



## 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](http://www.pechehautesavoie.com)

# ETUDE DE LA QUALITE THERMIQUE DU FORON DE SCIEZ ET DE SES AFFLUENTS

## DONNEES 2007-2008



**Laure VIGIER**  
**Ludovic CATINAUD**  
**Guillaume BINI**

(Réf rapport FDP74.10/01)

**Février 2010**

## **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.

Les stations suivies sont choisies 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 campagne de l'étude thermique réalisée sur le bassin du Foron de Sciez qui a eu lieu au cours des années 2007-2008.

## **I) Protocole de suivi**

Le suivi thermique a été réalisé sur 18 stations différentes. Sur chaque station, le suivi a été réalisé sur un cycle annuel complet au pas de temps horaire à l'aide de 2 types de thermographes enregistreurs Stoaway tidbit et HOBO, selon les stations. Les enregistreurs ont été posés par Chateaufort Maxime (SYMASOL) en juillet 2007 et récupérés par Chateaufort Maxime en août 2009. La période choisie pour le traitement des données sur un cycle annuel est comprise entre le 07/07/2007 et le 06/07/2008.

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 (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

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

## II) Localisation des enregistreurs thermiques sur le Bassin du Foron de Sciez.

La localisation des 18 enregistreurs et les caractéristiques des stations étudiées sont présentées dans la figure 1 et le tableau 2 ci-dessous.

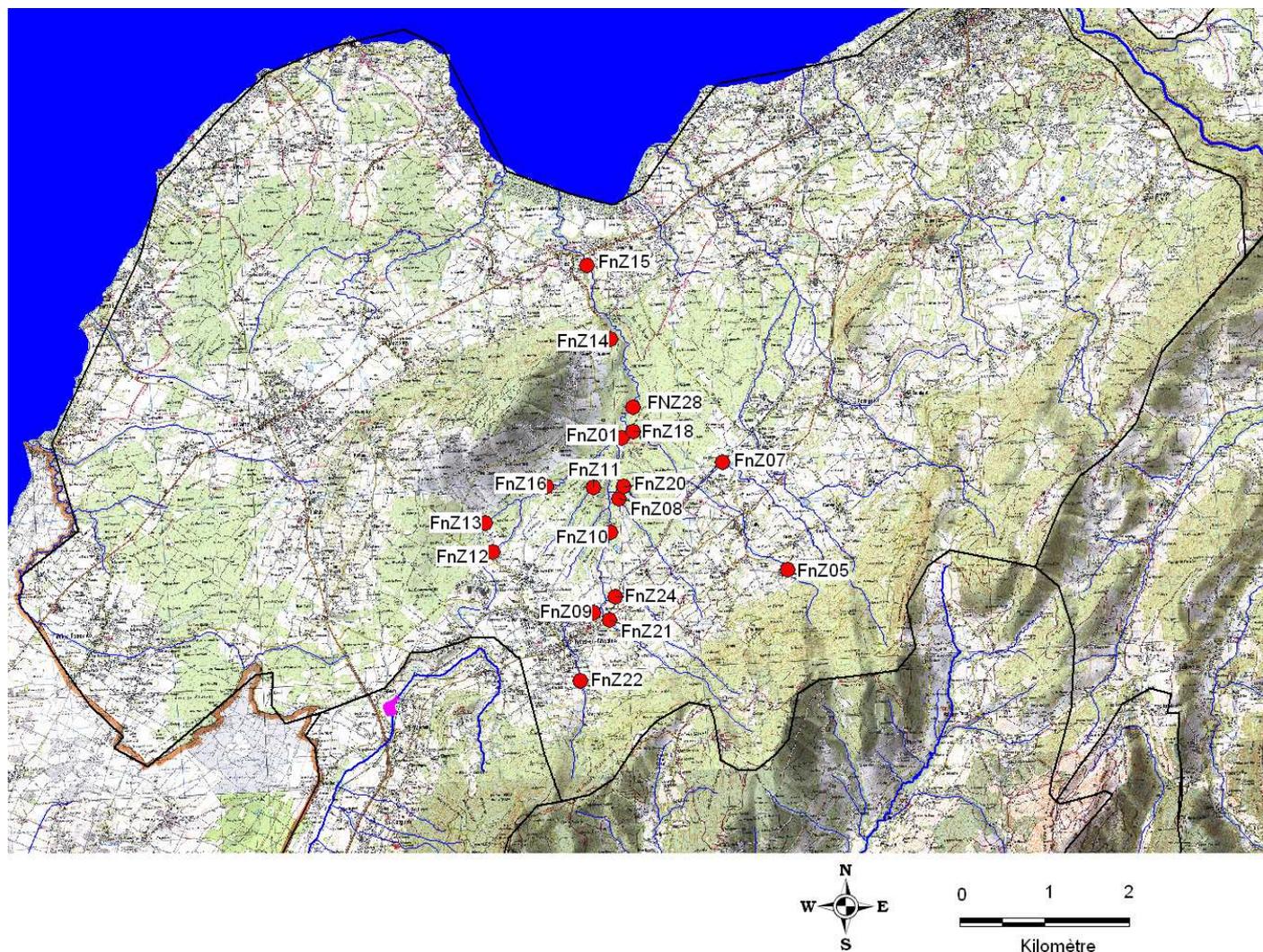


Figure 1 : Localisation géographique des 18 stations étudiées sur le bassin de le Foron de Sciez dans le cadre du suivi thermique 2007-2008.

	Cours d'eau	Affluent de	Nom station	CodstaFD	Distance source	Altitude	COORD_X	COORD_Y	Remarques
Cours principal	rui de la folle	Foron de Sciez	le marais	FnZ22	2	610	911205	2147790	Hors d'eau temporairement
	rui de la folle	Foron de Sciez	amont conf creusiaz	FnZ09	3,8	540	911453	2149112	
	Foron de Sciez	Léman	aval lagune brentonne	FnZ10	5,4	500	911780	2150648	
	Foron de Sciez	Léman	Bois Quiéizard	FNZ28	8,7	460	912199	2153036	
affluents rive droite	Foron de Sciez	Léman	Excuvilly	FnZ15	12,2	390	911323	2155753	
	rui de la Creusiaz	Foron de Sciez	Amont D903	FnZ21	3,7	545	911761	2148959	
	rui de Pisse Vache	Foron de Sciez	amont confluence Foron de Sciez	FnZ24	3,3	540	911860	2149412	
	rui d'Avully	Foron de Sciez	aval décharge	FnZ08	2,9	500	911941	2151295	perdue
	rui de la Creuse	Foron de Sciez	amont confluence Foron de Sciez	FnZ20	1,6	495	912020	2151510	
	rui de la Gorge	Foron de Sciez	amont Avugnens	FnZ05	1,4	630	915139	2149920	hors service
	Gurnaz Ouest	Ruisseau de la gorge	amont voie ferrée	FnZ07	5	530	913908	2151983	
affluents rive gauche	rui de la Gorge	Foron de Sciez	aval ball-trap	FnZ18	5,8	475	912198	2152575	
	rui du Passage	Foron de Sciez	déchetterie de Bons	FnZ11	1,6	495	911448	2151506	
	le Petit Vire	le Grand Vire	aval la tuillière	FnZ13	0	530	909386	2150830	Hors d'eau
	le Grand Vire	Foron de Sciez	les maréchaïs / la tuillière	FnZ12	2,3	530	909530	2150260	
	le Grand Vire	Foron de Sciez	le Moulin de Challande	FnZ16	4	500	910560	2151514	
	Foron de Sciez	Léman	Moulin des Esserts	FnZ01	7,8	470	911978	2152448	hors service
	rui de Chavannex	Foron de Sciez	sous virage D1	FnZ14	1,5	470	911769	2154338	

Tableau 2 : Caractéristiques des 18 stations étudiées sur le bassin du Foron de Sciez dans le cadre du suivi thermique 2007-2008 et localisation des enregistreurs.

### **III) Résultats**

#### **III.1) Validation des données**

Sur les 18 sondes placées, 3 ont été perdues, 1 sur le Foron de Sciez au niveau du Moulin des Esserts (FnZ01), 1 sur le Ruisseau de la gorge à l'amont d'Avugnens (FnZ05) et 1 sur le ruisseau d'Avully à l'aval de la décharge (FnZ08).

Sur les 15 sondes restantes, 2 ont montré des données aberrantes, 1 sur le ruisseau du Petit Vire à l'aval de la Tuilière (FnZ13 ; CF : annexes), et une autre sur le ruisseau de la Folle à l'amont de la D20 (FnZ22). A noter que pour cette dernière les enregistrements ont tout de même permis de calculer un certain nombre de variables.

En outre, la station FnZ28, située sur le cours principal du Foron de Sciez semble avoir été temporairement hors d'eau (de fin octobre à mi-novembre). Il semble cependant que cet épisode influe peu sur les variables calculées, nous avons donc choisi de conserver la séquence et donc de considérer la série de données comme valide sur l'année complète.

Les 12 autres enregistrements réalisés pendant la période choisie ont été utilisés dans le traitement et l'analyse des données dans leur intégralité.

#### **III.2) Conditions thermiques générales**

Sur l'ensemble des stations étudiées sur le cours principal du Foron de Sciez et sur ses affluents, les moyennes journalières varient sur l'année entre 18,6°C et 0°C pour la majorité des stations étudiées (Figures 2 à 4). Globalement, la période de faibles températures (entre 0 et 8°C) se situe entre la fin octobre et fin mars.

Les conditions thermiques hivernales semblent peu contraignantes sur l'ensemble du bassin du Foron de Sciez avec des températures qui ne passent que ponctuellement sous la barre des 2°C. De même les températures estivales, n'atteignent jamais les 19°C qui représentent la limite supérieure de confort de la truite fario.

Les amplitudes journalières sont de l'ordre de 2°C maximum, ce qui peut être considérées comme relativement faibles et courants sur le département.

Sur le cours principal du Foron de Sciez nous observons une évolution croissante des températures moyennes journalières de l'amont vers l'aval quelque soit la période. Les gammes de températures et les évolutions annuelles obtenues sur les stations d'études situées sur les affluents du Foron de Sciez sont proches de ce qui est observé sur le cours principal.

Nous notons cependant la forte sensibilité du rui de la Creuse (FnZ20) aux faibles températures hivernales, ainsi que l'évolution inhabituelle des températures sur le ruisseau de la Gurnaz (FnZ07) durant l'hiver (figure 3).

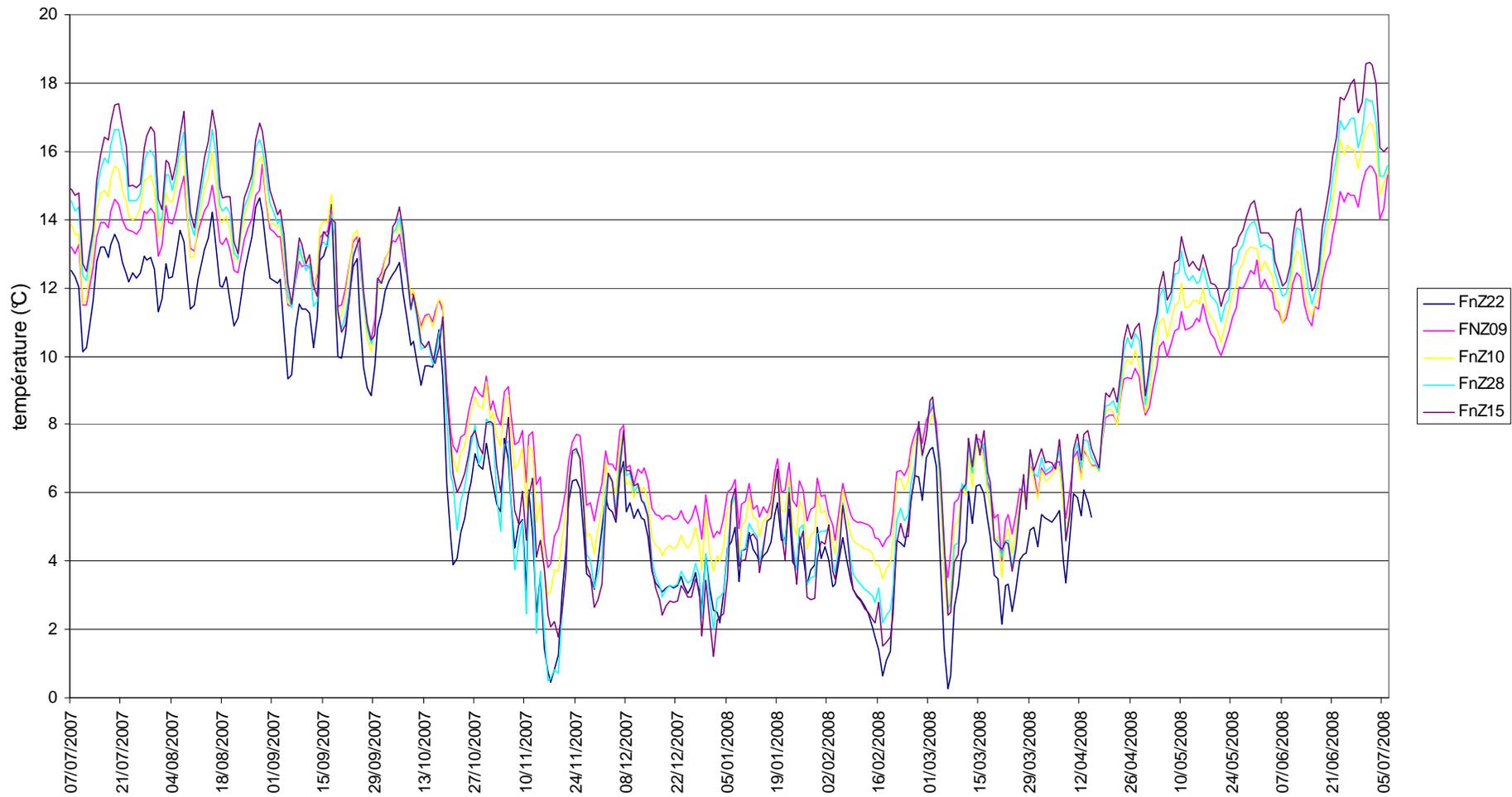


Figure 2 : Courbes des températures moyennes journalières calculées sur la période du 07/07/2007 au 06/07/2008 pour les 5 stations étudiées sur le cours principal du Foron de Sciez

