



Fédération de Haute-Savoie pour la Pêche
et la Protection du Milieu Aquatique
2092, route des Diacquenods
Le Villaret
74 370 St Martin Bellevue
Tél. 04 50 46 87 55
www.pechehautesavoie.com

ETUDE DE LA QUALITE THERMIQUE DU BASSIN DES DRANSES

DONNEES 2007-2008

Laure VIGIER
Guillaume BINI
Ludovic CATINAUD

(Réf rapport FDP74.13/08)

Novembre 2013

Référence à citer :

Vigier L., Catinaud L.& Bini G., 2013. Etude de la qualité thermique du bassin des Dranses données 2007-2008. Rapport FDP74.13/08, 15p.

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

Aussi, dans le cadre du programme INTERREG III intitulé « Identification, sauvegarde et réhabilitation des populations de truites autochtones dans la Vallée d'Aoste et en Haute-Savoie », des premières études thermiques sur des cours d'eau de Haute-Savoie ont été entreprises à partir de 2003 (Caudron *et al.*, 2006). Les premiers résultats obtenus ont permis d'apporter des éléments de réponse concernant la qualité du peuplement piscicole observé et le statut démographique de certaines populations autochtones identifiées. Au vu de ces résultats, il s'est avéré pertinent d'étendre le suivi entrepris à un maximum de cours d'eau du département.

L'étude du bassin des Dranses au cours des années 2007-2008 s'inscrit dans cet objectif de dresser un état de la qualité thermique en rapport avec les exigences écologiques de la truite à différents stade de vie. L'objectif étant avant tout d'évaluer les potentialités piscicoles ainsi que les conséquences biologiques potentielles en particulier pour la truite commune des caractéristiques thermiques des eaux de surface. Dans le cas de la truite commune qui affectionne préférentiellement les eaux froides, les dangers sont liés essentiellement à une élévation des températures durant la période estivale. Cependant, des valeurs froides extrêmes en période hivernale peuvent compromettre la réussite de la reproduction naturelle (maturation, déroulement du frai, développement des œufs). Ainsi, la température agit directement sur le métabolisme des poissons et influence positivement ou négativement la croissance et le développement. Elle a également des effets indirects sur les autres paramètres physico-chimiques (oxygénation, pollution), sur les biocénoses dont les invertébrés benthiques (faune nourricière) et sur les agents pathogènes (infection, prolifération).

I - RECOLTE ET TRAITEMENT DES DONNEES

Le suivi thermique a été réalisé sur 58 stations réparties sur l'ensemble du réseau hydrographique des Dranses. Sur chaque station, le suivi a été réalisé sur un cycle annuel complet au pas de temps horaire à l'aide de thermographes enregistreurs Onset HOBO. Les enregistreurs ont été posés par Guillaume Bini et Ludovic Catinaud (FDP74) au mois d'octobre 2007 et récupérées par Guillaume Bini en novembre 2008.

Toutes les modalités de pose des enregistreurs et de validation et de traitement des données thermiques sont décrites dans le manuel d'utilisation de la Macro Excel d'Aide au Calcul de variables thermiques appliquées aux milieux aquatiques Salmonicoles (MACMASalmo V1.0, Dumoutier *et al.*, 2010).

Les données brutes permettent de caractériser sur chaque station 30 variables thermiques différentes réparties en 4 grandes catégories (tableau 1) :

- D'une part les variables thermiques générales caractérisant le milieu,
- D'autre part, les variables thermiques relatives aux exigences écologiques de la truite commune :
 - preferendum thermique de la truite commune
 - conditions de développement de la PKD,
 - conditions thermiques relatives à la phase de développement embryonnaire.

Les calculs à partir des données brutes sont réalisés grâce à la Macro Excel MACMASalmo.

Tableau 1: présentation et description des 30 variables thermiques calculées à partir des données de température (Dumoutier *et al.*, 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	Nombre total de jours durant lesquels la T° est comprise entre 4 et 19°C
		%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° moy journalière est pour la première fois < 4°C	
Df Tmj <4		Date à laquelle la T° moy journalière est pour la dernière fois < 4°C	
%j Tmj <4		Pourcentage de jours où la T° moy journalière est < 4°C	
%j Tmj >19		Pourcentage de jours où la T° moy 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 la T° instantanée reste > 19°C	
Nbmax Ti csf > 19		Nombre d'heures max consécutives durant lesquelles la T° instantanée reste > 19°C	
Nb Ti ≥ 25		Nombre d'heures totales où la T° instantanée est ≥ 25°C	
Nb sq Ti ≥ 25		Nombre de séquences durant lesquelles la T° instantanée reste ≥ 25°C	
Nbmax Ti csf ≥ 25		Nombre d'heures max consécutives durant lesquelles la T° instantanée reste ≥ 25°C	
Développement potentiel PKD	Nb Ti ≥ 15	Nombre d'heures totales où la T° instantanée est ≥ 15°C	
	Nb sq Ti ≥ 15	Nombre de séquences durant lesquelles la T° instantanée reste ≥ 15°C	
	Nbmax Ti csf ≥ 15	Nombre d'heures max consécutives durant lesquelles la T° instantanée reste ≥ 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° instantanée est > 15°C pendant la PEL	
	Nb sq Ti > 15 (PEL)	Nombre de séquences pendant la PEL durant lesquelles la T° instantanée reste > 15°C	
	Nbmax Ti csf > 15 (PEL)	Nombre d'heures max consécutives pendant la PEL durant lesquelles la T° instantanée reste > 15°C	
	Nb Ti < 1.5 (PEL)	Nombre d'heures totales où la T° instantanée est < 1,5°C pendant la PEL	
	DNb sq Ti < 1.5 (PEL)	Nombre de séquences pendant la PEL durant lesquelles la T° instantanée reste < 1,5°C	
	Nbmax Ti csf < 1.5 (PEL)	Nombre d'heures max consécutives pendant la PEL durant lesquelles la T° instantanée reste < 1,5°C	

Sur les 58 sondes immergées et récupérées une seule a été perdue et aucune n'a montré de données aberrantes sur la période choisie pour l'analyse des données du 21/10/2007 au 20/10/2008. La totalité des enregistrements réalisés pendant cette période a donc été utilisée dans le traitement et l'analyse des données.

