

L'assec du Doubs en 2018 ou comment se traduit un épisode hydroclimatique exceptionnel en contexte karstique

Vincent Fister¹ et Thierry Marguet².

Contexte et données

Le massif du Jura a été confronté en 2018 à un épisode climatique historique marqué par la convergence d'un fort déficit pluviométrique enregistré dès la période printanière et de températures élevées. Conséquence directe du phénomène, certaines rivières du massif ont enregistré des étiages exceptionnels, en particulier le Doubs (partie en amont), puisque la rivière a été en assec pendant près de six mois (juin/décembre) sur un linéaire d'environ 20 km à l'aval du village d'Arçon (Haut-Doubs). Si cet épisode d'assec a été aussi marquant localement, c'est en raison de son intensité mais aussi de son traitement médiatique (nombreuses unes de la presse quotidienne régionale) et cet article veut apporter des éléments de réponse à une assertion de l'Est Républicain dans son édition du 29 juillet 2018 « *Le Doubs totalement à sec sans que l'on ne sache pourquoi* ». L'emballage médiatique fait certes écho à une situation remarquable, mais il est opportun de rappeler que voir le Doubs asséché sur ce tronçon est relativement courant. Un rapide coup d'œil aux données des débits de la station hydro-métrique de Ville-du-Pont (station localisée en aval d'Arçon) permet d'identifier par exemple à la fin des années 1980/début des années 1990 une succession d'étiages sévères avec des épisodes d'assec qui ont duré plus d'un mois. Ce qui intéresse la démarche, c'est avant tout l'évènement de 2018 et, afin de caractériser cet épisode remarquable, la démarche s'intéresse d'abord aux paramètres structurels, notamment géologiques puisque la nature karstique des terrains implique des échanges complexes entre la rivière, le calcaire sous-jacent et les vallées périphériques. En couplant analyses historiques et observations récentes, il est possible d'identifier certains grands traits du fonctionnement hydrogéologique du secteur Haut-Doubs/Haute-Loue. S'ensuit une démarche d'analyse statistique des variables hydroclimatiques disponibles sur le secteur permettant de quantifier le caractère exceptionnel de l'étiage

enregistré en 2018, le deuxième plus sévère depuis 1906. Aussi la zone d'étude ne correspond-elle pas stricto sensu à la zone perdante en aval de Pontarlier (Fig. 1), mais plutôt à deux hydrosystèmes, celui du Haut-Doubs (Haute-Chaîne) et celui de la Haute-Loue (plateaux et faisceau) dont on sait avec certitude, depuis l'historique traçage à l'absinthe de 1901, qu'ils sont connectés³. Outre l'organisation hydrographique du secteur, la figure 1 permet d'apprécier la localisation :

- des stations hydrométriques gérées par la DREAL Bourgogne Franche-Comté, avec un parc dense et des chroniques anciennes pour certaines stations permettant une approche diachronique et des comparaisons sur des variables d'étiages historiques. En complément de ces chroniques de débits, la chronique des cotes du lac de Chaillexon (en aval de Morteau) sera également utilisée : elle permet de travailler sur des données vieilles de plus d'un siècle ;
- des postes pluviométriques (parc Météo-France), bien répartis à l'échelle du territoire considéré et sur lesquels près de 40 ans de données ont été compilés pour être comparés à l'année 2018.

