



Villa Saint Charles
25270 BEURE
Agglomération du Grand Besançon
tel : + 33 (0)3 81 51 89 76
fax : + 33 (0)3 81 51 27 11
pascal.reile@cabinetreile.fr

REGION DE FRANCHE COMTE Département du Doubs



EAUX CONTINENTALES

29 rue Principale 25440 CHAY
tel : 03.81.63.77.33
mail : eaux-continentales@wanadoo.fr

ETUDE DE DETERMINATION DES VOLUMES PRELEVABLES DANS LE SOUS-BASSIN DU HAUT DOUBS

RAPPORT D'ETAPE - PHASE III

QUANTIFICATION DES RESSOURCES EXISTANTES ET IMPACT DES PRELEVEMENTS



SOMMAIRE

1. Données exploitées, présentation du réseau de stations hydrométriques du Haut Doubs	7
1.1 Données météorologiques utilisées	7
1.2 Mesures des débits du Doubs : Liste des stations hydrologiques disponibles par tronçon, et séquences de données utilisées	7
1.3 Représentativité des données, débits mesurés aux différentes stations hydrométriques	9
1.3.1 Principe de détermination d'un débit à une station hydrologique de bassin : utilisation d'une mesure de hauteur d'eau	9
1.3.2 Transcription des hauteurs en débit par tarage des stations de mesure	10
1.3.3 Différence entre les débits réels et les débits fournis par les stations : une augmentation de l'incertitude avec la diminution des écoulements	11
1.3.4 Discussion par station, de l'opportunité d'utiliser les données hydrologiques d'étiage pour la détermination des débits prélevables	11
1.4 Reconstitution de débits pour les tronçons ne possédant pas de station hydrométrique	12
1.4.1 - Les débits du Cebriot	12
1.4.2 - Le débit du Doubs à Morteau - entrée du lac de Chaillexon	14
2. Quantification des ressources et évolution des débits du Doubs	15
2.1 Volet météorologique : Variabilité des précipitations annuelles, périodes 1970 - 2010 et 1980 - 2010	15
2.2 Volet hydrologique : Débits annuels du Doubs et de ses affluents Bief Rouge et Drugeon	16
2.3 Sévérité des étiages dans le bassin hydrologique du Haut Doubs	20
3. Analyse des spécificités hydrologiques de chaque tronçon, et reconstitution des débits d'étiage non influencés	23
3.1 Tronçon N° 1 : le Doubs et ses affluents Cébriot et Bief Rouge en amont de Labergement Sainte Marie	25
3.1.1 Bilan des volumes prélevés : un déficit d'écoulement moyen de 8 L/s en sortie de tronçon à Labergement Sainte Marie	25
3.1.2 Variations saisonnières et évolution attendue des besoins en eau des communes desservies par les prélèvements dans le tronçon N° 1 : un doublement des besoins en eau en hivers	26
3.1.3 Moyenne mensuelle interannuelle des débits du Doubs et de ses affluents dans le tronçon N° 1 : mise en évidence du régime nival du Cébriot et du Bief Rouge (étiage en hiver)	28
3.1.4 Importance, durée et fréquence des étiages du Cébriot : le détournement d'eau, même mineur, pour la production de neige potentiellement impactant car simultané des étiages	29
3.1.5 Importance, durée et fréquence des étiages du Bief Rouge, effet des prélèvements d'eau : le doublement de ses étiages en hiver	30
3.1.6 Influence des prélèvements dans le tronçon N° 1 sur le Doubs à Labergement Sainte Marie : des volumes négligeables comparés aux débits du Doubs	32
3.2 Tronçon N° 2 : le Doubs au niveau du Lac de Saint Point	33
3.2.1 Bilan des volumes prélevés : 32 L/s en moyenne annuelle	33
3.2.2 Variations saisonnières et évolution attendue des besoins en eau des communes desservies par les prélèvements dans le tronçon N° 2 : une augmentation sensible en été (doublement des besoins)	34
3.2.3 Moyenne mensuelle interannuelle des débits du Doubs : amortissement des étiages moyens sur la période 1993 - 2010 par rapport à la décennie précédente	35
3.2.4 Incidence des prélèvements dans le tronçon N° 2 sur le Doubs à Oye et Pallet	36
3.2.5 Variations des niveaux du lac de Saint Point : absence de gestion efficace de la réserve en eau disponible dans le lac pour le soutien des débits du Doubs en aval	37

3.3 Tronçon N° 3 : le Doubs à Pontarlier et le Val du Dugeon	40
3.3.1 Bilan des volumes prélevés : détournement moyen de 113 L/s	40
3.3.2 Variations saisonnières et évolution attendue des besoins en eau des communes desservies par les prélèvements dans le tronçon N° 3	40
3.3.3 Moyenne mensuelle interannuelle des débits du Doubs et du Dugeon	41
3.3.4 Incidence des prélèvements sur le Doubs à l'aval de Doubs	42
3.3.5 Incidence des prélèvements sur le Dugeon à Vuillecin : des étiages qui sont majoritairement l'effet des prélèvements dans la nappe de l'Arlier	44
3.3.6 Incidence des prélèvements sur le Dugeon à Bannans : des prélèvements en été qui peuvent être supérieurs au débit résiduel dans le cours d'eau.	45
3.4 Tronçon N° 4 : le Doubs à Ville du Pont	46
3.4.1 Bilan des volumes prélevés : un détournement de 111 L/s, soit moins de 1/10 ^{ième} des pertes du Doubs et du Dugeon	46
3.4.2 Variations saisonnières et évolution attendue des besoins en eau des communes desservies par les prélèvements dans le tronçon N° 4	46
3.4.3 Débits mensuel moyen du Doubs : un écoulement sous l'influence des pertes du Doubs	47
3.4.4 Analyse des débits spécifiques par station, approche quantitative des pertes du Doubs : une infiltration moyenne vers la Loue estimée à 3.2 m ³ /s	48
3.4.5 Incidence des prélèvements sur le Doubs au niveau de Ville du Pont : doublement des jours d'étiage	50
3.5 Tronçon N° 5 : le Doubs à Morteau	51
3.5.1 Bilan des volumes prélevés : détournement de 175 L/s en moyenne	51
3.5.2 Variations saisonnières et évolution attendue des besoins en eau des communes desservies par les prélèvements dans le tronçon N° 5	52
3.5.4 Importance, durée et fréquence des étiages dans le tronçon N° 3	53
4 Synthèse, évaluation de l'incidence des prélèvements dans le Haut Doubs	55
Annexes	59

<p style="text-align: center;">GEOLOGIE DE RECONNAISSANCE/EAUX/ENVIRONNEMENT</p> <p>Etudes Conseils Aménagements CABINET REILÉ Pascal Place Courbet 25 290 ORNANS (Bureaux : Villa ST Charles 7, rue Paul Dubourg - 25 720 Beure) Tel 03.81.51.89.76 Télécopie 03.81.51.27.11 Email julien.girardot@cabinetreile.fr</p>	Etudes de détermination des volumes prélevables dans le sous-bassin du Haut Doubs			
	Impact des prélèvements et quantification des ressources existantes			
	Date	Chargé d'étude	Version	Phase
	11/10/2011	J. Girardot P.	Rapport d'étape	PHASE III
07/11/2011	J. Girardot P.	Rapport d'étape	PHASE III	
30/03/2012	J. Girardot P.	Rapport d'étape	PHASE III	



Etudes de détermination des volumes prélevables dans le sous-bassin du Haut Doubs

Rapport d'étape - PHASE III Quantification des ressources existantes et Impact des prélèvements

Version du 30 janvier 2012

Cette analyse des débits du Doubs et de ses affluents en amont du lac de Chaillexon a été réalisée en vue de la quantification des ressources en eau de ce territoire, pour dans un second temps évaluer l'incidence des prélèvements actuels sur les milieux naturels.

Dans une première partie, nous proposons une analyse critique des données utilisées, provenant des enregistrements réalisés au niveau des stations hydrométriques de bassin gérées par la DREAL¹.

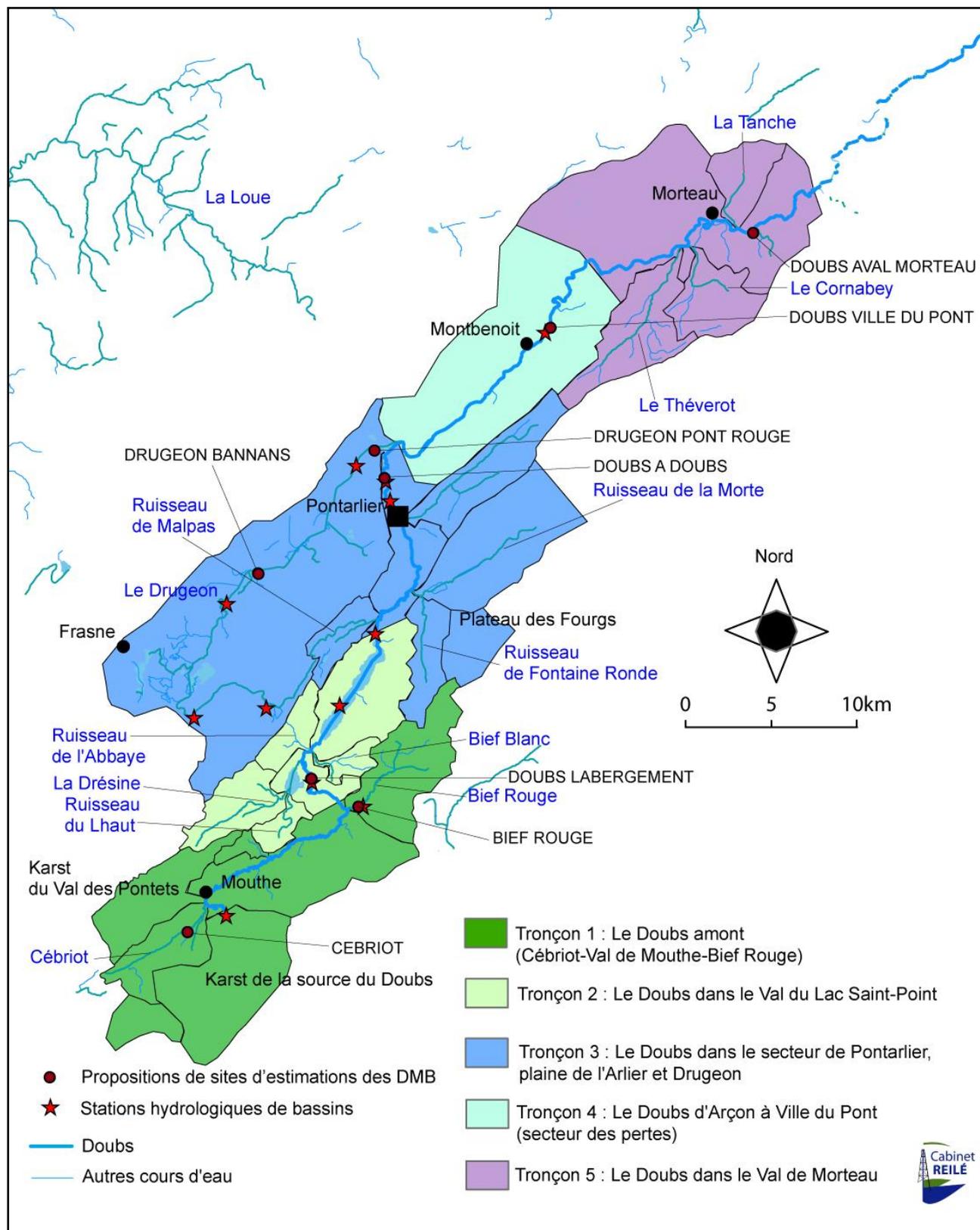
Ces stations n'étant pas spécifiquement destinées à la mesure des étiages, leurs fiabilités pour les petits débits ne sont pas toutes identiques. Il sera nécessaire pour l'évaluation de l'impact des prélèvements, de prendre en compte cette représentativité des données interprétées.

Nous quantifierons ensuite la ressource disponible dans le territoire, pour définir l'importance des prélèvements par rapports aux réserves annuelles en eau disponibles. Ces informations nous permettront de mettre en évidence d'éventuelles surexploitations de certaines parties de ce sous-bassin Haut Doubs.

Nous proposerons au troisième paragraphe une analyse des écoulements dans le Doubs à l'échelle des 5 tronçons. Pour prendre en compte les particularités des affluents Bief Rouge et Cebriot pour le tronçon N°1, et du Drugeon pour le tronçon N°3, ces 2 tronçons seront divisés en sous ensembles.

La finalité de cette étude des écoulements est d'établir, via la reconstitution de débits non influencés par les prélèvements, l'effet de ces derniers sur les étiages du Doubs.

¹ Cf. fiches de présentation en annexe



Cartographie du territoire Haut Doubs (découpage en 5 tronçons, associés à 15 bassins affluents), et localisation des stations d'enregistrement des débits utilisées pour la quantification des ressources (Rappel)

1. Données exploitées, présentation du réseau de stations hydrométriques du Haut Doubs

1.1 Données météorologiques utilisées

Les altitudes du territoire du Haut Doubs sont situées entre 1460 m et 750 m d'altitude¹, majoritairement dans la Haute Chaîne du Jura, mais traversant toutefois une zone de plateau entre la Cluse et Mijoux et les gorges de Remonot.

Pour tenir compte de ces particularités géographiques, nous avons croisé les données de pluviométrie mensuelle enregistrées sur le second plateau et dans la Haute Chaîne, aux stations automatiques Météo-France de Pontarlier et de la Source du Doubs à Mouthe. La différence de précipitations entre ces deux entités géographique n'est pas négligeable (plus de 10%), avec une hauteur moyenne de précipitation de 1.73 m mesurée à la source du Doubs de 1970 à 2010, pour 1.51 m à Pontarlier.

Une présentation de ces deux stations est donnée en annexe.

1.2 Mesures des débits du Doubs : Liste des stations hydrologiques disponibles par tronçon, et séquences de données utilisées

Le tableau ci-dessous donne la liste des stations hydrologiques de bassin² disponibles par tronçon, et les séquences d'enregistrement que nous avons utilisé pour chacune.

Tronçon N°	Localisation	Cours d'eau	code station	Superficie (en km ²)	Période d'enregistrement	Années incomplètes
1	Mouthe	Doubs	U2002010	30	1979-2011	
	Longeville	Bief Rouge	U2015030	23	1997-2011	1999, 2006, 2007, 2008, 2010
2	Labergement Sainte Marie	Doubs	U2012010	170	1979-2011	
	Niveau du Lac de Saint Point		U2012030	200	1994-2011	1995, 2000, 2001, 2003, 2004, 2007
	Oye et Pallet	Doubs	U2012020	245	1982-2011	
3	Pontarlier	Doubs	U2022010	327	1979-2011	
	Doubs	Doubs	U2022020	368	1986-2011	
	Bonnevaux	Drugeon	U2035040	35.5	1995-2011	2007
	La Rivière Drugeon	Drugeon	U2035035	91	2008-2011	
	Vuillecin	Drugeon	U2035020	191	1979-2011	
4	Ville du Pont	Doubs	U2102010	576	1979-2011	1992

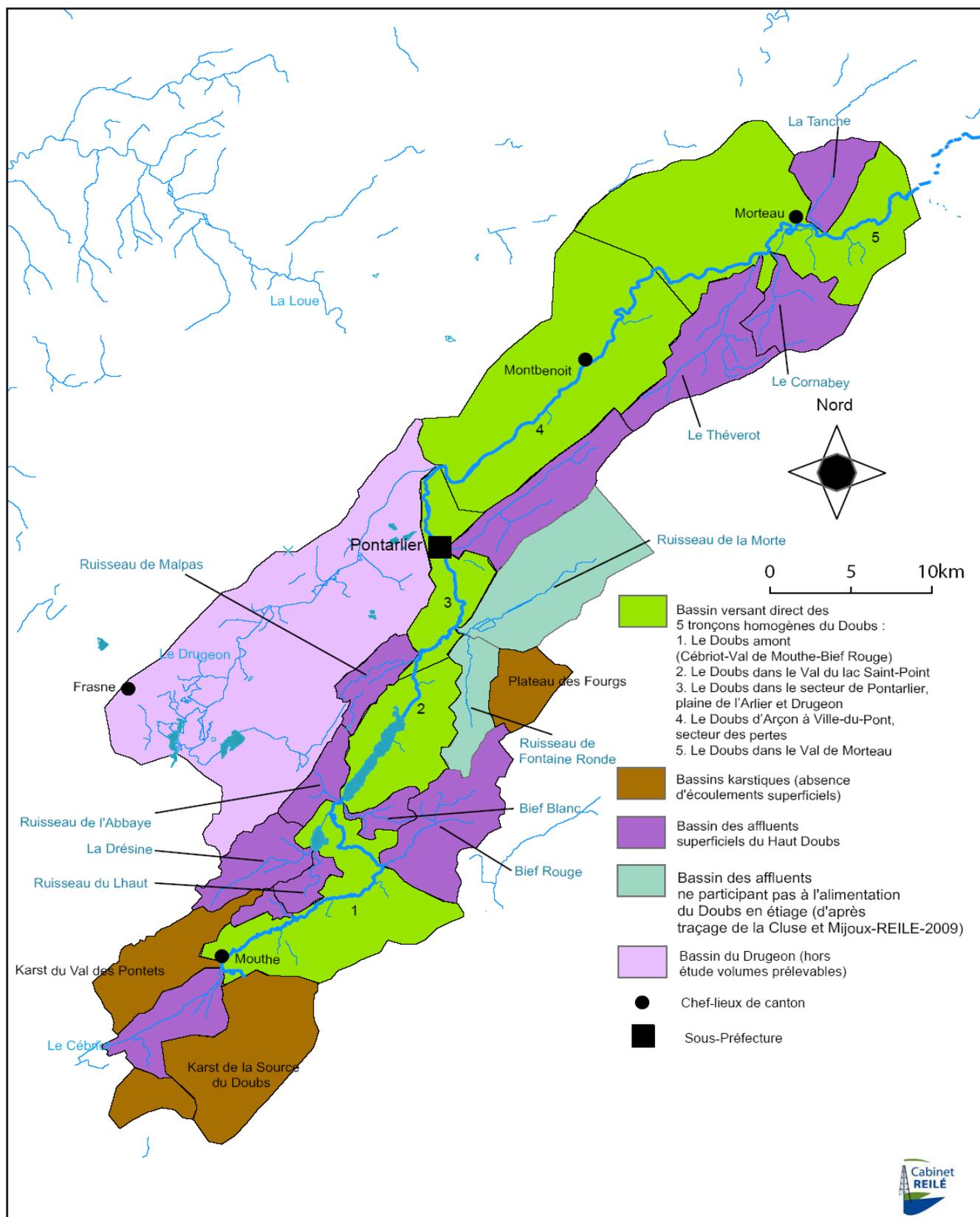
DREALfranche comté

Pour les stations de Mouthe, Longeville, Oye et Pallet, Doubs, Bonnevaux, La Rivière Drugeon, et de Ville du Pont, il s'agit de la totalité des enregistrements disponibles. A Labergement Sainte-Marie, et Vuillecin, les données ne sont considérées par le gestionnaire comme bonnes que depuis 1980.

A Longeville et La Rivière Drugeon, la période d'enregistrement disponible est trop courte pour que les débits statistiques de références¹ soient disponibles.

¹ 1460 m : Sommet du Mont d'Or, 750 m cote du lac de Chaillexon

² Gestion par la DREALfranche comté, Cf. fiche de présentation en annexe. Elles sont localisées sur carte des tronçons du Haut Doubs en annexe



Cartographie du territoire Haut Doubs (découpage en 15 bassins affluents-Rappel)

Le traçage de la Cluse et Mijoux en 2009 a été réalisé dans le puits du Château de Joux, donc en aval des ruisseaux de la Morte et de Fontaine Ronde, indiquant une communication des pertes de ces cours d'eau avec la source de la Loue.

¹ Module, VCN, Qmna ...

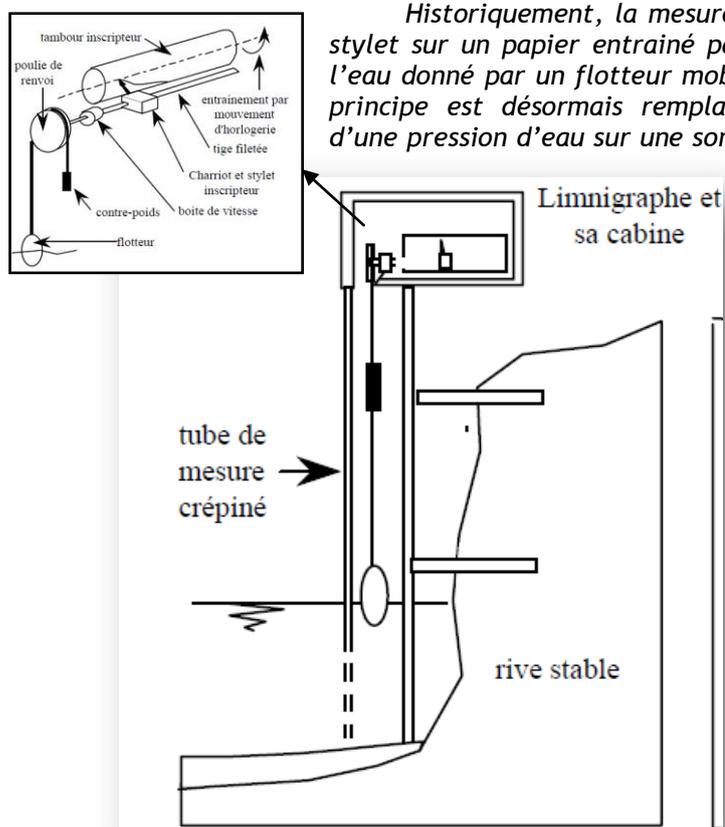
1.3 Représentativité des données, débits mesurés aux différentes stations hydrométriques

La détermination des volumes d'eau prélevables dans le Haut Doubs est basée sur l'utilisation des mesures de débit en étiages aux stations hydrologiques de ce sous-bassin, gérées par le DREAL de Franche Comté. La mise en œuvre de la méthode, consistant à utiliser un débit d'objectif d'étiage pour répartir les ressources en eau, nécessite de bien appréhender les imprécisions et incertitudes concernant les données de débit utilisées.

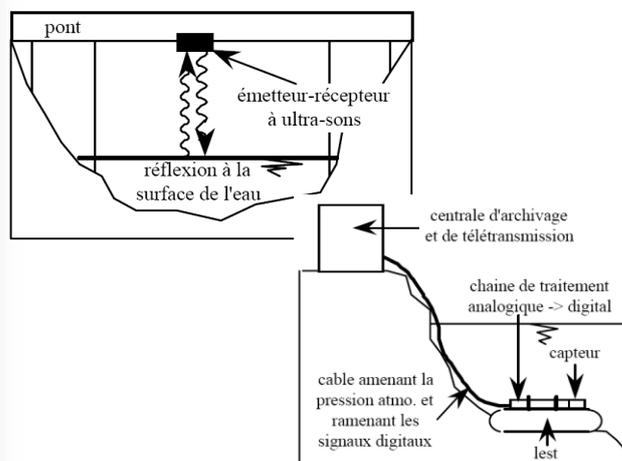
Un débit fourni par des stations hydrométriques telles que celles disponibles sous HYDRO, HYDROREEL et VIGICRUES peut présenter un certain décalage avec le débit réel mesurable instantané du cours d'eau. Il est donc important de connaître la technique qui permet de déterminer un débit à partir d'une station automatisée de manière à comprendre les incertitudes et la fiabilité des données diffusées. Le déclenchement d'une alerte entraînant une restriction automatique des usages de l'eau et la quantification et l'application de quota de prélèvements doit tenir compte de ces aspects, inhérents à l'activité hydrométrique.

1.3.1 Principe de détermination d'un débit à une station hydrologique de bassin : utilisation d'une mesure de hauteur d'eau

La mesure en continu d'un débit à une station hydrologique repose sur l'enregistrement physique de hauteurs d'eau par une sonde automatique (1 donnée enregistrée toutes les 6 minutes) Dans une section de mesures idéale (ex : derrière un seuil, canal Venturi en sortie de station d'épuration, section canalisée d'un cours d'eau...) où les conditions d'écoulement sont parfaitement maîtrisées, la relation existante entre la hauteur et le débit est précise et constante dans la durée.



Historiquement, la mesure du niveau de l'eau était réalisée par marquage au stylet sur un papier entrainé par un mouvement mécanique régulier, du niveau de l'eau donné par un flotteur mobile auquel il était lié par un système de poulies. Ce principe est désormais remplacé par l'enregistrement numérique, généralement d'une pression d'eau sur une sonde fixe située au fond du cours d'eau (système SPL), plus rarement d'une différence de hauteur entre la surface de l'eau et un récepteur fixe situé au-dessus du cours d'eau (limnigraphe à ultrasons).



Principe de mesure u niveau d'un cours d'eau (Eléments d'hydrologie de surface - JP Laborde)

Mise en œuvre des stations hydrométriques sur les cours d'eau naturels :

En milieu naturel, c'est une courbe de tarage propre à chaque station qui permet de transposer une hauteur d'eau mesurée en un débit. Elle est construite empiriquement à partir de mesures de débits faites in situ (appelées jaugeages, environ 1 jaugeage par mois et par station, selon les périodes hydrologiques).

Les stations hydrométriques sont implantées de manière à bénéficier d'une section de contrôle offrant naturellement un maximum de conditions propices à la mesure (seuils naturels, ouvrages) mais sans aménagement particulier des cours d'eau.

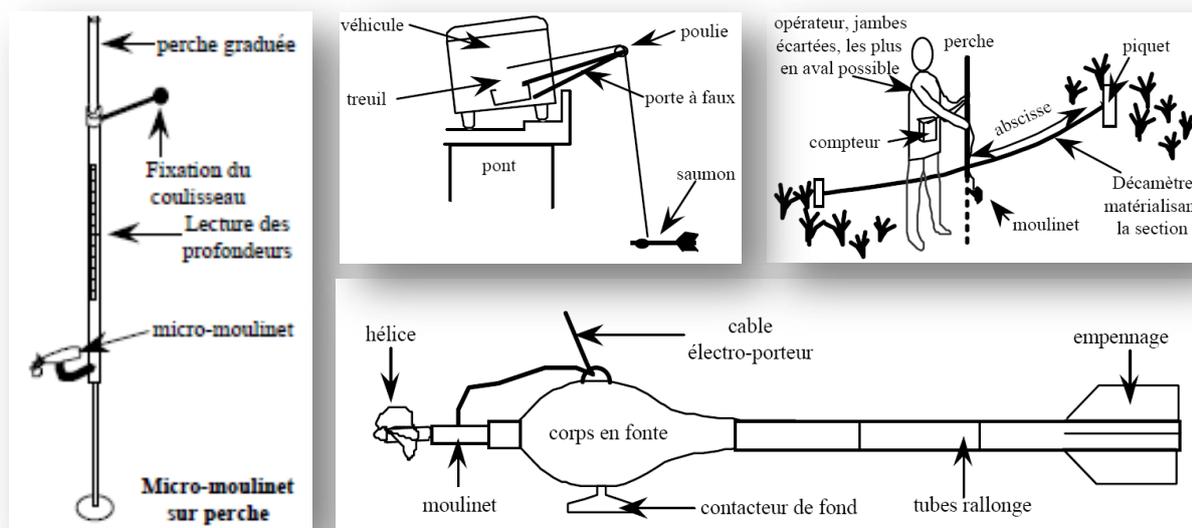
Malgré toutes ces précautions et malgré tout le travail de maintenance mensuel effectué par les techniciens en hydrométrie, le détarage des stations est inéluctable : c'est à dire que, en conditions naturelles, la relation hauteur/débit évolue perpétuellement avec plus ou moins d'ampleur. Elle n'est jamais ni stationnaire, ni univoque. Le débit mesuré une année pour une hauteur donnée ne sera peut-être plus exactement le même pour la même hauteur une autre année.

La courbe de tarage résulte du meilleur ajustement possible dans l'ensemble des jaugeages effectués et peut faire l'objet régulièrement, de modifications au fur et à mesure de l'obtention de nouvelles données de débit.

Au final, il est tout à fait normal qu'un débit mesuré soit dans une certaine mesure différent de celui fourni par la station. A ce même débit correspondra peut-être quelques jours plus tard une hauteur, et donc une valeur donnée par la station un peu différente.

1.3.2 Transcription des hauteurs en débit par tarage des stations de mesure

Plutôt que de déterminer les variables section et vitesse d'écoulement au droit d'une mesure, il est d'usage de réaliser des mesures réelles ponctuelles de débit dans différentes conditions hydrologiques pour établissement d'une courbe de tarage¹. Ces mesures sont réalisées au micromoulinet, ou débitmètre, par un opérateur situé dans le cours d'eau, ou en hautes eaux depuis un pont (jaugeage au Saumon - Cf. ci-dessus).



Matériel de jaugeage d'un cours d'eau (Cf. référence précitée)

¹ Courbe de tarage : fonction qui pour chaque hauteur d'eau donne le débit équivalent. Les courbes de tarage des différentes stations de mesure du Haut Doubs sont annexées à cette note.

1.3.3 Différence entre les débits réels et les débits fournis par les stations : une augmentation de l'incertitude avec la diminution des écoulements

L'implantation de stations hydrométriques répond à un objectif hydrologique et patrimonial général. L'exploitation de données hydrologiques peut à la fois concerner la prévision des crues, le suivi des étiages, les calculs pour des projets ponctuels, l'analyse hydrologique mensuelle régionale etc.... Nous n'utilisons donc pas pour la détermination des volumes prélevables des données spécifiques, adaptées à cet usage exclusivement.

Pour éviter toute interprétation abusive d'un débit d'étiage fourni par l'une de ces stations, il convient donc de considérer :

1. Que les différentes stations du bassin sont plus ou moins adaptées, donc précises pour les données d'étiage.
2. Que l'imprécision des calculs de débit s'accroît avec l'abaissement des débits en raison d'une plus forte influence de la section d'écoulement : la modification du lit de la rivière, l'apparition de végétation immergée influenceront d'autant plus le calcul que les débits du cours d'eau seront faibles.

1.3.4 Discussion par station, de l'opportunité d'utiliser les données hydrologiques d'étiage pour la détermination des débits prélevables

La partie basse¹ des courbes de tarage des différentes stations utilisées sont présentées en annexe. La prise en compte des données d'étiage seulement accroît sensiblement la dispersion apparente entre jaugeages (Cf. comparaison de l'ensemble de la courbe avec le zoom sur les jaugeages d'étiage pour les exemples de Mouthe, de Oye et Pallet et de Pontarlier).

