

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 CHERAN HAUT SAVOYARD

DONNEES 2004-2005

Syndicat Interdépartemental d'Aménagement du Chéran



Laure VIGIER
Arnaud CAUDRON
Philippe HUCHET
(Réf rapport FDP74.01/07)

Mars 2007

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 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 (oxygénation, pollution), sur les biocénoses dont les invertébrés benthiques (faune nourricière) et sur les agents pathogènes (infection, prolifération).

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

I) Protocole de suivi

Le suivi thermique a été réalisé sur 15 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 Ludovic Catinaud (AAPPMA Albanais) et Anthony Large (FDP74) au mois de février 2004 et récupérées par Ludovic Catinaud en mai 2005. La période choisie pour le traitement des données sur un cycle annuel est comprise entre le 01/03/2004 et le 28/02/2005.

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).

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 (Vermeaux, 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

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

II) Localisation des enregistreurs thermiques sur le Bassin du Chéran

La localisation des 15 enregistreurs et les caractéristiques des stations étudiées sont présentées dans la figure 1 et le tableau 2 ci-dessous.

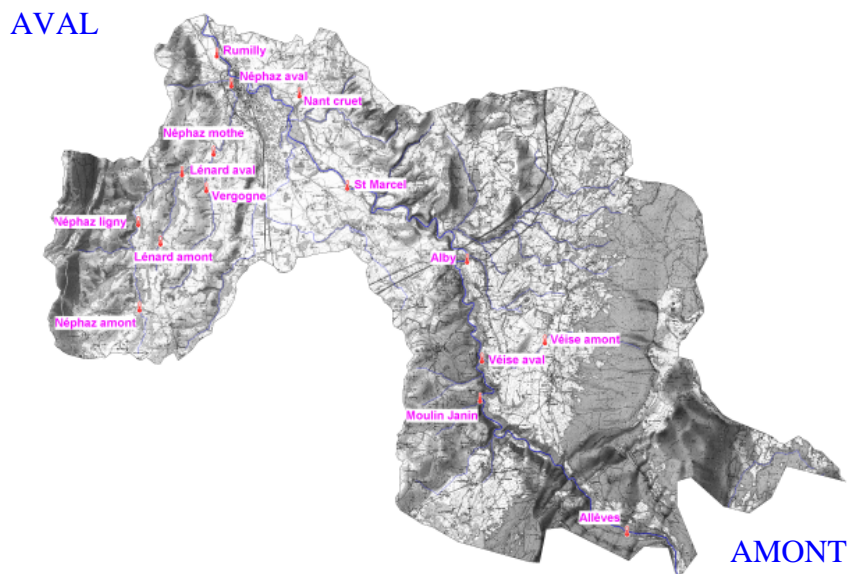


Figure 1 : Localisation géographique des 15 stations étudiées sur le bassin du Chéran dans le cadre du suivi thermique entre 2004 et 2005

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

Station	localisation	distance à la source (km)	altitude (m)	commune
Allèves	fosse en rive gauche, dans l'axe de l'ancien relais téléphonique situé au bord de la départementale	24	520	Allèves
Moulin Janin	environ 50 m en aval du rui du Favant (rive droite)	30,8	415	Gruffy
Alby	sous le pont de la N201, au bas de l'échelle.	36,3	390	Alby/Chéran
St Marcel	5 m en amont de la confluence d'un petit ruisseau temporaire (rive droite)	42,5	370	Marigny-St-Martin
Rumilly	en face du stand de tir (rive gauche)	49,7	330	Rumilly
Véise amont	en aval du 4ème seuil situé en dessous de la buse (rive gauche)	3,2	550	Mûres
Véise aval	environ 50m en amont de la confluence avec le Chéran (rive droite)	5,9	425	Gruffy
Nant cruët	rive droite dans une petite fosse (rive droite)	0,6	360	Sales
Néphaz amont	environ 50 m en aval du pont qui mène à la ferme, sous la buse (rive droite)	1,3	530	Massingy
Néphaz ligny	50 m en amont du pont (rive droite)	4	440	Massingy
Néphaz mothe	rive droite	7,5	370	Rumilly
Néphaz aval	en amont du tobogan pluvial après descente des escaliers (rive droite)	9,9	325	Rumilly
Vergogne	au centre du cours d'eau dans une petite gorge	3,5	395	Massingy
Lénard amont	environ 50m en aval du pont (centre du cours d'eau)	0,9	480	Massingy
Lénard aval	30m en amont de la confluence avec la Nephaz (rive gauche)	3,1	405	Massingy

III) Résultats

III.1) Validation des données

Sur les 15 sondes immergées, aucune n'a montré de données 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

Sur l'ensemble des stations étudiées sur le cours principal du Chéran et sur ses affluents, les moyennes journalières varient de 0 à 21°C (figure 2 à 6). Globalement, la période de faibles températures se situe entre la seconde semaine de novembre et début mars. Les températures estivales, bien que relativement chaudes, ne semblent pas être limitantes pour le développement de la truite commune. Le nant de Cruet (figure 6) et la Véise (figure 3), qui présentent des valeurs plus tamponnées (respectivement de 3 à 18°C et 1,5 à 18°C), montrent des conditions plus particulièrement favorables pour cette espèce.

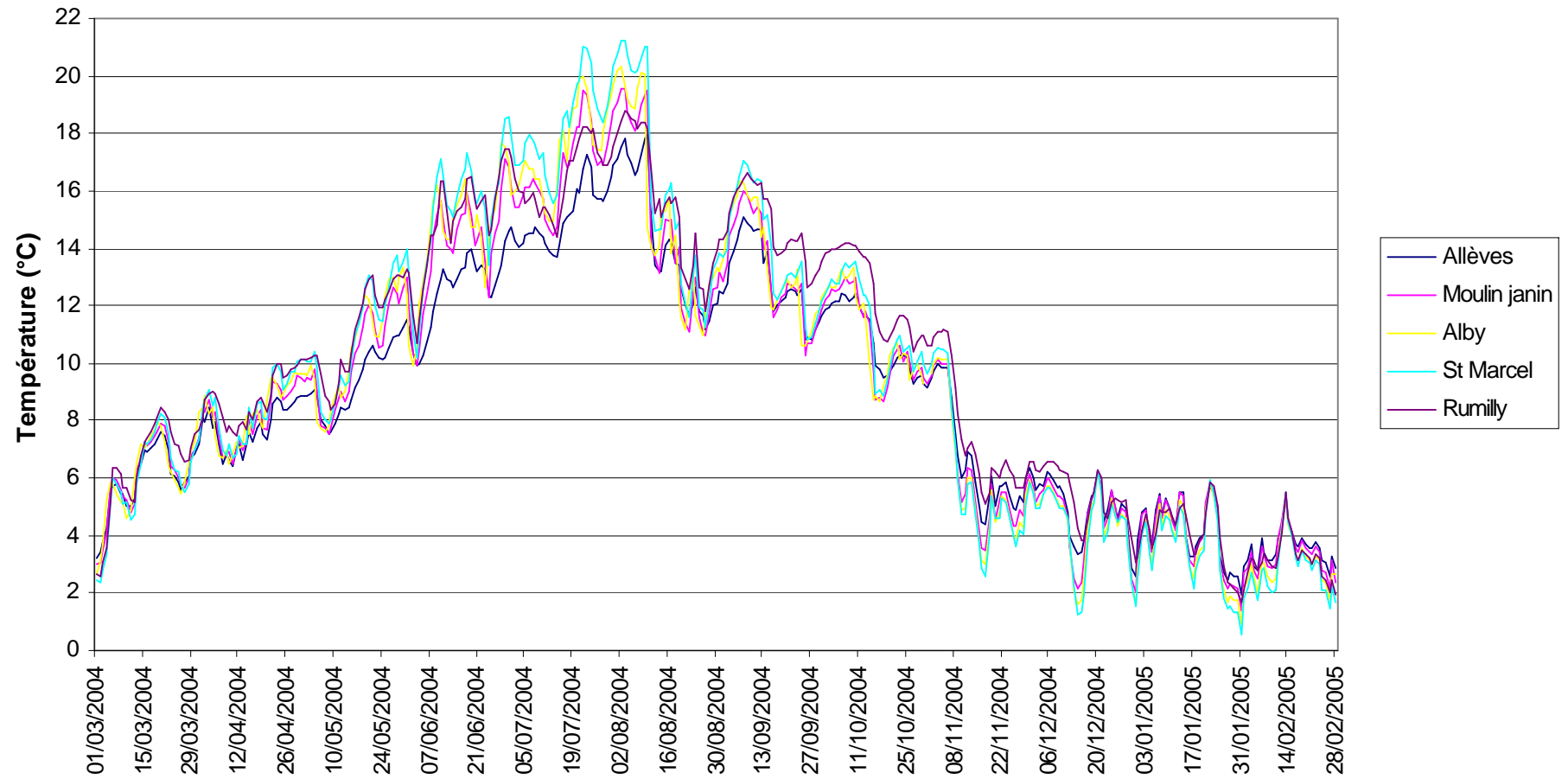


Figure 2.: Courbes des températures moyennes journalières calculées sur la période du 01/03/2004 au 28/02/2005 pour les 5 stations étudiées sur le cours principal du Chéran.

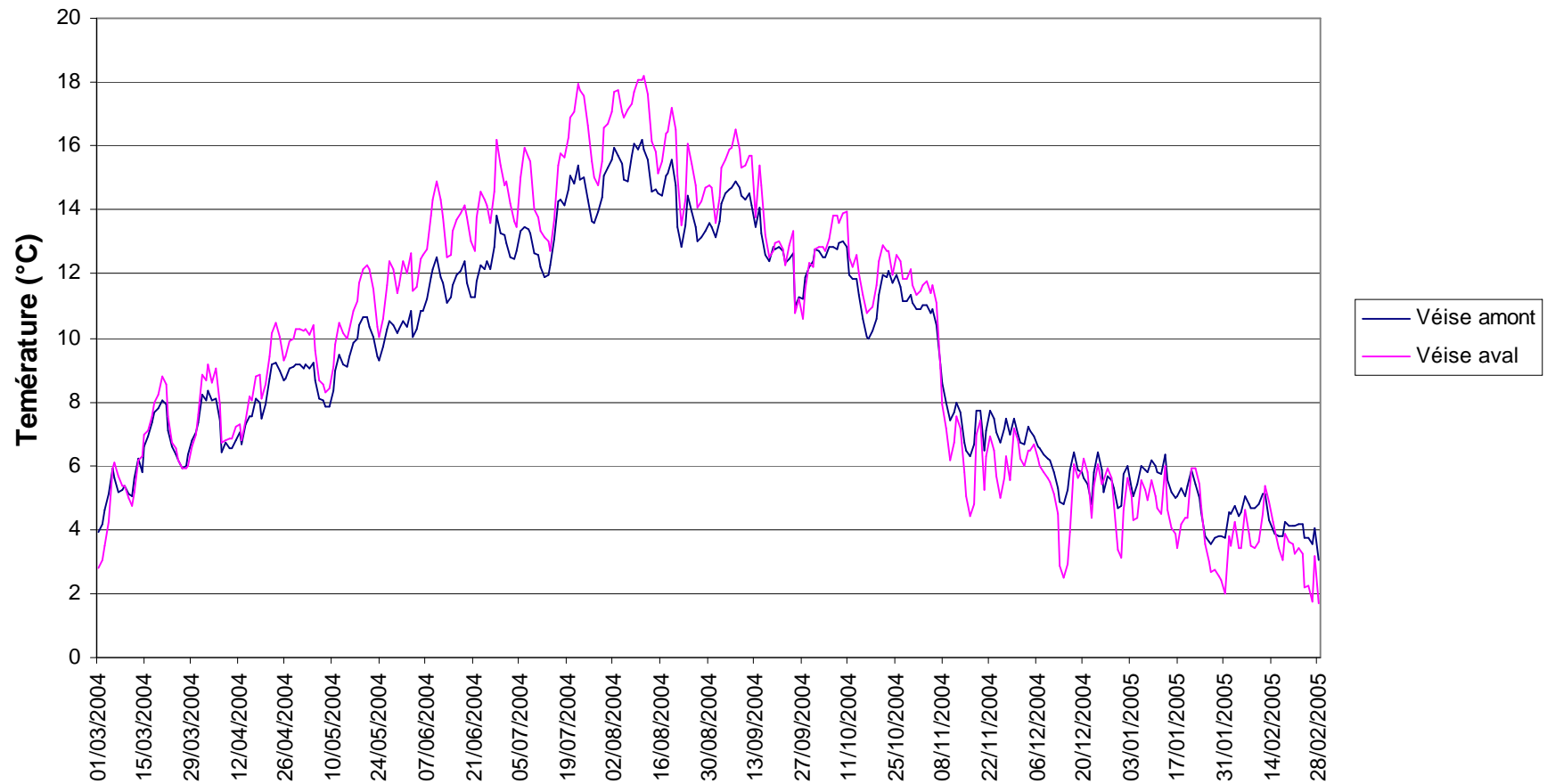


Figure 3 : Courbes des températures moyennes journalières calculées sur la période du 01/03/2004 au 28/02/2005 pour les 2 stations situées sur la Véise, affluent du Chéran.

