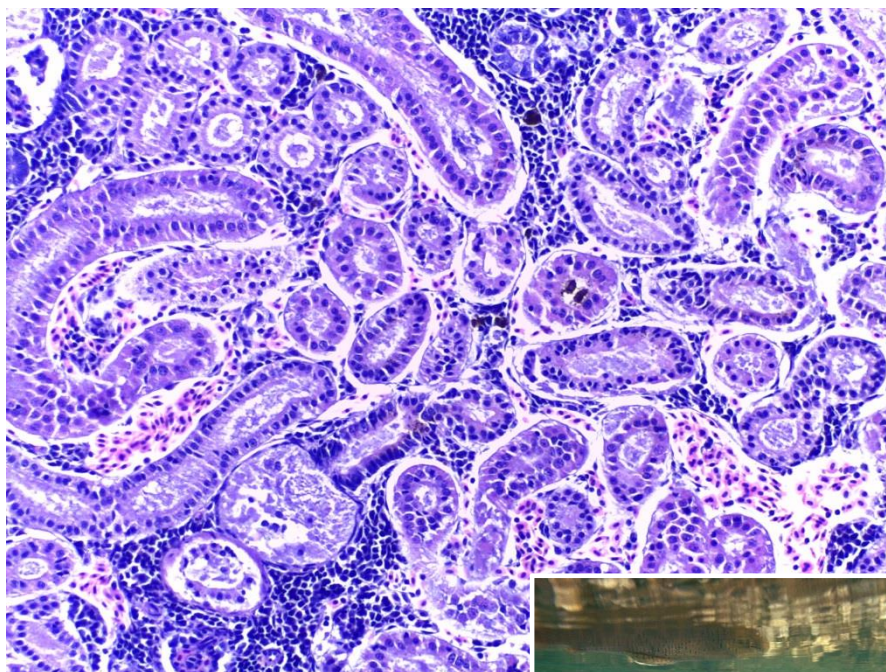


Projet MRP – Vaud 2013

Projet mis en œuvre dans le cadre du programme pilote Adaptation aux changements climatiques, soutenu par l'Office fédéral de la sécurité alimentaire et des affaires vétérinaires OSAV :
Impact du réchauffement climatique sur le développement de la Maladie Rénale Proliférative sur les populations naturelles de truites en Suisse

Suivi des piscicultures productrices de truites



**Aurélie Rubin,
Jean-François Rubin,
Thomas Wahli**

Adresse pour toute correspondance

Fondation de La Maison de la Rivière
Case postale 88
CH-1131 Tolochenaz

Contact

jf.rubin@maisondelariviere.ch, 079 446 35 71

Table des matières

1	Résumé	3
2	Introduction.....	3
2.1	Contexte	3
2.2	Objectifs du projet	4
2.3	La Maladie Rénale Proliférative (MRP)	4
2.3.1	Introduction	4
2.3.2	Cycle de vie du parasite	5
2.3.3	Le rein, organe cible de la MRP	6
2.3.4	Les signes de la maladie.....	7
2.3.5	Influence de la température	7
2.3.6	Situation de la MRP en Suisse	8
3	Matériel et méthodes.....	10
3.1	Piscicultures concernées	10
3.2	Prélèvements de poissons.....	10
3.3	Préparation des échantillons.....	11
3.3.1	Immunohistologie	11
3.3.2	Evaluation des coupes	11
3.3.3	Calculs.....	12
3.3.1	Données de température.....	12
4	Résultats	14
4.1	Pisciculture de Bussigny	14
4.2	Pisciculture de l'Isle	16
4.3	Pisciculture d'Eclépens.....	18
4.4	Pisciculture des Clées	20
4.5	Pisciculture d'Yverdon.....	22
4.6	Pisciculture de de Payerne	24
4.7	Pisciculture de Granges-Marnand	26
4.8	Pisciculture de Lucens	28
4.9	Pisciculture de Moudon.....	30
4.10	Pisciculture de Nyon	32
4.11	Pisciculture de Lausanne	34
4.12	Pisciculture de Montreux.....	36
4.13	Pisciculture des Ormonts-Leysin	38
4.14	Pisciculture de Château-d'Oex	40
5	Synthèse	42
5.1	Corrélation entre température, qualité de l'eau et MRP	42
5.2	Comparaison des données de température.....	44
5.3	Importance de la localisation dans le bassin versant.....	45
5.4	Importance de la durée d'exposition à une température élevée	46
6	Discussion.....	47
6.1	Périmètre d'étude	47
6.2	<i>Tetracapsuloides bryosalmonae</i>	47
6.3	<i>Sphaerospora</i> sp.	47
6.4	Myxozoaire inconnu.....	48

7	Eléments de réflexion en lien avec le plan de repeuplement.....	48
8	Remerciements	50
9	Annexes	50
10	Bibliographie	53

1 Résumé

De jeunes truites (*Salmo trutta*) de l'année (0+) ont été échantillonnées dans 14 piscicultures appartenant à la Société Vaudoise des Pêcheurs en Rivières (SVPR) dans le Canton de Vaud, chacune produisant des estivaux à des fins de repeuplement. Chaque échantillon est composé de 25 poissons au minimum. Les animaux prélevés ont été analysés en laboratoire par des méthodes histologiques, afin de déceler la présence du parasite myxozoaire *Tetracapsuloides bryosalmonae*, l'agent responsable de la maladie rénale proliférative (MRP). Des poissons atteints ont pu être observés dans une seule des 14 piscicultures échantillonnées. Pour celle-ci, trois prélèvements ont été effectués à différentes périodes, tous démontrant des résultats positifs. Outre *T. bryosalmonae*, un autre parasite myxozoaire, *Sphaerospora* sp. a été observé dans huit piscicultures. De plus, un parasite myxozoaire inconnu a encore été trouvé dans les tissus hématopoïétiques des reins de poissons provenant de trois piscicultures. *Sphaerospora* sp. et le parasite myxozoaire inconnu sont régulièrement observés dans les poissons provenant des rivières suisses.

2 Introduction

2.1 Contexte

Les milieux naturels aquatiques sont parmi les plus menacés de Suisse. En raison de la dégradation de leur habitat, plus de 80% des espèces qui y sont inféodées sont en danger à des degrés divers. La truite (*Salmo trutta* L.), poisson emblématique pour la pêche dans nos cours d'eau, n'échappe malheureusement pas à la règle. En effet, diverses observations démontrent que les populations naturelles de truite sont menacées (Zimmerli et al. 2007). Durant les 20 dernières années, les captures de truites ont massivement diminué de 40-50% (Burkhardt-Holm et al. 2002, Burkhardt-Holm 2008). Plusieurs hypothèses à ce déclin ont été formulées (Fischnetz 2004), dont la qualité de l'eau, la dégradation de l'habitat, l'augmentation de la température de l'eau, ainsi que le développement de certaines maladies, et plus particulièrement la Maladie Rénale Proliférative (MRP), une maladie dépendante de la température, fatale pour une grande partie des truites atteintes. Elle semble, avec d'autres facteurs, à l'origine de la quasi disparition de nombreuses populations de truites, notamment dans le cours aval des rivières de Suisse, occasionnant de ce fait une perte massive de biodiversité, ainsi que des impacts économiques (frais liés au repeuplement) et sociaux (perte de possibilité de pratiquer la pêche) très importants.

Par le passé, de grandes campagnes de mises à l'eau d'individus élevés en pisciculture ont été effectuées pour contrecarrer la diminution des effectifs naturels. Cependant, des poissons infectés utilisés à des fins de repeuplement peuvent représenter un danger de propagation de la maladie dans des cours d'eau encore exempts de MRP. Toutefois, ce processus reste encore mal connu à l'heure actuelle. Aujourd'hui, le repeuplement a montré ses limites dans de nombreux cours d'eau. On privilégie dorénavant des stratégies visant à rétablir le fonctionnement naturel des écosystèmes en revitalisant les habitats lorsque cela est possible. Dès lors, avec cette nouvelle politique, les besoins de production d'alevins dévolus au repeuplement tendent à diminuer.

2.2 Objectifs du projet

L'objectif du présent projet est d'évaluer la situation de la MRP dans les piscicultures productrices d'estivaux de truites du Canton de Vaud. Pour ce faire, un échantillon d'alevins provenant de ces installations, gérées en partenariat entre l'Etat de Vaud et la SVPR pour l'élevage et la production d'alevins, sera prélevé.

Connaissant le plan de repeuplement, on pourra alors identifier si les mises à l'eau effectuées sur certains sites peuvent être à l'origine de l'apparition de la maladie en nature et ajuster ce plan en fonction des résultats obtenus. Ces données permettront au gestionnaire d'identifier les piscicultures où l'élevage peut être maintenu sans risque de propagation de l'épizootie.

Par ailleurs, au vu de la diminution du nombre de poissons à produire consécutive aux modifications du plan de repeuplement, le gestionnaire pourra s'appuyer notamment sur ces résultats afin d'identifier les piscicultures où il convient de continuer l'élevage.

2.3 La Maladie Rénale Proliférative (MRP)

2.3.1 Introduction

Dépendante de la température, la Maladie Rénale Proliférative (PKD en anglais et en allemand) est une maladie mortelle pour plusieurs espèces de la famille des Salmonidés, aujourd'hui largement répandue en Suisse et en Europe (Feist et al. 2002, Wahli et al. 2002, Henderson and Okamura 2004, Hari et al. 2006, Schager et al. 2007, Wahli et al. 2007, Zimmerli et al. 2007, Burkhardt-Holm 2008, Bettge et al. 2009, Grabner and El-Matbouli 2009).

L'infection est causée par le parasite myxozoaire *Tetracapsuloides bryosalmonae* (Figure 2.1). Celui-ci est constitué de quatre capsules, d'où le nom « *tetracapsula* ». Il ne s'attaque qu'aux poissons de la famille des salmonidés, d'où le nom d'espèce « *salmonae* ». Finalement, le préfixe *bryo-* est associé aux bryozoaires (Figure 2.2), petits animaux ressemblants à des mousses, vivants en colonie fixés sur les pierres et les souches d'arbre des cours d'eau (Geiser 2002), qui représentent l'hôte invertébré du parasite.

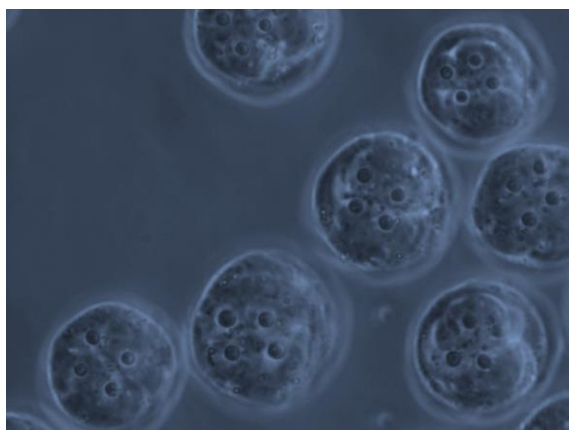


Figure 2.1 : Parasite myxozoaire *Tetracapsuloides bryosalmonae*

(source : dailyparasite.blogspot.ch)



Figure 2.2 : Bryozoaire

(source : Hanna Hartikainen)

2.3.2 Cycle de vie du parasite

Outre les poissons qui constituent l'hôte vertébré, les bryozoaires sont également nécessaires pour le cycle de vie du parasite (Figure 2.3). En effet, l'infection commence à se développer dans les bryozoaires, principalement *Fredericella sultana*, qui constitue l'hôte invertébré du parasite (Longshaw et al. 2002, Okamura and Wood 2002, Tops et al. 2009). Les spores infectieuses sont ensuite relâchées dans l'eau par les bryozoaires contaminés. Elles y survivent environ 1 jour et, si elles entrent en contact avec un poisson de la famille des Salmonidés, le pénètrent par les branchies et les muqueuses. L'agent infectieux diffuse à travers les vaisseaux sanguins et arrive dans les reins, organe cible de cette maladie. Là, une inflammation massive apparaît, causant un fort gonflement rénal. En fonction de la température, la mort du poisson peut s'en suivre.

La suite du cycle de vie est encore mal connue, mais selon les connaissances actuelles, il semblerait que le poisson infecté excrète ensuite des spores via son urine, qui contaminent à leur tour les bryozoaires. La présence de cet hôte est donc nécessaire à la propagation de l'épizootie, car la transmission de la maladie n'est pas possible entre poissons (Geiser 2002, Henderson and Okamura 2004, Gerster and Haertel-Borer 2006, Kristmundsson et al. 2010, Schmidt-Posthaus 2013).

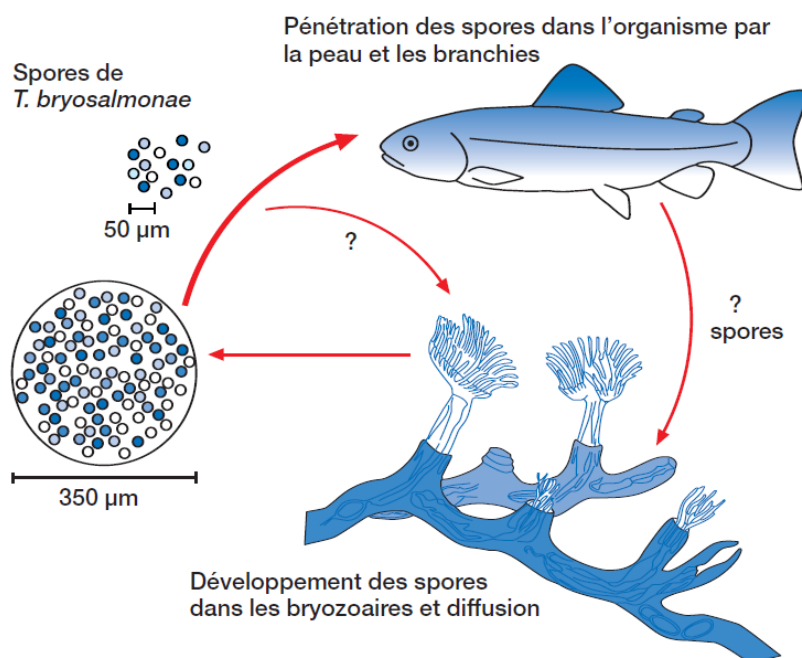


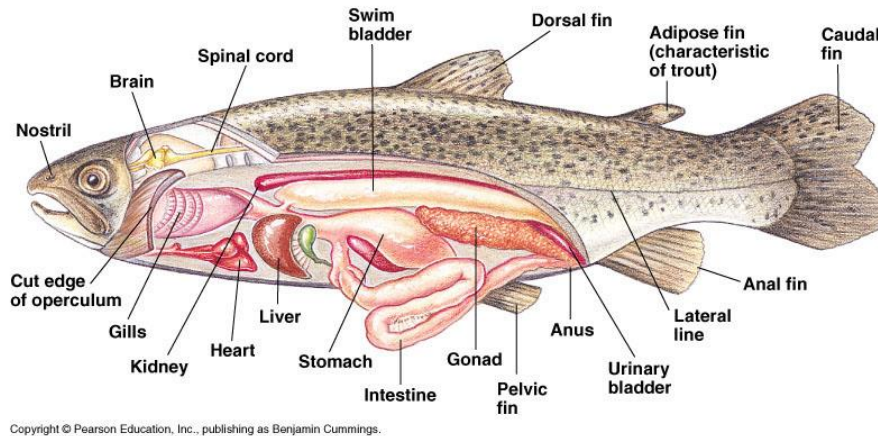
Figure 2.3: Cycle de vie du parasite *Tetracapsuloides bryosalmonae*

source : (Gerster and Haertel-Borer 2006)

L'infection frappe particulièrement les estivaux de l'année (0+), car ceux-ci sont en contact pour la première fois avec le parasite. La virulence peut y être extrêmement forte, car parfois, ce n'est pas moins du 90% de la population qui en succombe en laboratoire (Geiser 2002). Il n'existe que peu de données recueillies dans le milieu naturel, mais celles-ci tendent à montrer une survie supérieure à celle observée en pisciculture. Il semblerait qu'ensuite, les individus résistants à la MRP lors de leur première année de vie deviendraient dès lors immunisés.

2.3.3 Le rein, organe cible de la MRP

Le rein constitue l'organe cible de la MRP. Il s'étire le long de la colonne vertébrale (Figure 2.4). Il est constitué de néphrons (Figure 2.5), à leur tour composés d'un tubule et d'un glomérule. Les principales fonctions des reins chez les poissons sont d'assurer l'osmorégulation et l'excrétion.



Copyright © Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

Figure 2.4 : Anatomie interne d'une truite

(source : sharonapbio-taxonomy.wikispaces.com/Animalia-Chordata--Fishes)

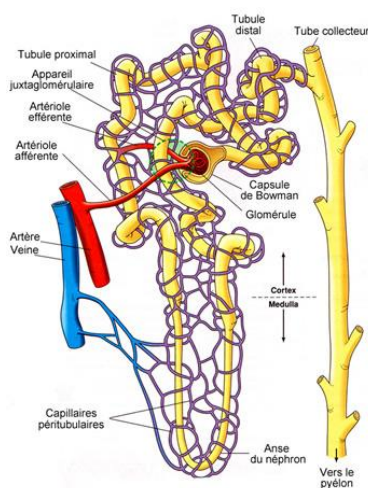


Figure 2.5 : Schéma d'un néphron

(source : www.corpshumain.ca)

L'osmose exprime le déplacement physique d'un liquide depuis un milieu pauvre en sels vers un environnement plus concentré. Il est dès lors nécessaire de maintenir un équilibre au sein des cellules entre les pertes et les gains d'eau, sans quoi celles-ci risqueraient d'éclater en raison d'un apport d'eau trop important, ou, à l'inverse, de se dessécher suite à une perte trop grande. Chez les poissons d'eau douce, l'eau environnante, faiblement concentrée, a tendance à constamment pénétrer dans les tissus du poisson au travers des branchies et de la peau. Afin de maintenir un équilibre et une concentration en minéraux suffisante dans le sang et les tissus, les reins contrebalancent cet apport d'eau constant par une excrétion équivalente dans l'urine. Ainsi, les poissons d'eau douce produisent de grandes quantités d'urine très diluées, à l'inverse des mammifères.

Les reins assurent également la filtration du sang. En effet, ce dernier a besoin d'être purifié en éliminant les déchets métaboliques au travers de l'urine. Pour ce faire, le sang est poussé dans les glomérules grâce à la pression artérielle. Ceux-ci possèdent une paroi poreuse, laissant passer l'eau ainsi que les petits déchets métaboliques. Le tout est ensuite acheminé par les tubules vers l'uretère, puis la vessie, pour finalement être excrété sous forme d'urine.

La prolifération des parasites dans les reins empêchent ceux-ci de fonctionner correctement, pouvant ainsi entraîner la mort des individus fortement infectés.

2.3.4 Les signes de la maladie

Cette maladie est difficilement décelable à l'œil nu sur les poissons vivants. Cependant, certains signes, comme un fort gonflement du ventre, une couleur plutôt sombre ainsi que des yeux saillants peuvent être observés (Gerster and Haertel-Borer 2006). Par contre, une fois la cavité abdominale du poisson ouverte, une observation macroscopique des reins permet un premier diagnostic. En effet, un rein sain est plutôt de couleur foncée et relativement fin (Figure 2.6 en bas). A l'inverse, une infection importante conduit à un fort gonflement et donne un aspect nodulaire, ainsi qu'une coloration blanchâtre (figure 2.6 en haut).

