

RAPPORT DU CONSEIL D'ETAT AU GRAND CONSEIL

sur le postulat Dominique Bonny et consorts demandant quelles mesures le Conseil d'Etat entend prendre pour réguler le débit minimum et la qualité sanitaire de l'Orbe supérieure

RAPPEL

Situation géographique

L'Orbe supérieure prend sa source à l'exutoire du lac des Rousses, dans le département du Jura français. Elle poursuit son cours, traverse le village de Bois d'Amont, la frontière franco-suisse, s'écoule dans les lacs de Joux, ressurgit aux grottes à Vallorbe et poursuit son chemin via la plaine de l'Orbe sur le bassin du Rhin.

Situation actuelle

Le fort développement touristique et économique du côté français dans la région des Rousses et de Bois d'Amont pose un réel problème de débit en période d'étiage.

Le pompage pour prélever de l'eau potable dans le lac des Rousses influence directement le débit de la rivière parce qu'une partie de cette eau pompée puis consommée est rendue sur le bassin du Rhône.

Il apparaît aussi que la qualité sanitaire et thermique est préoccupante, comme le relèvent diverses associations proches de la nature et de la pêche.

Par ce postulat, je demande au Conseil d'Etat de présenter :

- a. *Un rapport sur la situation quantitative et qualitative de l'eau de l'Orbe supérieure.*
- b. *Un plan de mesures avec financement et calendrier en collaboration avec les autorités françaises, afin d'assurer un débit minimum et une qualité sanitaire adéquate à l'Orbe supérieure.*

Les Charbonnières, le 8 mai 2008.

(Signé) Dominique Bonny et 27 cosignataires

REPONSE

1 INTRODUCTION

L'Orbe supérieure prend sa source à l'exutoire du lac des Rousses, dans le département du Jura français.

Dans ce lac, le Syndicat intercommunal des eaux du plateau des Rousses pompe de l'eau à des fins de distribution. Le débit prélevé dans le lac des Rousses peut influencer le débit de l'Orbe sur le tronçon suisse notamment, car une grande partie de l'eau consommée est restituée dans un autre bassin versant. Une étude statistique de la relation entre les volumes pompés, le niveau du lac des Rousses, le débit dans l'Orbe et la pluviométrie, antérieure à 1986 [Référence 1] a montré que, sans ouvrage de

régulation du niveau du lac des Rousses, les prélèvements dans le lac influençaient le débit de l'Orbe à la sortie du lac, dès que celui-ci est inférieur à 150 l/s.

Le débit à l'exutoire du lac ayant été fréquemment inférieur à 30 l/s avant les années nonante, la Direction Départementale de l'Agriculture et de la Forêt (DDAF) du Jura a fait réaliser en 1992, à la demande de la Confédération, un ouvrage de régulation du niveau du lac et du débit à l'exutoire avec pour objectif d'assurer un débit dans l'Orbe entre 70 l/s et 140 l/s [Référence 2], la limite supérieure de 140 l/s correspondant aux conditions de débit de l'Orbe sous l'influence des prélèvements dans le lac des Rousses.

De plus, plusieurs études et suivis, cités ci-dessous, ont permis d'établir un état de l'Orbe supérieure.

D'une manière générale, il peut être affirmé que les bassins de l'Orbe supérieure et du lac de Joux sont relativement bien étudiés et documentés depuis de nombreuses années. Dans le cadre de sa haute surveillance des eaux, le Service des eaux, sols et assainissement (ci-après : SESA) exerce en effet, depuis le début des années huitante, un suivi de la rivière de l'Orbe en différents points, ainsi que du lac de Joux. Ces suivis ont été exploités, en particulier dernièrement dans le cadre d'un rapport intitulé "Le lac de Joux et l'Orbe milieux vivants – Evolution de la qualité des eaux : 1985-2004" [Référence 3], publié en octobre 2006.

En juillet 2008, la Société vaudoise des pêcheurs en rivières (SVPR) a déposé un dossier de revitalisation no 08-1, intitulé "L'Orbe à la Vallée de Joux et les affluents de l'Orbe à la Vallée de Joux" [Référence 4].

Ces documents dressent un inventaire des rejets dans les eaux et donnent une appréciation de la faune aquatique, des chutes infranchissables, de l'état du lit et des rives (berges).

La SVPR a également établi en 2008 un rapport [Référence 5] analysant les problèmes piscicoles de l'Orbe à la Vallée de Joux liés aux débits et à la température des eaux. Cette étude souligne que l'Orbe supérieure présente de faibles débits durant les périodes critiques, en particulier l'été. Ce déficit d'eau récurant aurait une incidence sur les captures de l'ombre, poisson menacé dont les effectifs sont en régression. Par ailleurs, l'augmentation de la température moyenne de l'eau, ainsi que les pointes de température (mesurée à 26°C en 2003) auraient, selon la SVPR, déclenché la maladie rénale proliférative (MRP), probablement apparue à La Vallée suite aux repeuplements piscicoles.

Enfin, au cours des dernières décennies, les principaux constats négatifs des diverses associations proches de la nature et de la pêche sur le tronçon suisse sont des débits d'étiage régulièrement trop faibles, des températures trop élevées, la présence de grandes quantités d'algues et de macrophytes, la régression des effectifs de salmonidés (truite et ombre), ainsi que la présence de la maladie rénale proliférative (MRP).

La prise de conscience des constats susmentionnés a donné naissance en 2009 à l'association faîtière PEHVO (Protection des eaux de la Haute Vallée de l'Orbe). Celle-ci fédère des associations de pêche et de protection de la nature franco-suisse.

2 SITUATION QUALITATIVE DE L'ORBE SUPERIEURE

Le suivi de cette rivière, exercé par le SESA depuis de nombreuses années en différents points, permet de rendre compte de manière relativement précise de l'état qualitatif des eaux superficielles du bassin de l'Orbe supérieure. Une synthèse est donnée ci-dessous. Les détails se retrouvent dans le rapport en annexe 4.

2.1 Sites de mesures et prélèvements

Il existe différentes stations de mesures et de prélèvements à la Vallée de Joux. On y distingue les prélèvements en vue d'analyses chimiques, biologiques et ceux des stations d'épuration (STEP), ainsi que deux points de mesures de débit et un point de mesure de la pluviométrie.

| Mesures et prélèvements | Nom du site | Coordonnées |
|-------------------------------------|-----------------|---------------|
| Chimie | Bois du Carré | 501485/156400 |
| | Le Sentier | 507600/162150 |
| Biologie des eaux (faune benthique) | Bois du Carré | 501485/156400 |
| | Vers les Scies | 504300/159000 |
| | Le Sentier | 507600/162150 |
| Station d'épuration | Le Pont | 514680/169260 |
| | Le Lieu | 511840/167265 |
| | Le Sentier | 508310/162135 |
| | Les Bioux | 510110/164050 |
| | Bois d'Amont | 500420/155060 |
| Débit | Orbe Le Chenit | 501445/156305 |
| | Orbe Le Sentier | 507600/162150 |
| Pluviométrie | Le Sentier | 508230/162130 |

L'annexe 1 permet de "visualiser" les stations de prélèvements et les rejets de STEP dans le bassin de l'Orbe à la Vallée.

2.2 Chimie des eaux

La qualité chimique des eaux de l'Orbe supérieure peut être qualifiée de bonne pour les nutriments (carbone organique dissous, phosphore et azote). Une amélioration générale à partir de 1994, année de mise en service de la station d'épuration de Bois d'Amont en France voisine, a été constatée.

La légère dégradation en 2005 pour le phosphore n'a pas d'explication actuellement. A noter toutefois que cette dégradation ne se retrouve plus à la station "Le Sentier" en aval (voir annexe 2).

La teneur en matière organique sur ce tronçon de l'Orbe, exprimée en carbone organique dissous (COD), est un peu plus élevée que celle mesurée dans d'autres rivières du canton. Ce constat peut s'expliquer par la présence d'acides humiques provenant des tourbières. L'Orbe, à son embouchure dans le lac de Joux, présente du reste une couleur légèrement jaunâtre, caractéristique de la présence de ce type de substances.

La qualité chimique est également bonne, voire très bonne, pour les concentrations en produits "phytosanitaires". En effet, la station à la frontière est l'une des très rares du canton où la valeur seuil de 0.1 µg/l par pesticide n'est pas dépassée entre 2002 et 2004. Compte tenu de ce constat positif, il n'y a pas eu depuis de détermination de pesticides dans cette rivière. Une campagne est prévue en 2010.

2.3 Biologie des eaux

Le fond des rivières abrite de nombreuses petites larves d'insectes et d'invertébrés, appelées faune benthique, dont la structure est liée aux conditions physiques et chimiques qui règnent dans le milieu.

L'étude de la composition et de la diversité de cette faune permet de caractériser la qualité biologique du milieu, qui peut être traduite par un indice biotique noté de 0 à 20. Une faune diversifiée et la présence de groupes d'espèces sensibles indiquent une bonne qualité biologique. Les prélèvements sont effectués à la fin de l'hiver et au début du printemps dans la plupart des cas, périodes correspondant à des conditions favorables au développement de la faune benthique. Un programme de suivi de la

qualité biologique des rivières vaudoises a été mis en place à la fin des années huitante.

Il ressort de ce suivi que durant ces 15 dernières années, la qualité biologique de l'Orbe supérieure s'est nettement améliorée, passant de mauvaise ou bonne à très bonne. Les campagnes de prélèvements de 2000, 2002 et 2006 révèlent une qualité biologique satisfaisante à très satisfaisante dans les 3 stations étudiées le long de l'Orbe à la Vallée (voir annexe 2).

2.4 Algues et macrophytes

Un développement important d'algues filamenteuses et de macrophytes a été constaté sur plusieurs tronçons, notamment durant l'été 2009. Ce développement dénote une concentration en éléments nutritifs (nitrate, phosphate) et des températures élevées, caractéristiques d'un manque d'eau et d'ombrage.

2.5 Assainissement

En 1965 déjà, les communes et villages du Pont, du Chenit et des Charbonnières se sont raccordés à une station d'épuration (STEP). En 1969, c'est le village des Bioux qui s'est équipé d'une STEP, puis la commune du Lieu en 1974. En 1993, avec l'aide de l'Etat de Vaud (prêt de CHF 400'000.-, remboursable sur 15 ans au taux préférentiel de 3%), la commune française de Bois d'Amont a aussi construit sa STEP. Aujourd'hui, environ 98% de la population du bassin versant est raccordée à une des 5 installations de traitement des eaux usées (Le Chenit, Le Lieu, Le Pont, Les Bioux, Bois d'Amont). Le solde est épuré par des installations individuelles.

Les stations d'épuration suisses font l'objet de contrôles réguliers du SESA (12 échantillons par année), auxquels s'ajoutent les analyses d'autocontrôle effectuées par l'exploitant pour la principale station (Le Chenit). La station d'épuration de Bois d'Amont fait l'objet de contrôles mensuels par la société d'exploitation (autocontrôles), qui transmet les résultats au SESA.

Les performances des STEP sont d'une manière générale conformes aux normes, à l'exception de la STEP du Lieu, qui reçoit périodiquement des charges excédant sa capacité, et dont l'exploitation nécessite des améliorations. La STEP du Pont a fait l'objet en 2004 d'une transformation qui a permis d'améliorer son rendement. Les rendements d'épuration de la matière organique dégradable sont en moyenne supérieurs à 90%. Ils atteignent 96 à 99% dans les stations conçues selon les standards modernes de faible charge massique (Le Pont, Les Bioux, Bois d'Amont).

2.6 Températures

La maladie rénale proliférative (MRP) est une maladie typique des salmonidés provoquant une inflammation aiguë des reins, voire la mort des stades juvéniles de poissons. Elle ne se déclare qu'à partir d'une température de l'eau supérieure à 15°C durant 2 semaines consécutives. D'autre part, les poissons adultes, tels que l'ombre ou la truite (écotypes fario et lacustre) sont particulièrement sensibles aux températures maximums supérieures à 20°C. Les températures optimales pour la croissance de ces espèces sont comprises généralement entre 10 et 15°C.

2.6.1 Constat

Les mesures en continu effectuées par l'Institut de recherche de l'eau du domaine des Ecoles polytechniques fédérales (EAWAG) en 2004 montrent d'une part des températures maximales très élevées (jusqu'à 24-25°C) et d'autre part des amplitudes journalières importantes (de 5 à 7°C).

De plus, les mesures durant les années 1996-98 montrent également un dépassement des 15°C durant plus de 30 jours consécutifs par année.

La problématique de la température des eaux de l'Orbe reste donc d'actualité.

2.6.2 Effet du débit d'étiage de l'Orbe

La vitesse de réchauffement des eaux d'un cours d'eau est principalement dépendante de la profondeur, de la vitesse d'écoulement et de l'ensoleillement. Or, par faibles débits, la profondeur et la vitesse diminuent. En effet, la mesure des vitesses moyennes à différents points de l'Orbe supérieure en août 2009 (voir rapport en annexe 4), pour un débit de l'Orbe à la frontière variant entre 50 et 70 l/s, conduit à des valeurs majoritairement inférieures à 0.1 m/s. Les calculs hydrauliques, qui prennent en compte la pente faible sur ce tronçon du lit de l'Orbe et la faible profondeur de l'écoulement pour les débits en période d'étiage, confirment que pour ces conditions de faibles débits, les vitesses d'écoulement sont souvent inférieures à 0.1 m/s.

Le non respect d'un débit résiduel minimum dans l'Orbe en période d'été contribue donc à l'augmentation de la température de l'eau.

2.6.3 Effet de la température du lac des Rousses

La température des eaux superficielles en sortie du lac des Rousses atteint régulièrement des valeurs supérieures à 20°C en été [Référence 6].

La concomitance de ces deux facteurs explique les pics de température mesurés des eaux de l'Orbe.

2.6.4 Effet des retenues

Sur le tronçon de l'Orbe française, le barrage des Meuniers et celui de la Boissellerie (voir annexe 1) créent des zones de retenue amont. Dans ces eaux profondes, les amplitudes journalières de température sont diminuées à cause de la lenteur de réchauffement de toute la colonne d'eau, les eaux profondes restant plus froides. En cas de brassage, les eaux sont globalement refroidies et ainsi la température des eaux de l'Orbe est diminuée à la sortie de ces retenues.

2.6.5 Effet des zones ombragées

Une étude de l'EAWAG sur l'effet des ombrages sur la température des eaux [Référence 7] montre que les zones ombragées permettraient, lors de périodes d'étiage, de diminuer grandement les températures (d'environ 3 à 4°C). A ce stade, nous n'avons pas de retour d'expérience de l'effet de ces plantations.

