

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

DONNEES 2004-2005

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

Contrat de rivière transfrontalier du Foron du Chablais Genevois



Arnaud CAUDRON
(Réf rapport FDP74.06/02)

Mai 2006

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) et tout récemment les affluents du Sud Ouest Lémanique (SYMASOL). 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 (oxygenation, pollution), sur les biocénoses dont les invertébrés benthiques (faune nourricière) et sur les agents pathogènes (infection, prolifération).

Le présent rapport présente les résultats de l'étude thermique réalisée sur le bassin du Foron de Gaillard lors de la première campagne de suivi qui a eu lieu au cours des années 2004-2005.

I) Protocole de suivi

Le suivi thermique a été réalisé sur 7 stations différentes. Sur chaque station, le suivi a été réalisé sur un cycle annuel complet au pas de temps horaire à l'aide de thermographes enregistreurs stowaway tidbit. Les enregistreurs ont été posés par Mélanie Laigle (SIFOR) et Anthony Large (FDP74) le 11/08/2004 et récupérées par Mélanie Laigle et Emmanuel Mollard (AAPPMA Chablais Genevois) le 01/02/2006. La période choisie pour le traitement des données sur un cycle annuel est comprise entre le 01/10/2004 et le 30/09/2005.

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, les données brutes ont permis de caractériser sur chaque station 30 variables thermiques différentes (Tableau 1).

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 et les caractéristiques des stations étudiées sont présentées dans la figure 1 et le tableau 2 ci-dessous.

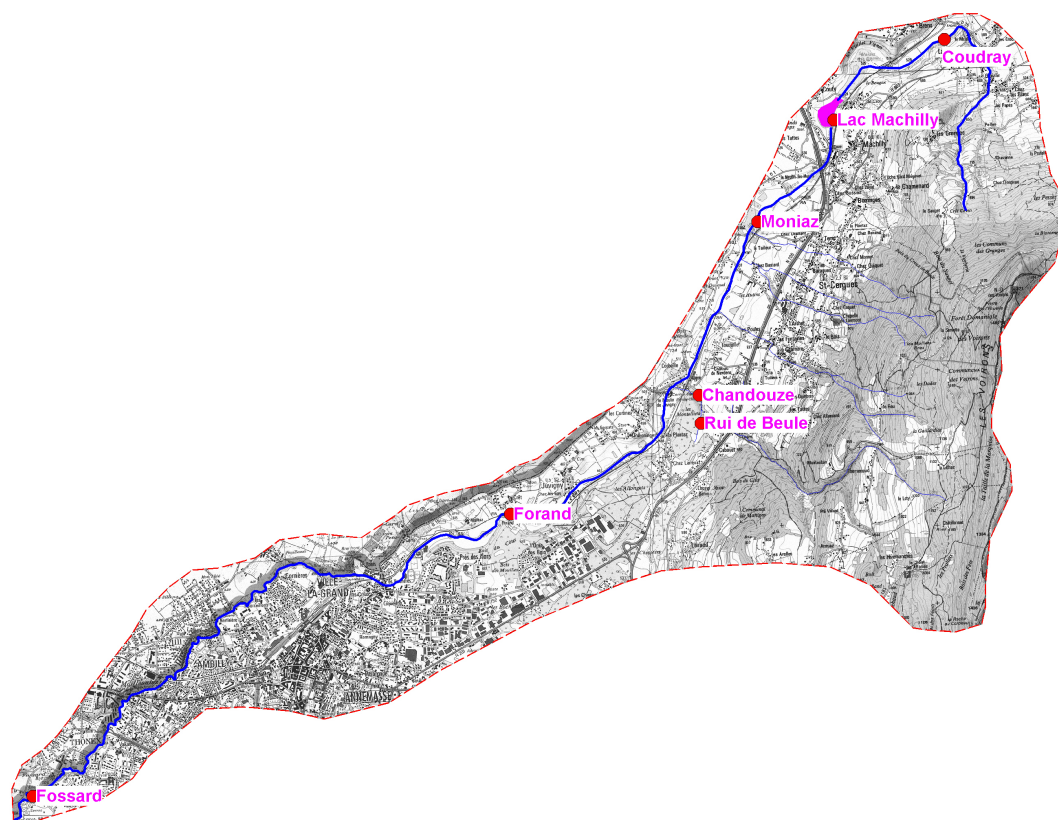


Figure 1 : Localisation géographique des 7 stations étudiées sur le bassin du Foron dans le cadre du suivi thermique entre 2004 et 2005

Tableau 2 : Caractéristiques des stations étudiées sur le bassin du Foron dans le cadre du suivi thermique entre 2004 et 2005 et localisation précise des enregistreurs.

| Cours d'eau | Nom Station | Localisation | Distance à la source (km) | Altitude (m) | Commune |
|-----------------|-------------|--|---------------------------|--------------|----------------|
| Rui de Coudray | Coudray | Brens, 50 m en aval de la cascade | 3 | 530 | St Cergues |
| Lac de Machilly | Machilly | Au sud du lac en rive gauche | 4,8 | 520 | St Cergues |
| Foron | Moniaz | 60 m en amont du pont de la route de Daillant | 6,5 | 510 | St Cergues |
| Foron | Forand | 50 m en aval du pont rue du Soleil | 12,6 | 460 | Ville la Grand |
| Foron | Fossard | Derrière chez Paccot "les serres" | 21,2 | 400 | Gaillard |
| Chandouze | Chandouze | 100 m en amont du pont SNCF | 4 | 500 | St Cergues |
| Rui de Beule | Beule | 10 m en amont de la confluence avec la Chandouze | 0,3 | 510 | Crances Sales |

III) Résultats

III.1) Validation des données

Sur les 7 sondes immergées, seule celle placée dans le lac de Machilly montre des données aberrantes essentiellement durant la période pré-estivale du 25 mai au 30 juin 2005 (Figure 2). Durant cette période les températures maximales ainsi que les amplitudes journalières sont anormalement élevées. Les températures enregistrées pendant cette période n'ont donc pas été utilisées dans le traitement et l'analyse des données.