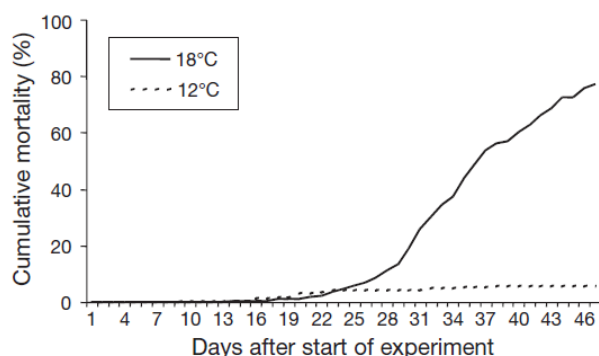


Figure 2.6: Reins de truite (en haut, atteint de MRP ; en bas, sain)

(source : www.fischnetz.ch)

2.3.5 Influence de la température

Plusieurs études en laboratoire se sont déjà portées sur la MRP (Bettge et al. 2009). Celles-ci relatent une forte corrélation entre le développement de la maladie et la température de l'eau. En effet, l'infection peut survenir à partir de 9°C. Par contre, les signes cliniques et la mortalité n'apparaissent qu'à partir de 15°C (Bettge et al. 2009). Une température élevée est donc nécessaire au développement de la MRP. Le graphique 2.7, découlant d'une expérience faite en laboratoire (Bettge et al. 2009) en maintenant des truites arc-en-ciel, *Oncorhynchus mykiss*, infectées à 12°C et à 18°C, démontre cela. La mortalité chez le premier groupe est très faible, alors que près du 80% des poissons du deuxième groupe ont trouvé la mort. La température de l'eau est donc un paramètre clé dans le développement et la virulence du parasite. En effet, une température supérieure à 15°C est nécessaire pour son développement, c'est pourquoi on ne l'observe généralement qu'en été, lorsque les températures sont suffisantes, et qu'elle disparaît en hiver. De même, suite au réchauffement



climatique, le problème ne fera que s'amplifier, notamment en raison de la hausse générale des températures. La période propice au développement de la maladie se verra donc probablement augmentée, pouvant amener à de graves répercussions sur les populations piscicoles. La collecte de mesures de température est donc absolument nécessaire afin de prévoir l'évolution future de la maladie.

Figure 2.7 : Mortalité cumulée induite par le parasite *Tetracapsuloides bryosalmonae* sur des truites arc-en-ciel maintenues à 12 et 18°C (Bettge et al. 2009)

Cependant, d'autres paramètres sont également à prendre en compte dans le milieu naturel, comme la qualité de l'eau et le temps d'exposition. Tous ces facteurs auront pour conséquence d'induire un stress supplémentaire chez le poisson, favorisant dès lors, suite à des effets cumulatifs, l'apparition de la MRP.

2.3.6 Situation de la MRP en Suisse

En Suisse, la MRP est considérée comme une épizootie à surveiller. D'ailleurs, dans son programme en dix points d'amélioration de l'état de nos cours d'eau et des populations piscicoles (Mertens 2007), la Confédération cite la lutte contre la MRP comme huitième point. L'étude de cette maladie est donc réellement un sujet d'actualité, dans les préoccupations de la Confédération.

En Suisse, la MRP est diagnostiquée depuis 1979 (Wahli et al. 2002). Aujourd'hui, la maladie est répandue sur toute la Suisse (Figure 2.8). En 2000, 40% des 139 rivières analysées étaient infectées (Wahli et al. 2002) et 54% des 91 cours d'eau investigués en 2004 (Wahli et al. 2007). La maladie semble plus fréquente dans les endroits à haute température estivale, spécialement à basse altitude en dessous de 800 m (Hari et al. 2006).

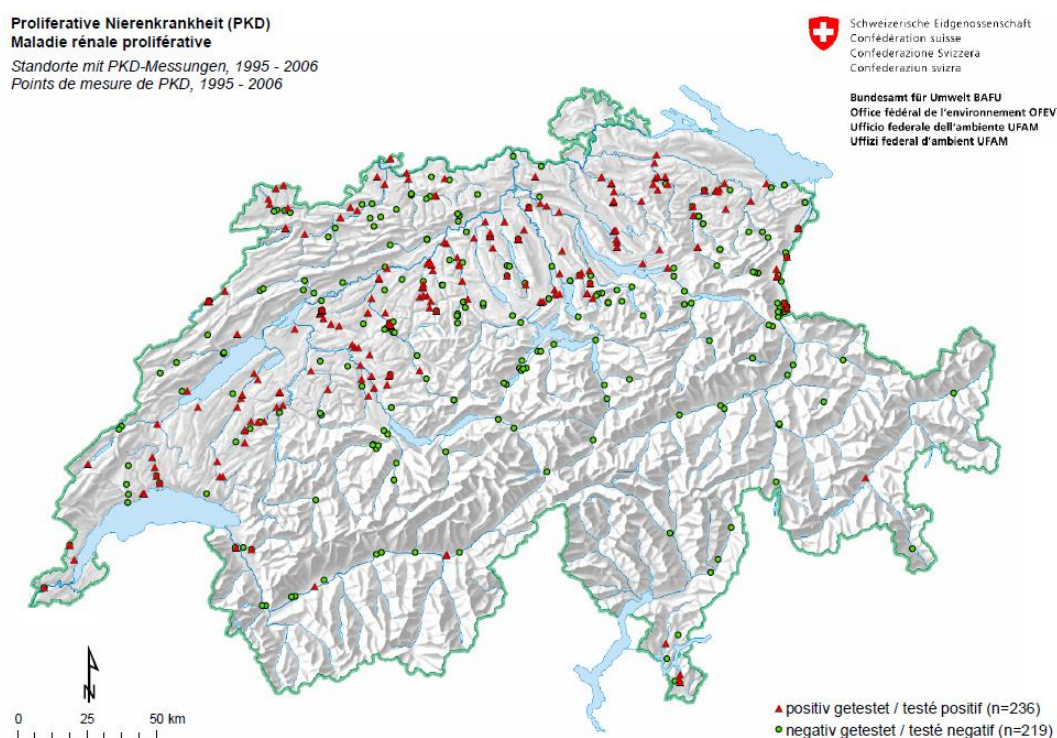


Figure 2.8: Situation de la MRP en Suisse

Diverses études préliminaires menées notamment lors du programme « Fischnetz » en 2000, puis complétées en 2001 et 2003 par la DGE, ont montré que la MRP est bien présente à divers endroits du Canton de Vaud (figure 2.9 ; détail des analyses en annexe 1), principalement dans les portions aval des cours d'eau, là où la température est élevée en été. La liste des stations d'analyses selon l'OFEV en Suisse est également donnée en annexe 2.

Alors que l'impact de la MRP est bien documenté pour les poissons d'élevage, de nombreuses zones d'ombre persistent quant à son impact sur les populations sauvages (Feist et al. 2002, Schager et al. 2007, Wahli et al. 2007, Peeler et al. 2008).

3 Matériel et méthodes

3.1 Piscicultures concernées

Sur la base d'une liste établie par M. Frédéric Hofmann, Conservateur de la pêche et des milieux aquatiques du Canton de Vaud, des prélèvements de jeunes truitelles (0+) ont été effectués dans 14 piscicultures de la SVPR dans le canton de Vaud (Figure 3.1). Chacune de ces piscicultures produit des pré-estivaux et des estivaux destinés au repeuplement de divers cours d'eau du canton.

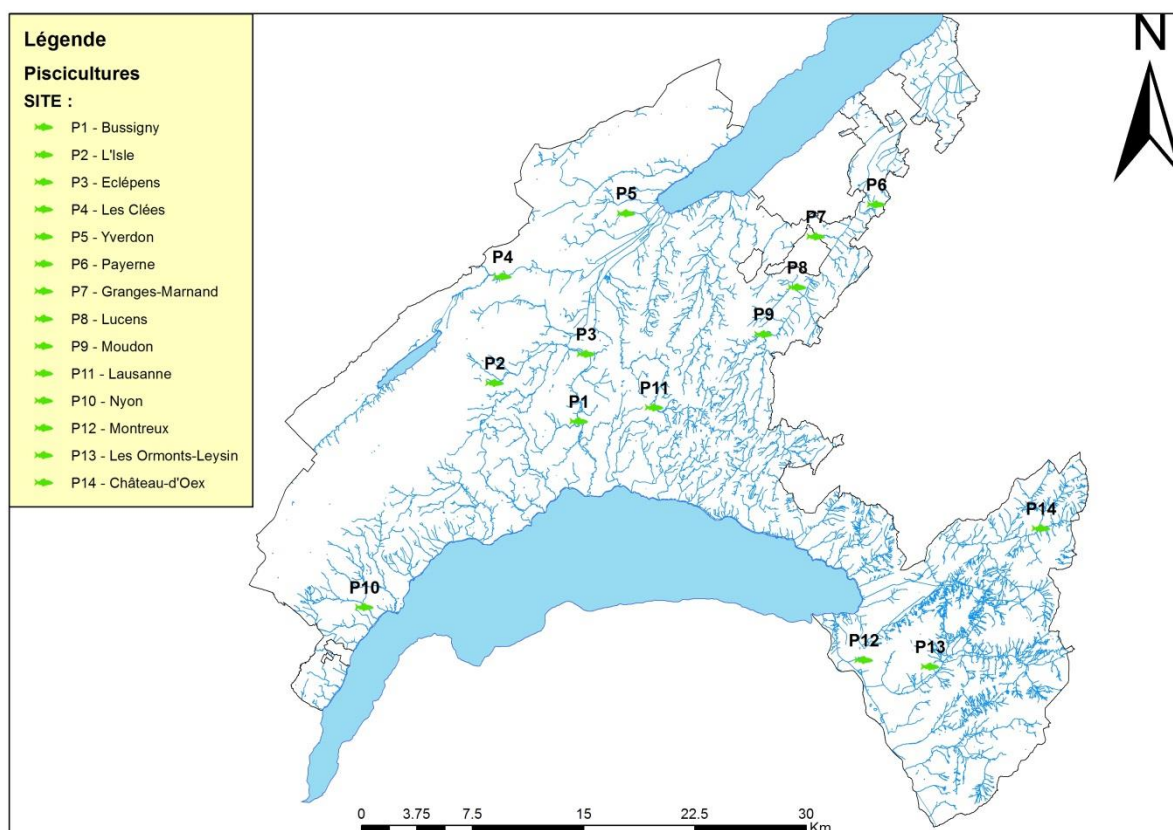


Figure 3.1: Piscicultures échantillonnées en 2013

3.2 Prélèvements de poissons

25 truitelles (0+) ont été prélevées dans chacune des 14 piscicultures entre juin et octobre 2013, peu de temps avant leur immersion dans les eaux libres. Des poissons ont été échantillonnés à trois périodes dans l'une des piscicultures (Bussigny) afin d'étudier l'évolution de l'infection au cours du temps, alors que les autres n'ont été analysées qu'une fois.

Les individus ont été euthanasiés dans une solution hyper-concentrée d'eugénol. La cavité abdominale a ensuite été ouverte afin de permettre une meilleure fixation des organes internes. Finalement, les poissons ont été conservés dans du formol (solution aqueuse à 4%) à température ambiante en vue des analyses en laboratoire.

3.3 Préparation des échantillons

Les 409 poissons prélevés ont été analysés au Centre pour la Médecine des poissons et des animaux sauvages (FIWI) de l'Université de Berne.

La longueur des truitelles a été mesurée au laboratoire. Le foie, l'intestin et la vessie natatoire ont été retirés. Le rein a ensuite été ôté afin d'évaluer son état d'infection à l'aide d'une échelle allant de zéro (aucune prolifération) à six (taille du rein supérieur à plus de trois fois la normale). Après cela, il a été soigneusement transféré dans une capsule pour la suite des analyses. Les poissons d'une taille inférieure à 8 cm ont été coupés longitudinalement en deux moitiés égales, transférées ensuite dans une capsule. Le matériel a enfin été déshydraté et intégré dans de la paraffine, ce qui a finalement permis la préparation de coupes histologiques de trois à cinq µm d'épaisseur. Toutes les coupes ont été colorées avec de l'hématoxyline et de l'éosine (H&E stain).

3.3.1 Immunohistologie

Trois à quatre poissons provenant de piscicultures apparemment exemptes de MRP sur la base des coupes colorées (H&E) ont été choisis au hasard. Pour ceux-ci, ainsi que pour ceux dont le résultat était incertain, des coupes supplémentaires ont été préparées à l'aide d'une coloration immunohistologique utilisant des anticorps commerciaux monoclonaux contre *Tetracapsuloides bryosalmonae* (AquaMab-Po1, Aquatic Diagnostics Ltd., Stirling, Ecosse), ceci afin de confirmer les résultats négatifs. Cette méthode a été utilisée en suivant les instructions fournies par le fabricant.

3.3.2 Evaluation des coupes

Chaque coupe a été observée au microscope afin d'évaluer la présence de parasites dans le rein (Figure 3.2). Le degré d'infection (score) a été relevé selon une échelle graduée de 0 à 6 (0 = absence de parasite, 6 = infection sévère). Une estimation de la prolifération et de la présence de tissus fibreux a également été menée. La présence d'autres parasites myxozoaires, à l'exemple de *Sphaerospora* sp., a aussi été relevée en utilisant la même échelle.

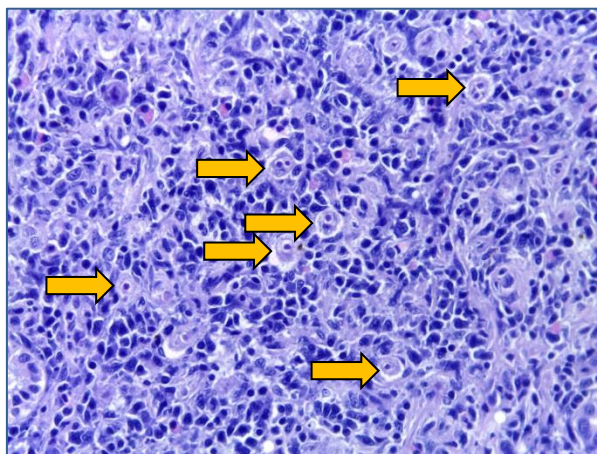


Figure 3.2: Vue d'une coupe avec présence de *Tetracapsuloides bryosalmonae* (flèches orange)

3.3.3 Calculs

Pour chaque pisciculture, la prévalence de poissons infectés a été calculée (nombre de poissons malades / nombre de poissons échantillonnés). De plus, le degré d'infection, le degré de prolifération évaluée histologiquement et le degré de tissu fibreux ont été calculés en utilisant la formule suivante, pour tous les paramètres:

$$\text{Degré (d'infection, de prolifération, de tissus fibreux)} = \frac{\text{Somme des scores des poissons positifs}}{\text{nombre de poissons positifs}}$$

3.3.1 Données de température

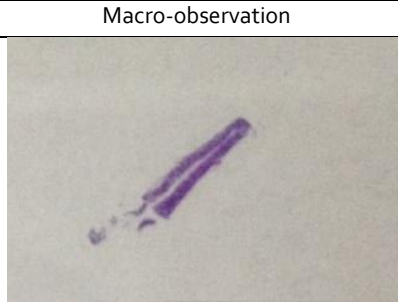
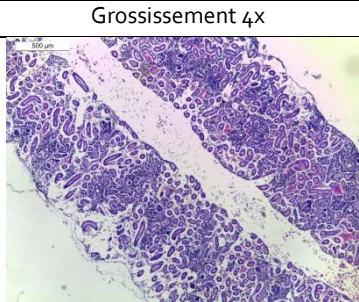
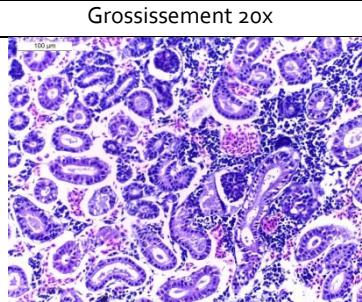
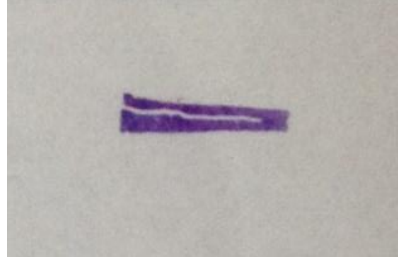
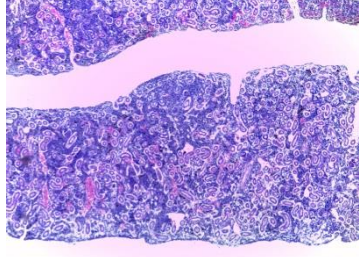
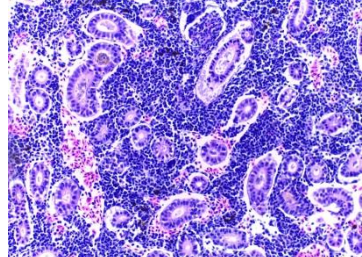
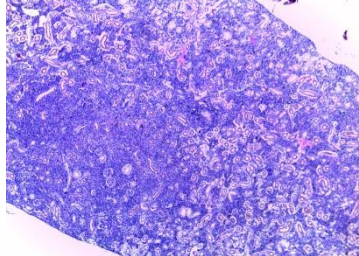
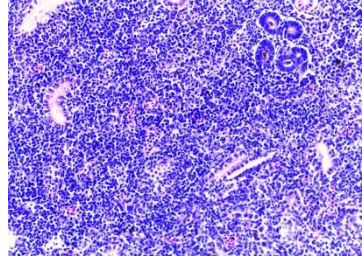
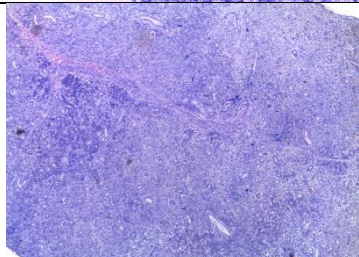
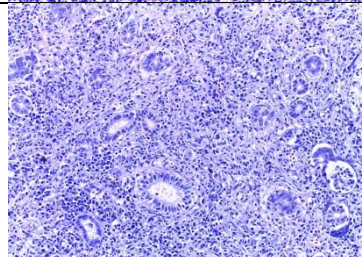
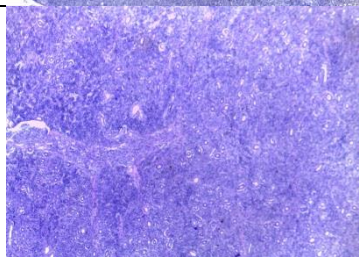
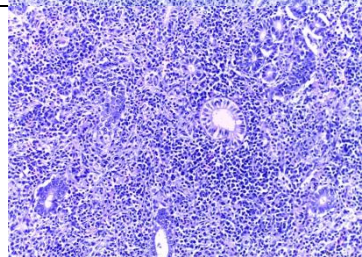
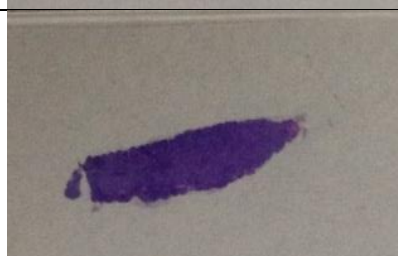
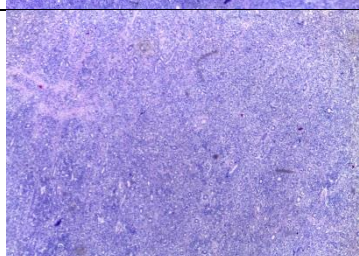
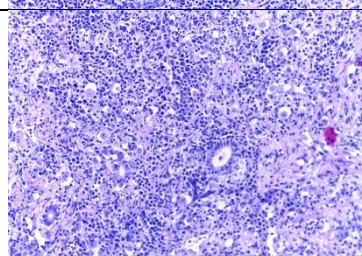
La température de l'eau étant un paramètre clé dans le développement de la MRP, des enregistreurs de température ont été installés dans chaque pisciculture, le 13 ou le 18 juin 2013, afin de relever la température de l'eau toutes les 15 minutes avec une précision de 0.2°C. La présence de la maladie a ainsi pu être corrélée à la température de l'eau.

Les enregistreurs de marque (HOBO® Water Temp Pro v2 Data Logger, Onset ; Figure 3.3) ont été placés dans l'un des bassins de chaque pisciculture. S'il y en avait plusieurs, l'enregistreur a systématiquement été placé dans le bassin le plus en aval. Lors des opérations d'entretien de la pisciculture, il est arrivé que l'enregistreur soit très temporairement sorti de l'eau. Les dates de ces opérations nous ont été transmises par les exploitants et les données enregistrées pendant ces périodes ont été exclues des analyses.