3 SITUATION QUANTITATIVE DE L'ORBE SUPERIEURE

La station fédérale "Le Chenit" à la frontière (voir annexe 1) mesure des débits de l'Orbe depuis 1971. Située à environ 7 km de l'exutoire du lac des Rousses, elle donne un ordre de grandeur du débit de l'Orbe à la sortie du lac à quelques dizaines de litres par seconde près. Les données à la sortie du lac ne sont pas disponibles.

A cette station, le débit moyen interannuel de 1971 à 2008 est de 950 l/s et le débit d'étiage est de 90 l/s.

D'après la loi fédérale suisse sur la protection des eaux (LEaux), le débit résiduel minimal à garantir dans l'Orbe à la frontière en cas de prélèvement serait de 74 l/s (article 31, calcul en fonction du débit d'étiage, Q347). Cependant, au regard des multiples inventaires fédéraux que l'Orbe traverse, le débit résiduel à laisser en permanence pourrait être augmenté (article 33 LEaux).

D'après l'article L.214-18 du Code de l'environnement de la loi française, le débit résiduel minimal en aval d'un prélèvement ne doit pas être inférieur au dixième du débit moyen interannuel, ce qui correspondrait à un débit résiduel minimal de 95 l/s.

Enfin, dans son arrêté n°1882 pour autoriser le prélèvement des eaux de l'Orbe pour la fabrication de

neige de culture, la Direction départementale française de l'agriculture et de la forêt (DDAF) impose un débit résiduel dans l'Orbe de 110 l/s à Bois d'Amont.

N'ayant pas à disposition de valeur contractuelle de débit résiduel fixée à l'exutoire du lac des Rousses, sur la base des données précédentes, une valeur cohérente du débit résiduel minimal à garantir dans l'Orbe à la sortie du lac des Rousses pourrait être considérée de 100 l/s.

Comme mentionné ci-dessus, les débits de l'Orbe supérieure sont principalement dépendants des débits en sortie du lac des Rousses. Suite aux nombreuses périodes de débits dans l'Orbe trop faibles, à la demande de la DDAF, un seuil de régulation a été installé sur l'Orbe à la Planche Paget en 1992. Ce seuil crée une surélévation du lac, ce qui permet un volume de stockage supplémentaire et une diminution des variations de hauteur du lac. Ces fluctuations du niveau du lac sont dues aux apports naturels du bassin versant et au pompage pour l'alimentation en eau potable, de 30 l/s en moyenne à 50 l/s en pointe [Référence 2].

En aval du seuil de régulation, l'Orbe parcourt ensuite 7 kilomètres sur territoire français, sur lesquels elle franchit deux ouvrages de retenue jusqu'à la frontière franco-suisse (voir annexe 1). Ces seuils interdisent toute migration piscicole. Cependant leur influence sur le débit résiduel ne peut être démontrée. Leur effet serait a priori nul.

3.1 Ouvrage de régulation de Planche Paget à la sortie du lac des Rousses

L'ouvrage de régulation, situé sur l'Orbe à Planche Paget, environ 900 mètres en aval du lac des Rousses, est composé d'une série de palplanches en arc de cercle, dont 4 sont surbaissées faisant office de déversoir pour un niveau du lac des Rousses supérieur à 1058.10 msm (voir annexe 3).

Une vanne circulaire de 300 mm de diamètre, avec une ouverture sous vanne prévue à 174 mm, située à mi-hauteur par rapport au fond, a pour objectif de garantir en tout temps un débit résiduel minimal de 70 l/s sous une charge d'eau minimale (voir annexe 3) et de 140 l/s en pleine charge, à la limite du déversement sur les palplanches.

Cependant, en été 2009, les visites de terrain ont montré que le réglage de la vanne était défectueux (ouverture estimée à 100 mm au lieu de 174 mm). De plus, des pierres coincées dans la vanne, faisaient obstruction à l'écoulement, ne permettant pas de garantir un débit résiduel minimal de 100 l/s (voir rapport en annexe 4).

3.2 Débits à la frontière franco-suisse

Les mesures des débits de la station fédérale "Le Chenit" montrent que l'aménagement de l'ouvrage de régulation de Planche Paget en 1992 a eu un effet positif significatif sur les débits d'étiage :

- Le nombre de jours avec un débit inférieur à 100 l/s a fortement diminué (au maximum de plus de 100 jours par année avant 1992 et de moins de 40 jours par année après 1992).
- Le débit minimum à la frontière avant 1992 pouvait atteindre moins de 10 l/s, alors qu'après la réalisation de l'ouvrage de régulation, la valeur minimale atteinte est de l'ordre de 40 l/s.

Cependant le nombre de jours comportant un débit trop faible dans l'Orbe est encore important :

- Une année sur deux est caractérisée pendant plus de 20 jours par un débit journalier moyen inférieur à 100 l/s.
- Les années 2002 à 2007 ont chacune un débit journalier moyen inférieur à 100 l/s pendant 10 à 38 jours.
- Selon les années, le débit minimum dans l'Orbe atteint pendant plusieurs jours une valeur inférieure à 70 l/s.

Ces mesures montrent que le système de régulation a déjà eu un effet positif sur les débits de l'Orbe, mais qu'il n'est pas suffisamment efficace : les périodes pendant lesquelles le débit est inférieur au

débit résiduel minimal de 100 l/s sont encore importantes, particulièrement depuis 2002.

3.3 Barrages sur l'Orbe "française"

En aval de l'ouvrage de régulation, deux barrages jalonnent l'Orbe française (voir annexe 1) :

- le barrage des Meuniers d'une hauteur d'environ 3 mètres,
- le barrage du musée de la Boissellerie de Bois d'Amont, d'une hauteur de 1.5 mètre.

Les prises d'eau à ces barrages n'étant plus utilisées, ces ouvrages ne sont donc plus exploités pour l'utilisation de la force hydraulique de l'Orbe. Ces deux seuils n'ont plus que pour effet de rehausser le plan d'eau à l'amont et ne constituent pas un obstacle au passage du débit de l'Orbe. Ils ne semblent pas contribuer à une réduction du débit minimal dans l'Orbe supérieure.

Cependant, il est à noter que ces deux seuils significatifs constituent un obstacle à la migration piscicole, au même titre que l'ouvrage de Planche Paget.

4 PLAN DE MESURES

Les problèmes observés de l'Orbe supérieure peuvent finalement se résumer en trois points :

- débit résiduel minimal en période d'étiage fréquemment non respecté,
- température de l'eau trop élevée en été,
- développement d'algues filamenteuses et de macrophytes.

Les mesures réalisables pour améliorer ces trois points sont de deux natures :

4.1 Amélioration de la régulation du débit à la sortie du lac des Rousses

Le respect du débit résiduel minimum de 100 l/s à la sortie du lac des Rousses permet, en période d'étiage sévère, de conserver des hauteurs d'eau et des vitesses suffisantes pour :

- avoir une influence sensible sur la température (diminution de l'échauffement et de l'amplitude journalière),
- permettre une diminution des concentrations en nutriments et donc réduire le développement des algues filamenteuses et des macrophytes.

Les calculs hydrauliques décrits dans le rapport en annexe 4 montrent que le volume de réserve du lac est suffisant pour garantir un débit résiduel minimum de 100 l/s dans l'Orbe, ainsi que le débit de pompage pour l'alimentation en eau potable durant une période d'étiage prolongée.

4.2 Création de zones d'ombrage

Etant donné les températures élevées déjà enregistrées en amont (20-23°C au lac des Rousses) et l'important manque d'ombrage naturel dans la zone marécageuse bordant une grande partie de l'Orbe supérieure, les températures ont tendance à rester élevées en été.

L'ombrage de certains tronçons de la rivière pourrait diminuer sensiblement la température de l'eau et le développement d'algues. Le boisement de certaines berges de l'Orbe, préférentiellement celles exposées au sud, doit cependant être étudié de manière approfondie (choix des espèces à planter, orientation des espèces selon l'exposition de la berge, intégration paysagère, respect du caractère régional, etc.) car la morphologie naturelle de ces zones marécageuses n'intègre que rarement de la végétation ligneuse.

A noter que plusieurs tronçons de berges, totalisant un linéaire de 700 m, ont fait l'objet de plantations ligneuses en 2008. Le développement de ces plantations fait actuellement l'objet d'un suivi particulier par le Service des forêts, de la faune et de la nature (SFFN), afin d'en retirer les enseignements pour d'éventuelles interventions futures.

Un plan des mesures qui pourraient être mises en place rapidement est proposé ci-dessous :

| Plan de mesures | Délais | Coût approximatif |
|--|------------|--|
| 1 Supprimer les obstructions (pierres) de la vanne de l'ouvrage de Planche Paget (Selon décision du Maire des Rousses en séance du 09.09.2009) ----> <i>Mesure 1 réalisée d'après la lettre du 18.01.2010</i> | 30.11.2009 | Négligeable |
| 2 Rétablir le réglage initial de la vanne (ouverture sous vanne de 174 mm) (Selon décision du Maire des Rousses en séance du 09.09.2009) ----> <i>Mesure 2 réalisée d'après la lettre du 18.01.2010</i> | 30.11.2009 | Négligeable |
| 3 Mettre en place une grille de protection en amont de la vanne | 30.04.2010 | CHF 1'500.- |
| 4 Réactiver le dispositif existant d'enregistrement électronique des mesures de hauteurs/débits à l'ouvrage de Planche Paget et assurer son entretien régulier | 30.04.2010 | Selon situation existante |
| 5 Etudier la pertinence et l'impact d'un ombrage des berges du cours d'eau | 30.04.2010 | Approximatif : de CHF 5'000.- à CHF 10'000.- |

Les 2 premières mesures permettent, en cas d'étiage sévère (niveau d'eau sous la crête de déversement), de garantir en permanence un débit résiduel moyen de 100 l/s, au lieu des 25 l/s à 40 l/s actuellement. Ces mesures ont été réalisées d'après la correspondance du Maire des Rousses datée du 18 janvier 2010. La mesure 3 permet d'assurer la pérennité du système de régulation.

L'enregistrement des niveaux et débits en sortie du lac (mesure 4) permettra d'évaluer les effets de cette régulation. Pour ce faire, le Maire de Rousses fournira au SESA, à la fin de chaque année, et cela pendant trois ans au minimum, les valeurs des niveaux d'eau et des débits à l'ouvrage de régulation. Le SESA assurera ainsi, chaque année, le suivi de l'effet de l'ouvrage sur le débit de l'Orbe. Au fur et à mesure des résultats, il sera décidé, en collaboration avec le Maire des Rousses, si le réglage de l'ouvrage doit être adapté ou non. Si les résultats se montrent satisfaisants après ces trois années, le suivi pourra être abandonné. Selon l'efficacité observée de l'ouvrage, l'opportunité et l'impact d'une surélévation de la crête de déversement pour augmenter le volume de réserve du lac des Rousses (variante décrite dans le rapport en annexe 4) pourront être étudiés.

5 CONCLUSION

L'état qualitatif (sanitaire) des eaux de l'Orbe amont est globalement bon. Les efforts consentis ces dernières années par les collectivités publiques en vue de leur assainissement portent leurs fruits. Il conviendra néanmoins de veiller à maintenir cette bonne qualité générale de l'assainissement et à restaurer les réseaux des canalisations qui charrient encore trop d'eaux parasites. Ce travail se fait en Suisse dans le cadre des plans généraux d'évacuation des eaux (PGEE) et en France dans le cadre des schémas directeurs d'aménagement et de gestion des eaux (SDAGE).

Les faibles débits en période d'étiage sévère induisent cependant des températures de l'eau élevées et des concentrations en nutriments permettant un développement d'algues et de macrophytes par photosynthèse.

L'ouvrage de régulation en sortie du lac des Rousses, aménagé en 1992, a apporté une amélioration du débit résiduel dans l'Orbe en période d'étiage. Cependant le réglage actuel de l'ouvrage, qui n'est pas adéquat, ainsi que le manque d'entretien, limitent fortement ces débits résiduels dans l'Orbe.

En effet, en période d'étiage, le respect du réglage prévu initialement (en 1992, [Référence 2]) permettrait de garantir un débit résiduel moyen de l'ordre de 100 l/s, et de 70 l/s lorsque le niveau

d'eau est proche du niveau d'ouverture de la vanne (charge minimale) au lieu de 30 l/s à 50 l/s actuellement.

Le volume de réserve d'eau, créé dans le lac des Rousses par cet ouvrage de régulation, est suffisant pour assurer en période d'étiage sévère (sans aucun apport aux lacs), avec un pompage à but d'alimentation d'eau potable maintenu à 40 l/s, un débit résiduel de 100 l/s dans l'Orbe pendant plus d'une semaine par rapport à la situation actuelle et un débit minimal de 70 l/s pendant plus d'un mois.

Les mesures urgentes 1 et 2 (réglage de la vanne tel que prévu en 1992 et entretien de l'ouvrage), indispensables pour garantir un débit résiduel en moyenne de 100 l/s dans l'Orbe en période d'étiage, sont supportables en regard des autres contraintes. Cependant, un suivi est nécessaire pour s'assurer de l'efficacité réelle de ces mesures.

Ce suivi pendant les trois prochaines années permettra de déterminer si des mesures complémentaires (agrandissement de l'ouverture de la vanne, surélévation du seuil de déversement) sont nécessaires pour garantir en tout temps ce débit résiduel minimal.

La pertinence d'un boisement de certains tronçons du cours d'eau, en Suisse principalement, doit être plus amplement étudiée en vue de garantir des valeurs de température des eaux de l'Orbe en été acceptables.

6 REFERENCES

- [1] Etude statistique du lac des Rousses par la compagnie de prospection géophysique française pour le Service régional de l'aménagement des Eaux et la Direction départementale de l'Agriculture et de la Forêt du Jura, France (~ 1986)
- [2] Alimentation collective en eau potable – Ouvrage de régulation du lac des Rousses – Avant-projet détaillé, Cabinet d'études Marc Merlin, 1990
- [3] Le lac de Joux et l'Orbe milieux vivants – Evolution de la qualité des eaux : 1985-2004, SESA, 2006
- [4] Dossier de revitalisation : L'Orbe à la Vallée de Joux et les affluents de l'Orbe à la Vallée de Joux, SVPR, 2008
- [5] L'Orbe à la Vallée, SVPR, 2008
- [6] Proposition pour un schéma opérationnel d'aménagement du bassin versant du lac des Rousses, Syndicat Intercommunal des eaux du plateau des Rousses, 2006
- [7] Influence du couvert végétal sur le régime thermique de l'Orbe à la Vallée de Joux, EAWAG, 2005
- [8] www.systeme-modulaire-gradue.ch

Ainsi adopté, en séance du Conseil d'Etat, à Lausanne, le 13 janvier 2010.