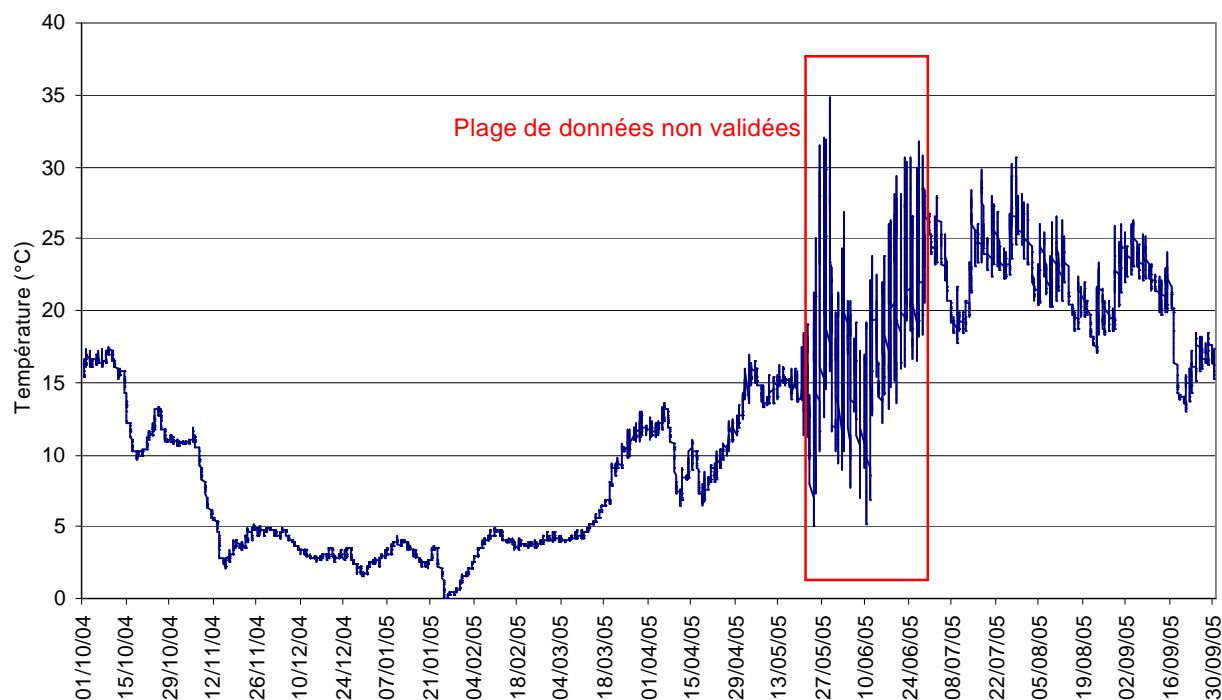


Figure 2 : Données thermiques brutes de l'enregistreur placé au niveau du lac de Machilly montrant une plage de données aberrantes.

III.2) conditions thermiques générales

Sur l'ensemble des stations étudiées les moyennes journalières varient de 0 à 24°C (figure 1). D'une manière générale la période de chute des températures se situe de mi-novembre à mi-mars. Sur le Foron, en période estivale, les conditions thermiques peuvent être considérées comme relativement chaudes et donc peu favorables à la vie salmonicole hormis l'amont du lac de Machilly. Le ruisseau de Beule montre des conditions très favorables avec des valeurs très tamponnées au cours de l'année (figure 1).

La figure 2 reprend les moyennes des températures journalières calculées au niveau du lac de Machilly et des deux stations Coudray et Moniaz situées respectivement en amont et en aval du lac. L'évolution des températures montre clairement l'influence du lac de Machilly sur la thermie du Foron notamment pendant les périodes printanière et estivale avec une augmentation importante des valeurs en aval du lac. Par contre aucun impact n'a été observé pendant la période hivernale.

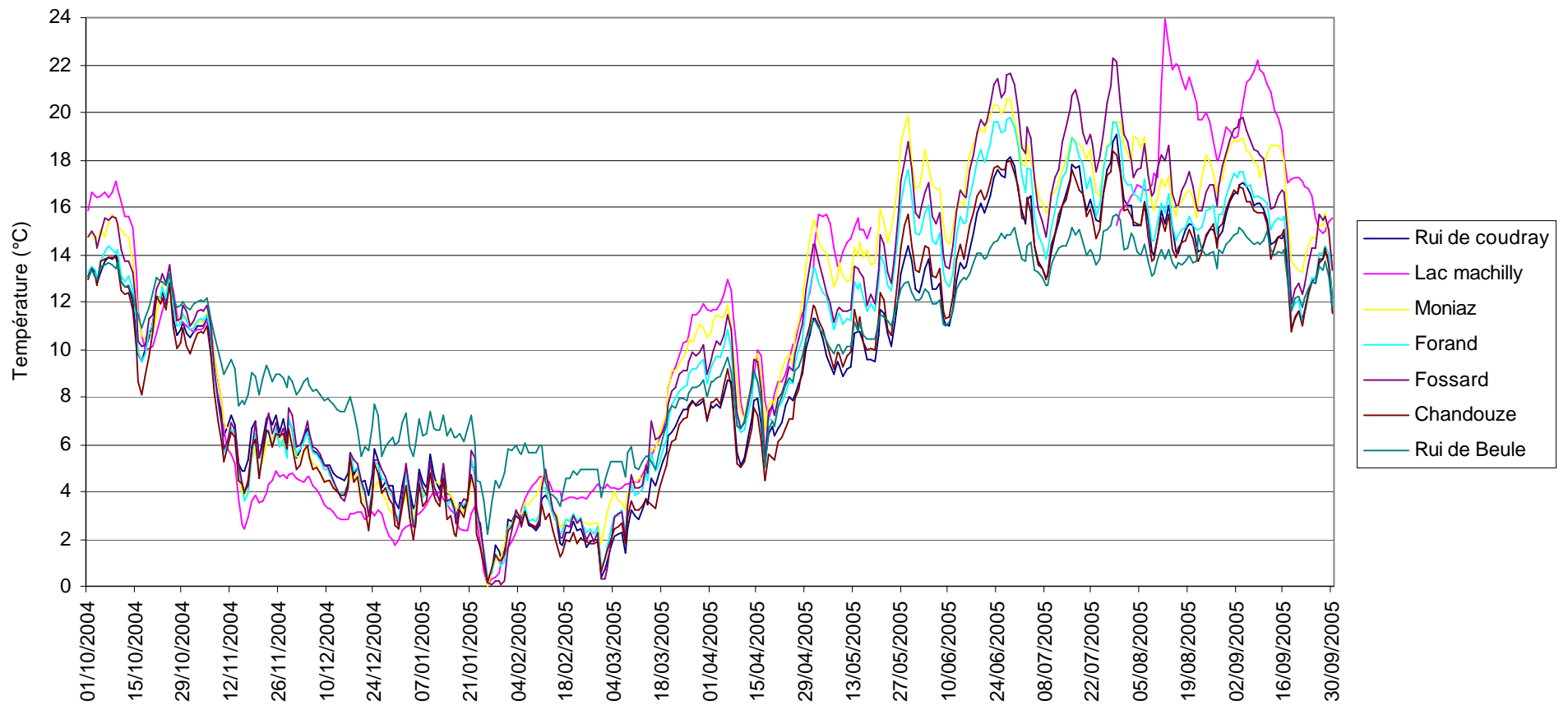


Figure 1 : Courbes des températures moyennes journalières calculées sur la période du 01/10/2004 au 30/09/2005 pour les 7 stations étudiées sur le Foron de Gaillard. (la courbe lac de Machilly est interrompue pendant la période où les données n'ont pas été validées).

