



Fédération de Haute-Savoie pour la Pêche
et la Protection du Milieu Aquatique
2092, route des Diacquenods
Le Villaret
74 370 St Martin Bellevue
Tél. 04 50 46 87 55
www.pechehautesavoie.com

ETUDE DE LA QUALITE THERMIQUE DU FORON DE GAILLARD

- Impacts du lac de Machilly et perspectives dans le
cadre du projet de restauration du Lac -



DONNEES 2008-2009

Syndicat Intercommunal d'Aménagement et d'Entretien du Foron du Chablais Genevois

Contrat de rivière transfrontalier du Foron du Chablais Genevois



RÉPUBLIQUE ET CANTON DE GENÈVE
Département du territoire

Laure VIGIER
Ludovic CATINAUD
Arnaud CAUDRON
Guillaume BINI
(Réf rapport FDP74.09/01)

Février 2009

Préambule

La température de l'eau est un facteur déterminant de la qualité du milieu aquatique vis-à-vis du poisson et en particulier de la truite commune qui est une espèce très exigeante pour ce paramètre.

Aussi, dans le cadre du programme INTERREG III intitulé « Identification, sauvegarde et réhabilitation des populations de truites autochtones dans la Vallée d'Aoste et en Haute-Savoie », des premières études thermiques sur des cours d'eau de Haute-Savoie ont été entreprises à partir de 2003. Les premiers résultats obtenus ont permis d'apporter des éléments de réponse concernant la qualité du peuplement piscicole observé et le statut démographique de certaines populations autochtones identifiées. Au vu de ces résultats, il s'est avéré pertinent d'étendre le suivi entrepris à un maximum de cours d'eau du département. Ainsi, des partenariats ont été développés entre la Fédération de Pêche de Haute-Savoie et certaines structures porteuses de contrat de rivières en phase de réalisation. Actuellement, trois territoires sont concernés à savoir le bassin du Chéran (SMIAC), le Foron de Gaillard (SIFOR), les affluents du Sud Ouest Lémanique (SYMASOL) et tout récemment les affluents de l'Arve et du Rhône du Genevois. Le partenariat mis en place est le suivant : les sondes sont acquises par le maître d'ouvrage du contrat de rivières et sont donc la propriété de ce dernier mais leur gestion (pose/dépose, programmation des sondes et traitements des données) est déléguée à la Fédération de Pêche 74. Les stations suivies sont choisies en concertation en fonction des données déjà disponibles (inventaire piscicole, étude scalimétrique, étude de la qualité de l'eau) et des impacts potentiels pouvant influencer la qualité thermique du cours d'eau (présence de plan d'eau, tronçon court circuité,...).

L'étude a cherché avant tout à évaluer les potentialités piscicoles ainsi que les conséquences biologiques potentielles en particulier pour la truite commune des caractéristiques thermiques des eaux de surface. Dans le cas de la truite commune qui affectionne préférentiellement les eaux froides, les dangers sont liés essentiellement à une élévation des températures durant la période estivale. Cependant, des valeurs froides extrêmes en période hivernale peuvent compromettre la réussite de la reproduction naturelle (maturation, déroulement du frai, développement des œufs). Ainsi, la température agit directement sur le métabolisme des poissons et influence positivement ou négativement la croissance et le développement. Elle a également des effets indirects sur les autres paramètres physico-chimiques (oxygénation, pollution), sur les biocénoses dont les invertébrés benthiques (faune nourricière) et sur les agents pathogènes (infection, prolifération).

La campagne réalisée ici avait un objectif un peu différent des précédentes. En effet, la première campagne de mesures réalisée en 2004-2005 (Caudron, 2006) a porté sur 7 stations réparties sur l'ensemble du linéaire du Foron de Gaillard. Cette première étude thermique, avait permis de mettre en évidence un impact du Lac de Machilly sur le Foron en période printanière et estivale. Favorable à la vie salmonicole en amont du lac (ruisseau de Coudray) l'élévation de la température de l'eau dans le lac rend le Foron défavorable à la vie salmonicole à son aval. En effet, les conditions thermiques sur les 3 stations situées à son aval (jusqu'à la confluence avec l'Arve) ne sont pas cohérentes avec le développement et le maintien d'une population de truite fario avec des températures souvent supérieures à 19°C et des conditions très favorables au développement de la maladie PKD.

Ces résultats ont été confirmés par la seconde campagne de mesure réalisée en 2006-2007 (Vigier et Caudron, 2007), qui avait pour objet de préciser les impacts du lac de Machilly sur le Foron de Gaillard.

Dans le cadre du projet de « restauration du lac de Machilly » il nous a paru intéressant d'étudier le comportement thermique de la colonne d'eau au niveau de l'exutoire afin d'évaluer les différentes possibilités qui pourraient permettre de limiter l'impact du lac sur le cours aval du Foron de Gaillard. Le présent rapport présente les résultats de l'étude thermique réalisée lors de cette dernière campagne de suivi qui a eu lieu sur 2008-2009 et qui visait plus particulièrement la période estivale, principale période affectée par le lac.

I) Protocole de suivi

Le suivi thermique a été réalisé sur 7 points.

Contrairement aux autres campagnes, nous nous sommes plus particulièrement intéressés aux périodes printanières et estivales durant lesquelles l'impact du lac est maximal.

Sur chaque station, le suivi a été réalisé sur la période allant du 03/05/2008 au 09/02/2009 au pas de temps horaire à l'aide de thermographes enregistreurs stowaway tidbit. Les enregistreurs ont été posés le 02/05/2009 et récupérés le 10/02/2009 par Guillaume Bini et Ludovic Catinaud (FDP 74).

Une fois récoltées, les données ont été vérifiées pour s'affranchir d'éventuelles valeurs incorrectes causées par un dysfonctionnement ou une mise hors d'eau de l'enregistreur. Après la phase de validation, nous avons sélectionné un certain nombre de variables pertinentes parmi 30 variables thermiques différentes (Tableau 1) habituellement étudiées sur un suivi annuel complet.

Tableau 1 : Présentation et description des 30 variables thermiques calculées à partir des données de température récoltées sur le Foron de Gaillard.