Le président :

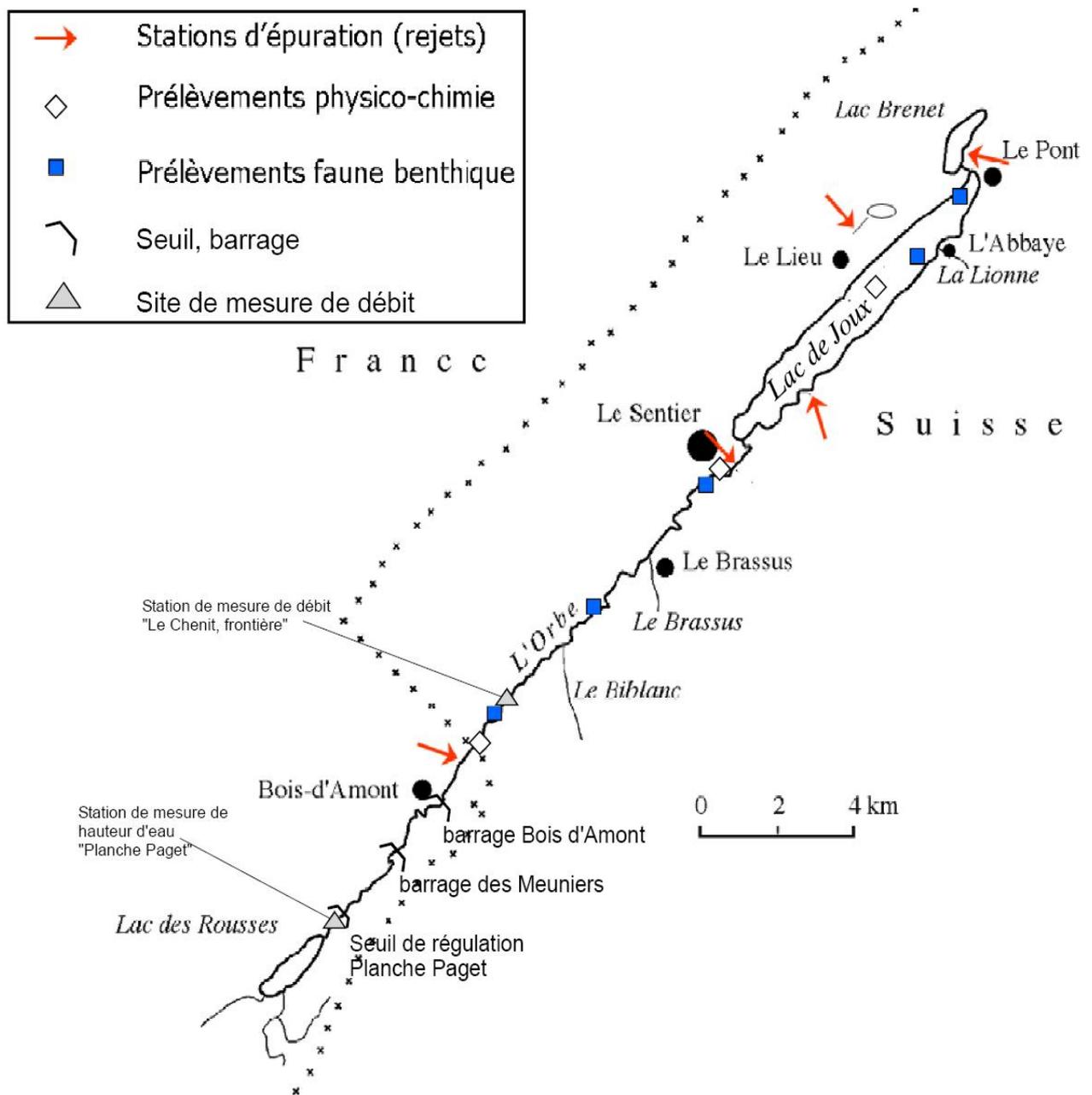
P. Broulis

Le chancelier :

V. Grandjean

ANNEXE 1

Localisation des stations de mesures et de prélèvements physico-chimiques, hydrobiologiques, rejets des stations d'épuration à la Vallée de Joux ainsi que des ouvrages de régulation et retenue.



ANNEXE 2

Qualité chimique et biologique (indice Rivaud) des eaux de l'Orbe supérieure de 1999 à 2008 (selon Système Modulaire Gradué – SMG [Référence 8])

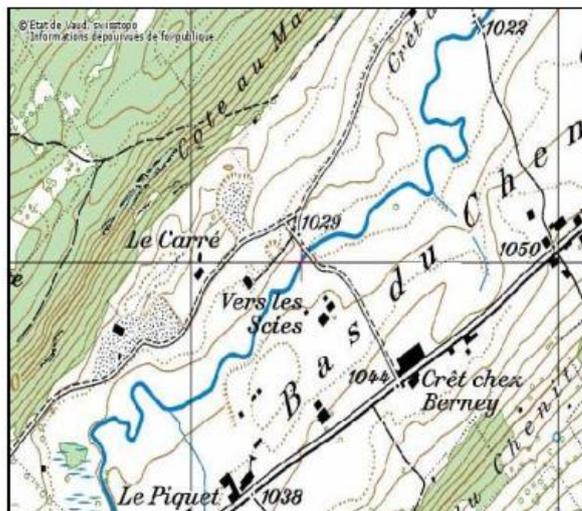
| RIVIERE : | ORBE (L') | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|---------------|--|----|--|----|--|--|--|----|--|--|---------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| STATION : | Bois du Carre | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| COORD : | 501485/156400 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ALTITUDE [m] : | 1040 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| COMMUNE : | Le Chenit-Le Sentier | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| REGION : | Jura | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CODES | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| GESREAU : | 5001 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| STATION : | B-AA-050 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 62 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>1999</th> <th>2000</th> <th>2001</th> <th>2002</th> <th>2003</th> <th>2004</th> <th>2005</th> <th>2006</th> <th>2007</th> <th>2008</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Indice Rivaud</td> <td></td> <td>14</td> <td></td> <td>15</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>17</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Carbone organique dissous</td> <td>4.81</td> <td>4.32</td> <td>4.42</td> <td>4.66</td> <td>5.12</td> <td>4.05</td> <td>4.51</td> <td>5.53</td> <td>4.63</td> <td>4.24</td> </tr> <tr> <td>Ammonium</td> <td>0.017</td> <td>0.048</td> <td>0.047</td> <td>0.041</td> <td>0.020</td> <td>0.021</td> <td>0.025</td> <td>0.018</td> <td>0.036</td> <td>0.019</td> </tr> <tr> <td>Nitrite</td> <td>0.005</td> <td>0.004</td> <td>0.007</td> <td>0.005</td> <td>0.019</td> <td>0.006</td> <td>0.006</td> <td>0.006</td> <td>0.008</td> <td>0.008</td> </tr> <tr> <td>Nitrate</td> <td>0.35</td> <td>0.28</td> <td>0.24</td> <td>0.30</td> <td>0.47</td> <td>0.51</td> <td>0.53</td> <td>0.46</td> <td>0.21</td> <td>0.19</td> </tr> <tr> <td>Orthophosphate</td> <td>0.022</td> <td>0.016</td> <td>0.012</td> <td>0.008</td> <td>0.009</td> <td>0.033</td> <td>0.080</td> <td>0.021</td> <td>0.015</td> <td>0.025</td> </tr> <tr> <td>Phosphore total</td> <td>0.048</td> <td>0.052</td> <td>0.042</td> <td>0.038</td> <td>0.047</td> <td>0.067</td> <td>0.111</td> <td>0.053</td> <td>0.045</td> <td>0.049</td> </tr> </tbody> </table> | | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | Indice Rivaud | | 14 | | 15 | | | | 17 | | | Carbone organique dissous | 4.81 | 4.32 | 4.42 | 4.66 | 5.12 | 4.05 | 4.51 | 5.53 | 4.63 | 4.24 | Ammonium | 0.017 | 0.048 | 0.047 | 0.041 | 0.020 | 0.021 | 0.025 | 0.018 | 0.036 | 0.019 | Nitrite | 0.005 | 0.004 | 0.007 | 0.005 | 0.019 | 0.006 | 0.006 | 0.006 | 0.008 | 0.008 | Nitrate | 0.35 | 0.28 | 0.24 | 0.30 | 0.47 | 0.51 | 0.53 | 0.46 | 0.21 | 0.19 | Orthophosphate | 0.022 | 0.016 | 0.012 | 0.008 | 0.009 | 0.033 | 0.080 | 0.021 | 0.015 | 0.025 | Phosphore total | 0.048 | 0.052 | 0.042 | 0.038 | 0.047 | 0.067 | 0.111 | 0.053 | 0.045 | 0.049 |
| | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Indice Rivaud | | 14 | | 15 | | | | 17 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Carbone organique dissous | 4.81 | 4.32 | 4.42 | 4.66 | 5.12 | 4.05 | 4.51 | 5.53 | 4.63 | 4.24 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ammonium | 0.017 | 0.048 | 0.047 | 0.041 | 0.020 | 0.021 | 0.025 | 0.018 | 0.036 | 0.019 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Nitrite | 0.005 | 0.004 | 0.007 | 0.005 | 0.019 | 0.006 | 0.006 | 0.006 | 0.008 | 0.008 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Nitrate | 0.35 | 0.28 | 0.24 | 0.30 | 0.47 | 0.51 | 0.53 | 0.46 | 0.21 | 0.19 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Orthophosphate | 0.022 | 0.016 | 0.012 | 0.008 | 0.009 | 0.033 | 0.080 | 0.021 | 0.015 | 0.025 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Phosphore total | 0.048 | 0.052 | 0.042 | 0.038 | 0.047 | 0.067 | 0.111 | 0.053 | 0.045 | 0.049 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>Indices chimiques : percentile fixé - 80%</p> <p>Unités des percentiles 80% : mg C/l, mg N/l et mg P/l.</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

RIVIERE : ORBE (L')
 STATION : Vers les Scies

COORD : 504300/159000
 ALTITUDE [m] : 1020

COMMUNE : Le Chenit-Le Sentier
 REGION : Jura

CODES
 GESREAU : 5001
 STATION : B-AA-100
 63



| | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 |
|---------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Indice Rivaud | | 16 | | 18 | | | | 13 | | |

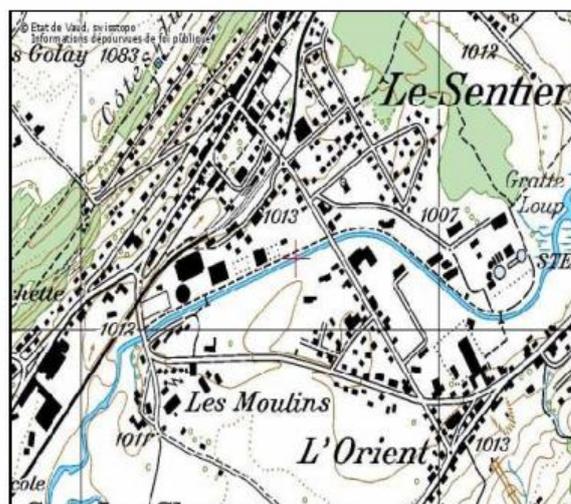
Indices chimiques : percentile fixé - 80%
 Unités des percentiles 80% : mg Cl/, mg N/l et mg P/l.

RIVIERE : ORBE (L')
 STATION : Le Sentier

COORD : 507600/162150
 ALTITUDE [m] : 1000

COMMUNE : Le Chenit-Le Sentier
 REGION : Jura

CODES
 GESREAU : 5001
 STATION : B-AA-150
 64



| | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 |
|---------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Indice Rivaud | | 16 | | 18 | | | | 16 | | |
| Carbone organique dissous | 4.60 | 4.64 | 4.45 | 4.70 | 4.47 | 4.66 | 4.36 | 5.03 | 4.67 | 4.49 |
| Ammonium | 0.021 | 0.017 | 0.021 | 0.025 | 0.023 | 0.033 | 0.023 | 0.020 | 0.015 | 0.012 |
| Nitrite | 0.004 | 0.005 | 0.006 | 0.007 | 0.008 | 0.008 | 0.006 | 0.006 | 0.004 | 0.003 |
| Nitrate | 0.40 | 0.41 | 0.39 | 0.53 | 0.47 | 0.58 | 0.70 | 0.62 | 0.42 | 0.30 |
| Orthophosphate | 0.006 | 0.008 | 0.009 | 0.007 | 0.007 | 0.008 | 0.009 | 0.010 | 0.010 | 0.009 |
| Phosphore total | 0.037 | 0.036 | 0.026 | 0.029 | 0.034 | 0.035 | 0.037 | 0.044 | 0.038 | 0.038 |

Indices chimiques : percentile fixé - 80%
 Unités des percentiles 80% : mg Cl/, mg N/l et mg P/l.