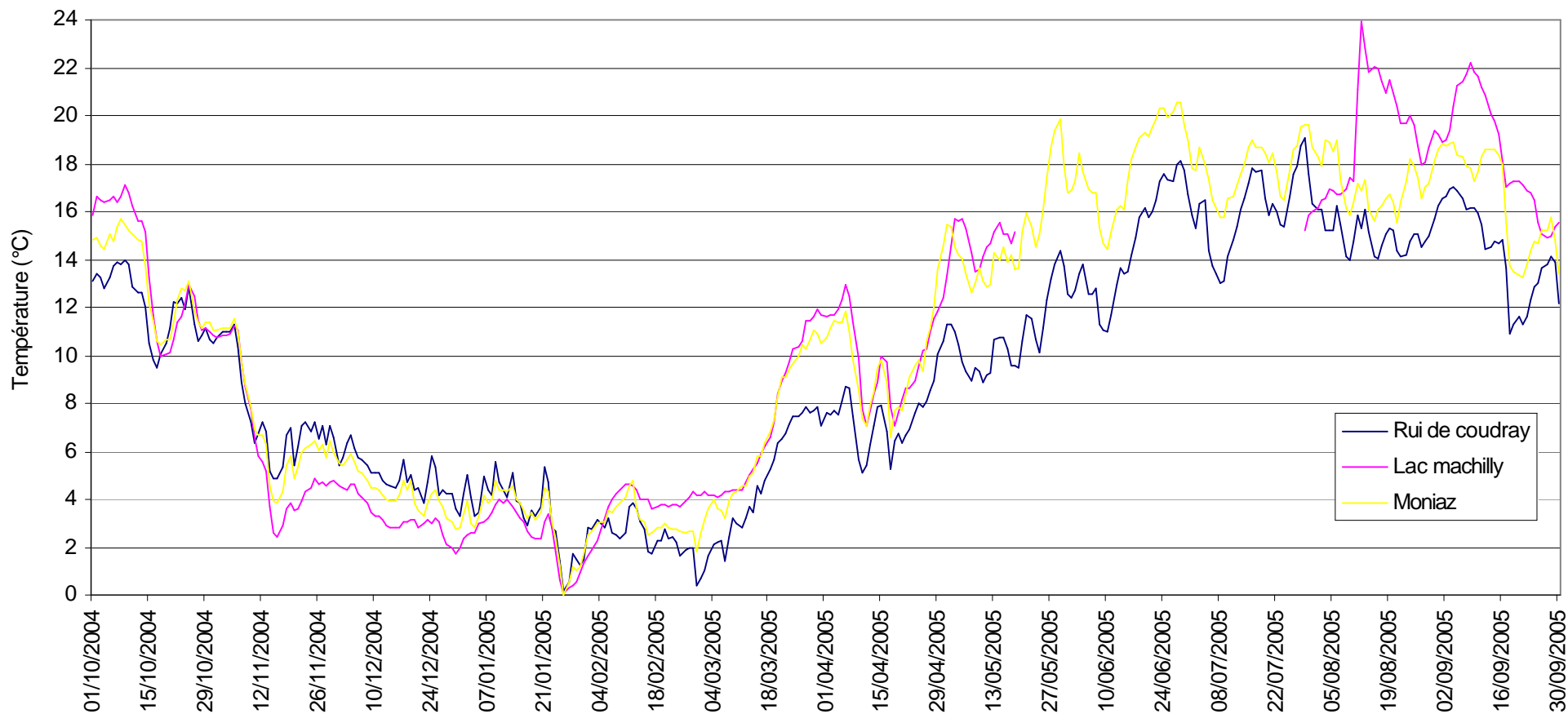


Figure 2 : Courbes des températures moyennes journalières calculées sur la période du 01/10/2004 au 30/09/2005 pour les stations Coudray, lac de Machilly et Moniaz montrant l'impact thermique du lac sur le Foron de Gaillard pendant la période estivale. (la courbe lac de Machilly est interrompue pendant la période où les données n'ont pas été validées).

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 du Foron et en particulier à partir de la station Moniaz située en aval du lac de Machilly. La Chandouze et en particulier le ruisseau de Beuze montrent des valeurs plus faibles. Sur les trois graphiques, une augmentation nette des valeurs est observée entre la station Coudray et la station Moniaz puis une baisse à l'aval de celle-ci (station Forand). Cette situation suggère une influence du passage du cours d'eau dans le lac de Machilly qui entraîne en aval une augmentation significative de la température de l'eau.

Sur la station Fossard située en aval du cours d'eau, les températures sont élevées et peuvent même dépasser le seuil de 25°C, considérée comme valeur critique pour la survie (létale ou sub-létale) de la truite commune en rivière.

La valeur moyenne obtenue sur les 30 jours les plus chauds pourra être couplée avec les données de minéralisation (Ca^{2+} et Mg^{2+}) pour calculer ultérieurement le niveau typologique théorique des stations selon la méthode définie par Verneaux (1973). Ce calcul permettra de connaître en fonction des paramètres mésologiques le potentiel piscicole réel attendu sur les différentes stations étudiées.

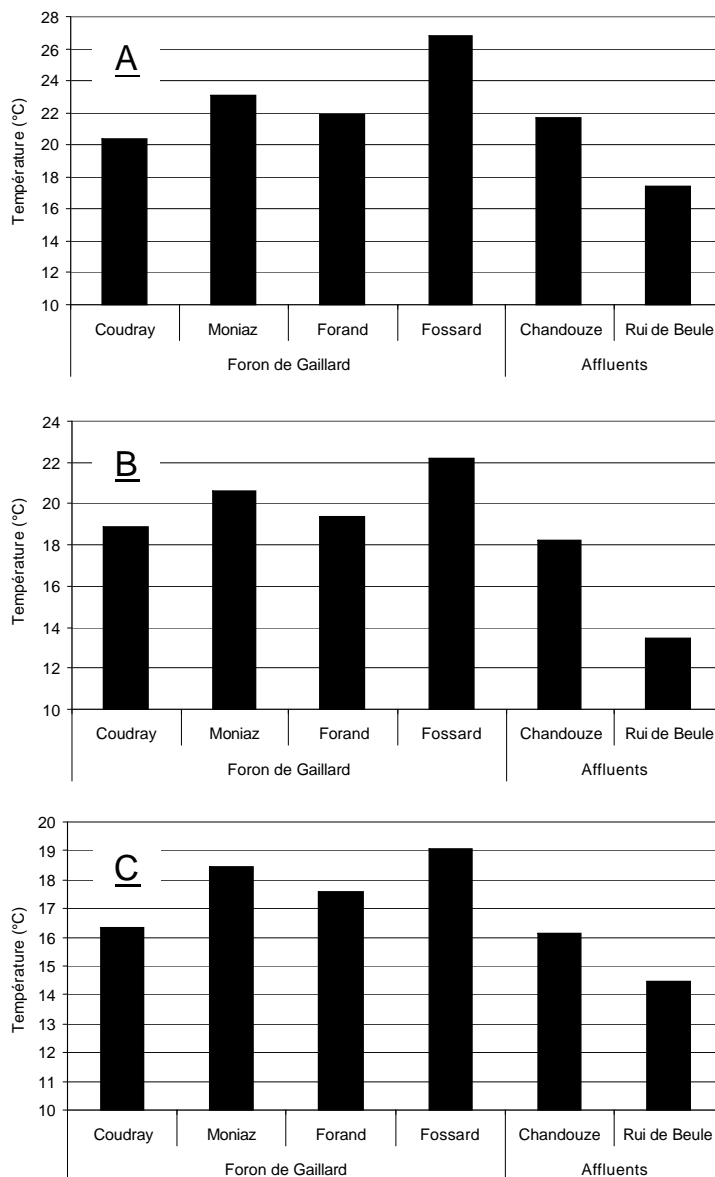


Figure 5 : Température maximale (A), amplitude (B) et moyenne des trente jours les plus chauds (C) obtenues sur les 6 stations concernées par le suivi thermique annuel sur le Foron.

III.3) Période de croissance et préférendum thermique

Les données thermiques disponibles ont permis de calculer le temps (nombre de jours par an) où la température de l'eau était comprise dans le préférendum thermique de la truite commune. 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 ; Elliott, 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 peu de différences de la durée du préférendum thermique entre les stations situées sur le Foron avec des valeurs comprises entre 250 et 300 jours par an. Le Foron à l'amont du lac (station Coudray) montre les conditions les plus favorables. Les stations Moniaz et Fossard sont les moins favorables en raison des températures élevées observées qui dépassent souvent 19°C (figure 6.B et 6.C). On perçoit encore ici nettement l'influence du lac de Machilly sur la thermie de l'eau de la station Moniaz.

