Table des matières

1	Con	\mathbf{texte}		9									
	1.1	Acteur	ırs										
	1.2	Object	etifs										
2	Dis	positif	de suivi	4									
	2.1	2.1 Description du bassin versant											
	2.2	Stratég	égie d'échantillonnage										
		2.2.1	Principes de répartition										
		2.2.2	Organisation du maillage										
	2.3	Gestio	on matérielle	8									
		2.3.1	Installation du matériel										
		2.3.2	Suivi de terrain	(
		2.3.3	Traitement et archivage des données										
3	Rés	ultats	et interprétation	10									
	3.1	Résult	tats métrologiques	10									
	3.2		tats annuels										
		3.2.1	Résultats génériques	12									
		3.2.2	Résultats thématiques	15									
	3.3	Résult	tats pluriannuels										
4	Con	clusior	on	18									
5	Bib	Bibliographie											
6	Anr	nexes		21									
	.1	Atlas des stations de suivi											
	.2		ées disponibles										
	.3		de terrain										
	.4		nètres statistiques calculés										
	.5		nations techniques										

Contexte

Le Suran est un cours d'eau dont le bassin versant s'organise selon un axe globalement Nord-Sud dans les départements du Jura (amont) et de l'Ain (aval).

1.1 Acteurs

La gestion, l'entretien et la restauration du Suran et de ses affluents est assurée par le Syndicat de la Rivière d'Ain Aval et de ses Affluents (SR3A). Cette structure élabore et porte actuellement un projet de travail sur le Suran. Les principaux partenaires financiers de cette démarche sont l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée et Corse (AERMC), les Régions Bourgogne-Franche-Comté et Auvergne-Rhône-Alpes, le Conseil Départemental du Jura (CD39) et le Conseil Départemental de l'Ain (CD01).

1.2 Objectifs

Différentes études diagnostics sont en cours de réalisation ou ont été réalisées afin d'établir un état des lieux et de définir les priorités d'action sur le bassin du Suran (CI-DEE 2012, FAGOT 2013). Il apparaît dans ces différentes études des dysfonctionnements du Suran et de certains de ses affluents, parmi lesquels une nette déstructuration du métabolisme thermique. Ce paramètre mésologique prépondérant explique pour partie la répartition des espèces aquatiques tant animales que végétales (VERNEAUX 1976, MAGNUSON, CROWDER et MEDVICK 1979, SMITH 1972). Cette variable est également très synthétique dans le sens où elle intègre de nombreux paramètres physiques et hydrologiques du cours d'eau qui la concerne (CAISSIE 2006).

La mise en rapport du rôle prépondérant et intégrateur de cette variable dans le fonctionnement des cours d'eau avec sa facilité de contrôle laisse envisager un intérêt réel et assez simple à la mise en place d'un suivi de ce paramètre.

Les objectifs de ce projet sont les suivants :

- Suivre le métabolisme thermique du Suran et de ses affluents.
- Évaluer la variabilité spatiale et temporelle de ce métabolisme.

Dispositif de suivi

L'atteinte de ces objectifs ambitieux mais réalistes nécessite la mise en oeuvre d'une stratégie adaptée au contexte géographique que nous allons détailler en premier. Seront ensuite détaillés la stratégie d'échantillonnage ainsi que son organisation dans l'espace, puis la mise en application pratique et son suivi à venir.

2.1 Description du bassin versant

Le bassin versant du Suran et de ses affluents s'étale sur 446 kilomètres-carrés, avec un linéaire total de 73 kilomètres pour le Suran, et un linéaire cumulé de 88 kilomètres pour ses affluents (CIDEE 2012). Ce territoire concerne 40 communes réparties entre les départements du Jura et de l'Ain. Son linéaire est alternativement classé en première ou en deuxième catégorie piscicole. L'hydrologie globale du bassin présente un certain nombre de particularités qu'il est important de prendre en considération, comme certains constats hydrogéomorphologiques (CIDEE 2012) :

- la grande majorité des apports hydrologiques sont issus du tiers amont du linéaire du Suran,
- la présence d'une importante zone de pertes karstiques,
- la forte dégradation de la qualité physique d'un important linéaire du Suran et des parties aval de certains de ses affluents,
- la dégradation des boisements de berge, avec environ 40 % du linéaire du Suran présentant une ripisylve altérée ou dégradée (CIDEE 2013),
- la présence de nombreux seuils qui impactent fortement les écoulements et l'hydrodynamique en générant de nombreux « miroirs » en amont (CIDEE 2013), générant des échauffements des eaux (SOUCHON et NICOLAS 2011).

Les résultats des suivis thermiques réalisés au cours de l'année 2012 (FAGOT 2013) font état de résultats très hétérogènes. Concernant le Suran, il faut noter une variabilité plurimensuelle relativement importante, ainsi que des températures parfois ou souvent selon les stations au-delà du seuil de température de confort de la truite fario, espèce repère des secteurs amont. Les affluents présentent pour leur part des résultats très hétérogènes d'un cours d'eau à l'autre, allant d'une situation de quasi-stabilité au cours de l'été à une situation de stress thermique non négligeable pour d'autres.

2.2 Stratégie d'échantillonnage

2.2.1 Principes de répartition

La définition d'une stratégie dans le cadre de la constitution d'un réseau de suivi doit répondre à certains principes (Bartram et Ballance 1996, Agency 2012, Dixon et Chiswell 1996, Dixon, Smyth et Chiswell 1999). Parmi les considérations essentielles à prendre en compte dans le suivi envisagé ici figurent principalement :

- les objectifs fixés,
- l'échelle à laquelle on souhaite travailler (tant en termes spatiaux que temporels),
- les moyens (humains, matériels, financiers) dont on dispose, et la concordance ou non avec les objectifs fixés,
- les informations que l'on souhaite tirer de ces mesures de terrain, et les outils disponibles pour cela.

Les propositions propres au réseau de suivi de la température du Suran et de ses affluents vont maintenant être détaillées.

2.2.2 Organisation du maillage

À la vue des différents constats réalisés plus haut et des objectifs fixés, il apparaît nécessaire de mettre en place un maillage relativement fin. La stratégie globale proposée consiste en un échantillonnage stratifié en fonction de différents paramètres. Pour les affluents, c'est principalement l'hydrologie qui a été retenue, afin de sélectionner les affluents significatifs en termes d'apports hydrologiques et donc d'impacts thermiques potentiels (CIDEE 2012). Leur liste figure dans le tableau 2.1.

