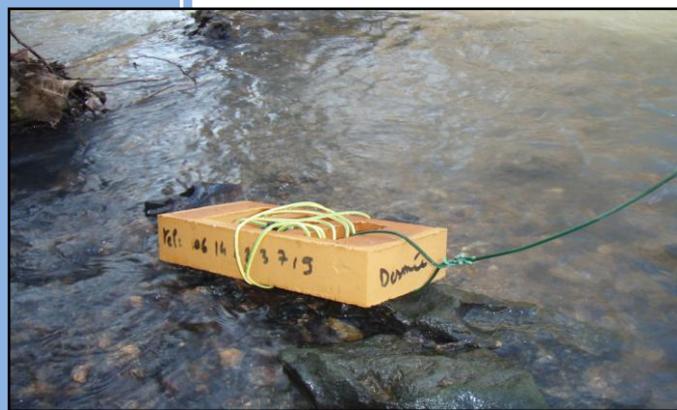


ETUDE DE LA QUALITE THERMIQUE DES COURS D'EAU DE SIX BASSINS VERSANTS D'INDRE-ET-LOIRE

« Données 2009-2010 »



Damien BUZANCE

Septembre 2011

Maître de stage :

Grégoire RICOU



Stage effectué au sein de la
Fédération de Pêche et de Protection du
Milieu Aquatique d'Indre-et-Loire

178 rue du Pas Notre Dame

37100 Tours



Table des matières

INTRODUCTION	4
1. Quelques rappels sur l'incidence de la thermie sur les populations piscicoles..	5
1.1 Le cas de la truite fario	5
1.1.1 Cycle biologique de la Truite fario.....	5
1.1.2 Préférendum thermique de la truite fario.....	7
2. Protocole du suivi.....	9
2.1 Caractéristiques thermiques générales.....	11
2.2 Préférendum écologique de la truite fario	11
2.3 Risques pathologiques vis-à-vis de la MRP (ou PKD).....	11
2.4 Phase de vie embryo-larvaire (sous-gravier).....	12
3. Bassin versant du Brûle-choux.....	13
3.1 Localisation des enregistreurs thermiques.....	13
3.2 Résultats	14
3.2.1 Validation des données	14
3.2.2 Conditions thermiques générales	14
3.2.3 Température extrême, amplitude et moyenne estivale.....	14
3.2.4 Période de croissance et préférendum thermique.....	15
3.2.5 Conditions favorables à l'infection par la PKD	15
3.2.6 Conditions thermiques au cours de la phase embryo-larvaire.....	16
3.2.7 Discussion	16
4. Bassin versant de l'Ardillère	18
4.1 Localisation des enregistreurs thermiques.....	18
4.2 Résultats	19
4.2.1 Validation des données	19
4.2.2 Conditions thermiques générales	20
4.2.3 Température extrême, amplitude et moyenne estivale.....	20
4.2.4 Période de croissance et préférendum thermique.....	21
4.2.5 Conditions favorables à l'infection par la PKD	23
4.2.6 Conditions thermiques au cours de la phase embryo-larvaire.....	23
4.2.7 Discussion	24
5. Bassin versant de la Choisille.....	25
5.1 Choisille de Beaumont.....	25
5.1.1 Localisation des enregistreurs thermiques.....	25
5.1.2 Résultats	26

5.2	Choisille de Chenusson	32
5.2.1	Localisation des enregistreurs thermiques.....	32
5.2.2	Résultats	33
5.3	Choisille Semblançay	38
5.3.1	Localisation des enregistreurs thermiques.....	38
5.3.2	Résultats	39
6.	Bassin versant de la Dême.....	45
6.1	Localisation des enregistreurs thermiques.....	45
6.2	Résultats	46
6.2.1	Validation des données	46
6.2.2	Conditions thermiques générales	47
6.2.3	Température extrême, amplitude et moyenne estivale.....	47
6.2.4	Période de croissance et préférendum thermique.....	48
6.2.5	Conditions favorables à l'infection par la PKD	49
6.2.6	Conditions thermiques au cours de la phase embryo-larvaire.....	50
6.2.7	Discussion	51
7.	Bassin versant de l'Escotais.....	52
7.1	Localisation des enregistreurs thermiques.....	52
7.2	Résultats	53
7.2.1	Validation des données	53
7.2.2	Conditions thermiques générales	54
7.2.3	Température extrême, amplitude et moyenne estivale.....	55
7.2.4	Période de croissance et préférendum thermique.....	56
7.2.5	Conditions favorables à l'infection par la PKD	57
7.2.6	Conditions thermiques au cours de la phase embryo-larvaire.....	58
7.2.7	Discussion	58
8.	Bassin versant du Long.....	60
8.1	Localisation des enregistreurs thermiques.....	60
8.2	Résultats	61
8.2.1	Validation des données	61
8.2.2	Conditions thermiques générales	61
8.2.3	Température extrême, amplitude et moyenne estivale.....	62
8.2.4	Période de croissance et préférendum thermique.....	63
8.2.5	Conditions favorables à l'infection par la PKD	64
8.2.6	Conditions thermiques au cours de la phase embryo-larvaire.....	64
8.2.7	Discussion	65
	CONCLUSION.....	66
	LISTES DES FIGURES ET DES TABLEAUX	69

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	73
TABLES DES ANNEXES.....	74

INTRODUCTION

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

A ce titre la Fédération de Pêche d'Indre et Loire a souhaité mettre en place des thermomètres sur quelques cours d'eau à vocation salmonicole situés au nord de la Loire.

L'étude a cherché avant tout à évaluer les potentialités piscicoles ainsi que les conséquences biologiques potentielles en particulier pour la truite fario des caractéristiques thermiques des eaux de surface.

Dans le cas de la truite fario qui affectionne préférentiellement les eaux froides, les dangers sont liés essentiellement à une élévation des températures durant la période estivale. La température agit directement sur le métabolisme des poissons et influence positivement ou négativement leur croissance et leur 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 premiers résultats de suivis thermiques réalisés sur six bassins versants du nord du département qui ont eu lieu au cours des années 2009-2010.

1. Quelques rappels sur l'incidence de la thermie sur les populations piscicoles

La température agit directement sur le métabolisme des poissons et influence positivement ou négativement leur croissance et leur 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).

1.1 Le cas de la truite fario

1.1.1 *Cycle biologique de la Truite fario*

Le cycle biologique de la truite est représenté en figure 1. La reproduction se déroule de novembre à fin février dans des zones graveleuses à courant vif, dans les parties hautes des bassins ou sur les petits affluents. Les œufs sont déposés dans une cuvette creusée par la femelle puis recouverte de graviers. La frayère doit être stable et non colmatée, afin de permettre la circulation de l'eau. Une femelle pond environ 2000 œufs/kg dont le diamètre varie entre 3 et 5mm. L'incubation dure environ 400 degrés-jours, soit 40 jours à 10 degrés.

Après l'éclosion des œufs, les larves qui mesurent entre 15 et 25mm demeurent dans les espaces interstitiels du substrat en se nourrissant sur leur vésicule vitelline jusqu'à l'émergence au printemps (800 degrés-jours environ après la ponte).

Après l'émergence, les alevins se dispersent surtout vers l'aval par des mouvements de dévalaison précoce nocturne et colonisent les zones favorables de la rivière. Un comportement territoriale se met en place chez les juvéniles se disputant les meilleurs postes alimentaires. En grandissant, les juvéniles effectuent des déplacements plus ou moins importants vers l'aval du cours d'eau, dans des zones mieux adaptées à leur taille et à leurs besoins. La maturation sexuelle est atteinte à partir de 1 an chez les mâles et 2 ans chez les femelles. Les truites vont alors migrer vers les frayères dont elles sont issues à l'automne pour s'y reproduire.

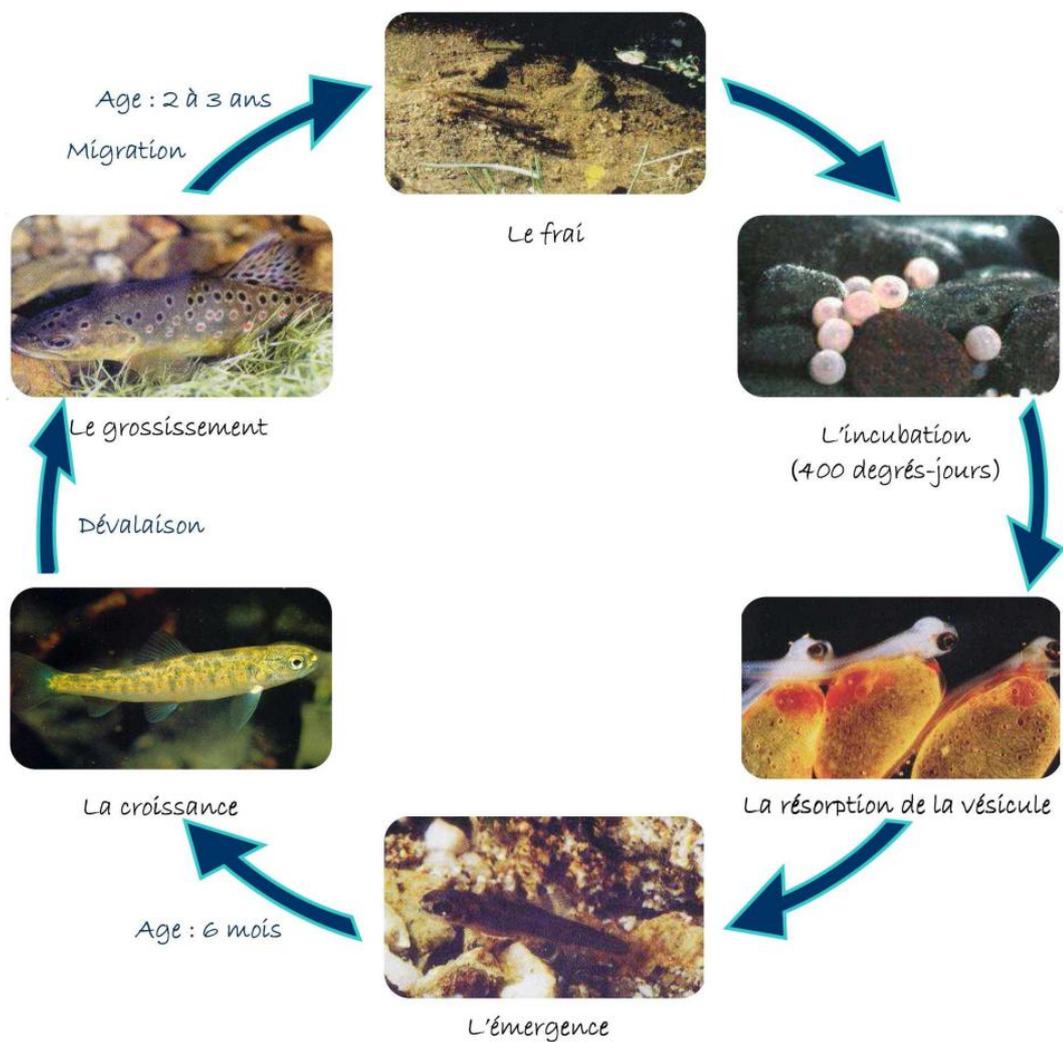


Figure 1 : Cycle biologique de la truite fario (Source : Fédération du Lot).

Pour la truite fario qui affectionne préférentiellement les eaux froides, les dangers sont liés essentiellement à une élévation des températures durant la période estivale notamment dans un contexte de cours d'eau de plaine.

La présence d'un plan d'eau sur un cours d'eau notamment modifie de manière évidente plusieurs paramètres dont la température ce qui peut être préjudiciable aux populations de truites en place.

1.1.2 Préférendum thermique de la truite fario

Les limites thermiques pour la truite fario en fonction de la température d'acclimatation sont présentées sur le polygone de tolérance thermique (Figure 2).

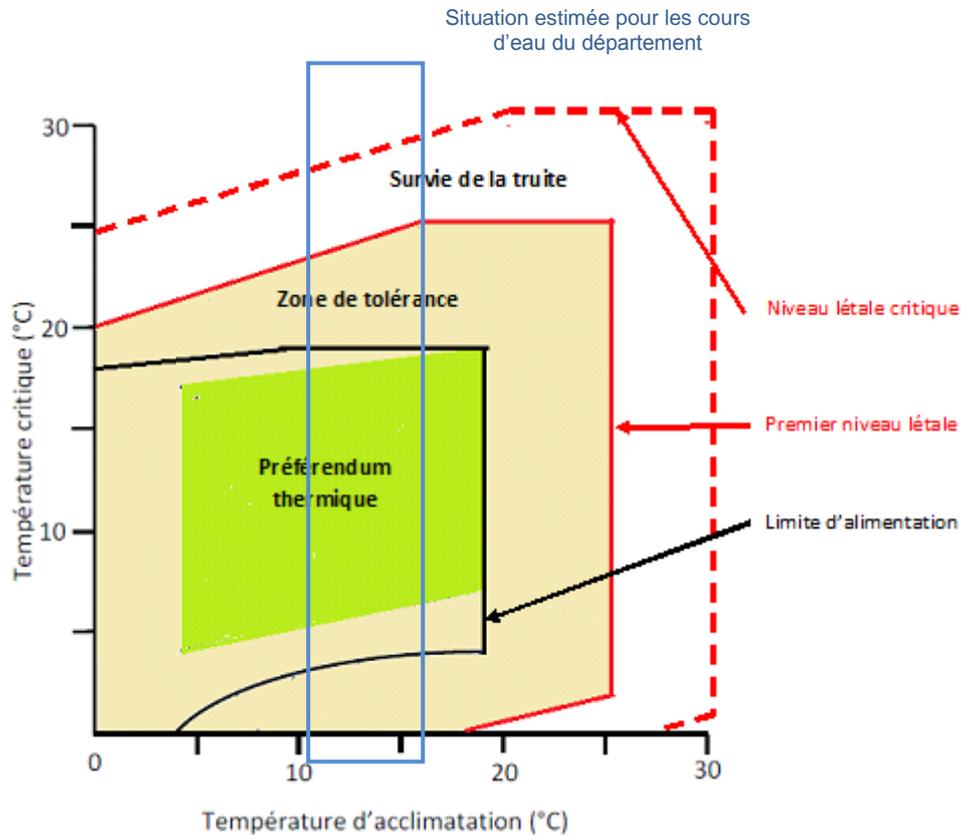


Figure 2 : Polygone de tolérance thermique simplifié de la truite fario (Elliott, 1994).

La zone définie par le premier niveau létal correspond à une zone de tolérance à l'intérieur de laquelle la truite peut vivre pendant un temps conséquent. Dans cette zone toutes les fonctions vitales peuvent être réalisées. Cependant, si un stress thermique survient, les fonctions comme l'alimentation, le frai, la croissance ou le métabolisme sont limitées (Elliott, 1981). En dehors de cette zone, le poisson peut survivre, en fonction du temps auquel il est exposé au stress thermique.

Le niveau létal critique correspond à la température pour laquelle la mort est presque instantanée. La limite inférieure est probablement en dessous de 0°C en ce qui concerne la truite fario tant qu'elle n'est pas prise dans la glace (Elliott, 1981). Cependant pour un développement optimal des œufs et des embryons, une température supérieure à 1°C et inférieure à 10°C selon De Kinkelin et al. (1985) ou 12°C selon Jungwirth et Winkler (1984) et Crisp (1996) est nécessaire. Une température de 1°C est alors considérée comme létale (Elliott, 1984, Humpesch, 1985 et Crisp, 1988 et 1996).

Concernant la gamétogénèse, la zone thermique permissive se situe entre 0 et 15°C (De Kinkelin, Michel et Ghittino, 1985).

Voici ci-dessous les valeurs de gamme critique supérieure et inférieure et de première température létale pour la truite fario (Elliot, 1981) :

Tableau 1 : Tableau de synthèse des gammes de température critique pour la truite fario.

Gamme critique inférieure (°C)	Gamme critique supérieure (°C)	Première haute température létale (°C)
0-4	19-30	24,7

Ces zones permettent de définir plusieurs « boîtes » au sein du polygone thermique :

- ✓ La boîte externe qui définit les limites de la mort subite avec des températures maximales qui augmentent avec la température d'acclimatation de 25,6 à 29,7°C ;
- ✓ Une boîte plus petite contenant la zone de tolérance avec des températures maximales allant de 21,5 à 24,7°C et des températures minimales allant de 0 à 1,3°C ;
- ✓ Une boîte encore plus petite définissant les limites d'alimentation avec des valeurs maximales allant de 18,7 à 19,5°C et des valeurs minimales allant de 0,4 à 4,3°C ;
- ✓ La boîte la plus petite qui définit les limites de croissance de 4 à 19°C.

Pour un apport d'énergie optimal, la gamme de température pour une croissance maximale diffère légèrement en fonction des études : entre 7 et 19°C pour Frost et Brown (1967), entre 3,9 et 19,5°C pour Elliott (1975), entre 10 et 15,5°C pour Jobling (1981) et entre 10 et 14°C selon De Kinkelin et al. (1985).

Concernant la température optimale de croissance pour la truite fario, elle est, selon les études, de 13°C pour Elliott (1975), de 14,9°C pour Jensen (1990), de 13,11°C pour Elliot et al. (1995) ou encore de 13,2°C pour Lobon-Cervia et Rincon (1998).

2. Protocole du suivi

Le suivi thermique a été réalisé sur 20 stations différentes réparties sur 6 bassins versants (Brûle-Choux, Ardillère, Choisille, Dême, Escotais et Long) (Figure 3).

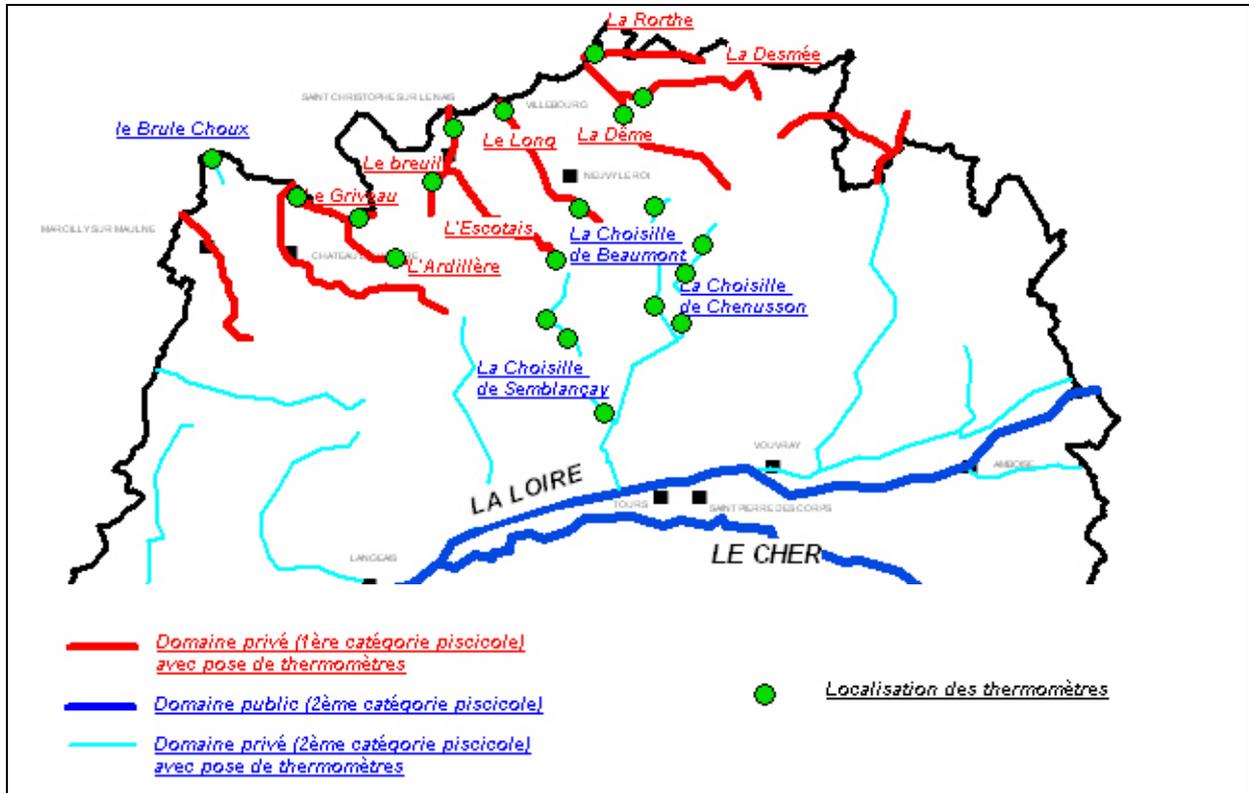


Figure 3 : Localisation des cours d'eau sur lesquels des thermomètres ont été posés.

Les thermomètres ont été posés préférentiellement dans des zones courantes avec une lame d'eau suffisante pour que ceux-ci ne soient pas dénoyés en période de basses eaux et dans des zones ombragées.

Les thermomètres ont été placés dans des briques afin d'être protégés et lestés. Le tout était ensuite accroché à une racine (Figure 4).



Figure 4 : Illustrations de la mise en place d'un thermomètre.

Sur chaque station, le suivi a été réalisé sur un cycle annuel au pas de temps horaire à l'aide de thermographes enregistreurs HoboUA001-64. Les enregistreurs ont été posés au mois de février 2009 et récupérés au mois de janvier 2011 (Cf. Annexe 1).

Afin d'encadrer un cycle complet de reproduction de la truite fario, nous avons retenu un cycle annuel compris entre le 01/06/2009 et le 31/05/2010 (Cf. Annexe 2 et 3). Par ailleurs, il sera tenu compte également de la période estivale pour l'année 2010 (uniquement pour les températures maximales et minimales) (Cf. Annexe 4 et 5).

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 2). Ces 30 variables thermiques ont été réparties en 4 catégories décrites ci-dessous.

Tableau 2 : Présentation et description des 30 variables thermiques calculées à partir des données de température récoltées (Dumoutier Q., Vigier L., et Caudron A. 2010).

Catégorie	Code variable	Désignation succincte
Rappel	Dd Période	Date de début de la période étudiée
	Df Période	Date de fin de la période étudiée
	Durée	Durée de la période en jours
Thermie générale	Ti min	Température instantanée minimale
	Ti max	Température instantanée maximale
	ATI	Amplitude thermique sur la période étudiée
	Ajmax Ti	Amplitude thermique journalière maximale
	D Ajmax Ti	Date à laquelle l'amplitude thermique journalière maximale a été observée
	Tmj min	T° moyenne journalière minimale
	Tmj max	T° moyenne journalière maximale
	ATmj	Amplitude thermique des moyennes journalières
	D Tmj max	Date à laquelle la T° moyenne journalière maximale a été observée
	Tmp	T° moyenne de la période
	Tm30j max	T° moyenne des 30 jours consécutifs les plus chauds
	Dd Tm30j max	Date de début de la période correspondante aux 30 jours consécutifs les plus chauds
	Df Tm30j max	Date de fin de la période correspondante aux 30 jours consécutifs les plus chauds
	Préferendum thermique	Nbj Tmj 4-19
%j Tmj 4-19		Pourcentage de jours où la T° moyenne journalière est comprise entre 4 et 19°C
Dd Tmj <4		Date à laquelle la T° moyenne journalière est pour la première fois < 4°C
Df Tmj <4		Date à laquelle la T° moyenne journalière est pour la dernière fois < 4°C
%j Tmj <4		Pourcentage de jours où la T° moyenne journalière est < 4°C
%j Tmj >19		Pourcentage de jours où la T° moyenne journalière est > 19°C
Nb Ti > 19		Nombre d'heures totales où la T° instantanée est > 19°C
Nb sq Ti > 19		Nombre de séquences durant lesquelles les T° restent > 19°C
Nbmax Ti csf > 19		Nombre d'heures max consécutives durant lesquelles les T° restent > 19°C
Nb Ti >= 25		Nombre d'heures totales où la T° est ≥ 25°C
Nb sq Ti >= 25		Nombre de séquences durant lesquelles les T° restent ≥ 25°C
Nbmax Ti csf >= 25	Nombre d'heures max consécutives durant lesquelles les T° restent ≥ 25°C	
Développement potentiel MRP	Nb Ti >= 15	Nombre d'heures totales où la T° est ≥ 15°C
	Nb sq Ti >= 15	Nombre de séquences durant lesquelles les T° restent ≥ 15°C
	Nbmax Ti csf >= 15	Nombre d'heures max consécutives durant lesquelles les T° restent ≥ 15°C
Phase de vie embryo-larvaire (PEL)	D50 ponte	Date médiane de ponte rentrée par l'utilisateur
	Nbj Inc	Nombre de jours d'incubation
	D50 Ecl	Date médiane d'éclosion
	Nbj Rsp	Nombre de jours de résorption
	Nbj PEL	Nombre total de jours de la phase de vie Embryo-Larvaire
	D50 Emg	Date médiane d'émergence
	Nb Ti > 15 (PEL)	Nombre d'heures totales où la T° est > 15°C pendant la PEL
	Nb sq Ti > 15 (PEL)	Nombre de séquences pendant la PEL durant lesquelles les T° restent > 15°C
	Nbmax Ti csf > 15 (PEL)	Nombre d'heures max consécutives pendant la PEL durant lesquelles les T° restent > 15°C
	Nb Ti < 1.5 (PEL)	Nombre d'heures totales où la T° est < 1,5°C pendant la PEL
	DNb sq Ti < 1.5 (PEL)	Nombre de séquences pendant la PEL durant lesquelles les T° restent < 1,5°C
	Nbmax Ti csf < 1.5 (PEL)	Nombre d'heures max consécutives pendant la PEL durant lesquelles les T° restent < 1,5°C

2.1 Caractéristiques thermiques générales

Cette première catégorie a permis de mettre en évidence les températures minimale et maximale ainsi que l'amplitude thermique. Elle a permis aussi de calculer la température moyenne des 30 jours consécutifs les plus chauds, donnée directement exploitable pour le calcul de la biotypologie d'après la formule proposée par Verneaux (1973). Enfin, la période la plus chaude de l'année au sein de la plage étudiée a pu être repérée rapidement.

2.2 Préférendum écologique de la truite fario

Les données thermiques disponibles ont permis de calculer le temps (nombre de jour par an) où la température de l'eau était comprise dans le préférendum thermique de la truite fario. 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 (Alabaster et Lloyd, 1980 ; Crisp, 1996 ; Elliott, 1975, 1981, 1984, 1994 ; Elliott et Hurley, 2001 ; Varley, 1967), les valeurs limites basse et haute de ce préférendum ont été fixées respectivement à 4°C et 19°C. De même la valeur de 25°C a été considérée comme la limite létale pour les juvéniles et les adultes.

2.3 Risques pathologiques vis-à-vis de la MRP (ou PKD)

La MRP (maladie rénale proliférative ou « Proliferative Kidney Disease »), est une maladie infectieuse touchant préférentiellement les truites (*Salmo trutta* et *Oncorhynchus mykiss*), l'ombre commun (*Thymallus thymallus*) et le saumon atlantique (*Salmo salar*). 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). Des études en milieu contrôlé (De Kinkelin et Gay, 2000) ont montré qu'à partir d'une durée de 2 semaines consécutives à un minimum de 15°C, des sujets de truite arc en ciel étaient infectés.

La prise en compte du risque potentiel d'infection des juvéniles par ce parasite dans l'étude des populations de truites apparaît pertinente 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 MRP est considérée sur certains secteurs comme responsable du déclin piscicole (Burkhardt- Holm *et al.* 2002).

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.

2.4 Phase de vie embryo-larvaire (sous-graviers)

Toutes les variables de cette catégorie sont calculées uniquement sur les données thermiques comprises dans la période de vie sous-graviers de la fécondation à l'émergence. Cette période s'étend de la date médiane de ponte jusqu'à la date médiane d'émergence calculée en utilisant les valeurs de températures et la formule établie par Crisp (1988). La date médiane de ponte est définie comme la date à laquelle 50% des frayères totales sont creusées par les géniteurs.

Elle a été estimée, sur les cours d'eau étudiés au 15 décembre pour le département en accord avec les observations actuellement disponibles (Il n'y a pas une détermination réelle de la médiane).

Une fois la durée de la phase de développement embryo-larvaire évaluée, les conditions thermiques pendant cette phase ont été plus précisément étudiées. Les valeurs inférieures à 1°C ou supérieur à 12°C peuvent être considérées comme les limites de la plage de développement optimale pour les œufs et les embryons (Jungwirth et Winkler, 1984 ; Crisp, 1996).

En accord avec Humpesch (1985), les températures moyennes journalières de 1,5°C et de 15°C peuvent être considérées comme des valeurs limites, à partir desquelles le taux de survie embryo-larvaire est fortement affecté. Ainsi, les séquences de temps où la température était inférieure à 1,5°C ou supérieure à 15°C ont été recherchées.

3. Bassin versant du Brûle-choux

Le bassin versant du Brûle-Choux est relativement boisé malgré une tête de bassin versant relativement agricole. Les fonds de vallées sont dominés par des prairies.

Entre la source et la situation du thermomètre, on note un plan d'eau implanté en dérivation et les douves du Château de l'Aubonnière qui s'apparentent à un petit étang en barrage de cours d'eau.

Le linéaire de ce cours d'eau en Indre et Loire est de l'ordre de 3 km. Il n'a jamais fait l'objet de prospection concernant la reproduction de la truite fario, mais un inventaire piscicole de 2002 avait révélé la présence de l'espèce sur ce ruisseau. Ce ruisseau abrite également une population d'écrevisses à pattes blanches.

3.1 Localisation des enregistreurs thermiques

La localisation de l'enregistreur et les caractéristiques de la station étudiée sont présentées dans la figure 5 et le tableau 3 ci-dessous.

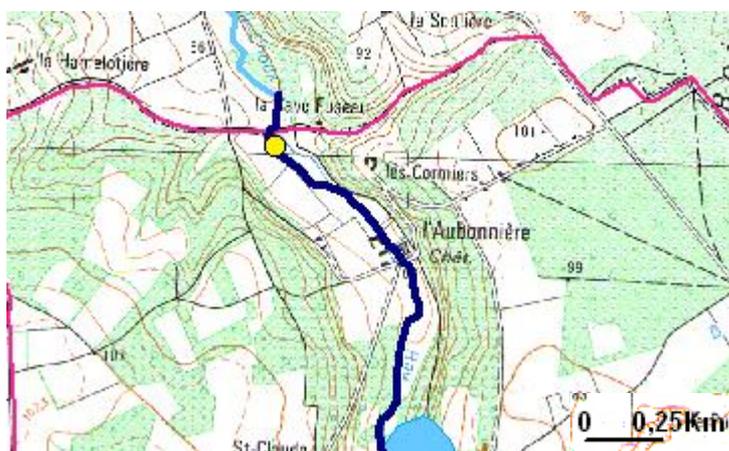


Figure 5 : Localisation géographique de la station étudiée sur le bassin du Brûle-choux.

Tableau 3 : Caractéristiques de la station étudiée sur le bassin du Brûle-choux et localisation précise de l'enregistreur.

Cours d'eau	Stations	Coordonnées lambert 2 étendu	Localisation	Distance à la source (km)	Altitude (m)	Remarques
Brûle-choux	Aval	X : 442650 Y : 292160	Villiers-au-Bouin, Les Cormiers	2,6	20	Thermomètre situé à 500 m en aval des douves du château de l'Aubonnière, thermomètre envasé.

3.2 Résultats

3.2.1 Validation des données

Sur la sonde immergée, aucune donnée aberrante n'a été observée. La totalité de l'enregistrement réalisé pendant la période choisie a donc été utilisée dans le traitement et l'analyse des données.

3.2.2 Conditions thermiques générales

Sur la station étudiée, les moyennes journalières varient de 2,8 à 22,2°C (Figure 6). Globalement, la période de faibles températures se situe entre la seconde semaine de novembre et mi mars. Les températures estivales n'atteignent pas le seuil léthal fixé à 25°C, mais sont relativement chaudes.

Ce cours d'eau présente une amplitude annuelle des moyennes journalières élevée de 19,4°C. La valeur moyenne obtenue pour les 30 jours les plus chauds est 19,21. Cette situation est légèrement supérieure aux exigences de la truite fario (19°C). Les variations de la température de l'eau sont corrélées aux variations de la température de l'air.