Le tableau ci-dessous donne une évaluation de la précision du calcul des débits en situation d'étiage en fonction de la dispersion des données²:

Cour d'eau / Nom de la station	Hauteur d'eau	Débit correspondant	Dispersion maximum des jaugeages	Calcul des débits en situation d'étiage
Doubs / Mouthe	<500 mm 500-550 mm	<700 L/s 0.7 à 1 m ³ /s	50% 40 %	Moyenne Correcte
Bief Rouge / Les Longevilles	<400 mm 400-600 mm	<10 L/s 10 à 50 L/s	50% 30 %	Moyenne Bonne
Doubs à Labergement	<700 mm	<1 m ³ /s	20%	Très bonne
Doubs à Oye et Pallet	<575 mm	<4 m ³ /s	>50%	Imprécise
Doubs à Pontarlier	<650 mm	<3.5 m ³ /s	20%	Très bonne
Doubs à Doubs	<600 mm		>50%	Imprécise
Doubs à Ville du Pont	<800 mm	6 m ³ /s		Bonne
Druegon à La Rivière Druegon	<150 mm 150 à 500 mm	<50 L/s 0.05 à 1 m ³ /s	50% 20%	Moyenne Très Bonne
Druegon à Vuillecin	<600 mm	<3.5 m ³ /s	>50%	Imprécise

¹ Zoom sur la partie de la courbe qui permet de calculer les débits pour les situations de basses eaux

² Entre le débit réel mesuré par jaugeage et le débit enregistré

1.4 Reconstitution de débits pour les tronçons ne possédant pas de station hydrométrique

Les débits du Doubs à Morteau, et du Cébriot ne sont pas mesurés. Pour évaluer l'incidence des prélèvements sur les eaux superficielles dans ces 2 sous-bassins, nous avons reconstitué leurs débits journaliers par comparaison avec les débits mesurés dans une autre partie du réseau hydrographique du Doubs.

1.4.1 – Les débits du Cébriot

Comparaison des débits mesurés dans le Cébriot et le Bief Rouge :

Les affluents Cébriot et Bief Rouge sont proches, et situés dans le même contexte géographique et géologique. Ils drainent entre 900 et 1000 m d'altitude, une partie du Val de Mouthe¹, synclinal crétacé au sous-sol marno-calcaire, où les pluies sont en partie ruisselées sur des terrains marneux et glaciaires imperméables, et en partie infiltrées dans des petits systèmes karstiques des calcaires du Crétacé. Les superficies de leur bassin d'alimentation sont respectivement de 17 et 23 km² (grandeurs comparables).

La convergence de leur environnement nous permet d'approcher des débits du Cébriot par comparaison avec ceux du Bief Rouge.

Validation de la méthode par jaugeage :

Ces deux cours d'eau ont été jaugés les 17 mai et 9 août 2011 :

Cours d'eau	Superficie du bassin d'alimentation	Le 17 mai 2011		Le 8 août 2011	
		Mesure de débit (en L/s)	Débit spécifique (en L/s.km ²)	Mesure de débit (en L/s)	Débit spécifique (en L/s.km ²)
Cébriot	17 en km ²	14	0.82	60	3.53
Bief Rouge	23 en km ²)	42	1.83	161	6.99
Situation hydrologique²		Basses eaux (1.9 X Qmna5)		Etiage (0.73 X Qmna5)	

La comparaison de ces mesures avec la superficie du bassin d'alimentation des deux ruisseaux indique, soit un surplus d'eau dans le Bief Rouge, soit un déficit d'écoulement dans le Cébriot lors de ces jaugeages.

L'importation d'eau depuis le lac de Saint Point pour l'alimentation en eau potable des communes du bassin (7.3 L/s en moyenne) n'explique pas la totalité du surplus observé dans le Bief Rouge.

Les débits spécifiques du Bief Rouge et du Doubs à Labergement Sainte-Marie les 17 mai et 8 août 2011 étant proches, la superficie du bassin d'alimentation du Bief Rouge au niveau de la station jaugé est correcte. C'est donc dans le Cébriot au niveau de la station jaugée qu'il est constaté un manque d'écoulement par rapport à la superficie totale de son bassin d'alimentation.

¹ Où on peut considérer que la hauteur des précipitations annuelles est homogène

² D'après débit du Doubs à l'Abergement Sainte-Marie le même jour

Ajustement au bassin réellement drainé par le Cécriot au niveau de la station d'évaluation des débits minimums biologiques de Petite Chaux :

Pour être en amont du tronçon qui a été artificialisée, la station « d'évaluation des débits minimum biologique (DMB) » sur le Cécriot a été placée sous le village de Petite Chaux. La station n'intercepte qu'une partie de son bassin. Plusieurs résurgences importantes de ce bassin ne transitent par conséquent pas par cette station (Source des Veuillets, source du Cul du Bief ...).

La partie¹ du bassin Cebriot drainée au niveau du pont de petite Chaux mesure 8.1 km². Cette superficie est confirmée par les données de jaugeages² du 17 mai et du 8 août 2011 (le rapport des débits mesurés sur le Cécriot à Petite Chaux avec ceux du Bief Rouge donnant un bassin hydraulique de 8 km²).

Les débits journaliers du Cécriot au niveau de la station DMB ont donc été reconstitués pour la période 1997 - 2011 en appliquant à ceux du Bief Rouge le rapport de leur aire d'alimentation (coefficient 8/23).



De nouveaux jaugeages du Cécriot permettraient d'affiner cette analyse, et de confirmer les volumes prélevables qui seront déterminés pour ce cours d'eau.

¹ Délimité d'après la carte géologique 1/ 50 000 de Mouthe

² Représentatif des débits observés dans les cours d'eau 30% du temps (d'après courbe des débits classés du Bief Rouge)

1.4.2 – Le débit du Doubs à Morteau - entrée du lac de Chaillexon

Méthode d'estimation des débits du Doubs à Morteau, où le Doubs pénètre dans le lac de Chaillexon :

La reconstitution des débits du Doubs à Morteau doit tenir compte de la spécificité des pertes en amont de Ville du Pont : dans certaines conditions d'étiage, les débits apportés par les tronçons amonts représentent moins de 50 % du débit du Doubs au niveau de la ville de Morteau.

La première station hydrologique située à l'aval, celle de Fournet Blancheroche (La Rasse), n'est pas représentative pour déterminer les étiages du Doubs à Morteau car sous l'influence des lacs du Chatelot et de Chaillexon (étiages amortis, artificialisation du régime hydrologique par la gestion de la retenue du Chatelot).

Pour reconstituer les débits du Doubs à Morteau, nous proposons donc d'ajouter au débit journalier enregistré à Ville du Pont l'apport du bassin propre au tronçon N°5, qui couvre 245 Km². Ce rapport a été estimé par application à cette superficie de bassin, un débit spécifique journalier représentatif de la Haute Chaîne. Pour le calcul de ce débit, la station de Labergement Sainte-Marie, non influencée par les plans d'eau du bassin¹, nous semble la plus appropriée².

Validation par Jaugeage :

Pour les 2 jaugeages basses-eaux réalisés en 2011, cette méthode donne une approximation du débit du Doubs à Morteau peu différente du débit observé :

Date	Jaugeage du Doubs	Estimation de débit ³
18 mai 2011	1.16 m ³ /s	1.38 m ³ /s
8 août 2011	3.45 m ³ /s	3.52 m ³ /s

Confirmation par le calcul de l'évolution du débit spécifique annuel du Doubs entre Ville du Pont et Fournet-Blancheroche :

Si les lacs présents entre Morteau et Fournet-Blancheroche modifient les étiages du Doubs de part et d'autre, notamment la retenue artificielle du Chatelot, le volume d'écoulement annuel du Doubs à Morteau transite par Fournet-Blancheroche. La comparaison des débits moyens annuels avec les superficies respectives drainées au niveau de ces stations (appelé débit spécifique) est par conséquent significative.

Le débit moyen estimé à Morteau par la méthode présentée ci-dessus donne un débit spécifique annuel qui est intercalé entre ceux de Ville du Pont et de la station de la Rasse (Cf. page 16). L'augmentation constatée de ce débit spécifique indique un effacement progressif par les apports d'eau qui se produisent dans le tronçon n°5, du déficit d'écoulement provoqué en amont par les pertes du Doubs.

La bonne intercalation du débit moyen annuel reconstitué à Morteau entre ceux de Ville du Pont et de la station de Fournet-Blancheroche, montre que cette estimation est peu éloignée des débits réels.

¹ L'Abergement Sainte Marie est en amont du lac de Saint Point

² Les deux bassins sont constitués de reliefs karstiques à plus de 1000 m d'altitude, et de val marno-calcaires occupés par des zones humides

³ $Q_{\text{Morteau}} = Q_{\text{Ville du Pont}} + (Q_{\text{spécifique Haute Chaîne calculé à l'Abergement}} \times 245 \text{ km}^2 \text{ [superficie du tronçon N°5]})$

2. Quantification des ressources et évolution des débits du Doubs

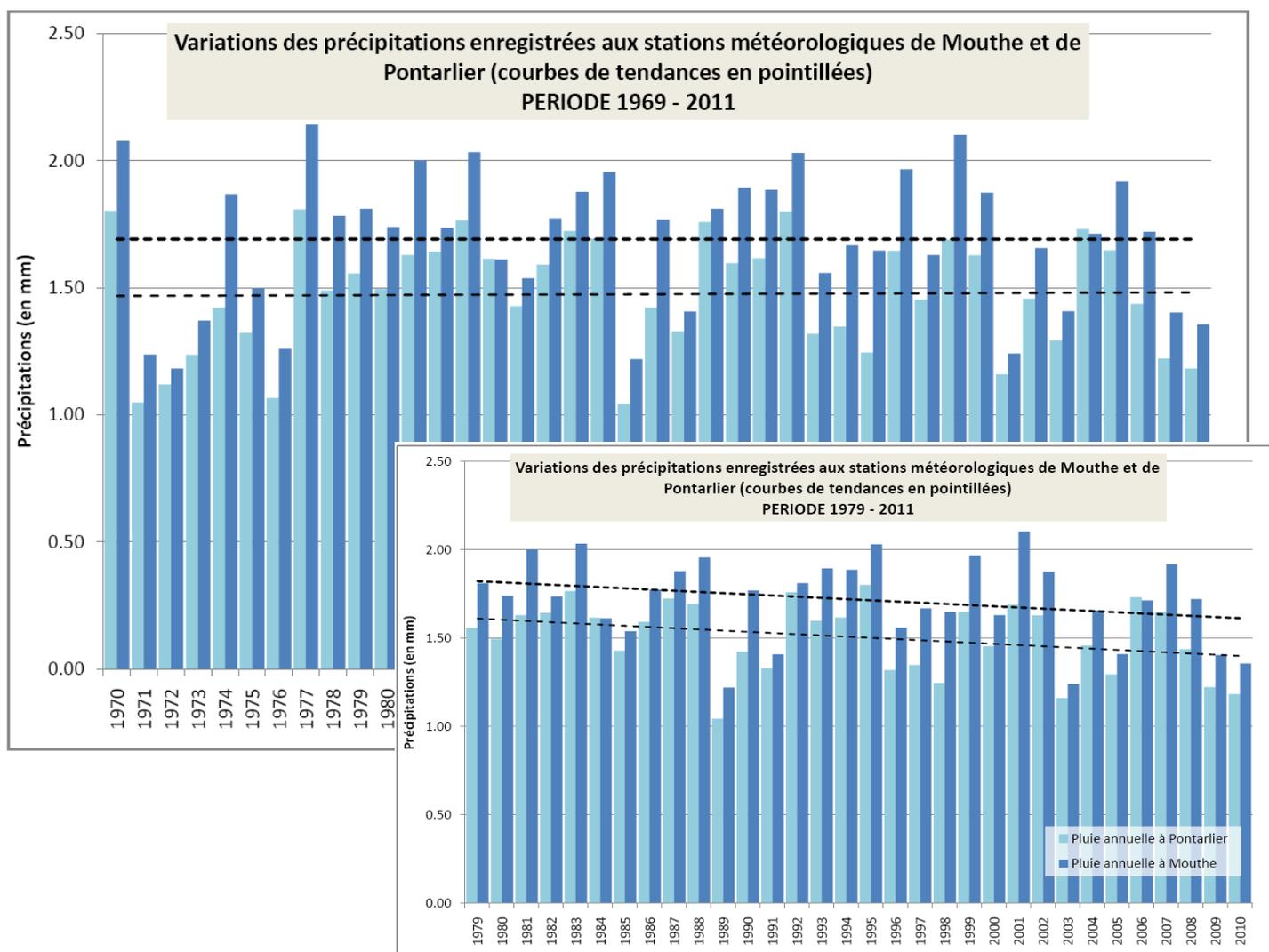
2.1 Volet météorologique : Variabilité des précipitations annuelles, périodes 1970 – 2010 et 1980 – 2010

Entre les années pluvieuses et les années sèches, la hauteur des précipitations sur la région (haute Chaîne ou plateau) est comprise entre 0.7 et 1.2 fois la pluie moyenne interannuelle (déficits pluviométriques plus prononcés que les surplus).

Les années les plus sèches de ces 40 dernières années sont dans l'ordre 1972, 1989, 1971, 2003, 1976, 2010, 1973 puis 2009 (années où le déficit des précipitations dépasse 20% - la décennie 1970 est la plus représentée). Les années les plus arrosées sont respectivement 1977, 2001, 1970, 1983, et 1995 (surplus supérieur à 15%).

Sur la période 1970 - 2011, la hauteur des précipitations annuelles mesurées aux stations de Mouthe et de Pontarlier est constante. Ce n'est pas le cas si l'on zoome sur la période 1979 - 2011 en raison d'un déséquilibre entre une première partie de période plus arrosée (absence d'années sèches entre 1977 et 1989), et une succession d'années sèches depuis 15 ans.

La baisse du cumul des précipitations annuelles de ces 40 dernières années dans le Haut Doubs est devenue plus sévère depuis 15 ans



2.2 Volet hydrologique : Débits annuels du Doubs et de ses affluents Bief Rouge et Drugeon

Part des précipitations ruisselées dans le sous-bassin Haut Doubs, et effets des pertes du Doubs sur les écoulements annuels :

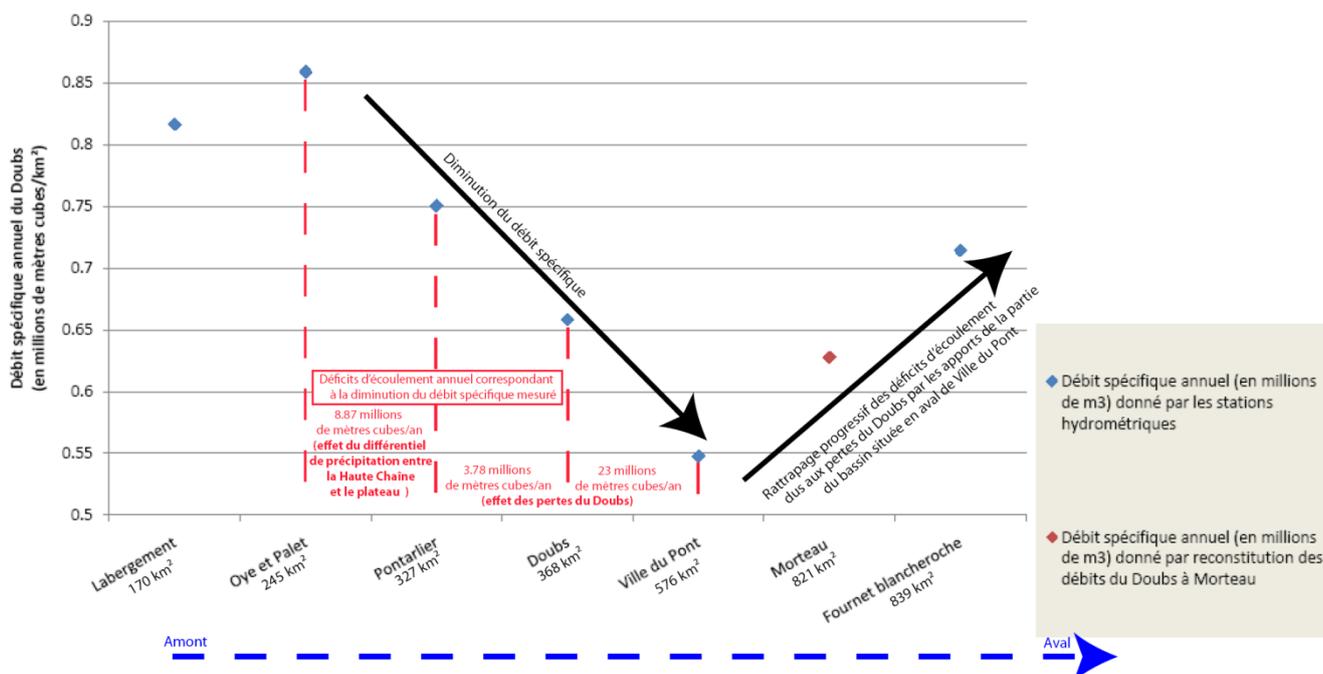
Aux stations hydrologiques situées en amont des pertes du Doubs, le débit spécifique moyen interannuel est compris entre 0.8 et 0.9 millions de mètres cubes par kilomètre carré. C'est 48% de la pluie reçue (hauteur annuelle moyenne des précipitations : 1.77 m).

L'accentuation des précipitations sur les reliefs n'explique pas à elle seule l'augmentation du débit spécifique mesurée à la source du Doubs, son bassin d'alimentation, mal délimité dans le Risoux, est sous-estimé (extension réelle du bassin probablement supérieure à 60 km²).

Au niveau de Pontarlier, l'écoulement spécifique annuel de 0.78 millions de mètres cubes correspond toujours, en raison de la variation des précipitations par rapport à la Haute Chaîne, à approximativement la moitié de la pluie (hauteur annuelle moyenne : 1.55 m). Les pertes existantes en amont¹ de Pontarlier n'ont donc pas d'effet sensible sur les écoulements annuels du Doubs.

Ce n'est pas le cas pour les stations situées à l'aval, où les pertes par infiltration d'eau dans le sous-sol abaissent graduellement les débits annuels du Doubs par surface unitaire de bassin, ce qui correspond à un déficit brut d'écoulement de 3.78 millions de mètres cubes par année à Doubs (-10%), et de 23 millions de mètres cubes par année à Ville du Pont (-23%).

Evolution des débits spécifiques du linéaire du Doubs en amont de Morteau



¹ Responsables entre autre des assècs sur la Morte

Stations ¹	Superficie du bassin	Moyenne interannuelle	Maximum	Minimum
		<i>Débits en millions de mètres cubes par an</i>		
<i>Hauteur des précipitations enregistrées à la source du Doubs</i>		<i>1.73 m</i>	<i>2.1 m (2001)</i>	<i>1.22 m (1989)</i>
Mouthe	48.5 km ²	57.3 1.18 x10 ⁶ m ³ /km ²	69.4 (1987)	36.2 (1989)
Labergement Sainte-Marie	170 km ²	145.3 0.85 x10 ⁶ m ³ /km ²	181.3 (1995)	78.3 (1989)
Oye et Pallet	245 km ²	218.3 0.89 x10 ⁶ m ³ /km ²	281.9 (1999)	122.9 (2003)
<i>Hauteur des précipitations enregistrées à Pontarlier</i>		<i>1.51 m</i>	<i>1.8 m (1995)</i>	<i>1.04 m (1989)</i>
Pontarlier	327 km ²	256.3 0.78 x10 ⁶ m ³ /km ²	338.7 (1983)	143.8 (1989)
Doubs	368 km ²	258.9 0.70 x10 ⁶ m ³ /km ²	344.7 (1995)	134.9 (1989)
Ville du Pont	576 km ²	344.7 0.6 x10 ⁶ m ³ /km ²	456.8 (1983)	158.6 (1989)
Drugeon à Bonnevaux²	35.5 km ²	37.6 1.06 x10 ⁶ m ³ /km ²	49.7 (1999)	26.02 (2003)
Drugeon à Vuillecin	191 km ²	101 0.52 x10 ⁶ m ³ /km ²	129.4 (1995)	59.3 (1989)

¹ Stations pour lesquelles les débits sont enregistrés depuis au moins 15 ans

² Disponibilité des données depuis 1996

Une baisse apparente des écoulements sur la période 1979 - 2010 qui est en partie liée à la diminution des précipitations sur la même période :

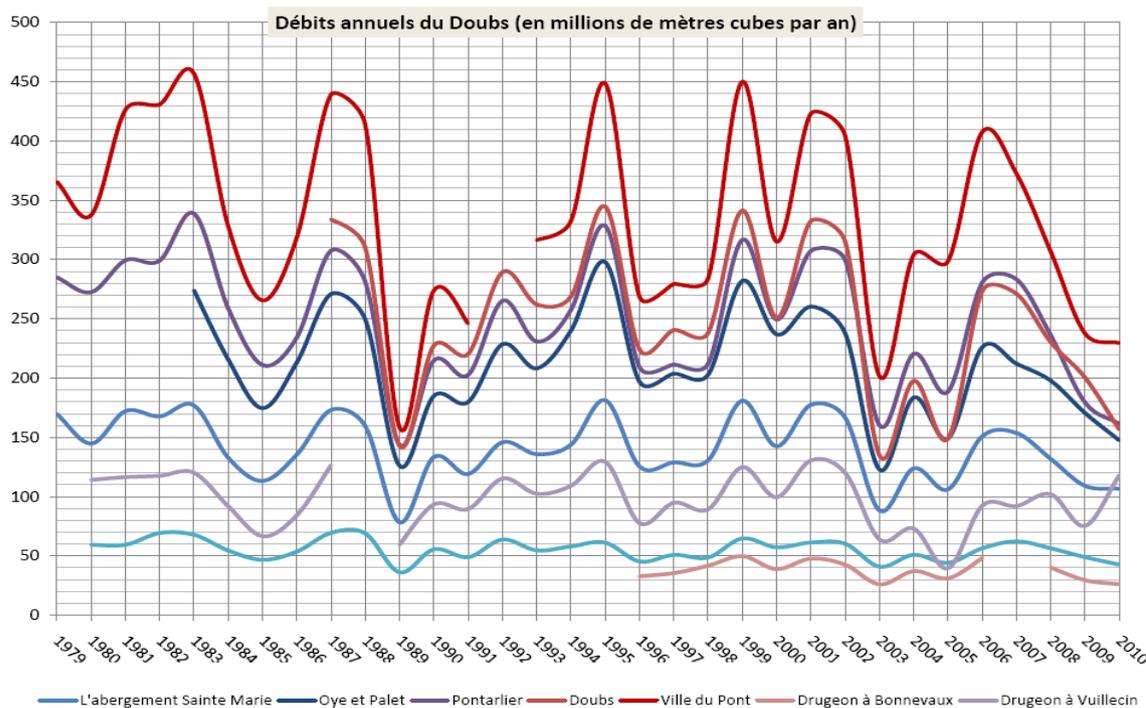
Comme pour les précipitations sur la période 1979 - 2010, les courbes des débits annuels du Doubs indiquent une baisse régulière des écoulements depuis 30 ans. Les débits annuels du Doubs étant corrélés aux cumuls de pluie, cette évolution¹ des écoulements du Doubs ne serait pas aussi marquée sur la période 1970-2010.

Pour partie au moins, cette variation est lié à la séquence de mesure où il est constaté un déséquilibre des précipitations entre le début et la fin de cette période, avec à un cycle humide dans la décennie 1980, et une période avec des précipitations moins importantes depuis. Cette période sèche n'est pas exceptionnelle, elle peut être comparée à la période 1970-1977.

Paramètre		Evolution 1979 - 2011
Précipitations mesurées à	Mouthe	- 11.1 %
	Pontarlier	- 12.5 %
Débits annuels du Doubs à	Mouthe	- 16.7 %
	Labergement Saint Marie	- 13.3 %
	Oye et Pallet	- 20.8 %
	Pontarlier	- 21.4 %
	Ville du pont	- 18.9 %

A partir de Oye et Pallet, la diminution du débit annuel n'est plus proportionnelle à celle des précipitations. La diminution des débits annuels est double (autour de 20%) comparée au déficit de pluviosité (de l'ordre de 12%).

L'effet des pertes du Doubs, qui sont plus sensibles les années sèches peut expliquer ces évolutions (ces pertes amplifient l'effet des pluies observées depuis 15 ans).

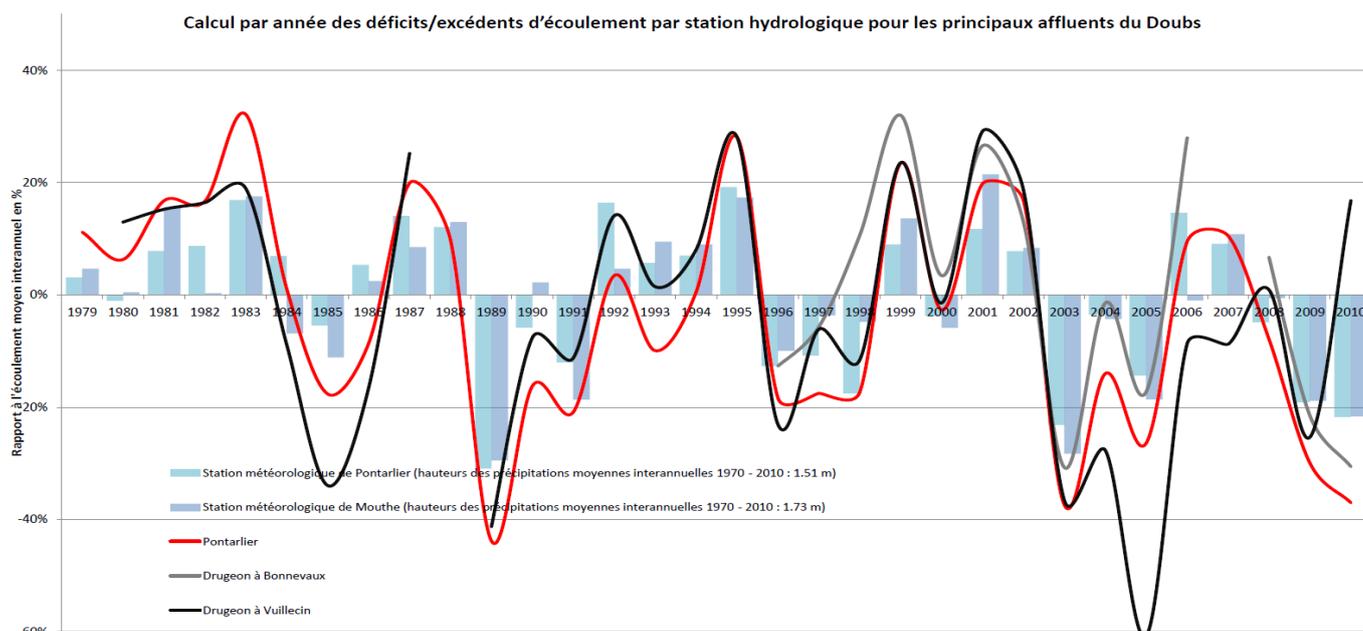
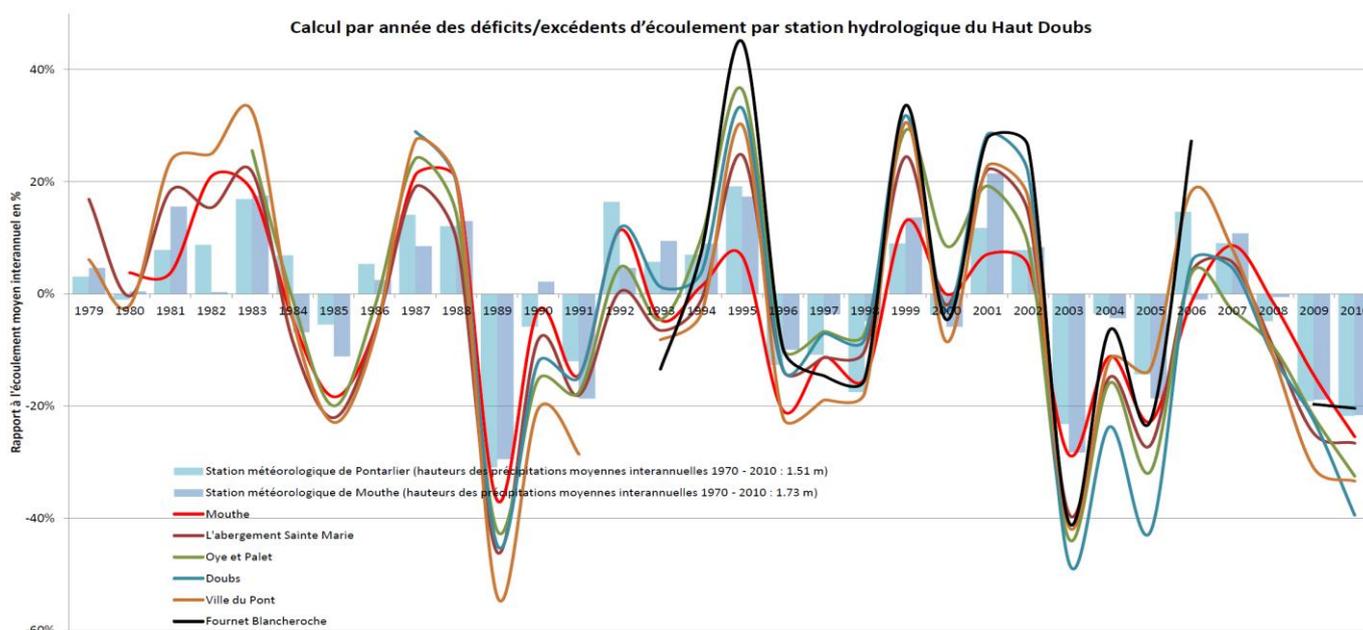


¹ Non vérifiable en raison de l'absence de mesure des débits, ou de la mauvaise fiabilité des données existantes

Identification de différentes périodes sèches à l'échelle de la période étudiée :

Deux années¹ particulièrement sèches marquent ces 30 dernières années : 1989 et 2003, avec des déficits pluviométriques supérieurs à 20% par rapport à la moyenne interannuelle. Ces deux années, les déficits d'écoulement annuels constatés dans le Doubs peuvent être de 60 % (amplification des déficits pluviométriques). Pour une majorité des stations hydrométriques, c'est en 1989 que les déficits d'écoulements ont été les plus importants.