Nom variable	Description
T Mini H	Valeur de la température instantanée minimale relevée pendant le cycle annuel
T Maxi H	Valeur de la température instantanée maximale relevée pendant le cycle annuel
T Moy An	Moyenne sur l'année des températures instantanées relevées pendant le suivi
Amplitude An H	Différence entre les températures instantanées minimale et maximale relevées pendant le suivi
T An Min moyJ	Valeur de la température moyenne journalière la plus basse pendant le suivi annuel
T An Max moyJ	Valeur de la température moyenne journalière la plus élevée pendant le suivi annuel
Amplitude An moyJ	Différence entre les températures moyennes journalières minimale et maximale calculées
Date T Max moyJ	Date du jour présentant la température moyenne la plus élevée
T Moy 30 J	Valeur de la température moyenne calculée sur les 30 jours les plus chauds (Verneaux, 1973)
NbJ T4-19	Nombre de jours où la température est comprise entre 4 et 19°C (préférendum thermique de la truite fario selon Elliott, 1975 et Crisp, 1996)
Date T<4 moyJ	Date à laquelle la température moyenne journalière passe sous 4°C pendant le suivi annuel
Date T>4 moyJ	Date à laquelle la température moyenne journalière passe au dessus de 4°C pendant le suivi annuel
NbH ≥ 25	Nombre d'heure totale calculée pendant le suivi annuel où la température instantanée est supérieure ou égale à 25°C (valeurs pouvant être considérées comme létales pour les juvéniles ou les adultes d'après Varlet, 1967; Alabaster et Lloyd, 1980; Elliott, 1981; Crisp, 1996)
Nb Seq ≥ 25	Nombre de séquence où la température reste supérieure ou égale à 25°C pendant le suivi annuel
NbH Max Seq ≥ 25	Nombre d'heure de la séquence maximale où la température reste supérieure ou égale à 25°C pendant le suivi annuel
NbH ≥ 19	Nombre d'heure totale calculée pendant le suivi annuel où la température instantanée est supérieure ou égale à 19°C (maximum du préférendum de la truite fario)
Nb Seq ≥ 19	Nombre de séquence où la température reste supérieure ou égale à 19°C pendant le suivi annuel
NbH Max Seq ≥ 19	Nombre d'heure de la séquence maximale où la température reste supérieure ou égale à 19°C pendant le suivi annuel
NbH ≥ 15	Nombre d'heure totale calculée pendant le suivi annuel où la température instantanée est supérieure ou égale à 15°C (valeur de température favorable à l'infection des truites fario par la PKD)
Nb Seq ≥ 15	Nombre de séquence où la température reste supérieure ou égale à 15°C pendant le suivi annuel
NbH Max Seq ≥ 15	Nombre d'heure de la séquence maximale où la température reste supérieure ou égale à 15°C pendant le suivi annuel
NbJ D2	Durée en jours de la période d'incubation des œufs (de la fécondation à l'éclosion) calculée à partir d'une date de ponte médiane fixée au 15 décembre en utilisant l'équation de Crisp (1989)
NbJ Résorp	Durée en jours de la période de résorption de la vésicule vitelline calculée par D3-D2
NbJ D3	Durée en jours de la période totale de développement embryo-larvaire sous graviers (de la fécondation à l'émergence) calculée à partir d'une date de ponte médiane fixée au 15 décembre en utilisant l'équation de Crisp (1992)
NbH > 12 (D3)	Nombre d'heure totale calculée pendant la période de vie sous graviers (D3) où la température instantanée est inférieure à 12°C (température max pouvant être considérée comme létale au cours du développement embryo-larvaire)
Nb Seq > 12 (D3)	Nombre de séquence pendant la période de vie sous graviers (D3) où la température reste supérieure à 12°C
NbH Max Seq > 12 (D3)	Nombre d'heure de la séquence maximale pendant la période de vie sous graviers (D3) où la température reste supérieure à 12°C
NbH < 1 (D3)	Nombre d'heure totale calculée pendant la période de vie sous graviers (D3) où la température instantanée est inférieure à 1°C (température min pouvant être considérée comme létale au cours du développement embryo-larvaire)
Nb Seq < 1 (D3)	Nombre de séquence pendant la période de vie sous graviers (D3) où la température reste inférieure à 1°C
NbH Max Seq < 1 (D3)	Nombre d'heure de la séquence maximale pendant la période de vie sous graviers (D3) où la température reste inférieure à 1°C

II) Localisation des enregistreurs thermiques sur le Foron de Gaillard

La localisation des 7 enregistreurs est schématisée ci-dessous (figure 1) :

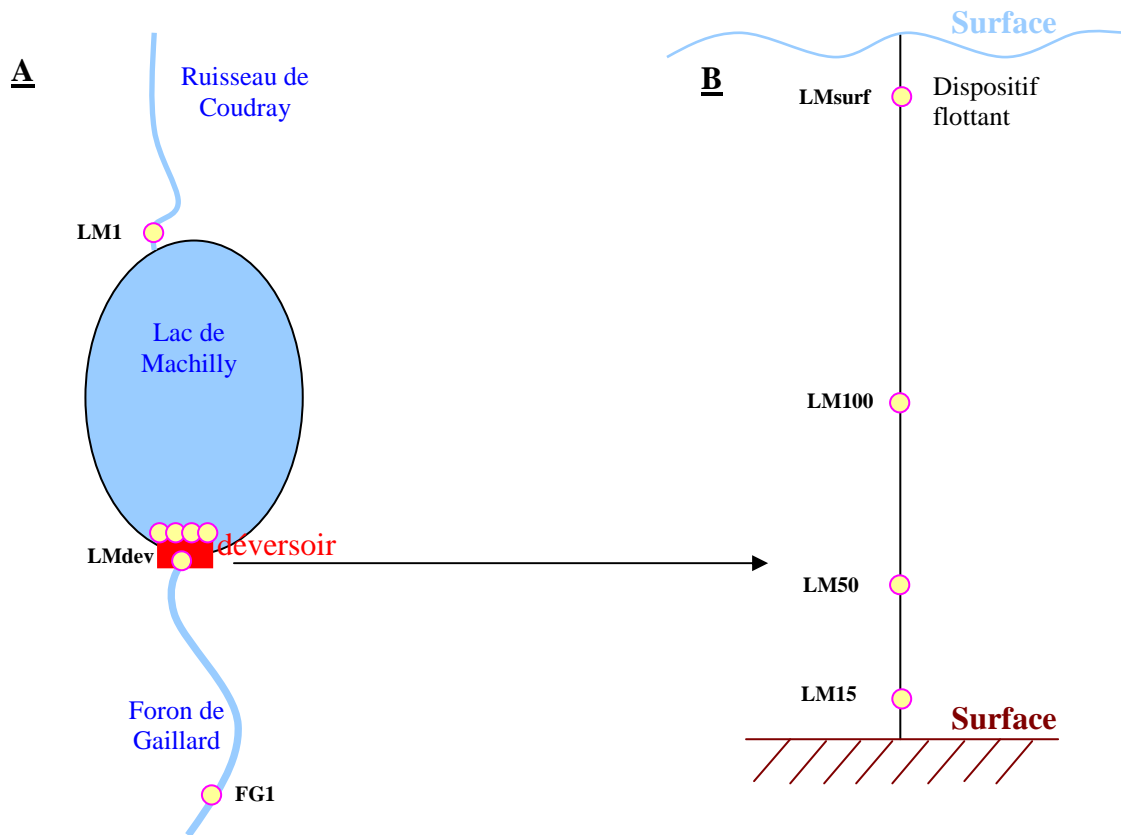


Figure 1 : schématisation de la localisation des sondes (A) et détail de la disposition des sondes au niveau du déversoir (B).