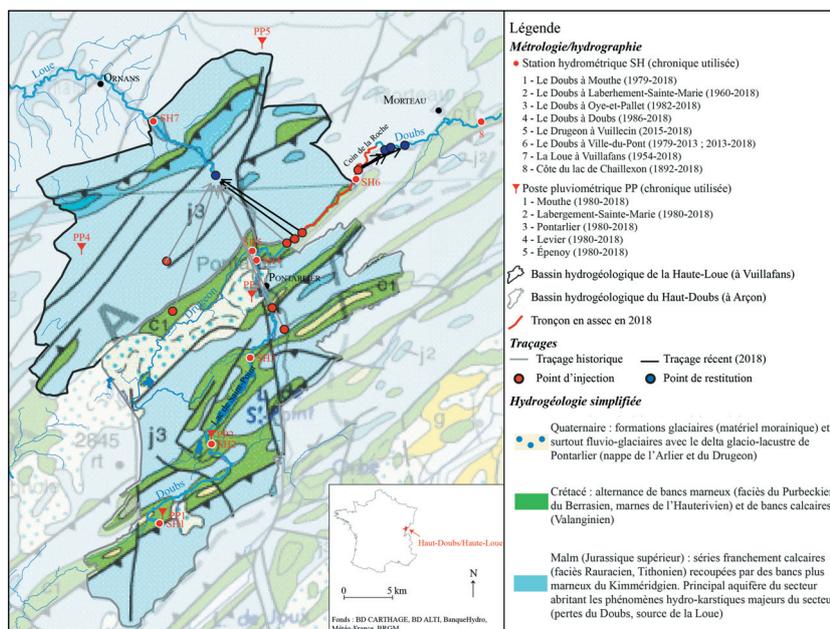


Figure 1. Carte de présentation des bassins Haut-Doubs et Haute-Loue. Réseau hydrographique, localisation des stations pluviométriques et hydrométriques utilisées et contexte hydrogéologique.

1. EPTB Saône et Doubs. Courriel : vincent.fister@eptb-saone-doubs.fr

2. Agence de l'Eau Rhône Méditerranée-Corse. Courriel : thierry.marguet@eamrc.fr

3. En 1901, l'incendie de l'usine Pernod de Pontarlier a contraint les exploitants à déverser quelques 600 m³ d'absinthe dans un puits perdu de l'usine réapparus le surlendemain à la source de la Loue (Berthelot, 1901) : « ... l'odeur s'est répandue le long du cours de la Loue, à Mouthier. Elle était aussi forte que celle d'un verre d'absinthe pris sur la table d'un café ».

Des échanges karst-rivières irréguliers dans l'espace et dans le temps

La Haute Chaîne du Jura, dans la région de Pontarlier, s'inscrit dans les formations du Jurassique et du Crétacé, au sein desquelles s'agencent des calcaires et des marnes localement coiffés par du matériel glaciaire quaternaire. Ces hétérogénéités lithologiques induisent des contrastes de perméabilité et un étagement de systèmes aquifères partiellement cloisonnés et d'importance inégale. À l'hétérogénéité hydrogéologique s'ajoute l'impact de la tectonique et notamment du décrochement de Pontarlier qui interrompt en profondeur la continuité des marnes du Lias et permet la capture des eaux du Doubs par la Loue (Chauve repris dans Campy et Bichet, 2008). Plutôt que de revenir sur les nombreuses campagnes de traçages qui, depuis le début du XX^e siècle, attestent des connexions hydrauliques entre ces deux cours d'eau (Fournier, 1913 ; Jacquemin, 1984 ; Mettetal, 1986), le choix est fait ici d'évoquer deux campagnes de coloration qui ont été réalisées en 2018 par le cabinet Reilé. Ces traçages récents ont permis d'identifier un double système de capture du Doubs, vraisemblablement en lien avec l'inversion d'inclinaison de l'axe synclinal du Saugeais⁴ (Cabinet Reilé, 2018) qui impliquerait un partage des eaux souterraines entre :

- un premier tronçon en amont de Maison-du-Bois qui correspond à la zone de capture principale, celle du Doubs par la Loue (phénomène reconnu depuis 1901) ;
- un second tronçon en aval de Maison-du-Bois marqué par l'auto-capture du Doubs par les émergences karstiques localisées en amont du défilé du Coin de la Roche dans le talweg du cours d'eau.