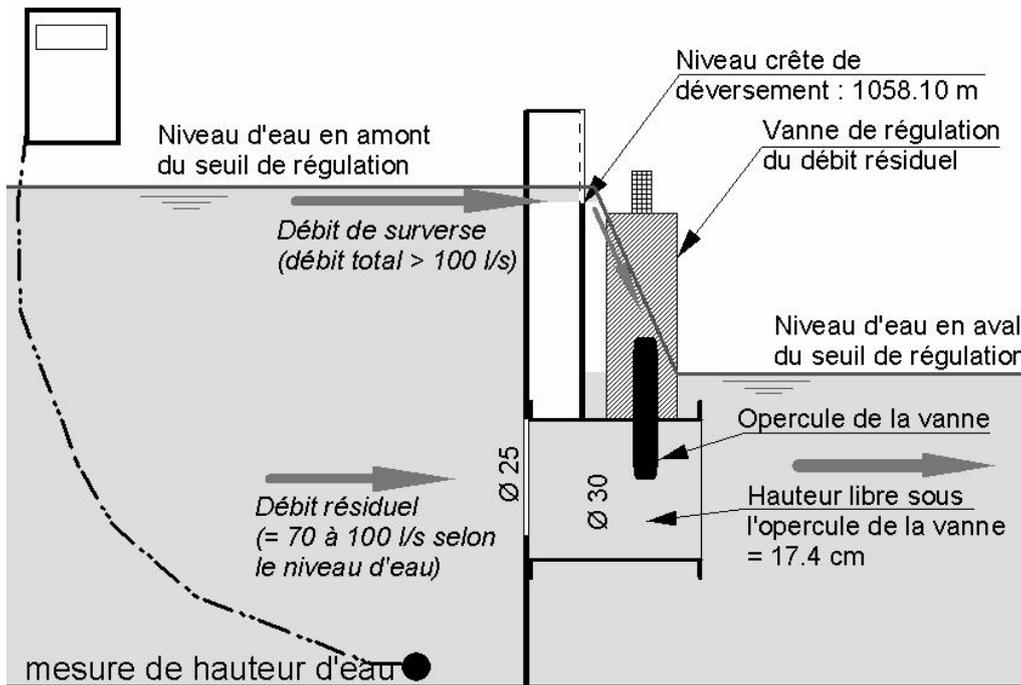
ANNEXE 3

Schématisation de l'ouvrage de régulation de Planche Paget

Photo du 30.06.2009



Coupe de l'ouvrage





TRIFORM SA
POUR L'ENVIRONNEMENT
FÜR DIE UMWELT

1704 **FRIBOURG**, COURT-CHEMIN 19, T 026 322 75 46
1003 **LAUSANNE**, PL. BEL-AIR 1, T 021 312 07 34
3006 **BERN**, LAUBEGGSTRASSE 70, T 031 351 50 11
TRIFORM@TRIFORM.CH, WWW.TRIFORM.CH

*Canton de Vaud – Service des eaux,
sols et assainissement*

ORBE SUPERIEURE

EVALUATION QUANTITATIVE ET QUALI- TATIVE DE L'ORBE SUPÉRIEURE

Lac des Rousses – Lac de Joux

Octobre 2009



| | Version A | Version B | Version C |
|--------------------------------------|----------------------------|-----------|-----------|
| Nom du document | Rapport_Orbe_sup.doc | | |
| N° projet | 109067 | | |
| Date | 16.10.09 | | |
| Auteur | Nicolas Bolli Ing. EPFL | | |
| Visa | | | |
| Collaborateur | | | |
| Maître d'ouvrage | SESA VD | | |
| Distribution | SESA VD | | |
| Remarques / Modifications | | | |

Table des matières

| | | |
|----------|---|-----------|
| 0 | Références | 4 |
| 1 | Introduction | 5 |
| 2 | Analyse qualitative | 6 |
| 2.1 | Descriptif du tronçon suisses | 6 |
| 2.2 | Bilan chimique et biologique | 7 |
| 2.3 | Diagnostic des températures | 7 |
| 2.3.1 | Impacts de la température | 8 |
| 2.3.2 | Mesures du 24.08.2009 | 9 |
| 2.4 | Paramètres physiques | 9 |
| 3 | Analyse quantitative | 10 |
| 3.1 | Le lac des Rousses | 11 |
| 3.2 | Ouvrage de régulation en aval du lac des Rousses | 12 |
| 3.3 | Barrage des Meuniers | 16 |
| 3.4 | Barrage du musée de la Boissellerie de Bois-d'Amont | 17 |
| 3.5 | Débits de l'Orbe supérieure | 18 |
| 4 | Propositions d'aménagement | 21 |
| 4.1 | Proposition de régulation du lac des Rousses | 21 |
| 4.1.1 | Proposition de mesures complémentaires | 22 |
| 4.2 | Proposition pour le barrage des Meunier | 26 |
| 4.3 | Proposition pour le barrage de la Boissellerie | 26 |
| 4.4 | Proposition de végétalisation | 28 |
| 5 | Conclusion | 28 |

Liste des figures

| | | |
|------------|--|----|
| Figure 1: | Situation de l'Orbe supérieure | 5 |
| Figure 2: | photos au niveau de la Scie-Neuve | 7 |
| Figure 3: | températures du 20 au 23 juillet 2004 (période la plus chaude de l'année) mesurées par l'EAWAG | 8 |
| Figure 4: | Situation des ouvrages de retenue | 11 |
| Figure 5: | Photo de l'ouvrage de régulation lac des Rousses | 13 |
| Figure 6: | Schéma probable de l'ouvrage de régulation lac des Rousses (levés du 30.06 et 24.08.2009) | 14 |
| Figure 7: | Courbes de vidange de l'ouvrage de régulation à Planche Paget | 15 |
| Figure 8: | photo du barrage des Meuniers | 16 |
| Figure 9: | photo du barrage des Meuniers – by-pass rive droite | 16 |
| Figure 10: | photo du barrage du musée de la Boissellerie | 17 |
| Figure 11: | graphes du nombre de jours avec débit moyen < 100 l/s | 19 |
| Figure 12: | graphes des débits moyens journaliers (rond rouge : < 100 l/s) | 20 |
| Figure 13: | graphes du nombre de jours avec débit moyen < 60 l/s | 20 |
| Figure 14: | courbes de vidange actuelle (Qtot_100-), souhaitée à la base (Qtot_174) et proposée | 23 |
| Figure 15: | volume de réserve et débit de sortie du lac – situation actuelle | 24 |
| Figure 16: | volume de réserve et débit de sortie du lac – situation variante A | 24 |
| Figure 17: | volume de réserve et débit de sortie du lac – situation variante B | 25 |
| Figure 18: | vue du by-pass du barrage des Meuniers et possibilité de passe à poissons | 26 |
| Figure 19: | passe à poissons existante et canal de sortie de la passe (à droite) | 27 |

Annexes

| | |
|----------|---------------------------------|
| Annexe 1 | Situation générale |
| Annexe 2 | Situation des mesures proposées |

0 Références

Maître de l'ouvrage

- Service des eaux, sols et assainissement, 1014 Lausanne

Installation

- Orbe supérieure

Situation

- Lac des Rousses – Lac de Joux

Bases

- Visite in situ
- Postulat Bonny
- Rapport « Ouvrage de régulation du lac des Rousses », 8.08.1990
- « Le lac de Joux et l'Orbe, milieux vivants, Evolution de la qualité des eaux 1985-2004 », SE-SA, oct.2006.
- « Le lac des Rousses », déc. 1999, les lacs du département du Jura
- « L'Orbe à la Vallée », SVPR, janvier 2008
- « SIE du plateau des Rousses, Proposition pour un schéma opérationnel d'aménagement du bassin versant du lac des Rousses », septembre 2006, Nathalie Bouvet – conseil environnement.
- « Alimentation collective en eau potable, Ouvrage de régulation du lac des Rousses », Cabinet Marc Merlin, août 1990.
- « Influence du couvert végétal sur le régime thermique de l'Orbe à la Vallée de Joux », EA-WAG, 2005.

1 Introduction

L'Orbe supérieure prend sa source à l'exutoire du lac des Rousses, dans le département du Jura français. Le pompage pour prélever de l'eau potable dans le lac des Rousses peut influencer le débit de la rivière, étant donné qu'une grande partie de l'eau consommée est restituée dans un autre bassin versant. L'Orbe parcourt ensuite 7 kilomètres sur le territoire français, sur lesquels elle franchit deux ouvrages de retenue jusqu'à la frontière franco-suisse.

De la frontière au lac de Joux le tronçon suisse est de 17 kilomètres. Deux affluents principaux se jettent dans l'Orbe, le Biblanc et le Brassus.

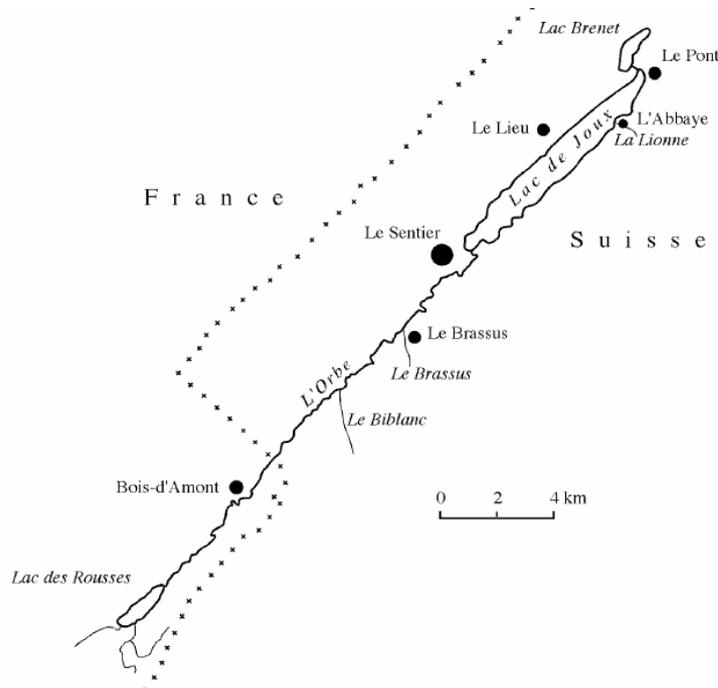


Figure 1: Situation de l'Orbe supérieure

Le postulat Dominique Bonny demande des mesures afin de réguler le débit minimum et la qualité sanitaire de l'Orbe supérieure.

Diverses associations proches de la nature et de la pêche relèvent en effet une qualité sanitaire et thermique préoccupante de l'Orbe supérieure.

Un certain nombre d'études documentent déjà l'état qualitatif et quantitatif de l'Orbe. Seules les conclusions principales et certaines informations ciblées sont reprises dans le présent rapport.

On peut citer dans ce contexte trois phénomènes principaux allant à l'encontre d'une situation favorable pour la faune piscicole :

1. Les faibles débits d'étiage
2. les températures élevées
3. les obstacles au passage de poissons

Le présent rapport a comme objectif d'établir :

- un résumé de la situation actuelle qualitative de la rivière
- une analyse la situation actuelle et passée en terme de débits en provenance de la France
- des propositions de solutions permettant d'améliorer les conditions pour la faune piscicole

2 Analyse qualitative

Malgré le constat positif du bilan chimique et biologique (voir chap. 2.2), le bilan général est différent, particulièrement en étiage.

Les principaux constats négatifs sur le tronçon suisse sont :

- débits d'étiage régulièrement trop faibles
- températures trop élevées
- présence de beaucoup d'algues
- disparition des salmonidés
- maladie rénale proliférative (MRP)

Les effectifs d'ombres sont en régressions sur cette rivière comme dans de nombreux autres secteurs en Suisse (Zaugg et al. 2003). Dans le canton de Vaud les statistiques de capture sont légèrement biaisées par les modifications des dimensions minimales de capture en 1997, puis 2004 (Bernard Buttiker, mai 2007).

La maladie rénale proliférative (MRP) est une maladie provoquant la mort pour de nombreux poissons. Elle ne se déclare qu'à partir d'une température de l'eau supérieure à 15°C durant 2 semaines.

Ce chapitre reprend les conclusions de diverses études existantes et les commentaires suite à la vision locale du 24 août 2009.

2.1 Descriptif du tronçon suisses

L'Orbe sur le territoire suisse reçoit deux affluents principaux : le premier affluent est le Biblanc, petit ruisseau qui s'assèche parfois en été. Le deuxième, le Brassus, contribue quand à lui à augmenter passablement le débit de l'Orbe et surtout à diminuer sa température.

Après 17 km depuis la frontière franco-suisse l'Orbe se jette dans le lac de Joux.

Sa pente moyenne est de 0.3 % et sa largeur varie de 6 à 12 mètres.

Dans la première partie amont (frontière-Biblanç) la zone riveraine est composée de tourbières, marécages et quelques pâturages. Le passage par le bois du Carroz est la seule portion réellement arborisée du parcours de l'Orbe supérieure. Plus en aval et jusqu'au Sentier la végétation est dominée par des prairies de fauche et des pâturages, avec quelques courts tronçons avec buissons ou boisés. Un tronçon 5 à 600 mètres en aval de la confluence du Brassus est encore relativement bien arborisé.

2.2 Bilan chimique et biologique

Selon les prélèvements effectués par le SESA sur l'Orbe supérieure, la qualité biologique s'est améliorée ces 15 dernières années et est considérée comme satisfaisante à très satisfaisante dans les 3 stations de l'Orbe à la Vallée (indice RIVAUD proche ou supérieur à 15).

De même, la qualité chimique des eaux de l'Orbe peut être qualifiée de bonne (« Le lac de Joux et l'Orbe, milieux vivants, Evolution de la qualité des eaux 1985-2004 », SESA, oct.2006). En effet une amélioration est perceptible depuis la mise en service de la STEP de Bois-d'Amont.

Par débit d'étiage, l'influence du rejet de la STEP est cependant sensible. Au niveau de la Scie-Neuve (1 km en aval de Bois-d'Amont) on peut noter une élévation de température de 2°C et le développement important d'algues filamenteuses et d'organismes hétérotrophes :



Figure 2: photos au niveau de la Scie-Neuve

2.3 Diagnostic des températures

La vitesse de réchauffement des eaux d'un cours d'eau est principalement dépendante de la profondeur, de la vitesse et de l'ensoleillement. Par faibles débits la profondeur et la vitesse diminuent.

Sur l'Orbe supérieur les pentes très faibles engendrent des vitesses souvent inférieures à 0.1 m/s.

Les mesures en continu effectuées par l'Eawag en 2004 montrent d'une part des températures maximales très élevées (jusqu'à 24-25°C) et d'autre part des amplitudes journalières importantes (de 5 à 7°C).

Les eaux profondes diminuent les amplitudes journalières de température (inertie) et de ce fait tendent à diminuer la température des eaux venant de l'amont. Il est aussi montré qu'une augmentation de débit a plus d'effet sur les amplitudes journalières que sur les températures moyennes (« Hydrologie et dynamique hydroécologique des cours d'eau », Malavoi et Souchon, 1992).