Deux sondes ont été placées sur 2 stations précédemment étudiées LM1 et FG1 afin d'intégrer les variations annuelles.

Afin d'étudier l'évolution thermique verticale à la sortie du lac, 4 sondes ont été disposées à différentes hauteurs de la colonne d'eau à proximité du déversoir : à 15 cm, 50 cm et 1 m du fond ainsi qu'en surface à l'aide d'un dispositif flottant.

Enfin, une sonde a été placée à l'intérieure du déversoir (LM dev) afin de mesurer la température de l'eau effectivement restituée au Foron de Gaillard.

Pour mémoire, nous rappelons la localisation des stations (figure 2) étudiées sur les périodes précédentes 2004-2005 (en rouge) et 2006-2007 (en vert).

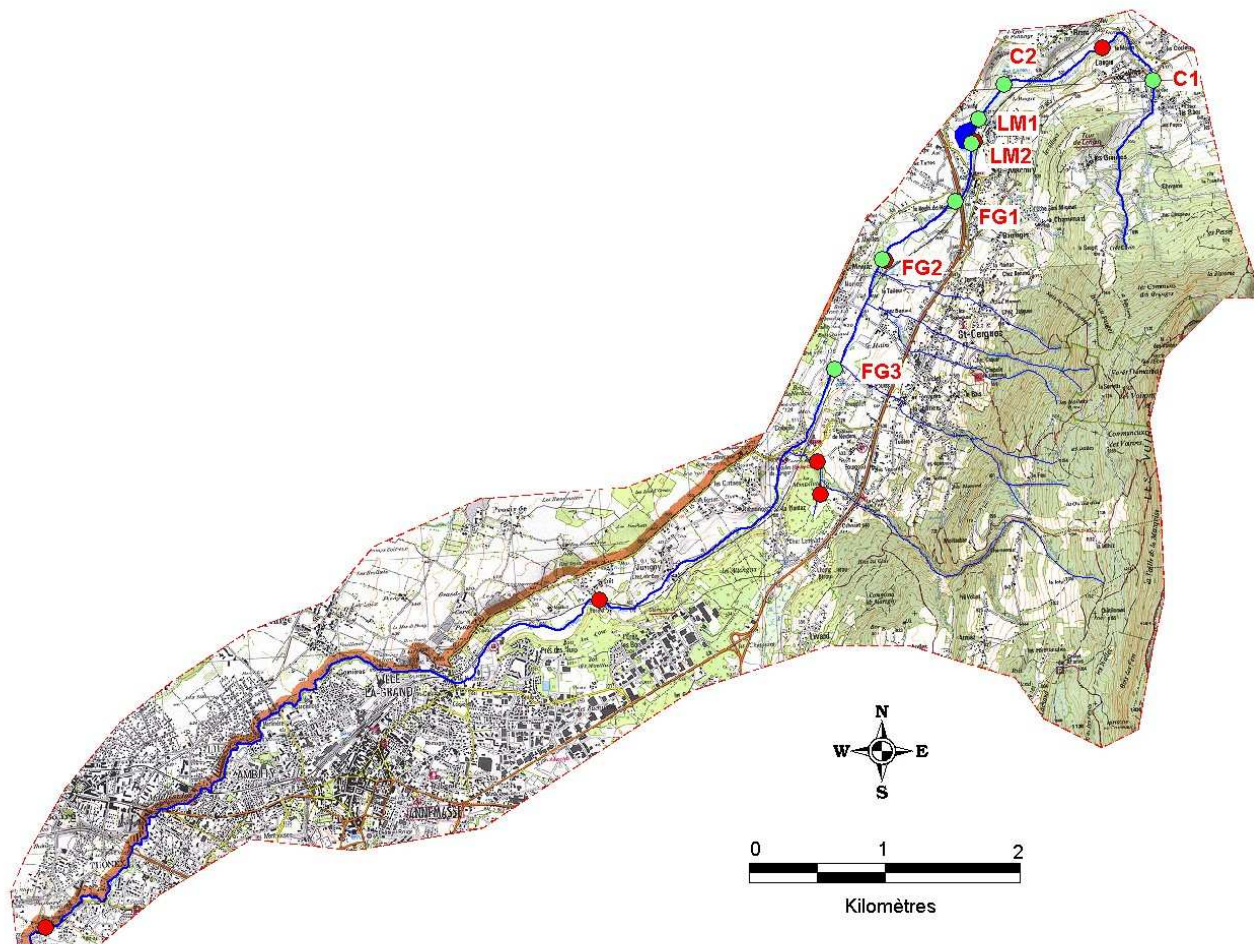


Figure 2 : Localisation géographique des 7 stations étudiées sur le bassin du Foron dans le cadre du suivi thermique en 2006-2007 et en 2004-2005.

III) Résultats

III.1) Validation des données

Sur les 7 sondes immergées, aucune n'a montrée de valeurs aberrantes. La totalité des enregistrements réalisés pendant la période choisie a donc été utilisée dans le traitement et l'analyse des données.

III.2) conditions thermiques générales

A travers la figure 3 nous constatons, une fois de plus que le lac de Machilly n'impact pas le Foron de Gaillard durant la période hivernale. En effet les moyennes journalières minimales sont assez proches (proche de 0°C) quel que soit la position des 7 sondes.

En ce qui concerne la situation estivale, nous observons des valeurs de moyennes journalières modérées en amont du lac avec un maximum de 17,8 °C, élevées dans le lac et son déversoir avec des maxima compris entre 25,7 et 28,1°C, suivi d'une nette diminution en aval de la nationale ou la valeur de température moyenne journalière atteint au maximum 21,3°C.

L'examen plus particulier de la colonne d'eau durant la période estivale (figure 4) montre clairement une augmentation des températures moyennes du fond vers la surface. En outre, les fortes valeurs de température mesurées dans le déversoir montre bien que l'alimentation de la rivière en aval du lac est pratiquée par surverse des eaux de surfaces.