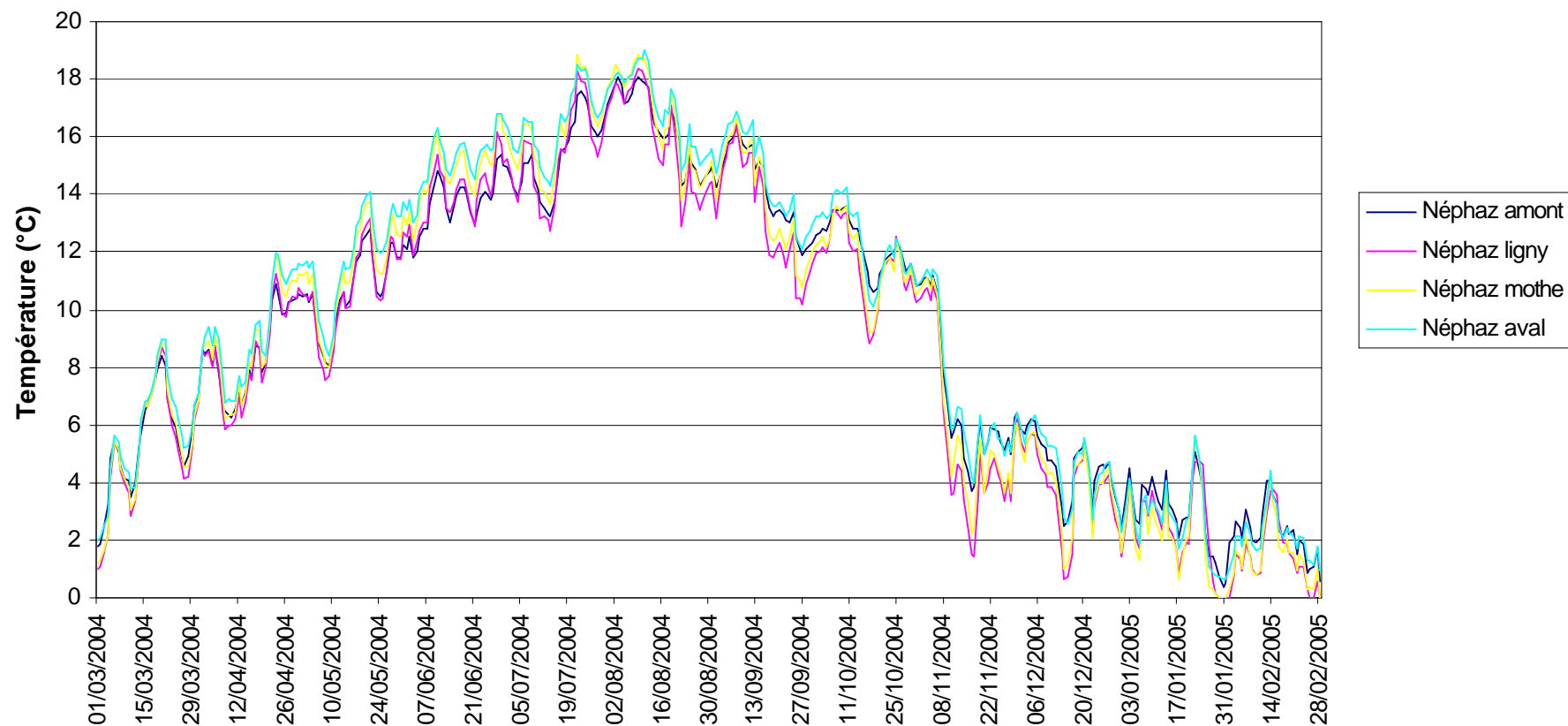


Figure 4 : Courbes des températures moyennes journalières calculées sur la période du 01/03/2004 au 28/02/2005 pour les 4 stations situées sur la Néphaz, affluent du Chéran.

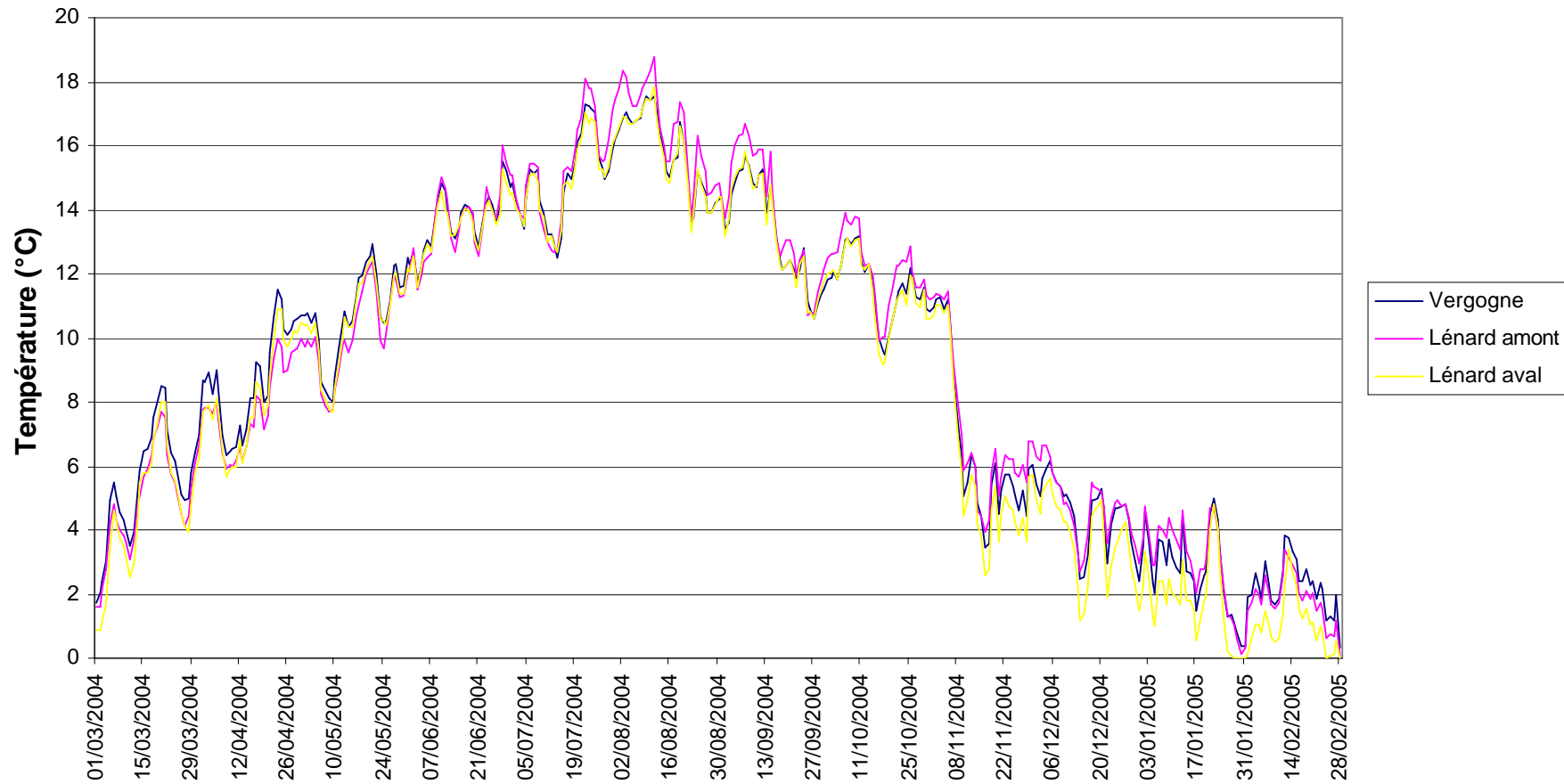


Figure 5 : Courbes des températures moyennes journalières calculées sur la période du 01/03/2004 au 28/02/2005 pour les 2 stations situées sur le ruisseau de Lénard et celle située sur la Vergogne, affluents de la Néphaz.

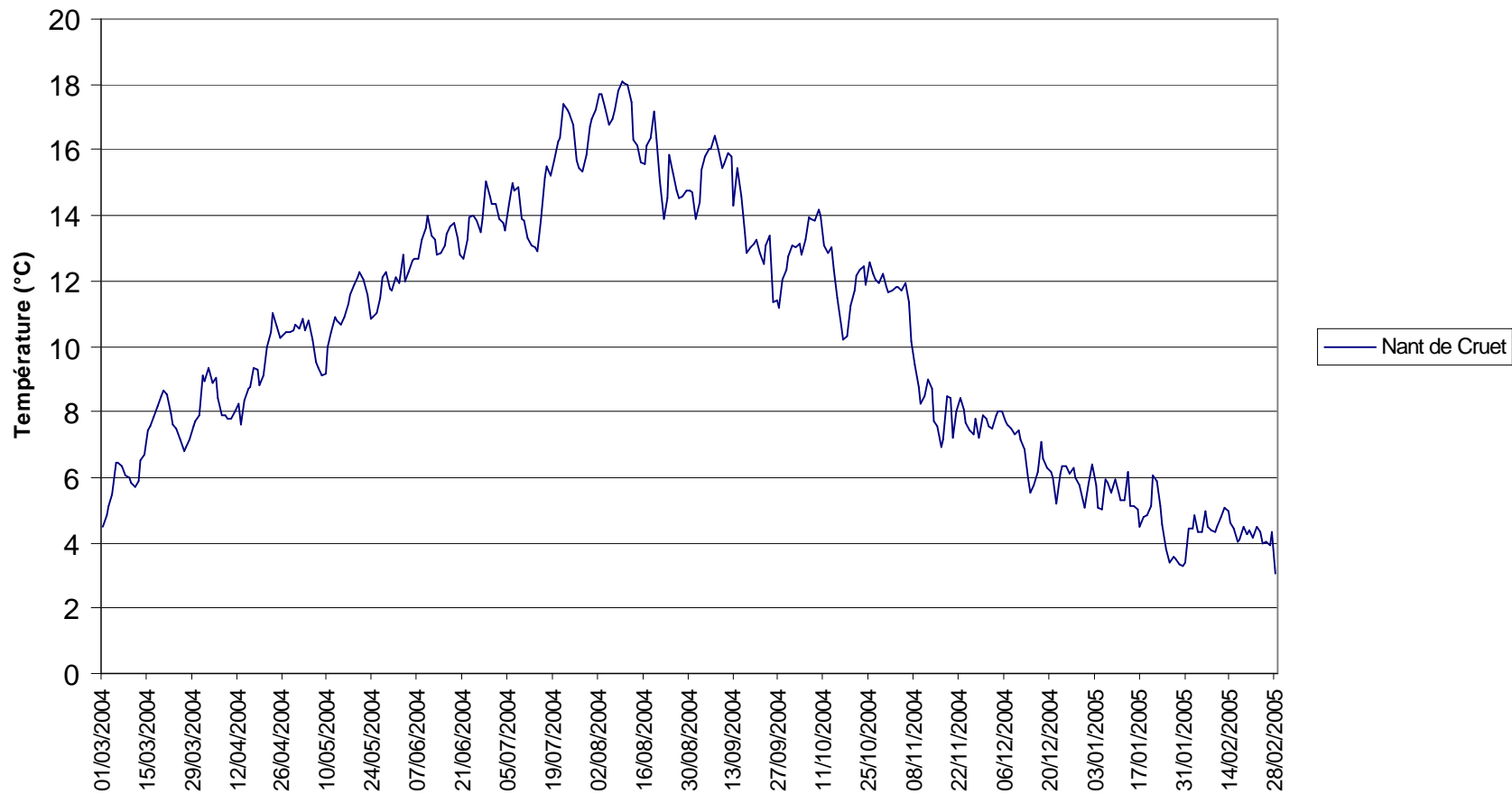


Figure 6 : Courbes des températures moyennes journalières calculées sur la période du 01/03/2004 au 28/02/2005 pour la station située sur le Nant de Cruet, affluent du Chéran.

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 globalement similaires (Figure 5). Les valeurs sont favorables sur l'ensemble du Chéran. Aucune station ne dépasse le seuil de 25°C, considérée comme valeur critique (létale ou sub-létale) pour la survie de la truite commune en rivière.

Les températures les plus élevées ainsi que les amplitudes thermiques journalières les plus fortes sont relevées sur le cours principal du Chéran au niveau des stations Moulin Janin et Saint-Marcel, contrairement à l'intrapolation des valeurs thermiques réalisée dans l'état initial piscicole du Chéran (CSP, 2001 ; repris dans l'étude piscicole du Chéran, PNR du massif des Bauges, 2003). Le léger rafraîchissement observé sur la station médiane Alby pourrait être, outre le passage dans une zone de gorge et la reprise de pente à l'amont, le résultat de l'affluence de la Véise, plus fraîche et aux températures plus tamponnées. La forte diminution de température et d'amplitude journalière au niveau de la station Rumilly (de l'ordre de 4°C pour ces deux paramètres) n'est pas totalement expliquée par les apports des affluents (Nant de Cruet et Néphaz) légèrement plus froids que le Chéran à Saint-Marcel (de l'ordre de 3°C) et plus tamponnés, principalement le Nant de Cruet. La marginalisation de la station aval (Rumilly) est particulièrement observable sur la moyenne des températures des trente jours les plus chauds. Ce paramètre qui augmente logiquement de l'amont vers l'aval observe une diminution importante de 2°C.

