



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 DE L'HERMANCE ET DU VION

DONNEES 2008-2009



Laure VIGIER
Ludovic CATINAUD
Guillaume BINI

(Réf rapport FDP74.10/02)

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 les bassins de l'Hermance et du Vion qui a eu lieu au cours des années 2008-2009.

I) Protocole de suivi

Le suivi thermique a été réalisé sur 14 stations différentes, 10 sur le bassin de l'Hermance et 4 sur celui du Vion. 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 HOBOnset (Prosensor). Les enregistreurs ont été posés par Chateaufort Maxime (SYMASOL) au mois Septembre et Novembre 2008 et récupérées par Chateaufort Maxime en novembre 2009. La période choisie pour le traitement des données sur un cycle annuel est comprise entre le 05/09/2008 et le 04/09/2009 pour le bassin de l'Hermance et entre le 15/11/2008 et le 14/11/2009 pour le bassin du Vion.

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 l’Hermance et du Vion.

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 instantanée relevée pendant le suivi
Amplitude An H	Différence entre les températures instantanées minimale et maximale relevé 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 jours 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 Bassin de l'Hermance et du Vion.

La localisation des 14 enregistreurs et les caractéristiques des stations étudiées sont présentées dans la figure 1 et le tableau 2 ci-dessous.

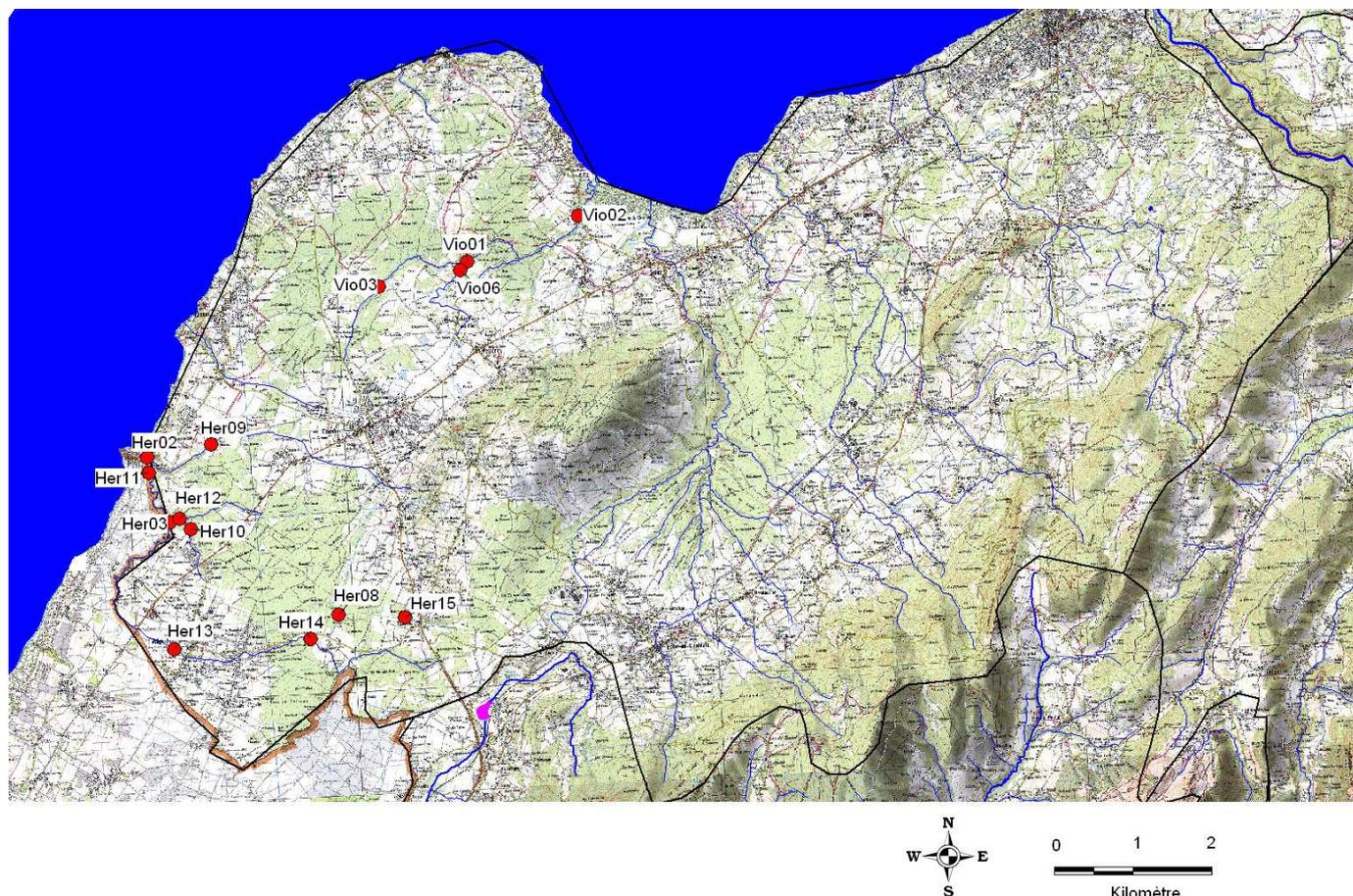


Figure 1 : Localisation géographique des 14 stations étudiées sur le bassin de l'Hermance et du Vion dans le cadre du suivi thermique 2008-2009.

bassin	cours d'eau	Code Station	nom station	Distance à la source (km)	Altitude (m)	Remarques
Hermance	Hermance	Her14	Champ courbe	3,2	450	
		Her13	aval RD 35	6	430	
		Her03	Amont confluence le Marnot	10	400	
		Her11	Vieux pont douane	11,7	380	
		Her02	Pont douane	12,1	380	
	Ruisseau de tholomaz	Her15	Tholomaz	0,9	490	Hors d'eau
	Ruisseau des Mermes	Her08	Bois Lacour	2,5	450	
	Ruisseau du Marnot	Her12	Aval confluence Nant courbe	1,7	400	
	Nant courbe	Her10	Vers la STEP	1,1	410	
Le Chamburaz	Her09	Pont des granges	4,7	410	Données non valides	
Vion	Vion	Vio03	aval hameau les grandes conches	2	420	
		Vio01	Aval D225	4,3	400	
		Vio02	Camping la pinède	7	380	
	La Beviere	Vio06	Moulin de charvet	2,4	410	

Tableau 2 : Caractéristiques des 14 stations étudiées sur le bassin de l'Hermance et du Vion dans le cadre du suivi thermique 2008-2009 et localisation des enregistreurs.

III) Résultats

III.1) Validation des données

Sur les 14 sondes immergées, une a montrée des données aberrantes (Her15, sur le ruisseau de Tholomaz), et une autre n'a pas enregistré de données (Her09, sur le ruisseau le Chamburaz au niveau du pont des granges). Aussi, les 12 autres enregistrements réalisés pendant la période choisie ont donc été utilisés dans le traitement et l'analyse des données.

Parmi ces 12 enregistrements 4 ne sont pas complets du fait d'un défaut d'alimentation (Her14, Her11, Her02 ; Vio03). Selon les cas un certain nombre de variables n'ont pas pu être calculées.

III.2) Conditions thermiques générales

→ L'Hermance

Sur le cours principal de l'Hermance et sur ses affluents les moyennes journalières varient entre 0 et 19°C pour la majorité des stations étudiées (figure 2 et 3). Globalement, la période de faibles températures (entre 0 et 8°C) se situe entre la mi-novembre et début avril.

Durant la période « hivernale » les températures des 5 stations situées sur l'Hermance évoluent de manière équivalente, et sont globalement sensibles aux faibles températures.

Par contre, durant la période estivale nous observons des comportements thermiques plus variables :

- une forte sensibilité aux fortes températures en Her13 où l'on atteint 23°C de température moyenne journalière et dépasse les 25°C en instantané.
- des températures intermédiaires (de l'ordre de 15°C) pour les stations Her14, Her11 et Her02.
- une chute importante des températures fin mai qui perdure durant la période estivale au niveau de la station Her03.

L'évolution thermique des affluents étudiés est globalement similaire. Les températures moyennes journalières évoluent entre 0 et 19°C. Cependant nous observons une chute des températures sur le ruisseau des Mermes (Her 08) qui a lieu aux alentours de la mi-juin et perdure jusqu'à la mi-août.

Les amplitudes journalières sont assez variables d'une station à l'autre et selon la saison concernée. Ainsi, elles peuvent varier de l'ordre de 1 à 5 °C (annexes).

→ Le Vion

Sur le bassin du Vion, les températures moyennes journalières évoluent entre 2°C et 20°C (figure 4). Les températures ont une évolution relativement semblable au cours de l'année sur ces 4 stations.

Les caractéristiques thermiques générales du ruisseau la Bévière (Vio06) sont caractéristiques d'un milieu tamponné avec des températures moyennes comprises entre 4 et 18°C et une amplitude journalière de l'ordre de 2°C.

