

Refuges thermiques en rivières dépendants des eaux souterraines : surveillance et analyse

Groundwater-dependant thermal refuges in rivers: monitoring and analysis

Maréchal JC¹, Selles A¹, Hakoun V¹, Calderari L¹, Jeanpert J², Caballero Y¹

¹G-eau/BRGM – jc.marechal@brgm.fr, a.selles@brgm.fr, y.caballero@brgm.fr

²AERMC - julie.jeanpert@eaurmc.fr

RÉSUMÉ

Les anomalies thermiques en rivières constituent des lieux de refuge pour une biodiversité aquatique importante, notamment durant les étés. En rivière, les arrivées d'eau souterraine constituent l'un des principaux facteurs d'anomalie thermique. Dès lors, l'étude des interactions entre nappes et rivières dans ces zones spécifiques constitue un sujet d'intérêt majeur dans le cadre de l'évaluation de la vulnérabilité des refuges thermiques au changement climatique. Trois refuges thermiques du bassin Rhône Méditerranée Corse ont été sélectionnés et instrumentés pour des mesures thermiques dans des contextes hydrologiques et hydrogéologiques différents : (i) l'Argens en contexte méditerranéen avec la présence de source karstique, (ii) la rivière en tresse Drac en contexte montagneux en interaction avec un aquifère glaciaire et (iii) la rivière Veyle dans un contexte sédimentaire classique. Les premiers résultats permettent de mettre en évidence le rôle de l'eau souterraine dans la régulation de la température de l'eau de surface grâce à l'analyse des relations entre la température de l'eau et celle de l'air. La prochaine étape consiste à caractériser l'impact thermique des eaux souterraines en fonction de leurs conditions d'émergence et des facteurs d'aménagement de la rivière (ripisylve, taille et orientation du lit, etc). Finalement, ces résultats seront utilisés pour calibrer un modèle de simulation de l'impact du changement climatique sur ces refuges thermiques.

ABSTRACT

Thermal anomalies in rivers constitute refuge for significant aquatic biodiversity, particularly during the summer. In rivers, groundwater inflows are one of the main factors in thermal anomalies. Consequently, studying the interactions between groundwater and rivers in these specific areas is a subject of major interest in assessing the vulnerability of thermal refuges to climate change. Three thermal refuges in the Rhône Mediterranean Corsica basin were selected and monitored for thermal measurements in different hydrological and hydrogeological contexts: (i) the Argens river in a Mediterranean context with the presence of a karst spring, (ii) the braided Drac river in a mountainous context interacting with a moraine aquifer and (iii) the Veyle river in a classic sedimentary context. The initial results highlight the role of groundwater in regulating surface water temperature by analysing the relationship between water temperature and air temperature. The next step is to characterise the thermal impact of groundwater as a function of the conditions in which it emerges and the riverbed and riverbanks characteristics (vegetation, size and orientation of the riverbed, etc). Finally, these results will be used to calibrate a simulation model of the impact of climate change on such thermal refuges.

MOTS CLÉS

Température, eau souterraine, refuge thermique, changement climatique, observation

Temperature, groundwater, thermal refuge, climate change, observation

1 INTRODUCTION

Les refuges thermiques sont des anomalies de température de l'eau qui sont utilisées par la faune poïkilotherme pour éviter des températures trop élevées en été ou trop froides en hiver (Sullivan et al., 2021). Leur fonctionnement hydrothermique conditionne leur rôle potentiel de refuge thermique pour les organismes thermorégulateurs. Ce fonctionnement dynamique, à la fois dans le temps et dans l'espace, nécessite de combiner les approches pour appréhender l'ensemble des paramètres qui les contrôlent (Mejia et al., 2023). Parmi ces refuges, ceux liés aux arrivées d'eau souterraine en provenance des nappes aquifères accompagnant les rivières, sont les plus nombreux et les plus importants sur certains systèmes (Dugdale et al., 2015). Dès lors, l'étude des interactions entre nappes et rivières dans ces zones spécifiques constitue un sujet d'intérêt majeur dans le cadre de l'évaluation de la vulnérabilité des refuges thermiques au changement climatique.

2 METHODOLOGIE

2.1 Réseau d'observation

La méthodologie mise en œuvre dans cette étude repose sur l'observation de trois anomalies thermiques dans des rivières du bassin Rhône Méditerranée Corse (RMC), connues pour constituer des refuges pour la faune aquatique (Figure 1a). Les sites d'étude ont été choisis de façon à représenter la diversité hydrologique et hydrogéologique du bassin RMC : l'Argens dans le Var, la Veyre dans l'Ain et le Drac dans les Hautes Alpes. Chacun de ces sites fait l'objet de mesures en continu de la température de l'eau de la rivière à différentes stations identifiées pour leur pertinence dans la compréhension des phénomènes. Ce réseau est complété par une station météorologique et de stations hydrométriques jaugées pour reconstituer les débits de la rivière. En complément, des expérimentations ponctuelles sont réalisées pour appréhender la variation spatiale des températures sur des profils longitudinaux et transversaux. A titre d'exemple, le réseau d'observation mis en place sur l'Argens est illustré à la Figure 1b.