L'étude de l'Eawag montre que les zones ombragées permettent, par période d'étiage, de diminuer grandement les températures (d'env. 4°C). Ceci est confirmé par nos mesures du 24.08.2009 entre l'amont et l'aval du Bois Carré (cf chap. 2.3.2), mais pas par les mesures en continu de l'EAWAG aux mêmes endroits (points 1 et 2) :

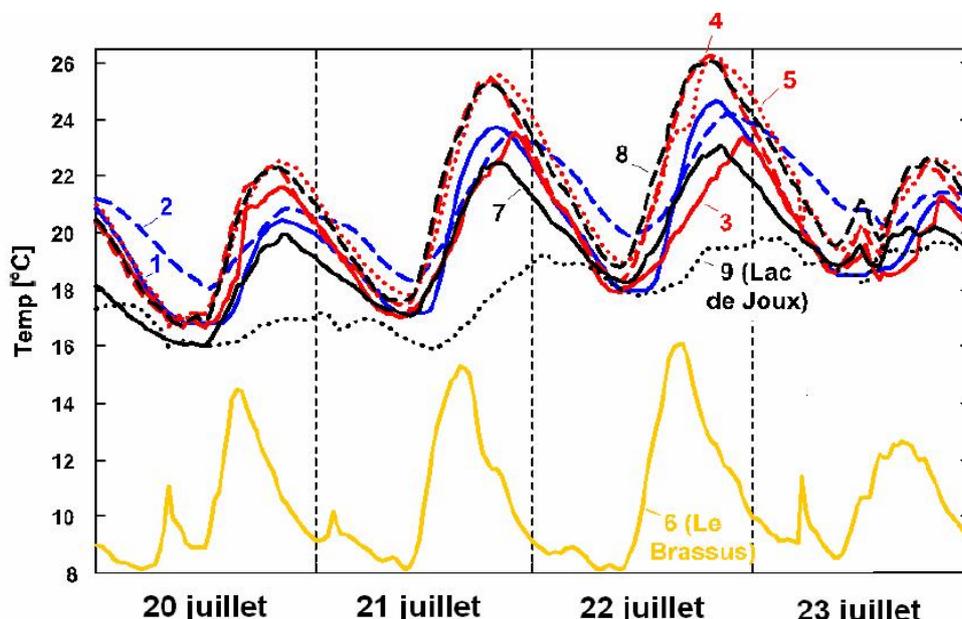


Figure 3: températures du 20 au 23 juillet 2004 (période la plus chaude de l'année) mesurées par l'EAWAG

2.3.1 Impacts de la température

La maladie rénale proliférative (MRP) ne se déclare qu'à partir d'une température de l'eau supérieure à 15°C durant 2 semaines.

D'autre part les poissons adultes de type ombre ou truite de rivière vivent de manière optimum avec des températures maximums inférieures à 20°C. Les températures optimales pour la croissance de ces espèces se situent plutôt entre 10 et 15°C.

Les études de M.G. Paquet sur l'ombre de rivière (et de l'EAWAG en 2004) montrent des températures mesurées sur l'Orbe supérieure régulièrement trop importantes :

- Juillet-août 1996 : dépassement des 15° durant 30 jours consécutifs (Tmax = 25°C)
- Juin 1997 : dépassement des 15° durant 20 jours consécutifs
- Août-sept 1997 : dépassement des 15° durant 28 et 22 jours consécutifs
- Juil-août 1998 : dépassement des 15° durant 30 + 30 jours consécutifs (Tmax = 24°C)

G. Paquet précise aussi que la période de reproduction des ombres s'étend de mars à avril, période où les températures sont bien plus fraîches.

2.3.2 Mesures du 24.08.2009

Nos mesures effectuées le 24.08.2009 montrent que les températures évoluent beaucoup selon les sites (voir situation générale en annexe). Ces valeurs ne sont qu'une photographie instantanée de la situation du jour :

Temps : beau, vent sur la partie amont
T°C ext. : 26-28 °C
Débit : faible (50-70 l/s)
Heure mesures : 15h – 16h30

Les principales valeurs sont, de l'amont vers l'aval :

- Valeur max. = 22°C – min. = 14°C (9° pour le Brassus)
- T°C du lac des Rousses = 22°C = T°C à l'ouvrage de régulation
- Celle-ci diminue ensuite jusqu'à un minimum de 16° au lac du barrage des Meuniers ; ceci peut s'expliquer par la présence d'ombrage juste en aval de Planche Paget, par la profondeur des eaux en amont du barrage (cours d'eau + lac), par la présence d'un vent soutenu permettant un brassage des eaux plus profondes et éventuellement par la présence de macrophytes (plantes flottantes, roseaux,...) faisant office d'ombrage.
- Cet abaissement de température serait à confirmer un jour sans vent.
- Les eaux remontent à 18°C jusqu'à Bois-d'Amont (secteur peu profond + faibles vitesses)
- 17°C en sortie du barrage de Bois-d'Amont
- elles remontent à 19° un kilomètre en aval (eaux de STEP + faibles profondeurs)
- En aval de Bois Carré (La Burtinière) la température descend à 15°C, les algues filamenteuses ont fait place aux plantes vasculaires à feuilles flottantes.
- Elle remonte à 18° jusqu'au Brassus (secteur peu profond + faibles vitesses)
- Le mélange avec les eaux du Brassus (8-9°C) est à 14°C peu en aval de la confluence

2.4 Paramètres physiques

Les caractéristiques géométriques de la rivière ne sont pas relevées en détail.

Les vitesses moyennes ont été mesurées ou estimées en plusieurs endroits, le 24.08.2009. Les débits à la frontière variaient ce jour là de 50 à 70 l/s (étiage).

Caractéristiques moyennes mesurées en divers lieux :

| | Vitesse [m/s] | Profondeur | Largeur/largeur écoulement |
|---------------------------------|----------------------|-------------------|-----------------------------------|
| 50m amont Brassus : | 0.05 – 0.08 | 0.5 m | 6 m / 3.5 m |
| 150m amont Brassus : | 0.08 – 0.1 | 0.3 m | 5 m / 3 m |
| Amont Crêt Lecoultre : | ~ 0.1 | 0.2 m | 4 m |
| Aval Crêt Lecoultre : | (~ 0) | 1-1.2 m | 10 m |
| Burtignière : | ~ 0.01 | >0.5 m | 8 m |
| Aval Bois-d'Amont : | ~ 0.1 | 0.1 – 0.2 m | 4 m |
| Aval barrage Meuniers : | 0.06 – 0.2 | 0.1-0.15 m | 4 m |
| Landes d'Aval : | < 0.03 | 0.5 – 0.7 m | 5-7 m |
| Aval régulation Planche Paget : | 0.03-0.1 | 0.08-0.1 | 6 m / 4 m |

Le débit à la sortie du lac des Rousses peut être estimé le 24.08.09 à **30 à 40 l/s** (calcul du débit à la vanne partiellement obstruée + mesures de vitesse dans la section sous le pont en aval).

Les vitesses d'écoulement sont régulièrement faibles à très faibles (0.01 à 0.1 m/s).

Les profondeurs varient selon les tronçons de 10-20 cm à 50-60 cm, exception faite des profondeurs en amont des barrages.

3 Analyse quantitative

Les objets ou ouvrages déterminants pour l'analyse quantitative de l'Orbe supérieure sont décrits pour le tronçon français de l'amont vers l'aval :

- le lac des Rousses
- la régulation en aval du lac
- le barrage des Meuniers
- le barrage du musée de la Boissellerie de Bois d'Amont
- la mesure de débit à la frontière

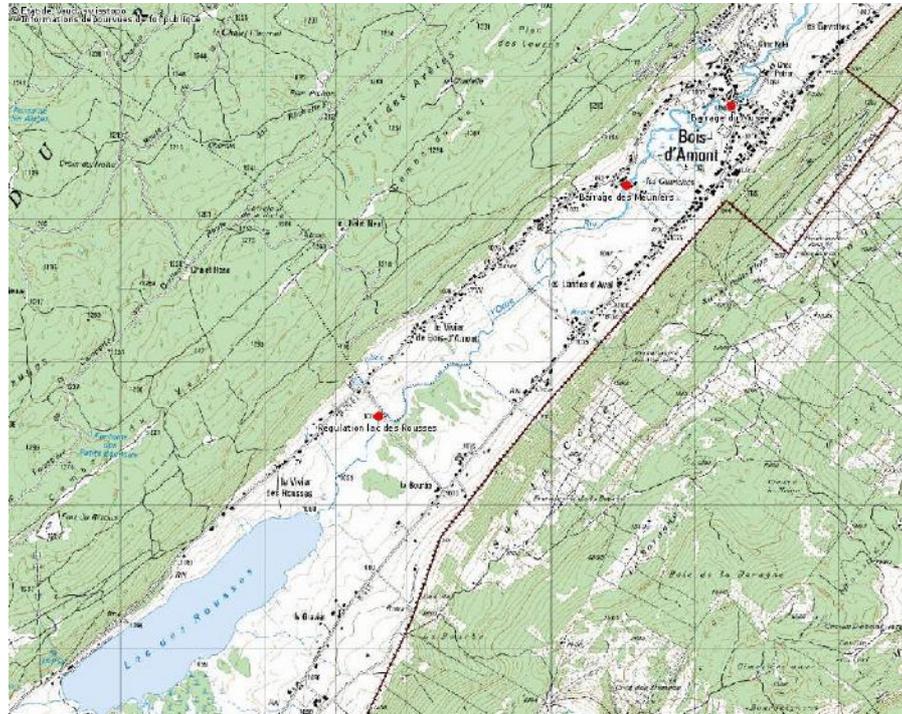


Figure 4: Situation des ouvrages de retenue

3.1 Le lac des Rousses

Le lac des Rousses est alimenté par de petits ruisseaux, ruisselets et drains, par les eaux de ruissellement et quelques sources temporaires en fonction des conditions climatiques. Une zone de tourbière s'étend au sud-sud-est.

Caractéristiques :

| | |
|------------------------------|-------------------------------------|
| Surface du lac des Rousses = | 91 ha |
| Profondeur maximale = | 17 mètres |
| Volume approximatif = | 10 millions de m ³ |
| Cote du lac 1989-1993 = | 1059.38 – 1057.25 (dh max = 2.13 m) |
| Cote du lac 1993-2008 = | pas de données |
| Surface du bassin versant = | 1'556 ha |

Les températures des eaux superficielles du lac atteignent régulièrement des valeurs supérieures à 15°C en été: 17-18° (2005) à 22-23°C (2006 ou 2009) (voir rapport final SIE du plateau des Rousses « Proposition pour un schéma opérationnel d'aménagement du bassin versant du lac des Rousses », septembre 2006)

Un seuil de régulation est installé sur l'Orbe à la Planche Paget (voir chapitre suivant). Ce seuil crée une surélévation du lac, ce qui permet un volume de stockage supplémentaire et diminue les variations de hauteur du lac. Une vanne est réglée pour laisser théoriquement un débit résiduel minimum de 140 à 70 litres par seconde (« Alimentation collective en eau potable, Ouvrage de régulation du lac des Rousses », Cabinet Marc Merlin, août 1990).

L'alimentation en eau potable du Syndicat Intercommunal des Eaux du Plateau des Rousses est effectuée par le biais d'un pompage dans le lac.

Le débit maximum de pompage s'élève à 4'500 m³/j (52 l/s), selon l'arrêté 1487, préfecture du Jura, 1.10.2001.

Les valeurs moyennes mensuelles de production d'eau potable des années 2006 à 2008 sont données ci-dessous. Aucune indication n'existe sur les valeurs journalières.

| | en m3/mois | | | en l/s | | |
|--------------|----------------|----------------|------------------|-----------|-----------|-----------|
| | 2006 | 2007 | 2008 | 2006 | 2007 | 2008 |
| Janvier | 107'317 | 87'100 | 109'515 | 40 | 33 | 41 |
| Février | 85'352 | 92'810 | 96'860 | 32 | 35 | 36 |
| Mars | 93'164 | 97'429 | 111'580 | 35 | 36 | 42 |
| Avril | 78'767 | 68'764 | 90'244 | 29 | 26 | 34 |
| Mai | 65'941 | 66'739 | 79'360 | 25 | 25 | 30 |
| Juin | 69'454 | 64'232 | 77'912 | 26 | 24 | 29 |
| Juillet | 80'777 | 72'549 | 74'356 | 30 | 27 | 28 |
| Août | 81'601 | 78'729 | 78'308 | 30 | 29 | 29 |
| Septembre | 63'232 | 72'579 | 71'834 | 24 | 27 | 27 |
| Octobre | 67'525 | 72'476 | 64'356 | 25 | 27 | 24 |
| Novembre | 64'254 | 74'636 | 74'346 | 24 | 28 | 28 |
| Décembre | 63'840 | 76'084 | 85'204 | 24 | 28 | 32 |
| TOTAL | 921'224 | 924'127 | 1'013'875 | 29 | 29 | 32 |

Les débits moyens annuels de pompage s'élèvent environ à 1'000'000 m³/an.

Les débits moyens mensuels maximum sont en hivers (max. 42 l/s). En été les débits moyens s'élèvent à environ 30 l/s. Afin de tenir compte des jours de pointe on admet pour la suite un débit de **40 l/s** (3'450 m³/j) comme valeur journalière moyenne en été.

3.2 Ouvrage de régulation en aval du lac des Rousses

L'ouvrage de régulation, situé sur l'Orbe à Planche Paget, environ 900 mètres en aval du lac, est composé d'une série de palplanches en arc de cercle, dont 4 sont surbaissées faisant office de déversoir. Une vanne circulaire diamètre 300 mm, située à mi hauteur par rapport au fond, permet de garantir un débit résiduel.



Figure 5: Photo de l'ouvrage de régulation lac des Rousses

A l'origine et selon le rapport « Alimentation collective en eau potable, Ouvrage de régulation du lac des Rousses – Avant-projet détaillé », Cabinet Marc Merlin, août 1990, les caractéristiques étaient les suivantes :

- la crête de déversement est située à 1'058.10 mètres et la vanne est réglée pour permettre un débit résiduel de 140 litres par seconde lorsque le niveau d'eau est à cette cote de 1058.10 m.
- Ce rapport mentionne que les prélèvements d'eau potable dans le lac se font sentir sur les débits de l'Orbe à partir d'un débit de l'Orbe de 150 l/s.
- La vanne à opercule devait être descendue de 126 mm, soit un passage libre sous la vanne de 174 mm ou une surface de passage de 0.05 m². Avec un tel réglage, dans des conditions de vanne non noyée (charge maximum) et avec un coefficient de débit de 0.82 (ajutage extérieur sans vanne) un débit de 140 l/s (niveau à la crête de déversement) à 70 l/s (niveau bas) peut être garanti.
- Une grille crépinée était prévue pour retenir pierre et autres objets, avec ouverture de Ø 200 mm pour permettre le passage des poissons.