L'année 1989 est la première année d'une période de sécheresse qui s'étend jusqu'en 1994. La seconde période sèche commence en 2003 et se poursuit encore en 2011, interrompue par deux années légèrement plus arrosée en 2006 et 2007 (en raison principalement d'été humides). Pour cette seconde période, les déficits de pluie et d'écoulements sont moins marqués, mais cet épisode est beaucoup plus long (8 années consécutives).



¹ Rappel, ces sont les deux années avec les déficits de précipitation les plus importants de ces 3 dernières décennies, mais seulement les 2^{ème} et les 4^{ème} années les moins arrosées depuis 40 ans

Une amplification généralisée des variations de pluviométrie au niveau des débits du Doubs, accentuée dans le sens amont aval :

Les débits annuels du Doubs et de ses affluents sont directement liés aux précipitations, avec amplification de la situation : par rapport aux variations des pluies, les déficits ou excédents d'écoulement d'une année sont toujours plus importants, allant jusqu'à doubler pour les stations les plus en aval.

Il ne s'écoule dans les cours d'eau au niveau de Ville du Pont, Doubs et Vuillecin pour les années les plus sèches, moins de la moitié de son débit moyen interannuel.

Le caractère sec d'une année n'est donc pas amorti par le réseau hydrographique, qui ne dispose pas de capacités de stockage/restitution interannuel de l'eau. Au contraire, l'effet des pertes du Doubs, qui sont proportionnellement plus importantes les années sèches, est d'accentuer les déficits d'écoulements dans le réseau hydrographique (Doubs et Drugeon).

2.3 Sévérité des étiages dans le bassin hydrologique du Haut Doubs

RAPPEL : Pour le Haut Doubs, seule la source du Doubs a fait l'objet d'une définition empirique des débits d'alerte, et de crise renforcée.

Débit d'Alerte du Doubs à Mouthe : $0.36 \text{ m}^3/\text{s}$ ($1.6 \times \text{le } Q_{mna5}$)

Débit de crise renforcée du Doubs à Mouthe : $0.180 \text{ m}^3/\text{s}$ ($1.5 \times \text{le } VCN10 (5)$)

Les tableaux des pages suivantes donnent par année le nombre de jours où le débit des cours d'eau (Doubs et Drugeon) a été inférieur aux valeurs de VCN3 (5) et de Q_{mna5} . Ce tableau est issu des courbes de débits classés annuels présentées en annexe.

La durée des étiages¹ se corrèle avec les années en déficit de pluie et d'écoulement :

- Pour toutes les stations qui ne sont pas sous l'influence du lac de Saint Point², c'est en 1989 que l'étiage a été le plus long de ces trente dernières années, avec des écoulements dans les cours d'eau inférieurs au Q_{mna5} durant 3 à 4 mois, et inférieurs au VCN3 jusqu'à plus de 2 mois.
- L'étiage 2003, pourtant marquant, a été long sans que sa durée ne soit exceptionnelle. Le déficit des pluies sur la Haute Chaîne (13%) a été moins sensible cette année que sur les plateaux (18% de précipitations en moins). Ceci explique que cet étiage ait été plus ressenti sur le Drugeon, dont une part plus importante de l'alimentation provient du plateau (Nappe de l'Arlier, bassin du Lothaud et des Etangs de Frasne).

Pour le secteur des pertes du Doubs (Pontarlier - Ville du Pont), ce sont en 2009 et en 2010 que les étiages ont été les plus longs, sans être les plus sévères (débits maintenus au-dessus du VCN3 (5)).

A l'aval de Doubs (station Ville du Pont), alors que les débits du Doubs ont été tous les ans (à l'exception de l'année 1982), inférieurs à son Q_{mna5} plusieurs jours avant 1993, celui-ci n'a été atteint qu'en 1999, 2009 et 2010 depuis. La même évolution apparaît sur les VCN3 (5).

Ceci montre entre autre l'effet des aménagements réalisés sur les grosses pertes situées entre Arçon et Ville du Pont (busage des pertes).

¹ Et dans une moindre mesure leur intensité. Même si l'intensité d'un étiage n'est pas la même chose que sa durée, ces deux notions sont tout de même corrélées, Cf. courbes des débits classés annuels en annexe.

² En 1989, le niveau du lac de Saint Point a été abaissé jusqu'à la cote 848.40 m (Source : A. Rousselet), soit le destockage moyen de $0.5 \text{ m}^3/\text{s}$ sur la durée des 4 mois de l'étiage 1989

A Oye et Pallet, alors que le débit du Doubs passait sous son VCN10 approximativement 1 année sur 3 dans la décennie 80 (pourtant plus arrosée), cela n'a été le cas qu'en 2002 et 2008 depuis. Cette évolution est à rapprocher de la gestion du barrage du lac avec déstockage d'eau en étiage sévère¹.

Au niveau de Ville du Pont, ces déstockages s'ajoutent à l'effet du busage des pertes.

Station	Mouthe		Labergement Sainte-Marie	Oye et Pallet	Pontarlier	Doubs	Ville du Pont	Morteau (débits reconstitués)	Drueon Bonnevaux	Drueon Vuillecin
VCN3 _s	0.11	<i>DCR</i> <i>0.18</i>	0.23	0.87	0.62	0.56	0.31	0.56	0.008	0.22
	Nombre de jour inférieur au VCN 10 _s									
1979	0	0	0		36		75			0
1980	0	12	0		0		47	0		0
1981	10	16	0		0		40	0		0
1982	0	0	0		0		1	0		0
1983	5	36	0		0		22	0		0
1984	0	15	0	28	0		2	0		0
1985	27	67	0	0	0		37	2		0
1986	0	13	0	28	0		17	0		12
1987	0	0	0	0	0		5	0		0
1988	0	5	0	0	0		38	0		0
1989	49	103	27	0	0		92	44		49
1990	14	42	0	27	0		58	19		6
1991	28	52	10	9	0		81	33		0
1992	0	5	0	0	0	0	62	0		0
1993	0	0	0	0	0	26	25	0		0
1994	0	8	0	17	0	5	2	0		0
1995	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
1996	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1997	0	0	0	0	0	8	1	0	0	0
1998	0	14	0	0	0	0	0	0	0	0
1999	0	10	0	0	0	0	7	0	0	0
2000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2003	3	33	15	0	0	32	5	1	6	77
2004	0	9	0	8	0	0	0	0	0	11
2005	0	1	0	0	0	0	0	0	0	25
2006	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2007	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2008	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2009	3	38	0	0	0	0	18	25	33	0
2010	0	36	0	9	57	0	14	0	0	0

Légende :

	Etiages particulièrement marqués (débit inférieur au VCN3 ₍₅₎ plus de 20 jours)
	Etiages marqués (débit inférieur au VCN3 ₍₅₎ plus de 10 jours)
	Absence d'étiage (débit supérieur au VCN3 ₍₅₎ toute l'année)

Chiffres en gras et en rouge : années pour lesquelles les enregistrements sont incomplets. La durée de l'étiage peut y être sous-estimée.

¹ Ex. (Notes A. Rousselet) : 2003, vannes ouvertes du 15 juin au 10 octobre, 15 et 10 cm dans un premier temps, puis réduction à 5 et 10 cm le 27 juillet

2005 : ouverture des 2 vannes de 5 cm le 26 juillet

2009 : ouverture d'une vanne à 7 cm le 24 août

2011 : ouverture vanne gauche de 10 cm le 9 mai, réduite à 7.5 cm le 17 mai (vanne droite désormais bloquée [inutilisable])

Etudes de détermination des volumes prélevables dans le sous-bassin du Haut-Doubs
Rapport d'étape - PHASE III, Quantification des ressources existantes et Impact des prélèvements

Station	Mouthe		Labergement Sainte-Marie	Oye et Pallet	Pontarlier	Doubs	Ville du Pont	Morteau (débits reconstitués)	Drugeon Bonnevaux	Drugeon Vuillecin
	0.24	Débit d'alerte 0.36								
Qmna5 (en m3/s)			0.54	1.2	1.1	0.95	0.26	1.05	0.066	0.37
	Nombre de jour inférieur au Qmna5									
1979	3	6	25		72		74			5
1980	37	79	0		0		45	10		0
1981	41	75	10		11		37	15		0
1982	3	24	2		1		0	0		0
1983	60	101	6		0		20	11		8
1984	40	100	9		0		1	0		24
1985	89	145	49	42	35		35	37		48
1986	53	88	65	22	0		7	29		57
1987	5	47	17	46	0		3	6		0
1988	36	76	7	0	16		34	1		0
1989	146	178	132	6	69		76	111		111
1990	79	119	73	12	34		56	50		43
1991	67	108	69	93	0		79	59		15
1992	17	58	19	32	0	19	55	47		0
1993	10	51	27	4	25	33	18	0		17
1994	29	88	17	1	1	7	0	8		14
1995	19	77	8	30	0	0	0	0	0	8
1996	42	122	0	1	5	4	0	0	27	7
1997	0	80	9	0	12	16	0	0	37	39
1998	33	84	20	0	61	21	0	3	9	63
1999	21	48	22	10	0	0	1	16	14	24
2000	2	39	3	27	7	0	0	0	0	0
2001	1	45	0	0	0	0	0	0	0	0
2002	22	81	27	16	4	42	0	0	8	0
2003	55	81	64	0	33	100	0	30	72	95
2004	37	77	32	1	0	41	0	5	28	58
2005	29	94	14	53	0	6	0	0	19	115
2006	25	60	5	0	0	0	0	0	16	2
2007	17	41	27	28	0	0	0	21	2	1
2008	0	25	0	0	0	0	0	0	5	0
2009	20	98	67	0	57	0	10	59	120	60
2010	11	116	17	0	102	0	4	7	27	0

Légende :

	Etiages particulièrement longs (débit inférieur au Qmna ₅ plus de 100 jours)
	Etiages longs (débit inférieur au Qmna ₅ plus de 2 mois)
	Absence d'étiage (débit supérieur au Qmna ₅ toute l'année)

Chiffres en gras et en rouge : années pour lesquelles les enregistrements sont incomplets. La durée de l'étiage peut y être sous-estimée.

3. Analyse des spécificités hydrologiques de chaque tronçon, et reconstitution des débits d'étiage non influencés

Méthode de reconstitution des débits non influencés au niveau de chaque station hydrologique :

La précédente étape de cette étude de détermination des volumes prélevables dans le sous-bassin du Haut Doubs a consisté à inventorier de manière exhaustive les prélèvements et restitutions d'eau effectués dans le bassin, et leurs variations saisonnières.

Sauf au niveau du Tronçon N°3, les prélèvements consistent à la dérivation de sources, ou au prélèvement d'eau direct dans les eaux superficielles (prises d'eau dans le lac de Saint Point). Ils ont donc une incidence quantitative directe sur les cours d'eau. Les débits non influencés par ces prélèvements ont donc été reconstitués en rajoutant au niveau des stations hydrométriques les volumes prélevés en amont (exprimés en L/s).

Lorsqu'une partie des prélèvements est restituée en amont de la station hydrométrique (rejet d'eaux usées, fuites réseaux...) ils ont été déduits du volume prélevé, les débits de prélèvements utilisés pour évaluer leur impact sur l'hydrologie du haut Doubs étant tous des prélèvements nets (prélèvements réels - volumes restitués).

Contrairement au reste du bassin, les prélèvements dans le tronçon N°3 consistent en majorité à une exploitation d'un aquifère souterrain, la nappe de l'Arlier. Il s'agit d'un système aquifère superficiel. Cette dernière est en relation étroite avec le Dugeon, dont elle soutient les débits en étiage (d'après thèse Gaubi¹). Les cartes piézométriques de cette nappe montrent d'ailleurs l'effet des prélèvements importants qui détournent une partie de l'écoulement souterrain de l'eau².

Nous avons donc considéré que les prélèvements dans cet aquifère agissent comme un détournement d'une partie de l'écoulement de la nappe qui sans prélèvement alimenterait le réseau hydrographique en le prenant en compte selon les mêmes modalités que les prélèvements aux sources ou dans les eaux superficielles.

L'effet de ces prélèvements dans le tronçon N°3 n'agit que sur le Dugeon, la nappe de l'Arlier n'étant pas en communication avec le Doubs. Ils n'ont donc été pris en compte que pour la reconstitution des débits non influencés du Dugeon à Vuillecin.

L'incidence des prélèvements a consisté à évaluer le nombre de jours pour lesquels le débit des cours d'eau passe sous le niveau de l'étiage de référence Q_{mna}^5 . Les nombres de jours indiqués pour chacune des stations correspondent à des moyennes interannuelles, que nous avons déclinées en saisons biologiques :

- Hiver - période novembre à février correspondant au frai des salmonidés dans les cours d'eau, et du corégone dans le lac de Saint Point (code couleur bleu)
- Printemps - période mars à mai, lorsque fraient les cyprinidés d'eau vive (code couleur vert).
- Eté - période juin - juillet qui correspond au frai des cyprinidés de lac (code couleur rouge).
- Et l'automne - période août à octobre où les exigences de la faune halieutique sont moindres (code couleur marron).

¹ Hydrodynamique, transport de polluants et modélisation en milieu fluvio-glaciaire (Application à la nappe alluviale de la plaine de Pontarlier), Elyès GAUBI - 1993

² Les prélèvements dans la nappe de l'Arlier déforment les lignes isopièzes, entraînant un ralentissement des écoulements dans la nappe en direction du Dugeon

3.1 Tronçon N°1 : le Doubs et ses affluents Cébriot et Bief Rouge en amont de Labergement Sainte Marie

3.1.1 Bilan des volumes prélevés : un déficit d'écoulement moyen de 8 L/s en sortie de tronçon à Labergement Sainte Marie

Le tableau ci-dessous rappelle le bilan des prélèvements dans le sous-bassin Haut Doubs en amont de Labergement Sainte Marie. En tenant compte des volumes restitués après usage, le bilan moyen interannuel¹ des prélèvements dans ce tronçon est la soustraction de 253 052 m³ d'eau par an au milieu naturel.

A part le prélèvement dans le Lac des Pontets par le syndicat des eaux des Combes Dernier, et celui du puits du Bief Rouge, l'ensemble de ces prélèvements proviennent du captage de sources. Ces prélèvements consistent donc à détourner du milieu naturel en moyenne 693 m³/jour d'eau, correspondant selon les années depuis 1997 à un débit continu compris entre 7.2 et 9.2 L/s (moyenne interannuelle : de 8.02 L/s).

		Prélèvements annuels ² (en m ³)	Volumes restitués au milieu naturel après usage ³ (m ³ /an)
Tronçon N°1			
M.O Publique	Prélèvements des collectivités	526256	
	<i>Max. Min.</i>	<i>[475000 – 603000]</i>	
	Prélèvements A.E.P non renseignés estimés	115000	
	rejet eaux domestiques		61601
	fuites réseau + Rejets autres usages (industriels/laiteries)		55712
	Rejet eaux domestiques provenant d'une importation d'eau		3084
	Fuite réseau provenant d'une importation d'eau		5902
(MO Privée)	Rejet eaux domestiques prélevées en majorité ou totalement dans le tronçon N°2		117780
	Importation d'eau depuis le tronçon N°2 (fuites + autres usages)		144125
	Prélèvements industriels	Absence	
Bilan du tronçon		641256	388204
		-253052	m³/an
	Total	-8.02	L/s [7.2 - 9.2]⁴
<i>Rappel de la valeur de VCN3 (5) du Doubs à Labergement Saint Marie : 230 L/s</i>			

Dans le bassin du Cébriot, il n'existe pas de rejets, les eaux usées des communes de Chatelblanc, Chaux Neuve et Petite Chaux étant emmenées à la station de traitement de Mouthe. L'importation d'eau pour la desserte en eau du village de Chatelblanc ne compense par conséquent pas totalement les prélèvements des communes de Petite Chaux et de Chaux Neuve, qui provoquent un déficit moyen d'écoulement dans le Cébriot de 0.7 L/s.

Dans le bassin du Bief Rouge, l'incidence des prélèvements sur le débit du ruisseau correspond à un déficit moyen d'écoulement de 5.8 L/s.

¹ Période 1997 - 2010

² Source : Phase 2 de l'étude, état annexé au rapport « Bilan des prélèvements »

³ Source : Phase 2 de l'étude, état annexé au rapport « Bilan de la distribution publique de l'eau »

⁴ Encadrement de la valeur moyenne estimée d'après les variations mesurées des prélèvements

3.1.2 Variations saisonnières et évolution attendue des besoins en eau des communes desservies par les prélèvements dans le tronçon N°1 : un doublement des besoins en eau en hivers

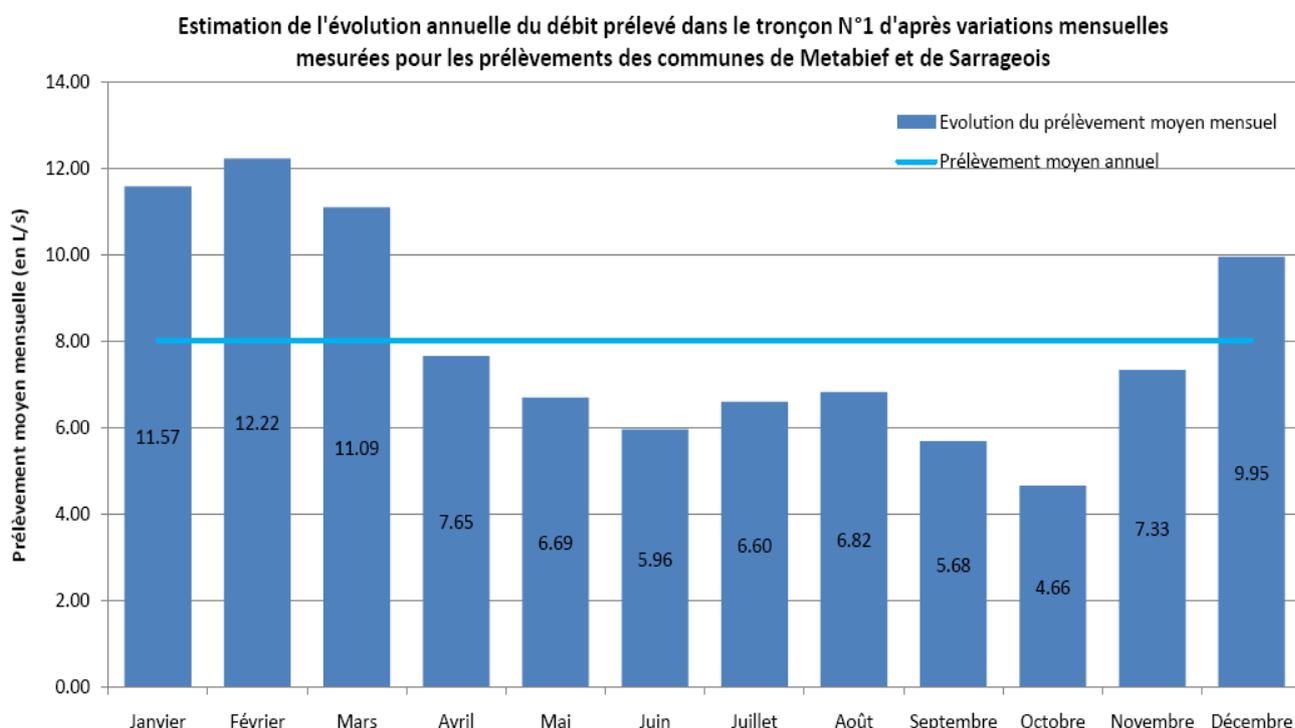
Variations saisonnières des prélèvements :

L'enquête auprès des maîtres d'ouvrage des prélèvements a mis en évidence une augmentation des besoins en eau des collectivités en hiver, effet conjugué de la présence du bétail dans les étables, et de l'augmentation de la population liée au tourisme de sport d'hiver.

Cette augmentation peut être de près de 50% (observée à Sarrageois), voire 67 % pour la commune de Métabief où est prise en compte la production de neige de culture. C'est donc plus de 1000 m³/jour qu'il peut être prélevé dans ce tronçon N°1 en période hivernale, ce qui correspond à une moyenne¹ horaire de 12 L/s.

Pour le Cébriot et le Bief Rouge, la prise en compte ces prélèvements supplémentaires en hiver peuvent donc atteindre respectivement 0.95 et 8 L/s (+0.25 L/s et + 2.2 L/s).

En admettant que les variations mensuelles des prélèvements des communes de Sarrageois et de Métabief soit transposables à l'ensemble des préleveurs existants dans ce tronçon, les variations mensuelles des débits prélevés dans le tronçon N°1 sont indiquées dans le graphe ci-dessous :



¹ A noter que les prélèvements dans ce tronçon depuis 10 ans ont sensiblement varié, le maximum annuel observé (603000 m³) représentant un débit moyen de 20 L/s, supérieur aux variations saisonnières

Evolution attendue des besoins :

Concernant l'évolution des besoins en eau, ceux-ci sont plutôt stables depuis 10 ans, malgré une augmentation de la population (probablement en raison d'une diminution des fuites sur les réseaux).

L'augmentation attendue de la population à l'horizon 2027 ferait augmenter de 8% les besoins en eau dans ce tronçon (moins de 1 L/s en moyenne-volumes consommés). Cette augmentation peut encore être compensée par la diminution des fuites sur les réseaux, celle-ci représentant encore 32% des volumes prélevés en moyenne où elles sont mesurées.

L'évolution des besoins en eau sur ce tronçon sera donc considérée comme non sensible.

Production de neige :

Estimée entre 28 000 et 38 000 m³/an répartis sur 2 à 3 mois (0 à 90 jours), les besoins d'eau estimés pour la production de neige ne sont pas négligeables. Le volume détourné pour cet usage serait alors de l'ordre de 4.2 L/s en moyenne (augmentation de 50% de l'impact des prélèvements actuels). Les conditions météorologiques n'étant pas toujours favorables à la production de neige, cette production répartie sur 50% de la saison donne des besoins en eau au moins équivalents aux prélèvements A.E.P (augmentation de 100% des prélèvements actuels en période de pointe¹).

Un projet de retenue colinéaire situé hors bassin Haut Doubs² doit dans les prochaines années se substituer au prélèvement actuel de la station de Métabief dans le bassin du Bief Rouge. Ce prélèvement déphasé par rapport aux besoins pour la production de neige à Métabief n'aurait alors plus d'incidence quantitative sur le Doubs.

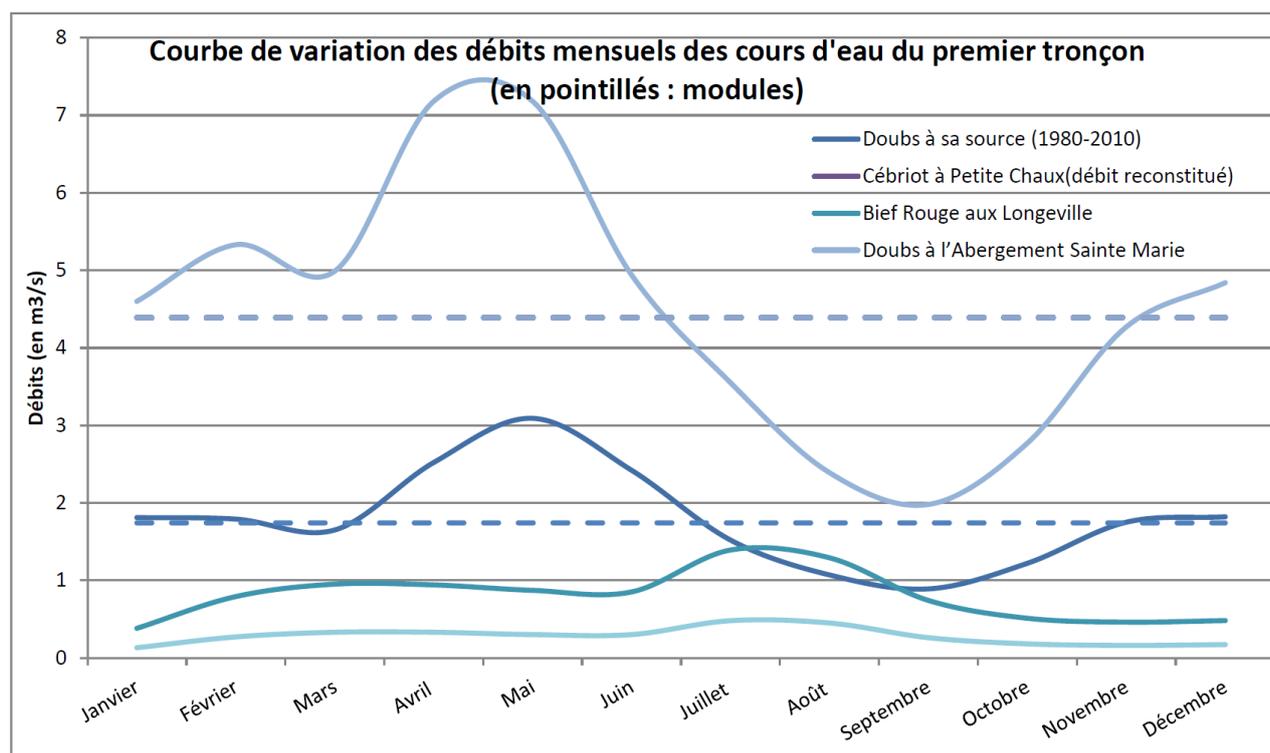
Lieu de production de neige	Volume prévisionnel annuel des besoins en eau	Débit détourné	Cours d'eau impacté
Métabief	16 000 à 26 000 m ³ /an	2.7 L/s en moyenne, soit 5.2 L/s en situation production	Doubs et Bief Rouge
Chaux Neuve (existence d'une retenue colinéaire)	Environ 6 000 m ³ /an	0.7 L/s en moyenne, soit 1.4 L/s en situation de production	Doubs et Cebriot
Mouthe	Environ 6 000 m ³ /an	0.7 L/s en moyenne, soit 1.4 L/s en situation de production	Doubs
Total prélèvement pour le Cébriot		1.4 L/s	
Total prélèvement pour le Bief Rouge		4.2 L/s	
Total prélèvement pour le Doubs à la station de Labergement Sainte Marie		8 L/s	

¹ Non compensés car la production de neige n'est possible qu'en période de froid, lorsque la fonte de la neige est minimum et les eaux de surface figées (période d'étiage du Cébriot et du Bief Rouge).

² Dans le bassin de la Jougna, affluent du lac de Joux

3.1.3 Moyenne mensuelle interannuelle des débits du Doubs et de ses affluents dans le tronçon N°1 : mise en évidence du régime nival du Cébriot et du Bief Rouge (étiage en hiver)

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
	Débits moyens mensuels des cours d'eau (en m ³ /s)											
Doubs à sa source (1980-2010)	1.81	1.79	1.65	2.52	3.09	2.42	1.52	1.07	0.89	1.22	1.75	1.82
Cébriot à Petite Chauz (débits reconstitués)	0.13	0.27	0.33	0.33	0.30	0.30	0.48	0.45	0.26	0.18	0.16	0.17
Bief Rouge aux Longeville (1998-2010)	0.38	0.79	0.95	0.94	0.87	0.85	1.39	1.29	0.74	0.51	0.46	0.48
Doubs à Labergement Sainte Marie (1979-2010)	4.60	5.33	4.99	7.18	7.18	4.94	3.55	2.39	1.98	2.77	4.27	4.84



Dans ce tronçon, le débit du Doubs présente un régime pluvio-nival type, avec un étiage d'été, et un petit étiage en hiver.

Le Bief Rouge présente lui un régime nival (étiage le plus sévère en hiver), avec des variations de débit au cours de l'année très limitées. Les prélèvements pour la production de neige sont donc d'autant plus sensibles sur ce cours d'eau (et le Cébriot) qu'ils vont intervenir lors des périodes froides sans précipitations, et qui correspondent aux étiages maximums des cours d'eau (Cf. estimation des variations mensuelles des prélèvements page 24).

3.1.4 Importance, durée et fréquence des étiages du Cébriot : le détournement d'eau, même mineur, pour la production de neige potentiellement impactant car simultané des étiages

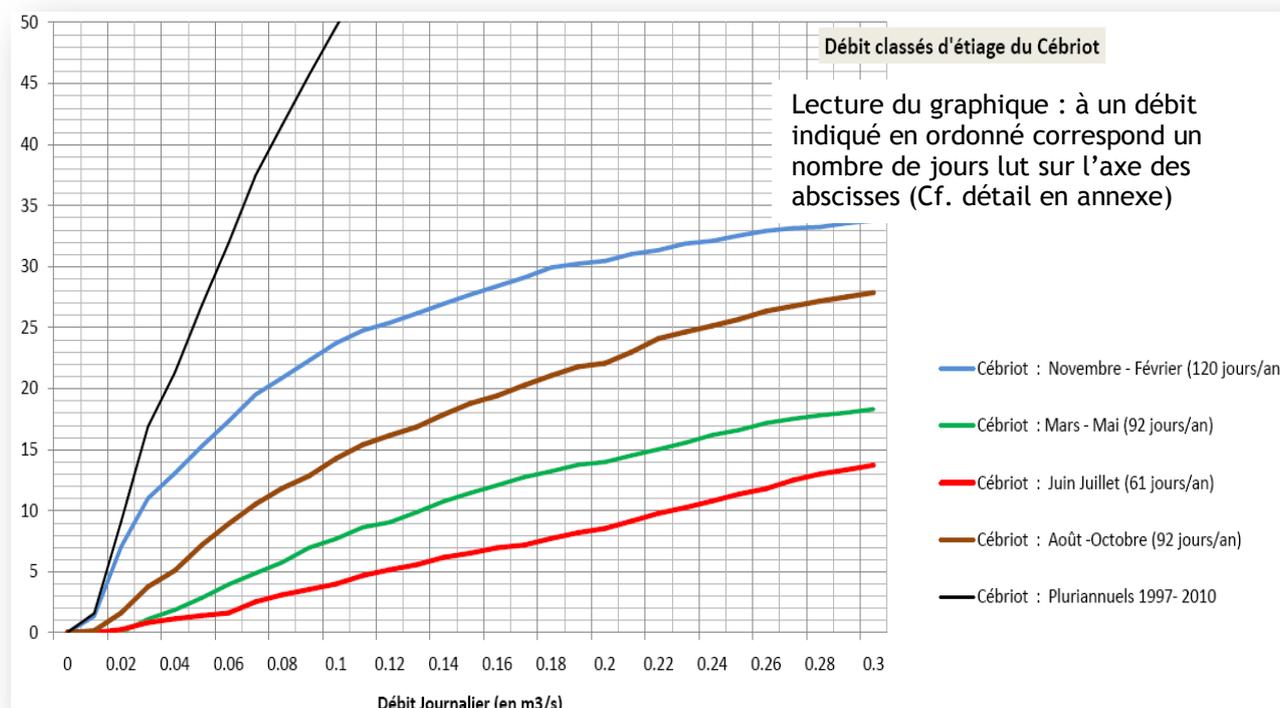
Etiages du Cébriot au niveau de la station DMB de Petite Chaux		
Période	Minimums observés / fréquence statistique	Débit observé moins de 10 jours par an
Hiver (novembre - janvier)	10 L/s (+/- 5 L/s) moins de 2 jours /an	<40 L/s
Printemps (Mars – mai)	30 L/s (+/- 5 L/s) moins de 2 jours /an	<130 L/s
Été (Juin-Juillet)	30 L/s (+/- 5 L/s) moins de 2 jours /an	<220 L/s
Automne (Août Octobre)	20 L/s (+/- 5 L/s) moins de 3 jours /an	<70 L/s

Reconstitution des débits non influencés du Cébriot :

Les prélèvements actuels étant inférieurs à 10% des débits minimums du Cébriot, ils ne modifient pas la fréquence et l'intensité de ses étiages. Le débit actuel observé dans le Cébriot est donc peu différent de son débit non influencé.