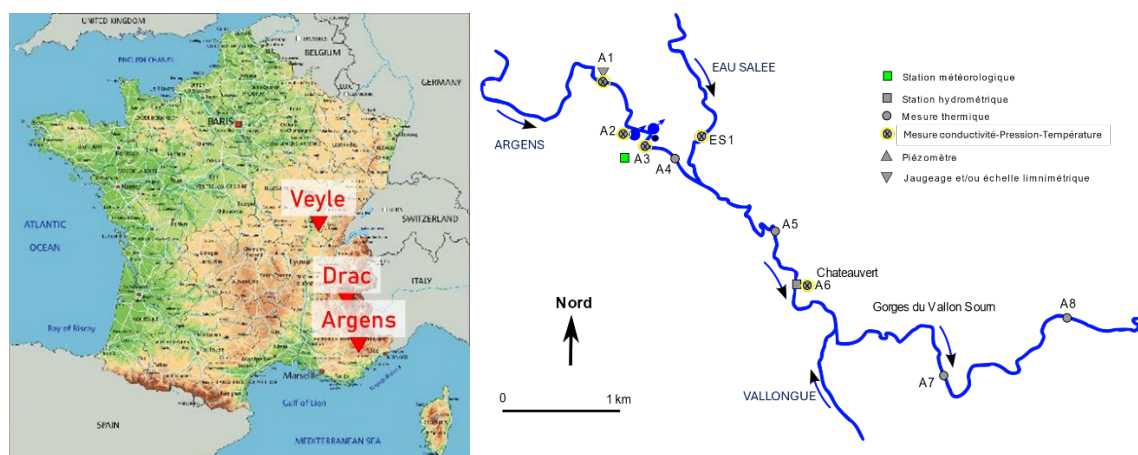


Figure 1 : (a) localisation des refuges thermiques étudiés – (b) instrumentation du refuge de l'Argens

2.2 Relations nappe-rivière

Les refuges thermiques sur les trois sites sont liés aux arrivées d'eau souterraine pouvant être ponctuelles et/ou diffuses en amont ou dans le cours d'eau directement. La rivière Argens est un cours d'eau méditerranéen qui traverse un aquifère karstique situé dans les roches calcaires du Trias. Une source karstique située en rive droite de la rivière donne lieu à des venues d'eau d'origine souterraine qui contribuent à réguler la température de l'eau de surface (Figure 2a). La Veyre est un cours d'eau traversant la vallée de la Dombes et dont un affluent, l'Etre, est principalement alimenté par une nappe de cailloutis (Figure 2b). Le Drac est un torrent de montagne à géométrie en tresse qui s'écoule au travers et interagit avec un aquifère morainique. Ce dernier donne lieu à des arrivées d'eau dont un adoux qui alimente ensuite le torrent (Figure 2c).

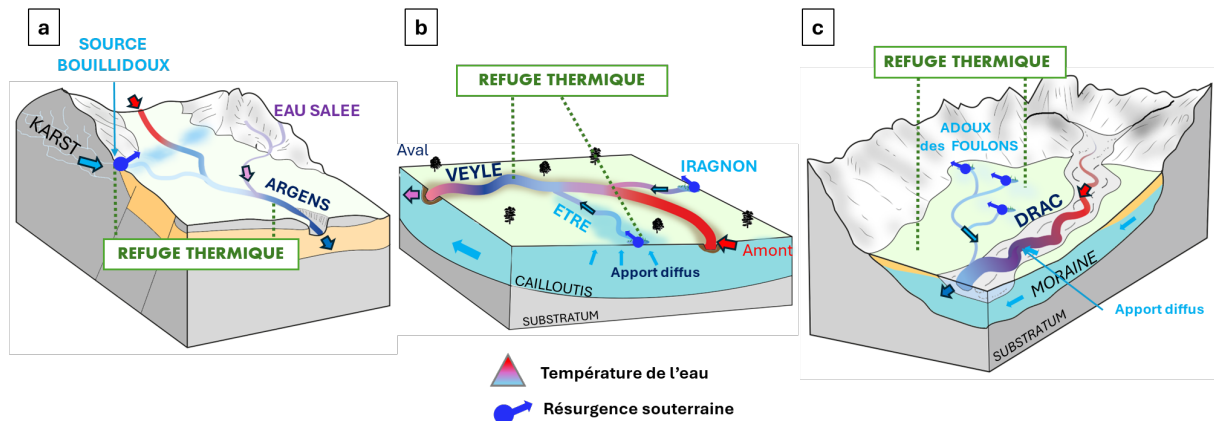


Figure 2 : vue schématique des arrivées d'eau souterraine étudiées – (a) source karstique ponctuelle (b) venues diffuses (c) adoux et venues diffuses