La localisation des 57 enregistreurs et des caractéristiques des stations étudiées sont présentées dans le tableau 2 et la figure 1 ci-dessous.

Tableau 2 : Caractéristiques des 58 stations étudiées sur le bassin des Dranses dans le cadre du suivi thermique 2007-2008 et localisation des enregistreurs.

bassin	cours d'eau	nom station	station code FD	localisation	coordonnées X	coordonnées Y	Remarque	
Brevon	Brevon	amont confluence r. de Bellecombe	BaD29		927040	2143120		
		amont lac	BaD12	St Bruno Chap	926218	2143510		
		aval lac	BaD13	La clusaz	924478	2144635		
		sortie gorges	BaD14	passerelle des places	923220	2147520		
		pont des Doubines	BaD04	Les Bossons	923808	2148783		
		les charges d'en bas	BaD30		924600	2151420		
		la perrière	BaD25	aval barrage (TCC)	925300	2154520		
		aval Brevon	BaD16	pont de Bioge (TCC)	927080	2155848		
	r. de bellecombe	bellecombe	BaD01		926753	2142739		
	la Follaz	pont Haute Cisère	BaD17	chez les Rey	921488	2148693	limite hors d'eau	
	aval barrage	BaD19	le Sautieux	923543	2152313	hors deau		
Basse Dranse	Basse Dranse	aval Bioge	BaD07		927648	2156015		
		aval confluence brevon	BaD23	tunnel Bioge	926710	2156590		
		aiguille du moine	BaD05		923241	2158096		
		usine Armo	BaD09		922250	2159220		
		pont de la douceur	BaD10		921455	2160068	PERDUE (données disponibles du 04/10/2007 au 18/08/2008)	
		passé de Vongy	BaD06		920673	2162190		
Maravant	pont du plan fayet	BaD21		922250	2159900			
Dranse d'Abondance	Dranse d'Abondance	amont châtel	DrA01	les Masses	944132	2148135		
		pont "le Moulin"	DrA03	Châtel	946551	2150286		
		pont de banfin	DrA04	le Banfin	943198	2153154		
		Les Carres	DrA07		938800	2152130		
		aval STEP	DrA19	les granges	936560	2151758		
		amont source de bellegarde	DrA10	Bonnevaux (TCC)	934139	2153286		
		pont de Corafens	DrA39	les combes	933890	2155510	légèrement engravée	
		Aval step vacheresse	DrA21		932580	2157030		
		TCC, amont usine Chevenoz	DrA17	TCC	930143	2157068	légèrement engravée	
		aval Dranse abondance	DrA18	TCC	927915	2156133	légèrement envasée	
	Chevenne	la chapelle d'abondance	DrA06		942741	2153733		
	l'Edian	amont confluence	DrA22	plan de Charmy	938438	2149940		
		les mouilles	DrA28	amont confluence DrA	937788	2151117		
	Ubine	Pissevache	DrA38	Chapelle de la Paraz	937250	2154830		
	l'Eau Noire	amont confluence	DrA11	la revenette	934521	2155078		
	r. des plenets (ugine)	les envers	DrA16		936242	2160526		
		Fétuière	DrA15		936328	2158948		
Ugine	langin	DrA12		934155	2160099			
	pont des Racles	DrA13	"chez les Racles"	931619	2159715			
	aval prise d'eau	DrA27	amont confluence DrA (TCC)	929823	2157335			
Dranse de Morzine	Dranse de Morzine	amont DrM	DrM01	la mouillette	940499	2137266		
		Cimetière Morzine	DrM02		937631	2139589		
		amont confluence DrM	DrM11		935668	2142393		
		aval pont des plagnettes	DrM12		935048	2142848		
		les évouettes	DrM06	la touvière	934211	2143979		
		amont confluence Jourdil	DrM14		932890	2146285		
		la Tassonnaire	DrM15	aval STEP/amont pont	931870	2147223		
		pont de la besentière	DrM07	amont confluence Seytroux	930489	2148616		
		la Baume	DrM16	pont de Gys	929648	2151503		
		pont de la Forclaz	DrM17	La Chavannette (TCC)	928513	2155330		
	Dranse des Uderzants	rond point des Uderzants	DrM18		938258	2140680		
		amont lac de montriend	DrM05		939654	2144055		
		aval lac de montriend	DrM09		937838	2143636	hors d'eau	
		aval Dranse de Montriend	DrM10	pont des glières	935865	2142598		
		le bochard des gets	amont pont couard	DrM21		935120	2141525	PERDUE
		aval	DrM23	les brochaux	935222	2142762		
		r. du Jourdil	les mouilles	DrM19	Saint-Jean-d'Aulps	932520	2146000	légèrement engravée
		les évouettes	DrM06	la touvière	934211	2143979		
		r. de l'Abbaye	aval ruisseau de l'abbaye	DrM28		932260	2146950	
		le Seytroux	pont de Gerbaz	DrM22		930223	2148128	
r. de Corbier	aval ruisseau de Corbier	DrM20		930003	2150475			