Figure 3.3: Enregistreur de température et interface de lecture

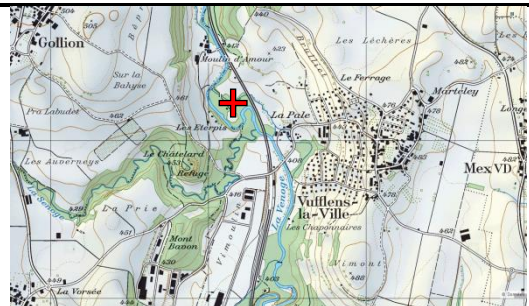
Tableau 3.1 : degrés d'infection par *Tetracapsuloides bryosalmonae*

	Macro-observation	Grossissement 4x	Grossissement 20x
Degré d'infection 0 (absence)			
Degré d'infection 1 (dispersé)			
Degré d'infection 2 (faible)			
Degré d'infection 4 (modéré)			
Degré d'infection 5 (modéré à sévère)			
Degré d'infection 6 (sévère)			

4 Résultats

4.1 Pisciculture de Bussigny

Tableau 4.1: Données géographiques de la pisciculture de Bussigny

Pisciculture (section SVPR)	Bussigny	
Numéro ID	P1	
Coordonnées	530'158 / 159'239	
Origine de l'eau	Venoge	

L'eau de cette pisciculture provient directement de la Venoge. A cet endroit, la qualité biologique de l'eau de la rivière est médiocre (IBCH: 7, données DGE). Des échantillonnages effectués précédemment à cet endroit dans le cours d'eau avait mis en évidence la présence de la MRP.

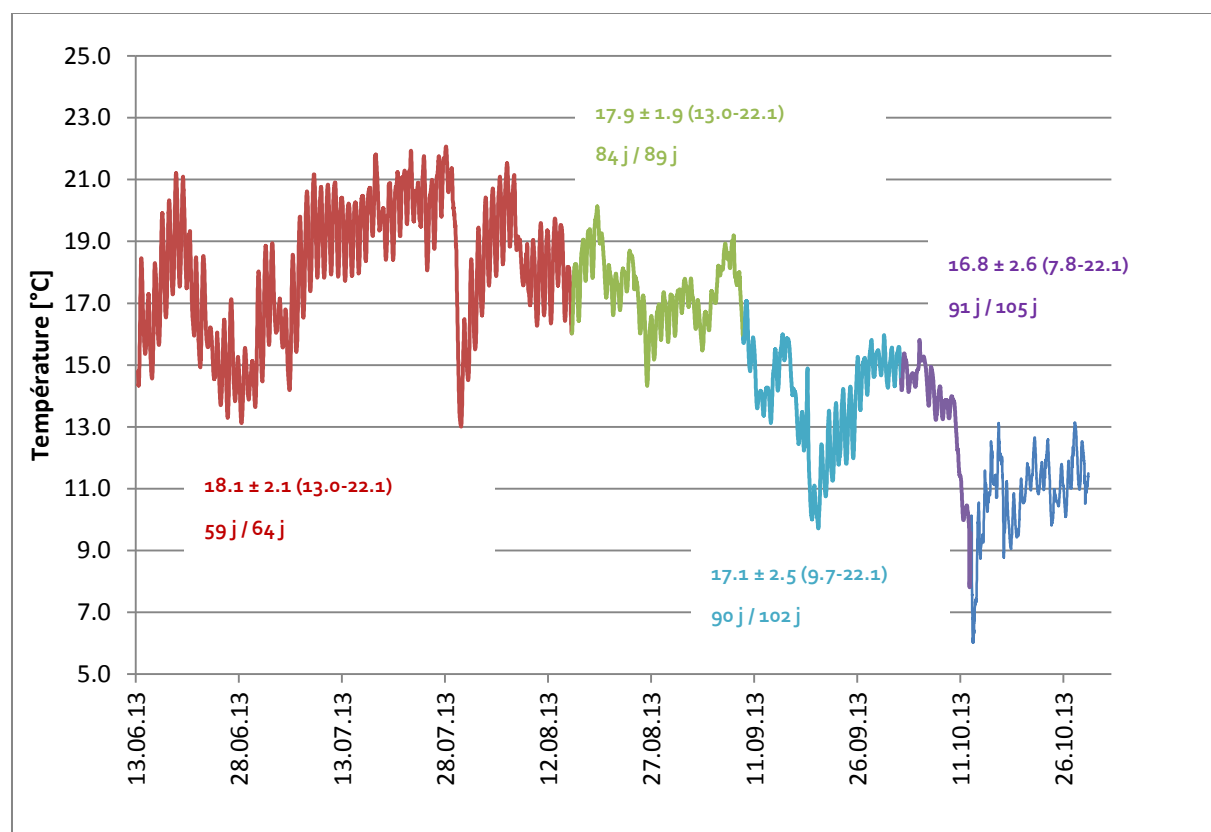


Figure 4.1 : Température de l'eau observée dans la pisciculture de Bussigny. Jusqu'au 1^{er} prélèvement le 15.08.13, jusqu'au 2^{ème} prélèvement le 09.09.2013, jusqu'au 3^{ème} prélèvement le 02.10.2013, jusqu'à la mise à l'eau le 12.10.2013, jusqu'au déchargement du logger. Valeur de température : moyenne sur la période en °C ± écart-type (min-max). Nbre de jours à T°C moyenne journalière ≥ 15°C / Nbre de jours à T°C maximale journalière ≥ 15°C

Au total, trois prélèvements ont été effectués dans la pisciculture afin d'étudier l'éventuel développement de la maladie au cours de l'été.

Tableau 4.2 : Données MRP de la pisciculture de Bussigny

Origine des œufs	Pisciculture de l'Isle		
Type de bassins	Canal naturel		
Date de mise en bassins	01.05.2013		
Date de mise à l'eau en rivière	12.10.2013		
Durée dans la pisciculture [jours]	Jusqu'à l'échantillonnage Jusqu'à la mise en rivière	106 131 164	154
Date du prélèvement	15.08.2013	09.09.2013	02.10.2013
Nb poissons prélevés	25	25	25
Long totale ind : moyenne [mm] (min-max)	64 (46-93)	70 (38-115)	80 (58-104)
Nb poissons avec altérations macroscopiques	6	6	13
Prévalence MRP [%]	28	32	32
Degré d'infection (min-max)	1.7 (0-4)	2.5 (1-4)	2.1 (1-4)
Degré de prolifération (min-max)	2.3 (2-3)	3.5 (0-5)	2.8 (1-5)
Degré de tissus fibreux (min-max)	1 (0-2)	1 (0-2)	1 (0-4)

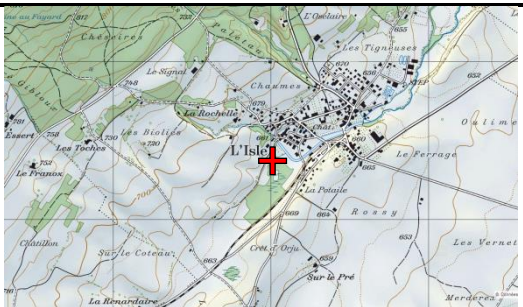
Pour l'échantillonnage du 15.08.2013, la présence de *T. bryosalmonae* a pu être démontrée dans 7 des 25 poissons (28%), dont 6 avaient des altérations macroscopiques visibles. Pour 3 de ces 7 poissons positifs, l'infection n'a pu être décelée que par immunohistochimie. Une prolifération marquée a été observée dans un seul de ces échantillons. De plus, 6 des 25 poissons ont montré une infection par le parasite *Sphaerospora* sp., un parasite myxozoaire qui envahit les tubules rénaux. Cependant, uniquement un seul poisson a montré une double infection. De même, une espèce de myxozoaire inconnue a été décelée dans les reins de 8 poissons. Aucun de ceux-ci n'étaient cependant positifs à la MRP, un seul montrant une double infection avec *Sphaerospora* sp.

Pour l'échantillonnage du 09.09.2013, une légère augmentation de la prévalence a été observée entre le premier (28%) et le deuxième prélèvement (32%). Tous les poissons positifs ont été décelés à l'aide des coupes H&E, ce qui indique que l'infection y est plus avancée. Le nombre de poissons infectés par *Sphaerospora* sp. est resté identique. Aucune double infection n'a été observée. Contrairement au premier prélèvement, aucun autre parasite myxozoaire n'a été trouvé.

Pour l'échantillonnage du 02.10.2013, la prévalence est identique à celle du deuxième prélèvement (32%). Par contre, le nombre de poissons infectés par *Sphaerospora* sp. (10) et le myxozoaire inconnu (3) y est plus élevé. Les trois poissons contaminés par ce dernier parasite souffraient également de MRP. Dans un des poissons, aucun parasite n'a pu être décelé malgré une prolifération marquée du tissu interstitiel. Une quantité considérable de cellules granulaires éosinophiles a aussi été observée sur l'une des coupes.

4.2 Pisciculture de l'Isle

Tableau 4.3: Données géographiques de la pisciculture de L'Isle

Pisciculture (section SVPR)	L'Isle	
Numéro ID	P2	
Coordonnées	521'015 / 163'392	
Origine de l'eau	Venoge	

L'eau de cette pisciculture provient directement des sources de la Venoge. A cet endroit, la qualité biologique de l'eau de la rivière est bonne (IBCH : 14, données DGE). L'allure de la courbe de température est typique de celle des sources avec une ligne de base très stable et des hausses journalières très constantes.

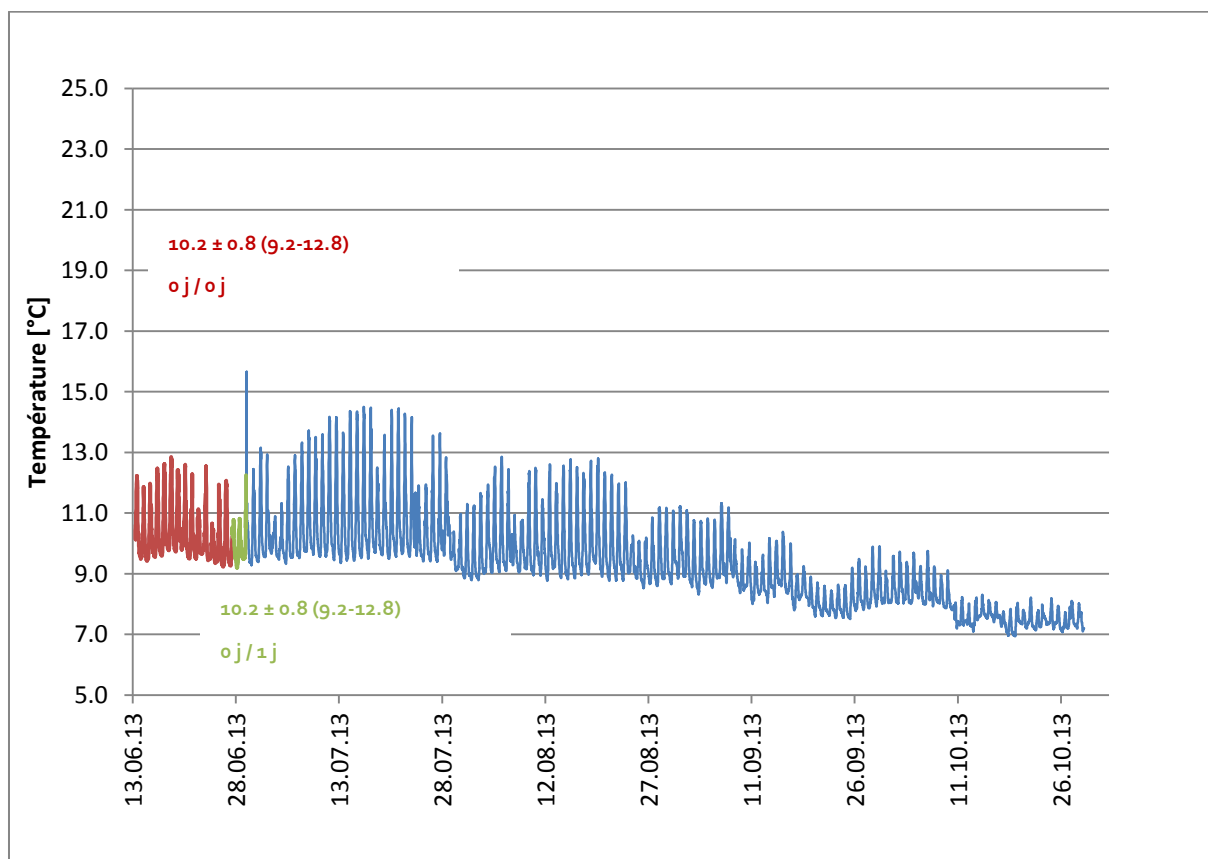


Figure 4.2 : Température de l'eau observée dans la pisciculture de L'Isle. Jusqu'au prélèvement le 27.06.2013, jusqu'à la mise à l'eau le 29.06.2013, jusqu'au déchargement du logger. Valeur de température : moyenne sur la période en °C ± écart-type (min-max). Nbre de jours à T°C moyenne journalière $\geq 15^{\circ}\text{C}$ / Nbre de jours à T°C maximale journalière $\geq 15^{\circ}\text{C}$

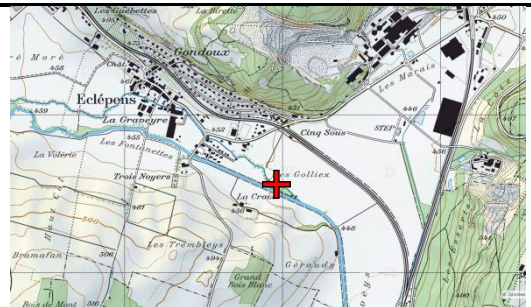
Tableau 4.4 : Données MRP de la pisciculture de L'Isle

Origine des œufs		St-Sulpice
Type de bassins		Canal artificiel
Date de mise en bassins		20.04.2013
Date de mise à l'eau en rivière		29.06.2013
Durée dans la pisciculture [jours]	Jusqu'à l'échantillonnage	68
	Jusqu'à la mise en rivière	70
Date du prélèvement		27.06.2013
Nb poissons prélevés		29
Long totale ind : moyenne [mm] (min-max)		29 (26-38)
Nb poissons avec altérations macroscopiques		0
Prévalence MRP [%]		0
Degré d'infection (min-max)		0
Degré de prolifération (min-max)		0
Degré de tissus fibreux (min-max)		0

Aucun des parasites *T. bryosalmonae*, *Sphaerospora* sp. ou autres parasites myxozoaires n'ont été observés dans cette pisciculture.

4.3 Pisciculture d'Eclépens

Tableau 4.5 : Données géographiques de la pisciculture d'Eclépens

Pisciculture (section SVPR)	Eclépens	
Numéro ID	P3	
Coordonnées	530'947 / 166'552	
Origine de l'eau	Bay d'Eclépens	

L'eau de cette pisciculture provient d'un affluent de la Venoge. On ne dispose pas de valeur d'IBCH à cet endroit.

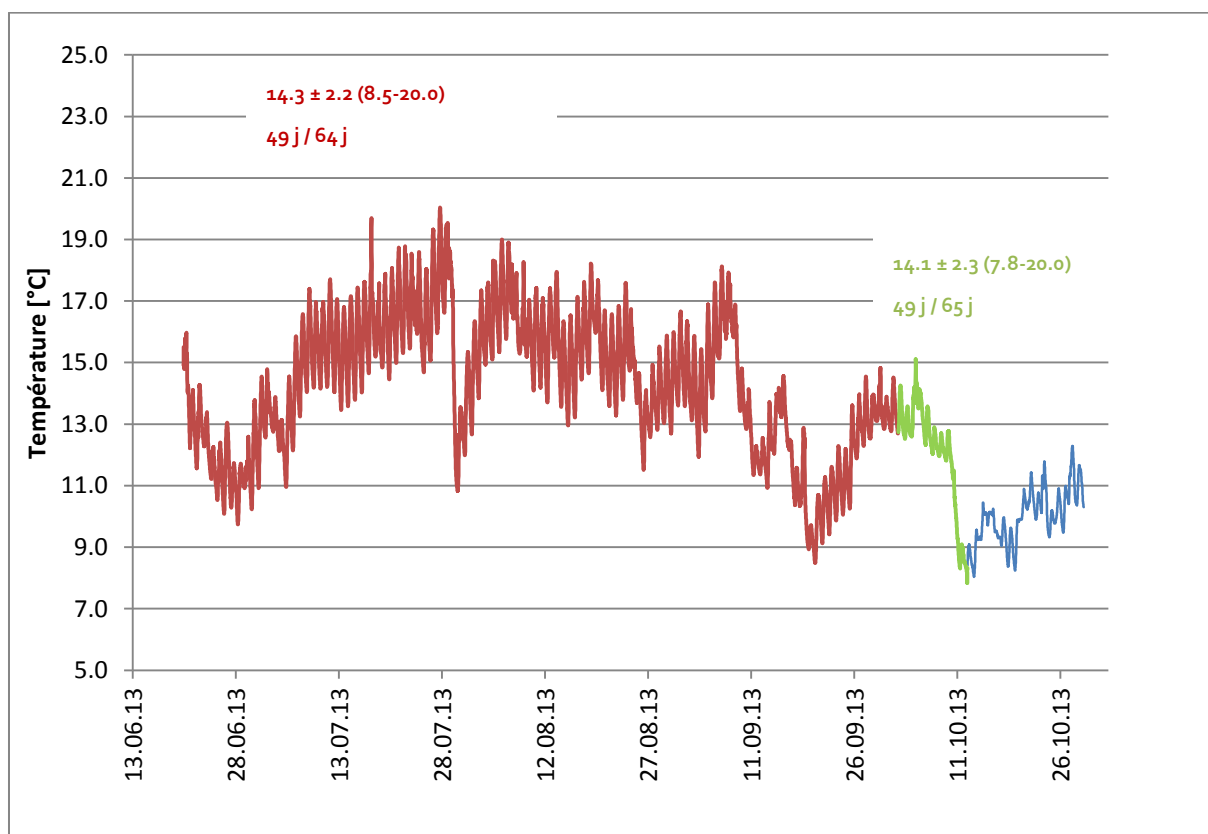


Figure 4.3 : Température de l'eau observée dans la pisciculture d'Eclépens. Jusqu'au prélèvement le 02.10.2013, jusqu'à la mise à l'eau le 12.10.2013, jusqu'au déchargement du logger. Valeur de température : moyenne sur la période en °C ± écart-type (min-max). Nbre de jours à T°C moyenne journalière $\geq 15^{\circ}\text{C}$ / Nbre de jours à T°C maximale journalière $\geq 15^{\circ}\text{C}$

Tableau 4.6 : Données MRP de la pisciculture d'Eclépens

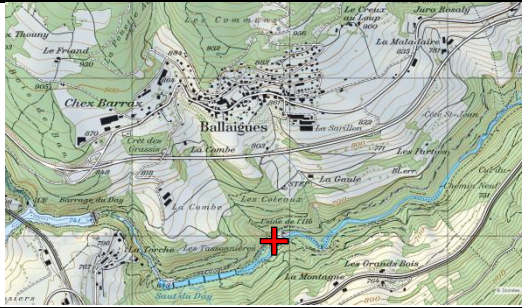
Origine des œufs		Pisciculture de l'Isle
Type de bassins		Canal artificiel
Date de mise en bassins		20.04.2013
Date de mise à l'eau en rivière		12.10.2013
Durée dans la pisciculture [jours]	Jusqu'à l'échantillonnage	161
	Jusqu'à la mise en rivière	171
Date du prélèvement		02.10.2013
Nb poissons prélevés		25
Long totale ind : moyenne [mm] (min-max)		70 (55-91)
Nb poissons avec altérations macroscopiques		0
Prévalence MRP [%]		0
Degré d'infection (min-max)		0
Degré de prolifération (min-max)		0
Degré de tissus fibreux (min-max)		0

Malgré le fait que la MRP soit introuvable chez ces poissons, deux truites étaient passablement infectées par un parasite myxozoaire inconnu, bien qu'il n'y ait pas de réponse évidente de la part de l'hôte. *Sphaerospora* sp. était également présent dans deux poissons.

4.4 Pisciculture des Clées

Tableau 4.7 : Données géographiques de la pisciculture des Clées

Données administratives

Pisciculture (section SVPR)	Les Clées	
Numéro ID	P4	
Coordonnées	521'873 / 174'954	
Origine de l'eau	L'Orbe	

L'eau pour cette pisciculture provient de l'Orbe. La qualité biologique de la rivière à cet endroit est très bonne (IBCH : 17, données DGE).