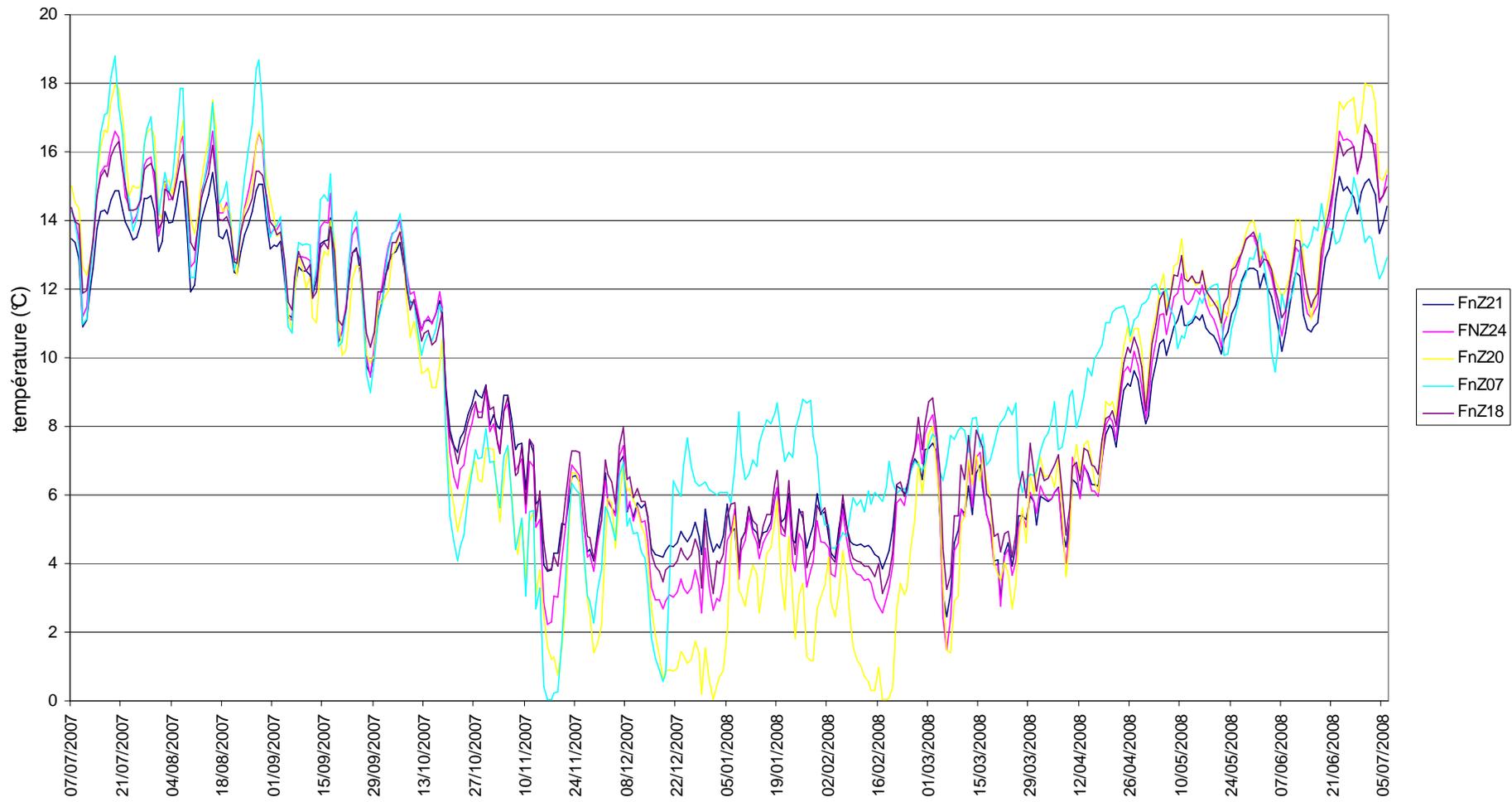


Figure 3 : Courbes des températures moyennes journalières calculées sur la période du 07/07/2007 au 06/07/2008 sur les 5 stations situées sur les affluents rive droite du Foron de Sciez.

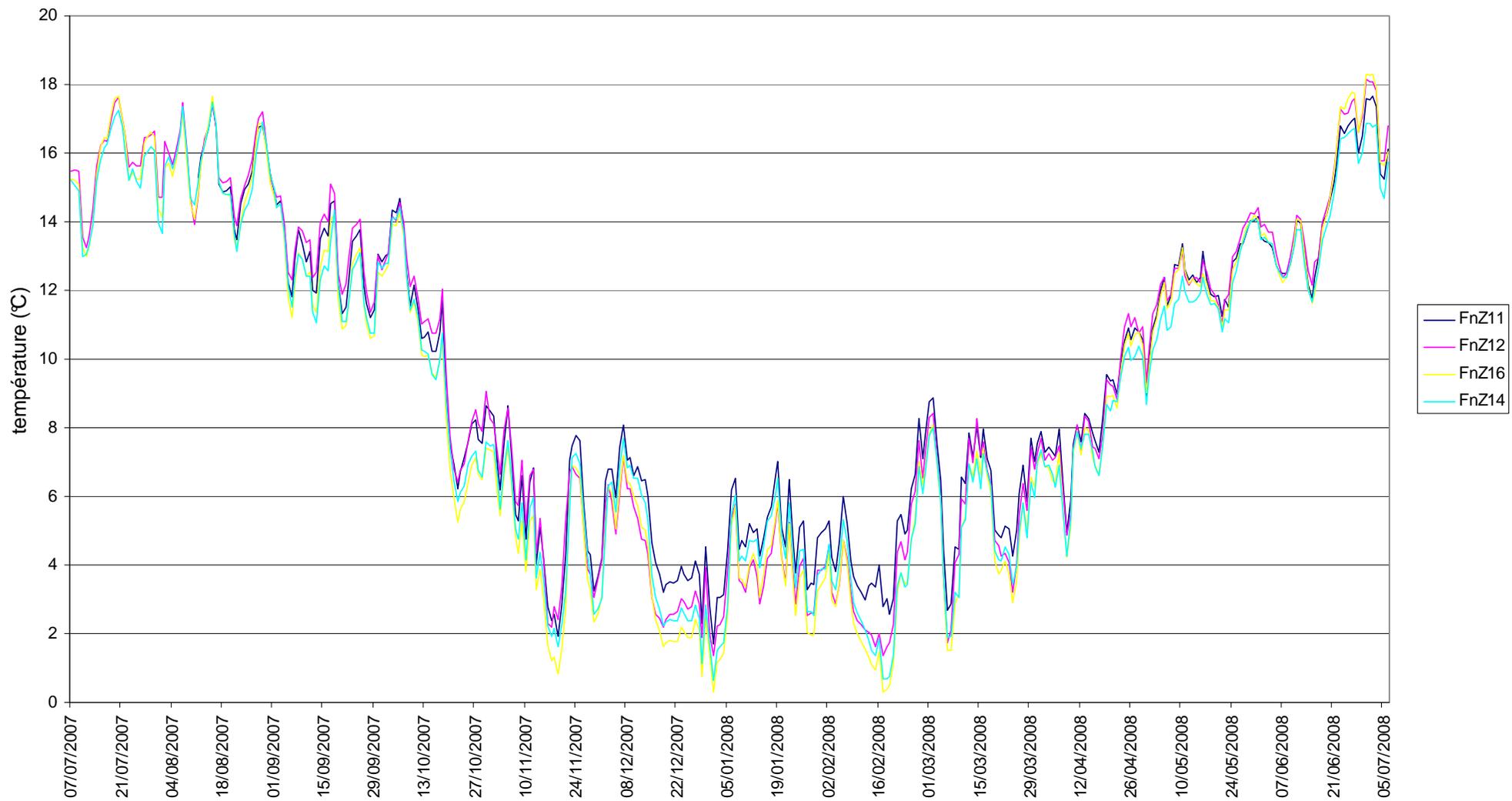


Figure 4 : Courbes des températures moyennes journalières calculées sur la période du 07/07/2007 au 06/07/2008 sur les 4 stations situées sur les affluents rive gauche du Foron de Sciez.

### 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 non limitantes pour la vie salmonicole sur l'ensemble du bassin du Foron de Sciez. 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 globalement observées sur l'aval du Foron de Sciez (FnZ28 et FnZ15). En outre, nous observons sur les affluents une augmentation progressive de ces deux variables de l'amont vers l'aval. En effet nous observons des valeurs croissantes depuis les cours d'eau les plus apicaux vers les cours d'eau situés sur l'aval du bassin versant.

Les températures hivernales peuvent atteindre des valeurs proches de 0°C sur les zones apicales constituées de petits cours d'eau : ruisseau de la Folle (FnZ22), le ruisseau de la Creuse (FnZ20), le ruisseau de la Gurnaz (FnZ07), le Grand Vire (FnZ16) et le Petit Vire (FnZ12). Cette caractéristique témoigne des faibles débits hivernaux dans ces affluents de petite taille.

La valeur moyenne obtenue sur les 30 jours les plus chauds pourra être couplée avec les données de minéralisation ( $\text{Ca}^{2+}$  et  $\text{Mg}^{2+}$ ) 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.

Sur le bassin du Foron de Sciez cette valeur évolue entre 12.71°C (FnZ22) et 16, 15°C (FnZ12).

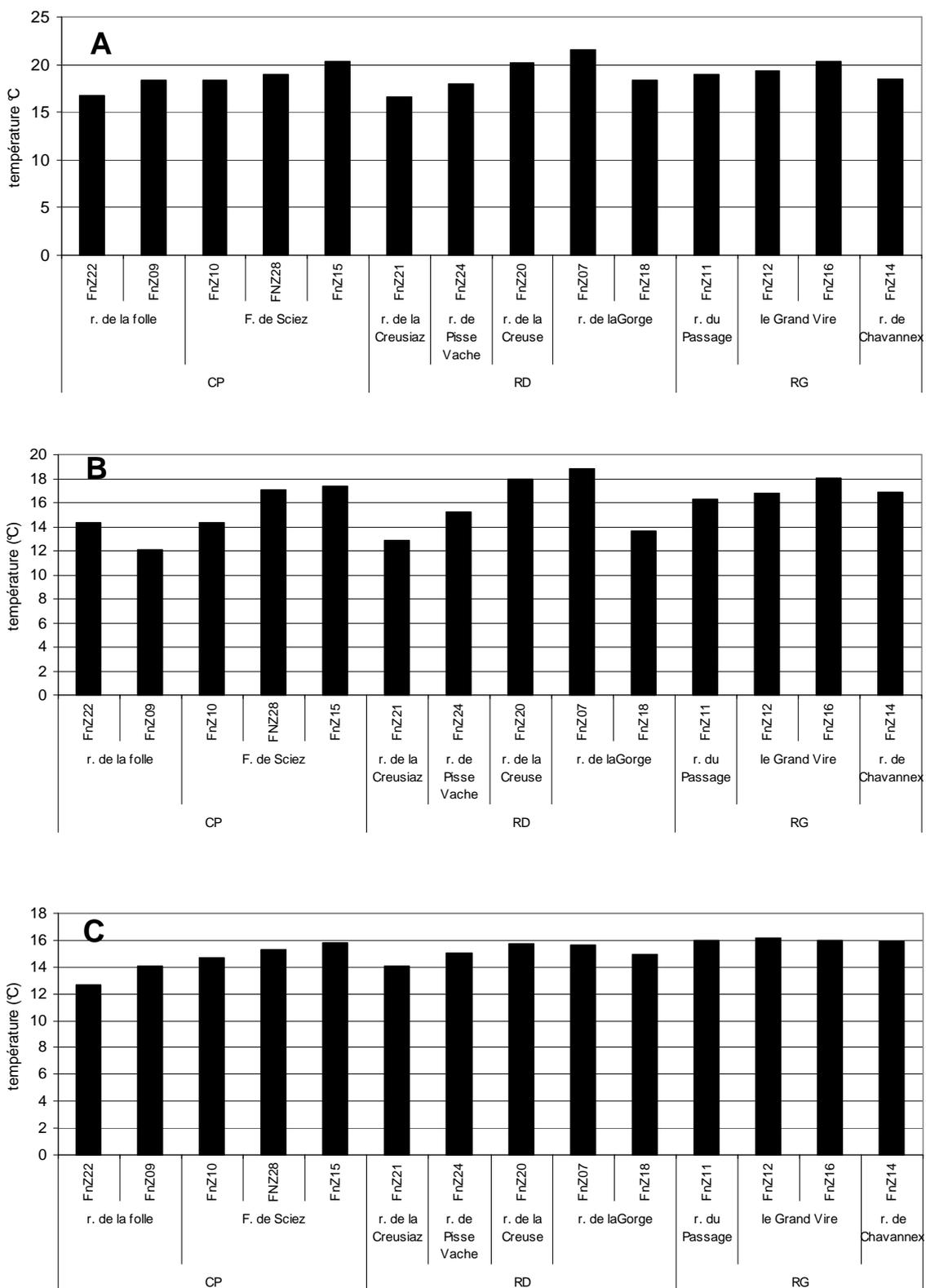


Figure 5 : Température maximale (A), amplitude annuelle (B) et moyenne des trente jours les plus chauds (C) obtenues sur les 14 stations étudiées lors du suivi thermique annuel réalisé sur le Foron de Sciez et ses affluents.

