



**ETUDE DE DETERMINATION DES
VOLUMES PRELEVABLES DANS LE SOUS-
BASSIN DE LA SAVOUREUSE**



RAPPORT D'ETAPE - PHASE III
**IMPACT DES PRELEVEMENTS ET QUANTIFICATION DES
RESSOURCES**

SOMMAIRE

1. Présentation et précision des données exploitées	7
1.1 La Pluviométrie	7
1.2 La Température	7
1.3 Les Débits des cours d'eau du sous-bassin Savoureuse	7
2. Quantification des ressources et évolution des débits du bassin de la Savoureuse	9
2.1 Quantification des ressources du bassin Savoureuse	9
2.2 Bilan des échanges nappe rivière au droit du champ captant de Sermamagny (modélisation hydrogéologique)	10
2.3 Variations saisonnières de la ressource : les débits moyens mensuels de la Savoureuse et de ses affluents, dont le minimum est mesuré au mois d'Août	14
2.4 Sévérité des étiages dans le bassin de la Savoureuse (durée et fréquence statistique des épisodes au débit inférieur au VCN ₃₅ et au Q _{mna5})	15
2.5 Saisonnalité des étiages : les débits minimums du bassin Savoureuse interviennent quasiment exclusivement de Juin à Octobre	16
3. Evaluation de l'incidence des prélèvements sur les débits d'étiages du bassin Savoureuse par reconstitution des débits non influencés par les prélèvements	17
3.1 Evaluation de l'incidence des prélèvements au droit des 5 stations hydrologiques du sous-bassin Savoureuse	17
3.2 Reconstitution des débits influencés en non influencé des 3 tronçons du sous-bassin de la Savoureuse	19
4. Synthèse, caractéristiques des étiages de la Savoureuse et de ses affluents et identification des tronçons de rivière les plus impactés par les prélèvements	23
4.1 La Savoureuse fait partie des 10% des rivières françaises qui présente un étiage particulièrement sévère (d'après indicateurs hydrologiques)	23
4.2 Les circulations d'eau souterraines parallèles à la rivière dans la nappe alluviale de la Savoureuse en amont et au droit du champ captant de Sermamagny : l'une des clés de l'étude des volumes prélevable dans ce sous-bassin	23
4.3 Identification des secteurs déficitaires en situation d'étiage et évaluation de l'incidence des prélèvements	24

ANNEXES	27
NOTE EN COMPLEMENT DU CHAPITRE 1.1	29
Analyse des pluviométries enregistrées au Ballon d'Alsace et à Belfort, comparaison des mesures	29
NOTE EN COMPLEMENT DU CHAPITRE 1.2	31
Evolution des températures à Belfort, période 1973 - 2010	31
NOTE EN COMPLEMENT DU CHAPITRE 1.3	32
Mesures des débits de la Savoureuse et de ses affluents : représentativité de données utilisées	32
NOTE EN COMPLEMENT DU CHAPITRE 2.1	47
Evolutions des écoulements annuels dans le bassin de la Savoureuse	47
NOTE EN COMPLEMENT DU CHAPITRE 2.2	50
Modélisation de la nappe alluviale de la Savoureuse à Sermamagny	50
NOTE EN COMPLEMENT DU CHAPITRE 2.3	58
Variations saisonnière des écoulements	58
NOTE EN COMPLEMENT DU CHAPITRE 2.4	59
Intensité et fréquence des étiages	59
Détail des données utilisées pour la reconstitution des débits non influencées	62
Détail des étiages mensuels les plus sévère enregistrés dans le bassin de la Savoureuse (mois où les débits ont été inférieurs aux Qmna5)	72
Méthode d'estimation des débits aux 13 tronçons du sous-bassin de la Savoureuse	73
Cartographie des tronçons de la Savoureuse sensibles aux assecs	84

<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 de la Savoureuse			
	Impact des prélèvements et quantification des ressources existantes			
	Date	Chargé d'étude	Version	Phase
	2 juillet 2012	Julien GIRARDOT	Minute 1	Phase III
29 août 2012	Julien GIRARDOT	Rapport final	Phase III	



Etudes de détermination des volumes prélevables dans le sous-bassin de la Savoureuse

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

Version du 27 août 2012

Cette analyse des débits de la Savoureuse et de ses affluents a été réalisée en vue de la quantification des ressources en eau de son bassin, pour dans un second temps évaluer l'incidence des prélèvements actuels sur les écoulements en étiage.

Avant la quantification des ressources, basée sur un bilan de l'hydrologie de la Savoureuse, nous présentons dans une première partie, le contexte météorologique de cette région, susceptible d'influencer les écoulements, ainsi qu'une discussion de la fiabilité des mesures hydrométriques utilisées : les enregistrements de débit sont réalisés au niveau des stations hydrométriques de bassin gérées par la DREAL¹. N'étant pas spécifiquement destinées à la mesure des étiages, leurs fiabilités pour les petits débits ne sont pas toutes comparables. Il sera nécessaire pour l'évaluation de l'impact des prélèvements, de prendre en compte cette précision des données.

Nous quantifions ensuite la ressource disponible dans le territoire, pour évaluer l'importance et l'impact des prélèvements par rapports aux réserves annuelles en eau disponibles. Ces informations nous permettront de déterminer les parties du sous-bassin Savoureuse qui sont surexploitées.

Puis nous proposerons une analyse des écoulements dans la Savoureuse à l'échelle des 13 tronçons définis lors de la caractérisation du territoire (phase I de l'étude), en utilisant au niveau du Champ captant de Sermamagny une modélisation hydrogéologique de la nappe de la Savoureuse.

La finalité de cette étude hydrologique est d'établir, via la reconstitution des débits non influencés par les prélèvements, leur effet sur les étiages de la Savoureuse.

Ce rapport présente l'hydrologie du bassin de la Savoureuse d'une manière synthétique. Des notes associées à chacun des grands chapitres sont présentées en annexe. Nous invitons le lecteur à s'y référer lorsqu'il souhaite approfondir un des volets de cette étude.

¹ Cf. fiches de présentation en annexe

1. Présentation et précision des données exploitées

1.1 La Pluviométrie

- Hauteur de pluie annuelle moyenne à Belfort (altitude 329 m) : 1.13 m (1130 mm)
- Hauteur de pluie annuelle moyenne au Ballon d'Alsace (altitude 1250 m) : 1.86 m (1860 mm)

La différence des précipitations annuelles entre Belfort et la Ballon d'Alsace est importante (plus de 60%). Leurs variations ne sont pas concomitantes : un déficit de la pluviométrie à l'une des deux stations n'est pas forcément observé sur l'autre, et un mois ou une année secs à Belfort peuvent être plus arrosés que la moyenne au Ballon d'Alsace.

Cette répartition des pluies influe le régime hydrologique de la Savoureuse.

Les années les plus sèches de ces 40 dernières années ont été dans l'ordre (années où le déficit de pluie est supérieur à 20%) :

- 1971, 2006, 1979, 1994, 2008, 1972, 1973 et 1992 à Belfort.
- 2003, 1975, 1996 et 1989 au Ballon d'Alsace.

La dernière décennie ne montre pas d'évolution des volumes ou de la répartition des pluies par rapport aux 3 décennies précédentes.

1.2 La Température

Depuis 1973, l'évolution des températures enregistrées à Belfort est sensible. Il est enregistré une augmentation importante de la moyenne des maxi et mini mensuels (+2.5°C pour les moyennes des températures journalières maximums et +2° pour les moyennes des températures journalières minimums).

Dans le détail, on observe :

- une progression des chaleurs estivales (+2° en maximum mensuel au mois de juillet et Août) entre les décennies 1973 - 1980 et 1981-1991,
- et une arrivée plus précoce des chaleurs dans la dernière décennie (la température moyenne du 1^{er} juin est celle auparavant constatée qu'à partir du 15 juillet).

1.3 Les Débits des cours d'eau du sous-bassin Savoureuse

Les débits des cours d'eau du sous-bassin Savoureuse sont enregistrés au niveau des 5 stations automatiques gérées par la direction régionale de la recherche, de l'environnement, de l'aménagement et du logement de Franche-Comté (DREAL, cf. localisation sur carte page suivante), et depuis 2010 d'une station automatique¹ appartenant à la communauté d'agglomération de Belfort au niveau du champ captant qu'elle exploite à Sermamagny.

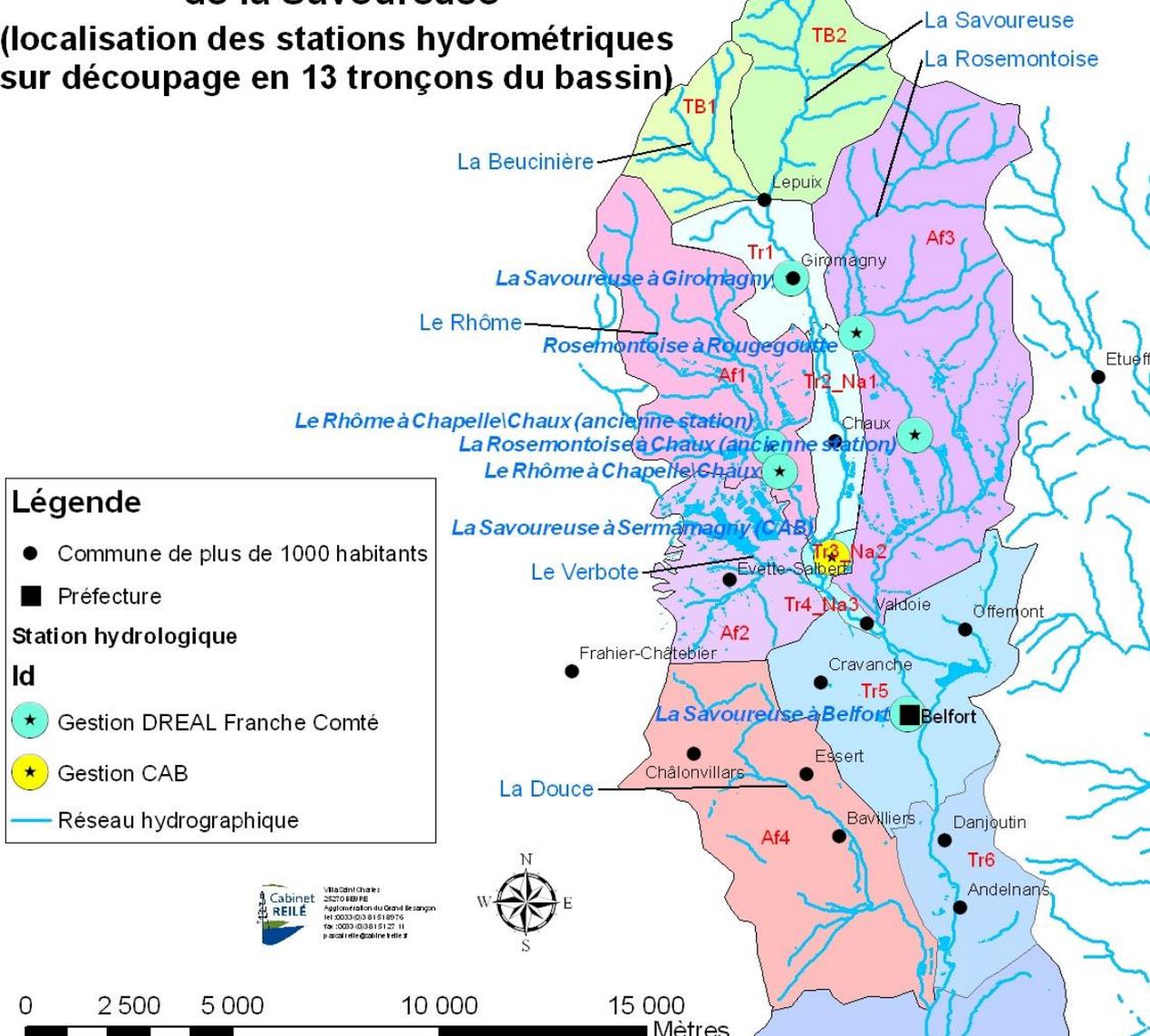
Remarque : L'implantation de stations hydrométriques répond à un objectif hydrologique et patrimonial général. L'exploitation de données hydrologiques peut à la fois concerner la prévision des crues, le suivi des étiages, les calculs pour des projets ponctuels, l'analyse hydrologique mensuelle régionale 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 Niveau mesuré toutes les 10 minutes

Cartographie du territoire de la Savoureuse (localisation des stations hydrométriques sur découpage en 13 tronçons du bassin)



Tronçon N°	Localisation	Cours d'eau	code station	Superficie (en km²)	Période d'enregistrement	Années incomplètes
Tr1	Giromagny	Savoireuse	U2345020	30.5	1973 - 2012	1974
Tr6	Belfort	Savoireuse	U2345030	141	1973 - 2012	
Tr7	Vieux Charmont	Savoireuse	U2345040	235	1986 - 2012	1986
Af3	Chaux	Rosemontoise	U2345820	25.4	1973 - 2010	1974, 1995, 1996, 1997, 2009
		Rougegoutte	U2345830	25.4	2005 - 2012	2006, 2007, 2011
Af1	La Chapelle sous Chaux	Rhôme	U2345410	17.4	1973 - 2010	1974, 1985, 1991
		Rhôme	U2345420	17	2005 - 2012	2007, 2011

2. Quantification des ressources et évolution des débits du bassin de la Savoureuse

Les débits utilisés pour cette quantification de la ressource proviennent de mesures. Il s'agit donc de débits influencés par les prélèvements et les aménagements existants (plans d'eau, recalibrages de certains linéaires).

Etant donné le manque de précision des enregistrements réalisés avant 1980, les moyennes interannuelles indiquées sont calculées sur la période 1980 - 2011.

2.1 Quantification des ressources du bassin Savoureuse

Annuellement, il s'écoule en moyenne dans la Savoureuse entre 46 millions de mètres cubes à Giromagny et 191 millions de mètres cubes à Vieux Charmont (le Rhône et la Rosemontoise apportant respectivement 23 et 30 millions de mètres cubes par an). A Belfort, le débit moyen interannuel est de 141 millions de mètres cubes.

Pour l'ensemble du linéaire, c'est la hauteur de pluie sur le relief en tête de bassin qui conditionne la quantité des écoulements annuels (y compris au niveau de la confluence avec l'Allan à Vieux Charmont).

Stations ¹	Superficie du bassin	Moyenne interannuelle 1980-2011	Maximum annuel (année)	Minimum annuel (année)
<i>Débits en millions de mètres cubes par an</i>				
<i>Hauteur des précipitations enregistrées au Ballon d'Alsace</i>		1.86 m	2.45 m (1999)	1.39 m (2003)
Savoureuse à Giromagny	30.5 km ²	46 1.52 x10 ⁶ m ³ /km ²	64 (1999)	26 (2005)
Rhône à Chapelle sous Chauv	17.4 km ²	23 1.34 x10 ⁶ m ³ /km ²	39 (1981)	11 (2003)
Rosemontoise à Chauv	25.4 km ²	30 1.19 x10 ⁶ m ³ /km ²	43 (2001)	16 (1976)
<i>Hauteur des précipitations enregistrées à Belfort</i>		1.13 m	1.52 m (2002)	0.6 m (1971)
Savoureuse à Belfort	141 km ²	136 0.97 x10 ⁶ m ³ /km ²	232 (1982)	74 (2009)
Savoureuse à Vieux Charmont	235 km ²	191 0.81 x10 ⁶ m ³ /km ²	297 (1999)	100 (1989)

Pour mémoire, le total des prélèvements dans le bassin représente 8 millions de mètres cubes, dont 75 % pour l'alimentation A.E.P (Cf. rapport de phase II-Bilan des prélèvements). Ces 8 millions de mètres cubes ne prennent pas en compte l'évaporation en surface des plans d'eau.

Sur ces 8 millions de mètres cubes d'eau prélevés annuellement, 6 le sont en amont de Belfort, soit 13% de l'écoulement annuel de la Savoureuse à Giromagny, et 4% à Belfort.

Les années les plus sèches, un prélèvement de 6 millions de mètres cubes en amont de Belfort peut représenter plus de 8% de l'écoulement annuel de la Savoureuse à Belfort, et plus de 20% à Giromagny.

Le rapport entre ces prélèvements et les écoulements mensuels en basses eaux est présenté page 18.

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

2.2 Bilan des échanges nappe rivière au droit du champ captant de Sermamagny (modélisation hydrogéologique)

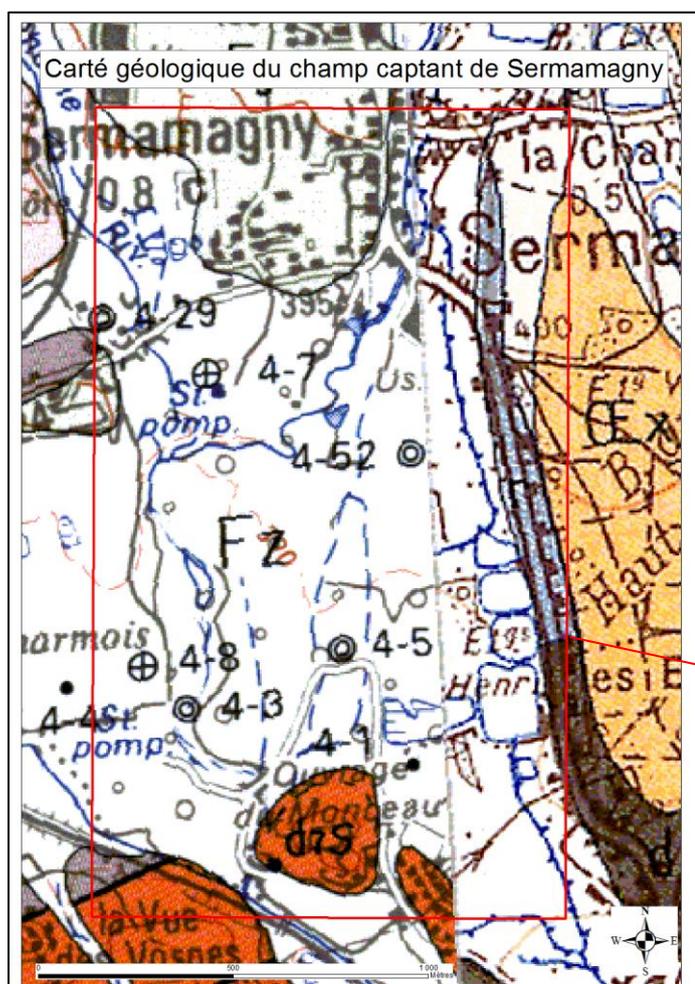
La profondeur de l'eau dans la nappe de la Savoureuse à Valdoie est enregistré quotidiennement depuis 2006. L'eau est en moyenne à 1.2 m de profondeur avec un battement de nappe de 1.40 m (profondeur de l'eau toujours située entre un maximum de -2.05 m et un minimum de - 0.62 m).

La nappe fonctionne selon un cycle annuel avec une recharge hivernale, et une période de basses eaux en été. Sur la période 2007 - 2011, les plus basses eaux sont observées au mois de juillet.

La quantification des écoulements dans cette nappe a été réalisée d'après modélisation hydrogéologique sous le logiciel MODFLOW (Cf. présentation du modèle en annexe).

Contexte Géologique :

Les alluvions de la Savoureuse en aval de Sermamagny sont constituées de sables à graviers avec des intercalations ponctuelles de galets. Cette formation est épaisse d'environ 10 m. L'écoulement général de l'eau est Nord - Sud.



Limites du Modèle Hydrogéologique

FZ : alluvions actuelles de la Savoureuse

Au Nord, lors des essais de reconnaissance de la nappe, les sondages ont traversés un niveau d'argilite rouge du Permien constituant le substratum imperméable de l'aquifère.

Au Sud de ce champ captant on rencontre un seuil de type schisteux d'âge Dévonien au niveau de la cluse du Salbert. Cette formation est imperméable.

Perméabilité des alluvions de la Savoureuse et vitesse d'écoulement de la nappe :

La perméabilité de la nappe de la Savoureuse n'est pas homogène. Elle a été reconnue par géophysique, avec calage par essais de pompage dans le cadre d'une étude en 1998 (SOGREAH, Fonctionnement et exploitation de la nappe de Sermamagny). Les zones les plus perméables, au niveau des puits Schneider, et entre la Savoureuse et le Verbote, ont une perméabilité de 6×10^{-3} m/s.

L'emmagasinement de l'aquifère a été estimée d'après la granulométrie de la nappe (méthode du diamètre efficace d_{10} - US Geological Survey). Ces alluvions étant constituées de graviers avec une forte proportion d'argiles et de limons, leur porosité efficace n'est que de 3%.

En entrée de modèle (limite nord), la vitesse d'écoulement de la nappe de la Savoureuse est de 3.2 m/jour.

Résultats de la modélisation hydrogéologique : bilan de la nappe alluviale de la Savoureuse au niveau du Champ captant de Sermamagny

Le tableau ci-dessous fait la synthèse des débits souterrains entrants et sortants de l'aquifère alluvial de la Savoureuse au niveau du Champ captant de Sermamagny. Pour chaque secteur où le modèle indique la présence d'échanges, ils sont quantifiés sous forme d'un encadrement de 2 valeurs correspondant au maximum nappe haute, et à un minimum lorsque la nappe est en étiage. Ces résultats sont reportés sur la carte page suivante.

Type de flux	localisation	Volumes	
		en m ³ /jour	En L/s
Débits entrants ¹	Limite Nord du modèle (selon le sens d'écoulement général de la nappe)	14900 à 17300	172 à 200
	Nappe d'accompagnement du Verbote	2070	24
	<i>TOTAL</i>	<i>16970 à 19370</i>	<i>196 à 224</i>
Débits sortants ²	Écoulement souterrain en direction du bassin Verbote en amont du Tertre	1200	14
	Nappe d'accompagnement de la Savoureuse à l'ouest du Monceau ³	6000 à 7300	69 à 84
	Écoulement souterrain à l'ouest du Monceau ⁴	4300 à 5900	50 à 68
	Prélèvements A.E.P	14 000	160
	<i>TOTAL</i>	<i>25 500 à 27 200</i>	<i>295 à 315</i>
Bilan :	Pertes des cours d'eau au profit de la nappe alluviale	-7830 à -8530 m ³ /jour	-90 à -99 L/s

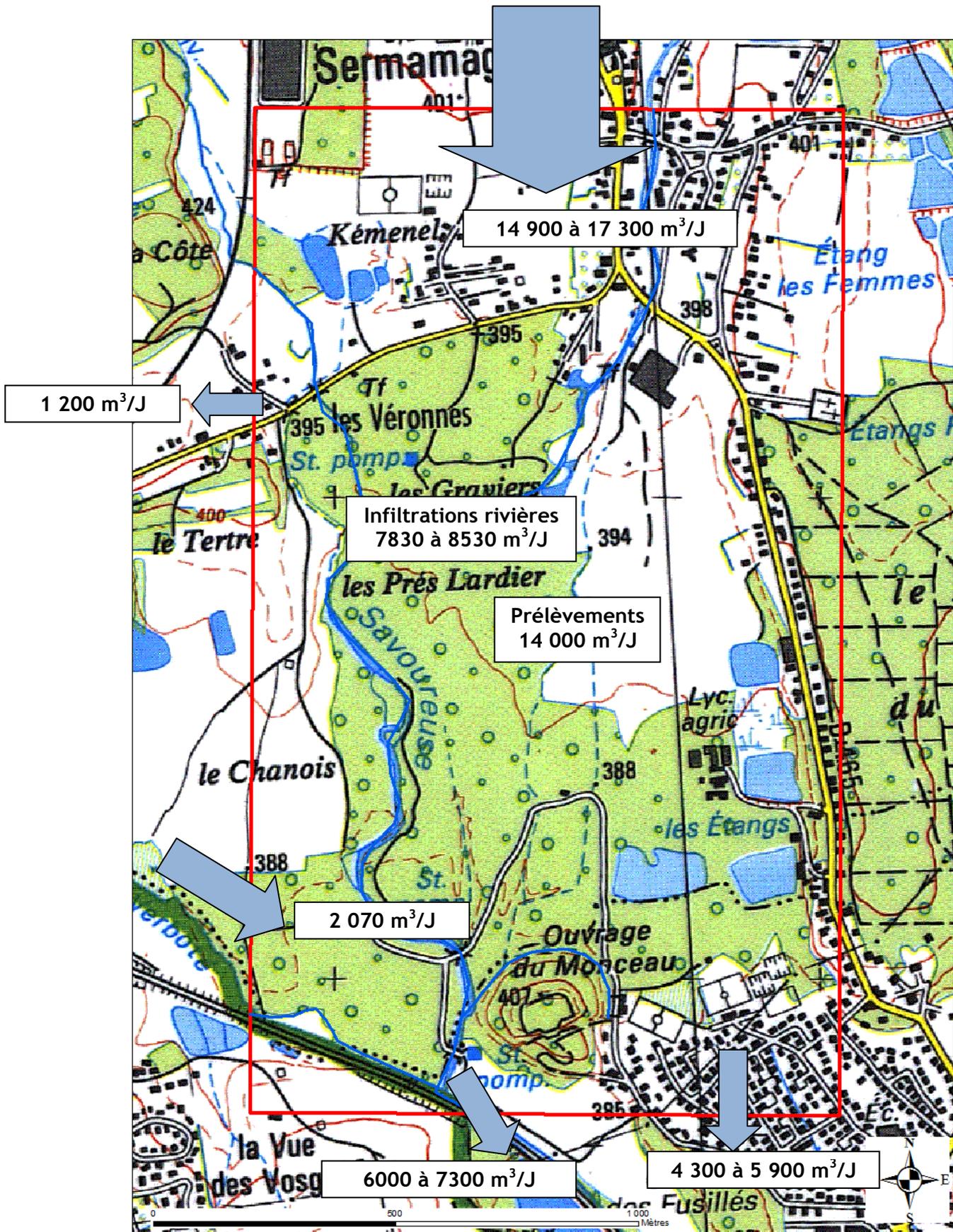
Lorsque le débit de la Savoureuse est inférieur à 70 L/s, le prélèvement est réduit à 5000 m³/jour. Les flux entrant deviennent donc légèrement supérieur aux flux sortant (+470 m³/jour), ce qui garanti la pérennité de ce tronçon de rivière.

¹ Apports par les précipitations négligeables comparés aux autres flux

² Effets de l'évapotranspiration négligeable comparés aux volumes prélevés

³ Explique la présence d'un écoulement permanent dans la Savoureuse en aval du Champ captant lorsque la rivière s'assèche au niveau des Puits Schneider

⁴ En hautes eaux, alimente le ruisseau qui traverse le quartier du Montceau à Valdoie avant de rejoindre la Rosemontoise. Alimente la nappe alluviale de Belfort en basses eaux



Carte générale des flux dans la nappe de Savoureuse au niveau du champ captant de Sermamagny (d'après modélisation hydrogéologique de la nappe)

Principales informations apportées par le modèle :

1. Quelle que soit la situation hydrologique, les apports souterrains dans la nappe à Sermamagny en amont du champ captant sont supérieurs au volume qui y est prélevé.

Les captages interceptent 30% seulement de ce flux en étiage. Le reste ne fait que traverser la zone. Il est soit restitué à la rivière au droit du seuil des schistes du Salbert, soit alimente la nappe située sous les villes de Valdoie et de Belfort. Ces écoulements souterrains ne sont pas accessibles aux captages existants.

Si la rivière n'était pas dans l'aire d'influence des captages, une partie moins importante de son débit s'infiltrerait dans le sous-sol, ce qui serait moins pénalisant pour les milieux aquatiques (théoriquement, le débit de la nappe à Sermamagny étant toujours supérieur au prélèvement, la rivière ne devrait pas perdre de débit au droit des captages).

Le modèle mis au point pour cette étude pourrait être mis à profit pour optimiser l'exploitation de la nappe, et limiter en situation d'étiage l'impact des prélèvements au niveau du champ captant.

2. En amont de ce secteur, l'extension de la nappe alluviale de la Savoureuse est finie (superficie : 7.6 km²). Dans des conditions sèches, le débit de la nappe en amont des captages ne peut provenir uniquement d'un déstockage de la réserve alluviale (volume trop peu important). Les jaugeages réalisés à l'automne 2011 montrent que le complément provient de la rivière : Entre Giromagny et Sermamagny, la Savoureuse perd déjà une partie de son écoulement au profit de la nappe alluviale.

Pour quantifier plus précisément ces infiltrations de la Savoureuse dans sa nappe, le débit de la Savoureuse à Sermamagny va être enregistré en continu durant le second semestre 2012.

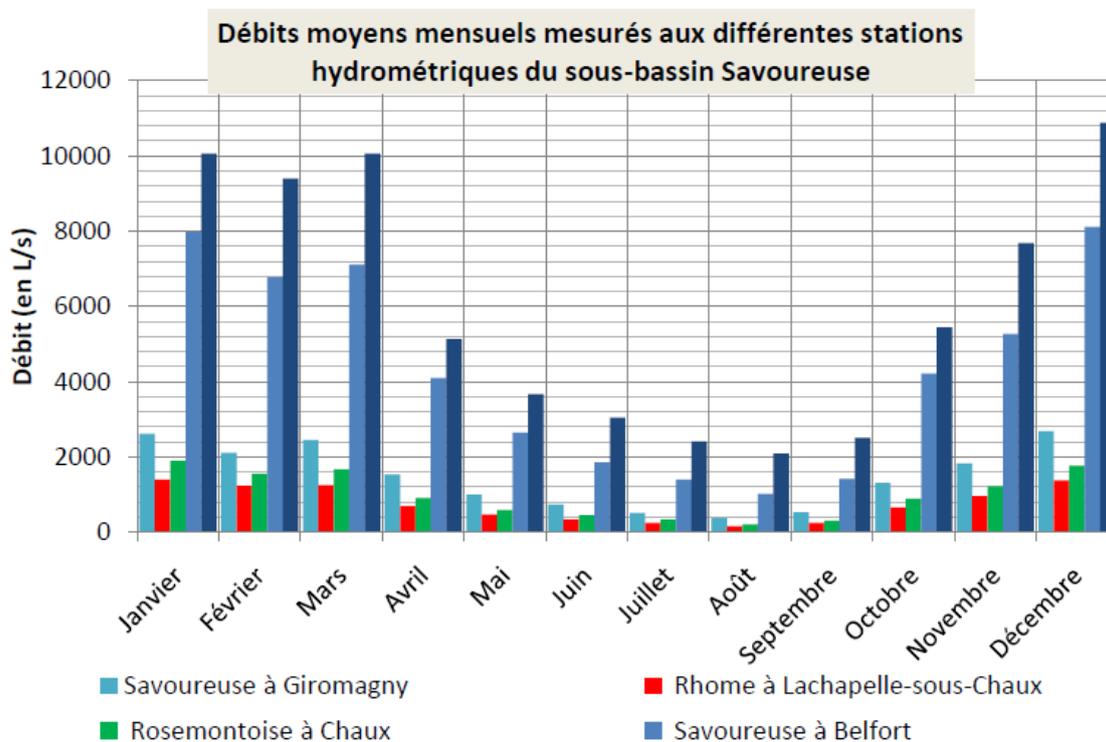
Résultats des jaugeages de la Savoureuse effectués à l'automne 2011 :

Il a été mesuré par jaugeage un déficit d'écoulement dans la Savoureuse entre Sermamagny et Giromagny de :

- 80 L/s le 16 septembre 2011,
- 20 L/s le 30 septembre 2011,
- et 35 L/s le 28 novembre 2011.

Ce sont les débits apportés à la nappe par la rivière.

2.3 Variations saisonnières de la ressource : les débits moyens mensuels de la Savoureuse et de ses affluents, dont le minimum est mesuré au mois d'Août



	Savoireuse à Giromagny	Rhône à Lachapelle-sous-Chaux	Rosemontoise à Chaux	Savoireuse à Belfort	Savoireuse à Vieux-Charmont
Débit moyen mensuel mesuré en L/s					
Période 1980-2011 (2010 pour le Rhône et la Rosemontoise)					
Janvier	2614	1399	1892	7976	10511
Février	2112	1227	1545	6775	9167
Mars	2449	1254	1665	7107	9776
Avril	1531	692	911	4091	5082
Mai	998	472	584	2646	3669
Juin	736	334	448	1856	3047
Juillet	512	241	325	1399	2411
Août	375	153	206	1016	2085
Septembre	531	245	309	1415	2509
Octobre	1308	650	881	4212	5436
Novembre	1828	958	1217	5263	7681
Décembre	2688	1379	1771	8114	10884

La Savoureuse présente sur l'ensemble de son linéaire, affluents inclus, un régime pluvio-nival, avec un étiage d'hiver peu marqué, et un contraste entre les mois de hautes eaux (période octobre-mars) et de basses eaux (période avril septembre) important.

2.4 Sévérité des étiages dans le bassin de la Savoureuse (durée et fréquence statistique des épisodes au débit inférieur au VCN₃₅ et au Qmna5)

Fréquence et intensité des références d'étiage du bassin de la Savoureuse :

	Savoireuse à Giromagny	Rhône à Lachapelle-sous-Chaux	Rosemontoise à Chaux	Savoireuse à Belfort	Savoireuse à Vieux-Charmont
Unité	L/s	L/s	L/s	L/s	L/s
Débit moyen mensuel minimum¹	375	153	206	1016	2085
1/10 du Module	147.3	57.7	97.9	432.2	602.2
Qmna5	89	29	44	260	910
<i>Durée max./année</i>	<i>85 jours / 2003</i>	<i>84 jours / 2003</i>	<i>78 jours / 1976</i>	<i>105 jours / 2003</i>	<i>145 jours / 1989</i>
VCN₃₅	41	10	18	110	670
<i>Durée max/année</i>	<i>63 jours / 1978</i>	<i>61 jours / 2003</i>	<i>49 jours / 1976</i>	<i>73 jours / 2003</i>	<i>59 jours / 1989</i>

Définitions des références d'étiages utilisées		
Nom	Définition	usage
Qmna5	On appelle QMNA le débit (Q) mensuel (M) minimal (N) de chaque année civile (A). Le QMNA 5 ans est la valeur du QMNA telle qu'elle ne se produit statistiquement qu'une année sur cinq. C'est le débit de référence pour l'étiage utilisé dans le Code de l'environnement.	caractérise l'étiage à l'échelle du mois
VCN 3 (5)	Le VCNn est le débit minimal ou débit d'étiage des cours d'eau enregistré pendant n jours consécutifs sur le mois considéré. Par exemple le VCN3 (5) utilisé pour caractériser les étiages journaliers de la Savoureuse est le débit minimal observé 3 jours consécutifs statistiquement que 1 année sur 5.	caractérise l'étiage à l'échelle journalière
Module	Débit moyen interannuel, utilisé par le législateur pour quantifier de manière générale le débit que doivent maintenir dans les cours d'eau les différents usagers de l'eau, qui est de 1/10 du module	Caractérise l'écoulement annuel

L'écart entre les moyennes mensuelles et les débits d'étiage sont importants. Le rapport est de 1 à 5 pour le Qmna5 qui caractérise les étiages qui sont observés sur une durée de 1 mois, et de 1 à 10 pour le VCN3 qui évoque les minimums journaliers. Le débit minimum mensuel n'est donc pas représentatif des étiages des différentes stations de ce sous-bassin.

La durée des étiages est longue : jusqu'à plus de 2 mois par an pour le VCN3(5) et 3 mois par an pour le Qmna5.

Sauf au niveau de Vieux Charmont, les Qmna5 de la Savoureuse sont inférieurs à 1/10 du module. Seuls 10 % des cours d'eau français présentent cette spécificité qui caractérise un régime très contrasté avec des étiages très faibles.

La durée et l'intensité des étiages n'ont pas évoluées depuis 40 ans. Les minimums mesurés depuis 10 ans sont comparables à ceux de la période 1989-1992, ou de 1976. La fréquence des années sèches est par contre plus importante (8 années sur 10 durant la dernière décennie). L'importance ou la répartition des précipitations au cours de l'année n'expliquent pas cette évolution.

