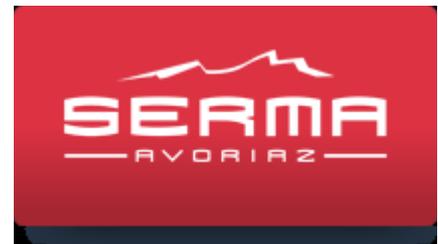


SERMA



La Dranse de Montriond

Rapport de campagne des mesures de débits
2010/11

Etudes hydrologiques

novembre 11



www.sage-environnement.com

12 avenue du pré de Challes
Parc des Glaisins
74 940 Annecy le Vieux
Tél : 04 50 64 06 14
Fax : 04 50 64 08 73

sage.annecy@sage-environnement.fr

Un avenir préservé dans un monde de projets...

N° d'affaire : 10-085 / 11-138	Date d'édition du rapport : 03/11/2011
N° de devis : 10.02.133	Indice de révision : 0
Chargé d'études : NT	Statut du document : Final
Assistants : -	Confidentialité : -
Relecteur : -	N° de rapport : 1

Préambule

Dans le cadre de l'aménagement de son domaine skiable, la SERMA Avoriaz étudie la possibilité de créer des points de captages nouveaux pour la production de neige de culture, tout en minimisant l'impact des possibles prélèvements sur les cours d'eau et l'environnement avoisinant.

Aussi, SAGE ENVIRONNEMENT a été missionné au printemps 2010 pour instrumenter une station de mesures des débits de la Dranse de Montriond, à l'amont immédiat du lac, qui a été mise en service au mois de Juin 2010, jusqu'à fin juin 2011, avec un suivi régulier et des jaugeages pour la calibrer.

On dispose ainsi d'une année entière de données sur ce cours d'eau, pour évaluer ses valeurs hydrologiques de référence, par comparaison avec d'autres stations hydrométriques dans la zone d'étude, disposant de chroniques de débits beaucoup plus longues.

Ainsi, le présent rapport rassemble les éléments suivants :

- une présentation générale succincte du cours d'eau et du secteur d'étude,
- une présentation de la station de mesure installée, de son calibrage et des résultats de la campagne de mesures 2010/11,
- une étude hydrologique conduisant à la reconstitution de l'hydrologie de référence du cours d'eau,
- une première analyse de la faisabilité des prélèvements envisagés par la SERMA, d'après ses besoins.

Les résultats principaux sont donnés dans le corps du rapport ; les résultats détaillés de la campagne de mesure sont eux repris dans les annexes.



Sommaire

PRESENTATION DU SITE LA DRANSE DE MONTRIOND	10
I Présentation générale	10
I.1 Situation générale	10
I.2 Contexte climatique	10
I.2.1 Températures	11
I.2.2 Précipitations.....	12
I.2.2.a Précipitations moyennes mensuelles	12
I.2.2.b Pluies extrêmes.....	13
I.2.3 Enneigement	14
I.3 Contexte géologique et hydrogéologique	14
I.3.1 Géologie du secteur d'étude	14
I.3.2 Hydrogéologie du secteur d'étude – captages	15
II La Dranse de Montriond	17
II.1 Le bassin versant	17
II.2 Description et usages du cours d'eau.....	19
II.3 Episodes historiques.....	21
RAPPORT DE LA CAMPAGNE DE MESURES DE DEBITS JUIN 2010 – JUIN 2011	22
I Présentation de la station de mesure.....	22
I.1 Choix de la section.....	22
I.2 Equipements installés.....	24
I.3 Exploitation de la station – incidents	25
I.4 Données enregistrées.....	27
II Etalonnage de la station hydrométrique	28
II.1 Matériel et protocole de mesure	28
II.1.1 Principe des mesures réalisées au micromoulinet.....	28
II.1.2 Matériel utilisé.....	29
II.1.3 Précision de la mesure	29
II.2 Résultats des jaugeages effectués	30
II.2.1 Sections de mesures	30
II.2.2 Résultats des jaugeages	32
II.3 Etablissement de la courbe de tarage	33
II.3.1 Methodologie	33
II.3.2 Courbe retenue et points pivots.....	35
II.3.3 Validité de la courbe de tarage.....	37
III Hydrologie particulière de la période des mesures	39
III.1 Données météorologiques.....	39
III.1.1 Températures observées.....	39
III.1.2 Précipitations observées	41
III.1.3 Enneigement au cours de l'hiver 2010/11.....	42
III.2 Données hydrométriques	43
III.2.1 Valeurs observées sur la période Juin 2010/Juin 2011 à Montriond	43
III.2.2 Valeurs sur autres stations de référence.....	44