Ces zones de pertes sont marquées par une forte

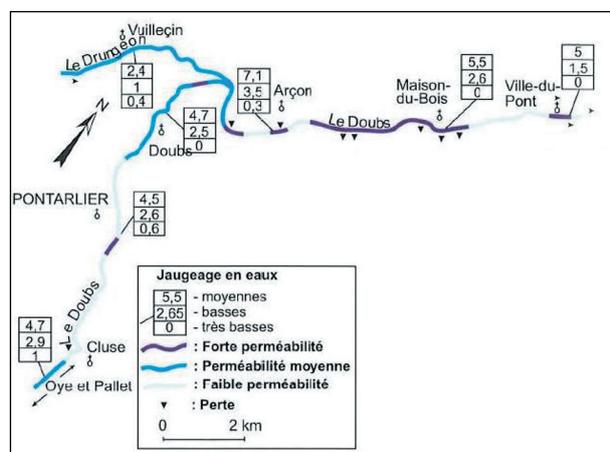


Figure 2. Jaugeages différentiels le long du Doubs au niveau des secteurs perdants (d'après Chauve, 2006).

variabilité spatiale des modalités d'infiltration et de restitution, mais aussi une forte variabilité temporelle puisque le recours aux jaugeages différentiels (Chauve *et al.*, 1980 ; Jacquemin, 1983 ; DIREN, 1995) a permis d'évaluer un peu mieux les volumes fuyants en fonction des contextes hydrologiques. En 2006, Chauve propose par ailleurs une synthèse de ces travaux que reprend la figure 2.

Les différentes études portées sur le secteur et synthétisées partiellement sur la figure 2 évoquent :

- l'hétérogénéité hydrogéologique du tronçon entre Oye-et-Pallet et Ville-du-Pont. S'opposent des secteurs de faible perméabilité à des secteurs de très forte perméabilité où se localisent les principales zones perdantes notamment entre Arçon et Maison-du-Bois ;
- le comportement hydrologique de la zone de capture principale. Les différentes campagnes de jaugeages menées sur le secteur ont ainsi permis de préciser dans des contextes hydrologiques contrastés (situations de moyennes, basses et très basses eaux) les débits souterrains au Doubs.

Dans la perspective de mieux comprendre la situation de 2018, une première approche pourrait être de considérer qu'en deçà de 2,5 m³/s à Arçon (situation de basses eaux) les pertes sont totales (Mettetal et Mudry, 1998). Une valeur seuil semble toutefois difficile à énoncer, les conditions de tarissement total étant variables à l'échelle des chroniques hydrologiques et dépendant des conditions initiales. En comparant l'allure des courbes de tarissement des assecs historiques (Le Barbu *et al.*, 2018), identifient clairement une variabilité des conditions de tarissement total avec une forte singularité de l'épisode de 2018 pour lequel la dynamique a été la plus rapide jamais enregistrée. Il faut donc envisager des conditions d'infiltration interannuelles évolutives au droit des pertes du secteur, phénomène à relier avec les dynamiques propres au karst du lit mineur et dans lequel des décolmatages des fissures/fractures des horizons carbonatés s'opèrent vraisemblablement. En 2018, le tarissement rapide aurait donc comme origine une majoration des capacités d'infiltration du secteur contrôlée par l'augmentation des soutirages karstiques. Cette hypothèse est étayée par des prospections de terrain menées lors de l'été 2018 notamment par les associations de pêche locale qui ont inventorié de nouvelles zones d'infiltration concentrées et non reconnues jusqu'alors par les prospections, qu'elles soient spéléologiques et/ou géophysiques (SMEA de la Saône et du Doubs, 1995). Ainsi, l'assec 2018 fait suite à un hiver particulièrement arrosé, au cours duquel plusieurs crues d'occurrence importante (d'ordre décennale) ont été enregistrées en janvier de cette même année. Ce contexte hydrocli-

4. Nom du synclinal dans lequel s'écoule le Doubs entre les villages d'Arçon et Ville-du-Pont.

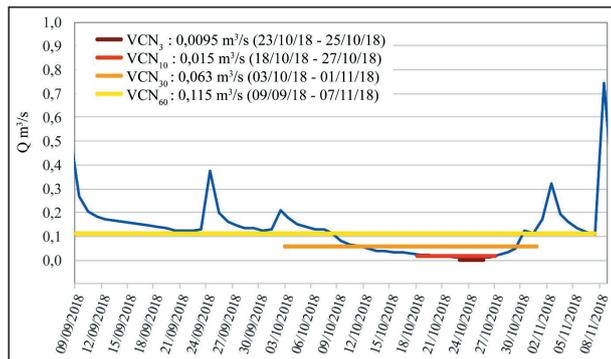


Figure 3. Caractérisation de l'étiage 2018 par l'utilisation des VCNd : exemple de la station du Doubs à Mouthe (septembre/novembre 2018).