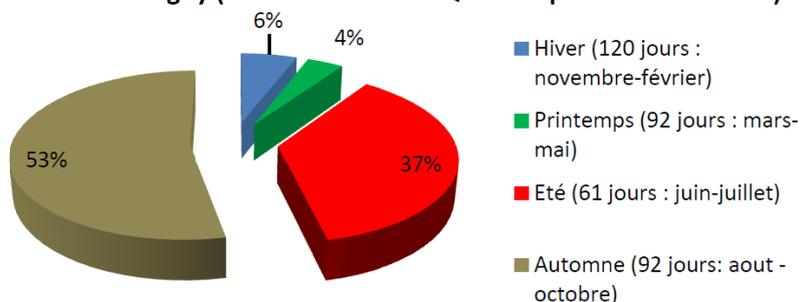
¹ Mesuré au mois d'août

2.5 Saisonnalité des étiages : les débits minimums du bassin Savoureuse interviennent quasiment exclusivement de Juin à Octobre

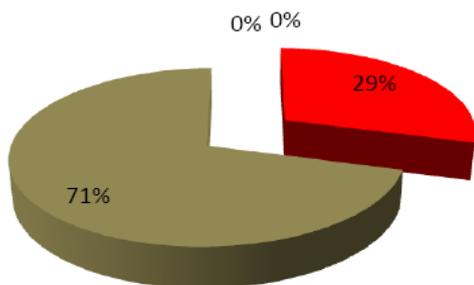
Outre la fréquence, la durée et l'intensité des étiages, leur saisonnalité peut conditionner leur incidence sur les milieux naturels. Pour cela, l'année a été découpée en 4 saisons biologiques correspondant à la période de fraie des salmonidés pour l'hiver, des Cyprinidés d'eau vive pour le printemps, de certaines espèces lacustres en été, l'automne regroupant le reste de l'année.

L'analyse des hydrogrammes montrent que les jours d'étiage interviennent majoritairement en été et en automne, lorsque les besoins biologiques des milieux sont moindres (concentration du poisson en mode survie dans des zones refuge).

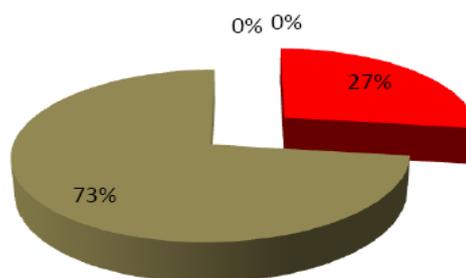
Répartition des jours d'étiages de la Savoureuse à Giromagny (débit inférieur au Qmna5 - période 1974 2011)



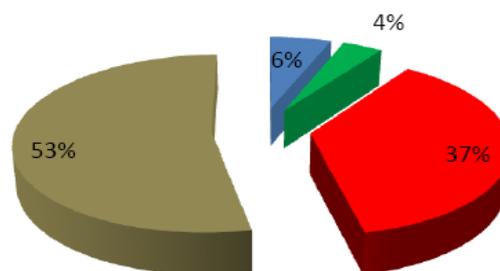
Répartition des jours d'étiages du Rhône



Répartition des jours d'étiages de la Rosemontoise



Répartition des jours d'étiages de la Savoureuse à Belfort



3. Evaluation de l'incidence des prélèvements sur les débits d'étiages du bassin Savoureuse par reconstitution des débits non influencés par les prélèvements

3.1 Evaluation de l'incidence des prélèvements au droit des 5 stations hydrologiques du sous-bassin Savoureuse

L'hydrologie de la Savoureuse, présentée précédemment, prend en compte les volumes d'eau prélevés dans le bassin puisque basés sur des mesures réelles des débits des cours d'eau (alors que les prélèvements sont effectifs).

Pour modéliser ce que seraient les étiages de la Savoureuse en l'absence des prélèvements quantifiés au précédent volet de l'étude¹, les débits de la rivière sans ces prélèvements ont été reconstitués à l'échelle mensuelle.

Les débits d'étiage non influencés nous donnent l'effet des prélèvements sur les étiages.

L'impact des prélèvements (effet de l'évaporation sur les étangs inclus) sur les débits d'étiage mensuels se traduit soit par une augmentation des étiages sévères ; soit par des étiages plus précoces :

- Stations où il est constaté une augmentation de la fréquence des étiages mensuels, le Qmna5 n'a pas été atteint depuis 1980 respectivement :
 - 10 mois au lieu de 2 sur la Savoureuse à Giromagny,
 - 6 au lieu de 3 sur le Rhône,
 - et 9 au lieu de 1 sur la Savoureuse à Belfort qui est la station la plus impactée.

- Stations où l'hydrologie est modifiée sans accentuation de la fréquence des étiages :
 - Sur la Rosemontoise, l'effet des prélèvements étant un déficit d'écoulement les mois d'été, et une importation d'eau de Septembre à Avril. L'accentuation des étiages observée les mois de juillet de d'août est compensée par une diminution de l'intensité des étiages d'automne (lorsque l'évaporation est moins importante). Leur fréquence n'est donc pas modifiée par les prélèvements d'eau dans le bassin.
 - A Vieux Charmont, les importations d'eau compensent largement les prélèvements. Les étiages de la Savoureuse en situation non influencée seraient donc plus marqués que ceux observés actuellement.

Sur la Savoureuse, l'écoulement minimum mensuel de la dernière décennie est sensiblement inférieur à celui des 30 dernières années avec des étiages plus longs² (4 mois au lieu de 1 mois sur la moyenne 1970 - 2011), et des débits minimums mensuels plus faibles.

Cette évolution (précocité des étiages, augmentation de durée) présente une certaine similitude avec les courbes d'évolution de la température.

En raison de la proximité de ces stations avec les points de référence des tronçons Tr1 (Giromagny), Tr5 (Belfort), Tr7 (Vieux Charmont), ces débits non influencés seront repris au niveau de chacun de ces tronçons pour comparaison avec les débits biologiques, et évaluation de l'impact des prélèvements sur la rivière (prochaine étape de l'étude des Volumes prélevables).

¹ Bilan des prélèvements dans le Sous-bassin de la Savoureuse, rapport d'étape Phase II - Avril 2012

² Si on interpole le mois d'août, où les débits ont été soutenus par des pluies supérieures à la moyenne en 2004, 2006, 2007 et 2011

Quantification de l'impact des prélèvements d'eau au niveau des 5 stations hydrologiques de la Savoureuse :

Station	Qmna5 (rappel)	1/10 module (rappel)	Minimum mensuel		Prélèvement max.	Rapport au minimum mensuel	Nombre de mois inférieur au Qmna5		Estimation du Qmna5 en situation de débit non influencé
			actuel	reconstitué			actuel	reconstitué	
Savoureuse à Giromagny (période 1980 – 2011)	89 L/s	147.3 L/s	375 L/s (août)	422 L/s	47.2 L/s (août)	-10%	10 (2.6 mois sur 100)	2	130 à 140 L/s (150 à 160 % du Qmna5 actuel)
Rhône à Lachapelle-sous- Chaux (période 1980 – 2010)	29 L/s	57.7 L/s	153 L/s (août)	163 L/s	15.2 L/s (Juillet)	-15%	6 (1 mois sur 100)	3	40 L/s (140 % du Qmna5 actuel)
Rosemontoise à Chaux (période 1980 – 2009)	44 L/s	97.9 L/s	206 L/s (août)	210 L/s	10.7 L/s (Juillet)	-4.5%	5 (1 mois sur 100)	4	Non Changé
Savoureuse à Belfort (période 1980 – 2011)	260 L/s	432.2 L/s	1016 L/s (août)	1244 L/s	274 L/s	-27%	9 (2.3 mois sur 100)	1	500 L/s (190 % du Qmna5 actuel)
Savoureuse à Vieux- Charmont (période 1986 – 2011)	910 L/s	602.2 L/s	2085 L/s (août)	1950 L/s	Apport mini de 95 L/s	+ 4.5%	8 (2.2 mois sur 100)	14	760 L/s (84 % du Qmna5 actuel)

Grille de lecture du Tableau :

Nom des stations
hydrométriques

Ces 3 colonnes rappellent les
caractéristiques hydrologiques des cours
d'eau (colonnes en grisé)

Cette colonne
indique ce que
serait ce débit
sans
prélèvement

Les colonnes en bleu
rappellent les débits prélevés
dans chacun des bassins (et le
mois où les prélèvements sont
maximums)

Nombre de
mois où le
Qmna5 n'a
pas été atteint
sur la période
indiqué dans
la colonne N°1

Les deux dernières colonnes indiquent:
- Le nombre de mois ou ce même
Qmna5 n'aurait pas été atteint
sans les prélèvements.
- et ce que serait le Qmna5 de la
station avec des débits non
influencés par les prélèvements

3.2 Reconstitution des débits influencés en non influencé des 3 tronçons du sous-bassin de la Savoureuse

Pour déterminer les volumes prélevables dans chacun des 13 tronçons du sous-bassin Savoureuse définis en début d'étude, nous utiliserons le débit minimum mensuel des cours d'eau aux nœuds aval de ces tronçons (application de la définition du schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux¹ [SDAGE]).

Pour les 8 tronçons où les débits ne sont pas enregistrés, nous les avons estimés par différentes méthodes d'après les enregistrements disponibles au niveau des 5 stations hydrométriques.

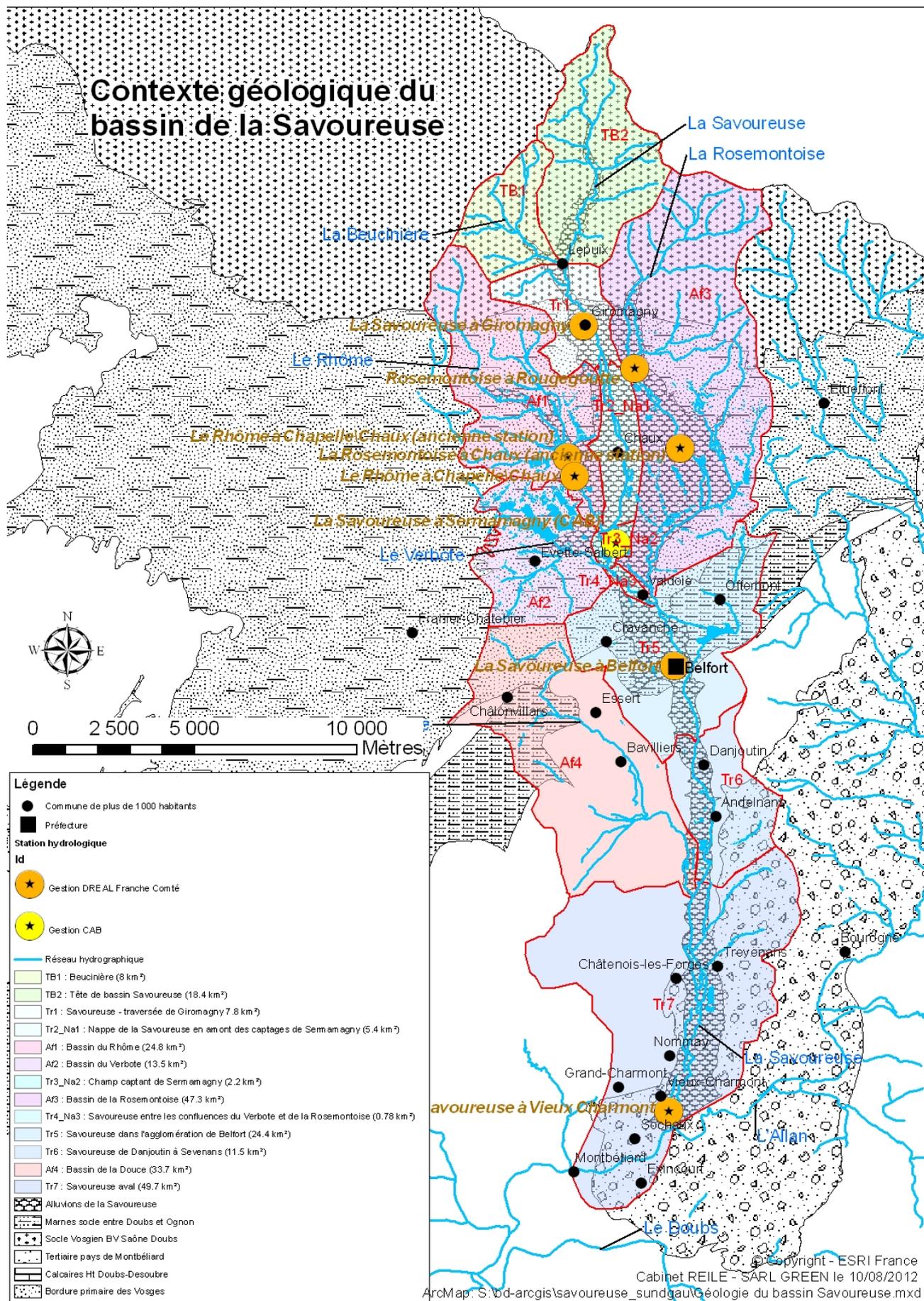
Le principe d'ajustement de ces débits a été choisi par croisement de la délimitation géographique des tronçons avec la localisation des stations hydrométriques et la nature géologique du sous-sol. Le contexte géologique de chaque tronçon (Cf. carte ci-contre) permet de tenir compte les possibilités de soutien des étiages par des réserves souterraines, et les interactions entre eaux superficielles et les nappes alluviales.

Ce principe a été préféré à une modélisation (de type pluie débit) sur la base des données météorologiques en raison de la bonne couverture de ce bassin par des stations hydrologiques, ce qui nous permettra d'être plus précis qu'un modèle², même en prenant en compte les incertitudes de mesures au niveau de chaque station.

Les débits moyens mensuels calculés pour chaque tronçon sont reportés dans le tableau de la page 21.

¹ Disposition 7-02

² La modélisation des étiages par un modèle interprétant des données météorologiques est très peu précis, d'autant que le bassin de la Savoureuse n'est pas homogène, tant du point de vue de la pluviométrie, que des reliefs et de la couverture végétale, et que l'évolution des étiages sur la période 2002 - 2011 n'est pas expliquée



		Tb1	Tb2	Tr1	Tr2-Na1	Tr3-Na2	Tr4-Na3	Af1	Af2	Af3	Tr5	Tr6	Tr7
Débit moyen mensuel mesuré en L/s													
Janvier	influencé	698	1578	2614	2614	4518	5659	1993	1102	3523	7976	8135	10056
	Non influencé		1605	2660	2635	4627	5768	1992	1101	3491	8135	7976	9808
Février	influencé	565	1273	2112	2112	3769	4772	1747	963	2872	6954	6954	9402
	Non influencé		1300	2158	2133	3880	4883	1747	964	2842	6775	6775	9159
Mars	influencé	654	1478	2449	2369	4066	5080	1787	975	3001	7107	7223	10057
	Non influencé		1505	2495	2390	4180	5206	1790	986	3081	7323	7107	9844
Avril	influencé	414	925	1531	1451	2348	2902	986	514	1697	4091	4316	5131
	Non influencé		952	1578	1473	2468	3048	995	539	1690	4316	4091	4957
Mai	influencé	274	603	998	918	1501	1868	673	327	1087	1646	2892	3669
	Non influencé		630	1045	940	1171	2033	688	365	1093	2892	2646	3532
Juin	influencé	205	445	736	656	1041	1287	475	206	834	1856	2122	3046
	Non influencé		472	783	678	1171	1466	493	255	849	2122	1856	2936
Juillet	influencé	147	310	512	432	686	854	344	128	605	1399	1673	2411
	Non influencé		337	559	454	818	1040	364	182	625	2122	1399	2315
Août	influencé	111	227	375	295	423	535	218	71	384	1016	1244	2085
	Non influencé		255	422	317	550	702	233	112	391	1244	1016	1950
Septembre	influencé	151	321	531	451	710	914	349	164	571	1415	1563	2509
	Non influencé		348	577	472	829	1054	357	185	561	1563	1415	2314
Octobre	influencé	355	789	1308	1228	2064	2604	920	501	1638	4212	4338	5436
	Non influencé		817	1354	1249	2176	2722	927	506	1612	4338	4212	5199
Novembre	influencé	491	1103	1828	1828	3103	3894	1365	751	2221	5263	5395	7681
	Non influencé		1130	1874	1849	3212	4003	1364	751	2190	5395	5263	7431
Décembre	influencé	717	1622	2688	2688	4563	5689	1966	1086	3297	8114	8265	10884
	Non influencé		1649	2734	2784	4748	5874	1965	1085	3266	8265	8114	10637

Colonne en bleu : débits mesurés aux stations hydrométriques

4. Synthèse, caractéristiques des étiages de la Savoureuse et de ses affluents et identification des tronçons de rivière les plus impactés par les prélèvements

4.1 La Savoureuse fait partie des 10% des rivières françaises qui présente un étiage particulièrement sévère (d'après indicateurs hydrologiques)

L'amont du sous-bassin Savoureuse ne possédant pas de grandes réserves souterraines d'eau, les étiages sont particulièrement sévères : elle fait partie des 10% des rivières françaises dont le dixième du module est supérieur au Q_{mna5} .

Les étiages observés sont très inférieurs aux minimums mensuels. **Les prélèvements existants n'expliquent pas à eux seuls la sévérité des étiages dans ce bassin.**

La détermination des volumes prélevables devra donc en prendre compte pour répondre aux enjeux de l'étude qui est de limiter à moins de 2 années sur 10 la fréquence des situations de crise.

4.2 Les circulations d'eau souterraines parallèles à la rivière dans la nappe alluviale de la Savoureuse en amont et au droit du champ captant de Sermamagny : l'une des clés de l'étude des volumes prélevables dans ce sous-bassin

La modélisation de la nappe de Sermamagny montre que d'une part l'infiltration d'une partie de l'écoulement de la Savoureuse dans la nappe ne se cantonne pas au voisinage proche des captages, mais concerne l'aquifère alluvial dans son ensemble. En étiage, une partie de l'écoulement dans la Savoureuse entre Giromagny et Sermamagny s'infiltré dans la nappe alluviale.

Un complément d'étude (mesure des débits de la Savoureuse à Giromagny) a été lancé pour préciser et quantifier ces infiltrations.

La modélisation montre d'autre part l'existence d'une circulation d'eau importante dans cette nappe (toujours supérieure au prélèvement). Une partie seulement de ce flux est interceptée par les puits de pompage de la Communauté d'Agglomération de Belfort.

Un ajustement des modalités d'exploitation de l'aquifère en étiage (limitation des prélèvements dans les puits en connexion directe avec la rivière¹) limiterait peut être leur incidence sur les écoulements superficiels. Ce pourrait être une première mesure permettant de compenser l'effet des prélèvements actuels.

¹ Connexion qui est mise en évidence par l'étude de 1998 (Sogreah)
Cabinet REILE - 2012

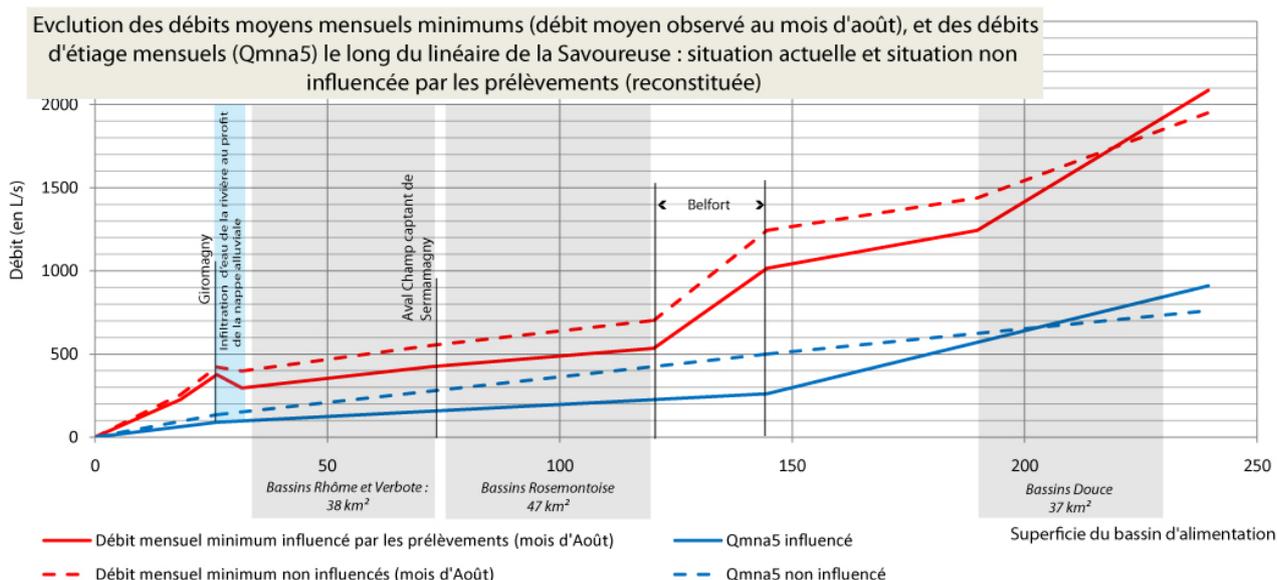
4.3 Identification des secteurs déficitaires en situation d'étiage et évaluation de l'incidence des prélèvements

Pour l'ensemble du bassin de la Savoureuse, d'après les débits mesurés à Vieux Charmont, le débit moyen mensuel minimum (mesuré au mois d'août) donne un débit rapporté à la superficie du bassin¹ de 8 L/s.km². Ce débit spécifique est porté, en situation influencé par les activités anthropique à 9 L/s.km² en raison des importantes importations d'eau dans le bassin (70 L/s en provenance de Mathay).

Cette importation d'eau explique que le débit influencé soit supérieur au débit non influencé par les prélèvements.

Ce débit spécifique de 8 L/s.km² est dépassé au niveau de 3 tronçons :

- Au niveau de la tête de bassin, en raison de l'importance des précipitations sur le relief (+60% par rapport à la plaine, cumul mensuel moyen supérieur à 100 mm tous les mois de l'année).
- Au droit de Belfort où le débit de la Savoureuse est influencé par les rejets de l'usine d'assainissement des eaux de Belfort (rejet moyen de 157 L/s).
- Et dans le dernier tronçon incluant le bassin de la Douce où se cumulent, les fuites du canal, des importations d'eau, et un soutien des étiages par l'aquifère calcaire profond (karst).



En dehors de ces trois tronçons, les apports à l'hydrosystème en situation de basses eaux sont inférieurs à la moyenne du bassin (8 L/s.km²).

C'est particulièrement le cas de la dépression située entre Giromagny et Belfort (incluant les bassins du Rhône et de la Rosemontoise - superficie de 88 km², soit 37% du sous-bassin de la Savoureuse). En étiage, les apports d'eau rapportés à la surface drainée, ne sont que de 3.4 L/s.km².

Il existe deux zones d'assecs fréquents sur le linéaire de la Savoureuse, le premier à Malvaux, en aval des captages du SIE de Giromagny, et le second au droit des captages de la Communauté d'Agglomération de Belfort à Sermamagny. Des localisations sur carte des zones d'assec ou de très faible débit sont présentées en annexe.

¹ Ou débit spécifique

Evaluation de l'effet des prélèvements :

La courbe des débits non influencée par les prélèvements (effet de l'évaporation sur les étangs inclus) de la page précédente montre que ce ne sont pas ces derniers qui sont la cause principale des étiages de la Savoureuse. C'est la particularité hydrogéologique de ce bassin constitué d'un substrat imperméable. Les prélèvements existants ne font qu'amplifier cette situation.

En situation du débit moyen mensuel minimum, l'incidence des prélèvements est modérée.

Elle devient plus sensible lorsque la situation d'étiage s'accroît (Cf. éloignement des courbes influencée et non influencée pour un étiage de référence quinquennal Qmna5). Elle est donc importante en situation d'étiage de crise.

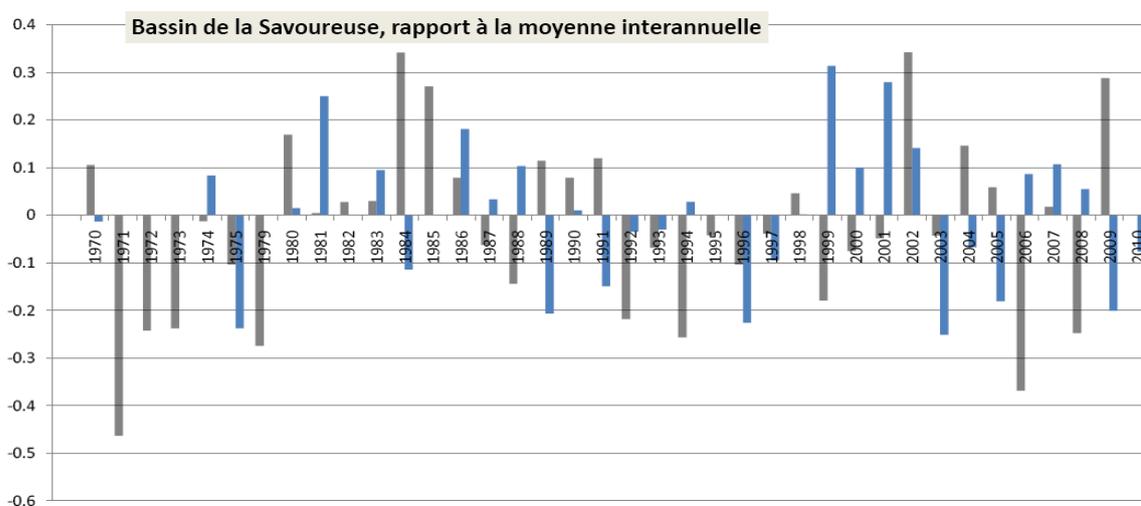
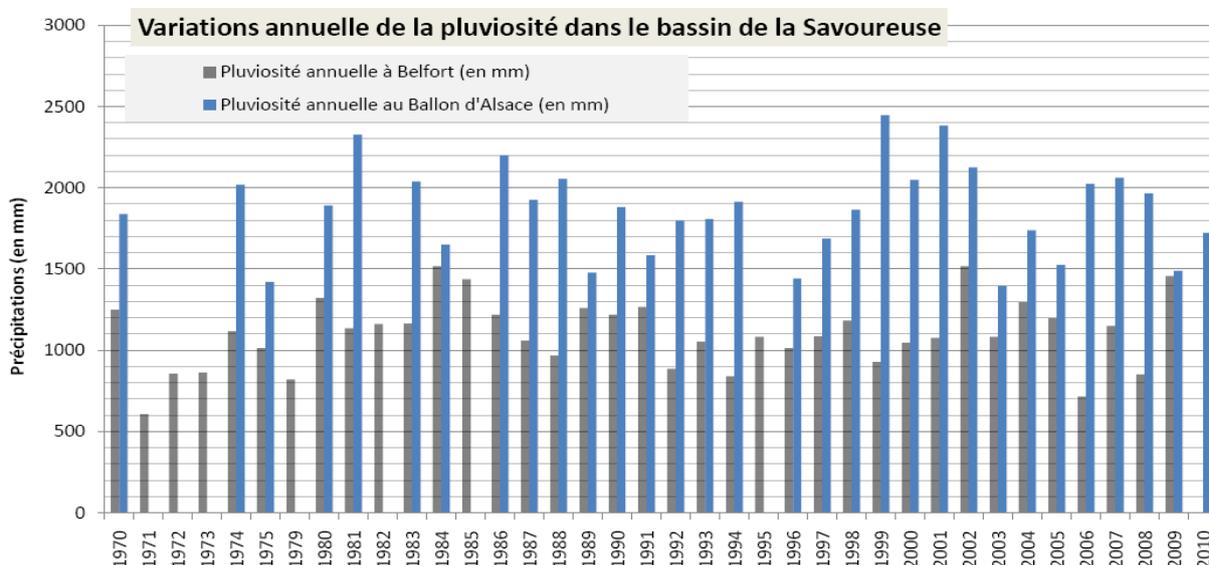
ANNEXES

NOTE EN COMPLEMENT DU CHAPITRE 1.1 Analyse des pluviométries enregistrées au Ballon d'Alsace et à Belfort, comparaison des mesures

Le bassin de la Savoureuse est situé entre 329 m et 1250 m d'altitude¹, sur les contreforts puis le piémont vosgien.

Pour tenir compte de ces particularités géographiques, nous avons croisé les données de pluviométrie mensuelle enregistrées au sommet du Ballon d'Alsace, et à Belfort. De 1970 à 2010, la différence des précipitations annuelles entre ces deux entités géographiques est importante (plus de 60%), avec une hauteur moyenne de précipitation de 1.86 m/an au Ballon d'Alsace, pour 1.13 m/an à Belfort (distance entre les 2 stations : 20 km).

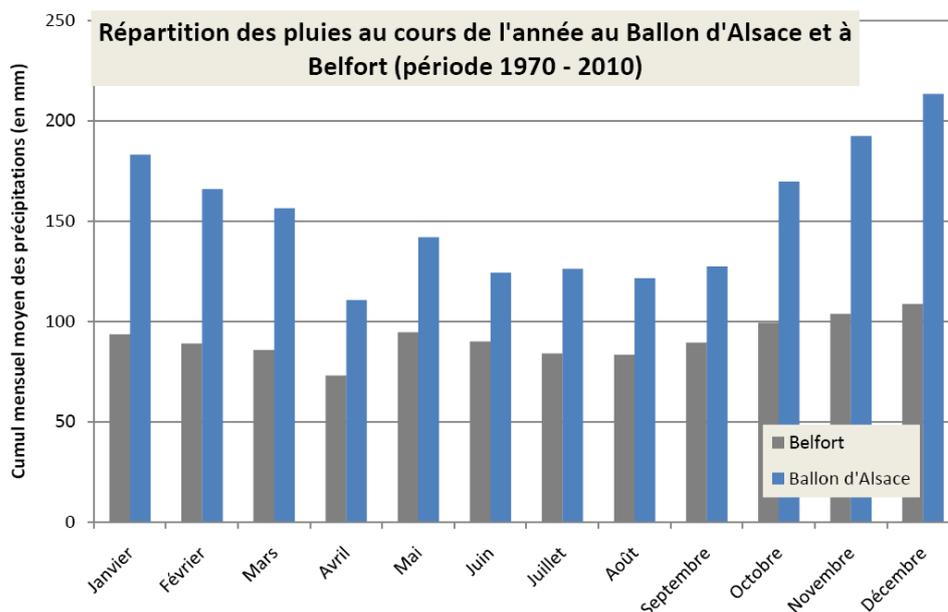
Les variations interannuelles de la hauteur des précipitations sont plus sensibles à Belfort qu'au Ballon d'Alsace, où la différence avec la moyenne interannuelle (en déficit ou en surplus) est supérieure à 20% une année sur 4.



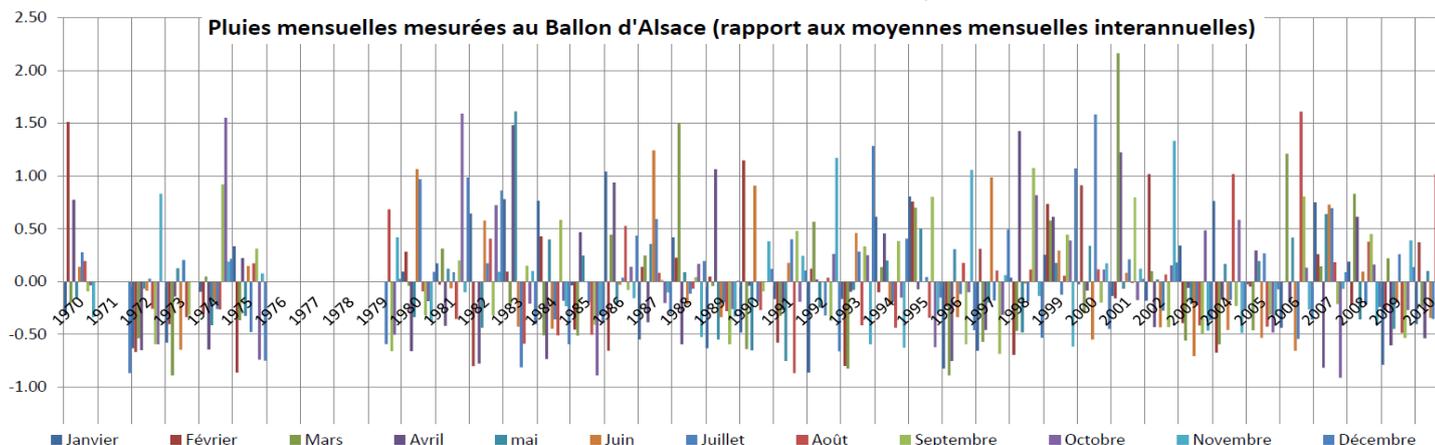
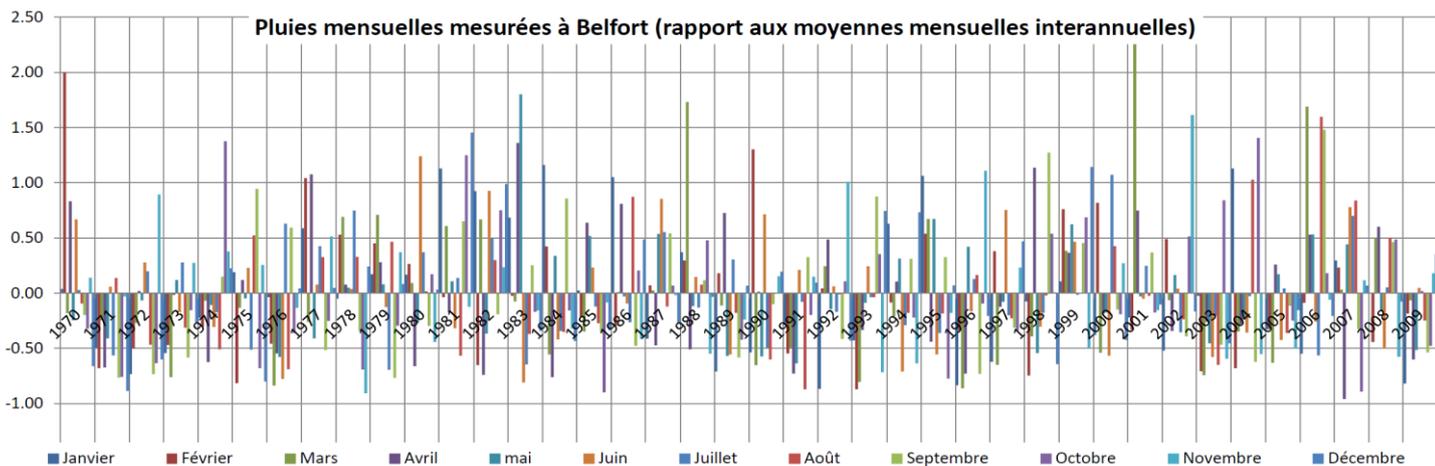
0 = 1130 mm à Belfort et 1862 mm au Ballon d'Alsace
 Rapport = valeur de pluie annuelle / 1130 mm à Belfort et 1862 mm au Ballon d'Alsace

¹ 1460 m : Sommet du Ballon d'Alsace, 329 m cote de la confluence avec l'Allan
 Cabinet REILE - 2012

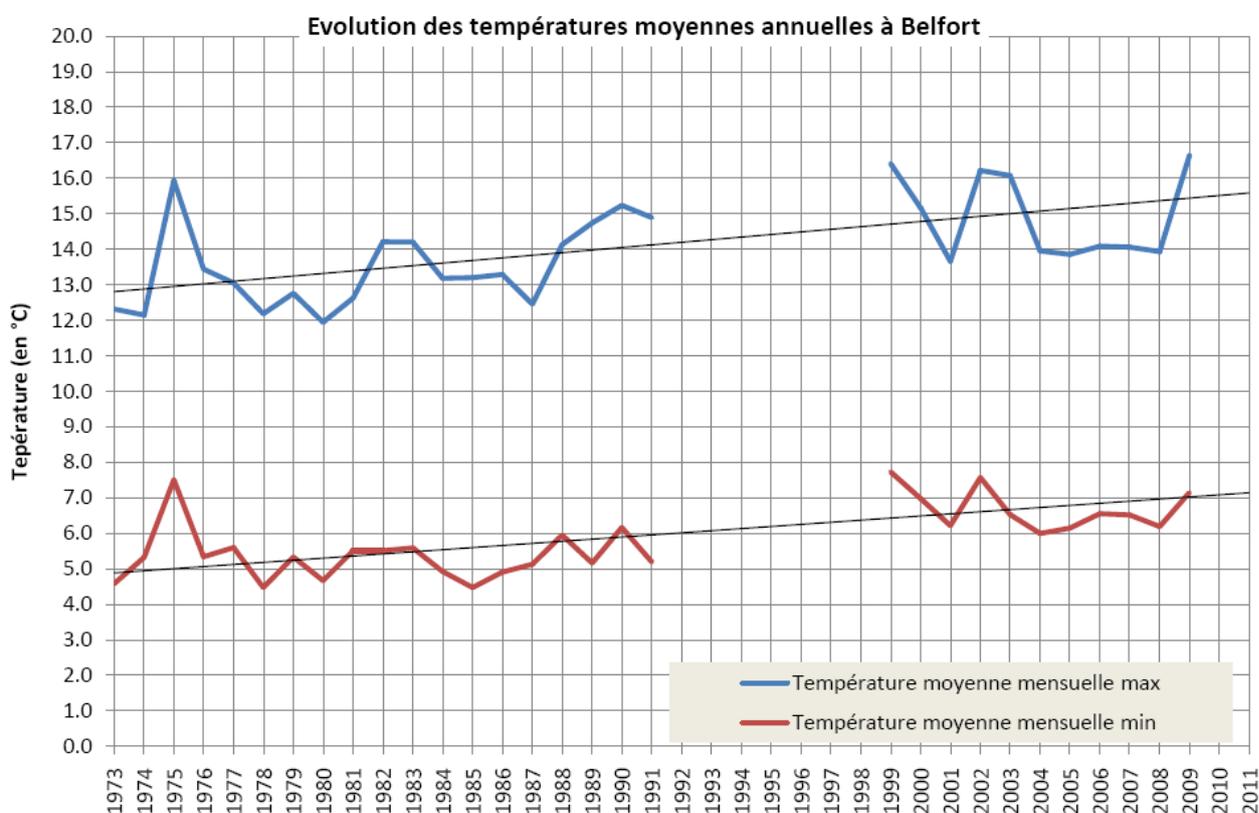
Répartition mensuelles des précipitations aux 2 stations, période 1970 - 2010 :



Pluies mensuelles aux 2 stations, période 1970 - 2010 :



NOTE EN COMPLEMENT DU CHAPITRE 1.2 Evolution des températures à Belfort, période 1973 - 2010

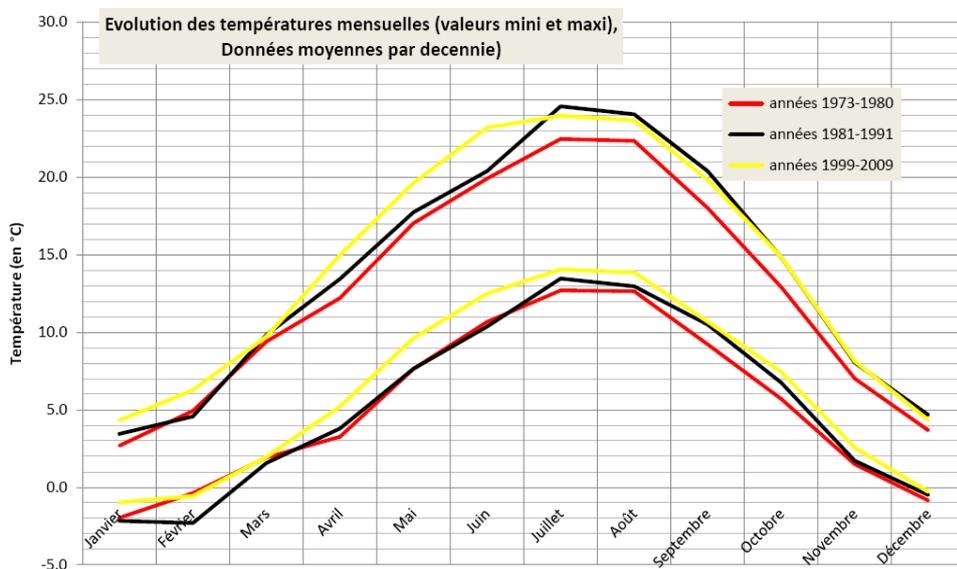


Les variations des températures enregistrées à Belfort sont trop importantes pour correspondre à une évolution du climat seulement. L'augmentation de la température pourrait être le résultat d'un contraste entre un cycle plus froid (avant 1990), et une dernière décennie plus chaude, éventuellement amplifié par l'urbanisation.