Incidence des prélèvements pour la production de neige :

La production de neige coïncide avec la période d'étiage du Cébriot. Un prélèvement estimé de 1.4 L/s (5 m³/h) pour cet usage intercepte déjà environ 12% de l'écoulement minimum dans ce ruisseau.



Importance de l'étiage de la période estivale (Juin-Juillet) visuellement sous estimée en raison de sa durée (61 jours pour 92 et 120 pour les 3 autres périodes) - La courbe pluriannuelle est la somme des 4 autres courbes

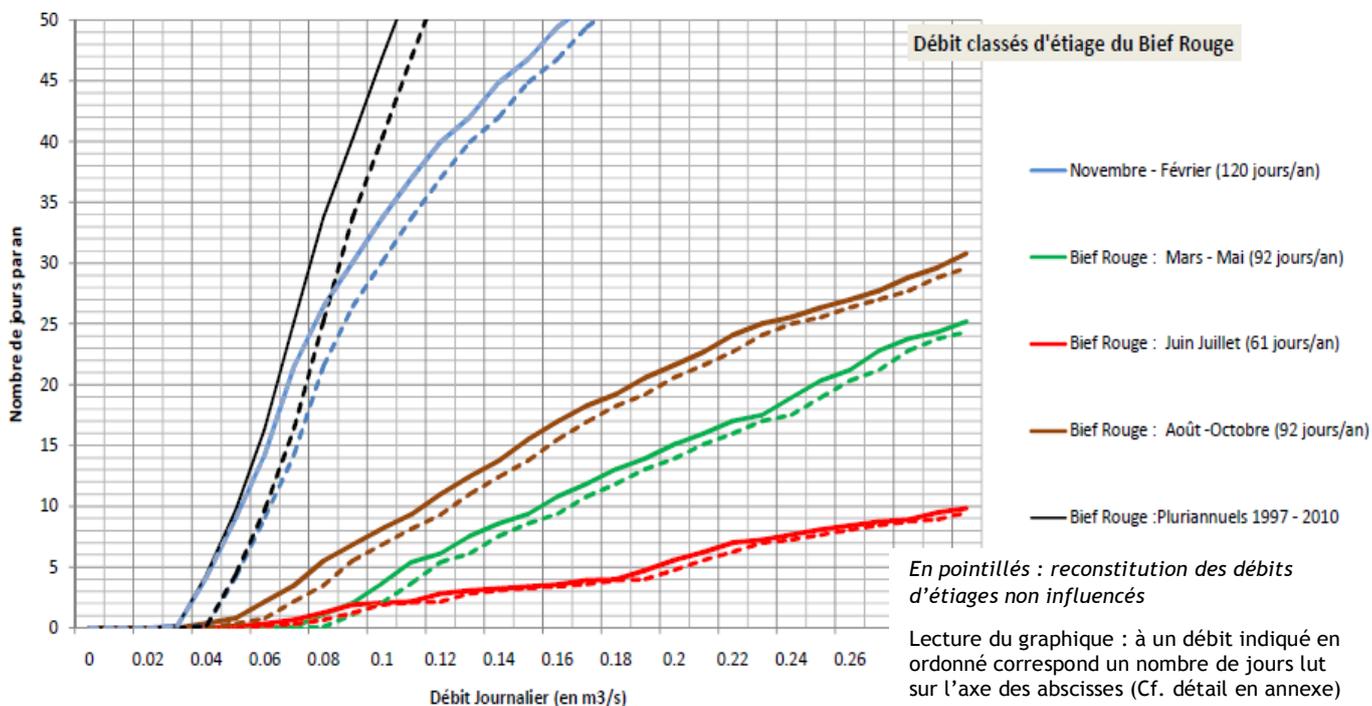
3.1.5 Importance, durée et fréquence des étiages du Bief Rouge, effet des prélèvements d'eau : le doublement de ses étiages en hiver

Etiages du Bief Rouge au niveau de la station DMB des Longevilles		
Période	Minimums observés / fréquence statistique	Débit observé moins de 10 jours par an
Hiver (novembre - janvier)	40 L/s (+/- 5 L/s) moins de 4 jours /an	<60 L/s
Printemps (Mars – mai)	80 L/s (+/- 5 L/s) moins de 2 jours /an	<160 L/s
Eté (Juin-Juillet)	70 L/s (+/- 5 L/s) moins de 2 jours /an	<290 L/s
Automne (Août Octobre)	50 L/s (+/- 5 L/s) moins de 2 jours /an	<120 L/s

Reconstitution des débits non influencés du Bief Rouge / Variations saisonnières et incidence des prélèvements pour la production de neige :

Les prélèvements actuels représentent jusqu'à 18% du débit minimum mesuré dans le Bief Rouge (33 L/s le 19 janvier 2000). Ils sont donc sensibles, faisant passer de 5 à 10 le nombre de jours par an où le débit du ruisseau est inférieur à 60 L/s (+/-5L/s). Cette fréquence est plus que doublée (3 à 7 jours) pour la période hivernale lorsque fraient les salmonidés (truite ...).

L'influence des variations saisonnières (9% du débit minimum du Bief Rouge), ainsi que l'impact d'un prélèvement de 4.2 L/s (12 % du débit minimum) d'eau supplémentaire pour la production de neige de culture est moins sensible mais non négligeable car coïncidant avec la période des plus basses eaux dans ce ruisseau, et accentuant l'effet des prélèvements actuels.



Importance de l'étiage de la période estivale (Juin-Juillet) visuellement sous estimée en raison de sa durée (61 jours pour 92 et 120 pour les 3 autres périodes) - La courbe pluriannuelle est la somme des 4 autres courbes

Le détournement d'une partie du débit du Bief Rouge par le tunnel du Mont d'Or :

- Historique (Fournier, Les eau x souterraines page 19 à 35 - 1926)

Lors du percement du Mont d'Or, le tunnel a recoupé à la base du Rauracien, à plusieurs reprises, le cours d'eau souterrain qui alimente les sources du Bief Rouge situées à 5 km de distance environ. A cet endroit, le tunnel est entre 79 et 84 m sous le niveau de ces sources.

Ces travaux ont fait tarir ces sources le 23 décembre 1912, vers 10 heures du matin suite à une irruption brusque d'eau dans le tunnel en travaux, à un débit de 1800 L/s entre 7 h et 7h30. Le débit dans le tunnel a ensuite diminué pour se stabiliser vers 1000 L/s.

Lors de la poursuite des travaux, d'autres venues d'eau en communication avec la première ont été à nouveau rencontrées (17 avril 1913, ...). Au mois d'août 1913, ce sont 4000 L/s qui s'écoulaient dans le tunnel en début de mois, puis 2400 L/s. Etant donné la pente du tunnel, l'écoulement se fait en direction de Valorbe (dérivation artificielle d'une partie du bassin du Bief Rouge).

A la fin des travaux, les diaclases par où se sont produites les venues d'eau ont été maçonnées, réduisant très sensiblement le débit s'écoulant dans le tunnel du Mont d'Or.

En 1925, avec la perte d'efficacité des colmatages, il était constaté un écoulement de 200 L/s dans le tunnel, qui provoquait l'assèchement de source autrefois pérennes.

- Débit actuel des venues d'eau dans le tunnel du Mont d'Or

Débits du tunnel du Mont d'Or

<i>Date</i>	<i>Mesure</i>	<i>Auteur</i>
<i>2003</i>	<i>101 L/s</i>	<i>Diren de Franche Comté</i>
<i>Juin 2005</i>	<i>125 L/s</i>	<i>Poyri</i>

3.1.6 Influence des prélèvements dans le tronçon N°1 sur le Doubs à Labergement Sainte Marie : des volumes négligeables comparés aux débits du Doubs

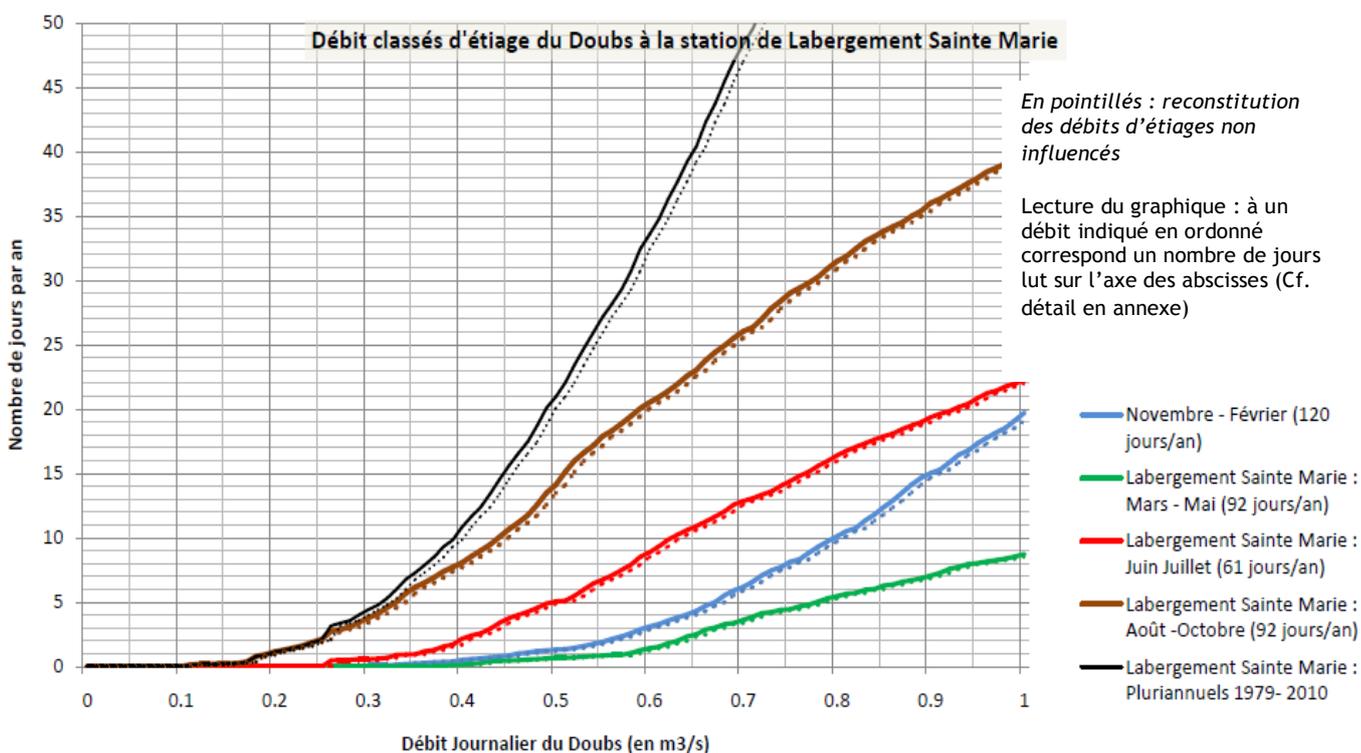
Etiages du Doubs au niveau de la station DMB de Labergement Sainte Marie

Période	Minimums observés / fréquence statistique	Nombre de jours inférieurs au VCN3 (5) (230 L/s)	Nombre de jours inférieurs au Qmna5 (540 L/s)	Débit observé moins de 10 jours par an
Hiver (novembre - janvier)	410 L/s (+/- 5 L/s) moins de 2 jours /an	0 jours /an	2 jours /an	<1060 L/s
Printemps (Mars - mai)	440 L/s (+/- 5 L/s) moins de 2 jours /an	0 jours /an	1 jours /an	<850 L/s
Été (Juin-Juillet)	250 L/s (+/- 5 L/s) moins de 2 jours /an	0 jours /an	7 jours /an	<620 L/s
Automne (Août - Octobre)	1600 L/s (+/- 5 L/s) moins de 2 jours /an	2 jours /an	18 jours /an	<410 L/s

Reconstitution des débits non influencés du Doubs à Labergement Saint Marie / Variations saisonnières et incidence des prélèvements pour la production de neige :

L'impact des prélèvements sur ce tronçon (253 000 m³/an, 8.02 L/s en moyenne) est limité : Quelque soit la saison, il augmente de 1 jour par saison la durée pour laquelle le Qmna5 n'est pas atteint.

Les variations saisonnières des prélèvements, entre autres pour la production de neige, sont trop limitées pour avoir un effet sur les étiages du Doubs à Labergement Saint Marie.



Importance de l'étiage de la période estivale (Juin-Juillet) visuellement sous estimée en raison de sa durée (61 jours pour 92 et 120 pour les 3 autres périodes) - La courbe pluriannuelle est la somme des 4 autres courbes.

3.2 Tronçon N°2 : le Doubs au niveau du Lac de Saint Point

3.2.1 Bilan des volumes prélevés : 32 L/s en moyenne annuelle

Le tableau ci-dessous rappelle le bilan des prélèvements dans le sous-bassin Haut Doubs au droit du Lac de Saint Point. En tenant compte des volumes restitués après usage, et du déficit d'écoulement déjà constaté en amont de ce tronçon, le bilan moyen interannuel¹ des prélèvements dans ce tronçon est la soustraction d'un peu moins de 1 millions de mètres cubes d'eau par an au milieu naturel.

Ces prélèvements proviennent très majoritairement des 2 prises d'eau dans le lac de Saint Point auxquels s'ajoutent des captages de sources karstiques. Ces prélèvements consistent donc à détourner du milieu naturel en moyenne 2 750 m³/jour d'eau, correspondant selon les années depuis 1997 à un débit continu compris entre 18.4 et 47.2 L/s (moyenne interannuelle : 32 L/s).

		Prélèvements annuels ² (en m ³)	Volumes restitués au milieu naturel après usage ³ (m ³ /an)
Tronçon N°2			
Bilan du tronçon précédent		253052	
M.O Publique	Prélèvements des collectivités	1065640	
	<i>Max. Min.</i>	<i>[1602000 – 626000]</i>	
	Prélèvements A.E.P non renseignés estimés	0	
	rejet eaux domestiques		13892
	fuites réseau + Rejets autres usages (industriels/laiteries)		282831
	RRejet eaux domestiques prélevées en majorité ou totalement dans le tronçon N°1		13892
	Importation d'eau depuis le tronçon N°1 (fuite + autre usage)		18575
(MO Privée)	Prélèvements industriels	Absence	
Bilan du tronçon		1318692	329190
		-989502	m³/an
	Total	-31.38	L/s [18.4 - 47.2]⁴
Dont 736 000, soit 23.4 L/s spécifiques à ce tronçon (sans tenir compte du bilan du tronçon précédent)			
<i>Rappel de la valeur de VCN3 (5) du Doubs à Oye et Pallet : 800 L/s</i>			

¹ Période 1997 - 2010

² Source : Phase 2 de l'étude, état annexé au rapport « Bilan des prélèvements »

³ Source : Phase 2 de l'étude, état annexé au rapport « Bilan de la distribution publique de l'eau »

⁴ Encadrement de la valeur moyenne estimée d'après les variations mesurées des prélèvements

3.2.2 Variations saisonnières et évolution attendue des besoins en eau des communes desservies par les prélèvements dans le tronçon N°2 : une augmentation sensible en été (doublement des besoins)

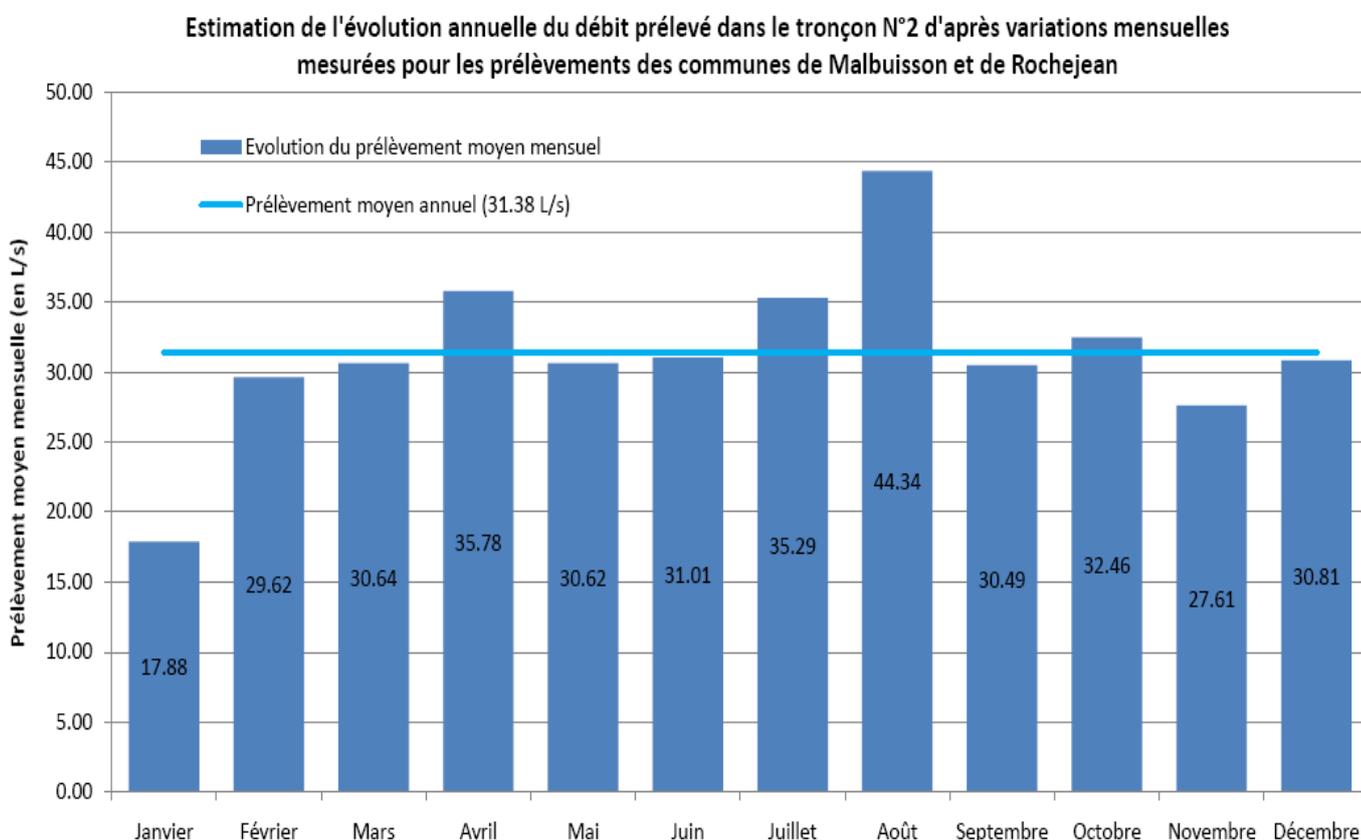
L'enquête auprès des maitres d'ouvrage des prélèvements a mis en évidence une augmentation des besoins en eau des collectivités en été, en raison des capacités d'accueil touristique.

Cette augmentation est de près de 40% (observée à Malbuisson et Rochejean). C'est donc plus de 3800 m³/jour qui peuvent être prélevés dans ce tronçon en période été, ce qui correspond à une moyenne de 40 L/s.

Concernant l'évolution des besoins en eau, les prélèvements dans le lac de Saint Point sont variables selon les années, avec une augmentation continue depuis 1997 (+50%)

L'augmentation attendue de la population à l'horizon 2027 ferait augmenter de 28% les besoins en eau dans ce tronçon (+ 9 L/s en moyenne).

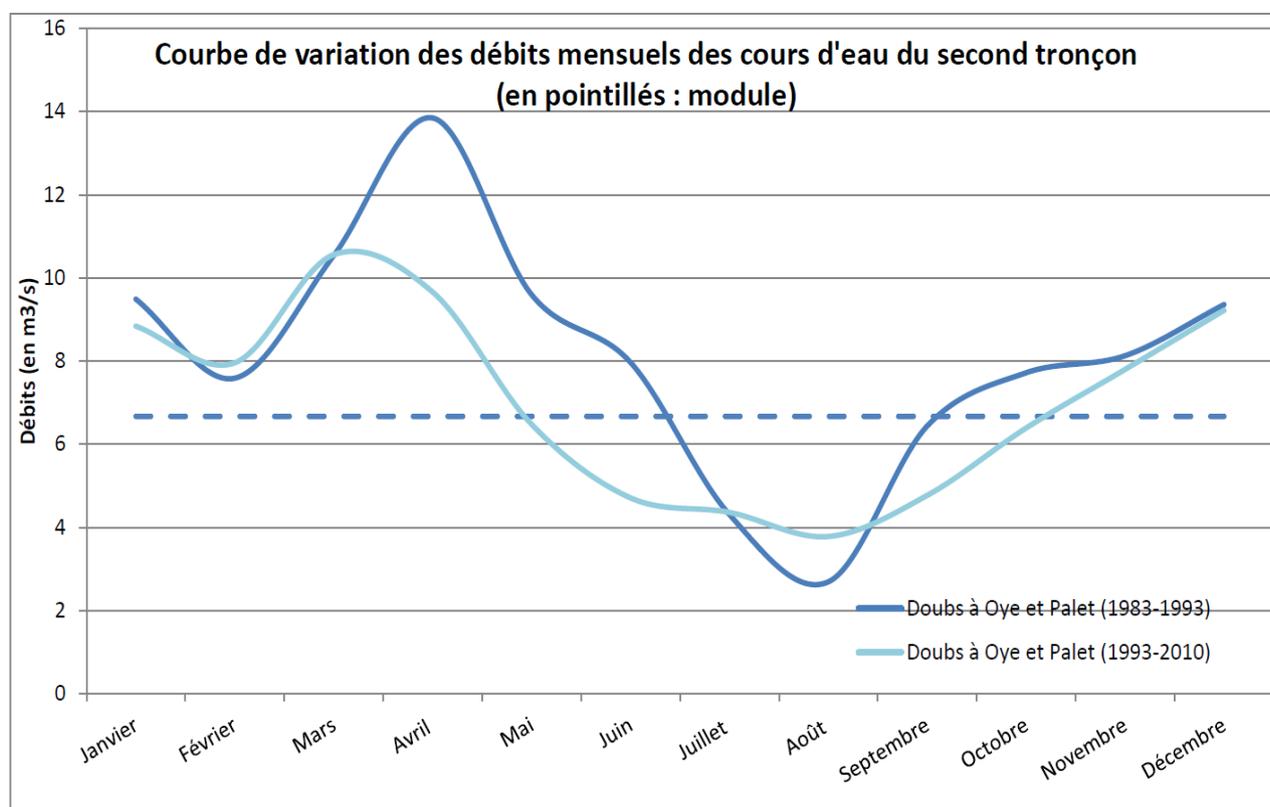
En admettant que les variations mensuelles des prélèvements des communes de Rochejean et de Malbuisson soit transposables à l'ensemble des préleveurs existants dans ce tronçon, les variations mensuelles des débits prélevés sont indiquées dans le graphe ci-dessous :



Ces variations seraient à valider par l'enregistrement des prélèvements mensuels dans le lac de Saint Point de la part du SIE de Joux (plus gros préleveur de ce tronçon).

3.2.3 Moyenne mensuelle interannuelle des débits du Doubs : amortissement des étiages moyens sur la période 1993 – 2010 par rapport à la décennie précédente

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
	Débits moyens mensuels des cours d'eau (en m ³ /s)											
Doubs à Oye et Pallet (1983-2010)	9.49	7.59	10.54	13.85	9.60	7.97	4.31	2.69	6.44	7.72	8.13	9.36
Doubs à Oye et Pallet (1993-2010)	8.84	7.96	10.56	9.66	6.48	4.71	4.36	3.78	4.77	6.39	7.80	9.22



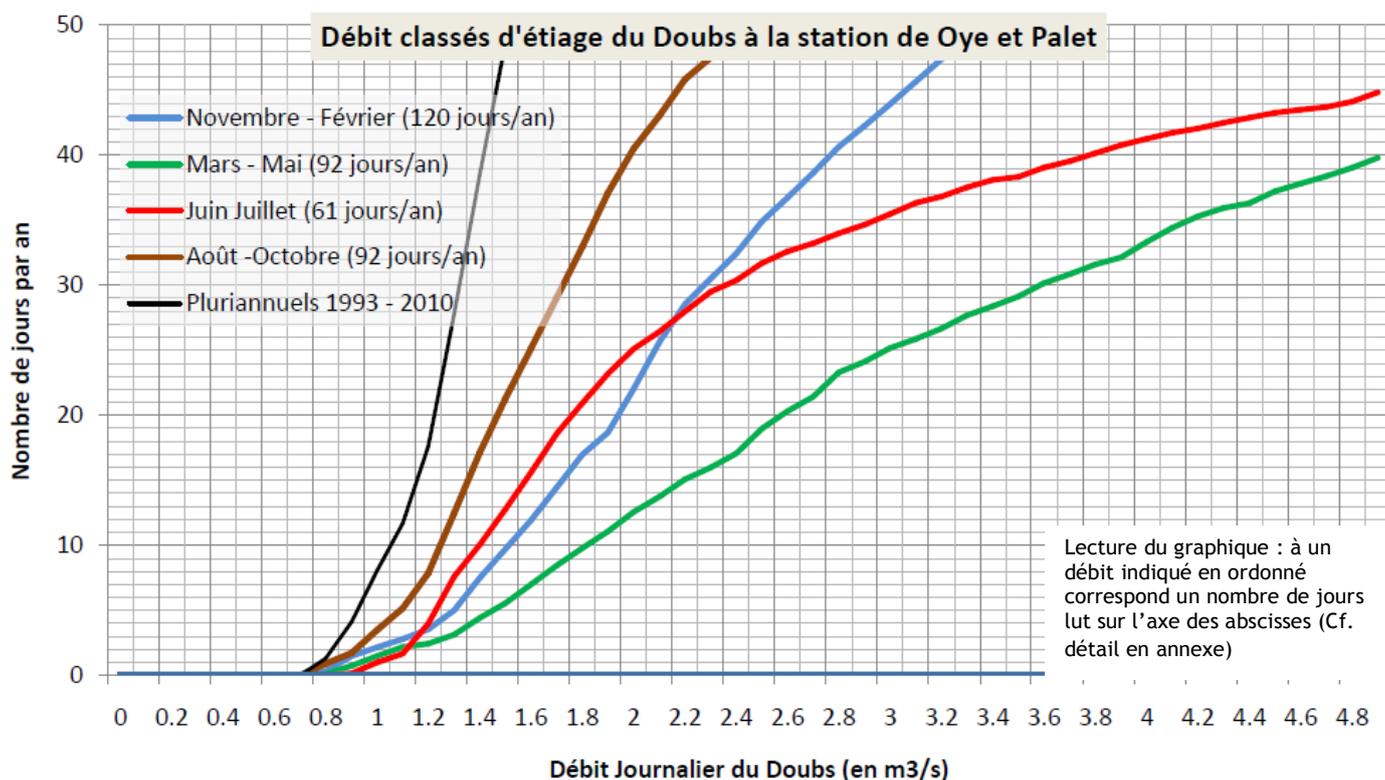
On retrouve en aval du Lac de Saint Point le régime pluvio-nival type, avec un étiage d'été, et un petit étiage d'hiver. La gestion des vannes du lac depuis 1993¹ limite l'intensité de l'étiage au niveau de Oye et Pallet, avec maintien du débit moyen aux mois de juillet et août, et écrêtage des crues de printemps.

L'incidence des prélèvements d'eau dans ce tronçon est accentuée par la coïncidence entre les miniums d'étiage, et la période où les besoins sont les plus importants (Cf. graphe page précédente).

¹ Cause supposé des variations de régime hydrologique entre les deux périodes présentées

3.2.4 Incidence des prélèvements dans le tronçon N°2 sur le Doubs à Oye et Pallet

Etiages du Doubs au niveau de Oye et Pallet (en aval du Lac de Saint Point)			
Période	Minimums observés / fréquence statistique	Nombre de jours inférieurs au Qmna5 (1200 L/s)	Débit observé moins de 10 jours par an
Hiver (novembre - janvier)	900 L/s (+/- 50 L/s) moins de 1 jours /an	3 jours /an	<1700 L/s
Printemps (Mars – mai)	900 L/s (+/- 50 L/s) moins de 1 jours /an	2 jours /an	<1800 L/s
Été (Juin-Juillet)	800 L/s (+/- 50 L/s) moins de 1 jours /an	4 jours /an	<1400 L/s
Automne (Août Octobre)	800 L/s (+/- 50 L/s) moins de 16 jours /an	8 jours /an	<1300 L/s



Importance de l'étiage de la période estivale (Juin-Juillet) visuellement sous estimée en raison de sa durée (61 jours pour 92 et 120 pour les 3 autres périodes) - La courbe pluriannuelle est la somme des 4 autres courbes.

La station de mesure de Oye et Pallet¹ n'enregistrant pas les débits réels du Doubs en étiage, l'impact des prélèvements ne peut être évalué. Ces derniers (prélèvements moyen, prélèvements de pointe et prélèvement projetés à l'horizon 2027) représentent moins de 5% du débit de 800 L/s, le plus faible donné par la station de mesure. Lorsqu'il est inférieur à 800 L/s (16 jours par an en moyenne) le débit réel n'est pas enregistré.