Les relevés du 30.06.09 de cet ouvrage montrent que la vanne de fond ne permet pas de garantir un débit résiduel de 100 l/s (débit minimum à assurer) pour les raisons suivantes :

- le passage libre sous l'opercule de la vanne n'est que de 10 cm (0.03 m²) au lieu de 17.4 cm (0.05 m²)
- des pierres semblent faire une obstruction importante dans la vanne, d'où un passage libre estimé de 0.0075 à 0.015 m²
- le coefficient de débit (contraction + pertes de charge) de cet organe avec opercule est plutôt de 0.7 (voire 0.6) que 0.82. Ce coefficient diminue encore par la présence des pierres.

- Un orifice de \varnothing 250 mm percé dans la palplanche, en amont de la vanne, ajoute encore une perte de charge au système.
- Et enfin la vanne étant noyée depuis l'aval, la charge (différence des niveaux d'eau amont-aval) est inférieure à celle d'un écoulement libre en aval de la vanne.

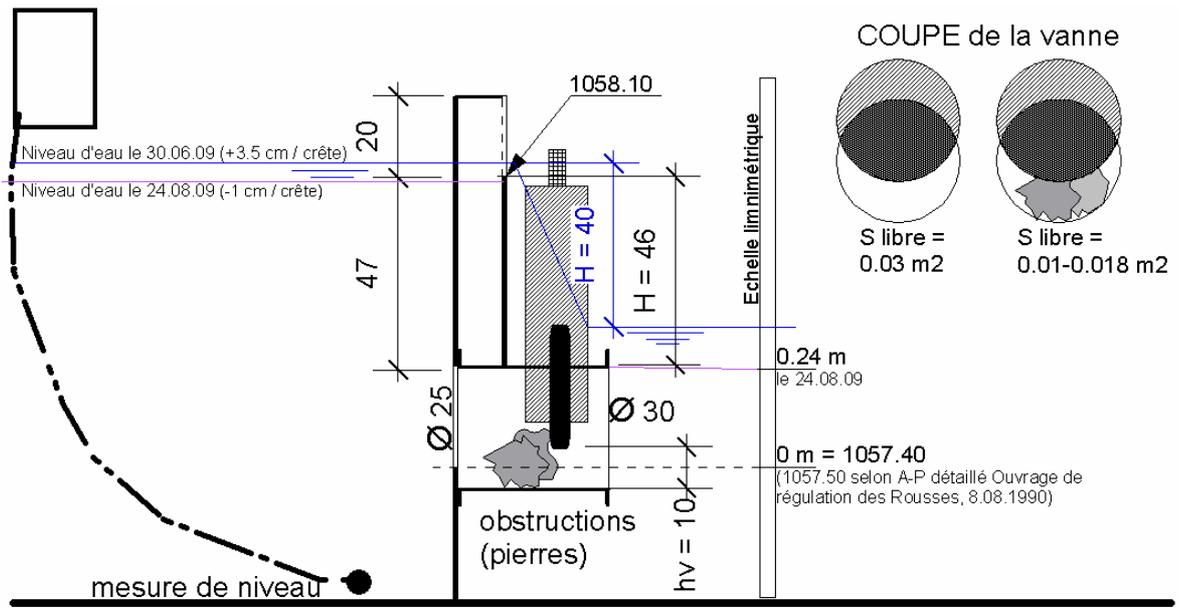


Figure 6: Schéma probable de l'ouvrage de régulation lac des Rousses (levés du 30.06 et 24.08.2009)

Caractéristiques mesurées le 30.06.09 :

- Longueur développée d'une palplanche = 82 cm
- Longueur développée des 4 ouvertures = 328 cm
- Hauteur d'eau sur la crête mesurée le 30.06.09 = 3.5 à 4 cm
- Débit déversé par la crête = **40 – 50 l/s**
- Diamètre de la vanne = \varnothing 300 (noyée, charge $H = 0.4$ m)
- Hauteur libre sous la vanne $h_v = 0.1$ m
- Surface max. de passage sous la vanne (sans obstruction, $h_v = 10$ cm) = 0.03 m^2
- Surface de passage sous la vanne (avec obstruction constatée) = 0.01 à 0.018 m^2 (30 à 60%)

Le débit maximum sous la vanne, sans obstruction ($h_v = 10$ cm, $dH = 0.4$ m) est ainsi de **60 l/s** (coefficient de débit $m = 0.7$)

Le débit du 30.06.09 sous la vanne (avec obstruction, $h_v = 10$ cm, $dH = 0.4$ m) est estimé de 20 à 35 l/s maximum.

Débit total estimé à la sortie du lac le 30.06.09 = 60 à 85 l/s

Le débit mesuré à la frontière ce jour là était de **110 l/s**.

Le **24.08.2009** aucun déversement n'avait lieu (niveau d'eau = -1 cm sous crête). Le débit (par la vanne) peut alors être estimé de **30 à 40 l/s.** (charge dH = 45 cm)

Le débit mesuré à la frontière à ce moment était de **50-60 l/s.**

Le graphe ci-dessous présente les courbes de vidange du lac par cet ouvrage de régulation (sans le pompage eau potable).

Qtot_0 = débit avec vanne fermée (uniquement déversement en dessus de 1058.10 m).

Qtot_100- = débit avec vanne ouverte de 100 mm avec obstruction + déversement dès 1058.10 m
= situation actuelle

Qtot_100 = débit avec vanne ouverte de 100 mm sans obstruction + déversement dès 1058.10 m.

Qtot_174 = débit avec vanne ouverte de 174 mm sans obstruction + déversement dès 1058.10 m
= situation de réglage préconisé par le projet de 1992

Qtot_200 = débit avec vanne ouverte de 200 mm + déversement dès 1058.10 m

Qtot_300 (traitillé) = débit avec vanne complètement ouverte + agrandissement de l'ajutage amont de 250 mm dans la palplanche.

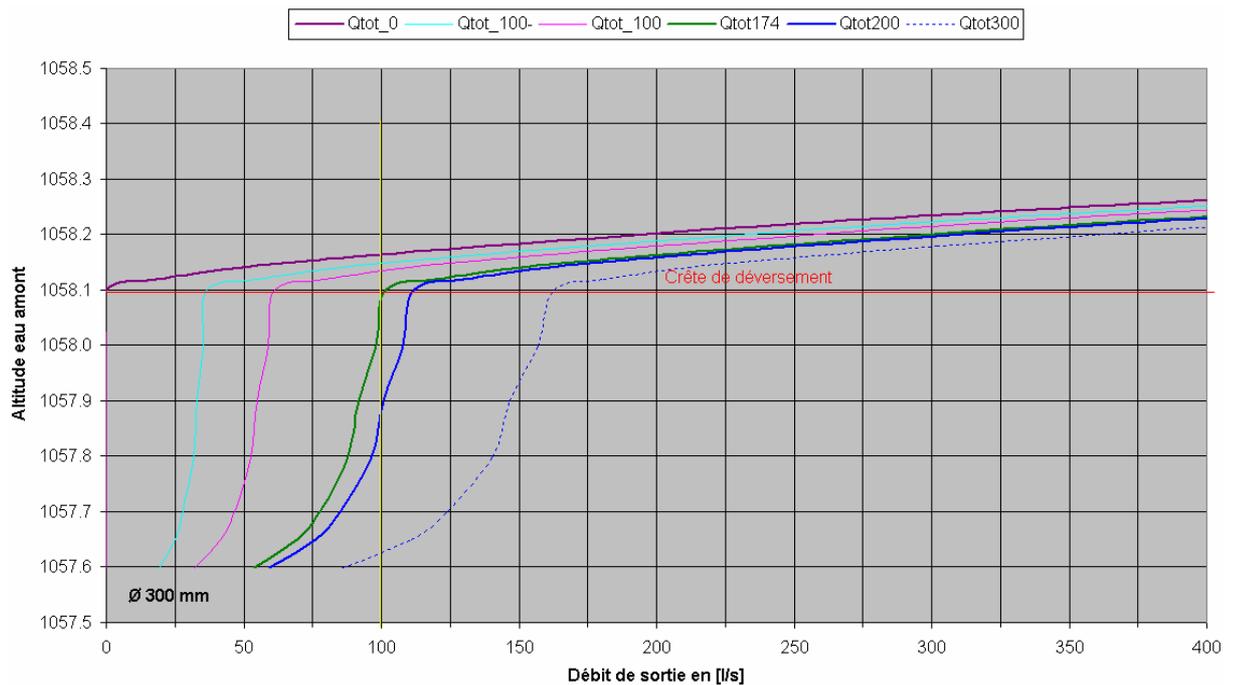


Figure 7: Courbes de vidange de l'ouvrage de régulation à Planche Paget

3.3 Barrage des Meuniers

Ce barrage situé en amont de Bois d'Amont n'a plus de fonction depuis plusieurs années. Le démantèlement de ce barrage n'est pas prévu.



Figure 8: photo du barrage des Meuniers

Le débit, lorsqu'il est suffisant passe entièrement par-dessus la crête de déversement. Les trois by-pass ou prises d'eau ne sont pas fonctionnelles. Deux by-pass passent sous les bâtiments à gauche et à droite. Le troisième by-pass est une vanne batardeau, en rive gauche, déversant dans un canal ouvert hors service :



Figure 9: photo du barrage des Meuniers – by-pass rive droite

La vanne de fond semble aussi fermée. La longueur totale de la crête déversante est d'environ 12 mètres. L'estimation de faibles débits est donc très incertaine ici, puisqu'une différence de 1 cm représente environ 50 litres par seconde.

Au vu de la très faible hauteur d'eau sur la crête en période d'étiage, des possibilités de laminage et d'infiltration (pertes) existent ; celui-ci devrait être équipé d'une sortie garantissant le débit résiduel, sous la forme d'une crête de déversement abaissée et de faible largeur.

D'autre part aucune possibilité n'existe pour le transit des poissons.

Le ralentissement des eaux et l'élargissement de la surface du plan d'eau dans le lac formé en amont du barrage favorise l'élévation de température des eaux de surface. Cependant les eaux profondes diminuent les amplitudes journalières de température et peuvent permettre le refroidissement des eaux.

Enfin on peut ajouter que la surface du plan d'eau amont agit fortement comme laminage des crues, particulièrement de faibles crues. Ceci engendre une modification du régime hydrologique du cours d'eau et diminue les fréquences des faibles crues en aval.

3.4 Barrage du musée de la Boissellerie de Bois-d'Amont

Ce barrage situé à Bois d'Amont n'a plus de fonction. L'entier du débit transite, soit par le biais de la crête déversante, soit par le by-pass latéral en rive droite ou par la déviation alimentant la roue.



Figure 10: photo du barrage du musée de la Boissellerie

Une passe à poisson a été construite, mais elle n'est pas fonctionnelle.

Une station de pompage pour une installation d'enneigement artificiel est installée 70 mètres en amont du barrage du musée de la Boissellerie. Son débit moyen est de 40 m³/h, avec un maximum pouvant atteindre 60 m³/h (env. 17 l/s). Le volume d'eau maximal autorisé est de 15'000 m³/an.

Il est admis que le débit réservé à l'aval ne doit pas être inférieur à 110 l/s (Arrêté no 1882 du 19 décembre 2007, préfecture du Jura). Une alarme coupe automatiquement les pompages quand le niveau de l'Orbe est à la cote 1058.30 m (selon l'Arrêté, *mais 1058.10 selon le schéma de l'ouvrage = à éclaircir*), au niveau de la retenue du lac des Rousses.

On peut cependant remarquer que les très faibles débits de l'Orbe enregistrés à la station Frontière ne se réalisent qu'en été. Le problème de l'enneigement artificiel n'est donc pas analysé plus en détail dans le présent rapport.

Les mêmes remarques qu'au chapitre précédent peuvent être faites ici, soit :

- le ralentissement des eaux et l'élargissement de la surface du plan d'eau dans le lac formé en amont du barrage favorise l'élévation des températures des eaux de surface. Cependant les eaux profondes diminuent les amplitudes journalières de température et peuvent permettre le refroidissement des eaux.
- la surface du plan d'eau amont agit fortement comme laminage des crues, particulièrement de faibles crues. Ceci engendre une modification du régime hydrologique du cours d'eau et diminue les fréquences des faibles crues en aval.

3.5 Débits de l'Orbe supérieure

Trois postes de mesure de débit existent sur l'Orbe supérieure. Le premier au niveau de l'ouvrage de régulation du lac des Rousses (voir chapitre 3.2). Le deuxième est une station de mesure de débit de l'OFEV : « Orbe, le Chenit-Frontière ». Le troisième poste est une station du SESA au niveau du Sentier. Ce dernier n'est pas analysé ici.

Les données de la station « Chenit-frontière » permettent d'évaluer les débits d'étiage depuis 1971.

Le débit moyen interannuel est de $0.95 \text{ m}^3/\text{s}$ (1971 – 2008).

L'analyse des faibles débits se focalise ici sur les débits inférieurs à 100 l/s.