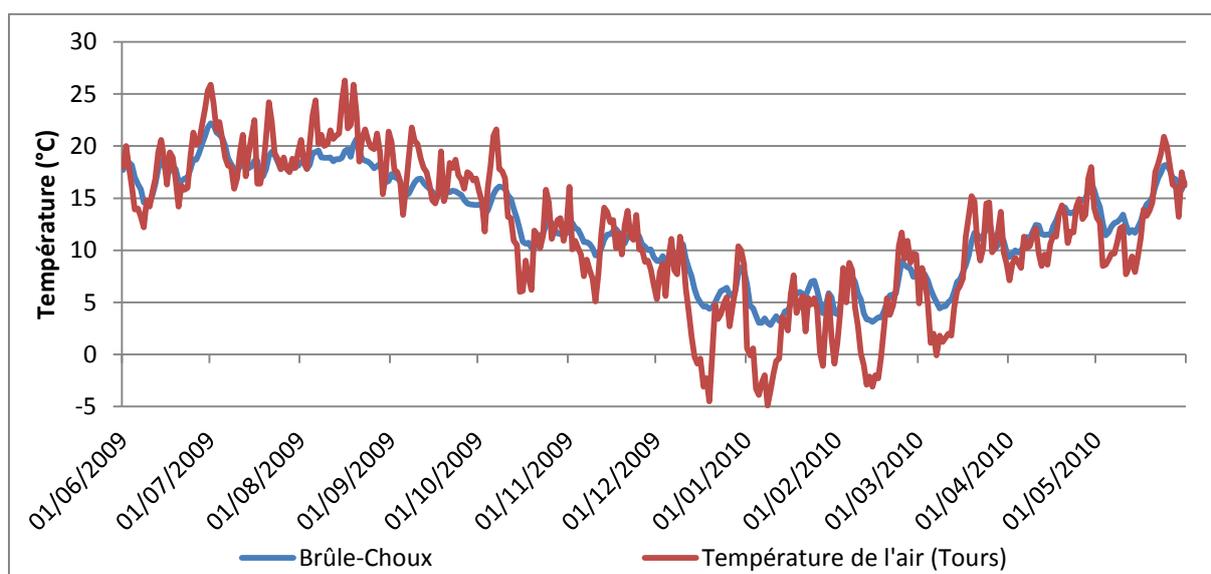


Figure 6 : Courbes des températures moyennes journalières calculées sur la période du 01/06/2009 au 31/05/2010 sur le Brûle-Choux.

3.2.3 Température extrême, amplitude et moyenne estivale

Les valeurs de températures maximales, d'amplitudes annuelles et de moyennes sur les trente jours les plus chauds sont globalement élevées pour cette station (Figure 7). Les températures maximales sont non létales pour la vie salmonicole, le seuil de 25°C considéré comme valeur critique (léthale ou sub-léthale) pour la survie de la truite fario, n'ayant pas été atteint.

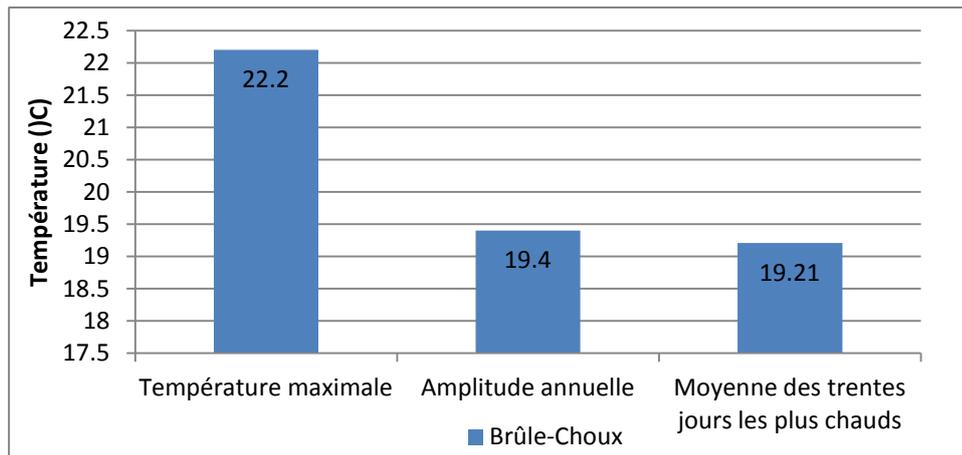


Figure 7 : Température moyenne journalière maximale, amplitude annuelle et moyenne des trente jours les plus chauds obtenues pour la station du bassin du bassin du Brûle-Choux.

Au cours de la période estivale 2010, les températures instantanées maximales et minimales ont été plus élevées qu'en 2009 (respectivement supérieures de 0,2 et 0,3°C). Les températures maximales sont passées de 23,2 à 23,4°C et les températures minimales de 2,3 à 2,6°C. La température moyenne des 30 jours consécutifs les plus chauds a augmenté de 0,56°C en passant de 19,21°C en 2009 à 19,77°C en 2010. Cependant, le seuil des 25°C n'a pas été dépassé.

3.2.4 Période de croissance et préférendum thermique

La station de Brûle-choux a des températures optimales pour le développement de la truite fario pendant 324 jours soit 89% de la plage de données étudiée. 5% et 6% de la plage de données sont respectivement inférieur à 4°C et supérieur à 19°C. 9% de la plage de données est donc défavorable à la truite fario.

D'autre part, la station étudiée a des maximales qui ne dépassent pas les 25°C, mais souvent les 19°C. On observe des périodes de temps consécutives au dessus de 19°C importantes (jusqu'à 210 heures soit 9 jours). Cela pour un total de 28 jours au dessus de 19°C.

3.2.5 Conditions favorables à l'infection par la PKD

La Brûle-choux présente un risque important de développer la PKD (Figure 8). En effet, 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 (87 jours).

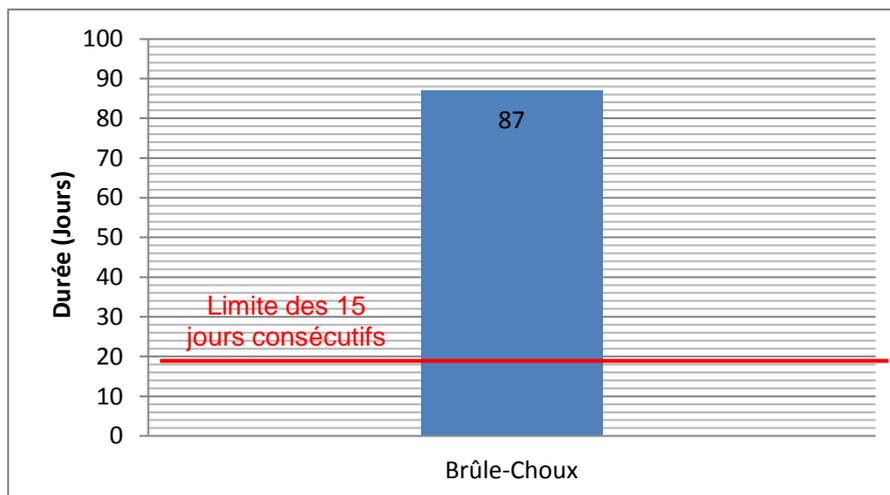


Figure 8 : Durée de la séquence maximale durant laquelle la température est restée au dessus de 15°C.

Cette observation montre l'importance de prendre en compte ces risques potentiels d'infection dans l'étude des populations de truites sur le bassin du Brûle-choux.

3.2.6 Conditions thermiques au cours de la phase embryo-larvaire

L'estimation de durée de vie sous graviers est de 116 jours. Aucune température pouvant compromettre fortement le bon développement embryo-larvaire n'a été relevée pendant la période de vie sous graviers identifiée sur la station.

3.2.7 Discussion

Les amplitudes thermiques annuelles observées sur le Brûle-Choux pourraient être liées aux faibles débits d'étiages et à l'occupation des sols. En effet, ces facteurs rendent les cours d'eau particulièrement sensibles aux conditions extérieures (précipitations, rejets liés aux activités humaines et à la température de l'air comme vu précédemment). Les températures élevées de la station peuvent également être liées à la présence des douves du Château conjuguées à un débit estival assez faible.

Les risques importants d'infection du PKD sur le Brûle-Choux sont liés aux températures estivales qui restent supérieures à 15°C durant une période de temps importante.

Les populations de truites fario et d'écrevisses à pattes blanches ont été observées en amont des douves du Château et des indices de présence d'écrevisses à pattes blanches ont été mis en évidence par la Fédération de pêche de la Sarthe en aval.

S'il nous est difficile de juger de l'impact réel des douves du Château sur le réchauffement des eaux, compte tenu des résultats obtenus, il est probable que ce plan

d'eau aggrave les conditions thermiques du cours d'eau ce qui peut impacter les populations de truites sur le bassin (pas d'indice de présence à l'aval des douves).

Compte tenu des résultats observés, on peut indiquer que le développement de populations de truites est possible même en aval des douves du Château (température létale non atteinte). Néanmoins, on note une perturbation thermique mise en évidence par le nombre de jours en dehors du préférendum thermique, la température moyenne du mois le plus chaud et le nombre de jours consécutifs supérieurs à 15 °C. La pose d'une sonde thermique en amont des douves du château pourrait être envisagée.

4. Bassin versant de l'Ardillère

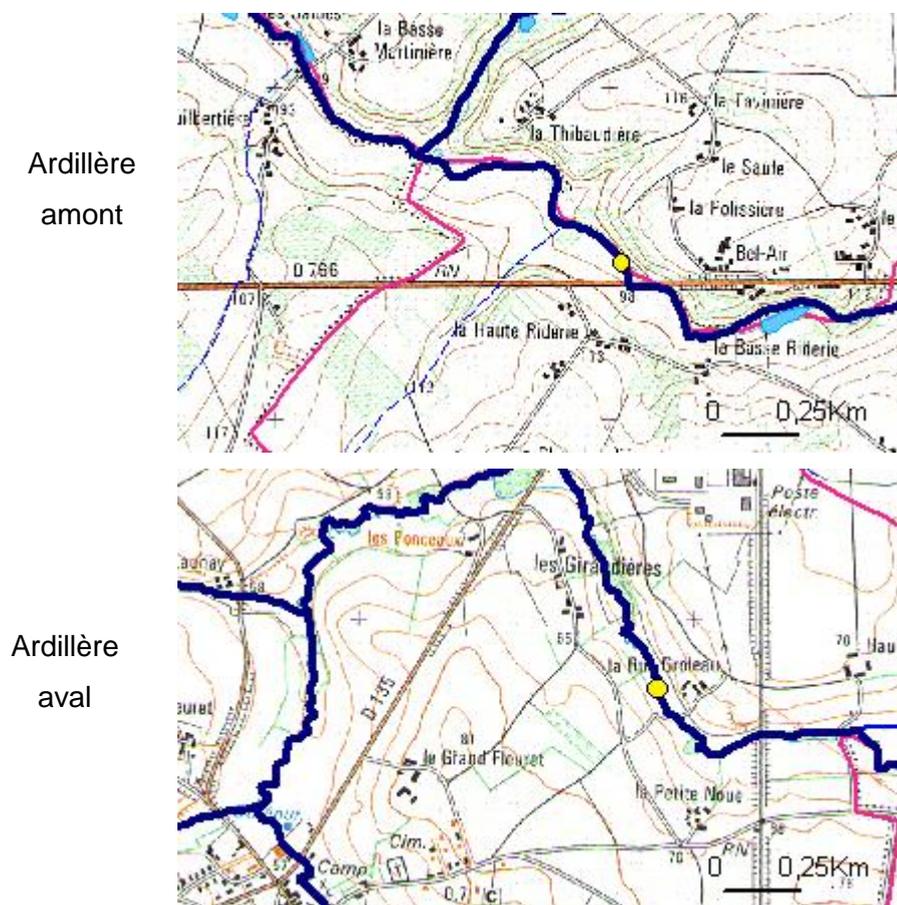
Le bassin versant de l'Ardillère est relativement boisé avec néanmoins des plateaux dominés par des zones de culture et plus rarement des prairies. Les fonds de vallée sont dominés par des prairies.

On note un plan d'eau en barrage de cours d'eau relativement proche des sources (1500 m).

L'Ardillère s'étend sur environ 12 km. Les premières frayères sont situées à environ 5 km des sources et ce jusqu'à la confluence avec la Fare. Les plus fortes densités de frayères sont enregistrées à proximité du ruisseau de Griveau. Son principal affluent, le ruisseau de Griveau s'écoule sur 2.5 km dans un environnement dominé par les boisements. Un plan d'eau est implanté au niveau des sources. On note des frayères à truites sur la partie aval du ruisseau. Ces deux ruisseaux abritent également une population d'écrevisses à pattes blanches.

4.1 Localisation des enregistreurs thermiques

La localisation des 3 enregistreurs et les caractéristiques des stations étudiées sont présentées dans la figure 9 et le tableau 4 ci-dessous.



Griveau

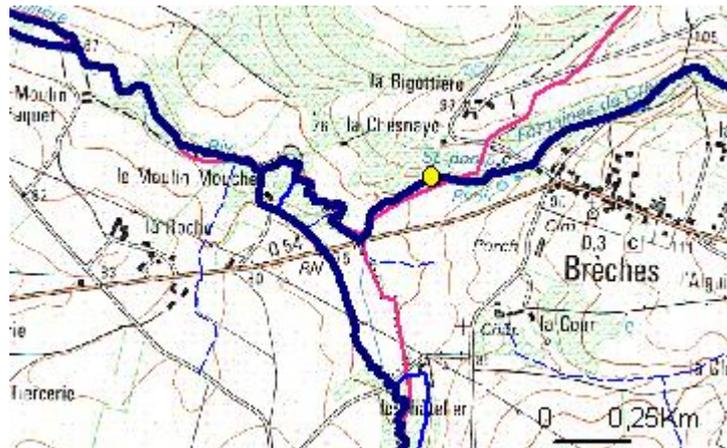


Figure 9 : Localisation géographique des stations étudiées sur le bassin de l'Ardillère.

Tableau 4 : Caractéristiques des stations étudiées sur le bassin de l'Ardillère et localisation précise des enregistreurs.

Cours d'eau	Stations	Coordonnées lambert 2 étendu	Localisation	Distance à la source (km)	Altitude (m)	Remarques
Ardillère	Amont	X : 455040 Y : 284450	Souvigné-Bel Air	2,4	90	Colmatage du thermomètre, plan d'eau en barrage de cours d'eau en tête de bassin situé à x m du thermomètre. Thermomètre situé juste en aval de la D766.
Ardillère	Aval	X : 448890 Y : 288770	Villiers-au-Bouin	11,5	55	Envasement du thermomètre.
Griveau	aval	X : 452950 Y : 287450	Brèches-Ladesmays	1,8	75	Envasement important, plan d'eau sur cours au niveau des sources (à 1000 m du thermomètre) et petites sources en aval du plan d'eau.

4.2 Résultats

4.2.1 Validation des données

Sur les 3 sondes immergées, aucune n'a montré de donnée aberrante. La totalité des enregistrements réalisés pendant la période choisie a donc été utilisée dans le traitement et l'analyse des données.

4.2.2 Conditions thermiques générales

Sur l'ensemble des stations étudiées sur le cours principal de l'Ardillière et sur son affluent, les moyennes journalières varient sur l'année 2010 de 1,6 à 20,2°C. (Figure 10). Globalement, la période de faibles températures se situe entre la seconde semaine de novembre et mi-mars. Les températures estivales n'atteignent pas le seuil légal fixé à 25°C mais sont relativement chaudes. L'Ardillière amont, l'Ardillière aval et le Griveau présentent des amplitudes modérées à élevées avec des valeurs de moyennes journalières respectivement comprises entre 3,3 et 18,5°C, 1,6 et 20,2°C et 4 et 17,3°C. Ainsi, seule la station du Griveau présente les caractéristiques thermiques d'un milieu tamponné (faible amplitude thermique journalière et annuelle) considérées comme très favorables à la vie salmonicole.

D'autre part, des variations brutales et amples des températures moyennes journalières durant les périodes estivales et hivernales sont observables sur les trois stations. En effet, sur la station Ardillière amont, qui est la plus représentative de ce phénomène, on observe des variations de l'ordre de 10°C sur une courte période (9 heures) puis un retour progressif (de 12 à 14 heures) aux valeurs de températures antérieures à ces épisodes. Les deux autres stations semblent avoir des écarts de températures plus modérés avec des amplitudes thermiques journalières maximales de l'ordre de 5 à 6,5°C. Les variations de la température de l'eau sont corrélées aux variations de la température de l'air.

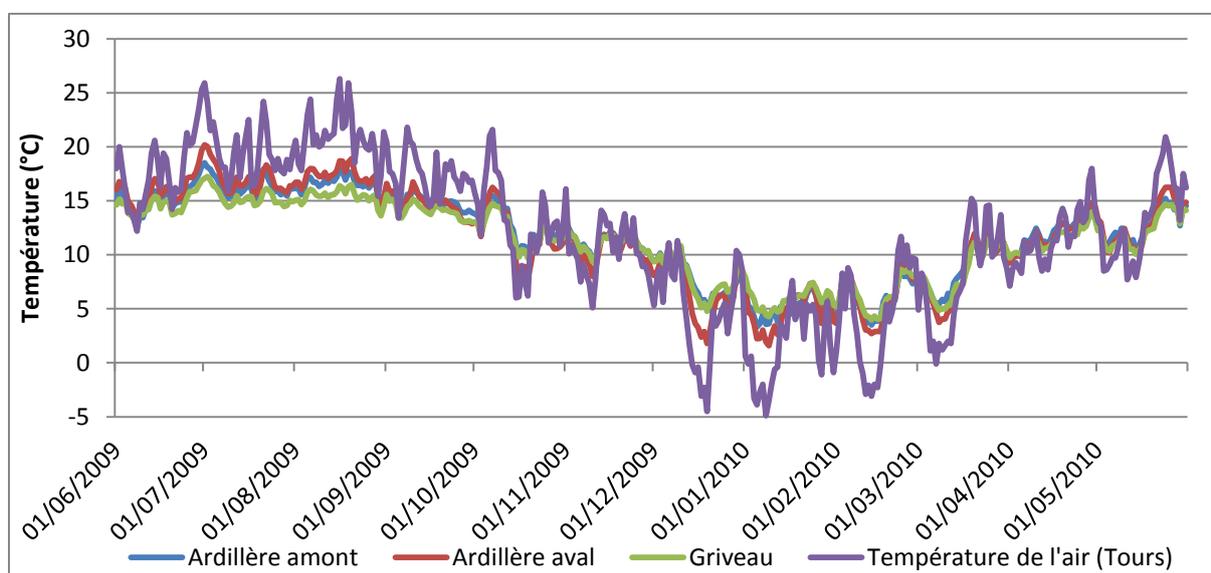


Figure 10 : Courbes des températures moyennes journalières calculées sur la période du 01/06/2009 au 31/05/2010 pour les 3 stations du bassin de l'Ardillière.

4.2.3 Température extrême, amplitude et moyenne estivale

Les températures les plus élevées ainsi que les amplitudes thermiques journalières les plus fortes sont relevées sur l'aval de l'Ardillière. Les valeurs de ces paramètres augmentent progressivement de l'amont vers l'aval sur l'Ardillière et sont les plus faibles sur

le Griveau (Figure 11). Les valeurs sont non létales pour la vie salmonicole sur l'ensemble du bassin de l'Ardillère, le seuil de 25°C considéré comme valeur critique (létale ou sub-létale) pour la survie de la truite fario, n'ayant pas été atteint.

Les valeurs de la moyenne des températures des trente jours consécutifs les plus chauds montrent une augmentation logique de l'amont vers l'aval sur l'Ardillère. L'environnement boisé du ruisseau de Brèche lui assure des températures estivales moins importantes que pour les deux autres stations.

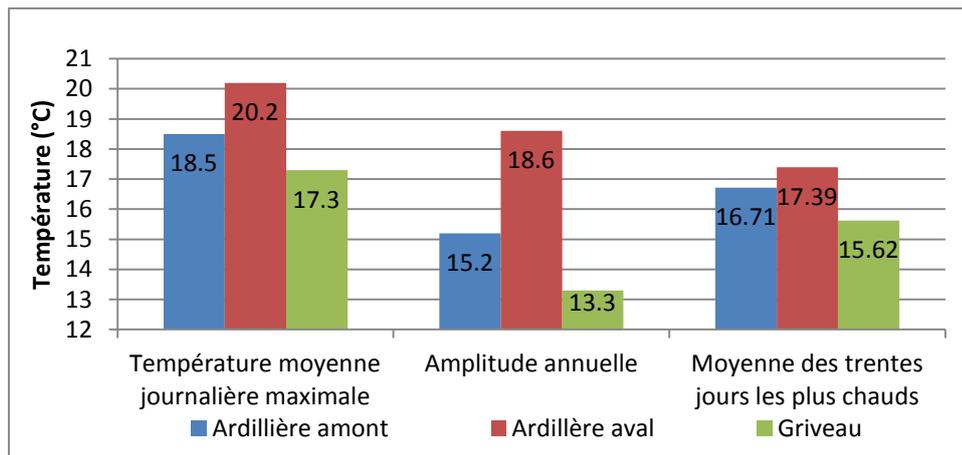


Figure 11 : Température moyenne journalière maximale, amplitude annuelle et moyenne des trente jours les plus chauds obtenues pour les 3 stations du bassin de l'Ardillère.

Au cours de la période estivale 2010, les températures instantanées maximales et minimales de la station Ardillère amont ont augmenté respectivement de 2 et 1,1°C. Les températures maximales sont passées de 21 à 22,1°C et les températures minimales de 2,1 à 4,1°C. Pour la station Ardillère aval, la température instantanée maximale a diminué de 0,1°C (passant de 21,6°C en 2009 à 21,5°C en 2010) et la température minimale instantanée a augmenté de 0,5°C (passant de 1°C en 2009 à 1,5°C en 2010). En ce qui concerne le Griveau, la température instantanée maximale a augmenté de 0,4°C (passant de 18,5°C en 2009 à 18,9°C en 2010) et la température minimale instantanée a diminué de 0,5°C (passant de 3,2°C en 2009 à 2,7°C en 2010). La température moyenne des trente jours consécutifs les plus chauds a augmenté pour l'ensemble des trois stations. Elle a augmenté de 0,12°C pour l'Ardillère amont (16,71°C en 2009 et 16,83°C en 2010), de 0,29°C pour l'Ardillère aval (17,39°C en 2009 et 17,68°C en 2010) et de 0,37°C pour le Griveau (15,62°C en 2009 et 15,99°C en 2010).

4.2.4 Période de croissance et préférendum thermique

La figure 12 montre quelques différences thermiques dans la durée du préférendum thermique pour les stations étudiées avec des valeurs comprises entre 334 et 364 jours par an. Pour la station Ardillère amont, 3% de la plage de données est inférieure à 4°C. Pour la

station Ardillère aval, 7% de la plage de données est inférieure à 4°C et 1% supérieur à 19°C. Ces durées d'optimum thermique sont moyennes à très bonnes, notamment sur la station du Griveau où elles sont optimales toute l'année.

D'autre part, les stations étudiées ont des maximales qui ne dépassent pas les 25°C et assez peu les 19°C. On observe sur la station Ardillère aval, où les conditions thermiques sont les moins bonnes, des périodes de temps consécutives au dessus de 19°C relativement faibles (jusqu'à 43 heures (Figure 13) pour un total de 7 jours. Les deux autres stations présentent des caractéristiques thermiques plus favorables à la vie salmonicole de ce point de vue.

La station de l'Ardillère amont possède un maximum de 4 jours où la valeur de 19°C est parfois dépassée (Figure 14) sur une séquence maximale de 10 heures consécutives, alors que la station du Griveau ne possède pas de températures supérieures à 19°C.

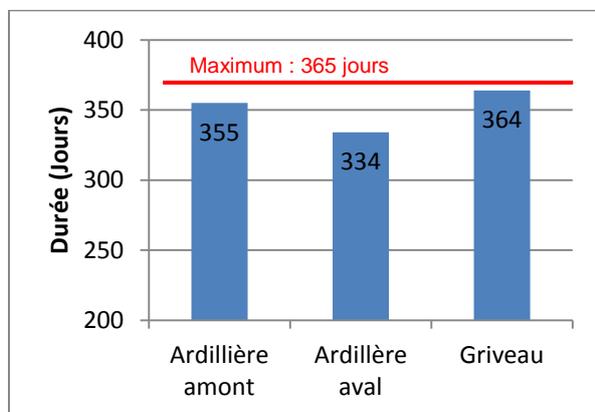


Figure 12 : Durée en jours du préférendum thermique de la truite fario (Entre 4 et 19°C) sur le bassin de l'Ardillère

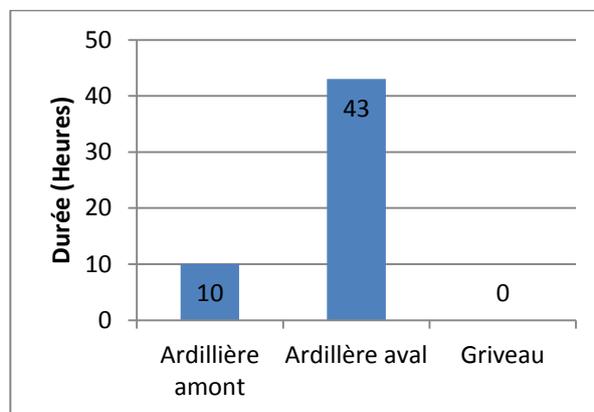


Figure 13 : Durée maximale durant laquelle la température est restée au dessus de 19°C sur le bassin de l'Ardillère

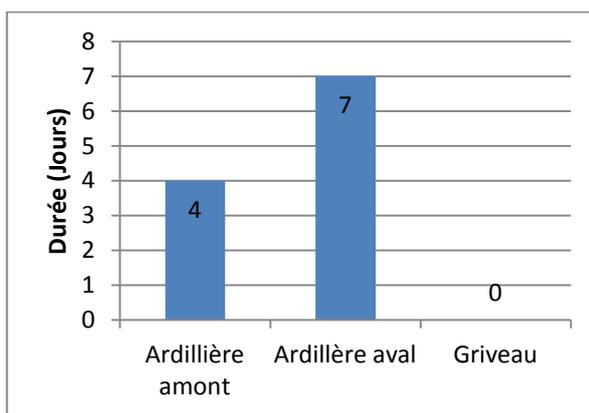


Figure 14 : Nombre de jour total où la température instantanée est strictement supérieure à 19°C sur le bassin de l'Ardillère

Une altération progressive des conditions thermiques est observable de l'amont vers l'aval du cours principal de l'Ardillère (diminution de la durée du préférendum thermique et

dépassement fréquent des 19°C sur la station aval). Ainsi le secteur aval de l'Ardillère présente des conditions thermiques plus limitantes que l'amont pour la vie salmonicole.

4.2.5 Conditions favorables à l'infection par la PKD

Pour les stations Ardillère amont et Griveau le risque de développement de PKD est faible avec une durée de séquence maximale durant laquelle la température est supérieure à 15°C, de 9 jours consécutifs (Figure 15). En revanche, la station située en aval a une valeur, 19 jours consécutifs, supérieure à cette limite des 15 jours. Ainsi sur cette station, le risque de développement de PKD semble important.

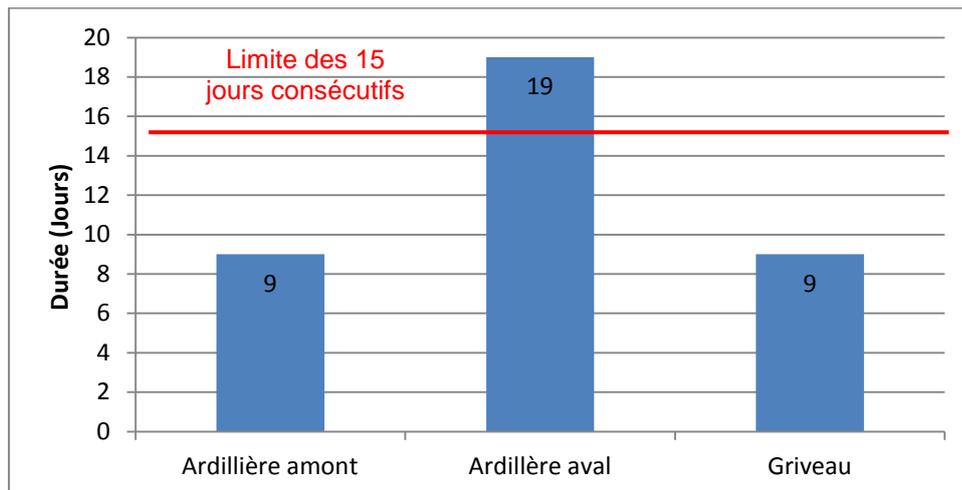


Figure 15 : Durée en jours de la séquence maximale durant laquelle la température est restée au dessus de 15°C sur les 3 stations du bassin de l'Ardillère

4.2.6 Conditions thermiques au cours de la phase embryo-larvaire

L'estimation de durée de vie sous graviers est peu variable d'un site à l'autre avec des valeurs comprises entre 112 et 117 jours (Figure 16). Elles peuvent être considérées comme des durées d'incubation moyennes par rapport aux autres résultats obtenus sur le département. Aucune température pouvant compromettre fortement le bon développement embryo-larvaire n'a été relevée pendant la période de vie sous graviers identifiées sur les trois stations.

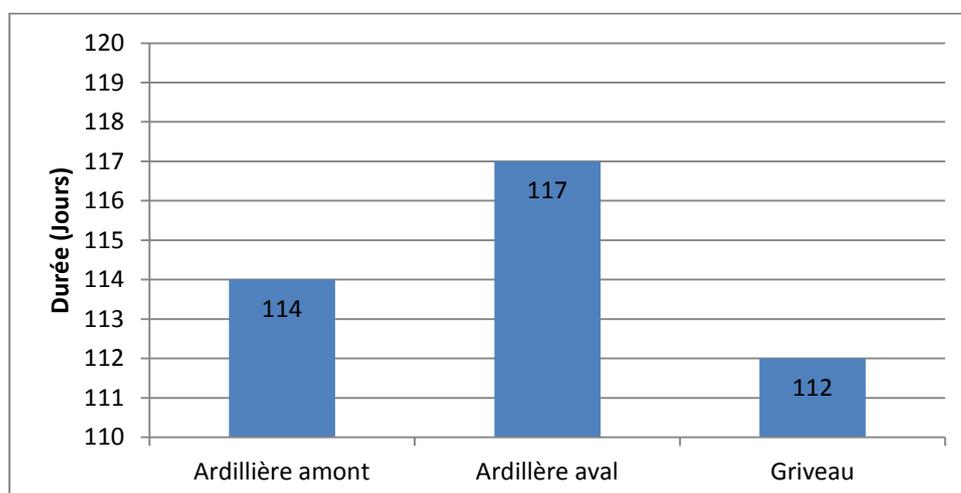


Figure 16 : Durée totale en jours de vie sous graviers (50% d'alevins émergents) sur le bassin de l'Ardillère

4.2.7 Discussion

Les amplitudes thermiques annuelles ainsi que les différences amont-aval observées sur l'Ardillère pourraient être liées aux faibles débits d'étiages et à l'occupation des sols. En effet, ces facteurs rendent les cours d'eau particulièrement sensibles aux conditions extérieures (précipitations, rejets liés aux activités humaines et à la température de l'air comme vu précédemment). La position de la station aval en prairies la rend particulièrement exposée aux températures extérieures. Les températures plus élevées sur la station aval peuvent s'expliquer aussi par une altération logique des conditions thermiques de l'amont vers l'aval (altitude et distance à la source).

Les fortes amplitudes journalières observées sur la station amont sont probablement liés à la présence du plan d'eau en barrage de cours d'eau en amont de la station et à une faible vitesse de courant sur cette partie du cours d'eau.

Les températures fraîches et les caractéristiques de milieu tamponné du Griveau sont dues à sa position en tête de bassin versant essentiellement forestier. Des températures plus chaudes en hiver et plus froide en été expliquent que la durée la plus importante du préférendum thermique de la truite fario soit sur le Griveau.

Les risques importants d'infection du PKD sur l'Ardillère aval sont liés aux températures estivales qui restent supérieures à 15°C durant une période de temps importante.

La meilleure thermie de l'Ardillère amont et du Griveau s'explique par leur situation proche des sources. En accord avec les indices de reproduction, ils sont particulièrement favorables au développement de la truite fario. Les caractéristiques thermiques de l'Ardillère aval permettent la présence de la truite fario sans pour autant être optimum pour son développement.

Beaumont
Aval

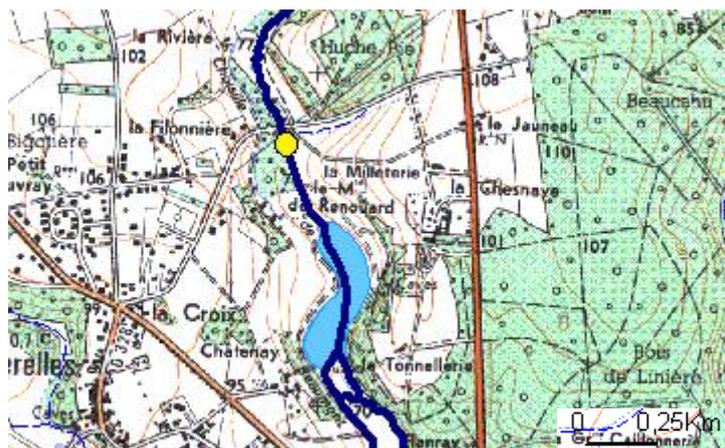


Figure 17 : Localisation géographique des stations étudiées sur la Choisille de Beaumont.

Tableau 5 : Caractéristiques des stations étudiées sur la Choisille de Beaumont et localisation précise des enregistreurs.