Dans le détail, on observe :

- une progression des chaleurs estivales (+2° en maximum mensuel au mois de juillet et Août) entre les décennies 1973 - 1980 et 1981-1991,

- et une arrivée plus précoce des chaleurs dans la dernière décennie (la température moyenne du 1^{er} juin est celle auparavant constatée qu'à partir du 15 juillet).



NOTE EN COMPLEMENT DU CHAPITRE 1.3
Mesures des débits de la Savoureuse et de ses affluents : représentativité de données utilisées

Le tableau ci-dessous donne la liste des stations hydrologiques de bassin¹ disponibles par tronçon, et les séquences d'enregistrement que nous avons utilisées pour chacune.

Tronçon N°	Localisation	Cours d'eau	code station	Superficie (en km ²)	Période d'enregistrement	Années incomplètes
Tr1	Giromagny	Savoireuse	U2345020	30.5	1973 - 2012	1974
Tr6	Belfort	Savoireuse	U2345030	141	1973 - 2012	
Tr7	Vieux Charmont	Savoireuse	U2345040	235	1986 - 2012	1986
Af3	Chaux	Rosemontoise	U2345820	25.4	1973 - 2010	1974, 1995, 1996, 1997, 2009
	Rougegoutte	Rosemontoise	U2345830	25.4	2005 - 2012	2006, 2007, 2011
Af1	La Chapelle sous Chaux	Rhône	U2345410	17.4	1973 - 2010	1974, 1985, 1991
		Rhône	U2345420	17	2005 - 2012	2007, 2011

Les données ne sont considérées par le gestionnaire comme bonnes que depuis au mieux 1980. Pour caractériser les étiages, nous n'avons donc pas utilisé les données antérieures.

Pour les deux stations qui ont été déplacées en 2010 (Rhône et Rosemontoise), la période d'enregistrement disponible aux nouvelles stations est trop courte pour que les débits statistiques de référence² ne soient disponibles.

En plus de ces 5 stations de la DREAL, le débit de la Savoureuse est enregistré depuis 2011 par la Communauté d'Agglomération de Belfort au niveau du champ captant de Sermamagny.

¹ Gestion par la DREAL, Cf. fiche de présentation en annexe. Elles sont localisées sur carte des tronçons du de la Savoureuse page suivante

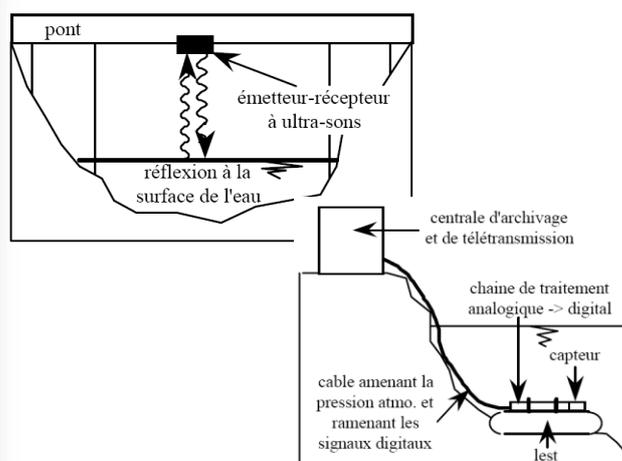
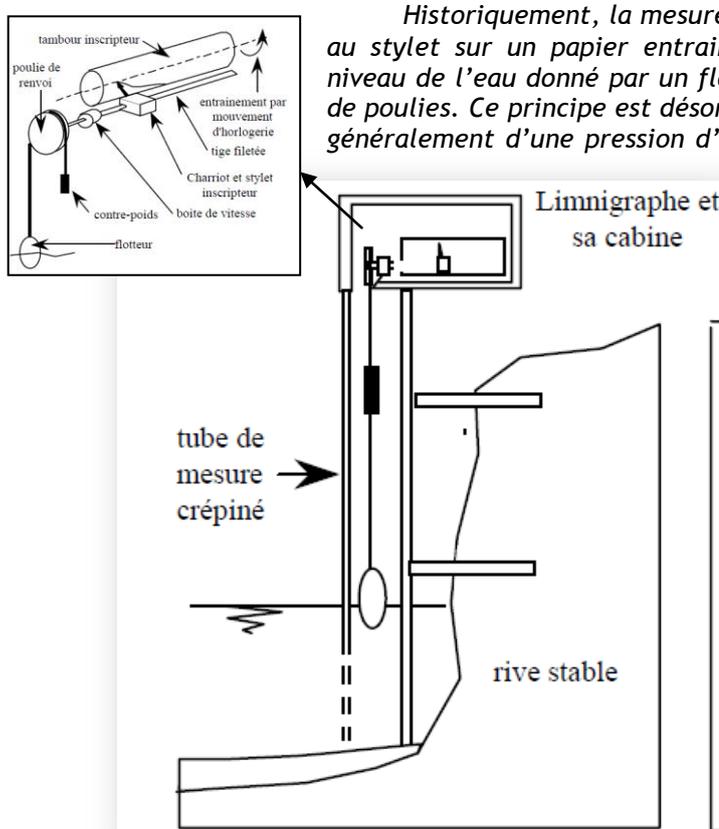
² Module, VCN, Qmna ...

Principe de détermination d'un débit à une station hydrométrique :

La détermination des volumes d'eau prélevables dans la vallée de la Savoureuse est basée sur l'utilisation des mesures de débit en étiages aux stations hydrométriques 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 une station telle 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.

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.



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 :

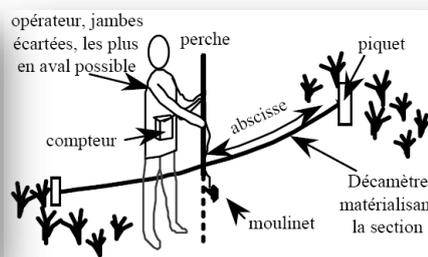
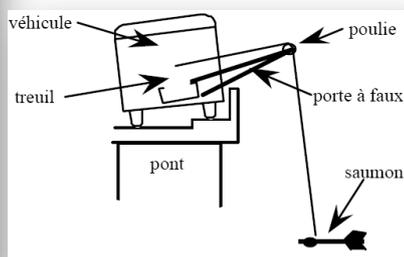
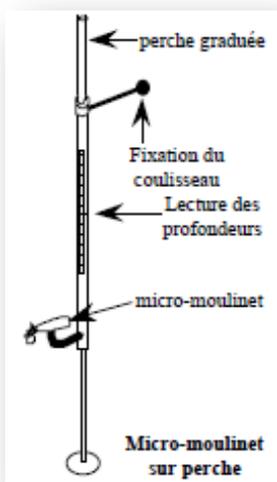
En milieu naturel, c'est une courbe de tarage propre à chaque station qui permet de transposer une hauteur d'eau mesurée en un débit. Elle est construite empiriquement à partir de mesures de débits faites in situ (appelée jaugeage, environ 1 jaugeage par mois et par station, selon les périodes hydrologiques).

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.

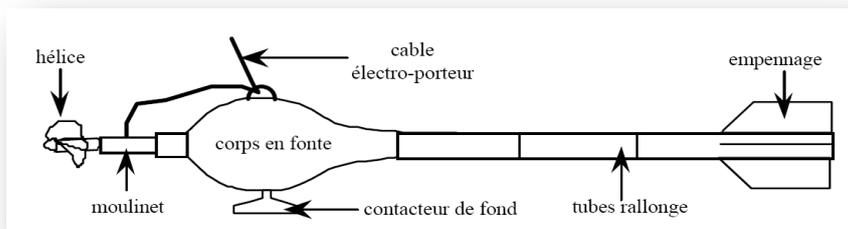
Au final, il est tout à fait normal qu'un débit mesuré soit dans une certaine mesure différent de celui fourni par la station. A ce même débit correspondra peut-être quelques jours plus tard une hauteur, et donc une valeur donnée par la station un peu différente.



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

Ajustement constant des données par tarage des stations hydrologiques

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-contre).



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.

Différence entre les débits réels et les débits fournis par les stations hydrologiques de bassin :

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.

Evaluation par station, de la précision des données hydrologiques d'étiage qui seront utilisées pour la détermination des débits prélevables :

Les *partie basse*¹ des courbes de tarage des différentes stations utilisées sont présentées pages suivantes. La prise en compte des données d'étiage seulement accroît sensiblement la dispersion apparente entre jaugeages.

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
Savoureuse / Giromagny	200 à 550 mm	0 à 3.5 m ³ /s	50%	Moyenne
Savoureuse / Belfort	20 à 120 mm	0 à 1.75 m ³ /s	<50%	Correcte
Savoureuse / Vieux Charmont	550 à 750 mm	0.5 à 2 m ³ /s	<30%	bonne
Rhône	500 à 800 mm	<2.5 m ³ /s	50%	Moyenne
Rosemontoise	-150 à 50 mm	<0.5 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

Représentativité des données, débits mesurés aux différentes stations hydrologiques

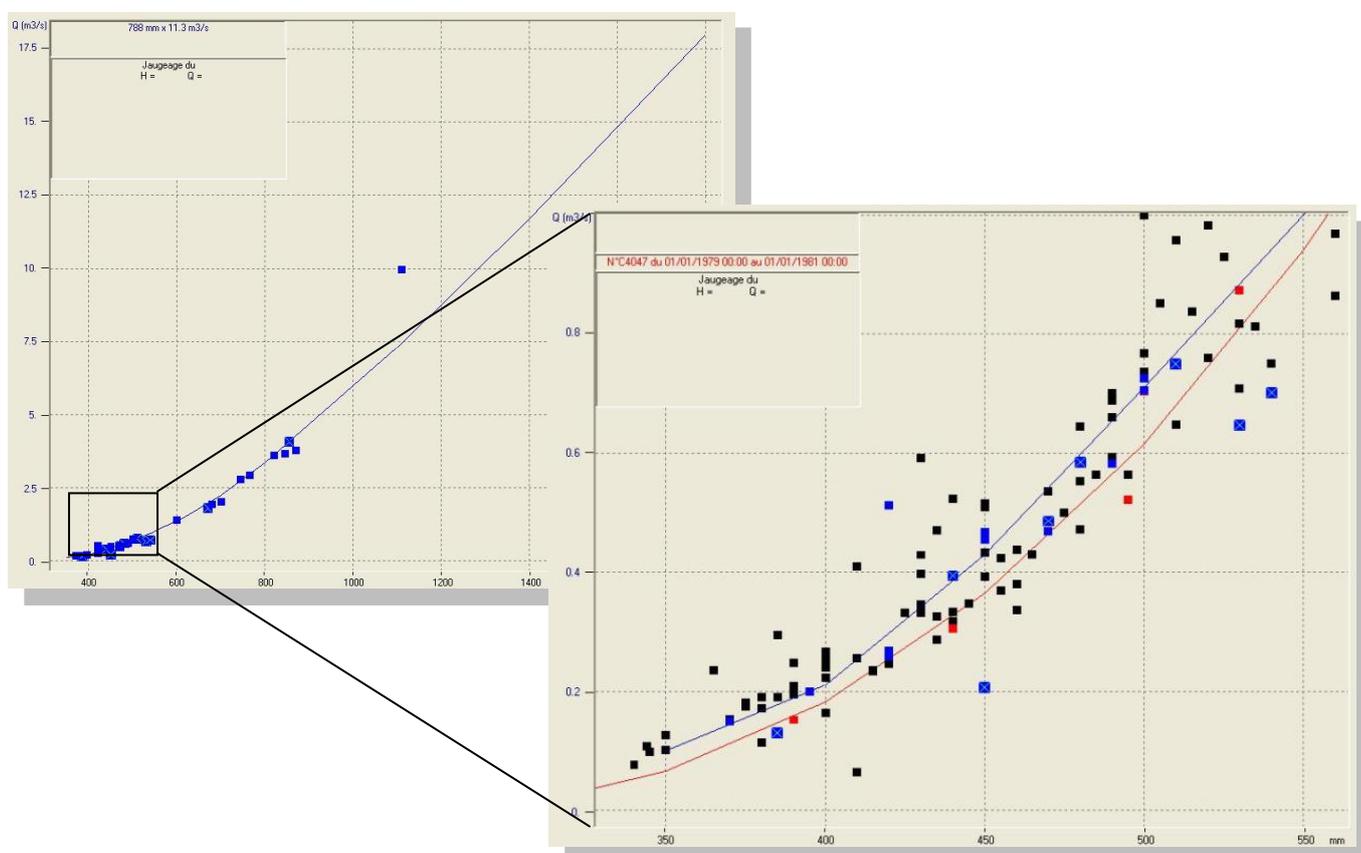


Illustration de la focalisation sur les débits d'étiage des stations hydrologique : augmentation de la dispersion entre débit mesuré et débit jaugé au niveau de la station

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, 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.



LA SAVOUREUSE à GIROMAGNY

Code station : U2345020 Bassin versant : 30.5 km²

Producteur : DREAL Franche-Comté E-mail : hydro.diren-franche-comte@developpement-durable.gouv.fr

SYNTHESE : données hydrologiques de synthèse (1974 - 2009) Calculées le 14/06/2009 - Intervalle de confiance : 95 %

écoulements mensuels (naturels)

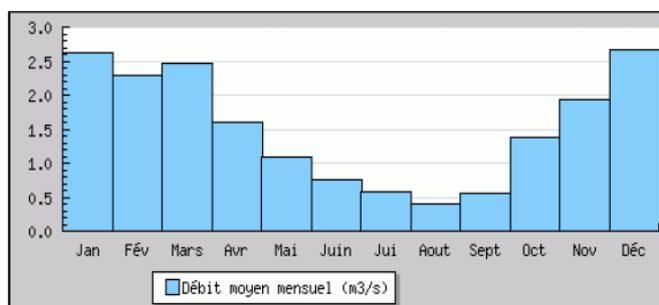
données calculées sur 36 ans

	janv.	fév.	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	Année
Débits (m3/s)	2.620 #	2.280 #	2.460	1.600	1.090	0.765	0.569	0.407	0.559	1.370	1.930 #	2.670 #	1.520
Qsp (l/s/km2)	85.9 #	74.6 #	80.6	52.3	35.6	25.1	18.6	13.3	18.3	44.9	63.1 #	87.4 #	49.9
Lame d'eau (mm)	230 #	187 #	215	135	95	64	49	35	47	120	163 #	234 #	1580

Qsp : débits spécifiques

Codes de validité :

- (espace) : valeur bonne
- ! : valeur reconstituée par le gestionnaire et jugée bonne
- # : valeur estimée (mesurée ou reconstituée) que le gestionnaire juge incertaine



modules interannuels (loi de Gauss - septembre à août)

données calculées sur 36 ans

module (moyenne)	fréquence	quinquennale sèche	médiane	quinquennale humide
1.520 [1.420;1.630]		1.200 [1.100;1.300]	1.500 [1.200;1.900]	1.800 [1.700;2.000]
	débits (m3/s)			

basses eaux (loi de Galton - janvier à décembre)

données calculées sur 36 ans

fréquence	VCN3 (m3/s)	VCN10 (m3/s)	QMNA (m3/s)
biennale	0.080 [0.063;0.100]	0.096 [0.077;0.120]	0.160 [0.130;0.200]
quinquennale sèche	0.041 [0.031;0.052]	0.050 [0.038;0.064]	0.089 [0.067;0.110]

crues (loi de Gumbel - septembre à août)

données calculées sur 34 ans

fréquence	QJ (m3/s)	QIX (m3/s)
biennale	19.00 [18.00;21.00]	29.00 [27.00;32.00]
quinquennale	26.00 [24.00;29.00]	40.00 [37.00;46.00]
décennale	30.00 [28.00;35.00]	47.00 [43.00;55.00]
vicennale	34.00 [31.00;40.00]	54.00 [48.00;64.00]
cinquantennale	40.00 [35.00;47.00]	63.00 [56.00;75.00]
centennale	non calculé	non calculé

maximums connus (par la banque HYDRO)

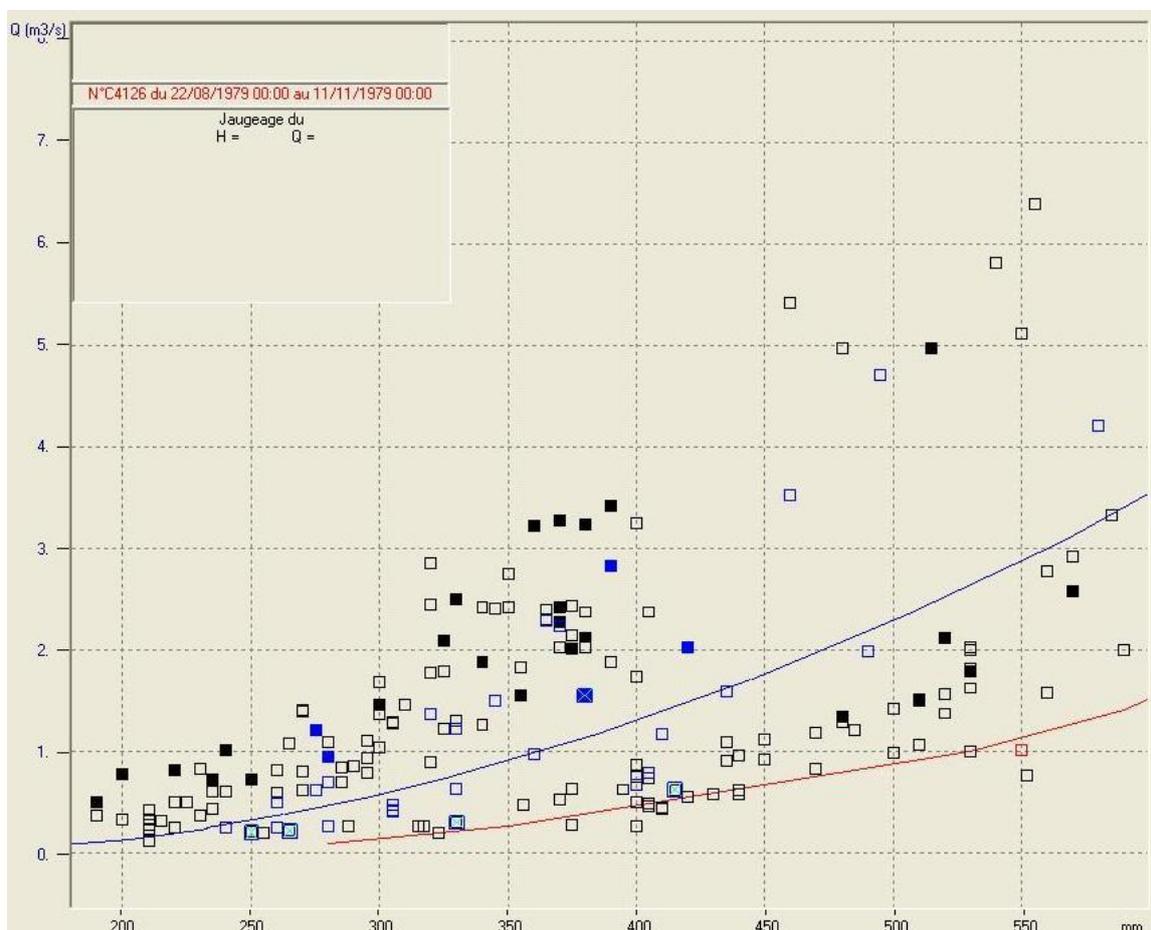
hauteur maximale instantanée (cm)	240	15 février 1990 07:23
débit instantané maximal (m3/s)	80.00	15 février 1990 07:23
débit journalier maximal (m3/s)	48.70	15 février 1990

débits classés

données calculées sur 12736 jours

fréquence	0.99	0.98	0.95	0.90	0.80	0.70	0.60	0.50	0.40	0.30	0.20	0.10	0.05	0.02	0.01
débit (m3/s)	12.50	9.270	5.380	3.420	2.070	1.430	1.050	0.770	0.569	0.412	0.276	0.157	0.102	0.052	0.032

La précision de la station de mesure des débits de la Savoureuse à Giromagny est moyenne. Les écarts entre la donnée enregistrée et celle mesurée peuvent dépasser 50% même si pour une majorité des jaugeages l'écart est inférieur.



Présentation de la courbe de tarage de la station de Giromagny - gamme des débits d'étiage

LA SAVOUREUSE à BELFORT

Code station : U2345030 Bassin versant : 141 km²

Producteur : DREAL Franche-Comté E-mail : hydro.diren-franche-comte@developpement-durable.gouv.fr

SYNTHESE : données hydrologiques de synthèse (1965 - 2009) Calculées le 14/06/2009 - Intervalle de confiance : 95 %

écoulements mensuels (naturels)

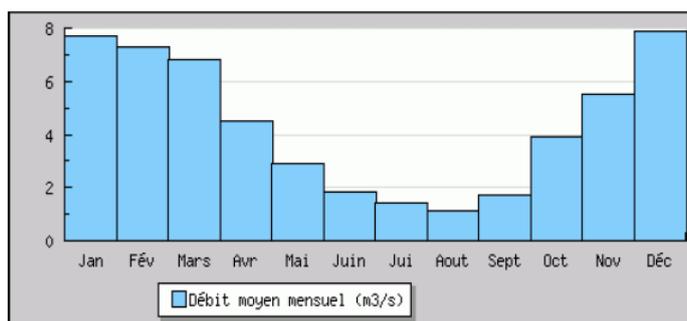
données calculées sur 45 ans

	janv.	fév.	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	Année
Débits (m3/s)	7.710 #	7.300 #	6.840 #	4.520 #	2.920 #	1.830	1.400 #	1.110 #	1.690 #	3.930 #	5.530 #	7.880 #	4.380
Qsp (l/s/km2)	54.7 #	51.8 #	48.5 #	32.1 #	20.7 #	13.0	9.9 #	7.9 #	12.0 #	27.9 #	39.2 #	55.9 #	31.0
Lame d'eau (mm)	146 #	129 #	130 #	83 #	55 #	33	26 #	21 #	30 #	74 #	101 #	149 #	983

Qsp : débits spécifiques

Codes de validité :

- (espace) : valeur bonne
- ! : valeur reconstituée par le gestionnaire et jugée bonne
- # : valeur estimée (mesurée ou reconstituée) que le gestionnaire juge incertaine



modules interannuels (loi de Gauss - septembre à août)

données calculées sur 45 ans

module (moyenne)	fréquence	quinquennale sèche	médiane	quinquennale humide
4.380 [4.050;4.710]	débits (m3/s)	3.300 [2.900;3.700]	4.400 [3.600;5.400]	5.500 [5.100;5.900]

basses eaux (loi de Galton - janvier à décembre)

données calculées sur 45 ans

fréquence	VCN3 (m3/s)	VCN10 (m3/s)	QMNA (m3/s)
biennale	0.200 [0.170;0.250]	0.270 [0.220;0.320]	0.470 [0.390;0.560]
quinquennale sèche	0.110 [0.088;0.140]	0.150 [0.120;0.180]	0.260 [0.200;0.310]

crues (loi de Gumbel - septembre à août)

données calculées sur 42 ans

fréquence	QJ (m3/s)	QIX (m3/s)
biennale	51.00 [47.00;56.00]	67.00 [61.00;74.00]
quinquennale	72.00 [66.00;82.00]	96.00 [88.00;110.0]
décennale	86.00 [78.00;99.00]	120.0 [100.0;130.0]
vicennale	99.00 [89.00;120.0]	130.0 [120.0;160.0]
cinquantennale	120.0 [100.0;140.0]	160.0 [140.0;190.0]
centennale	non calculé	non calculé

maximums connus (par la banque HYDRO)

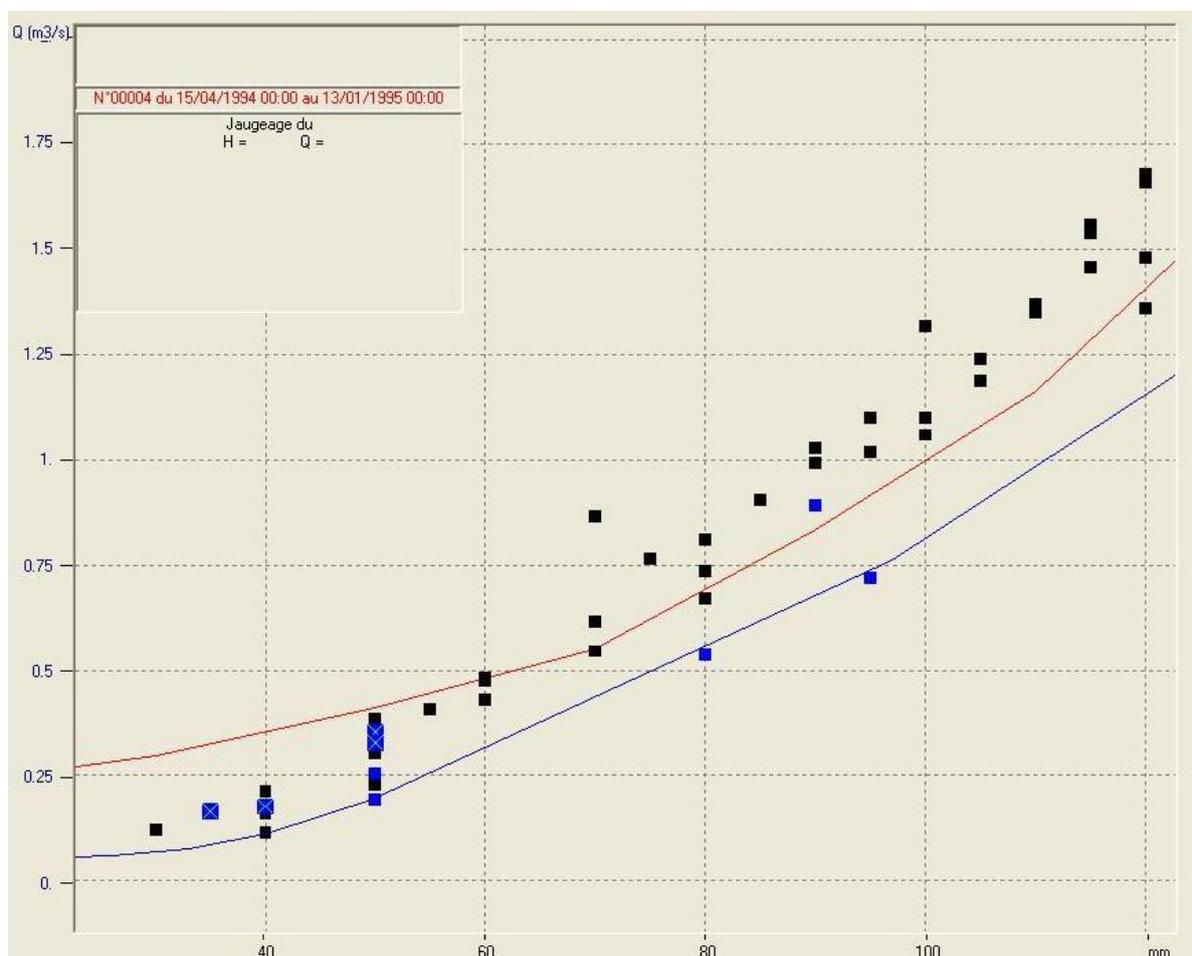
hauteur maximale instantanée (cm)	236	15 février 1990 12:18
débit instantané maximal (m3/s)	209.0	15 février 1990 12:18
débit journalier maximal (m3/s)	148.0	15 février 1990

débits classés

données calculées sur 16203 jours

fréquence	0.99	0.98	0.95	0.90	0.80	0.70	0.60	0.50	0.40	0.30	0.20	0.10	0.05	0.02	0.01
débit (m3/s)	33.00	25.40	16.50	10.60	6.200	4.200	2.990	2.100	1.510	1.090	0.720	0.416	0.288	0.170	0.126

La précision de la station de mesure des débits de la Savoureuse à Belfort en étiage est correcte. 3 des 4 jaugeages disponibles pour la courbe actuelle donnent un écart entre le débit mesuré et celui enregistré de quelques dizaines de litre seulement (< 50%).



Présentation de la courbe de tarage de la station de Belfort - gamme des débits d'étiage



LA SAVOUREUSE à VIEUX-CHARMONT

Code station : U2345040 Bassin versant : 235 km²

Producteur : DREAL Franche-Comté E-mail : hydro.diren-franche-comte@developpement-durable.gouv.fr

SYNTHESE : données hydrologiques de synthèse (1986 - 2009) Calculées le 14/06/2009 - Intervalle de confiance : 95 %

écoulements mensuels (naturels)

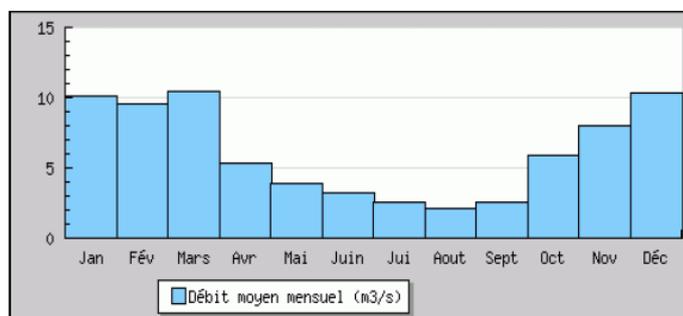
données calculées sur 24 ans

	janv.	fév.	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	Année
Débits (m3/s)	10.10 #	9.580 #	10.50	5.300	3.840	3.260	2.530 #	2.070 #	2.610 #	5.840 #	8.050	10.30	6.150
Qsp (l/s/km2)	43.1 #	40.8 #	44.7	22.6	16.4	13.9	10.8 #	8.8 #	11.1 #	24.8 #	34.3	43.8	26.2
Lame d'eau (mm)	115 #	102 #	119	58	43	35	28 #	23 #	28 #	66 #	88	117	829

Qsp : débits spécifiques

Codes de validité :

- (espace) : valeur bonne
- ! : valeur reconstituée par le gestionnaire et jugée bonne
- # : valeur estimée (mesurée ou reconstituée) que le gestionnaire juge incertaine



modules interannuels (loi de Gauss - septembre à août)

données calculées sur 24 ans

module (moyenne)	fréquence	quinquennale sèche	médiane	quinquennale humide
6.150 [5.540;6.770]	débits (m3/s)	4.800 [4.000;5.500]	6.200 [4.900;7.900]	7.600 [7.000;8.400]

basses eaux (loi de Galton - janvier à décembre)

données calculées sur 24 ans

fréquence	VCN3 (m3/s)	VCN10 (m3/s)	QMNA (m3/s)
biennale	0.880 [0.780;0.990]	0.950 [0.840;1.100]	1.300 [1.100;1.500]
quinquennale sèche	0.670 [0.570;0.760]	0.730 [0.620;0.820]	0.910 [0.750;1.100]

crues (loi de Gumbel - septembre à août)

données calculées sur 21 ans

fréquence	QJ (m3/s)	QIX (m3/s)
biennale	66.00 [61.00;73.00]	79.00 [73.00;86.00]
quinquennale	83.00 [77.00;96.00]	99.00 [91.00;110.0]
décennale	95.00 [86.00;110.0]	110.0 [100.0;130.0]
vicennale	110.0 [95.00;130.0]	130.0 [110.0;150.0]
cinqantennale	120.0 [110.0;150.0]	140.0 [130.0;180.0]
centennale	non calculé	non calculé

maximums connus (par la banque HYDRO)

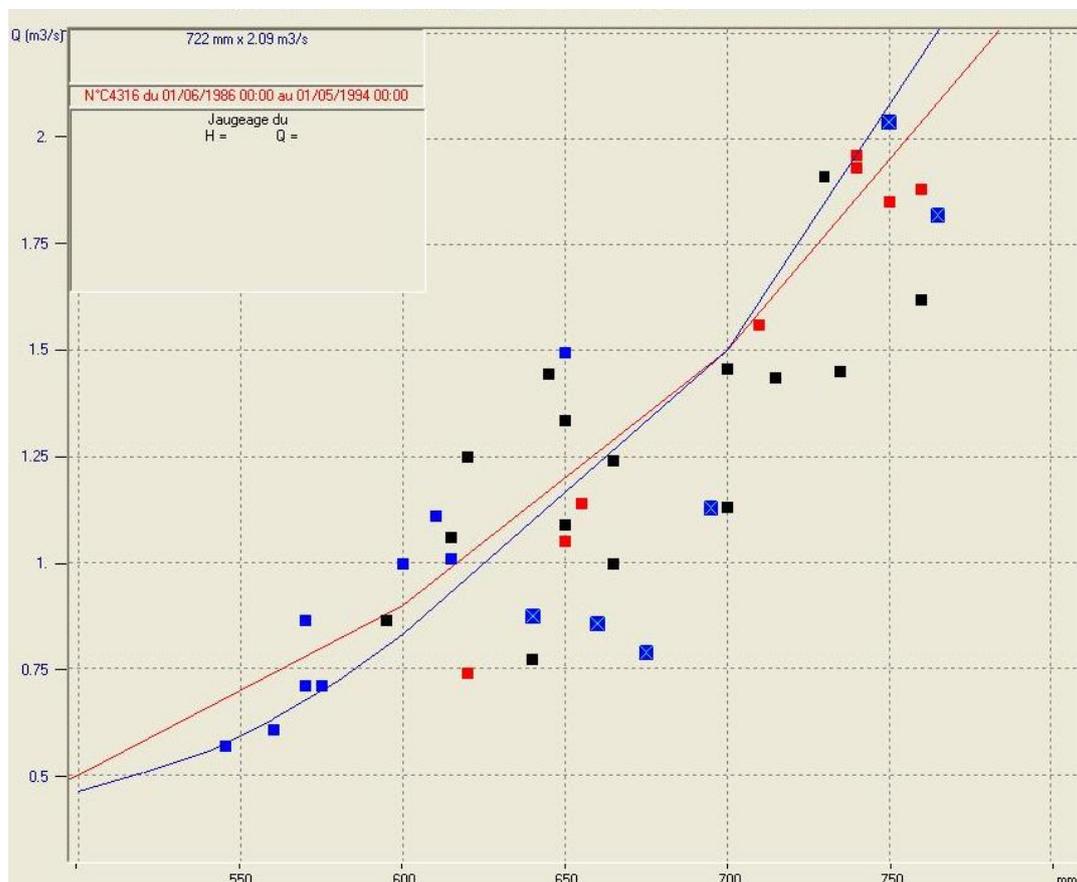
hauteur maximale instantanée (cm)	427	15 février 1990 16:40
débit instantané maximal (m3/s)	146.0 #	15 février 1990 16:40
débit journalier maximal (m3/s)	132.0 #	15 février 1990

débits classés

données calculées sur 8398 jours

fréquence	0.99	0.98	0.95	0.90	0.80	0.70	0.60	0.50	0.40	0.30	0.20	0.10	0.05	0.02	0.01
débit (m3/s)	43.70	33.70	21.60	13.90	8.540	5.840	4.200	3.200	2.450	1.940	1.480	1.130	0.878	0.684	0.603

La précision de la station de mesure des débits de la Savoureuse à Vieux Charmont en étiage est bonne, avec une différence entre mesure et enregistrement qui est inférieure à 30 %.