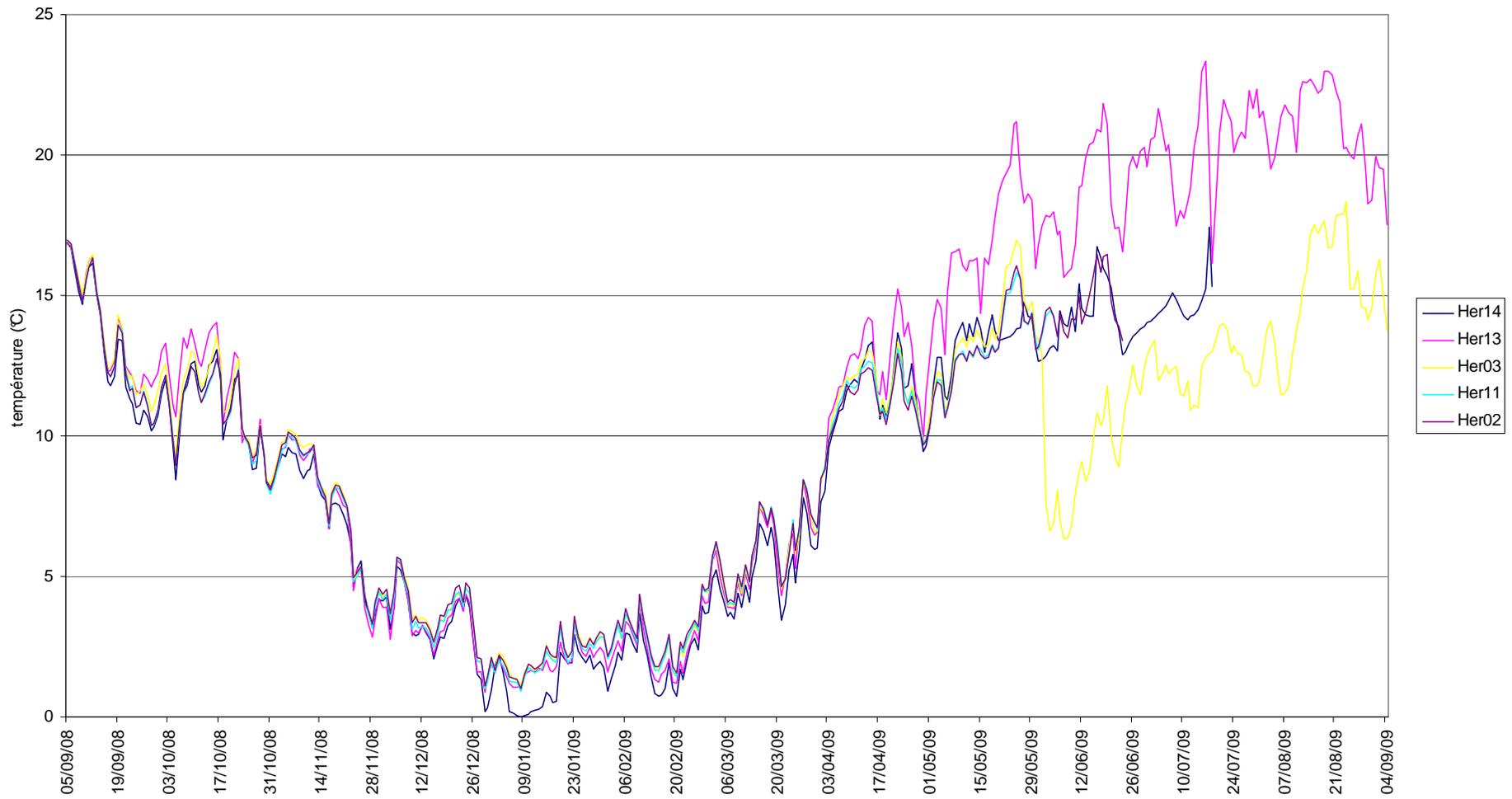


Figure 2 : Courbes des températures moyennes journalières calculées sur la période du 05/09/2008 au 04/09/2009 pour les 5 stations étudiées sur le cours principal de l'Hermance.

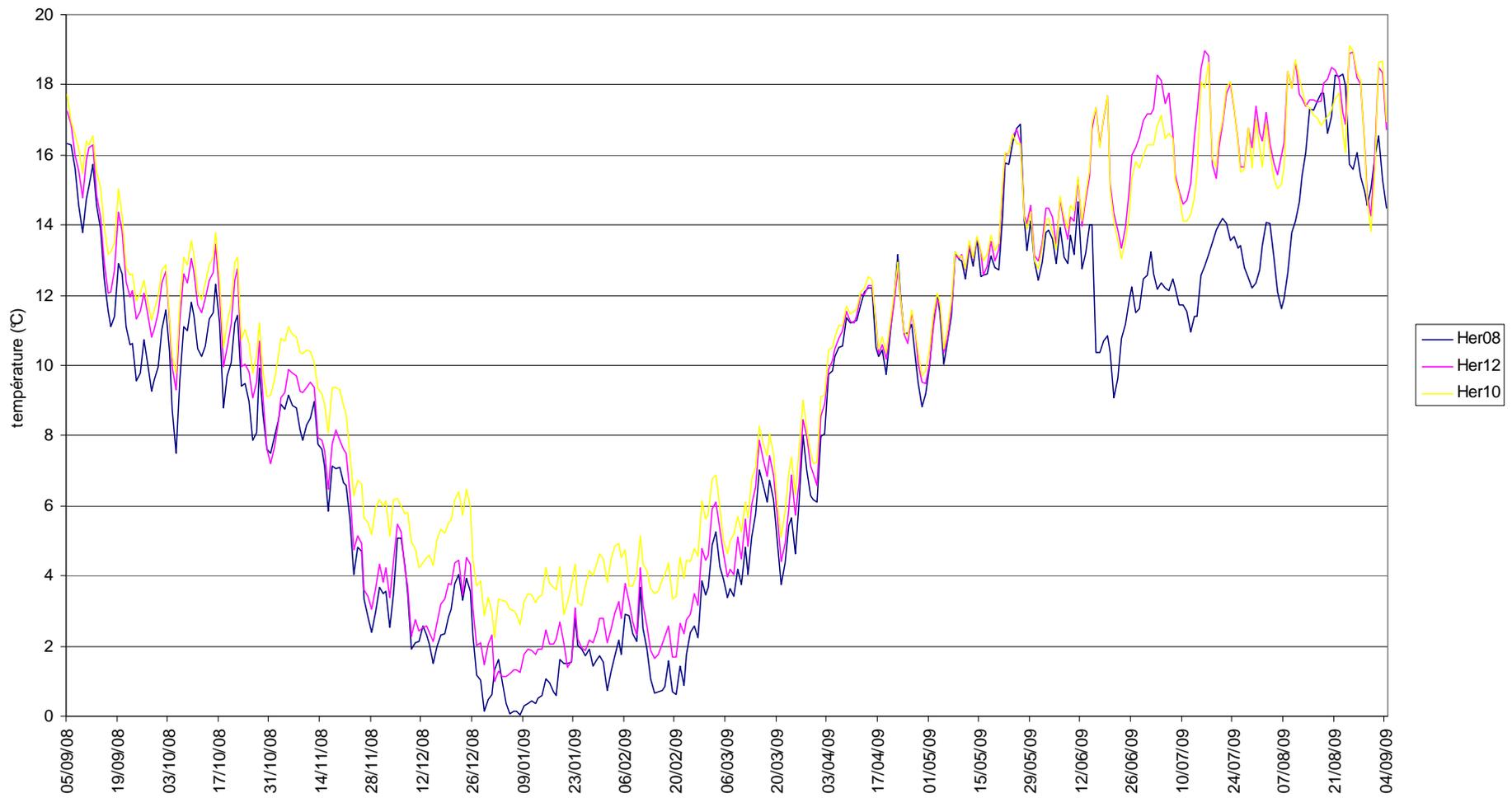


Figure 3 : Courbes des températures moyennes journalières calculées sur la période du 05/09/2008 au 04/09/2009 pour les 3 stations étudiées les affluents rive droite de l’Hermance.

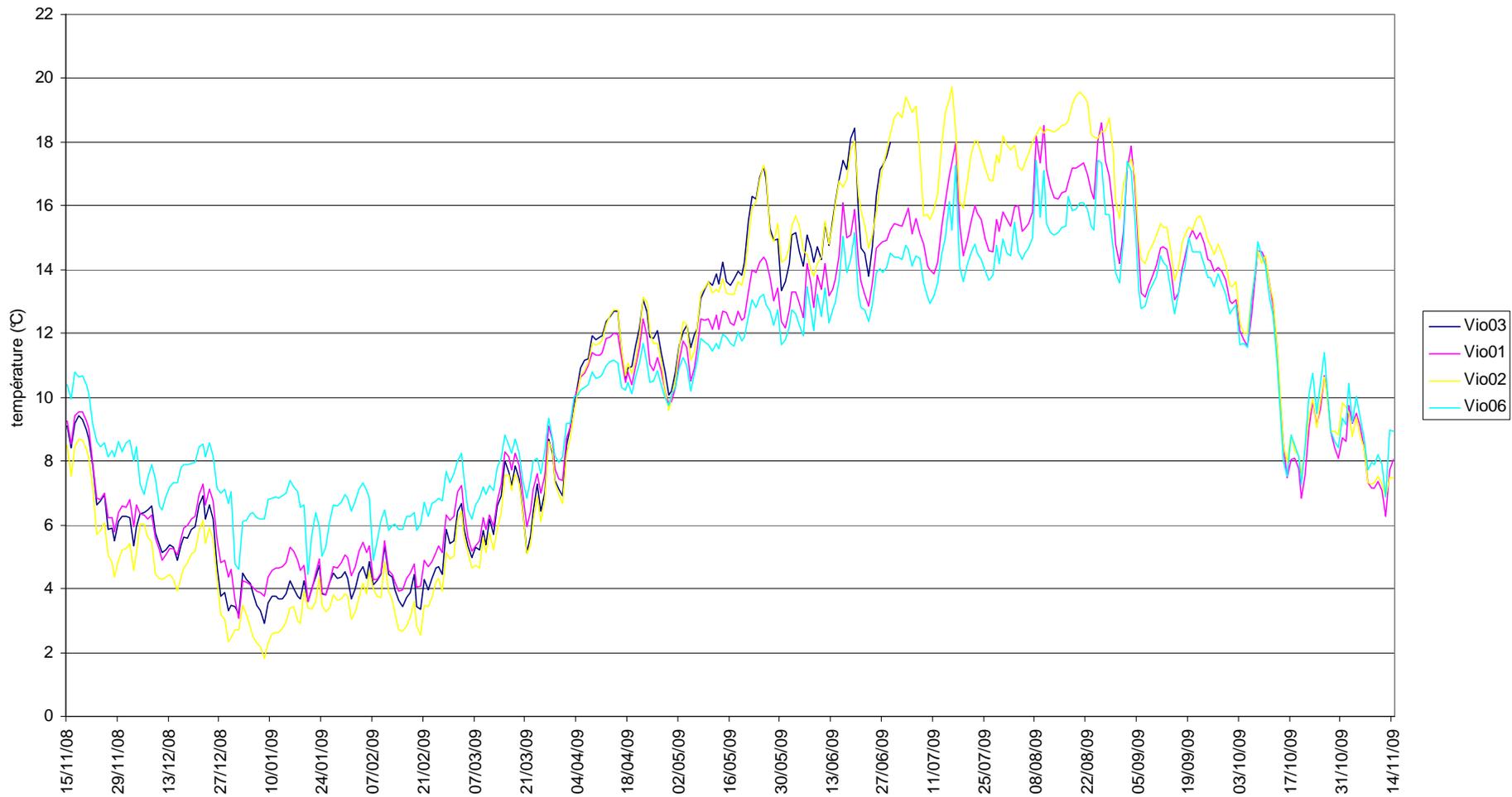


Figure 4 : Courbes des températures moyennes journalières calculées sur la période du 15/11/2008 au 14/11/2009 pour les 4 stations étudiées sur le bassin du Vion.

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).

→ L'Hermance

Les températures maximales atteintes sur le bassin de l'Hermance dépassent le seuil critique de 25°C sur la station Her13 et le seuil de confort de 19°C sur les stations Her03, Her08, Her12 et Her10.

Les amplitudes thermiques annuelles calculées sur les moyennes journalières sont de l'ordre de 17°C à l'exception de la station Her13 où elle atteint 22,5°C.

→ Le Vion

Les températures maximales atteintes sur le bassin du Vion sont de l'ordre de 20°C, légèrement au-delà de la limite de confort pour la truite Fario.

Les amplitudes annuelles évoluent entre 13 et 18°C. Cette variable confirme la nature tamponnée de la Bévière (Vio06).

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.