matique particulier résulte d'un scénario vraisemblable lié à une remobilisation du matériel sédimentaire contenu dans le karst, aboutissant à une augmentation des capacités d'infiltration du secteur. Dans cet ordre d'idée, Le Barbu *et al.* (2018), ont mis en vis-à-vis les épisodes d'assec importants avec le contexte hydrologique qui les précède et les auteurs ont conclu que seule l'année 1990, avec un épisode d'assec faisant suite à des crues d'occurrence significatives, présente une configuration comparable à celle de l'année 2018 et ainsi que « les phases d'augmentation des débits des pertes du Doubs ne trouvent donc pas systématiquement d'explicitation hydrologique ». S'il était tentant de réaliser un tel rapprochement sur la succession crues-assecs, notons que i) le caractère morphogène d'une crue n'est pas directement corrélé à l'ampleur du phénomène, ii) les phénomènes de colmatage/débouillage du karst du lit mineur procèdent de dynamiques complexes qu'il est difficile d'apprécier sans une approche hydrogéomorphologique fine de suivis des dynamiques sédimentaires.

Un épisode hydroclimatique remarquable

Un étiage historique

L'intensité, dans le temps et dans l'espace, de l'assec 2018 est directement corrélé aux débits historiquement bas enregistrés en amont du secteur perdant et ceci pendant plusieurs mois. Afin de mesurer cette intensité il faut quantifier la sévérité de l'étiage. Pour ce faire, de nombreuses variables peuvent être utilisées (Abi-Zeid et Bobée, 1999 ; Pyrce, 2004 ; Lang, 2007). Dans ce document, le choix a été fait de travailler sur les

VCNd, c'est-à-dire les débits moyens minimums de l'année calculés sur d jours consécutifs. Ce choix permet :

- de s'affranchir des contraintes calendaires, le VCNd contrairement au débit moyen mensuel le plus bas de l'année (QMNA, qui est la variable la plus couramment utilisée pour caractériser les étiages en France, notamment sa fréquence 1/5e) se calcule sur des moyennes mobiles ;
- de quantifier et de comparer facilement la sévérité de l'étiage 2018 sur des durées différentes aux différentes stations. Ici, les VCN3, VCN10, VCN30 et VCN60 ont été évalués sur quatre stations du Haut-Doubs (Mouthe, Labergement-Sainte-Marie, Oye-et-Pallet, Doubs) et une station de la Haute-Loue (Vuillafans).

La figure 3 illustre les différents VCN utilisés dans le cadre de la caractérisation statistique de l'étiage 2018.

Dans la perspective de comparer les étiages des cinq stations retenues, les différents VCN ont été triés en assignant à chaque valeur le rang qu'elle représente (Fig. 4).

Il est important de noter que les variations de rang entre les VCN pour une année donnée sont imputables à la durée de l'étiage : un épisode de très basses eaux peut être très sévère mais sur une courte durée. C'est le cas par exemple pour la station de Mouthe en 1992 qui présente des VCN3 et VCN10 classés au rang 2 mais un VCN60 classé au rang 23. Un constat tout à fait similaire pourrait être fait sur la station du Doubs à Oye-et-Pallet pour l'année 1983. Mais l'information principale que véhicule la figure 4 est le caractère exceptionnel de l'étiage 2018 qu'a subi le Haut-Doubs et que relaie la comparaison interannuelle des VCN sur les différentes stations. Ainsi, l'année 2018 est au premier rang pour toutes les durées de VCN et pour toutes les stations du Haut-Doubs (à l'exception du VCN3 sur la station de Labergement-Sainte-Marie qui se place au 2^{ème} rang), ce qui témoigne de la sévérité historique de l'étiage à l'échelle du bassin du Haut-Doubs et ceci à différentes échelles temporelles. Les valeurs de débits ont été