Présentation de la courbe de tarage de la station de Vieux Charmont - gamme des débits d'étiage



LE RHOME à LACHAPPELLE-SOUS-CHAUX

Code station : U2345410 Bassin versant : 17.4 km²

Producteur : DREAL Franche-Comté E-mail : hydro.diren-franche-comte@developpement-durable.gouv.fr

SYNTHESE : données hydrologiques de synthèse (1974 - 2009) Calculées le 14/06/2009 - Intervalle de confiance : 95 %

écoulements mensuels (naturels)

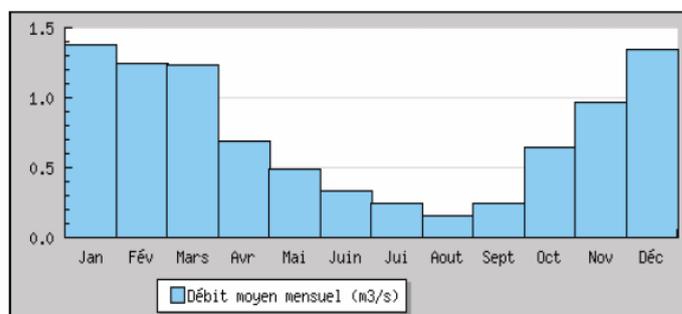
données calculées sur 36 ans

	janv.	fév.	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	Année
Débits (m3/s)	1.380 #	1.240 #	1.230 #	0.691 #	0.491 #	0.331 #	0.247 #	0.158 #	0.242 #	0.645 #	0.963 #	1.350 #	0.745
Qsp (l/s/km2)	79.3 #	71.4 #	70.4 #	39.7 #	28.2 #	19.0 #	14.2 #	9.1 #	13.9 #	37.1 #	55.3 #	77.6 #	42.8
Lame d'eau (mm)	212 #	178 #	188 #	102 #	75 #	49 #	38 #	24 #	36 #	99 #	143 #	207 #	1356

Qsp : débits spécifiques

Codes de validité :

- (espace) : valeur bonne
- ! : valeur reconstituée par le gestionnaire et jugée bonne
- # : valeur estimée (mesurée ou reconstituée) que le gestionnaire juge incertaine



modules interannuels (loi de Gauss - septembre à août)

données calculées sur 36 ans

module (moyenne)	fréquence	quinquennale sèche	médiane	quinquennale humide
0.745 [0.680;0.811]	débits (m3/s)	0.550 [0.470;0.620]	0.750 [0.600;0.940]	0.930 [0.860;1.000]

basses eaux (loi de Galton - janvier à décembre)

données calculées sur 36 ans

fréquence	VCN3 (m3/s)	VCN10 (m3/s)	QMNA (m3/s)
biennale	0.024 [0.018;0.032]	0.031 [0.024;0.040]	0.059 [0.046;0.077]
quinquennale sèche	0.010 [0.007;0.014]	0.014 [0.010;0.019]	0.029 [0.021;0.038]

crues (loi de Gumbel - septembre à août)

données calculées sur 34 ans

fréquence	QJ (m3/s)	QIX (m3/s)
biennale	9.700 [9.000;10.00]	13.00 [12.00;14.00]
quinquennale	13.00 [12.00;14.00]	18.00 [16.00;20.00]
décennale	15.00 [13.00;17.00]	20.00 [19.00;24.00]
vicennale	17.00 [15.00;19.00]	23.00 [21.00;27.00]
cinquantennale	19.00 [17.00;23.00]	27.00 [24.00;32.00]
centennale	non calculé	non calculé

maximums connus (par la banque HYDRO)

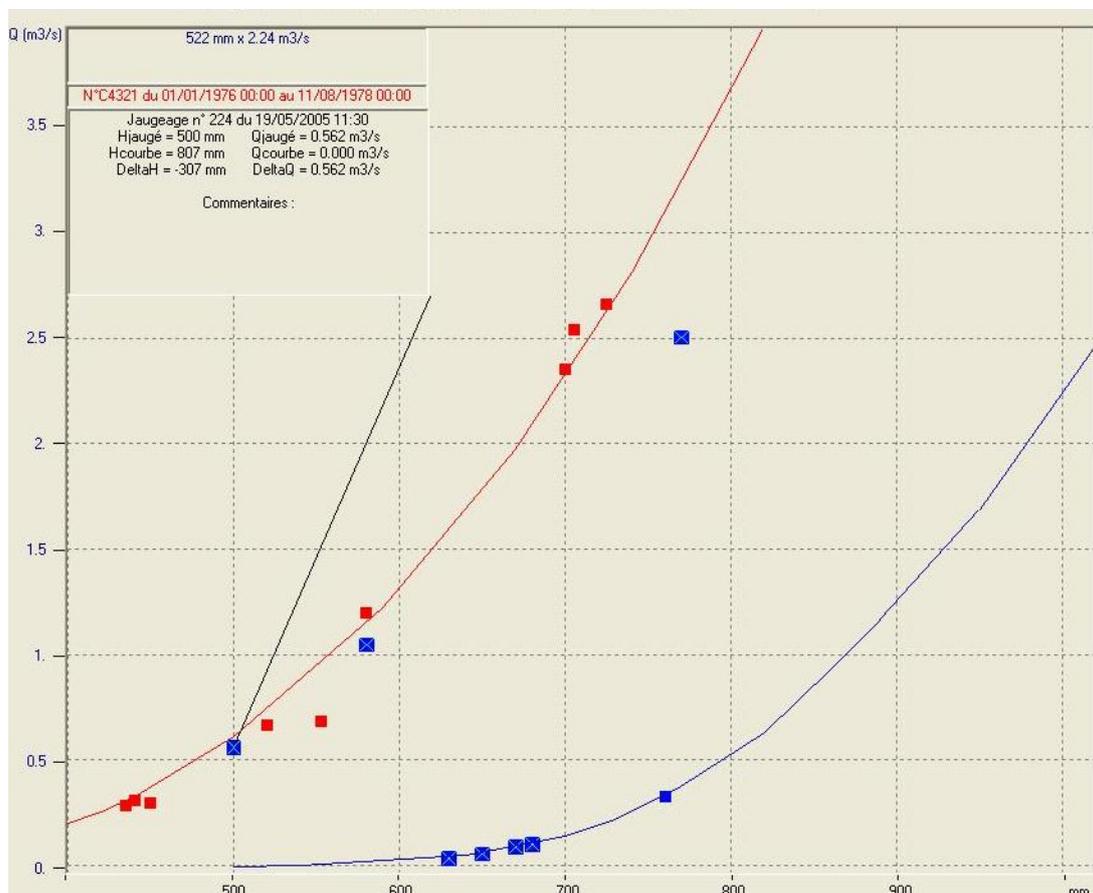
hauteur maximale instantanée (cm)	224	15 février 1990 03:31
débit instantané maximal (m3/s)	27.80 #	15 février 1990 03:31
débit journalier maximal (m3/s)	20.90 #	15 février 1990

débits classés

données calculées sur 12749 jours

fréquence	0.99	0.98	0.95	0.90	0.80	0.70	0.60	0.50	0.40	0.30	0.20	0.10	0.05	0.02	0.01
débit (m3/s)	6.000	4.390	2.820	1.840	1.040	0.703	0.484	0.344	0.239	0.160	0.101	0.052	0.032	0.016	0.010

La précision de la station de mesure des débits du Rhône est moyenne. Les écarts entre la donnée enregistrée et celle mesurée peuvent dépasser 50% même si pour une majorité des jaugeages l'écart est inférieur.



Présentation de la courbe de tarage de la station sur le Rhône - gamme des débits d'été



LA ROSEMontoise à CHAUX

Code station : U2345820 Bassin versant : 25.4 km²

Producteur : DREAL Franche-Comté E-mail : hydro.diren-franche-comte@developpement-durable.gouv.fr

SYNTHESE : données hydrologiques de synthèse (1974 - 2009) Calculées le 14/06/2009 - Intervalle de confiance : 95 %

écoulements mensuels (naturels)

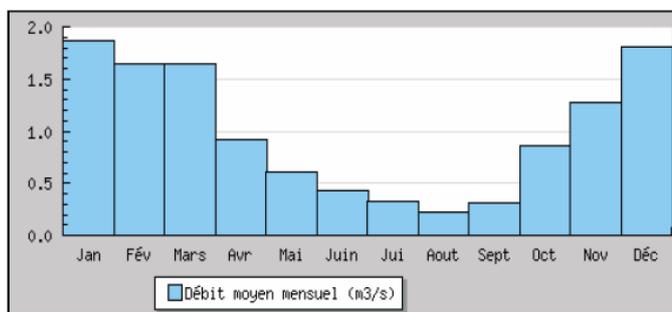
données calculées sur 36 ans

	janv.	fév.	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	Année
Débits (m ³ /s)	1.870 #	1.640 #	1.640 #	0.919 #	0.601 #	0.426 #	0.328 #	0.223 #	0.311 #	0.857 #	1.270 #	1.810 #	0.988
Qsp (l/s/km ²)	73.8 #	64.6 #	64.4 #	36.2 #	23.6 #	16.8 #	12.9 #	8.8 #	12.3 #	33.7 #	49.8 #	71.2 #	38.9
Lame d'eau (mm)	197 #	161 #	172 #	93 #	63 #	43 #	34 #	23 #	31 #	90 #	129 #	190 #	1232

Qsp : débits spécifiques

Codes de validité :

- (espace) : valeur bonne
- ! : valeur reconstituée par le gestionnaire et jugée bonne
- # : valeur estimée (mesurée ou reconstituée) que le gestionnaire juge incertaine



modules interannuels (loi de Gauss - septembre à août)

données calculées sur 36 ans

module (moyenne)	fréquence	quinquennale sèche	médiane	quinquennale humide
0.988 [0.914;1.060]	débits (m ³ /s)	0.770 [0.680;0.850]	0.990 [0.810;1.200]	1.200 [1.100;1.300]

basses eaux (loi de Galton - janvier à décembre)

données calculées sur 36 ans

fréquence	VCN3 (m ³ /s)	VCN10 (m ³ /s)	QMNA (m ³ /s)
biennale	0.040 [0.029;0.053]	0.049 [0.037;0.065]	0.090 [0.069;0.120]
quinquennale sèche	0.018 [0.012;0.024]	0.023 [0.016;0.031]	0.044 [0.031;0.057]

crues (loi de Gumbel - septembre à août)

données calculées sur 34 ans

fréquence	QJ (m ³ /s)	QIX (m ³ /s)
biennale	13.00 [12.00;15.00]	18.00 [16.00;21.00]
quinquennale	18.00 [17.00;21.00]	26.00 [24.00;31.00]
décennale	22.00 [19.00;25.00]	31.00 [28.00;37.00]
vicennale	25.00 [22.00;30.00]	36.00 [32.00;44.00]
cinquantennale	29.00 [25.00;35.00]	43.00 [37.00;53.00]
centennale	non calculé	non calculé

maximums connus (par la banque HYDRO)

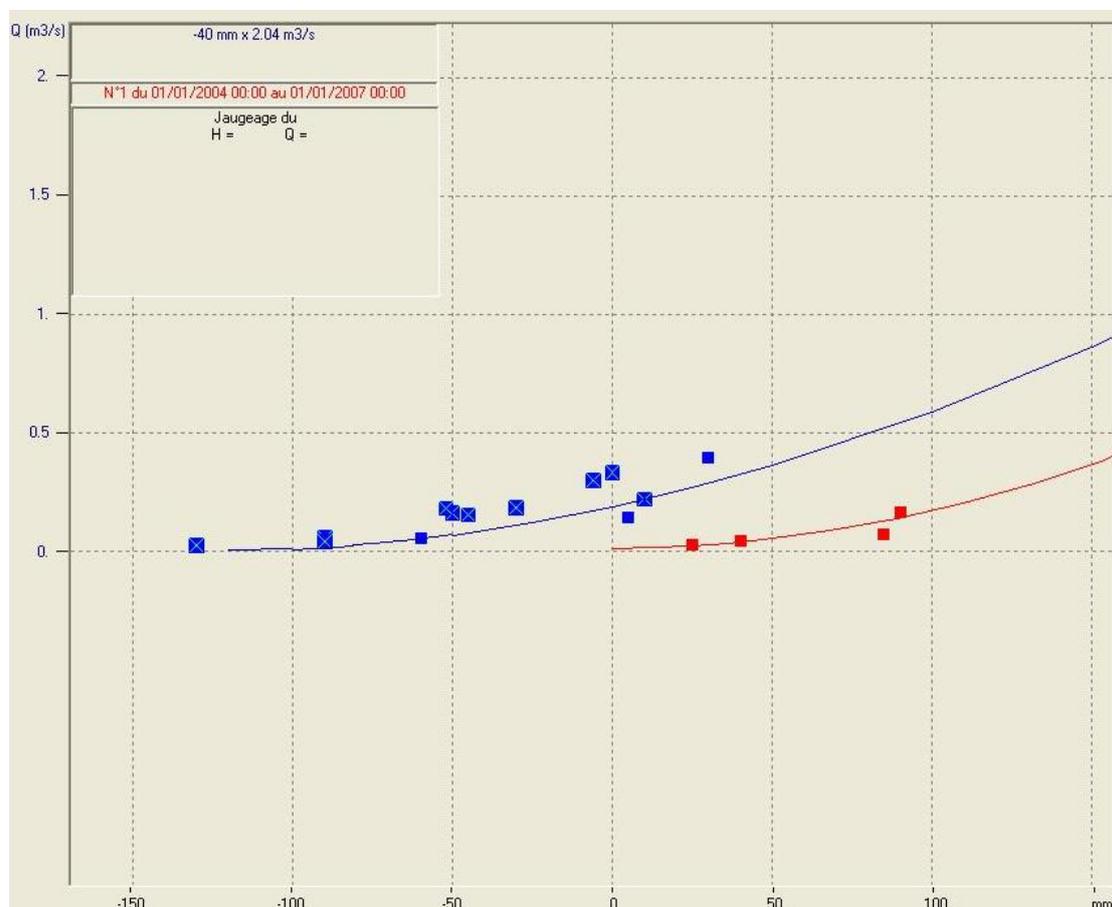
hauteur maximale instantanée (cm)	227	7 février 1984 12:07
débit instantané maximal (m ³ /s)	50.00 #	15 février 1990 05:09
débit journalier maximal (m ³ /s)	38.80 #	15 février 1990

débits classés

données calculées sur 11996 jours

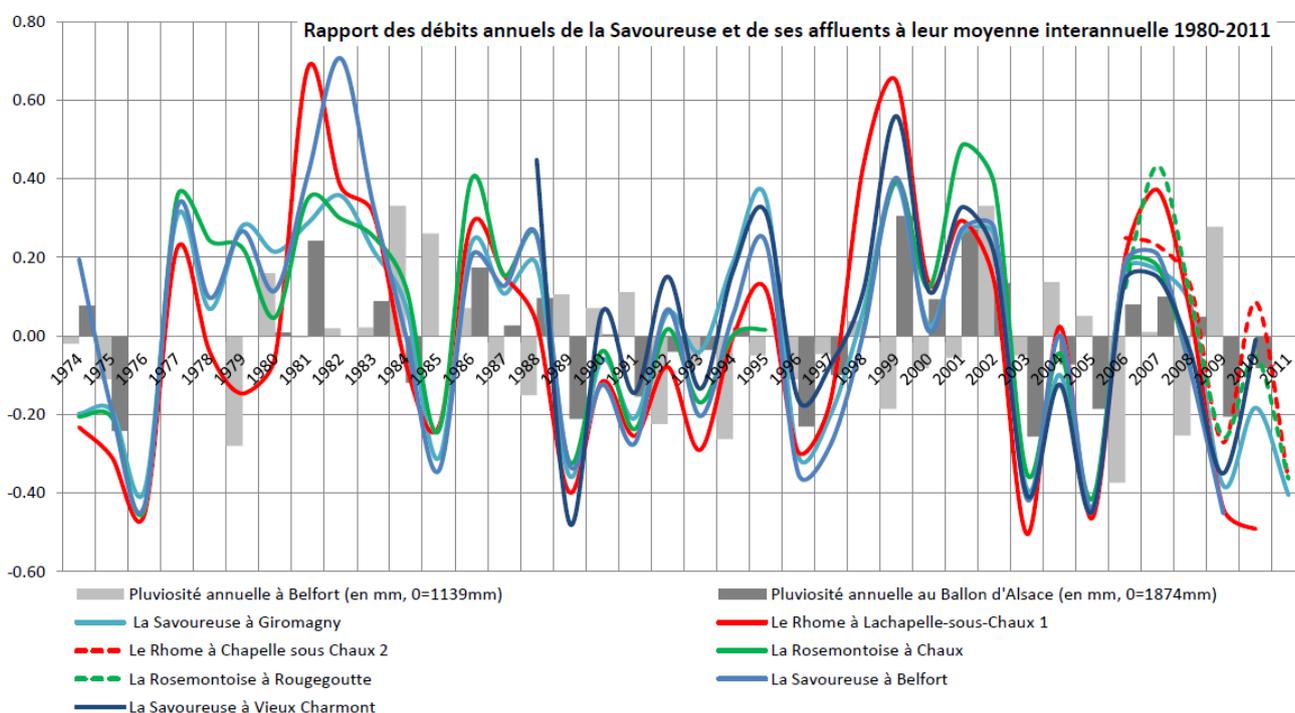
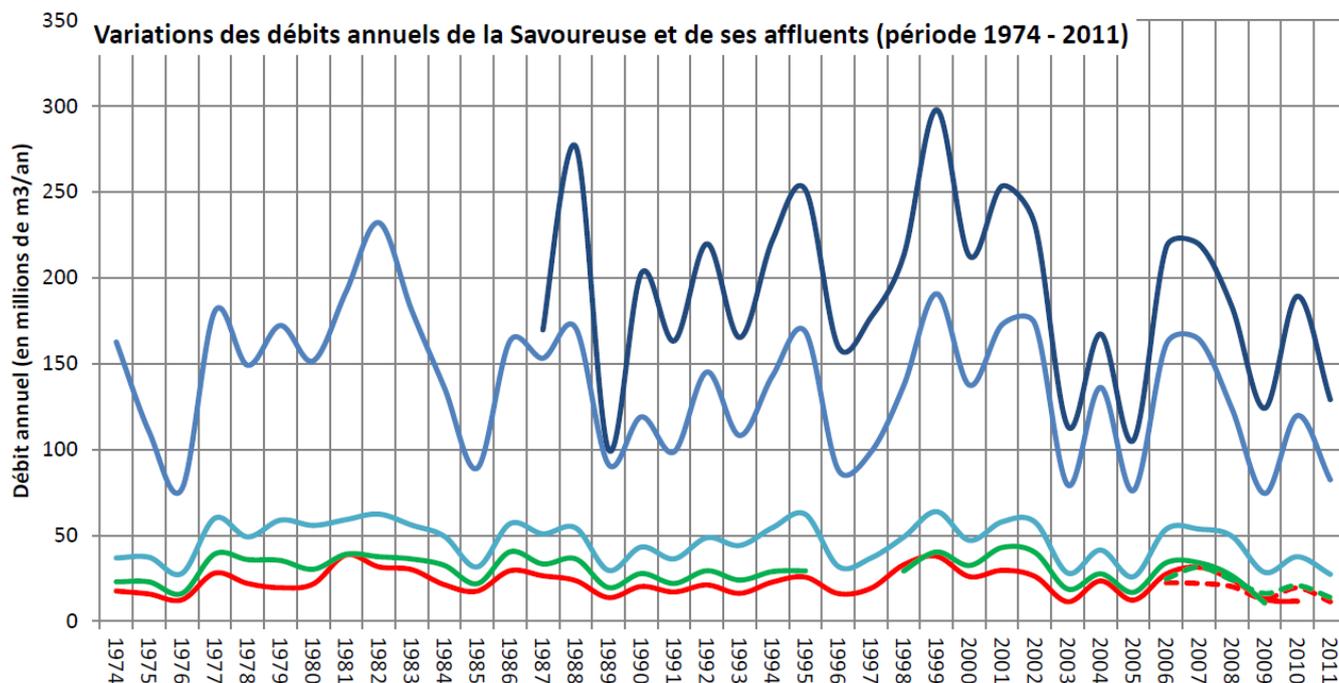
fréquence	0.99	0.98	0.95	0.90	0.80	0.70	0.60	0.50	0.40	0.30	0.20	0.10	0.05	0.02	0.01
débit (m ³ /s)	7.520	5.720	3.600	2.260	1.360	0.944	0.680	0.487	0.352	0.250	0.164	0.082	0.049	0.034	0.024

La précision de la station de mesure des débits de la Rosemontoise est également moyenne, avec des écarts entre la donnée enregistrée et celle mesurée peuvent dépasser 50%.



Présentation de la courbe de tarage de la station sur la Rosemontoise - gamme des débits d'étiage

NOTE EN COMPLEMENT DU CHAPITRE 2.1
Evolutions des écoulements annuels dans le bassin de la Savoureuse



Précipitations : 0 = 1130 mm à Belfort et 1862 mm au Ballon d'Alsace
 Débit : 0 = 46 millions de mètres cubes à Giromagny
 23 millions de mètres cubes pour le Rhôme
 30 millions de mètres cubes pour la Rosemontoise
 136 millions de mètres cubes pour à Belfort
 235 millions de mètres cubes à Vieux Charmont

Commentaire des graphiques :

Pour l'ensemble du linéaire, c'est la hauteur de pluie sur le relief en tête de bassin qui conditionne la quantité des écoulements (y compris au niveau de la confluence avec l'Allan à Vieux Charmont) : les pluies enregistrées à Belfort ne sont pas suffisantes pour soutenir les débits en aval si la tête de bassin est déficitaire (ex. années 2004, 2009...).

Les variations de débits annuelles sont donc les mêmes pour l'ensemble du linéaire Savoureuse malgré les différences de précipitations observées à l'échelle de son bassin.

Comparés à la variabilité des précipitations, les déficits ou surplus d'écoulements sont accentués : alors que les variations des précipitations sont toujours inférieures à 40%, les déficits ou surplus annuels de débit mesurés dans les cours d'eau peuvent présenter un écart de 60% par rapport à la moyenne interannuelle.

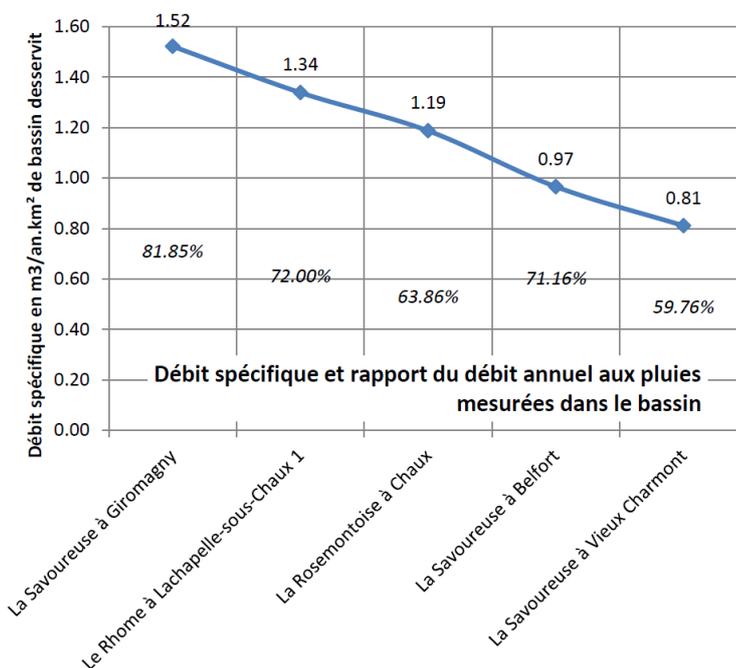
Les débits mesurés dans la partie aval du bassin (Belfort et Vieux Charmont) n'additionnent pas les écarts observés en tête de bassin. Il existe donc à partir de Belfort un amortissement des variations de débits (soutien des débits par les réserves alluviales et karstiques).

Evolution longitudinale du débit spécifique moyen interannuel : quantification du ruissellement sur le relief (les 3/4 des précipitations) et la plaine (moins de la moitié de la pluie totale)

La figure ci-contre montre l'évolution le long du linéaire de la Savoureuse, des débits ruisselés annuellement par km² de bassin desservi (débit spécifique annuel).

De 1.52 m³/an.km² à Giromagny, ce débit spécifique n'est plus que de 0.81 m³/an.km² à Vieux Charmont.

Les pourcentages indiquent le rapport des débits spécifiques au cumul de pluie. Ils donnent une estimation de la pluie efficace¹ : A Giromagny il s'écoule dans la Savoureuse l'équivalent de 82% des précipitations sur le relief², rapport qui n'est plus que de 60% en sortie de bassin³ à Vieux Charmont.



(Station Belfort et Vieux Charmont : données cumulées depuis les sources de la Savoureuse)

La consommation d'eau par la biosphère et l'évapotranspiration sur la partie amont du bassin sont particulièrement faibles. Le débit de la Savoureuse à Giromagny représente les 4/5 des pluies sur le Ballon d'Alsace (Savoireuse en amont de Giromagny). C'est le résultat :

- L'importance des précipitations : +60 % de précipitation au Ballon d'Alsace par rapport à Belfort
- De l'altitude : les températures basses une partie de l'année restreignent l'évapotranspiration.
- Et du relief, associé à une quasi-absence de stockage d'eau dans le Sous-sol : les pluies sur les versant granitiques des ballons sont rapidement ruisselées, la végétation devant se contenter de capter de l'eau pendant les épisodes d'intempéries, ce qui limite leur consommation.

A l'aval (162 km² du bassin dans la plaine), les apports aux cours d'eau par le bassin⁴, ne représentent que 56 mm d'eau par km², soit seulement la moitié (49.7%) de la pluie annuelle à Belfort (1130 mm).

Ce contraste de la pluie efficace (partie des précipitations ruisselée) à l'échelle du bassin de la Savoureuse amplifie la proportion des pluies provenant du relief dans les écoulements annuels de l'ensemble de son linéaire, alors que cette partie amont ne représente en surface que 30% de sa superficie.

¹ "Les précipitations efficaces représentent la quantité d'eau fournie par les précipitations qui reste disponible, à la surface du sol, après soustraction des pertes par évapotranspiration", " Les précipitations efficaces sont égales à la différence entre les précipitations et l'évapotranspiration " (G. Castany, 1982).

² D'après la pluie annuelle mesurée au Ballon d'Alsace

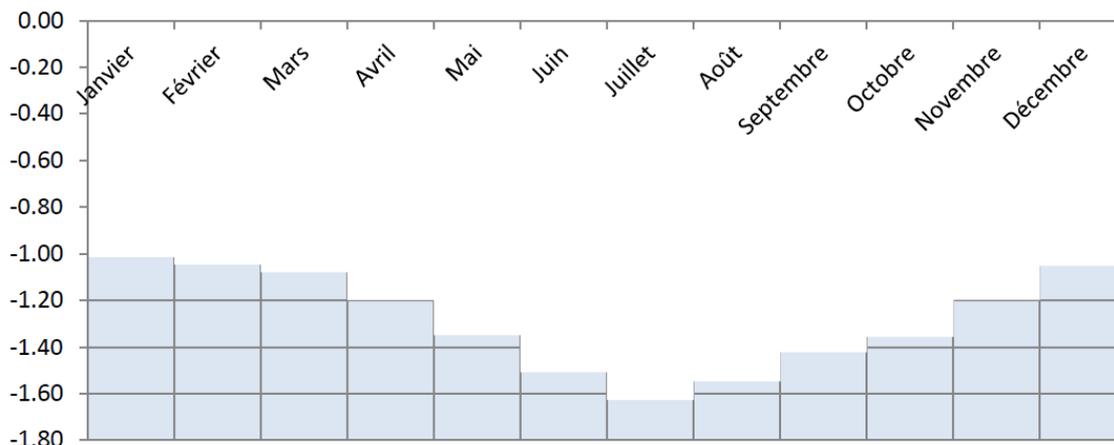
³ D'après la pluie annuelle mesurée au Ballon d'Alsace et à Belfort

⁴ Sans cumuler les débits depuis les sources de la Savoureuse

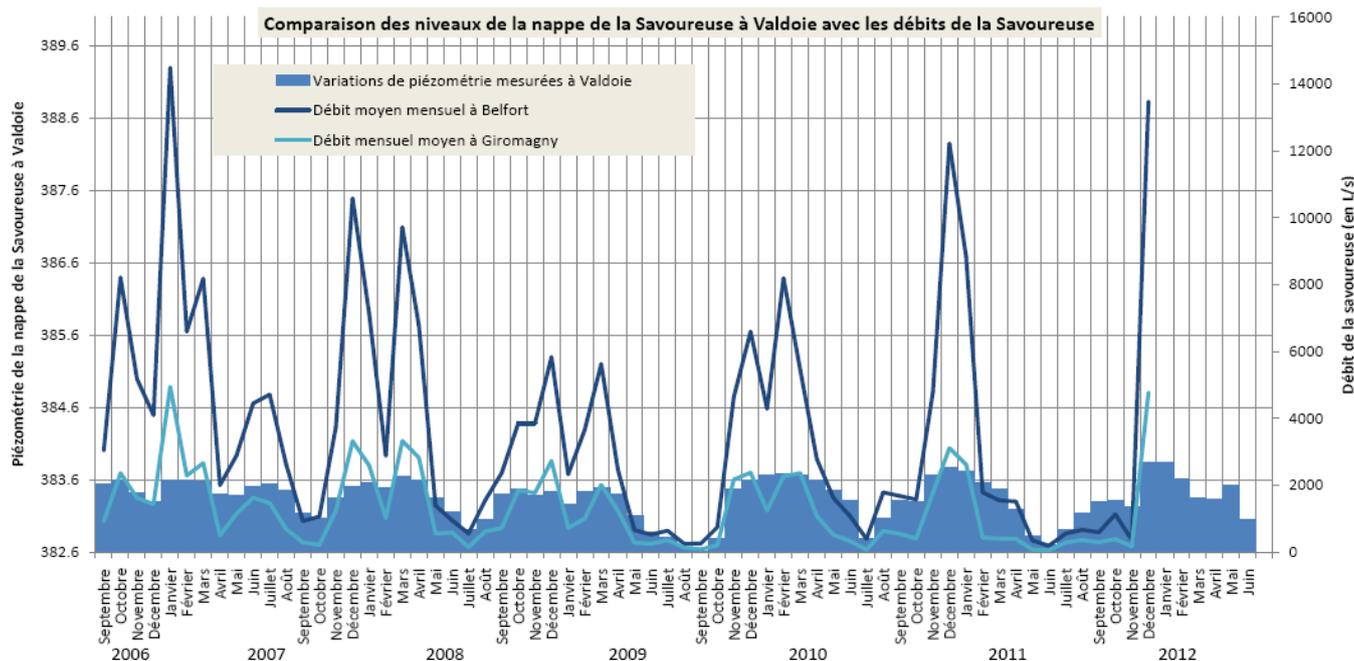
NOTE EN COMPLEMENT DU CHAPITRE 2.2
Modélisation de la nappe alluviale de la Savoureuse à Sermamagny

Corrélation des niveaux de la nappe alluviale à Valdoie avec les débits de la Savoureuse (suivi en continu des niveaux dans le piézomètre 04434X0089) :

Profondeur moyenne de l'eau dans la nappe de la Savoureuse à Valdoie



Comparaison des niveaux de la nappe de la Savoureuse à Valdoie avec les débits de la Savoureuse



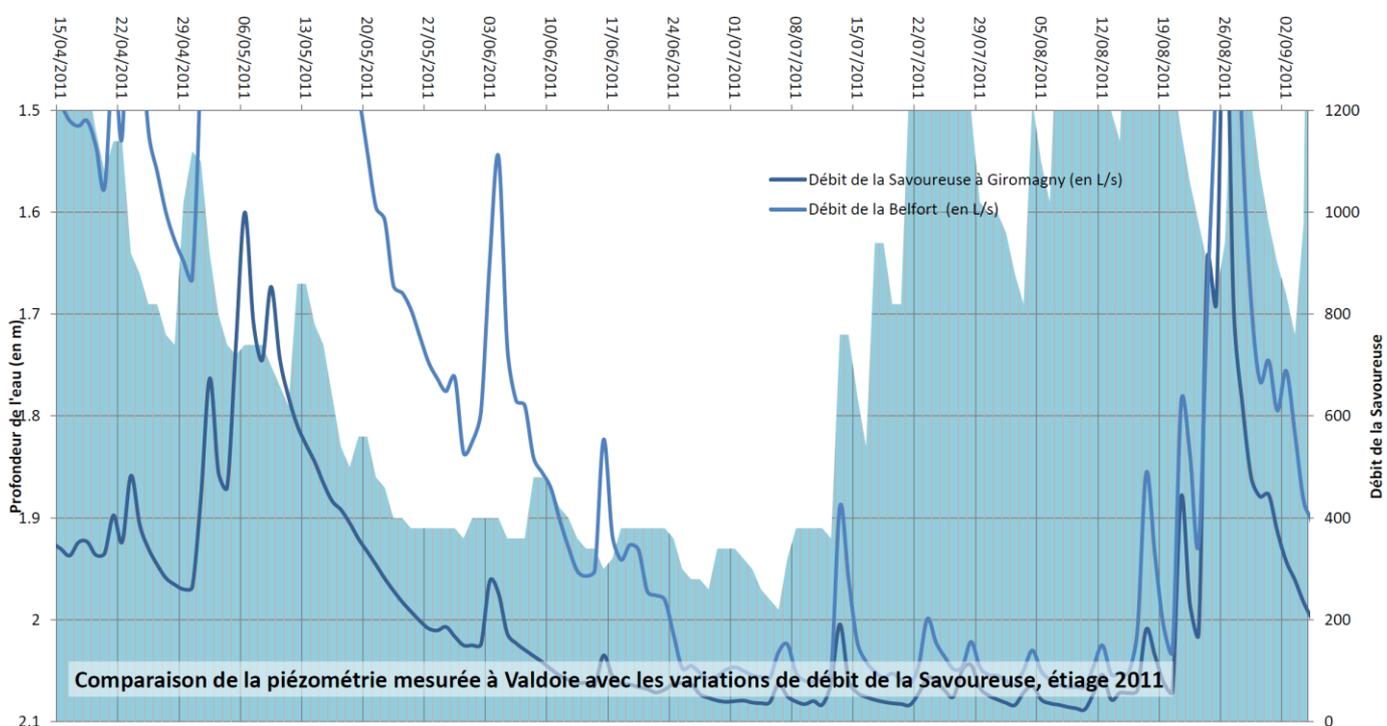
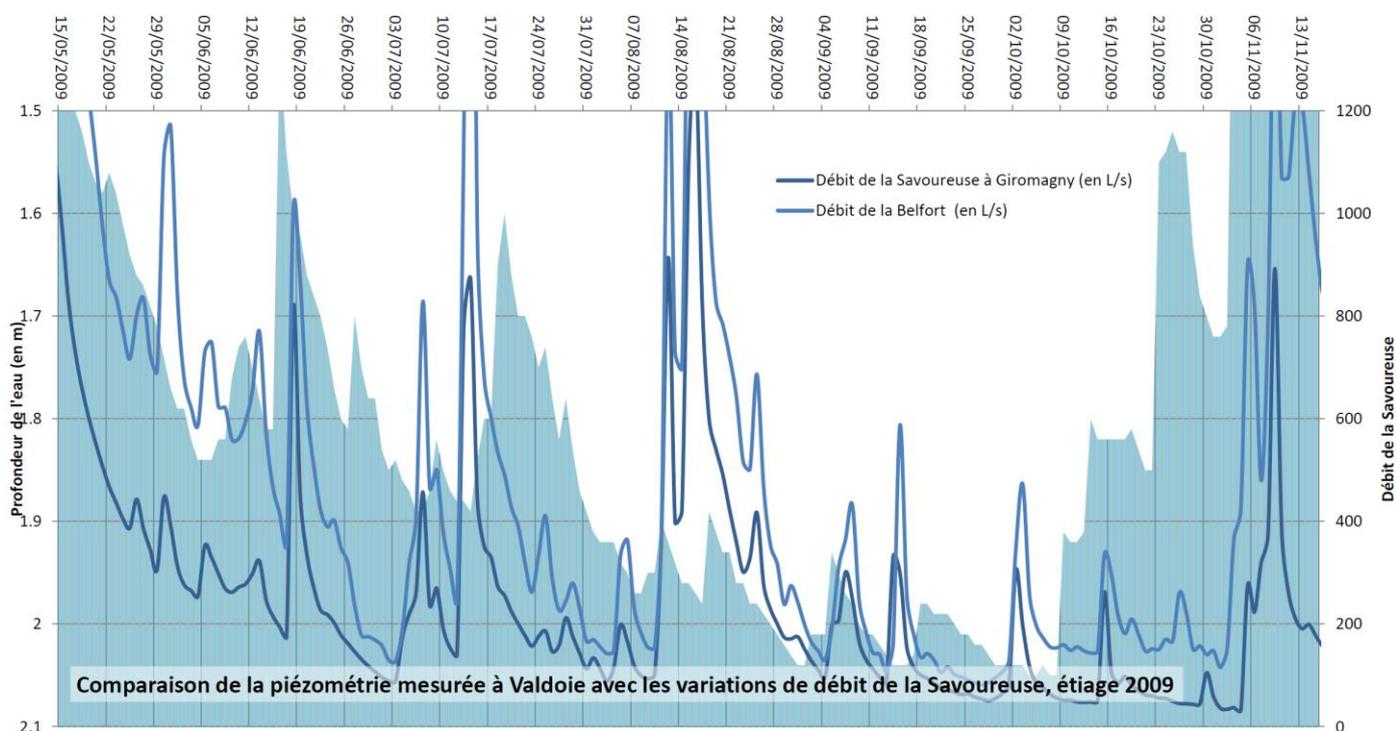
Cette chronique 2006 - 2012 des variations de la piézométrie de la nappe de la Savoureuse à Valdoie correspond à une période où les étiages sévères ont été particulièrement fréquents.