moyennes journalières : lac de Machilly

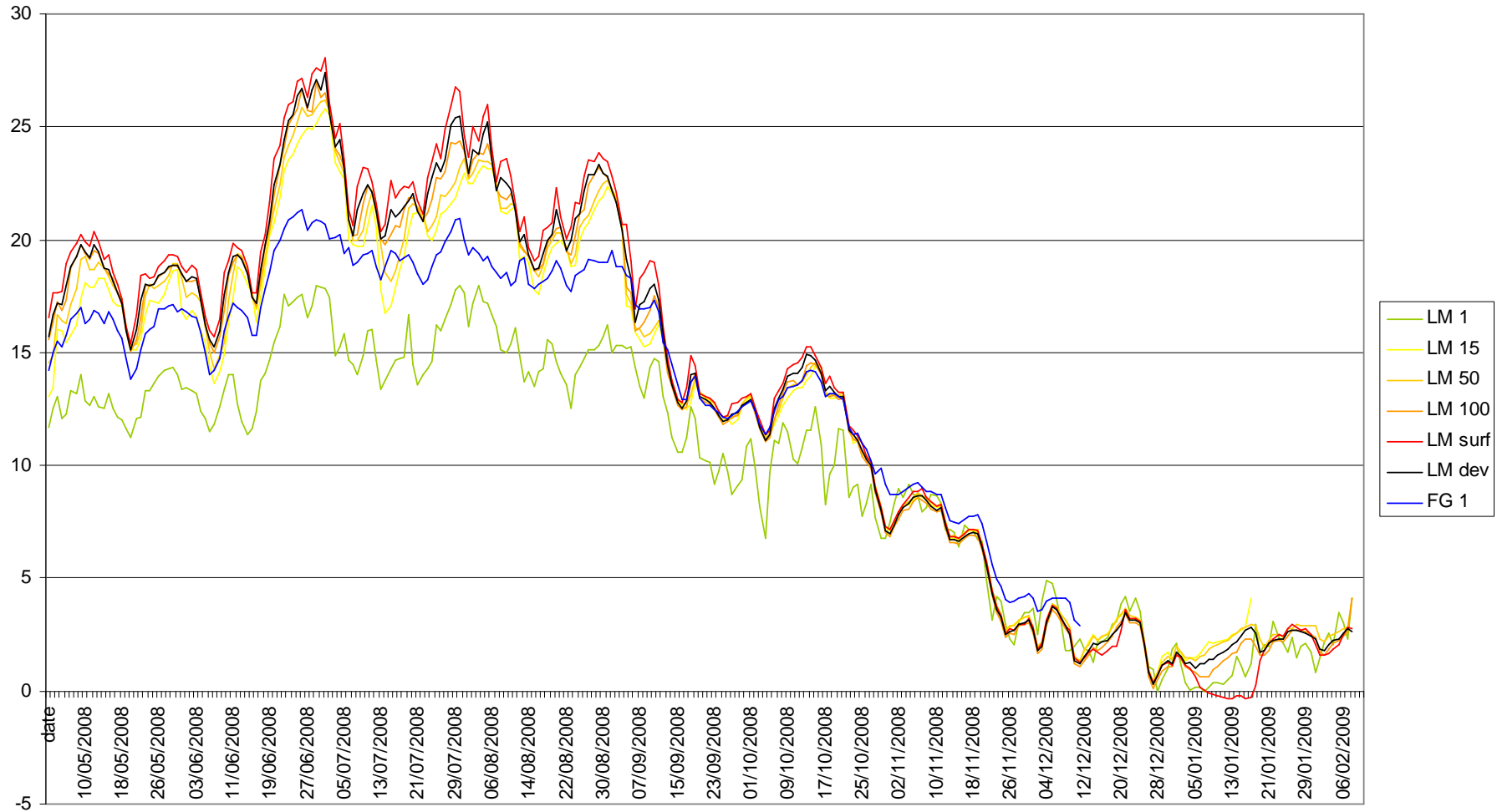


Figure 3 : Courbes des températures moyennes journalières calculées sur la période du 03/05/2008 au 09/02/2009 pour les 7 stations étudiées sur le Foron de Gaillard.

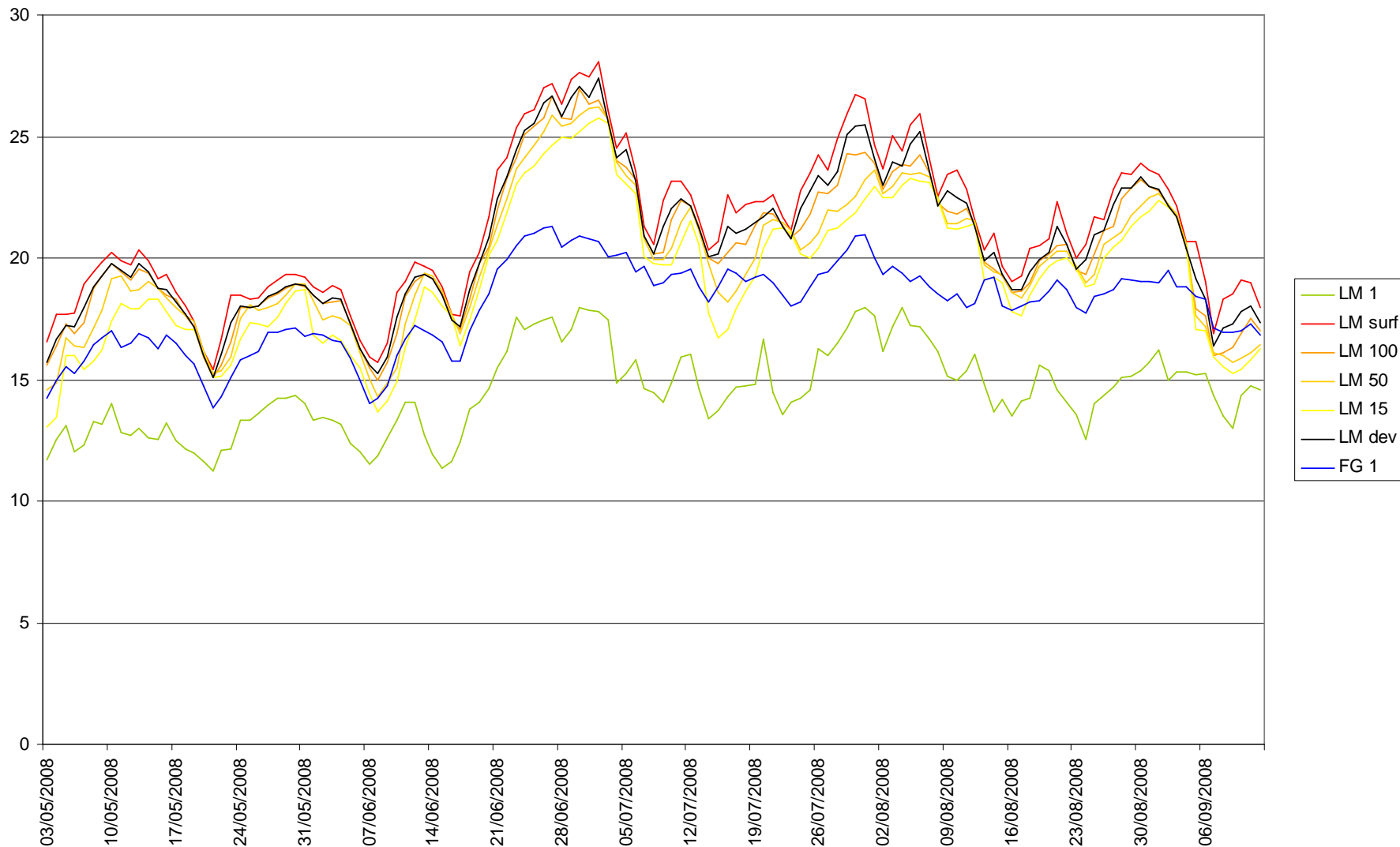


Figure 4 : Courbes des températures moyennes journalières calculées sur la période du 03/05/2008 au 12/09/2008 pour les 7 stations étudiées sur le Foron de Gaillard.

