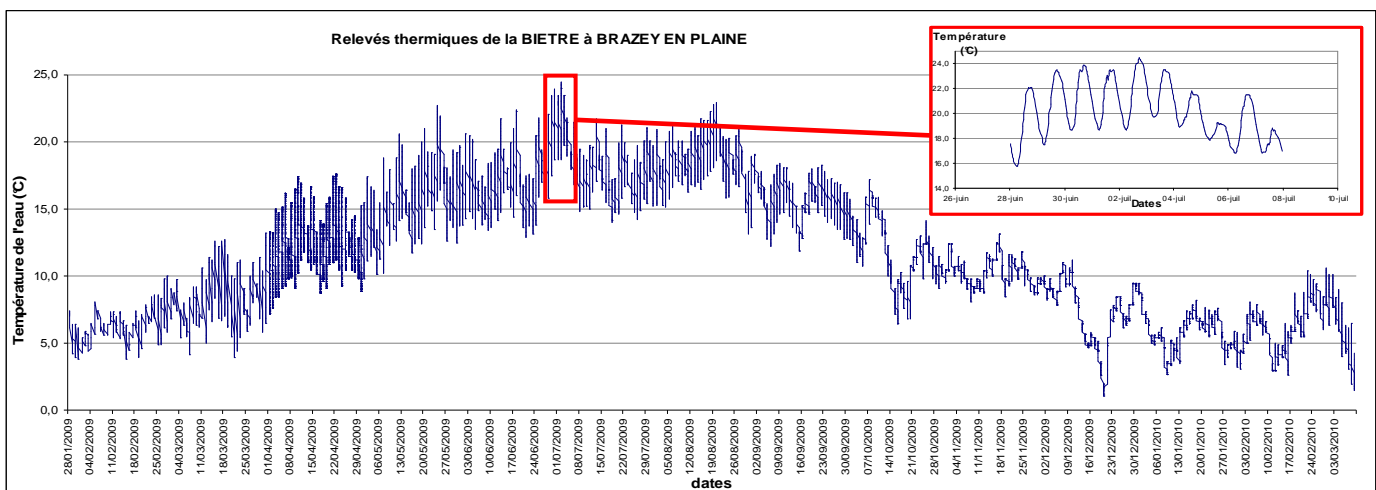
Ses affluents présentent des températures plus élevées mais surtout avec de plus fortes fluctuations journalières comme la Viranne et la Noire Potte (6,5 à 7°C de variation journalière).

Aussi, c'est principalement en période estivale que le régime thermique des cours d'eau d'étude présente des dysfonctionnements majeurs.

Pour mieux mettre ces dysfonctionnements en évidence, il est choisi d'analyser plus spécifiquement les relevés thermiques de la Bièvre en 2009, période plus proche de notre étude.

La figure ci-après présente le régime thermique de la Bièvre à Brazey sur l'année 2009. On constate que c'est en période printanière et surtout estivale que la température augmente fortement. Elle atteint en moyenne plus de 18°C en juillet et août alors qu'elle est inférieure à 12°C en automne et hiver. Les amplitudes journalières (variations nyctémérales) ont dépassé 5°C avec des températures maximales supérieures à 24°C. Ces dernières sont très élevées et mettent en lumière une très grande sensibilité des cours d'eau aux variations climatiques.

Figure 9 : Evolution des températures des eaux de la Bièvre à Brazey en Plaine sur l'année 2009



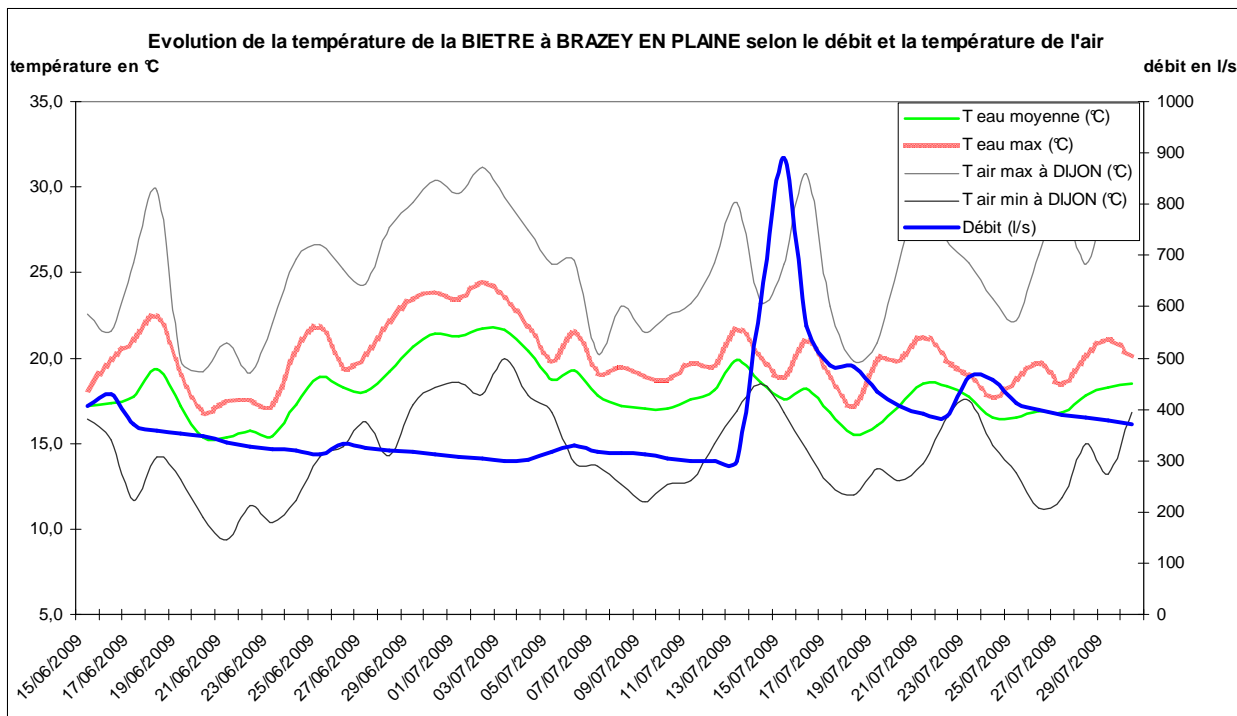
Aussi, ces valeurs sont anormales pour des cours d'eau de résurgences calcaires et de nappes pour lesquelles les températures initiales sont naturellement de 12 à 14 °C.

Les cours d'eau de la zone d'étude sont ainsi extrêmement influencés par les conditions climatiques (ensoleillement, fluctuations des températures de l'air...) en raison d'une absence quasi-totale de protection par une couverture arborée.

La figure suivante présente sur la période du 15 juin au 31 juillet 2009 l'évolution de la température de l'eau moyenne et maximale de la Bièvre à Brazey, l'évolution de la température de l'air maximale et minimale à Dijon ainsi que le débit enregistré à la station de mesure hydrométrique de Brazey en Plaine.

- ▶ On constate que :
- ▶ les variations des températures de l'eau sont parfaitement corrélées avec la température de l'air ;
- ▶ l'augmentation du débit à partir du 13 juillet (pointe à près de 900 l/s) a eu un impact non négligeable mais trop modeste pour infléchir fortement la température de l'eau de la Bièvre en raison probablement de sa trop courte durée dans le temps.

Figure 10 : Evolution de la température de la Bièvre à Brazey en Plaine selon le débit et la température de l'air entre le 15 juin et le 31 juillet 2009



On observe qu'en pointe la température de la Bièvre a atteint plus de 24 °C pour un débit de 300 l/s et une température extérieure de 31,2 °C. La Bièvre étant, comparativement, un des cours d'eau les plus stable thermiquement (voir ci-avant) et relativement « frais » par rapport aux autres cours d'eau du bassin, on imagine aisément des températures de l'eau bien supérieures à la même époque sur la Vouge ou la Varaude amont.

On peut alors s'interroger sur les températures atteintes sur les cours d'eau du bassin lors des épisodes de canicules comme en 2003 ou 2005 lorsque la température de l'air atteignait plus de 35°C. Sans faire un exercice de modélisation, on peut raisonnablement imaginer, pour une hydrologie similaire (ou encore plus défavorable), des températures de l'eau atteignant largement en pointe 27 à 30°C sur les cours d'eau principaux.

Les comptes-rendus du CSP en 2003 indiquent que la sonde thermique du CSP dans la Saône a enregistré des températures de 25 à 30 °C.

Les conséquences de ces régimes thermiques sont majeures car elles limitent considérablement le développement des espèces de poissons sténothermes d'eau froide comme la truite fario et ses espèces d'accompagnement (chabot...). Ces dernières devraient coloniser la majeure partie des cours d'eau du bassin versant de la Vouge. On constate que ces espèces sont remplacées par des taxons dit eurythermes (supportant de plus amples variations de températures des eaux) comme le chevesne, le gardon...

Les températures importantes des eaux favorisent également les processus de dégradation de la matière organique ainsi que la photosynthèse pouvant entraîner des taux d'oxygène dissous faibles à certaines périodes de la journée (tôt le matin en période estivale). Ces conséquences n'ont pas été relevées sur le terrain dans le cadre d'un suivi régulier mais sont très probables sur certaines sections de cours d'eau impactées par des rejets ou soumises à de fortes augmentations de température (affluents de la Bièvre ou de la Vouge par exemple).

Les espèces dites « sensibles » (lamproie de Planer, chabot...) seront les premières à voir leurs populations décliner.

L'incidence de l'hydrologie sur le réchauffement des eaux est importante : en diminuant le débit, le rapport entre la surface de contact à l'air et le volume d'eau qui transite dans une section de cours d'eau augmente favorisant ainsi un réchauffement de l'eau.

Pour autant, il ne s'agit pas de l'unique facteur de contrôle de la thermie des eaux : la couverture du cours d'eau par la végétation ou les relations entre cours d'eau et nappe ont certainement plus d'incidence que le seul débit si ce dernier reste cohérent avec le gabarit du cours d'eau.

2.5.2 La qualité des eaux

Les stations de suivi régulier du bassin versant de la Vouge sont :

- ▶ La Vouge à Aubigny en Plaine (code station : 06017000);
- ▶ La Varaude à Tarsul-Izeure (code station : 06016840) ;
- ▶ La Bièvre à Brazey en Plaine (code station : 06016940).

On peut globalement déterminer la qualité des eaux du bassin versant de la Vouge comme médiocre en raison :

- ▶ de concentrations en nitrates particulièrement élevées (généralement près de 30 mg/l sur la Varaude et 20 mg/l sur la Vouge en période hivernale) traduisant une pollution diffuse d'origine agricole
- ▶ des concentrations en pesticides particulièrement importants. On peut ainsi mesurer (période d'analyse 2007-2008) des concentrations de 1 µg/l en pesticides totaux pour la source de la Vouge ou sur les sources de la Cent Fonts. L'extrême a été atteint par la Boïse avec 11 µg/l.

Les aires d'alimentation de type plaine agricole ou viticole favorisent ces taux de contamination.

On observe également que les concentrations de pesticides ont tendance à baisser en période hivernale pour atteindre de fortes concentrations entre les mois de juin et de septembre. Cette cyclicité pourrait être expliquée d'une part par le débit de la source (lorsque le débit est le plus faible, la dilution est moins grande, donc les concentrations plus importantes) et d'autre part, par la pression phytosanitaire qui est plus importante à ces périodes d'applications de traitements (printemps).

Les concentrations en matières organiques ou phosphorées peuvent également dégrader la qualité des eaux, notamment en période de basses eaux, par manque de dilution des rejets de stations d'épuration (exemple du ruisseau du Milieu et de la Boïse et donc indirectement influence la Varaude).

Les nutriments (azote et phosphore) apportés par les rejets diffus ou ponctuels favorisent le développement des producteurs primaires (algues et végétaux aquatiques) : il s'en suit une très forte eutrophisation du milieu dans les milieux stagnants (biefs) ou fortement exposés au soleil par l'absence de ripisylve (voir chapitre spécifique ci-avant).

2.6 LA RÉPONSE BIOLOGIQUE

2.6.1 Peuplements de macro-invertébrés benthiques

Afin de caractériser les peuplements des macro-invertébrés benthiques, il est choisi de se baser sur le suivi 2009 (protocole RCS) en 3 stations mis en place par le SBV dans le cadre du contrat rivière.

LA VOUGE À VILLEBICHOT

La Vouge à Villebichot est caractérisée par des habitats peu diversifiés, largement dominés par les sables et limons. Les vitesses d'écoulement sont très homogènes en raison des différents recalibrages et même curages relativement récents (2004) sur certains secteurs.

La liste faunistique fait état d'une faible diversité (32 taxons selon le protocole RCS), d'une médiocre polluosensibilité (groupe indicateur : *Hydropsychidae*) et d'une abondance faible témoignant des nombreux dysfonctionnements du système, tant sur les habitats que sur la qualité des eaux. La note IBGN recalculée est de 10/20.

On notera la très faible diversité de trichoptères : il s'agit d'un groupe assez sensible aux variations thermiques, or on constate d'importantes amplitudes sur la Vouge. L'absence de Plécoptères témoigne notamment d'une altération importante de la qualité des eaux.

LA VARAUDE À TARSUL-IZEURE

La Varaude à Tarsul-Izeure est assez proche de la Vouge à Villebichot : les habitats sont faiblement diversifiés même si il est observé une granulométrie plus importante par une dominance des graviers théoriquement plus biogènes.

Pour autant, la liste faunistique fait état d'une faible diversité (31 taxons selon le protocole RCS), d'une médiocre polluosensibilité (groupe indicateur : *Hydropsychidae*) et d'une abondance faible témoignant des nombreux dysfonctionnements du système tant sur les habitats que sur la qualité des eaux. La note IBGN recalculée est de 10/20.

La diversité en trichoptère est très faible (2 taxons inventoriés) et on observe une absence du groupe des plécoptères.

LA CENT FONTS À SAULON LA RUE

La partie amont de ce cours d'eau, certainement la moins anthropisée du bassin versant, fait état d'une diversité d'habitats notable avec une dominance de granulats grossiers, débris organiques ou bryophytes fortement biogène pour la macro-faune benthique.

La liste faunistique fait état d'une diversité moyenne (36 taxons selon le protocole RCS), d'une relative polluo-sensibilité (groupe indicateur : *Brachycentridae*) et d'une abondance relativement importante. La note IBGN recalculée est de 16/20.

On retrouve sur la Cent Fonts une bonne diversité de trichoptères témoignant d'un meilleur équilibre du système et de variations thermiques plus acceptables pour l'écosystème. Le genre *Micrasema* retrouvé sur la Cent Fonts est réputé comme sténotherme d'eau froide dans la littérature.

Cela ne doit pas pour autant occulter l'absence de Plécoptères indiquant une dégradation probablement chimique des eaux par les micro-polluants type pesticides.

CONCLUSION

On constate au final que la qualité de la macro-faune benthique est mauvaise en raison d'une forte altération des habitats et d'une physico-chimie globale médiocre. Seule la Cent Fonts semble être en meilleur état.

2.6.2 Ichtyofaune

Afin de caractériser les peuplements piscicoles du bassin versant de la Vouge, il est choisi de se baser sur l'étude piscicole du CSP de 2001 ainsi que sur les résultats de pêches électriques réalisées en 2009-2010 lors d'inventaires scientifiques ou de pêches de sauvegarde.

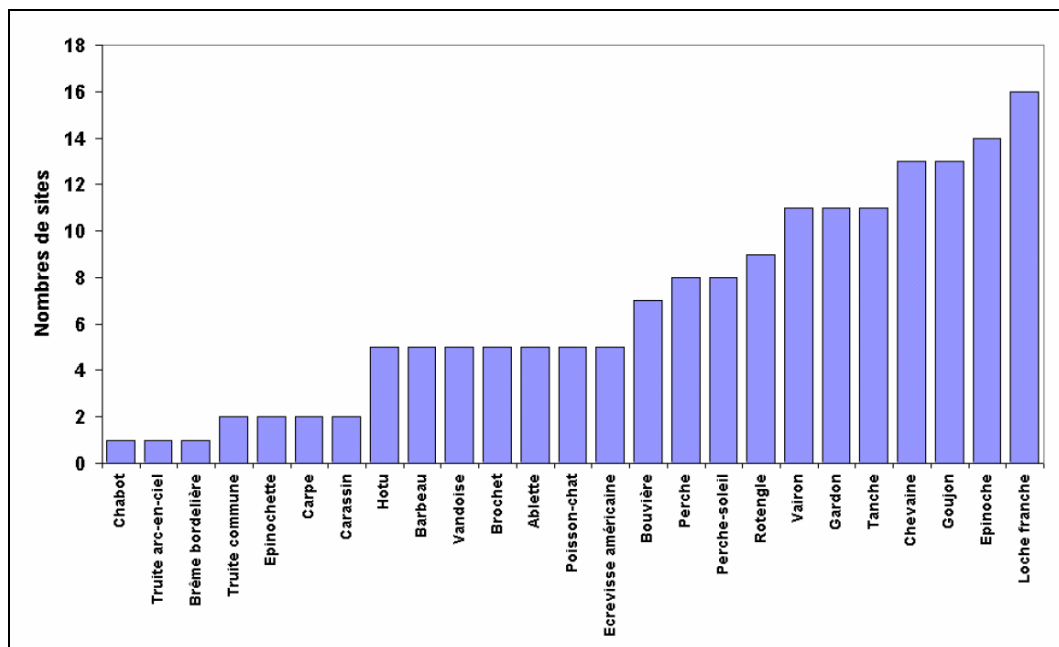
En 2001, 24 espèces de poissons ont été capturées sur 19 stations d'étude sur les cours d'eau principaux et affluents. La richesse augmente rapidement d'amont en aval (8 espèces sur la Vouge à Gilly les Citeaux et 18 à Aubigny en Plaine).

La loche franche est l'espèce que l'on rencontre le plus fréquemment sur le bassin versant. Viennent ensuite l'épinoche, le goujon et le chevesne présents dans plus de 70 % des secteurs du bassin. Les espèces les plus sensibles, comme la truite ou le chabot, ne sont présentes que sur 1 à 2 sites (la Cent Fonts et l'Oucherotte).

Certaines espèces sont complètement absentes comme l'anguille, la lamproie de planer, le toxostome, le spirilin, le blageon ou la lote.

Le cortège d'espèces d'eaux calmes et plutôt chaudes est largement représenté comme la tanche, le gardon, la perche soleil, le rotengle, la bouvière ou le poisson chat.

Figure 11 : Occurrences des 24 espèces de poissons échantillonnées sur la bassin versant de la Vouge en 2001 (source : CSP)



Les densités observées peuvent être particulièrement fortes (souvent très supérieures à 400 kg/ha) sur certains secteurs de la Vouge comme à Gilly les Citeaux, Villebichot, Aubigny en Plaine ou Esbarres. Ces densités témoignent d'un système particulièrement eutrophe considéré comme anormal par rapport au fonctionnement correcte de ce type de cours d'eau.

Les suivis réalisés en 2009 et 2010 font état d'observations et conclusions similaires : la dégradation globale de la qualité des eaux (thermique et chimique) ainsi que la pauvreté des habitats conduisent à une banalisation et d'un appauvrissement des peuplements piscicoles.

Afin d'évaluer l'évolution de la qualité des peuplements piscicoles du bassin versant de la Vouge, il est présenté ci-après une analyse des peuplements via le calcul de l'Indice Poisson Rivière (IPR).

Figure 12 : Suivi de l'Indice Poisson Rivière sur le bassin versant de la Vouge (source SBV)

Rivière	Station	Année	Note IPR	Classe de qualité
Vouge	Gilly les Citeaux	2001	31,129	Classe 4
		2010	22,124	Classe 3
	Villebichot	2001	41,57	Classe 5
		2009	54,70	Classe 5
	Aubigny en Plaine	2002	52,68	Classe 5
		2003	55,09	Classe 5
		2004	47,98	Classe 5
		2006	21,92	Casse 3
		2007	18,7	Classe 3
		2008	25,16	Classe 4
2009		16,81	Classe 3	
Varaude	Izeure	2001	28,56	Classe 4
		2009	22,14	Classe 3
Biètré	Tart le Haut	2001	46,409	Classe 5
		2010	48,898	Casse 5
	Brazey en Plaine	2008	31,24	Classe 4
Cent Fonts	Saulon la Rue	2001	23,121	Classe 3
		2010	24,468	Classe 3
Noire Potte	Izeure	2001	33,401	Classe 4
		2010		
Boise	Broindon	2001	36,257	Classe5
		2010		

Les notes de l'IPR indiquent des peuplements piscicoles de qualité médiocre à très mauvaise. Il n'est pas observé globalement sur le bassin d'amélioration des peuplements même si il semblerait que la qualité de la Vouge à Aubigny en Plaine s'améliore.

L'absence des organismes les plus polluo-sensibles et rhéophiles affecte fortement la qualité des peuplements.

2.7 SYNTHÈSE : LE BASSIN VERSANT DE LA VOUGE, UN SYSTÈME FORTEMENT ANTHROPIsé

Les dégradations physiques et physicochimiques des cours d'eau du bassin versant de la Vouge ont façonné un hydrosystème dont le fonctionnement est particulièrement éloigné des conditions de « référence ».

Plus on s'éloigne des sources, plus les effets des dégradations se font ressentir.