Il a par contre été observé de plus basses eaux que celles mesurées en 2009 où le prélèvement était déjà modulé en fonction des débits de la Savoureuse. Cela a été le cas entre autre en 2003 où des puits ont été dénoyés (ce qui n'a pas été observé depuis 2006).

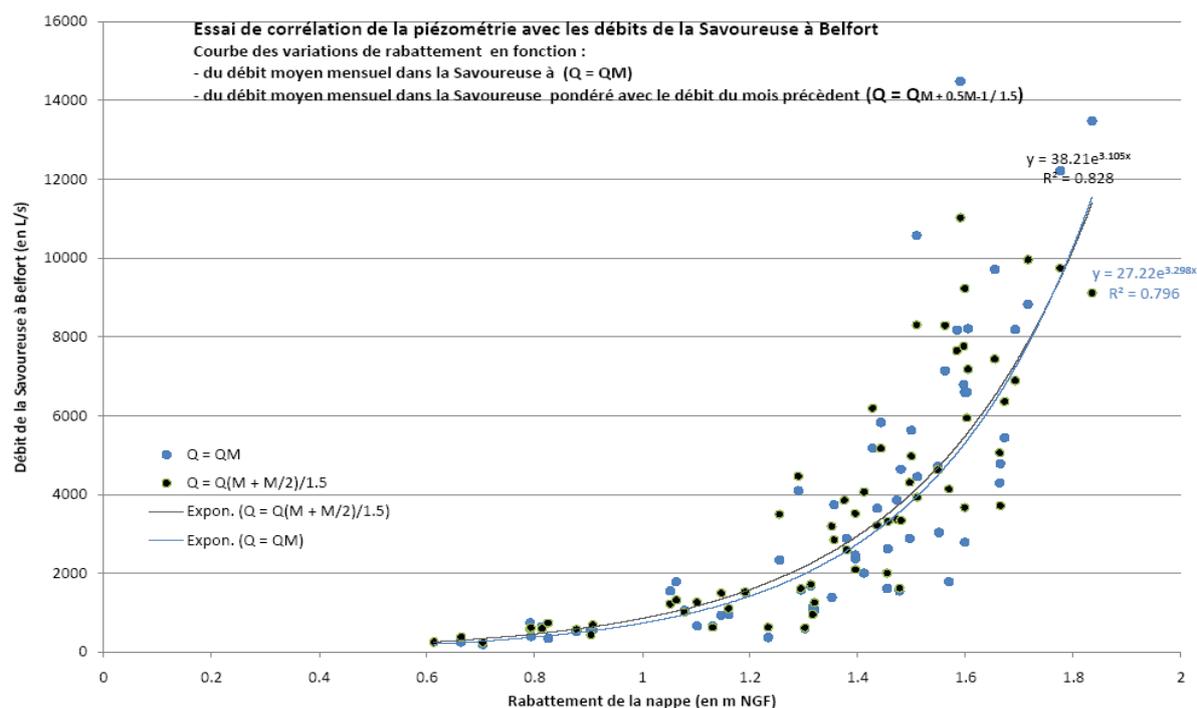
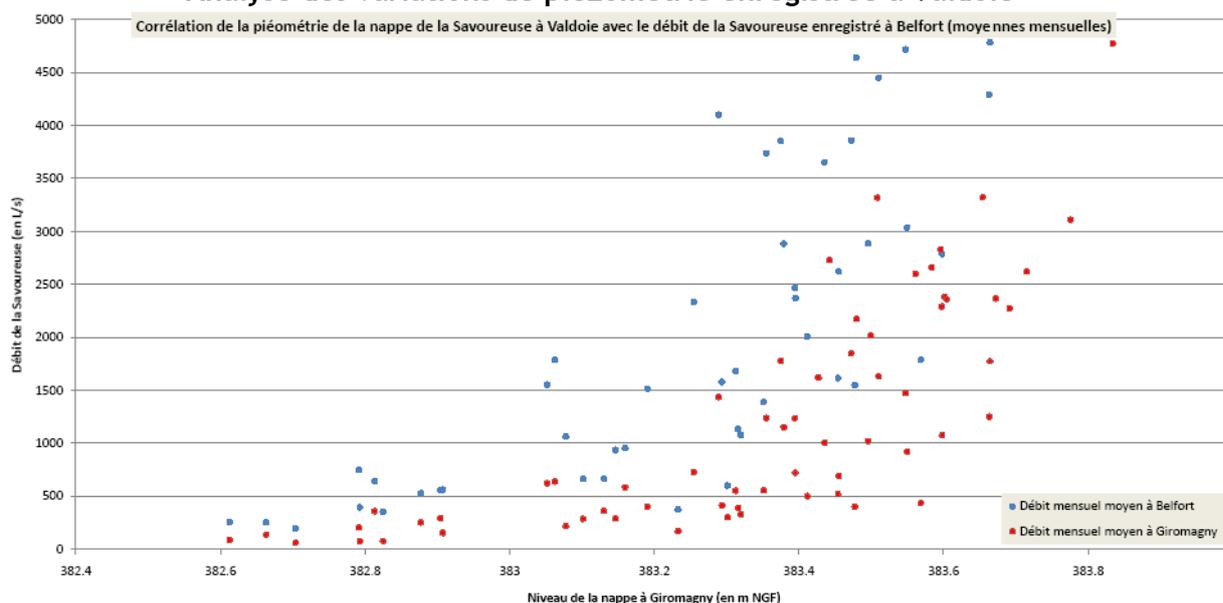
Le niveau de la nappe alluvial est sous l'influence directe du débit dans la rivière : le niveau bas de la nappe intervient obligatoirement en période d'étiage des cours d'eau.

L'inverse n'est pas vrai. La Savoureuse peut être en étiage à Belfort alors que le niveau de la nappe à Valdoie est haut (ex juillet 2011 - soutien du débit de la rivière par la nappe limitée).

Détail des variations journalières lors des étiages 2009 et 2011 :



Analyse des variations de piézométrie enregistrée à Valdoie



Le graphe de corrélation de la piézométrie avec le niveau de la rivière ci-dessus, montre que le niveau de la nappe dépend du débit moyen de la Savoureuse du mois en cours, influencé de manière secondaire par la situation du mois précédent. Cela s'explique par le décalage de la baisse de la piézométrie observée en début de basses eaux (stockage d'eau dans la nappe).

Les coefficients de détermination obtenus sont toutefois trop faibles (de l'ordre de 0.8) pour que l'on puisse déduire de manière précise le niveau de la nappe à partir des débits mesurés dans la rivière.

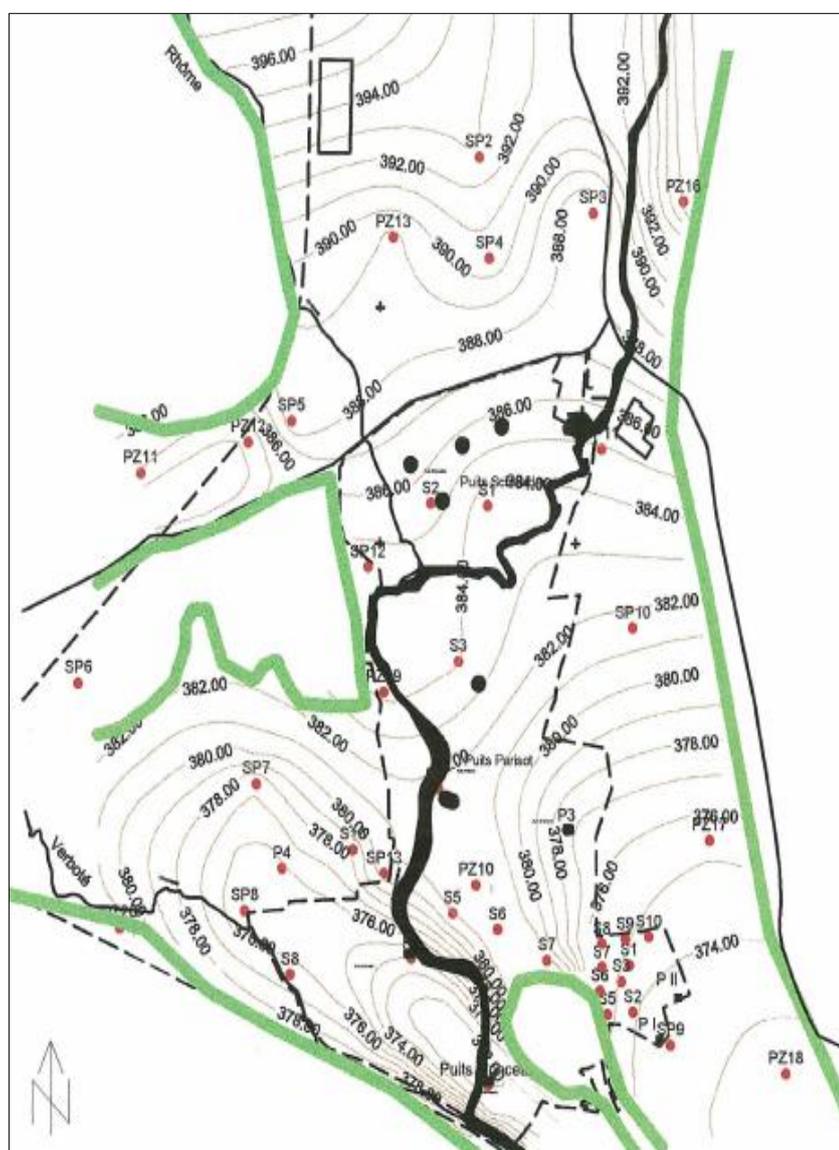
Paramètres du modèle hydrogéologique :

➤ Conditions aux limites

Les limites du modèle reposent sur des informations géologiques avec des niveaux imperméables à l'Est et à l'Ouest (bordures permiennes et dévoniennes de la vallée). Les conditions aux limites Nord et Sud sont imposées d'après les cartes piézométriques SOGREA H de 1998.

Ces limites sont en dehors des zones d'influence des différents puits de captages.

Limite	Conditions aux limites
Nord	Potentiel imposé : niveau piézométrique
Sud	Potentiel imposé : Niveau piézométrique, peu variable en raison du seuil schisteux
Est	Limite imperméable : Schistes du Dévonien
Ouest	Limite imperméable : Permien



La zone de modélisée mesure 1.2 km (E-O) sur 2.1 km (N-S) de cotés, soit 2.5 Km².

Carte des limites modèle hydrogéologique (piézométrie : données SOGREA H 1998)

➤ Maillage

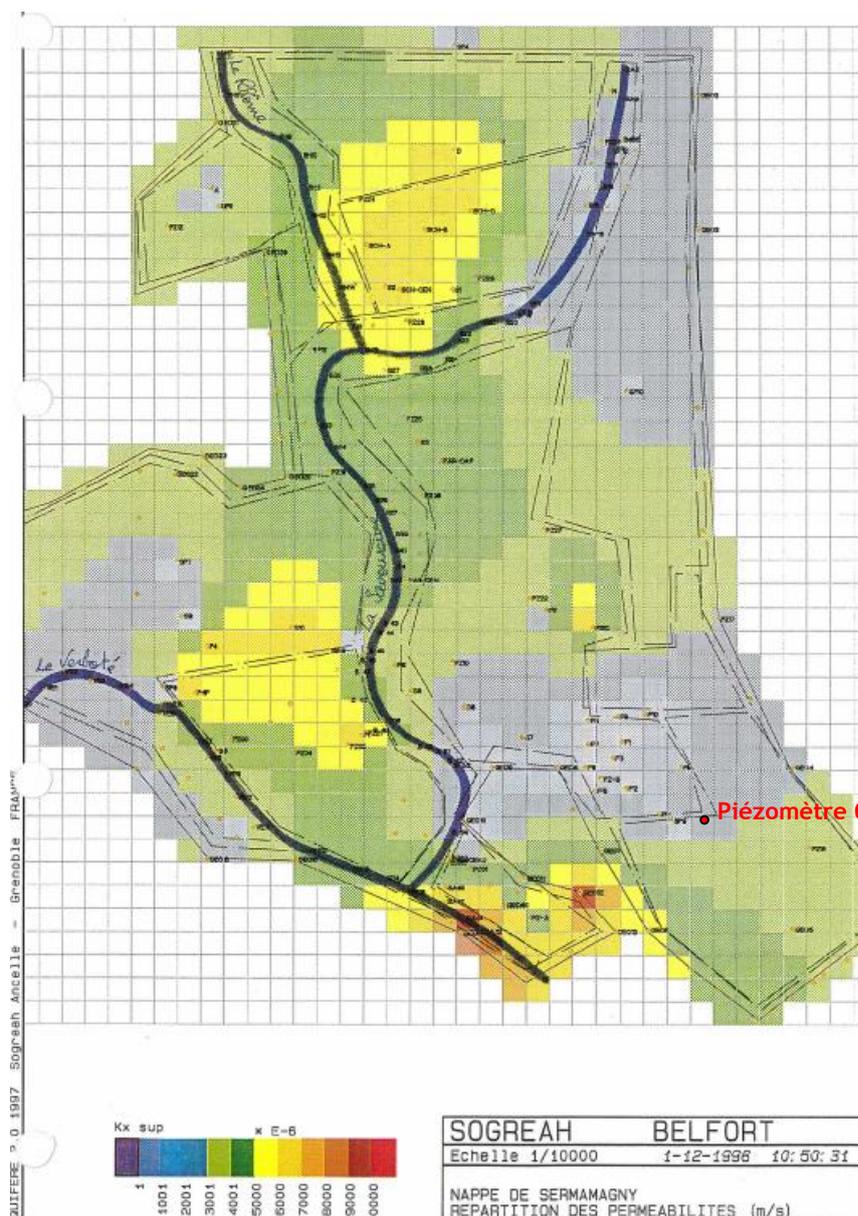
Les 2.5 km² du modèle a été divisé en 2500 mailles de 42m*25m.

➤ Perméabilité des alluvions de la Savoureuse et vitesse d'écoulement de la nappe

La perméabilité de la nappe de la Savoureuse n'est pas homogène. Elle a été reconnue par géophysique, avec calage par essais de pompage dans le cadre de l'étude Sogreah de 1998. Les zones les plus perméables, au niveau des puits Schneider, et entre la Savoureuse et le Verbote, ont une perméabilité de 6×10^{-3} m/s.

L'emmagasinement de l'aquifère a été estimée d'après la granulométrie de la nappe (méthode du diamètre efficace d_{10} - US Geological Survey). Ces alluvions étant constituées de graviers avec une forte proportion d'argiles et de limons, leur porosité efficace n'est que de 3%.

En entrée de modèle (limite nord), la vitesse d'écoulement de la nappe de la Savoureuse est de 3.2 m/jour.



Carte générale des perméabilités dans la nappe de Savoureuse au niveau du champ captant de Sermamagny

(d'après modélisation hydrogéologique de la nappe)

- Résultats de la modélisation : bilan de la nappe alluviale de la Savoureuse au niveau du Champ captant de Sermamagny

Les écoulements souterrains entrants dans la nappe au nord ne sont pas constants (14 900 à 17300 m³/jour). Ils dépendent du niveau de la nappe en amont des captages. En situation d'étiage, c'est 14900 m³/jour (200 L/s) qui alimentent le champ captant par l'amont.

Pour mémoire, l'étude SOGREAH de 1998 estimait un flux entrant de 150 à 300 L/s, mesuré à 220 L/s en septembre 1997.

A l'intérieur de la zone modélisée, ce flux se répartit comme suit :

1. Une proportion faible (1200 m³/jour, 14L/s) s'écoule en direction du bassin du Verbote au niveau de la dépression existante dans le prolongement de l'étang de la Veronne, au nord du relief du Tertre.
2. L'écoulement de 2000 m³/jour entrant dans la nappe coté Verbote étant supérieur au flux sortant au Nord du Tertre, il reprend en totalité le volume sortant en y ajoutant un écoulement propre au bassin Verbote : environ 860 m³/jour, soit 10 L/s.
3. 6000 à 7300 m³/jour (69 à 84 L/s) sortent dans nappe à l'ouest du Monceau. En raison de la présence du seuil de schistes plus en aval, ce débit fini par rejoindre la rivière ce qui explique qu'elle soit permanente en amont de Valdoie, même lorsqu'elle est en assec au niveau du champ captant.
4. 4300 à 5900 m³/jour (soit 50 à 68 L/s), contournent par l'Est le relief du Montceau. Cette circulation donne naissance en hautes eaux à l'affluent de la Rosemontoise qui traverse le quartier du Montceau à Valdoie. En basses eaux, les jaugeages effectués dans la Rosemontoise montrent que ce flux ne rejoint pas cette rivière. Ce flux souterrain est transféré soit vers la Savoureuse, soit vers sa nappe alluviale sous la ville de Belfort.
5. Et 14000 m³/jour en moyenne (160 L/s) sont prélevés pour la production d'eau destinée à la consommation humaine.

Pour mémoire, l'étude SOGREAH de 1998 estimait un flux sortant de 200 à 400 L/s.

Les infiltrations des cours d'eau Savoureuse, Rhône, et Verbote dans la nappe permettent d'équilibrer ce bilan. En étiage, ce volume d'infiltration est de l'ordre de 6500 m³/jour (90 L/s, pour un prélèvement de 14 000 m³/jour), soit 85% du Qmna5 de la Savoureuse à Giromagny.

L'assèchement de la Savoureuse est donc constaté lorsque son débit en amont du champ captant est inférieur à 90 L/s. Lorsque cette situation est dépassée, les prélèvements entament alors la réserve aquifère.

Pour mémoire, l'étude SOGREAH de 1998 estimait la perte en débit de la rivière dans la traversée du champ captant de 67 L/s.

- Détermination de la provenance du flux souterrain entrant en amont du modèle (14 900 m³/jours en étiage)

La modélisation hydrogéologique ne couvre que l'extrémité sud de cette nappe alluviale. Celle-ci se prolonge au Nord sur 7.6 km² jusqu'à Giromagny (tronçon Tr2-Na1). Le flux entrant de 17 300 m³/jour au nord du modèle hydrogéologique provient de ce prolongement Nord de la nappe.

L'écoulement Nord - Sud de la nappe alluviale en amont de captages de Sermamagny dépend :

- ✓ De la recharge par la pluie efficace sur les formations alluviales, complétée par les ruissellements sur les versants imperméables de la vallée. Ces apports sont stockés par les alluvions en hautes eaux pour restitution lors des périodes sèches.

Le battement de la nappe à Sermamagny est de l'ordre de 1.10 m (d'après mesures en PZ2 - Etude Sogreah 1998), soit une restitution d'eau entre les hautes eaux et l'étiage de l'ordre de 250 000 m³ pour l'ensemble de cette nappe (avec une hypothèse de porosité efficace de 3%). C'est cette réserve d'eau dans le sous-sol qui retarde l'étiage de la Savoureuse en début de période sèche.

- ✓ Et des échanges avec les cours d'eau (soutien des débits en hautes eaux et recharge par ceux-ci à l'étiage).

La modélisation hydrogéologique montre que le flux provenant du Rhône est très modeste, ce que confirment les jaugeages de l'automne 2011. Les échanges entre le Rhône et la nappe seront donc négligés.

Ceux provenant de la Savoureuse sont plus conséquents : Il a été mesuré par jaugeage une perte de débit dans la rivière entre Giromagny et Sermamagny de 80 L/s le 16 septembre 2011, de 20 L/s le 30 septembre 2011, et de 35 L/s le 28 novembre 2011.

- Différentiel d'écoulement mesuré dans la Savoureuse entre Giromagny et le champ captant de Sermamagny à l'automne 2011, estimation des échanges nappe rivière

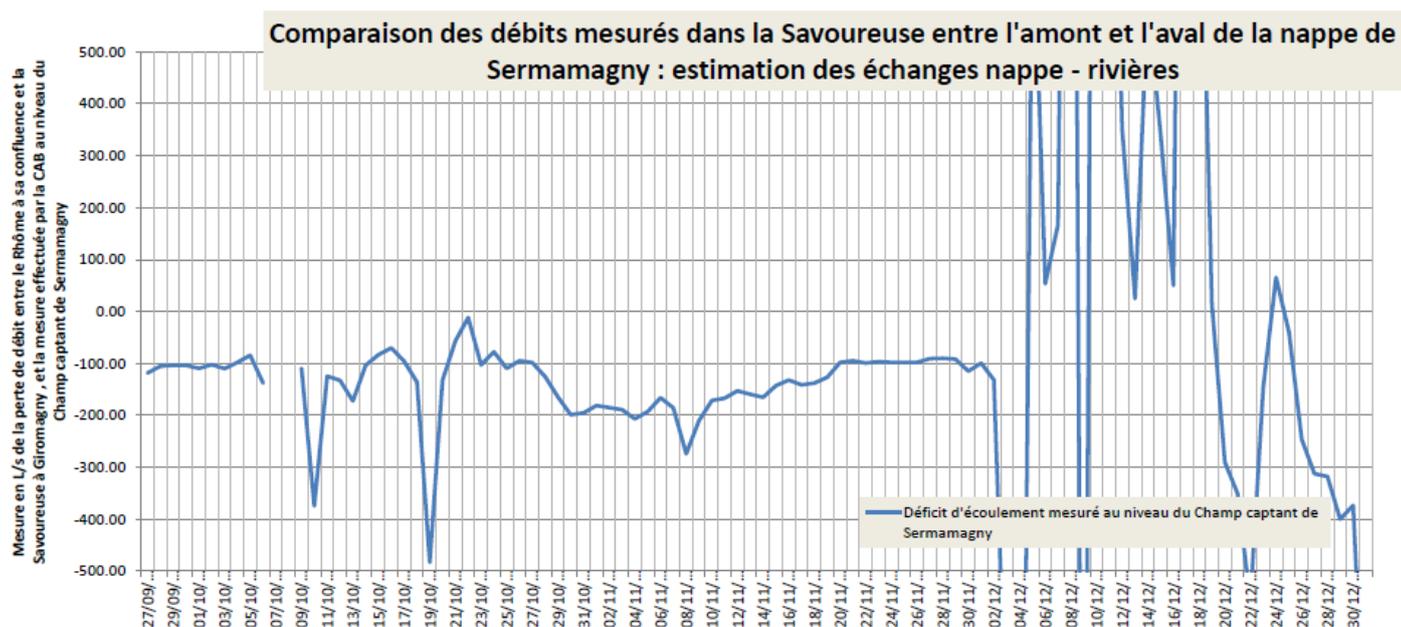
Le graphe ci-dessous donne l'évolution à l'automne 2012, de la différence entre les débits du Rhône à sa confluence avec la Savoureuse (d'après enregistrement à Chauvigney ajusté), et de la Savoureuse à Giromagny, et l'enregistrement effectué par la Communauté d'Agglomération de Belfort au droit des captages de Sermamagny.

En situation d'étiage (avant le 2 décembre 2011), l'infiltration dans la nappe varie entre 100 et 200 L/s. Ce volume comprend :

- les infiltrations qui se produisent en amont de la zone modélisée (entre Giromagny et Sermamagny)

- Et les infiltrations qui se produisent dans le champ captant, en amont du seuil jaugeur où est effectuée la mesure par la Communauté d'Agglomération de Belfort.

Les jaugeages du 30 septembre et du 28 novembre 2011 indiquent que la proportion des infiltrations dans la nappe en amont du Champ captant¹ (entre Giromagny et Sermamagny) est de 20 à 40% du total perdu par les rivières, soit un débit compris entre 20 et 80 L/s.



- Pertinence de la mesure de la piézométrie de la nappe au droit du piézomètre 04434X0089/P situé à Valdoie

L'influence des captages de Sermamagny sur le piézomètre de Valdoie limite son intérêt puisqu'il donne un niveau de nappe influencé par les prélèvements d'eau de la Communauté d'Agglomération de Belfort à Sermamagny.

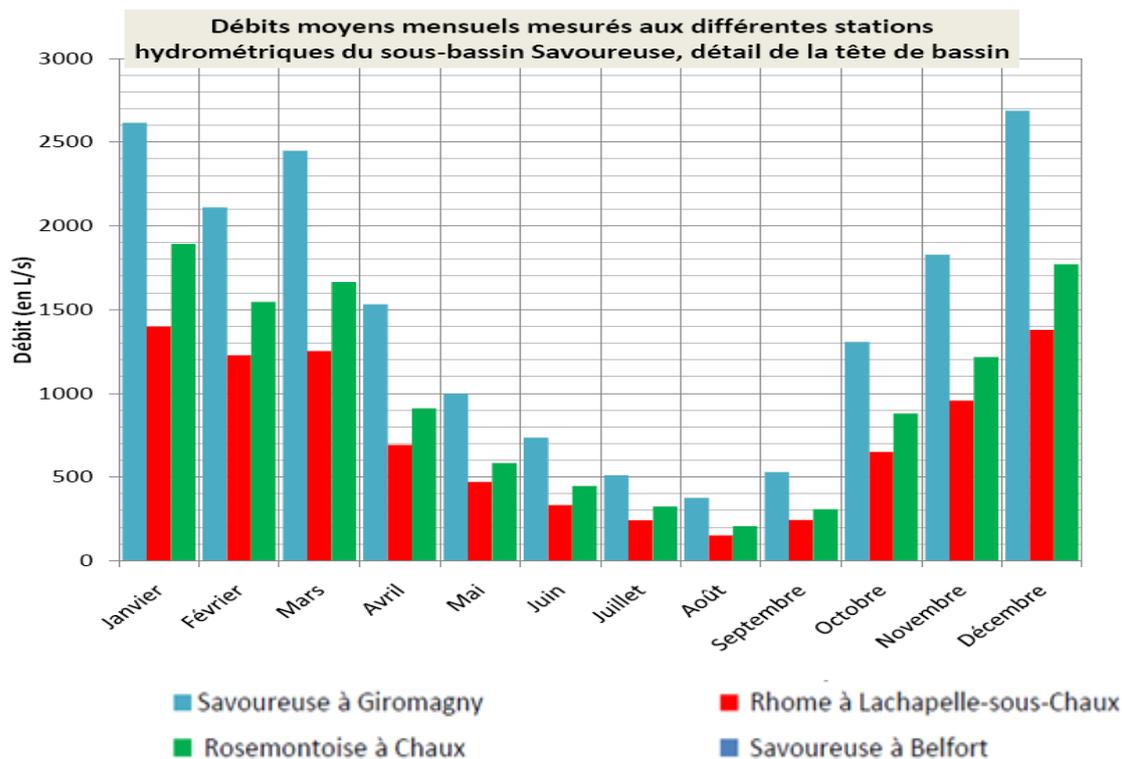
Une implantation en amont des captages serait plus intéressante, et permettrait de gérer la ressource, en tenant compte des échanges rivière-nappe, et donc d'ajuster les prélèvements pour limiter les pertes de débit de la Savoureuse entre Giromagny et le champ captant.

¹ 20 L/s le 30 septembre et 35 L/s le 28 novembre

NOTE EN COMPLEMENT DU CHAPITRE 2.3 Variations saisonnière des écoulements

- Le débit moyen des rivières les mois de hautes eaux (novembre à mars) est presque le double (183 % en décembre et janvier) du débit moyen interannuel.
- En basses eaux ce contraste est encore plus marqué puisque l'écoulement moyen de juillet à Septembre n'est que le tiers, et jusqu'à ne représenter au mois d'août le quart seulement de la moyenne annuelle.

	Savoireuse à Giromagny	Rhôme à Lachapelle- sous-Chaux	Rosemontoise à Chaux	Savoireuse à Belfort	Savoireuse à Vieux- Charmont	Rapport à la moyenne annuelle
Débit moyen mensuel mesuré en L/s Période 1980-2011 (2010 pour le Rhôme et la Rosemontoise)						
Janvier	2614	1399	1892	7976	10511	183 %
Février	2112	1227	1545	6775	9167	159 %
Mars	2449	1254	1665	7107	9776	162 %
Avril	1531	692	911	4091	5082	93 %
Mai	998	472	584	2646	3669	63 %
Juin	736	334	448	1856	3047	45 %
Juillet	512	241	325	1399	2411	35 %
Août	375	153	206	1016	2085	26 %
Septembre	531	245	309	1415	2509	35 %
Octobre	1308	650	881	4212	5436	88 %
Novembre	1828	958	1217	5263	7681	128 %
Décembre	2688	1379	1771	8114	10884	183 %



NOTE EN COMPLEMENT DU CHAPITRE 2.4 Intensité et fréquence des étiages

Durée des étiages en nombre de jours depuis 1974

		Savoireuse à Giromagny		Rhône à Chapelle\Chaux		Rosemontoise à Chaux		Savoireuse à Belfort		Savoireuse à Vieux Charmont	
		VCN3 ₅	Qmna5	VCN3 ₅	Qmna5	VCN3 ₅	Qmna5	VCN3 ₅	Qmna5	VCN3 ₅	Qmna5
		41 L/s	89 L/s	10 L/s	29 L/s	18 L/s	44 L/s	110 L/s	260 L/s	670 L/s	910 L/s
Nombre de jour inférieur aux étiages de référence VCN 10 ₅ et Qmna5											
Minimum journalier mesuré		12 L/s (1978)		0 L/s (2003)		13 L/s (2009)		43.3 L/s (2003)		470 L/s (1989)	
année	Pluviométrie :										
1974	H + _ E -	0	0	0	0	0	0	0	0		
1975	H -	0	2	0	0	0	4	0	0		
1976	H - _ E -	6	73	22	78	49	78	0	3		
1977	H + _ E +	0	0	0	0	0	0	0	0		
1978	H - _ E +	63	84	0	0	0	0	0	1		
1979	H + _ E -	3	0	0	7	0	0	0	0		
1980	H - _ E +	0	0	0	0	0	0	0	0		
1981	H + _ E -	0	0	0	0	0	0	0	0		
1982	H + _ E +	0	0	0	0	0	0	0	5		
1983	H + _ E -	18	30	0	0	0	5	1	2		
1984	H + _ E -	0	0	0	9	6	17	0	6		
1985	H - _ E -	1	36	17	44	0	39	1	13		
1986	H + _ E +	9	23	0	0	0	0	0	0	11	34
1987	H - _ E +	0	0	0	0	0	0	0	0	2	15
1988	H + _ E -	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23
1989	H - _ E -	0	3	1	54	0	19	0	35	59	145
1990	H -	0	0	0	35	0	36	1	8	0	0
1991	H - _ E -	0	0	19	51	0	21	0	0	0	8
1992	H - _ E -	0	0	13	43	0	38	0	17	0	0
1993	H - _ E +	0	0	0	9	0	10	0	0	0	0
1994	H + _ E -	0	0	0	19	0	30	0	0	0	0
1995	H + _ E -	0	0	0	20	0	18	0	0	0	0
1996	H -	0	2	0	0	0	0	0	22	0	0
1997	H - _ E +	0	8	0	8	0	0	0	41	0	13
1998	H - _ E -	0	6	0	12	0	4	0	20	0	0
1999	H + _ E +	0	1	0	2	0	0	0	22	0	0
2000	E +	0	0	0	0	0	0	0	11	0	0
2001	H + _ E -	0	0	0	3	0	0	0	10	0	0
2002	H + _ E -	0	47	0	8	0	17	8	80	0	3
2003	H - _ E -	47	85	61	84	34	76	66	105	51	85
2004	H - _ E +	11	35	0	0	0	0	0	10	12	48
2005	H - _ E -	6	70	0	28	0	18	10	43	2	42
2006	H + _ E +	3	31	1	25	0	3	0	28	29	48
2007	H - _ E +	0	0	0	21	0	0	0	0	0	13
2008	H + _ E +	0	5	0	2	0	27	0	0	0	10
2009	H - _ E -	4	41	0	20	0	53	0	61	0	42
2010		1	33	0	0			0	5	0	0
2011		20	62	24	64			0	69	0	15

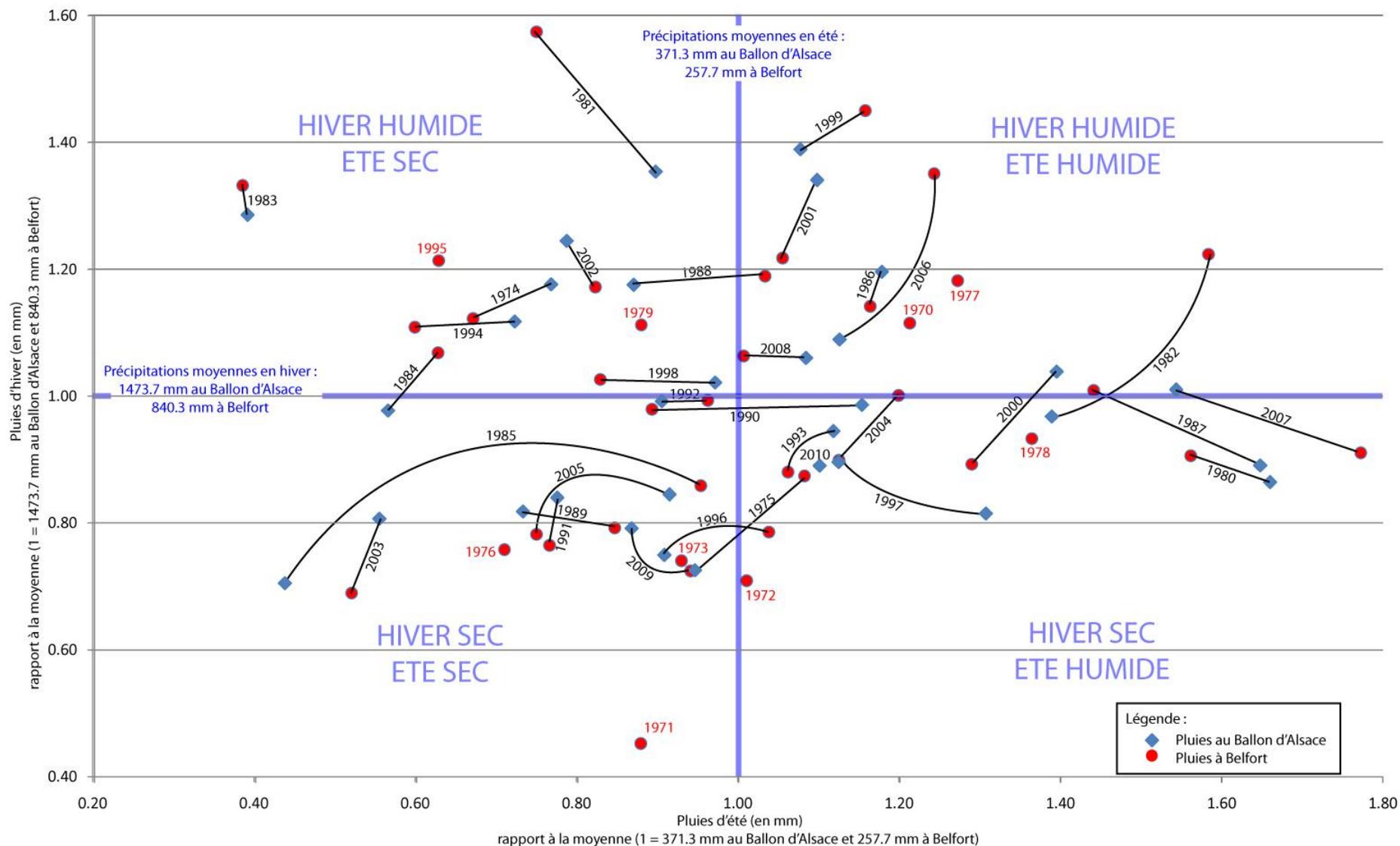
Légende :