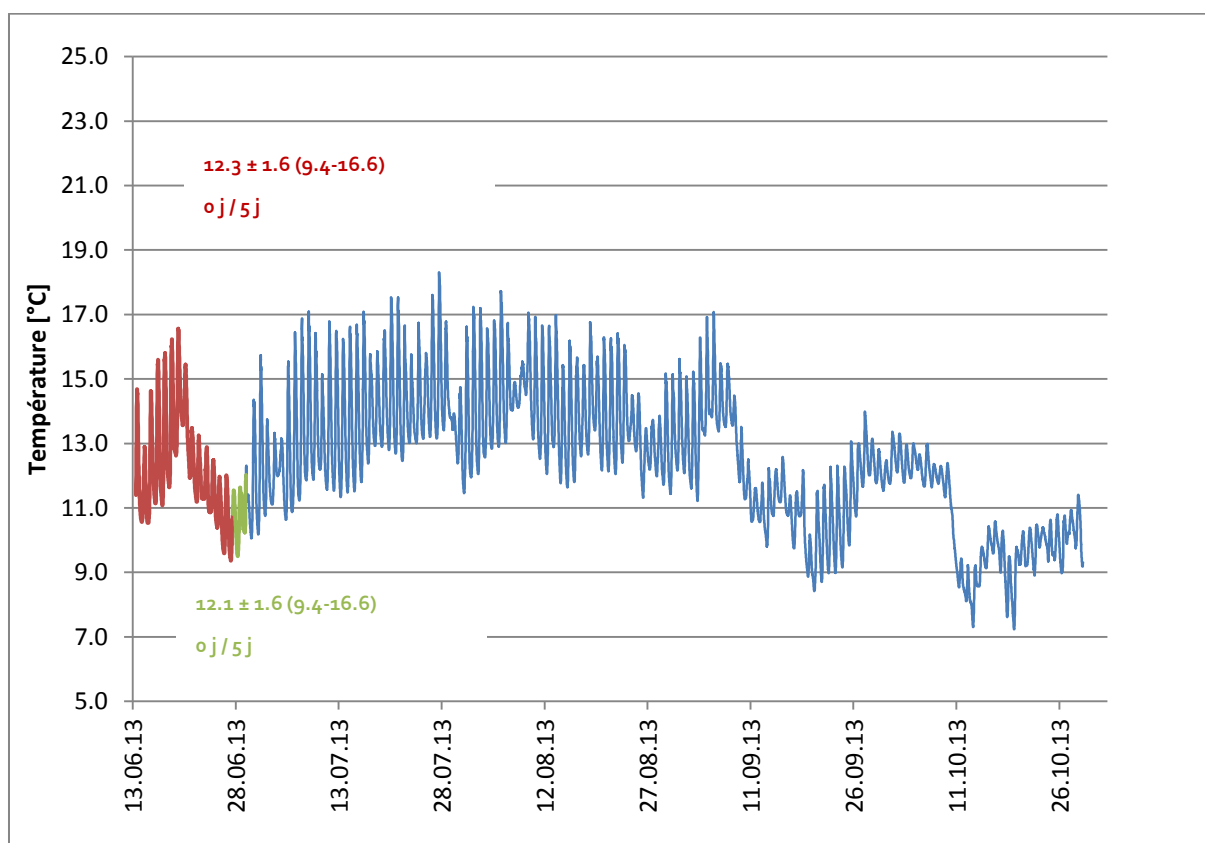


Figure 4.4 : Température de l'eau observée dans la pisciculture des Clées. Jusqu'au prélèvement le 27.06.2013, jusqu'à la mise à l'eau le 29.06.2013, jusqu'au déchargement du logger. Valeur de température : moyenne sur la période en °C ± écart-type (min-max). Nbre de jours à T°C moyenne journalière ≥ 15°C / Nbre de jours à T°C maximale journalière ≥ 15°C

Tableau 4.8 : Données MRP de la pisciculture des Clées

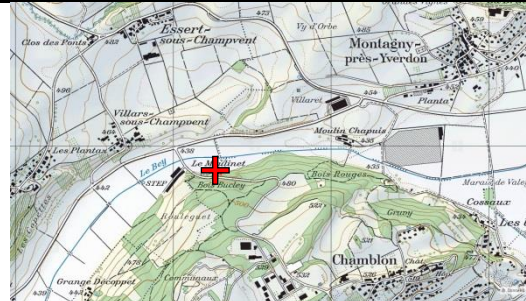
Origine des œufs		Pisciculture de Vallorbe
Type de bassins		Canal artificiel
Date de mise en bassins		10.04.2013
Date de mise à l'eau en rivière		29.06.2013
Durée dans la pisciculture [jours]	Jusqu'à l'échantillonnage	77
	Jusqu'à la mise en rivière	79
Date du prélèvement		27.06.2013
Nb poissons prélevés		28
Long totale ind : moyenne [mm] (min-max)		39 (31-50)
Nb poissons avec altérations macroscopiques		0
Prévalence MRP [%]		0
Degré d'infection (min-max)		0
Degré de prolifération (min-max)		0
Degré de tissus fibreux (min-max)		0

Aucun des parasites *T. bryosalmonae*, *Sphaerospora sp.* ou autres parasites myxozoaires n'ont été observés dans cette pisciculture.

4.5 Pisciculture d'Yverdon

Tableau 4.9 : Données géographiques de la pisciculture d'Yverdon

Données administratives

Pisciculture (section SVPR)	Yverdon	
Numéro ID	P5	
Coordonnées	535'302 / 181'832	
Origine de l'eau	Source Marais de Baumes / Troisville	

L'eau de cette pisciculture provient d'une source et de la nappe phréatique. Le pisciculteur nous a signalé plusieurs problèmes sanitaires survenu sur les poissons ayant nécessités divers traitements. La qualité de l'eau est loin d'être optimale, mais on ne dispose pas de valeurs précises d'IBCH provenant de la DGE. Elle souffre de pollutions chroniques provenant des activités agricoles.

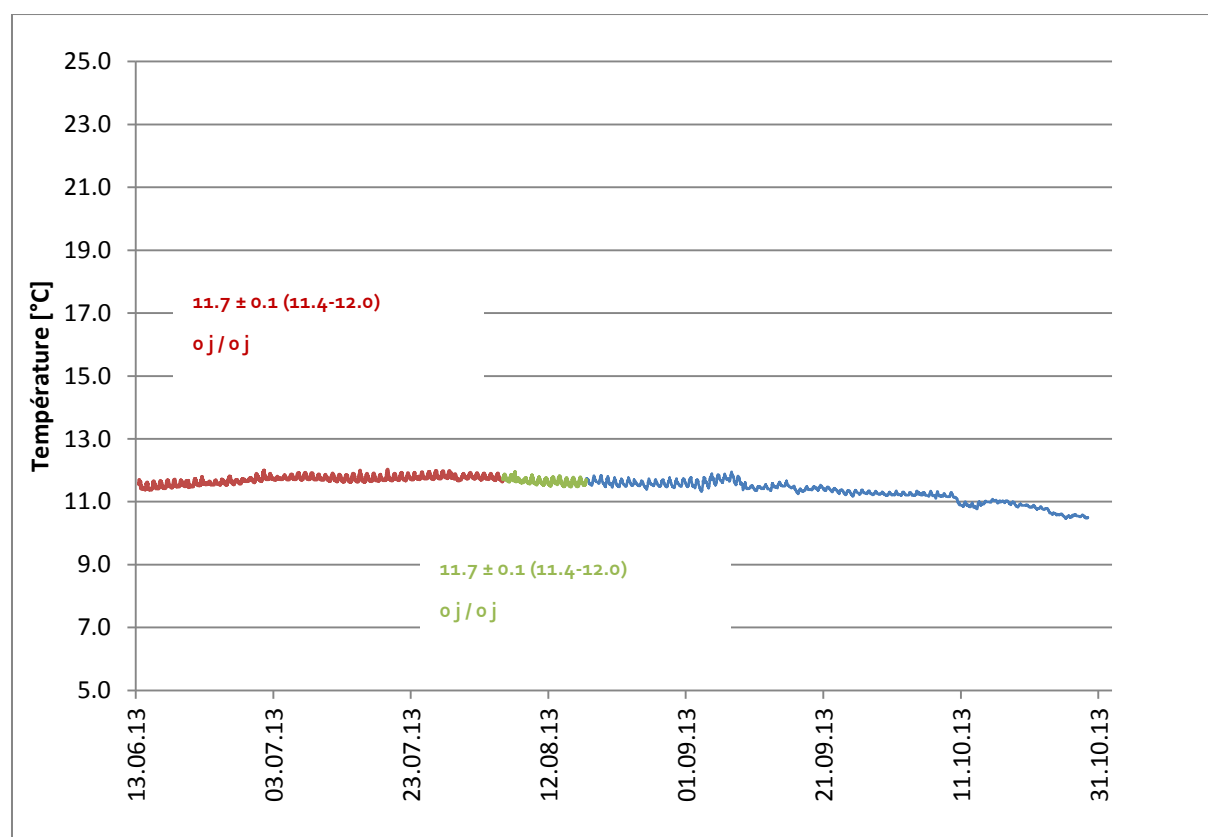


Figure 4.5 : Température de l'eau observée dans la pisciculture d'Yverdon. Jusqu'au prélèvement le 05.08.2013, jusqu'à la mise à l'eau le 17.08.2013, jusqu'au déchargement du logger. Valeur de température : moyenne sur la période en °C ± écart-type (min-max). Nbre de jours à T°C moyenne journalière $\geq 15^{\circ}\text{C}$ / Nbre de jours à T°C maximale journalière $\geq 15^{\circ}\text{C}$

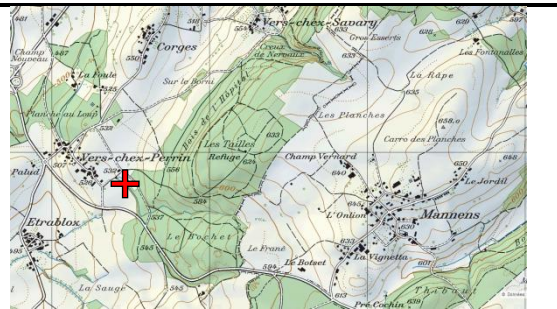
Tableau 4.10 : Données MRP de la pisciculture d'Yverdon

Origine des œufs		Pisciculture de Vallorbe
Type de bassins		Canal artificiel
Date de mise en bassins		28.03.2013
Date de mise à l'eau en rivière		17.08.2013
Durée dans la pisciculture [jours]	Jusqu'à l'échantillonnage	130
	Jusqu'à la mise en rivière	142
Date du prélèvement		05.08.2013
Nb poissons prélevés		25
Long totale ind : moyenne [mm] (min-max)		49 (42-58)
Nb poissons avec altérations macroscopiques		0
Prévalence MRP [%]		0
Degré d'infection (min-max)		0
Degré de prolifération (min-max)		1.5 (1-2)
Degré de tissus fibreux (min-max)		0

Aucun poisson n'a été identifié comme positif à la MRP. Toutefois, deux poissons ont montré un degré bas de prolifération du tissu interstitiel. Les coupes H&E négatives n'ont révélé aucun résultat positif lors du traitement à l'aide des anticorps monoclonaux, révélant ainsi que la prolifération a été causée par autre chose que *T. bryosalmonae*. Aucun autre parasite n'a été trouvé.

4.6 Pisciculture de de Payerne

Tableau 4.11: Données géographiques de la pisciculture de Payerne

Pisciculture (section SVPR)	Payerne	
Numéro ID	P6	
Coordonnées	562'455 / 182'814	
Origine de l'eau	Ruisseau de Mannens	

L'eau pour cette pisciculture provient d'un ruisseau. Aucune donnée sur la qualité biologique de celui-ci n'est disponible. A partir de fin septembre 2013, l'enregistreur s'est trouvé hors de l'eau, les données ont donc été supprimées.

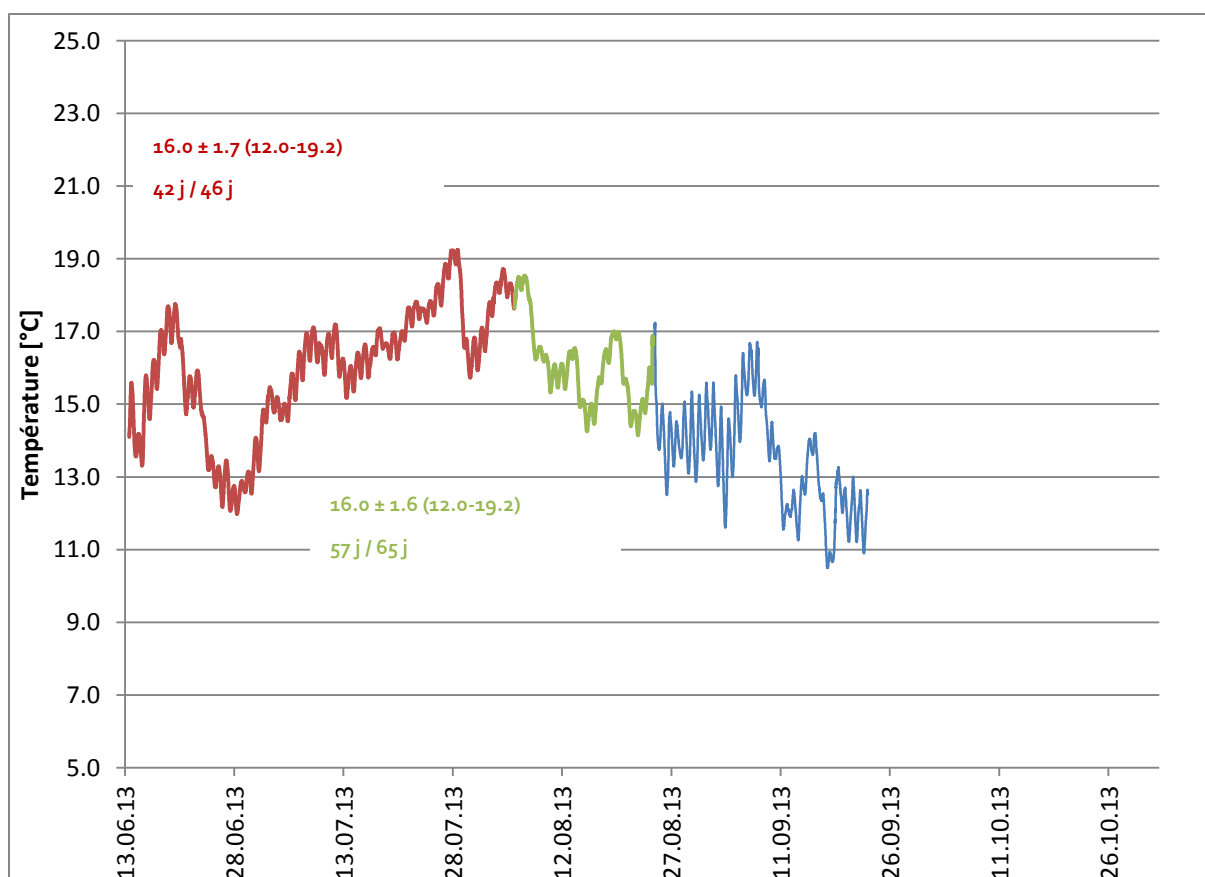


Figure 4.6 : Température de l'eau observée dans la pisciculture de Payerne. Jusqu'au prélèvement le 05.08.2013, jusqu'à la mise à l'eau le 24.08.2013, jusqu'au déchargement du logger. Valeur de température : moyenne sur la période en °C ± écart-type (min-max). Nbre de jours à T°C moyenne journalière ≥ 15°C / Nbre de jours à T°C maximale journalière ≥ 15°C

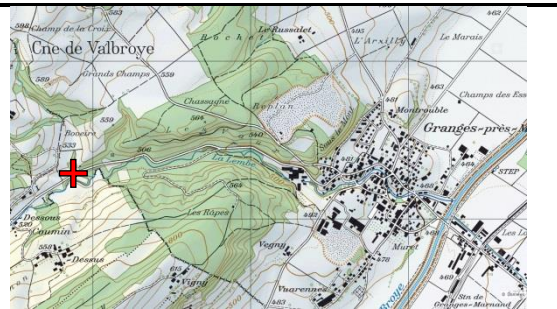
Tableau 4.12 : Données MRP de la pisciculture de Payerne

Origine des œufs		Pisciculture de Vallorbe
Type de bassins		Canal naturel
Date de mise en bassins		27.04.2013
Date de mise à l'eau en rivière		24.08.2013
Durée dans la pisciculture [jours]	Jusqu'à l'échantillonnage	100
	Jusqu'à la mise en rivière	119
Date du prélèvement		05.08.2013
Nb poissons prélevés		25
Long totale ind : moyenne [mm] (min-max)		53 (38-75)
Nb poissons avec altérations macroscopiques		0
Prévalence MRP [%]		0
Degré d'infection (min-max)		0
Degré de prolifération (min-max)		0
Degré de tissus fibreux (min-max)		0

13 des 25 poissons de cet échantillon étaient infectés par *Sphaerospora sp.*, bien qu'aucun poisson n'ait révélé la présence de *T. bryosalmonae*, ni signe typique de la MRP.

4.7 Pisciculture de Granges-Marnand

Tableau 4.13: Données géographiques de la pisciculture de Granges-Marnand

Pisciculture (section SVPR)	Granges-Marnand	
Numéro ID	P7	
Coordonnées	555'882 / 179'307	
Origine de l'eau	La Bovaire	

L'eau de cette pisciculture provient d'un affluent de la Broye. Aucune donnée concernant sa qualité biologique n'est disponible.

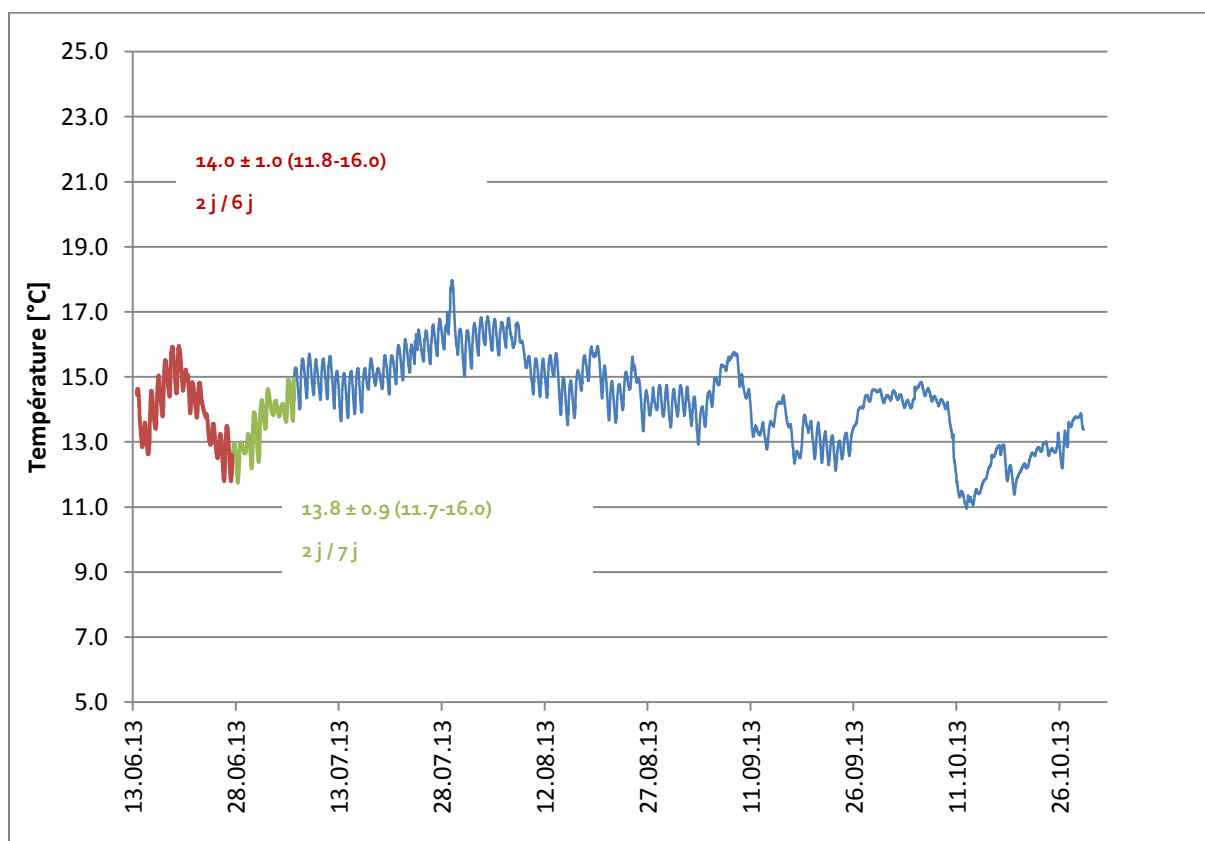


Figure 4.7 : Température de l'eau observée dans la pisciculture de Granges-Marnand. Jusqu'au prélèvement le 27.06.2013, jusqu'à la mise à l'eau le 06.07.2013, jusqu'au déchargement du logger. Valeur de température : moyenne sur la période en °C ± écart-type (min-max). Nbre de jours à T°C moyenne journalière $\geq 15^{\circ}\text{C}$ / Nbre de jours à T°C maximale journalière $\geq 15^{\circ}\text{C}$

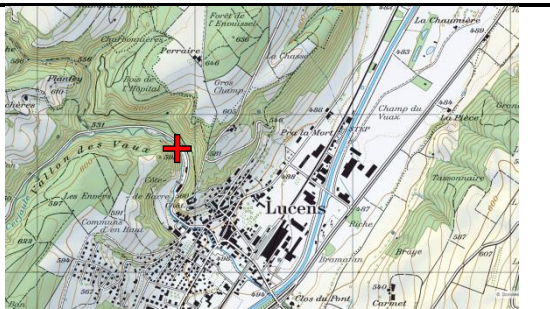
Tableau 4.14 : Données MRP de la pisciculture de Granges-Marnand

Origine des œufs	Pisciculture de Moudon
Type de bassins	Bassins artificiels
Date de mise en bassins	02.05.2013
Date de mise à l'eau en rivière	06.07.2013
Durée dans la pisciculture	Jusqu'à l'échantillonnage
[jours]	Jusqu'à la mise en rivière
	56
	65
Date du prélèvement	27.06.2013
Nb poissons prélevés	26
Long totale ind : moyenne [mm] (min-max)	33 (26.45)
Nb poissons avec altérations macroscopiques	0
Prévalence MRP [%]	0
Degré d'infection (min-max)	0
Degré de prolifération (min-max)	0
Degré de tissus fibreux (min-max)	0

Aucun des parasites *T. bryosalmonae*, *Sphaerospora* sp. ou autres parasites myxozoaires n'ont été observés dans cette pisciculture.