Ruisseau de Bellecombe	Balme d'Epy
Ruisseau de Véria	Bourney
Ruisseau sous la Roche	Doye de Montagna
Ruisseau du Dard	Ruisseau de la Chana
Noeltant	Ruisseau de Sélignac
Ponson	Durlet
Toisin	

Table 2.1 – Liste des affluents suivis

Afin que les données collectées soient représentatives du métabolisme thermique de l'affluent concerné et de son impact sur la thermie du Suran, il est retenu de disposer les enregistreurs en amont immédiat de la zone de confluence avec le Suran. Il est également retenu de doubler systématiquement les enregistreurs situés sur les affluents, ce qui permet de maintenir la continuité de la chronique de données en cas de perte ou de défaillance de l'un des enregistreurs.

Concernant le cours du Suran à proprement parler, d'autres critères ont été pris en compte :

— la localisation des suivis en cours (AERMC, Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (DREAL), Agence Française pour la Biodiversité (AFB), CD39, CD01),

- l'encadrement amont et aval des secteurs de confluence avec affluents,
- les points amont et aval absolus (source et amont confluence avec l'Ain),
- une répartition spatiale régulière pour les secteurs non concernés par les points précédents, en fonction des caractéristiques géomorphologues notamment (gorges, etc.).

La répartition spatiale des enregistreurs thermiques sur le cours du Suran présente une densité importante afin d'avoir en premier lieu une information précise, et en second afin de limiter les pertes potentielles de données sur un linéaire important lors d'une défaillance du matériel. La stratégie est donc ici une multiplication des points de suivi plutôt qu'un doublement strict de chaque point comme sur les affluents.

La répartition spatiale des stations est visible sur la figure 2.1 :

- 47 sondes enregistreuses sont installées pour le compte du SR3A sur la bassin versant, réparties à travers :
 - 21 stations sur le Suran à proprement parler,
 - 13 stations sur les affluents cités dans le tableau 2.1.

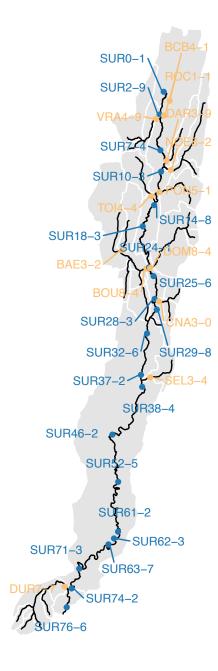


Figure 2.1 – Répartition spatiale des points de suivi

2.3 Gestion matérielle

2.3.1 Installation du matériel

Les enregistreurs utilisés sont de type « HOBO Pendant® Temperature/Alarm Data Logger 64K - UA-001-64 » de la marque Onset (figure 2.2). Ce sont des capteurs enregistreurs automatiques, dont la prise de mesure est programmable selon le pas de temps souhaité (une fois par heure dans notre cas, pas de temps utilisé dans les suivis réalisés par l'AFB).



FIGURE 2.2 – HOBO Pendant Temperature Alarm Data Logger 64K - UA-001-64 - Onset (5.8 x 3.3 x 2.3 cm)

La pose de chaque enregistreur est effectuée au niveau d'un ancrage stable, comme une racine d'arbre de berge, ou par perçage d'une surface maçonnée (seuil, pile de pont, etc.) (voir figure 2.3). L'enregistreur est protégé par un manchon en PVC et fixé par un câble et des serres-câbles en acier inoxydable. La localisation précise de chaque sonde a été consignée lors de sa pose à l'aide d'une fiche qui permet de la retrouver et de l'identifier facilement par la suite. Cette fiche permet également de collecter un certain nombre d'informations de terrain utiles au traitement et à l'interprétation des données mesurées par la suite.



Figure 2.3 – Pose d'un enregistreur

D'autres actions sont également réalisées lors de la pose d'un enregistreur, comme la mesure manuelle de la température de l'eau, la prise de clichés photographiques, la localisation GPS de l'enregistreur, différentes mesures du gabarit du cours d'eau, un marquage à la peinture si nécessaire, etc. La synthèse des éléments de cette fiche pour chaque station permet d'aboutir à une synthèse sous un Système d'Informations Géographiques (SIG) et également sous forme de fiches stations, rassemblées dans un index (annexe .1).

2.3.2 Suivi de terrain

6 novembre 2018

Chaque sonde fait l'objet de trois inspections et relèves sur douze mois, avec les objectifs suivants :

- vérifier que l'équipement est encore bien en place et dans l'eau et qu'il fonctionne ; en changer si nécessaire,
- vérifier l'état de l'amarrage, et changer si nécessaire le câble et/ou les serres-câble et/ou les piles des capteurs,
- décharger les données récoltées,
- réaliser une mesure manuelle de la température de l'eau, afin de pouvoir détecter un éventuel phénomène de dérive de la mesure.

Ces trois vérifications ont lieu au cours de l'étiage hivernal, au printemps avant l'étiage estival et en cours d'automne. Un journal de suivi est établi afin d'avoir un historique des manipulations effectuées sur chaque site de suivi, contenant les éventuels changements de sonde, de pile, les températures manuelles, etc, avec à chaque fois la date et l'heure de l'opération (voir annexe .3).

2.3.3 Traitement et archivage des données

Le déchargement des données s'effectue sur place à l'aide d'une « navette », qui est un appareil fonctionnant grâce à des piles de manière autonome, et qui contient les données déchargées lors du branchement optique de la sonde enregistreuse. Ces données sont ensuite extraites de cet appareil par raccordement au bureau sur un ordinateur et sont exploitables sous forme de fichier .csv.

Les données sont regroupées au sein d'une base de données afin d'être archivées. Un traitement statistique est réalisé pour chaque point de suivi, afin d'en extraire un certain nombre de variables remarquables telles que (liste non exhaustive) (voir liste complète en annexe .4) :

- minimas et maximas,
- moyennes et médianes,
- valeurs remarquables mensuelles,
- variabilité et sensibilité,
- valeurs de synthèse sous forme graphique,
- etc.

Les données collectées au cours de ce diagnostic, ainsi que ce rapport, ont été produits via le programme R (R Core Team 2017) à travers RStudio (RSTUDIO TEAM 2017), couplés à différents packages (Grolemund et Wickham 2011; Kahle et Wickham 2013; Wickham et others 2007; Wickham et others 2011; Wickham 2009; Wickham et al. 2017; Slowikowski 2017; Auguie 2017; Xie 2017; Bivand et Lewin-Koh 2017; Wickham et Bryan 2017; Bivand, Keitt et Rowlingson 2017; Müller et al. 2017; Wickham 2017a; Wickham et Henry 2017; Dahl 2016; Wickham 2017b). QGIS a également été utilisé (QGIS Development Team 2017).