¹ Cf. effet de seuil à 800 L/s décrit précédemment

3.2.5 Variations des niveaux du lac de Saint Point : absence de gestion efficace de la réserve en eau disponible dans le lac pour le soutien des débits du Doubs en aval

Gestion des niveaux du lac / cotes saisonnières à respecter (rappel) :

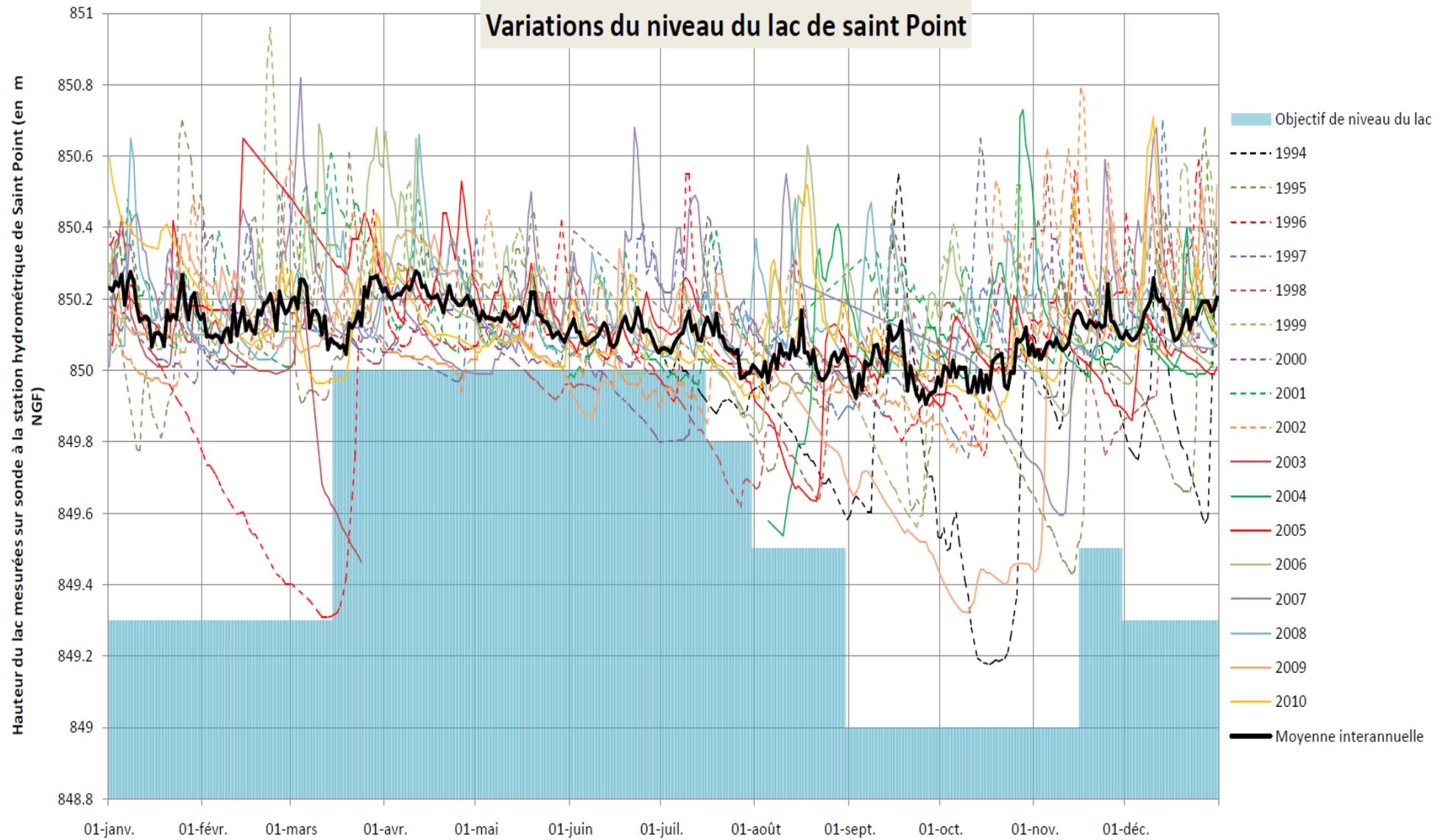
La cote optimale qui a été retenue pour le lac Saint Point est de 850 m NGF. Toutefois des variations sont admissibles, voir souhaitables en fonction des saisons. Le tableau ci-dessous en fait la synthèse :

Périodes/dates	Objectif de niveau du lac	justification
15 mars - 15 juillet	850 m	Favoriser la reproduction des cyprinidés d'eau douce.
30 juillet	849.8	Compromis permettant la baignade dans le lac et le maintien de ses ceintures végétales
30 août	849.5	
Après le 30 août	849	Déstockage d'eau pour soutien des étiages, et exondation des ceintures marécageuses pour minéralisation des dépôts organiques
15 novembre	849.5	Frai du corégone
Avant gel du lac	849.3	

Synthèse des niveaux mensuels moyens observés depuis 1994 (Cf. graphe page suivante) :

Da manière générale, le niveau du lac s'abaisse bien du 1^{ier} août à fin octobre, mais dans des proportions très inférieures aux préconisations indiquées ci-dessus (20 cm en moyenne au lieu de 1 m). L'abaissement de 1 m envisageable à l'automne n'a été effectif qu'en 1994, et en 2009 où les vannes ont été ouvertes.

La gestion actuelle du niveau du lac maintien les niveaux minimums pour les cycles biologiques des plantes et de la faune. Elle ne permet ni de répondre aux objectifs de minéralisation des dépôts organiques dans les zones de bordure du lac, ni un soutien efficace des débits du Doubs en aval du Lac.



Possibilités de soutien des débits d'étiage du Doubs en aval du lac de Saint Point :

Rappel : A l'aval du Lac de Saint Point, il est préconisé le maintien d'un débit sortant de 1,1 m³/seconde. C'est la valeur minimale admissible pour permettre un écoulement suffisant à Pontarlier et à l'aval d'Arçon.

Le tableau ci-dessous fait un bilan des 7 principaux étiages mesurés en aval du lac depuis 18 ans, périodes pendant lesquels le débit minimum de 1.1 m³/s à la station hydrologique de Oye et Pallet n'a pas été respecté. Les 3 dernières colonnes précisent les conditions qui auraient permis le maintien de ces conditions minimum d'écoulement.

En 2003, les niveaux du lac n'ont pas été enregistrés.

Année	Condition De débit	Non atteint à partir du	Cote lac ¹ le même jour	Durée de l'épisode	Cote lac en fin d'épisode	Déficit d'écoulement correspondant	Objectif de niveau du lac lors de l'épisode / lame d'eau et volume encore disponible en fin d'épisode
1997	<2 m ³ /s	9 avril	850.04	18 jours	849.98	1 062 720 m ³	Maintenance de la cote à 850 m / lame d'eau disponible : 0 cm volume non déstocké disponible : 0 m ³
	<1.1 m ³ /s	23 avril	849.97	3 jours	849.97	25 920 m ³	
2003	<2 m ³ /s	31 mai	Non disponible	127 jours	Non disponible	7 862 400 m ³	850 m, durant les 45 premiers jours puis abaissement possible de 1 m
	<1.1 m ³ /s	14 août	disponible	24 jours	disponible	319 680 m ³	
2005	<2 m ³ /s	12 novembre	850.08	22 jours	849.94	7 862 400 m ³	Remontée de 849 à 849.5 / lame d'eau disponible : 44 cm volume non déstocké disponible : 5 140 000 m ³
	<1.1 m ³ /s	20 novembre	850	2 jours	849.98	17280 m ³	
2009	<2 m ³ /s	1 août	850.04	50 jours	850.02	3 222 720 m ³	Abaissement à 849 m / lame d'eau disponible : 102 cm volume non déstocké disponible : 5 242 800 m ³
	<1.1 m ³ /s	17 septembre	849.60	4 jours		34 560 m ³	
2009	<2 m ³ /s	29 septembre	849.47	26 jours	849.46	1 762 560 m ³	
	<1.1 m ³ /s	3 octobre	849.37	10 jours	849.36	233280 m ³	
2010	<2 m ³ /s	4 juillet	850.07	29 jours	848.99	2 280 960 m ³	Maintenance de la cote à 850 m / lame d'eau disponible : 0 cm volume non déstocké disponible : 0 m ³
	<1.1 m ³ /s	16 juillet	850.05	15 jours	849.92	181 440 m ³	
2010	<2 m ³ /s	15 septembre	850.04	38 jours	849.94	2 928 960 m ³	Abaissement à 849 m / lame d'eau disponible : 94 cm volume non déstocké disponible : 4 831 600 m ³
	<1.1 m ³ /s	6 octobre	849.96	18 jours		336 960 m ³	

Réserve en eau dans l'ensemble lac de Saint Point / Remoray : 5 140 m³ par mm de lame d'eau (superficie cumulée : 514 ha)

La possibilité d'abaisser le niveau du lac de 1 m en automne aurait permis en 2009, et en 2010 de maintenir un écoulement permanent supérieur à 1.1 m³/s dans le Doubs en sortie du lac.

Pour les étiages qui interviennent plus tôt (1997, 2005, et 2010), le maintien de la cote à 850 m ne permet pas de soutenir des débits en aval. La durée de l'étiage en aval aurait toutefois pu être réduite de 2/3 en 2005.

Pour maintenir un débit de 1.1 m³/s dans le Doubs en aval du lac en 1997, 2005 et juillet 2010, il aurait fallu disposer d'une réserve d'eau supplémentaire (rehausse du barrage) de respectivement 21 cm, 53 cm et 55 cm.

¹ Cote en m NGF

3.3 Tronçon N°3 : le Doubs à Pontarlier et le Val du Drugeon

3.3.1 Bilan des volumes prélevés : détournement moyen de 113 L/s

Le tableau ci-dessous rappelle le bilan des prélèvements au niveau de la nappe de l'Arlier et les alluvions du Drugeon principalement. Les volumes prélevés au niveau de sources sont très minoritaires dans ce tronçon. En tenant compte des volumes restitués après usage, et du déficit d'écoulement déjà constaté en amont, le bilan moyen interannuel¹ des prélèvements dans ce tronçon est la soustraction de 3.5 millions de mètres cubes d'eau par an au milieu naturel.

C'est 9800 m³/jour d'eau en moyenne, correspondant à un débit selon les années entre 101.7 et 121.9 L/s (113 L/s en moyenne) qui est prélevé dans ce tronçon.

		Prélèvements annuels ² (en m ³)	Volumes restitués au milieu naturel après usage ³ (m ³ /an)
Tronçon N°3			
Bilan du tronçon précédent		989502	
M.O Publique	Prélèvements des collectivités <i>Max. Min. (prel. ind. Inclus)</i>	4175815 [5719000 – 4768000]	
	Prélèvements A.E.P non renseignés estimés	0	
	rejet eaux domestiques		325673
	fuites réseau + Rejets autres usages (industriels/laiteries)		383136
	Retour d'eau après usage dans le tronçon N°4		19403
	Retour d'eau après usage hors bassin		17598
	Rejet eaux domestiques prélevées et consommées en majorité ou totalement dans le tronçon N°2		120084
	Rejet eaux domestiques prélevées en majorité ou totalement dans le tronçon N°2		629086
(MO Privée)	Importation d'eau depuis le tronçon N°2 (fuite + autre usage)		1236339
	Prélèvements industriels	1141154	872052
Bilan du tronçon		6306471	2731319
		-3575152	m³/an
	Total	-113.37	L/s [121.9 - 101.7]⁴

Dont 5 586 000, soit 52 L/s spécifiques à ce tronçon (sans tenir compte du bilan du tronçon précédent)
Rappel de la valeur de VCN3 (5) du Doubs à Doubs : 640 L/s

3.3.2 Variations saisonnières et évolution attendue des besoins en eau des communes desservies par les prélèvements dans le tronçon N°3

L'enquête auprès des maitres d'ouvrage des prélèvements montre une stabilité de ces prélèvements d'eau depuis 1997. Il n'apparaît pas non plus de tendance claire concernant les variations des besoins au cours de l'année (pour les données connues, les pics de consommation sont répartis entre l'été et l'hiver).

Pour évaluer l'incidence des prélèvements sur les écoulements, on prendra donc en compte une répartition homogène des volumes prélevés au cours de l'année.

¹ Période 1997 - 2010

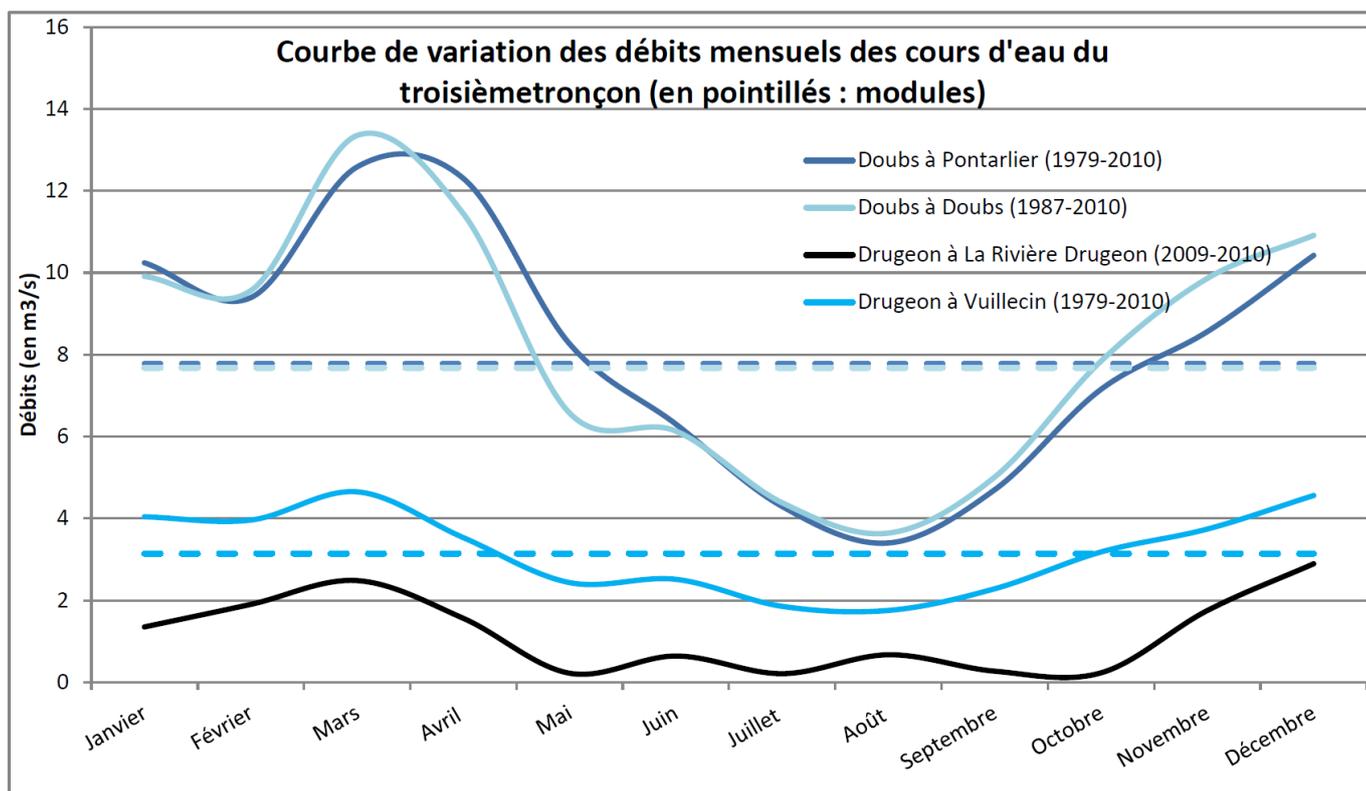
² Source : Phase 2 de l'étude, état annexé au rapport « Bilan des prélèvements »

³ Source : Phase 2 de l'étude, état annexé au rapport « Bilan de la distribution publique de l'eau »

⁴ Encadrement de la valeur moyenne estimée d'après les variations mesurées des prélèvements

3.3.3 Moyenne mensuelle interannuelle des débits du Doubs et du Drugeon

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
	Débits moyens mensuels des cours d'eau (en m ³ /s)											
Doubs à Pontarlier (1979-2010)	10.24	9.39	12.58	12.30	8.26	6.30	4.29	3.40	4.70	7.15	8.56	10.42
Doubs à Doubs (1987-2010)	9.91	9.56	13.35	11.44	6.57	6.13	4.38	3.64	5.01	7.84	9.86	10.91
Drugeon à La Rivière Drugeon (2009-2010)	1.35	1.90	2.48	1.56	0.22	0.64	0.21	0.67	0.27	0.23	1.75	2.89
Drugeon à Vuillecin (1979-2010)	4.04	3.96	4.65	3.53	2.43	2.51	1.85	1.75	2.28	3.18	3.74	4.56



Dans le tronçon N° 3, le Doubs et le Drugeon présentent tous deux un régime pluvio-nival, avec un étiage important en été, et un petit étiage d'hiver en janvier et février.

3.3.4 Incidence des prélèvements sur le Doubs à l'aval de Doubs

Étiages du Doubs à la station hydrologique de Pontarlier				
Période	Minimums observés / fréquence statistique	Nombre de jours inférieurs au VCN 3 (5) (620 L/s)	Nombre de jours inférieurs au Qmna5 (1100 L/s)	Débit observé moins de 10 jours par an
Hiver (novembre - février)	900 L/s (+/- 50 L/s) moins de 1 jours /an	0 jours /an <i>0 jours /an</i>	2 jours /an <i>2 jours /an</i>	<1700 L/s
Printemps (Mars – mai)	800 L/s (+/- 50 L/s) moins de 1 jours /an	0 jours /an <i>0 jours /an</i>	2 jours /an <i>1 jours /an</i>	<2200 L/s
Été (Juin-Juillet)	500 L/s (+/- 50 L/s) moins de 1 jours /an	1 jours /an <i>1 jours /an</i>	4 jours /an <i>2 jours /an</i>	<1400 L/s
Automne (Août Octobre)	500 L/s (+/- 50 L/s) moins de 1 jours /an	1 jours /an <i>1 jours /an</i>	10 jours /an <i>7 jours /an</i>	<1000 L/s

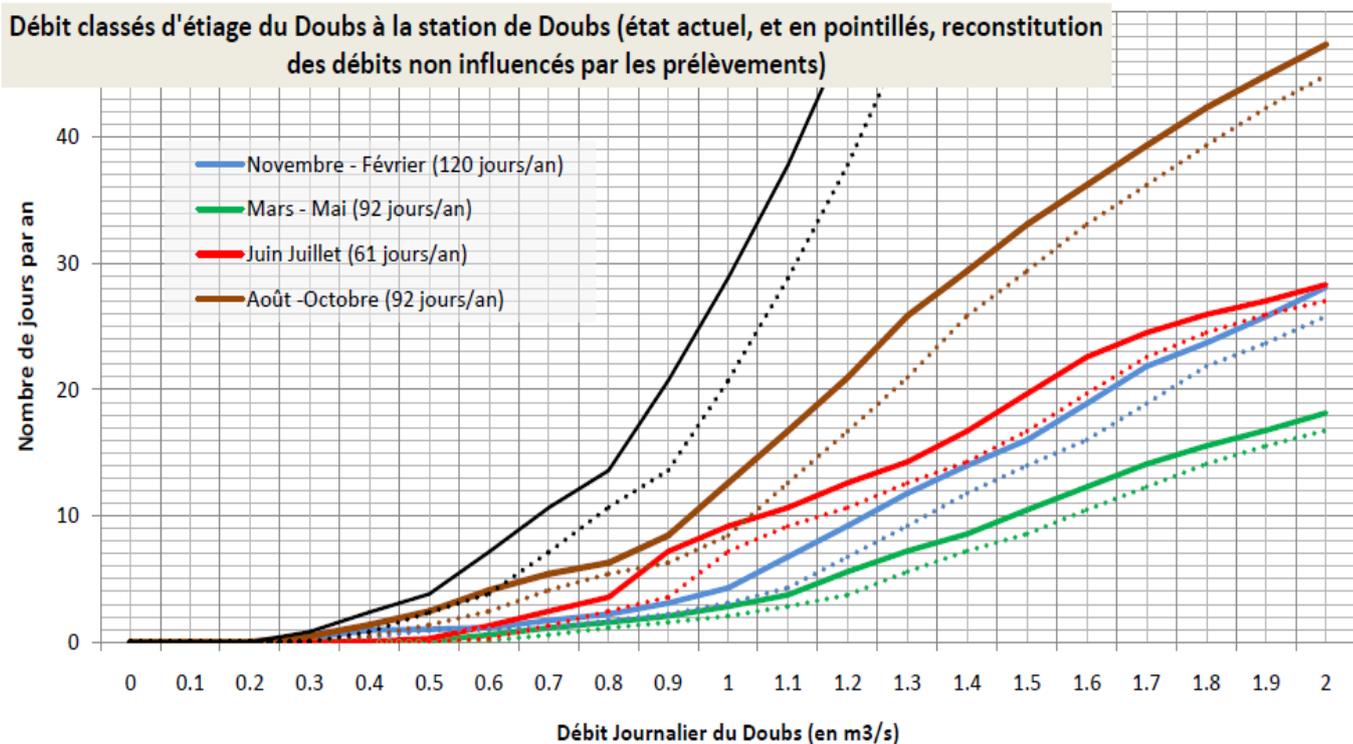
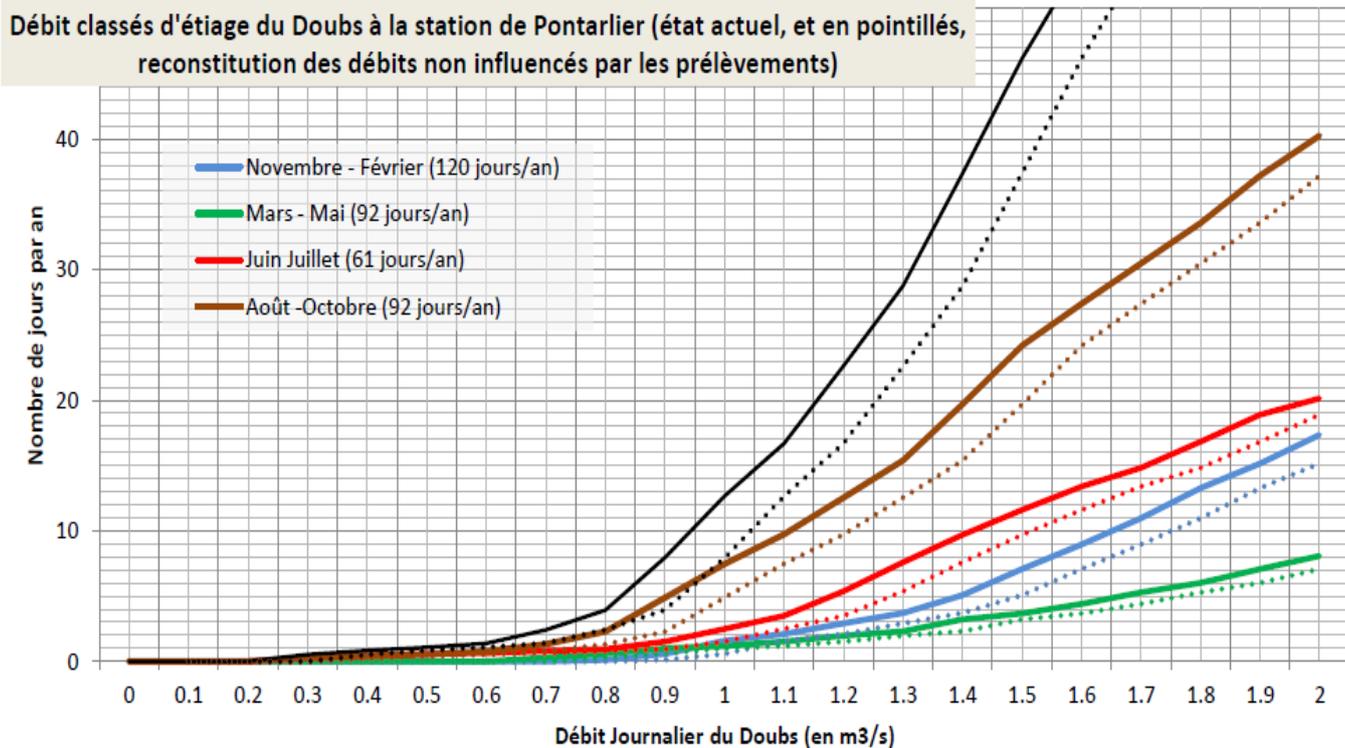
Étiages du Doubs à la station hydrologique de Doubs				
Période	Minimums observés / fréquence statistique	Nombre de jours inférieurs au VCN 3 (5) (640 L/s)	Nombre de jours inférieurs au Qmna5 (950 L/s)	Débit observé moins de 10 jours par an
Hiver (novembre - février)	400 L/s (+/- 50 L/s) moins de 1 jours /an	1 jours /an <i>1 jours /an</i>	3 jours /an <i>2 jours /an</i>	<1400 L/s
Printemps (Mars – mai)	600 L/s (+/- 50 L/s) moins de 1 jours /an	1 jours /an <i>0 jours /an</i>	3 jours /an <i>2 jours /an</i>	<1500 L/s
Été (Juin-Juillet)	600 L/s (+/- 50 L/s) moins de 1 jours /an	2 jours /an <i>0 jours /an</i>	9 jours /an <i>7 jours /an</i>	<1100 L/s
Automne (Août Octobre)	400 L/s (+/- 50 L/s) moins de 1 jours /an	4 jours /an <i>2 jours /an</i>	13 jours /an <i>8 jours /an</i>	<900 L/s

Italique rouge : durée des étiages en situation de débit non influencé par les prélèvements

Le Doubs n'étant pas en relation avec la nappe de l'Arlier, l'effet de la majorité des prélèvements dans ce tronçon ne n'est pas ressenti au niveau de la Station DMB de Doubs¹. Cette station est par contre impactée par les prélèvements effectués en amont de ce tronçon (dans le lac de Saint Point [31 L/s en moyenne]).

Les stations de Pontarlier et de Doubs étant proches, elles devraient présenter des fréquences et des intensités d'étiage semblables. Les différences observées sont probablement dues à la moins bonne précision des étiages enregistrées à Doubs (Cf. chapitre 1.3). Nous privilégierons donc les données enregistrées à station de Pontarlier (localisée à la Cluse et Mijoux).

¹ Dans le tronçon N°3, c'est dans le Dugeon au niveau de Vuilecin que l'effet des prélèvements est ressenti, ceux réalisés en amont de Doubs étant marginaux (210 000 m³/an, 6 L/s en moyenne)



Importance de l'étiage de la période estivale (Juin-Juillet) visuellement sous estimée en raison de sa durée (61 jours pour 92 et 120 pour les 3 autres périodes) - La courbe pluriannuelle est la somme des 4 autres courbes.

En pointillés : Reconstitution des débits du Doubs non influencés par les prélèvements

Lecture du graphique : à un débit indiqué en ordonné correspond un nombre de jours lut sur l'axe des abscisses (Cf. détail en annexe)

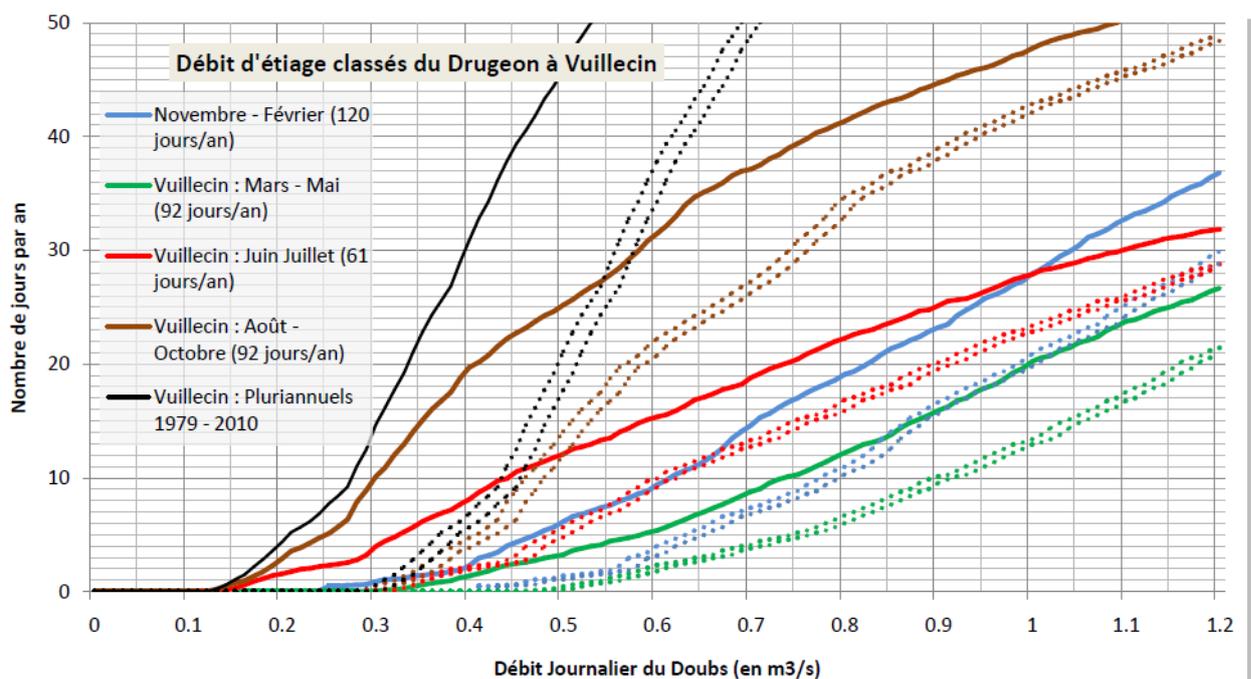
3.3.5 Incidence des prélèvements sur le Drugeon à Vuillecin : des étiages qui sont majoritairement l'effet des prélèvements dans la nappe de l'Arlier

Le Drugeon à Vuillecin est impacté par les prélèvements effectués dans son bassin, ainsi que dans la nappe de l'Arlier. Le déficit continu d'écoulement au niveau de cette station de DMB est compris selon les années entre 100 et 120 L/s (moyenne interannuelle : 113 L/s).