Sur la Chandouze, les conditions thermiques sont proches de celles observées sur la station Coudray et ne semblent pas limitantes pour la vie salmonicole.

Enfin le ruisseau de Beule montre des conditions quasi-idéales avec des températures optimales pendant presque 360 jours par an et des maximales qui ne dépassent jamais 19°C.

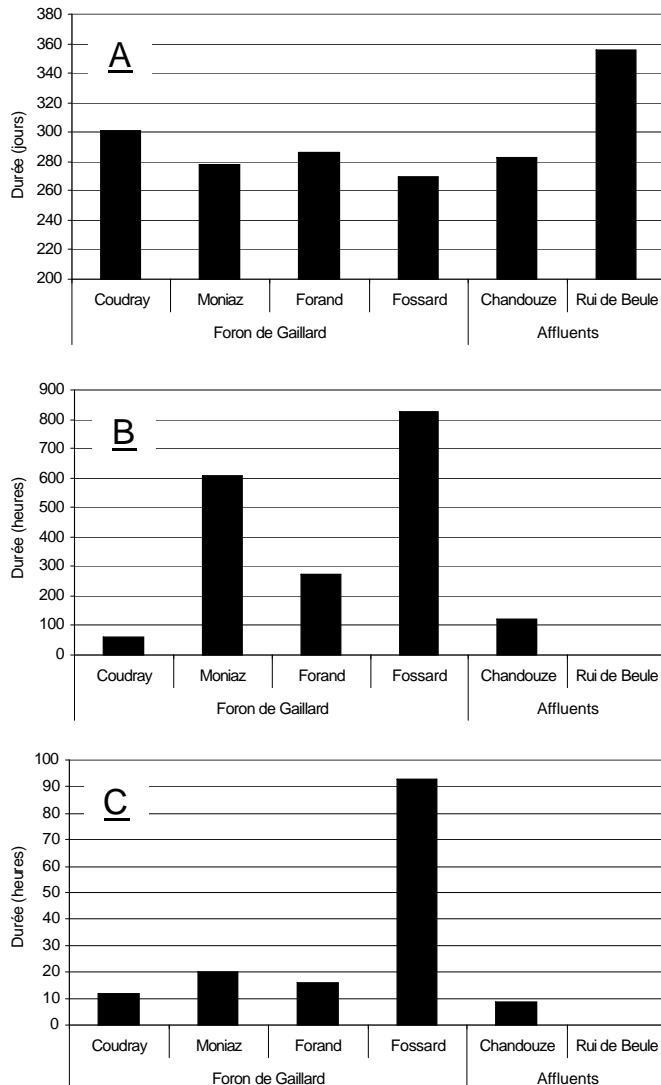


Figure 6 : Durée en jours du préférendum thermique de la truite commune (A), en heures de la durée totale où la température atteint ou dépasse 19°C (B) et durée en heures de la séquence maximale durant laquelle la température est restée au dessus de 19°C (C) sur les 6 stations concernées par le suivi annuel sur le Foron.

III.4) 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 est un cours d'eau qui présente un risque potentiel important de développer la PKD (figure 7). En effet, sur trois secteurs contigus (Moniaz, Forand et Fossard) 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. Ces trois secteurs représentent un linéaire total de 17 km soit environ 77% du cours du Foron. L'impact négatif du lac de Machilly est ici de nouveau perceptible puisque le Foron passe d'une situation sans risque pour la PKD sur la station Coudray (280 heures) à une situation très risquée (800 heures) à Moniaz.

Ces observations 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). 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)

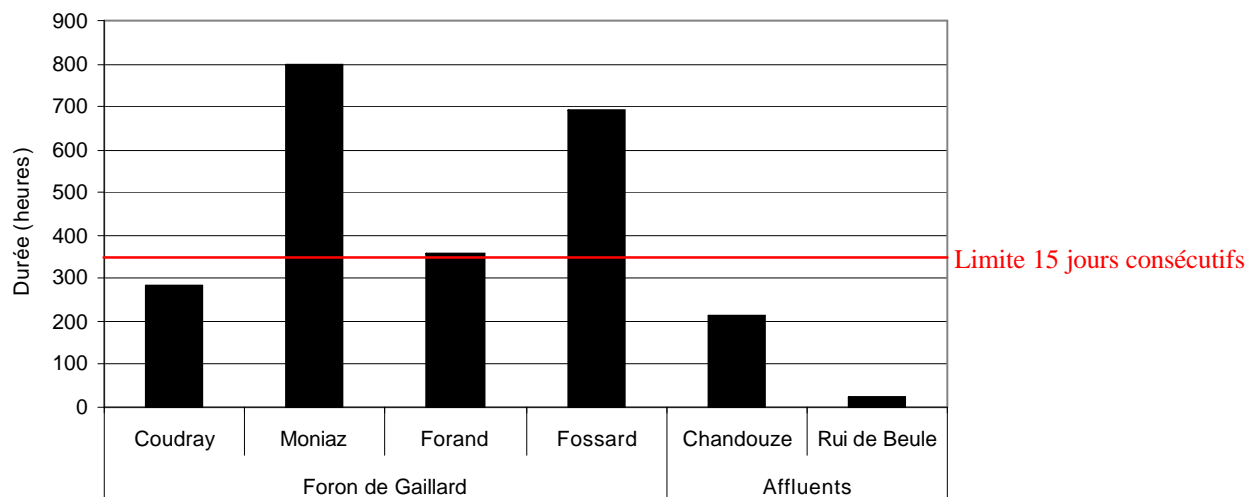


Figure 7 : Durée en heures de la séquence maximale durant laquelle la température est restée au dessus de 15°C sur les 6 stations concernées par le suivi annuel sur le Foron.

III.5) Durée et conditions thermiques du développement embryo-larvaires

Une estimation de la durée totale (50% d'alevins émergents) de vie sous graviers des œufs et alevins vésiculés a été calculée selon la méthode proposée par Crisp (1992). La date médiane de ponte a été fixée au 15 décembre en accord avec les observations actuellement disponibles sur différents cours d'eau de Haute-Savoie (Champigneulle *et al.*, 1988 sur le Redon, Champigneulle *et al.*, 2003 sur le ruisseau de Chevenne ; Caudron, données non publiées sur le Fier).

Une fois la durée de la phase de développement embryo-larvaire évaluée, les conditions thermiques pendant cette phase ont été plus précisément étudiées. Ainsi, les séquences de temps où la température présentait des valeurs inférieure à 1°C ou supérieure à 12°C ont été recherchées. Ces valeurs peuvent être considérées comme les limites de la plage de développement optimale pour les œufs et les embryons (Jungwirth et Winkler, 1984 ; Crisp, 1996).

L'estimation de durée de vie sous graviers est peu variable d'un site à l'autre avec des valeurs comprises entre 128 et 150 jours (figure 8). Elles peuvent être considérées comme des durées d'incubation plutôt faibles par rapport aux autres résultats obtenus sur le département. Par contre tous les sites suivis montrent pendant les périodes de vie sous graviers identifiées des températures pouvant compromettre le bon développement embryo-larvaire. En effet, les durées pendant lesquelles les températures sont inférieures à 1°C et supérieures à 12°C sont relativement importantes en particulier pour les stations Forand et Fossard. Les observations sont certainement imputables à l'existence sur ces secteurs d'un lit mineur surdimensionné provoquant un étalement de la lame d'eau qui rend celle-ci plus sensible au refroidissement hivernal et au réchauffement printanier. La figure 8 montre également que le lac de Machilly n'a pas d'impact thermique sur le Foron pendant la période hivernale.