Résultats et interprétation

3.1 Résultats métrologiques

Les écarts observés entre les mesures automatiques et manuelles (au moment des poses et relèves) sont relativement faibles pour la chronique de l'année écologique 2016 (voir figure 3.1).

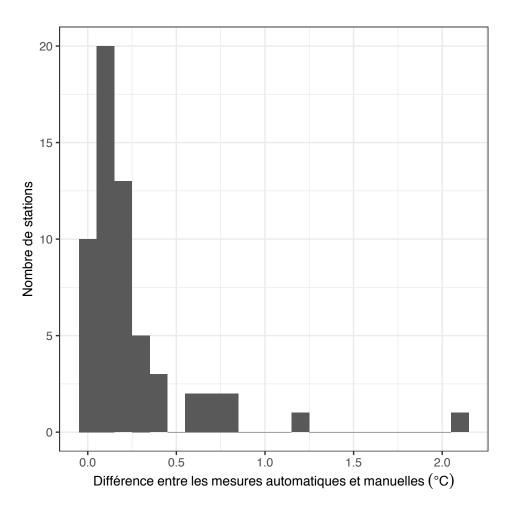


Figure 3.1 – Répartition des écarts entre les valeurs mesurées automatiquement et manuellement

L'analyse des mesures réalisées entre les deux capteurs équipant chaque affluent, situés très proches les uns des autres (quelques dizaines de mètres), fait état de résultats très intéressants.

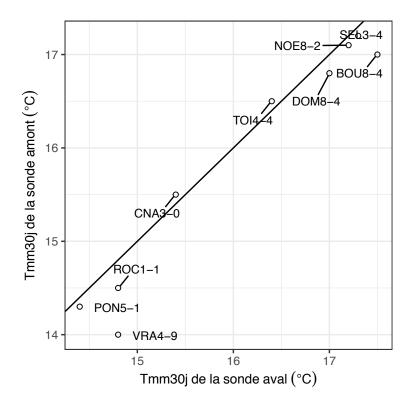


FIGURE 3.2 – Rapport entre les Températures Maximales Moyennes des 30 jours les plus chauds (TMM30j) mesurées par les sondes amont et aval de mêmes stations des affluents du Suran

Deux groupes de couples de sondes amont/aval des affluents se distinguent (voir figure 3.2):

- presque toutes les stations présentent des résultats très proches, ce qui est cohérent,
- une station (VRA4-9) affiche un écart plus important.

Afin d'être discriminant dans notre analyse, seuls les jeux de données avec les TMM30j les plus faibles pour chaque couple de sondes (amont-aval, par affluent) sont retenus par station. Cette solution est préférable plutôt que de créer des jeux de données hybrides en mélangeant les données minimales au sein de chaque couple amont-aval (par affluent).

Il est néanmoins nécessaire d'affiner la compréhension de l'observations concernant VRA4-9 à partir de chroniques et de mesures manuelles plus nombreuses au cours de l'année 2017.

3.2 Résultats annuels

3.2.1 Résultats génériques

La figure 3.3 présente de manière globale les TMM30j de l'ensemble des stations (y compris la station du CD39 SUR0-9). Il apparaît très globalement que les valeurs observées sont plus faibles en amont du bassin versant.

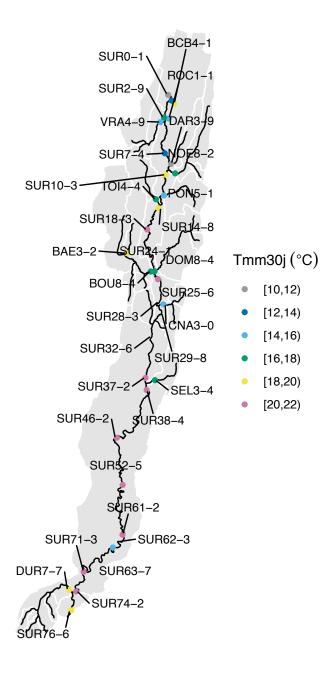


Figure 3.3 – Températures Maximales Moyennes des 30 jours les plus chauds

6 novembre 2018 3.2 Résultats annuels

Une visualisation longitudinale (figure 3.4) permet de préciser différents points :

- la température du Suran augmente à très peu de distance de sa source;
- les températures estivales les plus intenses présentent des valeurs élevées pour ce type de cours d'eau;
- l'ensemble des affluents présentent des TMM30j plus faibles que celles du Suran au niveau de leurs zones de confluence;
- ce rôle de « refroidisseurs » joué par les affluents est très variable entre eux, certains étant nettement plus frais que d'autres;
- la source du Bourbou joue également le même rôle, mais malheureusement de manière très localisée.

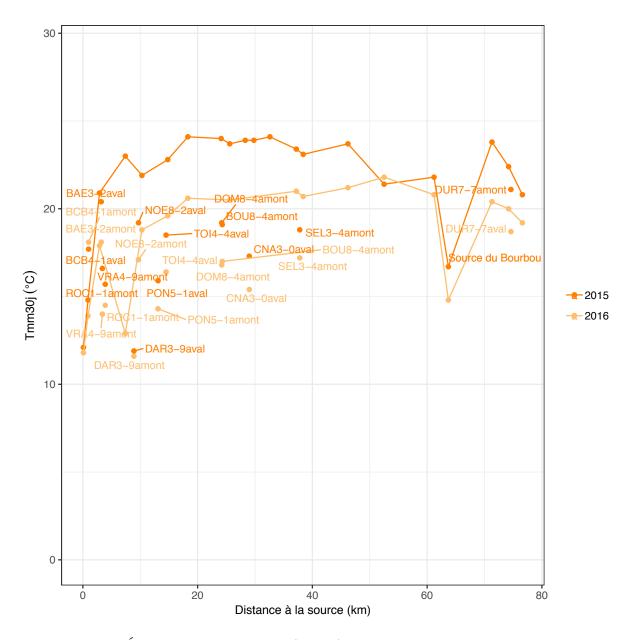


FIGURE 3.4 – Évolution longitudinale (Suran) des Températures Maximales Moyennes des 30 jours les plus chauds, en rapport à celle des affluents

Cette vision spatiale peut être précisée temporellement, au moins en partie, par la figure 3.5. On y observe que les TMM30j sont globalement synchronisées en septembre, contrairement à l'année 2015 où ce phénomène était encore plus net mais visible au mois de juillet. On remarque néanmoins que le secteur médian du Suran a subit les températures les plus importantes au cours de la période allant de mi-juillet à mi-août.