### 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 Foron de Sciez et ses affluents avec des valeurs comprises entre 277 (FnZ20) et 362 (FnZ09) jours par an. Ces durées d'optimum thermique sont très fortes par rapport aux autres résultats obtenus sur le département (Caudron *et al.*, 2006 ; Caudron, 2006 ; Vigier *et al.*, 2006, 2007 a, b, c, d, e ; Vigier, 2008).

En outre, le seuil supérieur de la plage de confort de la truite, déterminé à 19°C, est localement dépassé sur de courtes durées (figure 6-B), la séquence maximale observée est de 11 heures consécutives sur le ruisseau de la Gurnaz (FnZ07), qui est également le cours d'eau où ce seuil est atteint sur une durée cumulée maximale de 74 heures. Cependant, ces valeurs ne représentent pas un facteur potentiellement limitant le développement salmonicole sur le bassin du Foron de Sciez dans son ensemble.

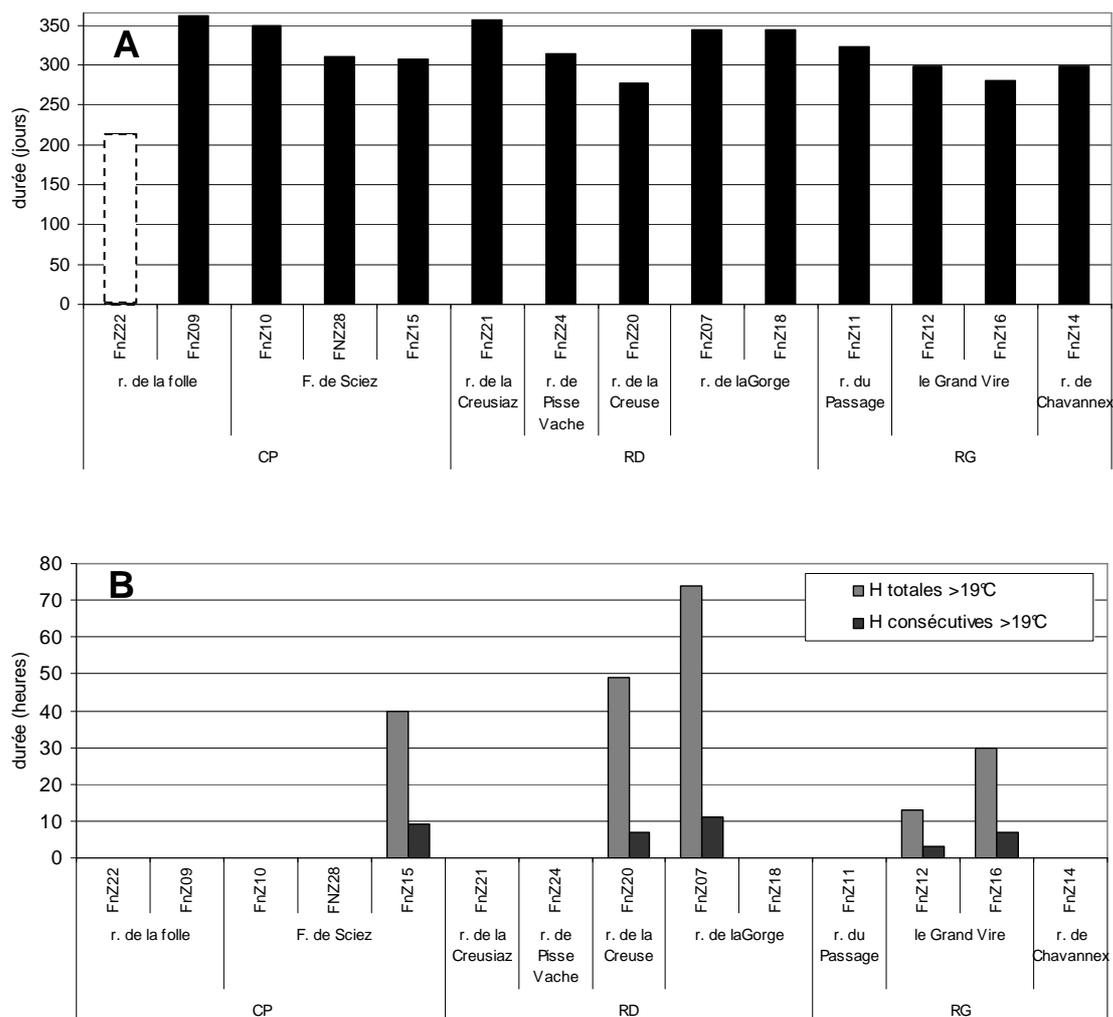


Figure 9 : Durée en jours du préférendum thermique de la truite commune (A), durée totale en heure (gris) et durée en heure de la séquence maximale (noir) durant laquelle la température est restée en dessus de 19°C (B) sur les 14 stations concernées par le suivi annuel sur le Foron de Sciez et ses affluents.

### III.4) Conditions favorables à l'infection par la PKD

La PKD (« Proliferative 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.

Pour la majorité des stations étudiées sur le bassin du Foron de Sciez (Figure 7) le risque de développement de PKD est très variable :

- sur le cours principal, le risque augmente de l'amont vers l'aval, avec une durée maximale de 284 heures consécutives à l'aval (FnZ15).
- sur les affluents situés en rive droite le risque maximal est observé sur le ruisseau de la Creuse (FnZ20) qui atteint 160 heures consécutives au-delà de 15°C.
- sur les affluents situés en rive gauche le risque décroît de l'amont vers l'aval : le ruisseau du passage (FnZ11) présente la plus longue durée de dépassement du seuil des 15°C avec 351 heures consécutives, ce qui est très proche de la limite de durée considérée comme potentiellement favorable au développement de la PKD.

D'une manière générale, en considérant les variations thermiques inter-annuelles, nous ne pouvons exclure le potentiel développement de cette maladie sur le bassin du Foron de Sciez, notamment sur les stations où les durées observées s'approchent de la limite théorique des 360 heures consécutives.

En outre, ceci montre l'intérêt de prendre en compte ces risques potentiels d'infection dans l'étude des populations de truites 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).

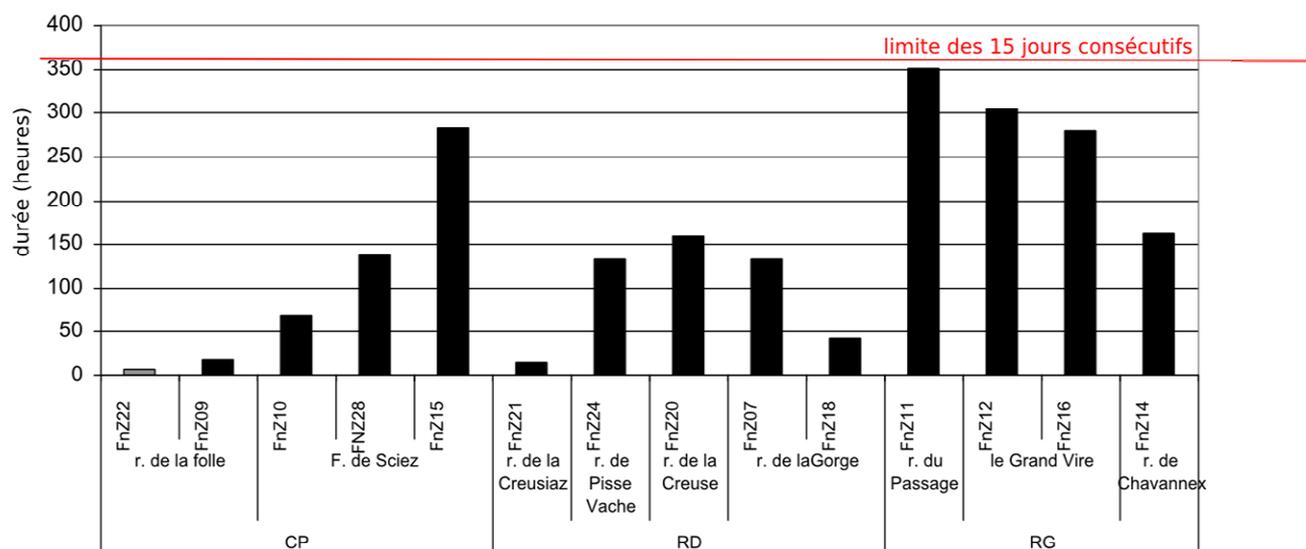


Figure 10 : Durée en heures de la séquence maximale durant laquelle la température est restée au dessus de 15°C sur les 14 stations concernées par le suivi annuel sur le bassin du Foron de Sciez.

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

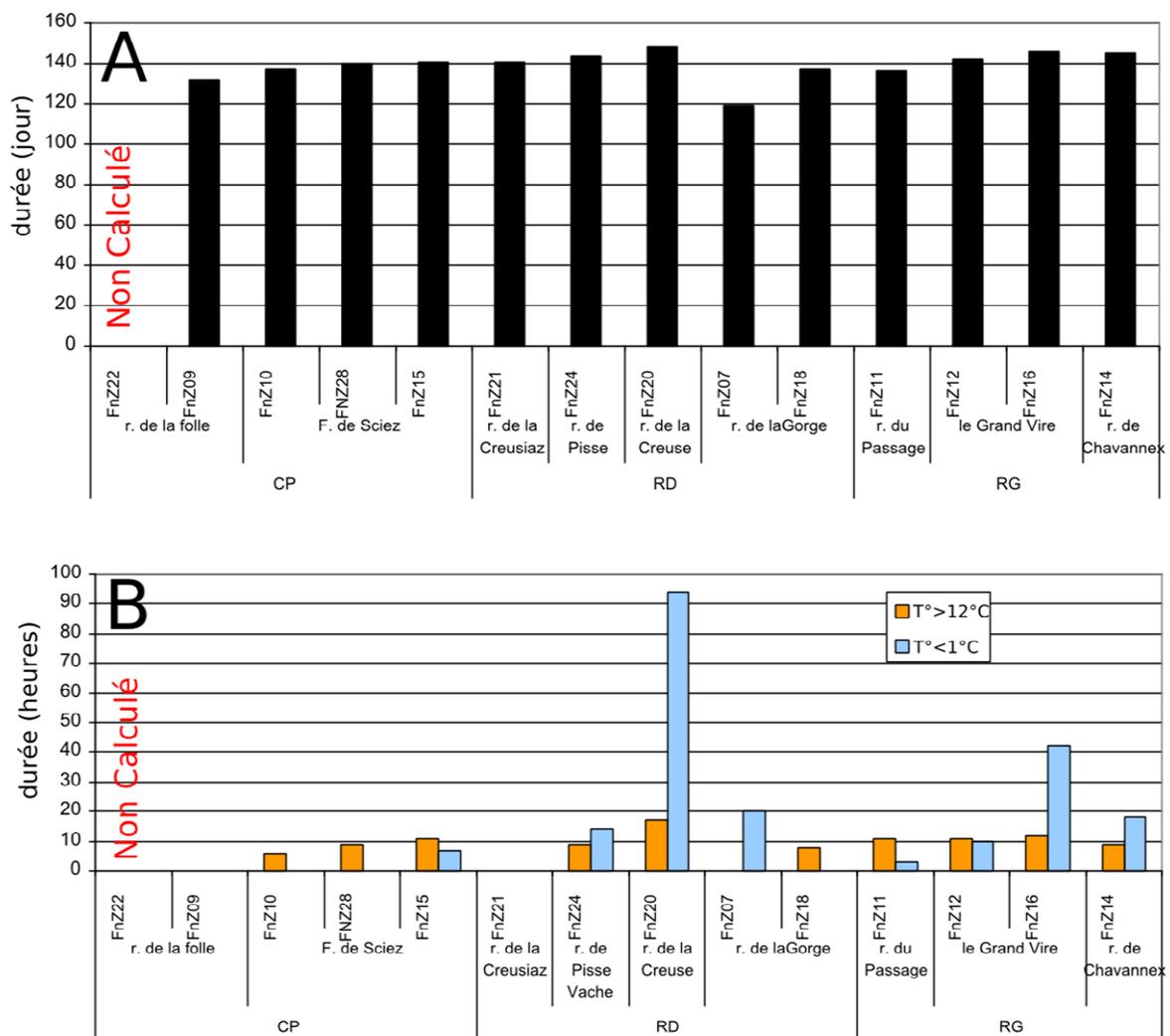
Une estimation de la durée totale (50% d'alevins émergents) de vie sous graviers des œufs et alevins vésiculés a été calculée selon la méthode proposée par Crisp (1992). La date médiane de ponte a été fixée au 15 décembre en accord avec les observations actuellement disponibles sur différents cours d'eau 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 embryon-larvaire évaluée, les conditions thermiques pendant cette phase ont été plus précisément étudiées. Ainsi, les séquences de temps où la température présentait des valeurs inférieures à 1°C ou supérieures 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 assez stable d'un site à l'autre avec des valeurs comprises entre 119 et 148 jours (figure 8.A), ces valeurs peuvent être considérées comme des durées d'incubation plutôt faibles par rapport aux autres résultats obtenus sur le département (Caudron *et al.*, 2006 ; Caudron, 2006 ; Vigier *et al.*, 2006 ; 2007 a, b, c, d, e). En outre, peu de stations montrent des températures pouvant compromettre le bon développement embryon-larvaire (figure 8.B) pendant les périodes de vie sous graviers identifiées. En effet, les durées pendant lesquelles les températures sont supérieures à 12°C n'excèdent pas les 17 heures consécutives pour l'ensemble des stations étudiées. En outre, l'atteinte de température inférieures à 1°C n'excèdent pas dans la majorité des cas une durée continue supérieure à 20 heures. Pour les quelques stations plus sévèrement touchées (FnZ16 et FnZ20) ces durées sont respectivement de 42 et 94 heures consécutives, ce qui correspond aux valeurs couramment observées sur le département.