III.3) Température extrême, amplitude et moyenne estivale

Les valeurs de températures maximales, d'amplitudes annuelles et de moyennes sur les trente jours les plus chauds montrent des distributions similaires (Figure 5). Les valeurs sont globalement élevées sur l'ensemble des points de mesure et en particulier pour les sondes situées à proximité de l'exutoire du lac de Machilly en surface (LM surf) et dans le déversoir (LM dev).

Sur les trois graphiques, une diminution progressive des valeurs thermiques de ces 3 paramètres est observée sur la colonne d'eau de la surface (LM surf) vers le fond (LM 15). Le point de mesure LM dev présente des caractéristiques thermiques proches des 2 points de mesures les plus proches de la surface (LM surf et LM 100). Enfin, nous observons une diminution nette des valeurs de ces 3 paramètres en aval du busage (FG 1).

Malgré tout, la figure 5.C montre la différence notable de valeur obtenue en amont du lac et en aval du lac pour la moyenne des trente jours les plus chauds. En effet, la moyenne autour de 16°C observée en amont du lac est compatible avec une typologie salmonicole alors que sur le linéaire en aval du lac elle augmente de 7°C (dans le déversoir) et de 4°C (en aval du busage) pour atteindre respectivement des valeurs de 23,4°C et 20°C. Cette forte augmentation entraîne une modification de la typologie du cours d'eau en aval du lac qui, malgré un rafraîchissement perceptible entre LM dev et FG 1 ne correspond plus à la zonation salmonicole.

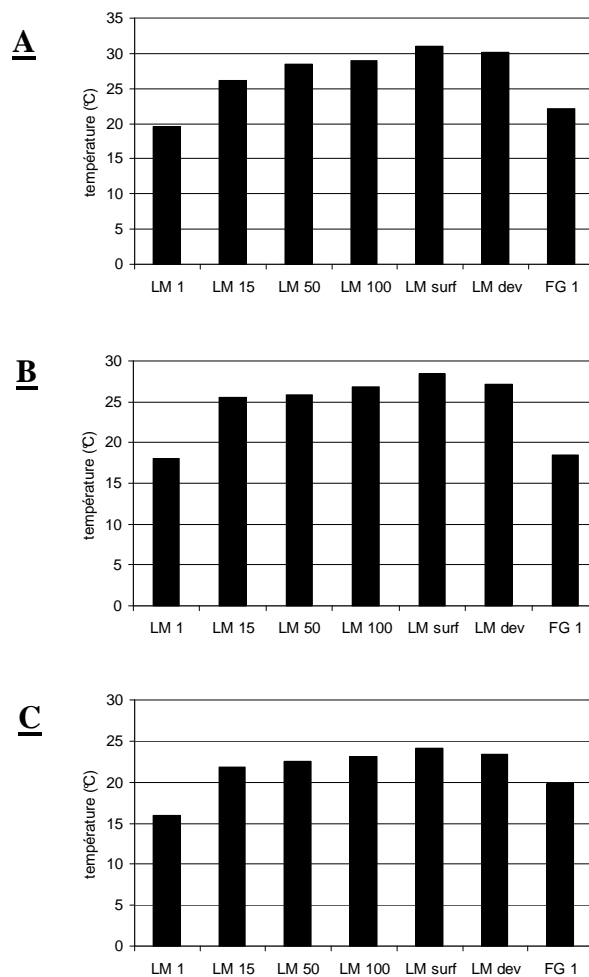


Figure 5 : Température maximale (A), amplitude journalière moyenne annuelle (B) et moyenne des trente jours les plus chauds (C) obtenues sur les 6 stations concernées par le suivi thermique annuel sur le Foron.

III.4) préférendum thermique de la truite sur la période estivale

Etant démontré que le lac impacte principalement le Foron durant la période estivale, nous avons calculer les pourcentages de temps où la température correspond au préférendum thermique de la truite fario sur la période du 03/05/2008 au 12/09/2008.

Ce préférendum peut être défini comme la plage de températures d'eau permettant une activité métabolique de la truite c'est-à-dire favorable à son alimentation et à sa croissance. En accord avec de nombreux auteurs (Varley, 1967 ; Elliott, 1975 ; Alabaster et Lloyd, 1980 ; Elliot, 1981 ; Crisp, 1996 ; Elliott et Hurley, 2001), les valeurs limites basse et haute de ce préférendum ont été fixées respectivement à 4°C et 19°C.

La figure 6.A montre des différences de la durée du préférendum thermique estival entre la station située sur l'amont du lac (100%), dans le lac de Machilly (compris entre 25 et 50%) et le Foron à l'aval du lac (66%). Le Foron à l'amont du lac (stations du ruisseau de Coudray à l'entrée du lac) montre les conditions les plus favorables (100%) suivi de la station FG 1 (66%) en aval du lac. Au niveau du déversoir nous observons une diminution de la durée du préférendum thermique durant la période estivale du fond (50%) vers la surface (25%). En effet, les stations LM 15, LM 50, LM 100, LM surf et LM dev sont moins favorables car elles atteignent de fortes températures qui dépassent souvent les 19°C et régulièrement les 25°C (figure 6.B et 6.C).

Concernant plus précisément l'évolution thermique sur la colonne d'eau, nous observons également que les seuils de confort (19°C) et de mortalité (25°C) sont d'autant plus souvent et durablement dépassés que l'on s'approche de la surface.

En outre, nous pouvons également remarquer que le seuil des 25°C n'est pas atteint (même de manière instantanée) en amont du lac (LM1) ainsi qu'à son aval (FG1). Par contre, sur cette dernière station l'eau atteint souvent (1024 heures) les limites de confort thermique de la truite (19°C) et durant des périodes qui peuvent être assez longues (294 heures consécutives, soit une douzaine de jours).