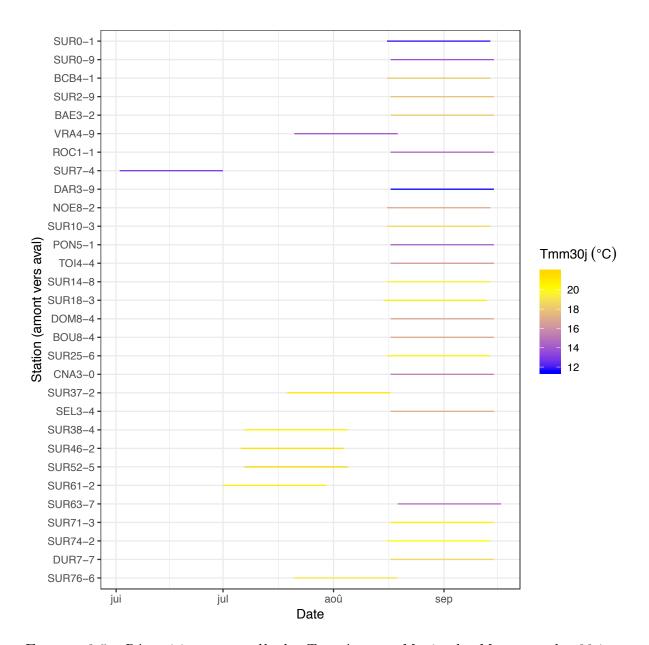


Figure 3.5 – Répartition temporelle des Températures Maximales Moyennes des 30 jours les plus chauds pour l'année 2016

3.2.2 Résultats thématiques

Les fortes TMM30j observées précédemment doivent être confrontées aux exigences biologiques des espèces piscicoles. On constate sur la figure 3.6 que la très grande majorité des stations présentent des conditions stressantes pour les salmonidés en période estivale (Truite fario - espèce repère des cours d'eau du bassin versant - FAGOT 2013).

En effet, même les affluents, pourtant globalement les moins chauds, ne constituent que des refuges « de fortune » dans leurs parties basales pour la majorité d'entre eux. Par ailleurs, les deux tiers des stations présentent des conditions incompatibles avec la survie de la truite fario en période estivale.

Le phénomène était néanmoins moins marqué en 2016 qu'en 2015.

L'existence de nombreux obstacles infranchissables ou difficilement franchissables le long du linéaire du Suran entraîne par ailleurs d'importantes difficultés migratoires pour l'espèce, augmentant les difficultés de survie pour celle-ci.

3.3 Résultats pluriannuels

La variabilité temporelle récente peut être évaluée à partir des données issues de la station du Réseau Départemental Patrimonial (RDP) du CD39 (chronique démarrant en 2013 - voir figure 3.7). Les conditions météorologiques observées au cours de la période chaude de l'année 2016 pouvaient laisser supposer une année chaude. Néanmoins, on observe une légère baisse de la TMM30j par rapport à 2015. L'origine de ce constat réside dans l'hydrologie. À Pont-d'Ain, le débit mensuel le plus faible était de $0.26~m^3/s$ en septembre 2016, alors qu'il était de $0.11~m^3/s$ en août 2015 (Banque Hydro).

La même observation est réalisée à l'échelle du bassin versant complet, comme on peut le constater sur la figure 3.4.

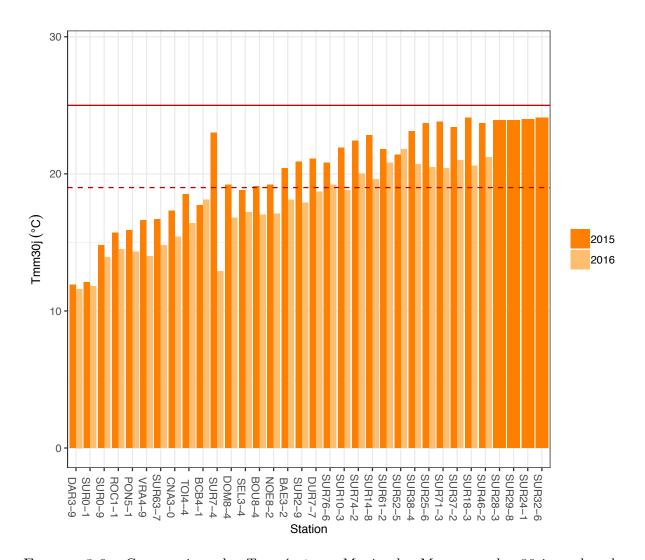


Figure 3.6 – Comparaison des Températures Maximales Moyennes des 30 jours les plus chauds avec les températures maximales de preferendum (ligne rouge pointillée) et létales ou sub-létales pour les juvéniles et les adultes de truite fario (d'après Alabaster et Lloyd 1982; Elliott 1981; Elliott 1994; Crisp 1996)

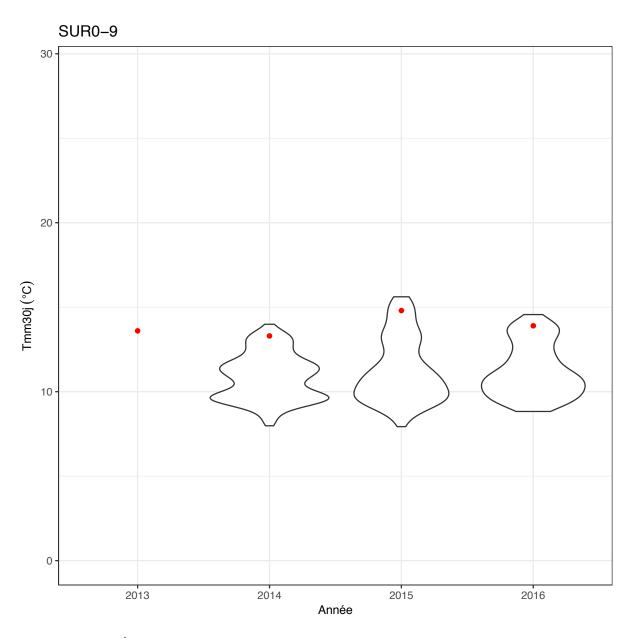


FIGURE 3.7 – Évolution temporelle des Températures Maximales Moyennes des 30 jours les plus chauds et des médianes journalières de la station SURO-9 du CD39 (appelée SUR1)

4

Conclusion

L'année 2016 a été marquée par une météorologie particulière conduisant à une hydrologie faible malgré une perception de conditions plus critiques qu'en 2015.