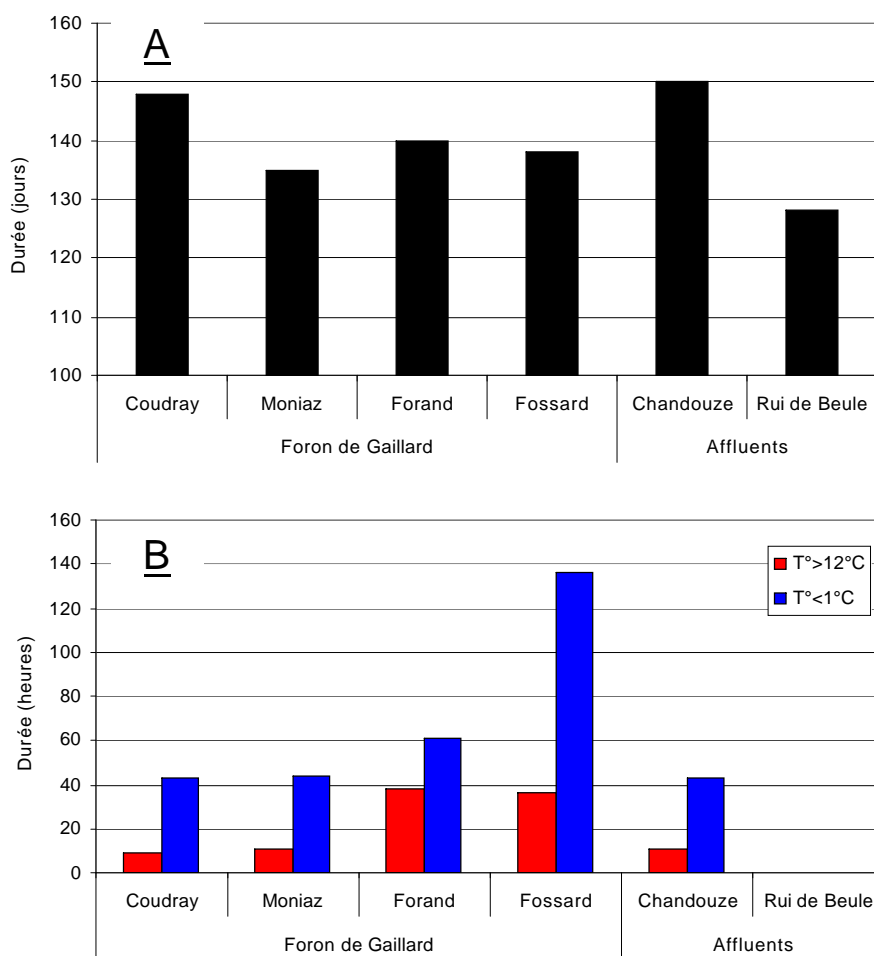


Figure 8 : Durée totale en jours de vie sous graviers (50% d'alevins émergents) (A) et durée en heures des séquences maximales durant lesquelles la température est restée au-dessous de 1°C et au-dessus de 12°C pendant la période du développement embryo-larvaire (B) sur les 6 stations concernées par le suivi annuel sur le Foron.

IV) Premières conclusions et perspectives

Cette première étude thermique réalisée sur le Foron de Gaillard a permis de mettre en évidence les points suivants :

- L'amont du lac de Machilly (ruisseau du Coudray) ne montre pas de conditions thermiques défavorables pour la vie salmonicole.
- Le lac de Machilly entraîne en aval des impacts négatifs sur la température de l'eau du Foron en période printanière et estivale. Les effets négatifs sur le Foron de l'augmentation de température provoquée par le lac sont de deux ordres. D'une part les conditions ne deviennent plus favorables pour la vie salmonicole avec des valeurs dépassant souvent les 19°C. D'autre part, les conditions thermiques deviennent très favorables au développement de la maladie PKD. Ces conditions se prolongent sur l'ensemble du linéaire du Foron en aval du lac jusqu'à son embouchure avec l'Arve.
- Le lac de Machilly ne montre aucun effet sur le Foron pendant la période hivernale.
- L'extrême aval du Foron présente des conditions de vie, du point de vue thermique, défavorables pour la truite commune.
- Les conditions de températures hivernales pendant la période de vie sous graviers semblent pouvoir limiter la réussite du développement embryon-larvaire. Ces observations seraient à confirmer par la mise en place *in situ* d'incubateurs tests pour évaluer les taux de survie pendant cette période critique.
- La Chandouze mais surtout le ruisseau de Beule montrent des conditions thermiques favorables et tout à fait compatible avec la vie salmonicole.

La prochaine campagne de suivi thermique sur le Foron de Gaillard pourrait se focaliser autour du lac de Machilly en plaçant deux sondes à l'amont du lac, deux dans le lac (une à proximité de l'arrivée du ruisseau de Coudray et une à l'exutoire) puis trois en aval.

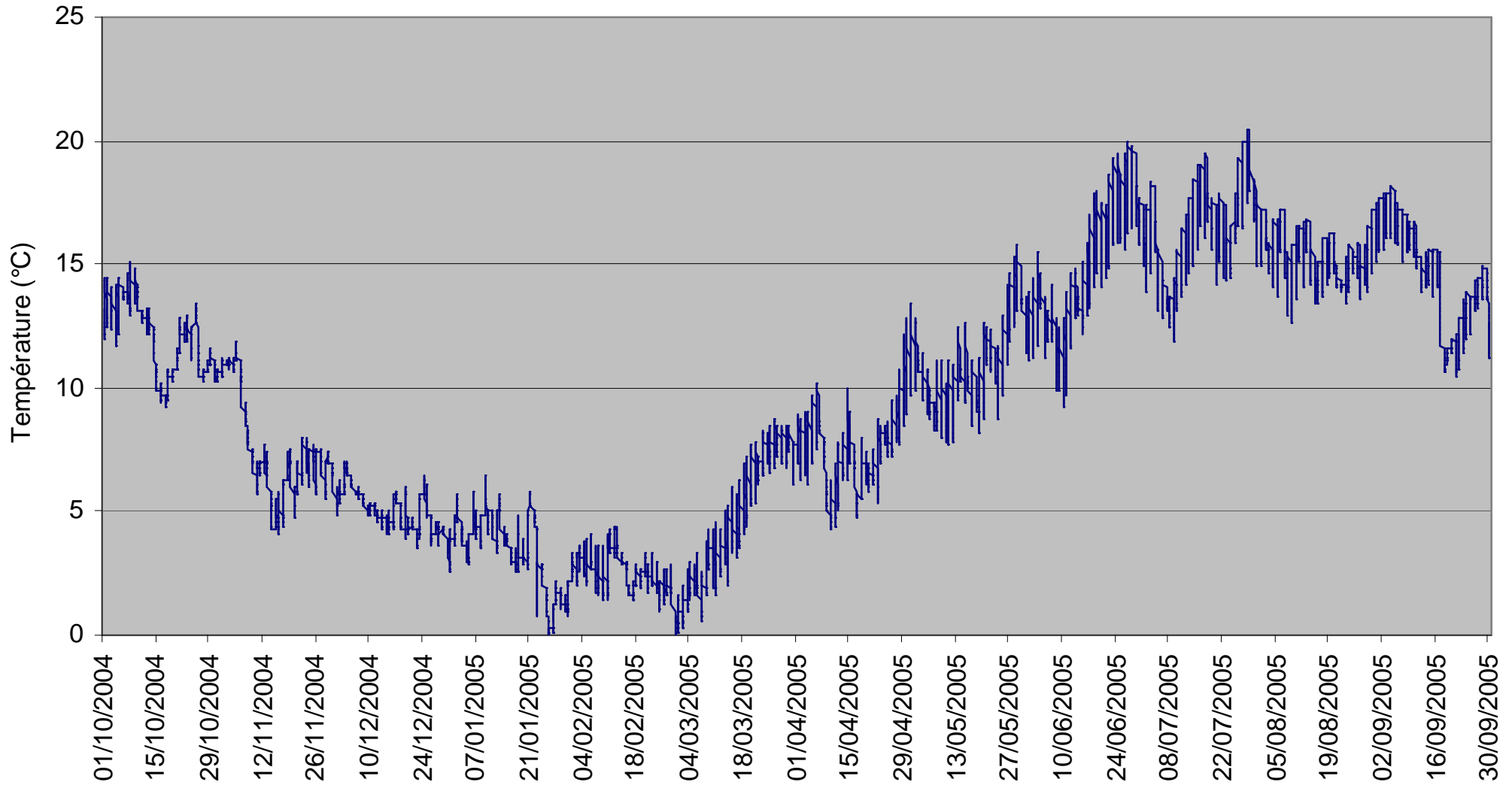
Une étude de recherche spécifique de la PKD chez les juvéniles de truites pourrait également être entreprise.