Malgré ces différences notables, l'ensemble des stations étudiées présentent, pour ces paramètres, des valeurs non limitantes pour la vie salmonicole.

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.

Il est à noter que les niveaux typologiques calculés dans l'étude piscicole (CSP, 2001) sont sous-estimés sur le secteur allant globalement de Cusy à Saint Marcel. Ainsi, avant toute étude du peuplement piscicole sur ce secteur, il sera nécessaire de calculer le niveau typologique réel, à partir de ces valeurs mesurées afin de développer l'interprétation sur la base du véritable peuplement de référence.

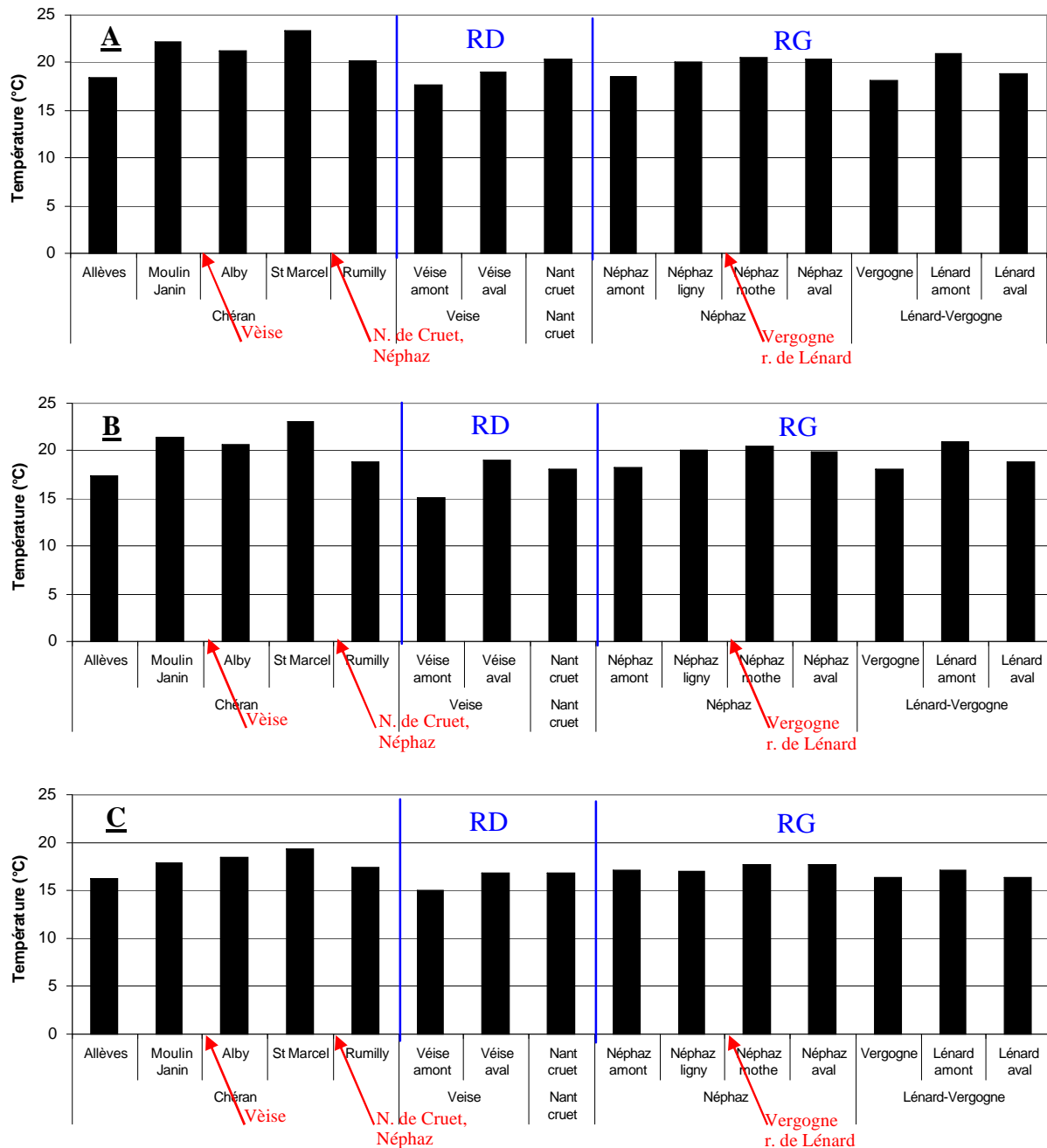


Figure 5 : Température maximale (A), amplitude (B) et moyenne des trente jours les plus chauds (C) obtenues sur les 15 stations concernées par le suivi thermique annuel sur le Chéran et ses affluents.

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 ; 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 peu de différences de la durée du préférendum thermique entre les stations situées sur le Chéran avec des valeurs comprises entre 276 et 355 jours par an.

Au niveau du cours principal du Chéran, comme pour les autres facteurs thermiques, la station Rumilly, se démarque par son fonctionnement thermique proche de la station la plus

amont en Haute-Savoie (Allèves) avec des températures optimales (figure 6.A) pendant presque 320 jours et des maximales qui dépassent peu les 19°C. Sur les trois stations médianes, les conditions se dégradent progressivement avec une diminution de la durée des températures optimales et l'élévation des températures observées qui dépassent souvent et pendant des périodes de temps relativement importantes les 19°C (figure 6.B et 6.C).

Les affluents rive droite (Véise et Nant de Cruet) présentent des caractéristiques thermiques très favorables à la vie salmonicole. D'autre part, les affluents rive gauche, sont plus disparates, mais s'ils présentent la même proportion de jours où la température peut être considérée comme optimale, ils sont peu ou pas (Néphaz amont, Vergogne, Lénard aval) sujets aux élévations de températures.

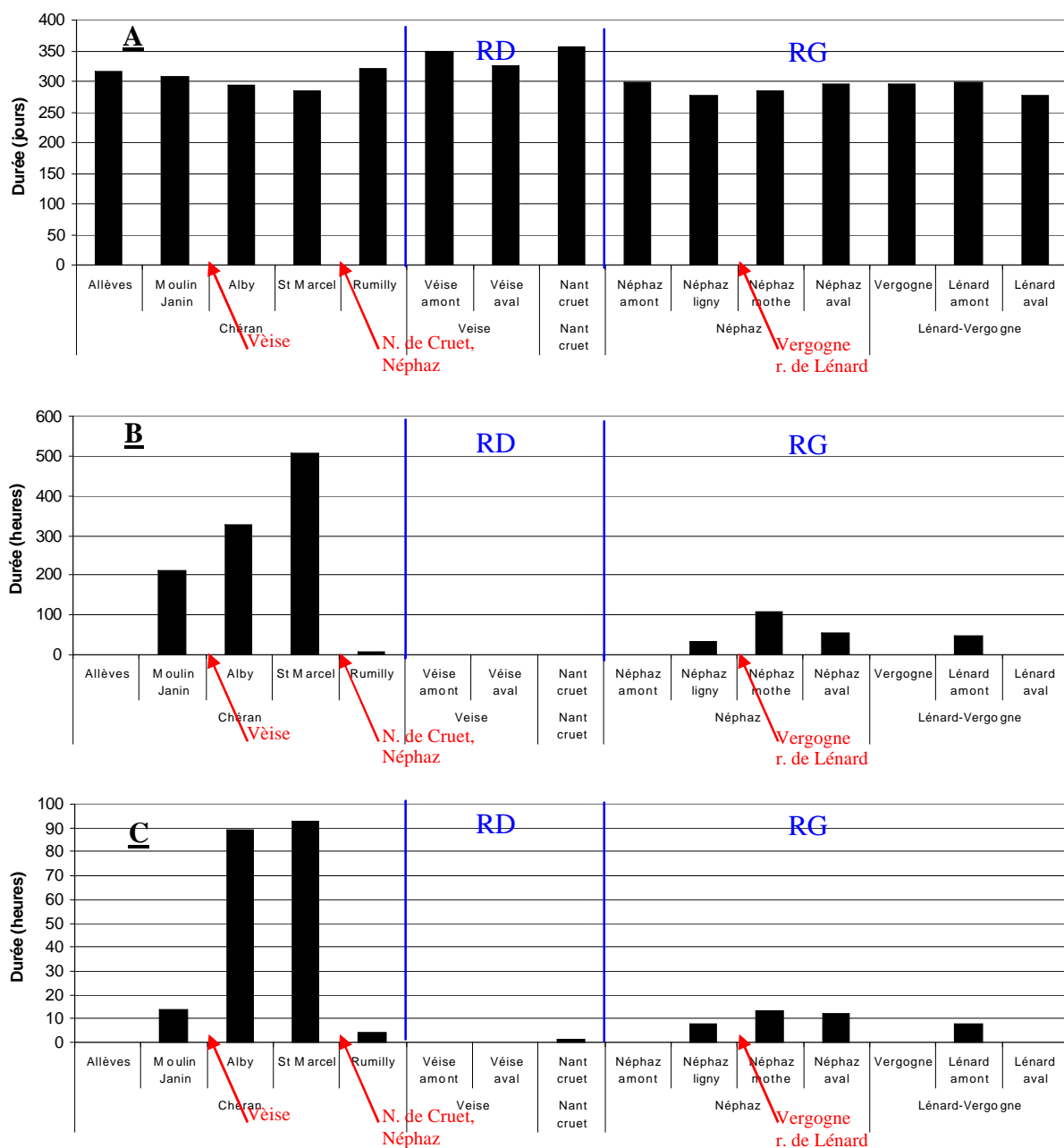


Figure 6 : Durée en jours du préférendum thermique de la truite commune (A), en heures de la durée totale où la température atteint ou dépasse 19°C (B) et durée en heures de la séquence maximale durant laquelle la température est restée au dessus de 19°C (C) sur les 15 stations concernées par le suivi annuel sur le Chéran et ses affluents.

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 Chéran est un cours d'eau qui présente un risque potentiel important de développer la PKD (figure 7). En effet, sur la majorité des stations étudiées 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 (de 380 à 900 heures). Cependant, parmi celles qui ne franchissent pas le seuil des 360 heures consécutives, seule la station Véise amont traduit une situation sans risque (45 heures), les stations Moulin Janin et Lénard aval atteignant des valeurs proches de cette limite (330 heures).

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 Chéran 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)

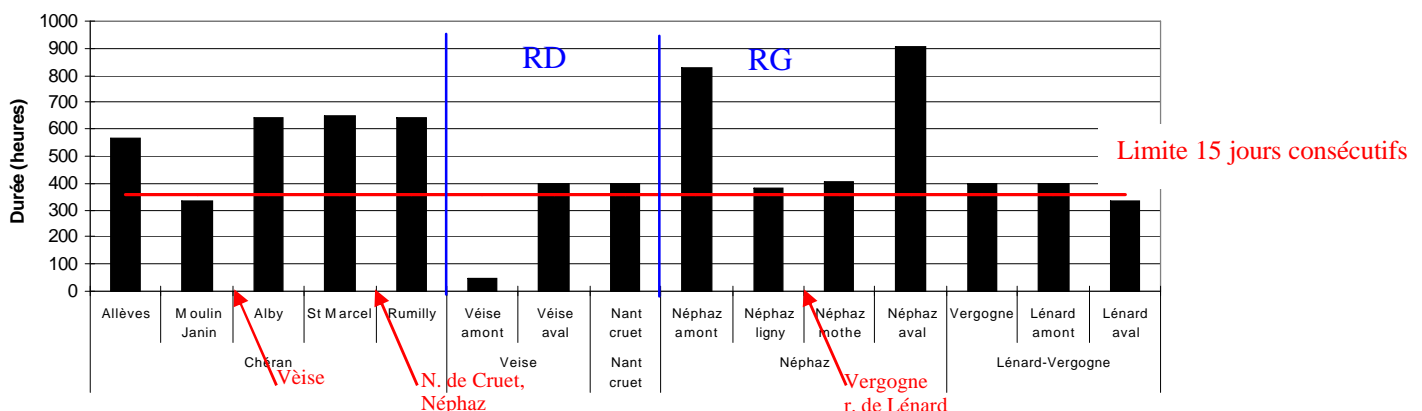


Figure 7 : Durée en heures de la séquence maximale durant laquelle la température est restée au dessus de 15°C sur les 15 stations concernées par le suivi annuel sur le Chéran et ses affluents.