	Etiages particulièrement marqués (débit inférieur au VCN3 ₍₅₎ plus de 30 jours et inférieur au Qmna5 plus de 100 jours)
	Etiages marqués (débit inférieur au VCN3 ₍₅₎ plus de 10 jours au Qmna5 plus de 50 jours)
	Absence d'étiage (débit supérieur au VCN3 ₍₅₎ et au Qmna5 toute l'année)

Pluviométrie (Cf. page 60) : H - = hiver sec H + = hiver humide E - = été sec E + = été humide

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

Corrélation entre les pluies d'été et les pluies d'hiver sur le territoire de la Savoureuse

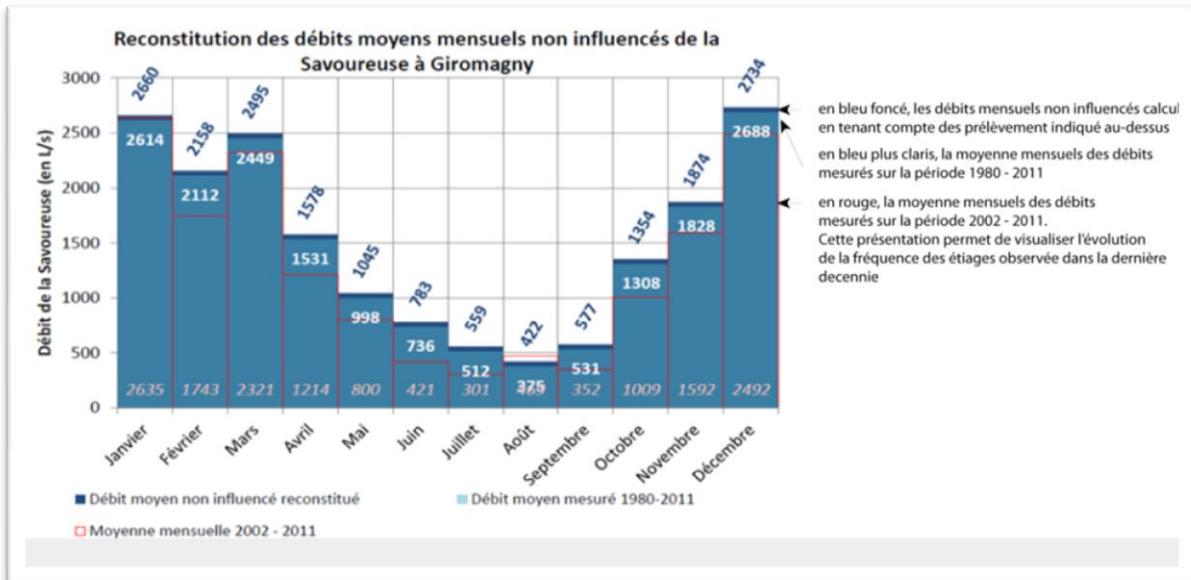


Détail des données utilisées pour la reconstitution des débits non influencés

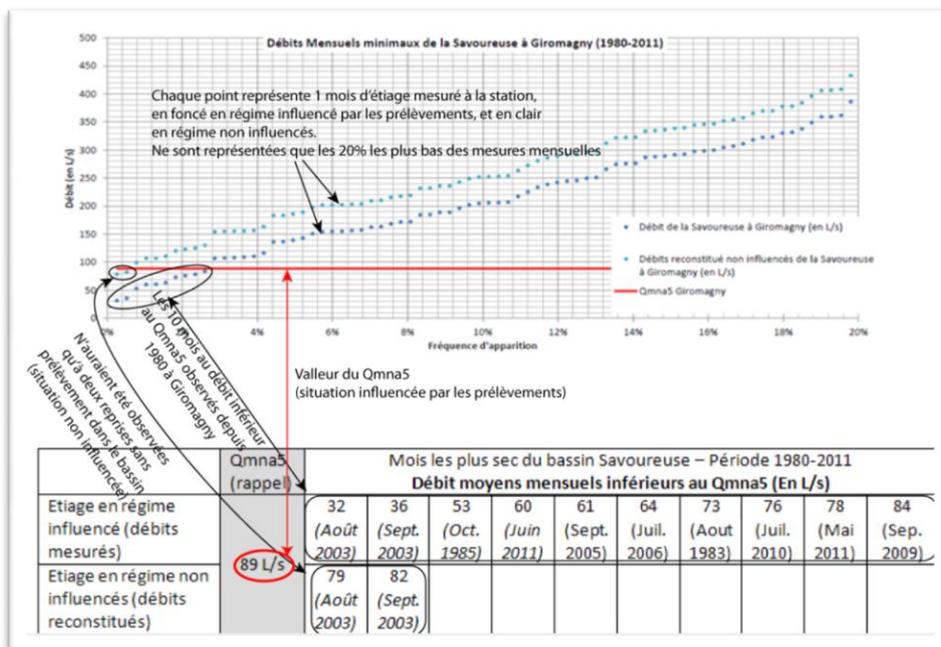
Grille de lecture des graphes des pages suivantes :

Pour chacune des 6 stations hydrologiques, sont présentés et commentés en pages suivantes :

1. Un rappel des volumes prélevés chaque mois (rappel du bilan des prélèvements objet de l'étape précédente de l'étude).
2. Une présentation des débits moyens mensuels non influencés sur 2 périodes et influencés par les prélèvements (évaporation sur les étangs incluse).

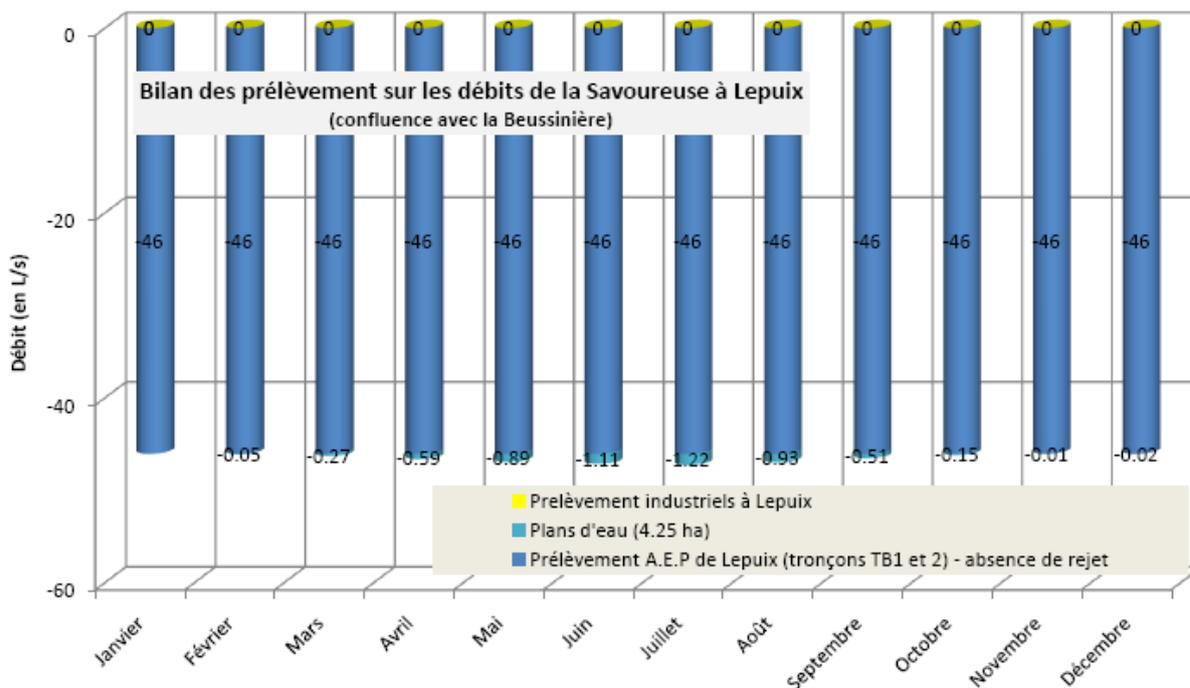


3. Et un tableau accompagné d'une représentation graphique des fréquences d'apparition des situations d'étiage à la station

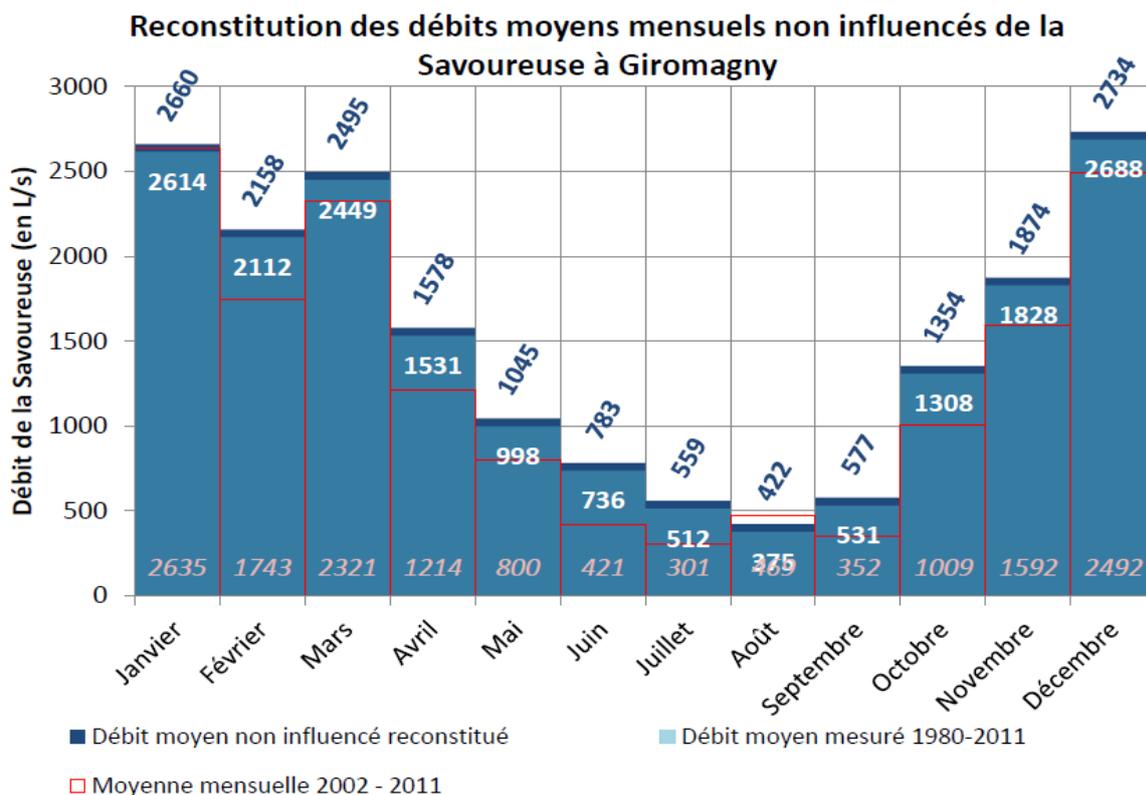


➤ Reconstitution des débits non influencés de la Savoureuse à Giromagny

Variation mensuelle des prélèvements en amont de Giromagny (rappel) :



Evaluation de l'incidence des prélèvements sur les débits de la Savoureuse à Giromagny : 375 L/s au lieu de 422 L/s mesuré en moyenne au mois d'Août

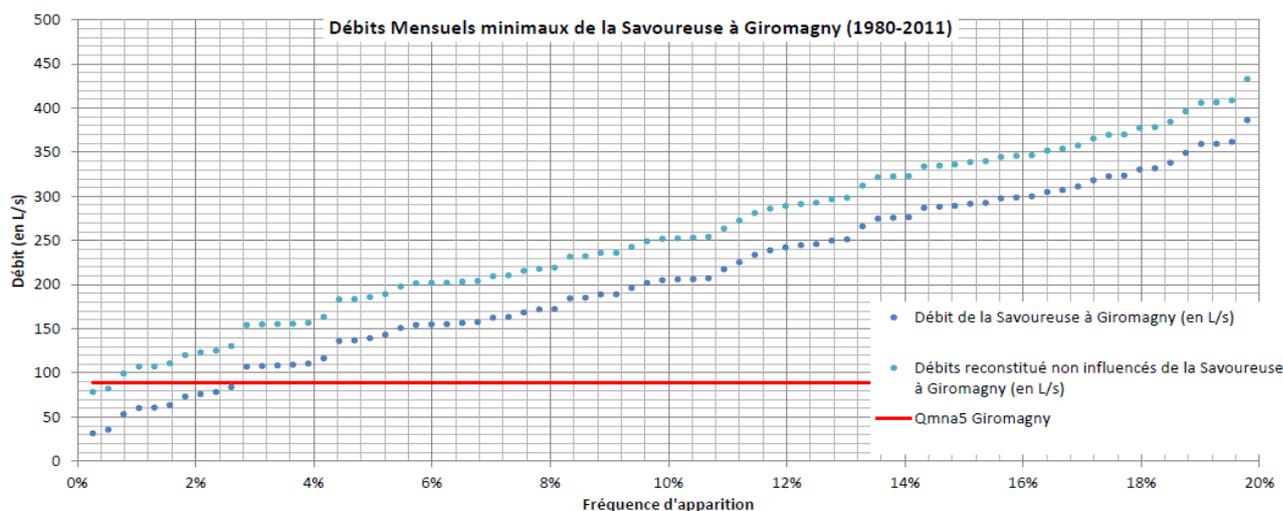


Incidence des prélèvements sur la fréquence des étiages quinquennaux, reconstitution d'un Qmna5 non influencé

	Qmna5 (rappel)	Mois les plus sec du bassin Savoureuse – Période 1980-2011 Débit moyens mensuels inférieurs au Qmna5 (En L/s)									
Etiage en régime influencé (débits mesurés)	89 L/s	32 (Août 2003)	36 (Sept. 2003)	53 (Oct. 1985)	60 (Juin 2011)	61 (Sept. 2005)	64 (Juil. 2006)	73 (Aout 1983)	76 (Juil. 2010)	78 (Mai 2011)	84 (Sep. 2009)
Etiage en régime non influencés (débits reconstitués)		79 (Août 2003)	82 (Sept. 2003)								

Actuellement, le débit moyen de la Savoureuse à Giromagny a été inférieur au Qmna₅ 10 mois depuis 1980 (2.6 mois/100). Sans prélèvement, ce débit de 89 L/s n'aurait pas été atteint 2 mois seulement.

Le Qmna5 des débits non influencés reconstitués est compris entre 130 et 140 L/s, soit approximativement 1/10 du module.

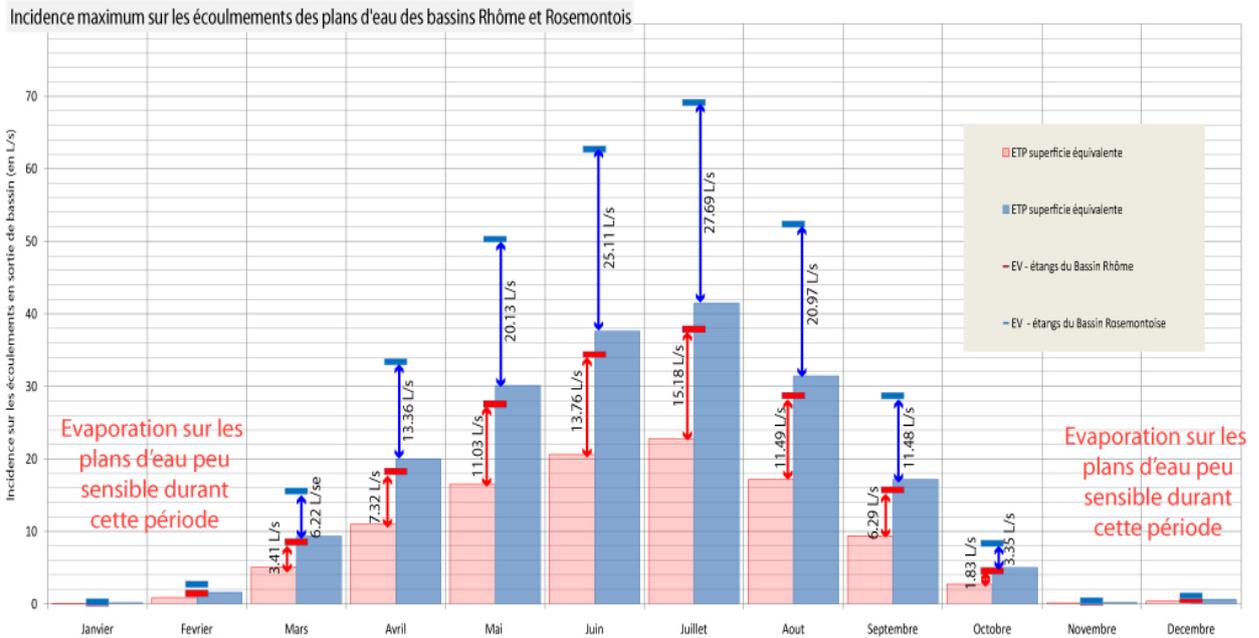


L'incidence des prélèvements d'eau en amont de Giromagny correspond à un déficit d'écoulement dans la rivière de 47.2 L/s au maximum, soit 10% environ du débit mensuel minimum mesuré au mois d'Août. Sans ces prélèvements, le débit de ce mois serait de 422 L/s au lieu des 375 L/s en moyenne mesuré depuis 1980.

L'évolution des débits montre une diminution nette des débits moyens mensuels tous les mois de l'année (sauf Janvier et Août), avec accentuation des étiages : depuis 2002, le minimum mensuel (constaté au mois de juillet) n'est que de 301 L/s

➤ Reconstitution des débits non influencés du Rhône et de la Rosemontoise

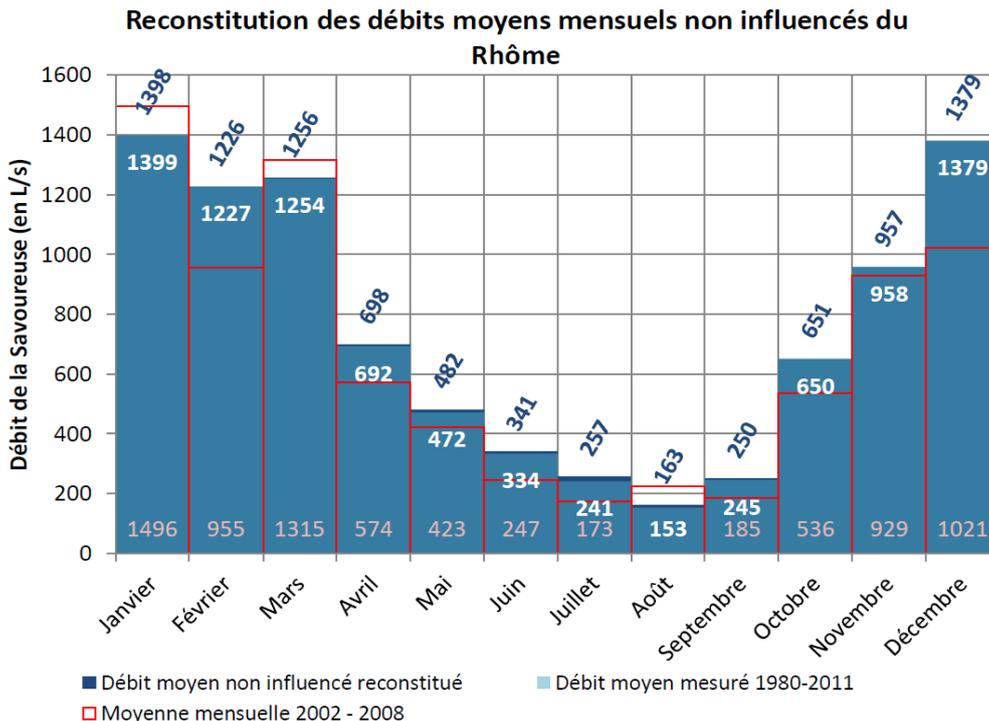
Evaluation de l'effet de l'évaporation sur les plans d'eau des bassins Rhône et Rosemontoise (rappel) :

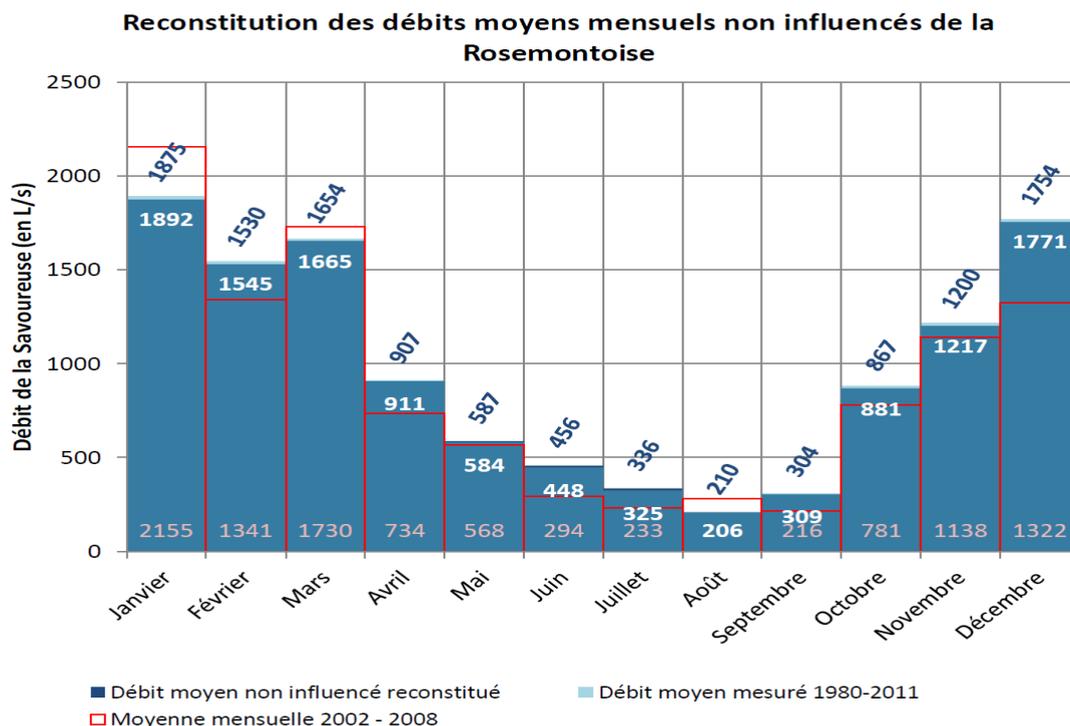


Ces prélèvements sont partiellement compensés par un apport d'eau pour la desserte A.E.P de ces deux tronçons de respectivement 1 L/s dans le bassin Rhône et de 17 L/s dans le bassin Rosemontoise (absence de variations mensuelles significatives).

En juillet, les prélèvements nets dans ces deux bassins sont de 10 et de 14 L/s.

Evaluation de l'incidence des prélèvements sur les débits du Rhône et de la Rosemontoise:





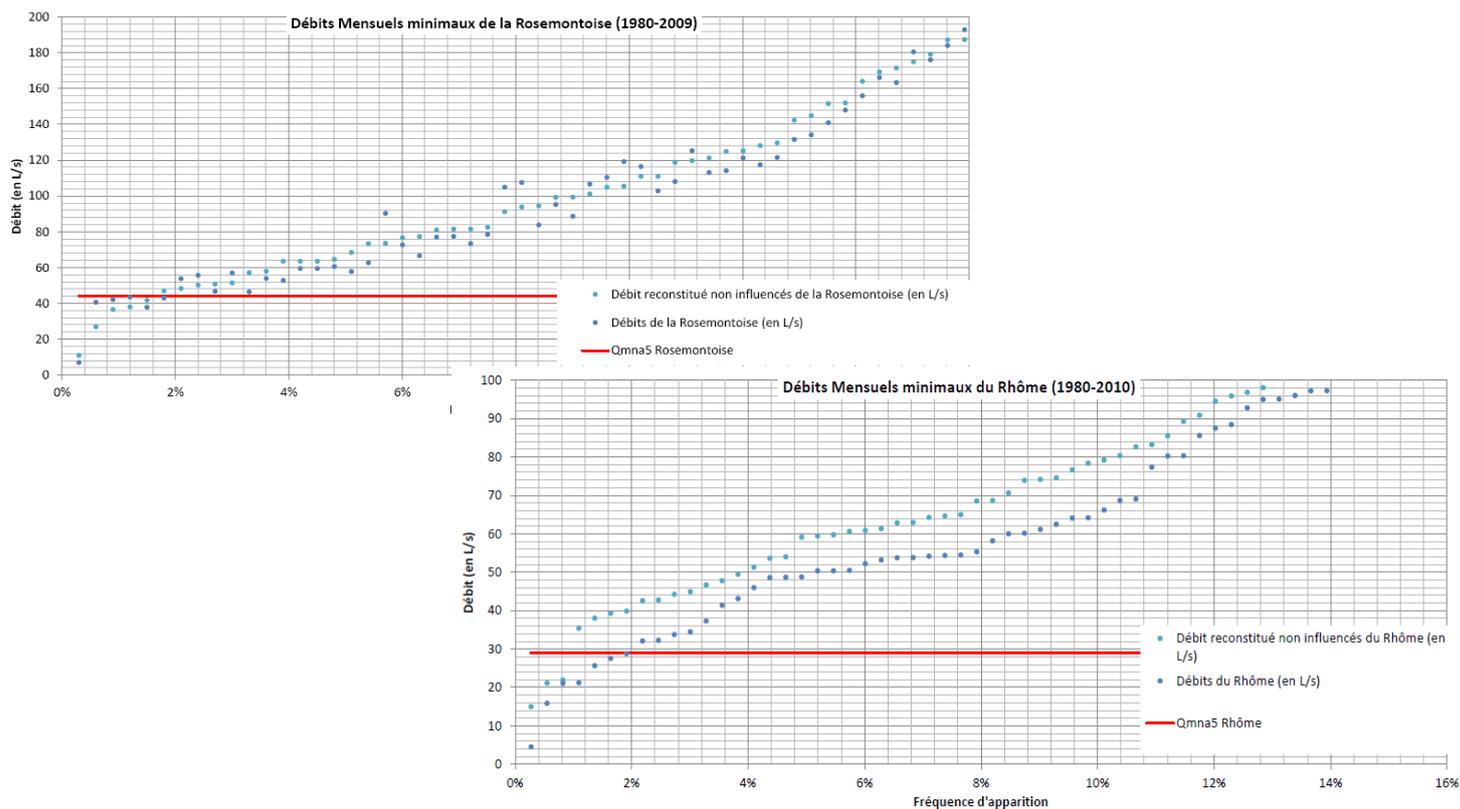
L'incidence des prélèvements d'eau sur le Rhône correspond à un déficit d'écoulement dans la rivière de 14.2 L/s au maximum au mois de Juillet (10.5 L/s au mois d'août). Sans incidence des plans d'eau, le minimum mensuel serait de 163 L/s au lieu des 153 L/s en moyenne mesuré depuis 1980.

Pour la Rosemontoise, l'impact des prélèvements est un déficit d'écoulement de 10.7 L/s au mois d'août, soit environ 4.5 % de son débit mensuel minimum qui sans incidence des plans d'eau serait de 210 L/s au lieu de 206 L/s.

Sur ces 2 bassins, depuis 2002, il n'est pas constaté de diminution du débit moyen mensuel, mais uniquement une plus grande précocité de l'étiage.

Incidence des prélèvements sur la fréquence des étiages quinquennaux, reconstitution de Qmna5 non influencés

		Qmna5 (rappel)	Mois les plus sec du bassin Savoureuse – Période 1980-2011 Débit moyens mensuels inférieurs au Qmna5 (En L/s)					
Rhône	Etiage en régime influencé (débits mesurés)	29 L/s	5 (Août 2003)	16 (Sept. 2003)	21 (Oct. 1985)	21 (Juil. 2003)	26 (Juil. 2006)	28 (Août 1990)
	Etiage en régime non influencés (débits reconstitués)		15 (Août 2003)	21 (Sept. 2003)	22 (Oct. 1985)			
Rosemontoise	Etiage en régime influencé (débits mesurés)	44 L/s	7 (Août 2003)	38 (Août 1992)	41 (Oct. 1985)	42 (Sept. 2009)	43 (Août 2009)	
	Etiage en régime non influencés (débits reconstitués)		11 (Août 2003)		27 (Oct. 1985)	37 (Sept. 2009)		38 (Sept. 2003)

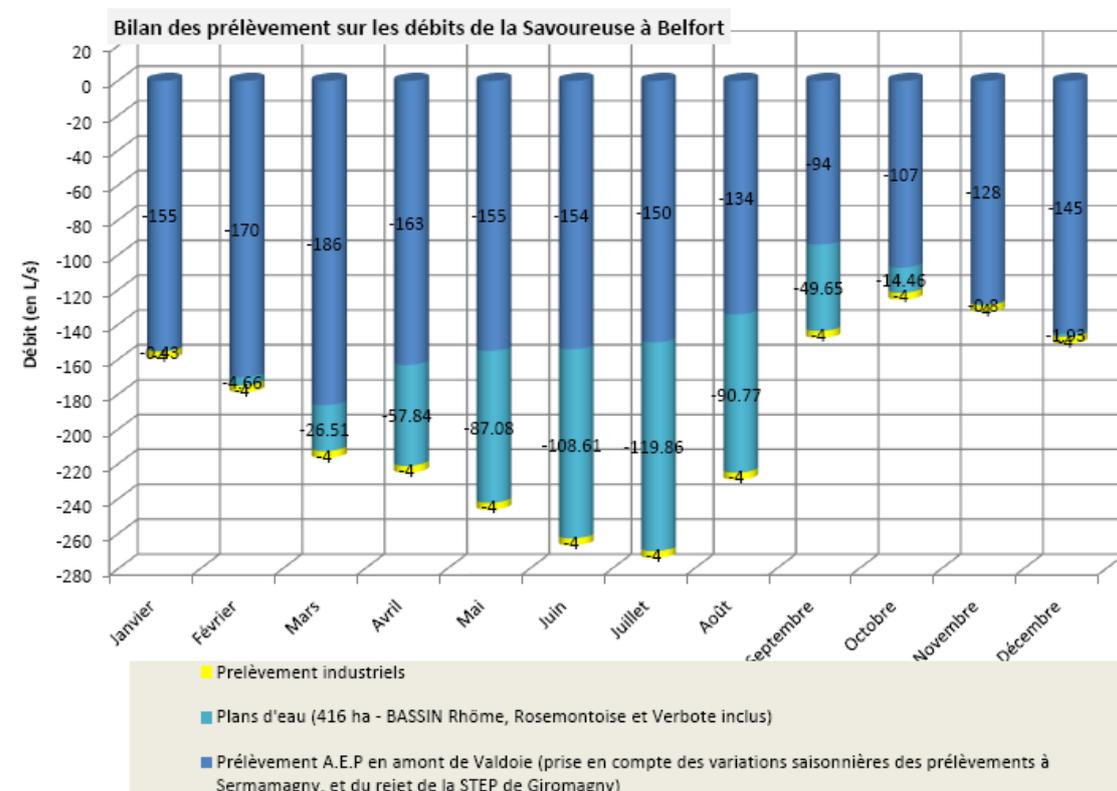


Actuellement, le débit moyen du Rhôme et de la Rosemontoise a été inférieur au Q_{mna5} respectivement 6 et 5 mois depuis 1980 (un peu plus de 1 mois/100). Sans prélèvement, le débit équivalent au Q_{mna5} n'aurait pas été atteint 3 mois seulement pour le bassin Rhôme, le Q_{mna5} des débits non influencés reconstitués étant de l'ordre de 40L/s. Ce débit reste inférieur à $1/10^{ième}$ du module de ce cours d'eau.

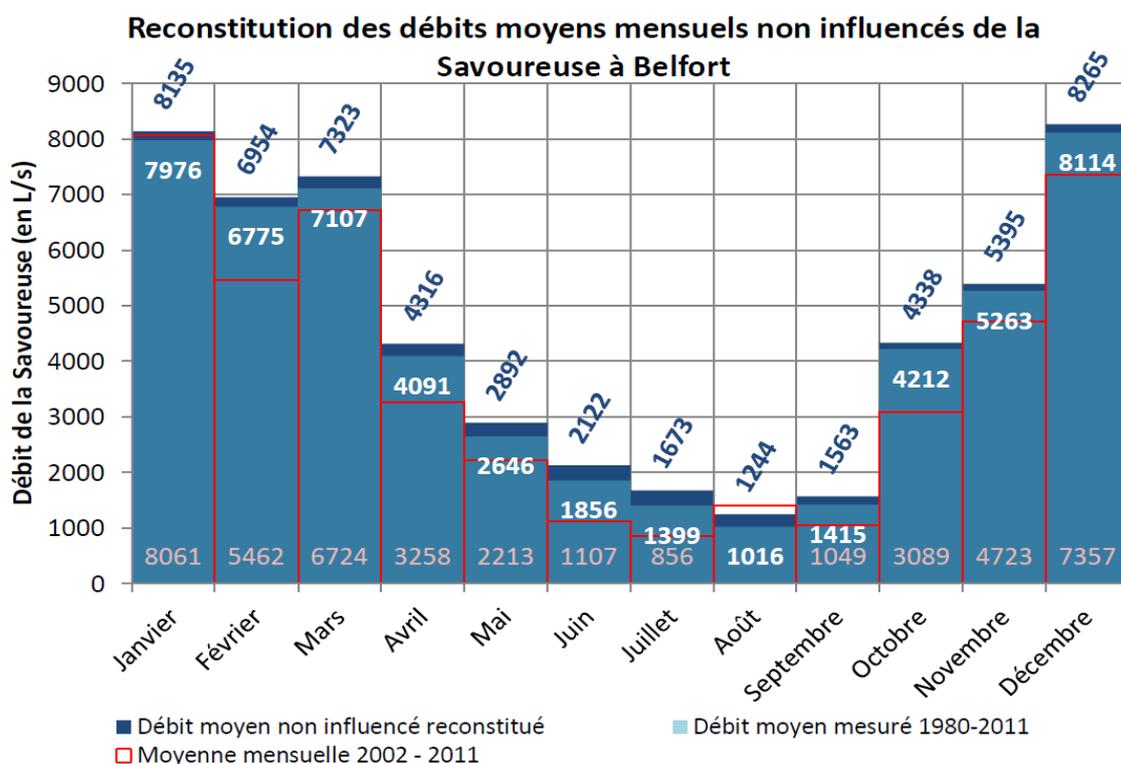
Pour la Rosemontoise, l'effet des prélèvements étant un déficit d'écoulement les mois d'été, et une importation d'eau en hiver, l'accentuation des étiages observés les mois de juillet et d'août est compensée par une diminution de l'intensité des étiages d'automne (lorsque l'évaporation est moins importante). Leur fréquence n'est donc pas modifiée par les prélèvements d'eau dans le bassin.