Cette limite thermique de 1°C est considérée, durant la phase de vie sous graviers, comme létale par plusieurs auteurs (Elliot, 1984 ; Humpesch, 1985 ; Crisp, 1988 et 1996). Cependant, de nombreuses stations du département ayant des caractéristiques semblables

présentent également des populations de truites naturellement fonctionnelles (Caudron *et al.*, 2003 ; 2004). Cette contradiction ayant été observée sur l'ensemble des bassins versants étudiés jusqu'à présent, il semblerait que ce paramètre soit discutable du fait notamment 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 (Crisp, 1992). Ainsi, il nous est difficile de juger de l'impact réel 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 14 stations concernées par le suivi annuel sur le bassin du Foron de Sciez.

#### **IV) Premières conclusions et perspectives**

Cette première étude thermique réalisée sur le bassin du Foron de Sciez a permis de mettre en évidence que l'ensemble des cours d'eau étudiés montrent des conditions thermiques favorables et compatibles avec la vie salmonicole, avec cependant un risque pathogène potentiel associé aux conditions thermiques observées qui approchent des conditions favorables au développement de la PKD.

## BIBLIOGRAPHIE

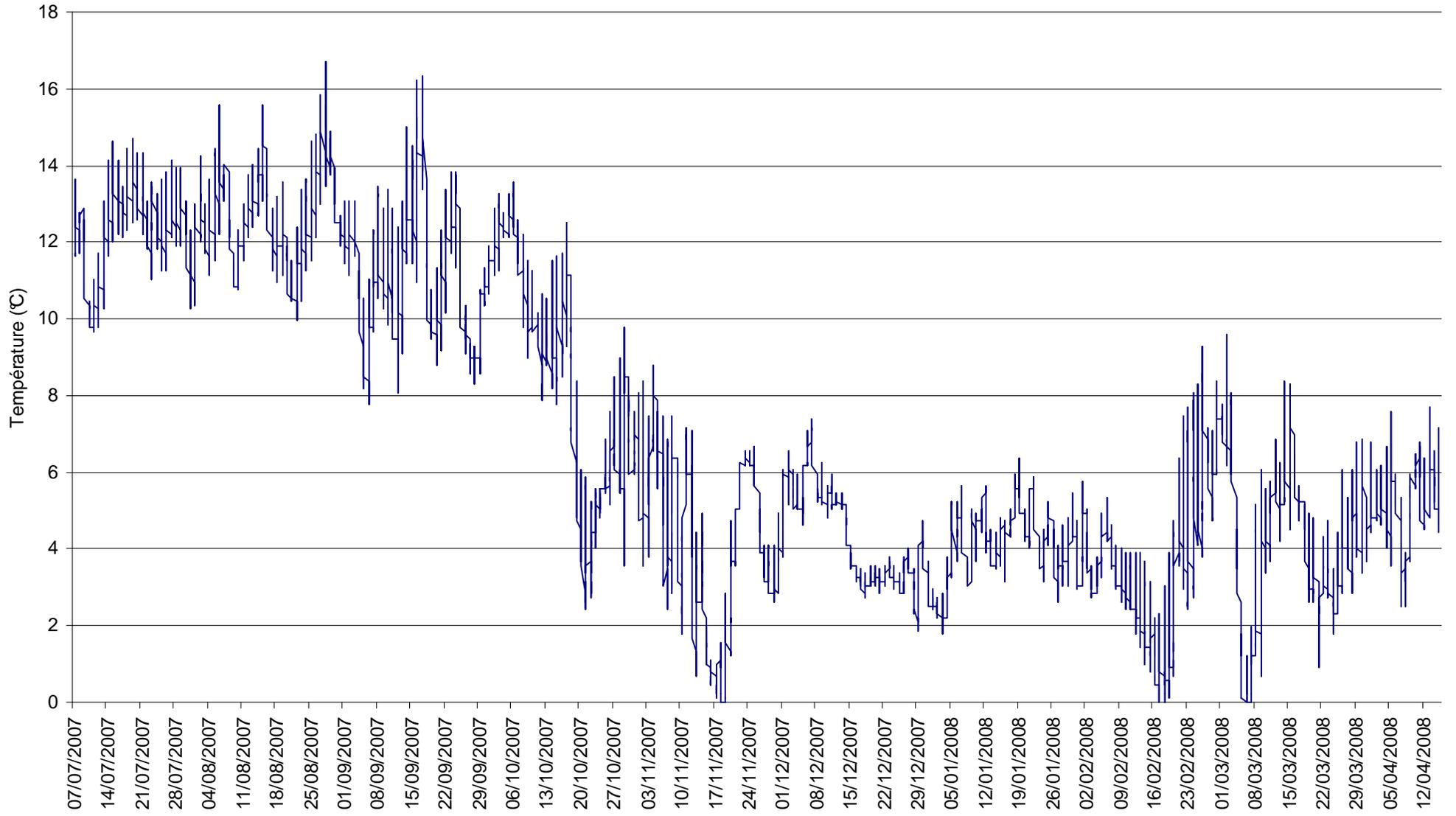
- Alabaster J.S., Llyod R., 1980. Water quality criteria for fresh water fish, Butter Worths Ed., London, 297p.
- Anderson C.L., Canning E.U., Okamura B., 1999. 18S rDNA sequences indicate that PKX organism parasites bryozoa. *Bulletin of the European association of fish pathologists*, 19, 94-97.
- Burkhardt-Holm 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., 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.
- Caudron A., 2006. Etude de la qualité thermique du Foron de Gaillard – Données 2004-2005. Rapport FDP74.06/02. 12p + annexes.
- Caudron A. & Champigneulle A., 2007. Evaluation à grande échelle de l'efficacité du repeuplement et comparaison des caractéristiques des truites (*Salmo trutta* L.) sauvages et introduites dans les rivières de Haute-Savoie. Rapport final 2002-2006. Rapport SHL 274-2007 et FDP74.07/06. 68p+annexes.
- 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.
- 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.
- Huchet P., 2007. Plan de conservation des populations d'écrevisses à pieds blancs (*Austropotamobius pallipes*) du bassin versant des Usses (Haute-Savoie) – Diagnostic et propositions de gestion. Rapport FDP74.07/07. 102p + annexes.
- 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 dependence of embryonic-development of grayling (*Thymallus thymallus*), Danube salmon (*Hucho hucho*) arctic 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.
- Vigier L. & Caudron A., 2007a. Etude de la qualité thermique du Redon et du Pamphiot – Données 2006-2007. Rapport FDP74.07/04. 17p + annexes.
- Vigier L., Catinaud L. & Caudron A., 2007b. Etude de la qualité thermique des affluents du Chéran Haut-Savoyard – Données 2005-2006. Rapport FDP74.03/07. 22p + annexes.
- Vigier L. & Caudron A., 2007c. Etude de la qualité thermique du Foron de Gaillard – étude de l'impact du lac de Machilly Données 2006-2007. Rapport FDP74. 07/03. 11p + annexes.
- Vigier L., Huchet P. & Caudron A., 2007d. Etude de la qualité thermique du Chéran Haut-Savoyard – Données 2004-2005. Rapport FDP74.07/01. 18p + annexes.
- Vigier L. & Caudron A., 2007e. Etude de la qualité thermique de la Menoge – données 2005-2006. Rapport FDP74.07/02. 20p + annexes.
- Vigier L., 2008. Etude de la qualité thermique des Usses et de ses affluents – données 2006-2007. Rapport FDP74.08/02.
- Vigier L., 2006. Diagnose écologique et recherche des causes de perturbation du peuplement piscicole du Foron de Reigneir. Rapport FDP74.06/04. 51p + annexes.
- 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.

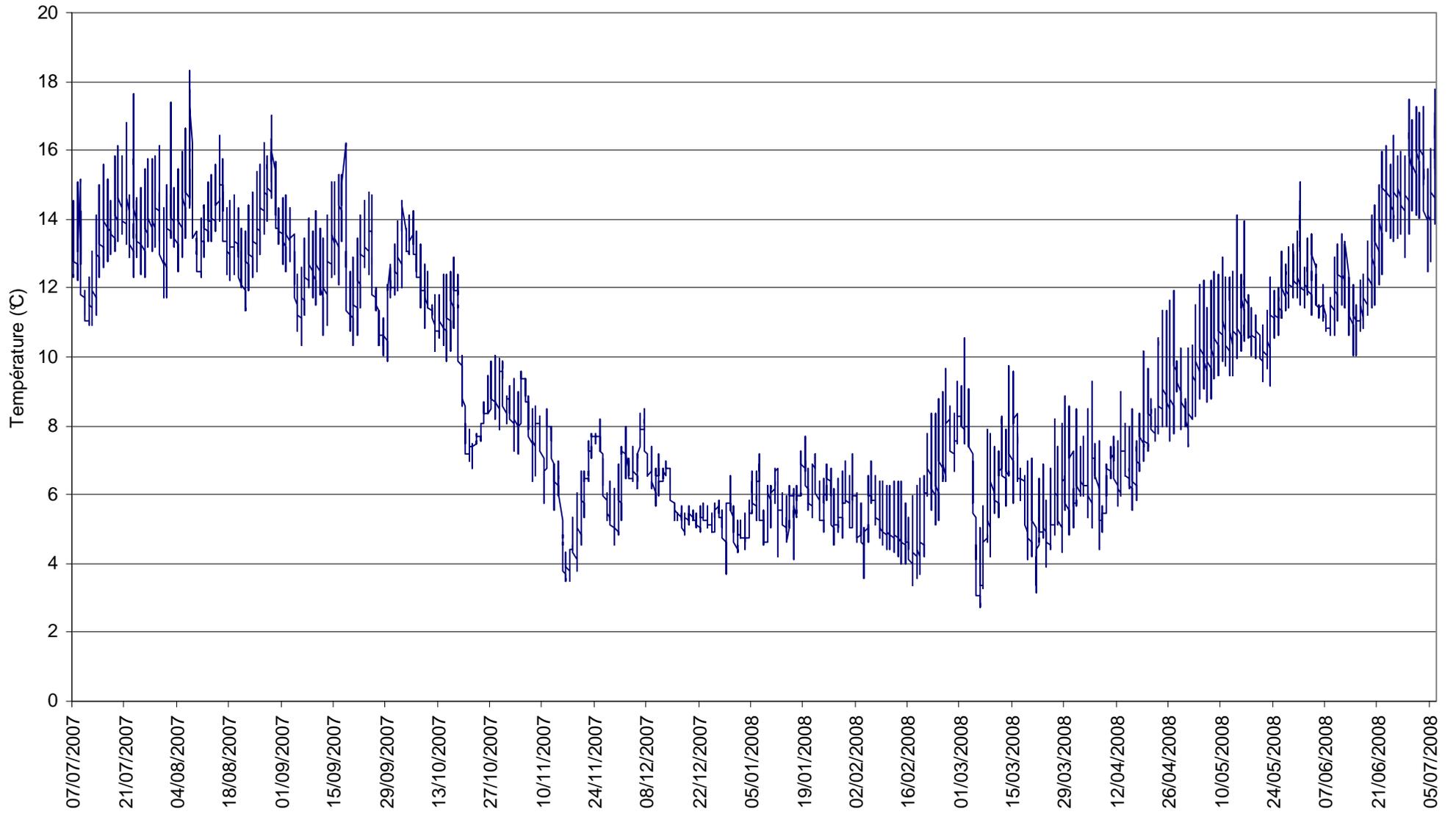
# **ANNEXES**

- **Données thermiques brutes de chaque station du bassin Du Foron de Sciez : graphiques des données horaires 2007-2008**
- **Tableau des valeurs des paramètres thermiques interprétés sur les 14 stations étudiées sur le bassin du Foron de Sciez.**