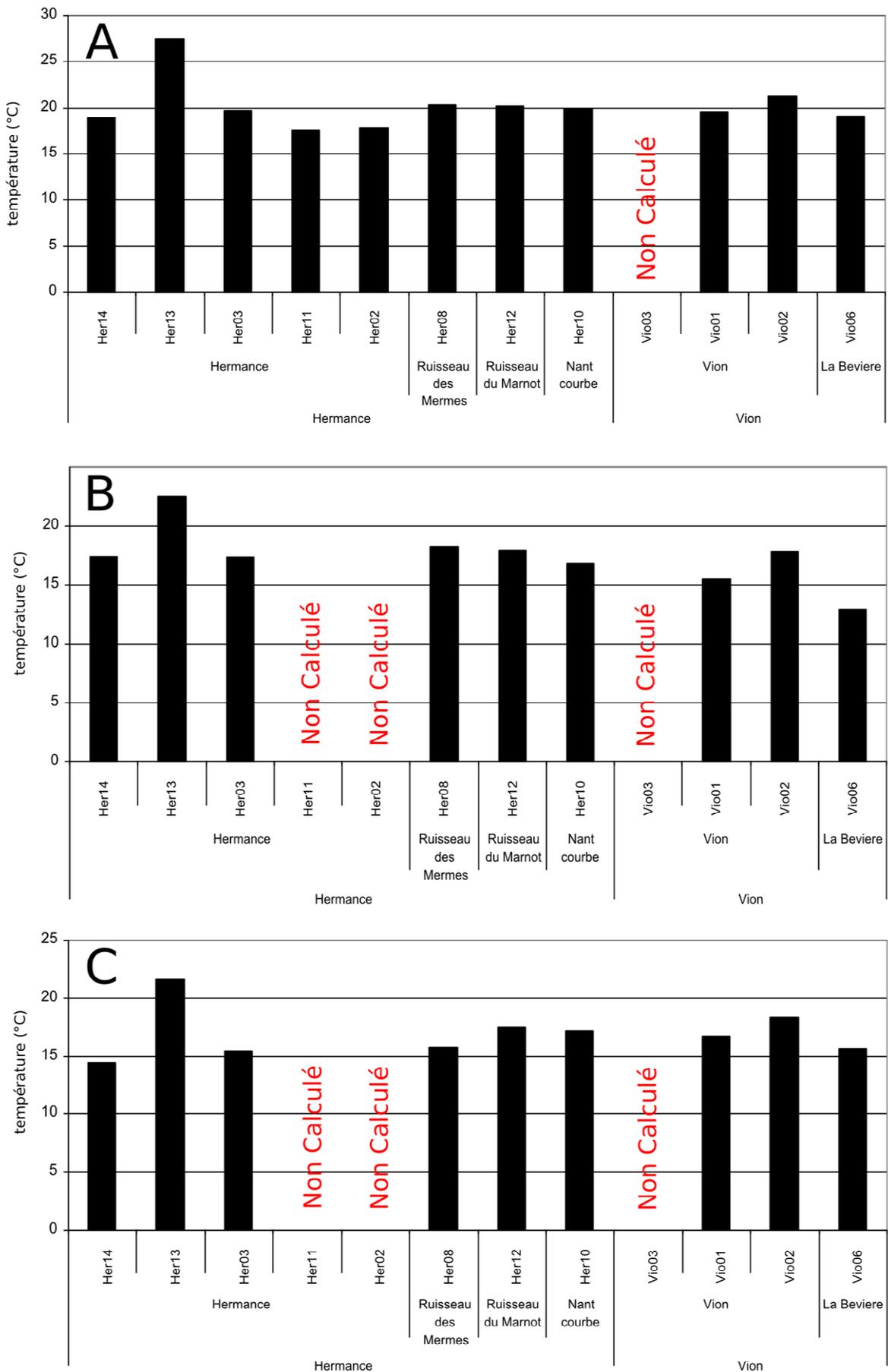


Figure 5 : Température maximale (A), amplitude annuelle (B) et moyenne des trente jours les plus chauds (C) obtenues sur les 12 stations étudiées par le suivi thermique annuel (2008-2009) sur les bassins de l’Hermance et du Vion.

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.

Les durées représentées (figure 6.A) pour les stations Her14, 11 et 02 et Vio03 ne sont pas calculées sur l'année et ne sont représentées qu'à titre indicatif.

→ L'Hermance

La figure 6.A montre des durées de préférendum thermique comprises entre 205 (Her13) et 326 jours (Her10), sur le bassin de l'Hermance. La majorité des stations présentent des durées supérieures à 267 jours, ce qui peut être considéré comme une durée moyenne sur le département (Caudron *et al.*, 2006 ; Caudron, 2006 ; Vigier et al., 2006, 2007 a, b, c, d, e ; Vigier, 2008).

En outre, la limite supérieure de la plage de confort de la truite fixée à 19°C est globalement dépassée sur de très courtes durées (18 heures consécutives maximum) sur les affluents et les stations pour lesquelles nous disposons de données sur un cycle annuel complet (figure 6.B). Par contre, elle est largement dépassée sur la station Her13 avec 1713 heures dont un maximum de 189 heures consécutives supérieures à 19°C et avec 113 heures dont 8 consécutives supérieures à 25°C.

→ Le Vion

Les durées de préférendum thermiques sont relatives fortes sur le bassin (supérieures à 299 jours). Nous notons cependant l'atteinte régulière (329 heures) de la limite du seuil de confort des 19°C au niveau de la station aval (Vio02) avec cependant une durée consécutive maximale qui ne dépasse pas les 20 heures.

Outre, la station Her13, la durée du préférendum thermique et le dépassement du seuil de confort (19°C) ne semble pas être une contrainte pour la vie salmonicole sur les bassin de l'Hermance et du Vion.

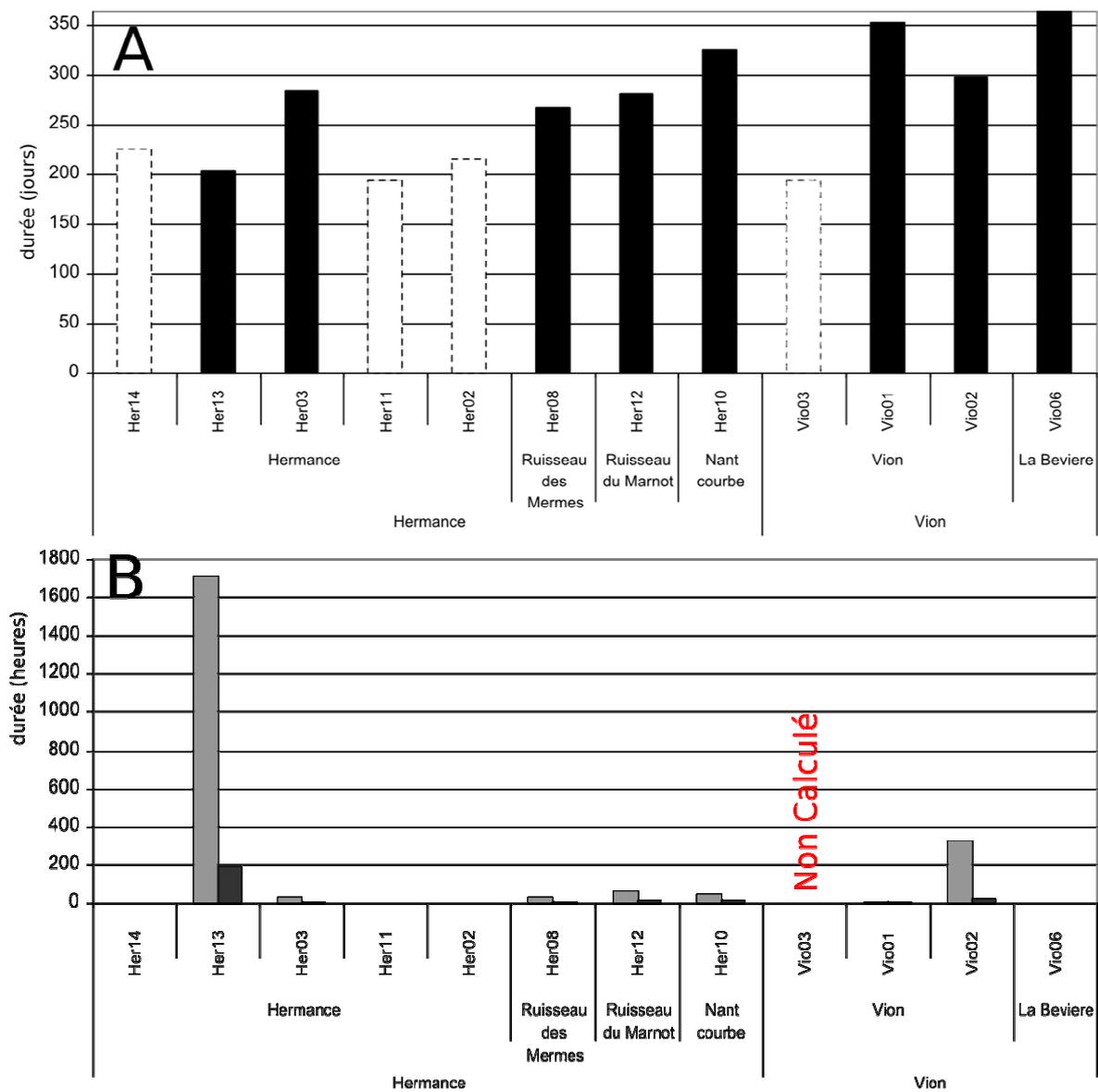


Figure 6 : Durée en jours du préférendum thermique de la truite commune (A), durée totale en heure (gris) et durée en heure de la séquence maximale (noir) durant laquelle la température est restée en dessus de 19°C (B) sur les 12 stations concernées par le suivi annuel (2008-2009) sur les bassins de l’Hermance et du Vion.

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 aux développements 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 un cycle annuel complet, le risque de PKD est très fort avec des durées maximum où la température est supérieure à 15°C souvent supérieur à 560 heures consécutives (figure 7).

Seules les stations Her03, Her08 et Vio06 font exception avec des durées de dépassement des 15°C comprises entre 138 et 281 jours.

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).

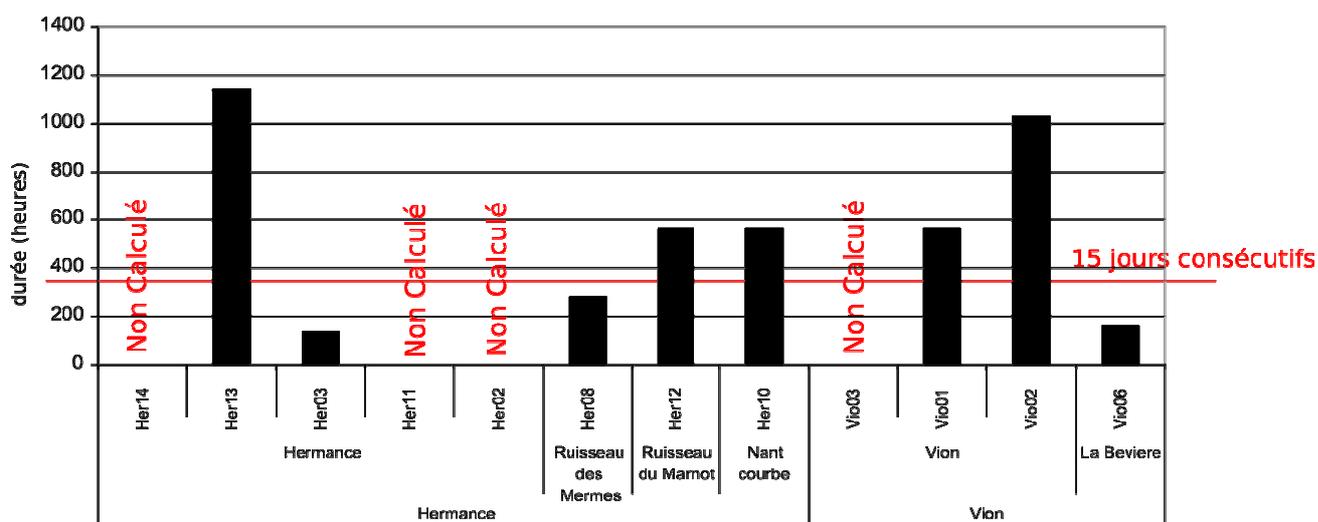


Figure 7 : Durée en heures de la séquence maximale durant laquelle la température est restée au dessus de 15°C sur les 12 stations concernées par le suivi annuel (2008-2009) sur les bassins de l'Hermance et du Vion.