BIBLIOGRAPHIE

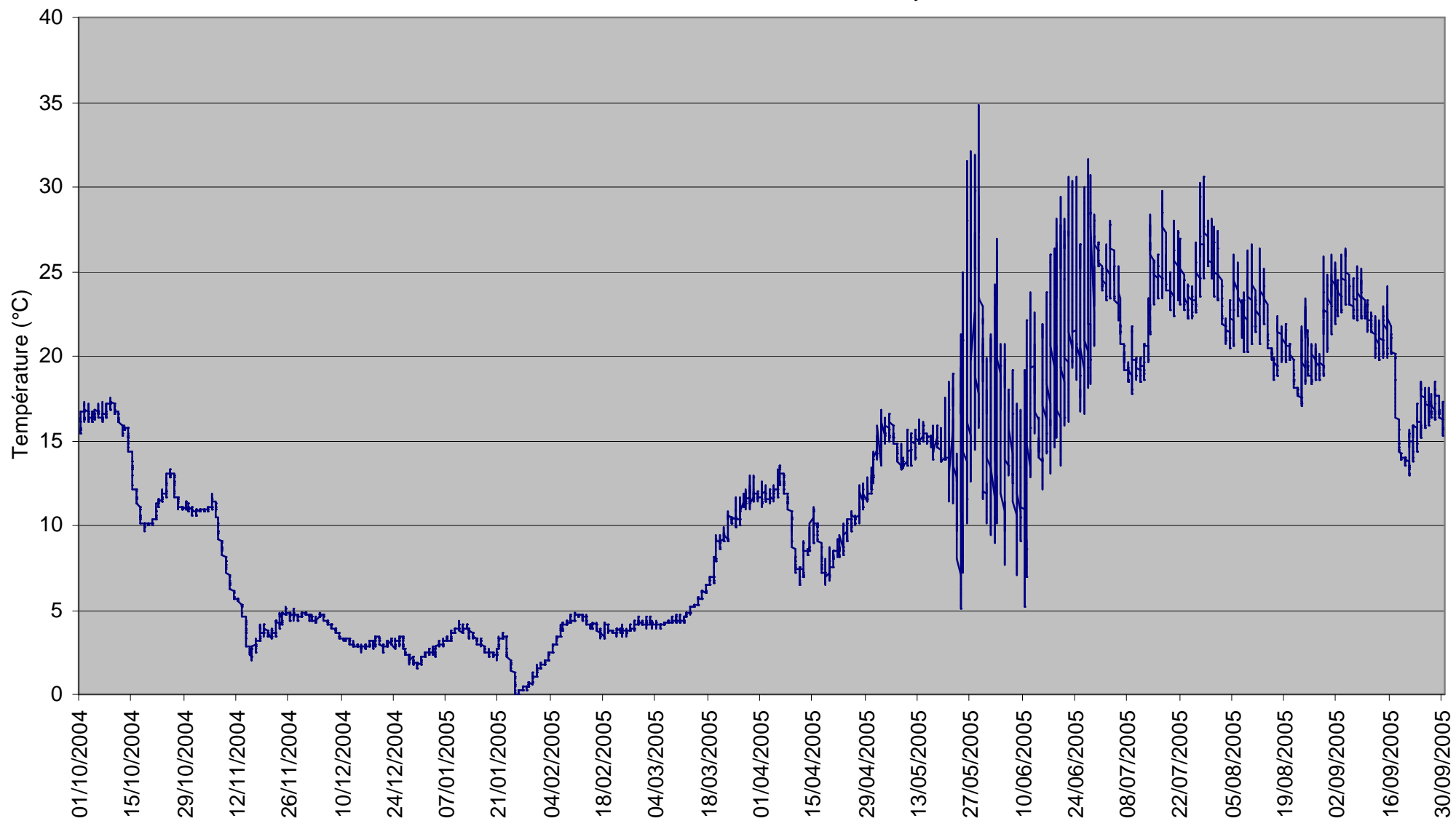
- Alabaster J.S., Llyod R., 1980. Water quality criteria for fresh water fish, Butter Worths Ed., London, 297p.
- Anderson C.L., Canning E.U., Okamura B., 1999. 18S rDNA sequences indicate that PKX organism parasites bryozoa. *Bulletin of the European association of fish pathologists*, 19, 94-97.
- Canning 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.
- Champigneulle A. Melhaoui M., Maisse G., Baglinière J.-L., Gillet C., Gerdeaux D., 1988. Premières observations sur la truite (*Salmo trutta* L.) dans le Redon, un petit affluent frayère du Lac Léman. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, 310, 59-76.
- Champigneulle A., Largiader C.R., Caudron A., 2003. Reproduction de la truite (*Salmo trutta* L.) dans le torrent de chevenne, Haute-Savoie. Un fonctionnement original ? *Bulletin Français de Pêche et Pisciculture*, 369, 41-70.
- 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., 1994. Quantitative ecology and the brown trout. Oxford University Press, Oxford, 286 pp.
- 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.
- Jungwirth M. Winkler H., 1984. The temperature dependance of embryonic-development of grayling (*Thymallus thymallus*), Danube salmon (*Hucho hucho*) artic char (*Salvelinus alpinus*) and brown trout (*Salmo trutta*). *Aquaculture*, 38, 315-327.
- 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.

