



**PRÉFET
DE LA RÉGION
BOURGOGNE
FRANCHE-COMTÉ**

*Liberté
Égalité
Fraternité*

**Direction régionale de l'environnement,
De l'aménagement et du logement**
Bourgogne-Franche-comté

Service Biodiversité, Eau et Patrimoine
Département Hydrométrie
Hydrologie

Analyse du constat
de l'**ÉVOLUTION**
DES SÉCHERESSES
DES RIVIÈRES
ET DES NAPPES
de Bourgogne Franche-Comté

01/08/2023

Historique des versions du document

Version	Date	Commentaire
0	08/03/23	Version initiale
1	24/03/23	Après relecture INRAE
2	17/07/23	Après relecture A Sion (SBEP)
3	01/08/23	Après relecture J Vereecke (SBEP) et R Sirantoine (SPR)

Affaire suivie par

Erwan LE BARBU - Service Biodiversité Eau Patrimoine
Tél. : 03 39 59 63 43
Courriel : erwan.le-barbu@developpement-durable.gouv.fr

Rédacteur

Erwan LE BARBU - Service Biodiversité Eau Patrimoine / DHGQ

Rellecteurs

cf historique des versions du document

Référence(s) intranet

http://

SOMMAIRE

1 - INTRODUCTION.....	4
2 - MÉTHODOLOGIE DE L'ANALYSE POUR LES EAUX SUPERFICIELLES.....	5
2.1 - Les stations hydrométriques de référence.....	5
2.2 - Contrôle de fiabilité des bas débits.....	7
2.3 - Identification du paramètre hydrologique à analyser.....	8
3 - ANALYSE DES RÉSULTATS POUR LES EAUX SUPERFICIELLES.....	9
3.1 - Nombre de sécheresses sévères de 2015 à 2021 incluse.....	9
3.2 - Evolution des VCN30.....	10
3.3 - Evolution des VCN30 de période de retour supérieure à 5 ans.....	12
3.4 - Comparaisons des observations des VCN30 avec les études scientifiques.....	13
3.5 - Evolution des débits classés 10 %.....	14
3.6 - Étude de cas : rivières soutenues par des barrages (exemple de la Loire en 2022).....	16
3.7 - Étude de cas : petites sources karstiques (exemple de la source du Doubs à Mouthe)....	17
4 - MÉTHODOLOGIE DE L'ANALYSE POUR LES EAUX SOUTERRAINES.....	19
5 - ANALYSE DES RÉSULTATS POUR LES EAUX SOUTERRAINES.....	21
6 - CONCLUSION - PERSPECTIVES.....	23
7 - BIBLIOGRAPHIE – REMERCIEMENTS.....	24

1 - Introduction

La région Bourgogne-Franche-Comté a connu en 2018, 2019, 2020 et 2022 des sécheresses conduisant à des restrictions d'usage de l'eau de niveau crise, jusqu'alors jamais atteint depuis 2003. Si les premières sécheresses (2018 et 2019) pourraient s'apparenter à une certaine « normalité » des crises sécheresses, comme la France en a subies en 1976, puis 2003, cette récurrence désormais quasiment annuelle de ces phénomènes extrêmes pourrait être le premier signal d'un nouveau système hydrologique induit par le changement climatique.

La DREAL Bourgogne-Franche-Comté a produit, à la demande de pétitionnaires (DDT, organismes de formation [ENIL - 2018] et partenaires locaux [colloque Ca Saône – 2022]), des analyses ponctuelles de cette évolution constatée de l'hydrologie des cours d'eau. Toutefois, une analyse globale de l'ensemble des rivières de la région avec une méthodologie commune et conforme aux analyses scientifiques plus globales (1) est apparu nécessaire. Cette analyse fine régionale s'inscrit dans la démarche portée par la DREAL Bourgogne-Franche-Comté notamment au travers des deux séminaires régionaux de la gestion quantitative de la ressource en eau des 9 octobre 2019 et 2 juin 2022.

Les perspectives du changement climatique en Bourgogne-Franche-Comté se caractérisent par une poursuite de l'augmentation des températures, une stabilité des cumuls de pluies annuels, mais une grande variabilité temporelle des précipitations (source Météo-France : <https://meteofrance.com/climathd>). Il est ainsi attendu sur les débits des cours d'eau :

- une certaine stabilité des débits moyens annuels ;
- des débits de crues possiblement plus faibles pour les rivières sujettes aux crues de fonte nivales (type 1910, 1990) issues des massifs des Vosges et du Jura. Les rivières situées en tête de bassin versant pourraient au contraire voir leurs débits de crue augmenter du fait des volumes de ruissellements plus abondants ;
- une baisse des débits des sécheresses liée à des épisodes en déficit de pluie plus long et des canicules plus fortes. A noter que la Bourgogne-Franche-Comté ne disposant pas de grands glaciers ne sera pas autant impacté par les baisses de débits que les rivières alpines. Toutefois, une fonte plus précoce du manteau neigeux sur les massifs des Vosges et du Jura peut induire un assèchement plus précoce des sols et donc des sécheresses possiblement plus sévères.

Dans un premier temps l'analyse régionale de la DREAL s'est portée sur un examen de l'évolution des débits des sécheresses des rivières de la région. L'étude de l'évolution des débits des crues et des débits moyens annuels pourra être poursuivi dans un complément du présent rapport.

En fin de rapport une première analyse macroscopique de l'évolution des cotes minimales annuelles des principales nappes de la région suivies par le BRGM via le réseau Ades est également effectué.

1 Études des sécheresses des rivières karstiques jurassiennes [EPTB Saône Doubs 2021], étude d'une douzaine de rivières bourguignonnes [projet Hyccare 2012-2016, thèse de E. Brulebois 2016] ; étude nationale de prospective [Explore 2070 2012 et Explore 2 2022]

2 - Méthodologie de l'analyse pour les eaux superficielles

2.1 - Les stations hydrométriques de référence

Le premier critère de choix des stations hydrométriques de référence constitue le bon accès à cette donnée publique et à sa bonne qualité. Seules les stations hydrométriques présentant une mesure de débit du réseau du MTECT ont été retenues dans cette analyse. Les stations hydrométriques des autres partenaires (collectivités territoriales, départements, Électricité de France ou la Compagnie Nationale du Rhône , ...) n'ont pas été retenues.

La présente analyse, conduite en 2022, se devant d'être mise à jour dans 5, 10 ou 20 ans, les stations hydrométriques non-actives en 2022 ont été écartées. Par ailleurs, les stations retenues ont été identifiées comme stations hydrométriques à conserver suite à l'audit national du réseau hydrométrique du MTECT.

S'agissant de comparer des sécheresses extrêmes, les stations hydrométriques retenues présentent des mesures continues avant l'année 2000. Ce choix permet d'intégrer la sécheresse de 2003 dans les comparaisons avec les sécheresses plus récentes. Ce choix diffère des études Hycarre et des rivières karstiques du Jura pour lesquelles les stations devaient présenter des mesures avant les années 1980. En permettant de ne pas disposer de données sur la période 1980-2000, le nombre de station hydrométrique de référence de l'étude DREAL augmente sensiblement et permet une discrétisation territoriale plus fine.

Enfin, seules les stations hydrométriques les plus fiables sur les bas débits ont été conservées.

En synthèse sur un potentiel de près de 270 stations hydrométriques actives en 2022 sur la région Bourgogne-Franche-Comté seules une centaine est exploitable et une soixantaine a été retenue pour ne disposer que d'une seule station hydrométrique de référence par zone hydrographique cohérente.

La figure 1 illustre la localisation de ces stations hydrométriques.

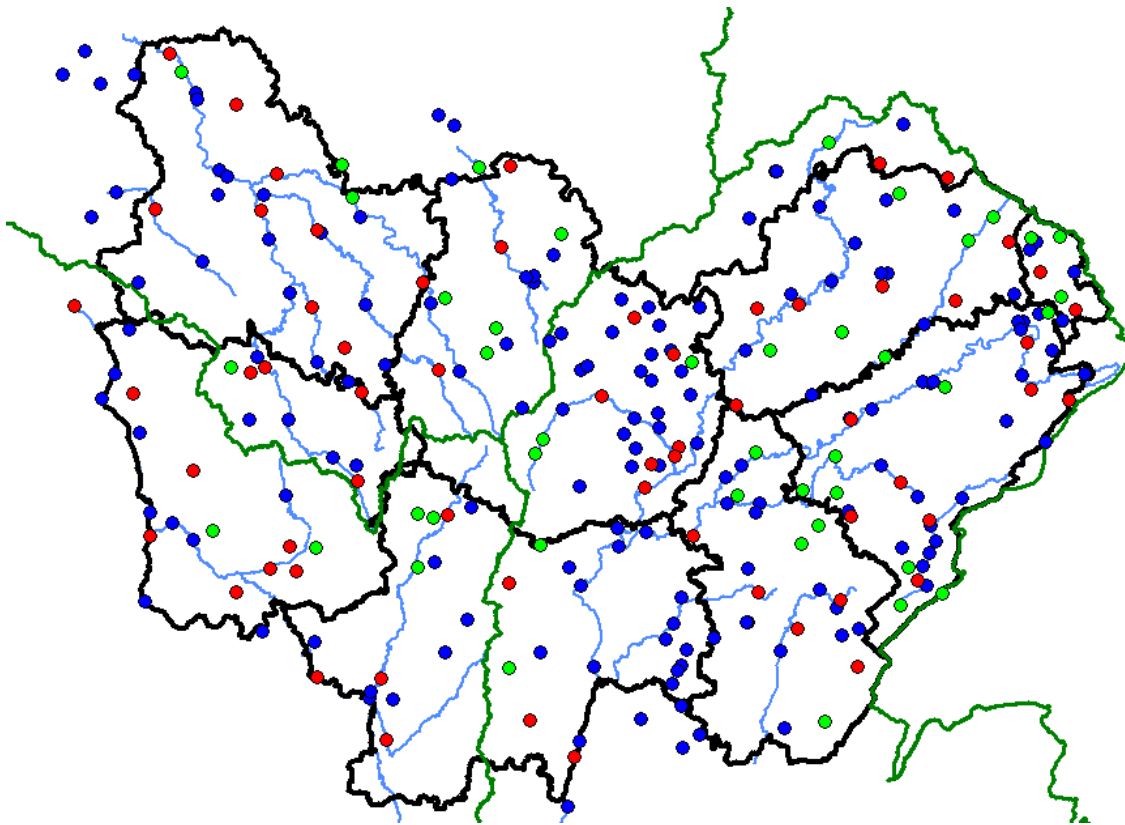


Figure 1 : stations hydrométriques en activité en 2022
 points rouges : de référence pour les unités hydrologiques ;
 points verts : exploitables pour des données de basses eaux
 points bleus : non exploitables pour les données de basses eaux