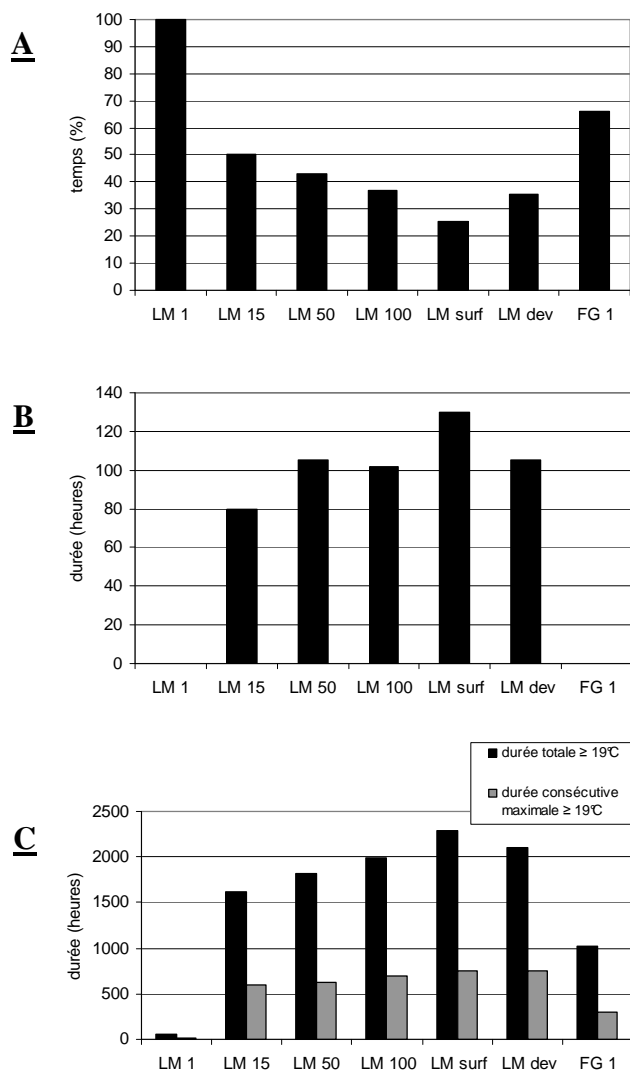


Figure 6 : Pourcentage de jours où la température correspond au préférendum thermique de la truite commune durant la période estivale (A), en heure de la durée en heures de la séquence maximale durant laquelle la température est restée au dessus de 25°C (B) et de 19°C (C) sur les 7 stations concernées par le suivi sur le Foron.

III.5) Conditions favorables à l'infection par la PKD

La PKD (« Proliférative Kidney Disease » = maladie rénale proliférative), est une maladie infectieuse touchant préférentiellement les truites, les ombres et les saumons. Elle provoque, chez les sujets atteints, une importante hypertrophie des reins et éventuellement du foie et de la rate qui peut entraîner dans les populations des taux de mortalité relativement importants notamment chez les juvéniles. L'agent infectieux est un parasite nommé *Tetracapsula bryosalmonae* (Canning *et al.*, 1999) qui utilise comme hôte intermédiaire des bryozoaires* (Anderson *et al.*, 1999). La température de l'eau joue un rôle important dans le cycle de développement de ce parasite qui se propage dans le milieu naturel lorsque celle-ci atteint 9°C (Gay *et al.*, 2001). L'apparition de la maladie chez la truite arc en ciel nécessite une température d'au moins 15°C pendant 2 semaines.

Sur les stations étudiées, une première étude a été menée afin d'identifier les sites présentant des conditions thermiques favorables au développement de la PKD. Ainsi, le nombre d'heures consécutives où la température de l'eau est supérieure ou égale à 15°C a été calculé sur chaque site.

Ceux pour lesquels la durée dépasse 360 heures consécutives (soit 15 jours) sont considérés comme pouvant présenter un risque potentiel important de développement de la PKD.

Le Foron de Gaillard avait été identifié comme un cours d'eau présentant un risque potentiel important de développer la PKD, après les campagnes de suivis thermiques effectués en 2004-2005 et 2006-2007. Le constat reste encore le même en 2008-2009. En effet, sur l'ensemble des stations étudiées (sauf celle située en amont du lac, LM 1) les conditions thermiques sont favorables au développement de cette maladie puisque la durée de 15 jours consécutifs au dessus de 15°C est largement dépassée, les valeurs variant entre 2167 et 2236 heures consécutives (figure 7).

L'impact négatif du lac de Machilly est particulièrement sévère en ce qui concerne ce paramètre car contrairement aux autres paramètres étudiés la situation ne montre pas d'amélioration au niveau de la station FG1.

Ces observations, comme pour les années précédentes, montrent l'importance de prendre en compte ces risques potentiels d'infection dans l'étude des populations de truites sur le bassin du Foron dans le cadre du contrat de rivière notamment au vu de la mise en évidence récente de sites infectés en Grande Bretagne (Feist *et al.*, 2002) et en Suisse (Wahli *et al.*, 2002) où la PKD est considérée sur certains secteurs comme responsable du déclin piscicole (Burkhardt-Holm *et al.*, 2002). En outre, des symptômes de la PKD sur des individus 0+ ont été observés sur plusieurs rivières dans le département de la Haute-Savoie (Caudron *et al.*, 2003 et 2004).

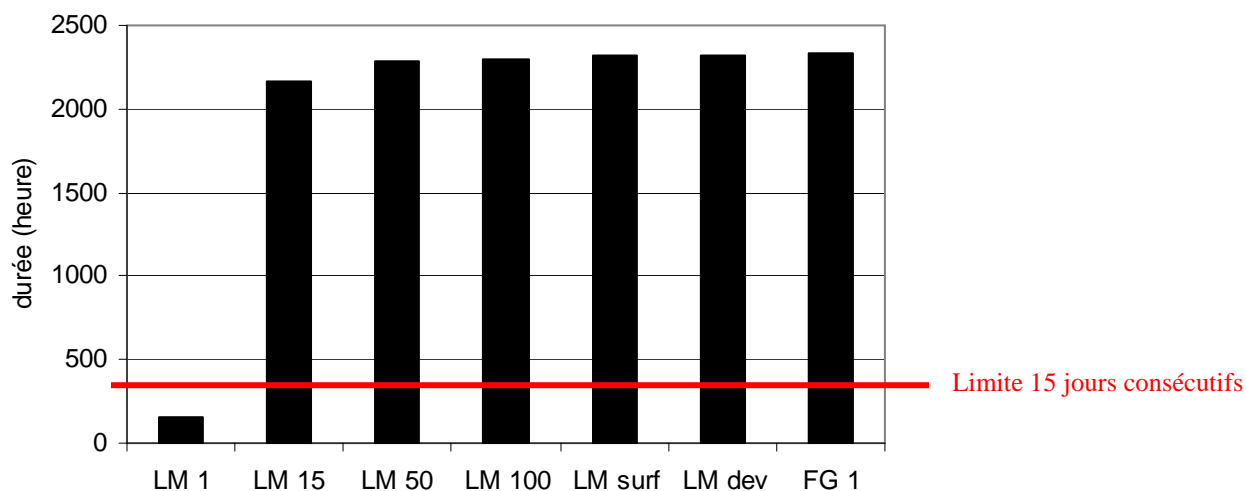


Figure 7 : Durée en heures de la séquence maximale durant laquelle la température est restée au dessus de 15°C sur les 6 stations concernées par le suivi annuel sur le Foron.

V) Conclusions et préconisations pour les futurs travaux d'aménagements du lac de Machilly

Ce travail nous a permis, par l'étude de quelques paramètres sur la période estivale, de mieux caractériser les conditions thermiques en entrée et en sortie du lac ainsi que sur la colonne d'eau au niveau du déversoir.

Les conclusions qui ressortent de l'analyse des résultats sont semblables à celles déjà tirées lors des campagnes précédentes. En effet, les caractéristiques thermiques du Foron de Gaillard sont favorables à la truite à l'amont du lac (LM1) et ne le sont plus en aval (FG1) du fait :

- d'une augmentation des températures maximales instantanées qui dépassent souvent les 19°C,
- d'une augmentation des températures moyennes estivales,
- de conditions thermiques très favorables au développement de la maladie PKD.