Cours d'eau	Stations	Coordonnées lambert 2 étendu	Localisation	Distance à la source (km)	Altitude (m)	Remarques
Choisille Beaumont	Amont	X : 474660 Y : 286120	Beaumont la Ronce-La Grange	1,9	122	Beaucoup de sangsues et trichoptères, incidence du rejet du bourg
Choisille Beaumont	Aval	X : 475890 Y : 279790	Cerelles-Filonnière	10,4	75	Station située à 6.5 km d'un plan d'eau sur cours

5.1.2 Résultats

5.1.2.1 Validation des données

Sur les 2 sondes immergées, aucune n'a montré de donnée aberrante. La totalité des enregistrements réalisés pendant la période choisie a donc été utilisée dans le traitement et l'analyse des données.

5.1.2.2 Conditions thermiques générales

Sur les deux stations étudiées sur le cours principal de la Choisille de Beaumont les moyennes journalières varient sur l'année de 2,1 à 19,5°C. (Figure 18). Globalement, la période de faibles températures se situe entre la première semaine de décembre et mi-mars. Les températures estivales n'atteignent pas le seuil léthal fixé à 25°C, mais sont relativement chaudes. La station amont et la station aval présentent des amplitudes modérées à élevées avec des valeurs de moyennes journalières respectivement comprises entre 2,6 et 19,5 et 2,1 et 19,4°C. Ainsi, aucune ne présente les caractéristiques thermiques d'un milieu

tamponné (faible amplitude thermique journalière et annuelle) considérées comme très favorables à la vie salmonicole.

D'autre part, des variations brutales et amples des températures moyennes journalières durant les périodes estivales et hivernales, sont observables sur les deux stations. En effet, sur la station Choisille de Beaumont amont, qui est la plus représentative de ce phénomène, on observe des variations de l'ordre de 8°C (8,6 à 16,7°C) sur de courte période (8 Heures) puis un retour progressif (de 12 à 14 heures) aux valeurs de températures antérieures à ces épisodes. La station aval semble avoir des écarts de températures plus modérés avec des amplitudes thermiques journalières maximales de l'ordre de 4,6°C. Les variations de la température de l'eau sont corrélées aux variations de la température de l'air.

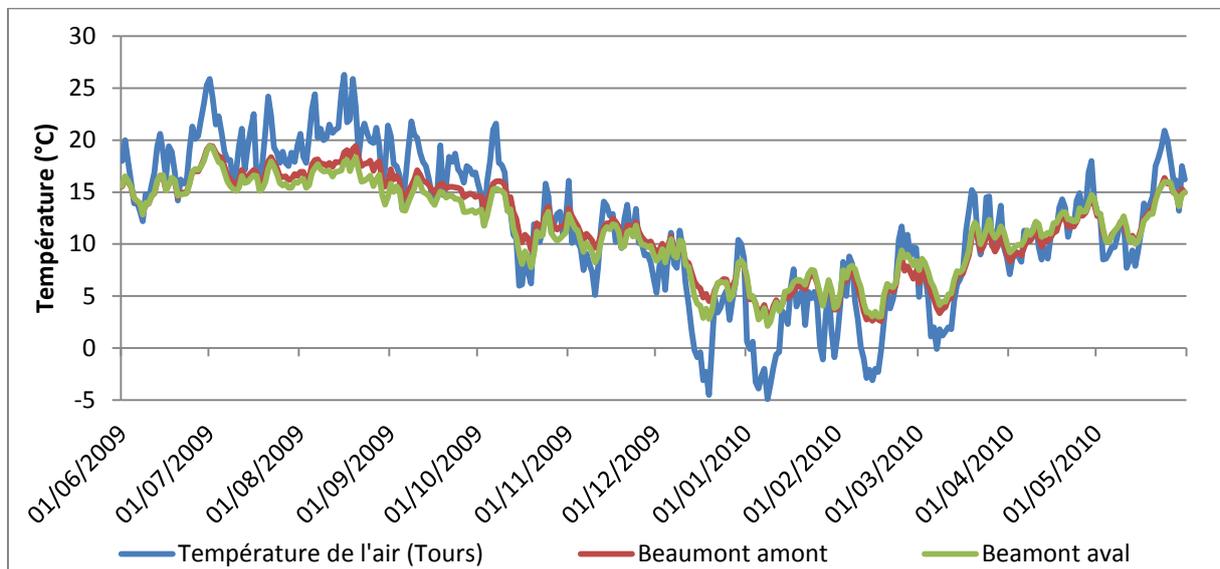


Figure 18 : Courbes des températures moyennes journalières calculées sur la période du 01/06/2009 au 31/05/2010 pour les 2 stations de la Choisille de Beaumont.

5.1.2.3 Température extrême, amplitude et moyenne estivale

Les valeurs de températures moyennes journalières maximales, d'amplitudes annuelles et de moyennes sur les trente jours les plus chauds montrent des distributions globalement similaires (Figure 19). Les valeurs sont non létales pour la vie salmonicole sur les deux stations, le seuil de 25°C considéré comme valeur critique (létale ou sub-létale) pour la survie de la truite commune en rivière, n'ayant pas été atteint.

Les températures les plus élevées ainsi que les amplitudes thermiques journalières les plus fortes sont relevées sur l'amont de la Choisille de Beaumont. Les valeurs de ces paramètres diminuent progressivement de l'amont vers l'aval.

Les valeurs de la moyenne des températures des trente jours consécutifs les plus chauds montrent une diminution de l'amont vers l'aval sur cette Choisille.

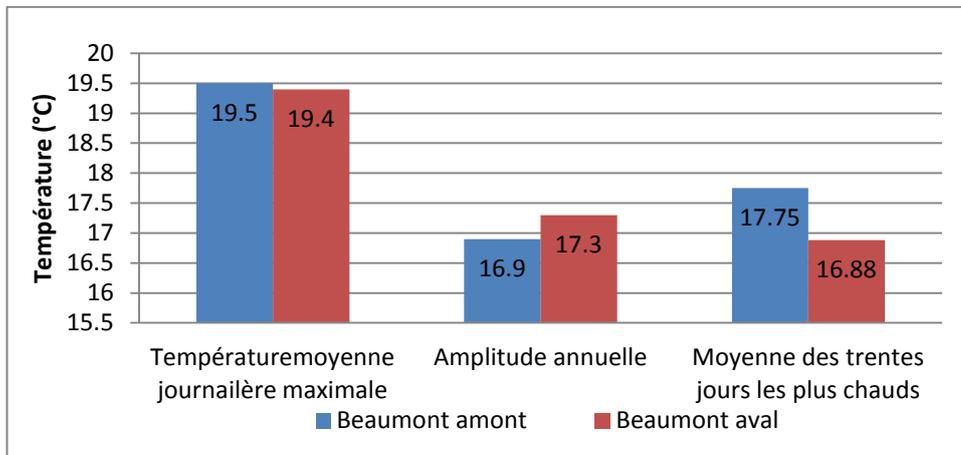


Figure 19 : Température moyenne journalière maximale, amplitude annuelle et moyenne des trente jours les plus chauds obtenues pour les 2 stations du bassin de la Choisille de Beaumont.

Au cours de la période estivale 2010, les températures instantanées maximales et minimales de la station Beaumont amont ont augmenté respectivement de 1,7 et 2,5°C. Les températures maximales sont passées de 20,8 à 22,5°C et les températures minimales de 0,8 à 3,3°C. Elles ont également augmenté respectivement de 0,1 et 1°C pour la station aval. Les températures maximales sont passées de 20,4 à 20,5°C et les températures minimales de 1,4 à 2,4°C. La température moyenne des trente jours consécutifs les plus chauds a augmenté pour les deux stations. Elle a augmenté de 0,66°C pour Beaumont amont (17,75°C en 2009 et 18,41°C en 2010) et de 0,53°C pour Beaumont aval (16,88°C en 2009 et 17,41°C en 2010). La station Beaumont amont semble plus sensible à cette élévation de température mais le seuil des 25°C n'est pas dépassé.

5.1.2.4 Période de croissance et préférendum thermique

La figure 20 montre peu de différences de la durée du préférendum thermique entre les stations étudiées avec des valeurs de 341 et 345 jours par an. Pour les deux stations, 5% de la plage de données est inférieure à 4°C. 2% de la plage de données pour la station Beaumont amont et 1% de la plage de données pour la station aval sont supérieures à 19°C. Ces durées d'optimum thermique sont dans la moyenne des résultats obtenus sur les autres stations étudiées du département.

D'autre part, les stations de la Choisille de Beaumont ont des maximales qui ne dépassent pas les 25°C. La station amont et la station aval ont respectivement des températures observées qui dépassent peu et pendant des périodes de temps relativement courts (17 et 16 heures consécutives) les 19°C (Figure 21).

Ces deux stations présentent des caractéristiques thermiques favorables à la vie salmonicole. Cependant la station amont semble plus limitante avec un total de 7 jours où la valeur de 19°C est dépassée (Figure 22) contre seulement 2 jours seulement pour l'aval.

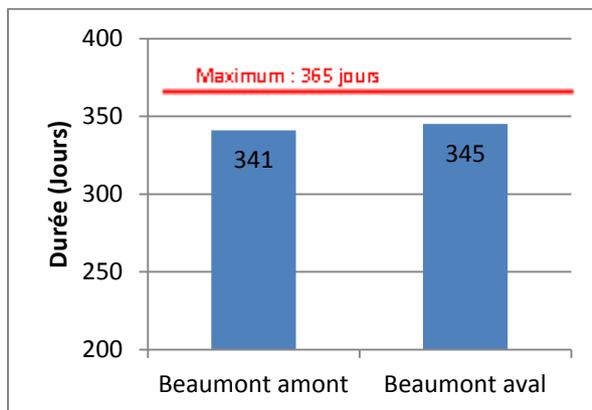


Figure 20 : Durée en jours du préférendum thermique de la truite fario (Entre 4 et 19°C) sur la Choisille de Beaumont

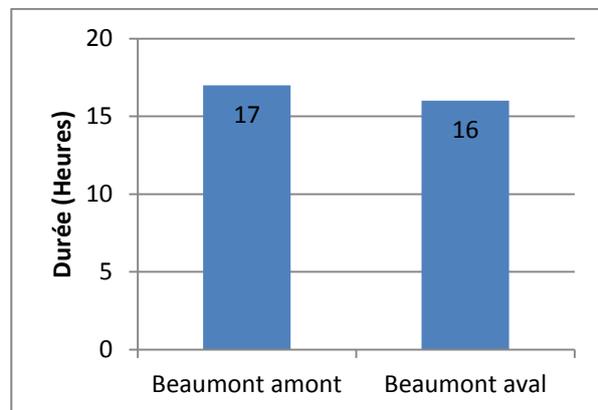


Figure 21 : Durée maximale durant laquelle la température est restée au dessus de 19°C sur la Choisille de Beaumont

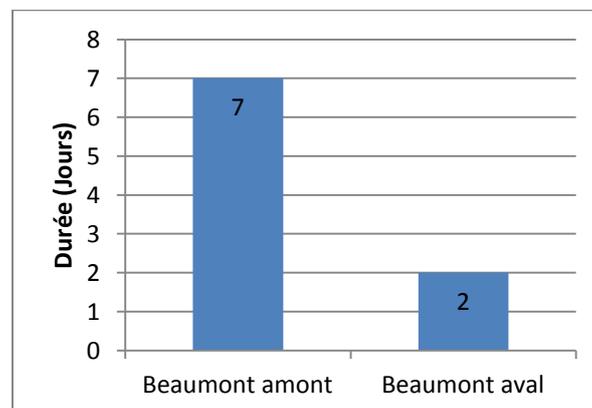


Figure 22 : Nombre de jour total où la température instantanée est strictement supérieure à 19°C sur la Choisille de Beaumont

Une amélioration des conditions thermiques est observable de l'amont vers l'aval du cours de la Choisille de Beaumont (diminution du nombre de jours des températures supérieures à 19°C). Ainsi le secteur aval présente des conditions thermiques plus favorables que l'amont pour la vie salmonicole.

5.1.2.5 Conditions favorables à l'infection par la PKD

Pour les deux stations étudiées sur la Choisille de Beaumont le risque de développement de PKD est fort avec une durée de séquence maximale durant laquelle la température est supérieure à 15°C de 22 jours pour l'amont et 19 jours pour l'aval (Figure 23).

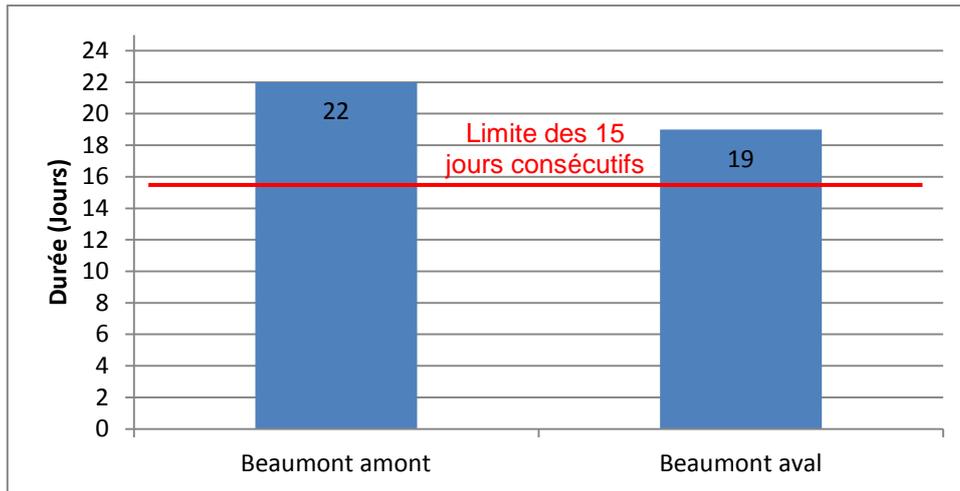


Figure 23 : Durée en jours de la séquence maximale durant laquelle la température est restée au dessus de 15°C sur les 2 stations de la Choisille de Beaumont

5.1.2.6 Conditions thermiques au cours de la phase embryo-larvaire

L'estimation de durée de vie sous graviers est peu variable d'un site à l'autre avec des valeurs 119 jours pour l'amont et 114 pour l'aval (Figure 24). Elles peuvent être considérées comme des durées d'incubation moyennes par rapport aux résultats obtenus sur le département. Aucune température pouvant compromettre fortement le bon développement embryo-larvaire n'a été relevée pendant la période de vie sous graviers identifiées sur les deux stations, à l'exception d'une séquence horaire de deux heures durant laquelle les températures ont été inférieure à 1,5°C pour la station amont (négligeable).

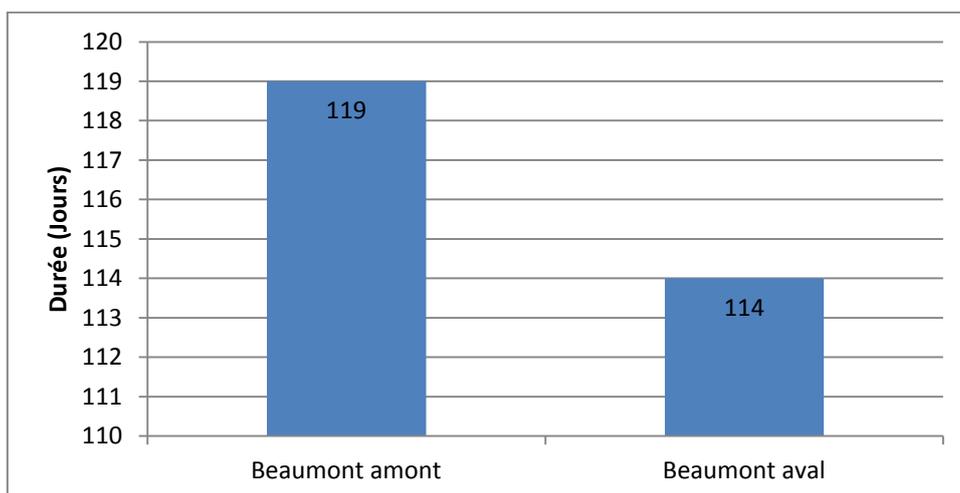


Figure 24 : Durée totale en jours de vie sous graviers (50% d'alevins émergents) sur la Choisille de Beaumont

5.1.2.7 Discussion

Les amplitudes thermiques annuelles ainsi que les différences amont-aval observées sur la Choisille de Beaumont pourraient être liées aux faibles débits d'étiages et à l'occupation des sols. En effet, ces facteurs rendent les cours d'eau particulièrement sensibles aux conditions extérieures (précipitations, rejets liés aux activités humaines et à la température de l'air comme vu précédemment).

Les rejets urbains du bourg de Beaumont et la faible lame d'eau peuvent être une explication aux températures élevées observées sur cette station.

Comme cela a été observé précédemment, le caractère plus frais de la station aval pourrait être le résultat d'une réalimentation par une source en amont de la sonde ou un apport de la Choisille de Rouzier, ce qui limiterait l'incidence du plan d'eau sur cours. La meilleure thermie de Beaumont aval par rapport à Beaumont amont s'explique par ces possibles apports latéraux.

Les risques importants d'infection du PKD sur les deux stations sont liés aux températures estivales qui restent supérieures à 15°C durant une période de temps importante.

Les caractéristiques thermiques de ces deux stations permettent la présence de la truite fario sans pour autant être très optimum pour son développement.

5.2 Choisille de Chenusson

5.2.1 Localisation des enregistreurs thermiques

La localisation des 3 enregistreurs et les caractéristiques des stations étudiées sont présentées dans la figure 25 et le tableau 6 ci-dessous.

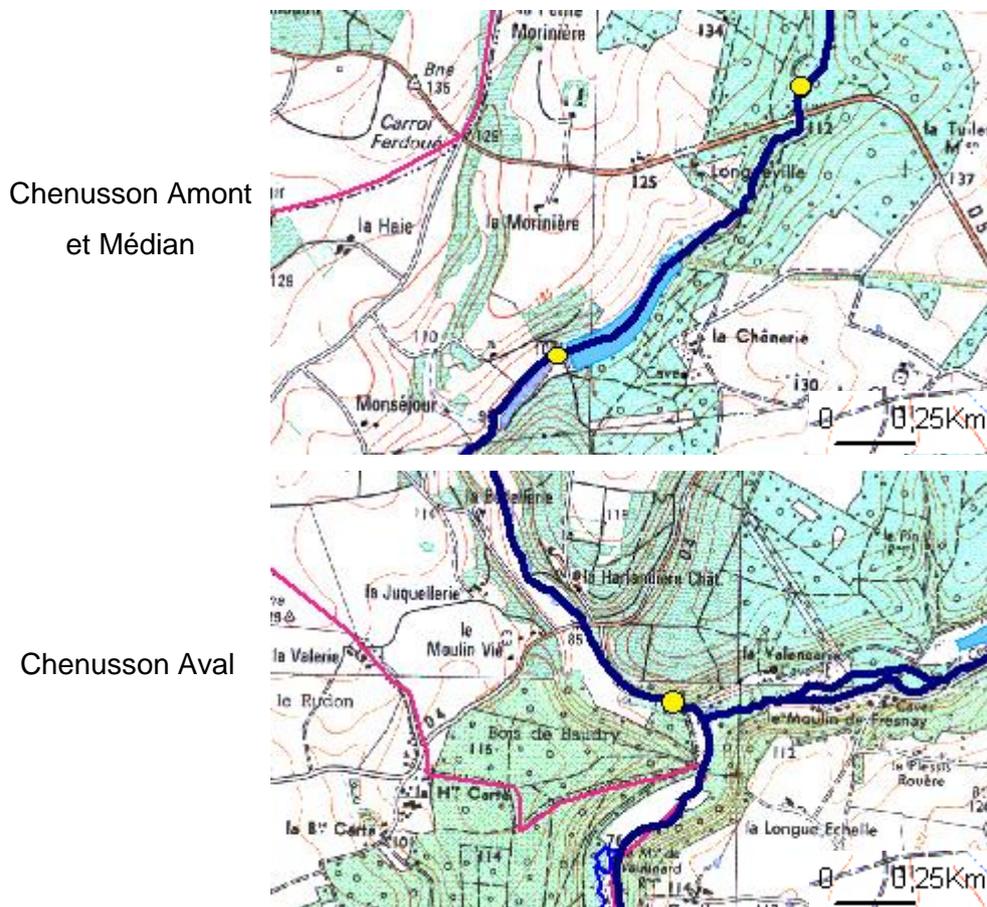


Figure 25 : Localisation géographique des stations étudiées sur la Choisille de Chenusson.

Tableau 6 : Caractéristiques des stations étudiées sur la Choisille de Chenusson et localisation précise des enregistreurs.

Cours d'eau	Stations	Coordonnées lambert 2 étendu	Localisation	Distance à la source (km)	Altitude (m)	Remarques
Choisille Chenusson	Amont	X : 478710 Y : 285270	Nouzilly-Longueville	3,9	121	Amont d'un plan d'eau
Choisille Chenusson	Médian	X : 477950 Y : 284440	Nouzilly-Monséjour	4,9	120	Aval d'un plan d'eau (système moine ?)
Choisille Chenusson	Aval	X : 477767 Y : 281192	Nouzilly-Bois baudry	9,1	96	Disfonctionnement du thermomètre

5.2.2 Résultats

5.2.2.1 Validation des données

Le thermomètre de la station aval s'est avéré hors d'usage, ainsi les données n'ont pas été analysées. Sur les 2 sondes immergées restante, aucune n'a montré de données aberrantes. La totalité des enregistrements réalisés sur ces sondes pendant la période choisie a donc été utilisée dans le traitement et l'analyse des données.

5.2.2.2 Conditions thermiques générales

Sur les deux stations étudiées sur le cours principal de la Choisille de Chenusson les moyennes journalières varient sur l'année de 2,1 à 17,4°C. (Figure 26). Globalement, la période de faibles températures se situe entre la première semaine de décembre et mi-mars. Les températures estivales, bien que relativement chaudes, ne semble pas être limitantes pour le développement de la truite commune. La station amont et la station médian présentent des amplitude élevées avec des valeurs de moyennes journalières respectivement comprises entre 2,1 et 16,3 et 2,4 et 17,4°C. Ainsi, aucune ne présente les caractéristiques thermiques d'un milieu tamponné (faible amplitude thermique journalière et annuelle) considérées comme très favorables à la vie salmonicole.

D'autre part, des variations brutales et amples des températures moyennes journalières durant les périodes estivales et hivernales, sont observables sur la station amont. En effet, sur la station Choisille de Chenusson amont, on observe des variations de l'ordre de 5,3°C (7,4 à 12,7°C) sur de courte période (9 Heures) puis un retour progressif (de 12 à 14 heures) aux valeurs de températures antérieures a ces épisodes. La station médian semble avoir des écarts de températures plus modérés avec des amplitudes thermiques journalières maximales de l'ordre de 2,7°C (6,3 à 9°C).

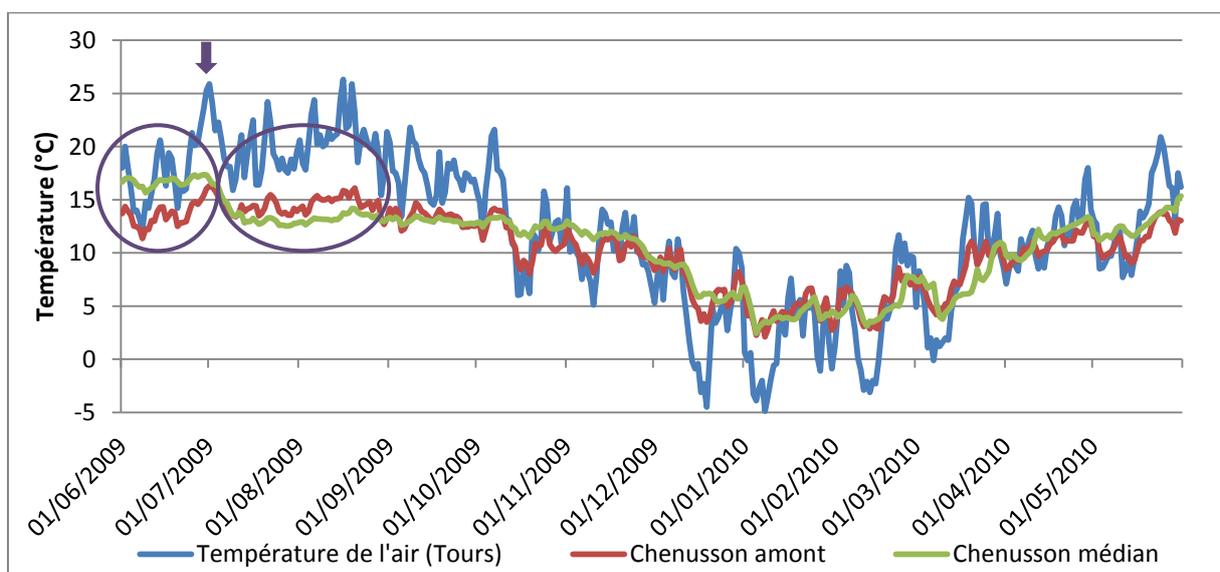


Figure 26 : Courbes des températures moyennes journalières calculées sur la période du 01/06/2009 au 31/05/2010 pour les 2 stations de la Choisille de Chenusson.

5.2.2.3 Température extrême, amplitude et moyenne estivale

Les valeurs de températures moyennes journalières maximales, d'amplitudes annuelles et de moyennes sur les trente jours les plus chauds montrent une augmentation des températures à la station médian (Figure 27). Les valeurs sont non létales pour la vie salmonicole sur les deux stations, le seuil de 25°C considéré comme valeur critique (létale ou sub-létale) pour la survie de la truite fario en rivière, n'ayant pas été atteint.

Les températures les plus élevées ainsi que les amplitudes thermiques journalières les plus fortes sont relevées sur la station médian de la Choisille de Chenusson. Les valeurs de ces paramètres augmentent progressivement de l'amont vers l'aval.

Les valeurs de la moyenne des températures des trente jours consécutifs les plus chauds montrent une augmentation importante de l'amont vers la station médian sur cette Choisille. La station médian est directement influencée par un plan d'eau où les eaux sont très sensibles aux fortes températures estivales. Ainsi on observe sur ce paramètre une augmentation de l'ordre de 2°C entre les deux stations.

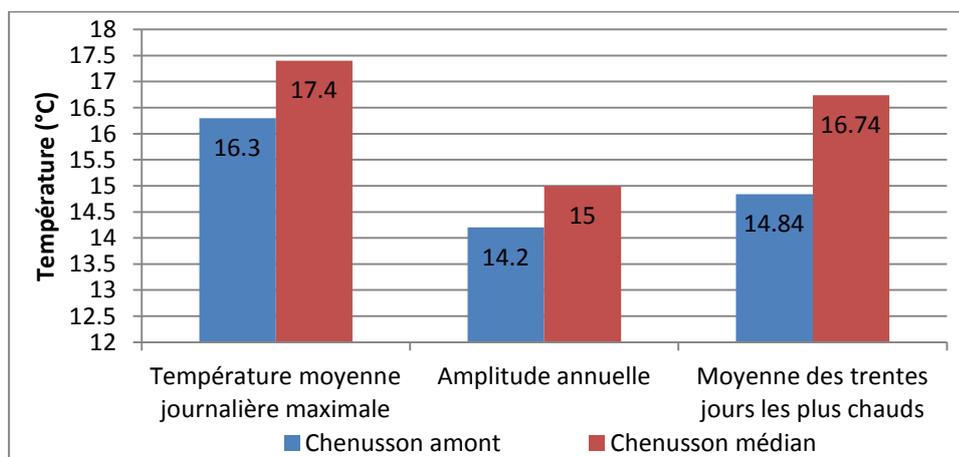


Figure 27 : Température moyenne journalière maximale, amplitude annuelle et moyenne des trente jours les plus chauds obtenues pour les 2 stations du bassin de la Choisille de Chenusson.

Au cours de la période estivale 2010, les températures instantanées maximales et minimales de la station Chenusson amont ont augmenté respectivement de 0,1 et 0,3°C. Les températures maximales sont passées de 17,2 à 17,3°C et les températures minimales de 1,4 à 1,7°C. En ce qui concerne la station médian, la température instantanée maximale a diminué de 0,9°C (passant de 18,1°C en 2009 à 17,2°C en 2010) et la température minimale instantanée a augmenté de 0,9°C (passant de 2,1°C en 2009 à 3°C en 2010). La température moyenne des trente jours consécutifs les plus chauds a augmenté pour la station amont et diminué pour la station médian. Elle a augmenté de 0,23°C pour Chenusson

amont (14,84°C en 2009 et 15,07°C en 2010) et diminué de 2°C pour Chenusson médian (16,74°C en 2009 et 14,74°C en 2010). Le seuil des 25°C n'a pas été dépassé.

5.2.2.4 Période de croissance et préférendum thermique

La figure 28 montre peu de différences de la durée du préférendum thermique entre les deux stations avec des valeurs de 344 et 339 jours par an. Ces durées d'optimum thermique sont moyennes par rapport aux résultats obtenus sur les autres stations étudiées. Pour la station Chenusson amont 6% de la plage de données est inférieure à 4°C contre 6% pour la station médian.

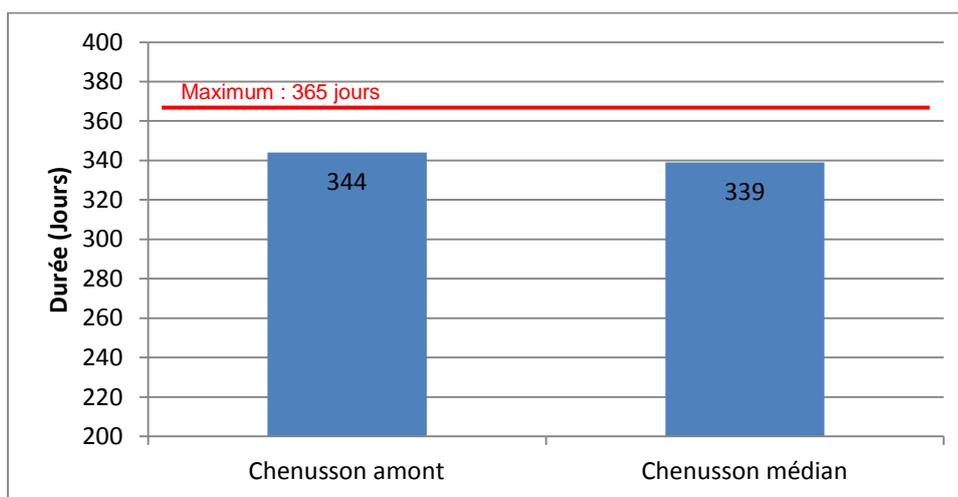


Figure 28 : Durée en jours du préférendum thermique de la truite fario (Entre 4 et 19°C) sur la Choisille de Chenusson

Une dégradation des conditions thermiques est observable de l'amont vers l'aval du cours de la Choisille de Chenusson (diminution du nombre de jour de préférendum thermique pour la truite fario). Ainsi le secteur amont présente des conditions thermiques plus favorables que l'aval du plan d'eau pour la vie salmonicole.

5.2.2.5 Conditions favorables à l'infection par la PKD

Pour la station Chenusson amont le risque de développement de PKD est faible avec une durée de séquence maximale durant laquelle la température est supérieure à 15°C de 5 jours consécutifs (Figure 29). En revanche, la station située en aval a une valeur (35 jours consécutifs) supérieure à cette limite des 15 jours consécutifs. Ainsi sur cette station, le risque de développement de PKD semble important.

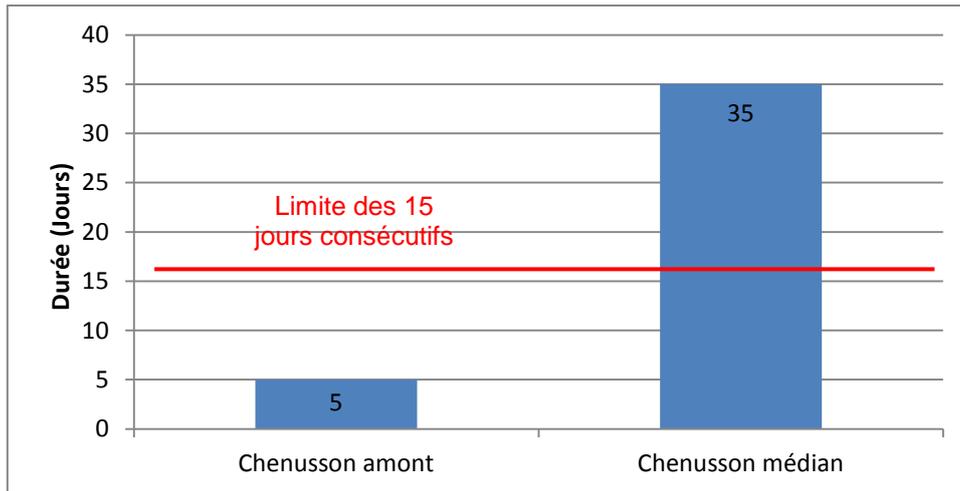


Figure 29 : Durée en jours de la séquence maximale durant laquelle la température est restée au dessus de 15°C sur les 2 stations de la Choisille de Chenusson.