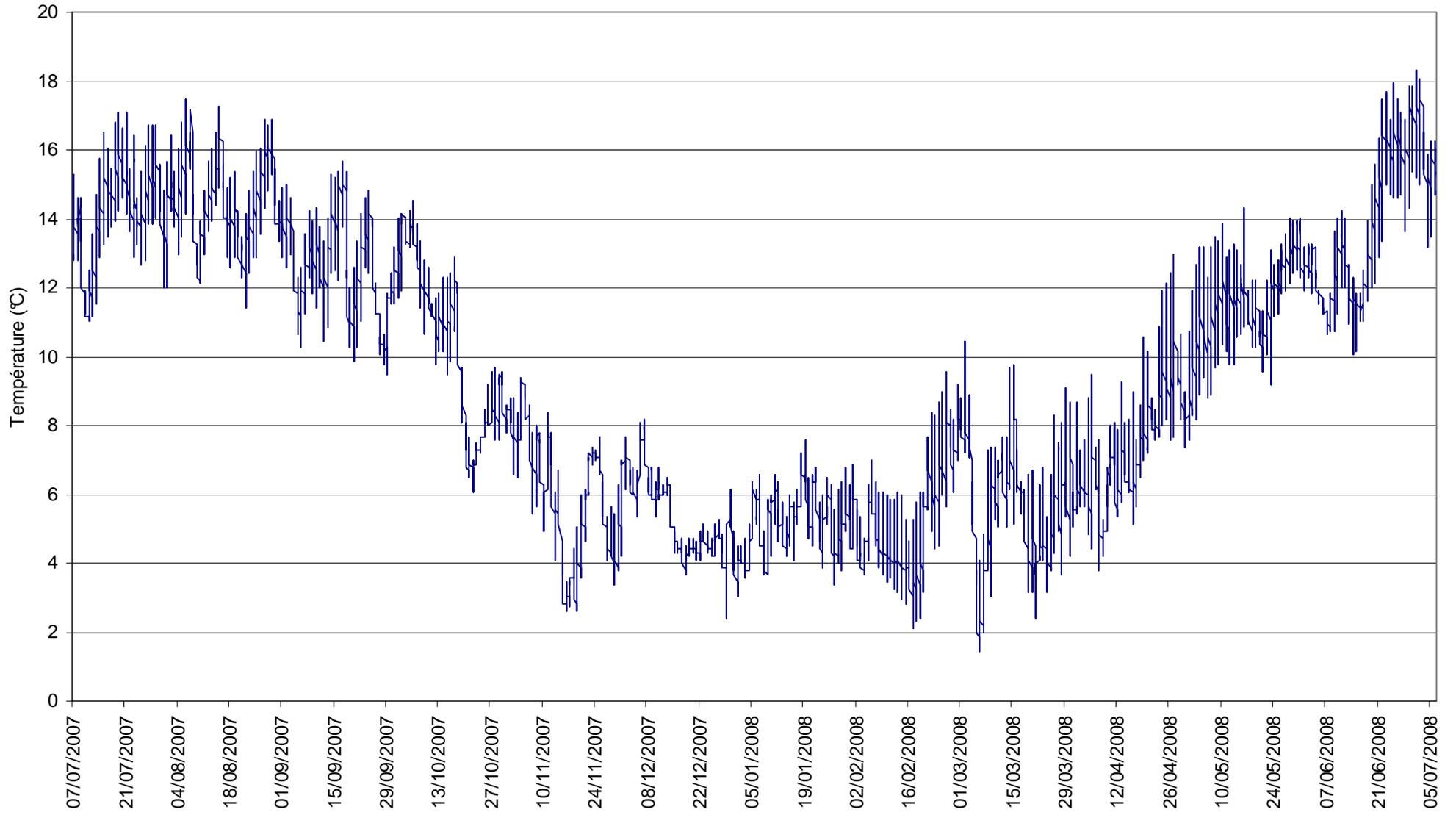
# FnZ22



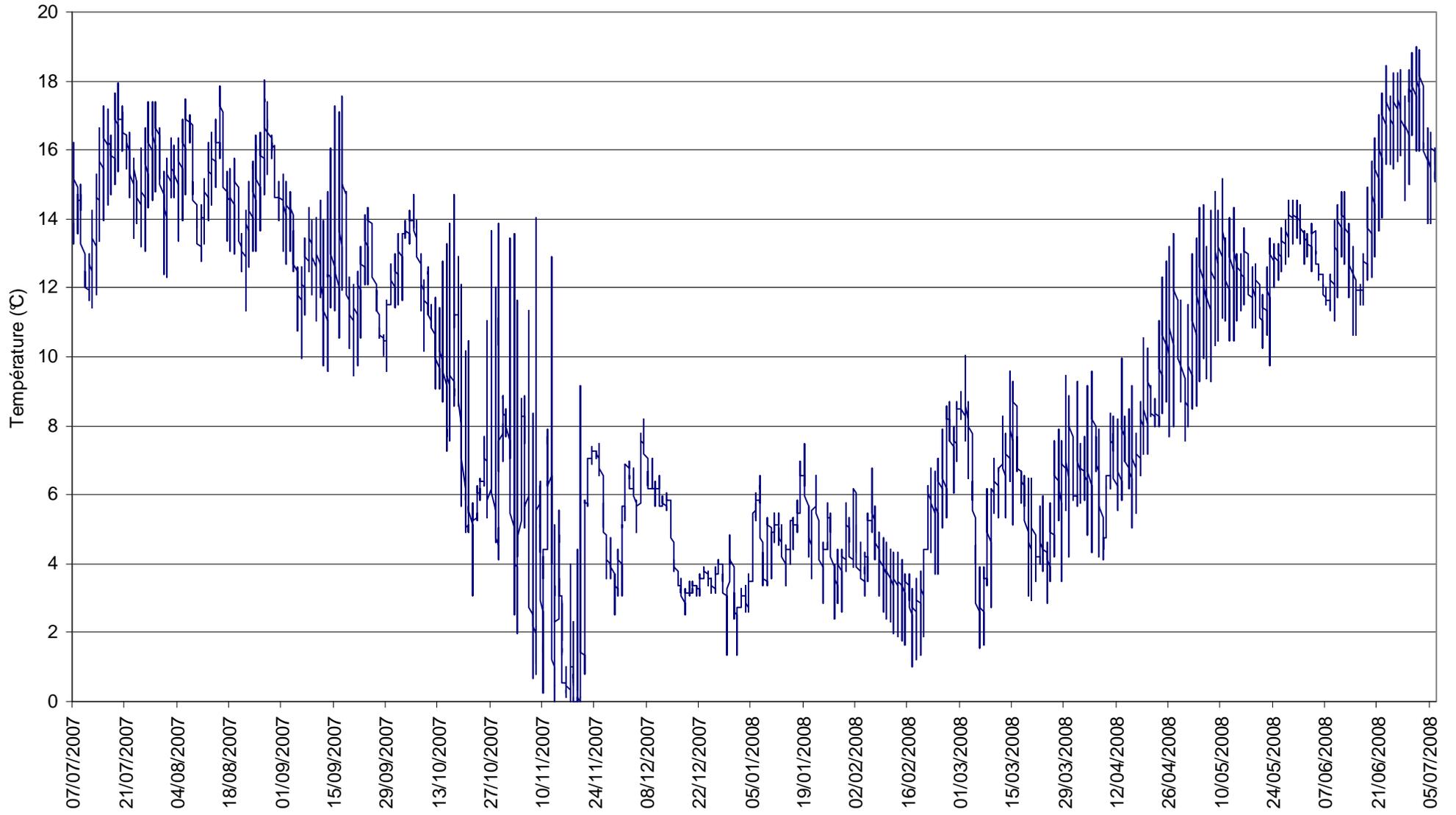
# FnZ09



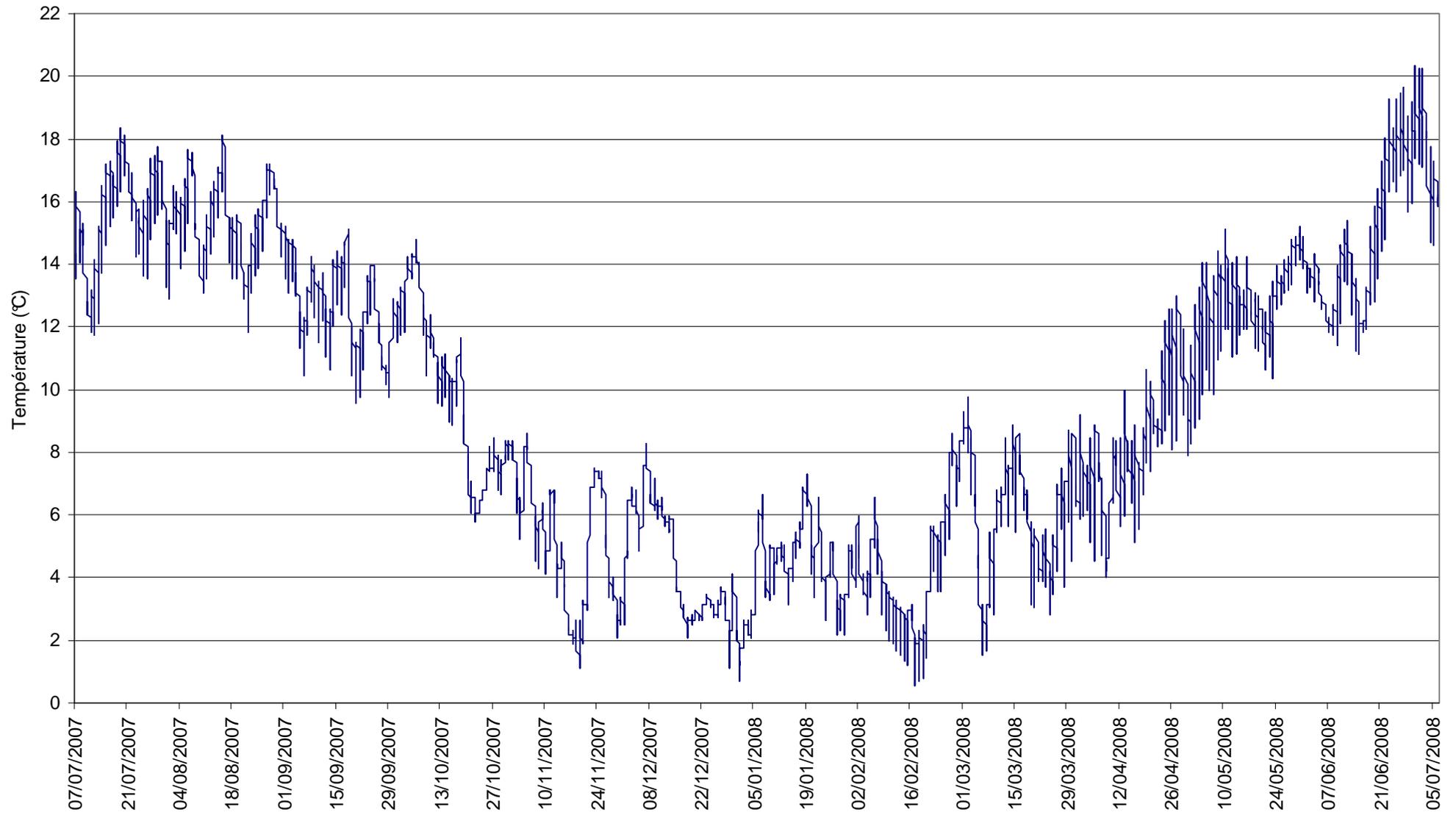
# FnZ10



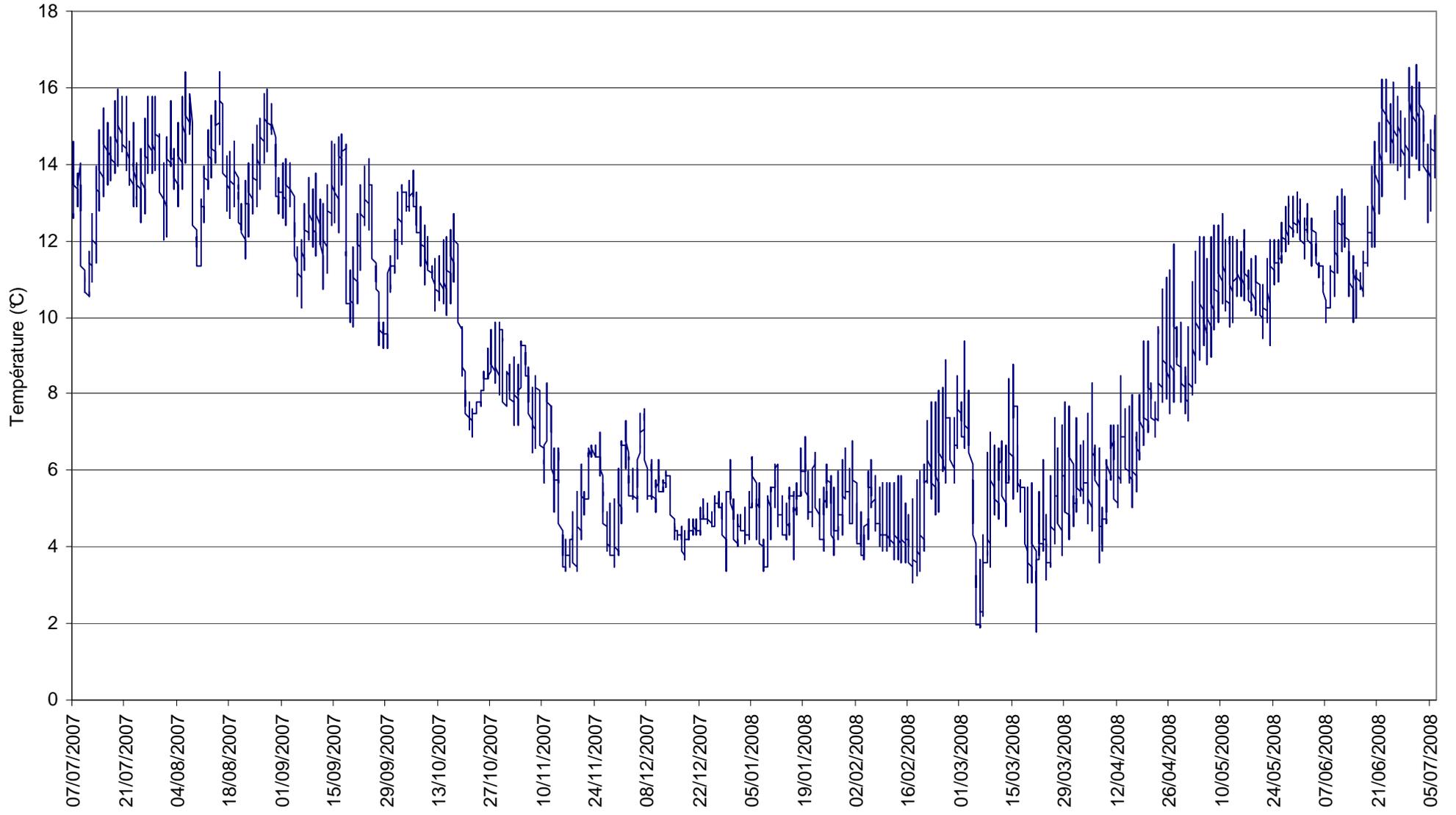
# FnZ28



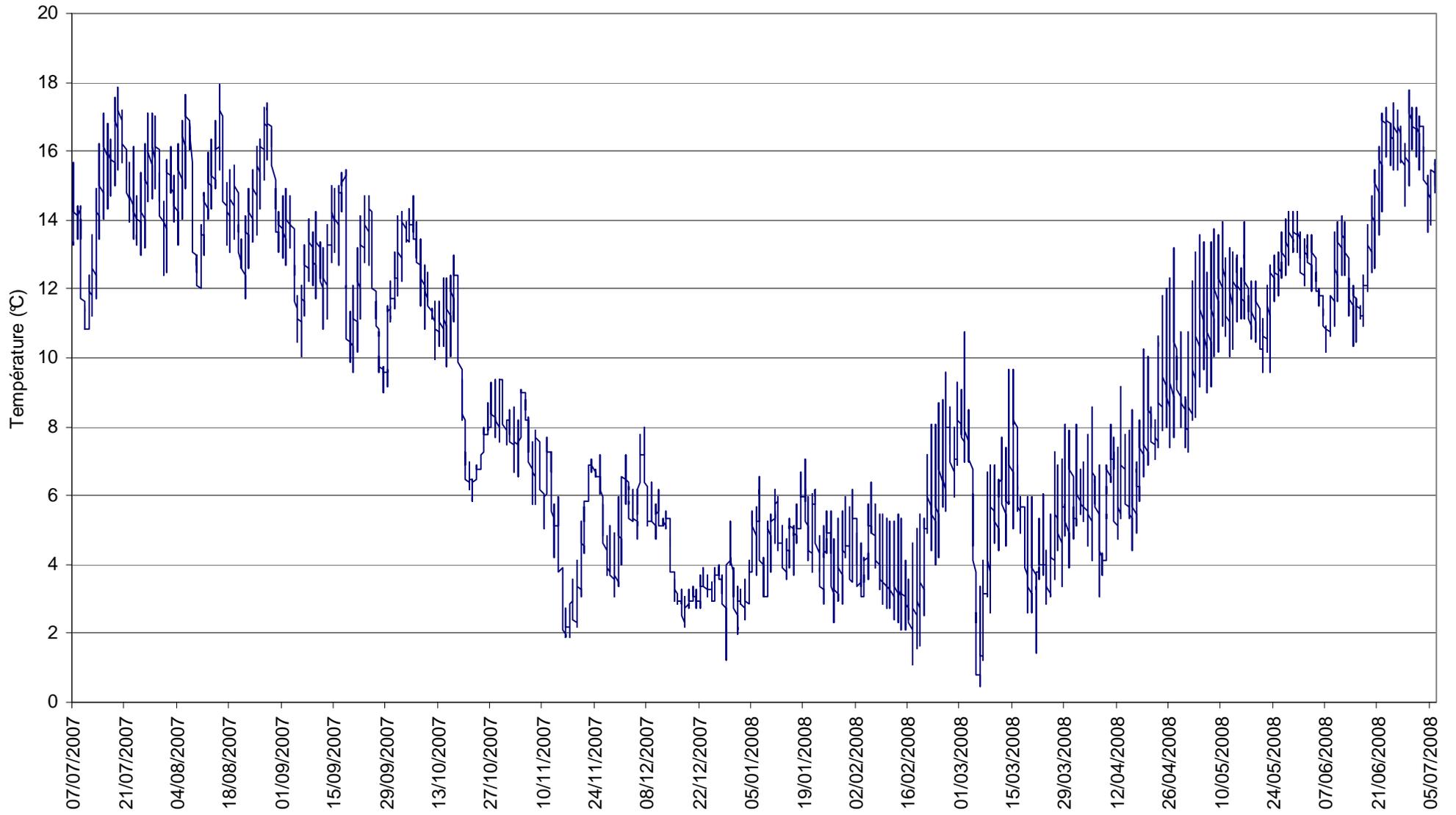
# FnZ15



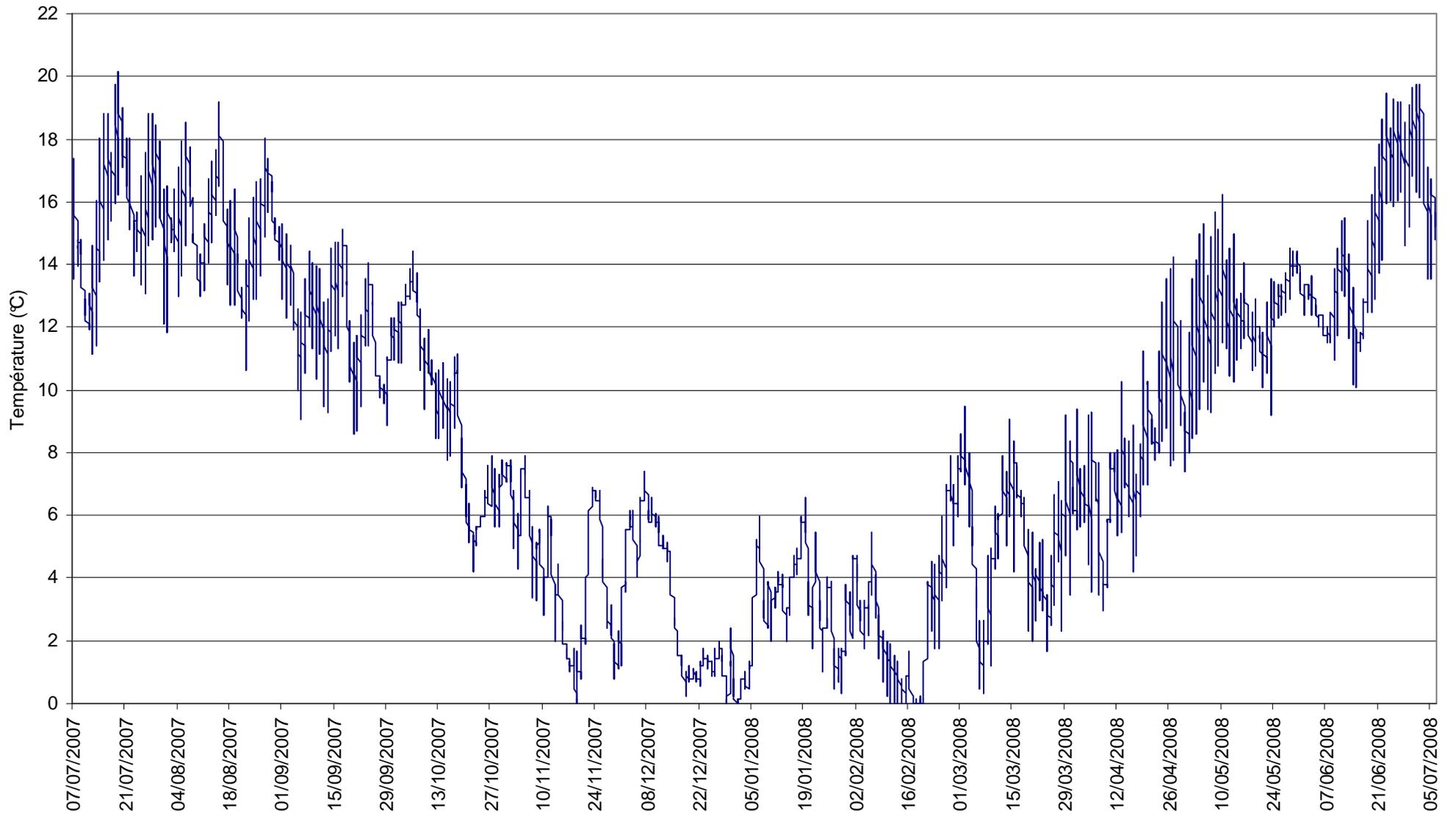
# FnZ21



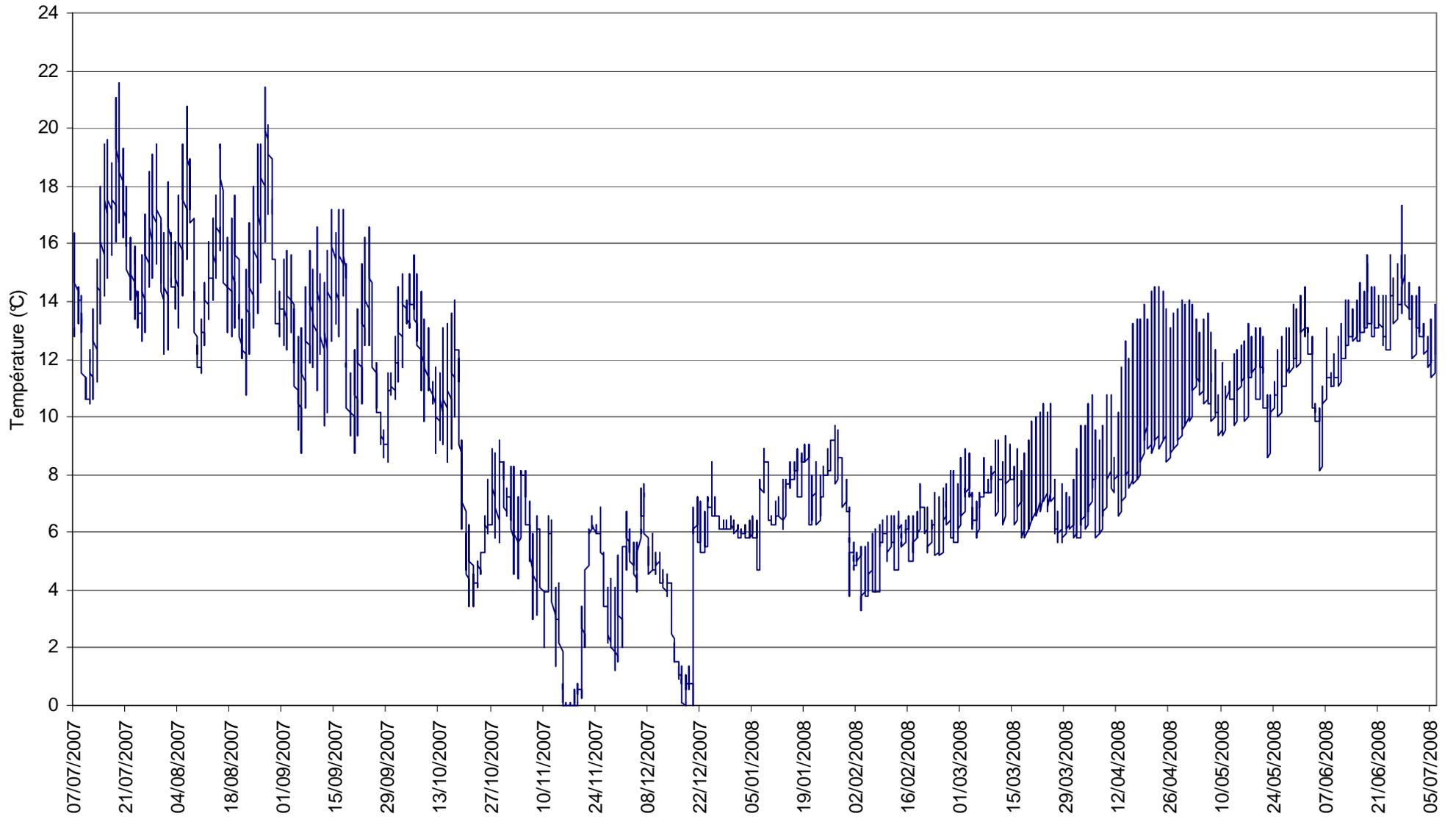
# FnZ24



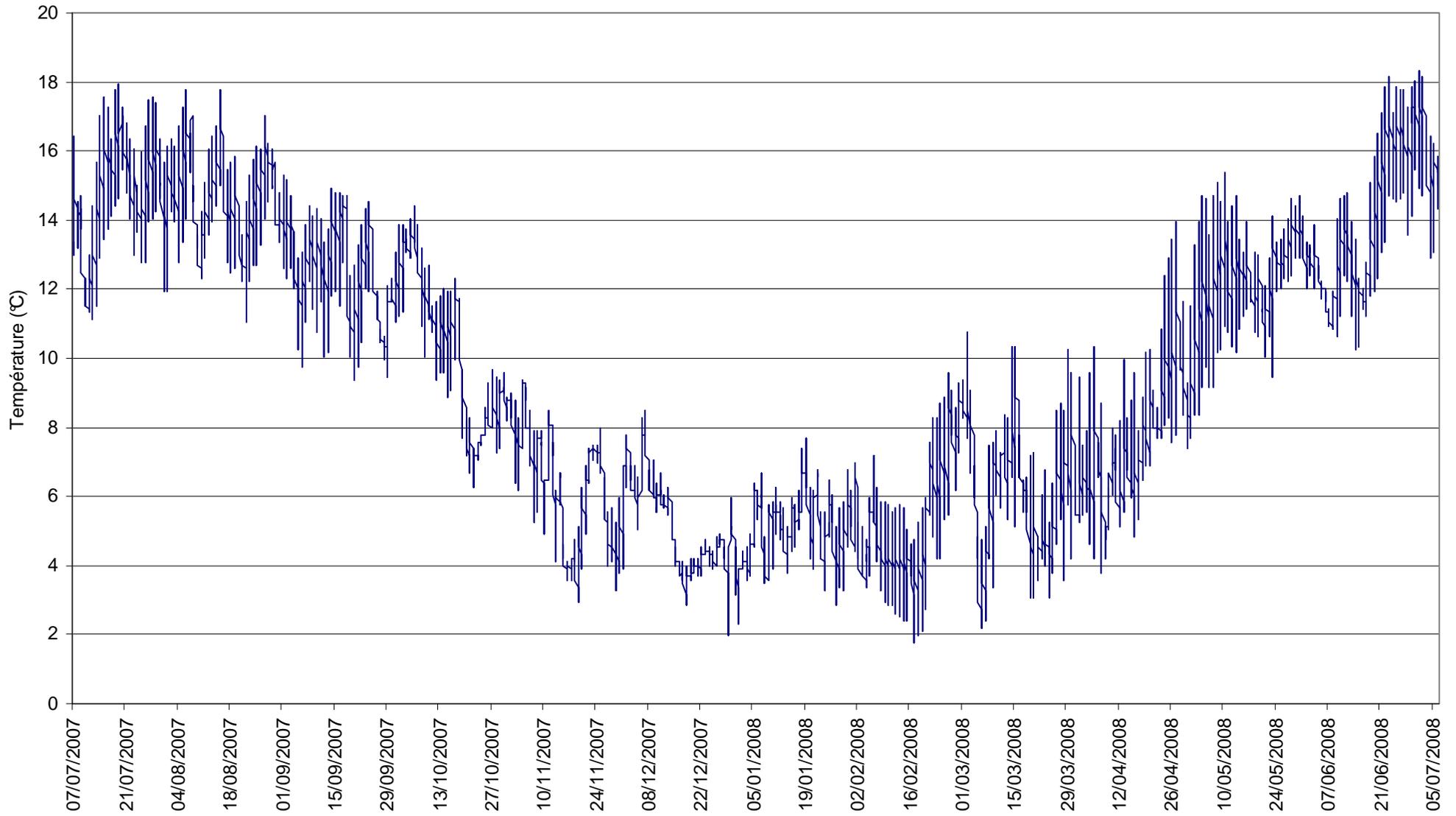
# FnZ20



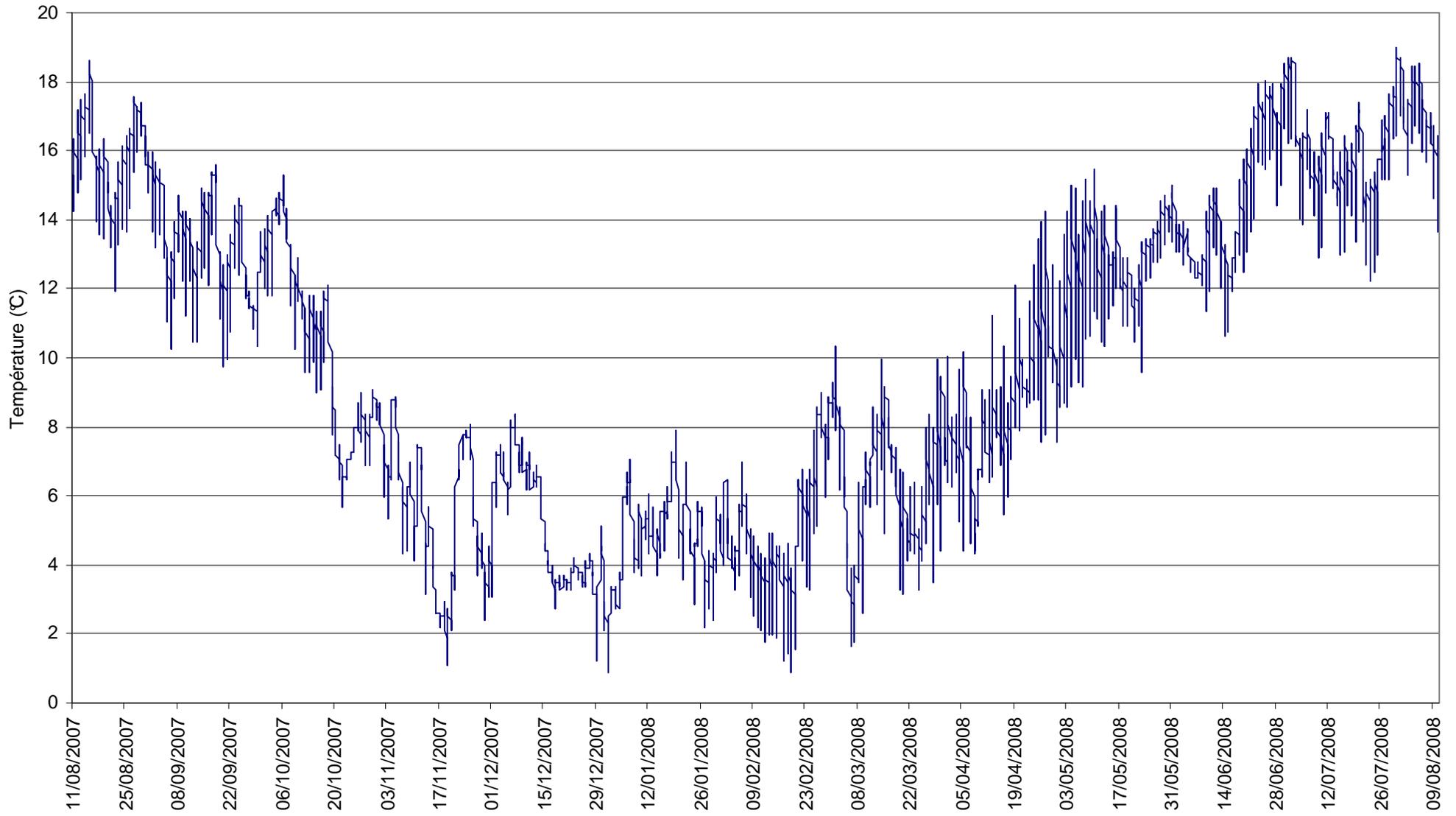