Cet état de dégradation est d'autant plus mis en évidence lorsqu'il est comparé aux autres bassins versants voisins de Côte d'Or, comme l'Ouche ou la Tille qui, eux-mêmes, sont déjà dégradés.

Pour autant, on observe, selon les cours d'eau, des états de dégradations différents sur les paramètres physiques et biologiques :

- ▶ La Vouge et la Varaude semblent être les cours d'eau les plus dégradés : ils sont particulièrement sensibles aux élévations de température et font l'objet d'une très faible qualité d'habitats. La Varaude doit néanmoins pouvoir s'améliorer après la restitution de la Cent Fonts à Noiron sous Gevrey ;
- ▶ La Bièvre présente une morphologie proche de la Varaude mais sa qualité reste meilleure que cette dernière en raison de sa connexion avec la nappe : son soutien en période estivale notamment la rend moins sensible aux variations climatiques ;
- ▶ La Cent Fonts, avant sa chenalisation, apparaît comme le cours d'eau le plus sauvegardé. Les habitats peuvent être assez diversifiés et sa sensibilité aux élévations de température reste relativement modérée par sa ripisylve.

3. BILAN ET OBJECTIFS ENVIRONNEMENTAUX

La figure ci-après présente les objectifs environnementaux des cinq principales masses d'eau du bassin versant de la Vouge.

On constate que la Bièvre et la Vouge ont un objectif de bon état écologique en 2015 alors que l'échéance de bon état chimique a été repoussé en 2027 en raison de difficulté technique pour traiter les substances prioritaires (HAP).

La Varaude et la Cent Fonts¹ (masse d'eau artificielle) ont pour objectif le bon état et bon potentiel écologique en 2015.

Figure 13 : Synthèse des masses d'eau et objectifs environnementaux du bassin versant de la Vouge
(source : SDAGE RM)

Code masse d'eau	Nom masse d'eau	Catégorie	Objectif d'état écologique		Objectif d'état chimique Échéance	Causes	Justification: paramètres
			Etat	Échéance			
FRDR10142	rivière la Bièvre	Cours d'eau	bon état	2015	2027	Faisabilité technique	substances prioritaires (HAP seuls)
FRDR11071	ruisseau la Varaude	Cours d'eau	bon état	2015	2015		
FRDR11304	ruisseau la sansfond	Cours d'eau- Mea	bon potentiel	2015	2015		
FRDR11653	ruisseau de la noire-potte	Cours d'eau	bon état	2021	2015	Faisabilité technique	nutriements et/ou pesticides, morphologie, benthos, ichtyofaune
FRDR645	La Vouge	Cours d'eau	bon état	2015	2027	Conditions naturelles	substances prioritaires (HAP seuls)

La problématique du débit à conserver dans les cours d'eau pour « les besoins des milieux naturels » dans le cadre de la fixation des DCR et DOE est rendue complexe lorsque le système est dégradé, comme sur la bassin versant de la Vouge.

La définition d'un état cible pour le débit est un exercice difficile, qui plus est quand il doit être défini sur un système anthropisé. Les échanges qui ont pu avoir lieu entre le SBV, la FDPMA 21, la DREAL et l'ONEMA a néanmoins permis de donner la feuille de route suivante :

- ▶ **1. le débit doit en premier lieu ne pas hypothéquer l'avenir** : il est basé *a minima* sur le principe de non dégradation de l'état environnemental actuel et doit permettre d'accompagner les améliorations sur les compartiments physique et physicochimique sans être un frein à l'amélioration des fonctionnalités des milieux ;
- ▶ 2. la définition du débit doit être basée sur l'établissement des préférences des espèces les plus sensibles et exigeantes pour le milieu même si elles sont faiblement représentées voir absente du tronçon d'étude. On vérifiera néanmoins leur présence initiale (avant les perturbations récentes) sur le secteur d'étude.

Afin de préciser les taxons cibles, il est proposé un découpage du bassin versant en 2 ensembles qui doivent avoir chacun initialement les mêmes fonctionnalités et caractéristiques :

Les cours d'eau amont et médians : la Vouge jusqu'à l'Abbaye de Cîteaux, la Varaude, la Cent Fonts et la Bièvre ;

Le cours aval de la Vouge (entre la confluence avec la Varaude et celle de la Saône).

¹ Dénommée « Sansfond » dans le SDAGE

LES COURS D'EAU AMONT ET MÉDIANS

Ces tronçons de cours d'eau, situés à moins de 20 kilomètres de leurs sources, sont théoriquement alimentés par des eaux fraîches. Leurs pentes sont comprises entre 1 et 0,1% et les largeurs n'excèdent pas 8 mètres. L'alternance de faciès type radier/mouille/plat devraient être caractéristiques de ces cours d'eau.

Les inventaires du début du XX^{ème} (1924, monographie de HERSE et PARIS) mettaient en évidence sur le secteur d'étude **la truite fario** commune et ses espèces d'accompagnement comme **le chabot, le vairon, le goujon et la loche franche**.

Ces dix dernières années, les populations de loche franche, vairon et goujon sont encore présentes dans un état de conservation variable alors que les populations de chabot et truite fario sont à l'état relictuel. La truite fario semble cependant réaliser l'ensemble de son cycle sur la Cent Fonts car on y observe différentes cohortes alors qu'il n'y a pas d'alevinage sur ce cours d'eau.

Ces cours d'eau amont et médian présentent donc encore des caractéristiques salmonicoles même si ils présentent peu d'hétérogénéité dans les faciès d'écoulement à dominance lentique.

LE COURS AVAL DE LA VOUGE

La Vouge aval présente une pente inférieure à 0,1% pour des largeurs souvent supérieures à 10 mètres. Les eaux sont plus réchauffées que les parties amonts et médianes. En théorie, le méandrage de ce cours d'eau devrait être plus important et proposer des faciès type plat courant/mouille/chenal lentique.

Les inventaires du début du XX^{ème} mettaient en évidence sur le secteur d'étude **des espèces d'eau calmes (gardon, perche, tanche, carpe...)** mais aussi **des espèces rhéophiles comme le chabot, le barbeau commun, la vandoise, le goujon ou le spirilin** témoignant d'une importante hétérogénéité d'habitats.

Les inventaires récents mettent en lumière encore quelques poissons rhéophiles comme le barbeau commun, le vairon ou le goujon ainsi qu'un cortège d'espèces d'eau calmes classique. Même si certains taxons non présents indiquent un déséquilibre, les populations en place sont plus conformes aux potentiels du cours d'eau.

Il est donc proposé de se baser sur **ces espèces cibles (ou espèces dites « repères »)** lors des étapes suivantes visant à déterminer les débits biologiques.

INTERPRÉTATION DES MODÈLES

Pour se faire, la suite de l'exercice consistera à évaluer, en différents sites, les débits nécessaires au maintien des habitats potentiels de ces espèces cibles à l'aide d'une modélisation.

Le modèle ESTIMHAB comporte, comme tout modèle, une incertitude d'autant plus importante que les données d'entrées sont peu précises ou éloignées des conditions étudiées. Dans le cas présent, le modèle a été utilisé dans son spectre de validité avec peu d'incertitude sur les données d'entrée (section homogène facilitant les mesures de débits, hauteur d'eau relativement homogène dans le cours d'eau...) avec une campagne de basses eaux satisfaisante.

L'interprétation du modèle réalisée par BRLi, par sécurité, couvre néanmoins cette marge d'incertitude **afin de répondre au point 1 de l'état cible : le débit ne doit pas être un frein à l'amélioration de la fonctionnalité du milieu.**

Une réflexion vis-à-vis du fonctionnement du système et de l'hydrologie naturelle sera apportée au cas par cas.

A la lumière de l'état de dégradation actuel des cours d'eau, la seule notion de débit ne peut garantir les « besoins » des milieux.

Les « besoins du milieu » nécessitent, outre des débits minimum dans les cours d'eau, une reconquête de la qualité des eaux et du milieu physique. Les actions peuvent être déclinées de la façon suivante :

- ▶ **Une amélioration de la qualité des eaux** par la réduction de l'utilisation des fertilisants et pesticides (amélioration des pratiques agricoles) ainsi que la réduction des rejets directs impactant (STEP...);
- ▶ Une restauration de la morphologie des cours d'eau :
 - actions sur les ouvrages (amélioration des échanges amont/aval) ;
 - restauration sur le lit majeur : espace de liberté et cordon de ripisylve ;
 - restauration du lit mineur par diversification des habitats si le cours d'eau n'a pas les potentialités pour se régénérer.

Ces actions sont actuellement largement portées par le contrat de bassin de la Vouge signé en juillet 2009. La hiérarchisation/priorisation de ces actions est réalisée dans le programme d'actions du contrat de bassin.

4. PROPOSITION D'OBJECTIFS DE DÉBITS/RÉGIMES HYDROLOGIQUES

4.1 MATÉRIEL ET MÉTHODE

4.1.1 Choix de la méthode

De nombreuses méthodes, plus ou moins élaborées et validées, existent pour prendre en compte les équilibres biologiques dans la définition des débits d'étiage et/ou des régimes hydrologiques.

Le choix méthodologique relayé par les institutions publiques (Ministère de l'Environnement, Services de l'Etat), les aménageurs et gestionnaires d'ouvrages hydrauliques (EDF, CNR) et les organismes de recherche s'est porté sur une méthode couplant un modèle hydraulique et un modèle biologique de préférence d'habitat. Elle permet de définir les besoins des différentes espèces de poisson d'eaux douces.

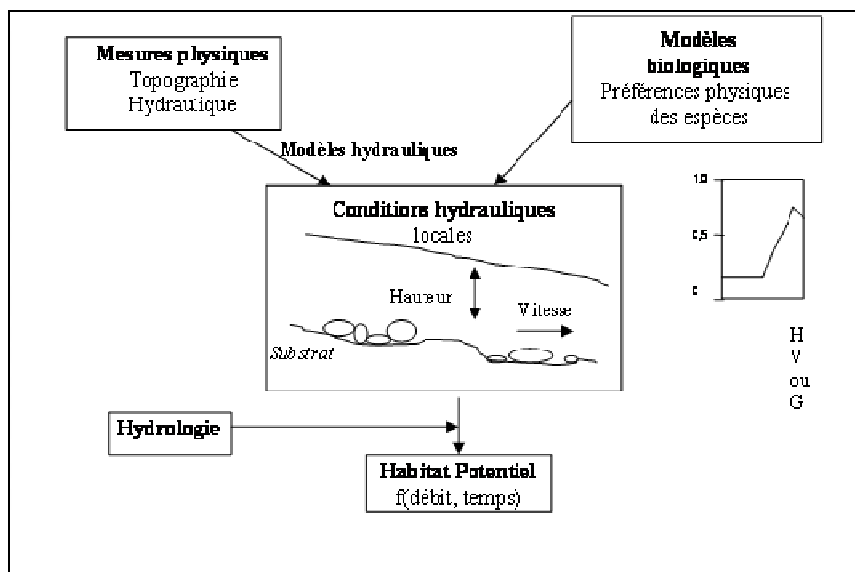
Les deux techniques les plus couramment utilisées sont la méthode des microhabitats, associée au logiciel EVHA, et un modèle d'habitat statistique développé récemment par le CEMAGREF de Lyon (associé au logiciel ESTIMHAB). Une présentation succincte des méthodes est faite dans les paragraphes qui suivent.

4.1.1.1 Méthode des microhabitats : EVHA

La méthode des microhabitats (EVHA) permet d'évaluer, en fonction du débit, l'évolution de l'habitat « physique » d'une portion de rivière vis-à-vis de quelques espèces de poissons cibles. En d'autres termes, il s'agit d'associer à des caractéristiques physiques (habitat) une réponse biologique (qualité de l'habitat).

Cette méthode s'applique au niveau d'une station représentative d'un tronçon de cours d'eau et consiste à coupler une information physique qui décrit l'habitat et une réponse biologique qui va permettre d'en apprécier la qualité. Un modèle hydraulique permet de calculer les hauteurs d'eau et les vitesses de courant à différents débits à partir d'une (ou deux) campagne(s) de mesure des variables hydrauliques majeures (hauteur d'eau, vitesse de courant, granulométrie du substrat).

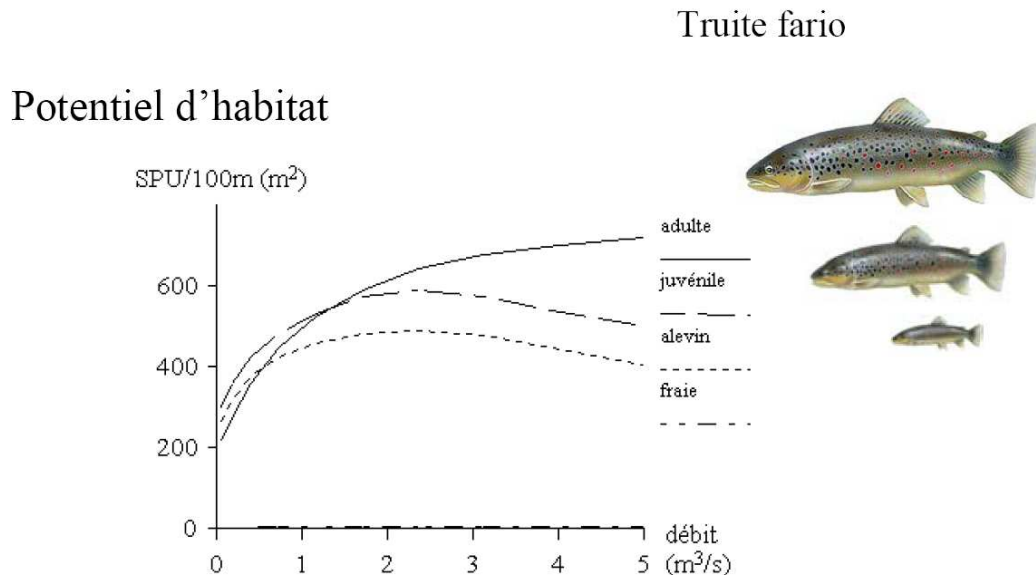
Figure 14 : Principes de la méthode des microhabitats (source : CEMAGREF)



Un modèle biologique traduit ces variables en termes de valeur d'habitat grâce à des courbes de préférences établies pour différents stades de développement de plusieurs espèces de poissons (espèces repères). Ces courbes de préférences calées pour des valeurs comprises entre 0 et 1 pour chacune des variables hydrauliques ont été mises au point et validées dans des cours d'eau non perturbés et aux débits non influencés.

Les courbes de variable d'habitat des différents stades des espèces cibles varient entre 0 et 1.

Figure 15 : Courbes habitats/débit issu de la méthode des micro-habitats (source : CEMAGREF)



La méthode des micro-habitats est particulièrement adaptée aux cours d'eau à Truites (hors torrents de montagne) et aux cours d'eaux mixtes à dominante salmonicole. Les limites d'application de cette méthode (pente, largeur, module du cours d'eau...) empêchent son utilisation à des cours d'eau de plaine.

Aussi, cette méthode est très lourde à mettre en œuvre et nécessite d'importants moyens humains et matériels.

C'est pourquoi BRL Ingénierie a opté dans la présente étude pour l'application d'un protocole allégé, à savoir la méthode ESTIMHAB.

4.1.1.2 Méthode ESTIMHAB

Le CEMAGREF a développé des modèles d'habitat statistiques et a mis au point le logiciel ESTIMHAB qui utilise les résultats les plus récents issus de la recherche fondamentale (voir par exemple Lamouroux, 2002). Ce logiciel permettant d'estimer l'impact écologique de la gestion hydraulique des cours d'eau est particulièrement adapté à l'étude des modifications des débits minima (en aval d'un ouvrage) ou de l'ajout/suppression de seuils. Il donne des résultats très proches de ceux fournis par les méthodes des microhabitats plus classiques (logiciels Evha par exemple), mais utilise des variables d'entrée simplifiées (mesures de largeurs, de hauteurs d'eau et de taille du substrat dominant, à deux débits différents).

Les atouts de cette méthode reposent sur trois points :

- ▶ le développement de **courbes de préférence pour (presque) toutes les espèces piscicoles** : des modèles moyens sur différents cours d'eau des bassins de la Loire, du Rhône et de la Garonne sont actuellement disponibles pour 24 espèces de poissons (à différents stades de développement),
- ▶ la **simplification des variables d'entrée des modèles** : des modèles d'habitat statistiques ont pu être développés par l'analyse des nombreuses applications des modèles d'habitat classiques et ainsi permettre d'identifier les caractéristiques hydrauliques moyennes des tronçons gouvernant la valeur d'habitat,
- ▶ la **validation biologique des simulations** : sur plusieurs sites, les prédictions des modèles ont été validées par comparaison avec des données issues de pêches.

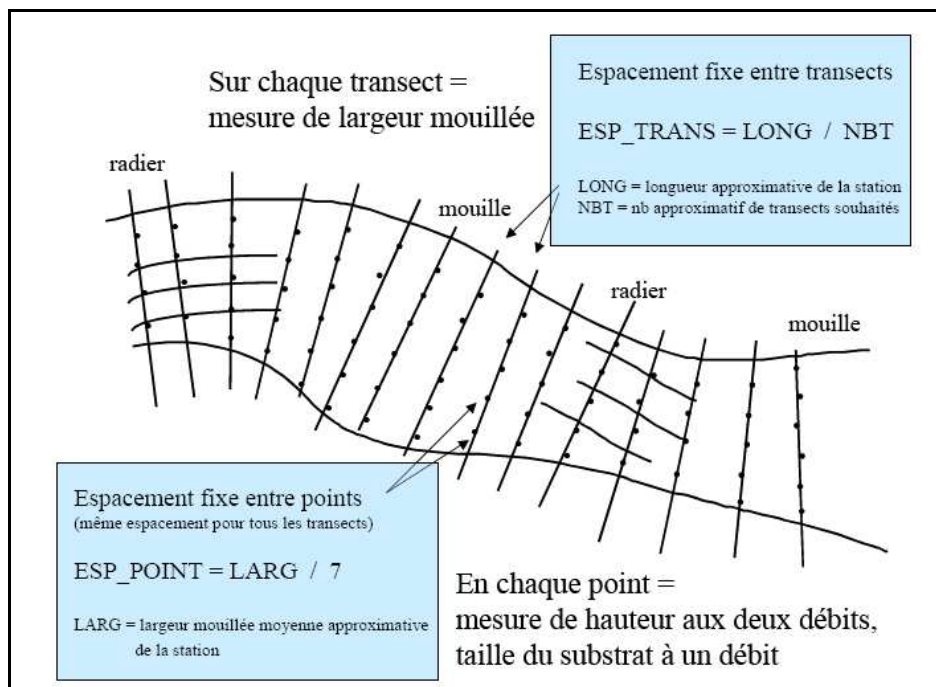
ESTIMHAB permet de simuler la qualité de l'habitat ou **valeur d'habitat VHA** (variant entre 0 et 1) ou la **surface potentiellement utilisable SPU** (valeur d'habitat x surface mouillée), en fonction du débit, pour différentes espèces/stades (simulations - populations) mais aussi pour des guildes d'espèces¹ (simulations - guildes) caractéristiques des principaux faciès d'écoulement (radier, chenal, mouille et berge).

On obtient alors une courbe d'évolution de la SPU en fonction du débit.

PROTOCOLE DE TERRAIN

Le protocole de terrain consiste à mesurer 100 hauteurs d'eau locales et tailles du substrat dominant ainsi que 15 largeurs sur un tronçon de cours d'eau faisant environ 15 à 30 fois la largeur du cours d'eau et ceci à deux débits les plus différents possible et inférieurs au débit de plein bord.

Figure 16 : Protocole de terrain (source : Lamouroux, 2002, CEMAGREF)



¹ Groupe d'espèces écologiquement proches qui occupent un même habitat dont elles exploitent en commun les ressources disponibles.

INTERPRÉTATION

L'évolution de la **capacité d'accueil (SPU)** des stations en fonction du débit est déterminée par le protocole ESTIMHAB. Les mesures de terrain (hauteur d'eau, granulométrie du substrat, largeur du cours d'eau) ont été effectuées au cours de deux campagnes, l'une en basses eaux, l'autre en hautes eaux.

Dans un premier temps, nous avons identifié les stades et espèces présentes ou potentiellement présentes sur les cours d'eau d'étude.

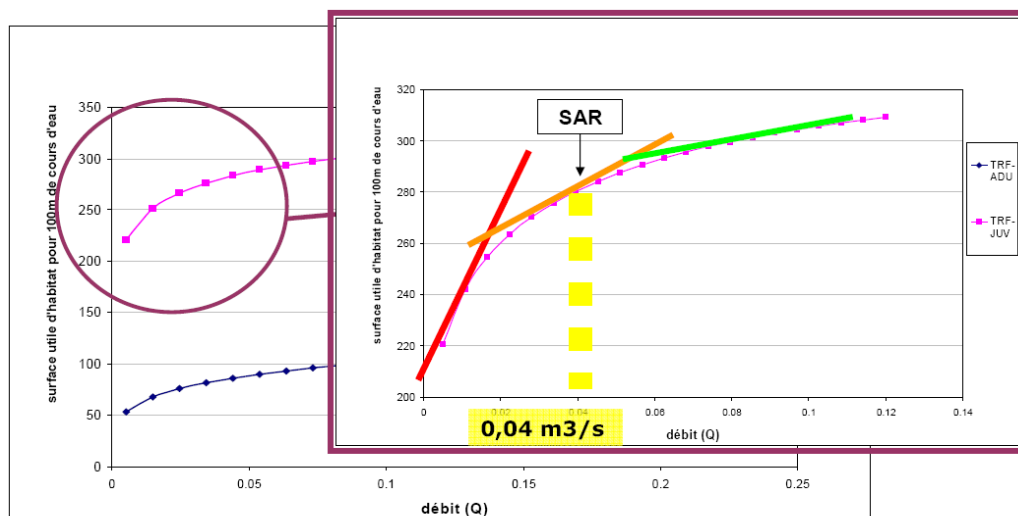
Dans un second temps, nous avons réalisé l'analyse qualitative et quantitative des courbes d'évolution de la SPU.