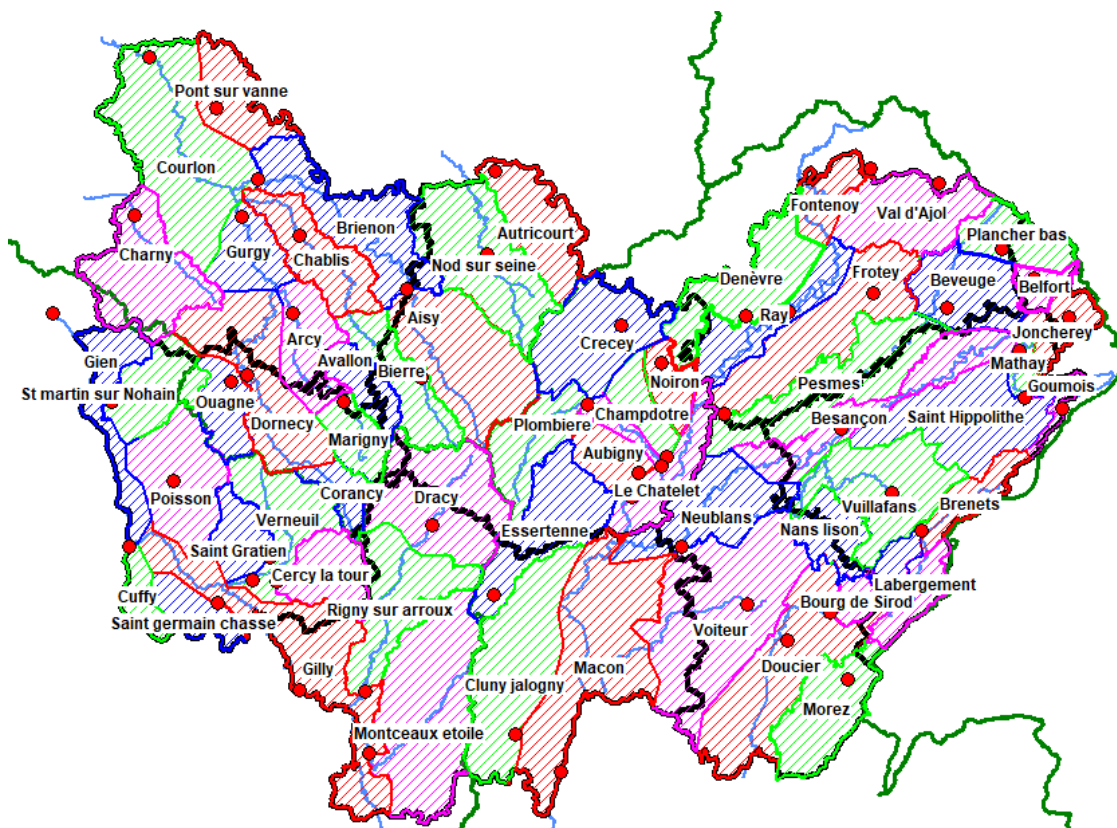


Figure 2 : zones hydrographique cohérentes et stations hydrométriques de référence associées

Il a été choisi de couvrir l'intégralité de la région y compris les rivières dont l'hydrologie des basses eaux est influencée par des grands barrages de soutien d'étiage comme la Loire, l'Allier et l'Yonne.

2.2 - Contrôle de fiabilité des bas débits

Les valeurs des débits d'étiage annuel ont été comparées aux valeurs du jaugeage le plus bas de l'année. Ce faisant, sur les stations du périmètre de l'équipe hydrométrique de Besançon (bassins versant de la Saône à Gray compris, de l'Ognon, du Doubs et de l'Ain à Pont de Poitte compris) il a été constaté l'absence de bancarisation des jaugeages antérieurs à 1992 de nombreuses stations. Ces données étaient disponibles en format papier. 3700 jaugeages (soit 25 % des jaugeages déjà en base) ont donc été ajoutés dans la base de suivi des jaugeages BAREME à l'été 2022. Sur les stations du périmètre de l'équipe d'hydrométrie de Dijon, ces jaugeages anciens étaient déjà numérisés.

Muni de ces jaugeages historiques une reprise rétrospective des courbes de tarage ancienne ou correction de la végétation a été effectuée si besoin. A ce titre la figure 3 illustre des problèmes de végétation aquatique constatés en 1964 sur la station hydrométrique de la Lanterne à Fleurey (70). Cette station présente encore aujourd'hui ces mêmes problèmes d'étiage.

FLEUREY (1)

J A U G E A G E S E X E C U T E S					
N°	DATE	HAUTEUR à MESELLE	DEBIT	PINTE SUPERFI- CIELLE	RENSEIGNEMENTS COMPLEMENTAIRES
1	5-9-63	1,12 ⁵	18,96		Perche sur bateau
2	27-9-63	0,82 ⁵	8,01		- d. -
3	4-2-64	1,37	35,82		- d. -
4	23-3-64	1,90	58,32		- d. -
5	8-4-64	1,00	19,29		Marites
6	- d. -	0,99 ⁵	18,70		Perche sur bateau
7	18-6-64	0,67 ⁵	4,40		tige d'étiage (en amont du pont route, après) désherbage sur 20 m env
8	8-7-64	0,47 ⁵	1,75 ⁽¹⁾		(1) les herbes entières au coup du jaugeage précédent ne sont pas repoussées, de plus les herbes non entières commencent à faner.
9	13-10-64	0,56	5,32 ⁽²⁾		(2) encas d. g. herbes dans le lit de la rivière moulinet 611-10.018 - tige d'étiage cyclo-potence - moulinet - 12888 - Pont chemin de fer
10	19-1-65	2,14	86,50		

Figure 3 : jaugeages historiques de la Lanterne à Fleurey et constat de végétation aquatique en étiage 1964

La comparaison des valeurs d'étiage a été effectuée avec la valeur du jaugeage minimale de l'année en cours. La validation du débit d'étiage de l'année (VCN30²) a été considérée comme valide si l'écart était inférieur à 20 %. La figure 4 illustre cette comparaison sur la station hydrométrique du Rahin à Plancher Bas (70).

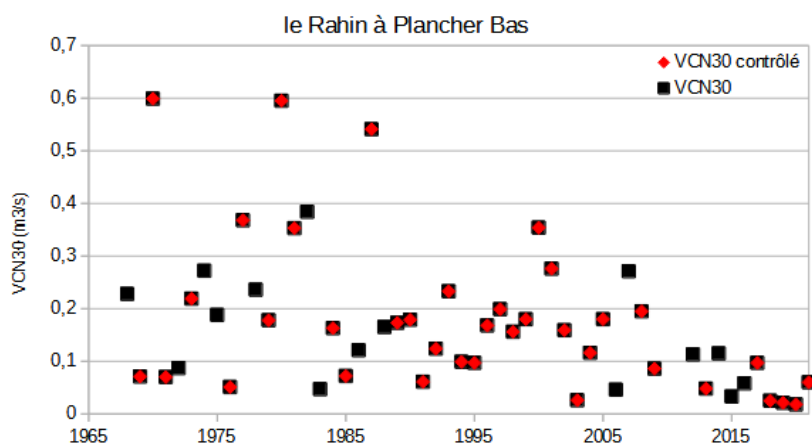


Figure 4 : contrôle des débits de sécheresse avec les jaugeages sur le Rahin à Plancher Bas (70)

2 VCN30 : volume cumulé minimal (ici sur une année civile) sur trente jours consécutif de l'eau écoulee d'une rivière. Ce volume est ensuite converti en débit qui est le débit moyen sur 30 jours consécutifs le plus bas de chaque année civile.

2.3 - Identification du paramètre hydrologique à analyser

La sécheresse d'une rivière se caractérise par de nombreux paramètres. Afin de déterminer le paramètre le plus adapté, des notes ont été appliquées pour divers critères. L'analyse croisant l'aspect réglementaire du paramètre avec sa sensibilité hydrologique et hydrométrique est présentée dans le tableau 1.

	VCN3 ³	VCN10 ⁴	VCN30	QMNA5 ⁵	Débit classé 10 % ⁶
Aspect réglementaire	Arrêtés sécheresse	aucun	Aucun / proche du QMNA5	Norme des rejets d'eau	Aucun / proche du VCN30
Note réglementaire	2	0	1	2	1
Hydrométriquement fiable	0	1	2	2	2
Cohérence hydrologique	0	1	2	1	1
NOTE FINALE	2	2	5	5	4

Tableau 1 : analyse des critères caractérisant la sécheresse d'une rivière

La note relative à la qualité hydrométrique traduit la possibilité de disposer d'un contrôle par un jaugeage (mesure réel de débit) de cette valeur. Un débit mensuel ou sur 30 jours consécutifs dispose d'une forte probabilité de contrôle de sa valeur. Au contraire un débit minimal annuel moyen sur 3 jours a peu de chance d'être contrôlé.

La note relative à la cohérence hydrologique traduit la représentation d'une sécheresse hydrologique par le critère. Un débit moyen sur trois jours (VCN3) pourrait traduire à accident de centrale hydro-électrique. La QMNA5 pourrait ne pas représenter totalement une sécheresse qui s'affranchit du calendrier mensuel. Enfin, le débit classé 10 % pouvant être la somme de plusieurs épisodes de bas débit ne traduit pas un épisode de sécheresse en particulier.

Le VCN30 et le QMNA5 obtiennent les meilleures notes finales. Toutefois, le QMNA5 n'étant pas lié complètement à la sécheresse, le choix de la DREAL du critère pour caractériser la sécheresse s'est portée sur le VCN30 et le débit classé 10 %.

En comparaison, l'analyse des sécheresses de l'arc jurassien [EPTB Saône-et-Doubs, 2022] a conservé le VCN3 et le VCN30. Le projet Explore 2070 a analysé le QMNA5 comme le projet Hycarre.

Les critères analysés par la DREAL pour les stations hydrométriques de référence et présentés ci-après sont les suivants :

1. nombre d'années de sécheresse de période de retour supérieure ou égale à 5 ans depuis 2015⁷ jusqu'à 2021 compris en se basant sur le critère VCN30 ;
2. évolution des VCN30 ;
3. évolution des VCN30 de période de retour empirique supérieure ou égale à 5 ans ;
4. évolution du débit classé 10 % par décade glissante.