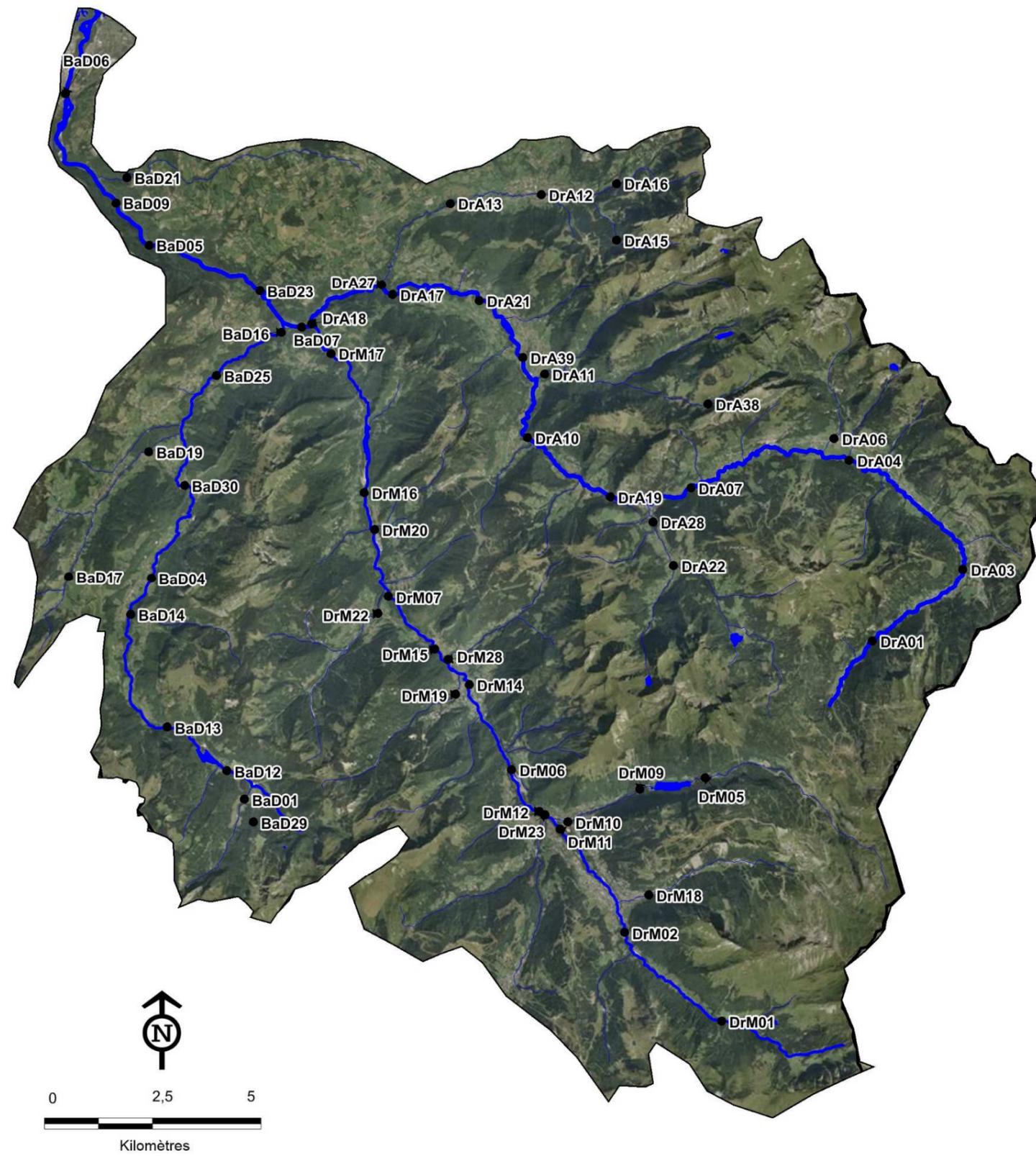


Figure 1 : Localisation géographique des 57 stations étudiées sur le bassin des Dranses dans le cadre du suivi thermique 2007-2008.

II – MATERIEL ET METHODE

II.1 - Conditions thermiques générales

Les conditions thermiques générales sont décrites à l'échelle du bassin à partir de la comparaison de l'évolution annuelle des températures moyennes journalières de l'ensemble des stations étudiées. Une représentation graphique intégrant les courbes des températures moyennes journalières de toutes les stations étudiées (ou de groupes pertinents, Ex : sous bassin versant) permet d'avoir une vision synthétique de l'évolution thermique au niveau du bassin.

II.2 - Conditions thermiques vis-à-vis des exigences écologiques de la truite commune

II.2.a - Préférendum thermique, stress métabolique et risque de mortalité

Les données thermiques recueillies permettent de calculer le temps (nombre de jours par an) où la température de l'eau est comprise dans le préférendum thermique de la truite commune. Ce préférendum peut être défini comme la plage de températures d'eau permettant une activité métabolique de la truite c'est-à-dire favorable à son alimentation et à sa croissance. En accord avec de nombreux auteurs (Varley, 1967 ; Elliott, 1975 ; Alabaster et Lloyd, 1980 ; Elliott, 1981 ; Crisp, 1996 ; Elliott et Hurley, 2001), les valeurs limites basse et haute de ce préférendum ont été fixées respectivement à 4°C et 19°C.

Le stress thermique potentiellement engendré par les températures estivales est évalué par la durée totale où la température instantanée mesurée est supérieure à 19°C (Nb Ti>19°C). Il est comparé à la répartition des valeurs du 'Nb Ti>19°C' obtenues sur 393 enregistrements annuels actuellement réalisés sur l'ensemble du département.

Par ailleurs, le risque de mortalité pour la truite associé aux fortes températures de l'eau est évalué par l'atteinte du seuil de 25°C.

II.2.b - Conditions favorables au développement de la PKD

La PKD (« Proliferative Kidney Disease » = maladie rénale proliférative), est une maladie infectieuse touchant préférentiellement les truites, les ombres et les saumons. Elle provoque, chez les sujets atteints, une importante hypertrophie des reins et éventuellement du foie et de la rate qui peut entraîner dans les populations des taux de mortalité relativement importants notamment chez les juvéniles. L'agent infectieux est un parasite nommé *Tetracapsula bryosalmonae* (Canning *et al.*, 1999) qui utilise comme hôte intermédiaire des bryozoaires (Anderson *et al.*, 1999). La température de l'eau joue un rôle important dans le cycle de développement de ce parasite qui se propage dans le milieu naturel lorsque celle-ci atteint 9°C (Gay *et al.*, 2001). L'apparition de la maladie chez la truite arc en ciel nécessite une température d'au moins 15°C pendant 2 semaines.

La mise en évidence récente de sites infectés en Grande Bretagne (Feist *et al.*, 2002) et en Suisse (Wahli *et al.*, 2002) où la PKD est considérée sur certains secteurs comme responsable du déclin piscicole (Burkhardt-Holm *et al.*, 2002) montre l'intérêt de prendre en compte ces risques potentiels d'infection dans l'étude des populations de truites.

Les sites présentant des conditions thermiques favorables aux développements de la PKD sont identifiés par le nombre d'heures consécutives où la température de l'eau est

supérieure ou égale à 15°C. 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.