Les éléments généraux produits dans ce document apportent une image globale du fonctionnement thermique à l'échelle du bassin versant. Les enjeux et problématiques plus locaux (seuil, affluent, projet de restauration, etc.) doivent faire l'objet d'une analyse particulière à l'aide des données produites grâce au dispositif de suivi.

5

Bibliographie

- AGENCY, European Environment (2012). European Waters Assessment of Status and Pressures. Rapp. tech. Copenhagen: European Environment Agency, p. 96.
- ALABASTER, John S. et R. Steven LLOYD (1982). Water Quality Criteria for Freshwater Fish. 3117. Food And Agriculture Organization of the United Nations.
- Auguie, Baptiste (2017). gridExtra: Miscellaneous Functions for "Grid" Graphics.
- Bartram, Jamie et Richard Ballance (1996). Water Quality Monitoring: A Practical Guide to the Design and Implementation of Freshwater Quality Studies and Monitoring Programmes. CRC Press.
- BIVAND, Roger, Tim Keitt et Barry Rowlingson (2017). Rgdal: Bindings for the Geospatial Data Abstraction Library.
- BIVAND, Roger et Nicholas Lewin-Koh (2017). Maptools: Tools for Reading and Handling Spatial Objects.
- Caissie, D. (2006). « The Thermal Regime of Rivers : A Review ». en. In : *Freshwater Biology* 51.8, p. 1389-1406. ISSN : 1365-2427. DOI : 10.1111/j.1365-2427.2006.01597.x.
- CIDEE (2012). Étude Globale Du Suran Phase 1 : État Des Lieux Cartographie Du Bassin Versant Du Suran. Rapp. tech. Le Bourget du lac : SMISA, p. 38.
- (oct. 2013). Étude Globale Du Suran Phase 2 : Diagnostic Rapport Provisoire. Rapp. tech. Le Bourget du lac : SMISA, p. 94.
- CRISP, D. T. (1996). « Environmental Requirements of Common Riverine European Salmonid Fish Species in Fresh Water with Particular Reference to Physical and Chemical Aspects ». In: *Hydrobiologia* 323.3, p. 201-221. ISSN: 0018-8158, 1573-5117. DOI: 10.1007/BF00007847.
- Dahl, David B. (fév. 2016). Xtable: Export Tables to LaTeX or HTML.
- DIXON, William et Barry Chiswell (sept. 1996). « Review of Aquatic Monitoring Program Design ». In: Water Research 30.9, p. 1935-1948. ISSN: 0043-1354. DOI: 10.1016/0043-1354(96)00087-5.
- DIXON, William, Gordon K SMYTH et Barry CHISWELL (mar. 1999). « Optimized Selection of River Sampling Sites ». In: *Water Research* 33.4, p. 971-978. ISSN: 0043-1354. DOI: 10.1016/S0043-1354(98)00289-9.
- « Some aspects of thermal stress on freshwater Teleosts » (1981). anglais. In: Stress and fish. Sous la dir. de J. M. Elliott. London, Royaume-Uni, p. 209-245. ISBN: 0-12-554550-9.

- Elliott, J. M. (1994). Quantitative Ecology and the Brown Trout. Oxford University Press.
- FAGOT, Jean-Baptiste (fév. 2013). Étude Des Communautés Piscicoles, Astacicoles et Macrobenthiques et de La Qualité de l'habitat Aquatique Sur Le Territoire Du Deuxième Contrat de Rivière Suran. Rapp. tech. Lons-le-Saunier : Fédération du Jura pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique, p. 80.
- GROLEMUND, Garrett et Hadley Wickham (2011). « Dates and Times Made Easy with Lubridate ». In: Journal of Statistical Software 40.3, p. 1-25.
- Kahle, David et Hadley Wickham (2013). « Ggmap : Spatial Visualization with Ggplot2 ». In : *The R Journal* 5.1, p. 144-161.
- MAGNUSON, John J., Larry B. CROWDER et Patricia A. MEDVICK (1979). « Temperature as an Ecological Resource ». en. In: *American Zoologist* 19.1, p. 331-343. ISSN: 1540-7063, 1557-7023. DOI: 10.1093/icb/19.1.331.
- MÜLLER, Kirill et al. (2017). RSQLite: SQLite Interface for R.
- QGIS DEVELOPMENT TEAM (avr. 2017). QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation.
- R CORE TEAM (mar. 2017). R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienne, Autriche.
- RSTUDIO TEAM (2017). RStudio: Integrated Development for R. RStudio. RStudio, Inc. Boston, MA.
- Slowikowski, Kamil (2017). Ggrepel: Repulsive Text and Label Geoms for 'Ggplot2'.
- SMITH, Keith (1972). « River Water Temperatures An Environmental Review ». In: Scottish Geographical Magazine 88.3, p. 211-220. DOI: 10.1080/00369227208736229.
- SOUCHON, Yves et Véronique NICOLAS (2011). Barrages et Seuils : Principaux Impacts Environnementaux. Rapp. tech. ONEMA CEMAGREF, p. 28.
- VERNEAUX, Jean (1976). « Biotypologie de l'écosystème « Eau Courante » La Structure Biotypologique ». In : Comptes-Rendu de l'Académie des sciences, Paris, Série D 283, p. 1663-1666.
- Wickham, Hadley (2009). *Ggplot2*: *Elegant Graphics for Data Analysis*. Springer New York. ISBN: 978-0-387-98140-6.
- (2017a). Scales: Scale Functions for Visualization.
- (2017b). Tidyverse: Easily Install and Load 'Tidyverse' Packages.
- WICKHAM, Hadley et Jennifer Bryan (2017). Readxl: Read Excel Files.
- WICKHAM, Hadley et Lionel HENRY (2017). Tidyr: Easily Tidy Data with Spread () and Gather () Functions.
- WICKHAM, Hadley et OTHERS (2007). « Reshaping Data with the Reshape Package ». In: Journal of Statistical Software 21.12, p. 1-20.
- (2011). « The Split-Apply-Combine Strategy for Data Analysis ». In: *Journal of Statistical Software* 40.1, p. 1-29.
- Wickham, Hadley et al. (2017). Dplyr: A Grammar of Data Manipulation.
- XIE, Yihui (2017). Knitr: A General-Purpose Package for Dynamic Report Generation in R.