3 VCN3 : débit moyen sur trois jours consécutif le plus faible de chaque année civile

4 VCN10 : débit moyen sur trois jours consécutif le plus faible de chaque année civile

5 QMNA5 : débit moyen mensuel le plus bas de chaque année civile ayant une probabilité sur cinq de se produire chaque année

6 Débit classé 10 % : valeur de débit journalier dépassé vers les bas 10 % du temps (sur une période possiblement non cumulative)

7 Empiriquement la DREAL a constaté que l'année 2015 marque la rupture récente des sécheresses. A partir de cette date les sécheresses sont plus récurrentes possible traduction du changement climatique.

3 - Analyse des résultats pour les eaux superficielles

3.1 - Nombre de sécheresses sévères de 2015 à 2021 inclus

Sur la base du critère VCN30, il n'a été retenu que les sécheresses les plus marquées (de période de retour empirique supérieure ou égale à 5 ans). Pour rappel, les sécheresses de période de retour supérieure à 5 ans sont les événements observés statistiquement une année sur cinq. Par exemple si la station présente 20 ans de données (la plus jeune des stations de référence), seules les 4 sécheresses les plus fortes seront comptabilisées. Si la station présente 40 ans de données, seules les 8 sécheresses les plus fortes (40 années / 5) seront comptabilisées.

Le nombre de ces sécheresses marquées sur la période 2015 à 2021 inclus a été évalué pour chaque station. La figure 5 présente le résultat de cette première analyse.

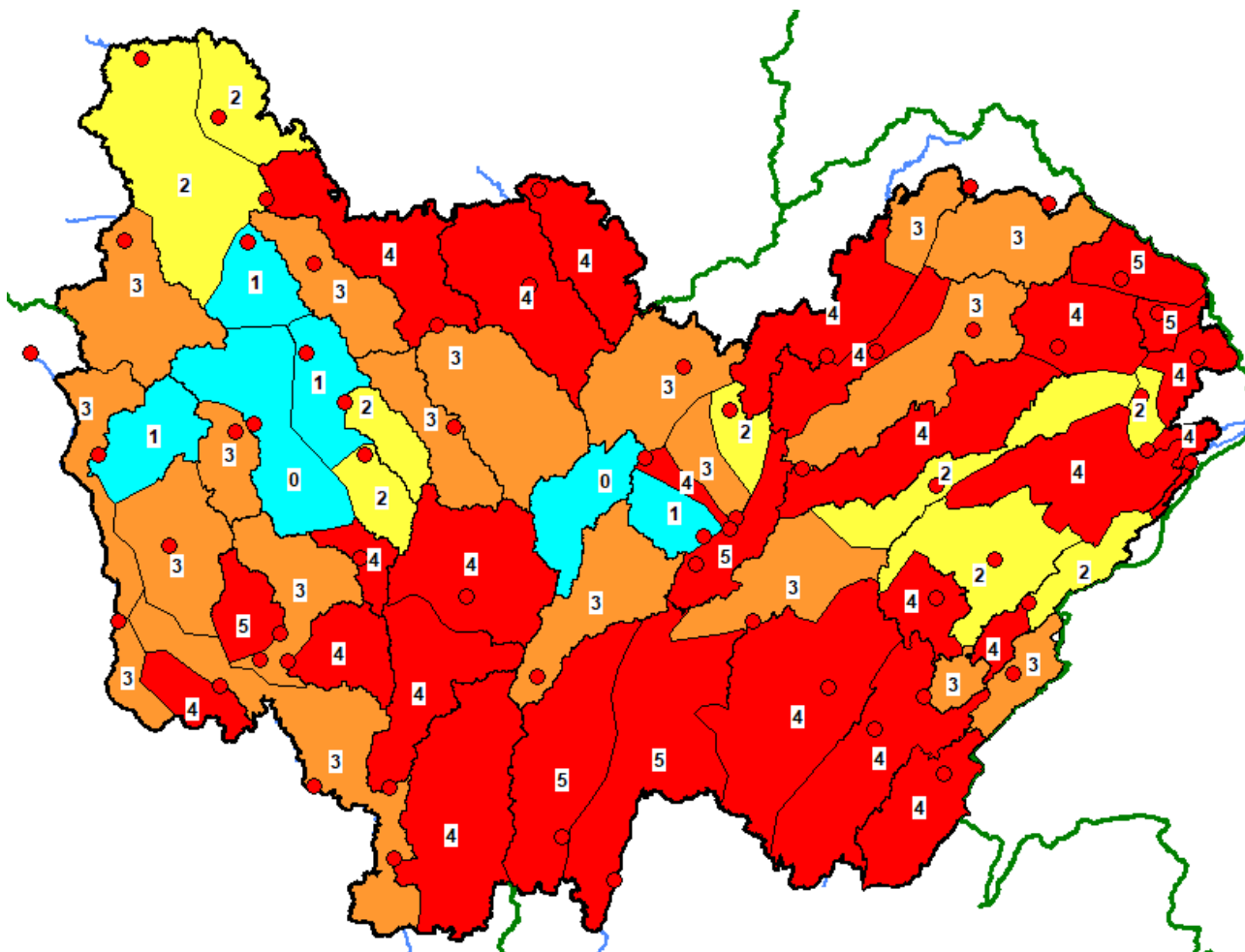


Figure 5 : Cartographie régionale du nombre de sécheresses de période de retour 5 ans ou plus depuis l'année 2015 jusqu'à 2021 inclus

L'année 2022 bien que très sèche n'a pas été incluse dans ces analyses. En effet, la validation des débits des sécheresses par la DREAL BFC nécessitent des vérifications, validations et contrôles de cohérence qui ne sont effectués qu'en début d'année civile N+1.

Pour les rivières sous influence de grands barrages de soutien d'étiage seule la période présentant ce soutien a été analysé (soit toutes les chroniques pour l'Yonne ; depuis 1978 pour la Loire ; depuis 1998 pour l'Allier).

Si le nombre de sécheresses rares est inférieur ou égal à 2, les sécheresses récentes ne sont pas plus fréquentes qu'avant. Si ce nombre est supérieur ou égal à 3, les sécheresses rares deviennent plus fréquentes.

L'analyse de la figure 5 montre que la plupart des rivières de la région subissent des sécheresses rares bien plus fréquemment ces dernières années. Seuls quelques territoires semblent pour le moment préservés. Il s'agit de rivières :

1. sous influence de grands barrages amont (comme l'Yonne, la Cure et le Doubs) ;
2. soutenues par des nappes puissantes comme la Vanne sur la Craie du bassin Parisien, le Nohain avec les calcaires Nord Nivernais, la Vouge à Aubigny en plaine avec la nappe de Dijon Sud, la Loue avec les pertes du Doubs (soutenues par un barrage) et la Bèze soutenue par les pertes de la Tille ;
3. proches d'un canal de navigation disposant sur son bief de partage de barrages réservoirs (l'Ouche amont mais également dans une moindre mesure l'Aron, la Dheune et l'Armançon amont).

A noter que ces trois types de ressources complémentaires pourraient expliquer les situations à peine moins mauvaises des rivières :

- proches de canaux comme la Dheune, l'Aron, la Brenne et l'Armançon ;
- dont les écoulements sont principalement issus d'une source karstique comme l'Ain à Bourg de Sirod, le Doubs à Mouthé et la Colombine à Frotey.

Au contraire certains territoires présentent d'ors et déjà des sécheresses dures très récurrentes. Il s'agit des massifs des Vosges, du Jura et du sud du Morvan, ainsi que du Chatillonnais.

Même l'Allier et la Loire pourtant soutenus par des barrages présentent des sécheresses récentes plus fréquentes qu'auparavant. Un point spécifique sur ces cours d'eau est présenté au chapitre 3.5.

Certains territoires présentent des exceptions à ces tendances. C'est notamment le cas dans le nord du département de l'Yonne où la craie du bassin parisien est censée être puissante. C'est bien le cas sur les débits de la Vanne mais pas vraiment sur l'Ouanne à Charny.

3.2 - Evolution des VCN30

La figure 6 illustre l'évolution des VCN30 du Rahin à la station hydrométrique de Plancher Bas (70).

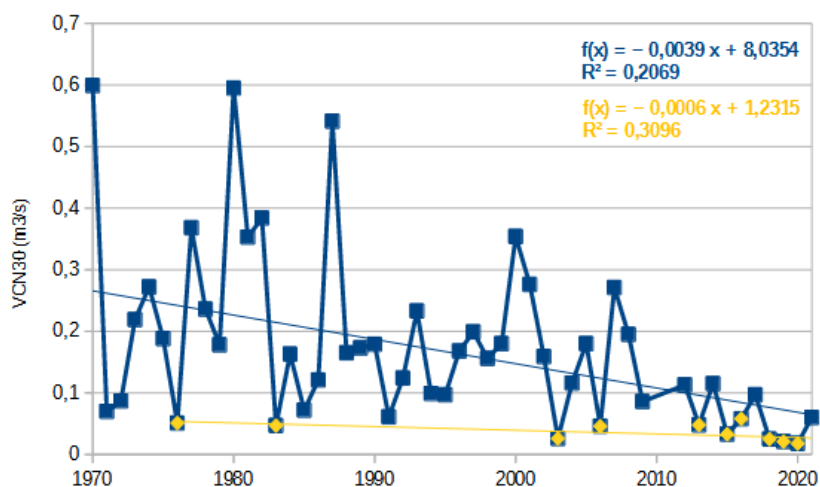


Figure 6 : VCN30 du Rahin à Plancher bas (bleu) et VCN30 de période de retour empirique supérieure à 5 ans (jaune)

La station de Plancher Bas présente des débits en continu à partir de 1970. La tendance de l'évolution du VCN30 annuel est clairement à la baisse. Celle-ci reste toutefois modeste en débit (4 l/s par an), mais pas en proportion : en 20 ans cela représente 80 l/s soit une baisse de 45 % du VCN30 moyen depuis les années 2000. Pour disposer d'un critère de comparaison homogène pour l'ensemble des stations de référence c'est le pourcentage de baisse du VCN30 depuis 2000 qui sera étudié.

La figure 7 illustre la cartographie des évolutions moyennes du VCN30 depuis les années 2000 selon la méthodologie précisée ci-dessus.