4.8 Pisciculture de Lucens

Tableau 4.15: Données géographiques de la pisciculture de Lucens

Pisciculture (section SVPR)	Lucens	
Numéro ID	P8	
Coordonnées	553'881 / 173'809	
Origine de l'eau	La Cerjaulaz	

L'eau de cette pisciculture provient d'un affluent de la Broye. Aucune donnée concernant sa qualité biologique n'est disponible.

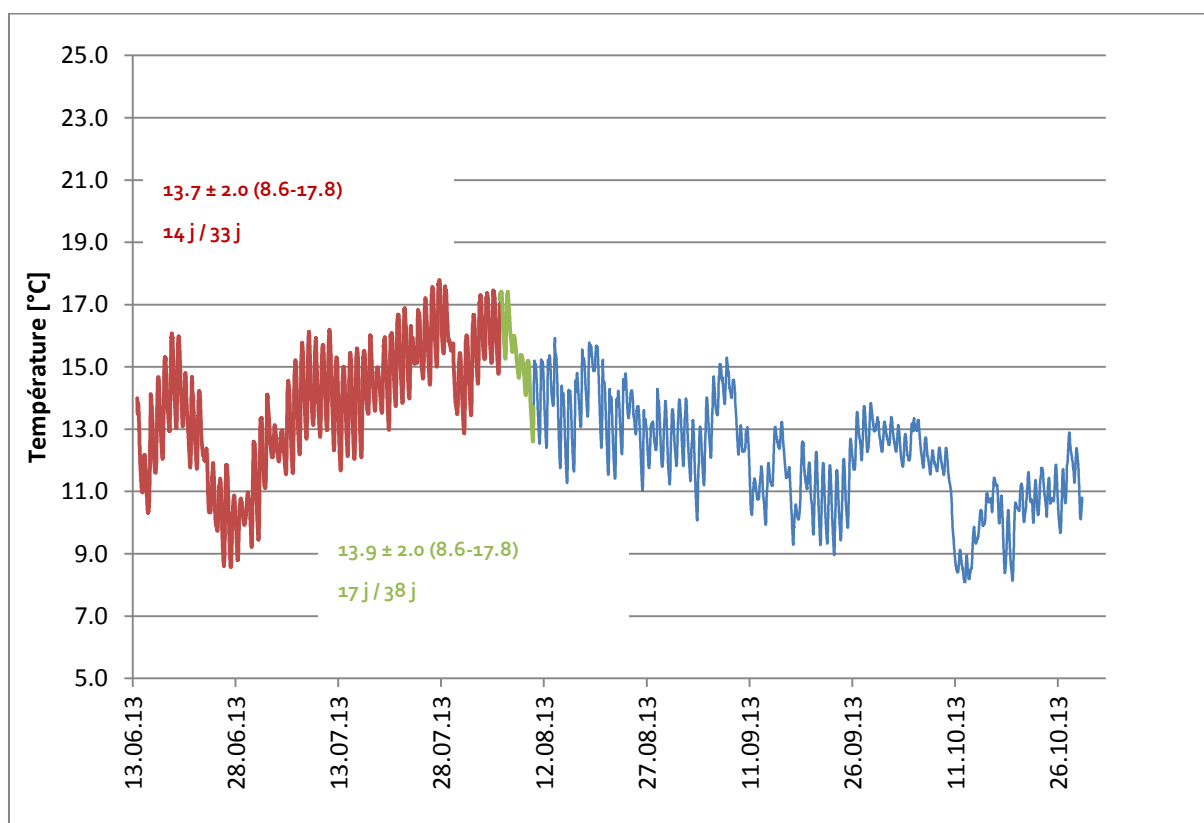


Figure 4.8 : Température de l'eau observée dans la pisciculture de Lucens. Jusqu'au prélèvement le 05.08.2013, jusqu'à la mise à l'eau le 10.08.2013, jusqu'au déchargement du logger. Valeur de température : moyenne sur la période en °C ± écart-type (min-max). Nbre de jours à T°C moyenne journalière ≥ 15°C / Nbre de jours à T°C maximale journalière ≥ 15°C

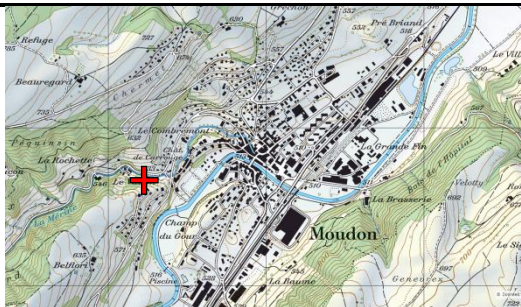
Tableau 4.16 : Données MRP de la pisciculture de Lucens

Origine des œufs		Pisciculture de Vallorbe
Type de bassins		Canal artificiel
Date de mise en bassins		06.05.2013
Date de mise à l'eau en rivière		10.08.2013
Durée dans la pisciculture [jours]	Jusqu'à l'échantillonnage	91
	Jusqu'à la mise en rivière	96
Date du prélèvement		05.08.2013
Nb poissons prélevés		25
Long totale ind : moyenne [mm] (min-max)		42 (31-54)
Nb poissons avec altérations macroscopiques		0
Prévalence MRP [%]		0
Degré d'infection (min-max)		0
Degré de prolifération (min-max)		0
Degré de tissus fibreux (min-max)		0

Aucun poisson positif à la MRP ou altération des reins compatible avec la maladie n'ont été décelés dans cette pisciculture. En revanche, 6 des 25 poissons ont montré une infection par *Sphaerospora* sp..

4.9 Pisciculture de Moudon

Tableau 4.17: Données géographiques de la pisciculture de Moudon

Pisciculture (section SVPR)	Moudon	
Numéro ID	P9	
Coordonnées	550'233 / 168'691	
Origine de l'eau	La Mérine	

L'eau de cette pisciculture provient de la Mérine dont la qualité biologique est considérée comme très bonne (IBCH : 17, données DGE).

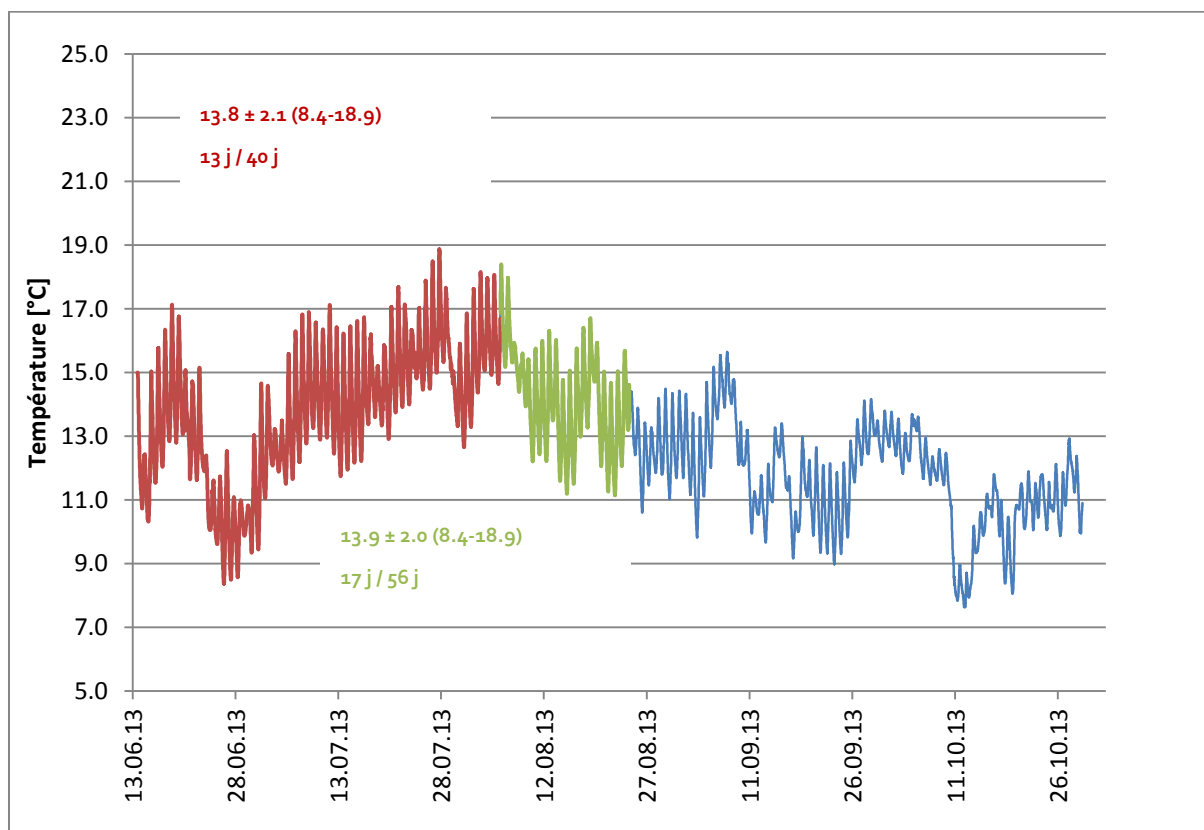


Figure 4.9 : Température de l'eau observée dans la pisciculture de Moudon. Jusqu'au prélèvement le 05.08.2013, jusqu'à la mise à l'eau le 24.08.2013, jusqu'au déchargement du logger. Valeur de température : moyenne sur la période en °C ± écart-type (min-max). Nbre de jours à T°C moyenne journalière ≥ 15°C / Nbre de jours à T°C maximale journalière ≥ 15°C

Tableau 4.18 : Données MRP de la pisciculture de Moudon

Origine des œufs		Pisciculture de Vallorbe
Type de bassins		Canal artificiel
Date de mise en bassins		04.05.2013
Date de mise à l'eau en rivière		24.08.2013
Durée dans la pisciculture [jours]	Jusqu'à l'échantillonnage	93
	Jusqu'à la mise en rivière	112
Date du prélèvement		05.08.2013
Nb poissons prélevés		25
Long totale ind : moyenne [mm] (min-max)		44 (29-64)
Nb poissons avec altérations macroscopiques		0
Prévalence MRP [%]		0
Degré d'infection (min-max)		0
Degré de prolifération (min-max)		0
Degré de tissus fibreux (min-max)		0

Aucun poisson positif à la MRP ou altération des reins compatible avec la maladie n'ont été décelés dans cette pisciculture. En revanche, 16 des 25 poissons ont montré une infection par *Sphaerospora* sp..

4.10 Pisciculture de Nyon

Tableau 4.19: Données géographiques de la pisciculture de Nyon

Pisciculture (section SVPR)	Nyon	
Numéro ID	P10	
Coordonnées	506'858 / 139'066	
Origine de l'eau	L'Asse	

L'eau de cette pisciculture provient de l'Asse dont la qualité biologique est considérée comme médiocre (IBCH : 8, données DGE).

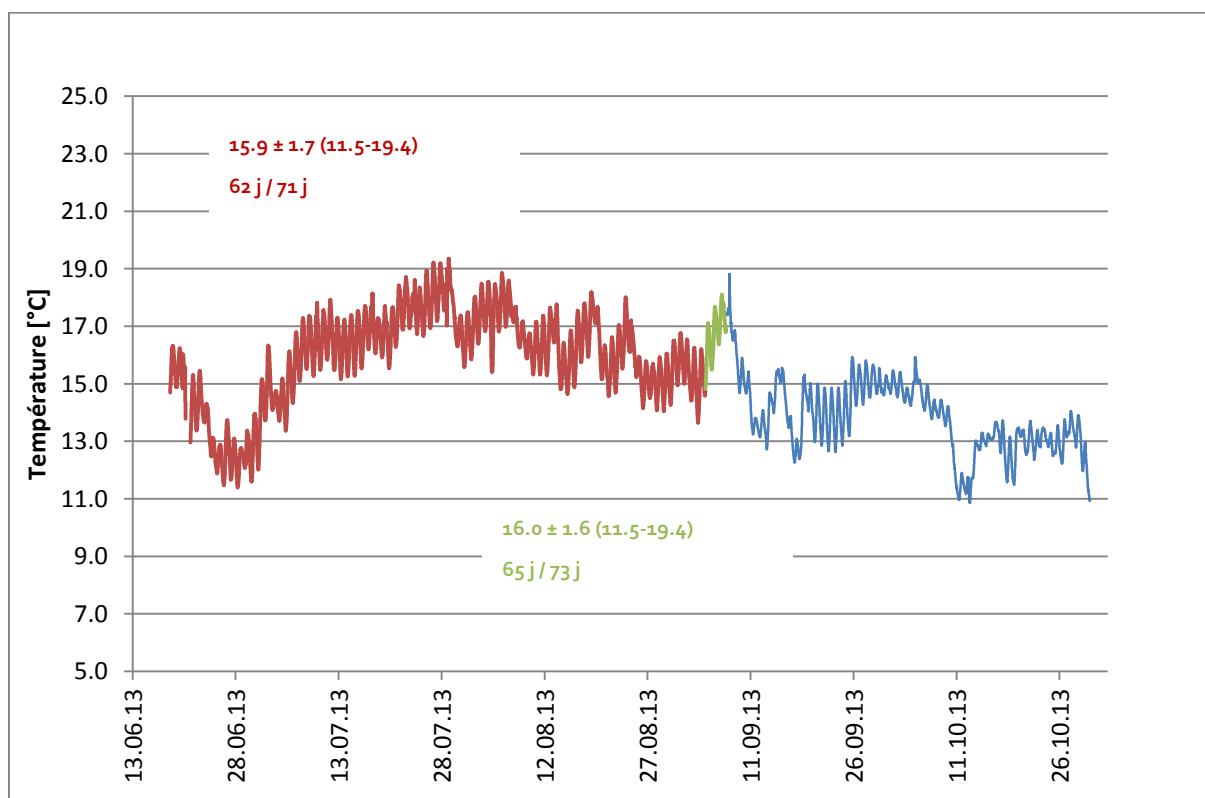


Figure 4.10 : Température de l'eau observée dans la pisciculture de Nyon. Jusqu'au prélèvement le 04.09.2013, jusqu'à la mise à l'eau le 07.09.2013, jusqu'au déchargement du logger. Valeur de température : moyenne sur la période en °C ± écart-type (min-max). Nbre de jours à T°C moyenne journalière $\geq 15^{\circ}\text{C}$ / Nbre de jours à T°C maximale journalière $\geq 15^{\circ}\text{C}$

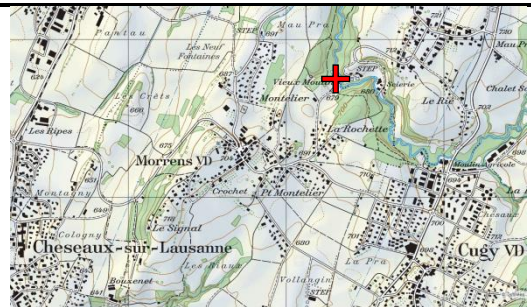
Tableau 4.20 : Données MRP de la pisciculture de Nyon

Origine des œufs		Pisciculture de l'Isle
Type de bassins		Canal artificiel
Date de mise en bassins		10.05.2013
Date de mise à l'eau en rivière		07.09.2013
Durée dans la pisciculture [jours]	Jusqu'à l'échantillonnage	117
	Jusqu'à la mise en rivière	120
Date du prélèvement		04.09.2013
Nb poissons prélevés		25
Long totale ind : moyenne [mm] (min-max)		65 (48-81)
Nb poissons avec altérations macroscopiques		0
Prévalence MRP [%]		0
Degré d'infection (min-max)		0
Degré de prolifération (min-max)		0
Degré de tissus fibreux (min-max)		0

Aucun poisson positif à la MRP ou altération des reins compatible avec la maladie n'ont été décelés dans cette pisciculture. En revanche, 10 des 25 poissons ont montré une infection par *Sphaerospora* sp.. Un parasite myxozoaire inconnu a également été observé dans deux poissons.

4.11 Pisciculture de Lausanne

Tableau 4.21: Données géographiques de la pisciculture de Lausanne

Pisciculture (section SVPR)	Lausanne	
Numéro ID	P11	
Coordonnées	538'323 / 160'749	
Origine de l'eau	Le Talent	

L'eau de cette pisciculture provient du Talent dont la qualité biologique est considérée comme très bonne (IBCH : 17, données DGE).