II.2.c - Durée et conditions thermiques du développement embryo-larvaire

Une estimation de la durée totale (50% d'alevins émergents) de vie sous graviers des œufs et alevins vésiculés est calculée selon la méthode proposée par Crisp (1992). La date médiane de ponte a été fixée au 15 décembre en accord avec les observations actuellement disponibles sur différents cours d'eau de Haute-Savoie (Dumoutier *et al.*, 2010).

Une fois la durée de la phase de développement embryo-larvaire évaluée, les conditions thermiques pendant cette phase sont plus précisément étudiées. En accord avec Humpesh (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 présente des valeurs inférieures à 1,5°C ou supérieures à 15°C sont recherchées.

Le recouplement des données thermiques obtenues depuis 2003 et des résultats de l'étude d'évaluation de la participation du recrutement naturel et des repeuplements (Caudron et Champigneulle, 2007) nous a permis d'identifier des durées seuils par phases de vie embryo-larvaire, au-delà desquelles l'émergence des alevins naturels semble compromise.

Les sites où la trop longue durée de la phase de développement embryo-larvaire pourrait réduire les chances d'émergence des alevins sont identifiés par l'atteinte du seuil de 200 jours de PEL.

Les caractéristiques thermiques obtenues sur chacune des stations pour les variables citées précédemment, permettent de connaître l'aptitude du milieu à accueillir ou non une population fonctionnelle de truite. En effet, le dépassement prolongé du seuil de confort, l'existence de conditions favorables au développement de la PKD ou encore de trop faibles températures durant la période de vie embryo-larvaire, sont autant de facteurs limitant le développement voir même le maintien d'une population naturelle de truite.

Les résultats sont présentés sous forme d'une carte synthétisant ces différentes variables. Elle permet d'apprécier la qualité thermique du bassin des Dranses vis-à-vis des exigences écologique de la truite.

III – RESULTATS

III.1 - Conditions thermiques générales

BASSIN DU BREVON DE BELLEVAUX

Sur le bassin du Brevon de Bellevaux, les températures instantanées évoluent entre 0 au minimum et 20,5 °C au maximum et les températures moyennes journalières (figure 2) évoluent entre 0°C et 18,7°C au cours de l'année.

A l'exception des stations situées en amont de la Follaz (BaD17) et à l'aval du lac Vallon (BaD13), qui bénéficient d'une température hivernale plus clémente de l'ordre de 3°C en moyenne, l'ensemble des stations étudiées présentent des profils similaires.

Durant la période estivale nous notons une nette augmentation des températures moyennes pouvant aller jusqu'à 8°C entre les stations situées en amont (BaD 12) et en aval (BaD13) du lac Vallon. A cette exception près, les températures moyennes estivales suivent le gradient altitudinal et augmentent à mesure que l'altitude diminue.

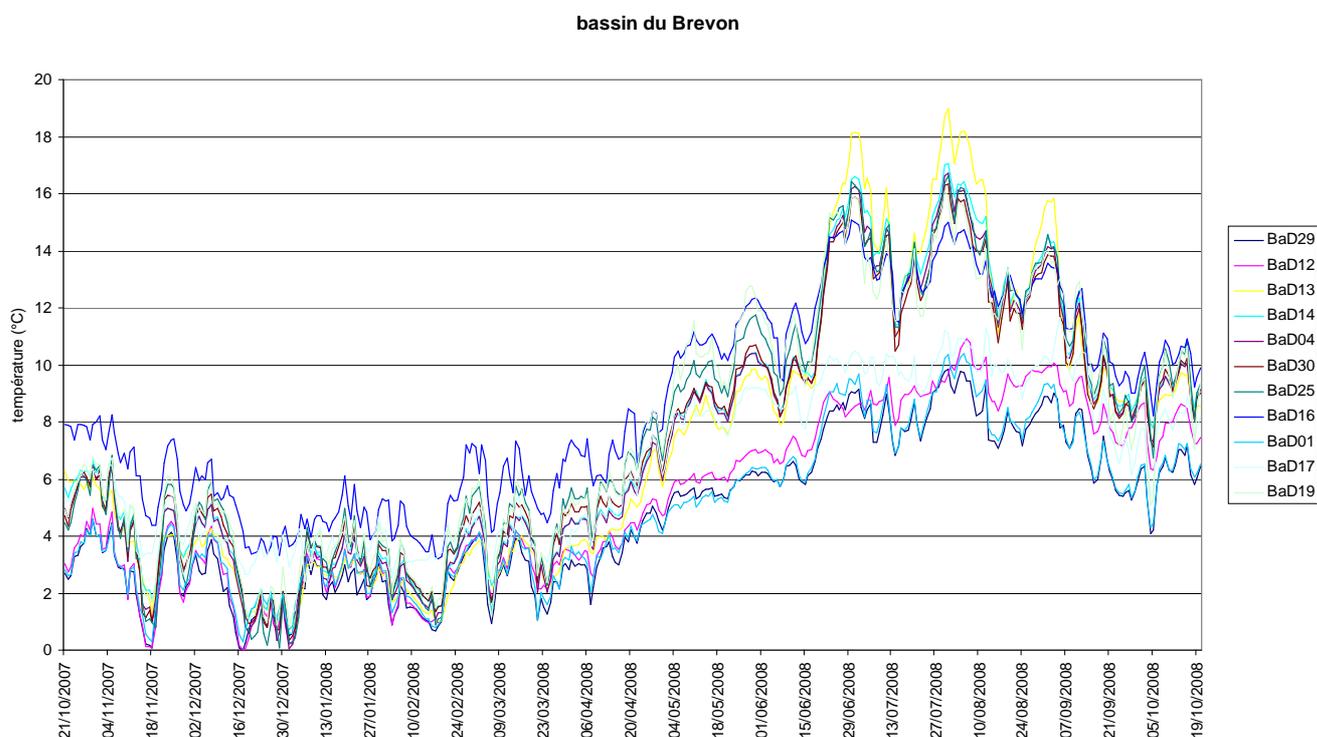


Figure 2 : Courbes des températures moyennes journalières calculées sur la période du 21/10/2007 au 20/10/2008 pour les 11 stations étudiées sur le bassin du Brevon de Bellevaux

BASSIN DE LA DRANSE DE MORZINE

Sur le bassin de la Dranse de Morzine, les températures instantanées évoluent entre 0°C au minimum et 18,6°C au maximum et les températures moyennes journalières (figure 3) évoluent entre 0°C et 18,5°C au cours de l'année.