5.2.2.6 Conditions thermiques au cours de la phase embryo-larvaire

L'estimation de durée de vie sous graviers est peu variable d'un site à l'autre avec des valeurs 121 jours pour l'amont et 124 pour la station médian (Figure 30). Elles peuvent être considérées comme des durées d'incubation élevées par rapport aux autres résultats obtenus sur le département. Aucune température pouvant compromettre fortement le bon développement embryo-larvaire n'a été relevée pendant la période de vie sous graviers identifiée sur les deux stations.

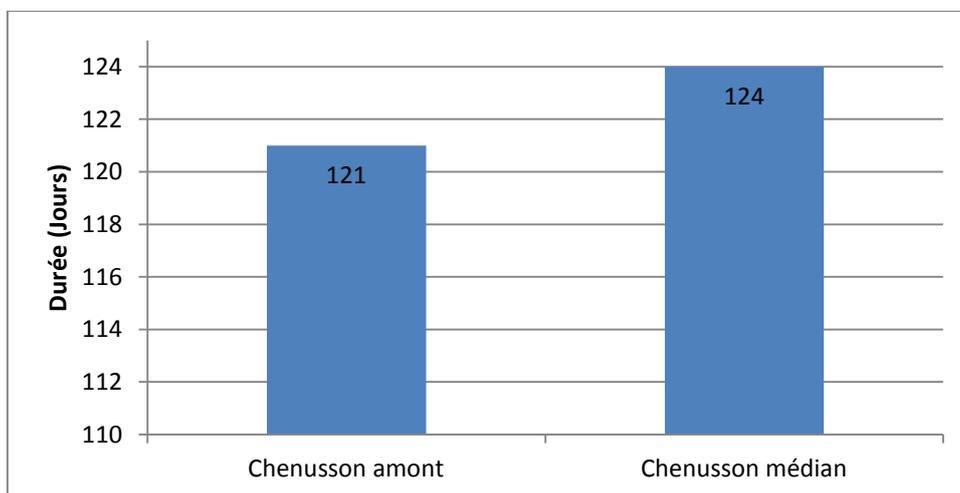


Figure 30 : Durée totale en jours de vie sous graviers (50% d'alevins émergents) sur la Choisille de Chenusson

5.2.2.7 Discussion

Les amplitudes thermiques annuelles ainsi que les différences amont-aval observées de la Choisille de Chenusson pourraient être liées en partie aux faibles débits d'étiages et à l'occupation des sols, notamment pour la station amont. En effet, ces facteurs rendent les cours d'eau particulièrement sensibles aux conditions extérieures (précipitations, rejets liés aux activités humaines et à la température de l'air comme vu précédemment).

En revanche, les températures plus élevées de la station médian avant le premier juillet sont directement liées à la présence du plan d'eau sur cours situé juste en amont de la sonde. Cela explique la diminution du préférendum thermique de la truite fario à l'aval du plan d'eau. Les températures plus fraîches mesurées après le premier juillet sur cette même station sont peut être dues à la diminution du débit issue du plan d'eau. En effet, on peut imaginer que les températures extérieures élevées ont entraîné une diminution du niveau d'eau du plan d'eau et par conséquent du débit rejeté dans le cours d'eau. Les températures de l'eau seraient alors influencées par la température de l'eau provenant de la nappe affleurantes et/ou de résurgences.

Les risques importants d'infection du PKD sur la station Chenusson médian sont liés aux températures estivales qui restent supérieures à 15°C durant une période de temps importante.

Les caractéristiques thermiques de ces deux stations permettent la présence de la truite fario sans pour autant être optimum pour son développement.

5.3 Choisille Semblançay

5.3.1 Localisation des enregistreurs thermiques

La localisation des 3 enregistreurs et les caractéristiques des stations étudiées sont présentées dans la figure 31 et le tableau 7 ci-dessous.

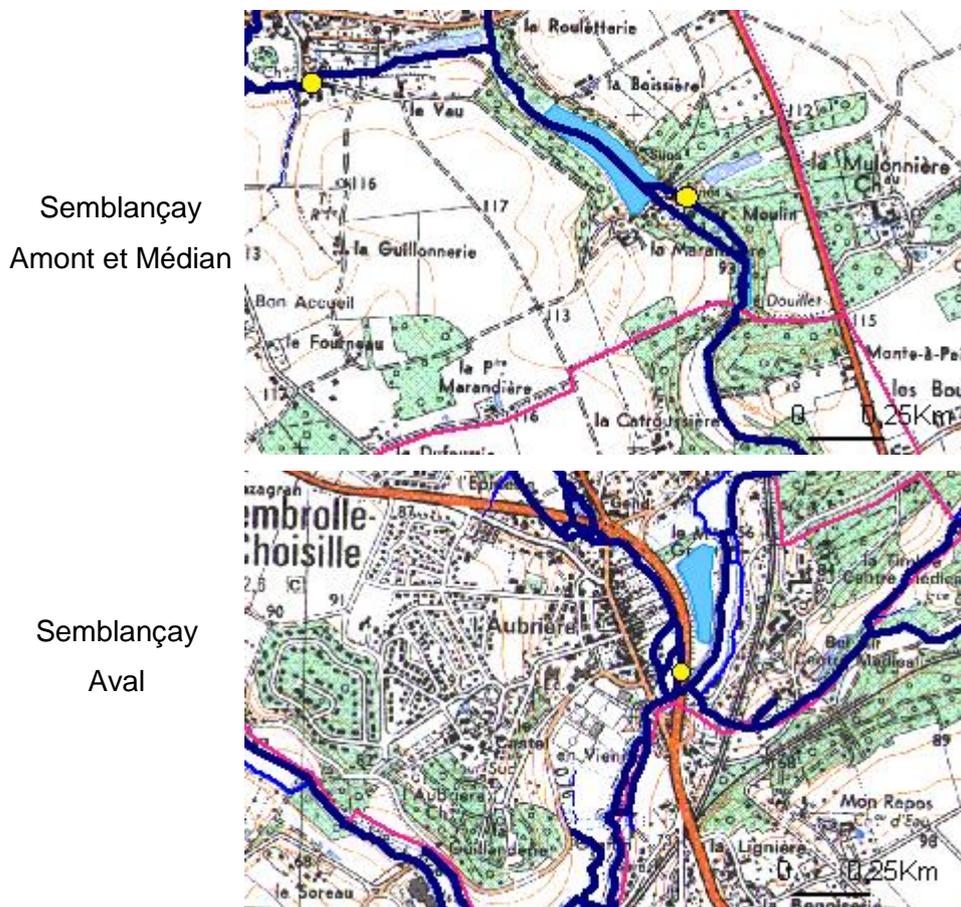


Figure 31 : Localisation géographique des stations étudiées sur la Choisille de Semblançay.

Tableau 7 : Caractéristiques des stations étudiées sur la Choisille de Semblançay et localisation précise des enregistreurs.

Cours d'eau	Stations	Coordonnées lambert 2 étendu	Localisation	Distance à la source (km)	Altitude (m)	Remarques
Choisille Semblançay	Amont	X : 468020 Y : 279090	Semblançay, Château	5,0	100	Thermomètre ensoleillé mais sous souche
Choisille Semblançay	Médian	X : 469180 Y : 278720	Semblançay, Le grand moulin	6,4	92	Aval plan d'eau sur cours, déplacement du thermomètre de 4m le 13/04/2010
Choisille Semblançay	Aval		La Membrolle-sur-Choisille	15,9	60	

5.3.2 Résultats

5.3.2.1 Validation des données

Sur les 3 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.

5.3.2.2 Conditions thermiques générales

Sur l'ensemble des stations étudiées sur le cours principal de la Choisille de Semblançay les moyennes journalières varient sur l'année de 1 à 26,6°C. (Figure 32). Globalement, la période de faibles températures se situe entre la première semaine de novembre et mi-mars. Les températures estivales, bien que relativement chaudes, ne semblent pas être létales pour la truite fario, sur les stations amont et aval de la Choisille de Semblançay. En revanche, ces températures sont limitantes sur la station médian en aval du plan d'eau puisqu'elles dépassent le seuil létale de 25°C. Les stations amont, médian et aval de cette Choisille présentent des amplitudes élevées avec des valeurs de moyennes journalières respectivement comprises entre 1,5 et 20,7°C, 1,8 et 26,6°C et 1 et 21,3°C. Ainsi, aucune ne présente les caractéristiques thermiques d'un milieu tamponné (faible amplitude thermique journalière et annuelle) considérées comme très favorables à la vie salmonicole.

D'autre part, des variations brutales et amples des températures moyennes journalières durant les périodes estivales et hivernales, sont observables sur les stations amont et médian. En effet, sur la station amont, qui est la plus représentative de ce phénomène, l'on observe des variations de 6,6°C (13,9 à 20,5°C) sur de courtes périodes (10 heures) puis un retour progressif (de 12 à 14 heures) aux valeurs de températures antérieures à ces épisodes. La station aval et la station médian semblent avoir des écarts de température plus modérés avec respectivement des amplitudes thermiques journalières maximales de l'ordre de 3,5°C (8,6 à 12,1°C) et de 5,8°C (13,5 à 19,3°C).

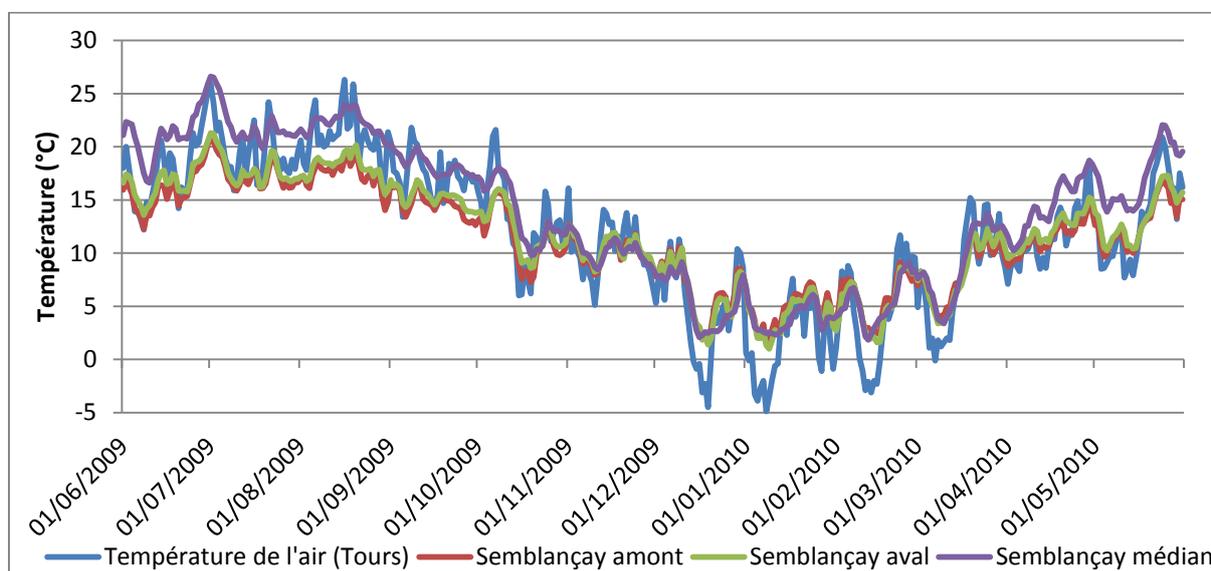


Figure 32 : Courbes des températures moyennes journalières calculées sur la période du 01/06/2009 au 31/05/2010 pour les 3 stations de la Choisille de Semblançay. 39

5.3.2.3 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 pour les stations amont et aval et des températures plus importantes sur la station médian (Figure 33). Les valeurs sont non limitantes pour la vie salmonicole sur les stations amont et aval de la Choisille de Semblançay, le seuil de 25°C considéré comme valeur critique (létale ou sub-létale) pour la survie de la truite fario, n'ayant pas été atteint. En revanche des températures supérieures à 25°C ont été observées sur la station médian.

Les températures les plus élevées ainsi que les amplitudes thermiques journalières les plus fortes sont relevées sur la station médian. Les valeurs de ces paramètres augmentent fortement de l'amont vers l'aval du plan d'eau (station médian), puis diminuent progressivement jusqu'à la station aval.

Les valeurs de la moyenne des températures des trente jours consécutifs les plus chauds montrent une augmentation importante à l'aval du plan d'eau. Une augmentation logique de ce paramètre de l'amont vers l'aval est observée sur la Choisille de Semblançay.

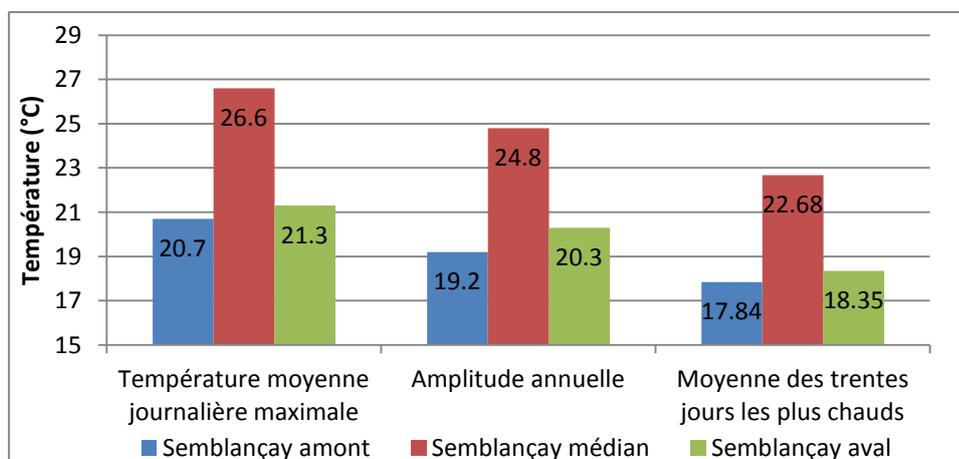


Figure 33 : Température moyenne journalière maximale, amplitude annuelle et moyenne des trente jours les plus chauds obtenues pour les 3 stations du bassin de la Choisille de Semblançay.

Au cours de la période estivale 2010, la température instantanée maximale de la station Semblançay amont a augmenté de 1,3°C et la température instantanée minimale est restée stable. La température maximale est passée de 22,4 à 23,7°C et la température minimale est restée à 0,8°C. Pour la station aval, la température instantanée minimale a augmenté de 0,3°C et la température instantanée maximale est restée stable. La température minimale est passée de 0,9 à 1,2°C et la température maximale est restée à 22,5°C. En ce qui concerne la station médian, la température instantanée maximale a diminué de 0,4°C (passant de 28,5°C en 2009 à 28,1°C en 2010) et la température minimale

instantanée a augmenté de 0,5°C (passant de 1,4°C en 2009 à 1,9°C en 2010). La température moyenne des trente jours consécutifs les plus chauds a augmenté pour l'ensemble des trois stations. Elle a augmenté de 0,82°C pour la station amont (17,84°C en 2009 et 18,66°C en 2010), de 0,74°C pour la station aval (18,35°C en 2009 et 19,09°C en 2010) et de 1,09°C pour la station médian (22,68°C en 2009 et 23,77°C en 2010).

5.3.2.4 Période de croissance et préférendum thermique

La figure 34 montre une petite différence de la durée du préférendum thermique entre les stations amont et aval avec des valeurs respectives de 327 et 318 jours par an. Ces durées d'optimum thermique sont plutôt faibles par rapports aux autres résultats obtenus sur le département. La station médian possède une durée de préférendum thermique très faible avec seulement 219 jours compris dans l'optimum de la truite fario. Pour la station amont, 8% de la plage de donnée est inférieure à 4°C et 3% supérieur à 19°C. Pour la station aval, 9% de la plage de donnée est inférieure à 4°C et 4% supérieur à 19°C. Enfin, en ce qui concerne la station médian 11% et 29% de la plage de donnée sont respectivement inférieure à 4°C et supérieur à 19°C.

D'autre part, les stations étudiées ont des maximales qui ne dépassent pas les 25°C à l'exception de la station médian. Sur celle-ci, les conditions se dégradent fortement avec l'augmentation des températures observées qui dépassent souvent et pendant des périodes de temps très importantes (jusqu'à 106 jours consécutifs) les 19°C (Figure 35) et parfois même les 25°C.

Les deux autres stations présentent des caractéristiques thermiques plus favorables à la vie salmonicole avec un maximum de 11 et 17 jours (Figure 36) où la valeur de 19°C est parfois dépassée sur des séquences maximales de 34 heures pour l'amont et 147 heures (soit environ 6 jours) pour l'aval.

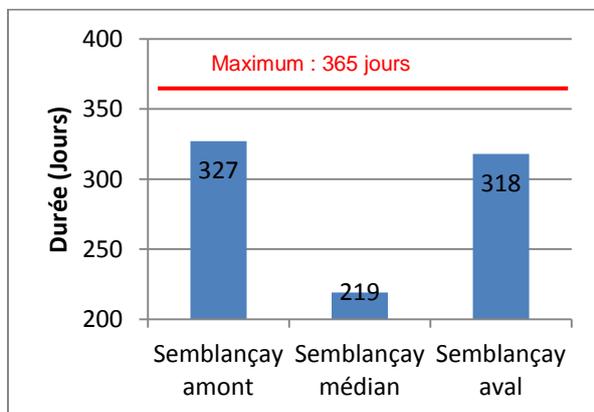


Figure 34 : Durée en jours du préférendum thermique de la truite fario (Entre 4 et 19°C) sur la Choisille de Semblançay

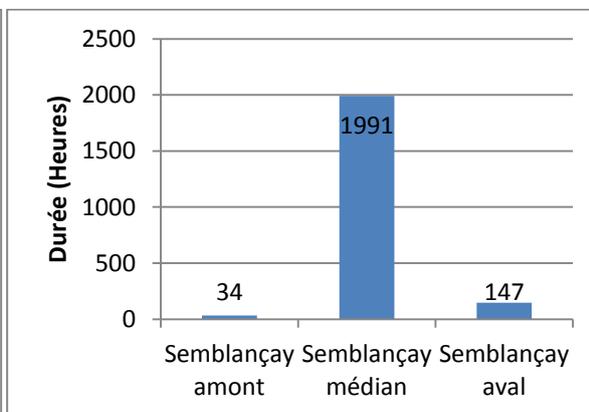


Figure 35 : Durée maximale durant laquelle la température est restée au dessus de 19°C sur la Choisille de Semblançay

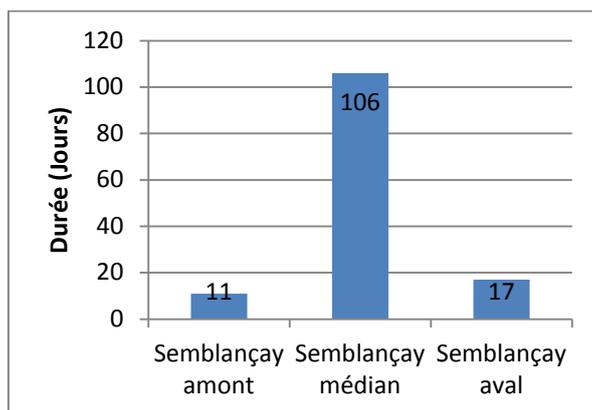


Figure 36 : Nombre de jour total où la température instantanée est strictement supérieure à 19°C sur la Choisille de Semblançay

Une forte altération des conditions thermiques est observable entre la station amont et la station médian du cours principale de la Choisille de Semblançay (diminution de la durée du préférendum thermique et dépassement très fréquent des 19°C sur la station médian). Ces conditions thermiques s'améliorent sur la station aval. Ainsi les secteurs amont et aval de la Choisille de Semblançay présentent des conditions thermiques plus favorables que le secteur médian pour la vie salmonicole.

5.3.2.5 Conditions favorables à l'infection par la PKD

Pour les trois stations étudiées sur la Choisille de Semblançay le risque de développement de PKD est fort avec des durées de séquences maximales durant laquelle la température est supérieure à 15°C, respectivement de l'amont vers l'aval de 47, 124 et 68 jours (Figure 37). La station médian présente le plus fort risque de développement du PKD.

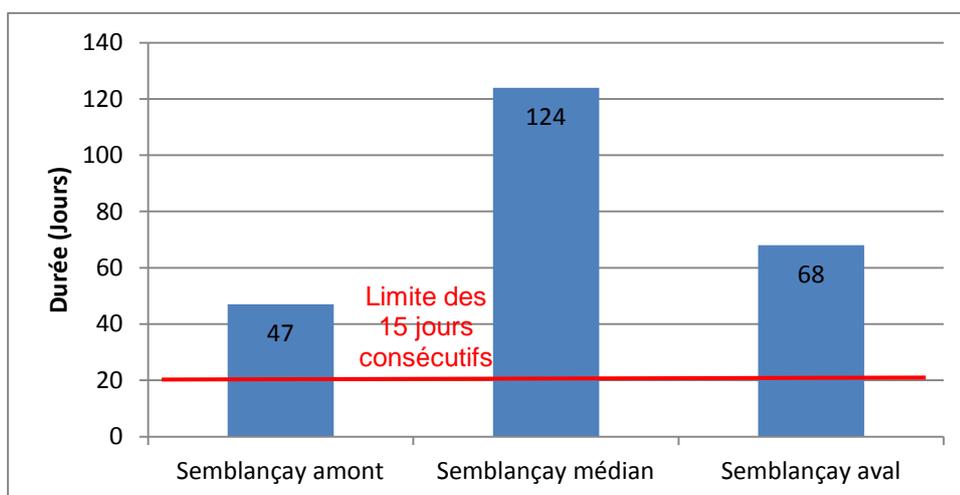


Figure 37 : Durée en jours de la séquence maximale durant laquelle la température est restée au dessus de 15°C sur les 3 stations de la Choisille de Semblançay

5.3.2.6 Conditions thermiques au cours de la phase embryo-larvaire

L'estimation de durée de vie sous graviers est peu variable d'un site à l'autre avec des valeurs comprises entre 116 et 119 jours (Figure 38). Elles peuvent être considérées comme des durées d'incubation plutôt moyennes par rapport aux autres résultats obtenus sur le département. Aucune température pouvant compromettre fortement le bon développement embryo-larvaire n'a été relevée pendant la période de vie sous graviers identifiée sur la station médian. En revanche, une séquence horaire de 8 heures pour la station amont et une séquence horaire de 11 heures pour l'aval durant lesquelles les températures ont été inférieures à 1,5°C ont été relevés. Ces séquences de temps sont relativement faibles et peuvent être négligées.

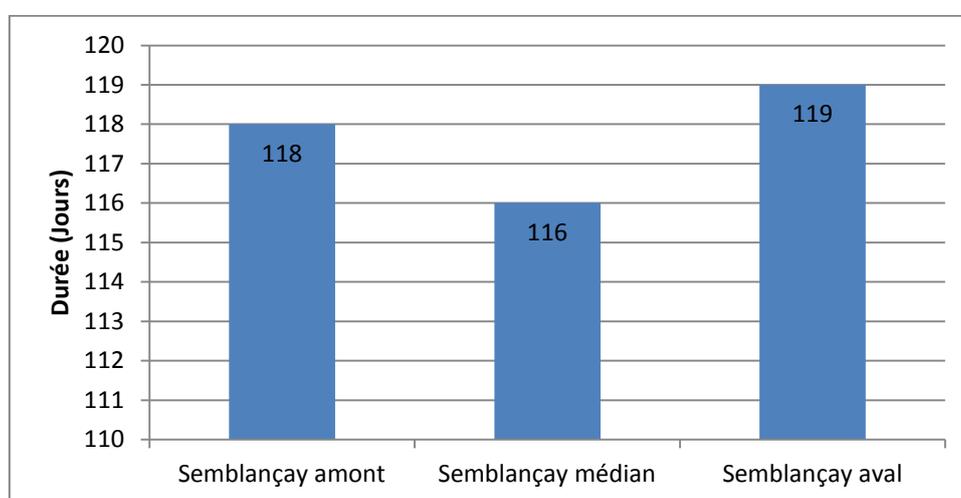


Figure 38 : Durée totale en jours de vie sous graviers (50% d'alevins émergents) sur la Choisille de Semblançay

5.3.2.7 Discussion

Les amplitudes thermiques annuelles ainsi que les différences observées sur le profil longitudinal de la Choisille de Semblançay pourraient être liées en partie aux faibles débits d'étiages et à l'occupation des sols. En effet, ces facteurs rendent les cours d'eau particulièrement sensibles aux conditions extérieures (précipitations, rejets liés aux activités humaines et à la température de l'air comme vu précédemment).

En revanche, les températures nettement plus élevées de la station médian sont directement liées à la présence du plan d'eau sur cours situé juste en amont de la sonde. Cela explique également la diminution du préférendum thermique de la truite fario sur cette station.

Les températures plus élevées sur la station aval que la station amont s'expliquent par une altération logique des conditions thermiques de l'amont vers l'aval (altitude et distance à la source).

On notera que les petits apports d'émissaires et un environnement relativement boisé ont permis de retrouver des températures à l'aval cohérentes avec l'amont malgré l'impact important du plan d'eau sur cours. L'atténuation de l'impact du plan d'eau a été probablement possible grâce à une réalimentation par des sources.

Les risques importants d'infection du PKD sur les trois stations sont liés à des températures estivales qui restent supérieures à 15°C durant une période de temps importante. Le plan d'eau sur cours explique la durée trois fois supérieur de la séquence maximale durant laquelle la température est restée au dessus de 15°C sur la station médian par rapport aux deux autres stations.

Les caractéristiques thermiques des stations amont et aval permettent la présence de la truite fario sans pour autant être optimum à son développement. Seule la station médian semble ne pas être en mesure d'accueillir l'espèce sauf peut être de façon temporaire, lors de sa reproduction par exemple.

6. Bassin versant de la Dême

Le bassin versant de la Dême présente des fonds de vallées dominés par des zones de prairies ou de boisement. Les versants et les plateaux sont dominés par les cultures de céréales.

La tête de bassin de la Dême est constituée par des plans d'eau sur cours, ce qui se traduit par des ruptures d'écoulements ou des étiages très sévères. Une source située à environ 3 km des sources officielles permet d'assurer un écoulement pérenne à l'aval. On note plusieurs affluents avec principalement la Desmée et la Rorthe qui font également l'objet de suivis thermiques.

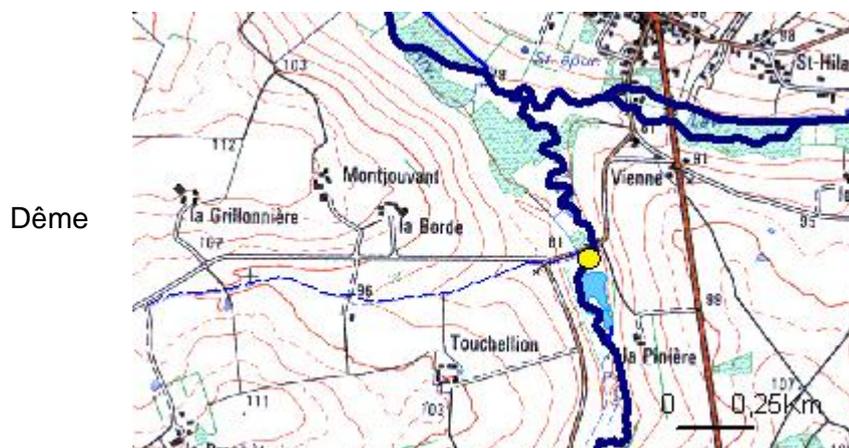
Le linéaire de la Dême en Indre et Loire est de 17 km. On note une population non négligeable de truites fario sur ce ruisseau dont les principaux indices de reproductions connus se situent dès le secteur pérenne soit à environ 3 km des sources officielles.

Pour ce qui est de la Desmée, le linéaire de cours d'eau est de l'ordre de 13 km, avec un plan d'eau situé sur la source. On note également des frayères actives sur la partie médiane et aval de ce ruisseau.

Enfin, pour la Rorthe, le linéaire de cours d'eau est de l'ordre de 7 km. On note des indices de pontes de truites fario réparties sur tout le linéaire. Ce ruisseau abrite également une population d'écrevisses à pattes blanches.

6.1 Localisation des enregistreurs thermiques

La localisation des 3 enregistreurs et les caractéristiques des stations étudiées sont présentées dans la figure 39 et le tableau 8 ci-dessous.



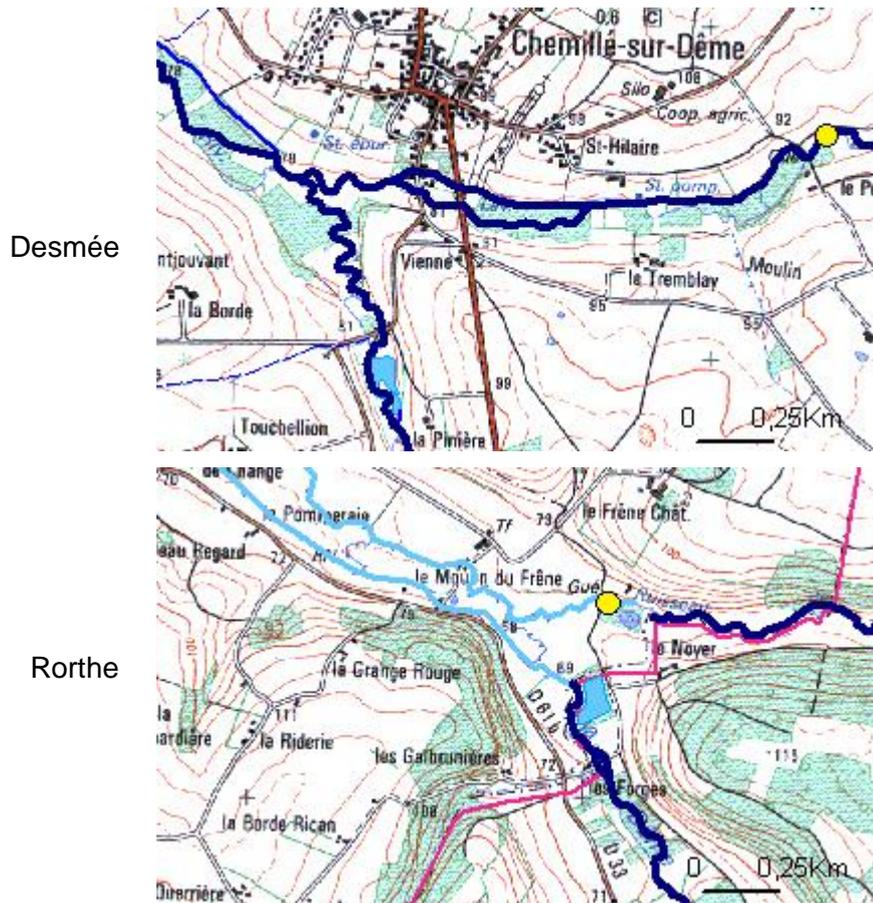


Figure 4 : Localisation géographique des stations étudiées sur le bassin de la Dême.

Tableau 8 : Caractéristiques des stations étudiées sur le bassin de la Dême et localisation précise des enregistreurs.

Cours d'eau	Stations	Localisation	Distance à la source (km)	Altitude (m)	Remarques
Dême	Aval	Chemillé-sur-Dême-La Pinière 8,8m du seuil	12,0	81	Léger envasement
Desmée	Aval	Chemillé-sur-Dême-Le Poirier vert	11,3	85	
Rorthe	Aval	Beaumont-Démégué	7,5	74	

6.2 Résultats

6.2.1 Validation des données

Sur les 3 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.

6.2.2 Conditions thermiques générales

Sur l'ensemble des stations étudiées sur le bassin versant de la Dême, les moyennes journalières varient sur l'année de 2 à 19°C. (Figure 40). Globalement, la période de faibles températures se situe entre la première semaine de décembre et mi-mars. Les températures estivales, bien que relativement chaudes, ne semble pas être limitantes pour le développement de la truite commune. La Dême aval, la Rorthe aval et la Desmée aval présentent des amplitudes modérées avec des valeurs de moyennes journalières respectivement comprises entre 2 et 19°C, 2,2 et 16,8°C et 2,6 et 17,9°C..

D'autre part, des variations brutales et amples des températures moyennes journalières durant les périodes estivales et hivernales, sont observables sur les trois stations. En effet, sur les stations Rorthe aval et Desmée aval qui sont les plus représentative de ce phénomène, l'on observe des variations de l'ordre de 4,5°C (9,5 à 14°C pour la Rorthe et 10,1 à 14,6°C pour la Desmée) sur de courte période (10 Heures) puis un retour progressif (de 12 à 14 heures) aux valeurs de températures antérieures à ces épisodes. La station de la Dême aval semble avoir des écarts de températures plus modérés avec une amplitude thermique journalière maximale de l'ordre de 3,7°C (8,1 à 11,8°C).