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 129 et 153 jours (figure 8.A). Elles peuvent être considérées comme des durées d'incubation plutôt faibles par rapport aux autres résultats obtenus sur le département (Caudron *et al.*, 2006). Par contre sur tous les sites suivis, seuls les affluents rive gauche montrent, pendant les périodes de vie sous graviers identifiées, des températures pouvant compromettre le bon développement embryo-larvaire (figure 8.B). En effet, les durées pendant lesquelles les températures sont inférieures à 1°C y sont relativement importantes (entre 55 et 211 heures consécutives).

Cette limite thermique est considérée, durant la phase de vie sous graviers, comme létale par plusieurs auteurs (Elliot, 1984 ; Humpesch, 1985 ; Crisp, 1988 et 1996). Cependant, suite à l'interprétation croisée des paramètres thermiques, des pêches électriques d'inventaire et de l'évaluation du recrutement naturel sur diverses stations d'un autre cours d'eau (Foron de Reignier, Vigier, 2006), il semblerait que ce paramètre soit discutable du fait de l'existence possible d'une différence d'environ 1°C entre la température de l'eau (mesurée dans notre cas) et celle intra-gravier.

Ainsi, nous ne pouvons préjuger de l'impact des faibles températures sur l'efficacité du recrutement naturel à partir de ce seul paramètre.

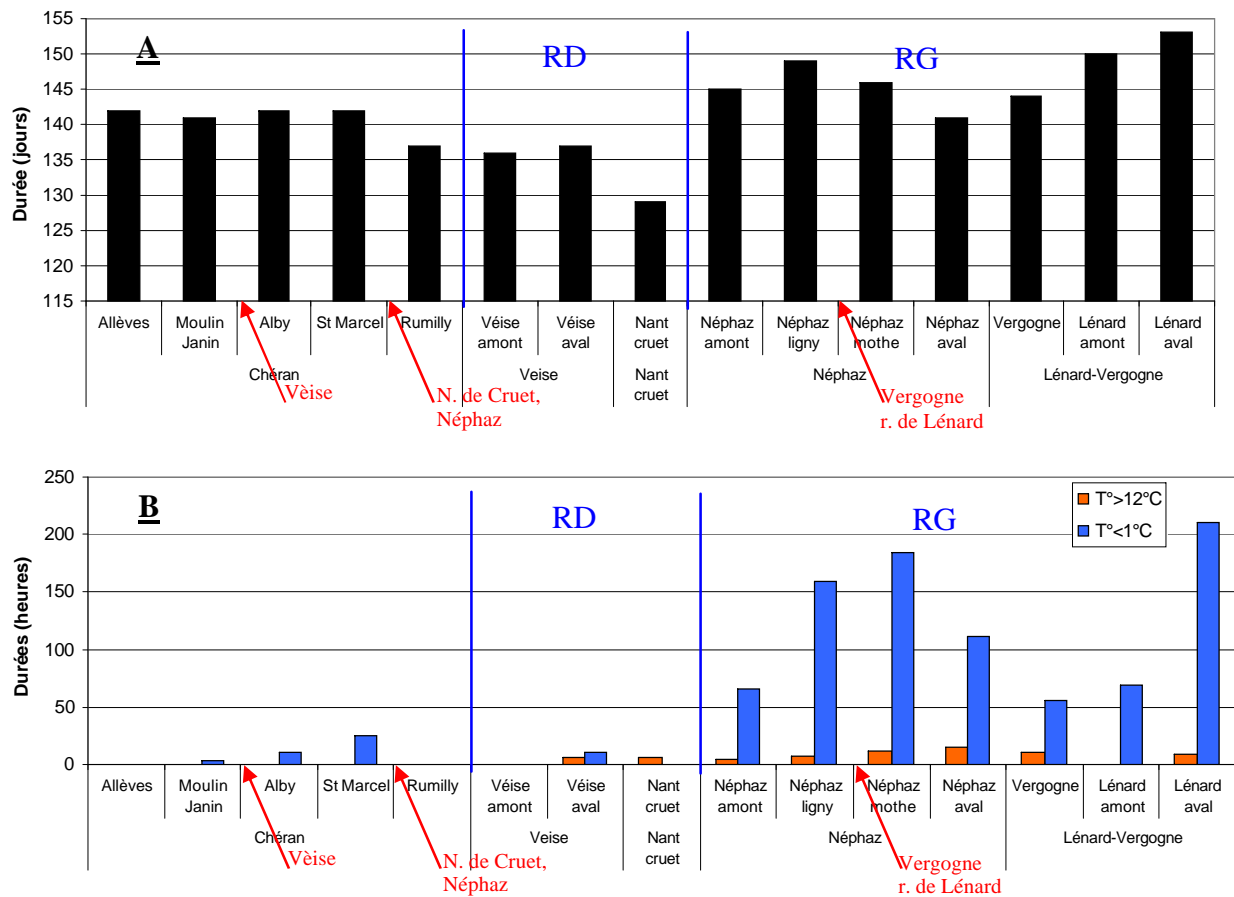


Figure 8 : Durée totale en jours de vie sous graviers (50% d’alevins émergents) (A) et durée en heures des séquences maximales durant lesquelles la température est restée au dessous de 1°C et au dessus de 12°C pendant la période du développement embryolaire (B) sur les 15 stations concernées par le suivi annuel sur le Chéran et ses affluents.

IV) Premières conclusions et perspectives

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

- Les températures estivales sur le cours principal du Chéran sont relativement élevées avec des valeurs dépassant souvent les 19°C sur les 12 km (sur les 30 km concernés par la Haute-Savoie) compris entre Moulin Janin et St-Marcel. Cependant, ces conditions thermiques ne peuvent pas être considérées comme défavorables à la vie salmonicole.
- La station de Rumilly a un fonctionnement thermique plus proche de la station amont Allèves (Annexes données thermiques brutes). En effet, les faibles amplitudes journalières relevées à Allèves et à Rumilly sont à opposer aux fortes amplitudes des trois stations médianes : Moulin Janin, Alby et St-Marcel. Ce phénomène semble traduire l'irrégularité spatiale des échanges d'eau souterraine avec les eaux de surface qui paraissent meilleurs à l'amont et à l'aval. Cependant cette hypothèse nécessite d'être confirmée par une étude hydrogéologique et la mise en place d'un suivi piézométrique afin de caractériser ces échanges.
- Tous les affluents, et plus particulièrement les affluents rive droite (Véise et Nant de Cruet), montrent des conditions thermiques favorables et tout à fait compatibles avec la vie salmonicole.
- Les conditions thermiques sont très favorables au développement de la maladie PKD sur l'ensemble du bassin.
- Les conditions de températures hivernales pendant la période de vie sous graviers semblent pouvoir limiter la réussite du développement embryonnaire sur les affluents en rive gauche. 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.

L'hypothèse de l'existence d'une nappe d'eau souterraine, modifiant le régime thermique du secteur aval est à vérifier.

La reprise de ces données thermiques lors du traitement des résultats obtenus sur d'autres affluents du Chéran (acquisition en cours), ainsi que sur l'amont du bassin situé en Savoie (en projet) permettront d'obtenir un profil thermique complet du cours principal du Chéran.

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.

Caudron A., Champigneulle A., Large A., 2006. Etats et caractéristiques des populations autochtones de truite commune identifiées en Haute-Savoie et qualité globale du milieu. pp : 55-118 in programme INTERREG III A- Identification, sauvegarde et réhabilitation des populations de truites autochtones en vallée d'Aoste et en Haute-Savoie. Rapport final.

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., 1988. Prediction, from water temperature, of eyeing, hatching and "swim-up" times for salmonids embryos. *Freshwat. Biol.*, 19, 41-48.

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.

Conseil Supérieur de la Pêche, Délégation régionale de Lyon, 2001. Etat initial des peuplements piscicoles du Chéran
- situation 1999-2000 – 15p. + annexes.

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., 1984. Growth, size, biomass and production of young migratory trout *Salmo trutta* in a Lake District stream; 1966-83. *J.Anim.Ecol.* 53, 979-994.

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.
- Humpesch U.H., 1985. Inter-and intra-specific variation in hatching success and embryonic development of five species of salmonids and *Thymallus thymallus*. *Arch. Hydrobiol.* 104, 129-144.
- Jungwirth M. Winkler H., 1984. The temperature dependance of embryonic-development of grayling (*Thymallus thymallus*), Danube salmon (*Hucho hucho*) arctic char (*Salvelinus alpinus*) and brown trout (*Salmo trutta*). *Aquaculture*, 38, 315-327.
- Parc naturel regional du massif des Bauges, 2003. Etude piscicole du Chéran, développement d'une souche de truite autochtone, TELEOS et VALLET GEN, 93 p. + annexes.
- 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., 2006. Diagnose écologique et recherche des causes de perturbation du peuplement piscicole du Foron de Reignier. FDP74.06/04, 51 p.+ annexes.

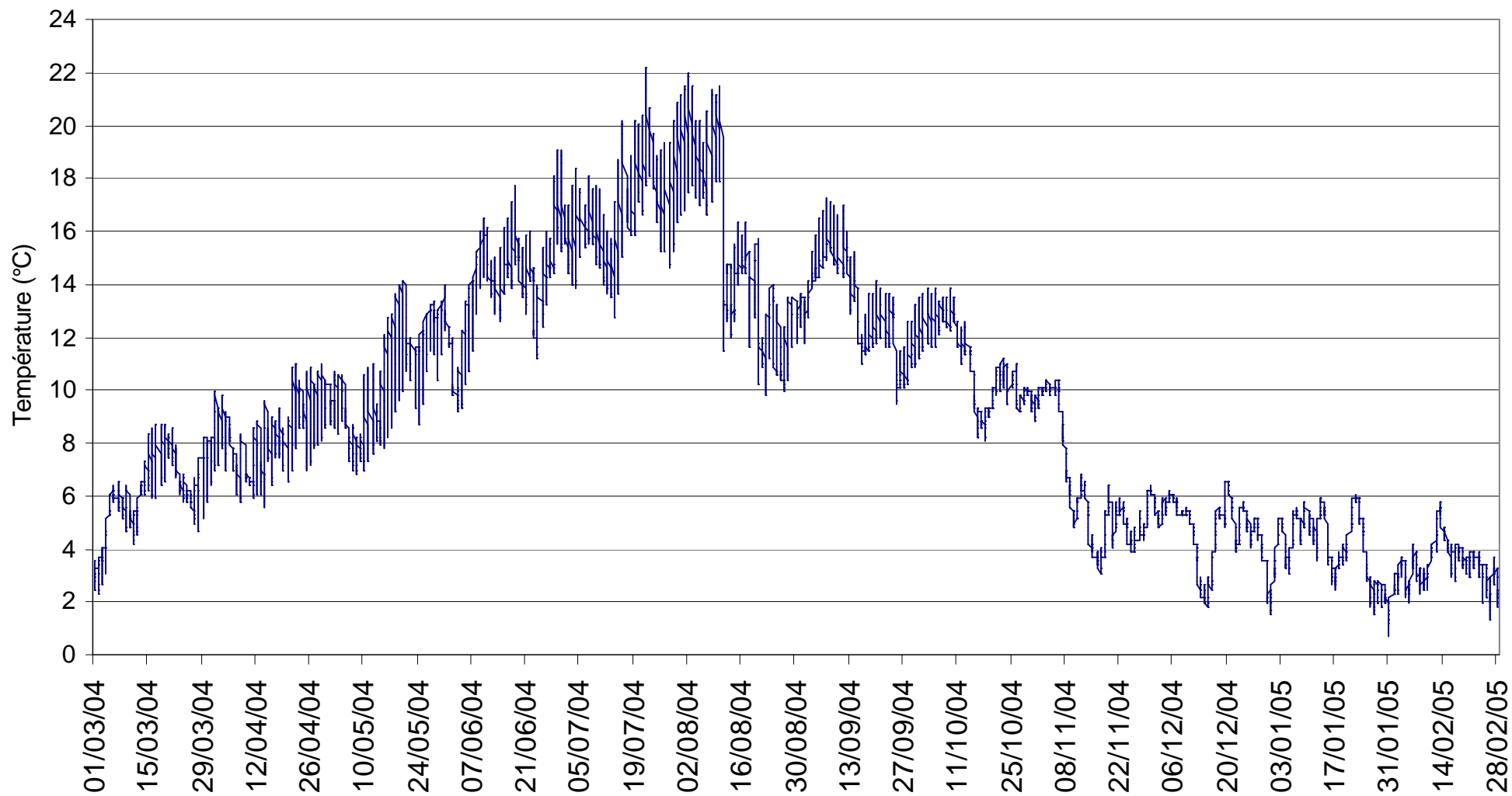
ANNEXES

- Données thermiques brutes de chaque station: graphiques des données horaires sur la période choisie pour le traitement des données sur un cycle annuel est comprise entre le 01/03/2004 et le 28/02/2005.
- Tableau des valeurs des paramètres interprétés.