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 113 et 141 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).

→ L'Herminance

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 24 heures consécutives pour l'ensemble des stations étudiées à l'exception de Her14 où l'on atteint 61 heures. En outre, l'atteinte de températures inférieures à 1°C n'excèdent pas dans la majorité des cas une durée continue supérieure à 14 heures sauf sur les stations Her14 et Her08 où l'on atteint les durées respectives de 258 et 264 heures consécutives.

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.

→ Le Vion

Les conditions de vie sous gravier durant le développement embryon-larvaire ne semble pas limitant sur l'ensemble des stations étudiées sur le bassin du Vion. En effet durant cette période la température de l'eau ne descend jamais en deçà de 1°C et n'atteint les 12°C que de manière ponctuelle et relativement courte dans le temps (20 heures consécutives au maximum).

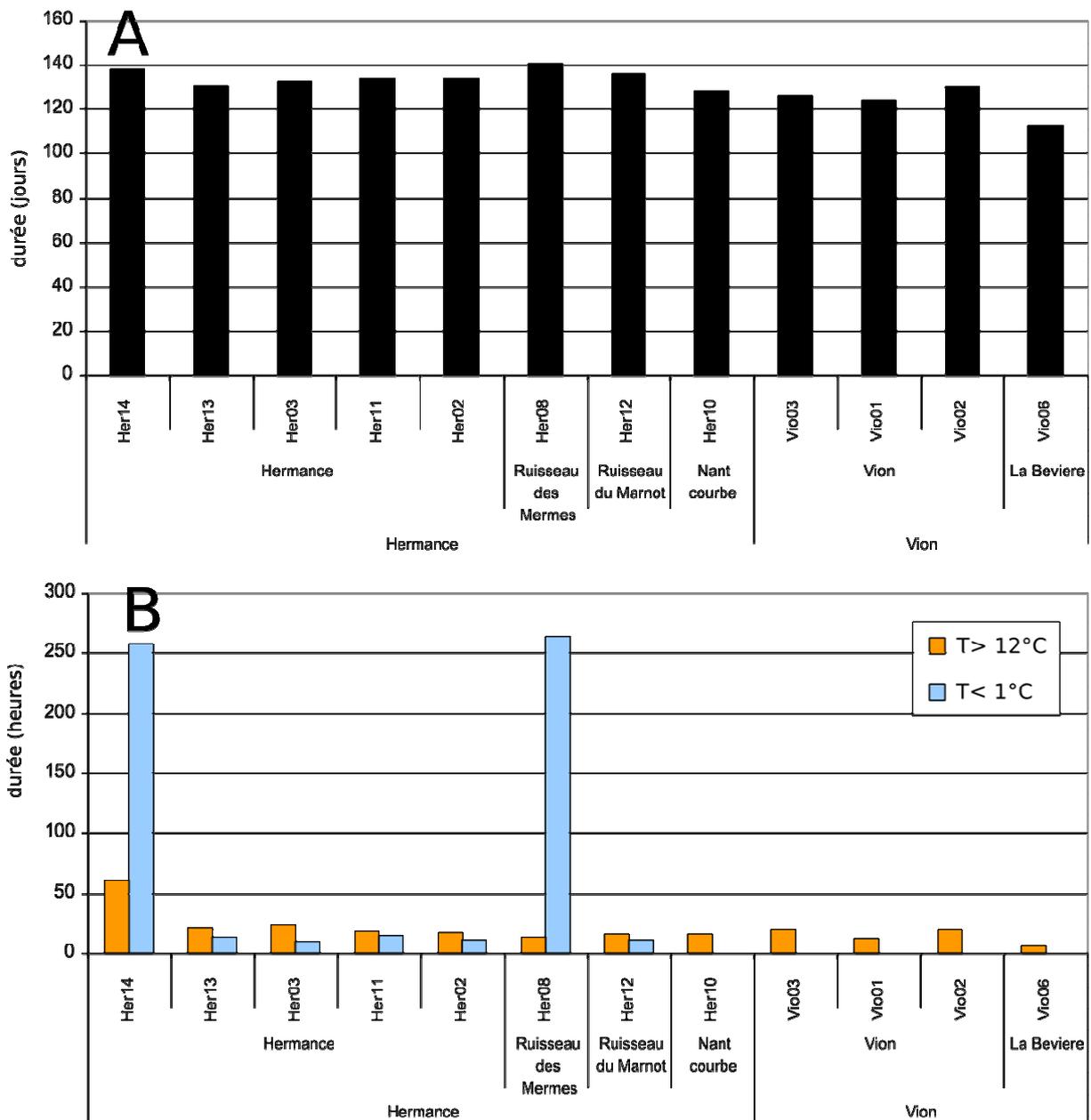


Figure 8 : Durée totale en jours de vie sous graviers (50% d'alevins émergents) (A) et durée en heures des séquences maximales durant lesquelles la température est restée au dessous de 1°C et au dessus de 12°C pendant la période du développement embryolaire (B) sur les 12 stations concernées par le suivi annuel (2008-2009) sur les bassins de l'Hermance et du Vion.

IV) Premières conclusions et perspectives

→ L'Hermance

Le suivi thermique réalisé sur le bassin de l'Hermance durant cette campagne de mesure sur les années 2008-2009, met en évidence :

- des conditions thermiques globalement compatibles avec la vie piscicole sur l'ensemble des stations d'étude à l'exception de la station Her13.
- un risque élevé de développement de la PKD sur la majorité du réseau
- des conditions de développement intra-gravier potentiellement limitantes du fait des faibles températures hivernales sur le secteur amont de l'Hermance (Her14) et sur le ruisseau des Mermes (Her08).

En outre, l'évolution étonnante des températures au cours de l'année sur les stations Her03 et Her08, ainsi que l'absence de logique amont-aval sur l'évolution des températures observées sur le cours principal de l'Hermance semble indiquer une forte perturbation de l'hydrologie de cette rivière, plus particulièrement durant la période estivale.

Cependant si les conditions thermiques observées au niveau de la station Her13 peuvent être expliquées par le faible débit estival dans ce secteur, les « refroidissements » observés en Her08 et Her03 ne trouvent pas d'explications sur la seule base des résultats thermiques.

Enfin, au-delà de ces considérations thermiques, la capacité du milieu à accueillir des communautés piscicoles fonctionnelles dépend également et surtout de la quantité d'eau. Hors il apparaît que l'Hermance subie des assecs sur un linéaire important durant la période estivale (observations de L. Catinaud). Ainsi, la problématique de la ressource en eau semble très importante sur ce bassin versant frontalier.

→ Le Vion

Le suivi thermique pratiqué sur le bassin versant du Vion durant les années 2008-2009 montre que l'ensemble des conditions thermiques sont favorables au développement et au maintien de la vie salmonicole, avec pour seul élément perturbateur identifié du point de vue thermique, un fort risque de 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., Maise 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., 2006. Diagnose écologique et recherche des causes de perturbation du peuplement piscicole du Foron de Reigneir. Rapport FDP74.06/04. 51p + annexes.

Vigier L., 2008. Etude de la qualité thermique des Usses et de ses affluents – données 2006-2007. Rapport FDP74.08/02.

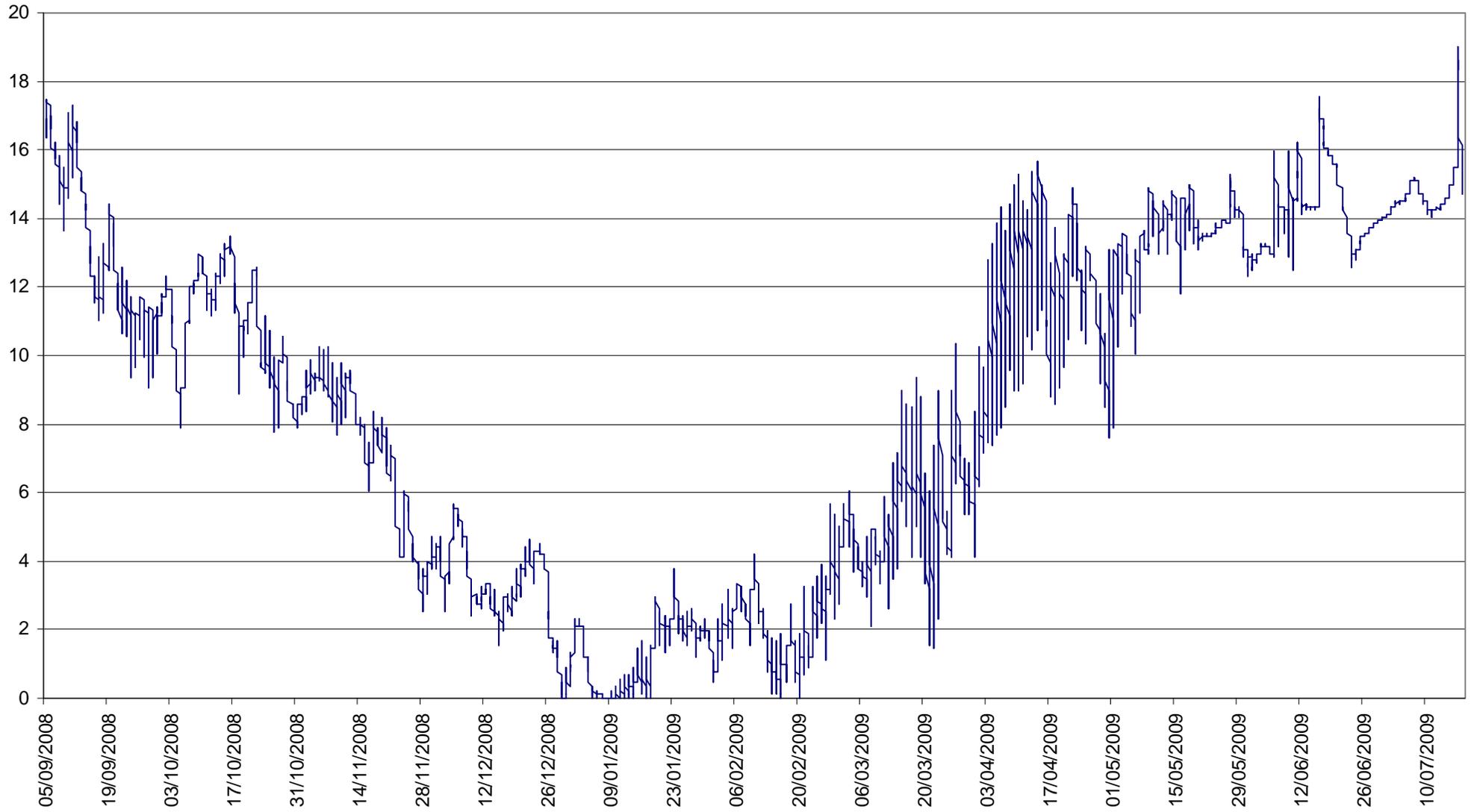
Vigier L., Catinaud L. & Bini G., 2010. Etude de la qualité thermique de l'Hermance et du Vion – données 2008-2009. Rapport FDP74.10/01.