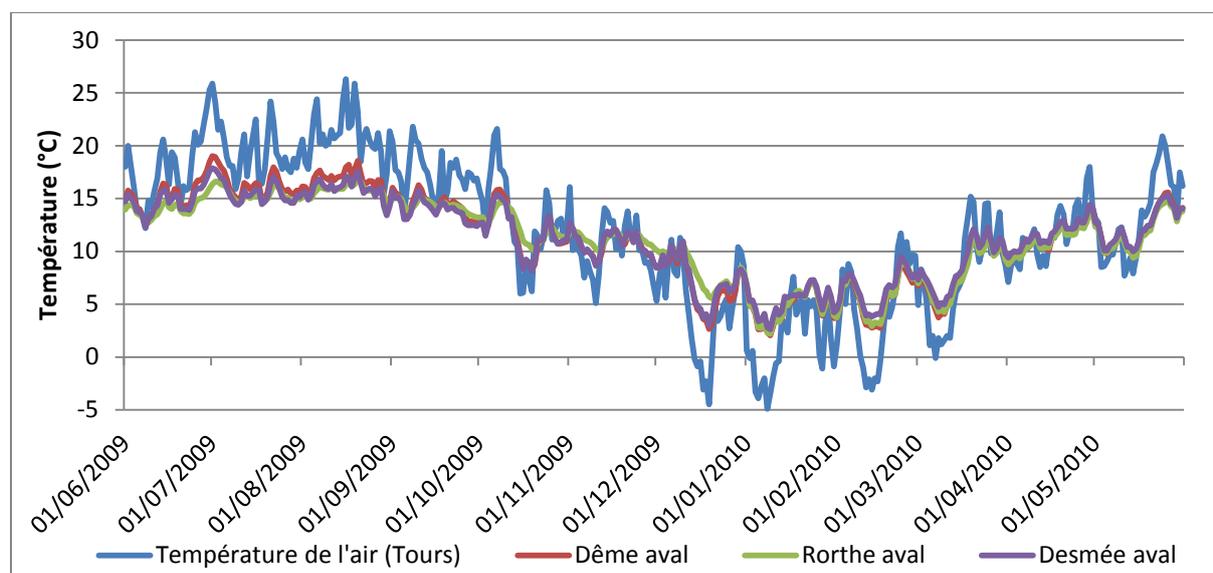


Figure 40 : Courbes des températures moyennes journalières calculées sur la période du 01/06/2009 au 31/05/2010 pour les 3 stations du bassin de la Dême.

6.2.3 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 41). Les valeurs sont non létales pour la vie salmonicole sur l'ensemble du bassin de la Dême, le seuil de 25°C considéré comme valeur critique (létale ou sub-létale) pour la survie de la truite fario, n'ayant pas été atteint.

Les températures les plus élevées ainsi que les amplitudes thermiques journalières les plus fortes sont relevées sur la Dême aval et les plus faibles sur la Rorthe aval.

Les valeurs de la moyenne des températures des trente jours consécutifs les plus chauds sont de l'ordre de 16°C pour les 3 stations.

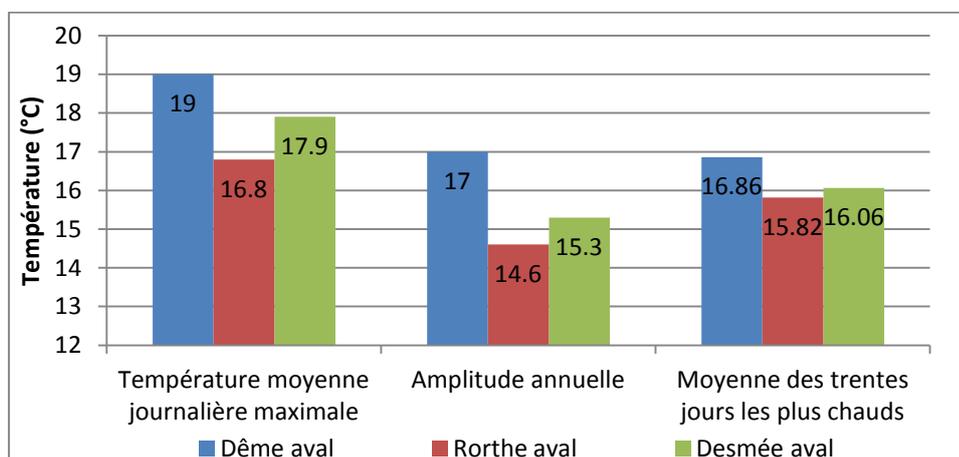


Figure 41 : Température moyenne journalière maximale, amplitude annuelle et moyenne des trente jours les plus chauds obtenues pour les 3 stations du bassin de la Dême.

Au cours de la période estivale 2010, les températures instantanées maximales et minimales des stations de la Dême, de la Rorthe et de la Desmée ont augmentées. Les températures maximales sont passées de 19,8 à 19,9°C et les températures minimales de 1,8 à 2,9°C pour la Dême, soit des augmentations de 0,1 et 1,1°C. Pour la station de la Rorthe, la température instantanée maximale a augmenté de 2,1°C (passant de 17°C en 2009 à 19,1°C en 2010) et la température minimale instantanée a augmenté de 0,5°C (passant de 1,8°C en 2009 à 2,3°C en 2010). En ce qui concerne la Desmée, la température instantanée maximale a augmenté de 0,2°C (passant de 18,9°C en 2009 à 19,1°C en 2010) et la température minimale instantanée de 0,7°C (passant de 2,3°C en 2009 à 3°C en 2010). La température moyenne des trente jours consécutifs les plus chauds a augmenté pour l'ensemble des trois stations. Elle a augmenté de 0,25°C pour la Dême (16,86°C en 2009 et 17,11°C en 2010), de 0,64°C pour la Rorthe (15,82°C en 2009 et 16,46°C en 2010) et de 0,3°C pour la Desmée (16,06°C en 2009 et 16,36°C en 2010).

6.2.4 Période de croissance et préférendum thermique

La figure 42 montre une différence de la durée du préférendum thermique entre les stations étudiées avec des valeurs comprises entre 340 et 354 jours par an. Les stations de la Dême, Rorthe et Desmée ont respectivement 7, 3 et 5% de leur plage de donnée qui est inférieure à 4°C. Ces durées d'optimum thermique sont moyennes à bonnes par rapport aux autres résultats obtenus dans le département

D'autre part, les stations étudiées ont des maximales qui ne dépassent pas les 25°C, ni les 19°C à l'exception de la station de la Dême. En effet, cette station possède un jour et demi où la valeur de 19°C est dépassée (Figure 43) sur une séquence maximale de 12 heures (Figure 44).

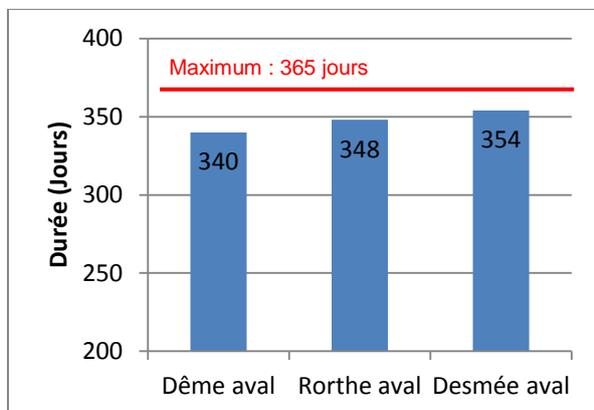


Figure 42 : Durée en jours du préférendum thermique de la truite fario (Entre 4 et 19°C) sur le bassin de la Dême

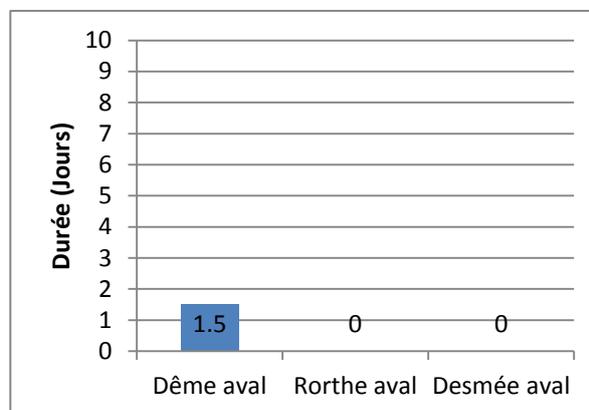


Figure 43 : Nombre de jour total où la température instantanée est strictement supérieure à 19°C sur le bassin de la Dême

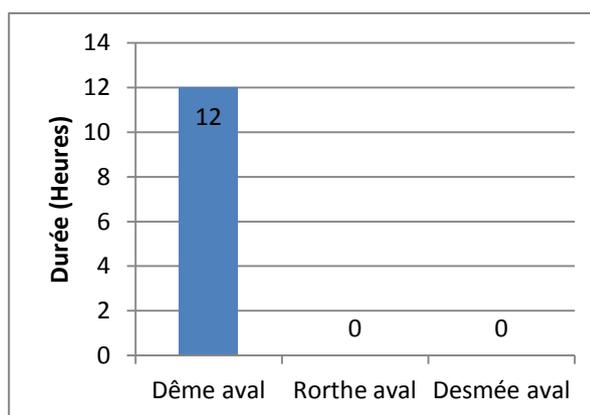


Figure 44 : Durée maximale durant laquelle la température est restée au dessus de 19°C sur le bassin de la Dême

Le secteur de la Dême aval présente des conditions thermiques plus limitantes pour la vie salmonicole que la Rothe aval et la Desmée aval.

6.2.5 Conditions favorables à l'infection par la PKD

Pour les stations Dême aval et Rorthe aval le risque de développement de PKD est fort avec des durées de séquences maximales durant laquelle la température est supérieure à 15°C de 25 jours (Figure 45). En revanche, le risque est faible pour la station de la Desmée aval puisque la séquence maximale durant laquelle la température est supérieure à 15°C ne dépasse pas la limite des 15 jours.

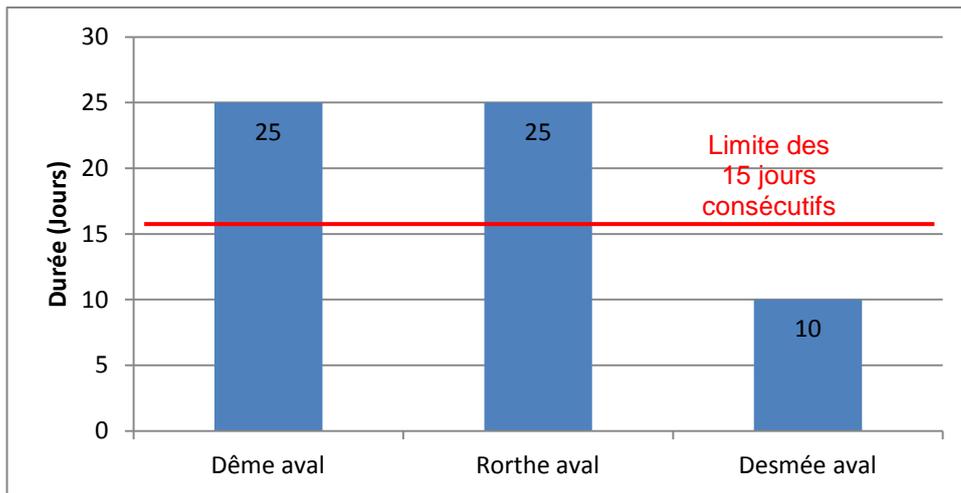


Figure 45 : Durée en jours de la séquence maximale durant laquelle la température est restée au dessus de 15°C sur les 3 stations du bassin de la Dême

6.2.6 Conditions thermiques au cours de la phase embryo-larvaire

L'estimation de durée de vie sous graviers est peu variable d'un site à l'autre avec des valeurs comprises entre 113 et 118 jours (Figure 46). Elles peuvent être considérées comme des durées d'incubation moyennes par rapport aux autres résultats obtenus sur le département. Aucune température pouvant compromettre fortement le bon développement embryo-larvaire n'a été relevée pendant la période de vie sous graviers identifiée sur les trois stations étudiées.

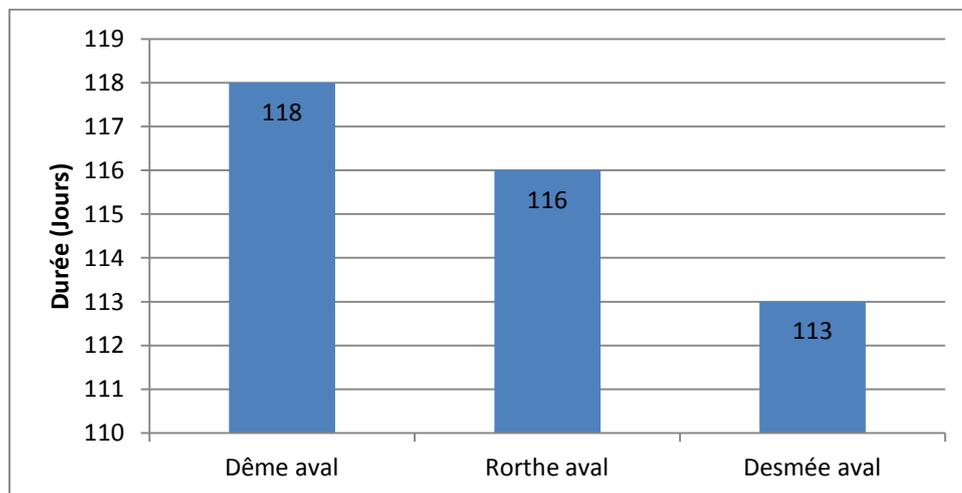


Figure 46 : Durée totale en jours de vie sous graviers (50% d'alevins émergents) sur le bassin de la Dême

6.2.7 Discussion

Les amplitudes thermiques annuelles observées sur chacun des trois cours d'eau étudiés pourraient être liées en partie aux faibles débits d'étiages et à l'occupation des sols. En effet, ces facteurs rendent les cours d'eau particulièrement sensibles aux conditions extérieures (précipitations, rejets liés aux activités humaines et à la température de l'air comme vu précédemment).

Les températures relativement fraîches de ces trois cours d'eau sont peut être liées à la réalimentation de ces cours d'eau par des sources et à l'absence de plan d'eau sur cours (hormis les zones de sources pour la Dême et la Desmée).

Ces températures fraîches expliquent les durées acceptables du préférendum de la truite fario sur ces cours d'eau compte tenu de la distance à la source des thermomètres.

Les risques importants d'infection du PKD sur la station de la Dême et de la Rorthe sont liés à des températures supérieures à 15°C durant une période de temps conséquente en période estivale.

L'ensemble des stations étudiées présente des conditions favorables pour la vie salmonicole.

7. Bassin versant de l'Escotais

Le bassin versant de l'Escotais présente des fonds de vallées dominés par des zones de prairies ou de boisement. Les versants et la tête de bassin par les cultures de céréales et arboriculture.

La source de l'Escotais est constituée par un plan d'eau. On note quelques petits affluents qui sont relativement dégradés (anciens curages, plans d'eau sur cours) et assez peu protégés par la ripisylve hormis le ruisseau du Breuil. Ce ruisseau a également fait l'objet d'un suivi thermique.

Le linéaire de l'Escotais en Indre et Loire est de 20 km. On note une population de truites fario sur ce ruisseau dont les principaux indices de reproductions connus se situent sur le 1/3 aval du cours d'eau, en aval de la confluence Breuil/Escotais.

Pour ce qui est du Breuil, dont le linéaire de cours d'eau est de l'ordre de 4 km, on note également des frayères actives sur ce ruisseau.

7.1 Localisation des enregistreurs thermiques

La localisation des 3 enregistreurs et les caractéristiques des stations étudiées sont présentées dans la figure 47 et le tableau 9 ci-dessous.



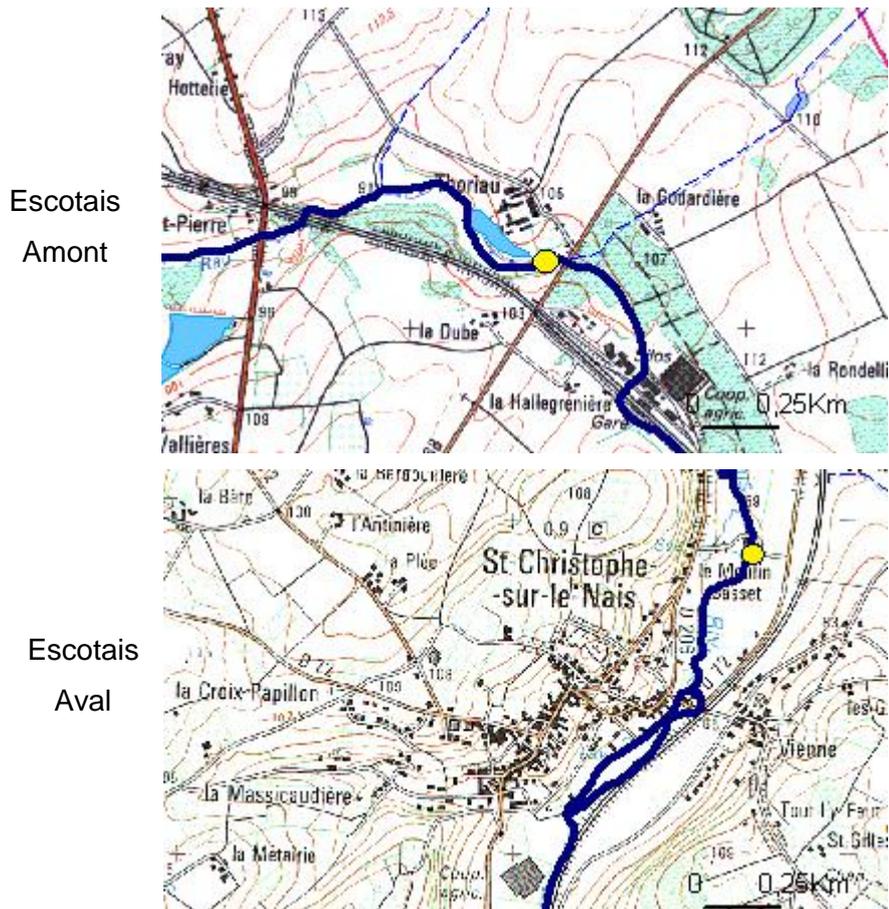


Figure 47 : Localisation géographique des stations étudiées sur le bassin de l'Escotais.

Tableau 9 : Caractéristiques des stations étudiées sur le bassin de l'Escotais et localisation précise des enregistreurs.

Cours d'eau	Stations	Coordonnées lambert 2 étendu	Localisation	Distance à la source (km)	Altitude (m)	Remarques
Breuil	Affluent	X : 459140 Y : 290480	St Patern-Racan, Château Breuil	2,4	73	
Escotais	Amont	X : 466420 Y : 286200	Neuillé-Pont-Pierre, Thoriau	3,1	95	thermomètre ensablé
Escotais	Aval	X : 460660 Y : 292910	St-Christophe-sur-le-Nais, Mr Banet	15,8	60	

7.2 Résultats

7.2.1 Validation des données

Sur les 3 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.

7.2.2 Conditions thermiques générales

Sur l'ensemble des stations étudiées sur le cours principal de l'Escoatais et sur son affluent, les moyennes journalières varient sur l'année de 2,2 à 21,3°C. (Figure 48). Globalement, la période de faibles températures se situe entre la première semaine de décembre et mi-mars. Les températures estivales, bien que relativement chaudes sur les stations de l'Escoatais, ne semble pas être limitantes pour le développement de la truite commune. L'Escoatais amont et l'Escotais aval présentent des amplitudes élevées avec des valeurs de moyennes journalières respectivement comprises entre 2,2 et 19,1°C et 2,5 et 21,3°C. En revanche, la station du Breuil une faible amplitude des moyennes journalières avec des valeurs comprises entre 7 et 15,3°C. Ainsi, seule la station du Breuil présente les caractéristiques thermiques d'un milieu tamponné (vis-à-vis de l'amplitude thermique annuelle) considérées comme très favorables à la vie salmonicole.

D'autre part, des variations brutales et amples des températures moyennes journalières durant les périodes estivales et hivernales, sont observables sur la station amont de l'Escotais et le Breuil. En effet, sur la station du Breuil, qui est la plus représentative de ce phénomène, l'on observe des variations de l'ordre de 5,8°C (9,9 à 15,7°C) sur de courtes périodes (8 Heures) puis un retour progressif (de 12 à 14 heures) aux valeurs de températures antérieures à ces épisodes. La station amont de l'Escotais a une amplitude thermique journalière maximale de l'ordre de 5,3°C (9,3 à 14,6°C). La station aval de l'Escotais semble avoir des écarts de températures plus modérés avec une amplitude thermique journalière maximale de l'ordre de 3,8°C (8,7 à 12,5°C).

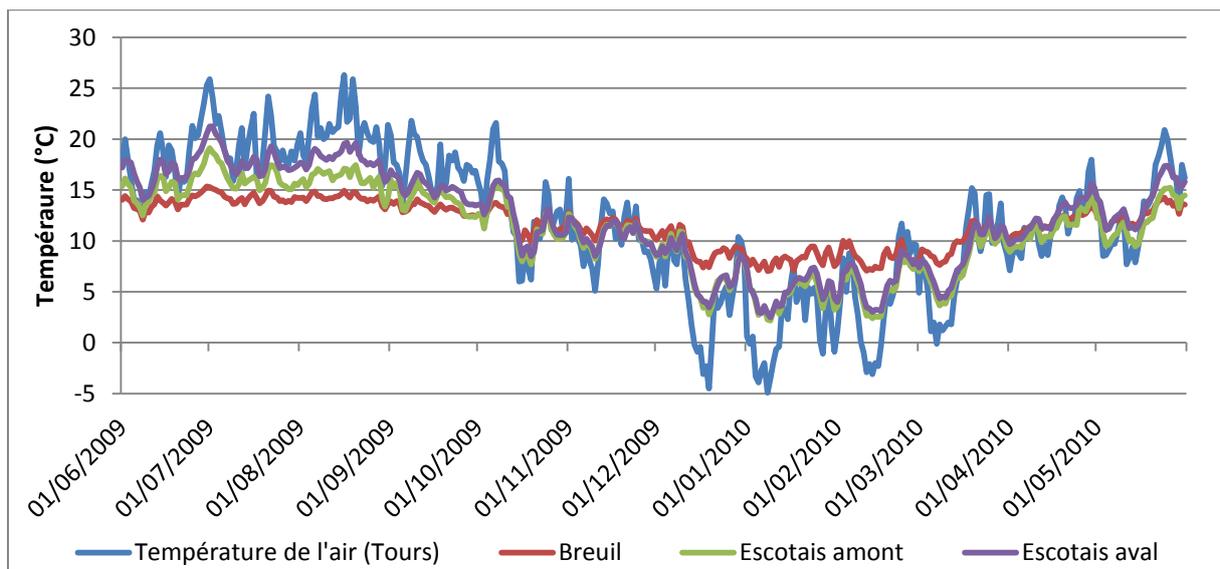


Figure 48 : Courbes des températures moyennes journalières calculées sur la période du 01/06/2009 au 31/05/2010 pour les 3 stations du bassin de l'Escoatais.

7.2.3 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 pour les stations de l'Escotais (Figure 49). Elles sont nettement plus faibles sur la station du Breuil. Les valeurs sont non limitantes pour la vie salmonicole sur l'ensemble du bassin de l'Escotais, le seuil de 25°C considéré comme valeur critique (létale ou sub-létale) pour la survie de la truite fario, n'ayant pas été atteint.

Les températures les plus élevées ainsi que les amplitudes thermiques journalières les plus fortes sont relevées sur l'aval de l'Escotais. Les valeurs de ces paramètres augmentent progressivement de l'amont vers l'aval sur l'Escotais et sur le Breuil.

Les valeurs de la moyenne des températures des trente jours consécutifs les plus chauds montrent une augmentation logique de l'amont vers l'aval sur l'Escotais. Les températures estivales les moins importantes sont observées sur le Breuil (relativement préservé d'un point de vue température).

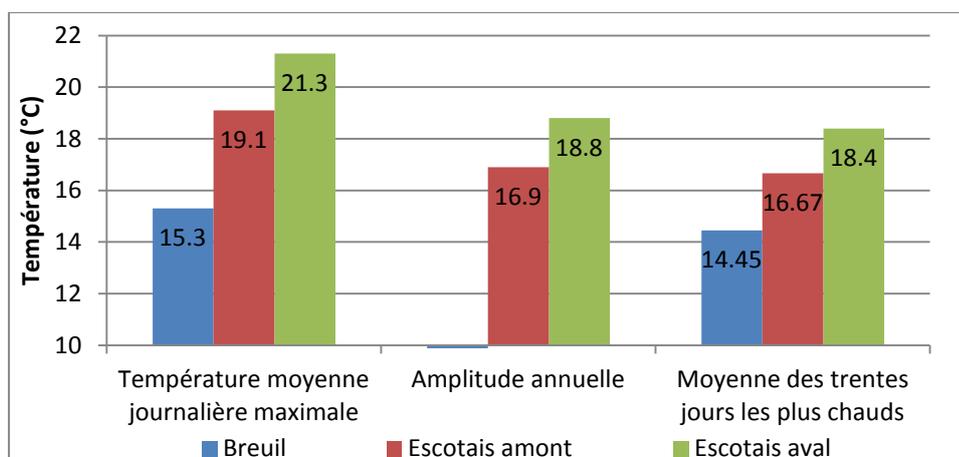


Figure 49 : Température moyenne journalière maximale, amplitude annuelle et moyenne des trente jours les plus chauds obtenues pour les 3 stations du bassin de l'Escotais.

Au cours de la période estivale 2010, les températures instantanées maximales et minimales des stations du Breuil et de l'Escotais amont ont augmenté. Les températures maximales sont passées de 17,4 à 17,7°C et les températures minimales de 6,2 à 6,5°C pour le Breuil, soit des augmentations de 0,3°C. Pour la station de l'Escotais amont, la température instantanée maximale a augmenté de 0,1°C (passant de 20,5°C en 2009 à 20,6°C en 2010) et la température minimale instantanée a augmenté de 0,8°C (passant de 1,2°C en 2009 à 2°C en 2010). En ce qui concerne l'Escotais aval, la température instantanée maximale a diminué de 0,4°C (passant de 22,4°C en 2009 à 22°C en 2010) et la température minimale instantanée a augmenté de 0,2°C (passant de 2,2°C en 2009 à 2,4°C

en 2010). La température moyenne des trente jours consécutifs les plus chauds a augmenté pour l'ensemble des trois stations. Elle a augmenté de 0,20°C pour le Breuil (14,45°C en 2009 et 14,65°C en 2010), de 0,15°C pour l'Escotais amont (16,67°C en 2009 et 16,82°C en 2010) et de 0,43°C pour l'Escotais aval (18,4°C en 2009 et 18,83°C en 2010).

7.2.4 Période de croissance et préférendum thermique

La figure 50 montre peu de différences de la durée du préférendum thermique entre les stations de l'Escotais avec des valeurs de 337 et 336 jours par an. Pour la station Escotais amont 7% de la plage de données est inférieur à 4°C. Pour la station Escotais aval, 4% de la plage de données est inférieur à 4°C et 4% supérieur à 19°C. Ces durées d'optimum thermique sont plutôt moyennes. Sur la station du Breuil les températures sont optimales toute l'année.

D'autre part, les stations étudiées ont des maximales qui ne dépassent pas les 25°C. Les stations de l'Escotais dépassent parfois les 19°C. Sur l'Escotais aval, les conditions se dégradent fortement avec l'augmentation des températures observées qui dépassent souvent et pendant des périodes de temps relativement importantes (jusqu'à 159 heures consécutives soit environ 7 jours) les 19°C (Figure 51).

La station amont présente des caractéristiques thermiques plus favorables à la vie salmonicole. En effet, la station de l'Escotais amont possède un maximum de 2 jours où la valeur de 19°C est parfois dépassée (Figure 52) sur une séquence maximale de 11 heures. La station du Breuil ne possède pas de températures supérieures à 19°C.

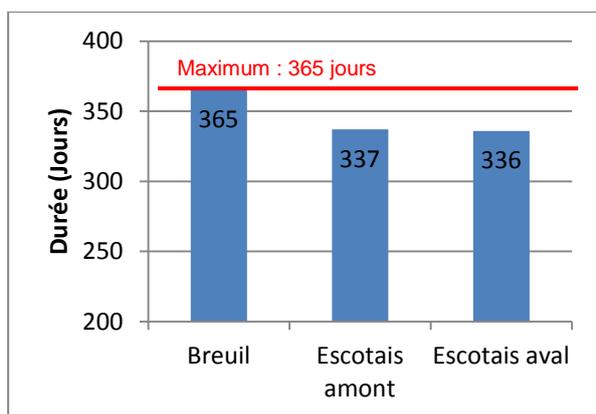


Figure 50 : Durée en jours du préférendum thermique de la truite fario (Entre 4 et 19°C) sur le bassin de l'Escotais

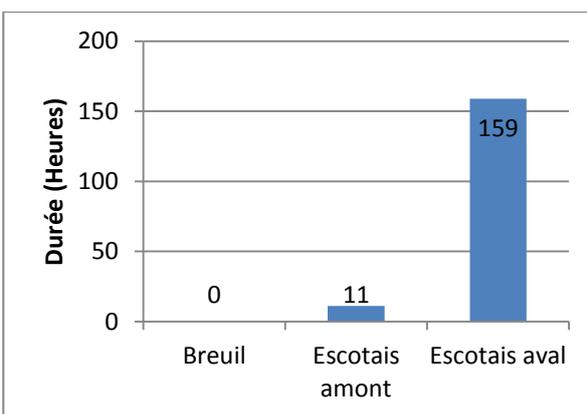


Figure 51 : Durée maximale durant laquelle la température est restée au dessus de 19°C sur le bassin de l'Escotais

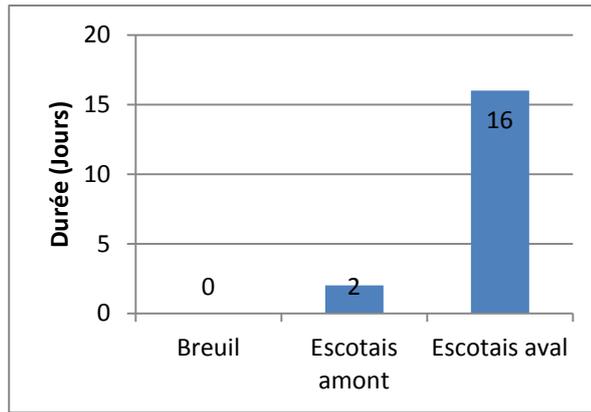


Figure 52 : Nombre de jour total où la température instantanée est strictement supérieure à 19°C sur le bassin de l'Escotais

Une altération progressive des conditions thermiques est observable de l'amont vers l'aval du cours principale de l'Escotais (diminution de la durée du préférendum thermique et dépassement fréquent des 19°C sur la station aval). Ainsi le secteur aval de l'Escotais présente des conditions thermiques plus limitantes que l'amont pour la vie salmonicole. Le Breuil présente des températures optimales pour la vie salmonicole.

7.2.5 Conditions favorables à l'infection par la PKD

Pour les stations du Breuil et de l'Escotais amont le risque de développement de PKD est faible avec des durées respectives des séquences maximales durant laquelle la température est supérieure à 15°C d'une demi-journée et de onze jours consécutifs. En revanche, la station située en aval a une valeur (79 jours consécutifs) très largement supérieure à cette limite des 15 jours consécutifs (Figure 53). Ainsi sur cette station, le risque de développement de PKD semble important.

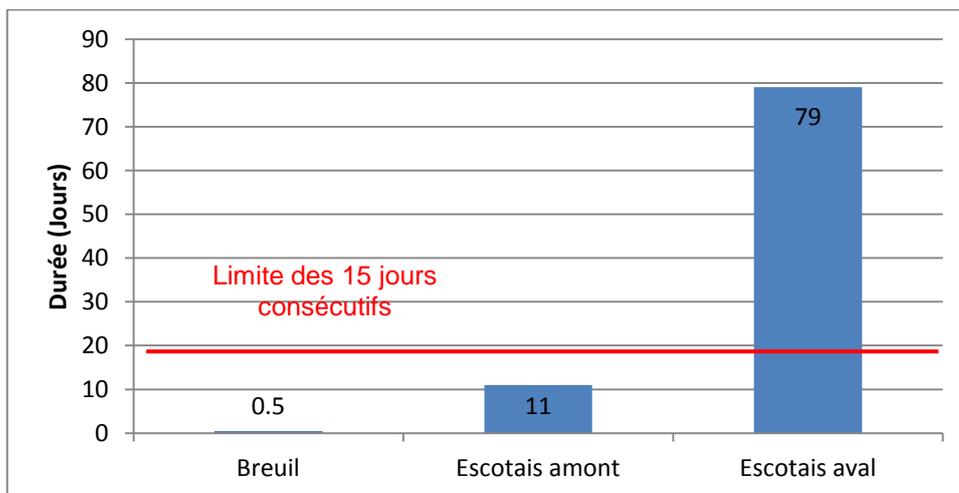


Figure 53 : Durée en jours de la séquence maximale durant laquelle la température est restée au dessus de 15°C sur les 3 stations du bassin de l'Escotais

7.2.6 Conditions thermiques au cours de la phase embryo-larvaire

L'estimation de durée de vie sous graviers est peu variable sur l'Escotais avec des valeurs 120 et 115 jours (Figure 54). Elles peuvent être considérées comme des durées d'incubation moyennes par rapport aux autres résultats obtenus sur le département. La station du Breuil présente une durée de vie sous graviers plus courte, avec seulement 93 jours. Aucune température pouvant compromettre fortement le bon développement embryo-larvaire n'a été relevée pendant la période de vie sous graviers identifiée sur l'ensemble des stations.