Définition du DMB en période estivale (mai à septembre)

Sur les cours d'eau d'étude à régime pluvial, la période estivale correspond à la période la plus « critique » pour les espèces en raison d'une réduction naturelle des débits et aux prélèvements les plus importants.

L'objectif est de définir graphiquement un **seuil d'accroissement du risque (SAR)** qui est la limite en dessous de laquelle les valeurs de SPU chutent très rapidement, ce qui se traduit graphiquement par une augmentation de la pente de la courbe.

Figure 17 : Exemple d'interprétation d'une courbe habitats/débit issu du logiciel ESTIMHAB



Dans la pratique, l'étude de ces courbes peut s'avérer assez difficile : il est nécessaire d'effectuer un « zoom » sur la partie de la courbe présentant la rupture de pente marquée et d'évaluer le gain d'habitat avec l'augmentation du débit. Lorsque l'augmentation du gain avec le débit diminue franchement, on peut considérer qu'il s'agit du SAR.

Certaines absences de franche rupture dans l'allure des courbes ne permettent pas de définir un réel SAR (cas de certaines guildes qui sont constamment favorisées par l'augmentation du débit).

L'objectif est de proposer une gamme de valeurs de débits minimums au sein de laquelle pourra être recherchée la valeur du débit optimal. En effet, il convient de rappeler que les débits « biologiques » définis dans le cadre de cette étude ne sont qu'un des éléments qui doivent être pris en compte dans la définition du débit réservé et qu'il faut donc laisser une certaine latitude dans la proposition de la valeur de ces débits « biologiques ».

Définition du DMB en période « non critique » (octobre à avril)

Afin d'intégrer le cycle complet des espèces cibles, il est proposé de définir un DMB en période « non critique » (d'octobre à avril inclus) correspondant, pour l'espèce cible truite fario, à la période de reproduction.

Pour ce faire, il n'est pas utilisé la modélisation ESTIMHAB. Les valeurs proposées sont le fruit d'une réflexion vis-à-vis de l'hydrologie naturelle ainsi qu'aux différentes observations de terrain de l'hydrobiologiste qui a pu observer les cours d'eau sur une gamme large de débits (bas, moyens et hauts débits).

4.1.1.3 Pertinence du modèle ESTIMHAB pour les cours d'eau du bassin versant de la Vouge

On peut légitimement se poser la question de la pertinence du modèle ESTIMHAB pour des cours d'eau fortement remaniés physiquement comme les cours d'eau du bassin de la Vouge.

Le modèle ESTIMHAB, relativement rustique, rend bien compte des évolutions des quantités d'habitats disponibles tant que les données d'entrée sont fiables et cohérentes même si la morphologie du cours d'eau originelle a été modifiée.

On cherchera néanmoins la station la plus représentative morphologiquement du tronçon : dans le cas présent, les tronçons d'étude étant très homogènes, le choix de la station a été très simplifié. Nous avons néanmoins veillé, lorsque cela été possible, à choisir une station présentant un maximum de faciès d'écoulements différents tout en privilégiant les faciès courants (radiers...) : ces derniers étant les plus favorables aux espèces sensibles et les plus impactés par les réductions de débits.

Le modèle ESTIMHAB produira des courbes habitats/débits cohérentes avec la morphologie/gabarit actuel du cours d'eau.

Les actions de restauration sur la morphologie qui peuvent être conduites sur ces cours d'eau augmenteront les capacités d'accueil et offriront une diversité d'habitats profitable à l'écosystème : le débit qui y transitera n'en sera théoriquement que plus adapté et favorable au milieu et aux espèces.

FAISABILITÉ D'UNE DÉTERMINATION DES DMB AVEC UNE NOUVELLE MORPHOLOGIE

Les données recueillies à ce jour pour utiliser le logiciel de modélisation ESTIMHAB (décrit dans les chapitres ci-après) ne permettent pas de simuler le débit nécessaire aux besoins des milieux à partir de nouvelles caractéristiques géo-morphologiques en vue de futurs travaux de restauration.

Pour ce faire, il est nécessaire de réaliser une modélisation des écoulement à surface libre intégrant un relevé topographique précis des conditions naturelles et de simuler une nouvelle morphologie.

4.1.2 Matériel

Le matériel nécessaire à l'acquisition des données terrain des différentes stations d'étude est :

UN COURANTOMÈTRE

Afin de connaître le débit lors de chaque campagne de mesure, BRL Ingénierie a utilisé un courantomètre portable Son TEK Flow Tracker à transmetteur acoustique. Cet appareil permet de mesurer des vitesses de 0,001 m/s à 4,5 m/s, indépendamment de toute perturbation provoquée par l'engin de mesure. Il possède par ailleurs une unité de calcul réalisant en direct l'intégration des vitesses sur la section de mesure et permettant ainsi de réagir en temps réel aux observations faites.

Figure 18 : Appareil Flow Tracker avec sonde 2D



La réalisation de mesures le long d'une section de cours d'eau pour déterminer le champ de vitesse a été réalisée selon les règles de l'art. Une attention particulière a été apportée dans le choix de la station de mesure du débit pour se soustraire au maximum des perturbations pouvant influencer sur la qualité des mesures (remous...). On estime généralement que la marge d'erreur de ce type d'appareil en milieu « naturel » lorsque les bonnes conditions sont réunies est de 5 à 10%.

DES APPAREILS DE MESURE SIMPLES

Les différentes mesures de profondeurs du cours d'eau ont été évaluées à l'aide d'un double mètre rigide. Ce outil a été utilisé régulièrement pour contrôler l'estimation de la granulométrie.

Un double décimètre a été utilisé pour mesurer les différentes largeurs des transects à l'aide de deux opérateurs (un sur chaque rive).

4.1.3 Campagnes de terrain et personnel

Les campagnes de terrain ont été programmées en concertation avec le SBV.

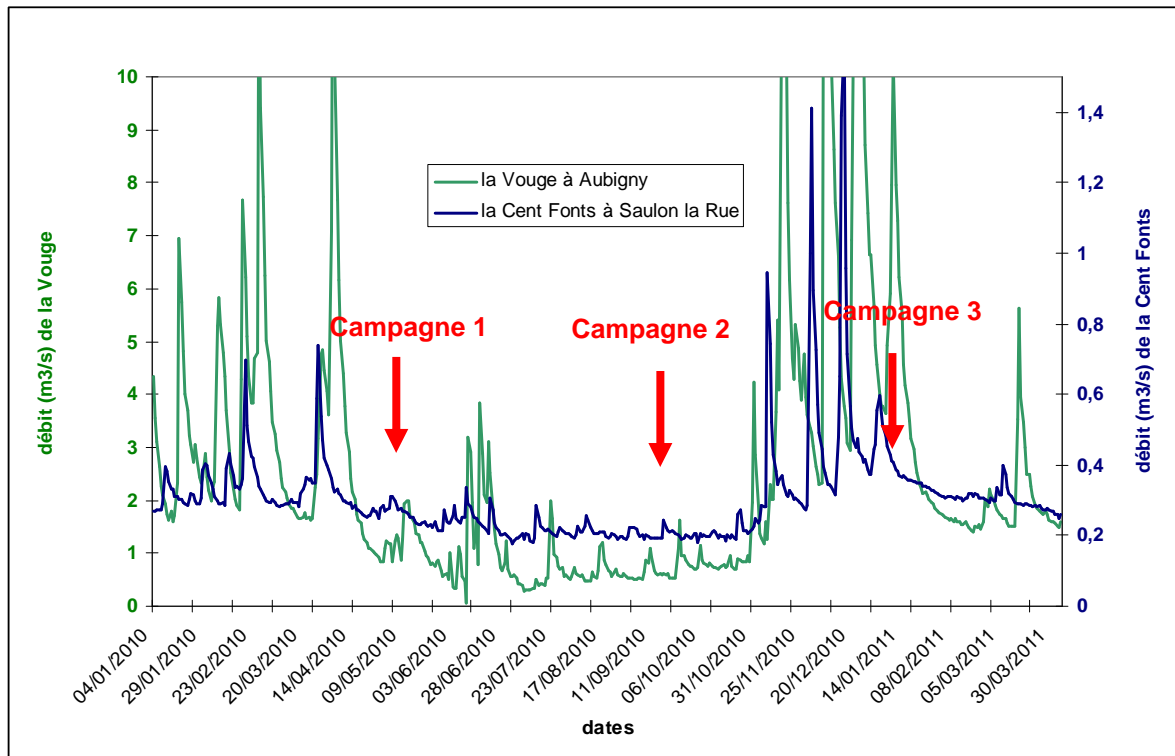
Le serveur de données hydrométriques en temps réel du Bassin Rhône Méditerranée (<http://www.rdbm.com/hydroreel2/index.html>) a été fréquemment mis à profit pour permettre de s'assurer des débits cibles en plus des jaugeages ponctuels réalisés par le SBV.

Pour rappel, il faut choisir des débits suffisamment contrastés entre les deux campagnes pour s'assurer d'une extrapolation du modèle fiable et viser si possible une campagne la plus proche possible de l'étiage.

Les campagnes de terrain spécifiques pour la détermination des débits biologiques ont été les suivantes :

- ▶ Terrain préalable le 04 mai 2010 : le repérage des stations
Après avoir proposé via une note spécifique une localisation et justification de localisation des stations au SBV, une après midi de repérage des stations a été consacrée avec le technicien de rivière (M. LANIER). Par sa connaissance du bassin versant, les différents cours d'eau ont été prospectés sur différents secteurs afin de choisir les stations les plus représentatives des tronçons d'étude.
- ▶ Campagne n°1 de « moyennes eaux » le 05 et 06 mai 2010
Cette campagne a été programmée suite aux événements pluvieux antérieurs mais dont les effets sur les débits étaient de plus en plus réduits lors de cette première campagne. Aussi, les cours d'eau dont les régimes hydrologiques sont relativement soutenus et stables (Cent Fonts, Bièvre) ne présentaient pas de débits importants.
- ▶ Campagne n°2 de « basses eaux » le 19 et 20 septembre 2010
Cette campagne a été programmée après une période estivale relativement soutenue d'un point de vue hydrologique du fait de multiples précipitations qui ont alimenté les cours d'eau du bassin. Cette campagne a été déclenchée lorsque les variations de débits devenaient de plus en plus faibles au fil des jours, signe d'une relative stabilité. A posteriori, on s'aperçoit que la « fenêtre de tir » étaient particulièrement courte. Par exemple, la Cent Fonts a été mesurée à 185 l/s alors qu'elle n'était descendu que 2-3 jours dans l'année sous cette valeur. Cette campagne visant l'étiage a donc été sur l'année 2010 particulièrement bien ciblée.
- ▶ Campagne n°3 de « moyennes-hautes eaux » le 06 janvier 2011
Cette campagne a été nécessaire afin d'acquérir les données nécessaires pour faire tourner le modèle ESTIMHAB des cours d'eau dont les débits de la 1^{ère} campagne ont été trop peu différents de la campagne basses eaux : en particulier pour la Bièvre et dans une moindre mesure pour la Varaude et la Cent Fonts.

Figure 19 : Hydrologie observée de la Vouge et la Cent Fonts (données de base : banque hydro) et campagnes de terrain



Ces campagnes ont permis d'acquérir des données d'entrée des modèles fiables et permettant de respecter le domaine de validité de la méthode ESTIMHAB (voir ci-après).

Les collaborateurs de BRL *Ingénierie* qui ont participé aux campagnes sont :

- ▶ Frédéric Bergé : Ingénieur d'étude-hydrobiologiste
- ▶ Caroline Coulon : Chargée d'étude
- ▶ Gérard Lamorte : Technicien

4.2 LOCALISATION DES STATIONS D'ÉTUDE

4.2.1 Justification des stations

La localisation des stations a été définie en prenant en compte les éléments suivants :

- ▶ Identification de problématiques particulières spécifiques au territoire d'étude ;
- ▶ Les facilités d'accès aux cours d'eau afin de pouvoir réaliser les mesures ;
- ▶ Des conditions d'écoulements représentatives des différents faciès rencontrés sur le tronçon de cours d'eau, en évitant au maximum les sections influencées par les aménagements (remous des retenues/seuils par exemple). De plus, la longueur de chaque station a aussi été choisie afin d'intégrer au moins deux successions de faciès d'écoulement de type lotique/lentique.

La Vouge étant le principal axe de drainage du bassin versant, il a été choisi d'y positionner deux stations :

- ▶ **La Vouge amont à Villebichot** : Cette station est représentative de la partie amont/médiane de la Vouge. Les problématiques d'ouvrages transversaux (seuils de moulin), dégradation morphologique et qualité des eaux sont majeures ;
- ▶ **La Vouge aval à Magny** : Cette station est positionnée non loin de la « fermeture du bassin » après avoir recueillie les eaux de la Varaude. La station hydrologique d'Aubigny en Plaine en amont de cette station permettra d'être un point de référence pour la gestion hydrologique du bassin.

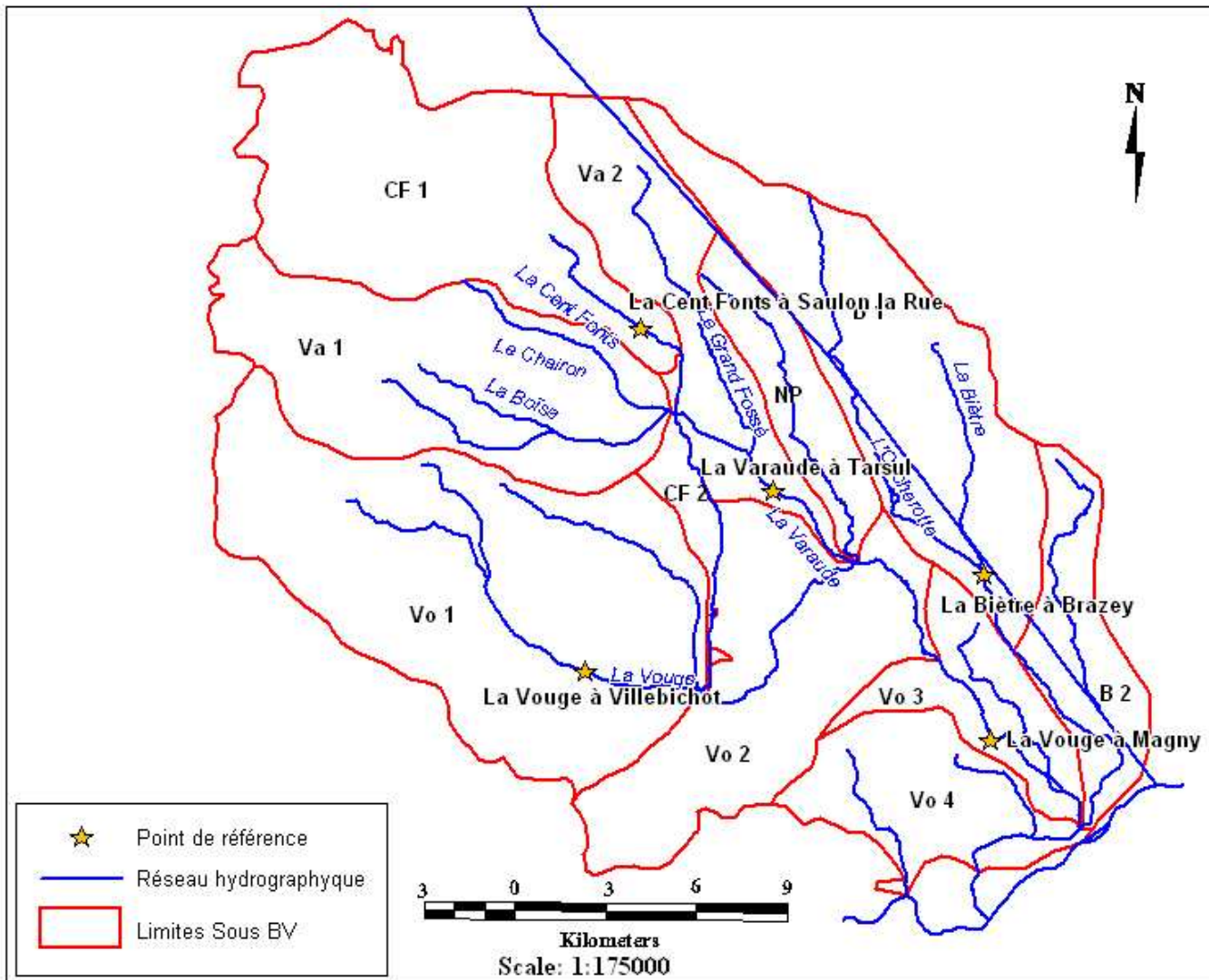
Il est proposé de positionner une station sur chaque affluent principal de la Vouge :

- ▶ **La Bièvre à Brazey en Plaine** : Il est choisi de positionner la station sur la partie aval de ce cours d'eau pour prendre en compte l'ensemble des besoins amont ;
- ▶ **La Varaude à Tarsul-Izeure** : Il est opportun sur ce cours d'eau de positionner la station en aval de l'alimentation de la Cent Fonts. En effet, un projet visant à rétablir les écoulements dans la Cent Fonts pourra avoir pour impact une réduction forte des débits de la Varaude, notamment à l'étiage.

Enfin, une dernière station est projetée sur **la partie amont de la Cent Fonts à Saulon la Rue**. Il s'agit de la seule partie de cours d'eau du bassin versant qui a conservé un réel contexte salmonicole affirmé.

La figure ci-après présente le positionnement des différentes stations de détermination des débits biologiques.

Figure 20 : Localisation des stations DMB à l'échelle du bassin de la Vouge



4.2.2 Présentation des stations

LA VOUGE AMONT À VILLEBICHOT

Cette station à Villebichot, représentatif du cours amont/médian de la Vouge est située dans un contexte agricole. Le cours d'eau est situé à près de deux mètres sous le niveau des terres cultivées. Une végétation principalement herbacée colonise les berges et les banquettes.

La granulométrie est fine, composée principalement de sable et de quelques bancs de graviers. Ces derniers sont très souvent colmatés par des fines.

Les faciès d'écoulements sont composés de plats lenticulaires, plats courants et radiers. La largeur est comprise entre 3 et 6 mètres pour une profondeur moyenne d'environ 20 centimètres en basses eaux.

Figure 21 : Présentation et localisation de la station DMB : la Vouge à Villebichot

LA VOUGE AVAL À MAGNY

Initialement, la station de la Vouge aval devait être positionnée à Esbarres. Or, lors des reconnaissances de terrain, il a été observé de très forts développements de la végétation aquatique dans le lit mineur pouvant fortement contraindre les écoulements à l'étiage et fausser la modélisation.

Aussi, il a été choisi de doubler la station de la Vouge aval par une station située à Magny dans secteur forestier où la végétation aquatique est très modérément présente. Ce choix s'est révélé judicieux car les données terrain de la Vouge à Esbarres ne peuvent être légitimement être utilisées dans le modèle ESTIMHAB (même hauteur d'eau moyenne et même largeur pour des débits différents d'un facteur 2...). Il ne fera donc question ci-après que de la station de la Vouge à Magny.

La station présente une morphologie relativement sauvegardée sur le secteur d'étude : on observe différents bancs de graviers relativement peu colmatés ainsi que des sous berges ou embâcles intéressants pour la faune piscicole.

La largeur moyenne de la Vouge est d'environ 10 mètres pour une hauteur d'eau moyenne en basses eaux d'environ 30 centimètres avec quelques sur-profondeurs atteignant près d'un mètre.

Les faciès d'écoulements sont composés de radiers, plats courants, chenaux lentiques et mouilles

Figure 22 : Présentation et localisation de la station DMB : la Vouge à Magny

LA BIÈTRE À BRAZEY EN PLAINE

Cette station est représentative du cours médian et aval de la Bièvre après les apports de la nappe. Elle est située en contexte agricole en aval de la confluence avec l'Oucherotte. Le cours d'eau est situé à près de deux mètres sous le niveau des terres cultivées. Une végétation principalement herbacée colonise les berges similairement à la Vouge à Villebichot.

La largeur de la Bièvre est légèrement plus importante que la Vouge (elle peut atteindre localement plus de 7 mètres) alors que sa profondeur moyenne y est faible : 20 centimètres en basses eaux.

La granulométrie y est dominée par les sables et limons mais peut présenter localement quelques bancs de graviers intéressants pour la faune. Un colmatage par les fines y est néanmoins généralisé.

Les faciès d'écoulements sont composés de plats lentiques, plats courants et radiers.