Les graphes ci-dessous montrent le nombre de jours où le débit moyen journalier est descendu en dessous de 100 l/s pour les années 1971 à 1992, puis 1993 à 2008:

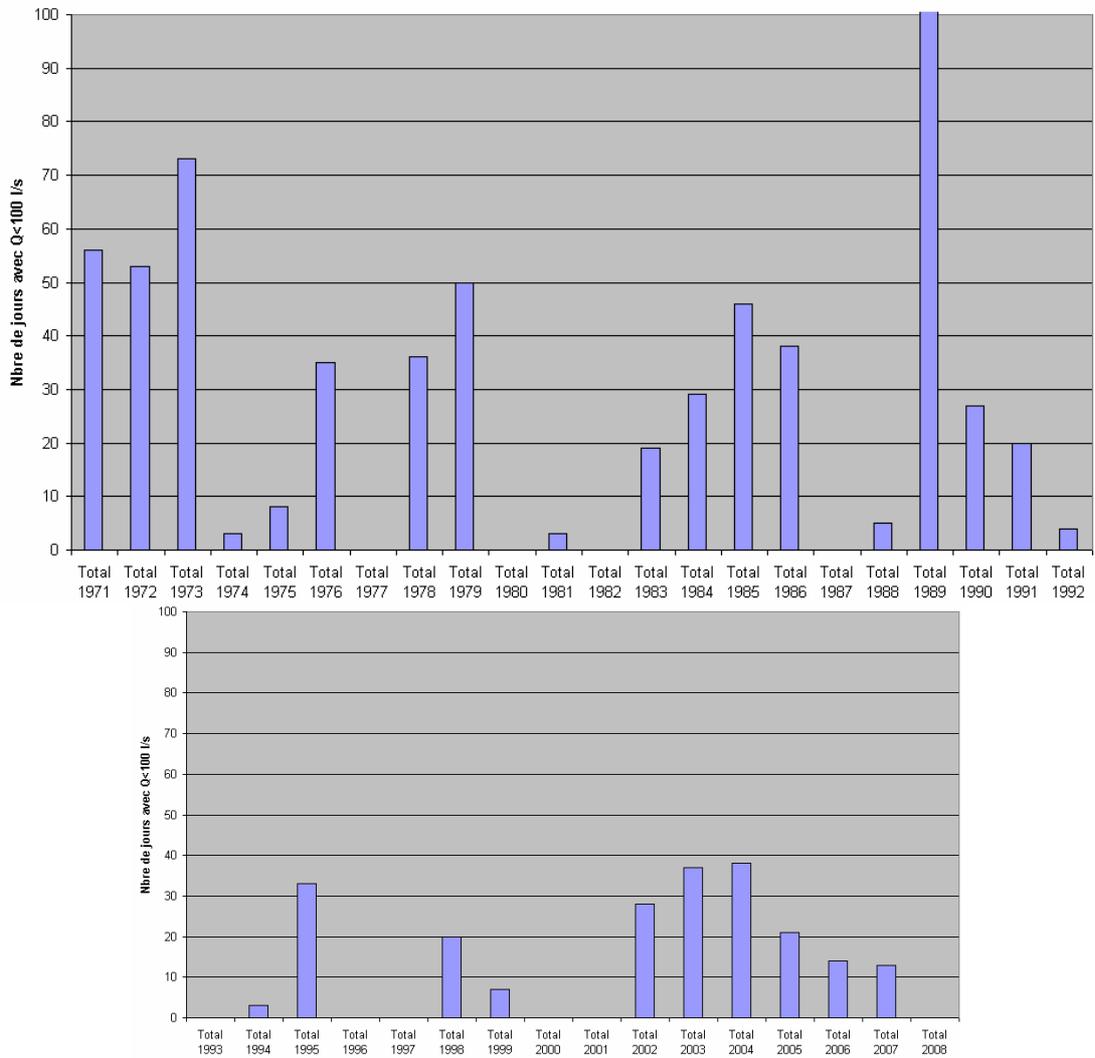


Figure 11: graphes du nombre de jours avec débit moyen < 100 l/s

Les deux périodes illustrées ci-dessus montrent que plus de la moitié des années, voire les 2/3, ont au minimum 10 jours où le débit est inférieur à 100 l/s.

Cependant la période avant 1990, et donc avant l'installation de l'ouvrage de Planche Paget (surélévation+régulation), montrent un nombre bien plus important de jours avec un débit inférieur à 100 l/s. Les graphes ci-dessous, par période de 10 ans, montrent non seulement des durées plus importantes de débits faibles, mais de plus que les valeurs descendent régulièrement en dessous de 50-60 l/s.

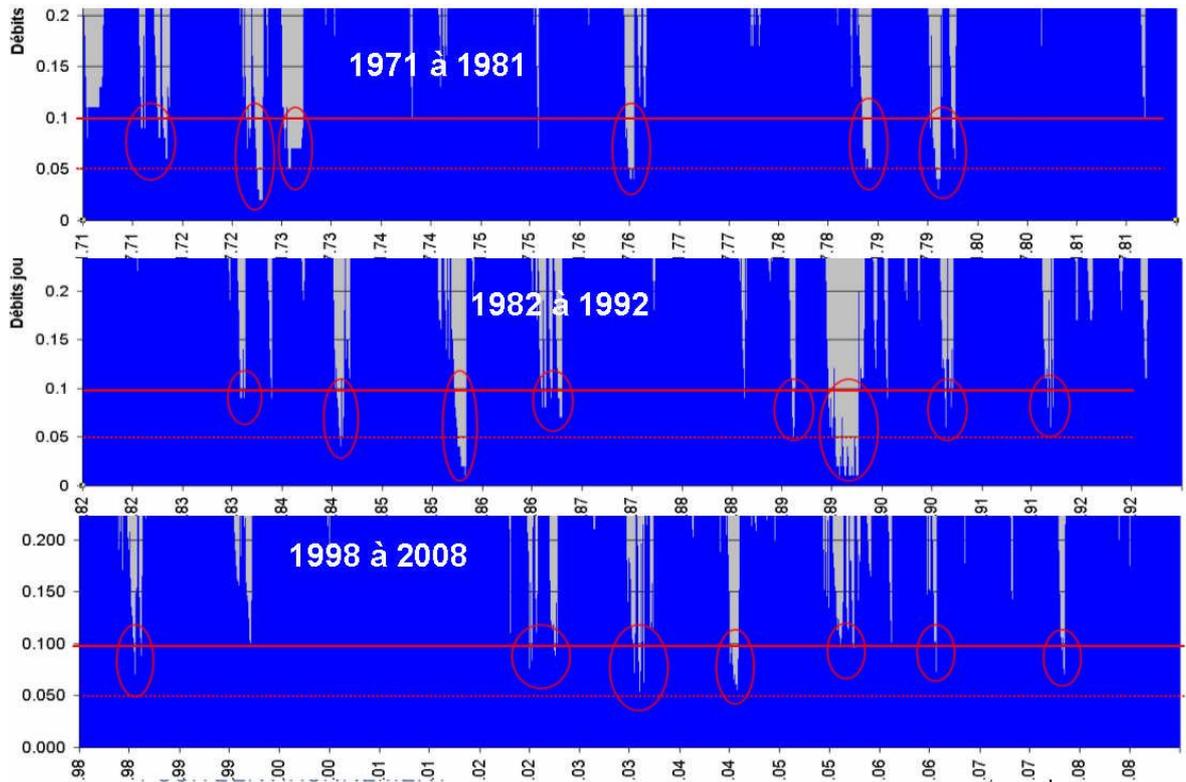


Figure 12: graphes des débits moyens journaliers (rond rouge : < 100 l/s)

Sur les 20 ans de 1971 à 1991, 8 années comptent plus de 10 jours (6 ans plus de 20 jours) avec un débit moyen inférieur à 60 l/s. Sur les dix ans de 1998 à 2008, seules 2 années ont 10 et 13 jours inférieurs à 60 l/s.

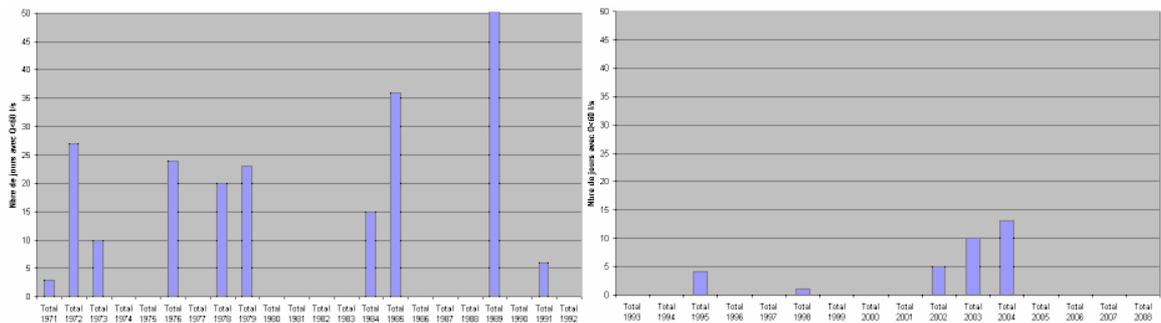


Figure 13: graphes du nombre de jours avec débit moyen < 60 l/s

Les mesures prises en 1992 (ouvrage de régulation et de surélévation du lac des Rousses) ont un effet sensible sur les débits minimums mesurés à la frontière. Cependant le nombre de jours comportant un débit trop faible est encore important : environ 1 année sur deux a plus de 20 jours de débit journalier moyen inférieur à 100 l/s.

4 Propositions d'aménagement

Les aménagements proposés doivent être simples et réalistes et ont comme objectifs l'amélioration des conditions de vie piscicole sur l'Orbe supérieure.

Les trois paramètres d'influence relevés sont :

| 1. Faibles débits d'étiage : | |
|---|---|
| EFFETS | ACTIONS POSSIBLES |
| <ul style="list-style-type: none"> ⇒ faibles hauteurs d'écoulement ⇒ faibles vitesses d'écoulement ⇒ élévation des températures ⇒ fortes amplitudes journalières de T°C | <ul style="list-style-type: none"> ⇒ régulation Lac des Rousses ⇒ débits résiduels des barrages ⇒ utilisation de l'eau |
| 2. Températures élevées | |
| EFFETS | ACTIONS POSSIBLES |
| <ul style="list-style-type: none"> ⇒ disparition des salmonidés ⇒ maladie rénale proliférative (MRP) | <ul style="list-style-type: none"> ⇒ végétaliser les berges sud (ombrage) ⇒ augmenter les débits d'étiages (cf point 1) |
| 3. Obstacles au passage de poissons | |
| EFFETS | ACTIONS POSSIBLES |
| <ul style="list-style-type: none"> ⇒ migrations | <ul style="list-style-type: none"> ⇒ échelles à poisson sur 3 barrages |

Avec les débits d'étiage mesurés à la frontière, certainement encore plus petits en amont, des pentes du cours d'eau très faibles et des berges peu arborisées, les températures s'élèvent rapidement lors de jours chauds et ensoleillés.

La vitesse de réchauffement des eaux d'un cours d'eau est principalement dépendante de la profondeur et de la vitesse. Par faibles débits la profondeur et la vitesse diminuent.

4.1 Proposition de régulation du lac des Rousses

Le projet d'origine de cet ouvrage (voir rapport « Alimentation collective en eau potable, Ouvrage de régulation du lac des Rousses – Avant-projet détaillé », Cabinet Marc Merlin, août 1990) spécifie une ouverture de vanne de 174 mm de passage libre sous l'opercule. Les courbes de vidange, illustrées sur la figure 7, montrent qu'avec un tel réglage un débit minimum de 100 l/s (niveau du lac à 1058.10 m) à 70 l/s (niveau du lac à 1058.70 m) peut être garanti.

La première mesure à prendre est donc de restaurer l'état d'origine et de prendre les mesures (grille amont) afin d'éviter que des pierres ne viennent à nouveau obstruer l'orifice.

Un réglage du passage libre sous l'opercule de 200 mm serait optimum, puisqu'il garantirait un débit minimum de 110 l/s à 80 l/s. Pour rappel le rapport « Alimentation collective en eau potable,

Ouvrage de régulation du lac des Rousses – Avant-projet détaillé», Cabinet Marc Merlin, août 1990, spécifiait un débit de régulation de 140 litres par seconde.

La mise en place d'un enregistrement des hauteurs d'eau en amont de la régulation permettrait le suivi et le contrôle de l'efficacité de cette mesure.

4.1.1 Proposition de mesures complémentaires

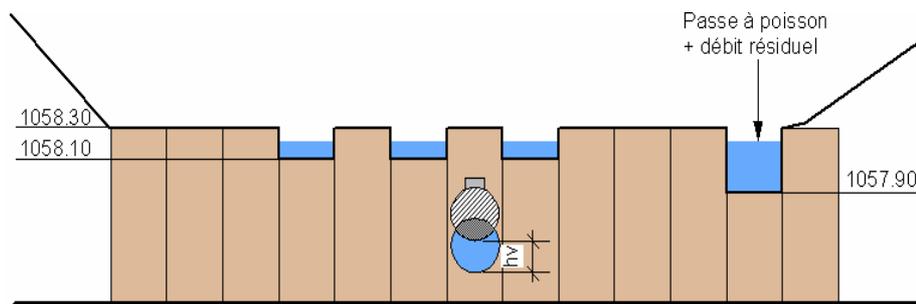
Des mesures complémentaires sont présentées ci-dessous.

Ces modifications proposées pour l'ouvrage de régulation du lac des Rousses à Planche Paget ont comme objectif de favoriser la migration piscicole (passe à poisson), d'améliorer les débits résiduels en conservant des réserves de volume d'eau suffisantes.

Ces propositions doivent être affinées et les diverses contraintes prises en compte.

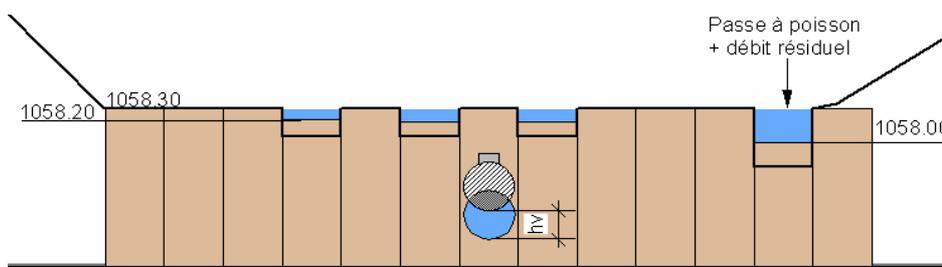
Deux variantes d'aménagement de Planche Paget sont illustrées :

Variante A : Conservation du niveau de la crête déversante à 1058.10 m
 Passe à poisson à 1057.90 m de largeur 0.3 m
 Régulation de la vanne en fonction de l'altitude de l'eau



Variante B : Surélévation de la crête déversante à 1058.30 m
 Passe à poisson à 1058.10 m de largeur 0.3 m
 Régulation de la vanne en fonction de l'altitude de l'eau

Les lois de vidange proposées sont illustrées ci-dessous, en comparaison avec la vidange actuelle (hvanne = 10 cm + obstruction) et la régulation souhaitée dans l'avant-projet de base (« Alimentation collective en eau potable, Ouvrage de régulation du lac des Rousses », Marc Merlin, 1990)