ANNEXES

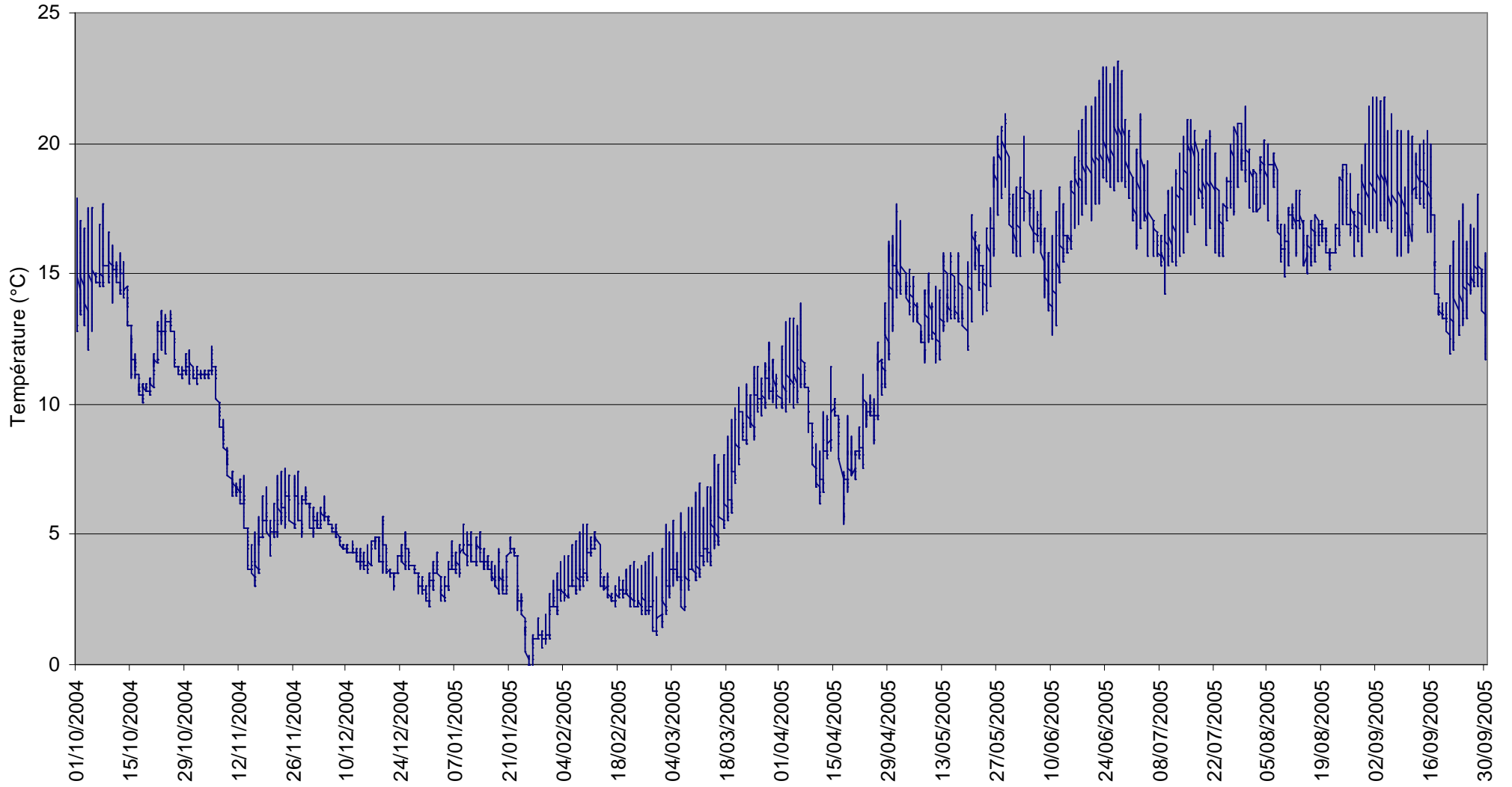
Données brutes station de Coudray



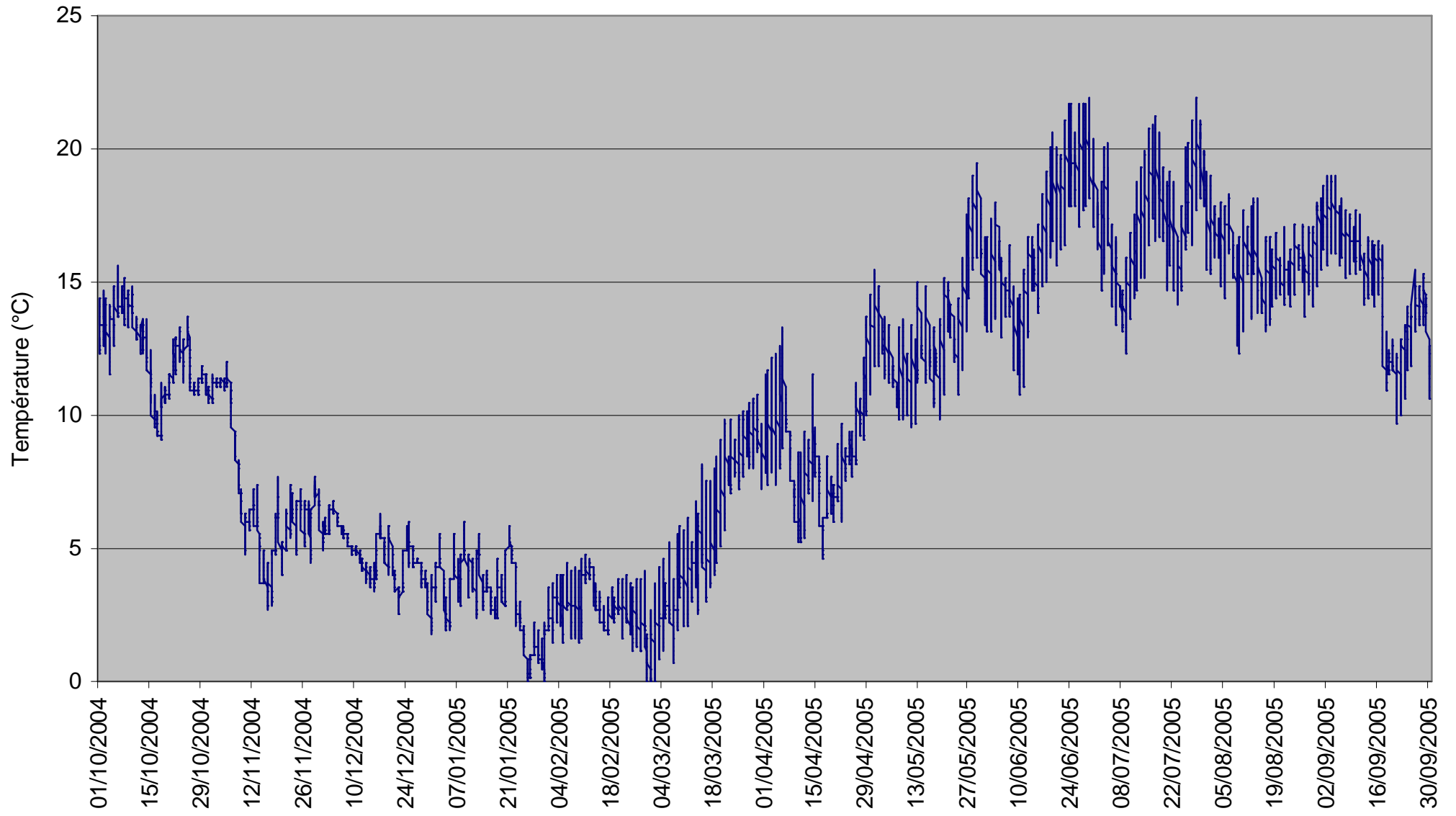
Données brutes station lac de Machilly



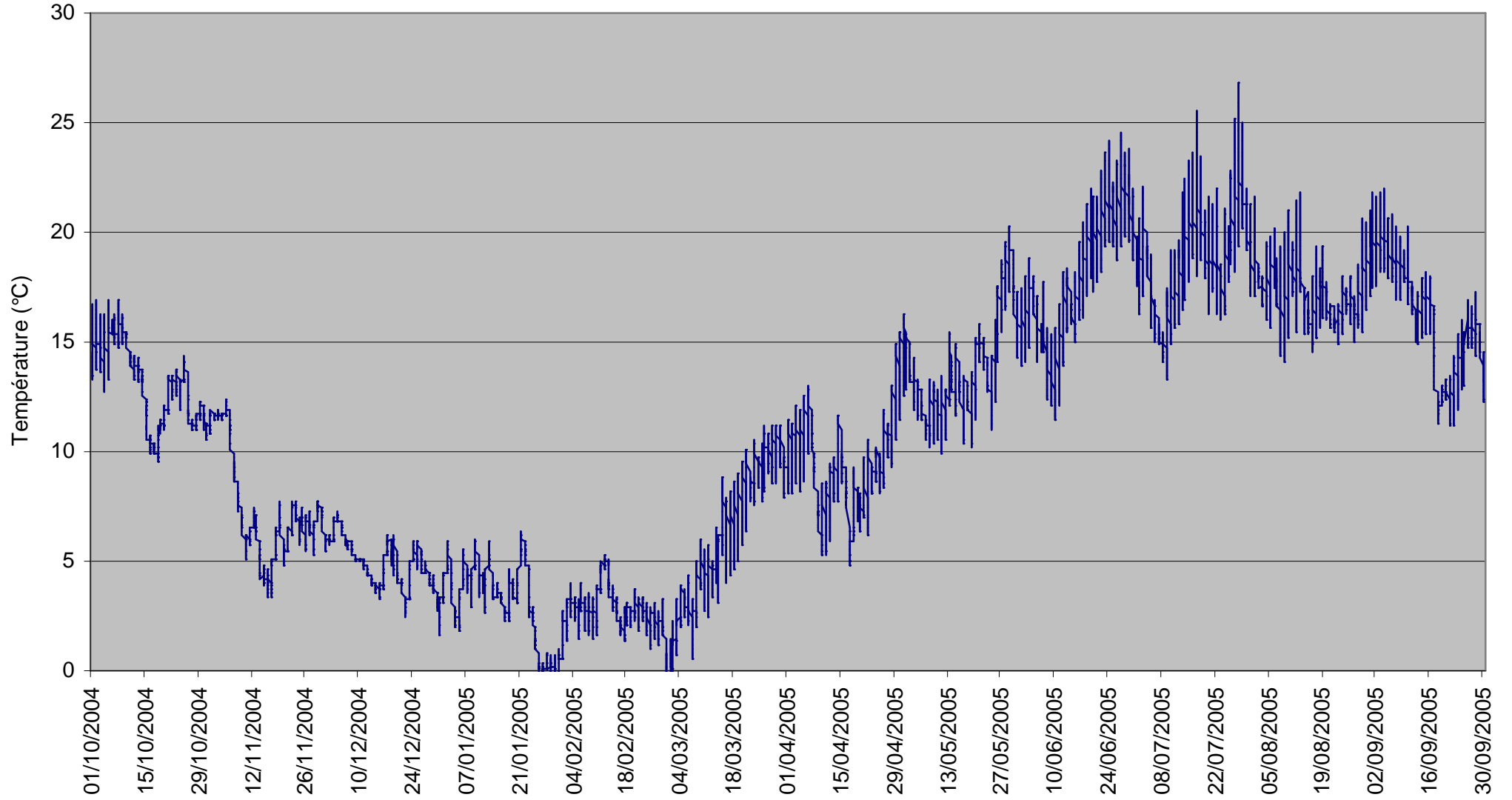