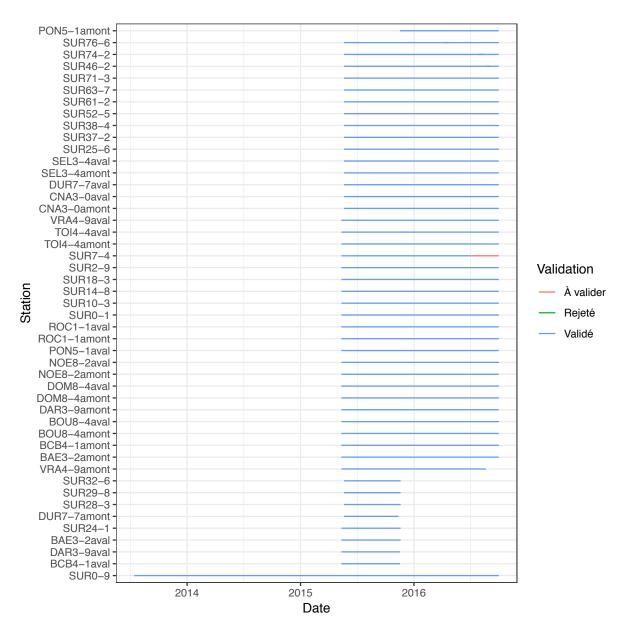
—— 20 | 73

6

Annexes

.1 Atlas des stations de suivi

.2 Données disponibles



.3 Suivi de terrain

Table .3.1 - Suivi de terrain des stations

Station	Date	Heure	Capteur	Valeur	Unité	Action	
BAE3-2amont	2015-11-19	13:00:00	106472	9.8	$^{\circ}\mathrm{C}$	Relève	
BAE3-2aval	2015-11-19	13:05:00	106472	9.8	$^{\circ}\mathrm{C}$	Relève	
BCB4-1amont	2016-05-11	09:45:00	106472	10.4	$^{\circ}\mathrm{C}$	Relève	
BCB4-1amont	2015-11-17	10:20:00	106472	6.7	$^{\circ}\mathrm{C}$	Relève	
BCB4-1aval	2016-05-11	09:45:00	106472	10.4	$^{\circ}\mathrm{C}$	Disparue	Sond
BCB4-1aval	2015-11-17	10:20:00	106472	6.7	$^{\circ}\mathrm{C}$	Relève	
BOU8-4amont	2015-11-19	12:55:00	106472	10.0	$^{\circ}\mathrm{C}$	Relève	
BOU8-4aval	2015-11-19	12:50:00	106472	10.0	$^{\circ}\mathrm{C}$	Relève	
CNA3-0amont	2015-11-19	13:40:00	106472	10.8	$^{\circ}\mathrm{C}$	Relève	

CNA3-0aval	2015-11-19	13:45:00	106472	10.8	°C	Relève	
DAR3-9amont	2015-11-17	12 :25 :00	106472	10.9	$^{\circ}\mathrm{C}$	Relève	
DAR3-9aval	2015-11-17	12:30:00	106472	10.9	°C	Relève	
DOM8-4amont	2015-11-19	12:42:00	106472	9.7	°C	Relève	
DOM8-4aval	2015-11-19	12:40:00	106472	9.7	°C	Relève	
DUR7-7amont	2016-05-10	12:33:00	106472	14.4	°C	Disparue	Sonde 10647235 dispar
DUR7-7amont	2016-05-10	12:33:00	108805	14.4	°C	Pose	Sonde 10647235 dispar
DUR7-7amont	2015-11-12	10:35:00	106472	9.1	°C	Relève	
DUR7-7aval	2016-05-10	12:33:00	106472	14.4	°C	Relève	
DUR7-7aval	2015-11-12	10 :35 :00	106472	9.1	$^{\circ}\mathrm{C}$	Relève	
NOE8-2amont	2015-11-17	12:45:00	106472	8.7	°C	Relève	
NOE8-2aval	2015-11-17	12:50:00	106472	8.7	$^{\circ}\mathrm{C}$	Relève	
PON5-1amont	2015-11-17	13:20:00	106472	8.6	$^{\circ}\mathrm{C}$	Disparue	
PON5-1amont	2015-11-17	13:20:00	106472	8.6	$^{\circ}\mathrm{C}$	Pose	
PON5-1aval	2015-11-17	13:15:00	106472	8.6	$^{\circ}\mathrm{C}$	Relève	
ROC1-1amont	2015-11-17	10:50:00	106472	8.0	$^{\circ}\mathrm{C}$	Relève	
ROC1-1aval	2015-11-17	10:55:00	106472	8.0	$^{\circ}\mathrm{C}$	Relève	
SEL3-4amont	2015-11-19	14:15:00	106472	10.6	$^{\circ}\mathrm{C}$	Relève	
SEL3-4aval	2015-11-19	14:10:00	106448	10.6	$^{\circ}\mathrm{C}$	Relève	
SUR0-1	2016-05-11	09:20:00	106472	10.3	$^{\circ}\mathrm{C}$	Dépose	Défectueux : pas de donné
SUR0-1	2016-05-11	09:20:00	108805	10.3	$^{\circ}\mathrm{C}$	Pose	Défectueux : pas de donné
SUR0-1	2015-11-17	10:40:00	106472	10.2	$^{\circ}\mathrm{C}$	Relève	
SUR10-3	2015-11-17	13:00:00	106472	7.5	$^{\circ}\mathrm{C}$	Relève	
SUR14-8	2015 - 11 - 17	13:55:00	106472	8.0	$^{\circ}\mathrm{C}$	Relève	
SUR18-3	2015-11-19	12:00:00	106472	9.3	$^{\circ}\mathrm{C}$	Relève	
SUR2-9	2015 - 11 - 17	11:20:00	106472	7.4	$^{\circ}\mathrm{C}$	Relève	
SUR24-1	2015-11-19	12:45:00	106472	9.8	$^{\circ}\mathrm{C}$	Relève	
SUR25-6	2015-11-19	13:15:00	106472	9.7	$^{\circ}\mathrm{C}$	Relève	
SUR28-3	2015-11-19	13:25:00	106472	8.8	$^{\circ}\mathrm{C}$	Relève	
SUR29-8	2015-11-19	13:35:00	106472	9.4	$^{\circ}\mathrm{C}$	Relève	
SUR32-6	2015-11-19	15:30:00	106472	9.0	$^{\circ}\mathrm{C}$	Relève	
SUR37-2	2015-11-19	14:25:00	106472	9.3	$^{\circ}\mathrm{C}$	Relève	
SUR38-4	2016-05-10	16:35:00	106472	16.7	$^{\circ}\mathrm{C}$	Relève	
SUR38-4	2015-11-12	15:00:00	106472	9.6	$^{\circ}\mathrm{C}$	Relève	
SUR46-2	2016-05-10	15:55:00	106472	17.4	$^{\circ}\mathrm{C}$	Relève	
SUR46-2	2015-11-12	14:25:00	106472	9.7	$^{\circ}\mathrm{C}$	Relève	
SUR52-5	2016-05-10	15:20:00	106472	14.8	$^{\circ}\mathrm{C}$	Relève	
SUR52-5	2015-11-12	13:52:00	106472	9.6	$^{\circ}\mathrm{C}$	Relève	
SUR61-2	2016-05-10	14:20:00	106472	17.0	$^{\circ}\mathrm{C}$	Relève	
SUR61-2	2015-11-12	11:55:00	106472		$^{\circ}\mathrm{C}$	Relève	
SUR62-3	2016-05-10	14:45:00	106472	13.8	$^{\circ}\mathrm{C}$	Disparue	Plus de
SUR62-3	2015-11-12	12:10:00	106472	9.9	$^{\circ}\mathrm{C}$	Disparue	
SUR62-3	2015-11-12	12:10:00	106472	9.9	$^{\circ}\mathrm{C}$	Pose	
SUR63-7	2016-05-10	13:55:00	106472	13.8	$^{\circ}\mathrm{C}$	Relève	
SUR63-7	2015-11-12	11:40:00	106472	11.2	$^{\circ}\mathrm{C}$	Relève	
SUR7-4	2015-11-17	11:50:00	106472	7.1	$^{\circ}\mathrm{C}$	Relève	
SUR71-3	2016-05-10	13:25:00	106472	14.2	$^{\circ}\mathrm{C}$	Relève	
SUR71-3	2015-11-12	11:20:00	106472	10.2	$^{\circ}\mathrm{C}$	Relève	
SUR74-2	2016-05-10	13:05:00	106472	14.3	$^{\circ}\mathrm{C}$	Relève	
SUR74-2	2015-11-12	11:05:00	106472	10.4	$^{\circ}\mathrm{C}$	Relève	
SUR76-6	2016-05-10	11:53:00	106472	14.0	$^{\circ}\mathrm{C}$	Relève	