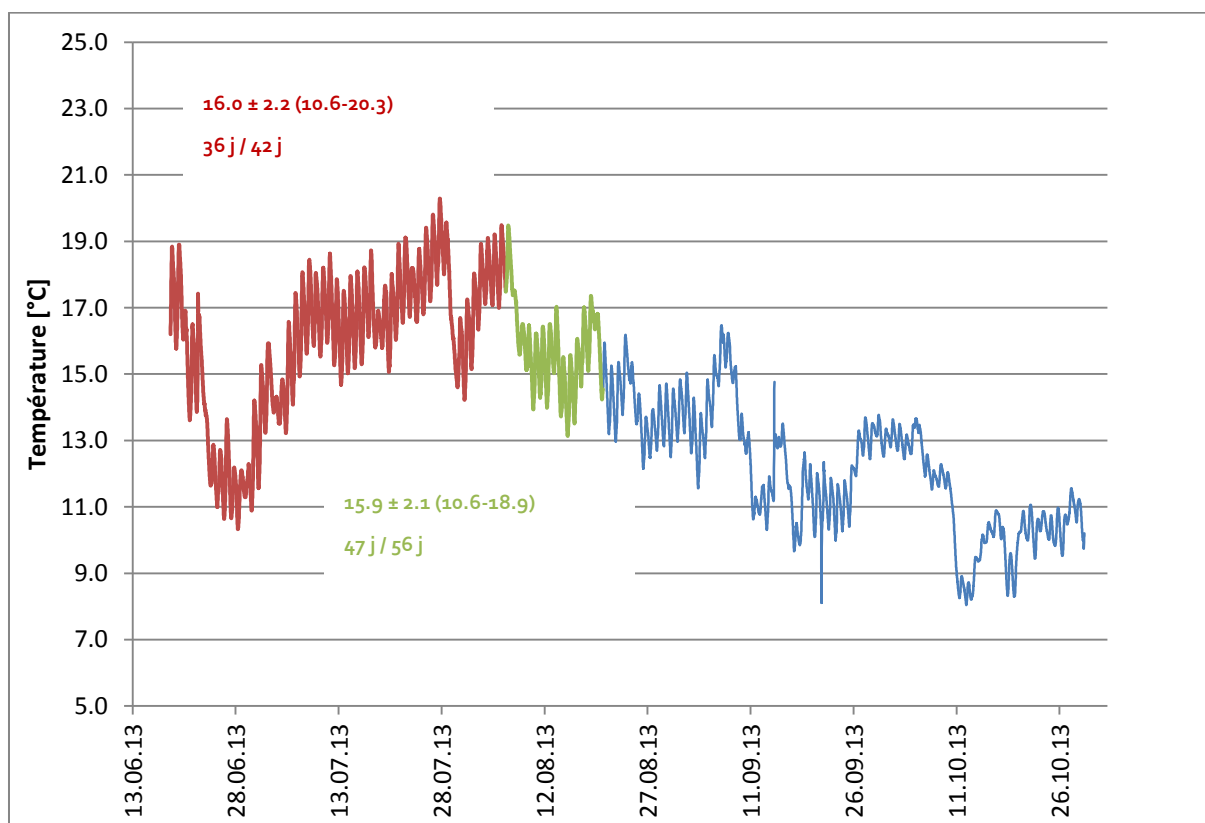


Figure 4.11 : Température de l'eau observée dans la pisciculture de Lausanne. Jusqu'au prélèvement le 06.08.2013, jusqu'à la mise à l'eau le 20.08.2013, jusqu'au déchargement du logger. Valeur de température : moyenne sur la période en °C ± écart-type (min-max). Nbre de jours à T°C moyenne journalière ≥ 15°C / Nbre de jours à T°C maximale journalière ≥ 15°C

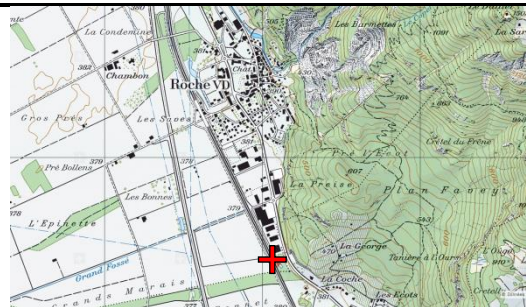
Tableau 4.22 : Données MRP de la pisciculture de Lausanne

Origine des œufs		Pisciculture de Vallorbe / Belfaux
Type de bassins		Bassins artificiels
Date de mise en bassins		04.05.2013
Date de mise à l'eau en rivière		20.08.2013
Durée dans la pisciculture [jours]	Jusqu'à l'échantillonnage	94
	Jusqu'à la mise en rivière	108
Date du prélèvement		06.08.2013
Nb poissons prélevés		25
Long totale ind : moyenne [mm] (min-max)		42 (36-48)
Nb poissons avec altérations macroscopiques		0
Prévalence MRP [%]		0
Degré d'infection (min-max)		0
Degré de prolifération (min-max)		0
Degré de tissus fibreux (min-max)		0

Aucun poisson positif à la MRP ou altération des reins compatible avec la maladie n'ont été décelés dans cette pisciculture. En revanche, 15 des 25 poissons ont montré une infection par *Sphaerospora* sp..

4.12 Pisciculture de Montreux

Tableau 4.23: Données géographiques de la pisciculture de Montreux

Pisciculture (section SVPR)	Montreux	
Numéro ID	P12	
Coordonnées	561'098 / 133'328	
Origine de l'eau	Source de la Jorge	

L'eau de cette pisciculture provient d'un affluent du Rhône. Aucune donnée concernant sa qualité biologique n'est disponible.

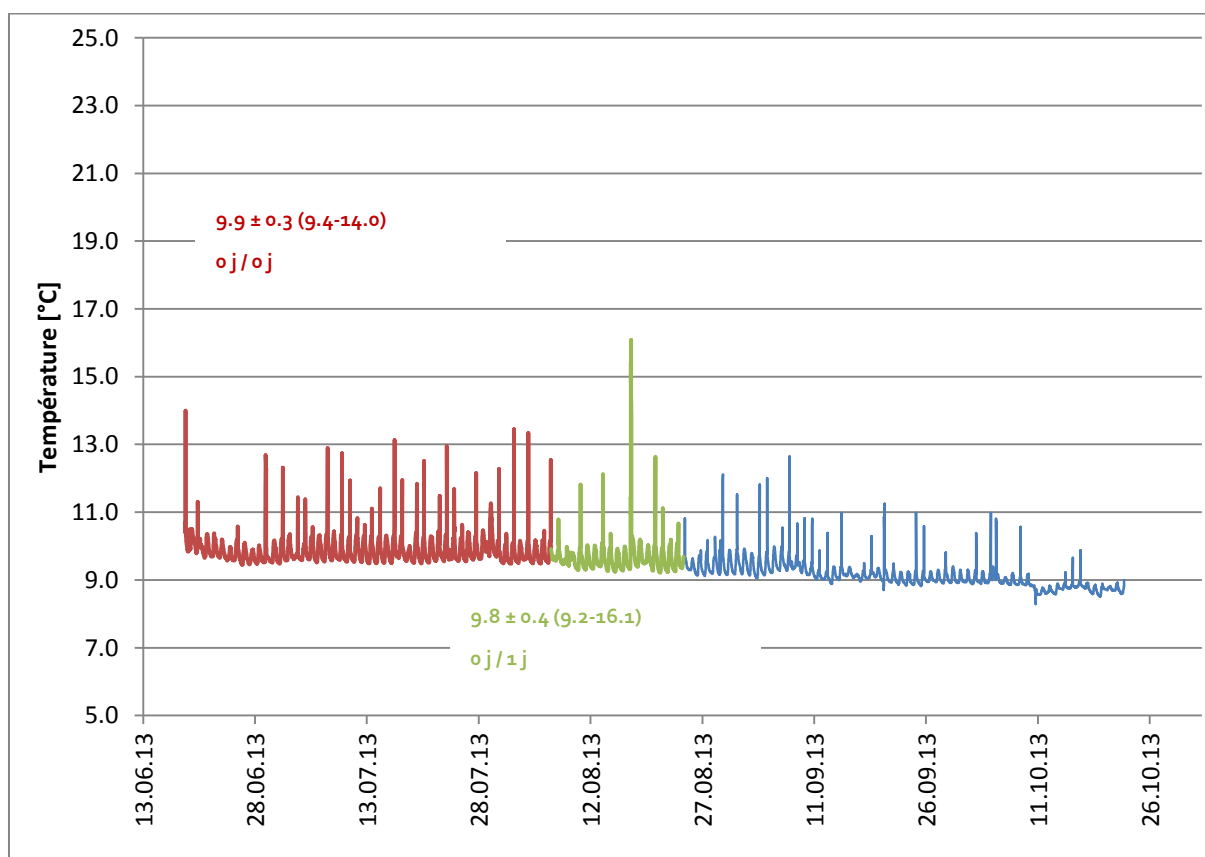


Figure 4.12 : Température de l'eau observée dans la pisciculture de Montreux. Jusqu'au prélèvement le 06.08.2013, jusqu'à la mise à l'eau le 24.08.2013, jusqu'au déchargement du logger. Valeur de température : moyenne sur la période en °C ± écart-type (min-max). Nbre de jours à T°C moyenne journalière ≥ 15°C / Nbre de jours à T°C maximale journalière ≥ 15°C

Tableau 4.24 : Données MRP de la pisciculture de Montreux

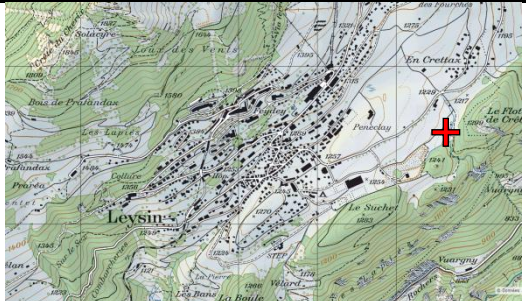
Origine des œufs	Pisciculture de Montreux
Type de bassins	Bassins artificiels
Date de mise en bassins	04.05.2013
Date de mise à l'eau en rivière	24.08.2013
Durée dans la pisciculture	Jusqu'à l'échantillonnage
[jours]	Jusqu'à la mise en rivière
	94
	112
Date du prélèvement	06.08.2013
Nb poissons prélevés	25
Long totale ind : moyenne [mm] (min-max)	61 (49-74)
Nb poissons avec altérations macroscopiques	0
Prévalence MRP [%]	0
Degré d'infection (min-max)	0
Degré de prolifération (min-max)	0
Degré de tissus fibreux (min-max)	0

Aucun des parasites *T. bryosalmonae*, *Sphaerospora* sp. ou autres parasites myxozoaires n'ont été observés dans cette pisciculture.

4.13 Pisciculture des Ormonts-Leysin

Tableau 4.25: Données géographiques de la pisciculture de Leysin

Données administratives

Pisciculture (section SVPR)	Les Ormonts-Leysin	
Numéro ID	P13	
Coordonnées	568'325 / 132'598	
Origine de l'eau	Ruisseau de Crettaz	

L'eau de cette pisciculture provient d'un affluent de l'Eau froide. Aucune donnée concernant sa qualité biologique n'est disponible.

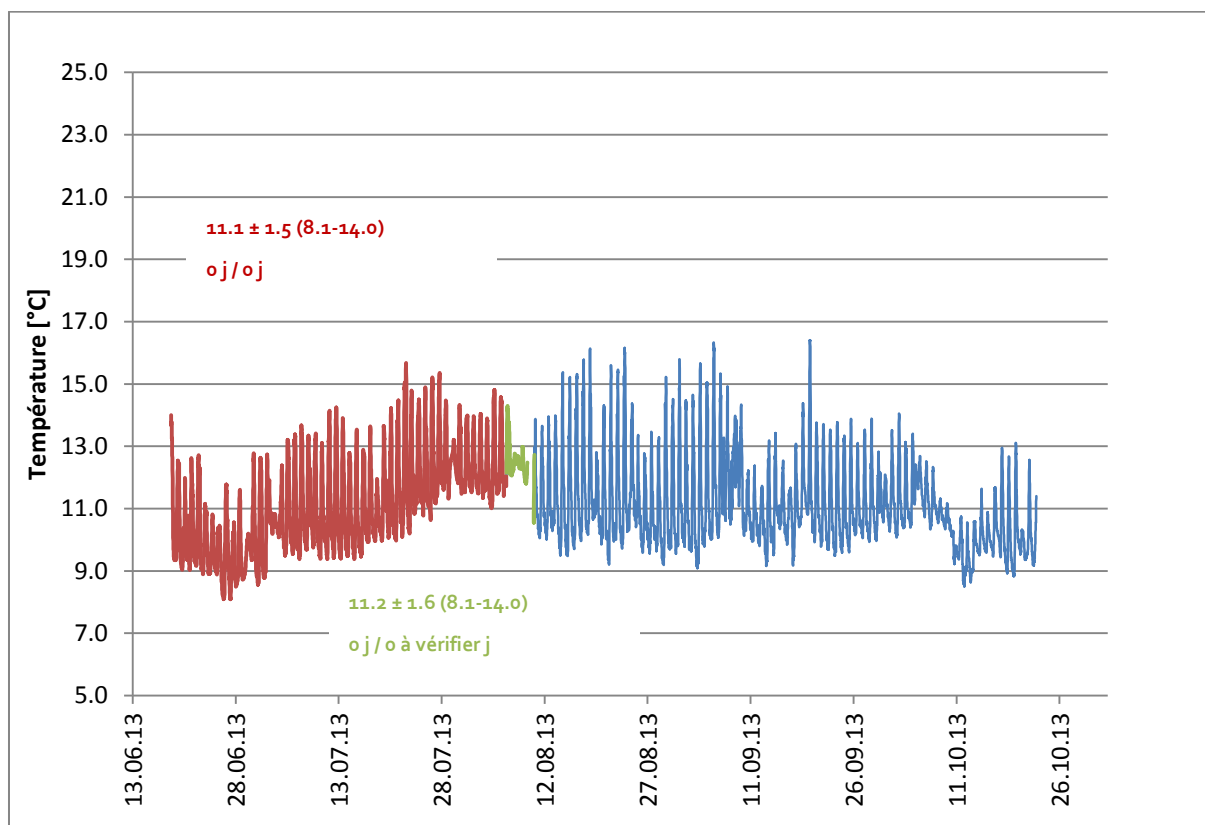


Figure 4.13 : Température de l'eau observée dans la pisciculture de Leysin. Jusqu'au prélèvement le 06.08.2013, jusqu'à la mise à l'eau le 10.08.2013, jusqu'au déchargement du logger. Valeur de température : moyenne sur la période en °C ± écart-type (min-max). Nbre de jours à T°C moyenne journalière $\geq 15^{\circ}\text{C}$ / Nbre de jours à T°C maximale journalière $\geq 15^{\circ}\text{C}$

Tableau 4.26 : Données MRP de la pisciculture de Leysin

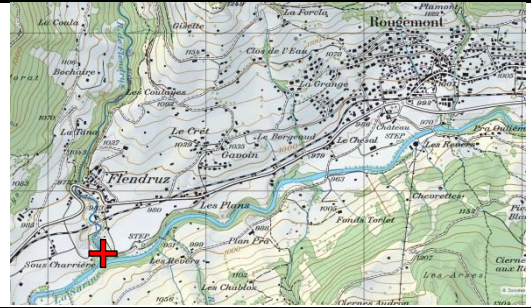
Origine des œufs		Pisciculture de Montreux
Type de bassins		Canal naturel
Date de mise en bassins		19.04.2013
Date de mise à l'eau en rivière		10.08.2013
Durée dans la pisciculture [jours]	Jusqu'à l'échantillonnage	109
	Jusqu'à la mise en rivière	113
Date du prélèvement		06.08.2013
Nb poissons prélevés		26
Long totale ind : moyenne [mm] (min-max)		74 (66-87)
Nb poissons avec altérations macroscopiques		0
Prévalence MRP [%]		0
Degré d'infection (min-max)		0
Degré de prolifération (min-max)		0
Degré de tissus fibreux (min-max)		0

Aucun poisson positif à la MRP ou altération des reins compatible avec la maladie n'ont été décelés dans cette pisciculture. En revanche, 1 des 26 poissons a montré une infection par *Sphaerospora sp.*.

4.14 Pisciculture de Château-d'Oex

Tableau 4.27: Données géographiques de la pisciculture de Château d'Oex

Données administratives

Pisciculture	Château-d'Oex	
Section SVPR	Pays d'Enhaut	
Numéro ID	P14	
Coordonnées	580'354 / 147'597	
Origine de l'eau	Ruisseau Cierne-Piccat et Manche	

L'eau de cette pisciculture provient d'un affluent de la Sarine. Aucune donnée concernant sa qualité biologique n'est disponible. Après la mise à l'eau, les bassins ont été vidés. Les données de température ultérieures correspondent donc à celle de l'air et ont par conséquent été supprimées.

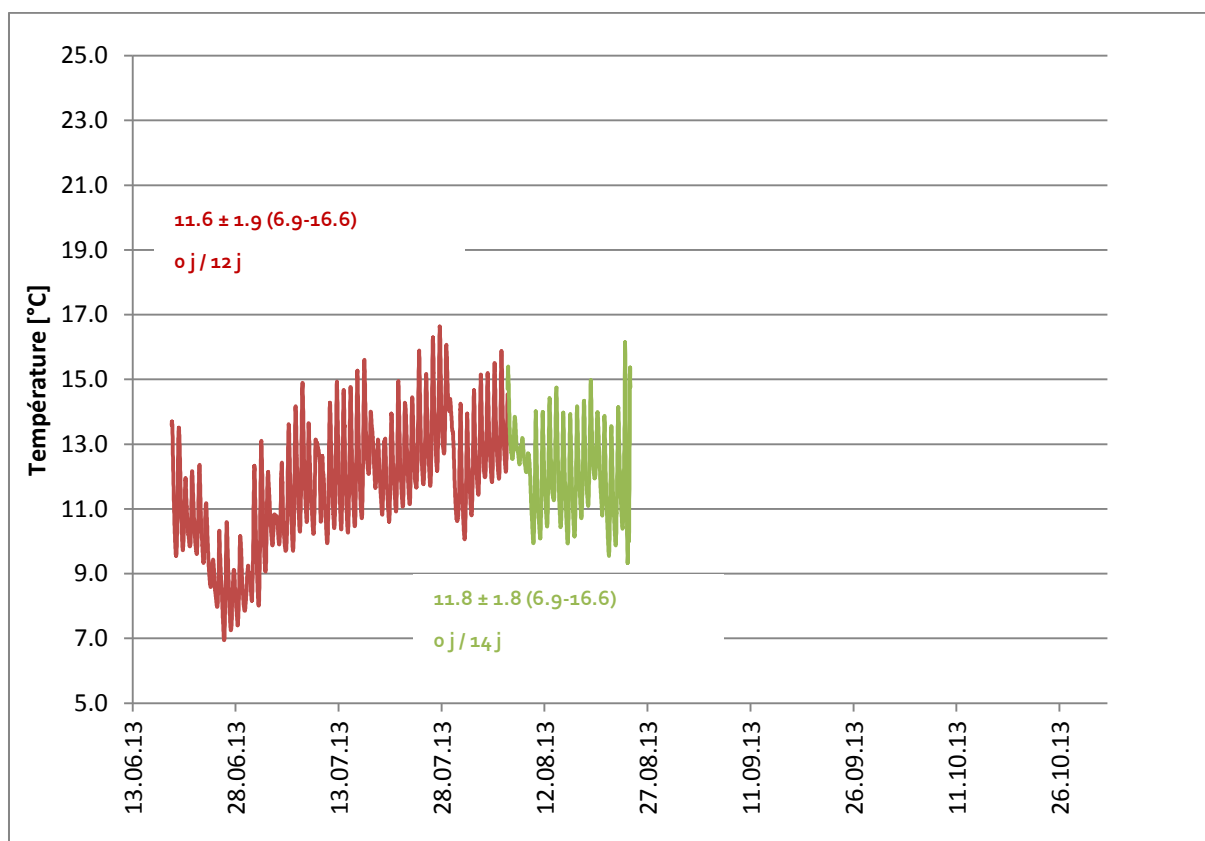


Figure 4.14 : Température de l'eau observée dans la pisciculture de Château d'Oex. Jusqu'au prélèvement le 06.08.2013, jusqu'à la mise à l'eau le 24.08.2013. Valeur de température : moyenne sur la période en °C ± écart-type (min-max). Nbre de jours à T°C moyenne journalière ≥ 15°C / Nbre de jours à T°C maximale journalière ≥ 15°C

Tableau 4.28 : Données MRP de la pisciculture de Château d'Oex

Origine des œufs		Pisciculture de Neirivue (FR)
Type de bassins		Etang
Date de mise en bassins		29.04.2013
Date de mise à l'eau en rivière		24.08.2013
Durée dans la pisciculture [jours]	Jusqu'à l'échantillonnage	99
	Jusqu'à la mise en rivière	117
Date du prélèvement		06.08.2013
Nb poissons prélevés		25
Long totale ind : moyenne [mm] (min-max)		51 (42-59)
Nb poissons avec altérations macroscopiques		0
Prévalence MRP [%]		0
Degré d'infection (min-max)		0
Degré de prolifération (min-max)		0
Degré de tissus fibreux (min-max)		0

Aucun poisson positif à la MRP ou altération des reins compatible avec la maladie n'ont été décelés dans cette pisciculture. En revanche, 5 des 25 poissons ont montré une infection par *Sphaerospora* sp..

5 Synthèse

5.1 Corrélation entre température, qualité de l'eau et MRP

Le croisement entre les données de température et l'observation du développement de la maladie permet de mettre en évidence certains paramètres déterminants pour le déclenchement de la MRP (Tableau 5.1).

C'est seulement dans la pisciculture de Bussigny que des poissons atteints de la MRP ont été observés. Cette pisciculture cumule plusieurs problèmes : (1) la qualité biologique de l'eau est médiocre (données DGE), (2) la température moyenne de l'eau pendant la période où elle accueille des poissons dépasse les 15°C, (3) la durée pendant laquelle la température moyenne de l'eau dépasse les 15°C est supérieure à 30 jours, (4) la durée pendant laquelle la température maximale journalière dépasse les 15°C est supérieure à 30 jours, (5) la pisciculture est alimentée par l'eau d'une grande rivière et non d'une source, (6) la pisciculture se situe dans la partie aval du bassin versant du cours d'eau. Tous ces paramètres constituent autant de conditions favorables au développement de la maladie.