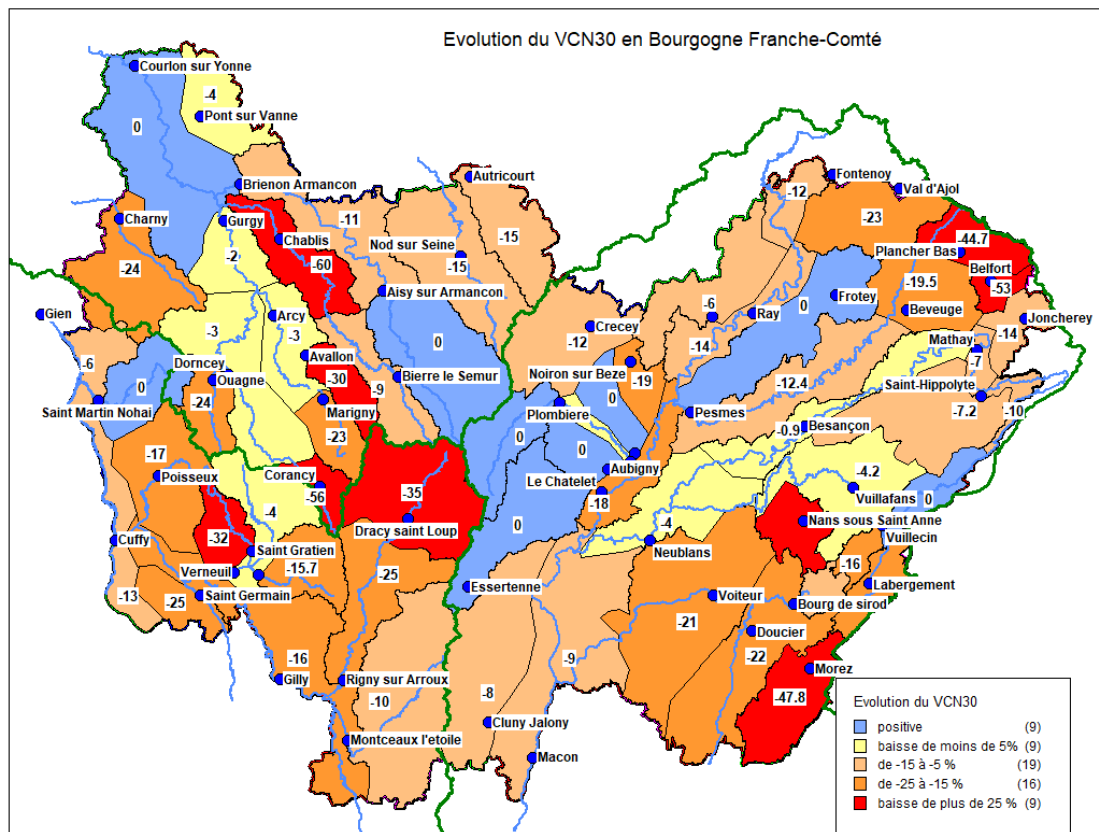


Figure 7 : Cartographie régionale de la baisse du VCN30 depuis les années 2000

Si la couleur est bleue, aucune baisse n'est constatée et la valeur est forfaitairement laissée à 0.

Les territoires les plus touchés par des sécheresses à répétition ces dernières années illustrés par la figure 5 se retrouvent avec des baisses sévères du plus faible débit moyen sur 30 jours consécutifs : cela concerne notamment les massifs du sud des Vosges, du Jura et du Morvan.

Les territoires qui semblaient être en balance avec une ressource en eaux à l'équilibre se retrouvent avec des baisses modestes observées sur :

1. les sources karstiques de l'Ain (39), du Dessoubre (25) et de la Colombine (70) ;
2. les rivières longeant des canaux de navigation : la Dheune (canal du Centre - 71), l'Aron (canal du Nivernais - 58) et l'Armançon amont (canal de Bourgogne - 21).

3.3 - Evolution des VCN30 de période de retour supérieure à 5 ans

Selon la même méthode qu'illustré par la figure 6, la baisse des VCN30 des sécheresses les plus marquées (de période de retour empirique supérieure ou égale à 5 ans) est qualifiée depuis les années 2000.

La figure 8 illustre la cartographie des évolutions moyennes des VCN30 de période de retour supérieure à 5 ans depuis les années 2000.

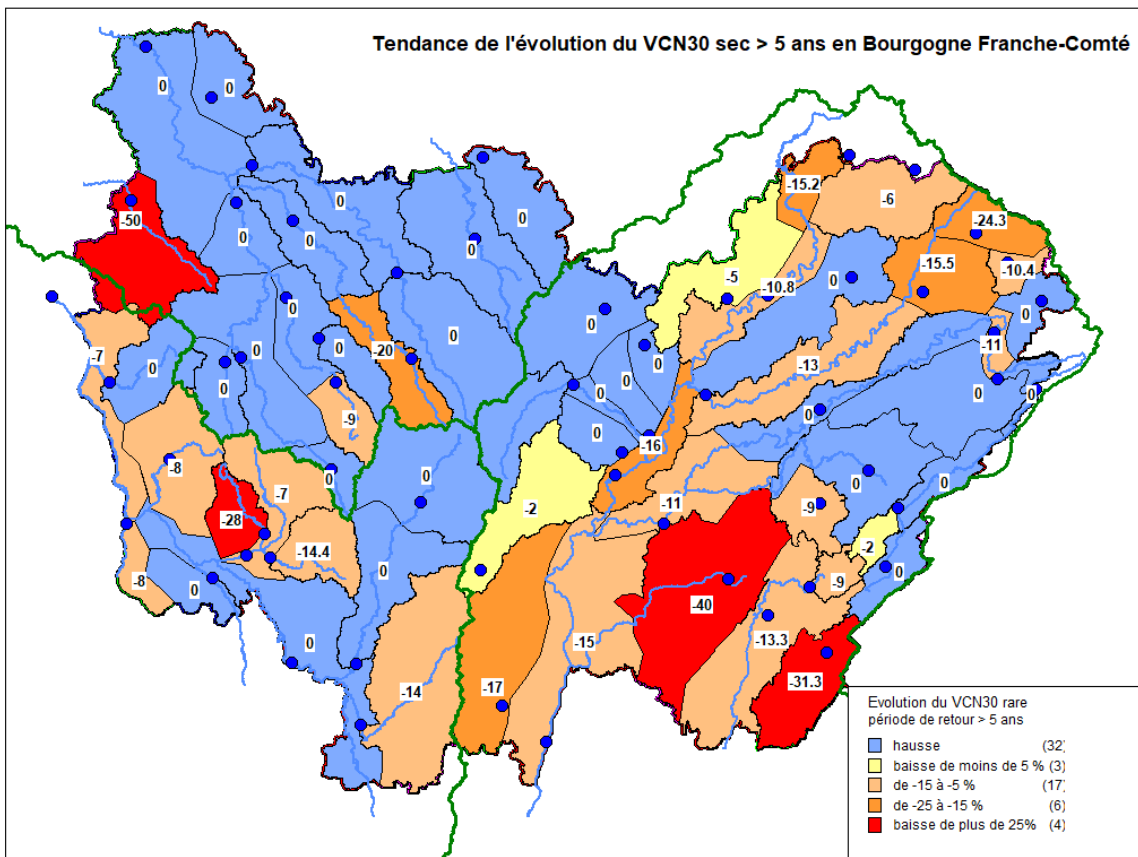


Figure 8 : Cartographie régionale de la baisse du VCN30 de période de retour supérieure à 5 ans depuis les années 2000

La baisse des sécheresses extrêmes est bien moins généralisée. Les sécheresses modernes ne sont pas beaucoup plus sévères qu'avant (1976 ou 2003) comme l'illustre la figure 6.

La baisse reste néanmoins significative sur les mêmes territoires que sont le massif des Vosges et le sud des massifs du Jura et du Morvan. Il est constaté une baisse cohérente proche de 15 % sur l'ensemble des 4 portions de l'axe Saône. Cette cohérence d'axe en déficit se retrouve également sur les trois secteurs de l'axe Ognon. Enfin, le charollais et le clunisois présentent des baisses conséquentes également de l'ordre de -17 %.

Deux exceptions ne s'expliquent pas :

- d'une part la très forte baisse de l'Ouanne à Charny (comme sur la figure 7). Sur ce point un retour avec la DRIEE gestionnaire de cette station est prévu ;
- une forte baisse observée sur le Serein à l'amont, mais pas en aval.

3.4 - Comparaisons des observations des VCN30 avec les études scientifiques

HYCCARE Bourgogne (HYdrologie, Changement Climatique, Adaptation, Ressource en Eau) a élaboré des projections hydrologiques sur un échantillon de 13 bassins versants contribuant à la Seine, la Loire et le Rhône à partir de projections climatiques régionalisées issues de l'exercice CMIP5 sur l'ensemble du XXI^e siècle (Brulebois, 2016). Les débits annuels montrent peu d'évolution à l'exception de quelques bassins en fin de siècle. En revanche, les étiages sont accentués. Ainsi en moyenne sur tous les bassins :

- La durée est allongée (40 jours sur la période 1980-2010 contre 82 jours sur la période 2070-2100), et ceci principalement est dû à des débits faibles plus précoces dans l'année,
- Le débit moyen sur 3 jours minimum annuel (VCN3) diminuera de l'ordre de 36% entre la période 1980-2010 et la période 2070-2100).

Ces analyses sont formalisées par la thèse Brulebois, E. (2016), Université de Bourgogne-Franche-Comté, 322 p. Elle est intitulée « Impacts du changement climatique sur la disponibilité de la ressource en eau en Bourgogne : Aspects quantitatifs et qualitatifs ».

Le projet Explore 2070 (2010-2012) a également réalisé des études prospectives à échéance 2070. Il conclut à une diminution quasi généralisée du débit annuel, avec des changements particulièrement sensibles sur les cours d'eau de la partie médiane du bassin du Rhône, sous des climats globalement plus secs (baisse des précipitations annuelles de l'ordre de 0 à 15% selon les projections). Les étiages estivaux s'annoncent à la baisse avec une dispersion forte entre -10 et -70%, y compris en montagne. Le signal sur les étiages hivernaux en montagne est plus incertain (baisse ou augmentation).

Les bassins sans alimentation par la neige voient leur débit diminuer toute l'année, à l'exception des débits hivernaux du bassin versant de la Saône.