Cependant, la disposition des sondes sur cette campagne nous permet de préciser quelques points sur le fonctionnement estival du lac et du Foron de Gaillard à son aval immédiat :

- les conditions thermiques sont très défavorables à la truite sur tous les points étudiés au niveau du déversoir du lac,
- il existe un gradient croissant de dégradation des conditions thermiques du fond du lac vers la surface,
- il y a une nette amélioration de la situation thermique entre le déversoir et la station FG 1. Etant donné la configuration du cours d'eau entre ces 2 points (busé) nous ne pouvons ni comprendre ni quantifier les mécanismes (ombrage, apports sous terrain, rejets) à l'origine de ce phénomène.

Etant donné les résultats dont nous disposons nous pouvons supposer que l'aménagement du déversoir de manière à alimenter le Foron avec des eaux du fond du lac pourrait très légèrement contribuer à améliorer la situation thermique en aval du lac **mais ne permettrait pas de rendre le Foron favorable à la vie salmonicole.**

En effet, cette disposition pourrait diminuer l'influence thermique du lac sur l'aval en ce qui concerne les fortes températures (température maximale instantanée, durée ou la température dépasse les 19°C et les 25°C, température de 30 jours les plus chauds) mais n'entraînerait vraisemblablement aucune amélioration en ce qui concerne le risque pathogène (PKD) en aval du lac.