# FnZ07



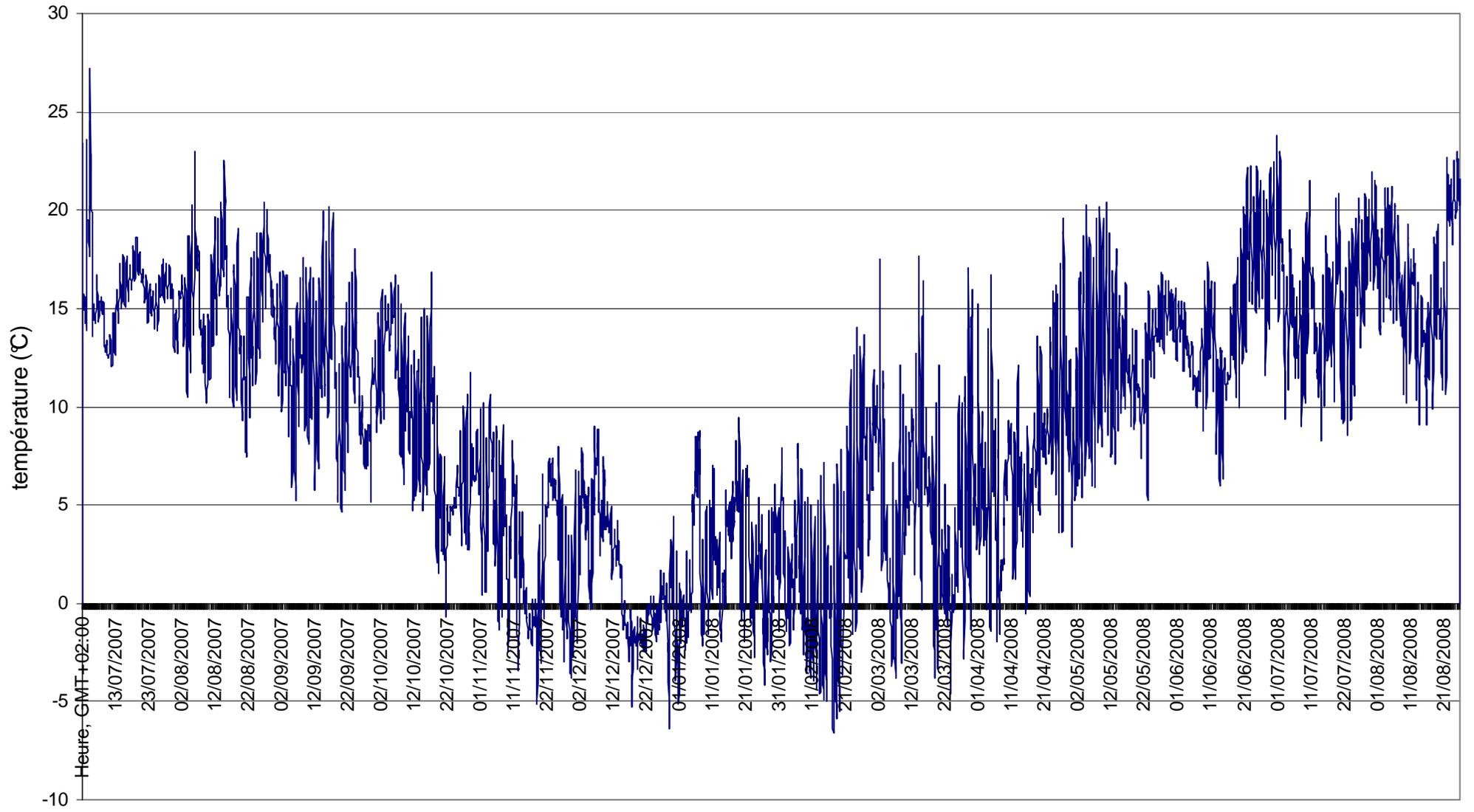
# FnZ18



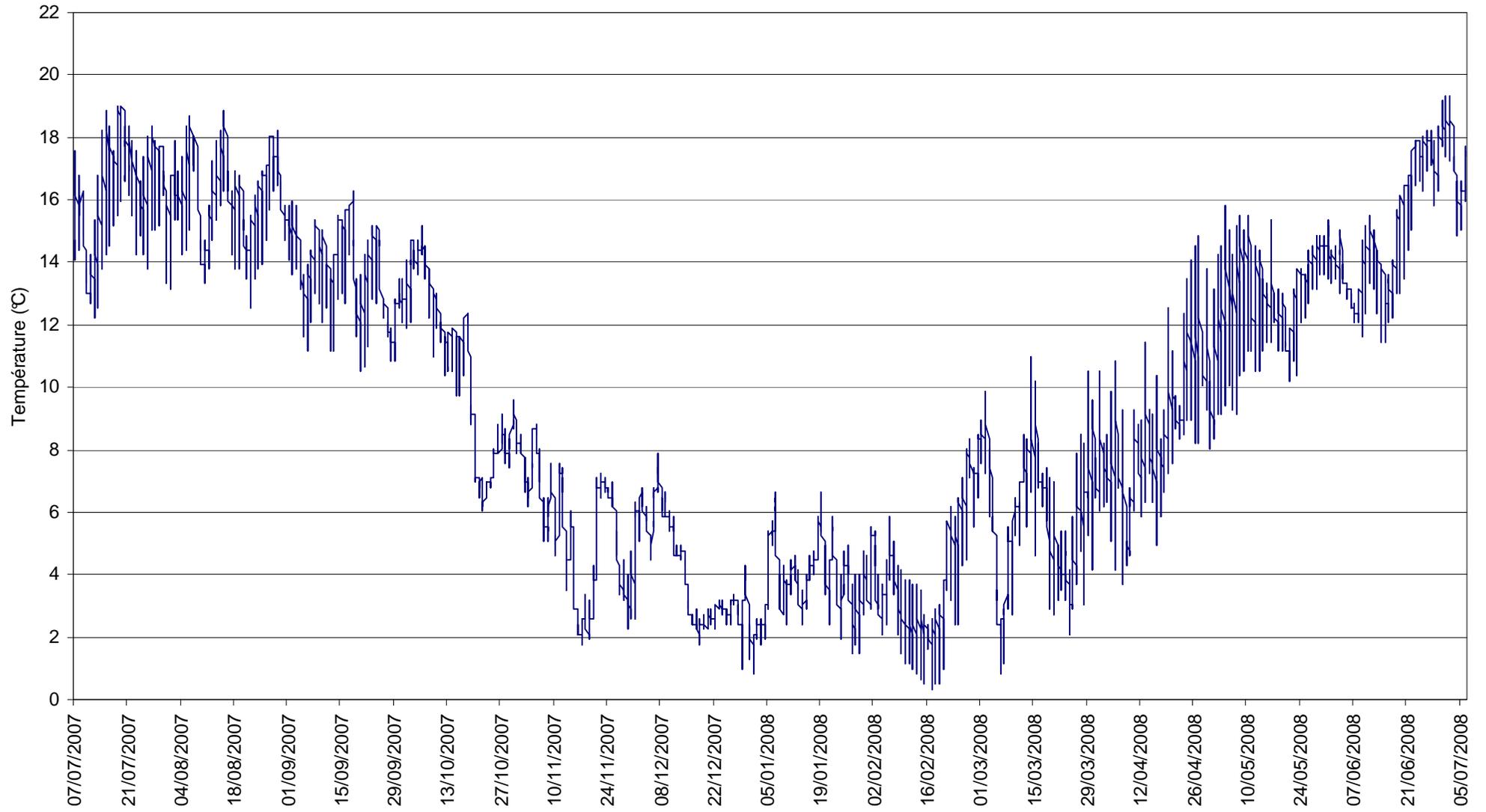
# FnZ11



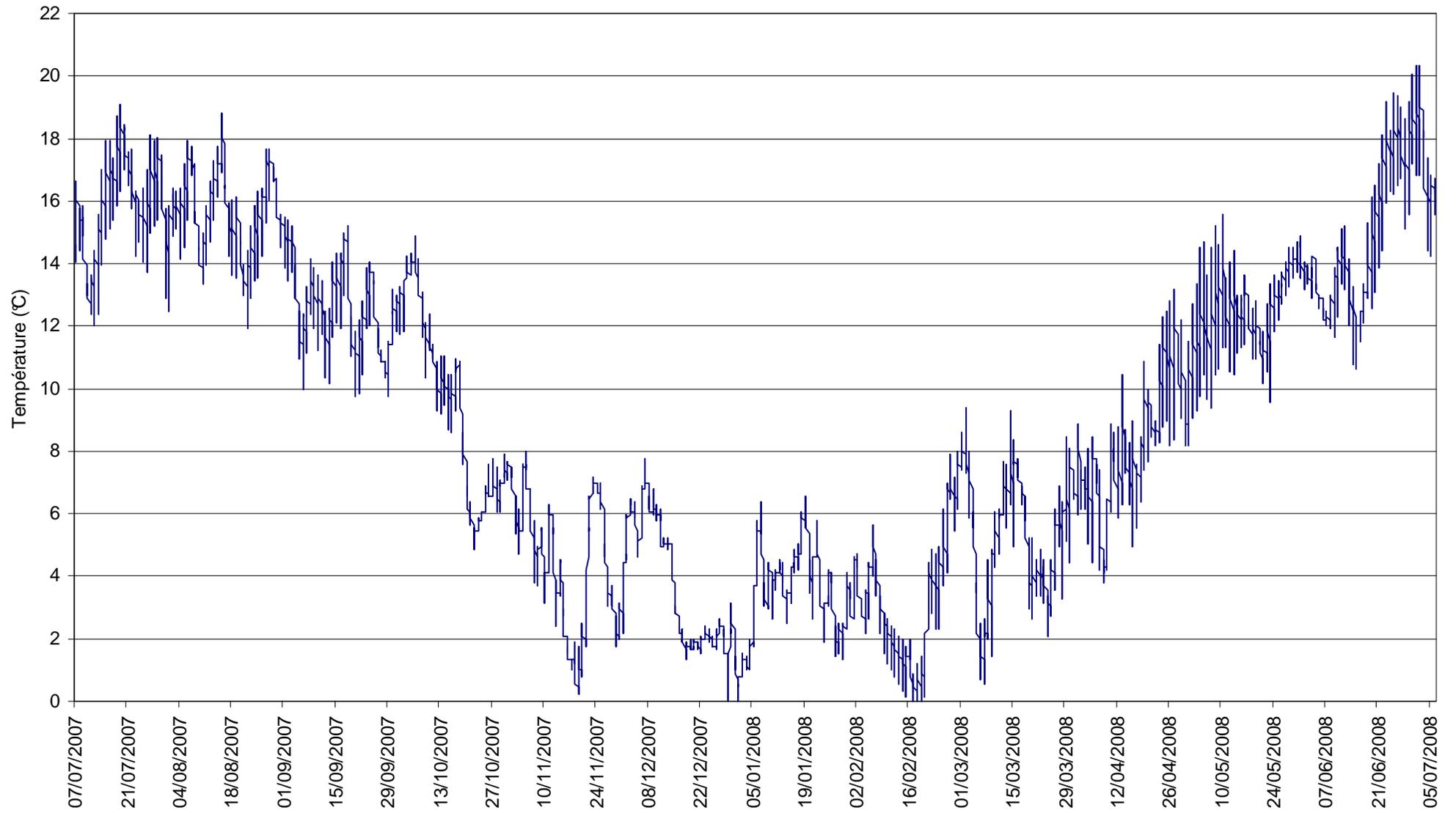
# FnZ13



# FnZ12



# FnZ16



# FnZ14

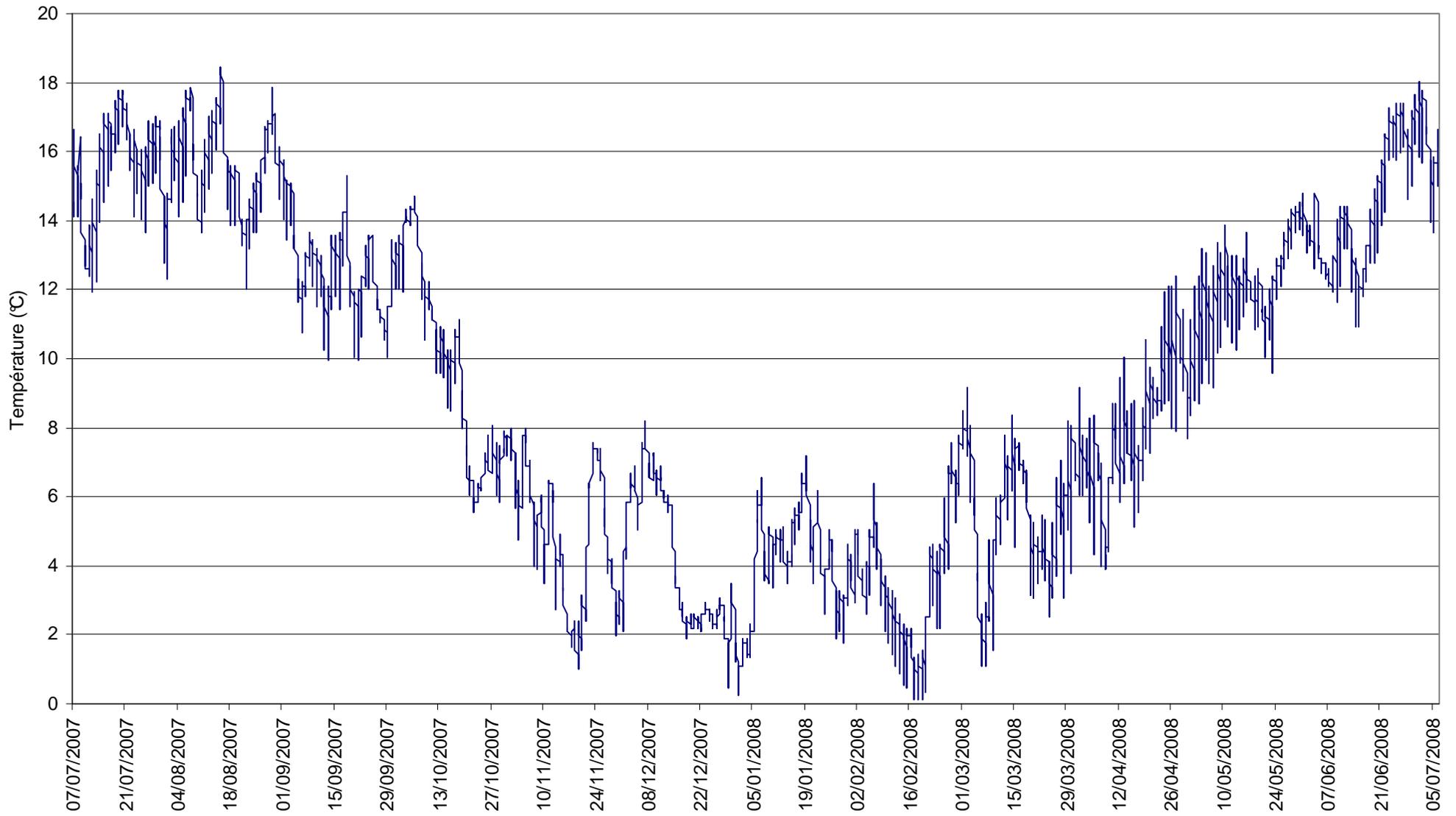


Tableau des valeurs des paramètres thermiques interprétés sur les 14 stations étudiées sur le bassin du Foron de Sciez, données 2007-2008

		code station	T Maxi H	Amplitude An moyJ	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