➤ Reconstitution des débits non influencés de la Savoureuse à Belfort

Variation mensuelle des prélèvements à Belfort (rappel) :



Evaluation de l'incidence des prélèvements sur les débits de la Savoureuse à Belfort :

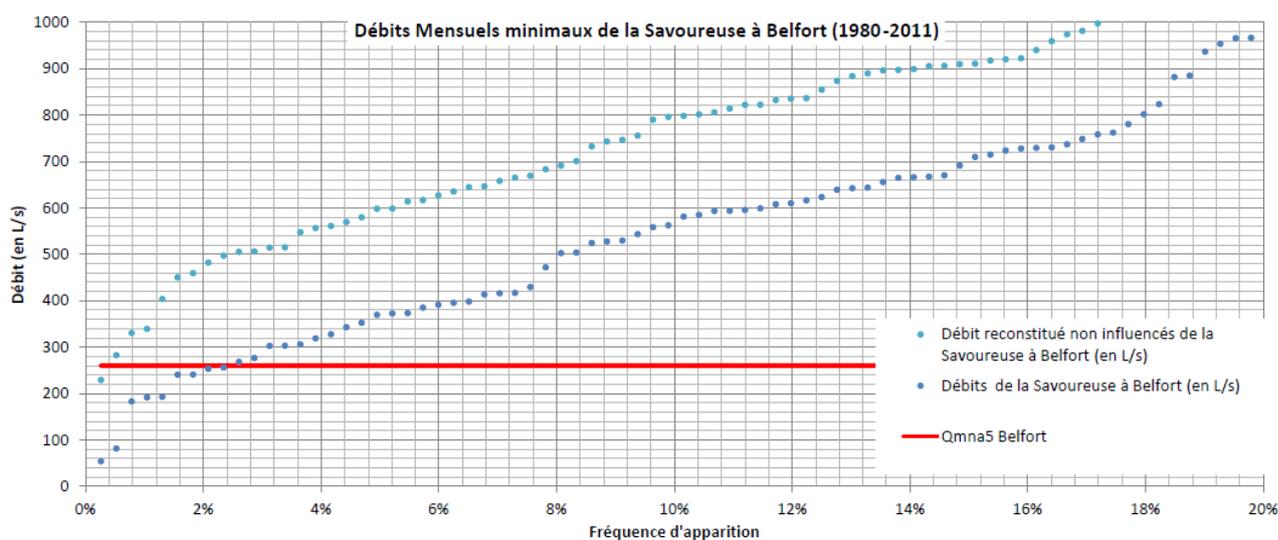


Incidence des prélèvements sur la fréquence des étiages quinquennaux, reconstitution d'un Qmna5 non influencé

Actuellement, le débit moyen de la Savoureuse à Giromagny a été inférieur au Qmna₅ 9 mois depuis 1980 (2.3 mois/100).

Sans prélèvement, ce débit de 260 L/s n'aurait pas été atteint 1 mois seulement, le Qmna5 des débits non influencés reconstitués étant de l'ordre de 500 L/s.

	Qmna5 (rappel)	Mois les plus sec du bassin Savoureuse – Période 1980-2011 Débit moyens mensuels inférieurs au Qmna5 (En L/s)								
Etiage en régime influencé (débits mesurés)	260 L/s	54 (Août 2003)	82 (Sept. 2003)	183 (Sept. 2002)	192 (Sept. 2005)	193 (Juin 2011)	241 (Juil. 2006)	241 (Juil. 2002)	253 (Août 2009)	256 (Sept. 2009)
Etiage en régime non influencés (débits reconstitués)		229 (Août 2003)								

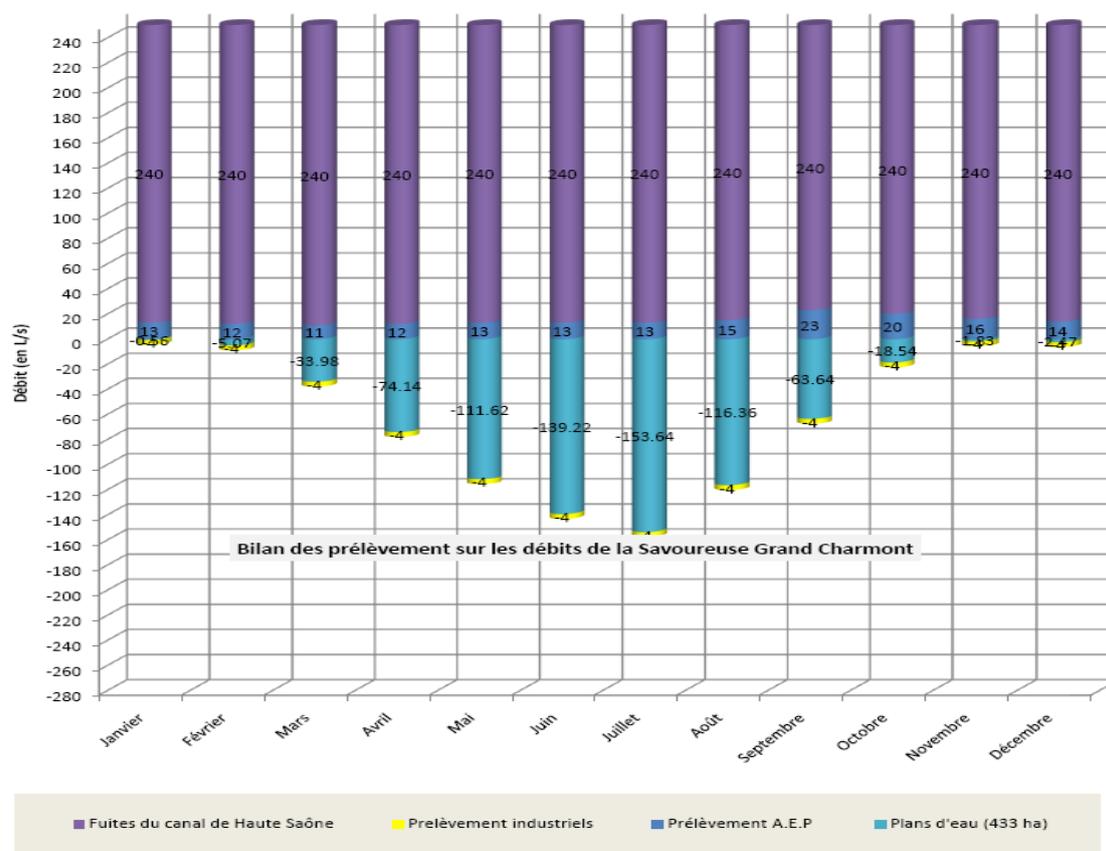


L'incidence des prélèvements d'eau en amont de Belfort correspond à un déficit d'écoulement dans la rivière de 274 L/s au maximum (mois de Juillet), soit 27% environ du débit mensuel minimum mesuré au mois d'Août. Sans ces prélèvements, ce débit serait de 1244 L/s au lieu des 1016 L/s en moyenne mesuré depuis 1980.

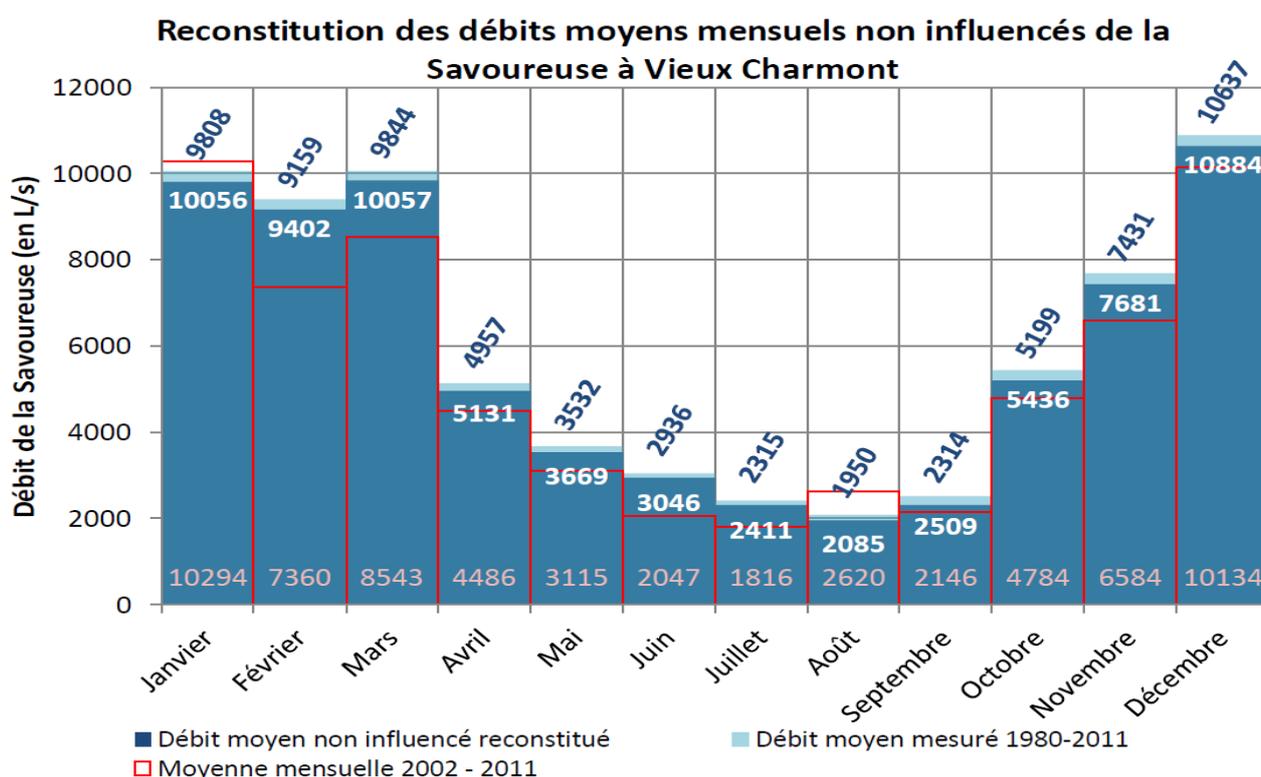
L'évolution des débits montre depuis 2002 une diminution des débits moyens mensuels tous les mois de l'année (sauf Janvier et Août), avec accentuation des étiages : l'écoulement moyen minimum mensuel (constaté au mois de juillet), n'est plus que de 856 L/s.

➤ Reconstitution des débits non influencés de la Savoureuse à Vieux Charmont

Variation mensuelle des prélèvements à Vieux Charmont (rappel) :

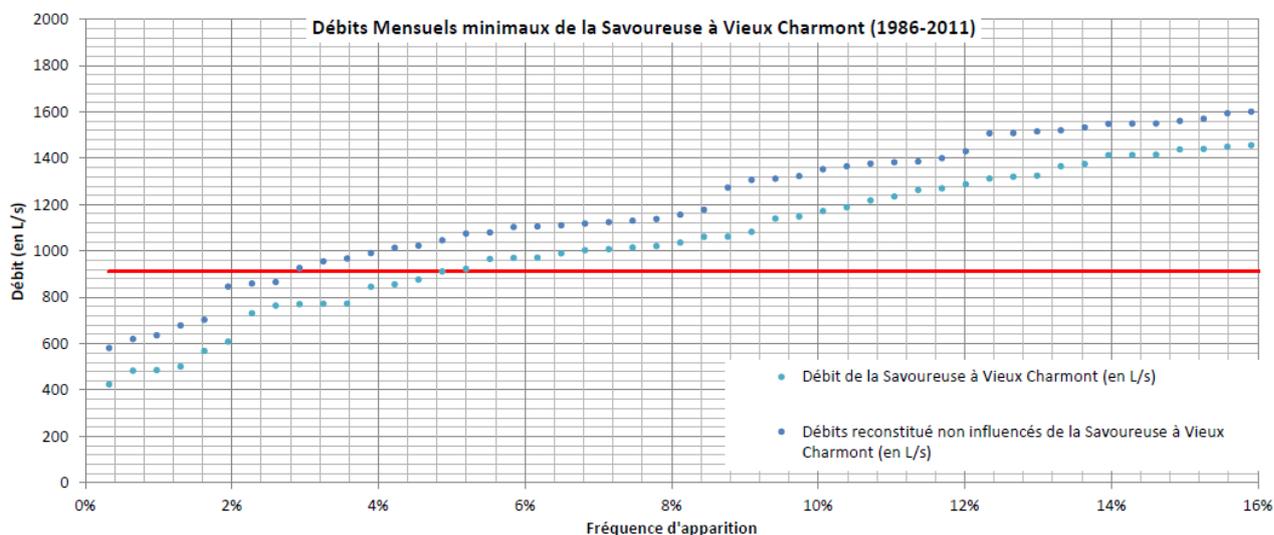


Evaluation de l'incidence des prélèvements sur les débits de la Savoureuse à Vieux Charmont :



Incidence des prélèvements sur la fréquence des étiages quinquennaux, reconstitution d'un Qmna5 non influencé

	Qmna5 (rappel)	Mois les plus sec du bassin Savoureuse – Période 1980-2011 Débit moyens mensuels inférieurs au Qmna5 (En L/s)								
Etiage en régime influencé (débits mesurés)		581 (Juil. 2006)	620 (Sept. 1989)	636 (Sept. 1989)	679 (Sept. 2003)	703 (Aout 1989)	847 (Oct. 1989)	860 (Juil. 2003)	866 (Juil. 2004)	
Etiage en régime non influencés (débits reconstitués)	910 L/s	486 (Juil. 2006)	425 (Sept. 1989)	502 (Sept. 1989)	483 (Sept. 2003)	568 (Aout 1989)	609 (Oct. 1989)	764 (Juil. 2003)	770 (Juil. 2004)	731 (Sep. 2009)



En raison des volumes d'eau importés pour l'alimentation A.E.P dans cette partie du bassin, auxquels s'ajoute l'effet des fuites dans le canal de Haute Saône, l'apport d'eau minimum en amont de Vieux Charmont est de 95 L/s (mois de Juillet), soit 4.5% environ du débit mensuel minimum mesuré au mois d'Août. Sans cet apport, ce débit serait de 1950 L/s au lieu des 2085 L/s en moyenne mesuré depuis 1986.

Incidence des prélèvements sur la fréquence des étiages quinquennaux, reconstitution d'un Qmna5 non influencé

Actuellement, le débit moyen de la Savoureuse à Giromagny a été inférieur au Qmna₅ 8 mois depuis 1980 (2.2 mois/100). Sans cet apport, ce débit de 910 L/s n'aurait pas été atteint 14 mois, le Qmna₅ des débits non influencés reconstitués étant de l'ordre de 760 L/s.

La diminution de l'écoulement moyen mensuel durant la dernière décennie est moins sensible que pour les stations amont.

Détail des étiages mensuels les plus sévère enregistrés dans le bassin de la Savoureuse (mois où les débits ont été inférieurs aux Qmna5)

	Qmna5 (rappel)	Mois les plus sec du bassin Savoureuse – Période 1980-2011 Débit moyens mensuels inférieurs au Qmna5 (En L/s)									
Savoireuse à Giromagny	89 L/s	32 <i>(Août 2003)</i>	36 <i>(Sept. 2003)</i>	53 <i>(Oct. 1985)</i>	60 <i>(Juin 2011)</i>	61 <i>(Sept. 2005)</i>	64 <i>(Juil. 2006)</i>	73 <i>(Aout 1983)</i>	76 <i>(Juil. 2010)</i>	78 <i>(Mai 2011)</i>	84 <i>(Sep. 2009)</i>
Rhône à Lachapelle-sous-Chaux	29 L/s	5 <i>(Août 2003)</i>	16 <i>(Sept. 2003)</i>	21 <i>(Oct. 1985)</i>	21 <i>(Juil. 2003)</i>	26 <i>(Juil. 2006)</i>	28 <i>(Août 1990)</i>				
Rosemontoise à Chaux	44 L/s	7 <i>(Août 2003)</i>	38 <i>(Août 1992)</i>	41 <i>(Oct. 1985)</i>	42 <i>(Sept. 2009)</i>	43 <i>(Août 2009)</i>					
Savoireuse à Belfort	260 L/s	54 <i>(Août 2003)</i>	82 <i>(Sept. 2003)</i>	183 <i>(Sept. 2002)</i>	192 <i>(Sept. 2005)</i>	193 <i>(Juin 2011)</i>	241 <i>(Juil. 2006)</i>	241 <i>(Juil. 2002)</i>	253 <i>(Août 2009)</i>	256 <i>(Sept. 2009)</i>	
Savoireuse à Vieux-Charmont	910 L/s	581 <i>(Juil. 2006)</i>	620 <i>(Sept. 1989)</i>	636 <i>(Sept. 1989)</i>	679 <i>(Sept. 2003)</i>	703 <i>(Aout 1989)</i>	847 <i>(Oct. 1989)</i>	860 <i>(Juil. 2003)</i>	866 <i>(Juil. 2004)</i>		

Méthode d'estimation des débits aux 13 tronçons du sous-bassin de la Savoureuse

Rappel des caractéristiques hydrologique et hydrogéologiques des 13 tronçons du bassin Savoureuse:

Réf. tronçon	Nom du tronçon	Bassin		Station hydrologique représentative	Contexte hydrogéologique/ perméabilité du sous-sol	Modèle hydrogéologique
		tronçon	Cumulé			
TB 1	Vallée de la Beucinière	8 km ²		U2345020 La Savoureuse à Giromagny 30.5 km ²	impermeable aquifère poreux	Débits du tronçon ajusté pas la modélisation de la nappe de la Savoureuse au niveau du champ captant de Sermamagny (prise en compte de l'interaction entre la rivière et la nappe)
TB 2	Tête du bassin Savoureuse	18.4 km ²			impermeable	
Tr 1	Savoireuse, traversée de Giromagny	7.8 km ²	34.2 km ²		impermeable + aquifère poreux	
Tr2_Na1	Nappe de la Savoureuse en amont du champ captant de Sermamagny	5.4 km ²	64.4 km ²		aquifère poreux	
Tr3_Na2	Nappe de la Savoureuse au niveau du champ captant de Sermamagny	2.2 km ²	80.1 km ²		aquifère poreux	
Tr4_Na3	Savoireuse entre les confluences du Verbote et de la Rosemontoise	0.78 km ²	80.9 km ²		aquifère poreux	
Af1	Bassin du Rhône	24.8 km ²		U23454 Le Rhône à Chapelle sous Chaux 17.4 km ²	impermeable + aquifère poreux	
Af2	Bassin du Verbote	13.5 km ²		U2345820 La Rosemontoise à Chaux 25.4 km ²	Impermeable + aquifère poreux	
Af3	Bassin de la Rosemontoise	47.3 km ²		U2345030 La Savoureuse à Belfort 141 km ²	impermeable karstique aquifère poreux	
Tr5	Savoireuse dans la traversée de Belfort	24.4 km ²	152.6 km ²	U2345040 La Savoureuse à Vieux Charmont 235 km ²	karstique aquifère poreux	
Tr6	Savoireuse de Dampjoutin à Sevenans	11.5 km ²	164.1 km ²	U2345040 La Savoureuse à Vieux Charmont 235 km ²	karstique impermeable aquifère poreux	
Af4	Bassin de la Douce	33.7 km ²			karstique aquifère poreux	
Tr7	Savoireuse aval	49.7 km ²	247.5 km ²		karstique aquifère poreux	

- Reconstitution des débits influencés et non influencé de la Beucinière et de la Savoureuse en amont de Lepuix

En amont de la station U2345020 située à Giromagny, le bassin Savoureuse draine en majorité les granites des Ballons où la circulation de l'eau dans le sous-sol est de type fissurale, avec de très faibles réserves souterraines. La vallée alluviale est peu développée si on exclut la nappe située en amont du verrou de Malvaux. Son effet sera négligé.

Les débits des tronçons TB1 et TB2 ont été reconstitués en corrigeant les débits enregistrés à la station de Giromagny par le rapport des surfaces de ces bassins avec celle de la station hydrométrique.

Rappel : Pour le tronçon Tr1 (Savooureuse, traversée de Giromagny) les étiages enregistrés au niveau de cette station sont utilisés sans être modifiés en raison de la proximité de la station hydrologique avec le point de référence de ce tronçon.

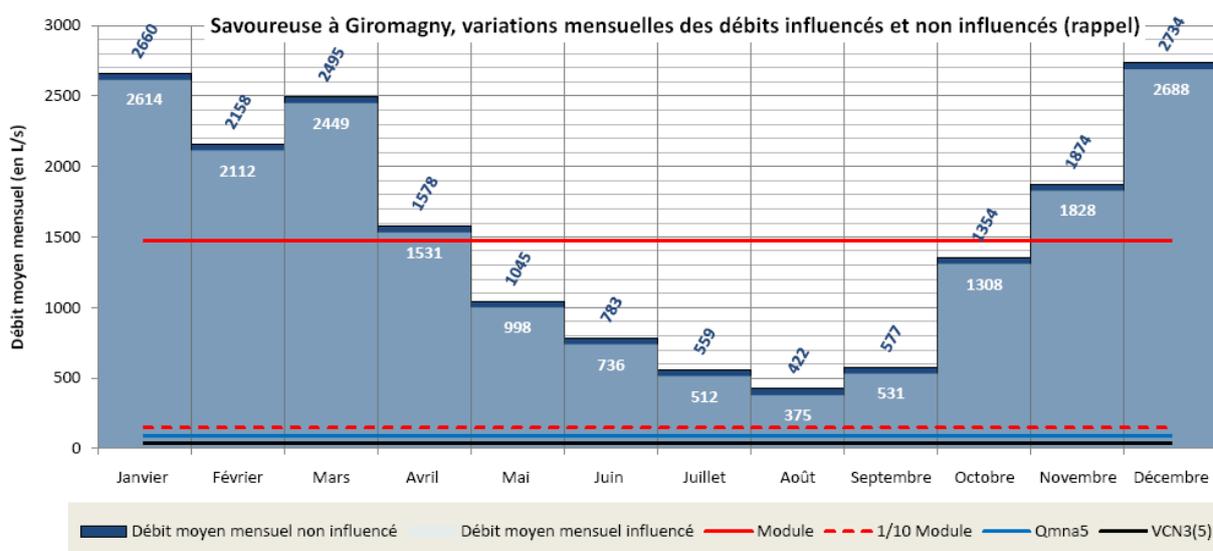
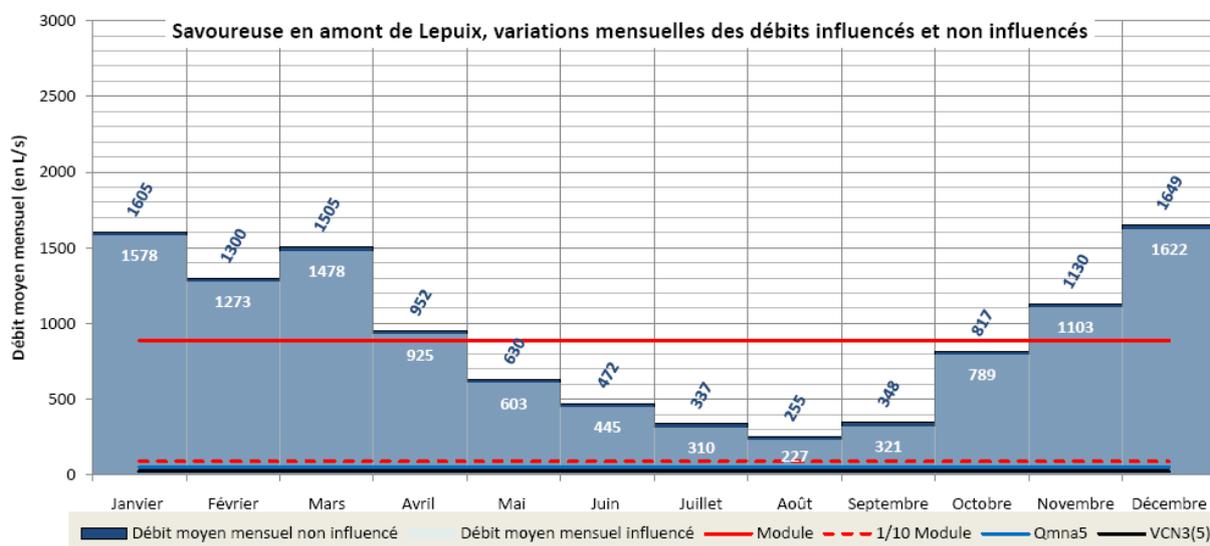
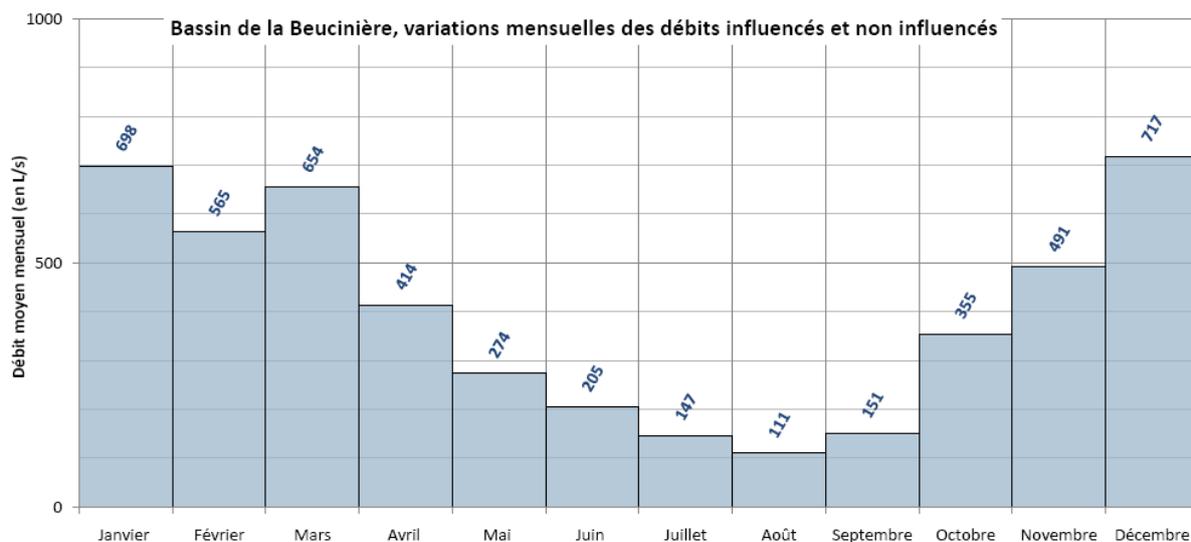
	Beucinière	Savooureuse en amont de Giromagny	U2345020 La Savoureuse à Giromagny	Savooureuse traversée de Giromagny
Qmna5	23 L/s	54 L/s	89 L/s	
Vcn3(5)	10 L/s	25 L/s	41 L/s	
Module	386 L/s	889 L/s	1473 L/s	
1/10 module	39 L/s	89 L/s	147 L/s	
Superficie total du bassin (point de référence de l'étude)	8 km ²	18.4 km ²	30.5 km ²	34.2km ²
Estimation du débit au point de référence	$Q_{\text{point de réf.}} = Q_{\text{station}} \times 8/30.5$	$Q_{\text{point de réf.}} = Q_{\text{station}} \times 18.4/30.5$	$Q_{\text{point de réf.}} = Q_{\text{station}}$	

Comparaison des débits réels mesurés les 16, 30 septembre et 28 novembre 2011 avec les débits reconstitués d'après les enregistrements aux stations hydrométriques le même jour :

	Beucinière	Savooureuse en amont de Giromagny	U2345020 La Savoureuse à Giromagny	Savooureuse traversée de Giromagny
<i>jaugage du 16-09-2011</i>	$Q_{\text{jaugé}} = 128 \text{ L/s}$ $Q_{\text{station rec.}} = 70 \text{ L/s}$	$Q_{\text{jaugé}} = 224 \text{ L/s}$ $Q_{\text{station rec.}} = 160 \text{ L/s}$	265 L/s	$Q_{\text{jaugé}} = 433 \text{ L/s}$
<i>jaugage du 30-09-2011</i>		$Q_{\text{jaugé}} = 78 \text{ L/s}$ $Q_{\text{station rec.}} = 93 \text{ L/s}$	155 L/s	$Q_{\text{jaugé}} = 153 \text{ L/s}$
<i>jaugage du 28-11-2011</i>			107 L/s	$Q_{\text{jaugé}} = 130 \text{ L/s}$
<i>En noir : calcul d'après mesure aux stations hydrométriques – En bleu : jaugages</i>				

Le débit enregistré le 16 septembre 2011 à la station hydrométrique de Giromagny est sensiblement inférieur au débit réel de la Savoureuse, tout en restant dans la gamme de précision de la station (Cf. page 38). Cet écart par rapports aux débits réels se reporte par conséquent (dans les mêmes proportions) sur les débits calculés aux 2 stations amont.

Pour les 2 autres campagnes, cette différence entre le débit enregistré et la mesure est moindre, voire très faible.



Qmna5, module et VCN3 situation influencée par les prélèvements

- Reconstitution des débits influencés et non influencés du Rhône, de la Rosemontoise et du Verbote

Les affluents Rhône, Verbote et Rosemontoise s'écoulent sur les mêmes formations imperméables (granites puis marnes de la dépression sous-vosgienne), recouvertes à l'aval par les alluvions fluvio-glaciaires.

La caractéristique des étiages du Rhône et de la Rosemontoise au niveau de leur confluence a été reconstituée en corrigeant les débits mesurés, par le rapport de la surface de leur bassin entre la confluence, et la station hydrométrique (les interactions avec la nappe alluviales ont été négligées).

Les débits du Verbote ont été estimés d'après ceux du Rhône en situation non influencée par les prélèvements de manière à tenir compte de l'importance de l'évaporation dans ce tronçon. Le modèle hydrogéologique indiquant qu'une partie de l'exhaure de ce bassin se faisait dans la nappe alluviale, le débit équivalent à cet écoulement (24 L/s) a été soustrait à l'estimation pour approcher l'écoulement réel dans le cours d'eau.

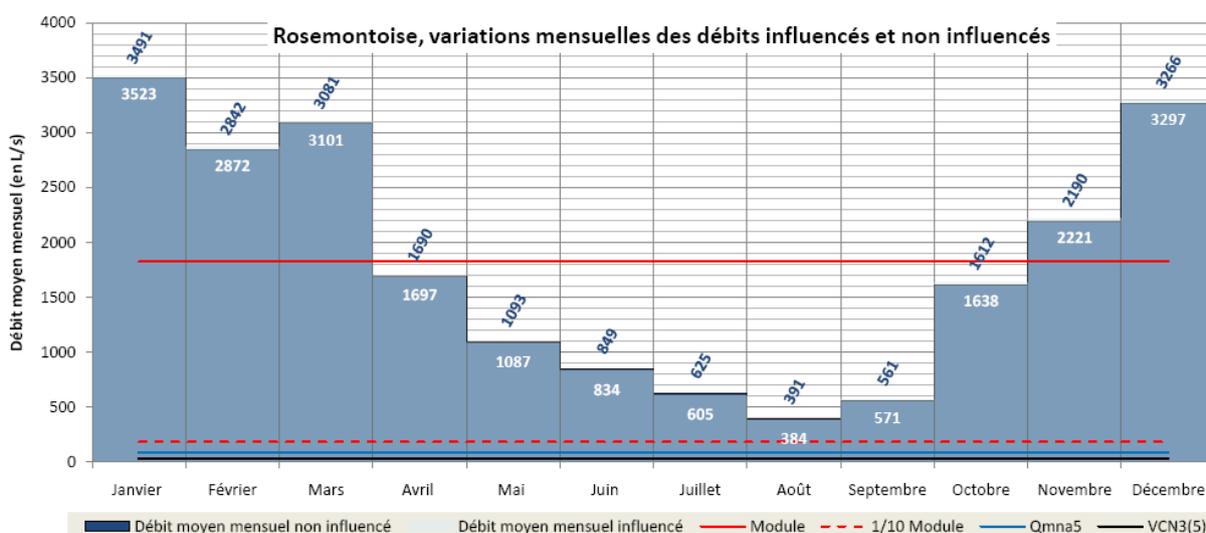
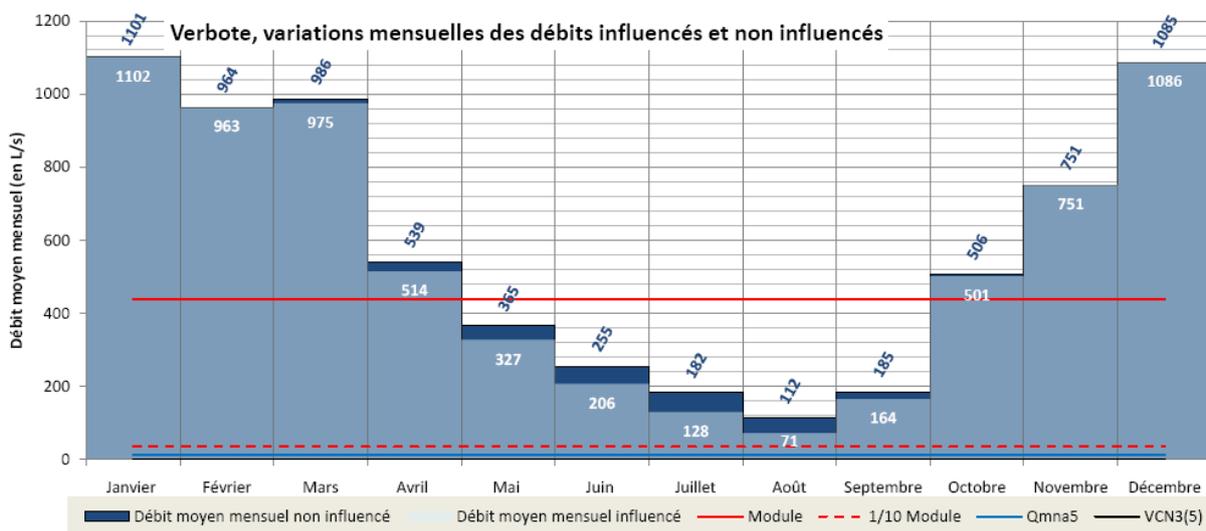
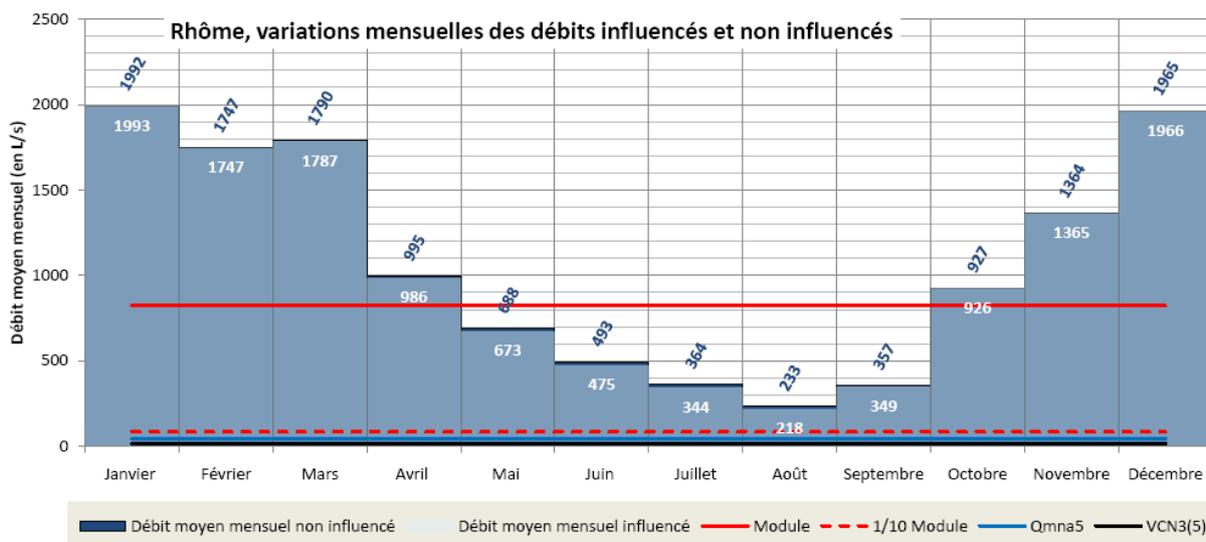
	Bassin Rhône U2345410	Rhône à la confluence avec la Savoureuse	Verbote	Bassin Rosemontoise U2345820	Rosemontoise à la confluence avec la Savoureuse
Qmna5	29 L/s	41	12.5	44 L/s	82 L/s
Vcn3(5)	10	14	0	18	34 L/s
Module	577	822	438	979	1823 L/s
1/10 module	58	83	35	98	182 L/s
Superficie	17.4 km ²	24.8 km ²	13.5 km ²	25.4 km ²	47.3 km ²
Estimation du débit au point de référence		$Q_{\text{point de réf.}} = Q_{\text{station}} \times 24.8/17.4$	$Q_{\text{point de réf.}} = (Q_{\text{Rhône}} \times 13.5/17.4) - 24 \text{ L/s}$		$Q_{\text{point de réf.}} = Q_{\text{station}} \times 47.3/25.4$

Comparaison des débits réels mesurés les 16, 30 septembre et 28 novembre 2011 avec les débits reconstitués d'après les enregistrements aux stations hydrométriques le même jour :

	Bassin Rhône U2345410	Rhône à la confluence avec la Savoureuse	Verbote	Bassin Rosemontoise U2345820	Rosemontoise à la confluence avec la Savoureuse
jaugage du 16-09-2011	$Q_{\text{station}} = 71 \text{ L/s}$	$Q_{\text{jaugé}} = 110 \text{ L/s}$ $Q_{\text{station corrigé}} = 104 \text{ L/s}$	$Q_{\text{jaugé}} = 46 \text{ L/s}$ $Q_{\text{station corrigé}} = 31 \text{ L/s}$	$Q_{\text{station}} = 86 \text{ L/s}$	$Q_{\text{jaugé}} = 160 \text{ L/s}$ $Q_{\text{station corrigé}} = 160 \text{ L/s}$
jaugage du 30-09-2011	$Q_{\text{station}} = 41 \text{ L/s}$	$Q_{\text{jaugé}} = 175 \text{ L/s}$ $Q_{\text{station corrigé}} = 60 \text{ L/s}$	$Q_{\text{jaugé}} = 22 \text{ L/s}$ $Q_{\text{station corrigé}} = 8 \text{ L/s}$	$Q_{\text{station}} = 41 \text{ L/s}$	$Q_{\text{jaugé}} = 97 \text{ L/s}$ $Q_{\text{station corrigé}} = 76 \text{ L/s}$
jaugage du 28-11-2011	$Q_{\text{station}} = 42 \text{ L/s}$	$Q_{\text{jaugé}} = 126 \text{ L/s}$ $Q_{\text{station corrigé}} = 62 \text{ L/s}$		$Q_{\text{station}} = 64 \text{ L/s}$	$Q_{\text{jaugé}} = 105 \text{ L/s}$ $Q_{\text{station corrigé}} = 119 \text{ L/s}$
<i>En noir : calcul d'après mesure aux stations hydrométriques – En bleu : jaugages</i>					

La méthode de reconstitution des débits pour la Rosemontoise et le Verbote donne des débits proches de l'écoulement réel observé en étiage

Sur le Rhône, l'écoulement est sous-estimé pour les campagnes du 30 septembre et celle du 28 novembre. Ce pourrait être l'effet des interactions entre cette rivière et la nappe (apport d'eau au cours d'eau par la nappe alluviale lors des 2 dernières campagnes de jaugage).