Le projet Explore2 (31/08/2022), porté par INRAE et l'Office International de l'eau (OIEau), s'inscrit dans la suite de l'étude Explore 2070 en réalisant une synthèse bibliographique des études d'impact du changement climatique en France sur le régime hydrologique en France métropolitaine. Pour les débits des sécheresses, elle conclue que l'analyse des études post-Explore 2070 montre que, lorsque plusieurs scénarios d'émission de GES et horizons sont considérés, les intensités de changement sont plus importantes en l'absence de politique d'atténuation et en fin de siècle. Elle montre également qu'une grande majorité de ces études, menées aux échelles nationales ou Européenne, convergent vers des étiages estivaux plus sévères sur les différents bassins en France métropolitaine. Ces conclusions de baisse des débits des sécheresses sont ainsi cohérentes avec les observations récentes objet du présent rapport.

L'étude menée sur l'arc jurassien par l'EPTB Saône Doubs (septembre 2022) constitue une approche rétrospective comme effectué par la DREAL. Elle n'a analysé les chroniques longues qu'à partir de 1980 et ne prend en compte que les stations présentant au moins 20 ans de données depuis 2021. Elle conclut que sur les 28 stations hydrométriques retenues :

- 6 présentent une tendance à la baisse des VCN10 ;
- 15 stations présentent un palier de VCN10 à la baisse dont la moitié présente une rupture à partir de 2014 (palier?) Cette rupture reste globalement de l'ordre de -25 à -35 %.

En synthèse, la baisse des débits des sécheresses pressentie avant le début des années 2010 semble se confirmer sur la majorité des rivières de la région Bourgogne-Franche-Comté non influencés par des activités humaines (soutien par des barrages ou canaux de navigation). Les rivières issues de sources karstiques puissantes (Ain, Loue, Bèze) ou des nappes de la craie du bassin parisien semble à ce jour être légèrement moins impactées sur les rivières naturelles issues des massifs granitiques du Morvan et des Vosges.

Toutefois la source karstique du Doubs à Mouthe a montré en 2018, 2020 et 2022 des signes de graves et très rapides aggravation des débits en période de sécheresse jusqu'alors jamais observées depuis 1980. Cette possible désaturation du karst pourrait illustrer un phénomène de palier avec des écoulements en nette rupture en période de sécheresse. Cet élément est illustré au chapitre 3.7 du présent rapport. Si ce phénomène de baisse brutale des débits des sources karstiques se rencontre sur 'autres sites captés pour l'eau potable, il est à craindre à l'avenir des problèmes jusqu'alors non rencontrés pour l'alimentation en eau potable de certains territoires de la région.

3.5 - Evolution des débits classés 10 %

Le débit classé 10 % par décennie glissante est évalué comme suit :

- classement par ordre croissant des débits journalier de 2012 à 2021 par exemple ;
- identification de la 365^e valeur (correspondant au débit dépassé 10 % des jours sur la période).

L'analyse par décennie glissante permet de s'affranchir de la forte variabilité interannuelle de ce critère. Météo-France utilise d'ailleurs pour ses normales une durée de 30 ans. La figure 9 présente l'évolution du débit classé 10 % par décennie glissante de la station du Rahin à Plancher Bas (70).

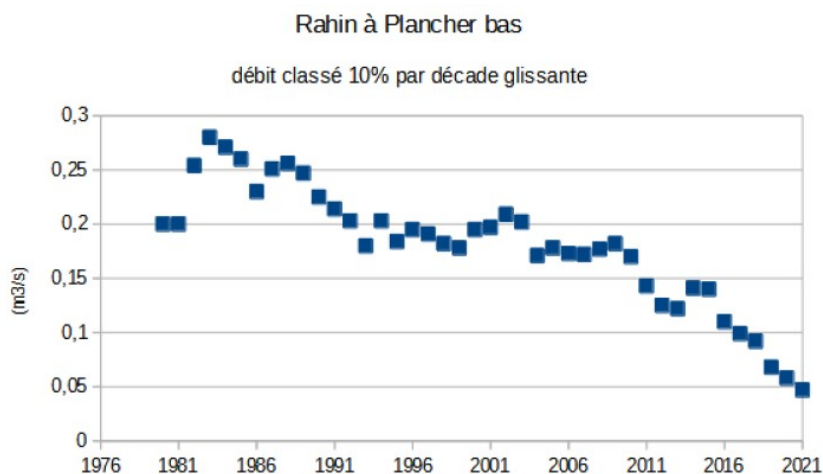


Figure 9 : Exemple d'évolution du débit classé 10 % du Rahin à Plancher Bas (70)

La figure 9 montre clairement, qu'après une relative stabilité des débits classés 10 % autour de 200 l/s jusqu'en 2009, le débit classé baisse ensuite fortement pour atteindre en 2021 une valeur de 50 l/s. La baisse du débit classé 10 % est portée ainsi localement 75 %. La figure 10 présente la baisse du « débit classé 10 % » des rivières de l'ensemble de la région.

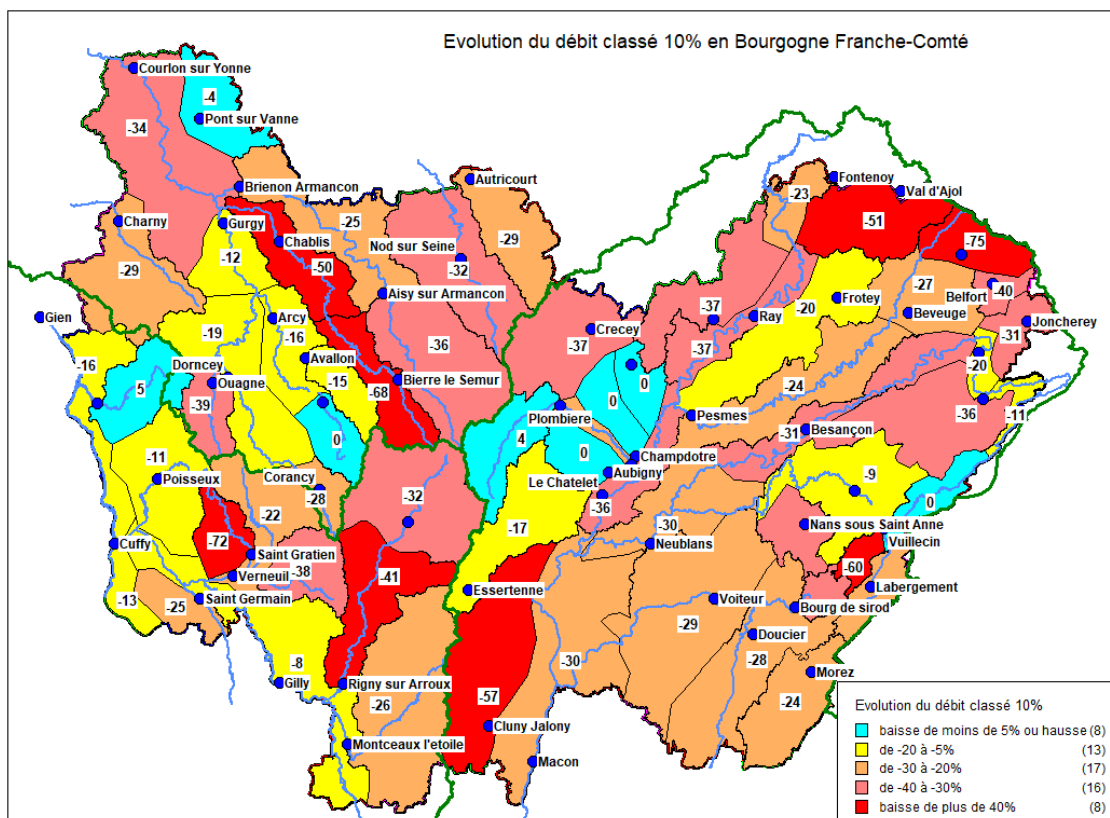


Figure 10 : Cartographie régionale de la baisse du débit classé 10 % par décennie glissante depuis les années 2000.

Une baisse significative des débits classés 10 % est globalement observé. Ceci s'explique par l'effet cumul de ce critère lié à la répétition des sécheresses rares (cf figure 5).

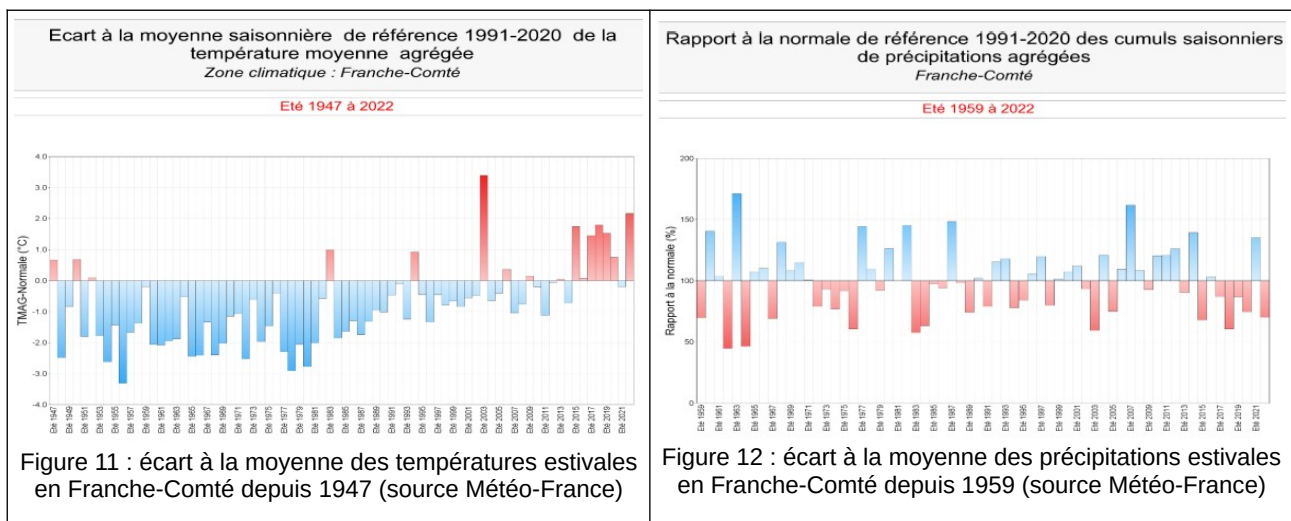
La baisse du débit classé est la plus marquée sur les massifs granitiques des Vosges et du Morvan.

On remarque des tendances similaires à l'analyse du nombre de sécheresses récentes de la figure 5 :

- des territoires moins sensibles à ces aggravations des sécheresses sur la Vanne, le Nohain, le Cousin, l'Ouche amont et la Loue ;
- des rivières proches de canaux de navigation disposant de barrages réservoirs sur le bief de partage moins impactées (Dheune et Aron).