SUR76-6	2015-11-12	10:20:00	106472	11.1	$^{\circ}\mathrm{C}$	Relève	
TOI4-4amont	2015-11-17	13:35:00	106472	7.0	$^{\circ}\mathrm{C}$	Relève	
TOI4-4aval	2015 - 11 - 17	13:40:00	106472	7.0	$^{\circ}\mathrm{C}$	Relève	
VRA4-9amont	2015-11-17	11:30:00	106472	8.0	$^{\circ}\mathrm{C}$	Relève	
VRA4-9aval	2015-11-17	11:30:00	106472	8.0	$^{\circ}\mathrm{C}$	Relève	

.4 Paramètres statistiques calculés

.5 Informations techniques

```
##
   setting value
   version R version 3.5.1 (2018-07-02)
##
   system
            x86_64, darwin15.6.0
##
            X11
   ui
##
   language (EN)
   collate fr_FR.UTF-8
##
##
   tz Europe/Paris
##
   date
           2018-11-06
##
##
   package
               * version date
                                  source
##
   abind
                1.4-5 2016-07-21 CRAN (R 3.5.0)
   aquatools * 0.0.72 2018-11-06 local (jbfagotfede39/aquatools@NA)
##
   assertthat
##
                0.2.0 2017-04-11 CRAN (R 3.5.0)
##
   backports
               1.1.2 2017-12-13 CRAN (R 3.5.0)
##
   base
               * 3.5.1 2018-07-05 local
##
   bindr
               0.1.1 2018-03-13 CRAN (R 3.5.0)
               * 0.2.2 2018-03-29 CRAN (R 3.5.0)
##
   bindrcpp
                1.1-14 2018-05-29 CRAN (R 3.5.0)
##
   bit
                0.9-7 2017-05-08 CRAN (R 3.5.0)
##
   bit64
##
   blob
               1.1.1 2018-03-25 CRAN (R 3.5.0)
##
   broom
               0.5.0 2018-07-17 CRAN (R 3.5.0)
##
   car
                3.0-2 2018-08-23 cran (@3.0-2)
##
   carData
                3.0-1 2018-03-28 CRAN (R 3.5.0)
##
   cellranger
               1.1.0
                        2016-07-27 CRAN (R 3.5.0)
##
   class
                7.3-14 2015-08-30 CRAN (R 3.5.1)
##
   classInt
                0.2-3 2018-04-16 CRAN (R 3.5.0)
##
   cli
                1.0.0
                        2017-11-05 CRAN (R 3.5.0)
   colorspace
               1.3-2 2016-12-14 CRAN (R 3.5.0)
                3.5.1
##
   compiler
                        2018-07-05 local
##
                1.3.4
   crayon
                        2017-09-16 CRAN (R 3.5.0)
##
   curl
                3.2
                        2018-03-28 CRAN (R 3.5.0)
##
   data.table
               1.11.4 2018-05-27 CRAN (R 3.5.0)
##
              * 3.5.1 2018-07-05 local
   datasets
##
   DBI
                1.0.0
                        2018-05-02 CRAN (R 3.5.0)
##
   dbplyr
                1.2.2
                        2018-07-25 CRAN (R 3.5.0)
## devtools 1.13.6 2018-06-27 CRAN (R 3.5.0)
```

```
##
   digest
                 0.6.18 2018-10-10 cran (@0.6.18)
##
   dplyr
               * 0.7.7
                         2018-10-16 cran (@0.7.7)
##
   e1071
                 1.7-0
                         2018-07-28 CRAN (R 3.5.0)
##
   evaluate
                 0.11
                         2018-07-17 CRAN (R 3.5.0)
##
   forcats
               * 0.3.0
                         2018-02-19 CRAN (R 3.5.0)
##
   foreign
                 0.8-70 2017-11-28 CRAN (R 3.5.1)
##
   FSA
                 0.8.21 2018-11-03 cran (@0.8.21)
   geosphere
##
                 1.5 - 7
                         2017-11-05 CRAN (R 3.5.0)
##
               * 2.6.1
                         2016-01-23 CRAN (R 3.5.0)
   ggmap
##
                         2018-10-25 cran (@3.1.0)
   ggplot2
               * 3.1.0
##
               * 0.8.0
                         2018-05-09 CRAN (R 3.5.0)
   ggrepel
##
   glue
                 1.3.0
                         2018-07-17 CRAN (R 3.5.0)
##
   graphics
               * 3.5.1
                         2018-07-05 local
##
   grDevices
               * 3.5.1
                         2018-07-05 local
##
                 3.5.1
                         2018-07-05 local
   grid
##
   gridExtra
               * 2.3
                         2017-09-09 CRAN (R 3.5.0)
##
   gtable
                 0.2.0
                         2016-02-26 CRAN (R 3.5.0)
##
   haven
                 1.1.2
                         2018-06-27 CRAN (R 3.5.0)
##
   highr
                 0.7
                         2018-06-09 CRAN (R 3.5.0)
                 0.4.2
##
   hms
                         2018-03-10 CRAN (R 3.5.0)
##
   httr
                 1.3.1
                         2017-08-20 CRAN (R 3.5.0)
##
   jpeg
                 0.1-8