Les profils annuels des températures moyennes journalières sont relativement similaires sur les différentes stations du cours principal de la Dranse de Morzine. Parmi ses affluents, la Dranse des Uderzants (DrM18) et les ruisseaux des Evouettes (DrM06) et de Corbier (DrM22), présentent de faibles variations de températures au cours de l'année et bénéficient de température hivernale plus clémente de l'ordre de 5°C à 9°C en moyenne journalière et de températures estivales fraîches de 10°C à 14°C ce qui correspond à des conditions de milieux dits « tamponnées ». Durant l'été, les moyennes journalières maximales (18,5°C) sont observées au niveau de station située en aval du lac de Montriond (DrM09).

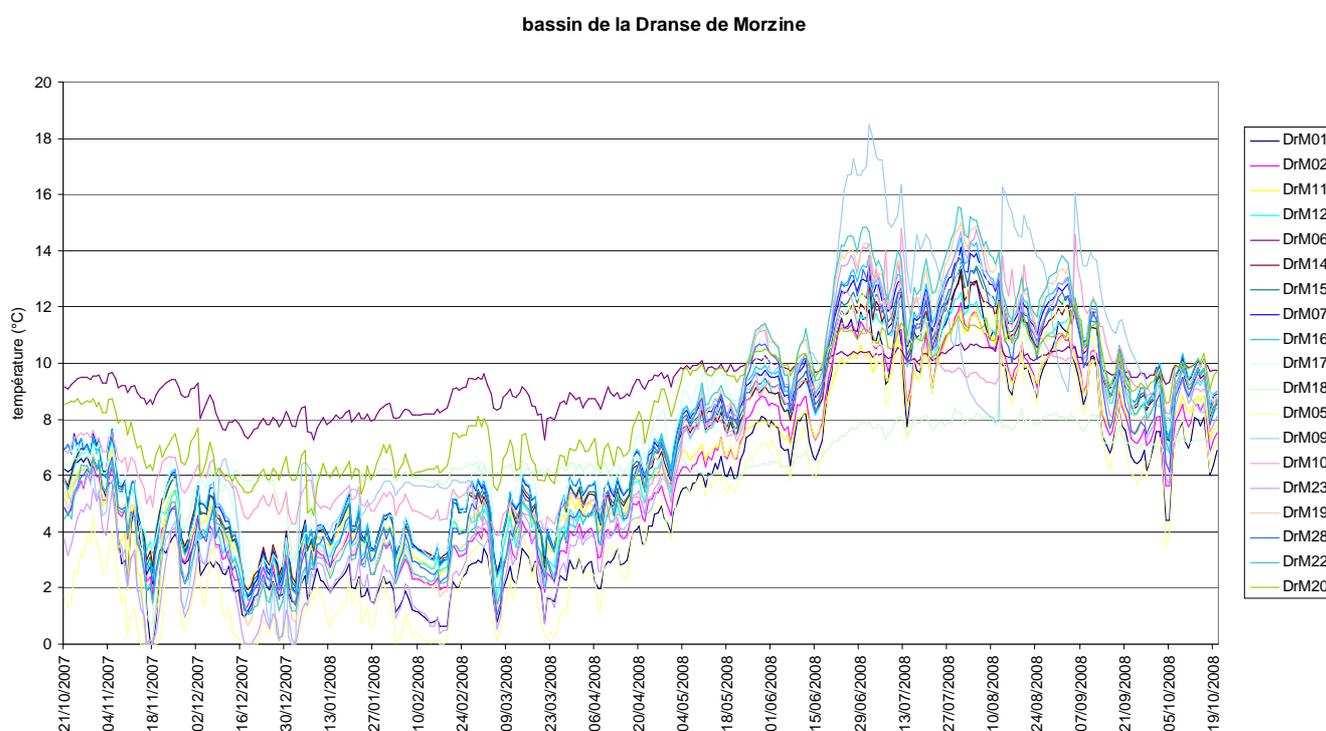


Figure 3 : Courbes des températures moyennes journalières calculées sur la période du 21/10/2007 au 20/10/2008 pour les 19 stations étudiées sur le bassin de la Dranse de Morzine.

BASSIN DE LA DRANSE D'ABONDANCE

Sur le bassin de la Dranse d'Abondance, les températures instantanées évoluent entre 0°C au minimum et 19°C au maximum et les températures moyennes journalières (figure 4) évoluent entre 0°C et 16°C au cours de l'année.

Les profils annuels des températures moyennes journalières ne permettent pas de relever de situation particulière.