	Doubs à Mouthe (1979-2018)				Doubs à Labergement (1960-2018)				Doubs à Oye-et-Pallet (1982-2018)				Doubs à Doubs (1986-2018)				Loue à Vuillafans (1954-2018)			
	VCN3	VCN10	VCN30	VCN60	VCN3	VCN10	VCN30	VCN60	VCN3	VCN10	VCN30	VCN60	VCN3	VCN10	VCN30	VCN60	VCN3	VCN10	VCN30	VCN60
1962					3	3	3	3									1	1	1	1
1964					4	4	2	2									4	4	4	3
1972					1	2	5	5									2	2	3	5
1983	9	8	9	19	49	43	38	41	2	2	5	25					29	29	32	31
1985	7	5	3	4	17	22	16	13	3	3	2	4					7	8	7	10
1989	3	3	2	3	5	5	4	4	4	4	3	2	3	3	3	2	9	10	10	9
1992	2	2	4	23	46	39	33	36	31	29	24	18	16	17	11	13	43	41	44	45
2003	10	11	16	12	8	7	7	8	6	6	4	3	6	6	5	3	5	5	5	4
2015	16	13	10	9	13	9	8	9	10	16	13	8	2	2	2	11	17	16	14	15
2016	20	16	7	2	12	15	11	19	28	26	22	13	27	25	21	19	44	43	38	35
2018	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	2	2

Figure 4. Rangs des étiages en fonction des différents VCN appliqués aux stations du Haut-Doubs (le tableau indique, par année, le rang de la variable ; les trois premiers rangs sont mis en évidence par le dégradé de couleur. Seules les années pour lesquelles un des VCN est classé entre le rang 1 et le rang 3 ont été représentées).

historiquement basses que ce soit sur des temps très courts (VCN₃ et VCN₁₀) mais aussi et surtout sur des temps plus longs (VCN₃₀ ou VCN₆₀). Aussi, il est à noter que les VCN de durées 3 et 10 jours les plus critiques ont été enregistrés fin octobre/début novembre, attestant d'un tarissement très long puisque démarrant dès le mois de juillet. C'est donc l'extrême indigence des débits du Doubs amont sur plusieurs mois qui est responsable de la durée de l'assec de 2018. Une manière complémentaire de singulariser le caractère historique de l'étiage 2018 sur le Doubs est d'analyser les variations quotidiennes des cotes du lac de Chaillillon⁵ enregistrées depuis 1893. Une démarche analogue à celle appliquée aux débits des stations du Haut-Doubs a été réalisée : les hauteurs d'eau minimales du lac sur 3, 10, 30 et 60 jours consécutifs (HCN) ont été extraites de la chronique 1893/2018 puis classées par rang. Sur plus de 120 années de données disponibles, l'année 2018 se classe au deuxième rang (derrière 1906) des années au cours desquelles les cotes du lac ont été les plus basses et ceci à toutes les échelles de temps considérées (3, 10, 30 et 60 jours).

Une pluviométrie largement déficitaire

Il est difficile de s'intéresser à un étiage historique sans préciser quelque peu le contexte climatique de la période considérée. Les tendances décrites ci-après reposent sur l'analyse des données des cinq postes pluviométriques (Fig. 1) avec une démarche avant tout portée sur les données de précipitations moyennes cumulées de la période juin à novembre. Sur cette période de six mois, la