Qmna5, module et VCN3 situation influencée par les prélèvements

- Reconstitution des débits influencés et non influencés de la Savoureuse pour les tronçons en relation avec la nappe alluviale de Sermamagny

En aval de Giromagny, la Savoureuse traverse la dépression sous-vosgienne au sous-sol imperméable. La vallée est occupée par les alluvions actuelles de la Savoureuse, et des moraines glaciaires. Les débits de la rivière sont influencés par les échanges avec sa nappe.

Les effets de ces échanges sur les débits d'étiage ont été estimés d'après modélisation des circulations d'eau souterraine (modélisation hydrogéologique).

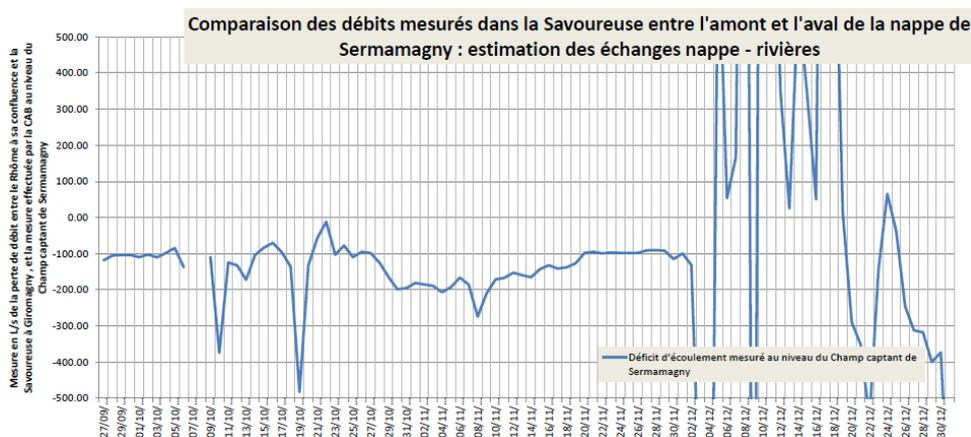
Incidence tronçon par tronçon sur les débits de la Savoureuse, des échanges avec la nappe alluviale :

- Tronçon Tr2-Na1 (de Giromagny au Champ captant de Sermamagny) :

La nappe alluviale de la Savoureuse s'élargit au début de ce tronçon. L'écoulement souterrain parallèle à la rivière n'est donc plus négligeable.

L'eau qui circule dans la nappe provient de la recharge par les pluies efficaces sur la nappe (3.34 millions de mètres cube en moyenne annuelle), des infiltrations provenant des versants de la vallée (volumes inconnus), et des échanges avec la rivière. Les apports souterrains amont par la nappe ont été négligés (dépôt alluviaux réduits en amont du tronçon Tr2-Na1).

Cet écoulement souterrain alimente la nappe, à hauteur de 14900 m³/jour minimum en amont du champ captant (d'après modélisation hydraulique). A l'inverse, en période de hautes eaux la nappe peut alimenter la Savoureuse (Cf. ci-dessous, période du 15 au 20 décembre 2011).



Par ailleurs cette nappe met en réserve une partie des apports hautes eaux pour restitution en début d'étiage (volume de réserve estimé : 250 000 m³, Cf. page 53).

En basses eaux¹ (période mars-octobre), les débits perdus par infiltration dans la nappe² sont compris entre 20 et 80 L/s (Cf. estimation page 54).

Faute de données, nous ne tiendrons pas compte des apports de la nappe à la rivière pour les mois de hautes eaux.

¹ Lorsque l'évapotranspiration est supérieure à la pluie efficace, donc que la recharge de la nappe par les pluies est minimum.

² Un suivi en continu des débits de la Savoureuse à Sermamagny permettrait de préciser les transferts d'eau de la rivière à la nappe entre Giromagny et Sermamagny

➤ Tronçon Tr3-Na2 (Traversée du champ captant de Sermamagny) :

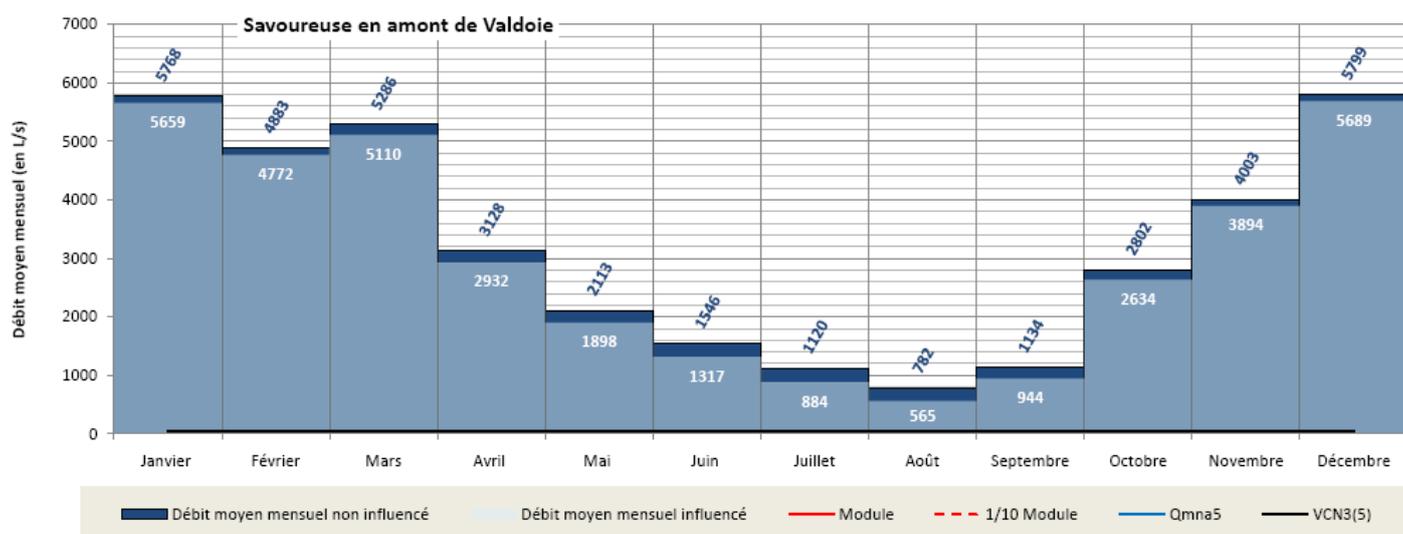
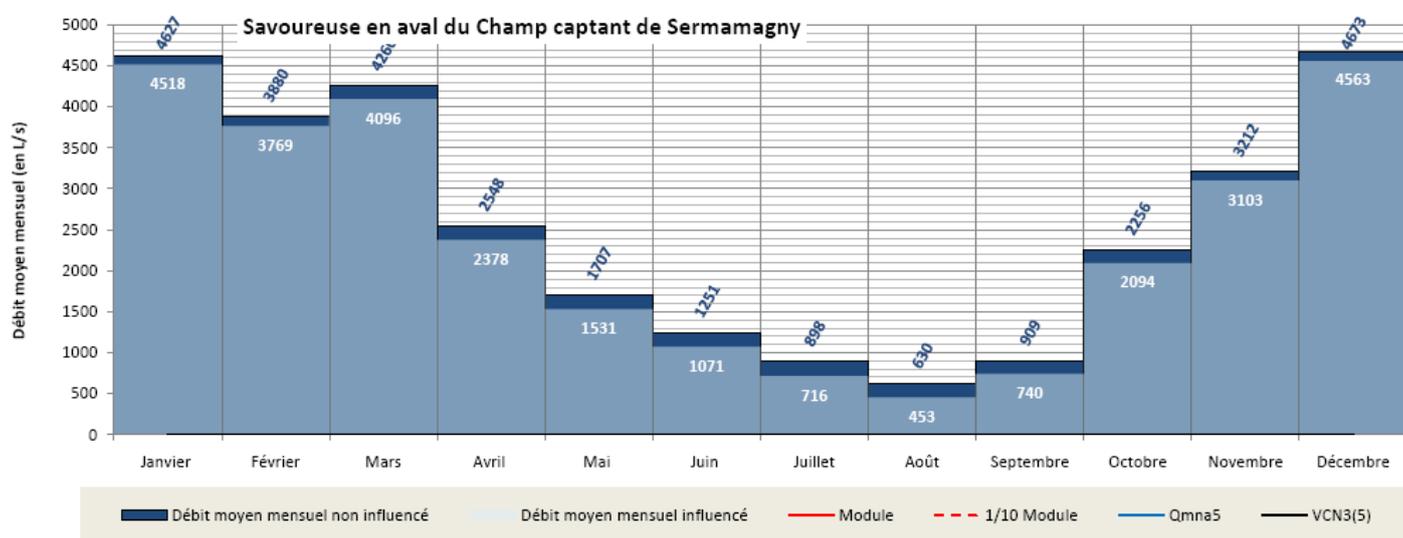
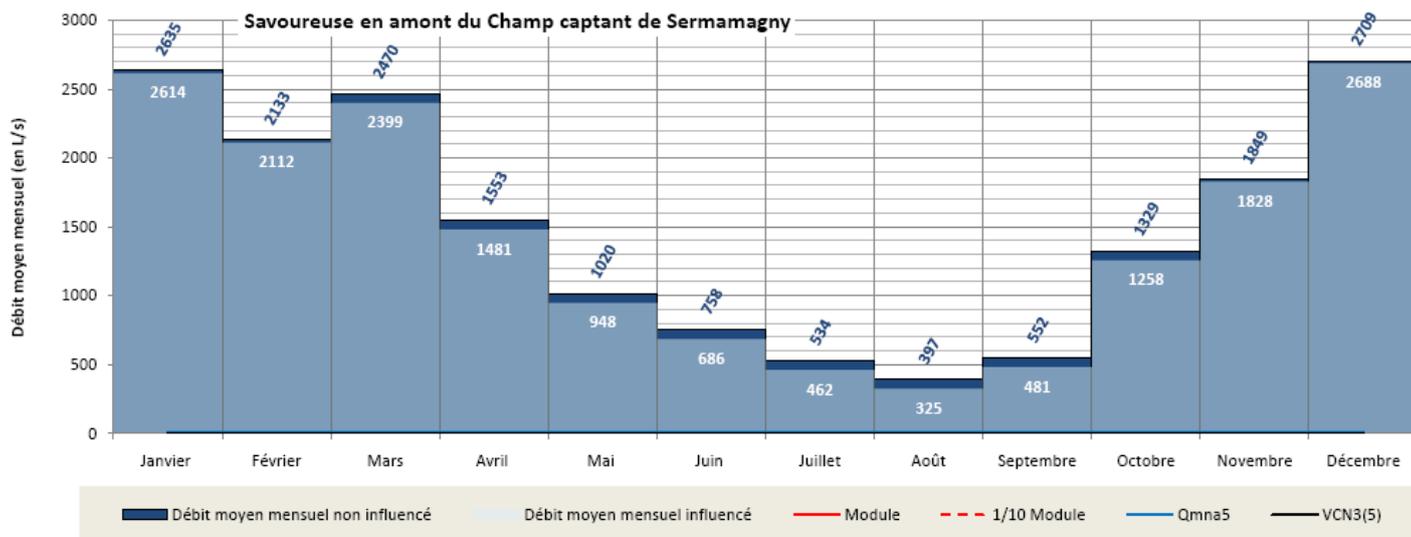
Etant donné la superficie de ce tronçon (1.2 km²), l'effet de la recharge par la pluie efficace, et la réserve en eau dans la nappe sont négligeables comparés aux écoulements journaliers. Les débits minimums de cette partie de la Savoureuse sont donc la somme de celui du tronçon précédent et de celui du Rhône, à laquelle est retranché le débit s'infiltrant dans la nappe : 90 L/s (7800 m³/jour - d'après modélisation hydrogéologique)

➤ Tronçon Tr4-Na3 (Aval champ captant de Sermamagny) :

La superficie de ce tronçon (0.8 km²) nous permet également de négliger l'effet de la pluie et du stockage dans les alluvions. Les débits minimums de cette partie de la Savoureuse sont donc la somme de celui du tronçon précédent et de celui du Verbote à laquelle il faut ajouter la réalimentation de la rivière par la nappe : 40 à 60 L/s (3500 à 5200 m³/jour).

Reconstitution des débits moyens mensuels de la Savoureuse au droit de la nappe Chaux - Sermamagny :

	U2345020 La Savoureuse à Giromagny	Savoureuse en amont du Champ captant de Sermamagny TR2-Na1	Bassin Rhône U2345410	Savoureuse en sortie du Champ captant de Sermamagny TR3-Na2	Savoureuse en sortie du Champ captant de Sermamagny TR4-Na3
Qmna5	89 L/s	9 L/s	29 L/s	0 L/s	40 L/s
Vcn3(5)	41 L/s	0 L/s	10 L/s	0 L/s	40 L/s
Module	1473 L/s		577 L/s		
1/10 module	147 L/s		58 L/s		



Qmna5, module et VCN3 situation influencée par les prélèvements

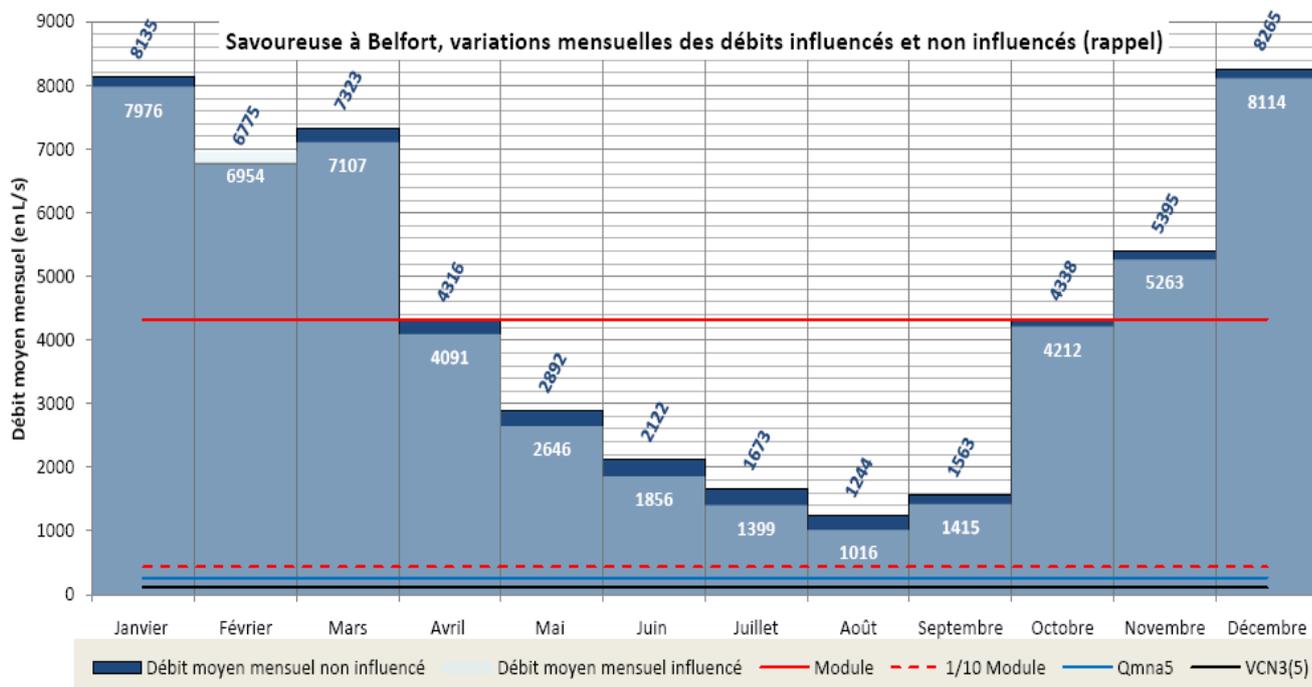
➤ Débits influencés et non influencés de la Savoureuse au niveau de Belfort (rappel)

	U2345030 La Savoreuse à Belfort
Qmna5	260 L/s
Vcn3(5)	110 L/s
Module	4322 L/s
1/10 module	432 L/s
Superficie	141 km ²

Comparaison des débits réels mesurés les 16, 30 septembre et 28 novembre 2011 avec les débits reconstitué d'après les enregistrements aux stations hydrométriques le même jour :

Comparaison avec le jaugeage du 16-09-2011	562 L/s	$Q_{\text{jauge}} = 475 \text{ L/s}$
Comparaison avec le jaugeage du 30-09-2011	286 L/s	$Q_{\text{jauge}} = 196 \text{ L/s}$
Comparaison avec le jaugeage du 28-11-2011	189 L/s	$Q_{\text{jauge}} = 355 \text{ L/s}$
<i>En noir : calcul d'après mesure aux stations hydrométriques – En bleu : jaugeages</i>		

Mis à part le 16 septembre, où le débit enregistré est proche du débit réel de la Savoureuse, la précision des mesures est relative, tout en restant dans la gamme de précision de la station (dispersion des jaugeages < 50% - Cf. page 40).



Qmna5, module et VCN3 situation influencée par les prélèvements

- Débits influencés et non influencés de la Savoureuse en aval de Belfort, et de la Douce

La Douce et les 2 tronçons situés en aval de Belfort sont dans un contexte majoritairement karstique (traversée des reliefs calcaires du Jurassique). Les cours d'eau sont donc associés, en plus de leurs vallées alluviales, à des stockages d'eau dans le karst susceptibles d'influencer les débits d'étiage.

Par ailleurs les écoulements dans cette partie du bassin sont influencés par les rejets anthropiques qui, entre les fuites dans le canal et les rejets d'eaux usées, sont de 450 L/s en moyenne.

Le débit de la Savoureuse est mesuré à Belfort, en amont de son entrée dans les plateaux calcaires, et au niveau de sa confluence à Vieux-Charmont. La différence entre le débit mesuré à Belfort et celui de Vieux-Charmont (rejet anthropiques exclus) caractérise le débit de la partie karstique du bassin. Rapporté à la surface de bassin, il donne un débit spécifique d'étiage du karst (en négligeant les échanges alluviaux).

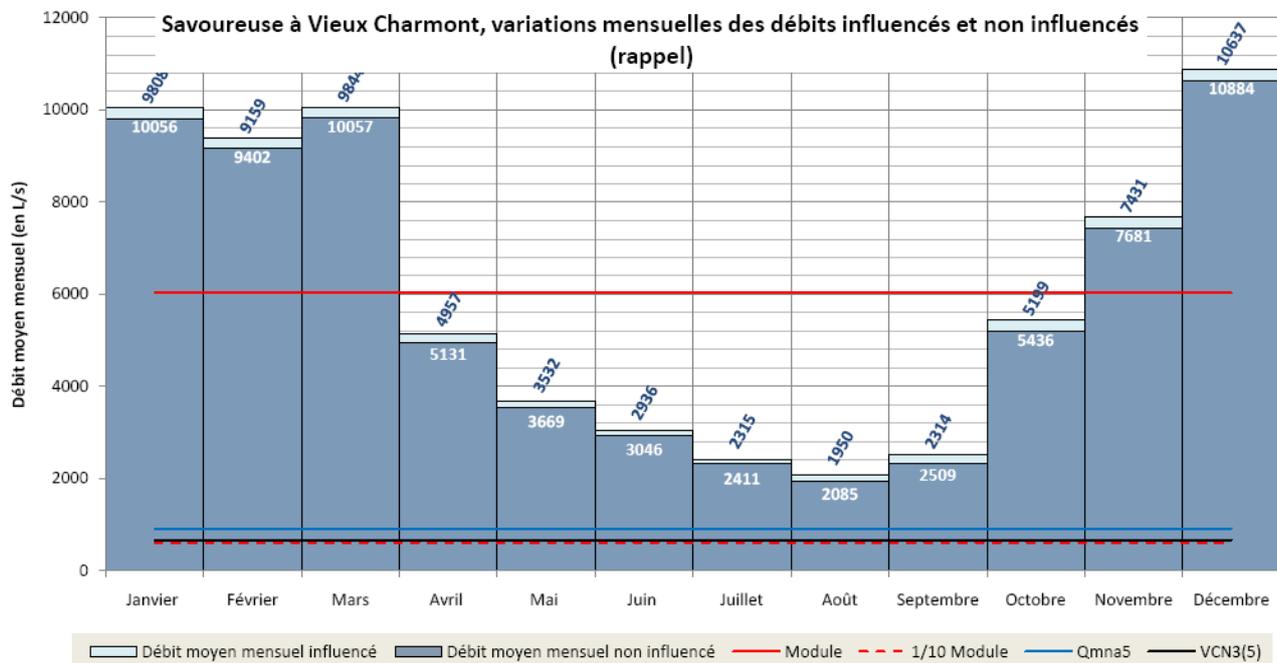
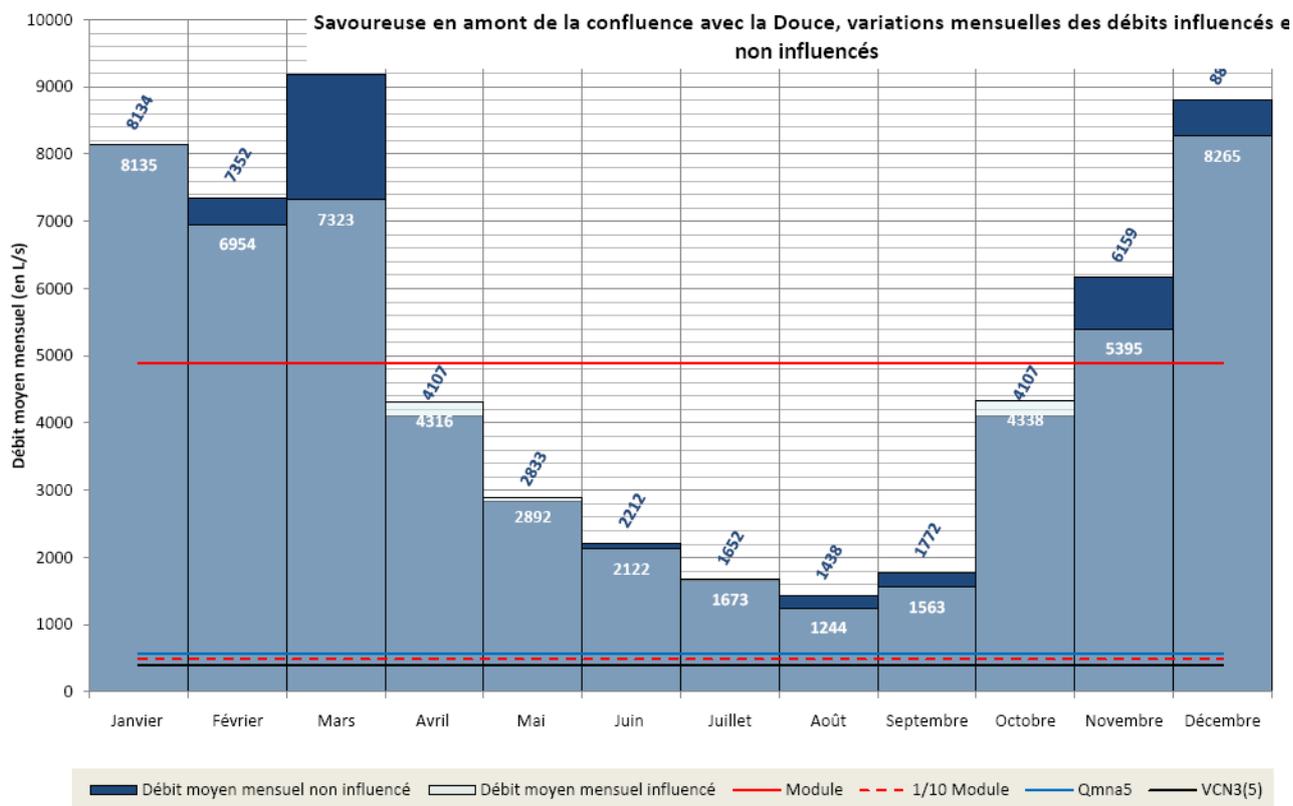
Les étiages du bassin de la Douce, et de la Savoureuse en amont de la confluence avec la Douce seront reconstitués en utilisant le rapport de ce débit spécifique à la surface de chacun de ces 2 bassins.

Pour le tronçon Tr6 (Savooureuse en amont de la confluence avec la Douce), ce débit, augmenté du rejet de la station de traitement des eaux usées de Belfort (150 L/s) s'ajoute à l'écoulement mesuré à Belfort en amont de ce tronçon.

	U2345030 La Savoureuse à Belfort	Douce	Savooureuse en amont de la confluence avec la Douce	U2345040 La Savoureuse à Vieux Charmont
Qmna5	260 L/s	233 L/s	570 L/s	910 L/s
Vcn3(5)	110 L/s	201 L/s	398 L/s	670 L/s
Module	4322 L/s	609 L/s	4890 L/s	6022 L/s
1/10 module	432 L/s	60 L/s	489 L/s	602 L/s
Superficie total du bassin	141 km ²	33.7 km ²	164.1 km ²	235 km ²
Estimation du débit au point de référence	$Q_{spé} = \frac{(Q_{Vcharmont} - Q_{Belfort})}{(Bassin_{Vcharmont} - Bassin_{Belfort})}$			
	$Q_{Douce} =$ $Q_{spé} \times 33.7$	$Q_{Tr6} = Q_{Belfort} + (Q_{spé} \times 23.1)$ + rejet Step Belfort		

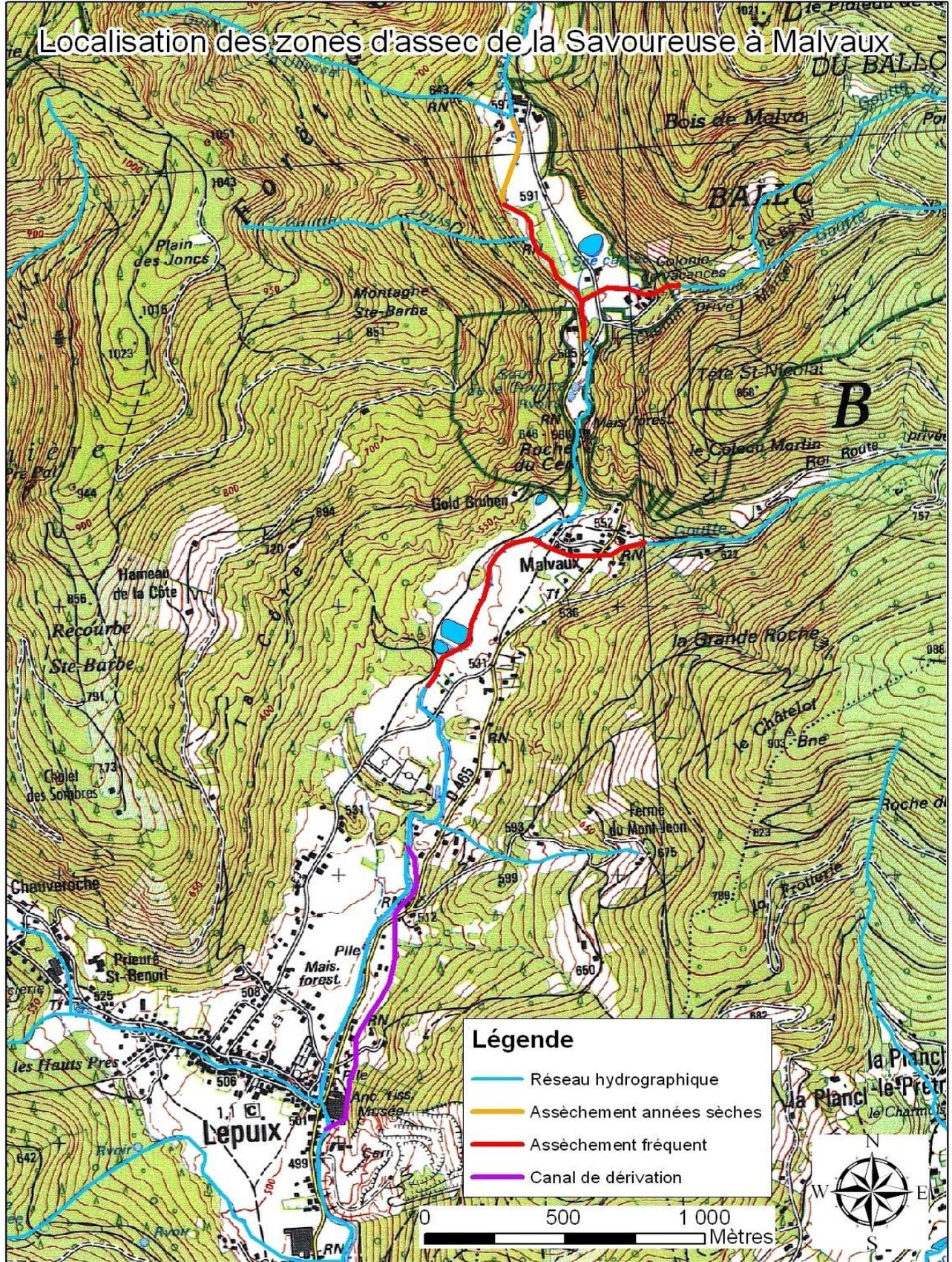
Comparaison des débits réels mesurés les 16, 30 septembre et 28 novembre 2011 avec les débits reconstitué d'après les enregistrements aux stations hydrométriques le même jour :

	U2345030 La Savoureuse à Belfort	Douce	Savooureuse en amont de la confluence avec la Douce	U2345040 La Savoureuse à Vieux Charmont
<i>Comparaison avec le jaugeage du 16-09-2011</i>	562 L/s	$Q_{jauge} = 437 \text{ L/s}$ $Q_{station\ corrigé} = 382 \text{ L/s}$	$Q_{jauge} = 937 \text{ L/s}$ $Q_{station\ corrigé} = 974 \text{ L/s}$	1630 L/s $Q_{jauge} = 1769 \text{ L/s}$
<i>Comparaison avec le jaugeage du 30-09-2011</i>	286 L/s	$Q_{jauge} = 180 \text{ L/s}$ $Q_{station\ corrigé} = 327 \text{ L/s}$	$Q_{jauge} = 660 \text{ L/s}$ $Q_{station\ corrigé} = 660 \text{ L/s}$	1200 L/s $Q_{jauge} = 1540 \text{ L/s}$
<i>Comparaison avec le jaugeage du 28-11-2011</i>	189 L/s		$Q_{jauge} = 480 \text{ L/s}$ $Q_{station\ corrigé} = 543 \text{ L/s}$	1020 L/s $Q_{jauge} = 1380 \text{ L/s}$
<i>En noir : calcul d'après mesure aux stations hydrométriques – En bleu : jaugages</i>				



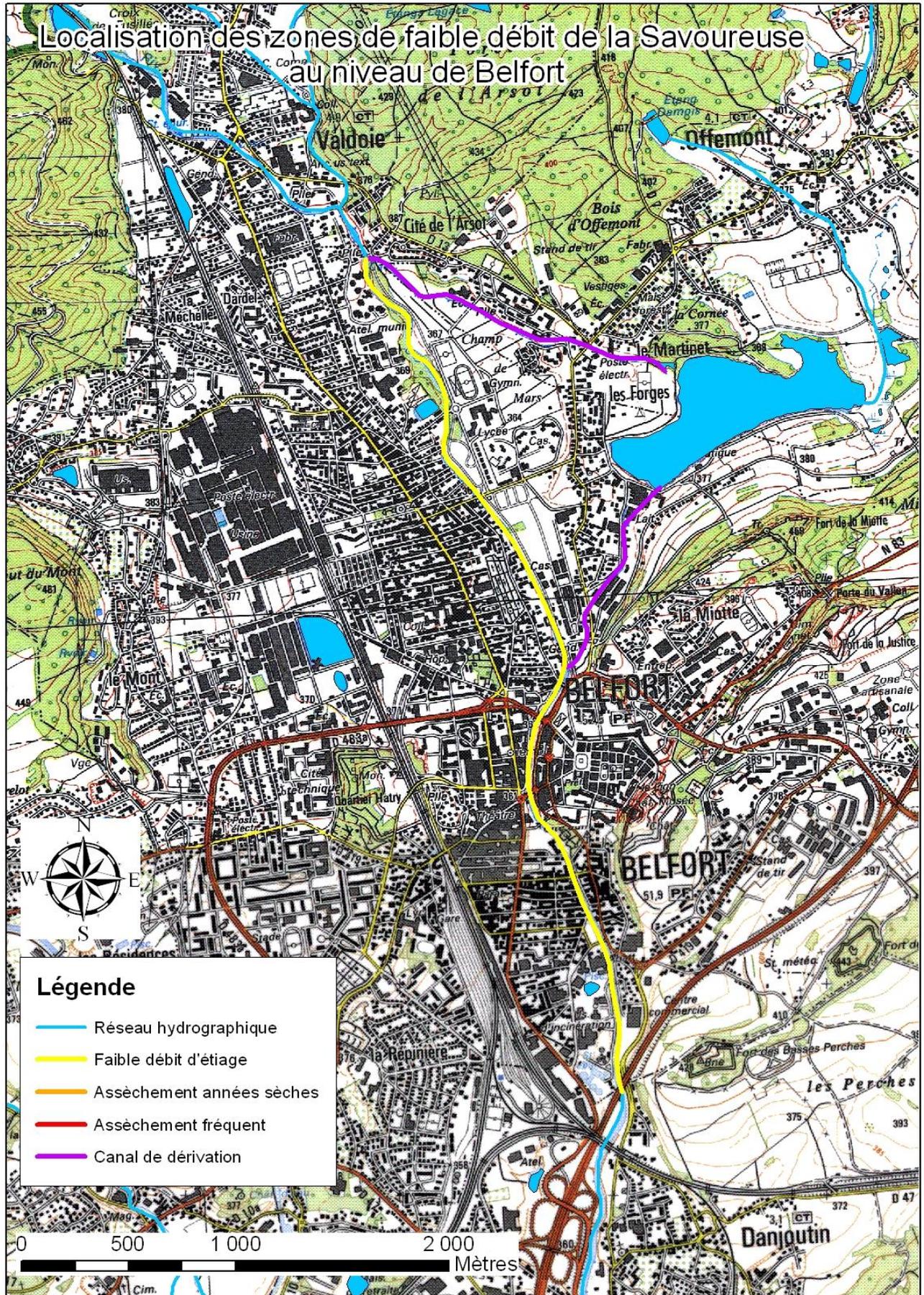
Qmna5, module et VCN3 situation influencée par les prélèvements

Cartographie des tronçons de la Savoureuse sensibles aux assecs (d'après informations transmises par l'ONEMA)



© Copyright - ESRI France
Cabinet REILE - SARL GREEN le 28/08/2012
ArcMap: S:\bd-arcgis\savoureuse_sundgau\couches pierre\savoureuse etiage\Tr2 Na1 etiage 93.mxd





© Copyright - ESRI France

Cabinet REILE - SARL GREEN le 28/08/2012

ArcMap : S:\bd-arcgis\savoureuse_sundgau\couches pierre\savoureuse etiage\Tr5 etiage 93.mxd