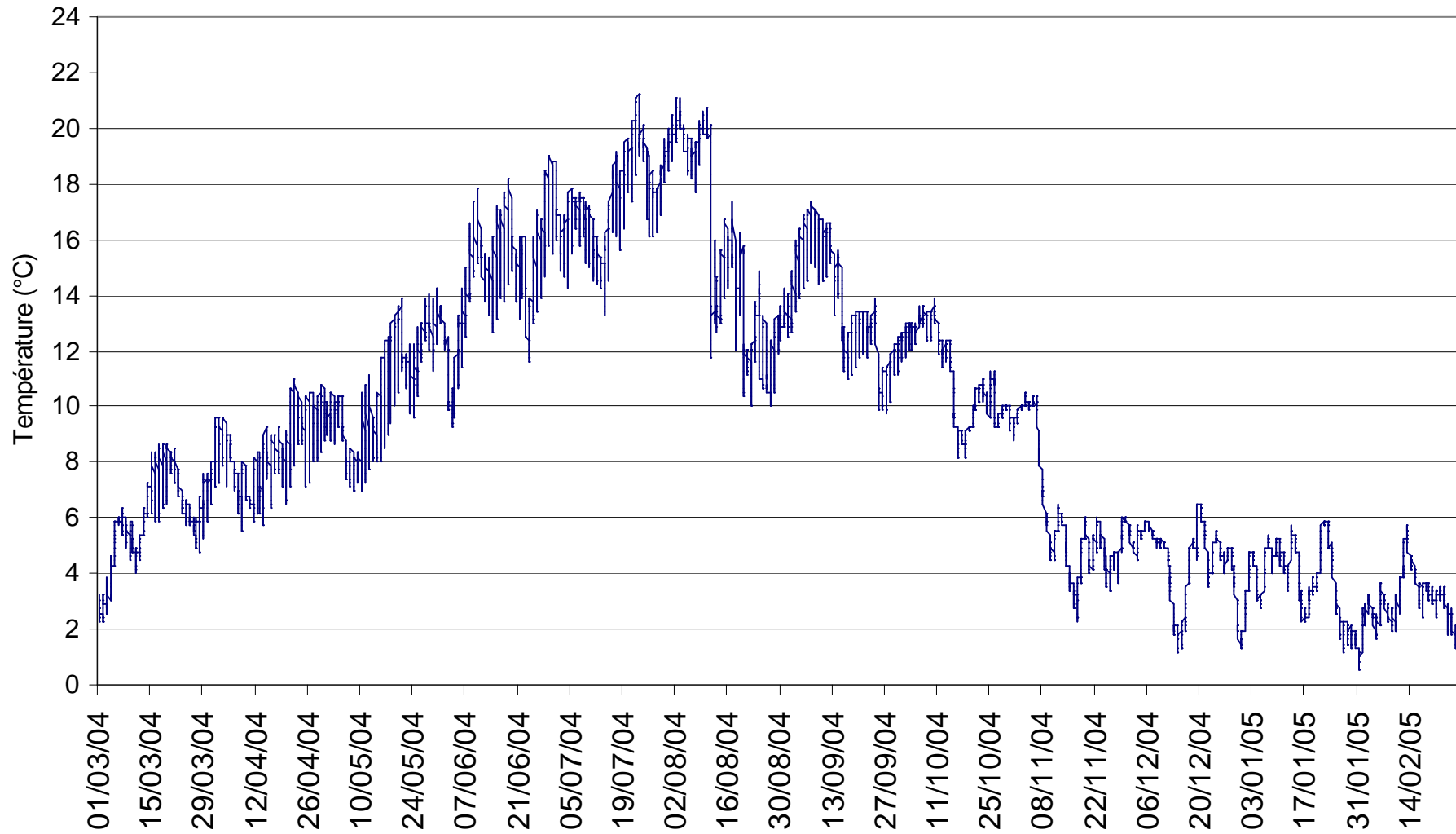
DONNEES BRUTES ALLEVES



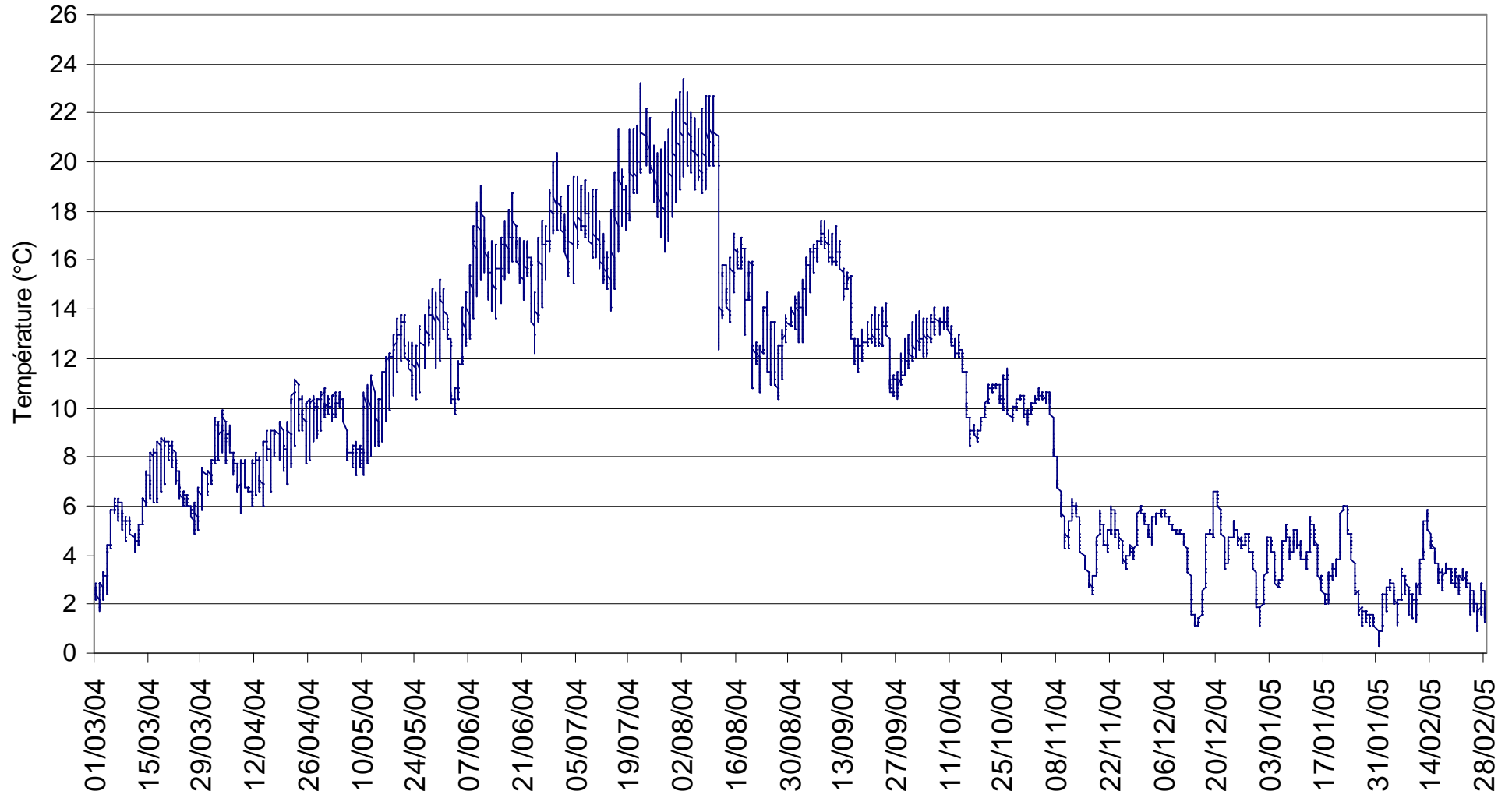
DONNEES BRUTES MOULIN JANIN



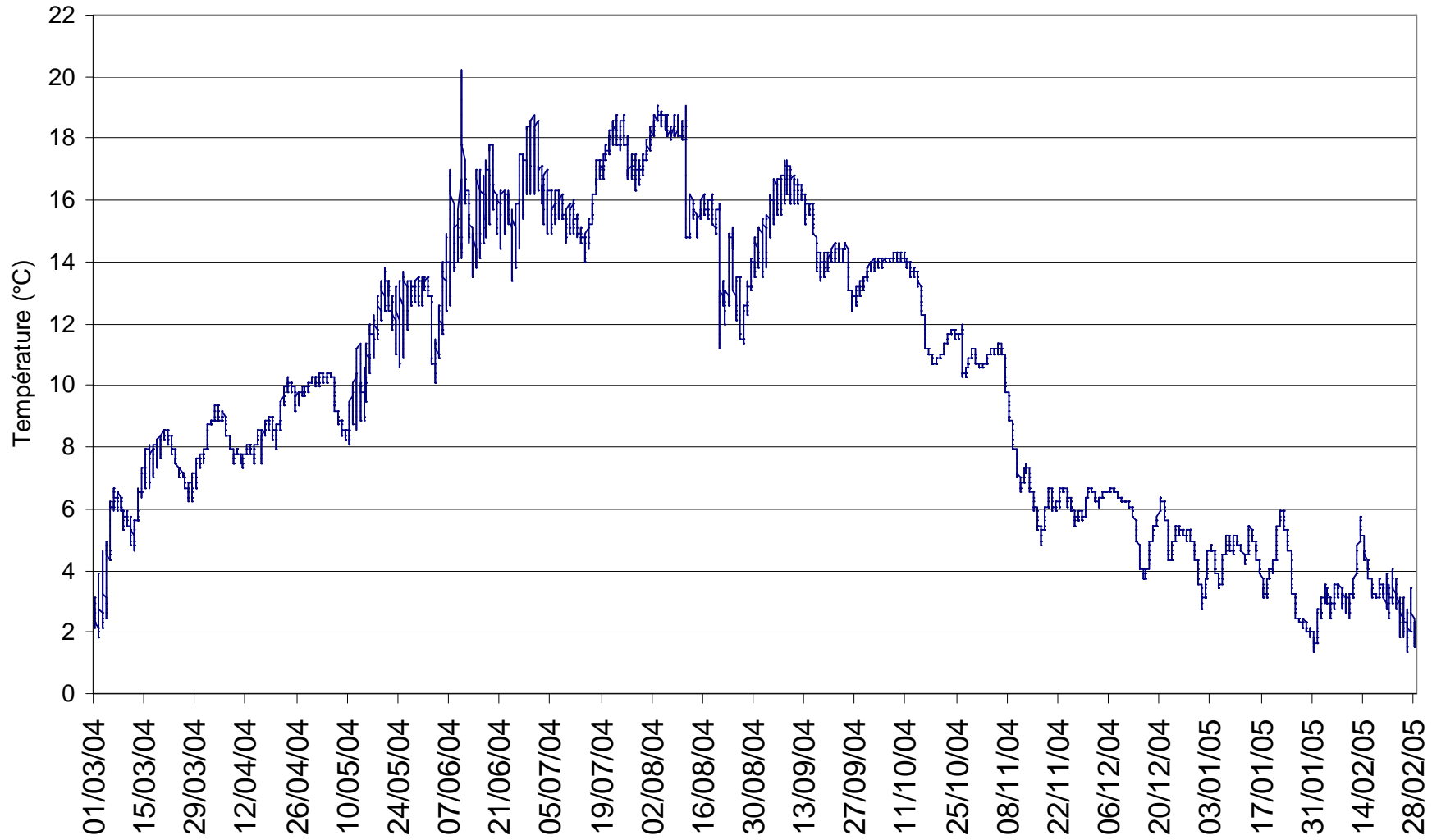
DONNEES BRUTES ALBY



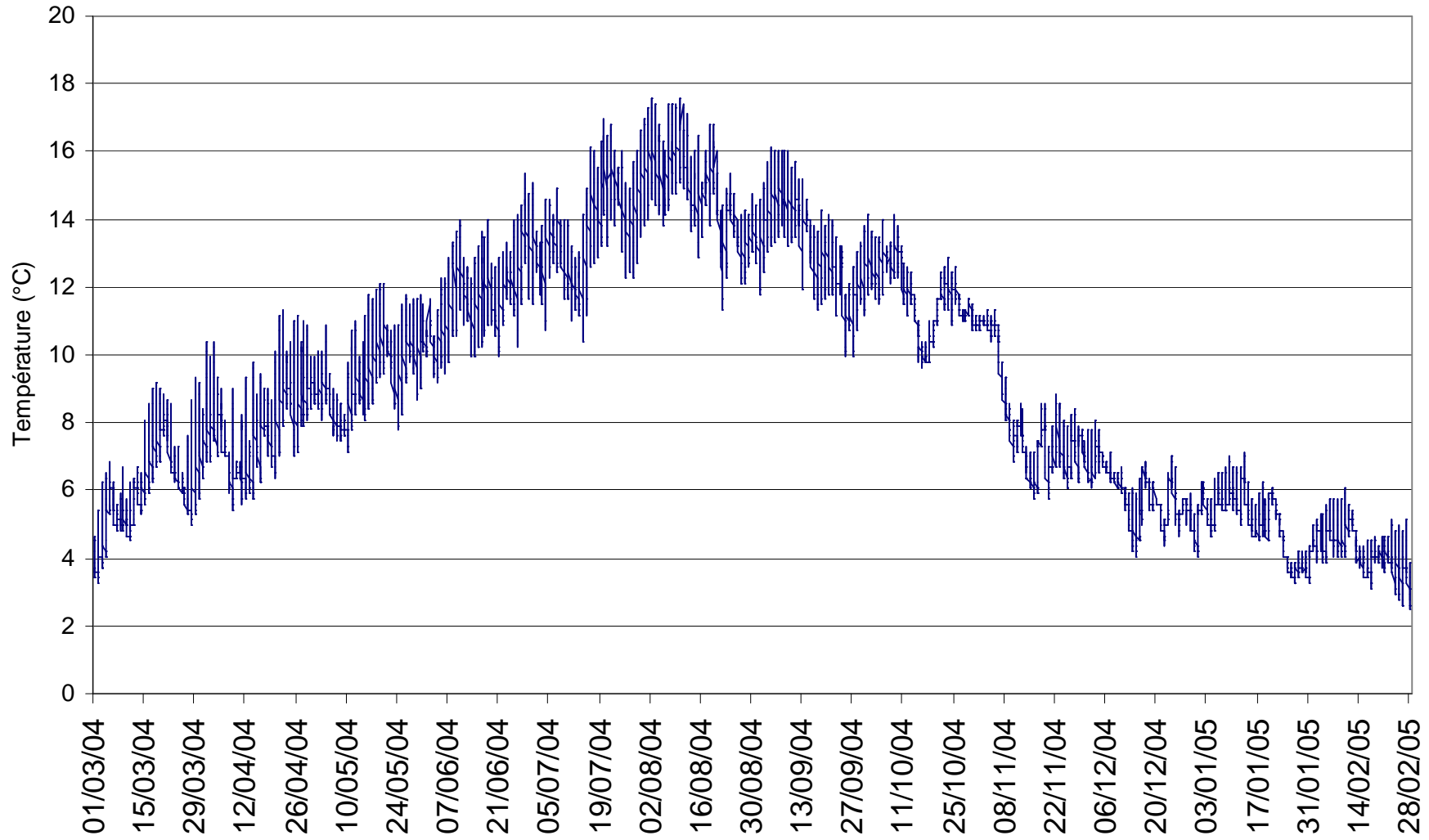
DONNEES BRUTES ST-MARCEL



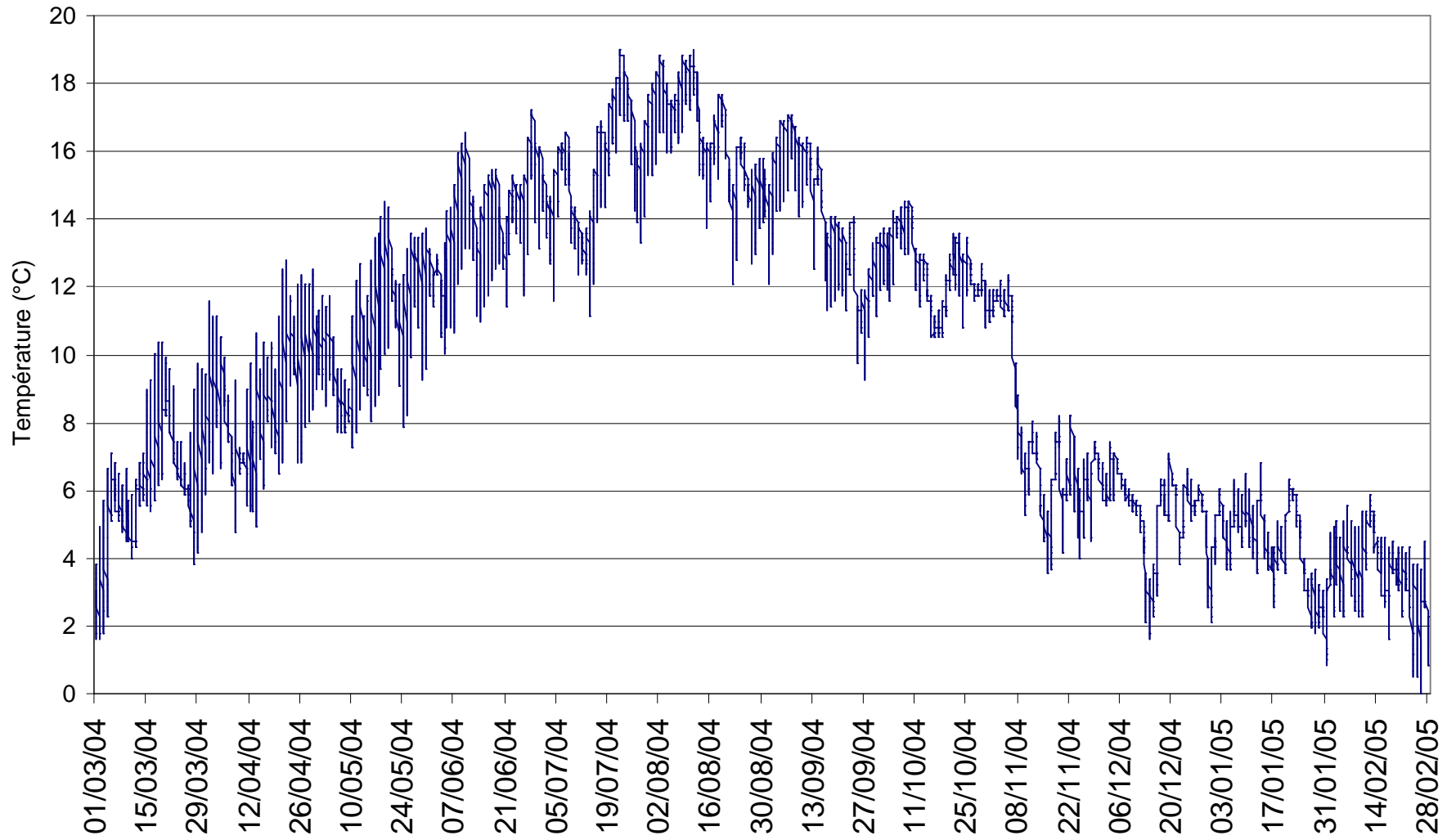
DONNEES BRUTES RUMILLY



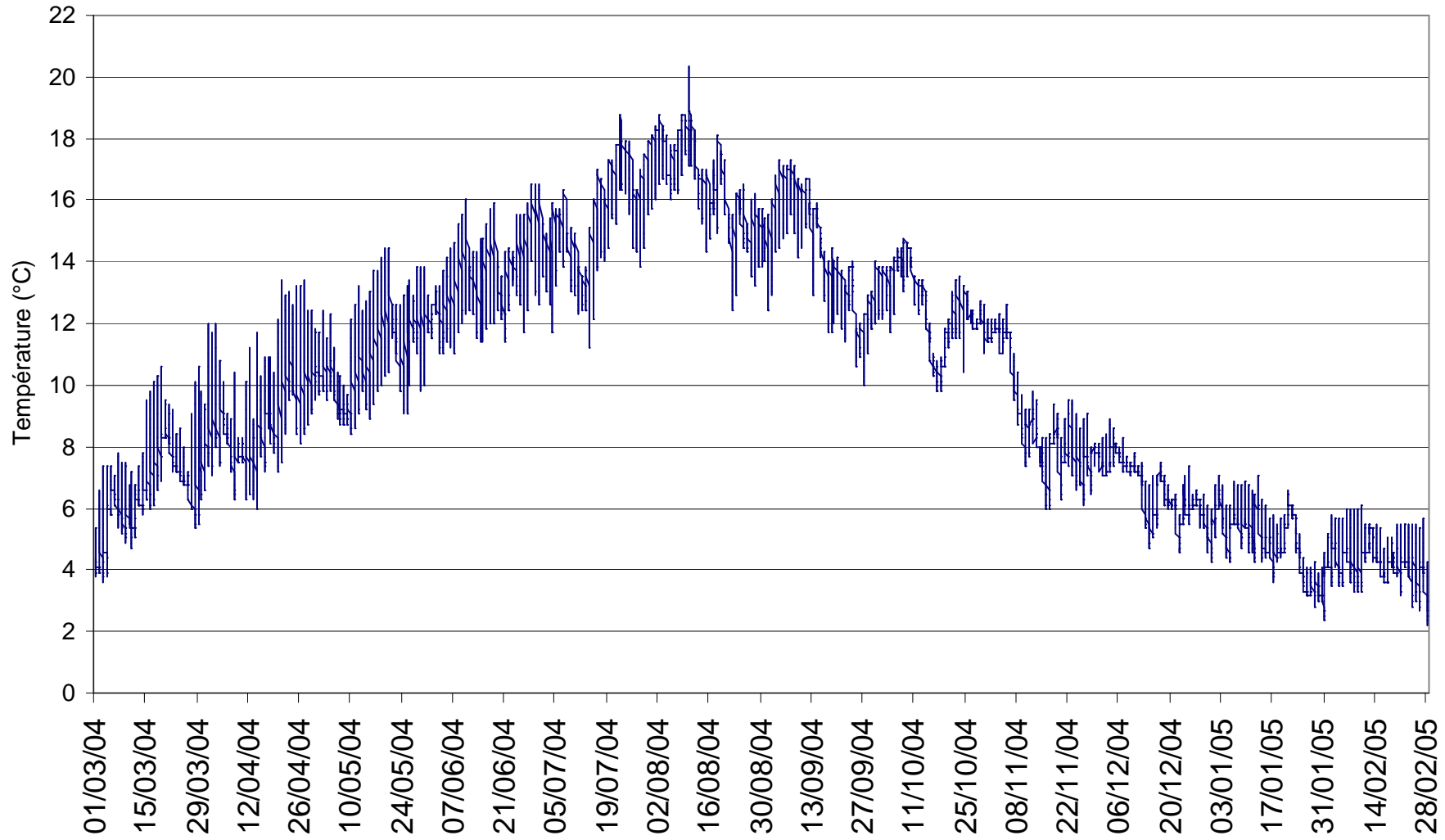
DONNEES BRUTES VEISE AMONT



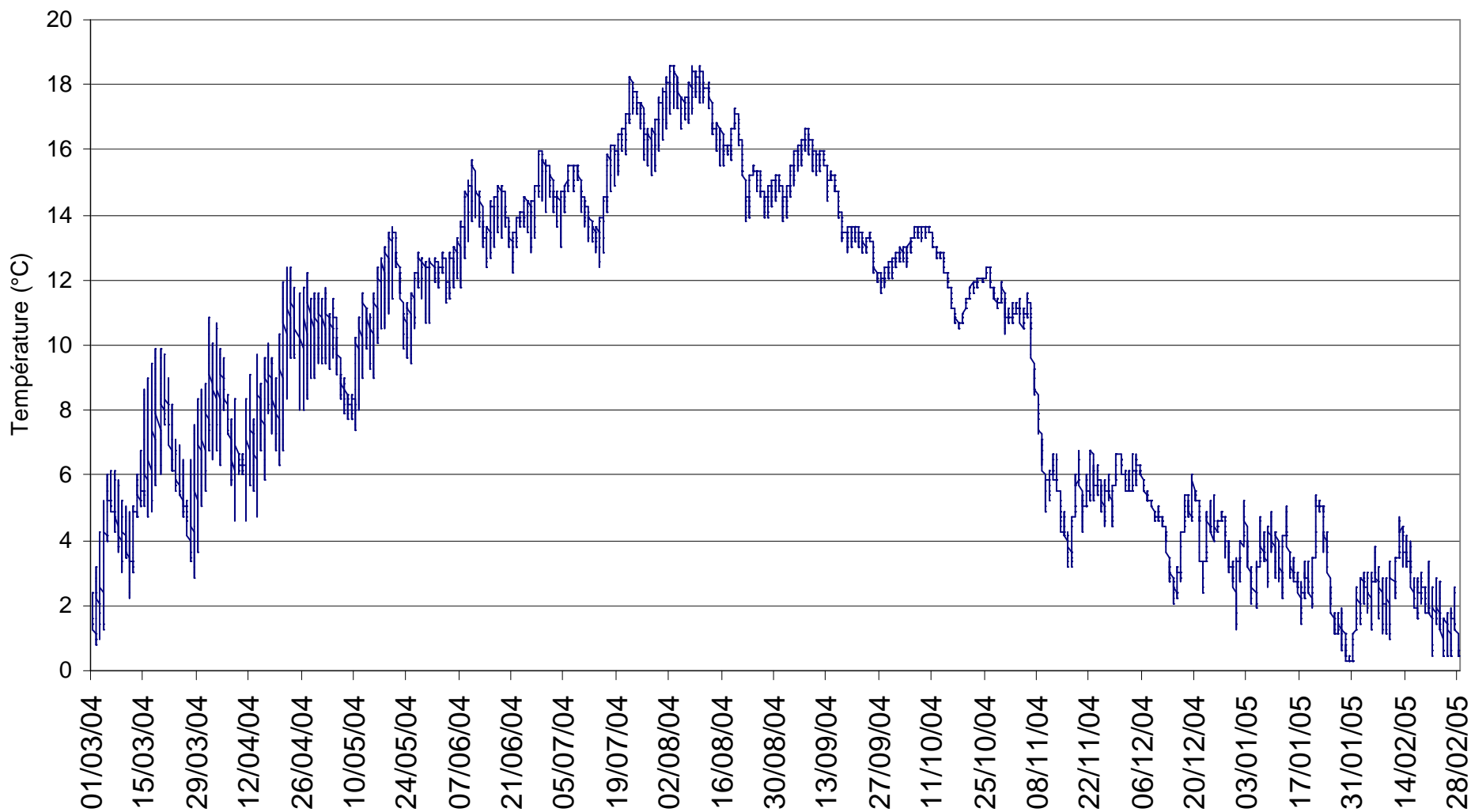
DONNEES BRUTES VEISE AVAL