cours principal	r. de la folle	FnZ22	16,713	14,34	12,71	214 (/284jours)	0	0	7	NC	NC	NC
		FnZ09	18,331	12,09	14,05	362	0	0	18	132	0	0
	F. de Sciez	FnZ10	18,331	14,35	14,68	350	0	0	69	137	6	0
		FNZ28	18,996	17,05	15,33	311	0	0	138	140	9	0
		FnZ15	20,329	17,37	15,81	306	40	9	284	141	11	7
affluents rive droite	r. de la Creusiaz	FnZ21	16,618	12,92	14,09	356	0	0	16	141	0	0
	r. de Pisse Vache	FnZ24	17,95	15,19	15,01	314	0	0	134	144	9	14
	r. de la Creuse	FnZ20	20,138	17,98	15,75	277	49	7	160	148	17	94
	r. de laGorge	FnZ07	21,57	18,79	15,61	344	74	11	134	119	0	20
		FnZ18	18,331	13,68	14,97	343	0	0	43	137	8	0
affluents rive gauche	r. du Passage	FnZ11	18,996	16,28	15,96	323	0	0	351	136	11	3
	le Grand Vire	FnZ12	19,34	16,82	16,15	298	13	3	305	142	11	10
		FnZ16	20,329	18,01	16	281	30	7	281	146	12	42
	r. de Chavannex	FnZ14	18,426	16,84	15,9	298	0	0	162	145	9	18