Figure 23 : Présentation et localisation de la station DMB : la Bièvre à Brazev en Plaine



LA VARAUDE À TARSUL-IZEURE

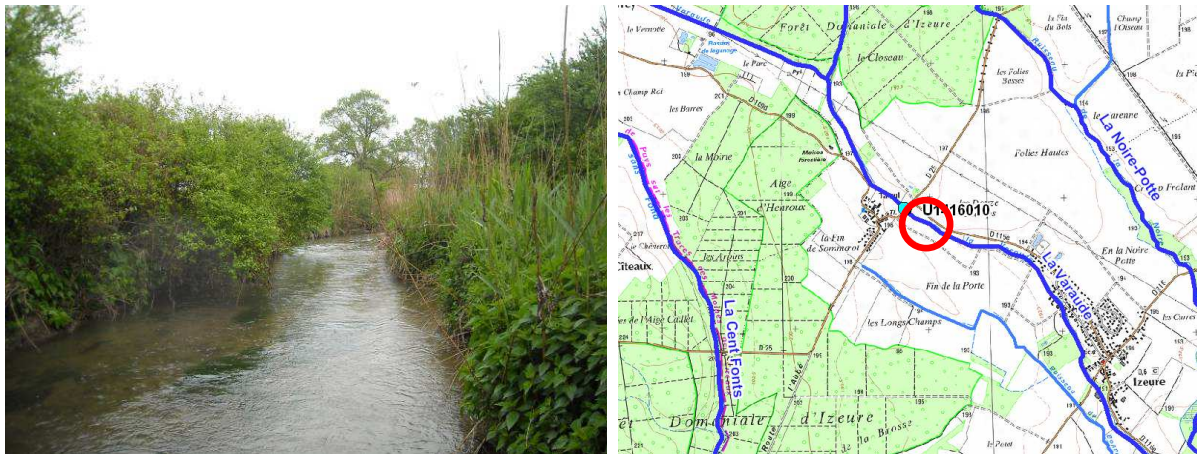
Cette station est représentative de la Varaude en aval de la restitution de la Cent Fonts à Noiron sous Gevrey. Elle est située en contexte agricole similaire aux stations précédentes : un dénivelé important sépare le cours d'eau des terres cultivées. Une végétation, principalement herbacée, colonise les berges et les banquettes formées par des atterrissements de matériaux fins comme pour la Vouge à Villebichot.

La largeur moyenne de la Varaude reste modeste (inférieure à 5 mètres) et sa profondeur reste globalement assez importante par rapport aux autres cours d'eau du même gabarit (incidence des apports de la Cent Fonts ?)

La granulométrie y est dominée par les sables et limons mais peut présenter localement quelques bancs de graviers. Le colmatage y est plus localisé que sur les stations précédentes, témoignant de vitesses d'écoulement plus élevées.

Les faciès d'écoulements sont composés de plats lentiques, plats courants et radiers et localement une fosse d'affouillement créée par un arbre instable.

Figure 24 : Présentation et localisation de la station DMB : la Varaude à Tarsul-Izeure



CENT FONTS À SAULON LA RUE

La Cent Fonts est située dans un contexte agricole mais reste relativement sauvegardée par la présence d'une ripisylve dense et de structures de taille variée sur le tronçon d'étude. Son tracé relativement linéaire indique néanmoins qu'elle a subi des modifications morphologiques importantes.

La largeur moyenne reste faible (5 mètres environ) avec assez peu de variations. Les fonds sont principalement composés de sables, débris organiques et graviers. Le colmatage y est assez peu présent.

Les faciès d'écoulement sont composés de radiers, plats courants et plats lenticulaires. Il n'a pas été observé de sur-profondeur ou de mouille sur la station d'étude.

Figure 25 : Présentation et localisation de la station DMB : la Cent Fonts à Saulon la Rue



4.3 PRÉSENTATION DES ESPÈCES CIBLES

Le choix des espèces cibles proposé est issu des échanges techniques entre BRL *Ingénierie* et les partenaires suivant : le SBV, la FDPPMA 21, la DREAL et l'ONEMA

4.3.1 Zones amont et médianes : la Truite fario

L'espèce cible retenue comme modèle biologique sur les cours d'eau amont et médian (voir sectorisation ci-avant) est la **truite fario** *Salmo trutta fario*.

Une présentation de la biologie/écologie de la truite fario est donnée dans les paragraphes suivants.

DESCRIPTION

La truite fario est une espèce autochtone des rivières françaises. La truite est une espèce polymorphe quand à sa coloration et ses dimensions qu'elle peut atteindre à l'âge adulte selon l'origine de sa souche et du milieu. Sa robe varie selon les cours d'eau voire même d'un même cours d'eau. Celle-ci est de couleur générale brune : le dos foncé à vert clair, les flancs nacrés à jaunâtres ainsi que les opercules et la nageoire dorsale sont couverts de taches noires et de points rouges très variables. La truite atlantique est claire avec peu de taches noires et rouges. La truite méditerranéenne se distingue par une multitude de taches noires, en particulier sur l'opercule (source : Atlas des poissons de France).

Figure 26 : Truite fario (source : FDPPMA 21)



BIOLOGIE-ÉCOLOGIE

La truite fario est un salmonidé rhéophile appréciant les eaux froides et bien oxygénées. On la retrouve principalement sur les parties amont des cours d'eau. Elle se nourrit principalement d'invertébrés aquatiques et de petits poissons (au stade adulte principalement). Les stades de développement de la Truite fario pris en compte par le logiciel ESTIMHAB dans l'évaluation des débits biologiques sont :

- ▶ Adulte : sujet en âge de se reproduire (14 à 28 cm),
- ▶ Juvénile : sujet de plus d'un an non encore reproductif (10 à 16 cm),

Elle atteint dans les eaux peu productives (comme c'est le cas sur le bassin versant d'étude) sa maturité sexuelle à l'âge de 2 à 3 ans. Sa reproduction a lieu de novembre à fin février dans les zones de courant (fin de mouille/début de radier) faiblement profondes sur un substrat graveleux (2 à 5 cm de diamètre).

La truite présente un intérêt patrimonial et halieutique important. Elle est très recherchée par les pêcheurs qui la traquent à l'aide de nombreuses techniques (pêche au toc, à la mouche, à la cuillère...). Sa faible présence sur le bassin de la Vouge (populations viables uniquement sur la Cent Fonts) nous font penser qu'elle est assez peu recherchée.

Les courbes de préférences utilisées pour cette espèce sont présentées à la figure suivante. A noter qu'ESTIMHAB, à la différence d'EVHA, ne distingue pas les stades alevins et juvéniles étant donné que les résultats obtenus avec ces deux stades de développement sont très proches voire comparables.

L'analyse prendra également en compte les espèces d'accompagnement « classiques » de la Truite fario dont les courbes de préférences sont disponibles sous ESTIMHAB. Il s'agit des adultes de Chabot (*Cottus gobio*), de Loche franche (*Barbatula barbatula*), de Goujon (*Gobio gobio*) et de Vairon (*Phoxinus phoxinus*).

La Loche franche, le goujon et le Vairon sont assez bien représentés sur les cours d'eau amont et médian du bassin de la Vouge.

Les courbes de préférences de ces espèces sont présentées sur les figures suivantes.

Figure 27 : Courbes de préférences de la Truite fario utilisées en France dans le cadre des études de microhabitats. D'après Souchon, Y., Trocherie, F., Fragnoud E. et Lacombe C. (1989).

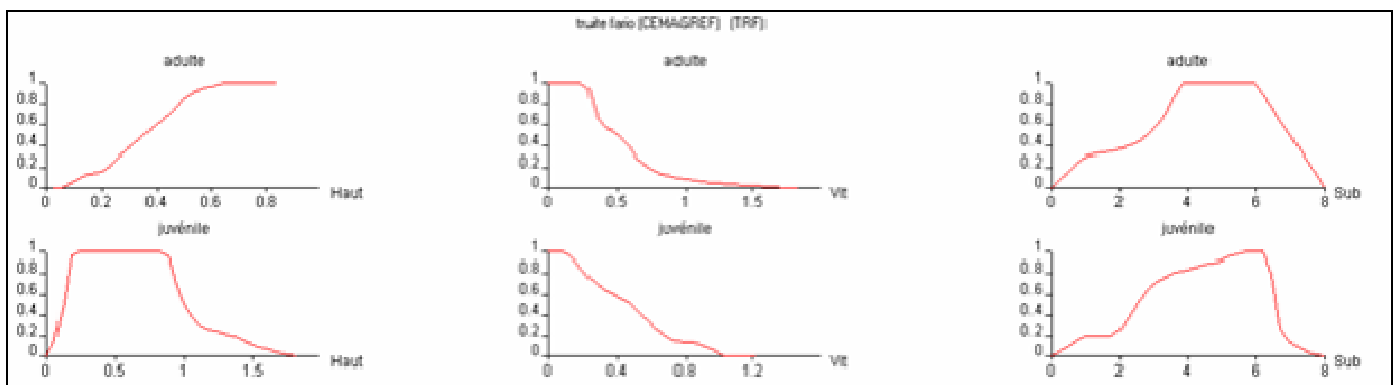
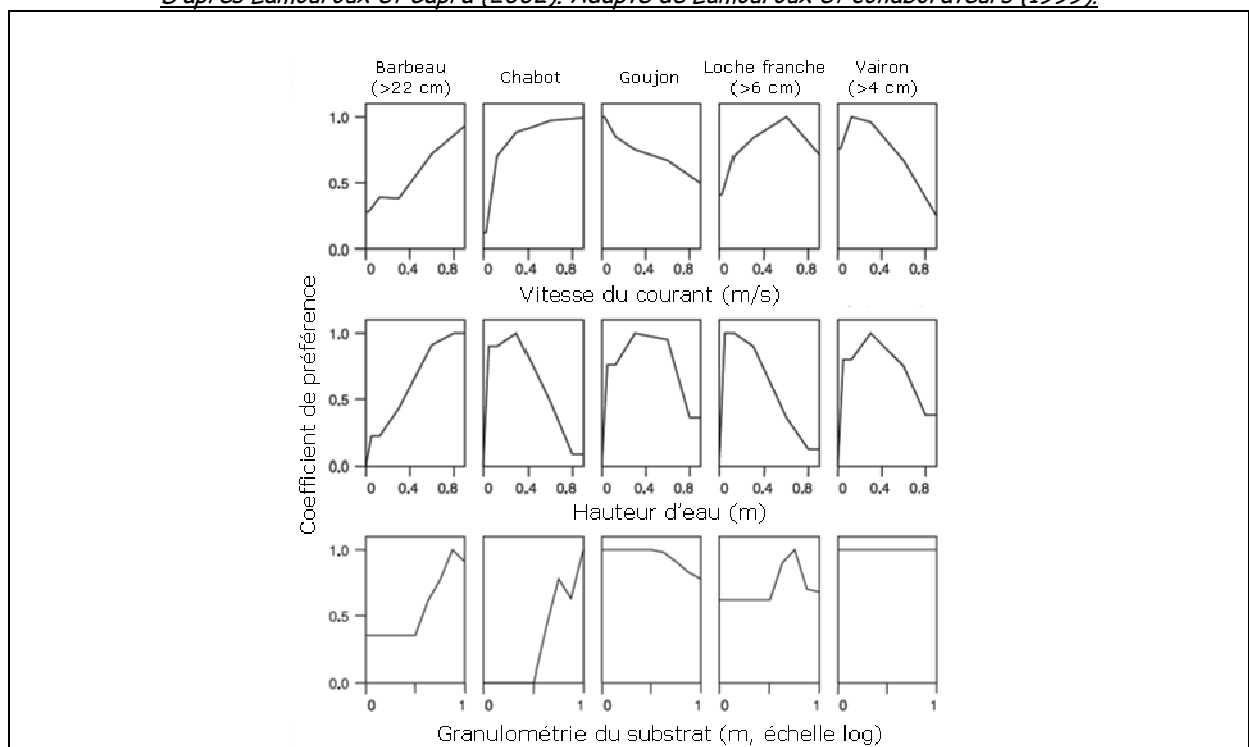


Figure 28 : Courbes de préférences de différentes espèces, prises en compte dans le logiciel ESTIMHAB. D'après Lamouroux et Capra (2002). Adapté de Lamouroux et collaborateurs (1999).



4.3.2 Zones aval : les guildes d'habitat

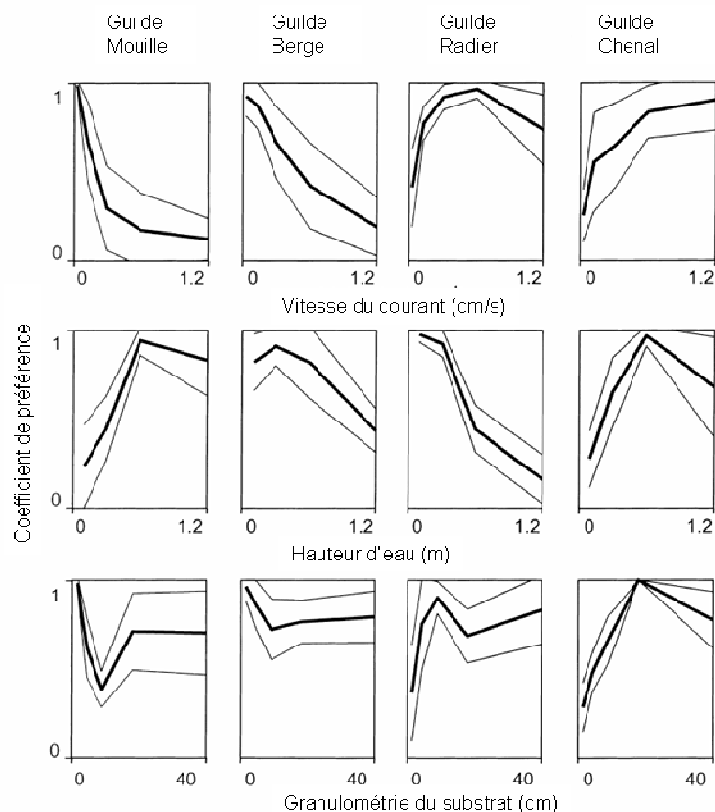
La Vouge aval présentant des caractéristiques morphologiques différentes des cours d'eau amont et une faune aquatique marquée par la présence d'un cortège d'espèces d'eau calme, il a été choisi de simuler les variations d'habitats selon le débit à l'aide des guildes d'habitat telles que définies dans le logiciel ESTIMHAB :

- ▶ **Guilde « radier »** : qui intègre la Loche franche, le Chabot et les « jeunes » Barbeaux commun (<9cm) (*Barbus barbus*)
- ▶ **Guilde « chenale »** : avec les Barbeaux >9cm, les Blageons « adultes » (>8cm) (*Telestes souffia*) + le Hotu (*Chondrostoma nasus*), le Toxostome (*Chondrostoma toxostoma*), la Vandoise (*Leuciscus leuciscus*), et l'Ombre commun (*Thymallus thymallus*)
- ▶ **Guilde « mouille »** : comprenant l'anguille (*Anguilla anguilla*), le Perche soleil (*Lepomis gibbosus*), la Perche commune (*Perca fluviatilis*), le Gardon (*Rutilus rutilus*), ainsi que les Chevesnes (*Leuciscus cephalus*) >17cm
- ▶ **Guilde « berge »** : qui regroupe le Goujon, les Blageons <8cm, les Chevesnes <17cm, et le Vairon.

Certaines espèces sont « naturellement » absentes de la Vouge (l'ombre commun par exemple) alors que d'autres espèces ont disparu ou sont dans un état de conservation dégradé (vandoise, spirilin...).

On s'attachera dans l'analyse à privilégier la guilde « chenale » et dans une moindre mesure les guildes « radier » et « berge » qui expriment le mieux le caractère rhéophile des espèces à préserver sur la Vouge : ces derniers étant les plus directement impactés sur leurs habitats par une diminution du débit.

Figure 29 : Courbes de préférences « moyennes » des quatre guildes d'habitat prises en compte dans le logiciel Estimhab. Coefficient de préférence moyen (courbe noire en gras) et incertitude associée (courbe fine) de différentes espèces, prises en compte dans le logiciel Estimhab. D'après Lamouroux et Capra Souchon (2002). Adapté de Lamouroux et collaborateurs (1999).



4.4 RÉSULTATS DES MODÉLISATIONS

4.4.1 La Vouge amont à Villebichot

DONNÉES D'ENTRÉE DU MODÈLE

Les données d'entrée du modèle, issues des mesures de terrain, sont reportées dans le tableau suivant.

Figure 30 : Données d'entrée du modèle ESTIMHAB - La Vouge à Villebichot

Date	débit (m ³ /s)	largeur (m)	hauteur (m)
05/05/2010	0,342	4,44	0,35
19/09/2010	0,072	3,97	0,18
débit médian naturel Q50 (m ³ /s)			
0,33			
taille du substrat (m)			
0,01			
gamme de modélisation (débits, m ³ /s)			
entre 0,01 et 0,3			

Le rapport entre le débit de basses eaux et moyennes eaux est de 4,75 avec une campagne de basses eaux très proche de l'étiage : le calage du modèle va se révéler très satisfaisant.

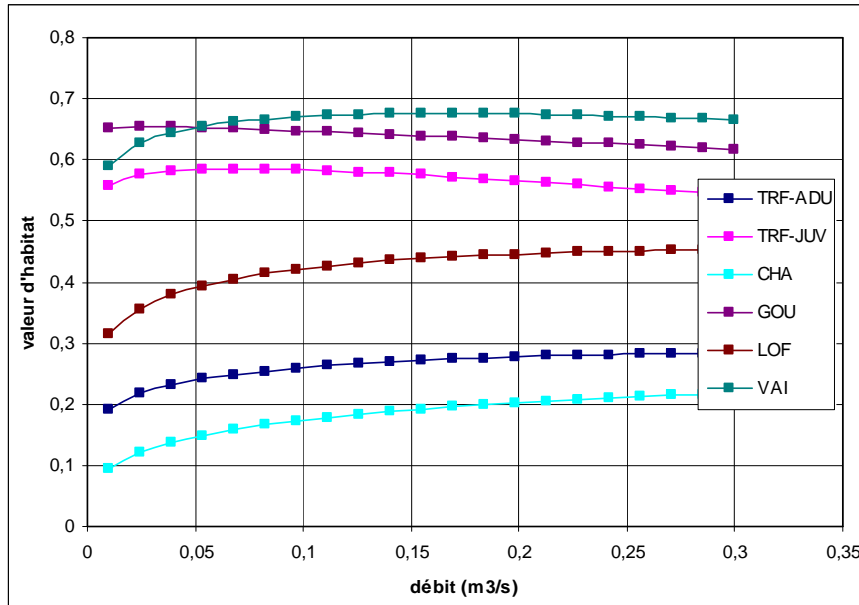
Les exposants de géométrie hydraulique (exposants reliant la hauteur et la largeur du débit) sont de 0,07 pour la largeur (normalement compris entre 0 et 0,3) et de 0,42 pour la hauteur (normalement compris entre 0,2 et 0,6).

Concrètement, cela veut dire que la hauteur augmente de façon régulière avec le débit alors que la largeur augmente plus lentement : cela met en évidence encore une fois le profond recalibrage de la Vouge.

RÉSULTATS ET INTERPRÉTATION

Les courbes résultant de la modélisation ESTIMHAB sont présentées dans les figures suivantes.

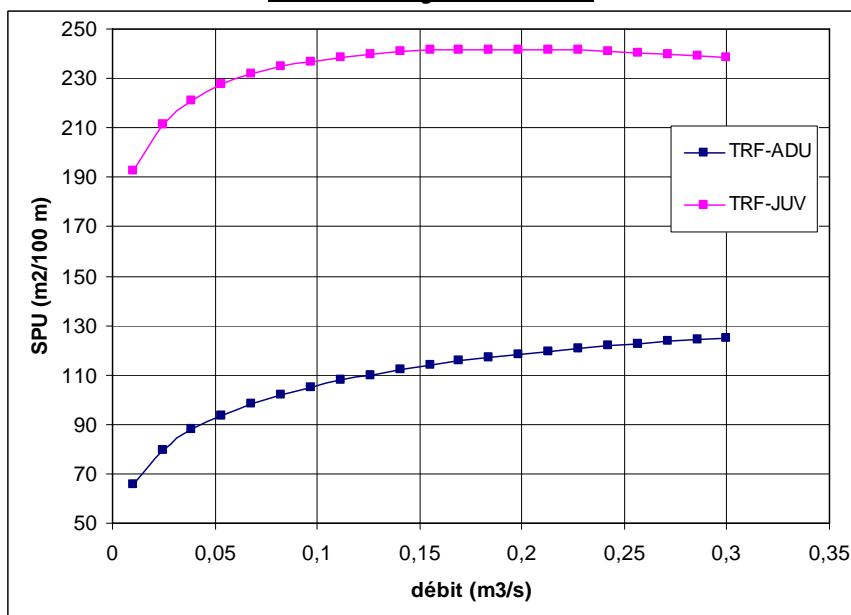
Figure 31 : Courbes d'évolution de la valeur d'habitat (VHA) en fonction du débit pour l'ensemble des espèces - La Vouge à Villebichot



L'interprétation des valeurs d'habitats (VHA) est présentée ci-après pour chaque espèce/stade de développement.