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.

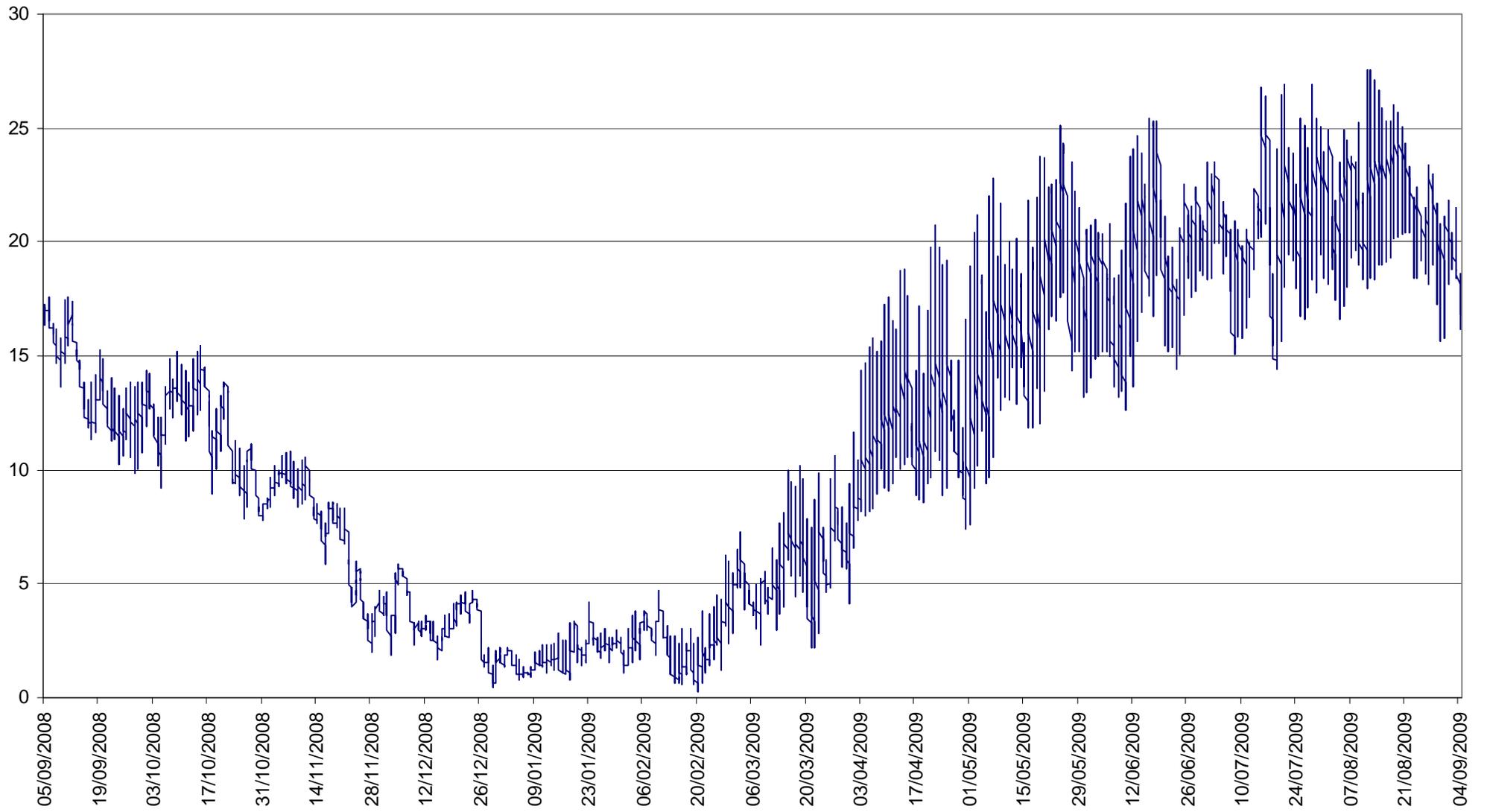
ANNEXES

- **Données thermiques brutes de chaque station des bassins de l'Hermance et du Vion : graphiques des données horaires 2008-2009**
- **Tableau des valeurs des paramètres thermiques interprétés sur les 12 stations étudiées sur les bassins de l'Hermance et du Vion.**