Des tendances nouvelles se dessinent également comme la Nièvre à Poiseux qui présente une baisse de son débit classé 10 % modérée malgré une augmentation du nombre de sécheresses. A l'inverse, même des rivières soutenues par les grands barrages que sont l'Yonne et le Doubs aval présentent des baisses des débits classés malgré une absence d'augmentation du nombre de sécheresses.

Cette baisse débute globalement en 2016, date coïncidant avec le début des déficits systématiques de pluies en période estivale cumulé à des températures en très nette augmentation par rapport aux normes saisonnières en Bourgogne-Franche-Comté comme l'illustrent les figures 11 et 12.



L'année 2015 marque une nette rupture avec des températures estivales plus élevées sauf accidents (2016 et 2021). Pour les précipitations, la rupture est moins nette, mais les déficits sont marqués en 2016, 2018, 2020 et 2022.

3.6 - Étude de cas : rivières soutenues par des barrages (exemple de la Loire en 2022)

Fleuve soutenu par deux grands barrages depuis la fin des années 1980 (Villerest sur la Loire amont et Naussac sur le bassin de l'Allier), la Loire a été un des symboles nationaux majeurs de la sécheresse de l'été 2022 en métropole. Ce chapitre se propose de quantifier la sécheresse de l'été 2022. La figure 13 illustre les VCN30 de la Loire à Gien depuis le début des mesures en continu (en 1935).

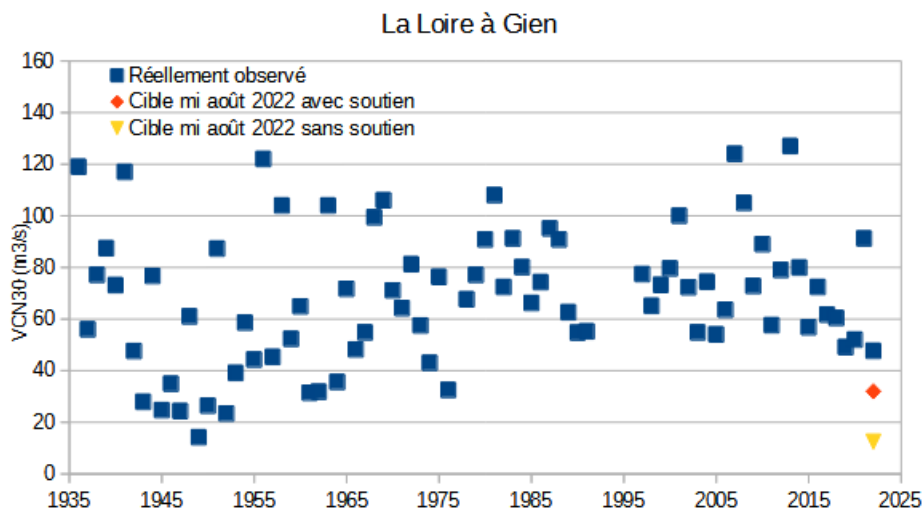


Figure 13 : VCN30 de la Loire à Gien de 1935 à 2022. Cible : prévision mi-août 2022 des débits de mi-septembre 2022 en cas de poursuite de la sécheresse en cours

Une rupture est constatée en 1978. A partir de cette date les VCN30 sont systématiquement supérieurs à 50 m³/s. Ce constat s'explique par deux facteurs :

- la mise en service du barrage de Villerest en 1985 (barrage de Naussac mis en service en 1983 et ré aménagé en 1998) ;
- des débits naturels plutôt généreux en période estivale entre 1978 et 1985 n'induisant pas de sécheresse naturelle marquée.

Depuis 1978, les sécheresses des années 2019, 2020 et 2022 sont les trois plus sévères avec des débits inférieurs à 50 m³/s (respectivement 45,8 ; 47,5 et 44,1 m³/s. **La sécheresse de l'année 2022 a donc effectivement été la plus forte connue depuis 1978 avec 44,1 m³/s à Gien.**

Toutefois le débit de sécheresse de l'année 2022 (44 m³/s) est bien plus élevé que les sécheresses historiques de 1949 (12,5 m³/s) et 1976 (29 m³/s). Dans les années 1945 et 1955 des sécheresses très sévères de la Loire étaient communes. C'est d'ailleurs ce qui a justifié la construction des barrages de soutien d'étiage de Villerest et Naussac. Il s'agissait de maintenir suffisamment d'écoulement dans la Loire pour maintenir les usages de l'eau croissants (centrales nucléaires, industrie, agriculture, sécurisation de l'eau potable ...).

En 2022, la sécheresse précoce de mai puis juin, juillet et août 2022 sur les bassins versants alimentant les barrages de Villerest et Naussac ont en effet conduit à une diminution progressive des débits soutenus par les barrages.

Et encore, mi-août 2022 le pire était à craindre : face aux prévisions météorologiques sèches et chaudes de la fin de l'été, le soutien d'étiage apporté par les deux barrages amont devait être abaissé à 32 m³/s pour tenir une fin d'étiage sévère avec les stocks disponibles. Le débit naturel prévisionnel étant déterminé à 12,5 m³/s le soutien par les barrages aurait été encore très conséquent (près des deux tiers des débits). Ces valeurs sont reproduites sur la figure 13. A noter qu'avec la valeur de débit prévisionnel de 12,5 m³/s la sécheresse de 2022 aurait été à Gien aussi sévère que celle de 1949 (figure 14). Fort heureusement les pluies sont revenues fin septembre puis en octobre.

La forte mobilisation de la presse et l'émoi associé sur les 44 m³/s observés à Gien en 2022 témoignent de la perte de la mémoire du risque de sécheresse de ce fleuve. **La culture du risque sécheresse** (donc des pratiques d'économie d'eau) **est ainsi oubliée** car sans objet sur un fleuve aux bas débits contrôlés. Comme pour un barrage d'écrêtement des crues, si un événement extrême plus fort que l'aléa de dimensionnement se produit, alors le risque est augmenté car les usagers ont perdu cette culture du risque.



Figure 14 : photographie de la Loire à Orléans lors de la sécheresse de 1949 (source : support exposé au barrage de Villerest)

3.7 - Étude de cas : petites sources karstiques (exemple de la source du Doubs à Mouthe)

La source du Doubs à Mouthe est suivie par une station hydrométrique depuis 1980. Situé à une dizaine de mètres en aval de sa résurgence principale, la mesure est effectuée en amont d'un seuil d'un ancien moulin dont la géométrie n'a pas bougé depuis 1980. En amont hydraulique de ce seuil se situe une prise d'eau potable pour la commune de Mouthe exclusivement. Cette prise d'eau est réalisée en rive gauche et devrait être hydrauliquement lié aux écoulements mesurés par la station. Le débit de cette prise d'eau est inconnue mais devrait être inférieur à une dizaine de litres par seconde.

La figure suivante illustre l'évolution des VCN30 de cette station de 1980 à 2022.

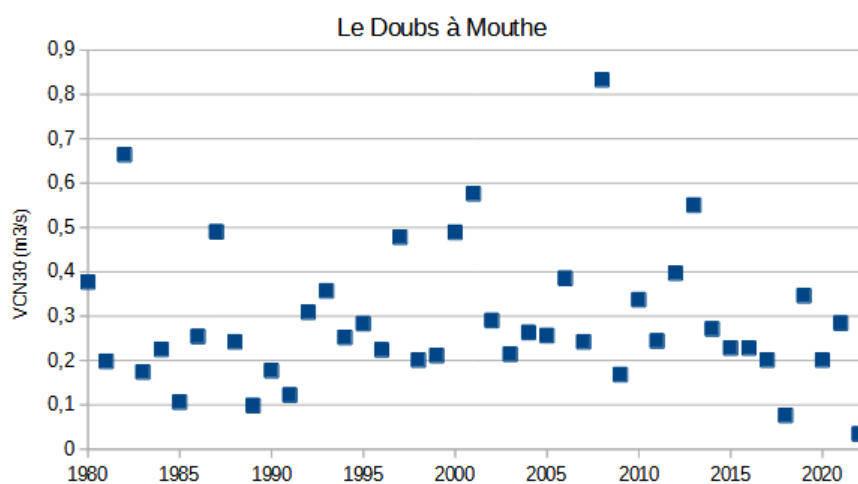


Figure 15 : Evolution des VCN30 du Doubs à sa source

Les années sèches du début des années 1990 sont bien identifiables. Les sécheresses de 2018 et 2022 sont également très marquées avec des VCN30 très nettement inférieurs à 100 l/s alors que cette valeur stagnait jusqu'alors au-dessus de 200 l/s. Ce constat se traduit par un phénomène constaté en 2018, 2020 et 2022 de baisse très rapide des débits jusqu'à atteindre des écoulements très faibles (30 l/s jaugés en 2018 puis 2022). La figure 16 illustre cette baisse rapide des débits (même après des périodes de pluie) et l'absence de reprise des écoulements pendant des longues périodes en 2018 et 2022.

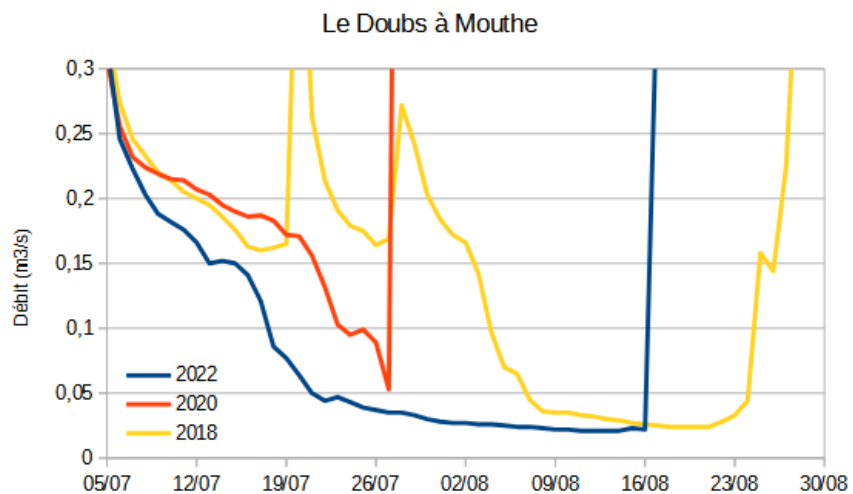


Figure 16 :Baisse très rapide des débits de la source du Doubs à Mouthe lors des sécheresses de 2018, 2020 et 2022.

Ce phénomène de probable désaturation d'un karst local sur lequel se situe un prélèvement en eau potable constitue un réel enjeu et risque pour le massif Jurassien où de nombreuses petites communes du sommet du massif du Jura disposent de ce type de captage comme unique approvisionnement en eau potable.