Espèce repère : truite fario

Figure 32 : Courbes d'évolution de la surface utile (pour 100 m de cours d'eau) en fonction du débit - Truite fario - La Vouge à Villebichot



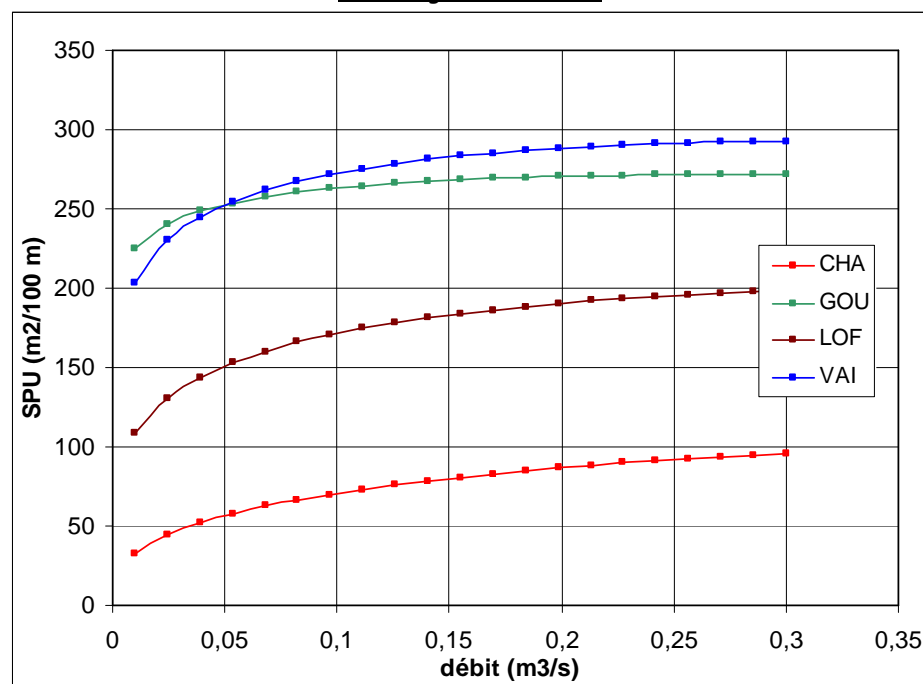
Les habitats pour la truite adulte apparaissent peu favorables sur cette station puisque la valeur d'habitat à ce stade ne dépasse pas 0,3 (30% de la surface en eau est « favorable » à ce stade de développement). Cela est principalement dû aux conditions d'habitats défavorables pour ce stade de développement (faible hauteur d'eau et substrat très fin défavorable à cette espèce). La station apparaît comme plus favorable au stade juvénile de truite fario (VHA maximum : 0,6) en raison de la préférence pour ce stade de hauteur d'eau modeste plus favorable à ce stade.

Les valeurs de SPU au stade juvénile augmente très rapidement de la borne basse jusqu'à 50 l/s pour atteindre près de 225 m²/100m de cours d'eau pour ce débit. L'augmentation est ensuite plus progressive mais relativement soutenue jusqu'à 150 l/s. A partir de 200 l/s, la SPU n'augmente plus avec le débit. La valeur du SAR pour ce stade de développement est située entre 50 et 70 l/s.

L'augmentation de la SPU en fonction du débit au stade adulte de la truite fario est plus aplaniée que pour le stade juvénile et ne dépasse les 100 m²/100m de cours d'eau qu'à partir de 80 l/s. La SPU présente des valeurs très faibles lorsque le débit est inférieur à 50 l/s. Elle augmente modérément mais de façon relativement continue jusqu'à la borne haute d'étude en profitant notamment de l'augmentation des hauteurs d'eau. La valeur de SAR pour ce stade de développement est située également entre 50 et 70 l/s.

Espèces accompagnatrices

Figure 33 : Evolution de la surface utile en fonction du débit - Espèces accompagnatrices de la Truite fario
- La Vouge à Villebichot



Concernant les espèces accompagnatrices de la Truite fario, on distingue trois cas :

- ▶ Le Chabot (CHA) ; les conditions d'habitat sont relativement mauvaises du fait de VHA relativement faibles (entre 0,1 et 0,2 dans l'intervalle d'étude). Les faibles valeurs de VHA confirment que cette espèce ne trouve pas, sur cette station, les habitats idéals pour son bon développement en raison notamment d'une absence de granulométrie grossière et de vitesses d'écoulement importantes.
- ▶ De la même façon, les SPU sont faibles mais augmentent de façon continue et presque linéairement. L'évolution de la SPU avec le débit est en lien avec l'augmentation des vitesses de courant, plus favorables à cette espèce.
- ▶ On constate en dessous de 50 l/s, pour le chabot, une chute un peu plus importante d'habitats disponibles. Au dessus, la quantité d'habitat reste faible (inférieur à 100m²/100 m) mais augmente régulièrement avec le débit.
- ▶ Aussi, il est proposé, pour le Chabot, de fixer le SAR à partir de 50 l/s.
- ▶ Le Goujon et le Vairon (GOU et VAI) trouvent sur cette station des conditions d'habitat relativement favorables. Les VHA sont élevées et comprises entre 0,6 et 0,7. Les SPU sont également élevées (supérieure à 200 m²/100 m de cours d'eau) témoignant des conditions d'habitat relativement favorables pour ces espèces.
- ▶ Lorsque le débit est inférieur à 50-60 l/s et diminue progressivement, les SPU chutent très fortement pour ces deux espèces. A partir de 100 l/s, la SPU se stabilise et croit lentement avec l'augmentation du débit.
- ▶ Il est proposé pour ces deux espèces de fixer un SAR entre 50 et 60 l/s
- ▶ La Loche franche (LOF) qui occupe une position « intermédiaire » pour ces espèces accompagnatrices de la truite fario du fait de VHA comprise entre 0,3 et 0,45.

La courbe de SPU met en évidence une augmentation très rapide des surfaces favorables entre la borne basse de l'intervalle d'étude et 50-60 l/s. La SPU atteint alors 150 m²/100 m de cours d'eau. Le gain d'habitat avec l'augmentation du débit reste plus faible au-delà de cette valeur : à 200 l/s, la SPU ne dépasse pas 200 m²/100 m. Aussi, il est proposé de fixer un SAR de 50-60 l/s pour cette espèce.

PROPOSITION DE GAMMES DE DÉBITS/RÉGIMES BIOLOGIQUES - LA VOUGE À VILLEBICHOT

A la lumière des éléments présentés ci avant, il est proposé les conclusions suivantes :

► De mai à octobre inclus :

Conserver un débit biologique de 50 à 70 l/s environ au droit de la station.

Ce débit permet de maintenir en période de basses eaux les habitats minimums pour les espèces les plus sensibles et correspond à une fourchette haute des SAR de la truite fario et de ses espèces accompagnatrices.

Il apparaît peu envisageable, au vue de l'hydrologie naturelle de la Vouge, de majorer fortement cette valeur en période estivale pour chercher à garantir une température d'eau plus compatible avec des caractéristiques salmonicoles.

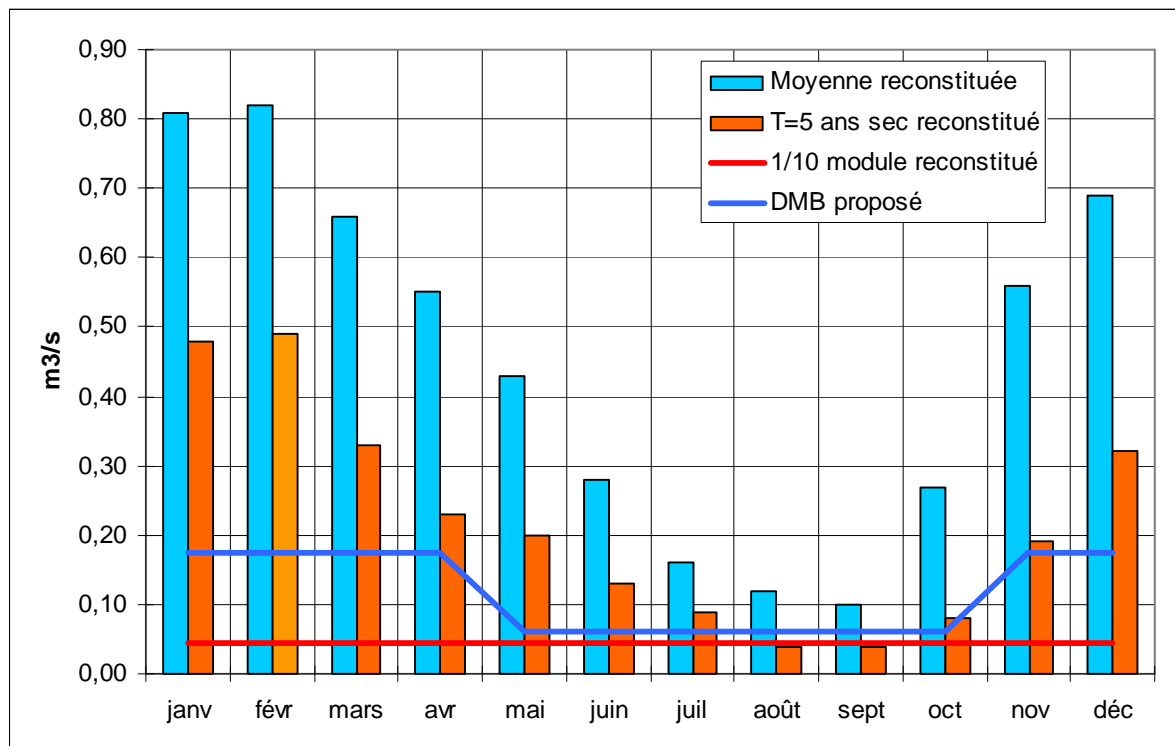
Ce débit ne saurait à lui seul garantir la bonne fonctionnalité du milieu : une restauration sur la morphologie, la végétation et la physicochimie doit être menée.

► De novembre à avril inclus :

Il convient de conserver **un débit sur la période Octobre-Mars de 150 l/s** qui permettra de conserver une hauteur d'eau suffisante pour l'ensemble des substrats susceptibles de devenir des frayères en période de reproduction de la truite fario par exemple.

Ces propositions sont traduites et mises en regard des débits caractéristiques (1/10 du module) et de l'hydrologie reconstituée (moyenne et 5ans sec).

Figure 34 : Proposition de DMB sur la Vouge à Villebichot au regard de l'hydrologie naturelle reconstituée



MISE EN PERSPECTIVE DES DMB PROPOSÉS AVEC L'HYDROLOGIE NATURELLE

La station de la Vouge à Villebichot n'est pas équipée d'eau station hydrologique à proximité du site. La modélisation des débits influencés sur cette station n'a pas été réalisée.

Il est donc uniquement proposé une mise en perspective de la gamme de DMB proposée avec les différents débits caractéristiques de l'hydrologie naturelle (reconstituée).

Le tableau de comparaison ci-après permet d'analyser une gamme de débits caractéristiques de la période estivale vis-à-vis de l'impact sur les SPU de l'espèce repère truite fario.

Débit (m ³ /s)		débits naturels (reconstitués)			DMB proposé (période estivale)
		QMNA5 sec	QMNA2 sec	1/10module	
		0,04	0,08	0,045	0,05-0,07
SPU (m ² /100m)	truite fario juvénile	221	234	224	226-232
	truite fario adulte	89	100	90	92-98

4.4.2 La Vouge à Magny

DONNÉES D'ENTRÉE DU MODÈLE

Les données d'entrée du modèle, issues des mesures de terrain, sont reportées dans le tableau suivant.

Figure 35 : Données d'entrée du modèle ESTIMHAB - La Vouge à Magny

Date	débit (m ³ /s)	largeur (m)	hauteur (m)
05/05/2010	1,10	11,08	0,40
19/09/2010	0,42	9,83	0,31
débit médian naturel Q50 (m ³ /s)			
2,17			
taille du substrat (m)			
0,02			
gamme de modélisation (débits, m ³ /s)			
entre 0,04 et 0,5			

Le rapport entre le débit de basses eaux et moyennes eaux est de 2,6. Bien que le débit de basses eaux peut paraître fort, il est proche d'un étiage naturel de la Vouge. Le calage du modèle va se révéler satisfaisant.

Les exposants de géométrie hydraulique (exposants reliant la hauteur et la largeur du débit) sont de 0,12 pour la largeur (normalement compris entre 0 et 0,3) et de 0,26 pour la hauteur (normalement compris entre 0,2 et 0,6).

Concrètement, cela veut dire que la hauteur augmente assez modérément par rapport à l'augmentation du débit mettant en lumière un certain étalement du cours d'eau. Aussi, la réduction de débit se traduira par une exondation de certains bancs de sédiments situés sur les rives notamment.

RÉSULTATS ET INTERPRÉTATION

Les courbes résultant de la modélisation ESTIMHAB sont présentées dans les figures suivantes.

Figure 36 : Courbes d'évolution de la valeur d'habitat (VHA) en fonction du débit pour l'ensemble des espèces - La Vouge à Magny

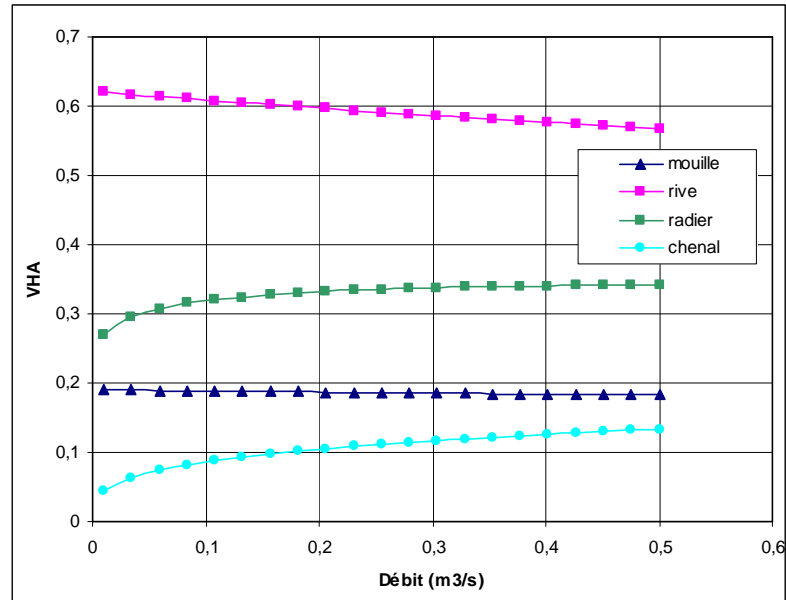
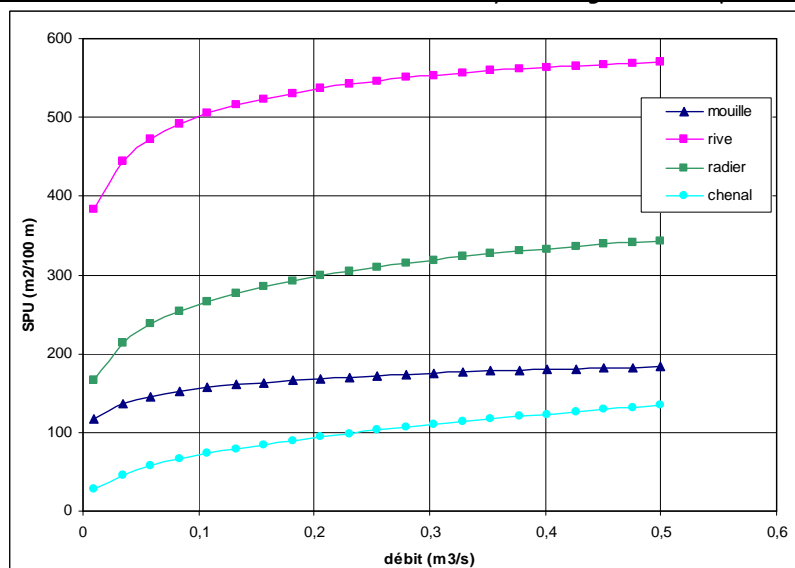


Figure 37 : Evolution de la surface utile en fonction du débit pour les guildes d'espèces - La Vouge à Magny



Guilde mouille

Les valeurs d'habitats pour la guilde mouille sont relativement faibles et stables en raison d'une assez faible représentativité de ce faciès sur le tronçon d'étude. En effet, malgré quelques zones ponctuelles, les profondeurs de la Vouge en aval sont assez faibles. Pour mémoire, elle représente un groupe d'espèce d'eau calme et appréciant des températures plutôt élevées (anguille, perche soleil, perche, gardon...).

Les SPU augmentent rapidement jusqu'à 100-130 l/s environ pour atteindre près de 150 m²/100m puis augmentent de façon linéaire avec l'augmentation du débit jusqu'à la borne d'étude. Les gains de SPU y sont beaucoup plus faibles, ne dépassant pas 200 m²/100m à 500 l/s. Il est donc proposé un SAR de 130 l/s pour cette guild.

Guilde rive

Les valeurs d'habitats pour la guild rive sont bonne (généralement supérieur à 0,6 dans la borne d'étude) témoignant d'une bonne représentativité de ces habitats dans le cours d'eau (étalement possible).

L'évolution des SPU est marquée : elle croit très fortement de la borne basse d'étude jusqu'à 200 l/s pour atteindre 530 m²/100m. L'augmentation devient plus faible passée cette borne pour atteindre un « plateau » à partir de 400-500 l/s. Il est proposé un SAR de 200-230 l/s pour cette guild.

Guilde radier

Pour rappel, cette guild représente un groupe d'espèce rhéophiles comme la loche franche, le chabot et les petits sujets de barbeaux.

La VHA est située dans une position relativement intermédiaire par rapport aux autres guildes avec des valeurs avoisinant 0,3.

Les SPU présentent, similairement à la guild rive, des évolutions marquées : jusqu'à 100 l/s, la SPU augmentent très fortement pour atteindre près de 260 m²/100m. Elles augmentent fortement jusqu'à 230-250 l/s et enfin plus progressivement jusqu'à la borne haute d'étude. Aussi, il est proposé un SAR de 230-250 l/s pour cette guild.

Guilde chenal

Cette guild est classiquement la plus favorisée par l'augmentation de débit et la plus affectée par la réduction des débits dans les cours d'eau aménagés. Les VHA sont très faibles et sont inférieures à 0,1 sous les 300 l/s.

Les SPU mettent en lumière une augmentation progressive des surfaces colonisables même si ces dernières sont inférieures à 140 m²/100m dans l'intervalle d'étude. Il n'est pas observé de rupture franche de la courbe SPU : la guild chenal étant d'autant plus favorisée que le débit et les vitesses augmentent avec le débit. On observe néanmoins un certain « décrochement » sous les 130-150 l/s correspondant à la valeur de SPU de 100 m²/100m proposée comme SAR.

PROPOSITION DE GAMMES DE DÉBITS/RÉGIMES BIOLOGIQUES - LA VOUGE À MAGNY

A la lumière des éléments présentés ci avant, il est proposé les conclusions suivantes :

La guild rive et radier sont sur la Vouge des guildes les plus sensibles et présentant un cortège d'espèces rhéophiles à conserver : il est proposé de conserver *a minima* la valeur de 200-250 l/s comme valeur critique.

Aussi, afin de favoriser le développement de cette guild, il est proposé de majorer cette valeur de (de +20 à +30% environ) pour offrir plus de capacité d'accueil pour la reproduction en fin de période printanière ou estivale vis-à-vis des espèces qui se reproduisent dans les zones courantes.

Cette majoration favorise également à rendre le milieu moins sensible aux variations climatiques (augmentation de la température des eaux et conséquences directes sur l'oxygène dissout...).

- ▶ De mai à septembre inclus :
- ▶ Conserver un débit biologique de 250 à 300 l/s environ au droit de la station.
- ▶ De octobre à avril inclus :

La ressource en eau est relativement abondante et peu exploitée : il est très peu probable que le débit soit inférieur aux seuils critiques proposés ci-avant.

Les parties les plus aval de la Vouge peuvent abriter des populations de brochet dont on peut légitimement espérer leur développement (signe d'une bonne fonctionnalité des cours d'eau aval).

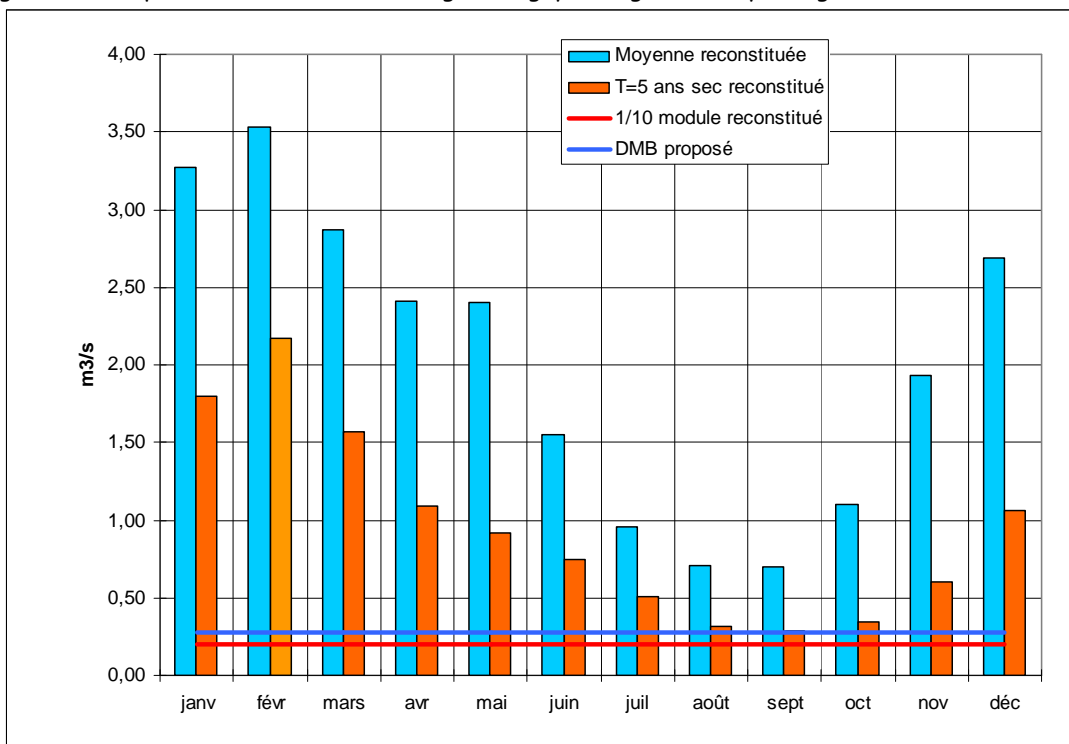
Cette espèce nécessite des hautes eaux en période hivernale et printanière pour mettre en eaux les annexes fluviales nécessaires à sa reproduction (prairie inondable et bras morts notamment).