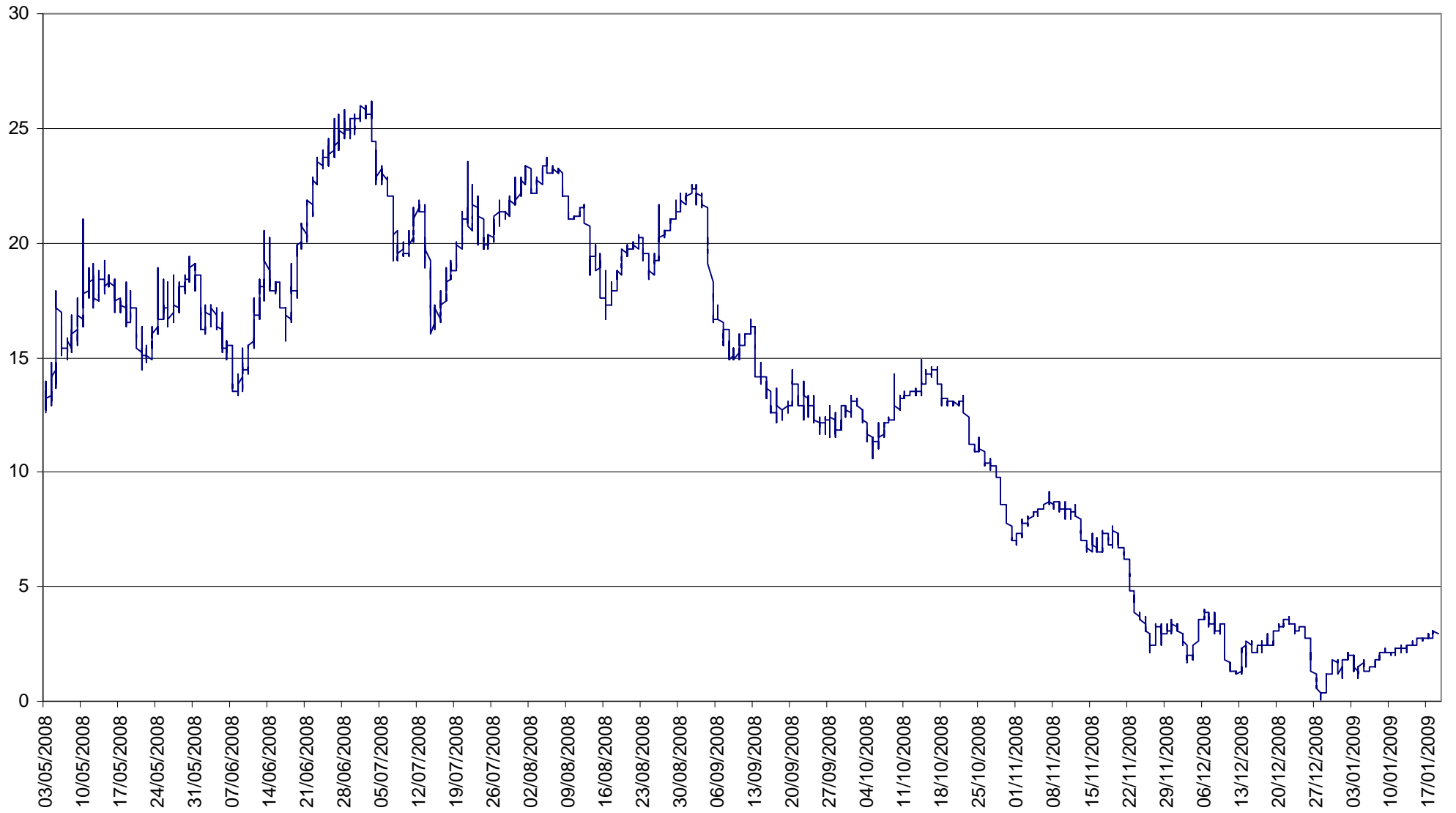
BIBLIOGRAPHIE

- Alabaster J.S., Llyod R., 1980. Water quality criteria for fresh water fish, Butter Worths Ed., London, 297p.
- Anderson C.L., Canning E.U., Okamura B., 1999. 18S rDNA sequences indicate that PKX organism parasites bryozoa. *Bulletin of the European association of fish pathologists*, 19, 94-97.
- Burkhardt-Holm P., Peter A., Segner H., 2002. Decline of fish catch in Switzerland. Project fishnet : a balance between analysis and Synthesis. *Aquatic sciences* 64, 36-54.
- Canning E.U., Curry A., Feist S.W., Longshaw M. Okamura B., 1999. *Tetracapsula bryosalmonae* n. sp. for PKX organism the cause of PKD in salmonid fish. *Bulletin of the European association of fish pathologists*, 19, 203-206.
- Caudron A., Champigneulle A., Vulliet J.P., 2003. Evaluation de l'efficacité du repeuplement et comparaison des caractéristiques des truites (*Salmo trutta* L.) sauvages et introduites dans les rivières de Haute-savoie. Campagne 2002. Rapport SHL 237 et FDP74.03/06
- Caudron A., Champigneulle A., Large A., 2004. Evaluation de l'efficacité du repeuplement et comparaison des caractéristiques des truites (*Salmo trutta* L.) sauvages et introduites dans les rivières de Haute-savoie. Campagne 2003. Rapport SHL 248 et FDP74.04/02.
- Caudron A., 2006. Etude de la qualité thermique du Foron de Gaillard, données 2004-2005, ref : FDP74.06/02, 12p.+annexes.
- Crisp D.T., 1989. Use of artificial eggs in studies of washout depth and drift distance for salmonid eggs. *Hydrobiologia* ,178, 155-163.
- Crisp D.T., 1992. Measurement of stream water temperature and biological applications to salmonid fishes, grayling and dace. Freshwater biological association, occasional publication N°29, 72p.
- Crisp D.T., 1996. Environmental requirements of common riverine European salmonid fish species in fresh water with particular reference to physical and chemical aspects. *Hydrobiologia*, 323, 201-221.
- Elliott J.M., 1975. The growth rate of brown trout (*Salmo trutta* L.) fed on maximum rations. *Journal of Animal Ecology*, 44, 805-821.
- Elliott J.M., 1981. Some aspects of thermal stress on freshwater teleosts. pp 209-245 In *Stress and fish*, Pickering A.D (ed), Academic Press London.
- Elliott J.M., Hurley M.A., 2001. Modelling growth of brown trout, *Salmo trutta*, in terms of weight and energy units. *Freshwater Biology*, 46, 679-692.
- Feist S.W., Peeler E.J., Gardiner R., Smith E., Longshaw M., 2002. Proliferative kidney disease and renal myxosporidiosis in juvenile salmonids from rivers in England and Wales. *Journal of Fish Diseases*, 25, 451-458.
- Gay M., Okamura B., De Kinkelin P., 2001. Evidence that infectious stages of *Tetracapsula bryosalmonae* for rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* are present throughout the year. *Diseases of Aquatic Organisms*, 46, 31-40.
- Varley M.E., 1967. Water temperature and dissolved oxygen as environmental factors affecting fishes. pp 29-52 In *British freshwater fishes*, Fishing News, London.
- Verneaux, 1973. Cours d'eau de Franche-Comté (Massif du Jura). recherches écologiques sur le réseau hydrographique du Doubs. Thèse d'Etat. Université de Franche-Comté, Besançon, 257p.
- Wahli T., Knuesel R., Bernet D. Segner H. Pugovkin D., Burkhardt-Holm P. Escher M., Schmidt-Posthaus H., 2002. Proliferative kidney diseases in Switzerland: current state of knowledge. *Journal of Fish Diseases*, 25, 491-500.
- Vigier L. & Caudron A., 2007. Etude de la qualité thermique du Foron de Gaillard : Etude de l'impacts du lac de Machilly, données 2006-2007. ref : FDP74.07/03, 11p+annexes.

ANNEXES

- **Données thermiques brutes de chaque stations étudiées sur le bassin versant du Foron de Gaillard** : graphiques des données horaires du 03/05/2008 au 09/02/2009.

lac de machilly : colonne fond 15 cm (LM 15)



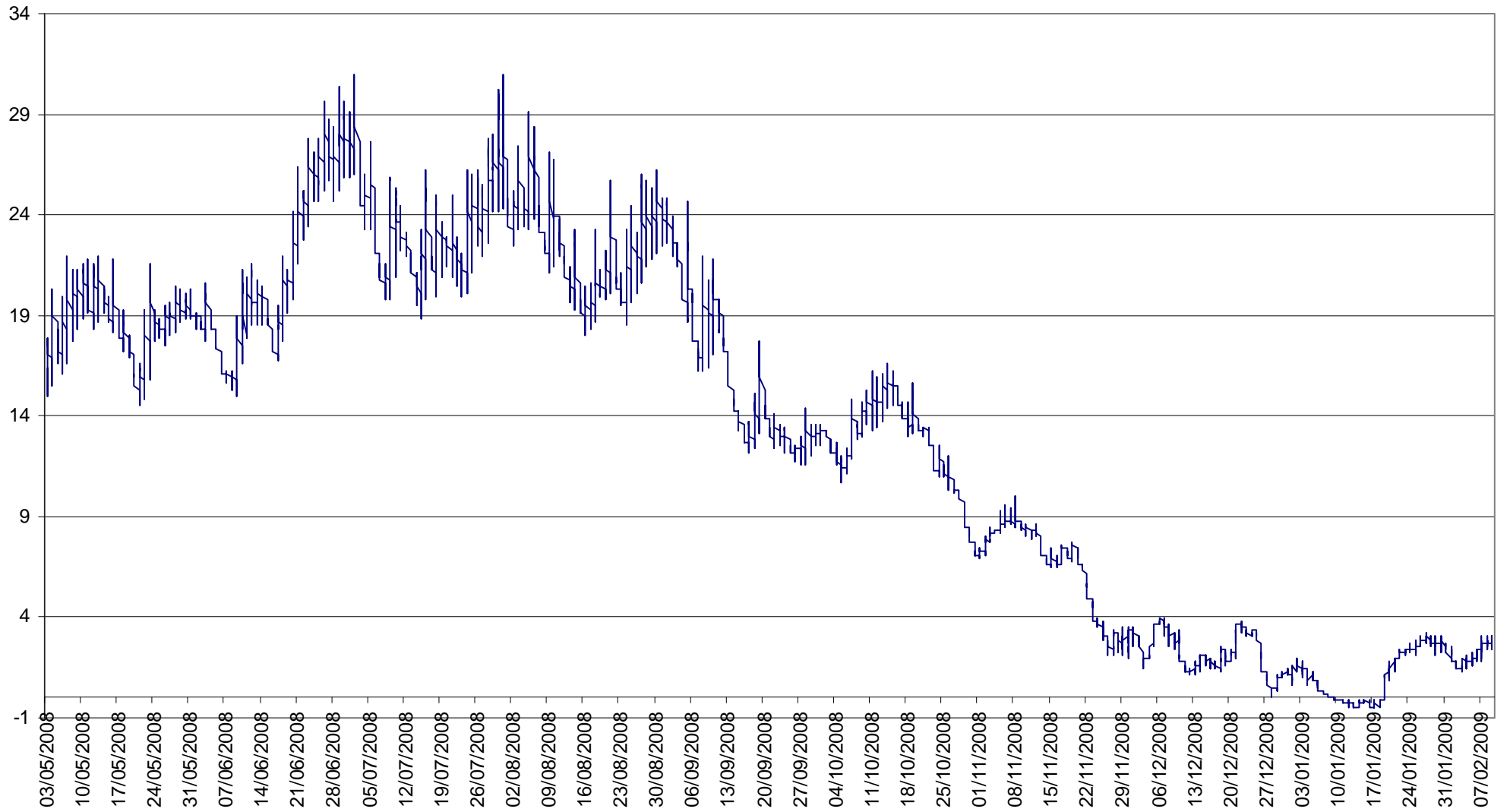
Lac de Machilly : colonne 50 cm du fond (LM 50)



Lac de Machilly : colonne 1m du fond (LM 100)



Lac de Machilly : colonne surface (LM surf)



Lac de Machilly : dans déversoir (LM dev)



Lac de Machilly : aval national (FG1)