3 PREMIERS RESULTATS : CAS DE L'ARGENS

3.1 Chroniques de températures

A titre d'illustration, une partie des chroniques de températures de l'eau mesurées sur le site de l'Argens sont présentées à la Figure 3 pour la période comprise entre juillet 2023 et juillet 2024. A l'amont du tronçon de rivière étudié (station A1), les fluctuations de températures sont importantes entre les périodes froides mesurées en hiver (température minimale instantanée 4,5°C) et chaudes en été (20,5°C). A l'opposé, les températures de l'eau de la source karstique fluctuent peu ($\Delta = 0,8^\circ\text{C}$) autour d'une température moyenne (14,6°C) proche de la température moyenne de l'air sur le secteur d'étude. Ceci est conforme aux observations habituelles avec une eau souterraine dont la température est proche, voire légèrement supérieure à la température de l'air sur son bassin d'alimentation (Benz et al. 2017). A l'aval du tronçon étudié (station A3), la température de l'eau résulte du mélange entre les eaux de l'amont et de la source : les fluctuations de températures de l'eau sont nettement moins fortes qu'à l'amont du fait de l'effet tampon apporté par les eaux souterraines.

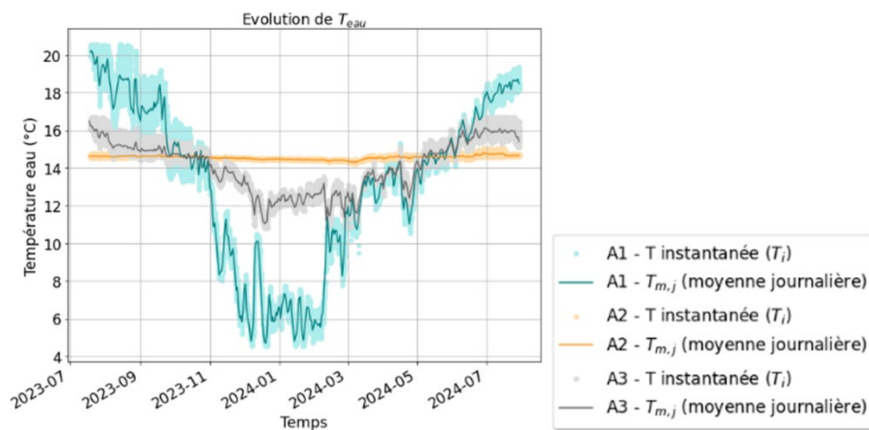


Figure 3 : évolution de la température de l'eau au niveau de trois stations du refuge de l'Argens – A1 : station amont ; A2 : source karstique ; A3 : station aval

3.2 Relations avec la température de l'air

La figure 4 décrit les relations entre la température de l'eau et la température de l'air aux différentes stations de mesures. Ces relations sont linéaires (Figure 4a) avec une pente qui caractérise la sensibilité de la rivière à la température atmosphérique : plus la pente est élevée, plus la température de l'eau est marquée par celle de l'atmosphère (elle augmente fortement en été et diminue en hiver). Le report des paramètres des relations linéaires obtenues aux différentes stations (Figure 4b) permet de caractériser l'importance relative du contrôle de la température de l'eau par les effets atmosphériques (température de l'air, rayonnement solaire) d'une part et les effets de l'eau souterraine d'autre part (O'Driscoll et DeWalle, 2006). Sur ce graphe (Figure 4b), les points

s'alignent selon des droites caractéristiques de l'hydrologie/thermie régionale. Les points situés en haut à gauche (faible pente et ordonnée élevée de la relation Ts/Ta) sont caractéristiques d'une forte influence de l'eau souterraine tandis que les points situés en bas à droite sont caractéristiques d'une forte influence atmosphérique.