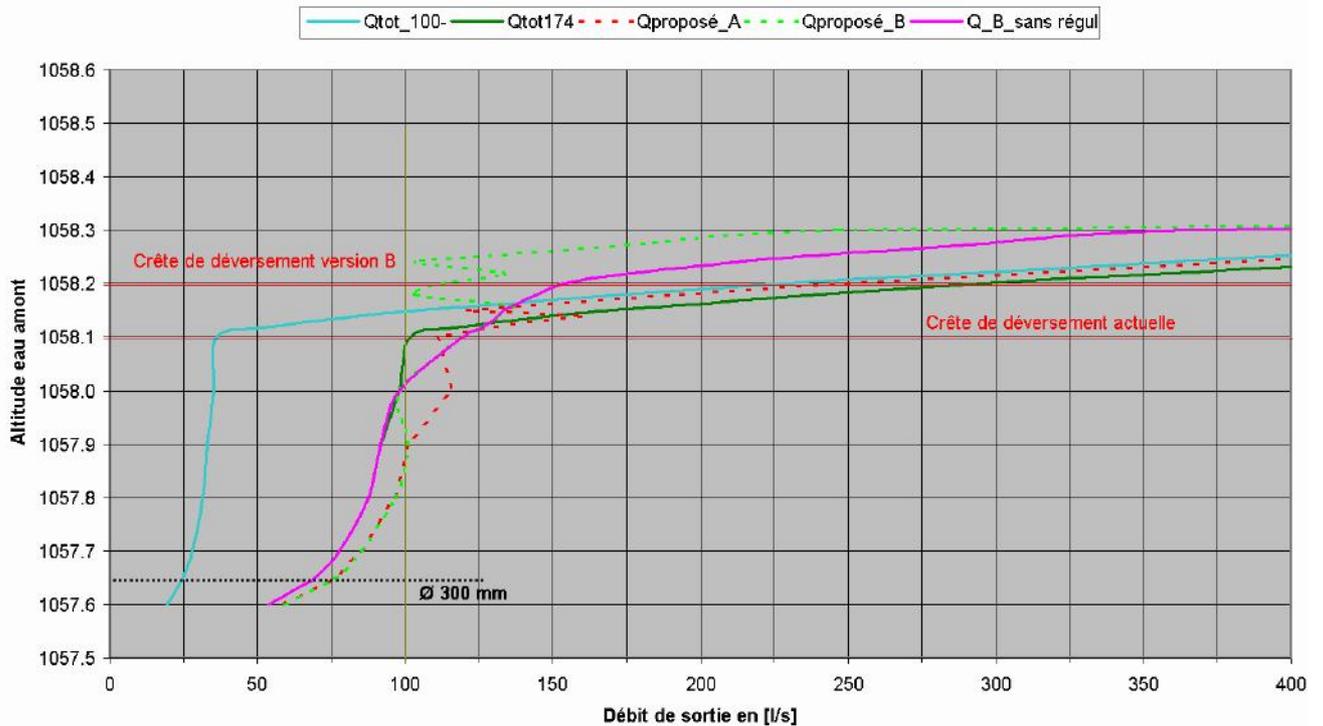


Figure 14: courbes de vidange actuelle (Qtot_100-), souhaitée à la base (Qtot_174) et proposée

Ces courbes de vidanges ont ensuite été appliquées sur les volumes du lac des Rousses.

L'hypothèse des graphes suivants est qu'à partir d'un débit de sortie de 200 l/s, aucune alimentation du lac ne se fait plus. L'effet de la vidange du lac additionnée du pompage de l'eau potable, admis à 40 l/s, est mesuré par la baisse de volume de réserve du lac. La réserve du lac est admise égale à l'altitude du plan d'eau moins 1057.50 m (niveau où plus aucun débit ne sort) multiplié par une surface de lac de 91 hectares.

Les trois graphes montrent la situation pour l'état actuel (hvanne = 10 cm avec obstruction), la variante A et la variante B d'aménagement.

Etat actuel : sans alimentation du lac le débit de sortie passe rapidement (en 3 jours) en dessous des 100 l/s, et après 5 jours en dessous de 70 l/s. Le volume de réserve, avec de si faibles débits, permet par contre de tenir environ 3 mois.

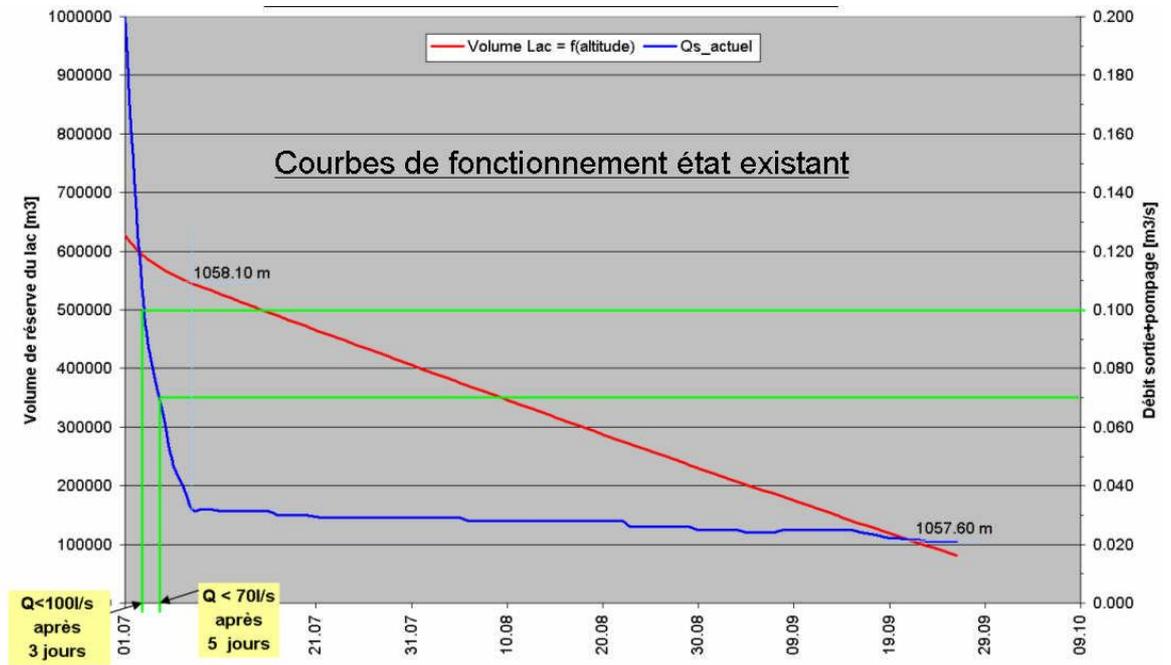


Figure 15: volume de réserve et débit de sortie du lac – situation actuelle

Variante A : sans alimentation du lac le débit de sortie passe en dessous des 100 l/s après 15 jours et en dessous de 70 l/s après 40 jours. Le volume de réserve permet de tenir moins de 2 mois. (En traitillé = variante A sans régulation de la vanne)

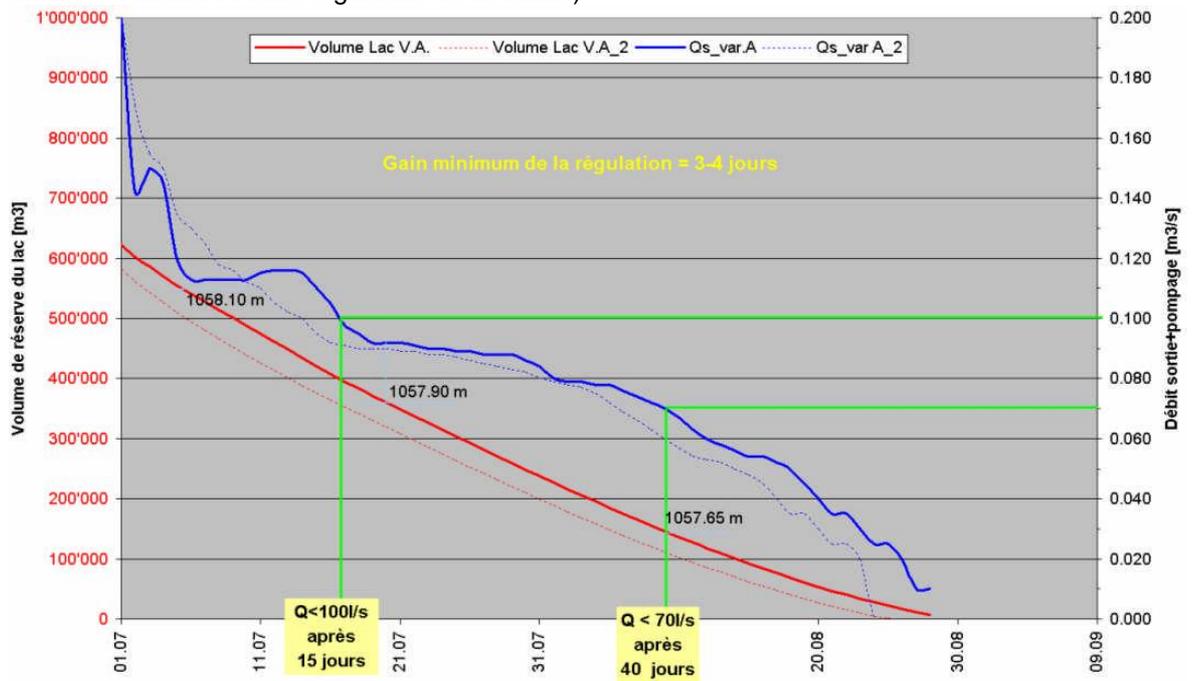


Figure 16: volume de réserve et débit de sortie du lac – situation variante A

Variante B : sans alimentation du lac le débit de sortie passe en dessous des 100 l/s après 18 jours et en dessous de 70 l/s après 48 jours. Le volume de réserve permet de tenir plus de 2 mois.

(En traitillé = variante B sans régulation de la vanne)



Figure 17: volume de réserve et débit de sortie du lac – situation variante B

Il faut noter que pour les tronçons à faibles profondeurs l'augmentation du débit de 50 ou 60 l/s engendre des augmentations de hauteurs d'eau de 10 à 15 cm. Par exemple pour un débit de 50 l/s, la hauteur d'eau est de 22 cm (pour une largeur 4 m avec une pente 3 ‰) ; elle est de 37 cm pour un débit de 110 l/s. Dans un tel cas, les vitesses du courant augmentent de 30 à 35 %, mais elles restent cependant toujours faibles (0.06 à 0.08 m/s).

4.2 Proposition pour le barrage des Meunier

Le barrage des Meuniers pourrait avantageusement être munis d'une passe à poisson. Celle-ci permettrait par la même de mieux garantir le débit résiduel.

Un aménagement du canal de by-pass serait possible. La crête du passage serait de 0.3 mètre en dessous de la crête du barrage.



Figure 18: vue du by-pass du barrage des Meuniers et possibilité de passe à poissons

4.3 Proposition pour le barrage de la Boissellerie

Le même concept que pour le barrage des Meuniers serait avantageux pour le barrage de la Boissellerie.

Une ancienne passe à poissons qui n'a jamais réellement fonctionné existe et pourrait être réhabilitée. Pour cela, il est nécessaire de revoir l'alimentation de cette passe (abaisser la crête), d'éventuellement revoir la géométrie de la passe elle-même et surtout de réaménager le canal en aval pour permettre la remontée des poissons. Le peu d'eau et la largeur importante de ce canal engendrent des profondeurs trop faibles pour toute tentative d'accès.



Figure 19: passe à poissons existante et canal de sortie de la passe (à droite)

Cet aménagement risque d'être plus complexe qu'une nouvelle passe aménagée sur un côté de la crête déversante, essentiellement en ce qui concerne l'accès en pied d'échelle :



4.4 Proposition de végétalisation

Comme déjà mentionné par plusieurs études, le boisement des berges situées au sud du cours d'eau reste le meilleur moyen pour diminuer les températures excessives de l'été.

On se reportera pour ceci au rapport de la SVPR, janvier 2008 et à l'étude de l'Eawag 2005, qui montre les effets positifs du boisement sur la température.

Nos mesures ponctuelles de température en amont et en aval du Bois Carré montrent clairement l'effet positif du boisement (19°C en amont, 15°C en aval).

La carte en annexe 2 propose des tronçons sur lesquels le boisement pourrait être étudié.

5 Conclusion

L'état qualitatif (sanitaire) des eaux de l'Orbe supérieure est globalement bon. Les efforts consentis par les collectivités publiques à l'assainissement ces dernières années portent leurs fruits. Il conviendra néanmoins de veiller à maintenir cette bonne qualité générale de l'assainissement et à restaurer les réseaux des canalisations qui charrient encore trop d'eaux parasites. Ce travail en Suisse se fait dans le cadre des PGEE et en France dans le cadre des SDAGE.

Des concentrations trop élevées en polluants organiques sont cependant suspectées sur certains tronçons en période d'étiage sévère (développement d'algues).

L'ouvrage de régulation en sortie du lac des Rousses, aménagé en 1992, apporte une amélioration aux débits d'étiage. Cependant le réglage actuel qui n'est pas adéquat et le manque d'entretien limitent fortement les débits résiduels dans l'Orbe. D'autre part, le réglage prévu initialement (en 1992) permettrait de garantir un débit de 100 litres par seconde lorsque le niveau d'eau est proche de la crête déversante, mais pas lorsqu'il n'y a plus de déversement (niveau d'eau en dessous de la crête de l'ouvrage).

Le volume de réserve d'eau, créé dans le lac par cet ouvrage à Planche Paget, est suffisant pour assurer un débit résiduel de 100 litres par seconde et un débit de pompage de 40 litres par seconde durant une période d'étiage prolongée.

En conséquence, les mesures de restauration de l'état initial pour le réglage et l'entretien de cet ouvrage sont indispensables pour garantir un débit minimum de 100 l/s dans l'Orbe et sont supportables au regard des autres contraintes.

Les mesures urgentes et immédiates sont de restaurer l'ouvrage tel que prévu initialement (en 1992). Les mesures complémentaires demandent d'ouvrir la vanne à 20 cm, permettant ainsi d'assurer un meilleur débit résiduel.

L'opportunité d'un boisement de certains tronçons du cours d'eau, en Suisse principalement, doit être plus amplement étudiée.

Annexe 1

Situation générale

Mesures de température (24.08.2009)

L'ORBE SUPERIEURE

Situation et levés du 24.08.2009

18°C Température mesurée le 24.08.2009 (15h-16h30)

Tronçons principaux boisés ou avec buissons
(selon rapport SVPR, janvier 2008, et vision locale)

Tronçons avec développement important d'algues
et d'organismes hétérotrophes (non exhaustif)



109067 / 31.08.2009



Station fédérale de mesure de débit

Bois-Carré

Le Biblanc

Barrage de la Boissellerie

Barrage des Meuniers

Régulation débit
Planche Paget

LAC DES ROUSSES

Annexe 2

Situation des mesures proposées

L'ORBE SUPERIEURE

Propositions de mesures d'aménagement

 Tronçons principaux existants boisés
(selon rapport SVPR, janvier 2008, et vision locale)

 Tronçons avec boisement à étudier

 Régulation Planche Paget

 Passe à poissons

 TRIFORM SA
Etudes et réalisations pour l'environnement

109067 / 31.08.2009