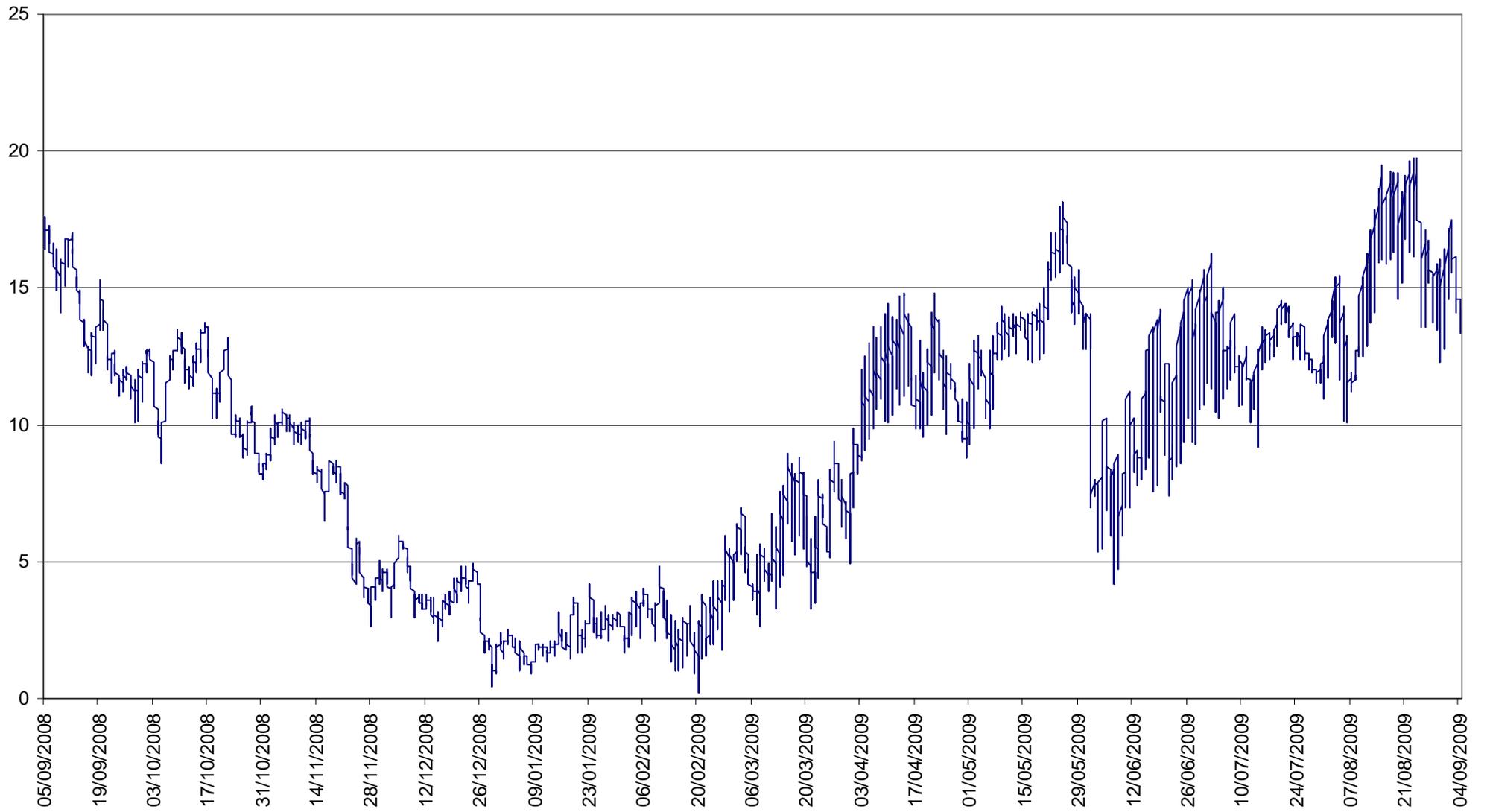
Her14



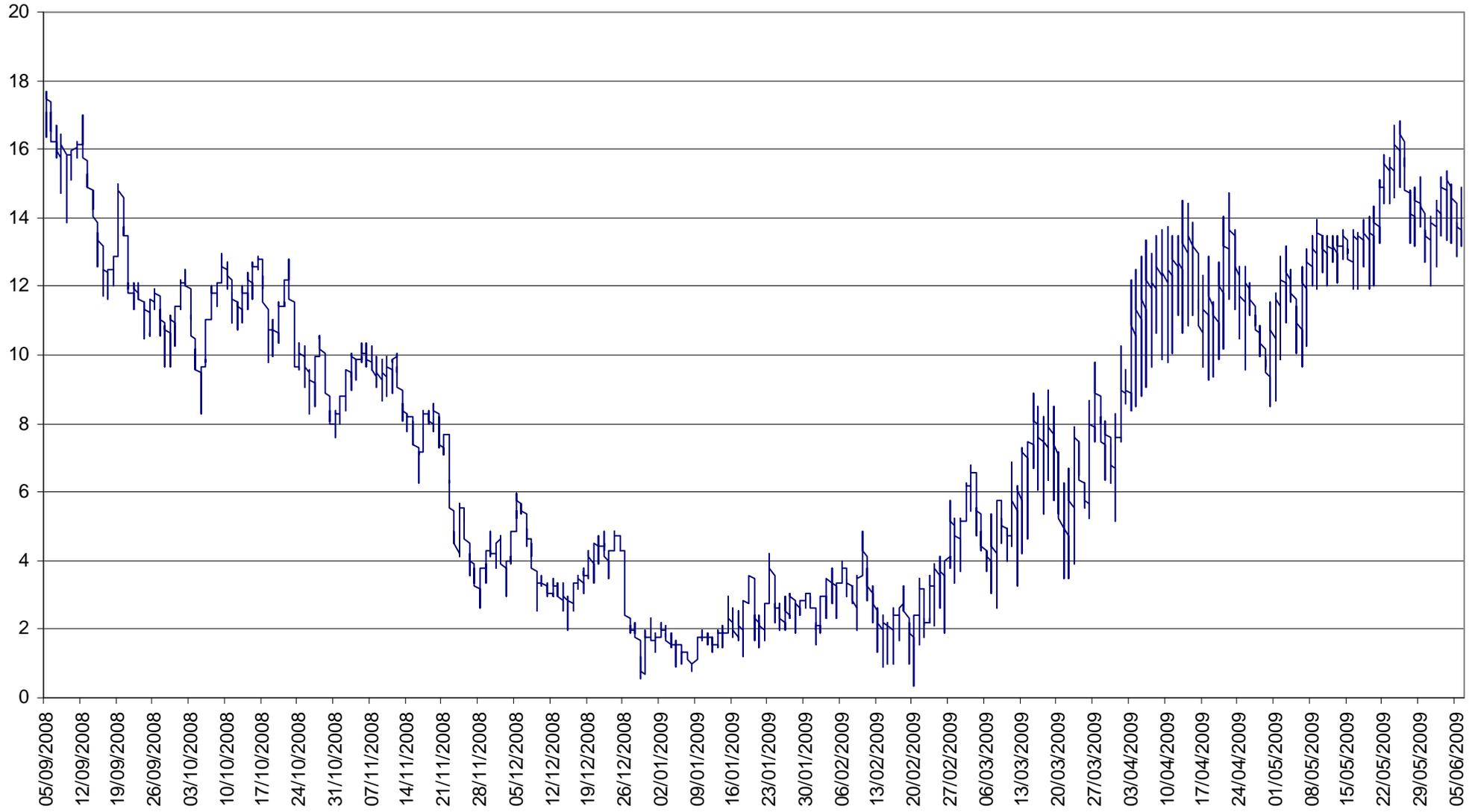
Her13



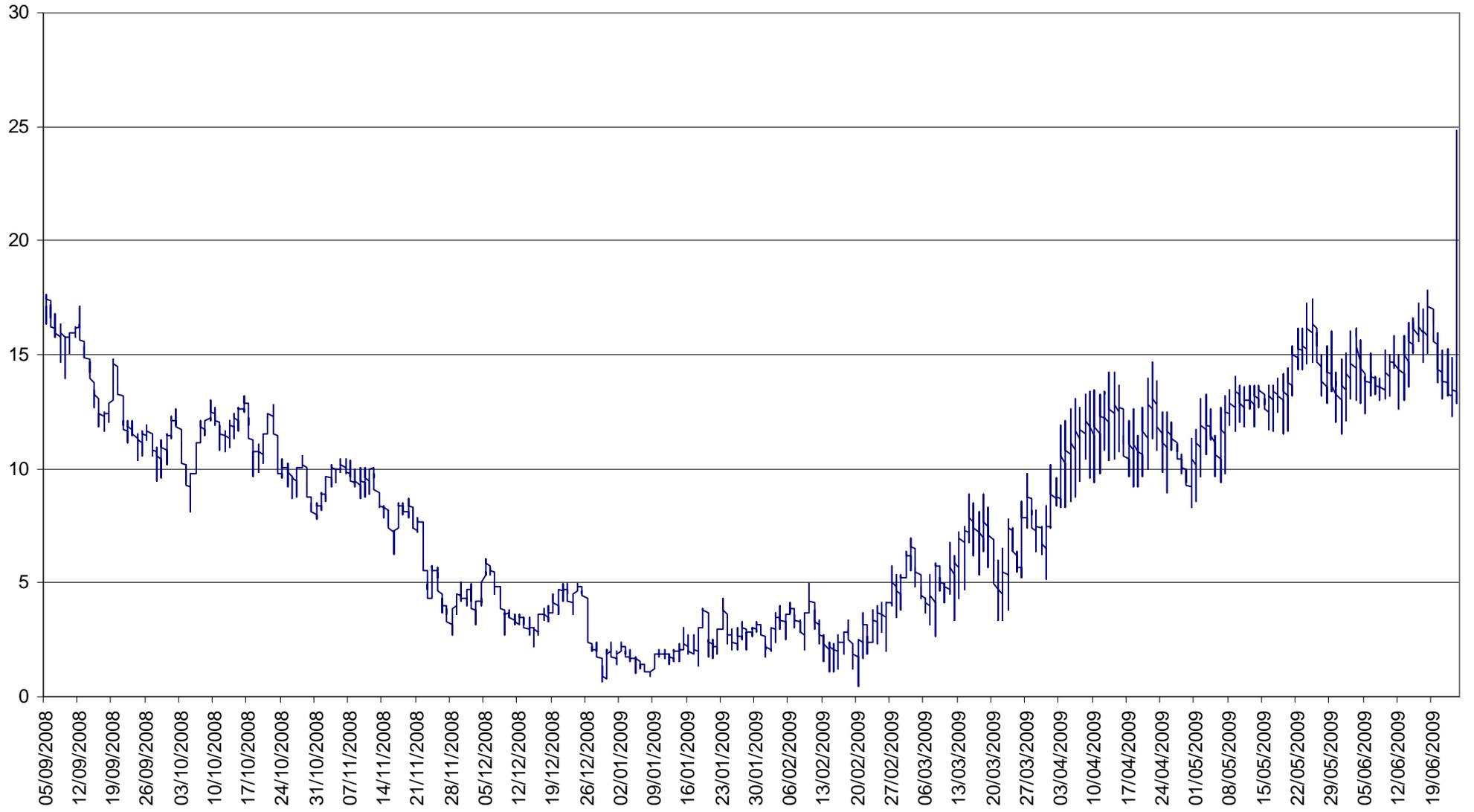
Her03



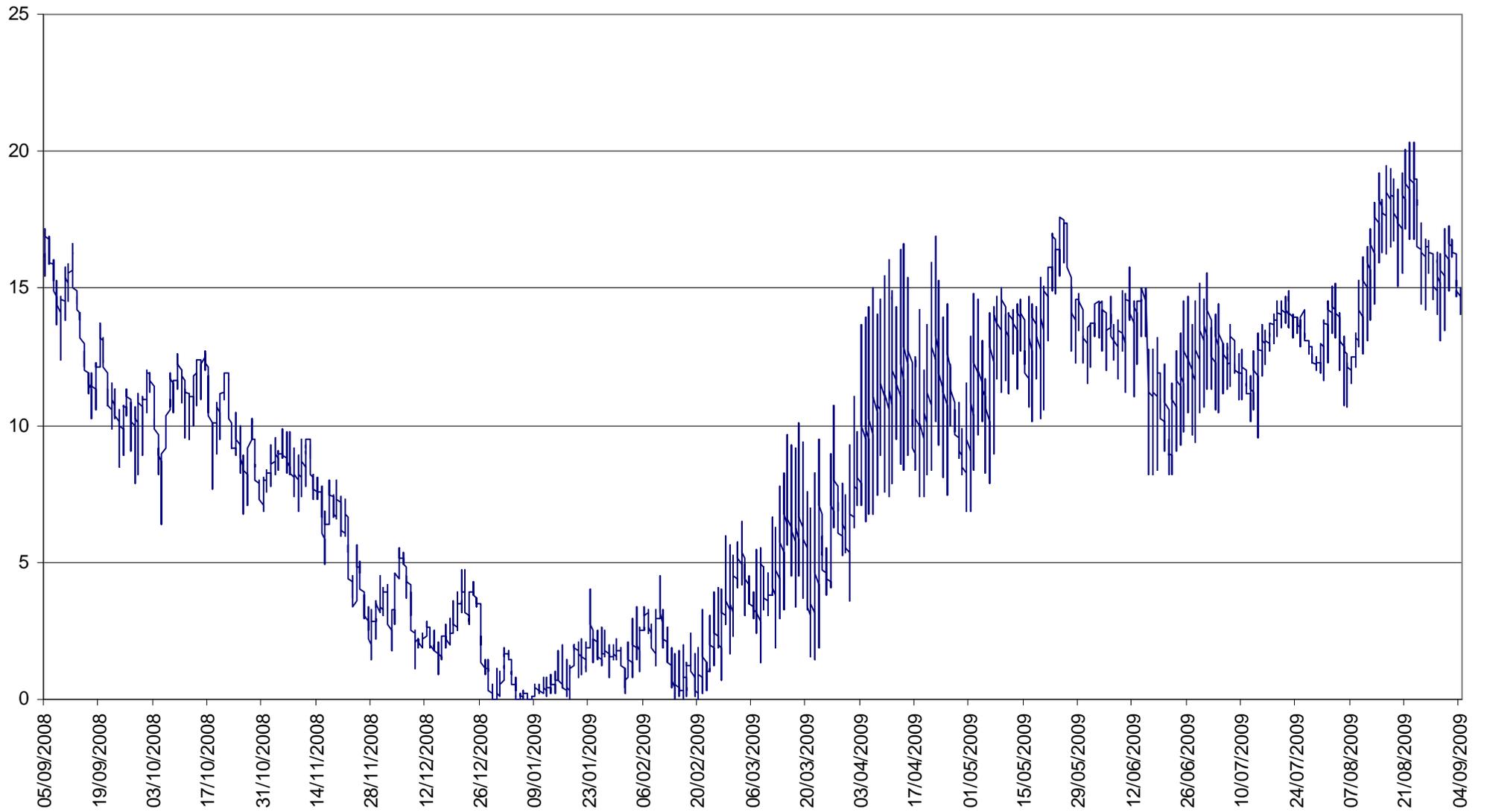
Her11



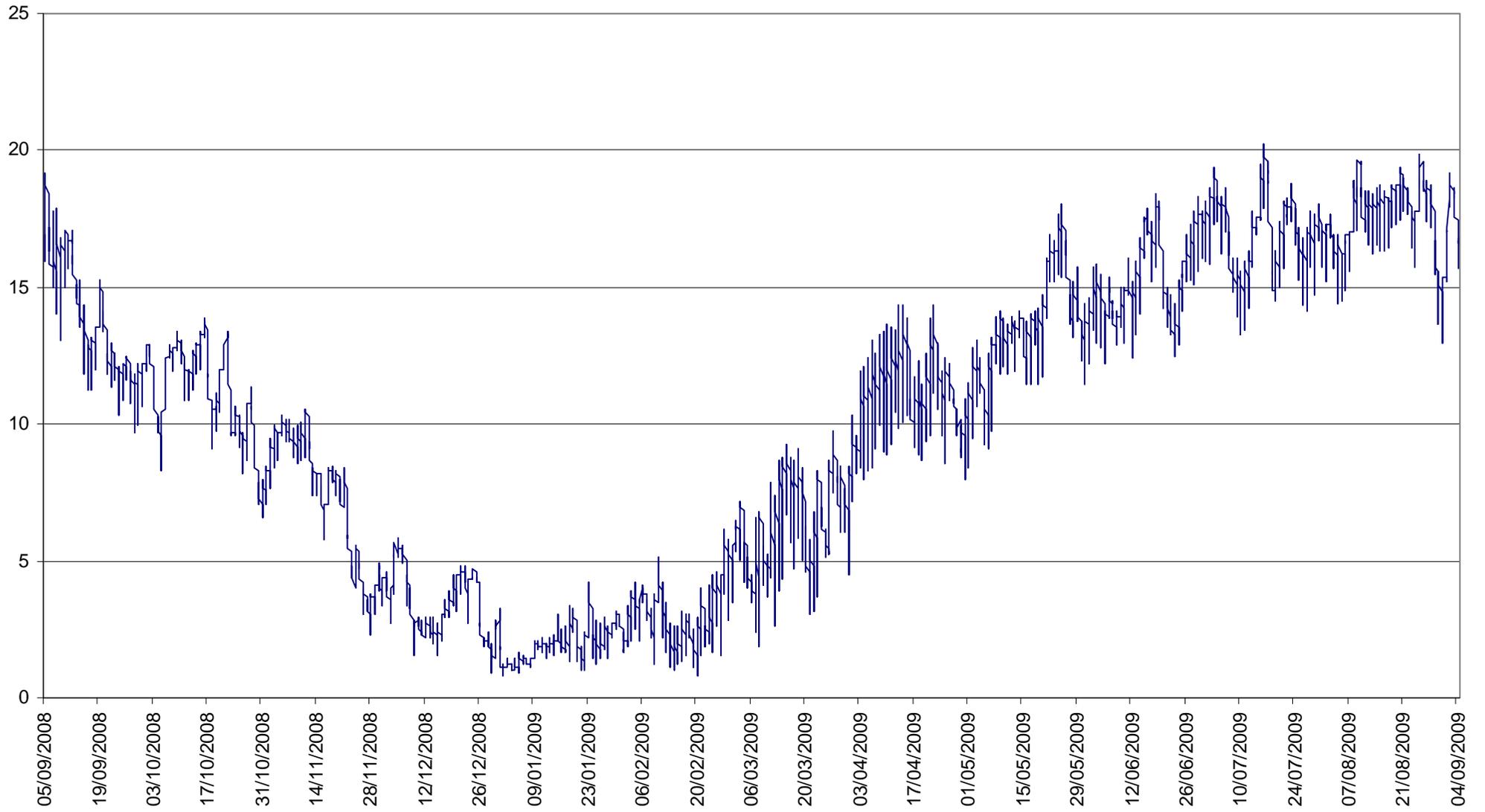
Her02



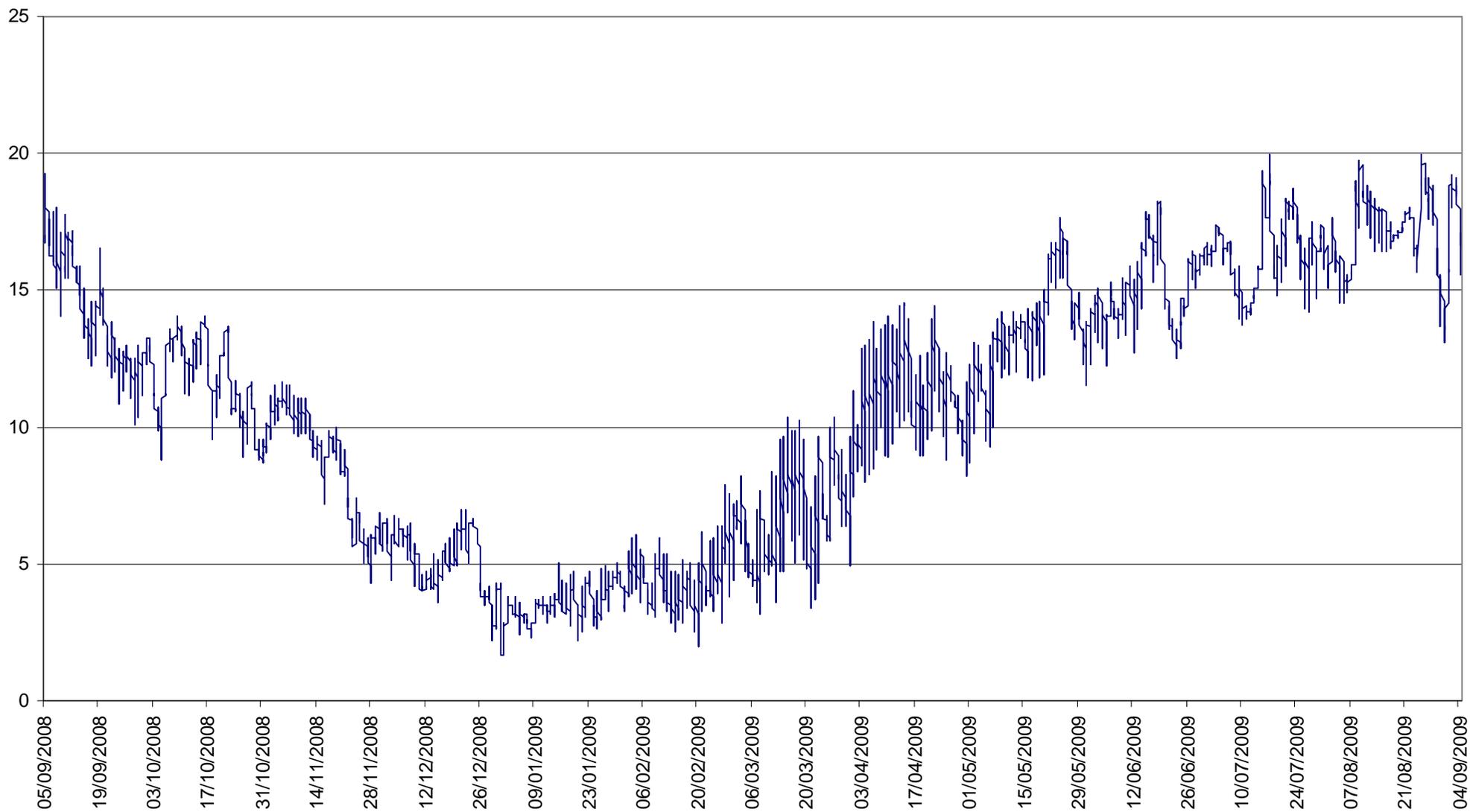
Her08



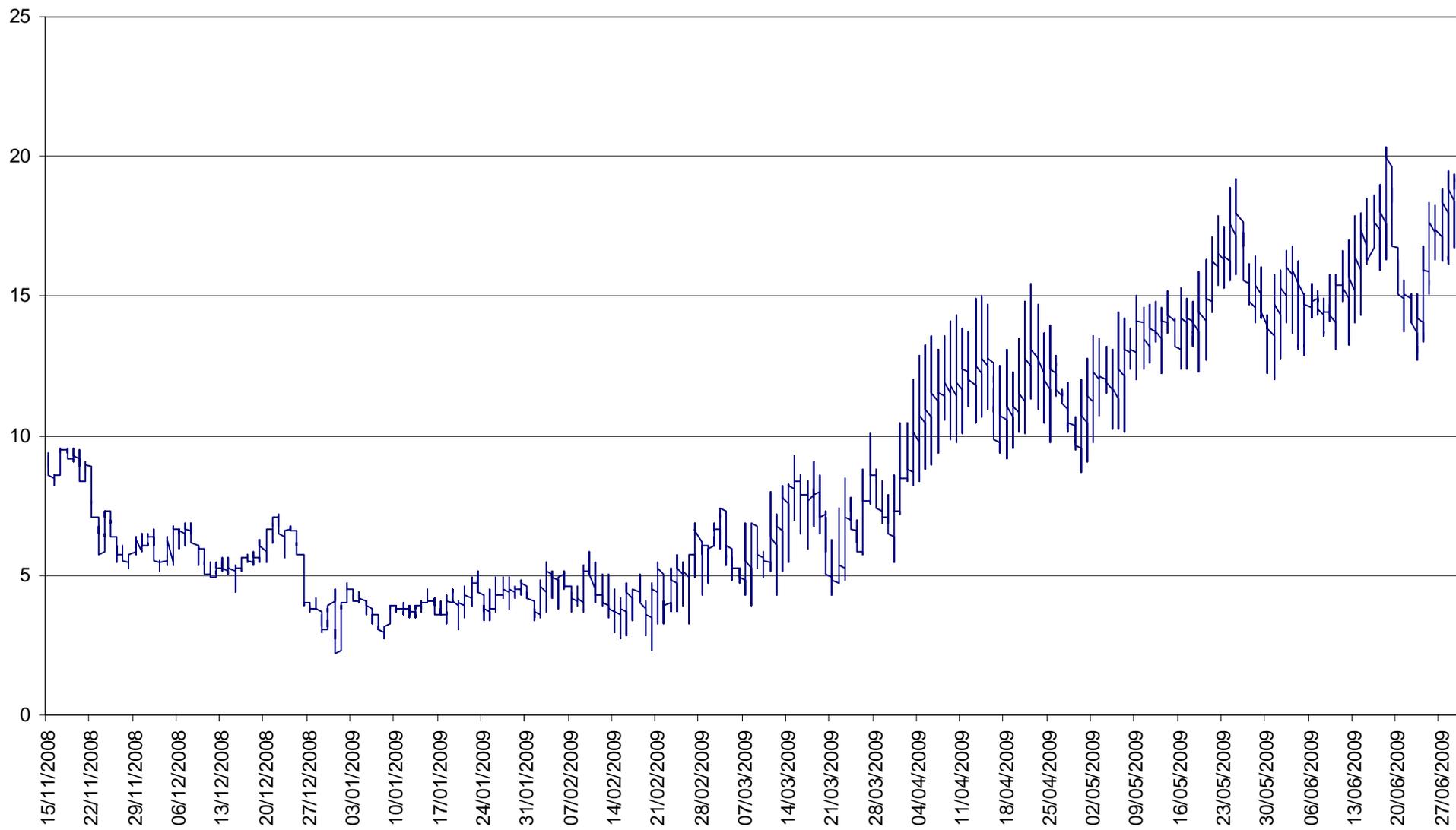
Her12



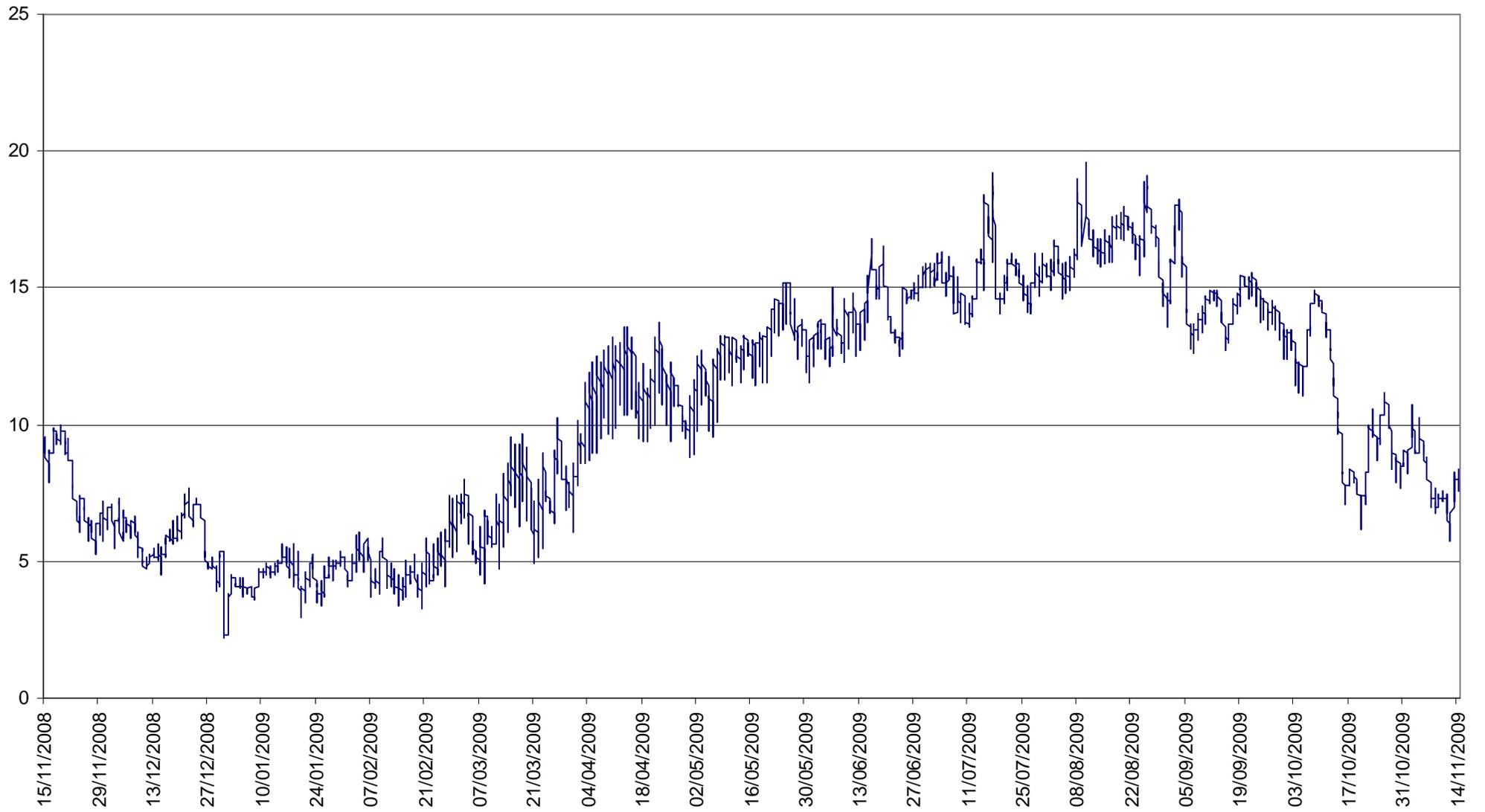
Her10



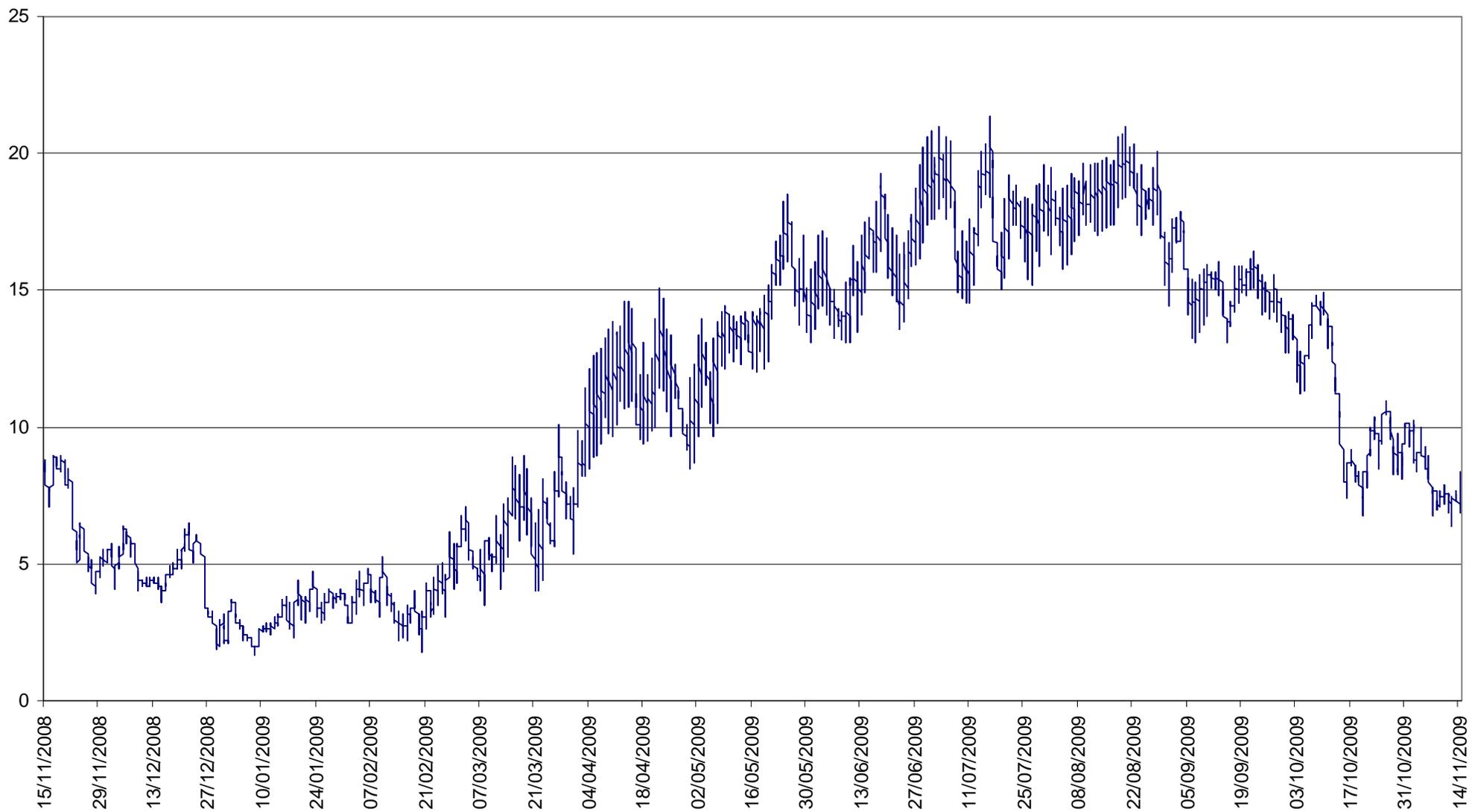
Vio03



Vio01



Vio02



Vio06

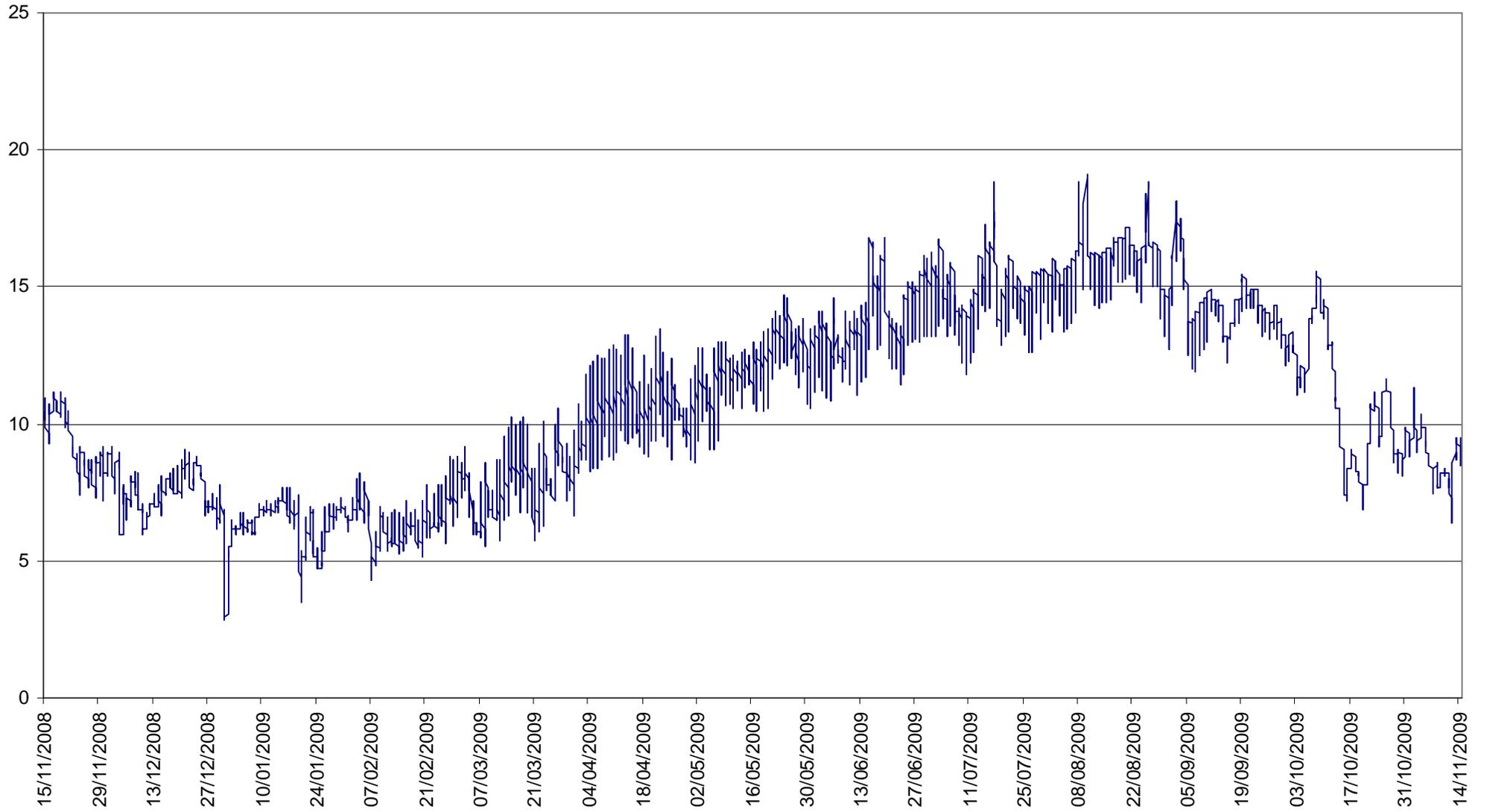