                         2014-01-23 CRAN (R 3.5.0)
##
                 1.5
                         2017-06-01 CRAN (R 3.5.0)
   jsonlite
##
   keyring
                 1.1.0
                         2018-07-16 CRAN (R 3.5.0)
##
   knitr
               * 1.20
                         2018-02-20 CRAN (R 3.5.0)
##
   labeling
                 0.3
                         2014-08-23 CRAN (R 3.5.0)
                 0.20-35 2017-03-25 CRAN (R 3.5.1)
##
   lattice
##
   lazyeval
                 0.2.1
                         2017-10-29 CRAN (R 3.5.0)
##
               * 1.7.4
   lubridate
                         2018-04-11 CRAN (R 3.5.0)
##
                         2014-11-22 CRAN (R 3.5.0)
   magrittr
                 1.5
##
   mapproj
                 1.2.6
                         2018-03-29 CRAN (R 3.5.0)
##
   maps
                 3.3.0
                         2018-04-03 CRAN (R 3.5.0)
##
   memoise
                 1.1.0
                         2017-04-21 CRAN (R 3.5.0)
                         2018-07-05 local
##
   methods
               * 3.5.1
##
   modelr
                 0.1.2
                         2018-05-11 CRAN (R 3.5.0)
##
   munsell
                 0.5.0
                         2018-06-12 CRAN (R 3.5.0)
##
   nlme
                 3.1-137 2018-04-07 CRAN (R 3.5.1)
##
   openxlsx
                 4.1.0
                         2018-05-26 CRAN (R 3.5.0)
##
   pillar
                 1.3.0
                         2018-07-14 CRAN (R 3.5.0)
##
   pkgconfig
                 2.0.2
                         2018-08-16 cran (@2.0.2)
##
   plyr
                 1.8.4
                         2016-06-08 CRAN (R 3.5.0)
##
                 0.1-7
                         2013-12-03 CRAN (R 3.5.0)
   png
##
   proto
                 1.0.0
                         2016-10-29 CRAN (R 3.5.0)
               * 0.2.5
##
   purrr
                         2018-05-29 CRAN (R 3.5.0)
##
   R6
                 2.3.0
                         2018-10-04 cran (@2.3.0)
##
   Rcpp
                 0.12.19 2018-10-01 cran (@0.12.19)
##
   RcppRoll
                 0.3.0
                         2018-06-05 cran (@0.3.0)
##
   readr
               * 1.1.1
                         2017-05-16 CRAN (R 3.5.0)
```

```
##
   readxl
                1.1.0
                       2018-04-20 CRAN (R 3.5.0)
## reshape2
              * 1.4.3 2017-12-11 CRAN (R 3.5.0)
##
   rgdal
              * 1.3-6 2018-10-16 cran (@1.3-6)
##
   rgeoapi
               1.1.0 2018-06-13 Github (ColinFay/rgeoapi@d4ff3b4)
##
   RgoogleMaps 1.4.2
                       2018-06-08 CRAN (R 3.5.0)
## rio
               0.5.10 2018-03-29 CRAN (R 3.5.0)
## rJava
               0.9-10 2018-05-29 cran (@0.9-10)
## rjson
               0.2.20 2018-06-08 cran (@0.2.20)
## rlang
               0.3.0.1 2018-10-25 cran (@0.3.0.1)
##
   RPostgreSQL 0.6-2
                       2017-06-24 CRAN (R 3.5.0)
##
   RSQLite
              * 2.1.1 2018-05-06 cran (@2.1.1)
   rstudioapi 0.7 2017-09-07 CRAN (R 3.5.0)
##
##
   rvest
                0.3.2 2016-06-17 CRAN (R 3.5.0)
            * 1.0.0 2018-08-09 cran (@1.0.0)
##
   scales
##
   sf
             * 0.6-3
                       2018-05-17 CRAN (R 3.5.0)
##
   sp
             * 1.3-1 2018-06-05 cran (@1.3-1)
##
              0.2.9.3 2018-08-01 CRAN (R 3.5.0)
   spData
   stats
##
              * 3.5.1 2018-07-05 local
##
   stringi
              1.2.4
                       2018-07-20 CRAN (R 3.5.0)
             * 1.3.1 2018-05-10 cran (@1.3.1)
##
   stringr
##
   tibble
             * 1.4.2 2018-01-22 CRAN (R 3.5.0)
##
   tidyr
              * 0.8.1 2018-05-18 CRAN (R 3.5.0)
##
   tidyselect
               0.2.5 2018-10-11 cran (@0.2.5)
##
   tidyverse * 1.2.1 2017-11-14 CRAN (R 3.5.0)
##
   tools
               3.5.1 2018-07-05 local
               0.6-0 2018-06-09 CRAN (R 3.5.0)
##
   units
   utils
             * 3.5.1 2018-07-05 local
##
             2.1.2 2018-03-15 CRAN (R 3.5.0)
## withr
   xlsx
##
               0.6.1 2018-06-11 cran (@0.6.1)
##
   xlsxjars
               0.6.1 2014-08-22 CRAN (R 3.5.0)
##
   xml2
               1.2.0 2018-01-24 CRAN (R 3.5.0)
##
   xtable
              * 1.8-2 2016-02-05 CRAN (R 3.5.0)
##
   zip
                1.0.0
                       2017-04-25 CRAN (R 3.5.0)
```