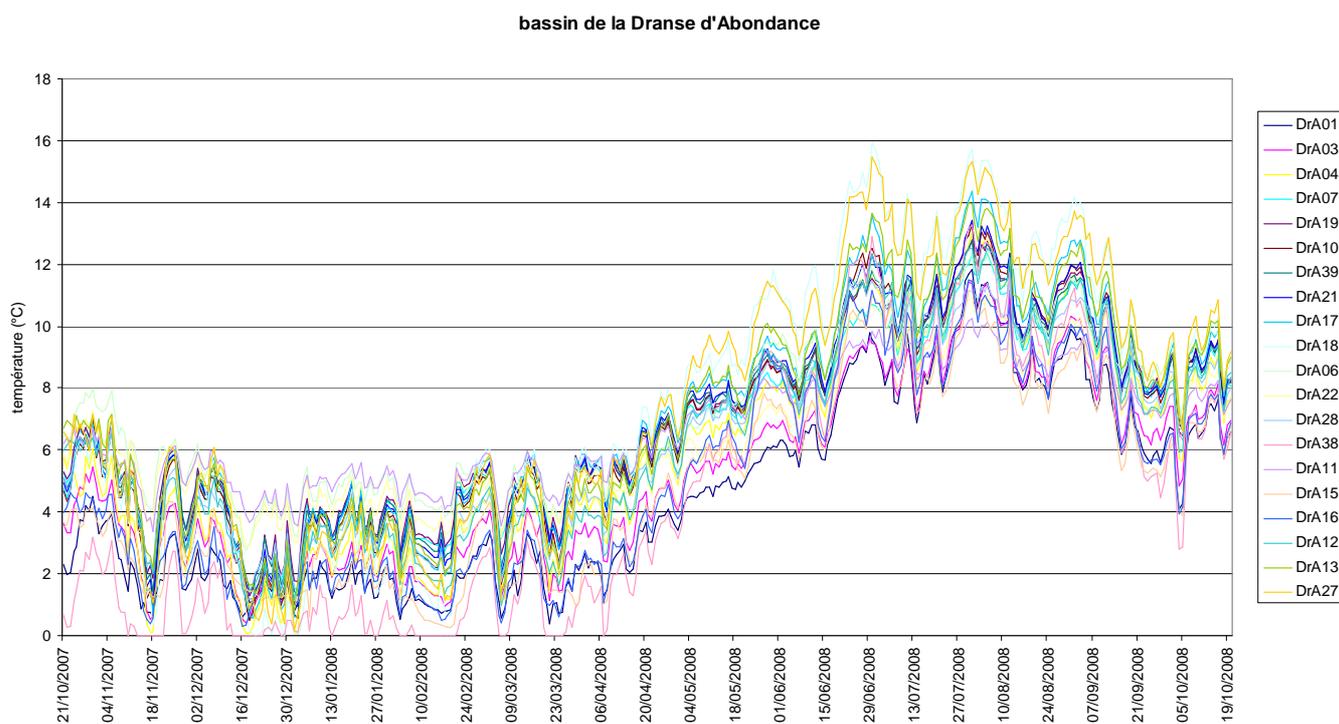


Figure 4 : Courbes des températures moyennes journalières calculées sur la période du 21/10/2007 au 20/10/2008 pour les 20 stations étudiées sur le bassin de la Dranse d'Abondance.

BASSIN DE LA BASSE DRANSE

Sur la Basse Dranse et le Maravant, les températures instantanées évoluent entre 0°C au minimum et 22°C au maximum et les températures moyennes journalières (figure 5) évoluent entre 1°C et 17°C au cours de l'année.

Les profils annuels des températures moyennes journalières ne permettent pas de relever de situation particulière.

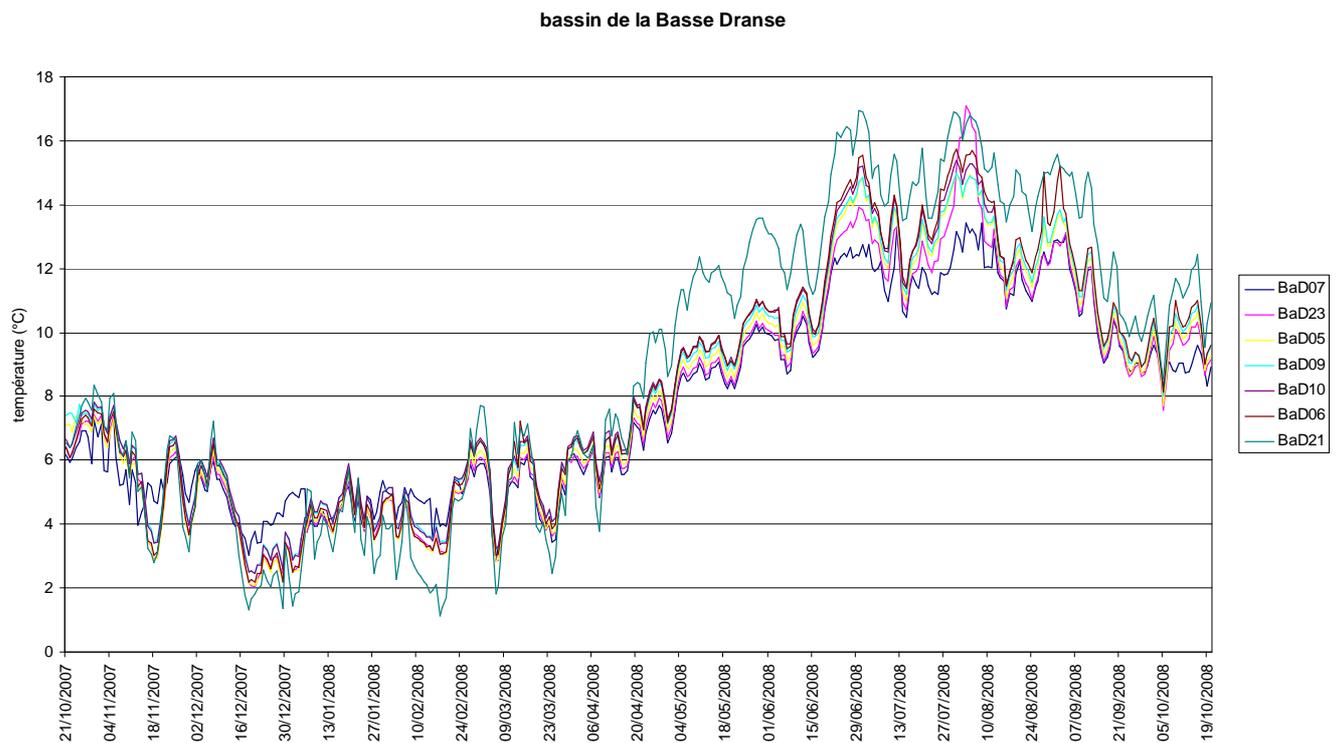


Figure 5 : Courbes des températures moyennes journalières calculées sur la période du 21/10/2007 au 20/10/2008 pour les 7 stations étudiées sur le bassin de la Basse Dranse.

EVOLUTION PAR BASSINS

Les profils thermiques moyens obtenus par sous-bassins (figure6) montrent tous une évolution similaire : chute des températures à partir de mi-septembre jusqu'à mi-décembre, des températures basses hivernales de mi-décembre à fin mars, une remontée progressive des températures de fin mars à fin juin et des températures estivales entre fin juin et mi-septembre.