Tableau des valeurs des paramètres thermiques interprétés sur les 12 stations étudiées sur le bassin de l'Hermance et du Vion.

	cours d'eau	Station	nombre de jours enregistré	T Maxi H	Amplitude An moyJ	T Moy 30 jours	Nbjours T 4 19	Nb Heures SupEg 25	Nb Heures Max Seq SupEg 25	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
Hermance	Hermance	Her14	317	18,996	17,41	14,48	226	0	0	0	0	NC	138	61	258
		Her13	365	27,567	22,51	21,62	205	0	0	1713	189	1143	131	21	14
		Her03	365	19,758	17,33	15,49	285	0	0	35	7	138	133	24	10
		Her11	275	17,665	NC	NC	194	0	0	0	0	NC	134	19	15
		Her02	293	17,855	NC	NC	216	0	0	1	1	NC	134	17	11
	Ruisseau des Mermes	Her08	365	20,329	18,26	15,8	267	0	0	29	7	281	141	14	264
	Ruisseau du Marnot	Her12	365	20,234	17,97	17,49	282	113	8	67	18	570	136	16	11
Nant courbe	Her10	365	19,948	16,87	17,21	326	0	0	48	13	565	128	16	0	
Vion	Vion	Vio03	227	NC	NC	NC	194	0	0	NC	NC	NC	126	20	0
		Vio01	365	19,567	15,54	16,75	354	0	0	9	6	567	124	13	0
		Vio02	365	21,378	17,89	18,34	299	NC	NC	329	20	1029	130	20	0
	La Beviere	Vio06	365	19,092	12,96	15,72	365	0	0	1	1	160	113	6	0