La fonctionnalité de la Vouge aval ne permet pas actuellement son développement en raison notamment d'une chenalisation du cours d'eau.

Si des actions de renaturation d'annexes sont envisagées à l'échelle du bassin, il peut alors être pertinent d'évaluer le débit minimal à maintenir pendant cette période de l'année pour garantir leur mise en eau. A ce stade d'étude, et au vue des données nécessaires, il n'est donc par proposé à ce jour de débit biologique supérieur à 250-300 l/s d'octobre à avril inclus.

Ces propositions sont traduites et mises en regard des débits caractéristiques (1/10 du module) et de l'hydrologie reconstituée (moyenne et 5 ans sec).

Figure 38 : Proposition de DMB sur la Vouge à Magny au regard de l'hydrologie naturelle reconstituée



MISE EN PERSPECTIVE DES DMB PROPOSÉS AVEC L'HYDROLOGIE RÉELLE ET NATURELLE

Il est proposé une mise en perspective de la gamme de DMB proposée avec les différents débits caractéristiques de l'hydrologie réelle observée (influencée) et naturelle (reconstituée).

Le tableau de comparaison ci-après permet d'analyser une gamme de débits caractéristiques de la période estivale vis-à-vis de l'impact sur les SPU de deux guildes :

Débit (m³/s)	débits naturels (reconstitués)			débits observés (réels)			DMB proposé (période estivale)	
	QMNA5 sec	QMNA2 sec	1/10module	QMNA5 sec	QMNA2 sec	1/10module		
	0,29	0,46	0,206	0,21	0,36	0,198	0,25-0,3	
SPU (m²/100m)	gilde rive	551	567	536	538	560	535	546-553
	gilde radier	316	339	298	299	327	296	309-317

4.4.3 La Bièvre à Brazey en Plaine

DONNÉES D'ENTRÉE DU MODÈLE

Les données d'entrée du modèle, issues des mesures de terrain, sont reportées dans le tableau suivant.

Figure 39 : Données d'entrée du modèle ESTIMHAB - La Bièvre à Brazey en Plaine

Date	débit (m ³ /s)	largeur (m)	hauteur (m)
20/09/2010	0,33	5,53	0,23
06/01/2011	0,74	5,78	0,32
débit médian naturel Q50 (m ³ /s)			
0,47			
taille du substrat (m)			
0,01			
gamme de modélisation (débits, m ³ /s)			
entre 0,05 et 0,5			

Le rapport entre le débit de basses eaux et moyennes eaux est de 2,2 avec une campagne de basses eaux relativement proche des basses eaux naturelles de la Bièvre. Le calage du modèle va se révéler très satisfaisant.

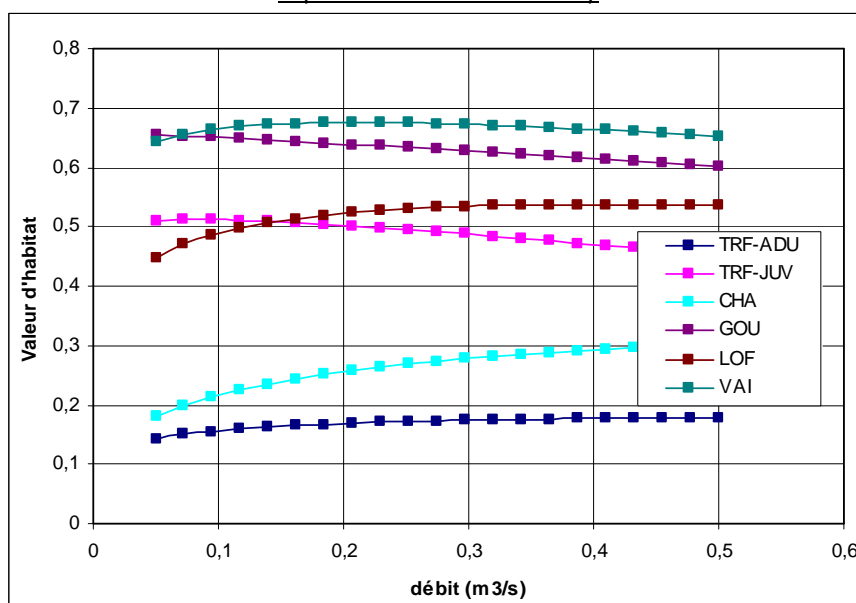
Les exposants de géométrie hydraulique (exposants reliant la hauteur et la largeur du débit) sont de 0,05 pour la largeur (normalement compris entre 0 et 0,3) et de 0,4 pour la hauteur (normalement compris entre 0,2 et 0,6).

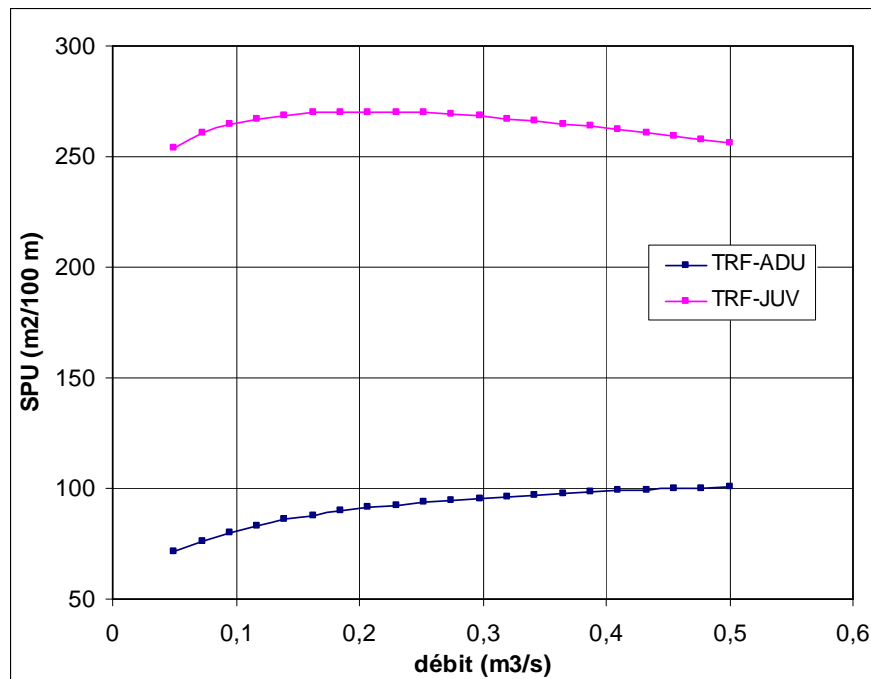
Similairement à la Vouge à Villebichot, cela veut dire que la hauteur augmente de façon régulière avec le débit alors que la largeur augmente plus lentement : cela met en évidence le recalibrage de la Bièvre.

RÉSULTATS ET INTERPRÉTATION

Les courbes résultant de la modélisation ESTIMHAB sont présentées dans les figures suivantes.

Figure 40 : Courbes d'évolution de la valeur d'habitat (VHA) en fonction du débit pour l'ensemble des espèces - La Bièvre à Brazey



Espèce repère : truite fario*Figure 41 : Courbes d'évolution de la surface utile (pour 100 m de cours d'eau) en fonction du débit - Truite fario - La Bièvre à Brazey*

Les habitats pour la truite adulte apparaissent moins favorables sur la Bièvre à Brazey que sur la Vouge à Villebichot : la valeur d'habitat à ce stade ne dépasse pas 0,2. La granulométrie fine des substrats et les faibles hauteurs limitent fortement les conditions d'accueil de cette espèce. La station apparaît comme plus favorable au stade juvénile de truite fario (VHA comprise entre 0,5 et 0,4) en raison de la préférence pour ce stade de hauteur d'eau modeste.

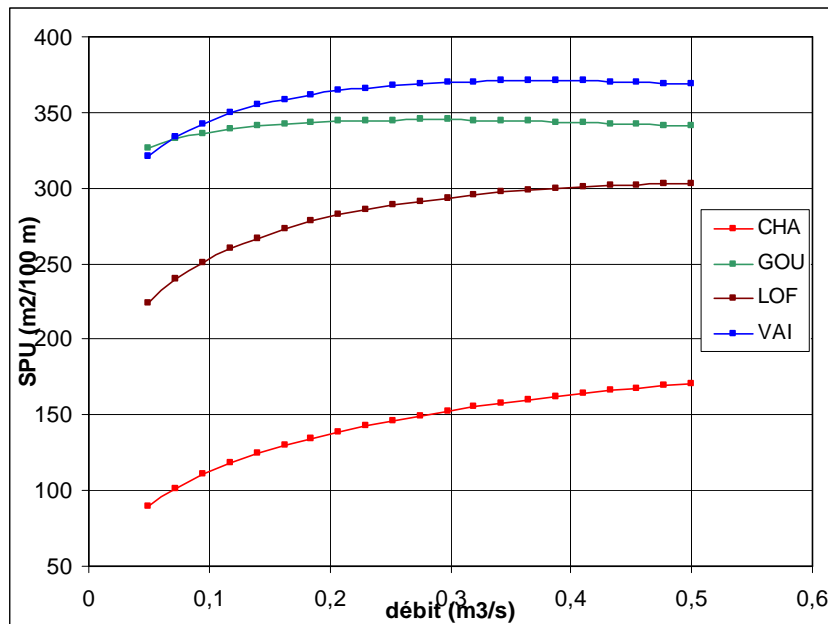
Les valeurs de SPU au stade juvénile augmentent très rapidement de la borne basse jusqu'à 120-140 l/s pour atteindre près de 270 m²/100m de cours d'eau. Au-delà de 140 l/s, l'augmentation est plus lente puis à partir de 220 l/s, les SPU diminuent probablement en raison de vitesse d'écoulement réduisant les capacités d'accueil de la station. La valeur du SAR pour ce stade de développement est située entre 120 et 140 l/s.

La SPU du stade adulte de la truite fario est faible car inférieure à 100 m²/100m de cours d'eau. L'augmentation de SPU est relativement progressive et il n'est pas observé de rupture de pente importante : l'augmentation du débit entraîne sur cette station une augmentation des hauteurs d'eau favorables à ce stade.

Pour autant, on observe un léger tassement des SPU à partir de 160 -190 l/s : valeurs qui peuvent être considérées comme le SAR pour ce stade de développement.

Espèces accompagnatrices

Figure 42 : Evolution de la surface utile en fonction du débit - Espèces accompagnatrices de la Truite fario
- La Bièvre à Brazey



Concernant les espèces accompagnatrices de la Truite fario, on distingue trois cas :

- ▶ Le Chabot (CHA) ; les conditions d'habitat sont relativement mauvaises du fait de VHA relativement faibles (inférieures à 0,3 dans l'intervalle d'étude). Les faibles valeurs de VHA confirment que cette espèce ne trouve pas, sur cette station, les habitats idéaux pour son bon développement en raison notamment d'une absence de granulométrie grossière et de vitesses d'écoulement importantes.
- ▶ De la même façon, les SPU sont faibles mais augmentent de façon continue et presque linéairement. L'évolution de la SPU avec le débit est en lien avec l'augmentation des vitesses de courant, plus favorables à cette espèce.
- ▶ L'augmentation de SPU est relativement progressive avec le débit et il n'est pas observé de rupture de pente importante : on observe pour autant un léger tassement des SPU à partir de 140 - 180 l/s : valeurs qui peuvent être considérées comme le SAR pour ce stade de développement.
- ▶ Le Goujon et le Vairon (GOU et VAI) trouvent sur cette station des conditions d'habitat relativement favorables. Les VHA sont élevées et supérieures à 0,6. Les SPU sont également élevées (supérieure à 300 m²/100 m de cours d'eau) témoignant des conditions d'habitat relativement favorables pour ces espèces.
- ▶ Lorsque le débit est inférieur à 120-140 l/s et diminue progressivement, les SPU chutent assez fortement pour le goujon alors que la rupture de pente pour le vairon semble se situer autour de 150-180 l/s. A partir de 250 l/s, les quantités d'habitats disponibles sont pratiquement maximales pour ces espèces.
- ▶ Il est proposé un SAR de 120-140 l/s pour le goujon et 150-180 l/s pour le vairon.
- ▶ La Loche franche (LOF) qui occupe une position « intermédiaire » pour ces espèces accompagnatrices de la truite fario du fait de VHA comprise entre 0,4 et 0,55.

La courbe de SPU met en évidence une augmentation très rapide des surfaces favorables entre la borne basse de l'intervalle d'étude et 180 l/s. La SPU atteint alors 270 m²/100 m de cours d'eau. Le gain d'habitat avec l'augmentation du débit reste plus modeste au-delà de cette valeur : à 400 l/s, la SPU ne dépasse pas 300 m²/100 m. Aussi, il est proposé de fixer un SAR d'approximativement 180 l/s pour cette espèce.

PROPOSITION DE GAMMES DE DÉBITS/RÉGIMES BIOLOGIQUES - LA BIÈTRE À BRAZEY

A la lumière des éléments présentés ci avant, il est proposé les conclusions suivantes :

► De mai à octobre inclus :

Conserver un débit biologique de 160-190 l/s environ au droit de la station.

Ce débit permet de maintenir en période de basses eaux les habitats minimums pour les espèces les plus sensibles et correspond à une fourchette haute des SAR de la truite fario et de ses espèces accompagnatrices.

La Biètré étant l'un des cours d'eau les moins sensibles à l'incidence des fluctuations thermiques extérieures, il ne paraît pas fondamental de majorer cette valeur en période estivale pour tenter de contrer le réchauffement des eaux en période de basses eaux.

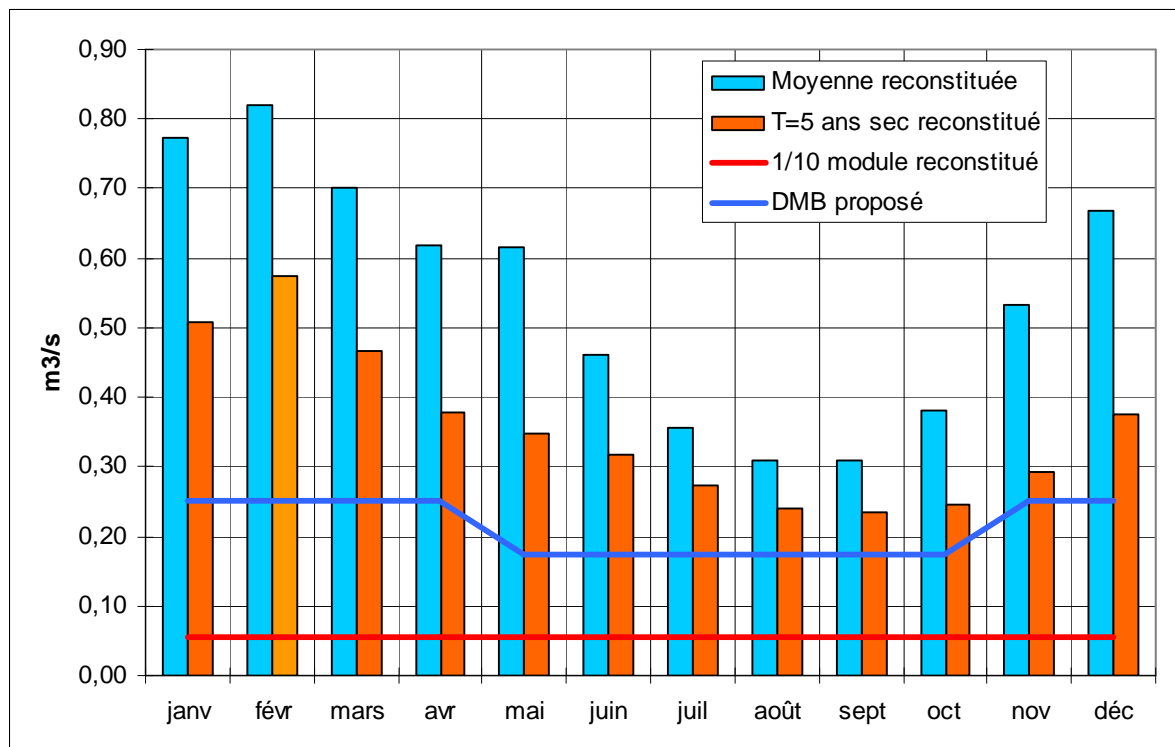
Ce débit ne saurait à lui seul garantir la bonne fonctionnalité du milieu : une restauration sur la morphologie, la végétation et la physicochimie doit être menée.

► De novembre à avril inclus :

Il convient de conserver **un débit sur la période Octobre-Mars de 250 l/s** qui permettra de conserver une hauteur d'eau suffisante pour l'ensemble des substrats susceptibles de devenir des frayères en période de reproduction de la truite fario par exemple.

Ces propositions sont traduites et mises en regard des débits caractéristiques (1/10 du module) et de l'hydrologie reconstituée (moyenne et 5 ans sec).

Figure 43 : Proposition de DMB sur la Biètré à Brazey au regard de l'hydrologie naturelle reconstituée



MISE EN PERSPECTIVE DES DMB PROPOSÉS AVEC L'HYDROLOGIE RÉELLE ET NATURELLE

Il est proposé une mise en perspective de la gamme de DMB proposée avec les différents débits caractéristiques de l'hydrologie réelle observée (influencée) et naturelle (reconstituée).

Le tableau de comparaison ci-après permet d'analyser une gamme de débits caractéristiques de la période estivale vis-à-vis de l'impact sur les SPU de l'espèce repère truite fario :

Débit (m ³ /s)	débits naturels (reconstitués)			débits observés (réels) - période 1992-1998/2009-2010			DMB proposé (période estivale)	
	QMNA5 sec	QMNA2 sec	1/10module	QMNA5 sec	QMNA2 sec	1/10module		
	0,23	0,26	0,055	0,21	0,34	0,054	0,16-0,19	
SPU (m ² /100m)	truite fario juvénile	270	269	254	270	266	254	269-270
	truite fario adulte	92	94	72	91	97	72	87-90

4.4.4 La Varaude à Tarsul-Izeure

DONNÉES D'ENTRÉE DU MODÈLE

Les données d'entrée du modèle, issues des mesures de terrain, sont reportées dans le tableau suivant.

Figure 44 : Données d'entrée du modèle ESTIMHAB - La Varaude à Tarsul-Izeure

Date	débit (m ³ /s)	largeur (m)	hauteur (m)
19/09/2010	0,29	4,29	0,26
06/01/2011	1,37	4,97	0,50
débit médian naturel Q50 (m ³ /s) avec apport de la Cent Fonts			
0,50			
taille du substrat (m)			
0,01			
gamme de modélisation (débits, m ³ /s)			
entre 0,03 et 0,5			

Le rapport entre le débit de basses eaux et moyennes eaux est de 4,7 avec une campagne de basses eaux relativement proche des basses eaux naturelles de la Varaude avec les apports de la Cent Fonts. Le calage du modèle va se révéler très satisfaisant.

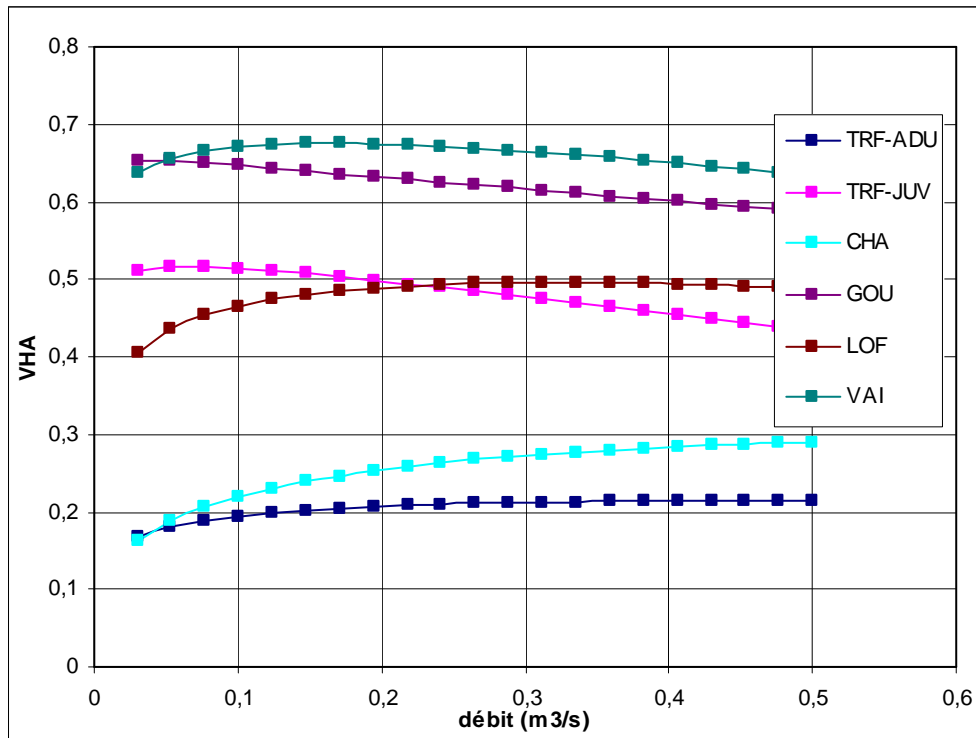
Les exposants de géométrie hydraulique (exposants reliant la hauteur et la largeur du débit) sont de 0,09 pour la largeur (normalement compris entre 0 et 0,3) et de 0,42 pour la hauteur (normalement compris entre 0,2 et 0,6).