Pour les autres piscicultures, certains paramètres apparaissent également défavorables, mais jamais autant qu'à Bussigny.

Finalement les deux piscicultures qui sortent du lot thermiquement parlant sont celles de L'Isle et de Montreux, toutes deux alimentées par des sources très froides.

Tableau 5.1: Synthèse des résultats

Les piscicultures sont classées par bassin versant : Rhône / Rhin.

Pisciculture (section SVPR)	N° Type d'élevage	Origine de l'eau	Qualité biologique de l'eau (IBCH données DGE)	Origine des œufs	Date arrivée des alevins dans pisciculture	Date de prélèvement des alevins	Date de mise à l'eau	Ltot (mm) ind prélevés moyenne (min-max)	Durée dans pisciculture (n jours)	T° eau jusqu'à prélèvement moyenne ± écart-type (min-max)	n jours à T° moyenne journalière > 15°C	n jours à T° max > 15°C	n ind alterations	Prévalence MRP (%)	Degré infection	Degré prolifération	Degré tissu fibreuse	Présence de Spaerospora sp.	Présence de Myxozoaire autre
L'Isle	2 Canal artificiel	Venoge	14	St-Sulpice	20.04.2013	27.06.2013	29.06.2013	29 29 (26-38)	68	10.2 ± 0.8 (9.2-12.8)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Eclépens	3 Canal artificiel	Bay d'Eclépens	-	L'Isle	24.04.2013	02.10.2013	12.10.2013	25 70 (55-91)	161	14.3 ± 2.2 (8.5-20.0)	49	64	0	0	0	0	0	2	2
Bussigny	1 Canal naturel	Venoge	7	L'Isle	01.05.2013	15.08.2013	12.10.2013	25 64 (46-93)	106	18.1 ± 2.1 (13.0-22.1)	59	64	6	28	1.7 (0-4)	2.3 (2-3)	1 (0-2)	6	8
Bussigny	1 Canal naturel	Venoge	7	L'Isle	01.05.2013	09.09.2013	12.10.2013	25 70 (38-115)	131	17.9 ± 1.9 (13.0-22.1)	84	89	6	32	2.5 (1-4)	3.5 (0-5)	1 (0-2)	6	0
Bussigny	1 Canal naturel	Venoge	7	L'Isle	01.05.2013	02.10.2013	12.10.2013	25 80 (58-104)	154	17.1 ± 2.5 (9.7-22.1)	90	102	13	32	2.1 (1-4)	2.8 (1-5)	1 (0-4)	10	3
Nyon	10 Canal artificiel	Asse	8	L'Isle	10.05.2013	04.09.2013	07.09.2013	25 65 (48-81)	117	15.9 ± 1.7 (11.5-16.3)	62	71	0	0	0	0	0	10	2
Montreux	12 Bassins artificiels	Source de la Jorge	-	Montreux	04.05.2013	06.08.2013	24.08.2013	25 61 (43-74)	94	9.9 ± 0.3 (9.4-14.0)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Leysin	13 Canal naturel	Ruisseau de Crettaz	-	Montreux	19.04.2013	06.08.2013	10.08.2013	26 74 (66-87)	109	11.1 ± 1.5 (8.1-14.0)	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Les Clées	4 Canal artificiel	Orbe	17	Vallorbe	10.04.2013	27.06.2013	29.06.2013	28 40 (31-50)	77	12.3 ± 1.6 (9.4-16.6)	0	5	0	0	0	0	0	0	0
Yverdon	5 Canal artificiel	Source marais de Baumes	-	Vallorbe	28.03.2013	05.08.2013	17.08.2013	25 49 (42-58)	130	11.7 ± 0.1 (11.4-12.0)	0	0	0	0	0	1.5 (1-2)	0	0	0
Payerne	6 Canal naturel	Ruisseau de Mannens	-	Vallorbe	27.04.2013	05.08.2013	24.08.2013	25 53 (38-75)	100	16.0 ± 1.7 (12.0-19.2)	42	46	0	0	0	0	0	13	0
Granges-Marnand	7 Bassins artificiels	Bovaire	-	Moudon	02.05.2013	27.06.2013	06.07.2013	26 33 (26-45)	56	14.0 ± 1.0 (11.8-16.0)	2	6	0	0	0	0	0	0	0
Lucens	8 Canal artificiel	Cerjaulaz	-	Vallorbe	06.05.2013	05.08.2013	10.08.2013	25 42 (31-54)	91	13.7 ± 2.0 (8.6-17.8)	14	33	0	0	0	0	0	6	0
Moudon	9 Canal artificiel	Mérine	17	Vallorbe	04.05.2013	05.08.2013	24.08.2013	25 44 (29-64)	93	13.8 ± 2.1 (8.4-17.1)	13	40	0	0	0	0	0	16	0
Lausanne	11 Bassins artificiels	Talent	17	Vallorbe	04.05.2013	06.08.2013	20.08.2013	25 42 (36-48)	94	16.0 ± 2.2 (10.6-18.9)	36	42	0	0	0	0	0	15	0
Château d'Oex	14 Etang	Manche	-	Neirivue	29.04.2013	06.08.2013	24.08.2013	25 51 (42-59)	99	11.6 ± 1.9 (6.9-13.7)	0	12	0	0	0	0	0	5	0

Très bonne
Bonne
Moyenne
médiocre

> 15°C	> 30 j	> 30 j
13-15°C	20-30 j	20-30 j
11-13°C	10-20 j	10-20 j
< 11°C	< 10 j	< 10 j

5.2 Comparaison des données de température

Plusieurs régimes thermiques sont observés (Figure 5.1) en fonction de l'origine de l'eau :

- Provenance de sources : L'Isle, Montreux, Yverdon
- Provenance de petits affluents : Eclépens, Payerne, Granges-Marnand, Lucens, Moudon, Leysin, Château d'Oex
- Provenance de grandes rivières : Bussigny, Orbe, Nyon, Lausanne

D'une manière générale, l'eau des sources a le régime thermique le plus constant et froid. Pour les affluents et les grandes rivières, la position de la pisciculture dans le bassin versant est cruciale. Si la pisciculture se trouve proche de la tête de bassin, on n'observe généralement pas de problème de température, comme à Eclépens, Leysin et Orbe par exemple. Par contre, lorsque la pisciculture se situe en aval du bassin versant, comme à Nyon ou Bussigny, le régime thermique est généralement nettement moins favorable.

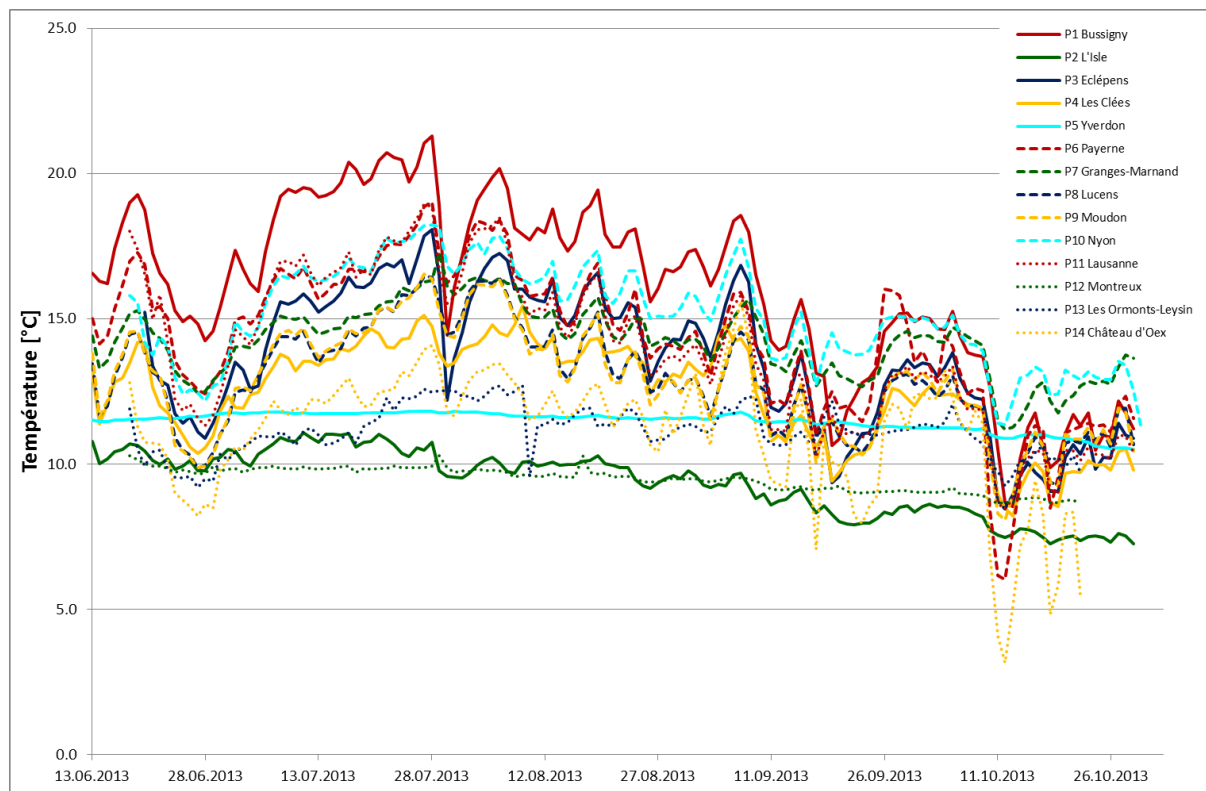


Figure 5.1 : Variation des températures moyennes journalières de chaque pisciculture

5.3 Importance de la localisation dans le bassin versant

D'amont en aval, l'eau de la rivière se réchauffe au contact de l'air. Pour une pisciculture, il est dès lors primordial qu'elle se situe le plus à l'amont possible afin de bénéficier d'une eau froide et riche en oxygène. A cet égard, l'exemple des régimes thermiques des trois piscicultures observées sur la Venoge est particulièrement frappant.

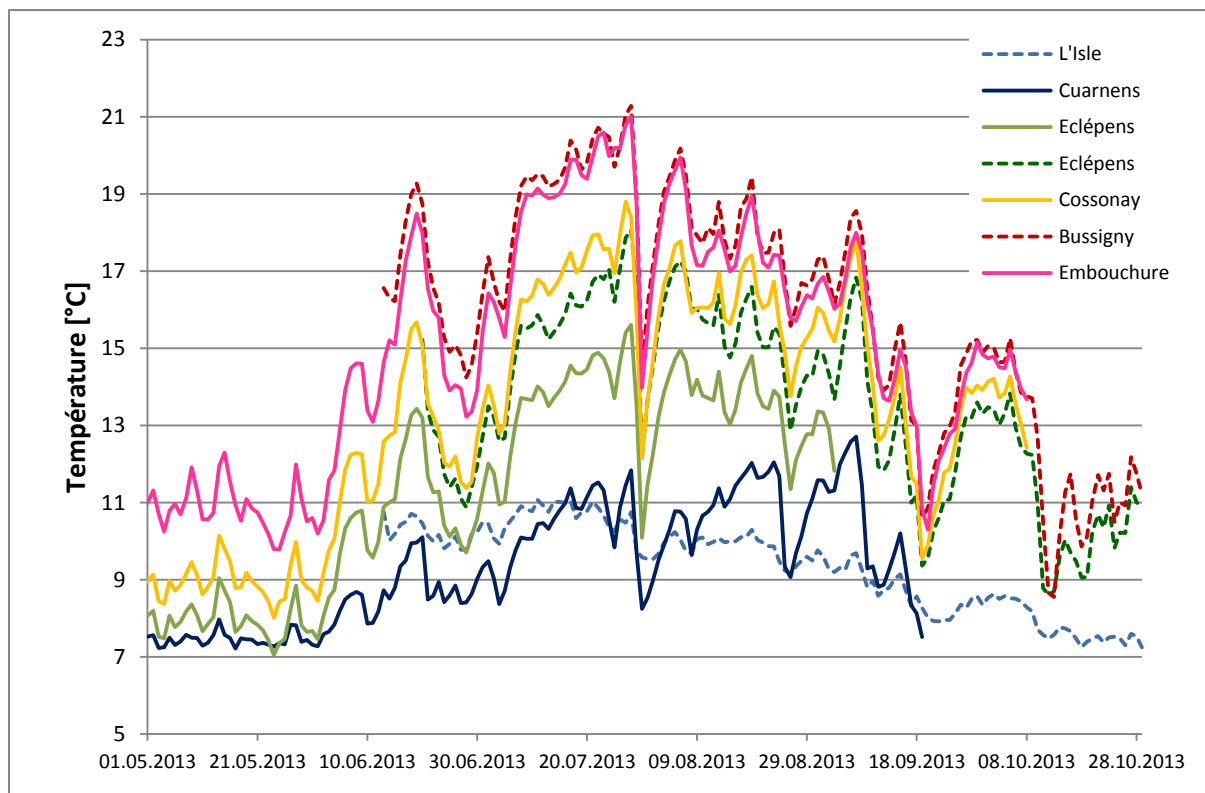


Figure 5.2: Régime thermique (moyennes journalières) de l'eau de la Venoge, d'amont en aval. Les piscicultures (L'Isle, Eclépens et Bussigny) sont indiquées en traits-tillés.

5.4 Importance de la durée d'exposition à une température élevée

Outre le fait d'être exposé à une température élevée, le temps que le poisson passe à cette température est également crucial. En fait, c'est probablement le fait d'être exposé pendant un certain temps (probablement 30 jours, investigations en cours) à une certaine température (probablement 15°C, investigations en cours) qui est le phénomène potentiellement déclencheur du développement du parasite, pour autant que celui-ci soit présent dans le milieu.

Le graphique suivant (Figure 5.3) a été établi sur le même principe que celui des courbes des débits classés utilisées en hydraulique. Dans un premier temps, la température moyenne journalière a été calculée. Ensuite, le nombre de jours passés à plus d'une certaine température a été calculé, puis cumulé afin de réaliser le graphique.

On observe que le régime thermique de plusieurs piscicultures (Bussigny, Eclépens, Payerne, Granges-Marnand, Lucens, Moudon, Nyon et Lausanne), dépasse les 15°C représentant la limite inférieure nécessaire pour le développement de la MRP (flèche rouge). Ce n'est cependant qu'à Bussigny que des poissons atteints de MRP ont été observés, probablement, avec d'autres facteurs, parce que ce n'est que là que l'exposition à ces températures élevées a été aussi longue.

Ainsi, potentiellement, plusieurs piscicultures ont une température suffisante pour permettre le développement de la maladie, bien que celle-ci n'ait été observée jusqu'à aujourd'hui que dans celle de Bussigny.

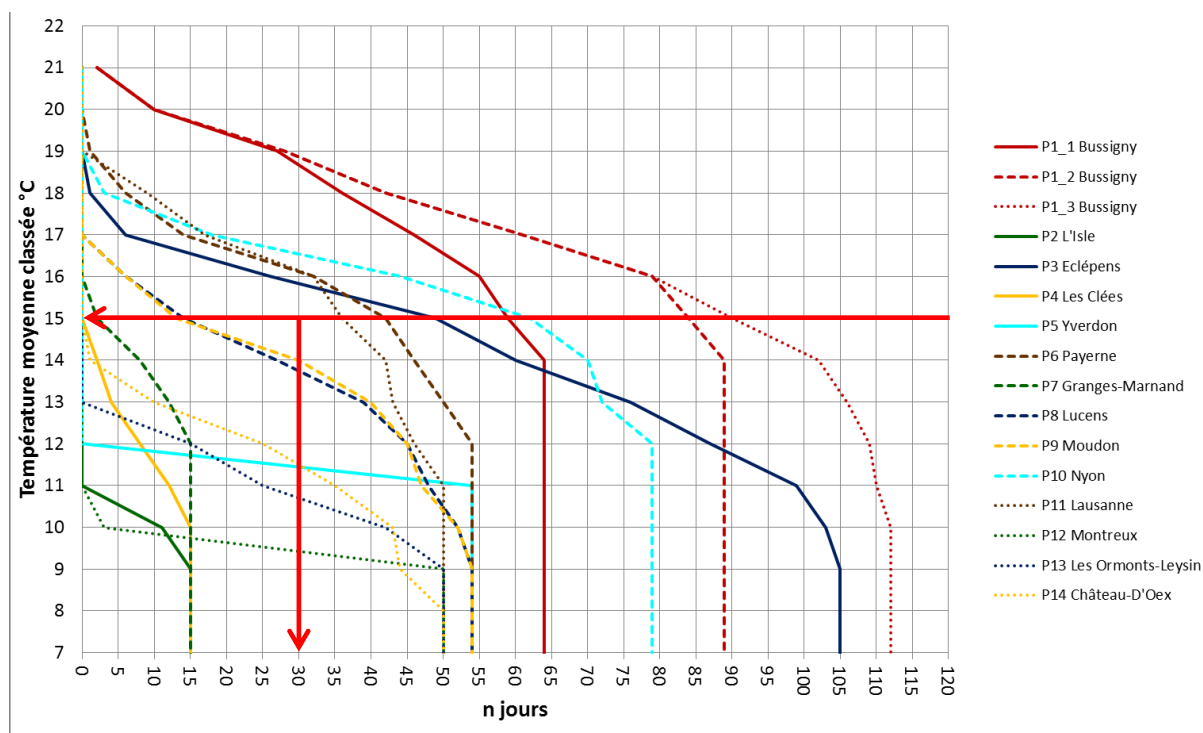


Figure 5.3 : Courbes des températures moyennes journalières classées

6 Discussion

6.1 Périmètre d'étude

14 piscicultures de la SVPR dans le canton de Vaud ont été échantillonnées dans le cadre de cette étude, chacune produisant des alevins à des fins de repeuplement. Il est important de connaître la situation dans ces piscicultures, car la présence de la MRP dans ces installations pourrait représenter un danger dans la propagation de la maladie.

6.2 *Tetracapsuloides bryosalmonae*

Suite aux analyses, le parasite *Tetracapsuloides bryosalmonae* a pu être décelé uniquement dans la pisciculture de Bussigny. La prévalence de la MRP y était comprise entre 28 et 32%. Aucun signe de la maladie n'a pu être observé dans les autres piscicultures testées négativement à la MRP, à l'exception de la pisciculture d'Yverdon. Dans celle-ci, deux poissons ayant une faible prolifération du tissu interstitiel ont été remarqués. Cependant, aucun parasite n'a été observé dans les coupes H&E, de même que dans les coupes immunohistologiques, ce qui suggère une autre cause que *T. bryosalmonae* à cette prolifération. En effet, lors d'études antérieures, une prolifération du tissu interstitiel a déjà été trouvée dans des poissons infectés par d'autres agents pathogènes ou en fonction des conditions environnementales, ce qui pourrait expliquer la prolifération dans le cas présent.

Les résultats de la pisciculture de Bussigny indiquent également que l'absence de signe de la MRP ne garantit pas nécessairement que *T. bryosalmonae* n'est pas présent. En effet, des parasites ont été détectés dans deux individus provenant de ces installations, qui, pourtant, ne révélaient aucun signe macroscopique ni histologique de la maladie. De plus, un poisson provenant du dernier échantillonnage de Bussigny a montré des signes marqués de prolifération bien qu'aucun *T. bryosalmonae* n'ait été observé. Ce constat démontre que des poissons prélevés trop tôt peuvent ne montrer aucun signe de la maladie, bien que celle-ci soit présente plus tard dans la saison. De même, lors d'échantillonnages trop tardifs, le parasite a déjà pu quitter son hôte ou être détruit par les réponses immunitaires de celui-ci, ce qui le rend difficilement identifiable. Ainsi, afin d'éliminer les biais dans les résultats, il est donc important que tous les échantillons soient prélevés à la même période correspondant au pic de l'infection, afin d'obtenir une image représentative de la situation. Dans la présente étude, trois piscicultures (L'Isle, Les Clées et Granges-Marnand), testées comme négatives à la MRP, ont été échantillonnées très tôt dans la saison, soit avant que les pré-estivaux ne soient mis à l'eau. Il est donc possible qu'un certain biais lié à la période de mesure apparaisse dans ces résultats. Cependant, celles-ci bénéficient d'un régime thermique n'excédant pas, ou très peu, les 15°C. Il semblerait donc que la température ne soit pas suffisante pour permettre le développement de la MRP. De même, l'échantillonnage de la pisciculture d'Eclépens et le troisième de Bussigny sont très tardifs, ce qui rend le parasite difficilement identifiable. Ainsi, un échantillonnage supplémentaire en 2014 pourrait être nécessaire dans ces deux installations, à la période clé de fin août (investigations en cours), afin de vérifier les résultats.