Etiages du Drugeon à la station hydrologique de Vuillecin

Période	Minimums observés / fréquence statistique	Nombre de jours inférieurs au VCN 3 (5) (220 L/s)	Nombre de jours inférieurs au Qmna5 (370 L/s)	Débit observé moins de 10 jours par an
Hiver (novembre - janvier)	300 L/s (+/- 5 L/s) moins de 1 jours /an	0 jours /an <i>0 jours /an</i>	1 jours /an <i>0 jours /an</i>	<670 L/s
Printemps (Mars - mai)	350 L/s (+/- 5 L/s) moins de 1 jours /an	0 jours /an <i>0 jours /an</i>	1 jours /an <i>0 jours /an</i>	<720 L/s
Été (Juin-Juillet)	160 L/s (+/- 5 L/s) moins de 1 jours /an	2 jours /an <i>0 jours /an</i>	7 jours /an <i>1 à 2 jours /an</i>	<430 L/s
Automne (Août - Octobre)	150 L/s (+/- 5 L/s) moins de 1 jours /an	4 jours /an <i>0 jours /an</i>	17 jours /an <i>2 à 4 jours /an</i>	<300 L/s

Italique rouge : durée des étiages en situation de débit non influencé par les prélèvements



Importance de l'étiage de la période estivale (Juin-Juillet) visuellement sous estimée en raison de sa durée (61 jours pour 92 et 120 pour les 3 autres périodes) - La courbe pluriannuelle est la somme des 4 autres courbes.

En pointillés : Reconstitution des débits du Drugeon non influencés par les prélèvements (présenté sous forme de faisceaux pour prendre en compte les variations selon les années des prélèvements dans le bassin)

Lecture du graphique : à un débit indiqué en ordonné correspond un nombre de jours lut sur l'axe des abscisses (Cf. détail en annexe)

En raison de l'importance des prélèvements dans le Drugeon, l'effet amplificateur sur les débits d'étiage est fort.

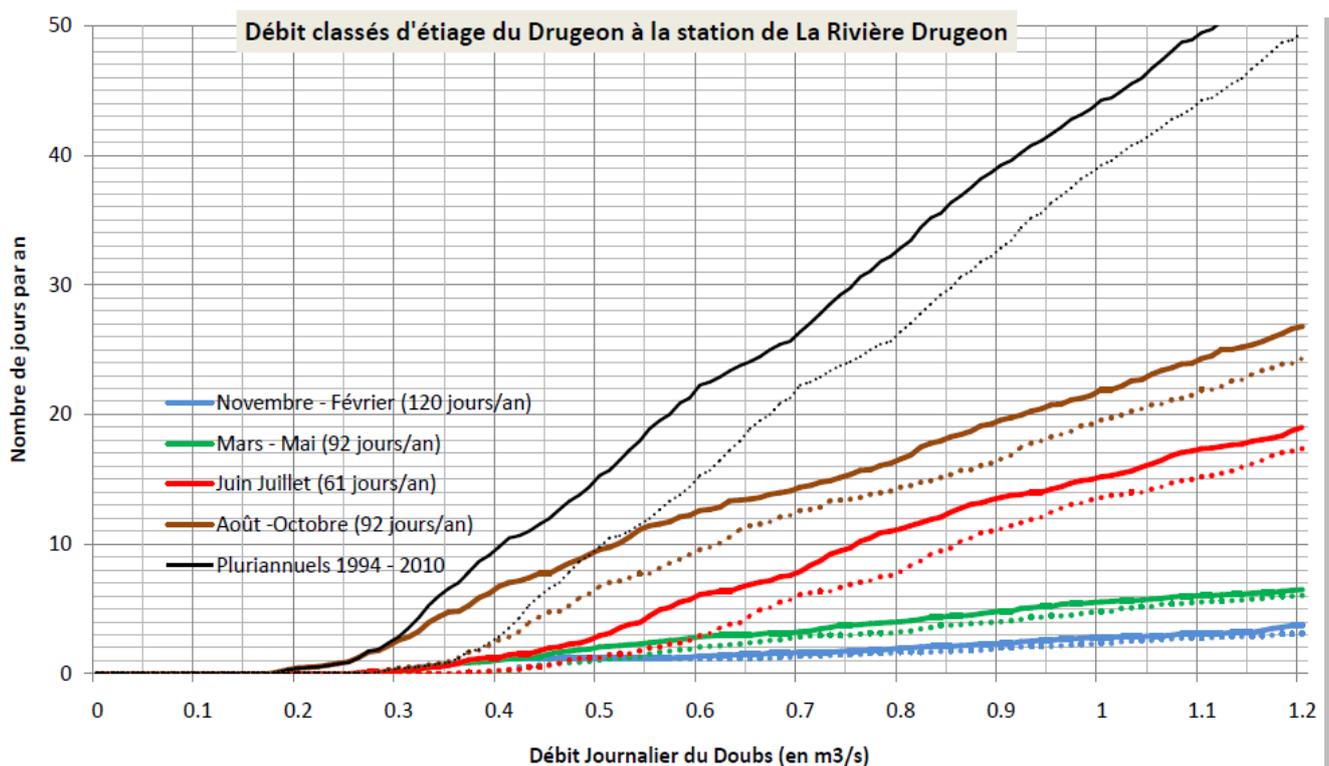
Les prélèvements ont pour effet de multiplier par 5 à 6 la durée des étiages (niveau QMNA5). Ils modifient le régime hydrologique du cours d'eau. Les minimums d'étiage correspondent à des gammes de débits qui n'existeraient pas en situation non influencée (sous réserve de la précision de la station de mesure, qui en étiage n'est pas précise).

3.3.6 Incidence des prélèvements sur le Drugeon à Bannans : des prélèvements en été qui peuvent être supérieurs au débit résiduel dans le cours d'eau.

Le Drugeon à Bannans est impacté par les prélèvements effectués dans son bassin en amont de la nappe de l'Arlier (prélèvement du SIE de Vau les Aigues principalement, la station de DMB de Bannans étant en aval de ce prélèvement et en amont du rejet de la station d'épuration de la communauté de communes du Drugeon). Le déficit moyen d'écoulement au niveau de cette station de DMB est de 16 L/s.

Etiages du Doubs à la station hydrologique de La Rivière Drugeon

Période	Minimums observés / fréquence statistique	Débit observé moins de 10 jours par an
Hiver (novembre - janvier)	80 L/s (+/- 5 L/s) moins de 1 jours /an	<250 L/s
Printemps (Mars - mai)	40 L/s (+/- 5 L/s) moins de 1 jours /an	<90 L/s
Été (Juin-Juillet)	20 L/s (+/- 5 L/s) moins de 1 jours /an	<60 L/s
Automne (Août Octobre)	0 L/s (+/- 5 L/s) moins de 10 jours /an	<0 L/s



Importance de l'étiage de la période estivale (Juin-Juillet) visuellement sous estimée en raison de sa durée (61 jours pour 92 et 120 pour les 3 autres périodes) - La courbe pluriannuelle est la somme des 4 autres courbes.

En pointillés : Reconstitution des débits du Drugeon non influencés par les prélèvements

Lecture du graphique : à un débit indiqué en ordonné correspond un nombre de jours lut sur l'axe des abscisses (Cf. détail en annexe)

A la Rivière Drugeon, il a été enregistré depuis 2008 un débit proche de 0 L/s 10 jours par an pendant les mois d'Août, septembre et octobre, et un débit de 20 L/s 1 jour par an en Juin et Juillet. Dans ces conditions d'étiage, le détournement de 16 L/s a un impact fort sur l'hydrologie de cette partie du Drugeon.

Avec des débits supérieurs à 250 L/s 90% du temps de novembre à mai, ces prélèvements sont par contre moins impactant en période de reproduction du poisson.

3.4 Tronçon N°4 : le Doubs à Ville du Pont

3.4.1 Bilan des volumes prélevés : un détournement de 111 L/s, soit moins de 1/10^{ième} des pertes du Doubs et du Drugeon

Le tableau ci-dessous rappelle le bilan des prélèvements entre Arçon et les gorges de Remonot. C'est moins les volumes détournés dans ce tronçon que les déficits constatés en aval du tronçon précédent qui sont sensibles pour le milieu. Le bilan moyen interannuel¹ des prélèvements indique le détournement de 3.6 millions de mètres cubes d'eau par an dans la rivière.

Le déficit continu d'écoulement au niveau de cette station de DMB est compris selon les années entre 110 et 140 L/s (moyenne interannuelle : 111 L/s).

		Prélèvements annuels ² (en m ³)	Volumes restitués au milieu naturel après usage ³ (m ³ /an)
Tronçon N°4			
Bilan du tronçon précédent		3575152	
M.O Publique	Prélèvements des collectivités	51823	
	Prélèvements A.E.P non renseignés estimés	25000	
	Rejet eaux domestiques prélevées en majorité ou totalement dans le tronçon N°3		68150
	Importation d'eau depuis le tronçon N°3 (fuite + autre usage)		61672
(MO Privée)	Prélèvements industriels	Absence	
Bilan du tronçon		3651975	129822
		-3522153	m3/an
	Total	-111.69	L/s

Dont 53 000, soit 1.7 L/s spécifiques à ce tronçon (sans tenir compte du bilan du tronçon précédent)

Rappel de la valeur de VCN3 (5) du Doubs à Ville du Pont : 560 L/s

3.4.2 Variations saisonnières et évolution attendue des besoins en eau des communes desservies par les prélèvements dans le tronçon N°4

Les volumes détournés dans ce tronçon étant secondaires, et en raison d'une stabilité des prélèvements dans le tronçon précédent, il n'apparaît pas de variations des besoins au cours de l'année, ou d'augmentation sensible attendue des prélèvements.

Pour évaluer l'incidence des prélèvements sur les écoulements, on prendra donc en compte une répartition homogène des volumes prélevés au cours de l'année.

¹ Période 1997 - 2010

² Source : Phase 2 de l'étude, état annexé au rapport « Bilan des prélèvements »

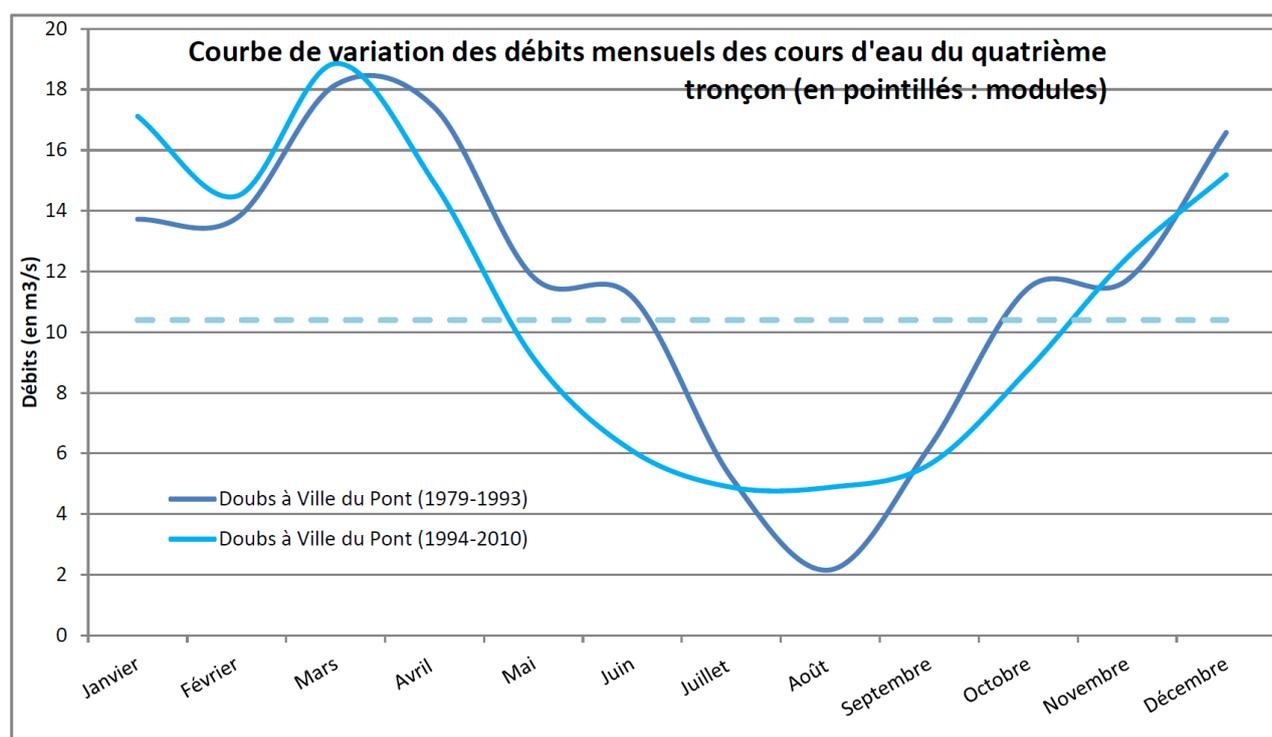
³ Source : Phase 2 de l'étude, état annexé au rapport « Bilan de la distribution publique de l'eau »

Pour évaluer l'incidence des prélèvements sur les écoulements, on prendra donc en compte une répartition homogène des volumes prélevés au cours de l'année.

3.4.3 Débits mensuel moyen du Doubs : un écoulement sous l'influence des pertes du Doubs

Moyenne mensuelle interannuelle des débits du Doubs:

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Doubs à Ville du Pont (1979-1993)	13.72	13.76	18.15	17.40	11.81	11.15	5.20	2.16	6.20	11.45	11.72	16.58
Doubs à Ville du Pont (1994-2010)	17.11	14.48	18.85	14.90	9.14	6.08	4.88	4.88	5.63	8.76	12.45	15.18



Toujours pluvio-nival, le régime du Doubs à la Ville du Pont se caractérise par l'importance du rapport des débits mensuels entre le mois le plus arrosé (mars), et le plus sec (août). Ce rapport qui était de 8.4 avant 1994, n'est plus que de 3.8 actuellement. En fin de tronçon précédent, à Doubs, ce rapport n'est que de 2.5.

Les pertes d'origine karstique dans le cours du Doubs structurent donc les variations du régime hydrologique de ce tronçon.

3.4.4 Analyse des débits spécifiques par station, approche quantitative des pertes du Doubs : une infiltration moyenne vers la Loue estimée à 3.2 m³/s

Mise en évidence et quantification des pertes du Doubs et de ses affluents :

Au niveau de Doubs, et surtout de Ville du Pont, les pertes du Doubs influent sur les volumes annuels des écoulements¹, avec un déficit annuel de près de 100 millions de mètres cubes pour cette dernière station (environ 3.2 m³/s - déficits liés aux prélèvements : 3.5 millions de mètres cubes par an).

Pour mémoire, l'étude du système hydrologique Doubs-Loue (Colin en al. - 1995) quantifie à 1.9 m³/s (+/- 0.5 m³/s) le volume des pertes de la Loue entre Arçon et Ville du Pont². Cette même étude montre bien que le volume d'eau perdu par infiltration dans le karst n'est pas constant, le Doubs ne s'asséchant pas systématiquement dans la traversée de ce tronçon lorsque son débit est inférieur à 3 m³/s à Doubs.

Les infiltrations d'eau dans le sous-sol fluctuent en fonction des conditions hydrologiques, avec :

- Diminution des volumes perdus avec la baisse du débit du Doubs
- Et inversement augmentation lorsque les écoulements dans le Doubs sont plus importants, le déficit d'écoulement constaté à Ville du Pont, en prenant en compte la totalité des pertes dans le bassin³ pouvant aller au-delà de 5 m³/s.
- Avant un arrêt des pertes à partir d'un certain niveau de hautes eaux où le phénomène peut s'inverser (les pertes devenant émissives, fonctionnement dit en inversac).

Pour le Drugeon, dont l'écoulement se perd également dans le karst⁴, si le volume annuel est moins important (de l'ordre de 30 millions de mètres cubes, environ 1 m³/s en moyenne), ce déficit correspond à près de 30% du débit annuel actuel à Vuillecin, et est quasiment équivalent au débit du Drugeon à La rivière Drugeon (les pertes principales du Drugeon étant localisées à Bonnevaux⁵, en amont de ces deux stations).

Evolution des pertes du Doubs entre les stations hydrologiques de Doubs et de Ville du Pont :

Le graphe de la page suivante indique les déficits d'écoulements journaliers mesurés entre les villages de Doubs et de Ville du Pont. Ces déficits d'écoulement sont dus aux pertes du Doubs.

Il apparait depuis 1994, que ces pertes sont moins fréquentes, et moins importantes (rarement supérieures à 1000 m³/jour). Ceci est certainement l'effet du busage des plus grosses pertes existantes sur ce tronçon, réalisé il y a une vingtaine d'années.

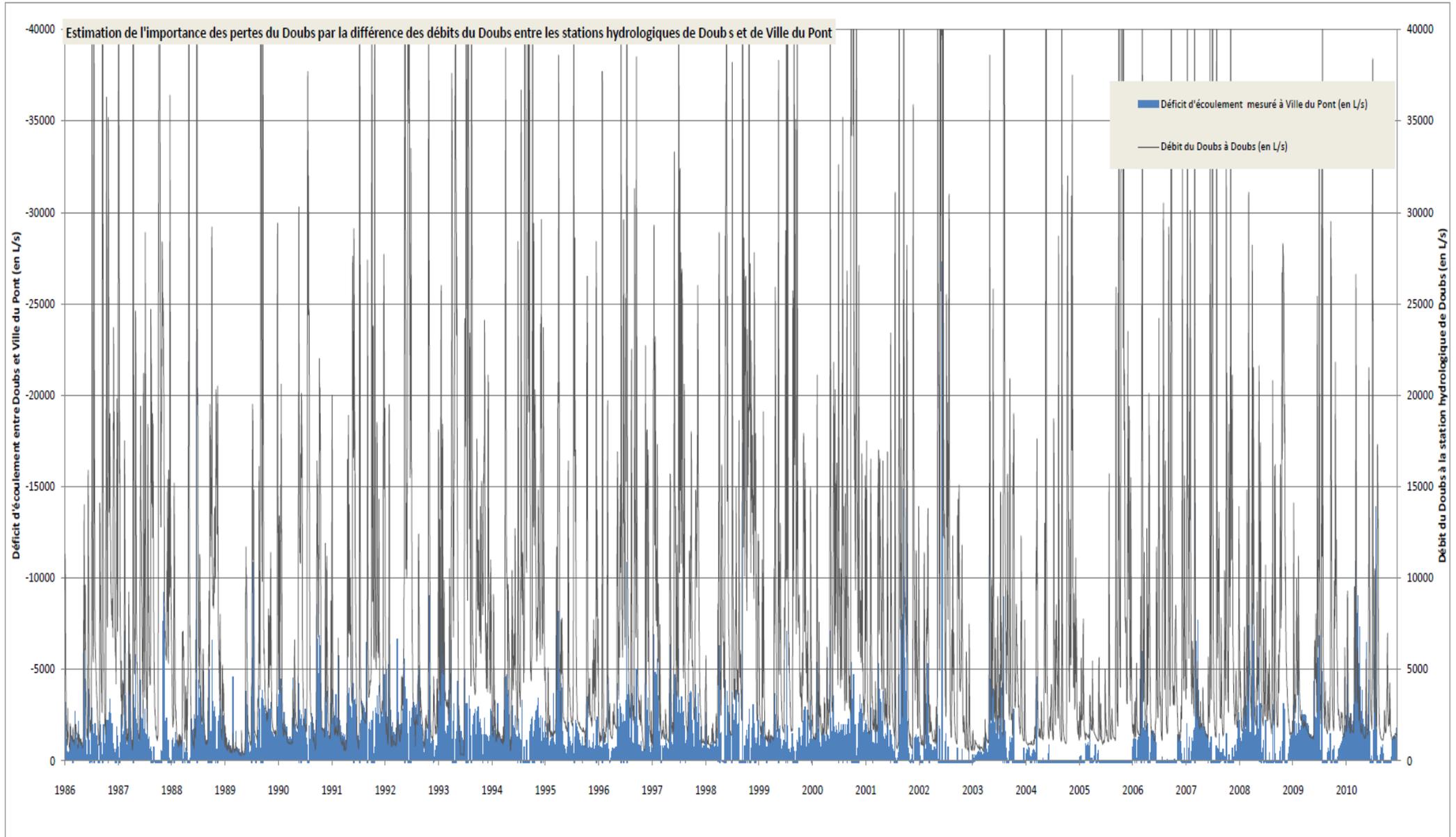
¹ Diminution du débit spécifique non justifié par la variation des précipitations

² Secteur où les pertes du Doubs sont les plus importantes

³ Pertes du Drugeon, pertes en amont de Pontarlier, et les 1.9m³/s (+/- 0.5 m³/s) mesurés entre Arçon et Ville du Pont

⁴ Pertes identifiées et quantifiées par les travaux de M. Resch (Communauté de commune du Val du Drugeon)

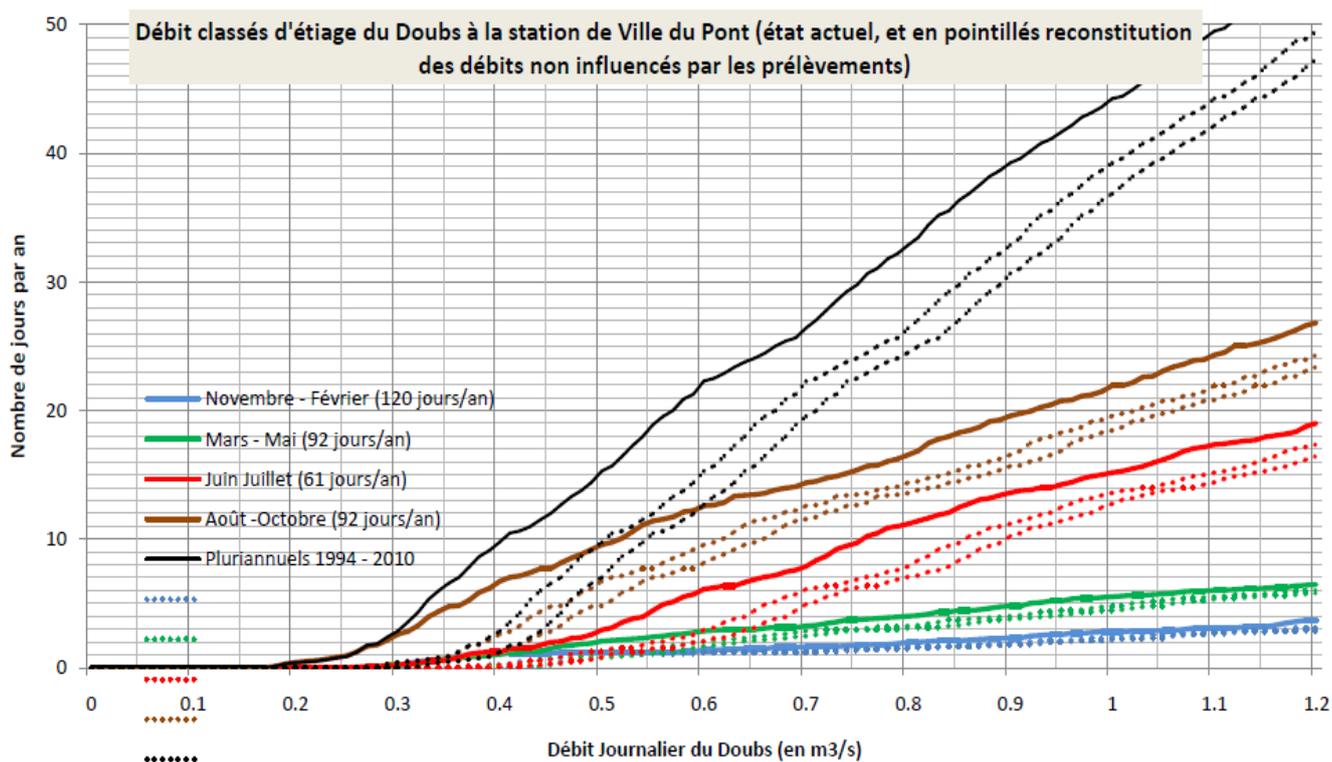
⁵ Des jaugeages ont été réalisés pour les quantifier et les localiser (Communication de JM Resch. communauté de communes du Val du Drugeon)



3.4.5 Incidence des prélèvements sur le Doubs au niveau de Ville du Pont : doublement des jours d'étiage

Étiages du Doubs à la station hydrologique de Ville du Pont				
Période	Minimums observés / fréquence statistique	Nombre de jours inférieurs au VCN 3 (5) (560 L/s)	Nombre de jours inférieurs au Qmna5 (780 L/s)	Débit observé moins de 10 jours par an
Hiver (novembre - janvier)	350 L/s (+/- 5 L/s) moins de 1 jours /an	1 jours /an <i>1 jours /an</i>	1 jours /an <i>1 jours /an</i>	
Printemps (Mars - mai)	340 L/s (+/- 5 L/s) moins de 1 jours /an	2 jours /an <i>1 à 2 jours /an</i>	4 jours /an <i>3 jours /an</i>	
Été (Juin-Juillet)	330 L/s (+/- 5 L/s) moins de 1 jours /an	5 jours /an <i>2 jours /an</i>	11 jours /an <i>7 jours /an</i>	<750 L/s
Automne (Août - Octobre)	220 L/s (+/- 5 L/s) moins de 1 jours /an	12 jours /an <i>7 à 8 jours /an</i>	16 jours /an <i>13 à 14 jours /an</i>	<520 L/s

Italique rouge : durée des étiages en situation de débit non influencé par les prélèvements



Importance de l'étiage de la période estivale (Juin-Juillet) visuellement sous estimée en raison de sa durée (61 jours pour 92 et 120 pour les 3 autres périodes) - La courbe pluriannuelle est la somme des 4 autres courbes.

En pointillés : Reconstitution des débits du Doubs non influencés par les prélèvements (présenté sous forme de faisceaux pour prendre en compte les variations selon les années des prélèvements dans le bassin)

Lecture du graphique : à un débit indiqué en ordonné correspond un nombre de jours lut sur l'axe des abscisses (Cf. détail en annexe)

Au niveau de Ville du Pont, le Doubs se caractérise par la durée de ses étiages entre juin et octobre, les minimums observés étant moins fréquents en hiver.

L'incidence des prélèvements d'eau sur les écoulements dans le Doubs ne sont donc sensibles qu'en été, en doublant la durée des étiages, et accentuant de 1/3 leur intensité.

3.5 Tronçon N°5 : le Doubs à Morteau

3.5.1 Bilan des volumes prélevés : détournement de 175 L/s en moyenne

Le tableau ci-dessous rappelle le bilan des prélèvements dans le val de Morteau. En tenant compte des volumes restitués après usage, et du déficit d'écoulement déjà constaté en amont de ce tronçon, le bilan moyen interannuel¹ des prélèvements dans ce tronçon est la soustraction de 5.5 millions de mètres cubes d'eau par an au milieu naturel.

Dans ce secteur, les prélèvements sont répartis entre l'exploitation de grosses sources (Source de Derrière le Mont, Moulin Bournez, et des puits dans la nappe d'accompagnement du Doubs, dont l'impact sur la rivière est quasi-instantané [effet capacitif de la nappe limité]).

C'est 15 000 m³/jour d'eau en moyenne, correspondant à un débit selon les années entre 118 et 180 L/s (175 L/s en moyenne) qui est prélevé dans le milieu naturel. Une part importante des prélèvements est perdue avant distribution (approximativement la moitié).

Le projet d'exploitation du forage du Bois Robert (1000 à 1500 m³/jour validé) pourrait modifier cet état. Il s'agit d'une ressource semi-profonde avec une dynamique tamponnée par rapport à la nappe accompagnatrice qui pourrait avoir moins d'incidence sur les milieux naturels en situation d'étiage.

		Prélèvements annuels ² (en m ³)	Volumes restitués au milieu naturel après usage ³ (m ³ /an)
Tronçon N°5			
Bilan du tronçon précédent		3522153	
M.O Publique	Prélèvements des collectivités	2814607	
	Prélèvements A.E.P non renseignés estimés	0	
	rejet eaux domestiques		542669
	fuites réseau + Rejets autres usages (industriels/laiteries)		176473
	Retour d'eau après usage hors bassin		8821
	Rejet eaux domestiques prélevées en majorité ou totalement dans le tronçon N°3		58008
(MO Privée)	Importation d'eau depuis le tronçon N°3 (fuite + autre usage)		50555
	Prélèvements industriels	24250	21098
Bilan du tronçon		6361010	836526
		-5524484	m3/an
	Total	-175.18	L/s [117.9 - 180]⁴

Dont 2 000 000, soit 63.5 L/s spécifiques à ce tronçon (sans tenir compte du bilan du tronçon précédent)

Rappel de la valeur de VCN3 (5) du Doubs à Morteau : 900 L/s

¹ Etude et mise en service captage Bois Robert Morteau en 2012 - Cabinet Reile
Période 1997 - 2010

² Source : Phase 2 de l'étude, état annexé au rapport « Bilan des prélèvements »

³ Source : Phase 2 de l'étude, état annexé au rapport « Bilan de la distribution publique de l'eau »

⁴ Encadrement de la valeur moyenne estimée d'après les variations mesurées des prélèvements

3.5.2 Variations saisonnières et évolution attendue des besoins en eau des communes desservies par les prélèvements dans le tronçon N°5

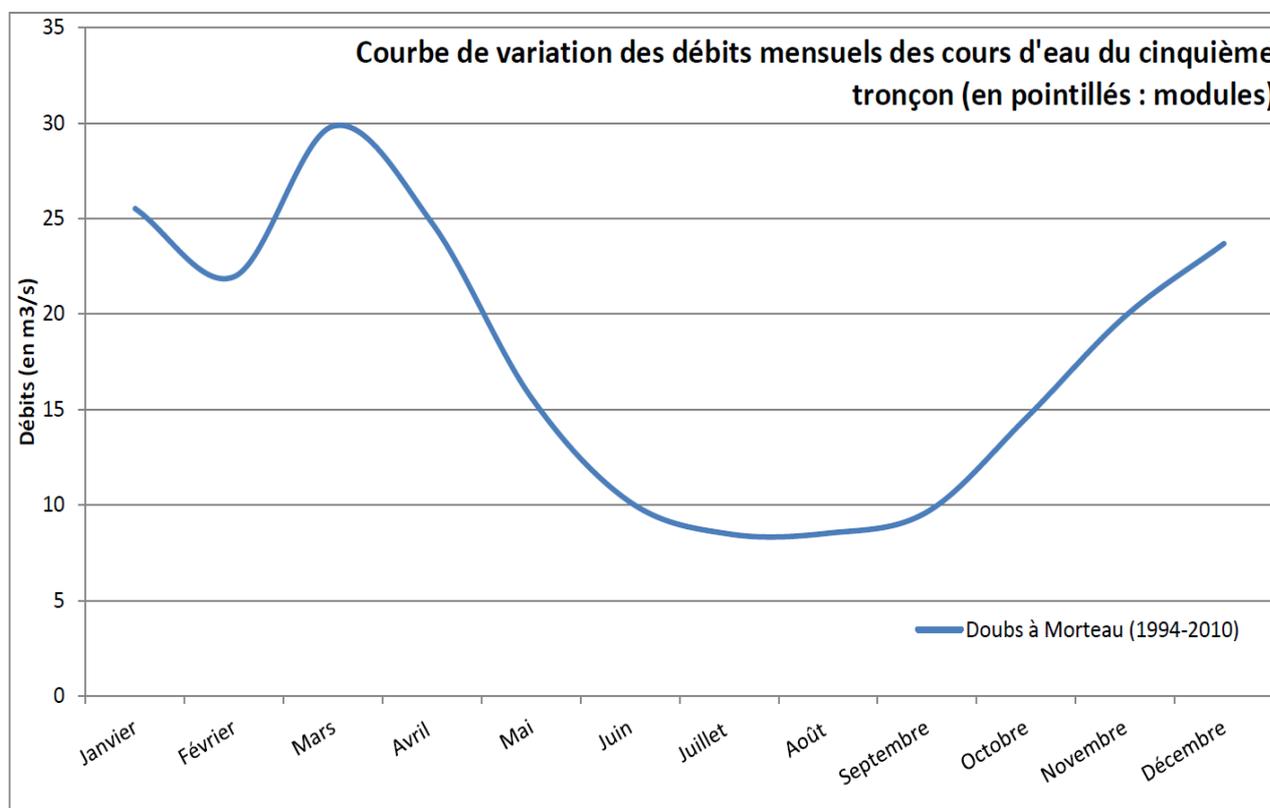
L'enquête auprès des maitres d'ouvrage des prélèvements montre une augmentation de 10% de la totalité de ces prélèvements d'eau depuis 1997. A l'horizon 2027, sans réduction des pertes sur les réseaux, l'augmentation des besoins en eau dans ce tronçon pourrait porter à 200 L/s le prélèvement moyen.