spatialisation⁶ des données permet d'apprécier à la fois le caractère homogène du déficit pluviométrique à l'échelle de la zone d'étude, mais aussi son importance. Ainsi, les totaux pluviométriques s'échelonnent en 2018 de 350 mm à 410 mm, soit un différentiel de l'ordre de 400 mm/6 mois à l'échelle des bassins Haut-Doubs et Haute-Loue (Fig. 5A) par rapport aux données moyennes. L'observation des variations mensuelles 2018 des précipitations au poste de Pontarlier (poste retenu car le plus central) par rapport aux normales (Fig. 5B) permet d'affiner quelque peu le diagnostic sur la singularité de la pluviométrie de l'année 2018. Ainsi, l'année commence par un mois de janvier très largement excédentaire (300 mm) qui explique par ailleurs en grande partie les très fortes crues enregistrées localement (d'ordre décennal, voire vicennal selon les stations) sur le bassin du Doubs et les bassins environnants. S'ensuit une succession de quatre mois (février-mai) avec des contrastes marqués par rapport aux normales, mais rien d'exceptionnel à l'échelle d'un quadrimestre, les mois déficitaires comme février et avril étant compensés par des mois de mars et mai plus arrosés. En revanche, dès le début de la période estivale se conjuguent une succession de mois (juin-juillet-août) légèrement moins arrosés qu'en période moyenne et, surtout, des températures anormalement hautes (Fig. 5C) (+2 à 3°C par rapport aux moyennes sur ces trois mois) qui exacerbent les phénomènes d'évapotranspiration. Il faut en conséquence envisager qu'une grande partie des précipitations estivales (déjà déficitaires) est reprise par les prélèvements évapotranspiratoires : les quelques épisodes

pluvieux estivaux n'ont que peu ou pas d'impact sur les débits. Après cette première phase estivale largement déficitaire suit une phase critique d'un point de vue pluviométrique. Les précipitations enregistrées lors des mois de septembre et d'octobre 2018 correspondent au 1/5 des précipitations moyennes sur cette période, si bien que le tarissement largement amorcé lors de la période estivale se poursuit et aboutit aux étiages historiques commentés plus haut. Avec la diminution des températures, les quelques épisodes pluvieux du mois de novembre se traduisent par une augmentation toute relative des débits mais ce n'est qu'en toute fin d'année, au mois de décembre, que les précipitations sont suffisantes pour désamorcer l'étiage et permettre la remise en eau du Doubs en aval d'Arçon.

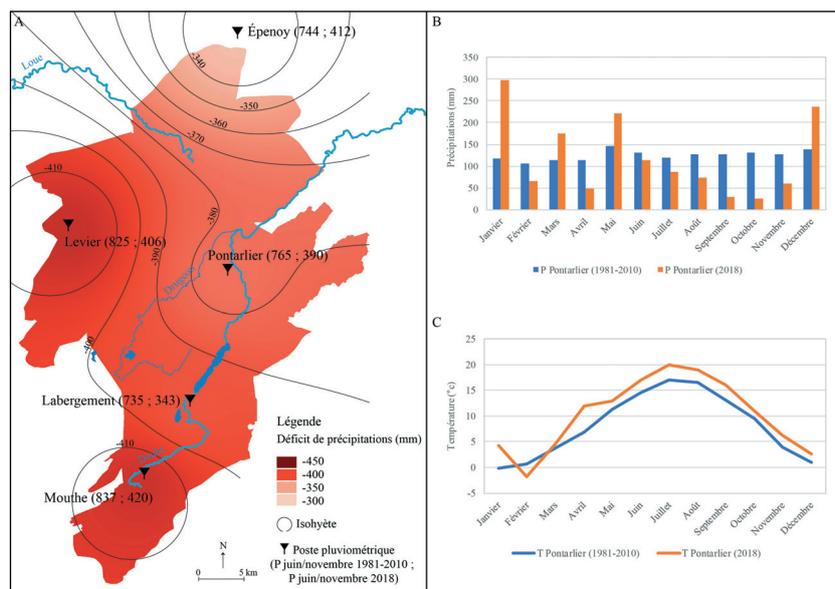


Figure 5. A - Le déficit de précipitations de l'année 2018 par rapport aux moyennes 1980-2018 (période de juin-novembre). B - Comparaison des précipitations mensuelles sur la même période à la station de Pontarlier. C - Comparaison des températures à la station de Pontarlier.