6.3 *Sphaerospora* sp.

La fréquence élevée de *Sphaerospora* sp., appartenant également aux myxozoaires, est aussi intéressante. En effet, l'observation de ce parasite dans les poissons indique un habitat adapté pour les myxozoaires, ce qui peut au final s'avérer potentiellement exact pour *T. bryosalmonae*. Les résultats de cette étude ne permettent cependant pas de conclure sur les raisons possibles de l'absence de *T. bryosalmonae* dans les piscicultures où *Sphaerospora* sp. est présent. D'ailleurs, ce dernier est régulièrement observé dans les poissons provenant des rivières suisses, même si très peu de données sont à disposition sur le préjudice possible de ce parasite dans les poissons infectés.

6.4 Myxozoaire inconnu

Par contre, rien n'est connu sur le parasite myxozoaire inconnu observé dans certains poissons. En effet, on y observe des plasmodies caractérisées par des cellules multi nucléées d'une coloration bleue, localisées dans le tissu hématopoïétique, et plus spécialement dans la tête du rein. Cependant, lors de lourdes infections, les plasmodies pourraient également être détectées dans le tronc du rein. Jusqu'à présent, l'éventuel préjudice de ce parasite sur les poissons infectés n'est pas du tout connu, bien qu'il ait régulièrement été constaté dans des prélèvements antérieurs provenant des rivières suisses.

7 Eléments de réflexion en lien avec le plan de repeuplement

La pisciculture de Bussigny est aujourd'hui clairement infectée par la MRP. De ce fait, selon les recommandations de l'OVF (récemment renommé OSAV) et sur ordre du SCAV et de la DGE, celle-ci pourrait être démantelée. Cependant, si elle devait rester en activité, les poissons qu'elles produiraient ne devraient servir qu'à repeupler exclusivement le bas de la Venoge. De plus, dans ce cas de figure, il serait également primordial que les œufs utilisés proviennent uniquement de géniteurs de la Venoge. La pisciculture pourrait dès lors être considérée comme un affluent de la Venoge et ne changerait en rien ce qui se déroule directement dans le cours d'eau principal.

Pour les autres piscicultures, sur la base des données de température de la présente étude, des simulations ont été faites consistant à établir les conditions thermiques qu'elles auraient offertes pour la production de pré-estivaux ou d'estivaux (Tableau 7.1).

Tableau 7.1: Conditions thermiques pour l'élevage de pré-estivaux ou d'estivaux

En gras : stade (pré-estivaux ou estivaux) de préférence produit dans les piscicultures mentionnées

Pisciculture (section SVPR)	Conditions de production Pré-estivaux (18.06.2013 à mise à l'eau 30.06.2013)			Conditions de production Estivaux (18.06.2013 à mise à l'eau 30.09.2013)			Remarque
	T°	n jours T°	n jours T°	T°	n jours T°	n jours T°	
	moyenne ± écart- type (min-max)	moyenne journalière > 15°C	max > 15°C	moyenne ± écart- type (min-max)	moyenne journalière > 15°C	max > 15°C	
L'Isle	10.1 ± 0.8	0	1	9.8 ± 1.2	0	1	
Eclépens	12.1 ± 1.3	1	1	14.3 ± 2.2	49	64	
Bussigny	16.1 ± 2.0	9	13	17.1 ± 2.5	83	95	
Nyon	13.5 ± 1.3	3	5	15.6 ± 1.6	72	89	
Montreux	9.8 ± 0.3	0	0	9.6 ± 0.4	0	1	
Leysin	9.9 ± 1.1	0	0	11.3 ± 1.5	0	18	
Les Clées	11.9 ± 1.6	0	3	13.0 ± 1.8	2	61	Valeur de T° jusqu'au 23.09.2013
Yverdon	11.6 ± 0.1	0	0	11.6 ± 0.2	0	0	
Payerne	14.3 ± 1.7	6	6	15.3 ± 2.0	58	71	
Granges-Marnand	13.6 ± 1.1	2	4	14.6 ± 1.1	41	55	
Lucens	11.7 ± 1.8	1	2	13.3 ± 1.9	19	46	
Moudon	11.7 ± 1.9	1	4	13.3 ± 2.0	18	55	
Lausanne	13.6 ± 2.3	4	6	14.7 ± 2.4	51	65	
Château d'Oex	9.7 ± 1.5	0	0	11.8 ± 1.8	0	14	Valeur de T° jusqu'au 24.08.2013

> 15°C	> 30 j	> 30 j	> 15°C	> 30 j	> 30 j
13-15°C	20-30 j	20-30 j	13-15°C	20-30 j	20-30 j
11-13°C	10-20 j	10-20 j	11-13°C	10-20 j	10-20 j
< 11°C	< 10 j	< 10 j	< 11°C	< 10 j	< 10 j

Sans surprise, thermiquement parlant, sur le bassin versant du Rhône, les piscicultures de L'Isle et Montreux sont les plus favorables. Suit de près celle de Leysin. Pour le bassin du Rhin, c'est Château d'Oex qui est le plus favorable.

Il convient toutefois de mentionner que dans le choix des futures piscicultures qui participeront au plan de repeuplement en produisant des poissons, il faudra également tenir compte d'autres paramètres que ceux mis en évidence dans la présente étude comme la qualité et la quantité d'eau prélevée sur le milieu naturel, le débit de restitution, la présence de bryozoaires, ainsi que les conditions générales dans lesquels les poissons sont produits.

8 Remerciements

Ce travail a pu être réalisé grâce à l'appui financier de l'Office fédéral de la sécurité alimentaire et des affaires vétérinaires OSAV dans le cadre du programme pilote Adaptation aux changements climatiques, la fondation Galli Valerio et la Direction Générale de l'Environnement DGE.

Les auteurs tiennent à remercier les responsables de l'ensemble des piscicultures échantillonnées dans le cadre de ce travail, les gardes pêches impliqués de la DGE, Monsieur Frédéric Hofmann, Conservateur de la pêche et des milieux aquatiques, ainsi que Mesdames Vanda Ciotti, Nathalie Kummer et Géraldine Gavillet et Monsieur Damien Robert-Charrue pour leur aide sur le terrain et à la Maison de la Rivière.

9 Annexes

Annexe 1 : Détail des analyses menés par la campagne « Fischnetz » et la DGE

MRP non décelée		
Cours d'eau	Nombre ind. analysés	% individus MRP
Arnon	20*	0
Aubonne 1	20*	0
Aubonne 2	20*	0
Boiron de Morges amont	20***	0
Bressonne	12**	0
Brine	10**	0
Eau Froide	13**	0
Forestay	20*	0
Grand Canal	12**	0
Morges	12**	0
Nozon	12**	0
Orbe	20*	0
Promenthouse	12**	0
Venoge 1	12**	0
Versoix 1	12**	0
Versoix 2	12**	0

Piscicultures		
Morrens	20*	0
Vallorbe	20*	0
Nyon - Asse	17*	0
Montreux – La Coche	19*	0

MRP décelée		
Cours d'eau	Nombre ind. analysés	% individus MRP
Arbogne	9**	22
Broye	20*	5
Boiron de Morges aval	20***	15
Chandon	12**	75
Grande Eau	20*	5
Mentue	20*	10
Mujon	11**	82
Orbe - Le Sentier	20*	20
Talent	8**	38
Venoge 2	20*	35
Venoge 3	12**	50

Canaux d'élevage		
Penthalaz	12**	33
Bussigny	12**	100
Eclépens	12**	50

* Campagne "Fischnetz" 2000

** contrôles complémentaires en 2001

*** contrôles complémentaires en 2003

Annexe 2 : Liste des stations d'analyses en Suisse

(Source : OFEV et DGE)

LIEU	DATE	COORDONNEE X	COORDONNEE Y	Altitude (msl)	NOMBRE DE POISSONS NEGATIFS PKD	NOMBRE DE POISSONS POSITIFS PKD
k. A.	04.09.2000	567066	190967	439	12	8
La Pierra	05.09.2001	559275	168475	700	20	0
Autigny	05.09.2001	567975	175700	636	9	0
Macconnens	05.09.2001	564550	175750	667	0	1
Matran	21.11.2001	573925	181025	580	3	10
Promasens	05.10.2004	552461	161443	575	2	16
Collin	05.10.2004	561013	184213	450	5	12
St-Apolline	05.10.2004	576100	181600	567	0	13
Romont	05.10.2004	562300	172700	688	4	16
Autigny	05.10.2004	569350	175850	629	7	11
Romont	08.08.2005	562300	172700	688	22	1
Romont	12.10.2005	562300	172700	688	1	24
Autigny	05.10.2004	567150	175650	638	12	8
Noefelen	05.10.2004	586285	194120	498	7	3
La Neirgue	05.09.2001	562425	168250	750	13	5
Massonnens	05.09.2001	564375	173075	676	3	0
Cugy	05.10.2004	558021	185853	457	19	0
St. Aubin	05.10.2004	565755	193157	436	6	9
k. A.	04.09.2000	575000	179000	578	20	0
k. A.	04.09.2000	590000	178000	832	20	0
ARA Zumholz	12.10.2005	589620	178800	771	60	0
Pensier	05.10.2004	575027	186450	559	0	20
Pensier	08.08.2005	575027	186450	559	2	23
Pensier	12.10.2005	575027	186450	559	2	22
k. A.	19.09.2000	490000	116000	417	19	1
Russin	09.10.2005	490000	116000	417	30	0
k. A.	19.09.2000	501000	126000	389	1	19
Courtemaîche	11.10.2004	570992	255952	399	8	9
Boncourt	16.09.2006	664784	252970	421	6	1
Porrentruy	11.10.2004	572830	251532	428	20	0
Soyhières Réserve	19.08.2005	596882	249285	389	11	7
k. A.	17.10.2000	596882	249285	389	19	1
Courroux	11.10.2004	595011	245404	416	20	0
Lugnez	11.10.2004	573515	259814	408	1	3
Cornol	11.10.2004	578683	251125	495	20	0
St-Ursanne	11.10.2004	577041	245481	447	4	3
Roche au Brochet	21.09.2005	577150	245400	434	4	9
Refuge St. Ursanne	21.09.2005	577041	245481	447	6	15
Alle	11.10.2004	577840	252732	459	14	6
k. A.	17.10.2000	574091	251960	430	20	0
k. A.	17.10.2000	571320	254104	407	18	1
Courtételle	11.10.2004	592574	242241	505	20	0
Alle	11.10.2004	576806	251662	467	20	0
Bassecourt	11.10.2004	584027	243407	487	16	4
Beurnevésin	11.10.2004	576301	260989	415	11	9
Les Esserts	28.09.2005	554704	200247	449	25	0
k. A.	19.09.2000	549000	219000	710	18	2
La Rasse	04.10.2005	555134	222825	610	3	22
Le Cerceuil	04.10.2005	548785	219023	619	18	2

Usine Châtelot	04.10.2005	549504	219133	629	1	0
Usine Châtelot	05.10.2005	549504	219133	629	1	0
Usine Châtelot	06.10.2005	549504	219133	629	1	0
Usine Châtelot	07.10.2005	549504	219133	629	1	0
Usine Châtelot	08.10.2005	549504	219133	629	1	0
Usine Châtelot	09.10.2005	549504	219133	629		1
Usine Châtelot	10.10.2005	549504	219133	629	1	0
Usine Châtelot	11.10.2005	549504	219133	629	1	0
Usine Châtelot	12.10.2005	549504	219133	629		1
Usine Châtelot	13.10.2005	549504	219133	629	1	0
Usine Châtelot	14.10.2005	549504	219133	629	1	0
Usine Châtelot	15.10.2005	549504	219133	629	1	0
Usine Châtelot	16.10.2005	549504	219133	629	1	0
Usine Châtelot	17.10.2005	549504	219133	629	1	0
Usine Châtelot	18.10.2005	549504	219133	629	1	0
Usine Châtelot	19.10.2005	549504	219133	629	1	0
Usine Châtelot	20.10.2005	549504	219133	629	1	0
Usine Châtelot	21.10.2005	549504	219133	629	1	0
Usine Châtelot	22.10.2005	549504	219133	629	1	0
Usine Châtelot	23.10.2005	549504	219133	629	1	0
Môtiers	03.10.2005	537749	197060	736	25	0
k. A.	19.09.2000	549000	207000	999	20	0
k. A.	19.09.2000	532000	193000	837	20	0
Les Isles à Boudry	28.09.2005	555024	200543	440	25	0
Pont de Valangin	27.09.2005	559661	207357	670	9	16
k. A.	07.09.2000	539943	186552	450	20	0
La Poissine	17.08.2005	541700	186800	450	1	24
	09.09.2000	520259	146511	380	20	0
k. A.	09.09.2000	520587	149480	431	20	0
Yens	16.09.2004	519856	153192	587	19	0
Tolochenaz	16.09.2004	525758	150020	389	7	12
Tolochenaz	27.07.2005	526200	149720	380	8	22
Tolochenaz	17.10.2005	526200	149720	380	21	9
k. A.	09.09.2000	554390	155998	666	19	1
Palézieux	08.08.2005	553300	155925	635	24	1
k. A.	09.09.2000	548670	149800	607	20	0
k. A.	07.09.2000	564900	129600	435	19	1
Aigle	16.09.2004	564900	129600	435	20	0
Aigle	16.09.2004	562000	130450	390	17	0
Payerne	05.10.2004	561560	185539	450	10	8
En Brit	05.10.2004	559610	180930	460	1	8
k. A.	07.09.2000	545460	181100	448	18	2
	09.09.2000	518000	174000	835	20	0
Orbe	17.08.2005	530800	174825	479	59	1
Vallorbe	17.08.2005	517000	173000	759	60	0
k. A.	07.09.2000	505947	160413	1019	16	4
k. A.	07.09.2000	529000	163000	496	13	7
Montricher	16.08.2002	520400	159850	664	27	0
Bussigny	21.08.2002	530500	156200	395	24	1
Bussigny flussab	21.08.2002	531650	153625	385	19	5
Bussigny	20.11.2002	530008	159327	409	0	9
Bussigny	05.08.2003	530500	156200	395	20	0
Bussigny flussab	05.08.2003	531650	153625	385	20	0
Pont Grilly	16.09.2004	499353	131231	465	19	1
Pont Grilly	17.08.2005	499353	131231	465	25	0
k. A.	09.10.2000	559065	130312	380	20	0
k. A.	09.10.2000	580658	112841	468	19	0
k. A.	09.10.2000	591064	118707	487	21	0
Saillon	18.10.2004	579220	112674	469	20	0
Vernayaz	18.10.2004	570000	109436	457	20	0
Ardon	18.10.2004	587598	116492	479	2	18
k. A.	10.10.2000	623858	128645	630	20	0
k. A.	10.10.2000	639902	128641	660	20	0
Vernayaz	19.10.2004	568736	109337	457	20	0
k. A.	10.10.2000	635013	127874	659	8	12
Lalden	18.10.2004	635189	127599	656	6	6
k. A.	09.10.2000	609875	127803	540	20	0
Salgesch	18.10.2004	611595	128623	558	20	0
k. A.	10.10.2001	671411	157681	1772	19	0
Vionnaz	19.10.2004	559200	130257	380	18	2

10 Bibliographie

- Bettge, K., H. Segner, R. Burki, H. Schmidt-Posthaus, and T. Wahli. 2009. Proliferative kidney disease (PKD) of rainbow trout: temperature- and time-related changes of *Tetracapsuloides bryosalmonae* DNA in the kidney. *Parasitology* **136**:615-625.
- Burkhardt-Holm, P. 2008. Decline of brown trout (*Salmo trutta*) in Switzerland - How to assess potential causes in a multi-factorial cause-effect relationship. *Marine Environmental Research* **66**:181-182.
- Burkhardt-Holm, P., A. Peter, and H. Segner. 2002. Decline of fish catch in Switzerland. *Aquatic Sciences* **64**:36-54.
- Feist, S. W., E. J. Peeler, R. Gardiner, E. Smith, and M. Longshaw. 2002. Proliferative kidney disease and renal myxosporidiosis in juvenile salmonids from rivers in England and Wales. *Journal of Fish Disease* **25**:451-458.
- Fischnetz. 2004. Final report of Project Fischnetz. *in* Eawag, editor., Dübendorf.
- Geiser, F. 2002. PKD- la maladie proliférative des reins chez les truites. *Magazine de l'OVF* **4**:15-17.
- Gerster, S. and S. Haertel-Borer. 2006. MRP La maladie rénale proliférative. Page 6 pp *in* FIBER, editor., Kastanienbaum.
- Grabner, D. S. and M. El-Matbouli. 2009. Comparison of the susceptibility of brown trout (*Salmo trutta*) and four rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) strains to the myxozoan *Tetracapsuloides bryosalmonae*, the causative agent of proliferative kidney disease (PKD). *Veterinary Parasitology* **165**:200-206.
- Hari, R. E., D. M. Livingstone, R. Siber, P. Burkhardt-Holm, and H. Güttinger. 2006. Consequences of climatic change for water temperature and brown trout populations in Alpine rivers and streams. *Global Change Biology* **12**:10-26.
- Henderson, M. and B. Okamura. 2004. The phylogeography of salmonid proliferative kidney disease in Europe and North America. *Proc. R. Soc. Lond. B.* **271**:1729-1736.
- Kristmundsson, A., T. Antonsson, and F. Arnason. 2010. First record of Proliferative Kidney Disease in Iceland. *Bulletin European Association Fish Pathologists* **30**:35-40.
- Longshaw, M., R. M. Le Deuff, A. F. Harris, and S. W. Feist. 2002. Development of proliferative kidney disease in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum), following short-term exposure to *Tetracapsula bryosalmonae* infected bryozoans. *Journal of Fish Disease* **25**:443-449.
- Mertens, M. 2007. Pour la vitalité de nos poissons de rivière, un programme en 10 points. *in* OFEV, editor. Fishnetz +, Berne.
- Okamura, B. and T. S. Wood. 2002. Bryozoans as hosts for *Tetracapsula bryosalmonae*, the PKX organism. *Journal of Fish Disease* **25**:469-475.
- Peeler, E. J., S. W. Feist, M. Longshaw, M. A. Thrush, and S. St-Hilaire. 2008. An assessment of the variation in the prevalence of renal myxosporidiosis and hepatitis in wild brown trout, *Salmo trutta* L., within and between rivers in South-West England. *Journal of Fish Disease* **31**:719-728.
- Schager, E., A. Peter, and P. Burkhardt-Holm. 2007. Status of young-of-the-year brown trout (*Salmo trutta fario*) in Swiss streams: factors influencing YOY trout recruitment. *Aquatic Sciences* **69**:41-50.
- Schmidt-Posthaus, H. 2013. Investigation for proliferative kidney disease and associated renal pathology in Brown trout from the rivers Redon and Foron. Page 18 pp *in* F. d. H.-S. p. l. p. e. l. p. d. m. aquatique, editor., 74370 St-Martin-Bellevue France.
- Tops, S., H. L. Hartikainen, and B. Okamura. 2009. The effect of infection by *Tetracapsuloides bryosalmonae* (Myxozoa) and temperature on *Fredericella sultana* (Bryozoa). *International Journal for Parasitology* **39**:1003-1010.
- Wahli, T., D. Bernet, P. A. Steiner, and H. Schmidt-Posthaus. 2007. Geographic distribution of *Tetracapsuloides bryosalmonae* infected fish in Swiss rivers: an update. *Aquatic Sciences* **69**:3-10.

- Wahli, T., R. Knuesel, D. Bernet, H. Segner, D. Pugovkin, P. Burkhardt-Holm, M. Escher, and H. Schmidt-Posthaus. 2002. Proliferative kidney disease in Switzerland: current state of knowledge. *Journal of Fish Disease* **25**:491-500.
- Zimmerli, S., D. Bernet, P. Burkhardt-Holm, H. Schmidt-Posthaus, P. Vonlanthen, T. Wahli, and H. Segner. 2007. Assessment of fish health status in for Swiss rivers showing a decline of brown trout catches. *Aquatic Sciences* **69**:11-25.