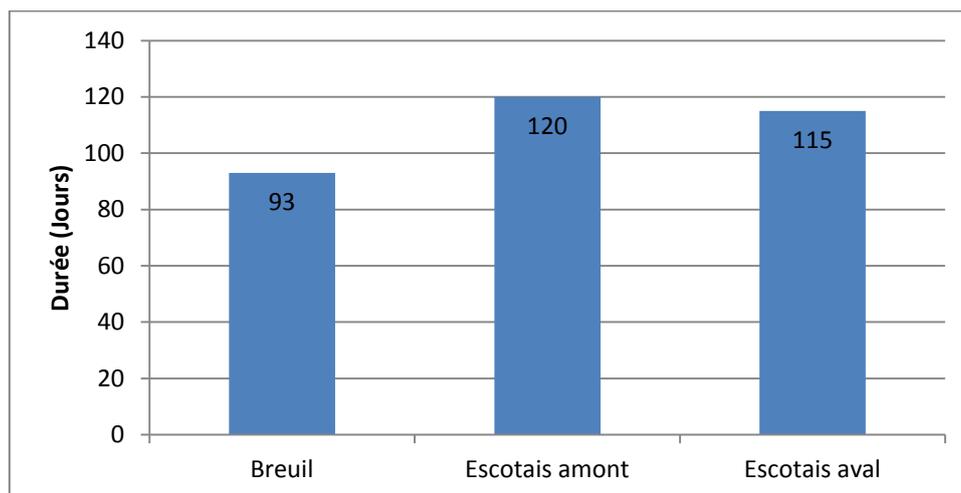


Figure 54 : Durée totale en jours de vie sous graviers (50% d'alevins émergents) sur le bassin de l'Escotais

7.2.7 Discussion

Les amplitudes thermiques annuelles ainsi que les différences amont-aval observées sur l'Escotais et le Breuil pourraient être liées aux faibles débits d'étiages et à l'occupation des sols. En effet, ces facteurs rendent les cours d'eau particulièrement sensibles aux conditions extérieures (précipitations, rejets liés aux activités humaines et à la température de l'air comme vu précédemment).

La température élevée de la station amont par rapport à celle du Breuil s'explique par une tête de bassin dégradée avec la présence d'un plan d'eau sur les sources pour l'Escotais. Les températures plus élevées sur la station aval peuvent être liées à une altération logique des conditions thermiques de l'amont vers l'aval (altitude et distance à la source) mais également à l'effet du bief de moulin situé juste en amont du thermomètre.

Les faibles amplitudes journalières et les températures fraîches observées sur la station du Breuil sont probablement dues à la préservation de ses sources et de son environnement. Ainsi, il possède les caractéristiques d'un milieu tamponné très favorable à la vie salmonicole

Les risques importants d'infection du PKD observés sur la station aval de l'Escotais sont liés à des températures supérieures à 15°C durant une période de temps importante.

L'ensemble des stations sur l'Escotais présente pour ces paramètres des valeurs qui permettent la présence de la truite fario sans pour autant être optimum pour l'espèce. En revanche le Breuil a des conditions thermiques très favorables au développement de la vie salmonicole.

8. Bassin versant du Long

Le bassin versant du Long présente des fonds de vallées dominés par des zones de prairies ou de boisement. Les versants et la tête de bassin par les cultures de céréales. On note quelques petits affluents qui sont relativement dégradés (anciens curages, plans d'eau sur cours) et assez peu protégés par la ripisylve hormis le ruisseau de la Vilette en limite départementale.

Le linéaire de cours d'eau en Indre et Loire est de 17 km. Ce ruisseau abrite des populations de truites fario avec des indices de reproductions dont les premières connues se situent à environ 5.5 km des sources jusqu'à la limite départementale.

8.1 Localisation des enregistreurs thermiques

La localisation des 2 enregistreurs et les caractéristiques des stations étudiées sont présentées dans la figure 55 et le tableau 10 ci-dessous.

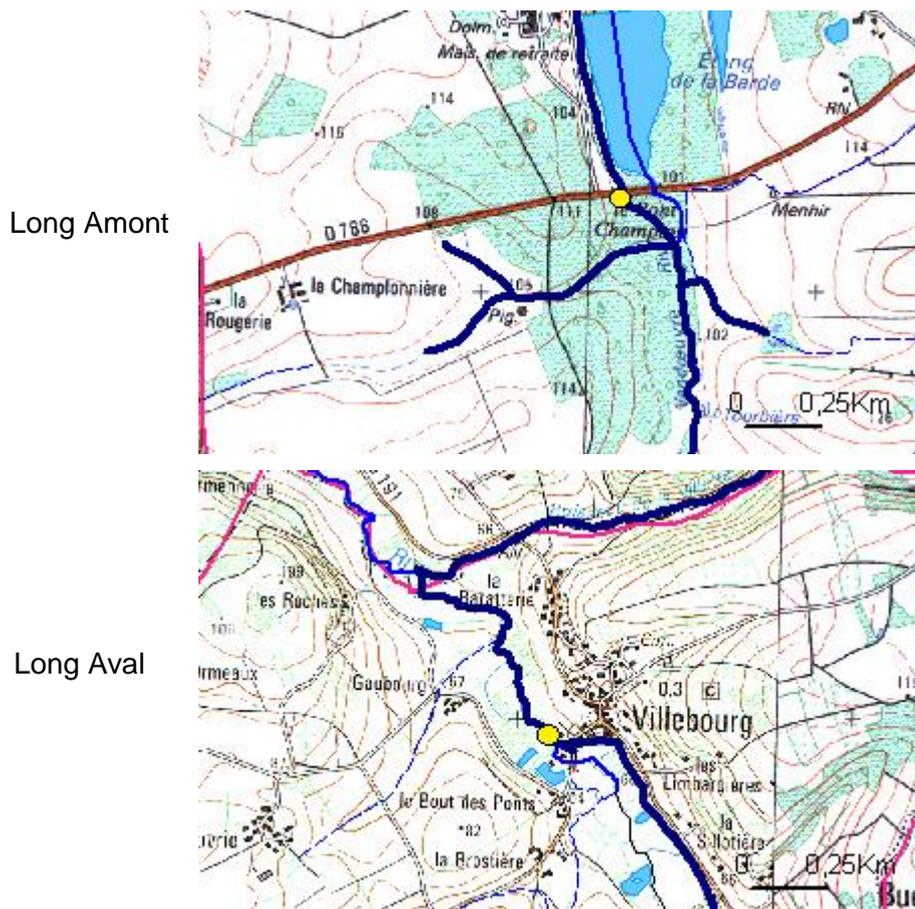


Figure 55 : Localisation géographique des stations étudiées sur le bassin du Long.

Tableau 10 : Caractéristiques des stations étudiées sur le bassin du Long et localisation précise des enregistreurs.

Cours d'eau	Stations	Coordonnées lambert 2 étendu	Localisation	Distance à la source (km)	Altitude (m)	Remarques
Long	Amont	X : 471420 Y : 286290	Beaumont la Ronce, Pont	2,6	100	Positionné sous le pont
Long	Aval	X : 464089 Y : 295957	Villebourg, Bourg	17,1	65	

8.2 Résultats

8.2.1 Validation des données

Sur les 2 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.

8.2.2 Conditions thermiques générales

Sur les deux stations étudiées sur le cours principal du long les moyennes journalières varient sur l'année de 2,3 à 19,9°C. (Figure 56). Globalement, la période de faibles températures se situe entre la première semaine de décembre et mi-mars. Les températures estivales, bien que relativement chaudes, ne semble pas être limitantes pour le développement de la truite fario. La station amont et la station aval présentent des amplitudes modérées à élevées avec des valeurs de moyennes journalières respectivement comprises entre 2,4 et 19,6 et 2,3 et 19,9°C. Ainsi, aucune ne présente les caractéristiques thermiques d'un milieu tamponné (faible amplitude thermique journalière et annuelle) considérées comme très favorables à la vie salmonicole.

D'autre part, des variations brutales et amples des températures moyennes journalières durant les périodes estivales et hivernales, sont observables sur les deux stations. En effet, sur la station amont, qui est la plus représentative de ce phénomène, l'on observe des variations de l'ordre de 8,2°C (8,7 à 16,9°C) sur de courte période (9 Heures) puis un retour progressif (de 12 à 14 heures) aux valeurs de températures antérieures à ces épisodes. La station aval semble avoir des écarts de températures plus modérés avec des amplitudes thermiques journalières maximales de l'ordre de 4,4°C (15,8 à 20,2°C).

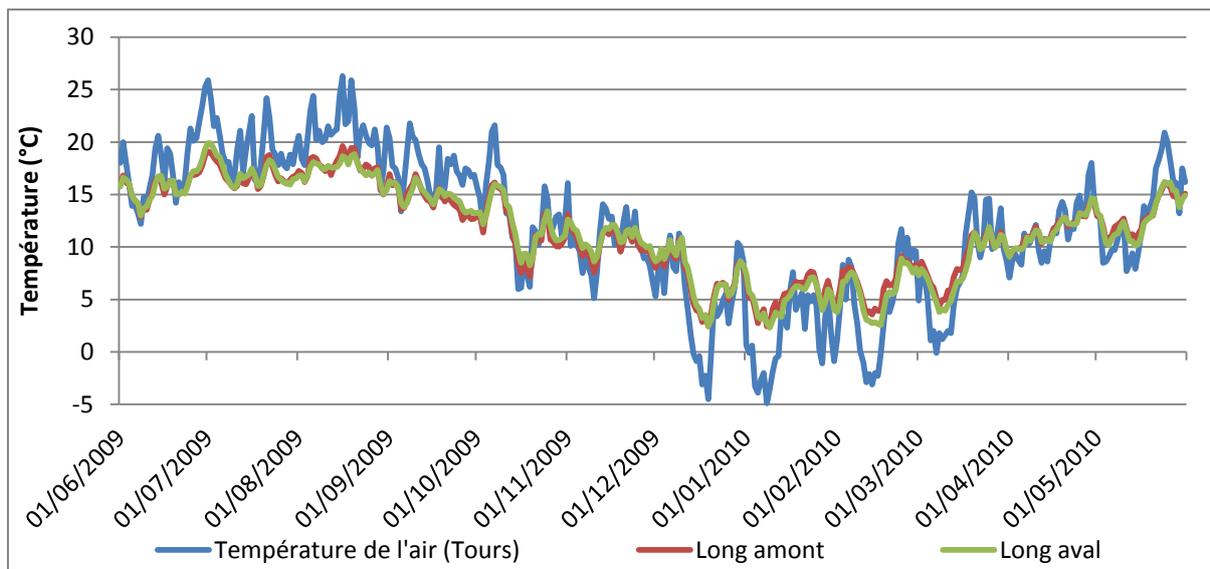


Figure 56 : Courbes des températures moyennes journalières calculées sur la période du 01/06/2009 au 31/05/2010 pour les 2 stations du bassin du Long.

8.2.3 Température extrême, amplitude et moyenne estivale

Les valeurs de températures moyennes journalières maximales, d'amplitudes annuelles et de moyennes sur les trente jours les plus chauds montrent des distributions globalement similaires (Figure 57). Les valeurs sont non limitantes pour la vie salmonicole sur les deux stations, le seuil de 25°C considéré comme valeur critique (létale ou sub-létale) pour la survie de la truite fario, n'ayant pas été atteint.

Les températures les plus élevées ainsi que les amplitudes thermiques journalières les plus fortes sont relevées sur la station aval du Long. Les valeurs de ces paramètres augmentent progressivement de l'amont vers l'aval.

Les valeurs de la moyenne des températures des trente jours consécutifs les plus chauds montrent une diminution de l'amont vers l'aval sur le Long.

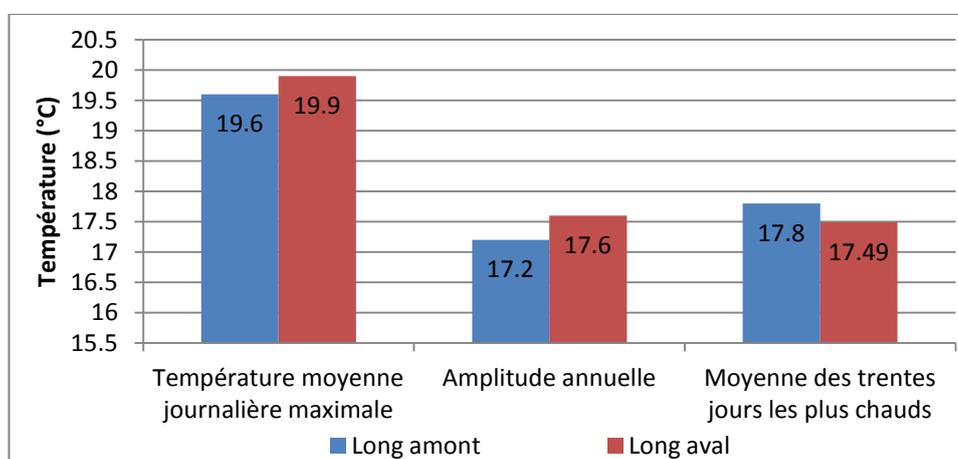


Figure 57 : Température moyenne journalière maximale, amplitude annuelle et moyenne des trente jours les plus chauds obtenues pour les 2 stations du bassin du Long.

Au cours de la période estivale 2010, la température instantanée maximale de la station du Long amont a diminué de 2,7°C et la température instantanée minimale a augmenté de 0,8°C. La température maximale est passée de 22,7 à 20°C et la température minimale de 1,1 à 1,9°C. Pour la station du Long aval, la température instantanée maximale a augmenté de 0,7°C (passant de 21,5°C en 2009 à 22,2°C en 2010) et la température minimale instantanée a augmenté de 0,5°C (passant de 1,8°C en 2009 à 2,3°C en 2010).). La température moyenne des trente jours consécutifs les plus chauds a diminué de 0,26°C pour l'amont (17,80°C en 2009 et 17,54°C en 2010) et augmenté de 0,72°C pour l'aval (17,49°C en 2009 et 18,21°C en 2010).

8.2.4 Période de croissance et préférendum thermique

La figure 58 montre peu de différences de la durée du préférendum thermique entre les stations étudiées avec des valeurs de 344 et 337 jours par an. Pour la station Long amont, 4% de la plage de données est inférieure à 4°C et 1% supérieur à 19°C. Pour la station Long aval, 7% de la plage de données est inférieure à 4°C et 1% supérieur à 19°C. Ces durées d'optimum thermique sont moyennes par rapport aux résultats obtenus sur les autres stations étudiées du département.

D'autre part, les stations du Long ont des maximales qui ne dépassent pas les 25°C. La station amont et la station aval ont respectivement des températures observées qui dépassent peu et pendant des périodes de temps relativement courtes (17 et 19 heures consécutives) les 19°C (Figure 59).

Ces deux stations présentent des caractéristiques thermiques favorables à la vie salmonicole. Cependant la station amont semble plus limitante avec un total de 9 jours où la valeur de 19°C est dépassée (Figure 60) contre 8 jours pour l'aval.

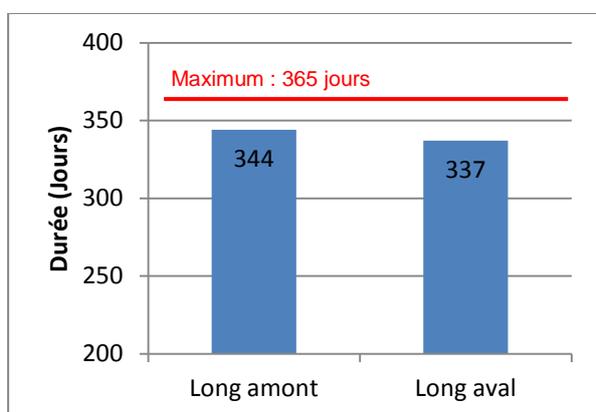


Figure 58 : Durée en jours du préférendum thermique de la truite fario (Entre 4 et 19°C) sur le bassin du Long.

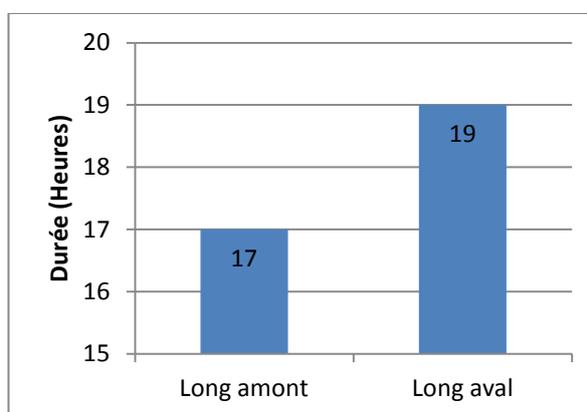


Figure 59 : Durée maximale durant laquelle la température est restée au dessus de 19°C sur le bassin du Long.

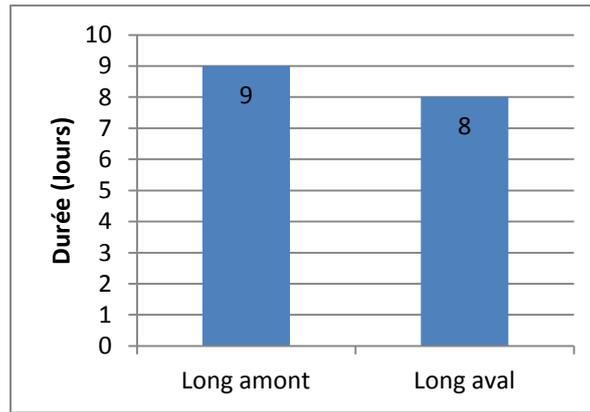


Figure 60 : Nombre de jour total où la température instantanée est strictement supérieure à 19°C sur le bassin du Long.

Les conditions thermiques sont relativement stables de l'amont vers l'aval du cours du Long.

8.2.5 Conditions favorables à l'infection par la PKD

Pour les deux stations étudiées sur le Long le risque de développement de PKD est fort avec des durées de séquences maximales durant laquelle la température est supérieure à 15°C de 20 jours pour l'amont et 25 jours pour l'aval (Figure 61).

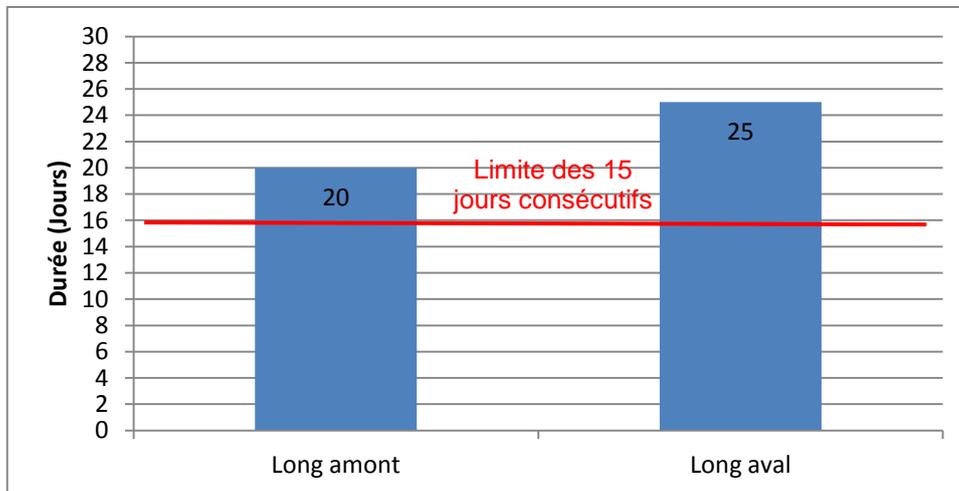


Figure 61 : Durée en jours de la séquence maximale durant laquelle la température est restée au dessus de 15°C sur les 2 stations du bassin du Long

8.2.6 Conditions thermiques au cours de la phase embryo-larvaire

L'estimation de durée de vie sous graviers est peu variable d'un site à l'autre avec des valeurs de 114 jours pour l'amont et de 117 pour l'aval (Figure 62). Elles peuvent être considérées comme des durées d'incubation semblables aux autres résultats obtenus sur le département. Aucune température pouvant compromettre fortement le bon développement embryo-larvaire n'a été relevée pendant la période de vie sous graviers identifiée sur les deux stations.

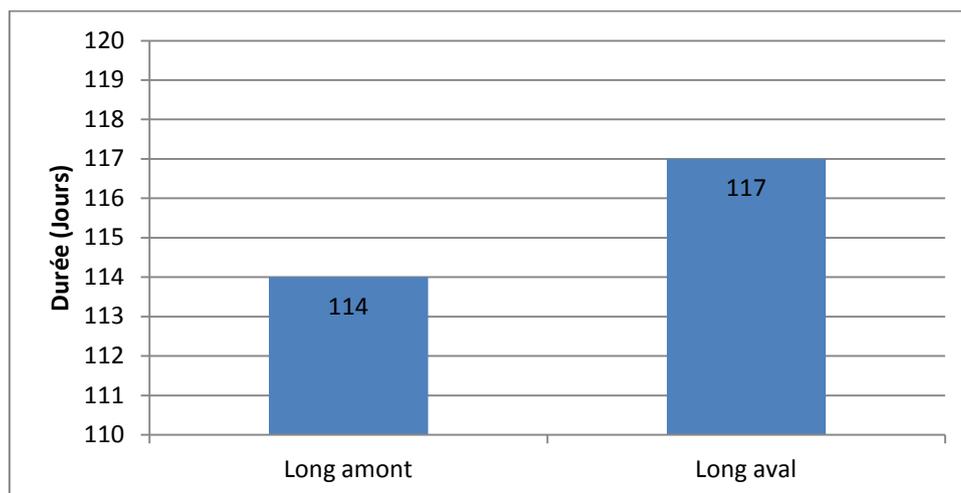


Figure 62 : Durée totale en jours de vie sous graviers (50% d'alevins émergents) sur le bassin du Long.

8.2.7 Discussion

Les amplitudes thermiques annuelles ainsi que les différences amont-aval observées sur le Long pourraient être liées aux faibles débits d'étiages et à l'occupation des sols. En effet, ces facteurs rendent les cours d'eau particulièrement sensibles aux conditions extérieures (précipitations, rejets liés aux activités humaines et à la température de l'air comme vu précédemment). Les températures plus élevées sur la station aval s'expliquent par une altération logique des conditions thermiques de l'amont vers l'aval (altitude et distance à la source) et la présence de petits affluents relativement dégradés.

Les fortes amplitudes journalières observées sur la station amont sont probablement liées à la présence d'un petit affluent en amont de la station et à une faible vitesse de courant sur cette partie du cours d'eau.

La variation de la température instantanée maximale entre 2009 et 2010 est peut être liée à la présence de l'affluent en amont de la sonde qui apporterait un débit plus ou moins important selon les années. On peut penser que les températures extérieures plus élevées en 2010 ont entraîné une diminution du débit issu de cet affluent, par conséquent la température de l'eau à la sonde serait plus influencée par la température de l'eau issu des sources que celle issu du bras. A l'inverse en 2009, les débits de l'affluent étaient peut être plus importants entraînant un réchauffement des eaux à l'aval de celui-ci. Les risques importants d'infection du PKD sur les deux stations du Long sont liés à des températures supérieures à 15°C durant une période de temps importante.

L'ensemble des stations étudiées présente des conditions thermiques permettant la présence de la truite fario sans pour autant être optimum pour son développement.

CONCLUSION

Malgré un manque de références sur les caractéristiques thermiques des cours d'eau de plaines, cette première étude thermique réalisée sur ces différents bassins versants a permis de mettre en évidence les points suivant :

L'ensemble des stations étudiées présente des valeurs de température qui peuvent être considérées comme assez élevées en période estivale. Ces observations expriment le faible pouvoir tampon des milieux étudiés, qui sont sujets à de fortes variations thermiques annuelles. Ceci semble être la conséquence : d'une part, des faibles débits observés durant les étiages estivaux qui rendent ces cours d'eau très sensibles aux fortes températures estivales et d'autre part l'absence ou la faiblesse des échanges entre le cours d'eau et sa nappe d'accompagnement sur l'ensemble du linéaire.

Par ailleurs, sept stations sur les dix-neuf étudiées présentent des caractéristiques thermiques peu voire pas du favorables à la truite fario du fait de températures estivales élevées sur un durée cumulée importante : Brûle-Choux, Ardillère aval, les trois stations de la Choisille de Semblançay, l'Escotais aval et le Long aval. Même si la température létale de 25°C n'est quasiment jamais atteinte sur toutes ces stations, le nombre de jours où les températures supérieures à 19°C sont significatives. Ces températures élevées peuvent avoir une influence sur la structure des populations de truite fario et leur état sanitaire. On peut également retenir que seule la station de Semblançay médian, en aval d'un plan d'eau, ne permet pas la présence de truites fario toute l'année avec des températures enregistrées supérieure à 25°C.

Toutes les autres stations étudiées montrent des conditions thermiques favorables et tout à fait compatibles avec la vie salmonicole : Ardillère amont, Griveau, Choisille Chenusson amont, Rorthe aval, Desmée aval et Breuil présentent des caractéristiques thermiques particulièrement favorables (faibles amplitudes thermiques journalières et annuelles, durée du préférendum thermique de la truite fario proche ou égale à l'optimum).

Globalement, les meilleures conditions thermiques ont été observées sur les stations les plus proches des sources situées en contexte forestier. L'occupation des sols est un élément influençant la thermie des cours d'eau. En effet, l'Escotais et le Long, dont les sources se situent en contexte agricole de grandes cultures, présentent des conditions thermiques moins favorables pour la truite fario. Outre des températures plus élevées les milieux très anthropisés induisent des habitats peu conformes à ceux de la truite.

Les données thermiques montrent également une forte influence des plans d'eau et des températures peu compatibles avec un peuplement de truite fario directement à l'aval de ces plans d'eau. A titre d'exemple la station de Semblançay médian possède les caractéristiques thermiques les plus mauvais des stations étudiées vis-à-vis de la truite fario. L'impact plus ou moins fort du plan d'eau est lié à sa surface et son mode d'écoulement dans le cours d'eau (sur verse ou utilisation d'un moins par exemple...). L'impact des plans d'eau sur cours semble se dissiper plus ou moins rapidement à l'aval en fonction des apports latérales, de la communication du cours d'eau avec sa nappe et de son environnement proche.

Les conditions thermiques sont très favorables au développement de la maladie PKD sur l'ensemble des bassins versants à l'exception des stations Ardillère amont, Griveau, Chenusson amont, Desmée aval, Breuil et Escotais amont. La durée en heures de la séquence maximale durant laquelle la température est restée au dessus de 15°C, utilisée pour évaluer la possible prolifération de PKD, semble particulièrement intéressante pour mettre en évidence les cours d'eau les plus favorables à la vie salmonicole. Une étude de recherche spécifique de la PKD chez les juvéniles de truite fario est une piste à envisager.

Le descripteur hivernal concernant la période de vie sous gravier montre des durées non limitantes pour la réussite du développement embryo-larvaire sur l'ensemble des stations. Les conditions de températures hivernales pendant la période de vie sous graviers ne semblent pas pouvoir limiter la réussite du développement embryo-larvaire, malgré la présence (négligeable compte tenu des durée de celle-ci) de températures inférieures à 1,5°C de certaines stations. Cependant, ces observations seraient à confirmer par la mise en place *in situ* d'incubateurs tests pour évaluer le taux de survie pendant cette période critique.

La valeur moyenne obtenue sur les trente jours les plus chauds pourra être couplée avec les données de minéralisation (Ca²⁺ et Mg²⁺) 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.

La comparaison des températures de la période estivale 2009 et de la période estivale 2010 a permis de mettre en évidence une augmentation moyenne de la température moyennes des 30 jours consécutifs les plus chaud de 0,3°C sur l'ensemble des stations étudiées. Cette comparaison montre un réchauffement net des températures instantanées minimales, environs 0,7°C en moyenne pour l'ensemble des stations. Les températures instantanées maximales se sont moins réchauffées, 0,2°C en moyenne. Ces constatations

sont directement liées à une variation interannuelle de température. Il apparaît clairement que les cours d'eau situés en zone agricole ou urbaine et impactés par des plans d'eau sur cours sont plus sensibles à cette augmentation. La station de la Choisille de Semblançay médian en est le parfait exemple. Si ces augmentations des températures devaient s'accroître, on peut imaginer une diminution de l'aire de répartition actuelle de la truite fario.

Afin de limiter le réchauffement des eaux, il est nécessaire de préserver les ripisylves des cours d'eau, voire de replanter sur les secteurs agricoles en tête de bassin versant afin d'assurer un ombrage satisfaisant, de préserver les zones tampons limitant le ruissellement des zones agricoles et de limiter l'incidence des plans d'eau sur cours les plus impactés. L'apport de granulats sur l'amont des cours d'eau qu'ils soient pérennes ou non peut également limiter le réchauffement des eaux à l'aval.

La non dégradation, voire l'amélioration des conditions thermiques des cours d'eau est un facteur prépondérant du développement biologique et donc de l'atteinte du bon état écologique fixé par la DCE.

LISTES DES FIGURES ET DES TABLEAUX

Liste des figures :

Figure 1 : Cycle biologique de la truite fario (*Source : Fédération du Lot*).

Figure 2 : Polygone de tolérance thermique simplifié de la truite fario (Elliott, 1994).

Figure 3 : Localisation des cours d'eau sur lesquels des thermomètres ont été posés.

Figure 4 : Illustrations de la mise en place d'un thermomètre.

Figure 5 : Localisation géographique de la station étudiée sur le bassin du Brûle-choux.

Figure 6 : Courbes des températures moyennes journalières calculées sur la période du 01/06/2009 au 31/05/2010 sur le Brûle-Choux.

Figure 7 : Température moyenne journalière maximale, amplitude annuelle et moyenne des trente jours les plus chauds obtenues pour la station du bassin du Brûle-Choux.

Figure 8 : Durée de la séquence maximale durant laquelle la température est restée au dessus de 15°C.

Figure 9 : Localisation géographique des stations étudiées sur le bassin de l'Ardillère.

Figure 10 : Courbes des températures moyennes journalières calculées sur la période du 01/06/2009 au 31/05/2010 pour les 3 stations du bassin de l'Ardillère.

Figure 11 : Température moyenne journalière maximale, amplitude annuelle et moyenne des trente jours les plus chauds obtenues pour les 3 stations du bassin de l'Ardillère

Figure 12 : Durée en jours du préférendum thermique de la truite fario (Entre 4 et 19°C) sur le bassin de l'Ardillère

Figure 13 : Durée maximale durant laquelle la température est restée au dessus de 19°C sur le bassin de l'Ardillère

Figure 14 : Nombre de jour total où la température instantanée est strictement supérieure à 19°C sur le bassin de l'Ardillère

Figure 15 : Durée de la séquence maximale durant laquelle la température est restée au dessus de 15°C sur les 3 stations du bassin de l'Ardillère

Figure 16 : Durée totale en jours de vie sous graviers (50% d'alevins émergents) sur le bassin de l'Ardillère

Figure 17 : Localisation géographique des stations étudiées sur la Choisille de Beaumont.

Figure 18 : Courbes des températures moyennes journalières calculées sur la période du 01/06/2009 au 31/05/2010 pour les 2 stations de la Choisille de Beaumont.

Figure 19 : Température moyenne journalière maximale, amplitude annuelle et moyenne des trente jours les plus chauds obtenues pour les 2 stations du bassin de la Choisille de Beaumont.

Figure 20 : Durée en jours du préférendum thermique de la truite fario (Entre 4 et 19°C) sur la Choisille de Beaumont

Figure 21 : Durée maximale durant laquelle la température est restée au dessus de 19°C sur la Choisille de Beaumont

Figure 22 : Nombre de jour total où la température instantanée est strictement supérieure à 19°C sur la Choisille de Beaumont

Figure 23 : Durée de la séquence maximale durant laquelle la température est restée au dessus de 15°C sur les 2 stations de la Choisille de Beaumont

Figure 24 : Durée totale en jours de vie sous graviers (50% d'alevins émergents) sur la Choisille de Beaumont

Figure 25 : Localisation géographique des stations étudiées sur la Choisille de Chenusson.

Figure 26 : Courbes des températures moyennes journalières calculées sur la période du 01/06/2009 au 31/05/2010 pour les 2 stations de la Choisille de Chenusson.

Figure 27 : Température moyenne journalière maximale, amplitude annuelle et moyenne des trente jours les plus chauds obtenues pour les 2 stations du bassin de la Choisille de Chenusson.

Figure 28 : Durée en jours du préférendum thermique de la truite fario (Entre 4 et 19°C) sur la Choisille de Chenusson

Figure 29 : Durée de la séquence maximale durant laquelle la température est restée au dessus de 15°C sur les 2 stations de la Choisille de Chenusson.