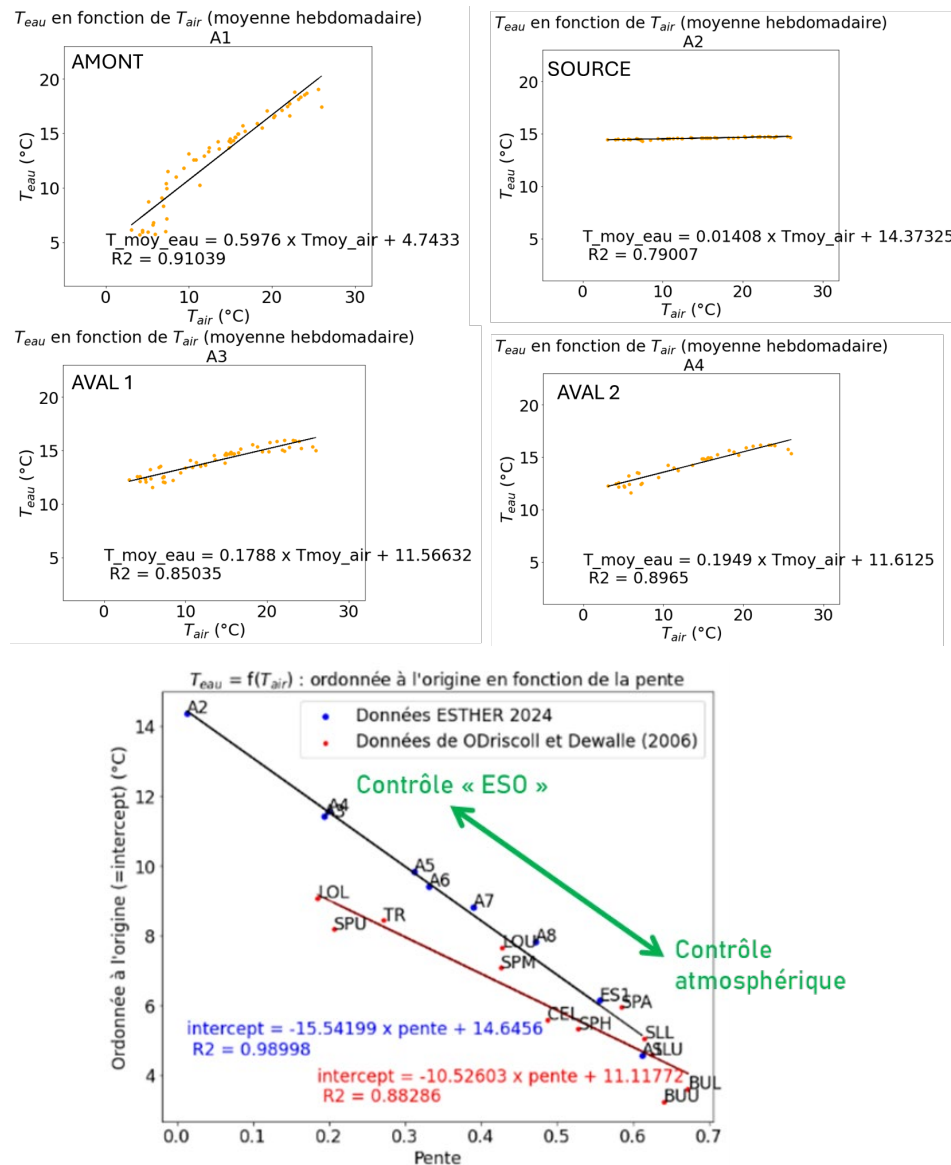


Figure 4 : (a) relations entre température de l'eau et de l'air à quatre stations de mesures – (b) graphe de l'ordonnée à l'origine en fonction de la pente pour chacune des relations linéaires entre température de l'eau et de l'air de la figure 4(a)

BIBLIOGRAPHIE

- Benz, Susanne A, Bayer, P., Blum, P., 2017. Global patterns of shallow groundwater temperatures. Environ. Res. Lett. 12, 034005. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aa5fb0>
- Dugdale SJ, Bergeron NE, St-Hilaire A. 2015. Spatial distribution of thermal refuges analysed in relation to riverscape hydromorphology using airborne thermal infrared imagery. Remote Sensing of Environment 160: 43–55.
- Mejia FH, Ouellet V, Briggs MA, Carlson SM, Casas-Mulet R, Chapman M, Collins MJ, Dugdale SJ, Ebersole JL, Frechette DM, Fullerton AH, Gillis C-A, Johnson ZC, Kelleher CA, Kurylyk BL, Lave R, Letcher B, Myrvold KM, Nadeau T-L, Neville H, Piégay H et al. 2023. Closing the gap between science and management of cold-water refuges in rivers. Global Change Biology 29: 5482–5508.
- O'Driscoll, M. A. and DeWalle, D. R. (2006). Stream–air temperature relations to classify stream-ground water interactions in a karst setting, central Pennsylvania, USA. Journal of Hydrology, 329(1) :140–153.
- Sullivan, C.J., Vokoun, J.C., Helton, A.M., Briggs, M.A., Kurylyk, B.L., 2021. An ecohydrological typology for thermal refuges in streams and rivers. Ecohydrology 14, e2295. <https://doi.org/10.1002/eco.2295>