Similairement à la Vouge à Villebichot ou la Bièvre à Brazey, cela veut dire que la hauteur augmente de façon régulière avec le débit alors que la largeur augmente plus lentement : cela met en évidence le recalibrage de la Varaude sur le tronçon d'étude.

RÉSULTATS ET PREMIÈRES INTERPRÉTATIONS

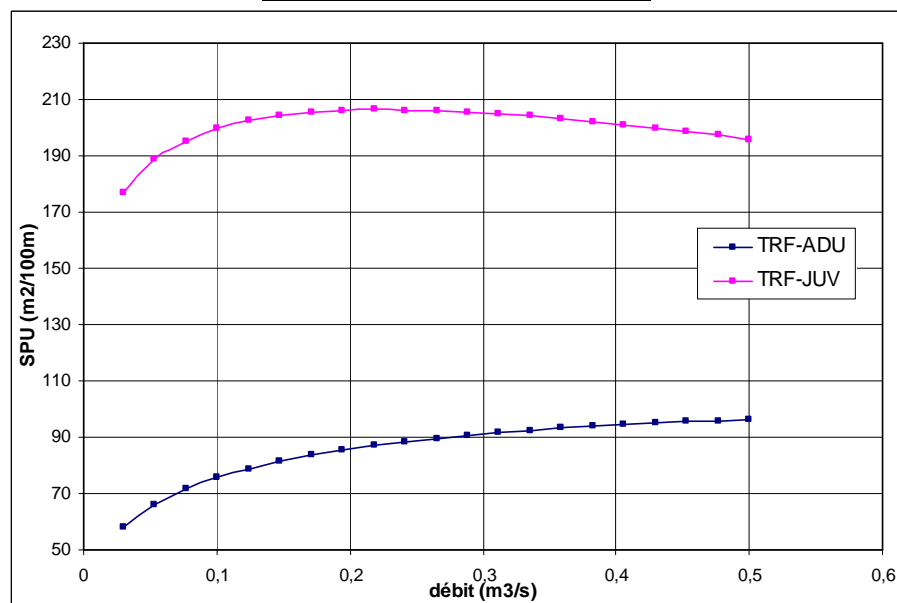
Les courbes résultant de la modélisation ESTIMHAB sont présentées dans les figures suivantes.

Figure 45 : Courbes d'évolution de la valeur d'habitat (VHA) en fonction du débit pour l'ensemble des espèces - La Varaude à Tarsul-Izeure



Espèce repère : truite fario

Figure 46 : Courbes d'évolution de la surface utile (pour 100 m de cours d'eau) en fonction du débit - Truite fario - La Varaude à Tarsul-Izeure



La Varaude à Tarsul-Izeure semble moins favorable à la Vouge à Villebichot vis-à-vis des habitats pour les truites fario adulte : la valeur d'habitat à ce stade de dépasse pas 0,22.

Similairement aux autres cours d'eau, la granulométrie fine des substrats et les faibles hauteurs limitent fortement les conditions d'accueil de cette espèce. La station apparait comme plus favorable au stade juvénile de truite fario (VHA comprise entre 0,53 et 0,45 sur l'intervalle d'étude) en raison de la préférence pour ce stade de hauteurs d'eau plus modestes.

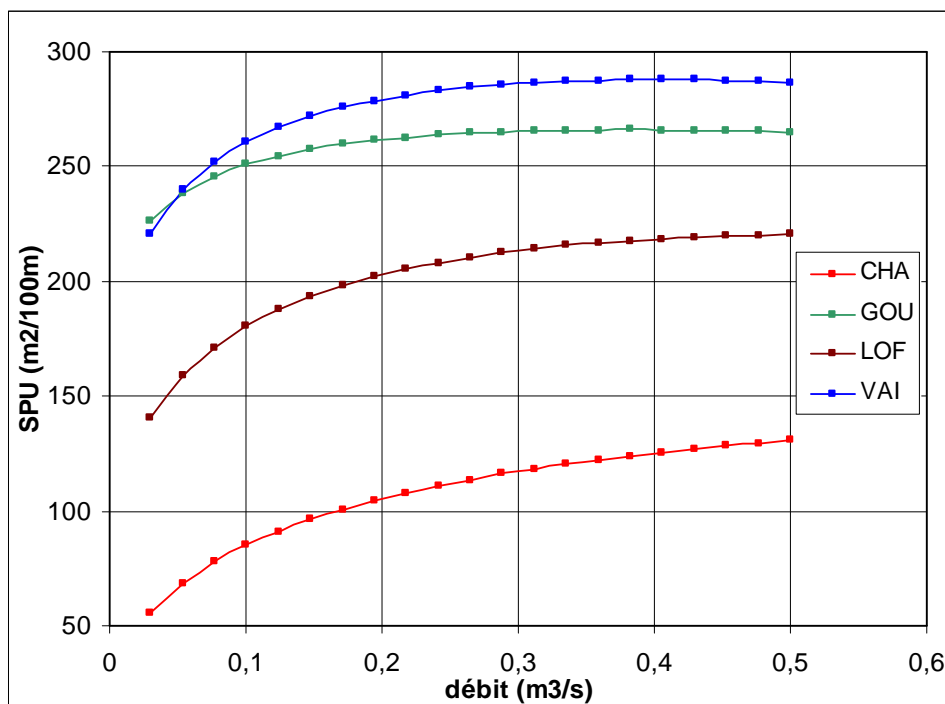
Les valeurs de SPU au stade juvénile augmentent très rapidement de la borne basse jusqu'à 120-140 l/s pour atteindre près de 205 m²/100m de cours d'eau. Au-delà de 140 l/s, l'augmentation est plus lente puis les SPU diminuent même à partir de 220 l/s, probablement en raison de vitesse d'écoulement réduisant les capacités d'accueil de la station. La valeur du SAR pour ce stade de développement est située entre 120 et 140 l/s.

La SPU du stade adulte de la truite fario est faible car inférieure à 100 m²/100m de cours d'eau sur l'intervalle d'étude. L'augmentation de SPU est relativement progressive et il n'est pas observé de rupture de pente importante : l'augmentation du débit entraîne sur cette station une augmentation des hauteurs d'eau favorables à ce stade.

Pour autant, on observe un léger tassement des SPU à partir de 140 -160 l/s : valeurs qui peuvent être considérées comme le SAR pour ce stade de développement.

Espèces accompagnatrices

Figure 47 : Evolution de la surface utile en fonction du débit - Espèces accompagnatrices de la Truite fario
- La Varaude à Tarsul-Izeure



Concernant les espèces accompagnatrices de la Truite fario, on distingue trois cas :

- ▶ Le Chabot (CHA) ; les conditions d'habitat sont relativement mauvaises du fait de VHA relativement faibles (inférieures à 0,3 dans l'intervalle d'étude). Les faibles valeurs de VHA confirment que cette espèce ne trouve pas, sur cette station, les habitats idéals pour son bon développement en raison notamment d'une absence de granulométrie grossière et de vitesses d'écoulement importantes.
- ▶ De la même façon, les SPU sont faibles mais augmentent de façon continue et presque linéairement. L'évolution de la SPU avec le débit est en lien avec l'augmentation des vitesses de courant, plus favorables à cette espèce.
- ▶ L'augmentation de SPU est relativement progressive avec le débit et il n'est pas observé de rupture de pente importante : on observe pour autant un léger tassement des SPU à partir de 140 - 160 l/s : valeurs qui peuvent être considérées comme le SAR pour ce stade de développement.
- ▶ Le Goujon et le Vairon (GOU et VAI) trouvent sur cette station des conditions d'habitat relativement favorables. Les VHA sont élevées et comprises entre 0,6 et 0,7 dans l'intervalle d'étude. Les SPU sont également élevées (supérieure à 300 m²/100 m de cours d'eau) témoignant des conditions d'habitat relativement favorables pour ces espèces.
- ▶ Les courbes de SPU sont pour ces espèces bien marquées : lorsque le débit est inférieur à 120-140 l/s et diminue progressivement, les SPU chutent assez fortement pour le goujon alors que la rupture de pente pour le vairon semble se situer autour de 150 l/s. A partir de 200 l/s, les quantités d'habitats disponibles sont pratiquement maximales pour ces espèces.
- ▶ Il est donc proposé un SAR de 120-140 l/s pour le goujon et 140-150 l/s pour le vairon.
- ▶ La Loche franche (LOF) qui occupe une position « intermédiaire » pour ces espèces accompagnatrices de la truite fario du fait de VHA comprise entre 0,4 et 0,5.
La courbe de SPU met en évidence une augmentation très rapide des surfaces favorables entre la borne basse de l'intervalle d'étude et 130 - 160 l/s. La SPU atteint alors près de 200 m²/100 m de cours d'eau. Le gain d'habitat avec l'augmentation du débit reste plus modeste au-delà de cette valeur. A 300 l/s, la SPU ne dépasse pas 225 m²/100 m. Aussi, il est proposé de fixer un SAR d'approximativement 150 l/s pour cette espèce.

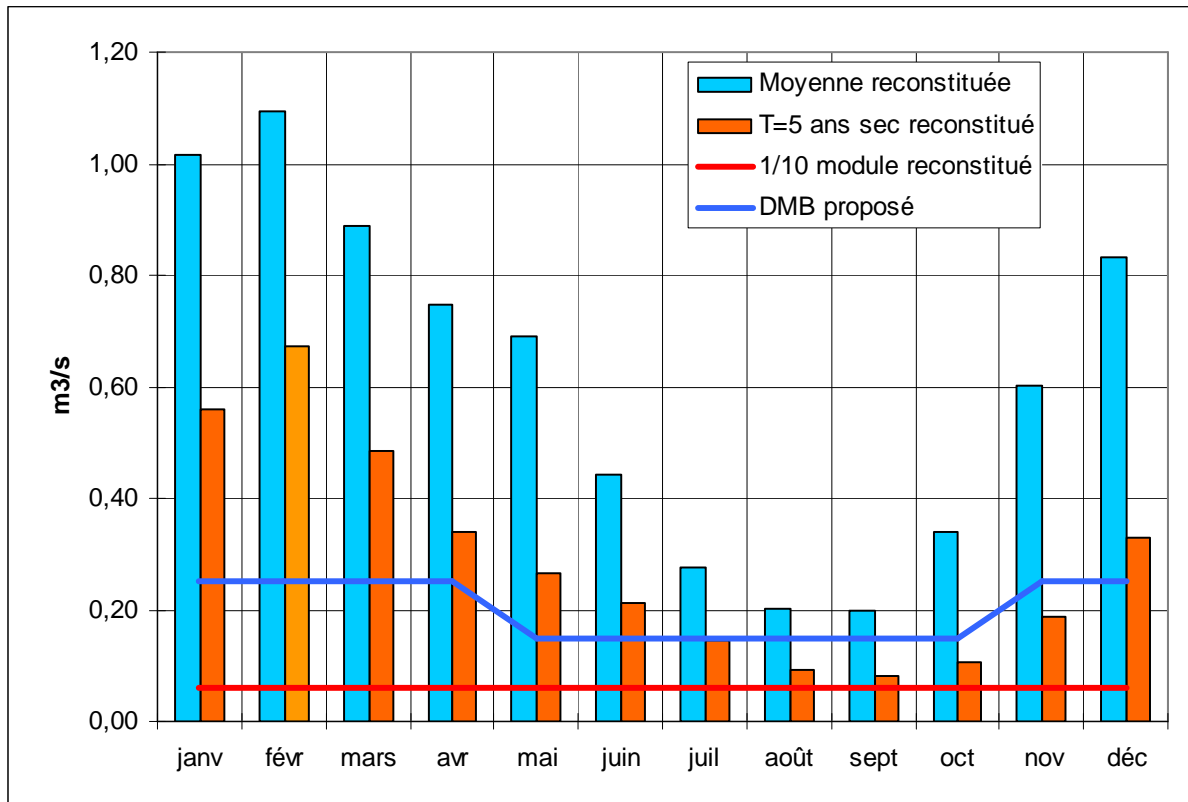
DISCUSSIONS DES RÉSULTATS AU REGARD DE L'HYDROLOGIE NATURELLE RECONSTITUÉE

En première analyse, à la lumière des éléments présentés ci avant, les conclusions suivantes ressortent en terme de résultats :

- ▶ De mai à octobre inclus :
Conserver un débit biologique de 140-160 l/s environ au droit de la station.
- ▶ De novembre à avril inclus :
Conserver un débit sur la période Octobre-Mars de 250 l/s, débit qui permettra de conserver une hauteur d'eau suffisante pour l'ensemble des substrats susceptibles de devenir des frayères en période de reproduction de la truite fario par exemple.

La confrontation de ces résultats à l'hydrologie naturelle reconstituée du cours d'eau vient toutefois les interroger et impose de les discuter. Sur la courbe ci-après, on note en effet que ces premiers chiffres sont largement supérieurs aux débits naturels reconstitués :

Figure 48 : Comparaison des résultats issus d'Estimhab pour la Varaude à Tarsul-Izeure et de l'hydrologie naturelle reconstituée



Les débits minimums issus de la première analyse, environ 150 l/s, apparaissent supérieurs aux débits naturels reconstitués pour le quantile quinquennal sec (débit naturel au mois d'août : 200 l/s en moyenne et 90 l/s en quinquennal ans sec). Les débits influencés observés sont aussi inférieurs (80 à 90 l/s en quinquennal sec en étiage sur la période 1992-2003).

Comment expliquer ce fait qu'on ne retrouve pas à une telle échelle pour les autres stations étudiées ?

Quand on fait une comparaison entre les gabarits des cours d'eau amont/médian et les débits minimums proposés pour ces cours d'eau, on constate que les valeurs sur la Varaude sont *a priori* relativement bien cohérentes. La Varaude étant assez courante sur le secteur d'étude, elle est aussi d'autant plus sensible à la réduction de débit.

On se trouverait donc dans un cas d'une « ressource insuffisante » pour le gabarit actuel de la Varaude. En d'autres termes, le gabarit du cours d'eau, du fait de gros travaux de remodelage réalisés, n'est pas en cohérence avec les débits qui y circulent.

Cette inadéquation, la Varaude l'exprime peut être un peu plus que les autres cours d'eau du bassin en raison d'une ressource naturelle faible et de travaux peut être plus importants pour ce cours d'eau (en particulier « surlargeur » ?). On remarque d'ailleurs que la Varaude a quelques banquettes de dépôts sur les rives, signe qu'elle accepte largement un rétrécissement de son lit correspondant à "un réajustement de son gabarit".

Les constats établis ci-avant rendent délicats une conclusion pour la Varaude.

A ce stade de la discussion – à poursuivre lors du comité technique - , **nous proposons de fixer un débit minimum en étiage en cohérence avec l'hydrologie naturelle du cours d'eau, c'est-à-dire autours de 60 à 80 l/s, mais en précisant que de telles valeurs doivent être accompagnées d'une restauration morphologique, notamment par une ré-adéquation entre gabarit et débit.**

APPORTS DE LA CENT FONTS À LA VARAUDE

Les apports de la Cent Fonts à la Varaude (à Noiron sous Gevrey) participent à l'hydrologie de la Varaude médiane et avale. Cet apport est d'autant plus important que l'hydrologie naturelle de la Varaude en période estivale est faible.

Le régime thermique de la Varaude est altéré. Les apports d'eau plus fraîche de la Cent Fonts participent à conserver dans la Varaude des caractéristiques plus favorables au caractère salmonicole du cours d'eau.

La modification éventuelle du régime de la Varaude via l'alimentation de la Cent Fonts doit être étudiée tant sur l'aspect quantitatif (habitats disponibles) que qualitatif (régime thermique, physicochimie, développement algaux, faune...) par une étude d'évaluation des impacts précise ainsi qu'un suivi scientifique.

Il semble opportun de préciser à ce stade de l'étude le caractère indispensable des apports de la Cent Fonts à la Varaude (de l'ordre de plusieurs dizaines de litres/secondes *a minima*) en période estivale pour atteindre les DMB à Tarsul-Izeure.

PROPOSITION DE GAMMES DE DÉBITS/RÉGIMES BIOLOGIQUES - LA VARAUDE À TARSUL-IZEURE

A la lumière des éléments présentés ci avant, il est proposé les conclusions suivantes :

► De mai à octobre inclus :

Conserver un débit biologique cohérence avec l'hydrologie naturelle du cours d'eau soit 60-80 l/s environ au droit de la station ainsi que par l'apport d'un certain débit de la Cent Fonts à définir.

Cet apport de la Cent Fonts est d'autant plus important qu'il permet de tamponner d'augmentation de la température de la Varaude en période estivale et préserver l'écosystème.

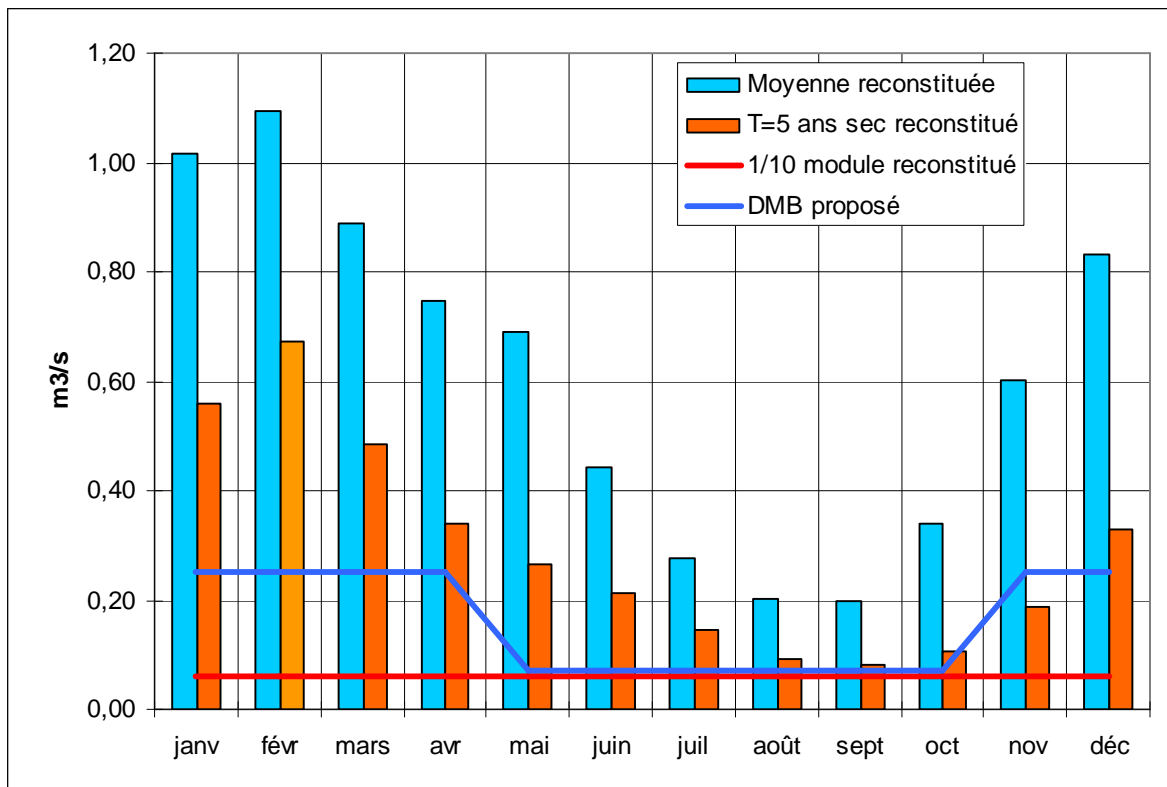
Pour autant, ce débit ne saurait à lui seul garantir la bonne fonctionnalité du milieu : une restauration sur la morphologie, la végétation et la physicochimie doit être menée.

► De novembre à avril inclus :

Il convient de conserver **un débit sur la période Octobre-Mars de 250 l/s** qui permettra de conserver une hauteur d'eau suffisante pour l'ensemble des substrats susceptibles de devenir des frayères en période de reproduction de la truite fario par exemple.

Ces propositions sont traduites et mises en regard des débits caractéristiques (1/10 du module) et de l'hydrologie reconstituée (moyenne et 5 ans sec).