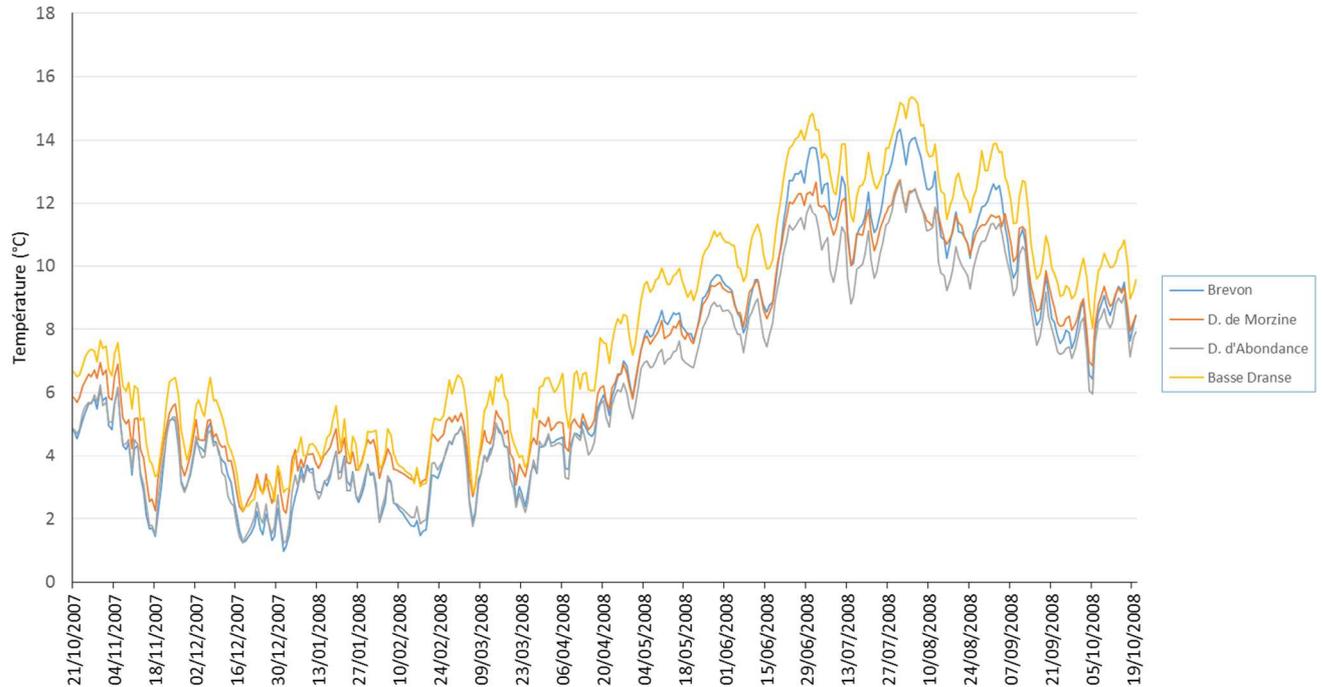


Figure 6 : Courbes des moyennes des températures moyennes journalières calculées par sous-bassins sur la période du 21/10/2007 au 20/10/2008 sur le bassin des Dranses.

III.2 – Qualité thermique vis-à-vis des exigences écologiques de la truite commune

L'analyse des conditions thermiques vis-à-vis des exigences écologiques de la truite (figure7), relevées lors de la campagne de récolte 2007-2008, met en évidence des conditions thermiques très favorables au maintien et au développement des populations de truite sur l'ensemble du bassin des Dranses. En effet les stress thermiques sont rares, peu de stations atteignent le seuil de confort de 19°C ou sur des durées cumulées très courtes inférieures à 50 heures par an. Aucune station n'a atteint le seuil des 25°C.

Par ailleurs peu de secteurs présentent un risque de développement de la PKD. Seule la station située en aval du lac Vallon présente les conditions favorables au développement du parasite, et deux stations (aval du lac de Montriond, et aval du ruisseau du Maravant) en sont proche. Le risque pour les populations en place reste tout relatif, car il dépend de la présence effective du parasite dans le milieu, en outre ces situations sont très localisées.

Enfin, aucun des secteurs étudiés ne semble présenter de conditions thermiques hivernales pouvant affecter le bon déroulement de la phase embryo-larvaire. Certaines stations situées en amont du réseau hydrographique présentent une durée de développement relativement longue qui s'approche du seuil critique des 200 jours sans les atteindre.

En conclusion, la campagne de mesure de la température des rivières du bassin des Dranses réalisée en 2007-2008, met en évidence une qualité thermique optimale pour les populations de truite commune sur l'ensemble du réseau hydrographique « piscicole » des Dranses.