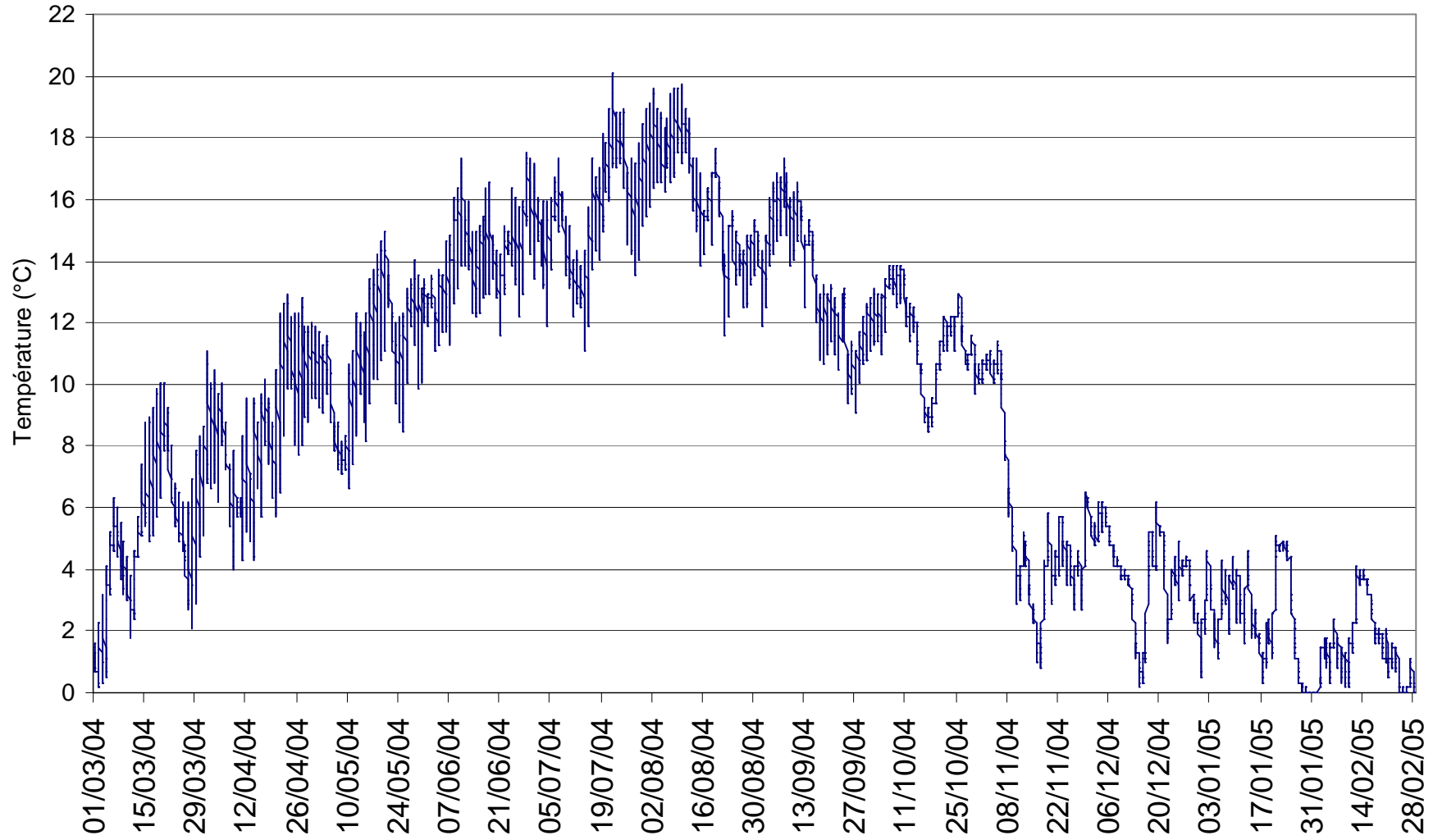
DONNEES BRUTES NANT DE CRUET



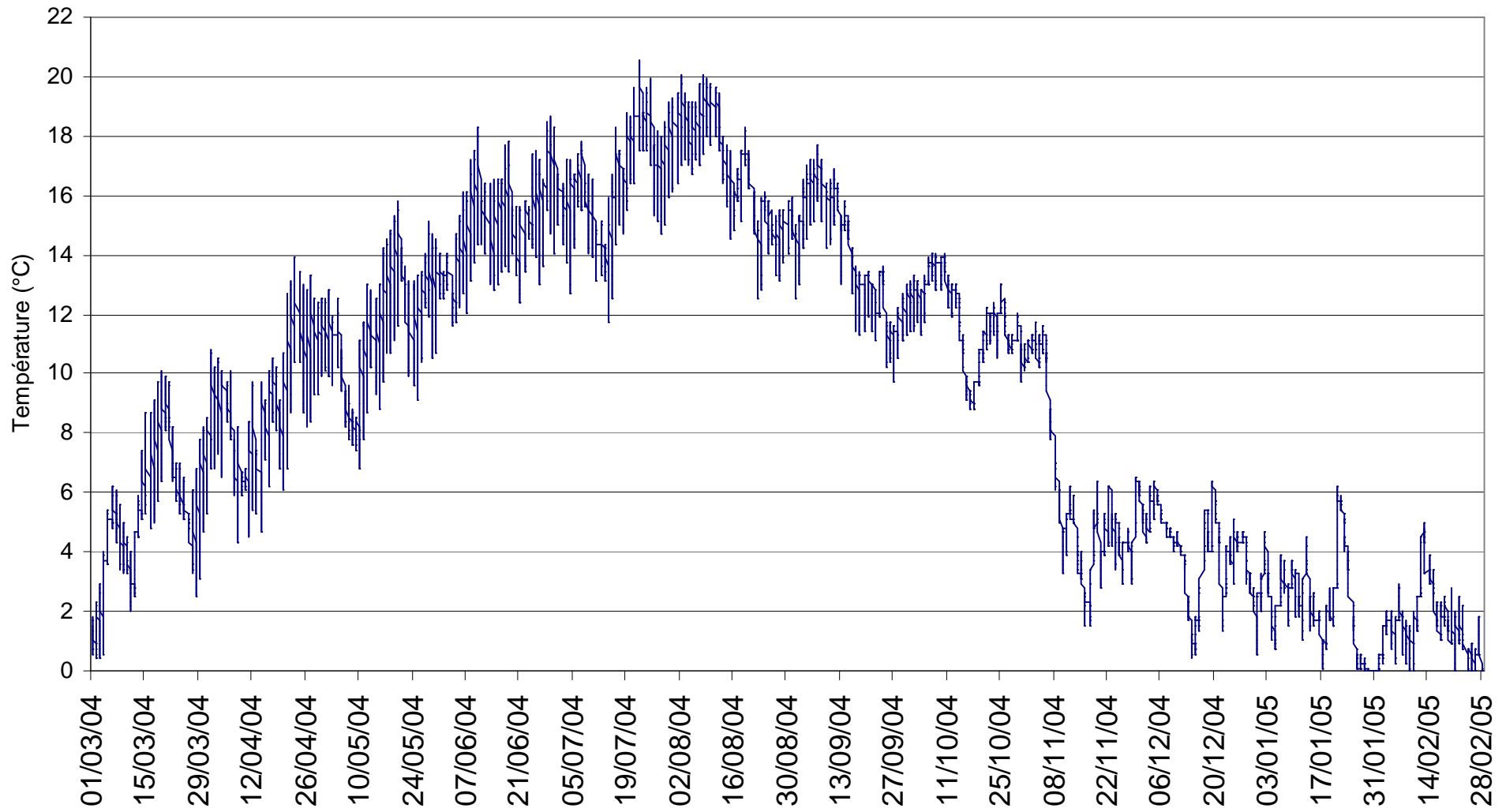
DONNEES BRUTES NEPHAZ AMONT



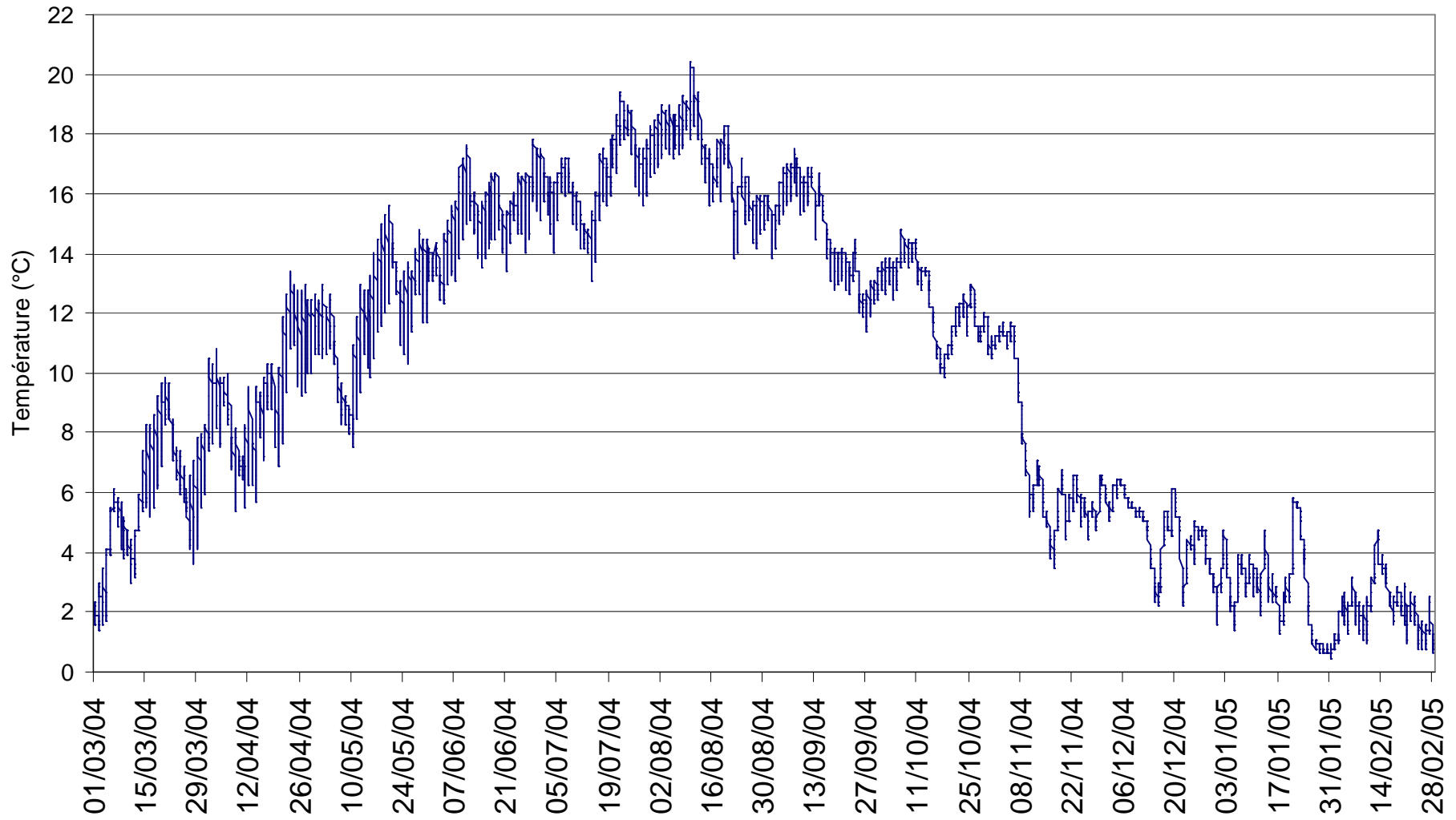
DONNEES BRUTES NEPHAZ LIGNY



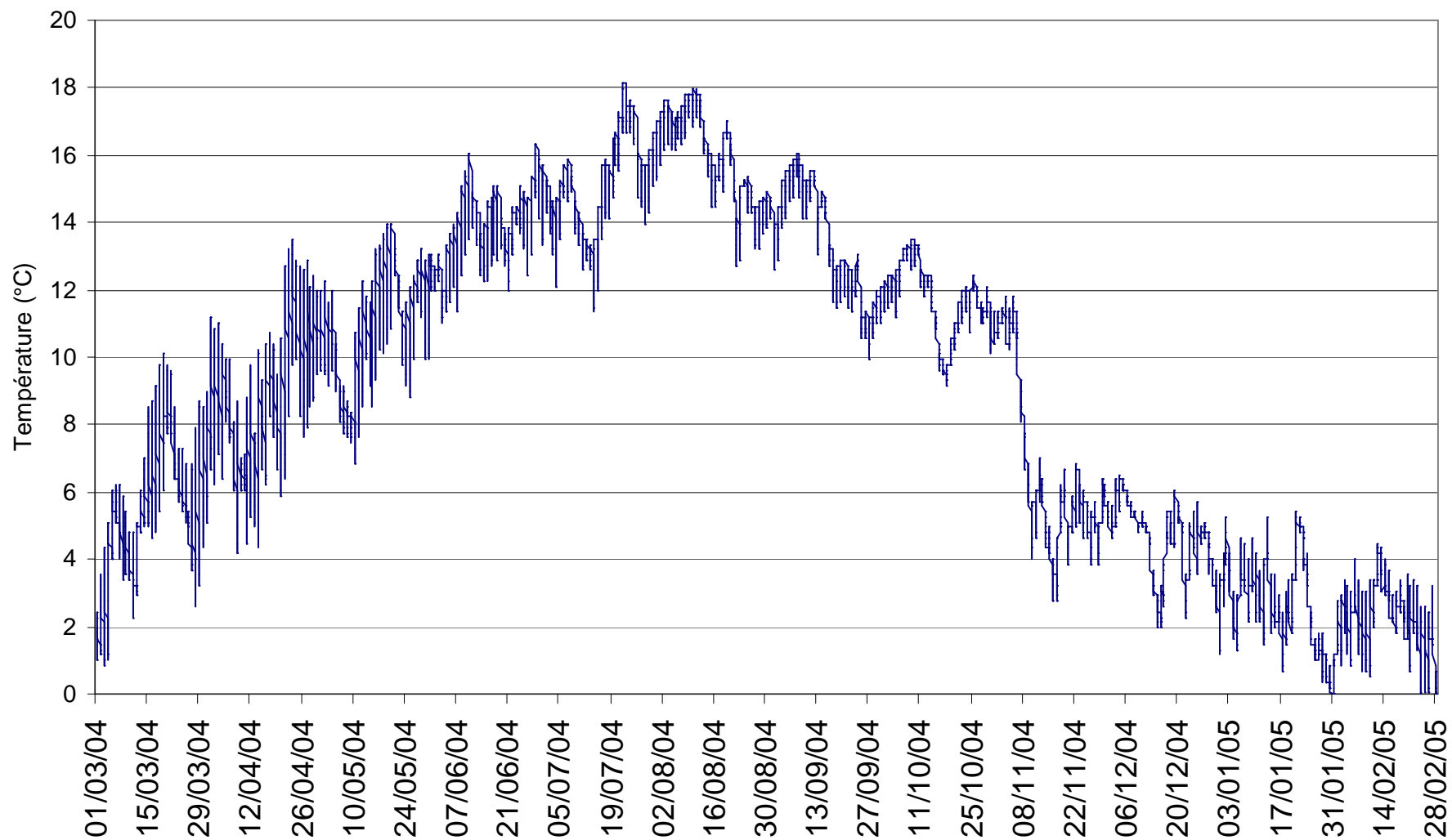
DONNEES BRUTES NEPHAZ MOTHE



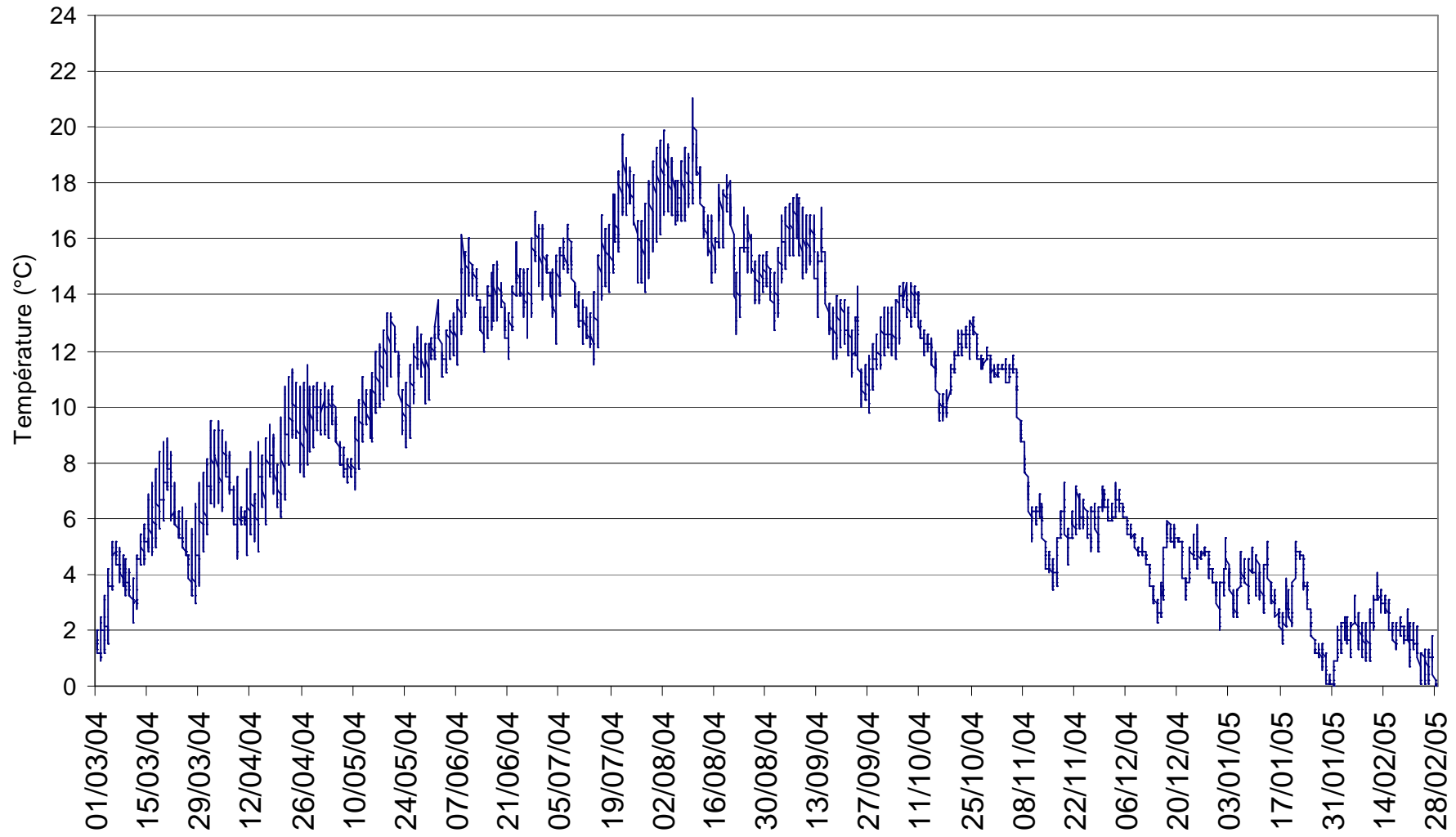
DONNEES BRUTES NEPHAZ AVAL



DONNEES BRUTES VERGOGNE



DONNEES BRUTES LENARD AMONT



DONNEES BRUTES LENARD AVAL

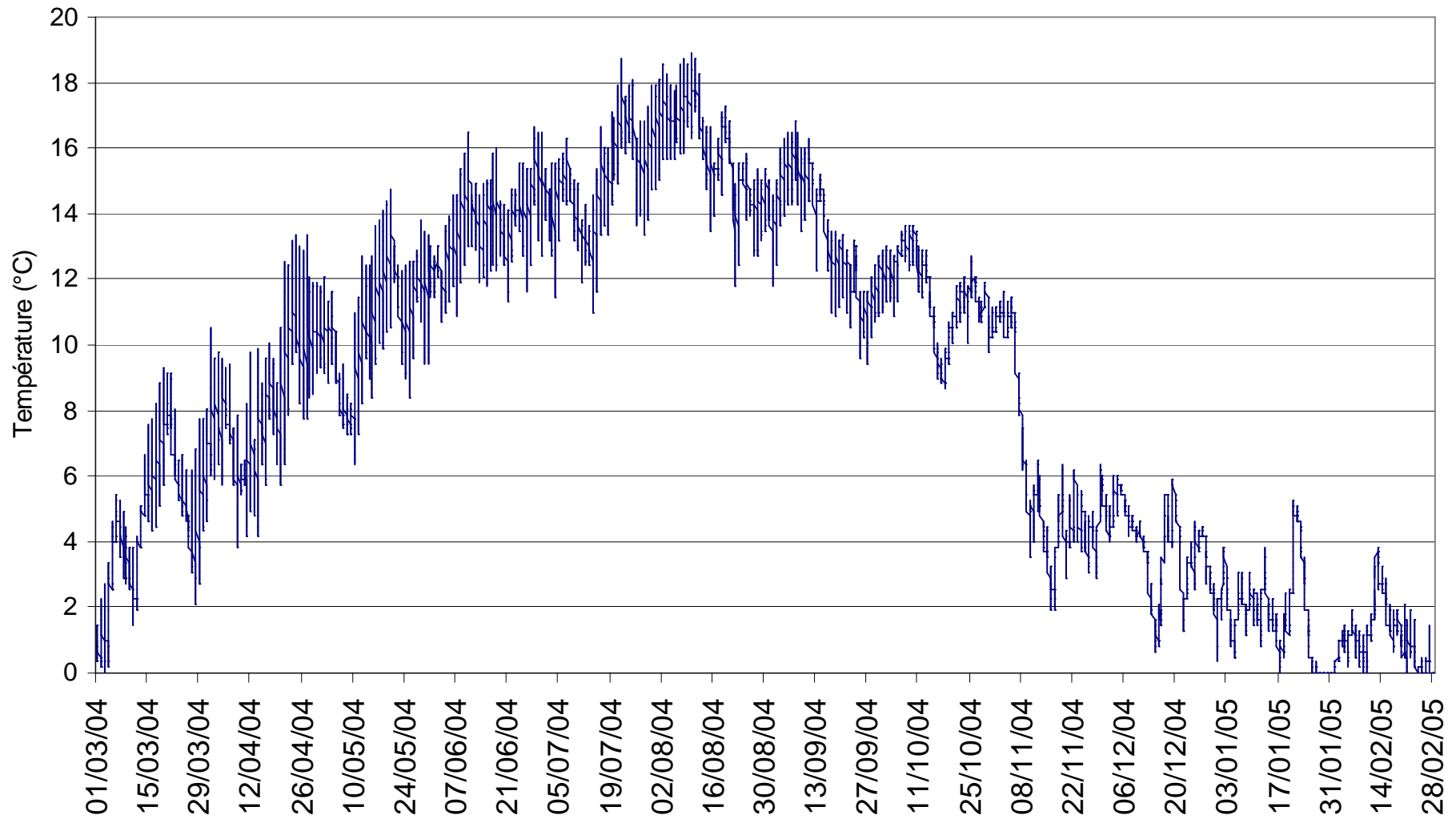