Figure 30 : Durée totale en jours de vie sous graviers (50% d'alevins émergents) sur la Choisille de Chenusson

Figure 31 : Localisation géographique des stations étudiées sur la Choisille de Semblançay.

Figure 32 : Courbes des températures moyennes journalières calculées sur la période du 01/06/2009 au 31/05/2010 pour les 3 stations de la Choisille de Semblançay.

Figure 33 : Température moyenne journalière maximale, amplitude annuelle et moyenne des trente jours les plus chauds obtenues pour les 3 stations du bassin de la Choisille de Semblançay

Figure 34 : Durée en jours du préférendum thermique de la truite fario (Entre 4 et 19°C) sur la Choisille de Semblançay

Figure 35 : Durée maximale durant laquelle la température est restée au dessus de 19°C sur la Choisille de Semblançay

Figure 36 : Nombre de jour total où la température instantanée est strictement supérieure à 19°C sur la Choisille de Semblançay

Figure 37 : Durée de la séquence maximale durant laquelle la température est restée au dessus de 15°C sur les 3 stations de la Choisille de Semblançay

Figure 38 : Durée totale en jours de vie sous graviers (50% d'alevins émergeants) sur la Choisille de Semblançay

Figure 39 : Localisation géographique des stations étudiées sur le bassin de la Dême.

Figure 40 : Courbes des températures moyennes journalières calculées sur la période de 01/06/2009 au 31/05/2010 pour les 3 stations du bassin de la Dême.

Figure 41 : Température moyenne journalière maximale, amplitude annuelle et moyenne des trente jours les plus chauds obtenues pour les 3 stations du bassin de la Dême.

Figure 42 : Durée en jours du préférendum thermique de la truite fario (Entre 4 et 19°C) sur le bassin de la Dême

Figure 43 : Nombre de jour total où la température instantanée est strictement supérieure à 19°C sur le bassin de la Dême

Figure 44 : Durée maximale durant laquelle la température est restée au dessus de 19°C sur le bassin de la Dême

Figure 45 : Durée de la séquence maximale durant laquelle la température est restée au dessus de 15°C sur les 3 stations du bassin de la Dême

Figure 46 : Durée totale en jours de vie sous graviers (50% d'alevins émergeants) sur le bassin de la Dême

Figure 47 : Localisation géographique des stations étudiées sur le bassin de l'Escotais.

Figure 48 : Courbes des températures moyennes journalières calculées sur la période de 01/06/2009 au 31/05/2010 pour les 3 stations du bassin de l'Escotais.

Figure 49 : Température moyenne journalière maximale, amplitude annuelle et moyenne des trente jours les plus chauds obtenues pour les 3 stations du bassin de l'Escotais.

Figure 50 : Durée en jours du préférendum thermique de la truite fario (Entre 4 et 19°C) sur le bassin de l'Escotais

Figure 51 : Durée maximale durant laquelle la température est restée au dessus de 19°C sur le bassin de l'Escotais

Figure 52 : Nombre de jour total où la température instantanée est strictement supérieure à 19°C sur le bassin de l'Escotais

Figure 53 : Durée de la séquence maximale durant laquelle la température est restée au dessus de 15°C sur les 3 stations du bassin de l'Escotais.

Figure 54 : Durée totale en jours de vie sous graviers (50% d'alevins émergeants) sur le bassin de l'Escotais

Figure 55 : Localisation géographique des stations étudiées sur le bassin du Long.

Figure 56 : Courbes des températures moyennes journalières calculées sur la période de 01/06/2009 au 31/05/2010 pour les 2 stations du bassin du Long.

Figure 57 : Température moyenne journalière maximale, amplitude annuelle et moyenne des trente jours les plus chauds obtenues pour les 2 stations du bassin du Long.

Figure 58 : Durée en jours du préférendum thermique de la truite fario (Entre 4 et 19°C) sur le bassin du Long.

Figure 59 : Durée maximale durant laquelle la température est restée au dessus de 19°C sur le bassin du Long.

Figure 60 : Nombre de jour total où la température instantanée est strictement supérieure à 19°C sur le bassin du Long.

Figure 61 : Durée de la séquence maximale durant laquelle la température est restée au dessus de 15°C sur les 2 stations du bassin du Long.

Figure 62 : Durée totale en jours de vie sous graviers (50% d'alevins émergents) sur le bassin du Long.

Liste des tableaux :

Tableau 1 : Tableau de synthèse des gammes de température critique pour la truite fario.

Tableau 2 : Présentation et description des 30 variables thermiques calculées à partir des données de température récoltées (Dumoutier Q., Vigier L., et Caudron A. 2010).

Tableau 3 : Caractéristiques de la station étudiée sur le bassin du Brûle-choux et localisation précise de l'enregistreur.

Tableau 4 : Caractéristiques des stations étudiées sur le bassin de l'Ardillère et localisation précise des enregistreurs.

Tableau 5 : Caractéristiques des stations étudiées sur la Choisille de Beaumont et localisation précise des enregistreurs.

Tableau 6 : Caractéristiques des stations étudiées sur la Choisille de Chenusson et localisation précise des enregistreurs.

Tableau 7 : Caractéristiques des stations étudiées sur la Choisille de Semblançay et localisation précise des enregistreurs.

Tableau 8 : Caractéristiques des stations étudiées sur le bassin de la Dême et localisation précise des enregistreurs.

Tableau 9 : Caractéristiques des stations étudiées sur le bassin de l'Escotais et localisation précise des enregistreurs.

Tableau 10 : Caractéristiques des stations étudiées sur le bassin du Long et localisation précise des enregistreurs.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

DUMOUTIER Q., VIGIER L., et CAUDRON A. 2010.- Macro Excel d'Aide au Calcul de variables thermiques appliquées aux Milieux Aquatiques Salmonicoles, MACMASalmo1.0
Rapport SHL293.2010.- FD74.10/03 disponible sur
http://www.pechehautesavoie.com/telechargement1_bis.php?categ=5

JAUBERT, Patrice. 2009.- Etude de l'influence thermique et piscicole de six plan d'eau sur les ruisseaux tributaires.- FD46.2009, 88p.

KEITH, Philippe, ALLARDI, Jean (coord). 2001.- Atlas des poissons d'eau douce de France.- Paris : Patrimoines Naturels, 387 p.

VIGIER L., CATINAUD L., CAUDRON A. 2007.- Etude de la qualité thermique des affluents du Cheran Haut Savoyard Données 2005-2006.- FD74.05/07, 58p

VIGIER L., CAUDRON A., HUCHET P. 2007.- Etude de la qualité thermique du Cheran Haut Savoyard Données 2004-2005.- FD74.03/07, 58p

VIGIER, Laure, CAUDRON, Arnaud. 2007.- Etude de la qualité thermique de la Menoge Données 2005-2006.- FD74.02/07, 37p

TABLES DES ANNEXES

Annexe 1 : Données thermiques brutes de chaque station : graphiques des données horaires sur la période février 2009 à janvier 2011.

Annexe 2 : Tableau des valeurs des paramètres interprétés sur le cycle annuel compris entre le 01/06/2009 et le 31/05/2010.

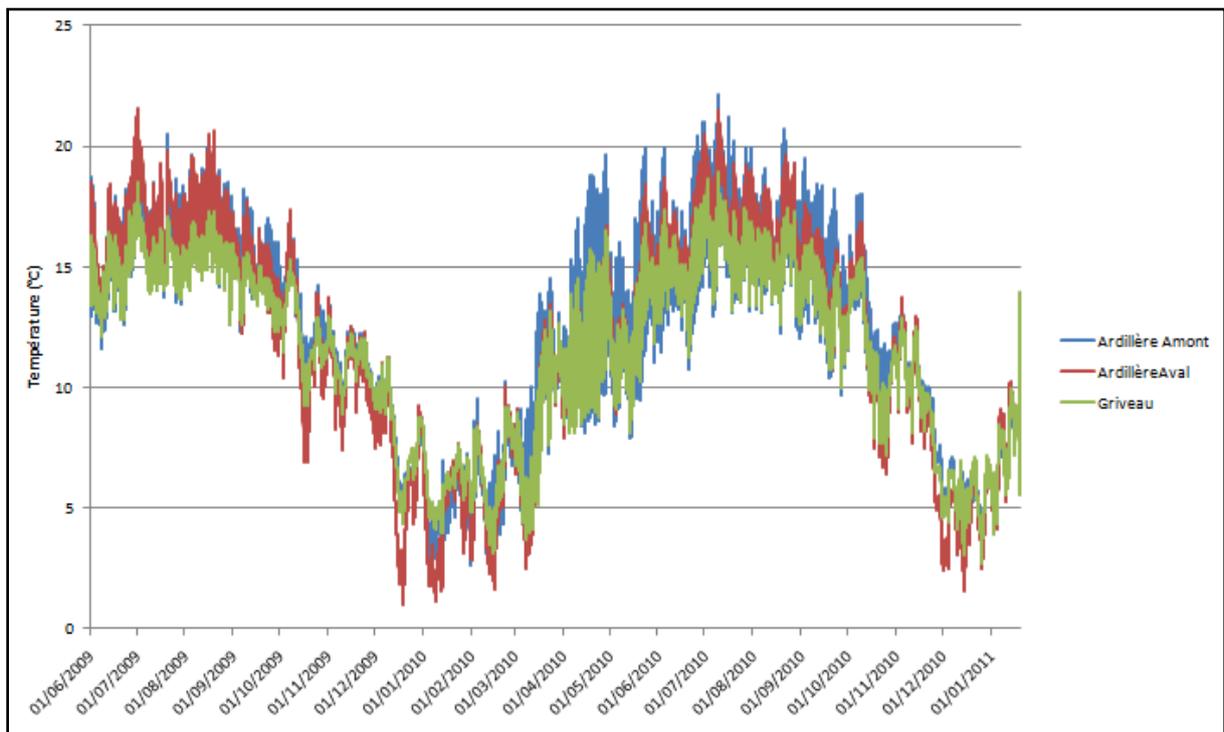
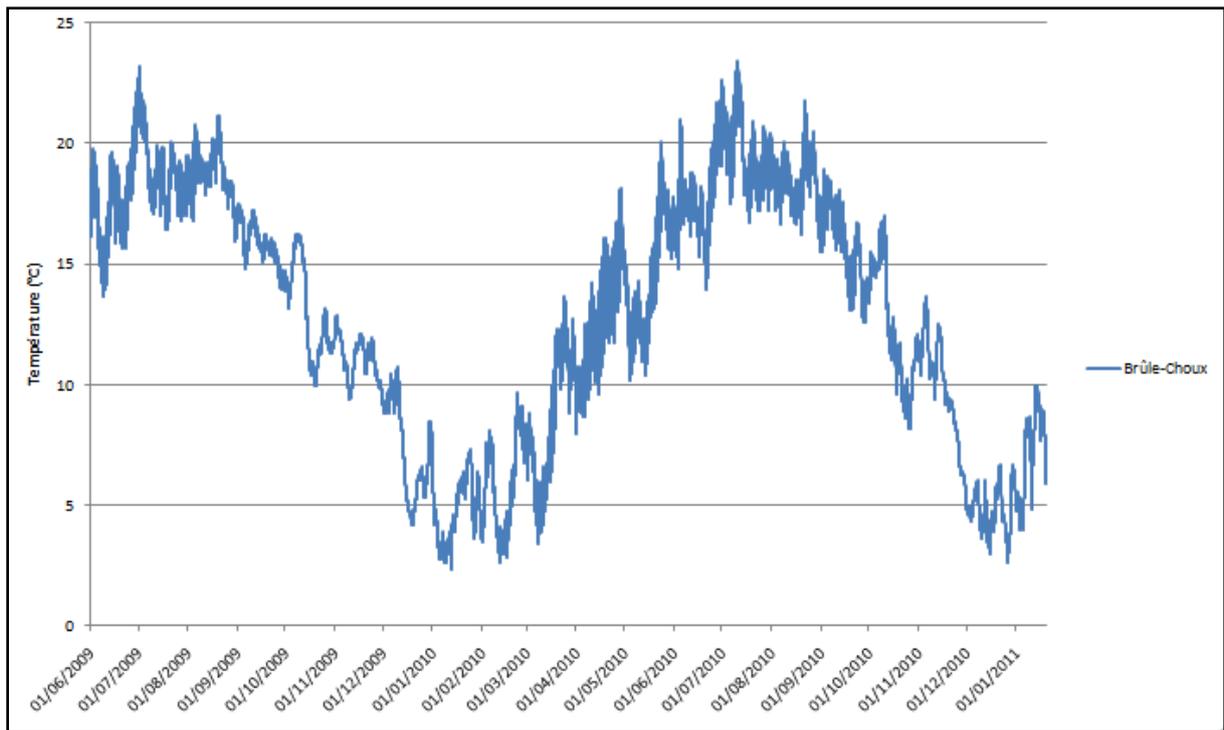
Annexe 3 : Graphique de synthèse des paramètres interprétés sur le cycle annuel compris entre le 01/06/2009 et le 31/05/2010.

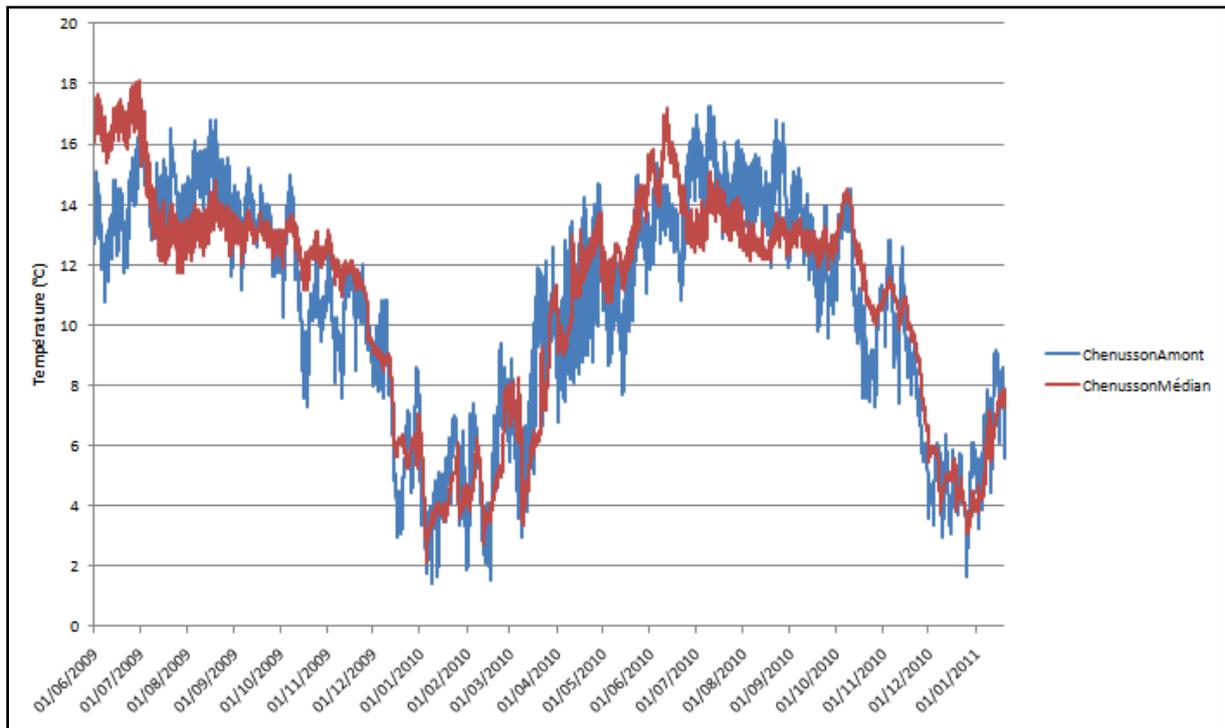
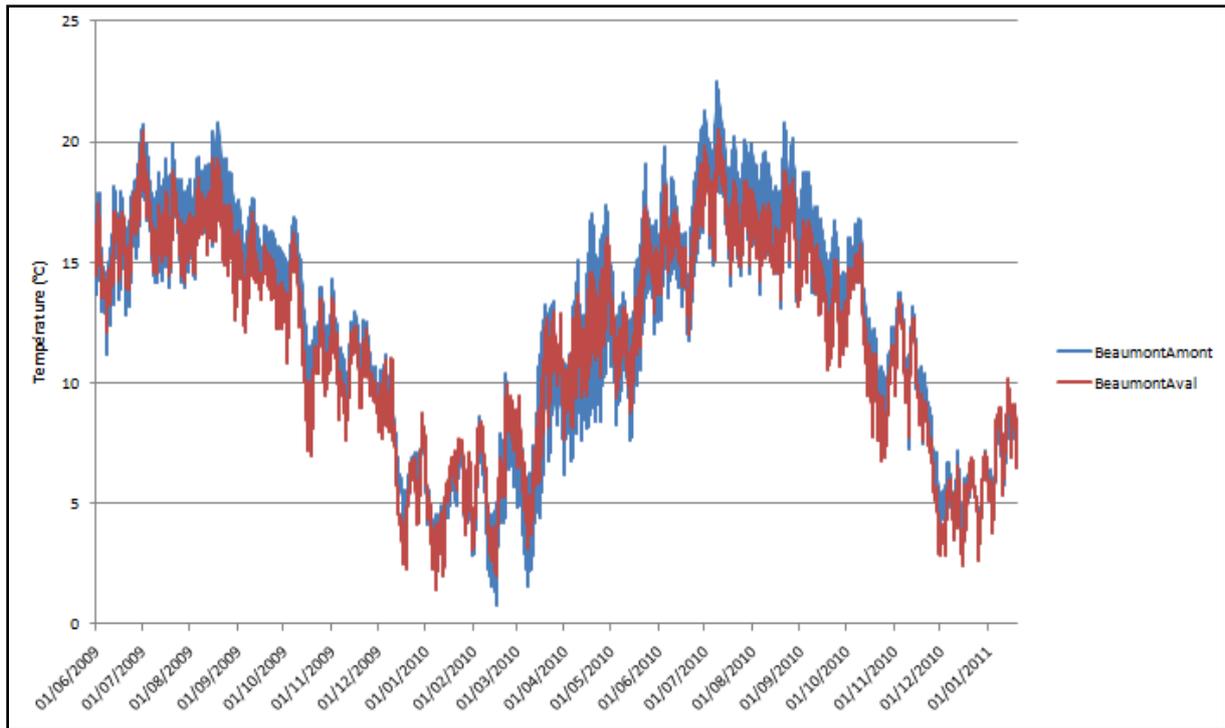
Annexe 4 : Tableau des valeurs des paramètres utilisés pour la comparaison de la période estivale 2009 avec la période estivale 2010.

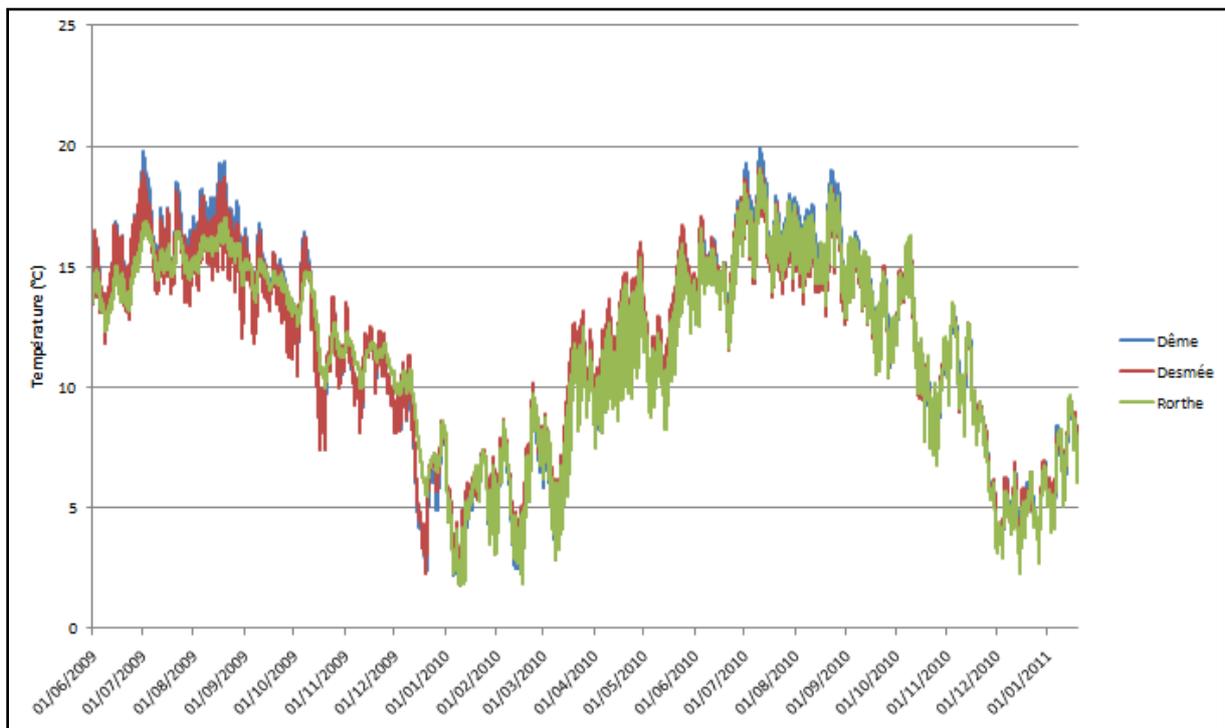
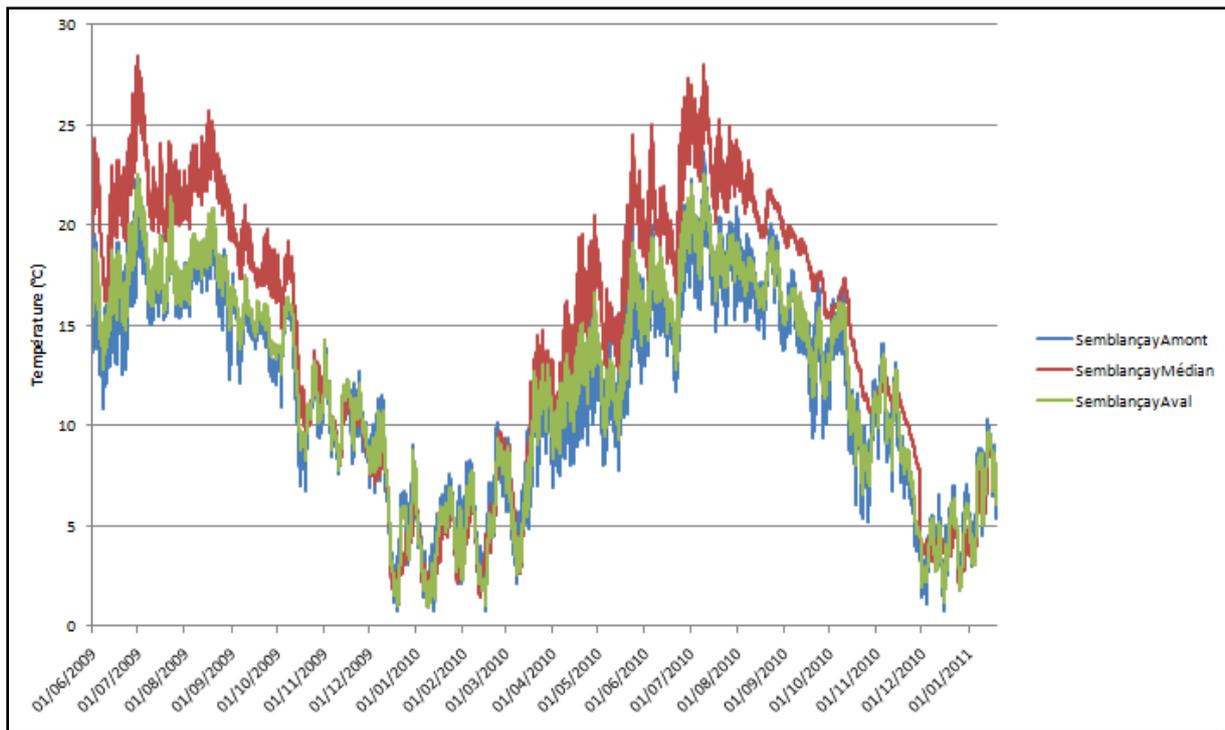
Annexe 5 : Graphique de comparaison de la période estivale 2009 avec la période estivale 2010.

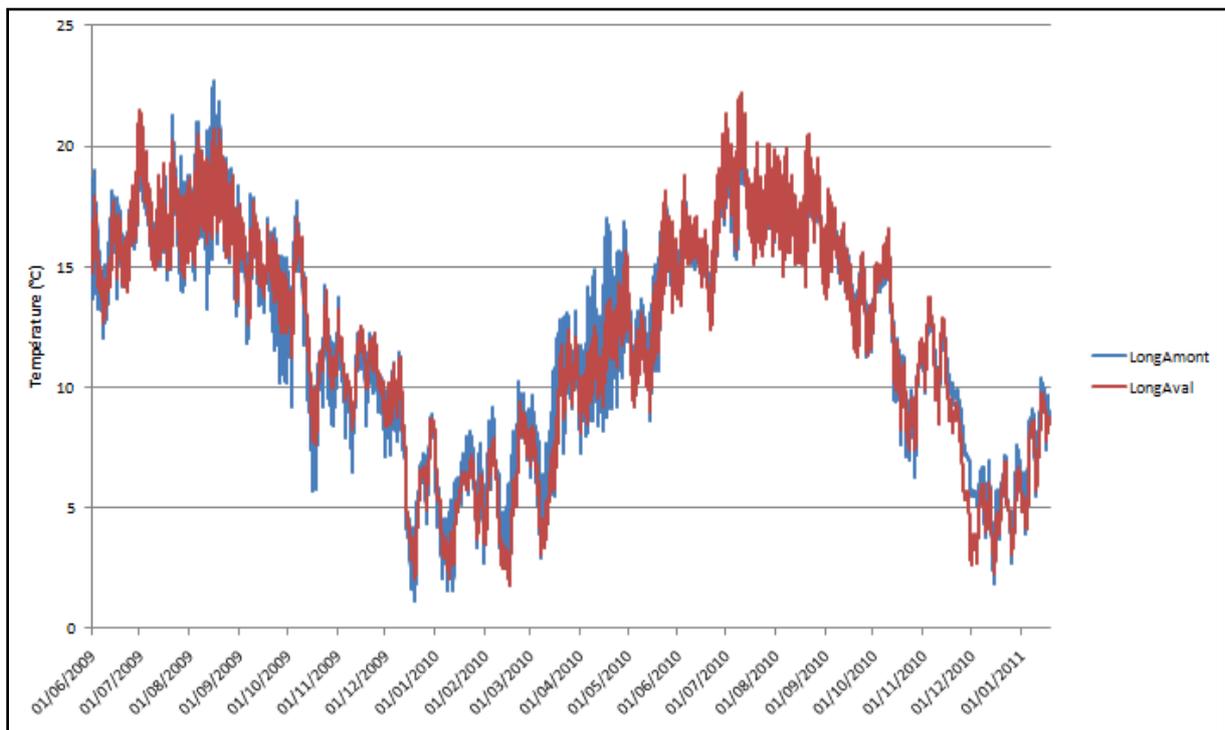
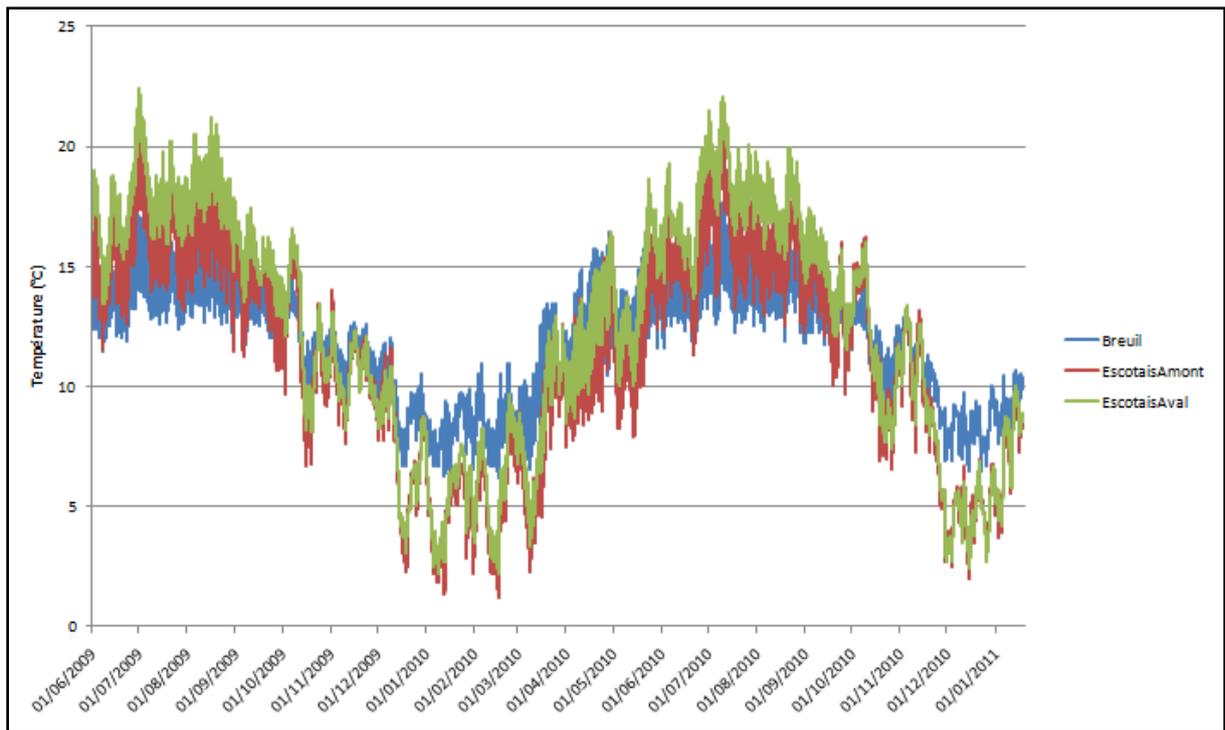
Annexe 1 :

Données thermiques brutes de chaque station : graphiques des données horaires sur la période février 2009 à janvier 2011.









Annexe 2 :

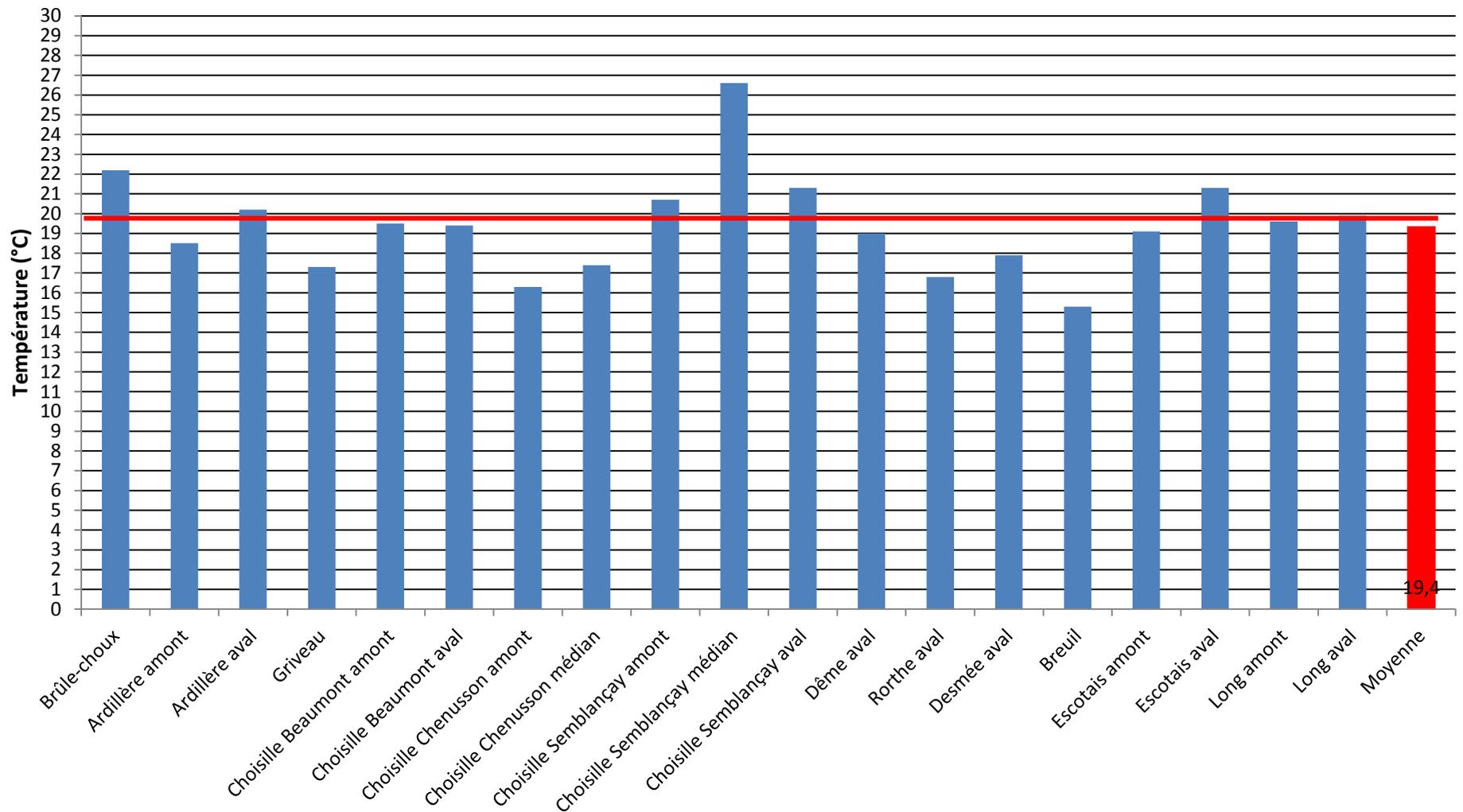
Tableau des valeurs des paramètres
interprétés sur le cycle annuel compris entre
le 01/06/2009 et le 31/05/2010.