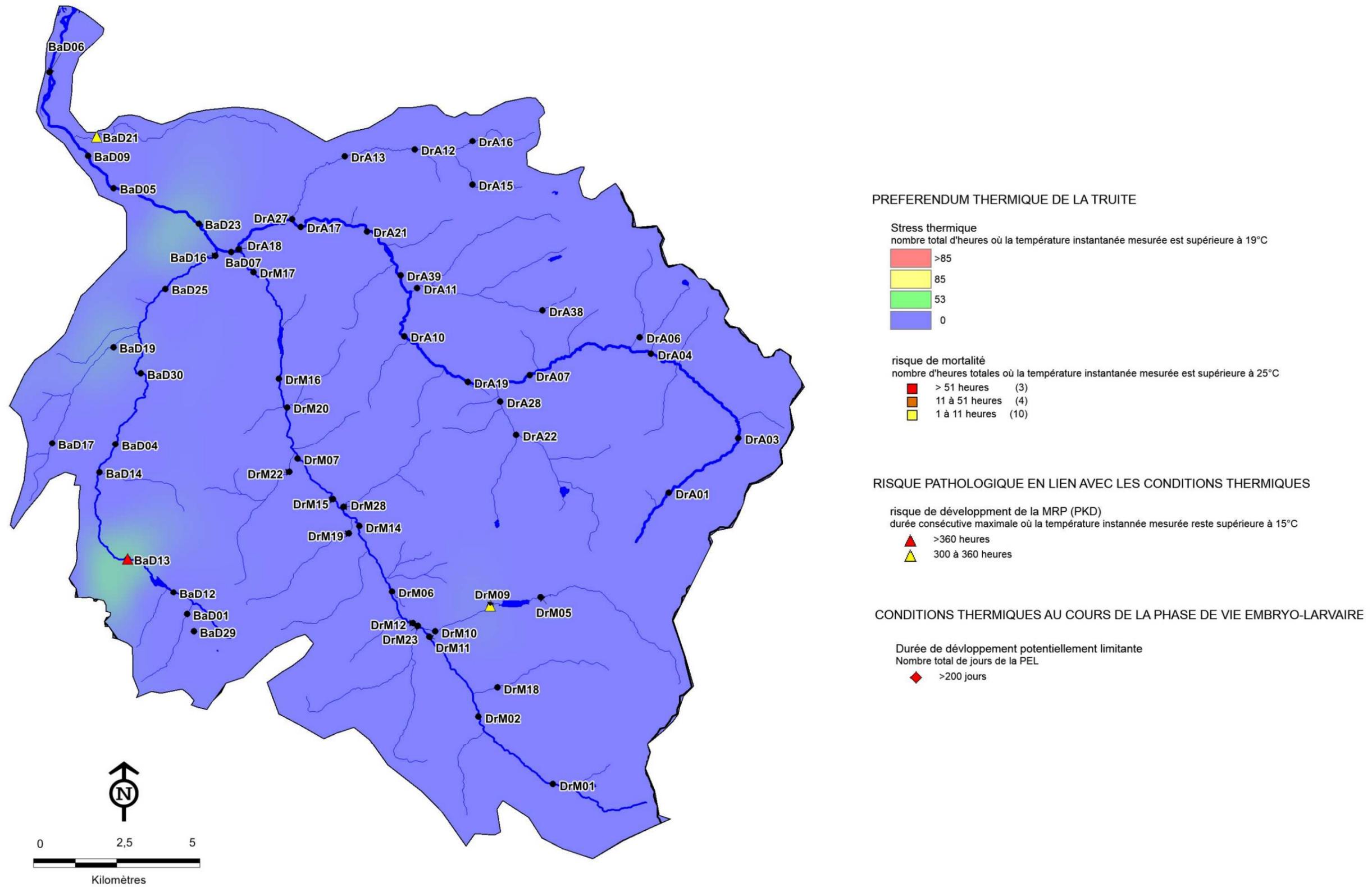


Figure 7 : Analyse spatiale des variables thermiques relatives aux exigences écologiques de la truite commune : preferendum thermique de la truite commune (analyse par surface des durées totales où la température instannée mesurée dépasse le seuil de confort des 19°C ; et par point des stations où le seuil léthal des 25°C est atteint) ; conditions de développement de la PKD, et des conditions thermiques relatives à la phase de développement embryo-larvaire.

BIBLIOGRAPHIE

Alabaster J.S., Llyod R., 1980. Water quality criteria for fresh water fish, Butter Worths Ed., London, 297p.

Anderson C.L., Canning E.U., Okamura B., 1999. 18S rDNA sequences indicate that PKX organism parasites bryozoa. *Bulletin of the European association of fish pathologists*, 19, 94-97.

Burkhardt-Holm P., Peter A. Segner H. (2002) Decline of fish catch in Switzerland. Project fishnet : a balance between analysis and synthesis. *Aquatic Sciences* 64, 36-54.

Canning E.U., Curry A., Feist S.W., Longshaw M. Okamura B., 1999. *Tetracapsula bryosalmonae* n. sp. for PKX organism the cause of PKD in salmonid fish. *Bulletin of the European association of fish pathologists*, 19, 203-206.

Caudron A., Champigneulle A., 2007. Evaluation à grande échelle de l'efficacité du repeuplement et comparaison des caractéristiques des truites (*Salmo trutta* L.) sauvages et introduites dans les rivières de Haute-Savoie –Rapport final. Rapport INRA Thonon SHL 274-2007 - FDP74.07/06, 68 pages + annexes.

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

Crisp D.T., 1992. Measurement of stream water temperature and biological applications to salmonid fishes, grayling and dace. *Freshwater biological association, occasional publication N°29*, 72p.

Crisp D.T., 1996. Environmental requirements of common riverine European salmonid fish species in fresh water with particular reference to physical and chemical aspects. *Hydrobiologia*, 323, 201-221.

Dumoutier Q., Vigier L. & Caudron A., 2010. Macro Excel d'Aide au Calcul de variables thermiques appliquées aux milieux aquatiques Salmonicoles, MACMASalmo1.0. Rapport SHL293.2010 / FDP74.10/03 disponible sur <http://www.pechehautesavoie.com/wp-content/uploads/2012/01/MANUEL-DUTILISATION-MACMA-V1.0.pdf>

Elliott J.M., 1981. Some aspects of thermal stress on freshwater teleosts. pp 209-245 In *Stress and fish*, Pickering A.D (ed), Academic Press London.

Elliott J.M., Hurley M.A, 2001. Modelling growth of brown trout, *Salmo trutta*, in terms of weight and energy units. *Freshwater Biology*, 46, 679-692.

Feist S.W., Peeler E.J., Gardiner R., Smith E., Longshaw M., 2002. Proliferative kidney disease and renal myxosporidiosis in juvenile salmonids from rivers in England and Wales. *Journal of Fish Diseases*, 25, 451-458.

Gay M., Okamura B., De Kinkelin P., 2001. Evidence that infectious stages of *Tetracapsula bryosalmonae* for rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* are present throughout the year. *Diseases of Aquatic Organisms*, 46, 31-40.

Humpesch U.H., 1985. Inter-and intra-specific variation in hatching success and embryonic development of five species of salmonids and *Thymallus thymallus*. *Arch. Hydrobiol.* 104, 129-144.

Varley M.E., 1967. Water temperature and dissolved oxygen as environmental factors affecting fishes. pp 29-52 In *British freshwater fishes*, Fishing News, London.

Wahli T., Knuesel R., Bernet D. Segner H. Pugovkin D., Burkhardt-Holm P. Escher M., Schmidt-Posthaus H., 2002. Proliferative kidney diseases in Switzerland: current state of knowledge. *Journal of Fish Diseases*, 25, 491-500.