5. Le lac est localisé sur la commune de Villers-le-Lac (25) côté français et sur celle des Brenets (côté Suisse, canton de Neuchâtel) en aval du secteur perdant (Fig. 1). Lac naturel, il est circonscrit en aval par un barrage naturel : l'éboulement du Saut-du-Doubs.
6. La méthode de spatialisation qui a été utilisée est l'inverse de la distance pondérée.

Conclusion

La caractérisation statistique des données hydro-climatiques du Doubs dans sa partie amont permet d'attester du caractère exceptionnel de l'épisode enregistré en 2018, vraisemblablement l'étiage le plus sévère depuis l'épisode historique de 1906. Fait marquant d'un point de vue hydrologique (mais aussi sociétal), l'assec observé sur un linéaire de près de 20 km en aval d'Arçon et pendant plus de cinq mois n'est en fait que la traduction d'un déficit pluviométrique prolongé en milieu karstique. Le contexte hydrogéologique régit en partie les conditions d'écoulement et sur ce secteur c'est principalement la capture souterraine du Doubs par la Loue qui explique les dynamiques de circulation. Aussi, caractère inhérent au karst, ces dynamiques sont évolutives et une des singularités de la séquence 2018 est que le tarissement total très rapide (en comparaison avec d'autres épisodes d'assec enregistrés antérieurement) rend très probable l'hypothèse d'une modification interannuelle des conditions d'infiltration et dans ce cas-ci, celle d'une majoration du soutirage karstique par les pertes. Même si ces dynamiques de soutirage hydraulique semblent variables à l'échelle des chroniques de données disponibles (quelques décennies), la Loue étant conquérante vis-à-vis du Doubs, ce phénomène va de pair avec la structuration des écoulements souterrains et ne peut que s'accroître à des échelles de temps plus longues. La capture totale des écoulements du Doubs est inéluctable et seule la dimension temporelle est, en l'état des connaissances, difficile à apprécier. En surimposant ce contexte hydrogéologique défavorable aux tendances climatiques (scénarios prévisionnels du GIEC), il est fort probable que des situations de tarissement total et prolongé s'observeront sur le Doubs en aval de Pontarlier de manière régulière au cours des prochaines décennies. Dans ce sens, l'étude menée

par Caballero *et al.*, (2016), qui porte partiellement sur les émergences de la source de la Loue et du Lison, évoque une baisse de la recharge estivale comprise entre 25 et 50% à l'horizon 2050 et si des incertitudes demeurent par rapport aux modèles utilisés (climatiques et de recharge), le rapport suggère donc une tendance lourde de diminution des débits estivaux préjudiciable aux hydrosystèmes karstiques jurassiens.

Si la question de la gestion des ressources en eau se posait déjà sur ce secteur au début du XX^e siècle, elle est aujourd'hui encore plus prégnante compte-tenu des perspectives mentionnées. Les aménagements réalisés en 2018 (pose de deux margelles sur deux diaclases importantes et d'un géotextile imperméable au niveau d'une zone de perte concentrée) doivent constituer des interventions exceptionnelles face à une situation de crise et de manière générale toute intervention doit être pensée systématiquement, tant les répercussions sont difficilement prévisibles et potentiellement importantes. En ce sens, la création récente (2020) d'un EPAGE⁷ Haut-Doubs/Haute-Loue constitue une avancée significative pour une gestion raisonnée des ressources en eau de ce territoire d'exception.

Bibliographie sommaire

- Cabinet Reilé, 2018. Campagnes de reconnaissance des pertes du Doubs par traçages. Rapport, 46 p. + annexes.
- Chauve P., Charles G. et Leonetti A., 1980. Étude des pertes du Doubs. Rapport interne L.G.A., Besançon, 30 p.
- Le Barbu E., Philippe M. et Cadet Y., 2018. Sécheresse 2018 dans le Haut-Doubs : du jamais vu depuis 1906. Colloque UNES-CO-SHF : « Sécheresses 2019, Paris 11-12 et 13 décembre 2019 », 8 p.
- Mettetal J.-P. et Mudry J., 1998. Le karst de la Loue et ses relations avec le Doubs (Franche-Comté). Rapport BRGM R40126. pp. 103-118.