Figure 49 : Proposition de DMB sur la Varaude à Tarsul-Izeure au regard de l'hydrologie naturelle reconstituée



MISE EN PERSPECTIVE DES DMB PROPOSÉS AVEC L'HYDROLOGIE RÉELLE ET NATURELLE

Il est proposé une mise en perspective de la gamme de DMB proposée avec les différents débits caractéristiques de l'hydrologie réelle observée (influencée) et naturelle (reconstituée).

Le tableau de comparaison ci-après permet d'analyser une gamme de débits caractéristiques de la période estivale vis-à-vis de l'impact sur les SPU de l'espèce repère truite fario :

Débit (m³/s)	débits naturels (reconstitués)			débits observés (réels)			DMB proposé (période estivale)	
	QMNA5 sec	QMNA2 sec	1/10module	QMNA5 sec	QMNA2 sec	1/10module		
	0,08	0,13	0,06	0,08	0,13	0,07	0,06-0,08	
SPU (m²/100m)	truite fario juvénile	197	203	191	197	203	194	191-197
	truite fario adulte	72	79	68	72	79	70	68-72

4.4.5 La Cent Fonts à Saulon la Rue

DONNÉES D'ENTRÉE DU MODÈLE

Les données d'entrée du modèle, issues des mesures de terrain, sont reportées dans le tableau suivant.

Figure 50 : Données d'entrée du modèle ESTIMHAB - La Varaude à Tarsul-Izeure

Date	débit (m ³ /s)	largeur (m)	hauteur (m)
20/09/2010	0,185	5,14	0,19
06/01/2011	0,375	5,43	0,24
débit médian naturel Q50 (m ³ /s) avec apport de la Cent Fonts			
0,40			
taille du substrat (m)			
0,03			
gamme de modélisation (débits, m ³ /s)			
entre 0,01 et 0,5			

Le rapport entre le débit de basses eaux et moyennes eaux est de 2 avec une campagne de basses eaux proche des basses eaux naturelles de la Cent Fonts. Le calage du modèle va se révéler très satisfaisant.

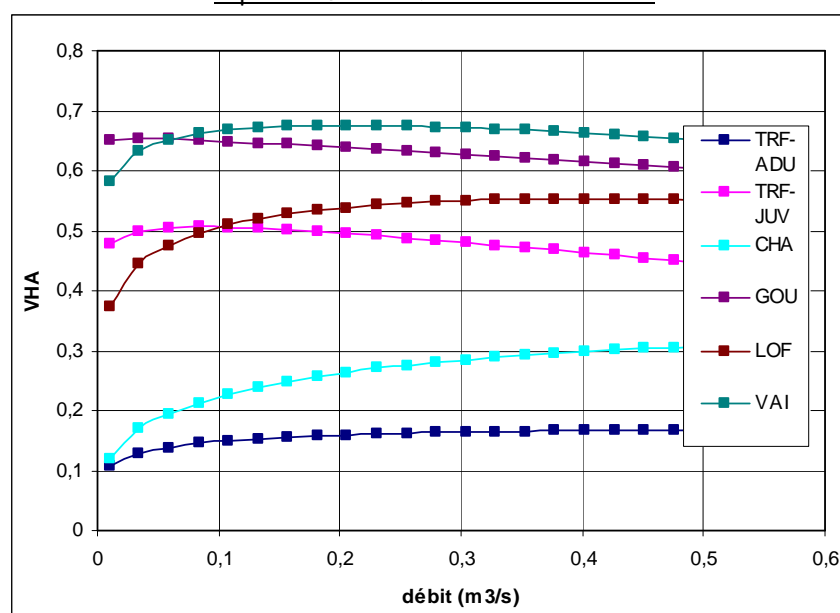
Les exposants de géométrie hydraulique (exposants reliant la hauteur et la largeur du débit) sont de 0,07 pour la largeur (normalement compris entre 0 et 0,3) et de 0,33 pour la hauteur (normalement compris entre 0,2 et 0,6).

Même si elles semblent conserver un caractère naturel, ces caractéristiques géométriques mettent en évidence une relative chenalisation du cours d'eau.

RÉSULTATS ET INTERPRÉTATION

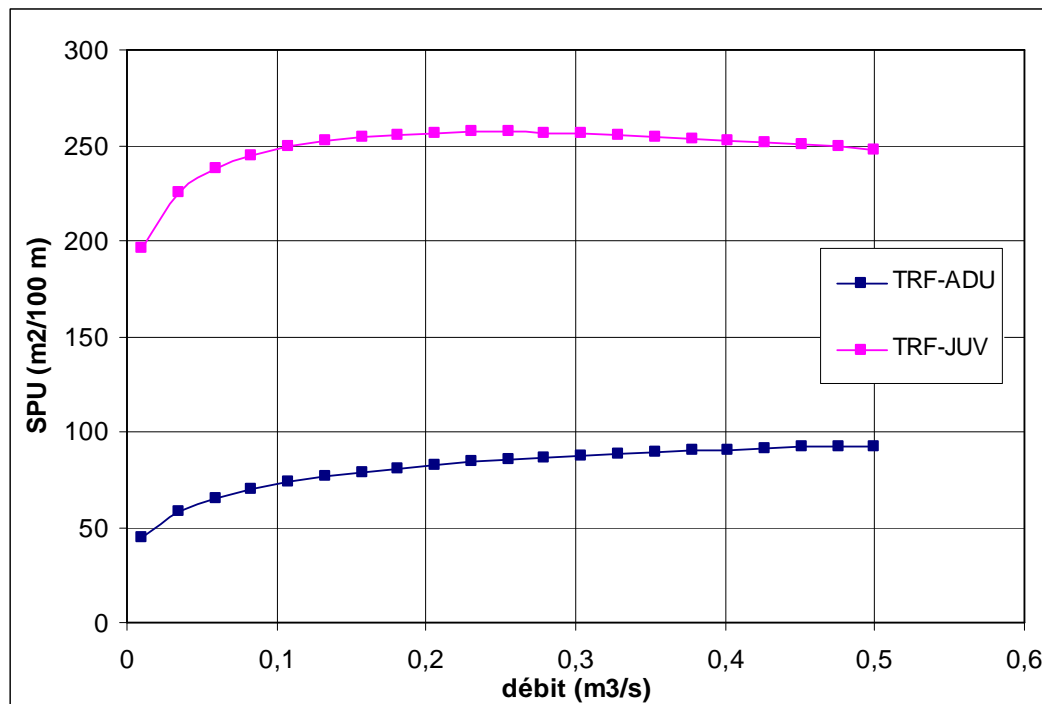
Les courbes résultant de la modélisation ESTIMHAB sont présentées dans les figures suivantes.

Figure 51 : Courbes d'évolution de la valeur d'habitat (VHA) en fonction du débit pour l'ensemble des espèces - La Cent Fonts à Saulon la Rue



Espèce repère : truite fario

Figure 52 : Courbes d'évolution de la surface utile (pour 100 m de cours d'eau) en fonction du débit - Truite fario - La Cent Fonts à Saulon la Rue



La Cent Fonts à Saulon la Rue, malgré son caractère salmonicole, présente une assez faible attractivité vis-à-vis du stade truite fario adulte en raison de relatives faibles hauteurs d'eau et d'une granulométrie, quoique plus grossière (en moyenne 3 cm) vis-à-vis des autres stations, trop fine pour ce stade : les VHA ne dépassent pas 0,15 pour le stade adulte. La station apparaît comme plus favorable au stade juvénile de truite fario (VHA comprise entre 0,52 et 0,45 sur l'intervalle d'étude) en raison de la préférence pour ce stade de hauteur d'eau plus modeste.

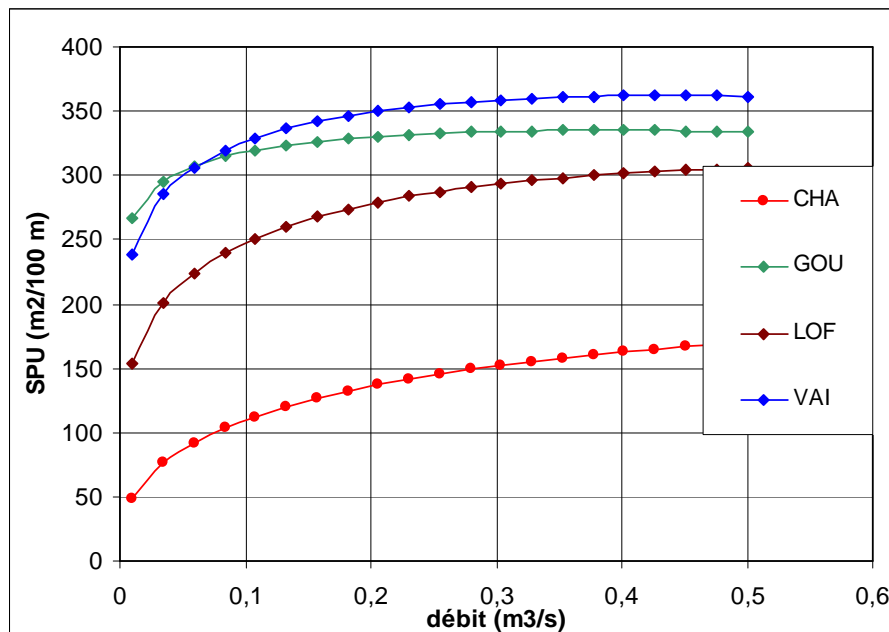
Les valeurs de SPU au stade juvénile augmentent rapidement de la borne basse d'étude jusqu'à 110-130 l/s pour atteindre 250 m²/100m de cours d'eau. Au-delà de cet intervalle, l'augmentation est beaucoup plus faible avec celle du débit. Le maximum de SPU est atteint à 230 l/s pour une valeur inférieure à 260 m²/100m de cours d'eau. Aussi, la valeur du SAR pour ce stade de développement est située entre 110 et 130 l/s.

La SPU du stade adulte est faible car inférieure à 100 m²/100m de cours d'eau sur l'intervalle d'étude. La SPU augmente avec le débit principalement par l'augmentation des hauteurs d'eau. Lorsque le débit est inférieur à 90 l/s, la SPU est très faible et l'espèce ne peut trouver suffisamment d'habitats favorables. A partir de 130-160 l/s, les SPU semblent moins limitantes pour ce stade même si à 250 - 300 l/s, on assiste à des augmentations encore significatives de SPU.

Aussi, il est proposé pour ce stade un SAR à 130-160 l/s.

Espèces accompagnatrices

Figure 53 : Evolution de la surface utile en fonction du débit - Espèces accompagnatrices de la Truite fario - La Cent Fonts à Saulon la Rue



Concernant les espèces accompagnatrices de la Truite fario, on distingue trois cas :

- ▶ Le Chabot (CHA) ; les conditions d'habitat sont assez peu favorables à cette espèce (VHA inférieures à 0,32 dans l'intervalle d'étude). Les faibles valeurs de VHA confirment que cette espèce ne trouve pas, sur cette station, les habitats idéals pour son bon développement en raison notamment d'une absence de granulométrie suffisamment grossière (blocs, galet) ainsi que de vitesses d'écoulement importantes.
- ▶ De la même façon, les SPU sont faibles mais augmentent de façon progressive. L'évolution de la SPU avec le débit est en lien avec l'augmentation des vitesses de courant, plus favorables à cette espèce.
- ▶ L'inflexion de la pente se situe approximativement entre 120 et 150 l/s à environ 125 m²/100 m : valeurs qui peuvent être considérées comme le SAR pour ce stade de développement.
- ▶ Le Goujon et le Vairon (GOU et VAI) trouvent sur cette station des conditions d'habitat relativement favorables. Les VHA sont élevées et comprises globalement entre 0,6 et 0,7 dans l'intervalle d'étude. Les SPU sont également élevées (supérieure à 250 m²/100 m de cours d'eau) témoignant des conditions d'habitat relativement favorables pour ces espèces.
- ▶ Les courbes de SPU sont pour ces espèces bien marquées : lorsque le débit est inférieur à 130-150 l/s et diminue progressivement, les SPU chutent assez fortement pour le goujon alors que la rupture de pente pour le vairon semble se situer autour de 140-160 l/s. A partir de 300 l/s, les quantités d'habitats disponibles sont pratiquement maximales pour ces espèces.
- ▶ Il est donc proposé un SAR de 130-150 l/s pour le goujon et 140-160 l/s pour le vairon.
- ▶ La Loche franche (LOF) qui occupe une position « intermédiaire » pour ces espèces accompagnatrices de la truite fario du fait de VHA comprise entre 0,37 et 0,55.

La courbe de SPU met en évidence une augmentation très rapide des surfaces favorables entre la borne basse de l'intervalle d'étude et 130 - 160 l/s : les SPU sont en borne basse de 150 m²/100 alors qu'elles sont de 270 m²/100 à 170 l/s. Le gain d'habitat avec l'augmentation du débit reste plus modeste mais non négligeable au-delà de cette valeur. A 300 l/s, la SPU est de 290 m²/100 m. Aussi, il est proposé de fixer un SAR d'approximativement 160 l/s pour cette espèce.

PROPOSITION DE GAMMES DE DÉBITS/RÉGIMES BIOLOGIQUES - LA CENT FONTS À SAULON LA RUE

A la lumière des éléments présentés ci avant, il est proposé les conclusions suivantes :

► De mai à octobre inclus :

Conserver un débit biologique de 140-160 l/s environ au droit de la station.

Ce débit permet de maintenir en période de basses eaux les habitats minimums pour les espèces les plus sensibles et correspond à une fourchette haute des SAR de la truite fario et de ses espèces accompagnatrices.

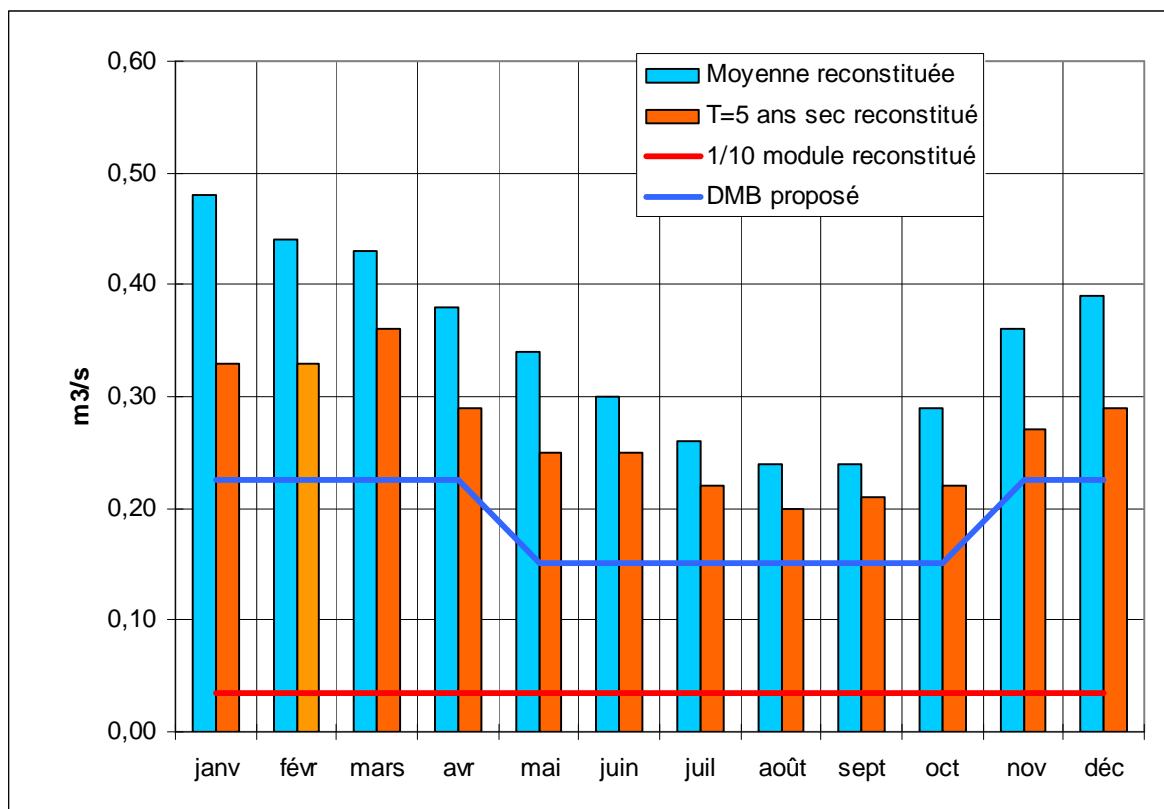
Ce débit ne saurait à lui seul garantir la bonne fonctionnalité du milieu : une restauration sur la morphologie et la physicochimie doit être menée.

► De novembre à avril inclus :

Aussi, il convient de conserver **un débit sur la période Octobre-Mars de l'ordre de 200-250 l/s** qui permettra de conserver une hauteur d'eau suffisante pour l'ensemble des substrats susceptibles de devenir des frayères en période de reproduction de la truite fario par exemple.

Ces propositions sont traduites et mises en regard des débits caractéristiques (1/10 du module) et de l'hydrologie reconstituée (moyenne et 5ans sec).

Figure 54 : Proposition de DMB sur la Cent Fonts à Saulon la Rue au regard de l'hydrologie naturelle reconstituée



MISE EN PERSPECTIVE DES DMB PROPOSÉS AVEC L'HYDROLOGIE RÉELLE ET NATURELLE

Il est proposé une mise en perspective de la gamme de DMB proposée avec les différents débits caractéristiques de l'hydrologie réelle observée (influencée) et naturelle (reconstituée).

Le tableau de comparaison ci-après permet d'analyser une gamme de débits caractéristiques de la période estivale vis-à-vis de l'impact sur les SPU de l'espèce repère truite fario :

		débits naturels (reconstitués)			débits observés (réels)			DMB proposé (période estivale)
		QMNA5 sec	QMNA2 sec	1/10module	QMNA5 sec	QMNA2 sec	1/10module	
Débit (m3/s)		0,2	0,23	0,035	0,16	0,2	0,03	0,14-0,16
SPU (m2/100m)	truite fario juvénile	256	256	227	255	256	220	253-255
	truite fario adulte	81	84	58	79	81	56	77-79

5. SYNTHÈSE DES DÉBITS MINIMUM BIOLOGIQUE RETENUS

Le présent exercice a fait l'objet d'une présentation en Commission Locale de l'Eau de la Vouge le 5 mai 2011 à Vougeot.

Cette réunion a permis à différents intervenants de mettre en lumière certains enjeux (dégradation de la qualité des eaux par des rejets...) nécessitant de relever le débit minimum biologique.

Une part des échanges a été réservée sur la nécessité de conserver une restitution de la Cent Fonts dans la Varaude.

Enfin, un exercice de simulation des débits proposés a été testé sur chaque station afin d'évaluer la pertinence des débits proposés vis-à-vis de l'hydrologie naturelle et influencée (simulation avec prélèvements type 2006 et 2009).

La synthèse des valeurs retenues et adoptées en CLE est présentée dans le tableau suivant. Les bornes hautes de la gamme de DMB de la Bièvre à Brazey et de la Cent Fonts à Tarsul ont été relevées pour les raisons indiquées ci-avant.

Figure 55 : Valeurs de DMB adoptées en CLE de la Vouge le 5 mai 2011

Phase 4 - DMB Mai - Octobre		Adoption DMB en CLE
Vouge	Villebichot	0.050 à 0.070
	Esbarres / Magny	0.250 à 0.300
Bièvre	Brazey en Plaine	0,160 à 0,200
Cent Fonts	Saulon la Rue	0,140 à 0,180
Varaude*	Tarsul	0.060 à 0.080

* lors du réaménagement du canal de la Cent Fonts, il sera défini [en CLE ?] un débit de fuite à conserver pour le soutien d'étiage de la Varaude,

OPPORTUNITÉ DE RETENIR DES VALEURS PROCHES DES BORNES HAUTES OU BASSES DES GAMMES DE DMB PROPOSÉES.

A travers le présent exercice, il a pu être proposé une gamme de DMB adaptée à la morphologie actuelle des cours d'eau tout en prenant compte les exigences des espèces les plus sensibles (voir chapitre des objectifs environnementaux).

L'objectif étant de laisser suffisamment de « sang au système » sur lequel des actions de reconquête de la qualité morphologique et chimique permettraient d'atteindre à terme la notion de « bon état ».

Les valeurs proposées sont situées dans une gamme relativement haute tout en restant cohérentes avec l'hydrologie naturelle du bassin versant de la Vouge.

Le gestionnaire sera confronté, à terme, à la définition de valeurs de DMB qui devront concilier protection des milieux et usages.

Le choix de valeurs proches des bornes hautes apportent plus de garanties pour répondre aux objectifs que les bornes basses. Le gain entre ces deux bornes peut être approché (à travers les SPU notamment) mais reste imparfait sur le gain *in fine* des compartiments biologiques en raison des multiples paramètres interagissant sur l'écosystème aquatique.

Aussi, le diagnostic a montré qu'il est indispensable de mener en parallèle des actions visant à reconquérir les caractéristiques du système plus conformes aux exigences des espèces. **Les améliorations de ces compartiments peuvent permettre des gains biologiques majeurs que le seul débit biologique ne peut obtenir.**

Le suivi des différents compartiments (débit, physico-chimie, thermie, biologie...), suite à l'instauration de cette nouvelle politique de gestion et des actions de reconquête de la qualité des milieux, permettront dans les années futures d'évaluer le gain de fonctionnalité du système.