Données brutes station Moniaz



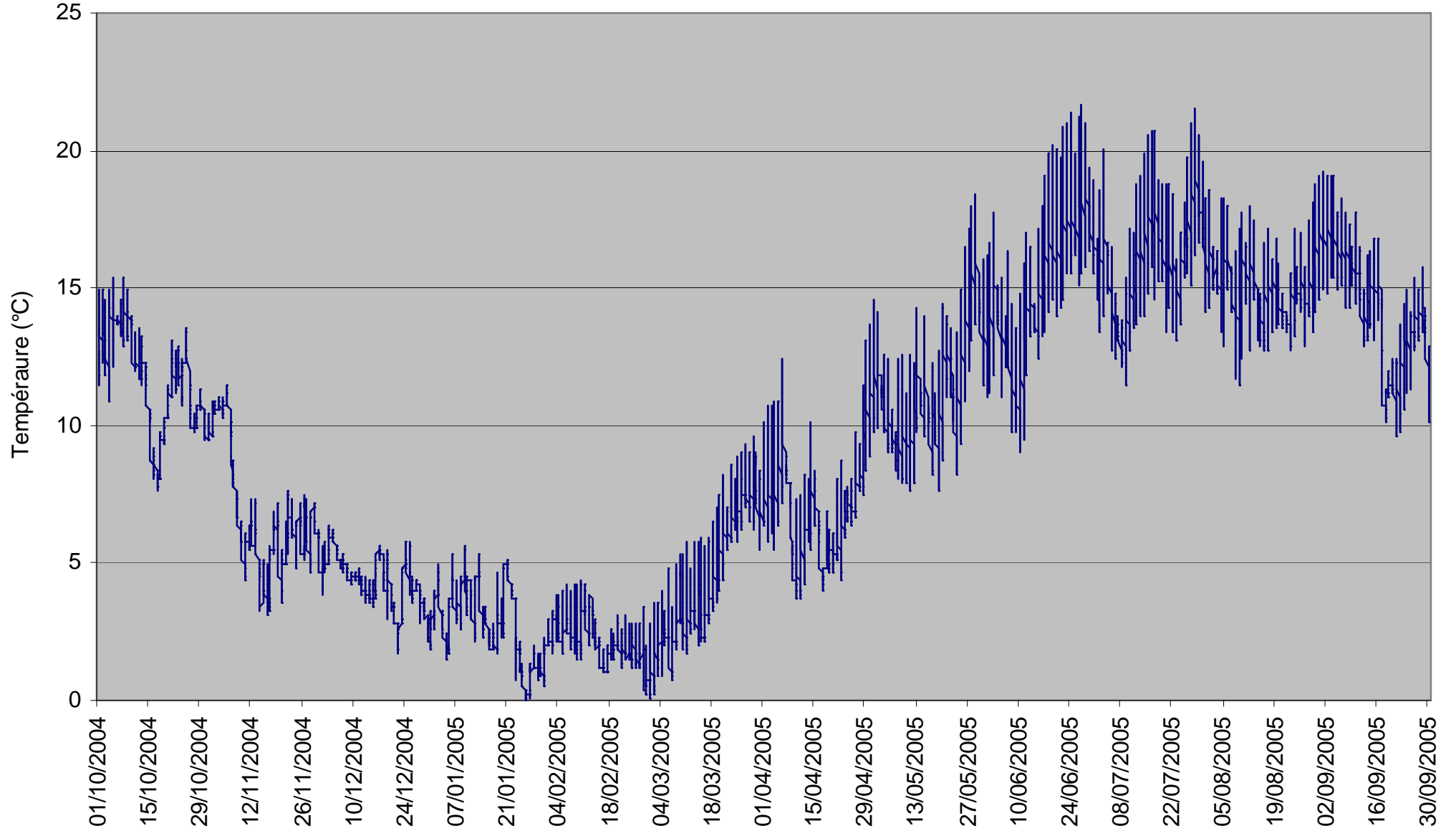
Données brutes station Forand



Données brutes station Fossard



Données brutes station Chandouze



Données brutes station Rui de Beule