Tableau des valeurs des paramètres interprétés :

	T Maxi H	Amplitude An H	T Moy 30 jours	Nbjours T 4 19	Nb Heures SupEg 19	Nb Heures Max Seq SupEg 19	Nb Heures Max Seq SupEg 15	Nb Jours D3	Nb Heures Max Seq Sup 12 sur D3	Nb Heures Max Seq Inf 1 sur D3
Allèves	18,44	17,3	16,16	316	0	0	563	142	0	0
Moulin Janin	22,16	21,45	17,82	306	211	14	331	141	0	3
Alby	21,26	20,73	18,43	293	328	89	643	142	0	10
St Marcel	23,38	23,09	19,4	284	505	93	647	142	0	25
Rumilly	20,21	18,85	17,47	321	8	4	643	137	0	0
Véise amont	17,59	15,13	15,08	349	0	0	45	136	0	0
Véise aval	18,98	18,96	16,81	325	0	0	399	137	6	10
Nant cruet	20,37	18,17	16,82	355	1	1	400	129	6	0
Néphaz amont	18,57	18,27	17,05	298	0	0	830	145	5	66
Néphaz ligny	20,08	20,08	17,01	276	33	8	381	149	8	159
Néphaz mothe	20,56	20,56	17,67	283	108	13	404	146	12	184
Néphaz aval	20,41	19,97	17,75	296	53	12	902	141	14	111
Vergogne	18,11	18,11	16,44	295	0	0	400	144	10	55
Lénard amont	21,02	21,02	17,15	297	46	8	401	150	0	69
Lénard aval	18,89	18,89	16,35	276	0	0	332	153	9	211