Stations	Température moyenne journalière maximale (°C)	Amplitude thermique des moyennes journalières (°C)	Température moyenne des trente jours les plus chauds (°C)	Durée préférendum thermique (Jour)	Durée totale où la température instantanée est strictement supérieure à 19°C (Jour)	Durée maximale durant laquelle la température est restée au dessus de 19°C (Heure)	Durée de la séquence maximale durant laquelle la température est restée au dessus de 15°C (Jour)	Durée totale en jours de vie sous graviers (Jour)	% de jours où la température moyenne journalière est > 4°C	% de jours où la température moyenne journalière est < 19°C
Brûle-choux	22,2	19,4	19,21	324	27,5	210	86,7	116	5	6
Ardillère amont	18,5	15,2	16,71	355	4,2	10	8,8	114	3	0
Ardillère aval	20,2	18,6	17,39	334	7,2	43	18,9	117	7	1
Griveau	17,3	13,3	15,62	364	0	0	8,8	112	0	0
Choisille Beaumont amont	19,5	16,9	17,75	341	7,2	17	22	119	5	2
Choisille Beaumont aval	19,4	17,3	16,88	345	2,3	16	18,9	114	5	1
Choisille Chenusson amont	16,3	14,2	14,84	344	0	0	4,7	121	6	0
Choisille Chenusson médian	17,4	15	16,74	339	0	0	34,8	124	7	0
Choisille Semblançay amont	20,7	19,2	17,84	327	10,9	34	46,8	118	8	3
Choisille Semblançay médian	26,6	24,8	22,68	219	106,3	1991	124,3	116	11	29
Choisille Semblançay aval	21,3	20,3	18,35	318	16,7	147	67,9	119	9	4
Dême aval	19	17	16,86	340	1,5	12	25	118	7	0
Rorthe aval	16,8	14,6	15,82	348	0	0	24,7	116	3	0
Desmée aval	17,9	15,3	16,06	354	0	0	9,9	113	5	0
Breuil	15,3	8,3	14,45	365	0	0	0,5	93	0	0
Escotais amont	19,1	16,9	16,67	337	1,7	11	10,8	120	7	0
Escotais aval	21,3	18,8	18,4	336	15,6	159	78,7	115	4	4
Long amont	19,6	17,2	17,8	344	8,9	17	19,8	114	4	1
Long aval	19,9	17,6	17,49	337	8	19	24,9	117	7	1
Moyenne	19,4	16,9	17,33	319,5	11,9	135,3	32,8	110,8	6,1	3,6

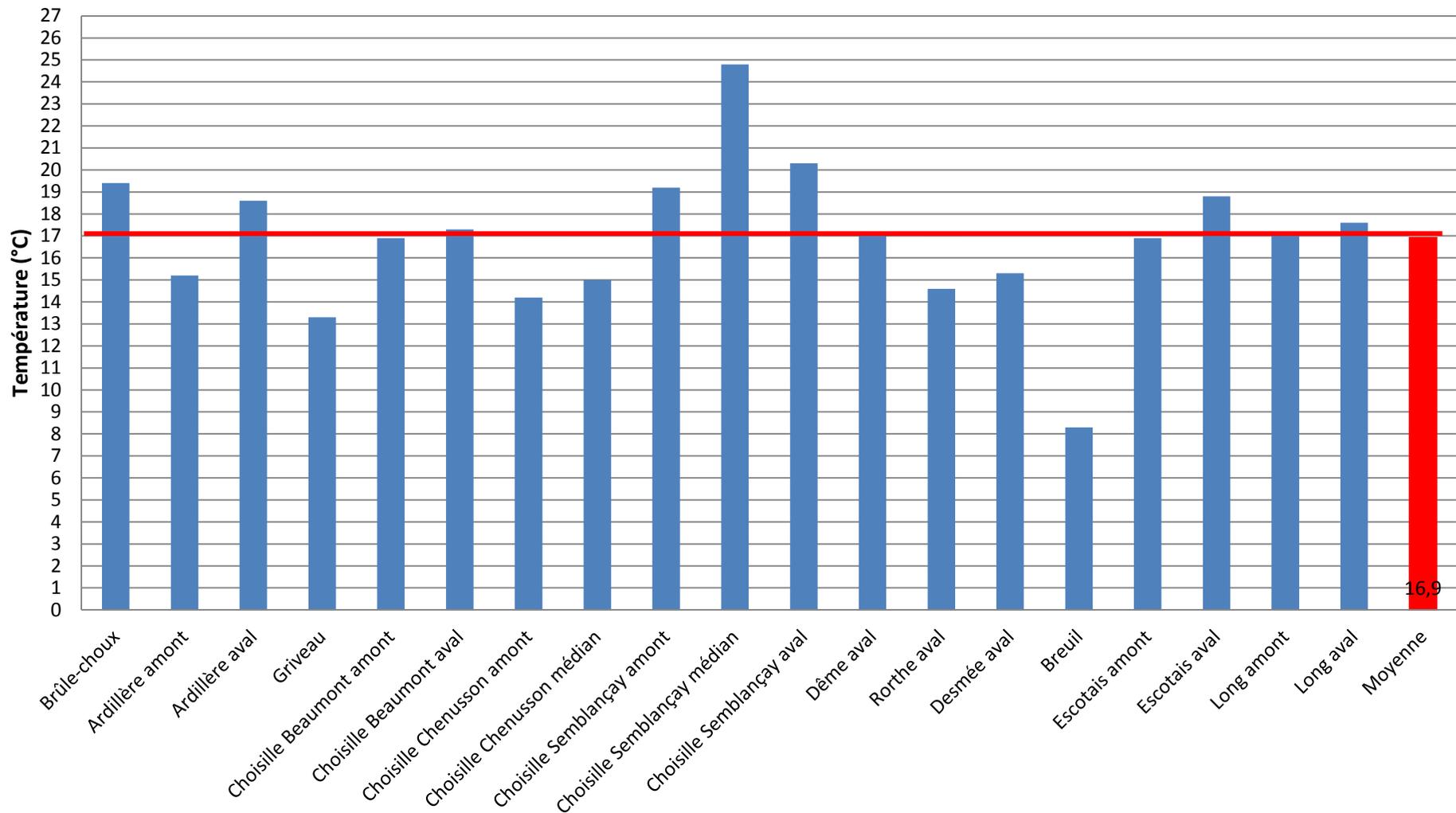
Annexe 3 :

Graphique de synthèse des paramètres
interprétés sur le cycle annuel compris entre le
01/06/2009 et le 31/05/2010.

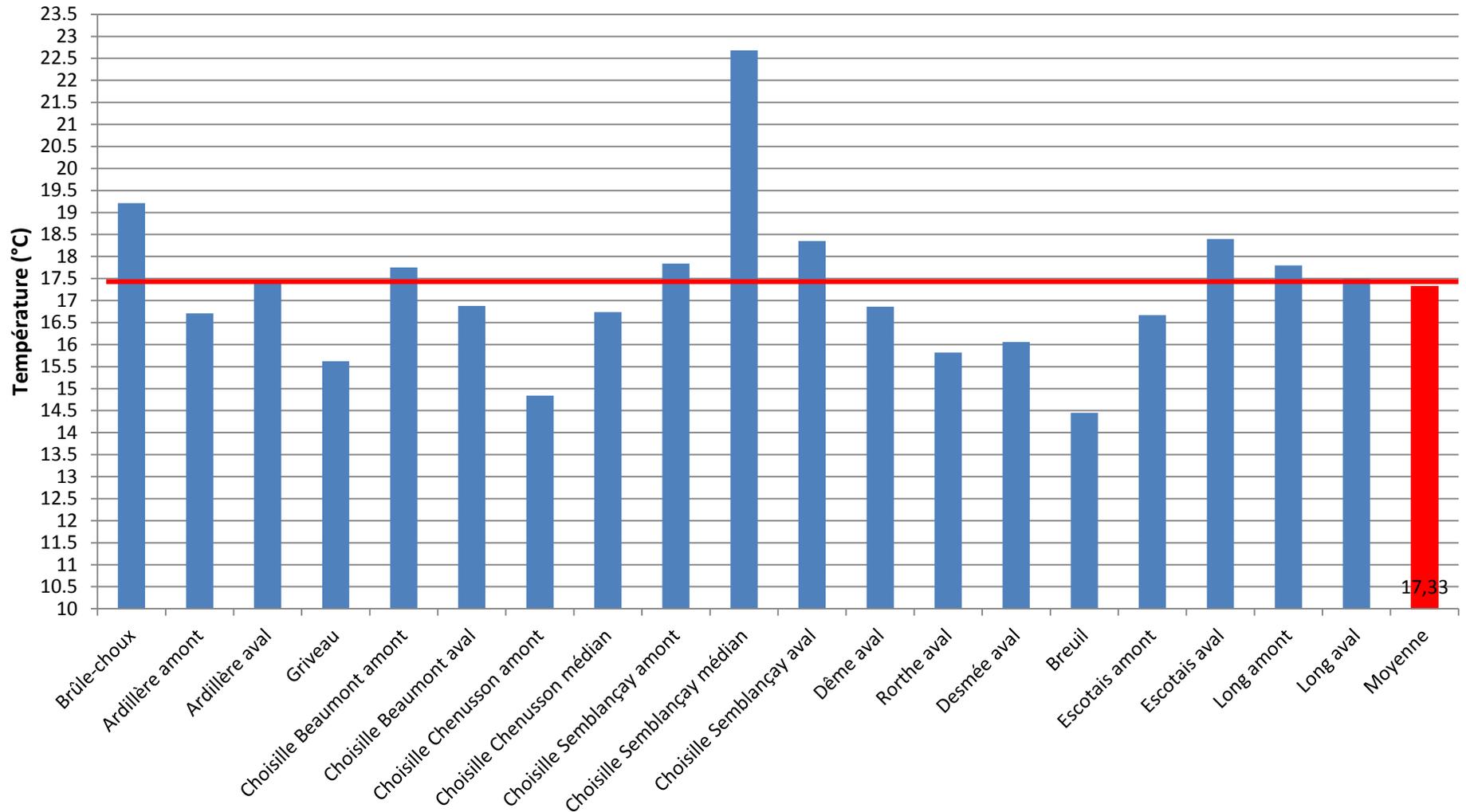
Température moyenne journalière maximale



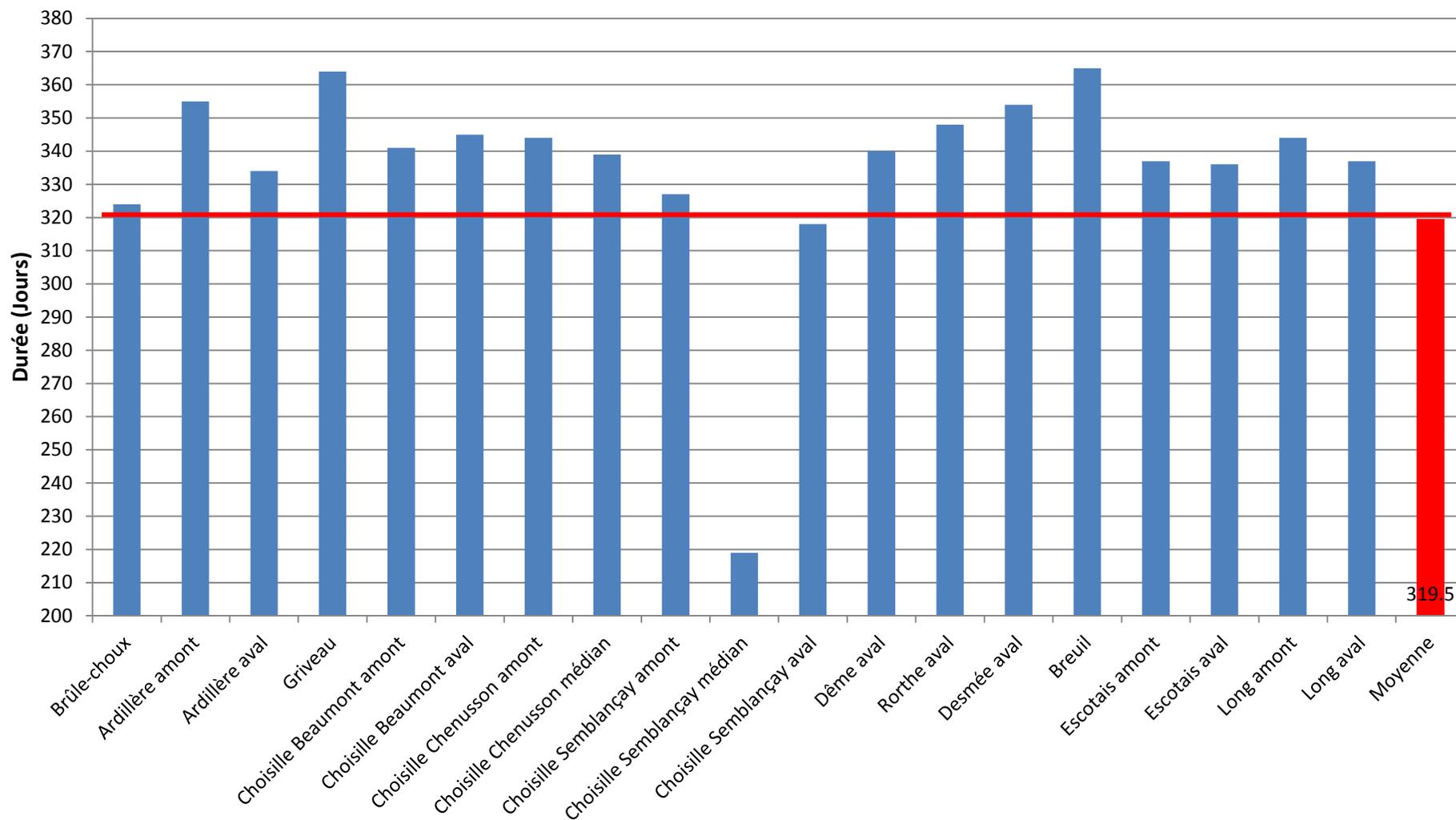
Amplitude thermique des moyennes journalières



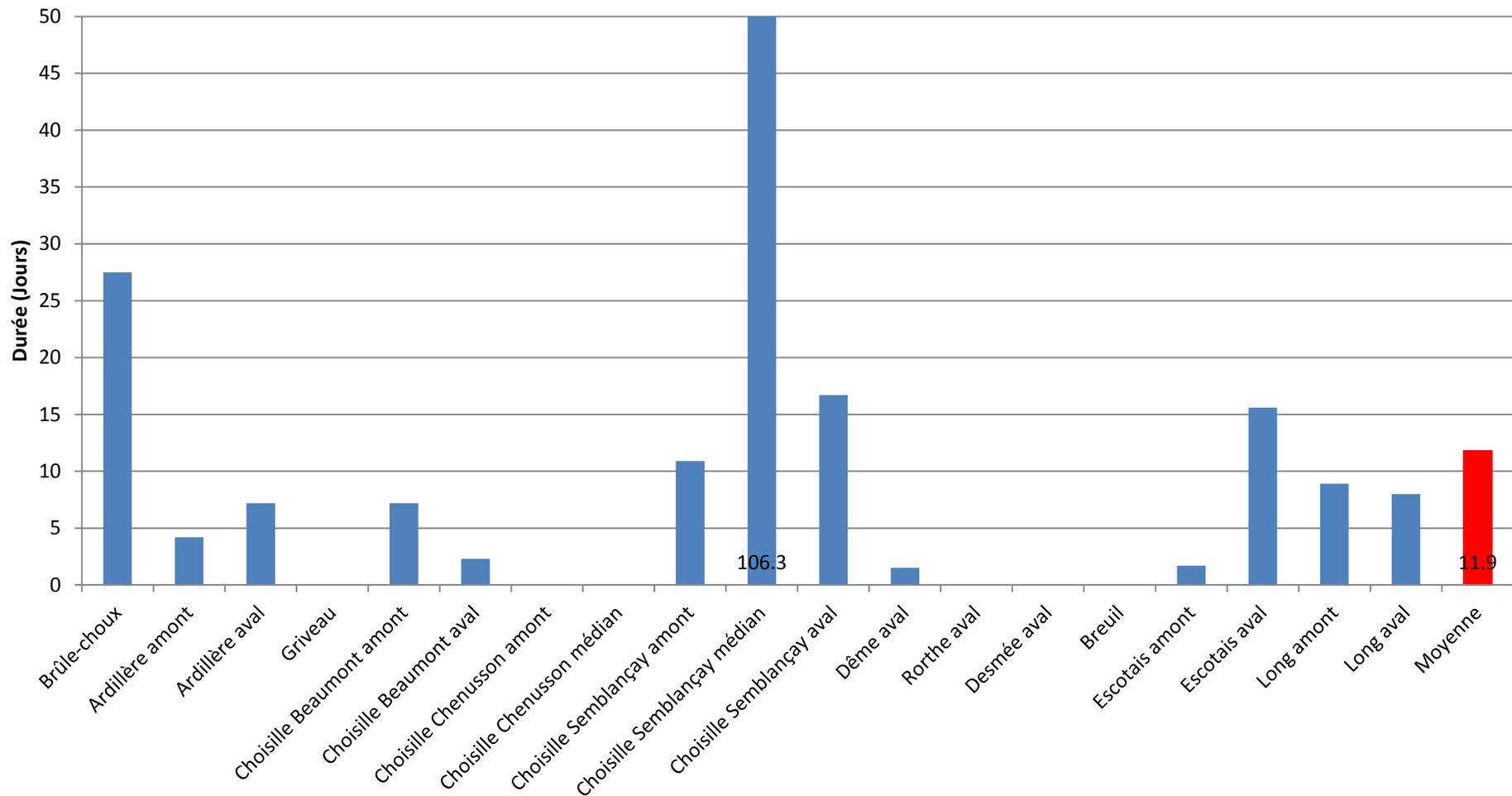
Moyenne des trente jours les plus chauds



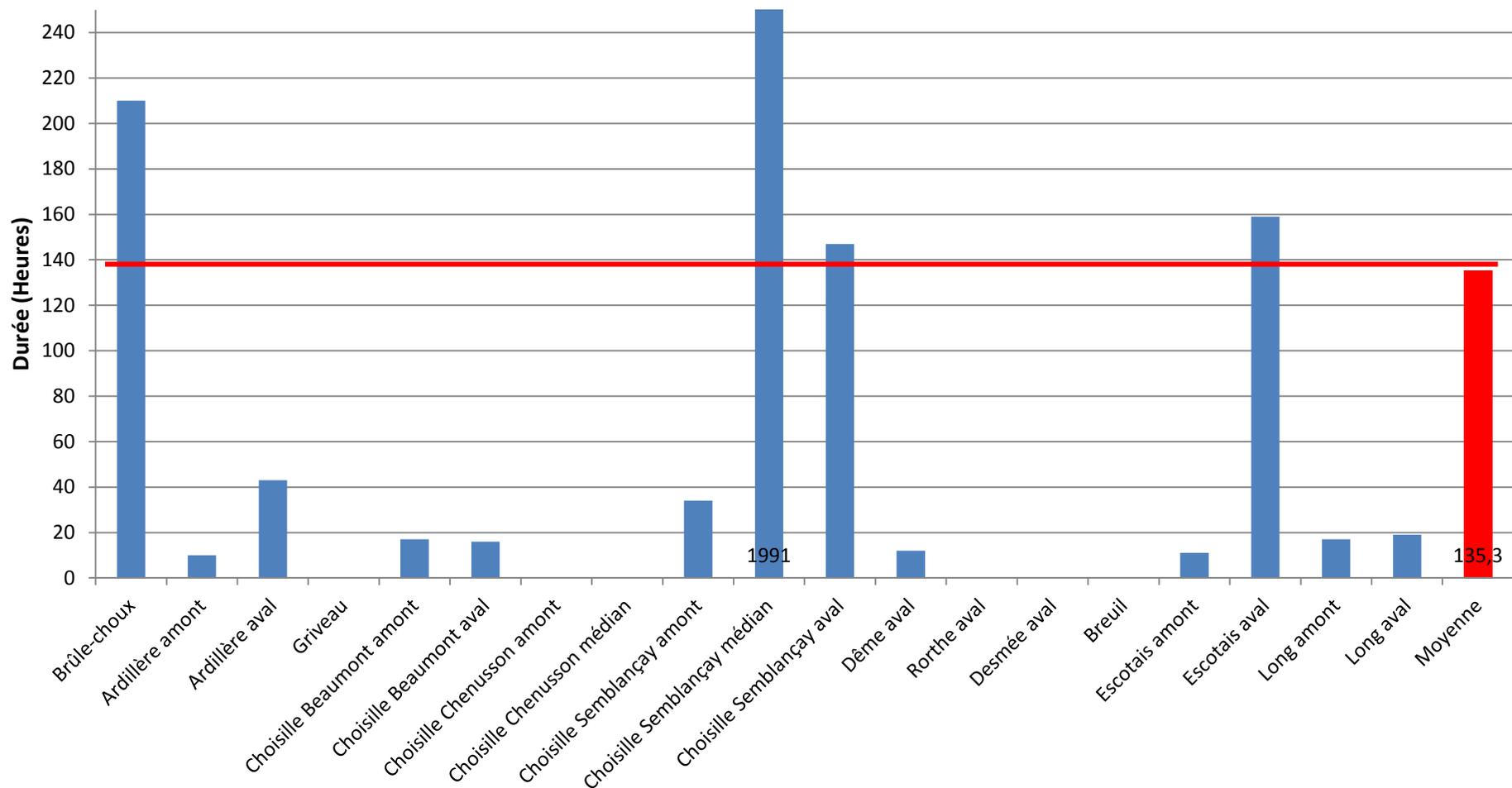
Durée préférendum thermique pour la truite fario



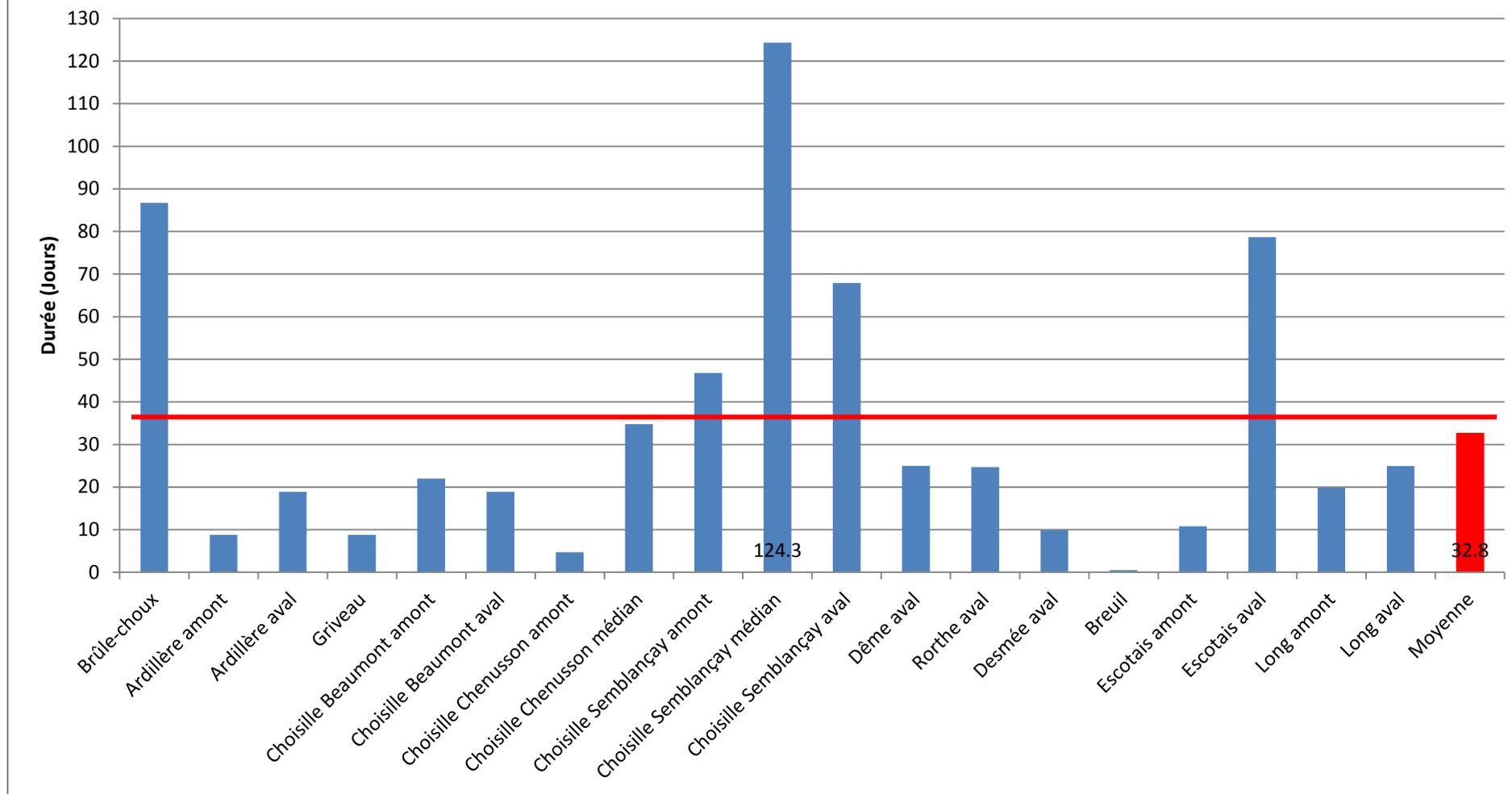
Durée totale où la température instantannée est strictement supérieur à 19°C



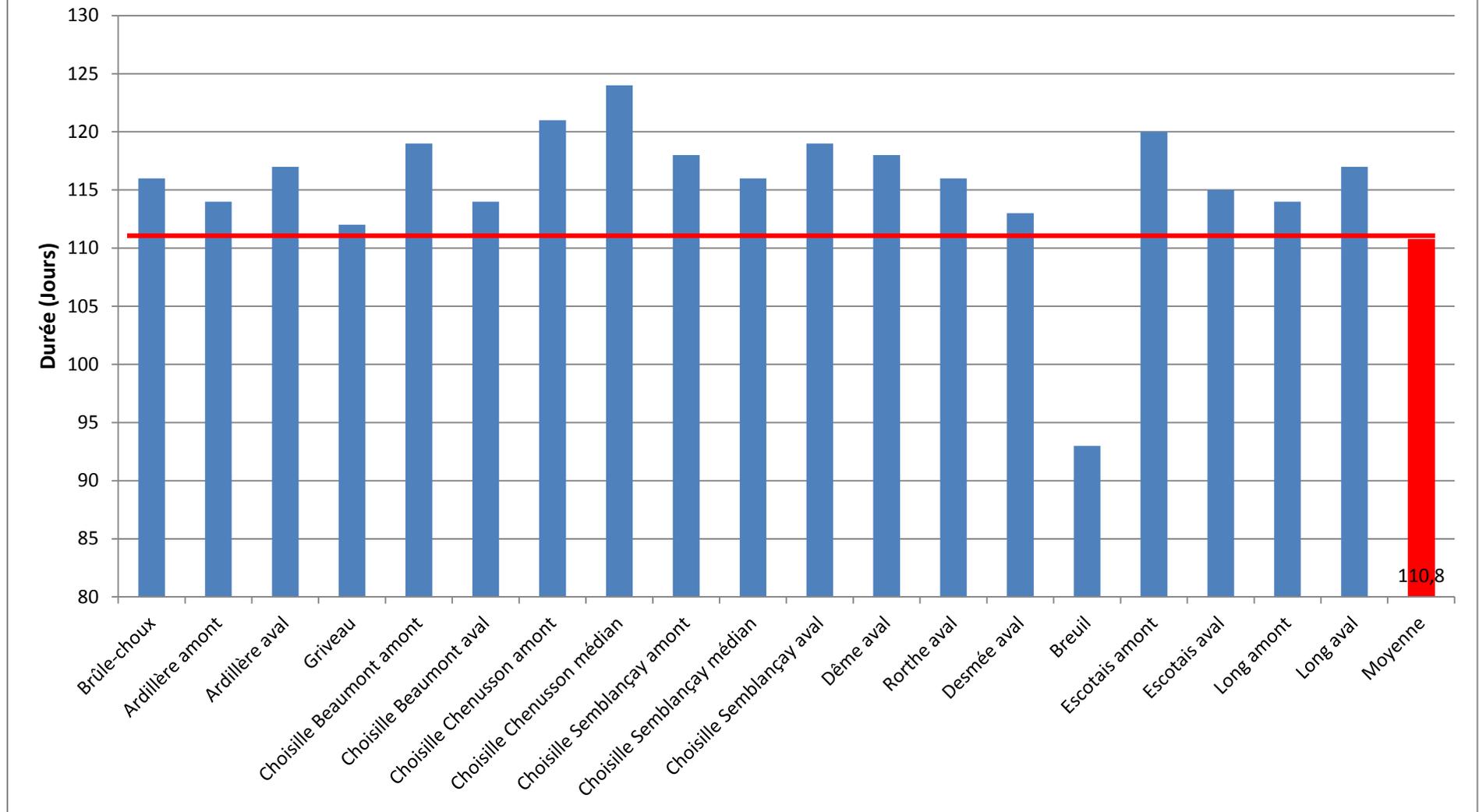
Durée maximale durant laquelle la température est restée au dessus de 19°C



Durée de la séquence maximale durant laquelle la température est restée au dessus de 15°C



Durée totale en jours de vie sous graviers



Annexe 4 :

Tableau des valeurs des paramètres utilisés pour la comparaison de la période estivale 2009 avec la période estivale 2010.

Stations	Température instantanée min 2009 (°C)	Température instantanée max 2009 (°C)	Température moyenne des 30 jours consécutifs les plus chauds 2009 (°C)	Température instantanée min 2010 (°C)	Température instantanée max 2010 (°C)	Température moyenne des 30 jours consécutifs les plus chauds 2010 (°C)	Différence température instantanée min (2010-2009) (°C)	Différence température instantanée max (2010-2009) (°C)	Différence Température moyenne des 30 jours consécutifs les plus chauds (2010-2009) (°C)
Brûle-choux	2,3	23,2	19,21	2,6	23,4	19,77	0,3	0,2	0,56
Ardillère amont	2,1	21	16,71	4,1	22,1	16,83	2	1,1	0,12
Ardillère aval	1	21,6	17,39	1,5	21,5	17,68	0,5	-0,1	0,29
Griveau	3,2	18,5	15,62	2,7	18,9	15,99	-0,5	0,4	0,37
Choisille Beaumont amont	0,8	20,8	17,75	3,3	22,5	18,41	2,5	1,7	0,66
Choisille Beaumont aval	1,4	20,4	16,88	2,4	20,5	17,41	1	0,1	0,53
Choisille Chenusson amont	1,4	17,2	14,84	1,7	17,3	15,07	0,3	0,1	0,23
Choisille Chenusson médian	2,1	18,1	16,74	3	17,2	14,74	0,9	-0,9	-2
Choisille Semblançay amont	0,8	22,4	17,84	0,8	23,7	18,66	0	1,3	0,82
Choisille Semblançay médian	1,4	28,5	22,68	1,9	28,1	23,77	0,5	-0,4	1,09
Choisille Semblançay aval	0,9	22,5	18,35	1,2	22,5	19,09	0,3	0	0,74
Dême aval	1,8	19,8	16,86	2,9	19,9	17,11	1,1	0,1	0,25
Rorthe aval	1,8	17	15,82	2,3	19,1	16,46	0,5	2,1	0,64
Desmée aval	2,3	18,9	16,06	3	19,1	16,36	0,7	0,2	0,3
Breuil	6,2	17,4	14,45	6,5	17,7	14,65	0,3	0,3	0,2
Escotais amont	1,2	20,5	16,67	2	20,6	16,82	0,8	0,1	0,15
Escotais aval	2,2	22,4	18,4	2,4	22	18,83	0,2	-0,4	0,43
Long amont	1,1	22,7	17,8	1,9	20	17,54	0,8	-2,7	-0,26
Long aval	1,8	21,5	17,49	2,3	22,2	18,21	0,5	0,7	0,72
Moyenne	1,9	20,8	17,24	2,6	21,0	17,55	0,7	0,2	0,31

Annexe 5 :

Graphiques de comparaison de la période estivale 2009 avec la période estivale 2010.