Il n'apparaît pas de tendance concernant les variations des besoins au cours de l'année (pour les données connues, les pics de consommations sont répartis entre l'été et l'hiver).

Pour évaluer l'incidence des prélèvements sur les écoulements, on prendra donc en compte une répartition homogène des volumes prélevés au cours de l'année.

3.5.3 Moyenne mensuelle interannuelle des débits du Doubs

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Doubs à Morteau (1994-2010) Débits reconstitués	Débits moyens mensuels des cours d'eau (en m ³ /s)											
	25.52	21.96	29.84	24.76	15.65	10.16	8.49	8.53	9.64	14.55	19.88	23.69

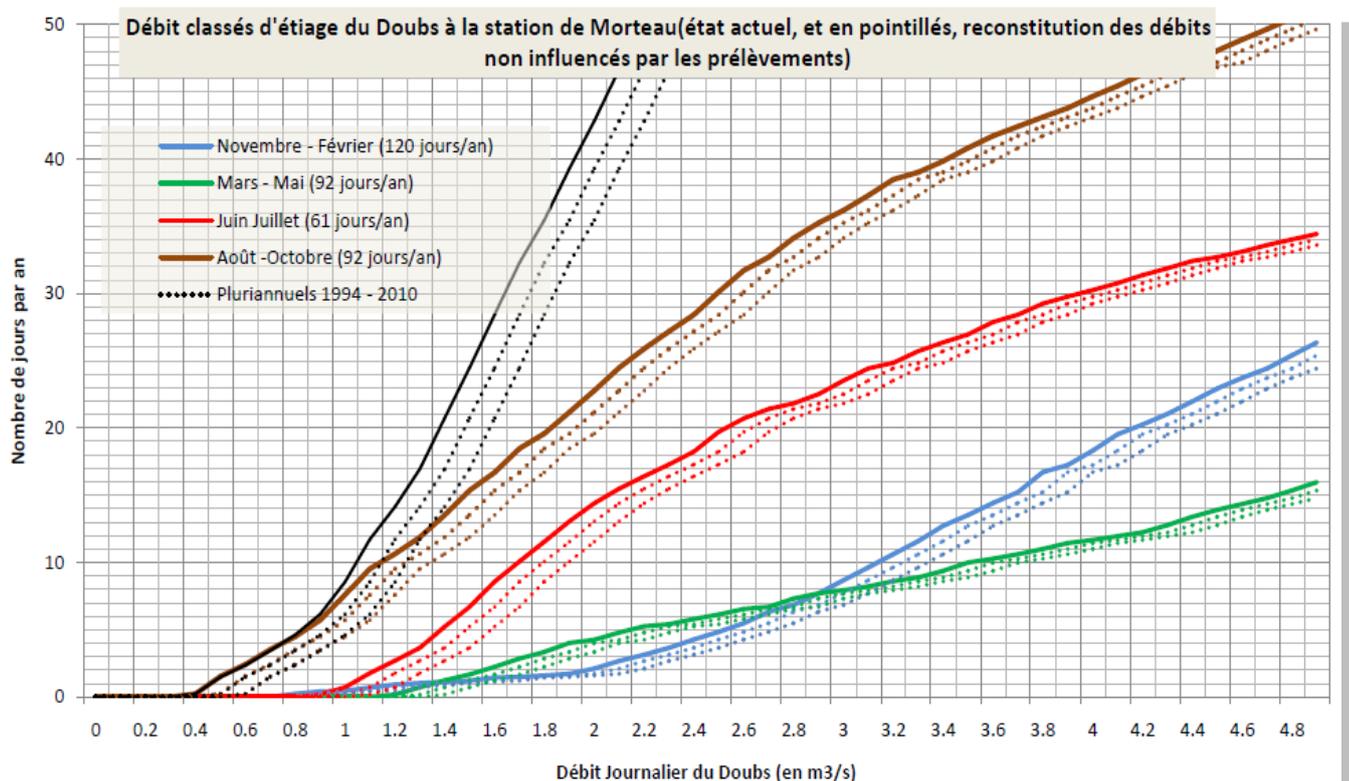


3.5.4 Importance, durée et fréquence des étiages dans le tronçon N°3

Etiages du Doubs à Morteau

Période	Minimums observés / fréquence statistique	Nombre de jours inférieurs au VCN 3 (5) (900 L/s)	Nombre de jours inférieurs au Qmna5 (1570 L/s)	Débit observé moins de 10 jours par an
Hiver (novembre - janvier)	1100 L/s (+/- 50 L/s) moins de 1 jours /an	0 jours /an <i>0 jours /an</i>	1 jours /an <i>1 jours /an</i>	<3400 L/s
Printemps (Mars - mai)	1300 L/s (+/- 50 L/s) moins de 1 jours /an	0 jours /an <i>0 jours /an</i>	2 jours /an <i>1 à 2 jours /an</i>	< 3500 L/s
Été (Juin-Juillet)	1000 L/s (+/- 50 L/s) moins de 1 jours /an	0 jours /an <i>0 jours /an</i>	9 jours /an <i>5 à 7 jours /an</i>	<1700 L/s
Automne (Août - Octobre)	500 L/s (+/- 50 L/s) moins de 1 jours /an	6 jours /an <i>4 jours /an</i>	17 jours /an <i>14 à 15 jours /an</i>	<1100 L/s

Italique rouge : durée des étiages en situation de débit non influencé par les prélèvements



Importance de l'étiage de la période estivale (Juin-Juillet) visuellement sous estimée en raison de sa durée (61 jours pour 92 et 120 pour les 3 autres périodes) - La courbe pluriannuelle est la somme des 4 autres courbes.

En pointillés : Reconstitution des débits du Doubs non influencés par les prélèvements (présenté sous forme de faisceaux pour prendre en compte les variations selon les années des prélèvements dans le bassin)

Lecture du graphique : à un débit indiqué en ordonné correspond un nombre de jours lut sur l'axe des abscisses (Cf. détail en annexe)

L'augmentation des débits dans le Doubs fait diminuer l'incidence des prélèvements, malgré leur augmentation sensible au niveau de ce tronçon. Par ailleurs ils ne sont pénalisants que pour la période Août Octobre, mais dans des mesures moindres que plus en amont.

4 Synthèse, évaluation de l'incidence des prélèvements dans le Haut Doubs

Cette quantification de la ressource repose sur les mesures de débits réalisés aux stations de bassin gérées par la DREAL de Franche Comté. Or toutes ces stations ne présentent pas la même précision de mesure en situation d'étiage (Cf. premier chapitre).

Bien qu'ayant privilégié les stations les plus précises, nos résultats présentés dans ce paragraphe présentent donc une certaine incertitude qu'il convient de prendre en compte dans les comptabilisations de nombres de jour d'étiage, notamment à Vuillecin, seule station utilisée les débits mesurés en étiage sont imprécis (toutes les autres stations ont présenté une moindre dispersion entre enregistrement et mesures).

Incidence des prélèvements dans le haut Doubs sur l'étiage de référence (le Qmna5)

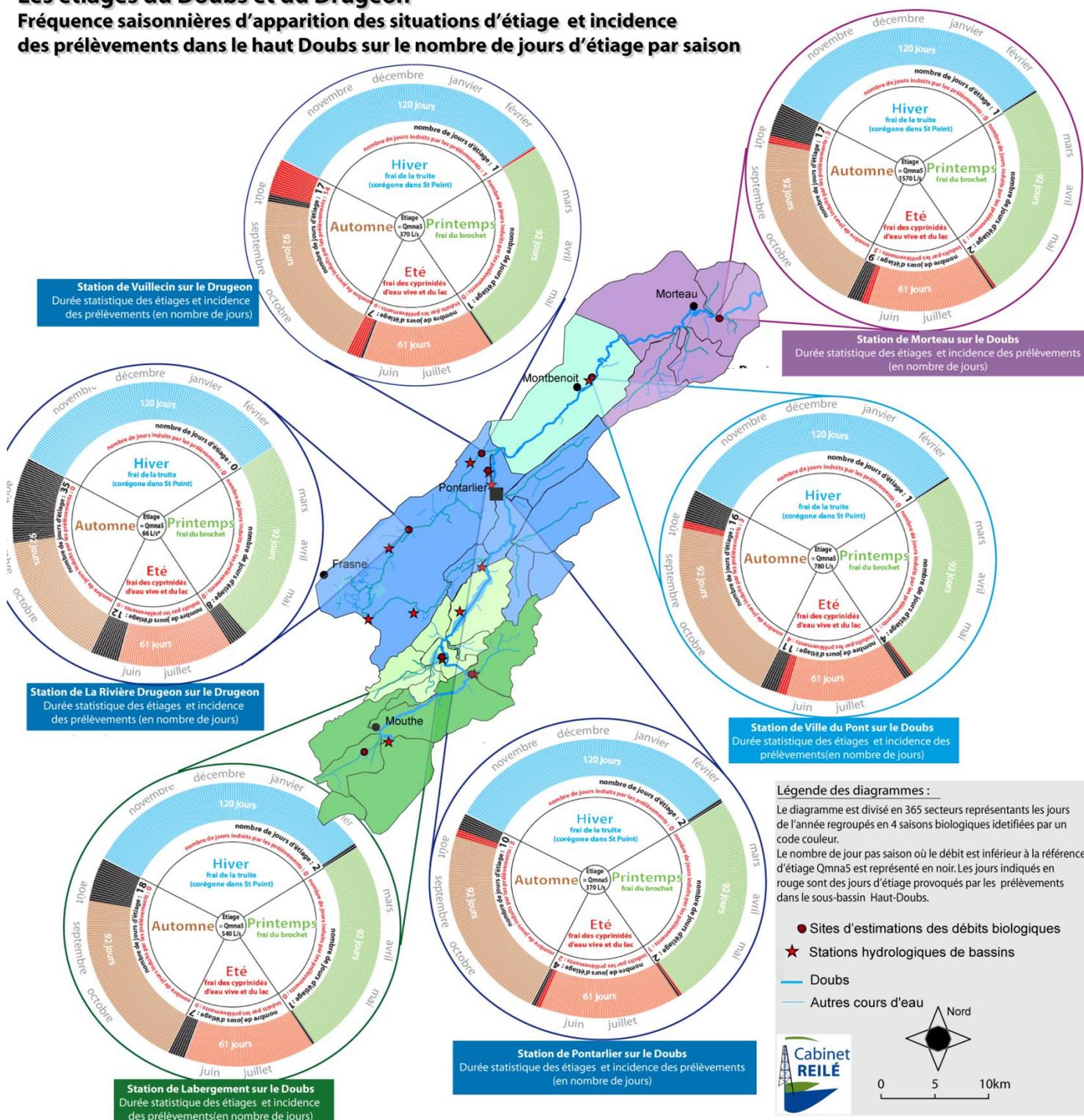
Sur l'ensemble du linéaire du Haut Doubs, le débit de la rivière, quelque soit la station, est inférieur à la valeur de Qmna5 entre 18 et 32 jours (approximativement 1 mois). Plus de un jour sur deux d'étiage intervient entre août et octobre (16 à 18 jours au total).

Au niveau de Labergement Sainte Marie, les étiages inférieurs au Qmna5 sont peu influencés par les prélèvements d'eau dans le bassin du Doubs. Plus à l'aval leur effet est à l'origine :

- A Pontarlier sur le Doubs : de 6 des 18 jours d'étiage, soit 1/3 de ces étiages.
- A Vuillecin sur le Drugeon : 4/5 des étiages dont 100% des étiages qui interviennent en hiver, période la plus sensible du point de vue biologique (régime hydrologique du cours d'eau modifié par les prélèvements).
- Doubs à Ville du Pont et à Morteau : 1/4 des étiages, leur effet étant ressenti plutôt en été et en automne.

Les étiages du Doubs et du Drugeon

Fréquence saisonnière d'apparition des situations d'étiage et incidence des prélèvements dans le haut Doubs sur le nombre de jours d'étiage par saison

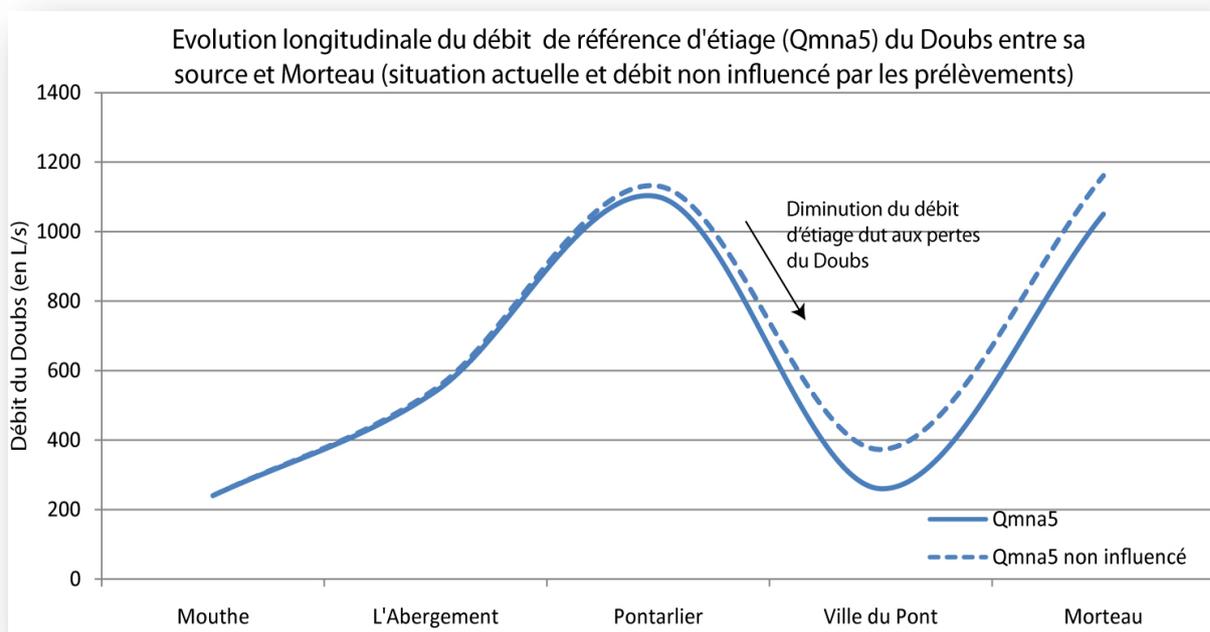


Des Prélèvements limités à l'échelle des valeurs annuelles moyennes :

L'incidence des prélèvements dans le sous-bassin du Haut Doubs est à relativiser en raison :

1. De l'importance de la ressource, qui n'est pas surexploitée. Le volume des prélèvements est très inférieur à la recharge annuelle, 10 millions de mètres cubes par an représentant moins de 7% du débit de la source du Doubs, et moins de 3% de son débit annuel à Morteau.
2. Du débit moyen des pertes du Doubs et du Dugeon, estimé à 3200 L/s. L'effet des prélèvements sur le Dugeon à Vuillecin, où ils sont le plus sensibles, n'entraînent un déficit d'écoulement moyen que de 150 L/s.

Il existe toutefois des déséquilibres quantitatifs locaux en aval de certains prélèvements (Ex : ruisseau situé en aval du captage de Vau les Aigues ...). En raison de l'absence de mesures des débits dans les petits cours d'eau, l'effet des prélèvements n'est considéré qu'au niveau des linéaires principaux (Dugeon dans le cas du puits de Vaux les Aigues), masquant des impacts locaux qui peuvent très sensibles.



Affluents des prélèvements plus pénalisants que pour le Doubs en raison de la faiblesse des étiages, et de spécificités naturelles : régime nival pour le Cébriot et le Bief Rouge, perte pour le Drugeon

Les affluents du Doubs dans les bassins desquels sont réalisés des prélèvements d'eau sont plus impactés que le Doubs en lui-même par ces prélèvements, d'une part parce-que les débits de ces affluents sont beaucoup moins importants que ceux du Doubs, et d'autre part en raison de spécificités hydrologiques ou hydrogéologiques de ces ruisseaux.

- Comparaison des débits du Doubs et de ses affluents (rappel).

Alors que dès sa source le Doubs présente un écoulement annuel de 57 millions de mètres cubes, les débits de ses principaux affluents est de :

- 37 millions de mètres cubes à La Rivière Drugeon pour le Drugeon
- 22.35 millions de mètres cubes pour le Bief Rouge
- et moins de 10 millions de mètres cubes pour le Cébriot.

- Spécificités hydrologiques et hydrogéologiques des affluents du Doubs : régime nival et pertes karstiques

En altitude, les ruisseaux Cébriot et Bief Rouge présentent un régime nival qui est pénalisant. Les étiages sont synchrones avec des cycles biologiques aux besoins importants.

La hausse des besoins en eau en hiver pour répondre aux besoins des activités touristiques est un facteur aggravant les étiages.

Le cas du Drugeon partiellement capturé par le karst de la Loue possède un écoulement résiduel inférieur aux volumes prélevés dans son bassin. La recharge importante de la nappe de l'Arlier limite cet effet, mais uniquement sur les derniers kilomètres de son linéaire.

Les situations du Drugeon et de la Morte ne sont pas comparables. Là où les prélèvements peuvent réduire de moitié les débits dans le Drugeon, ils ne sont pas la cause de l'assèchement de la Morte. Le cours inférieur de ce ruisseau, également capturé par la Loue¹, ne se maintiendrait pas en eau même en l'absence de prélèvements.

Gestion empirique du vannage du Lac St Point : Une pratique inefficace à comprendre et à adapter

Les niveaux à maintenir dans le lac de Saint Point font l'objet d'un consensus de la part de ces différents usagers et permettent de déstocker une partie de la réserve d'eau. A certaines saisons ce volume permet de soutenir les débits du Doubs en aval. A ce jour la réserve disponible n'est sollicitée que de manière empirique et qu'au coup par coup, sans suivi des niveaux dans le lac.

Une gestion plus rigoureuse du lac permettrait de garantir un écoulement minimum en aval (maintien d'un débit minimum de 1.1 m³/s), et d'amortir efficacement les étiages (abaissement graduel du débit sous 2 m³/s).

¹ Relation vérifiée par traçage

Annexes

Représentativité des données, débits mesurés aux différentes stations hydrologiques

La *partie basse*¹ des courbes de tarage des différentes stations utilisées pour quantifier les ressources sont présentées pages suivantes. La prise en compte des données d'étiage seulement accroît sensiblement la dispersion apparente entre jaugeages (Cf. comparaison de l'ensemble de la courbe avec le zoom sur les jaugeages d'étiage pour les exemples de Mouthe, de Oye et Pallet et de Pontarlier).

L'ensemble de jaugeages basses eaux sont représentés. Le code couleur correspond à l'ancienneté des données :

- Bleues pour les données les plus récentes, associées à la courbe de tarage actuelle.
- Noir pour les mesures précédentes
- Rouges pour les mesures les plus anciennes. Sur certains graphes, la courbe de tarage utilisée pour la transformation des hauteurs en débit de l'époque est indiquée en rouge. Le décalage avec la courbe actuelle montre l'évolution de la station.

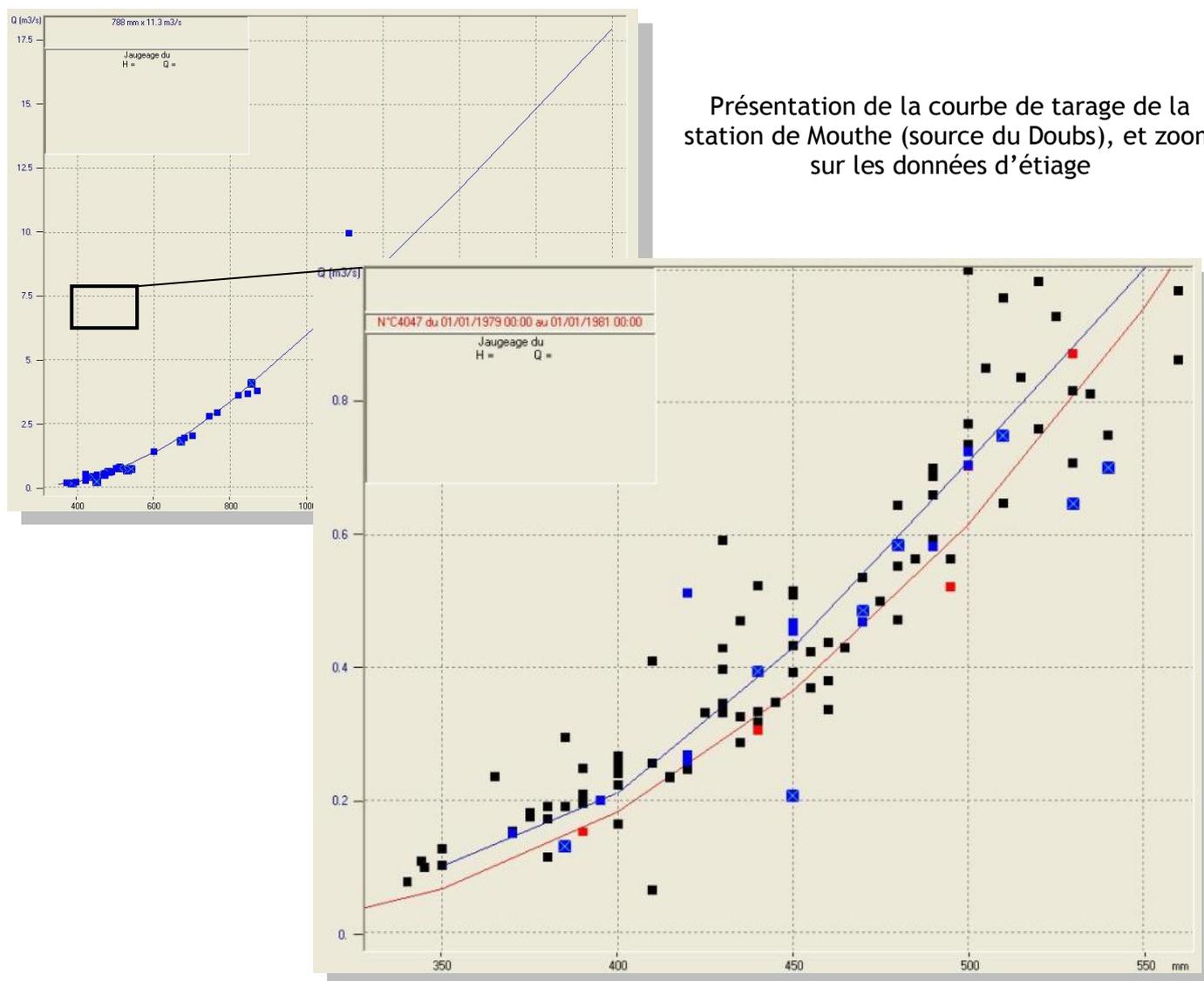
Seuls les jaugeages représentés en bleu sont associés aux courbes de tarage actuelles (de la même couleur). Pour certaines stations (Mouthe, Les Longevilles, Labergement, Oye et Pallet, Vuillecin), des anciennes courbes de tarage associées aux jaugeages représentés de la même couleur, sont indiquées pour illustrer l'évolution des rapports débits / hauteur avec le temps.

¹ Zoom sur la partie de la courbe qui permet de calculer les débits pour les situations de basses eaux

Station hydrologique sur le Doubs de Mouthe (N° 2002010)

Bien que situé derrière un seuil, la précision de la station de mesure des débits du Doubs à sa source reste moyenne lorsque le débit est inférieur à $1 \text{ m}^3/\text{s}$. Cela est probablement lié à la trop grande largeur du seuil, ce qui entraîne une très faible lame d'eau en étiage, et donc des variations importantes des débits calculés pour de très faibles variations de débit.

La courbe de la dispersion des jaugeages en fonction de la hauteur d'eau le confirme, avec de nombreuses mesures présentant une différence de plus de 50% avec le débit enregistré lorsque le niveau de l'eau à la station de mesure est inférieur à 500 mm (débit $< 600 \text{ L/s}$). Au-delà de cette cote, la convergence entre débits réels mesurés et ceux calculés est meilleure.

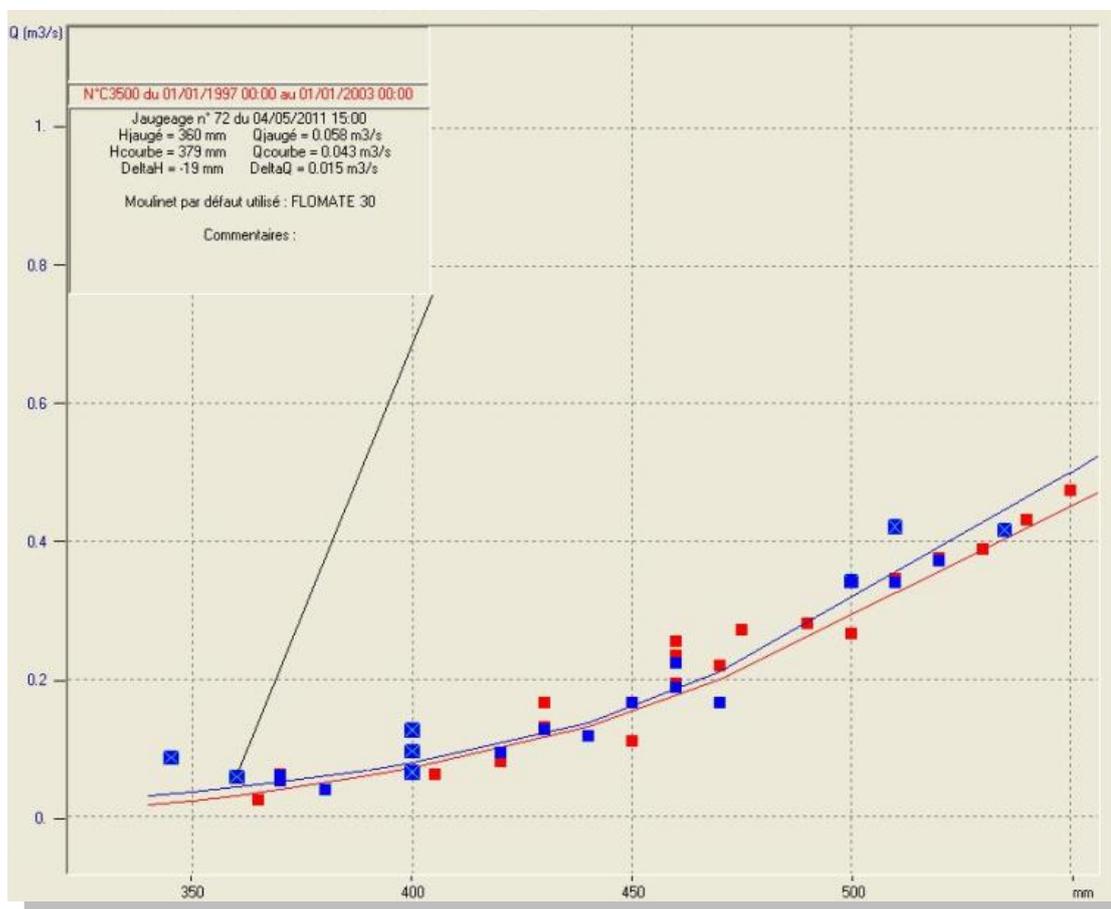


Station hydrologique sur le Bief Rouge des Longevilles (N°U2015030)

Pour la station hydrologique du Bief Rouge, la corrélation entre débits mesurés par la station et écoulement réel est correcte, voire bonne, avec moins de 30% d'écart entre la mesure et le débit réel lorsque celui-ci est supérieur à 10 L/s.

Ce seuil de 10 L/s en dessous duquel la dispersion des jaugeages devient plus importante correspondant déjà à une situation d'étiage sévère, statistiquement rencontrée moins de 47 jours par an. La moins bonne représentativité de la station sous ce seuil ne devrait donc pas être gênante pour l'utilisation des mesures dans le cadre de la détermination des volumes prélevables.