4 - Méthodologie de l'analyse pour les eaux souterraines

Une analyse de l'évolution des cotes minimales annuelles des piézomètres suivis par le BRGM sur le site internet Ades a été conduite. Cette analyse a été effectuée sur une série de piézomètres de référence issu :

- des piézomètres identifiés dans les bulletins de situation hydrologiques des grands bassins versants (Rhône, Seine et Loire) ;
- des piézomètres identifiés par les 8 DDT et dont les niveaux minimaux hebdomadaires sont relevés dans les bulletins sécheresse de DREAL Bourgogne France-Comté.

Ces piézomètres sont bien entendu identifiés comme piézomètres de référence des secteurs en déficits quantitatifs des différents SDAGE de la région.

Leurs localisations sont illustrées sur la figure 17.

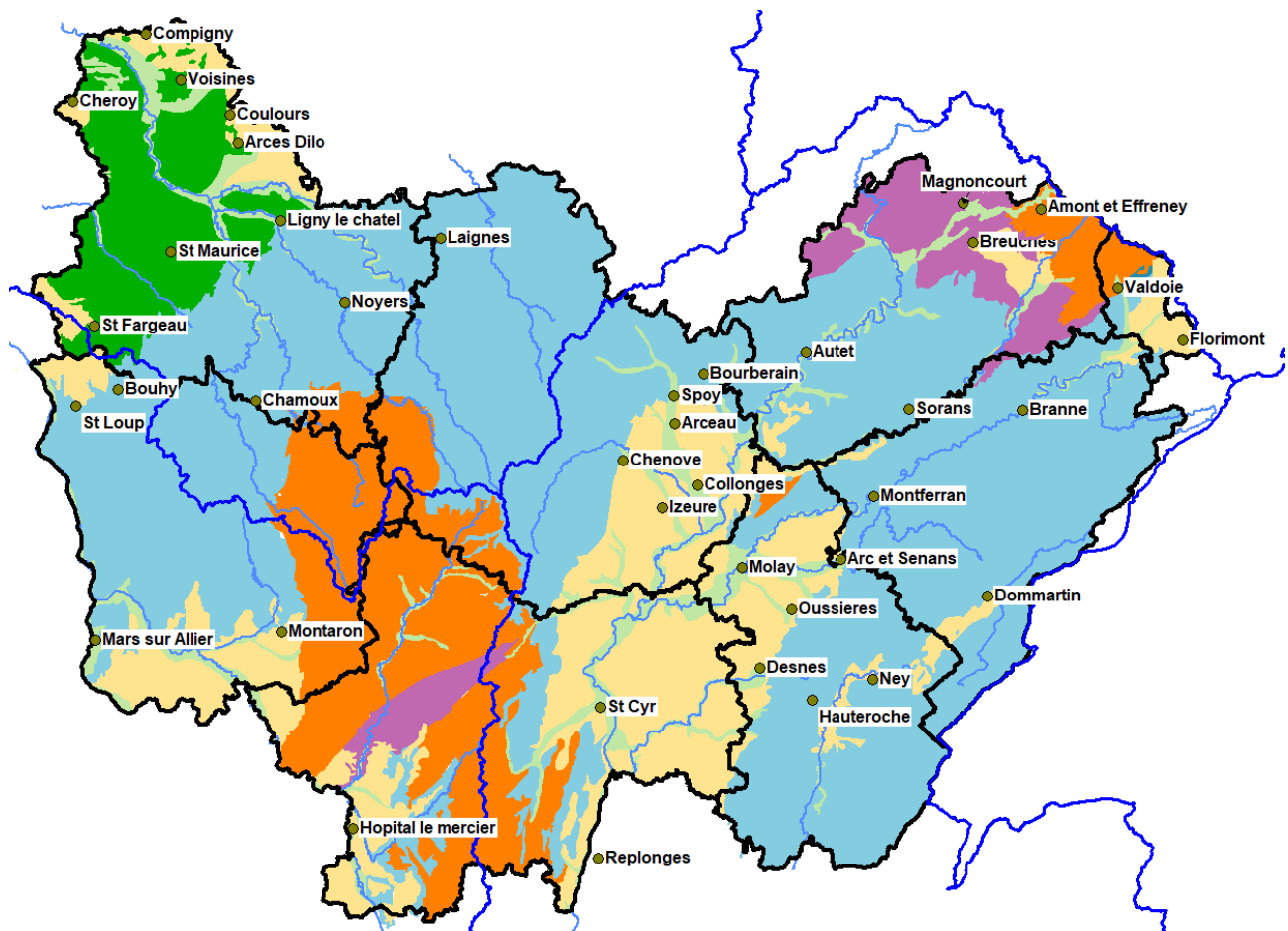


Figure 17 : localisation des piézomètres de référence utilisés pour l'évaluation du changement climatique

La figure ci-dessus reprend en aplat de couleur les grandes formations géologiques de la région :

- bleu ciel : les calcaires ;
- orange et violet : roche du socle (granite et grès) ;
- vert foncé : craie du bassin parisien ;
- sable : alluvions anciennes ;
- vert clair : alluvions récentes

Les piézomètres de référence sont au nombre de 40 répartis comme suit :

- 24 sur le bassin Rhône-Saône ;
- 10 sur le bassin Seine ;
- 6 sur le bassin Loire

Il est constaté :

- une absence totale de piézomètres de référence dans les secteurs de roches du socle (massif des Vosges et du Morvan). Les nappes locales y sont en effet très petites et donc non exploitées ;
- une densité plus importante sur les territoires en déficit quantitatif connu et suivi dont le principal est situé sur les alluvions Ouche/Tille/Vouge dans le secteur de Dijon.

5 - Analyse des résultats pour les eaux souterraines

L'analyse de l'évolution des cotes minimales annuelles des piézomètres suivis par le BRGM sur le site internet Ades a été conduite sur l'ensemble de 40 piézomètres de référence sur l'ensemble des chroniques disponibles.

Le premier constat est que seul 14 des 40 piézomètres de référence présentent une baisse récente des niveaux minimaux annuel. La figure 18 illustre leurs localisations.

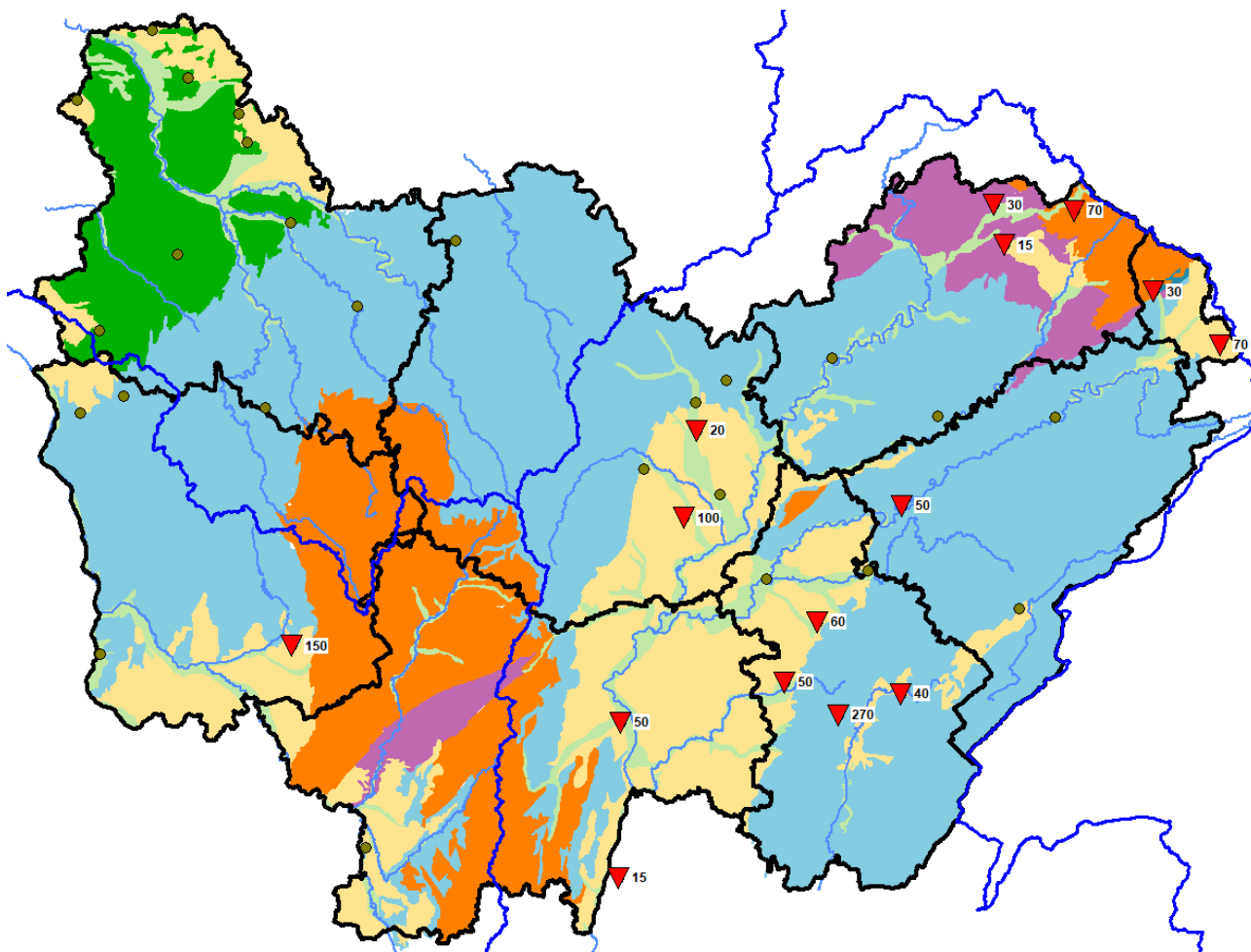


Figure 18 : localisation des piézomètres de référence dont les niveaux minimaux annuels récents sont à la baisse (triangles rouges) et valeur cumulée de cette baisse en cm

Les piézomètres de référence présentant une baisse récente des niveaux minimaux annuel sont principalement (13) situés sur le bassin de la Saône. Comme pour les rivières, cette baisse est très récente et débute globalement en 2015 voire 2017. Si cette baisse est modeste pour certains piézomètres (de l'ordre de 30 cm), elle est supérieure au mètre sur les calcaires du massif du Jura à Hauteroche (39), les calcaires du sud du Nivernais à Montaron (58) et sur les Graviers profonds de Dijon-Sud (captif) à Izeure (21).