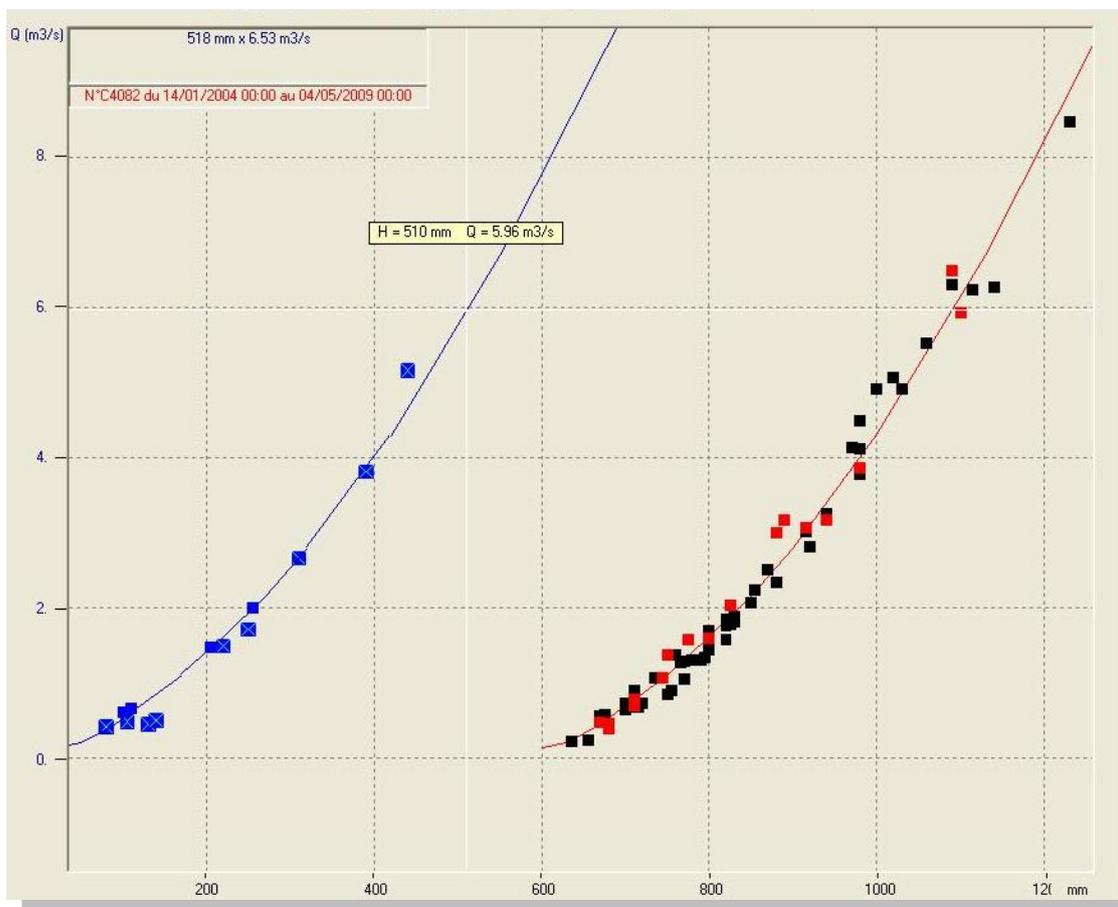
Les mesures effectuées au niveau de cette station servant à interpoler les débits du Cébriot, la bonne représentativité des débits mesurés permettra de limiter les erreurs dans l'estimation des débits d'étiage du Cébriot.



Courbe de tarage de la station

Station hydrologique sur le Doubs de Labergement Sainte Marie (N°U2012010)

La station a été déplacée en 2009, en restant sur le même tronçon de rivière, ce qui explique le décalage des mesures avant et après 2009. Quelque soit sa localisation, en étiage, la corrélation entre débits mesurés et débits réellement observés dans le Doubs à Labergement Sainte Marie est très bonne, voire la meilleure pour l'ensemble du sous-bassin. Cette station pourrait donc par la suite servir de référence pour le sous-bassin lorsqu'il s'agira de déterminer de certaines références (les débits de crise, d'objectif d'étiage, ...).



Courbe de tarage de la station

Station hydrologique sur le Doubs de Oye et Pallet (N°U2012020)

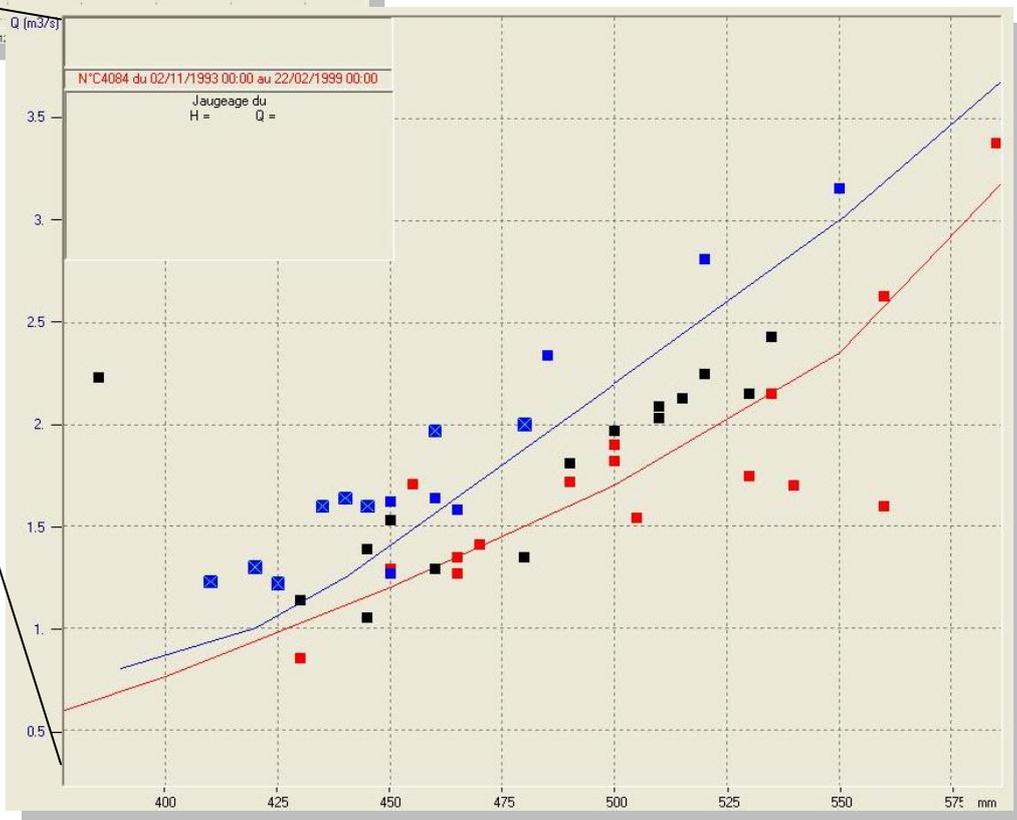
En sortie du lac de Joux, la station de mesure située à Oye et Pallet n'est pas adaptée à la caractérisation des étiages. Il apparaît par ailleurs qu'en étiage la mesure se bloque à 400 mm (800 L/s), cette valeur s'affichant lorsque le débit est apparemment inférieur.

La dispersion des jaugeages en fonction du temps montre une évolution temporelle de cette station. Les étiages mesurés actuellement ne sont pas les forcément différents de ceux mesurés il y a quelques années, les variations constatées étant probablement dues à des modifications de géométrie d'écoulement au droit de la station de mesure.

Nous n'utiliserons pas les données de cette station pour déterminer les volumes prélevables dans le sous-bassin du Haut Doubs.

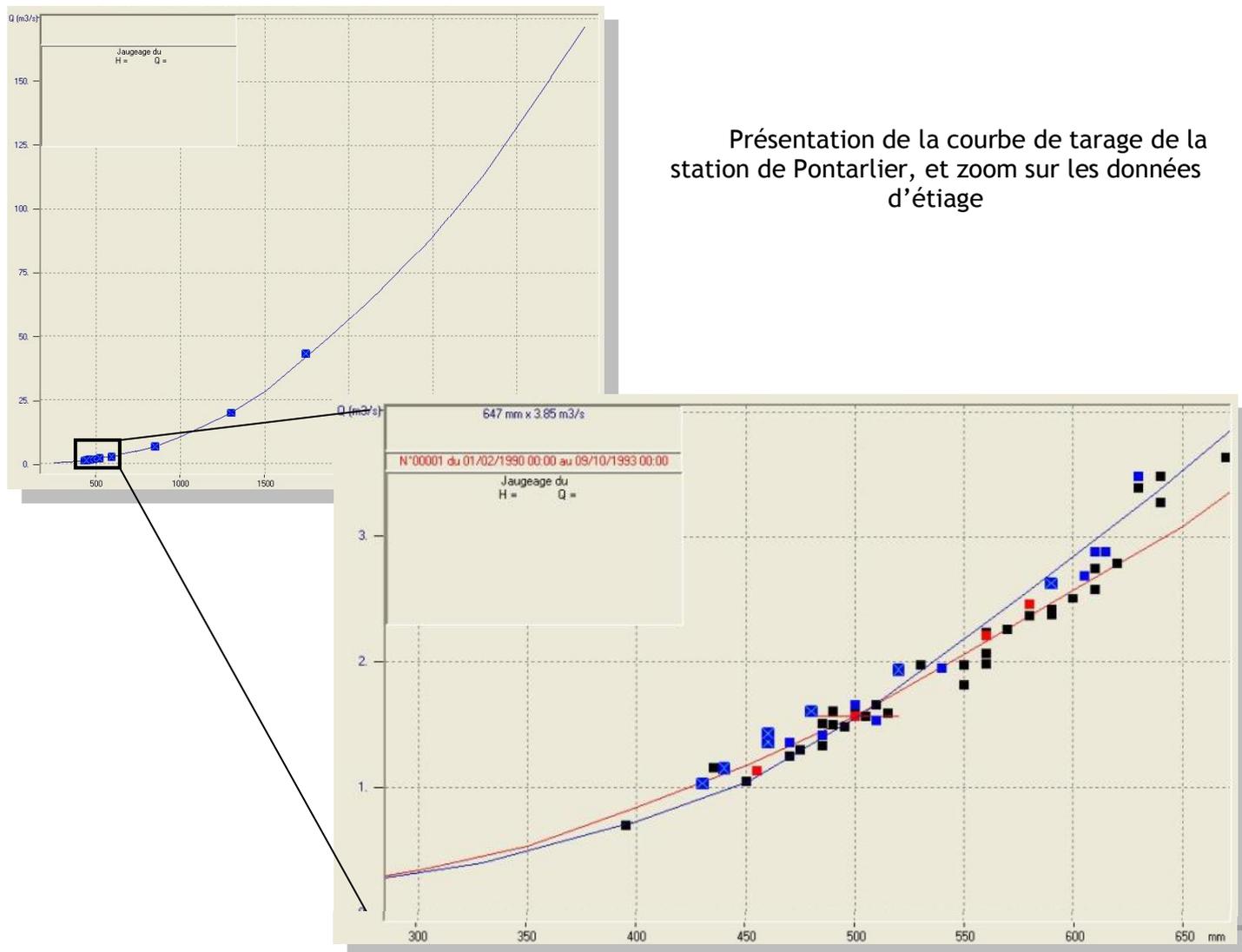


Présentation de la courbe de tarage de la station de Oye et Pallet, et zoom sur les données d'étiage



Station hydrologique sur le Doubs de Pontarlier (N° U2022010)

En étiage, la corrélation entre débits mesurés et débits réellement observés dans le Doubs à La Cluse et Mijoux (station Pontarlier) est bonne.



Station hydrologique sur le Doubs de Doubs

La courbe de tarage basses eaux du Doubs à Doubs n'est pas précise en situation d'étiage.

Située dans le même tronçon de rivière que celle de Pontarlier, cette dernière lui sera préférée pour la détermination des débits d'objectifs d'étiage.

Station hydrologique sur le Doubs à Ville du Pont (N° U2102010)

En étiage, la corrélation entre débits mesurés et débits réellement observés dans le Doubs à La Ville du Pont est bonne.

Cette station étant associée à celle de Labergement pour l'interpolation des débits du Doubs à Morteau la bonne corrélation de ces 2 stations avec les débits observés permettra de limiter les erreurs dans l'estimation des débits d'étiage en sortie du sous-bassin Haut Doubs.



Présentation de la courbe de tarage de la station de Ville du Pont, et zoom sur les données d'étiage

Station hydrologique sur le Drugeon à La Rivière Drugeon (N°U2102010)

La localisation de la station de la Rivière Drugeon a été modifiée, la station N°2022010 remplaçant la N°2102010.

Quelque soit sa localisation, en étiage, la corrélation entre débits mesurés et débits réellement observés dans le Doubs à la Rivière Drugeon est bonne. Cette station pourrait donc par la suite servir de référence pour le sous-bassin lorsqu'il s'agira de déterminer de certaines références (les débits de crise, d'objectif d'étiage, ...).

Pour cette station, la corrélation entre débits mesurés par la station et écoulement réel est bonne au-delà de 50 L/s. Ce débit pourrait être inférieur au débit d'objectif d'étiage, ce qui ferait que cette station serait bien adaptée à la détermination des volumes prélevables.

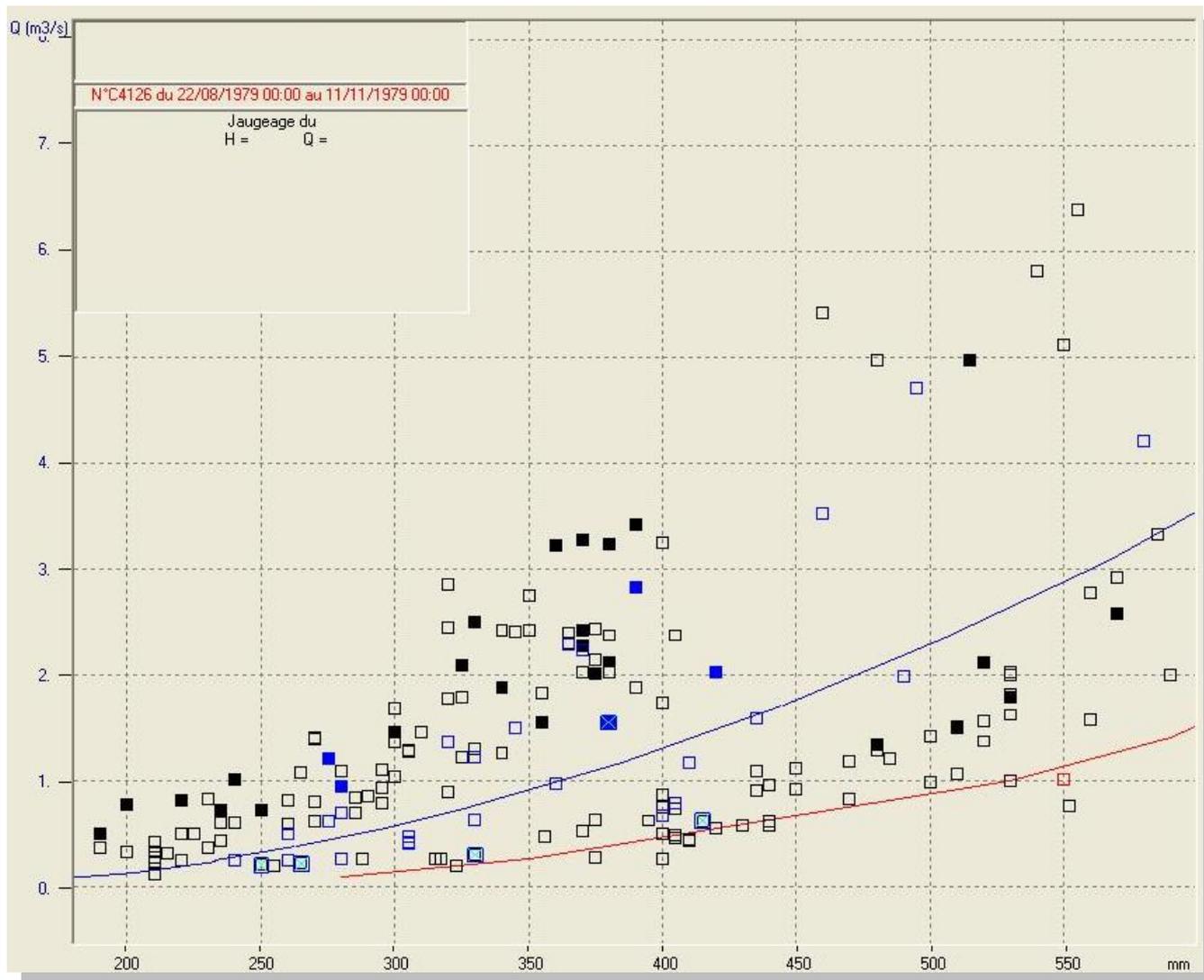


Présentation de la courbe de tarage basses eaux de la station de la Rivière Drugeon

Station hydrologique sur le Drugeon à Vuillecin (N° U2035020)

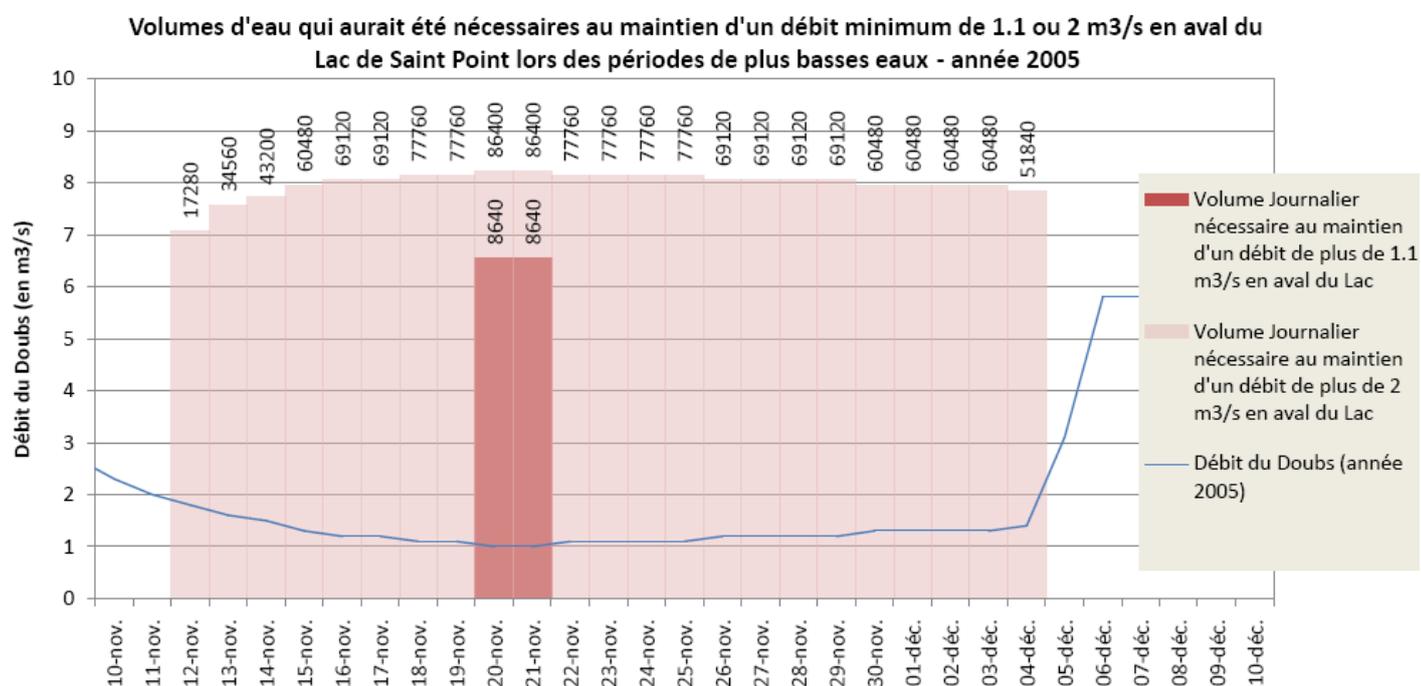
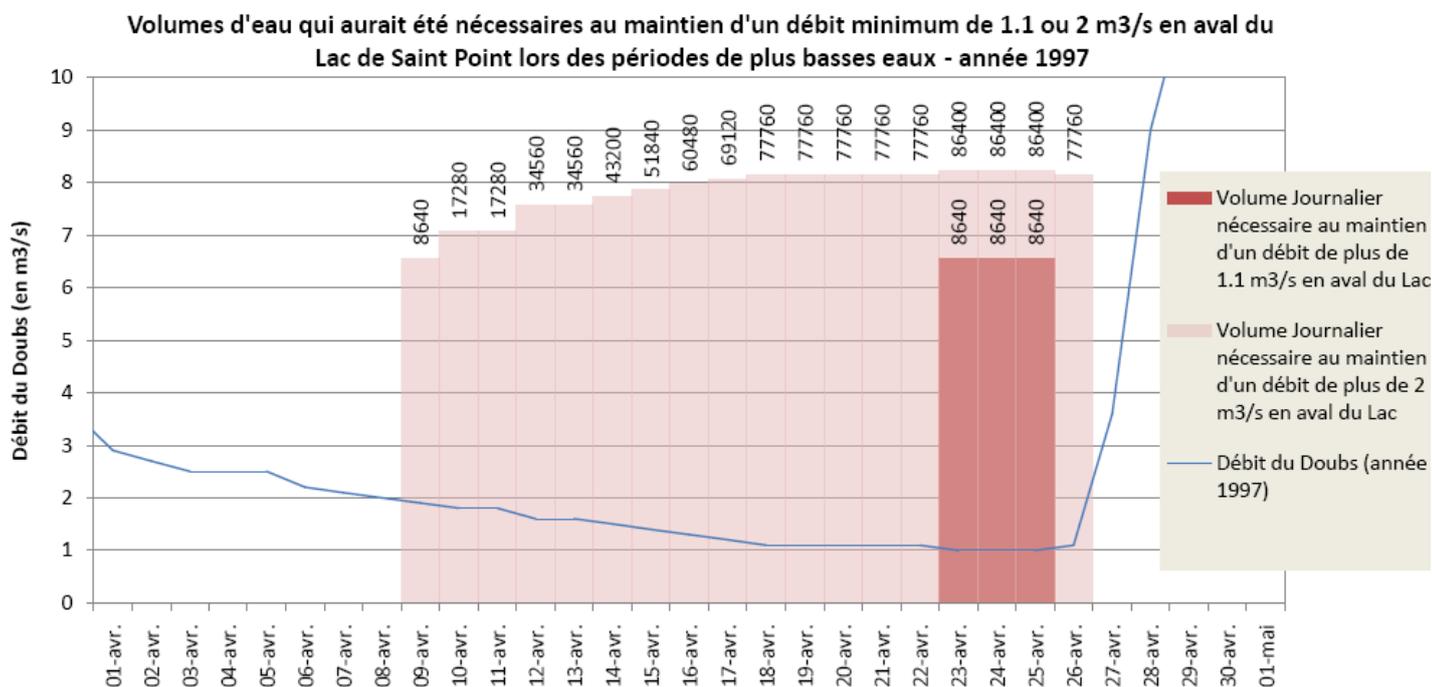
La courbe de tarage basses eaux du Drugeon à Vuillecin n'est pas précise en situation d'étiage.

Située dans le même tronçon de rivière que celle de La Rivière Drugeon, cette dernière lui sera préférée pour la détermination des débits d'objectifs d'étiage.



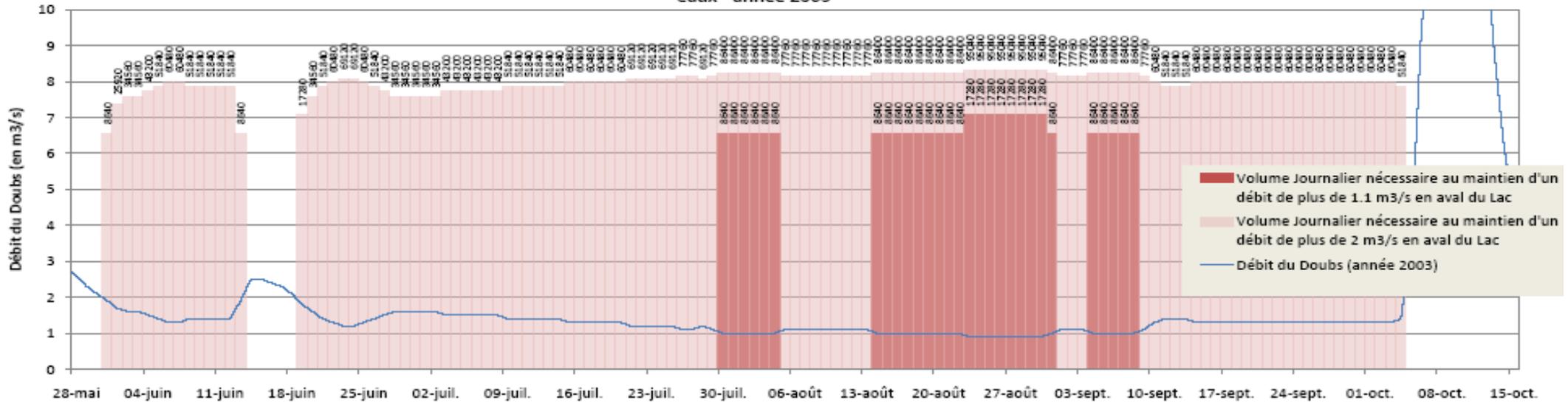
Présentation de la courbe de tarage basses eaux de la station sur la Drugeon à Vuillecin

Détail des étiages les plus sévères du Doubs mesurés au niveau de Oye et Pallet depuis 1994

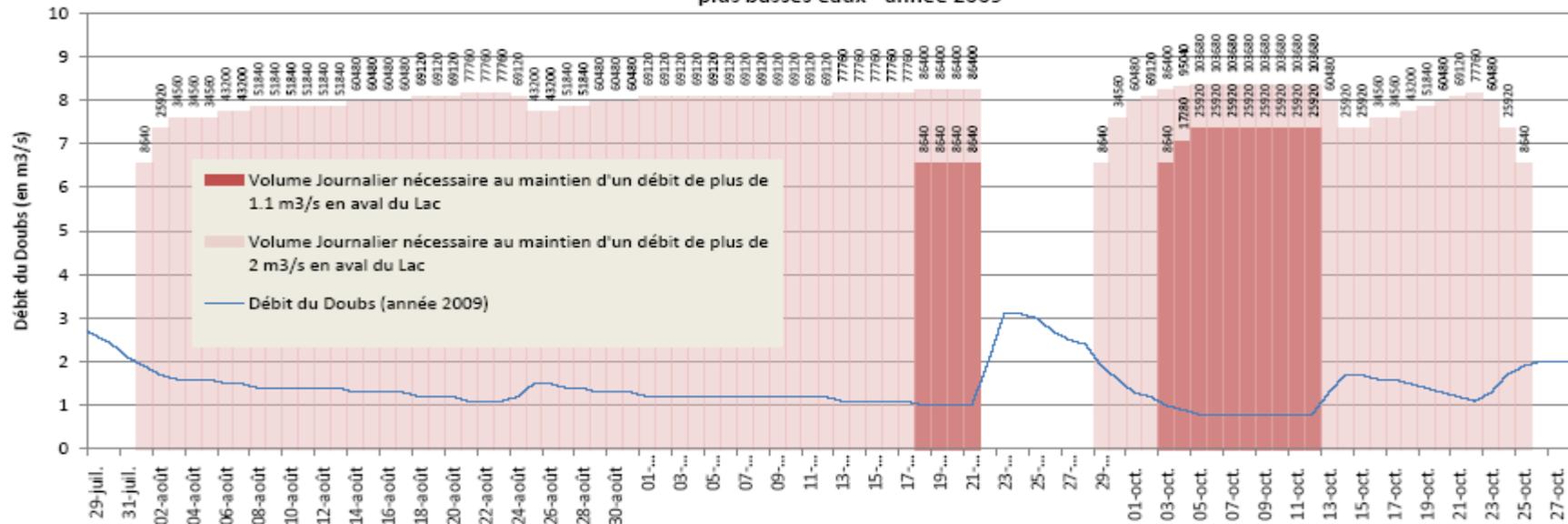


Note : 8640 m³/jour correspondent à un débit de 100 L/s

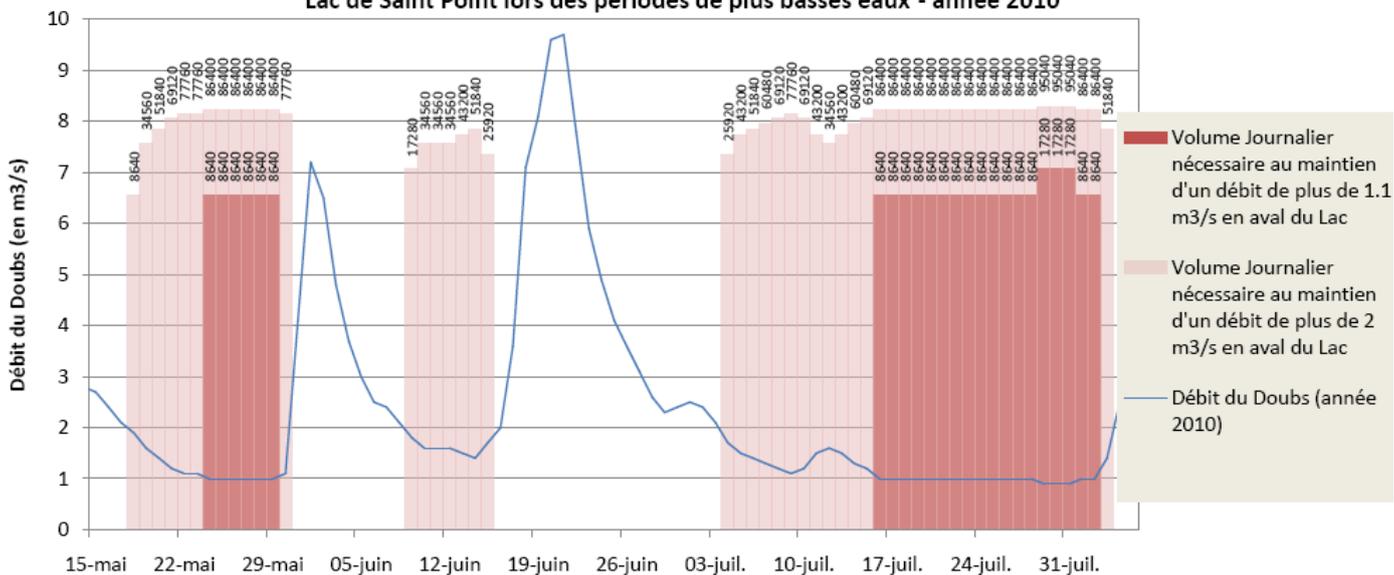
Volumes d'eau qui aurait été nécessaires au maintien d'un débit minimum de 1.1 ou 2 m3/s en aval du Lac de Saint Point lors des périodes de plus basses eaux - année 2003



Volumes d'eau qui aurait été nécessaires au maintien d'un débit minimum de 1.1 ou 2 m3/s en aval du Lac de Saint Point lors des périodes de plus basses eaux - année 2009



Volumes d'eau qui aurait été nécessaires au maintien d'un débit minimum de 1.1 ou 2 m3/s en aval du Lac de Saint Point lors des périodes de plus basses eaux - année 2010



Volumes d'eau qui aurait été nécessaires au maintien d'un débit minimum de 1.1 ou 2 m3/s en aval du Lac de Saint Point lors des périodes de plus basses eaux - année 2010