La figure 19 illustre la baisse significative des cotes minimales des calcaires du premier plateau du massif du Jura à Hauteroche (39).

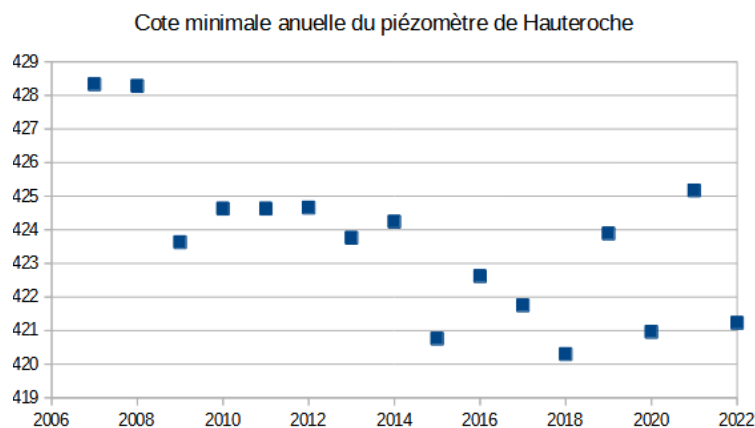


Figure 19 : Evolution des cotes minimales annuelles du piézomètre de Hauteroche (39) exprimées en m NGF

Le niveau minimal annuel de la nappe lors des sécheresses de 2015, 2018, 2020 et 2022 est bien plus profond que les niveaux annuels les plus bas des années 2010 et plus encore que ceux des années 2005. Toutefois, force est de constater qu'un plancher à 420 m NGF ne semble pas être dépassé. Les sécheresses de 2022 et 2020 sont donc aussi sévères (et pas plus) que celles de 2015 et 2018. Il ne semble pas y avoir pour le moment d'effet cumulatif.

Les calcaires du Nord nivernais et la craie du bassin parisien ne semblent pas pour le moment touchés par une baisse significative des cotes minimales annuelle des nappes.

Il est également constaté une cyclicité de certaines nappes dont la période diffère selon les horizons :

- de l'ordre de 8 ans sur les cailloutis du Sundgau (90) et les cailloutis de la forêt de Chaux (39) ;
- de l'ordre de 15 ans sur certains horizons de la craie du bassin parisien comme illustré sur la figure 20 (niveaux bas de la nappe en 1975, 1990, 2005 et en ce moment).

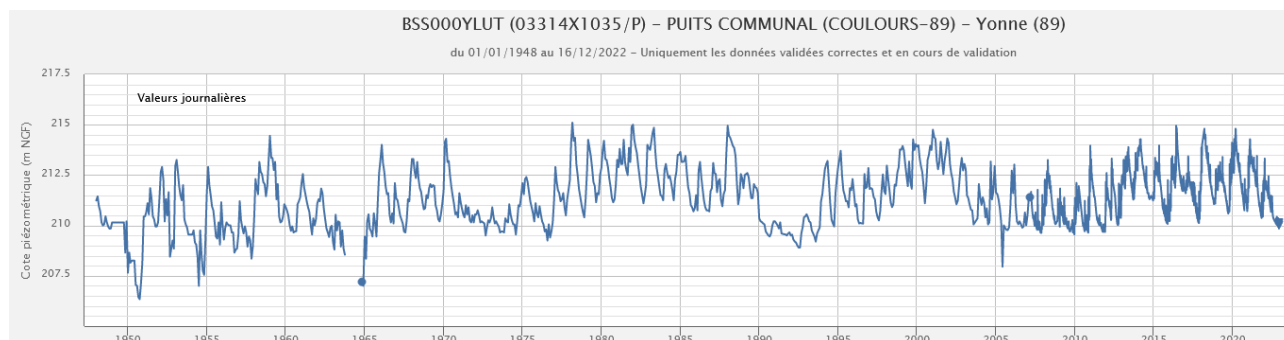


Figure 20 : Chroniques de la craie du bassin parisien à Couleurs (89) avec ses cycles pluriannuels

En 2022 les niveaux étaient globalement aussi bas que les points bas des années 1970, 1990 et 2005. A ce jour il ne semble pas que les conditions chaudes et sèches des années 2015, 2019, 2020 et 2022 ait un effet cumulatif sur ces nappes.

6 - Conclusion - perspectives

Les sécheresses se suivent et se répètent en Bourgogne Franche-Comté depuis 2015, année à partir de laquelle les températures moyennes de l'air semblent avoir débuté leur inflexion à la hausse dans la région. Si la tendance à la baisse des débits des sécheresses se confirme pour la majorité des cours d'eau, certaines rivières de la région semblent pour le moment un peu préservés possiblement grâce à un soutien des bas débits lié à des grands barrages (Loire, Yonne), des nappes puissantes (craie du bassin parisien, grands massif karstique, calcaires du nord nivernais captifs) voir des barrages destinés à alimenter les biefs de partage des canaux de navigation (Bourgogne, Centre, Nivernais).

Pour le moment, les sécheresses des débits des rivières atteignent globalement des niveaux équivalents aux sécheresses historiques de 2003 et 1976. L'indicateur qui change est la répétition de ces sécheresses jusqu'alors extrêmes (observées auparavant une année sur 10 voire sur 15) qui apparaissent beaucoup plus fréquemment. Les bas débits auparavant extrêmes des rivières sont désormais devenus une nouvelle norme observée une année sur deux. Ceci impacte fortement les débits classés des rivières (et donc le nombre de jours où sont observés des bas débits).

La Loire, soutenue par des grands barrages depuis les années 1980 a montré en 2022 les limites de cette gestion. Faute de précipitations hivernales soutenues et du fait d'une sécheresse printanière, le soutien d'étiage n'a pas été aussi fort que prévu. Ce faisant, des grandes craintes ont été exprimées de voir sur la Loire des débits en septembre 2022 jamais vus depuis plus de 40 ans.

L'absence de culture du risque sécheresse a conduit à un défaut d'organisation en période de crise quand les ouvrages sont arrivés en limite de leurs dimensionnements. En conséquence, la solution de création des retenues de stockage cause une illusion d'abondance de la ressource en eau et conduit à des crises encore plus grave lorsque cette réserve n'est plus disponible alors que la sécheresse est encore présente.

Cette culture du risque reste délicate. En effet, autant pour les inondations les enjeux entre le début du siècle sont peu ou prou équivalents (par exemple une inondation du centre-ville de Paris ou de Besançon par la crue centennale de 1910 causera des dégâts considérables même en 2023), autant les usages de l'eau lors de la sécheresse de 1906 n'ont aucunes communes mesures par rapport aux usages modernes.

Les sécheresses récentes de 2018 et 2022 ont conduit à des réductions des débits de la source du Doubs à Mouthe très marquées et durables. Cette source captée pour l'alimentation en eau potable du village est représentative de nombreux approvisionnement en eau potable de la Bourgogne Franche-Comté et pourrait être un signal inquiétant pour ce type de ressource en eau.

Les nappes, hormis la nappe de la craie du bassin parisien, sont d'ampleur trop faible pour contribuer aux écoulements des cours d'eau en période d'étiage et semblent se recharger chaque hiver. Toutefois il semblerait qu'une grande partie des nappes du bassin Saône présentent tout de même depuis 2015 une tendance à la baisse de leurs niveaux annuels les plus bas. Cette baisse ne semblerait pas s'aggraver chaque année.

En complément du constat de la récurrence plus importante des bas débits, des problèmes liés à la qualité des eaux (lié à la dilution moindre des rejets et au réchauffement des eaux) peuvent induire d'autres implications que des ruptures ou difficultés d'alimentation en eau potable. Le milieu aquatique et la vie associée s'en retrouvent également fortement impacté et les usages récréatifs de l'eau dans ces périodes de sécheresse répétitives peuvent accentuer le stress hydrique par exemple les activités de canyoning et de canoés sur les sommets du massif du Jura. A ce titre on notera que cette DDT a pris des arrêtés d'interdiction de certaines activités nautiques lors des sécheresses de 2020 et 2022.

Du fait de la répétition quasiment systématique des « crises » sécheresses, il est absolument nécessaire de changer de système pour sortir de cette gestion de crise annuelle et retrouver un fonctionnement de crise hydrologique se produisant moins fréquemment. A ce titre la note « dire de l'Etat » sur la gestion quantitative de l'eau a été produite en 2022 (<https://www.bourgogne-franche-comte.developpement-durable.gouv.fr/dire-etat-regional-sur-la-gestion-quantitative-et-a10030.html>). Elle dresse un bilan des territoires de la région connu pour être en déficit ou strict équilibre quantitatif. Elle identifie les territoires sur lesquels des démarches doivent être déclenchées pour qualifier les ressources et les besoins de 2023 et de demain. Enfin, sur les territoires où les usages de l'eau sont compatibles avec les ressources, elle rappelle les mesures à prendre afin de limiter sa consommation en eau ou de diversifier les types de ressources.

7 - Bibliographie – remerciements

-Brulebois, E. (2016) Impacts du changement climatique sur la disponibilité de la ressource en eau en Bourgogne : Aspects quantitatifs et qualitatifs. Thèse de Doctorat en Sciences de la Terre, option Hydroclimatologie, Université de Bourgogne-Franche-Comté, 322 p.

- Caballero Y., Lanini, S., Zerouali L., Bailly-Comte V., (2016). Caractérisation de la recharge des aquifères et évolution future en contexte de changement climatique. Application au bassin Rhône Méditerranée Corse. Rapport final. BRGM/RP-65807-FR, 188 p., 159 ill., 3 CD.

- Charlier J.B., Hévin G. (2022). NUTRI-Karst – Tâche 1 – Analyse à long terme des données environnementales à l'échelle du massif du Jura. Rapport provisoire V1. BRGM/RP-XXXXX-FR, 114 p.

- Fister V (2022) Les débits d'étiage des rivières du massif du Jura : éléments de caractérisation et évolutions temporelles – EPTB Saône Doubs / Pôle karst, 24p

- Sauquet E et al (2022) étude d'impact du changement climatique sur le régime hydrologique en France métropolitaine – synthèse bibliographique – INRAE BRGM, 44p

E Le Barbu tient à remercier à V Fister, P Amiotte Suchet et E Sauquet pour leurs échanges sur ce travail mené par la DREAL.

Direction régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement
5 voie Gisèle Halimi
Cité administrative VIOTTE,
BP 31269, 25005 Besançon

Tél. 03 39 59 62 00
www.bourgogne-franche-comte.developpement-durable.gouv.fr