DETERMINATION DES CARACTERISTIQUES HYDROLOGIQUES DE LA DRANSE DE MONTRIOND	48
I Méthodologie	48
I.1 Introduction	48
I.2 Choix des stations de référence	49
II Evaluation des débits moyens mensuels – module	51
II.1 Analyse des corrélations sur les débits moyens journaliers	51
II.1.1 Corrélations sur l'ensemble des valeurs enregistrées	51
II.1.2 Corrélations en période d'étiage estival/Automnal (Juillet – Octobre)	52
II.1.3 Corrélations en période d'étiage hivernal / Froid (Novembre - Mars)	54
II.1.4 Corrélations en période de fonte nivale (Avril – Juin)	55
II.2 Reconstitution des Débits Moyens Mensuels	58
II.2.1 Evaluation des débits moyens mensuels par formules de corrélation	58
II.2.2 Analyse des « coefficients mensuels de représentativité »	59
II.2.3 Evaluation par rapports au module annuel	60
II.2.4 Synthèse sur les Débits Moyens Mensuels – Conclusion	61
II.3 Evaluation du module interannuel	64
II.3.1 Utilisation de la loi de Myer	64
II.3.2 Utilisation des formules de corrélation établies	64
II.3.3 Calcul du module à partir de la représentativité de l'année 2010/11	65
II.3.4 Loi du CTGREF	65
II.3.5 Synthèse – valeur de module retenu	66
III Evaluation des débits d'étiage	67
III.1 Extrapolation des stations de référence - Myer	67
III.2 Evaluations des débits d'étiages à partir des données mesurées	68
III.3 Analyse géographique	68
III.4 Synthèse	69
IV Evaluation des débits de crue	70
IV.1 Analyse de la similitude entre bassins versants	70
IV.2 Estimation des débits de crue par la formule de Myer	71
IV.3 Formules courantes d'hydrologie	72
IV.3.1 Estimation du débit de crue décennal	72
IV.3.2 Estimation du débit de crue centennal	73
IV.4 Synthèse des débits de crue	73
V Reconstitution des courbes de débits classés	74
V.1 Débits classés annuels – Du 1 ^{er} Janvier au 31 Décembre	75
V.2 Débits classés hivernaux – Du 1 ^{er} Novembre au 31 Janvier	76
V.3 Débits classés mensuels – Du 1 ^{er} au 30 novembre	77
V.4 Débits classés mensuels – Du 1 ^{er} au 31 Décembre	78
V.5 Débits classés mensuels – Du 1 ^{er} au 31 Janvier	79
VI Conclusions	80
ÉTUDE DE LA FAISABILITE D'UN PRELEVEMENT	83
I Définition du projet de la SERMA	83
II Etude de la faisabilité	84
II.1 Définition des scénarios	84
II.2 Volumes naturels entrants	85

II.3	Etude des scénarios.....	86
II.3.1	Scénario 1.....	86
II.3.2	Scénario 2.....	88
II.3.3	Scénario 3.....	90
II.3.4	Scénario 4.....	92
II.3.5	Conclusion.....	93
III	Obligations réglementaires.....	94
III.1	Loi sur l'eau.....	94
III.2	SDAGE Rhône Méditerranée.....	94
III.3	Patrimoine écologique.....	99
ANNEXES	100

Annexes

Annexe 1 :	Limnigrammes.....	101
Annexe 2 :	Résultats détaillés des jaugeages.....	102
Annexe 3 :	Courbe d'étalonnage de la station hydrométrique.....	103
Annexe 4 :	Données météorologiques observées en 2010/11.....	104
Annexe 5 :	Hydrogrammes mensuels Dranse de Montriond – Juin 2010/11.....	105
Annexe 6 :	Fiches de synthèse hydrologique – Stations de référence.....	106
Annexe 7 :	Méthodes de calcul utilisées.....	107
Annexe 8 :	Fiches de synthèse hydrologique - Dranse de Montriond.....	113

Tableaux

Tableau 1 :	Températures moyennes mensuelles aux Gets (74).....	11
Tableau 2 :	Températures moyennes mensuelles au Plenay – Morzine (74).....	11
Tableau 3 :	Précipitations moyennes mensuelles.....	12
Tableau 4 :	Pluies extrêmes journalières (en mm) – source CEMAGREF.....	13
Tableau 5 :	Coefficients de Montana à Abondance (74).....	13
Tableau 6 :	Caractéristiques des bassins versants.....	17
Tableau 7 :	Opérations de suivi et de contrôle de la station.....	27
Tableau 8 :	Résultats des jaugeages effectués pour l'étalonnage.....	32
Tableau 9 :	Points pivots de la courbe de tarage de la station hydrométrique.....	37
Tableau 10 :	Comparaison des valeurs des températures observées aux Gets avec les normales.....	40
Tableau 11 :	Comparaison des valeurs de cumuls de précipitations à Morzine avec les normales.....	41
Tableau 12 :	Synthèse des débits observés sur la Dranse de Montriond.....	43
Tableau 13 :	Débits moyens mensuels 2010/11 de la Dranse de Montriond (en l/s/km ²).....	43
Tableau 14 :	Débits moyens mensuels spécifiques des stations hydrométriques de référence.....	45
Tableau 15 :	Comparaison des débit moyens annuels aux valeurs de référence - période Juin -> Mai.....	46
Tableau 16 :	Caractéristiques des stations hydrométriques de référence.....	50

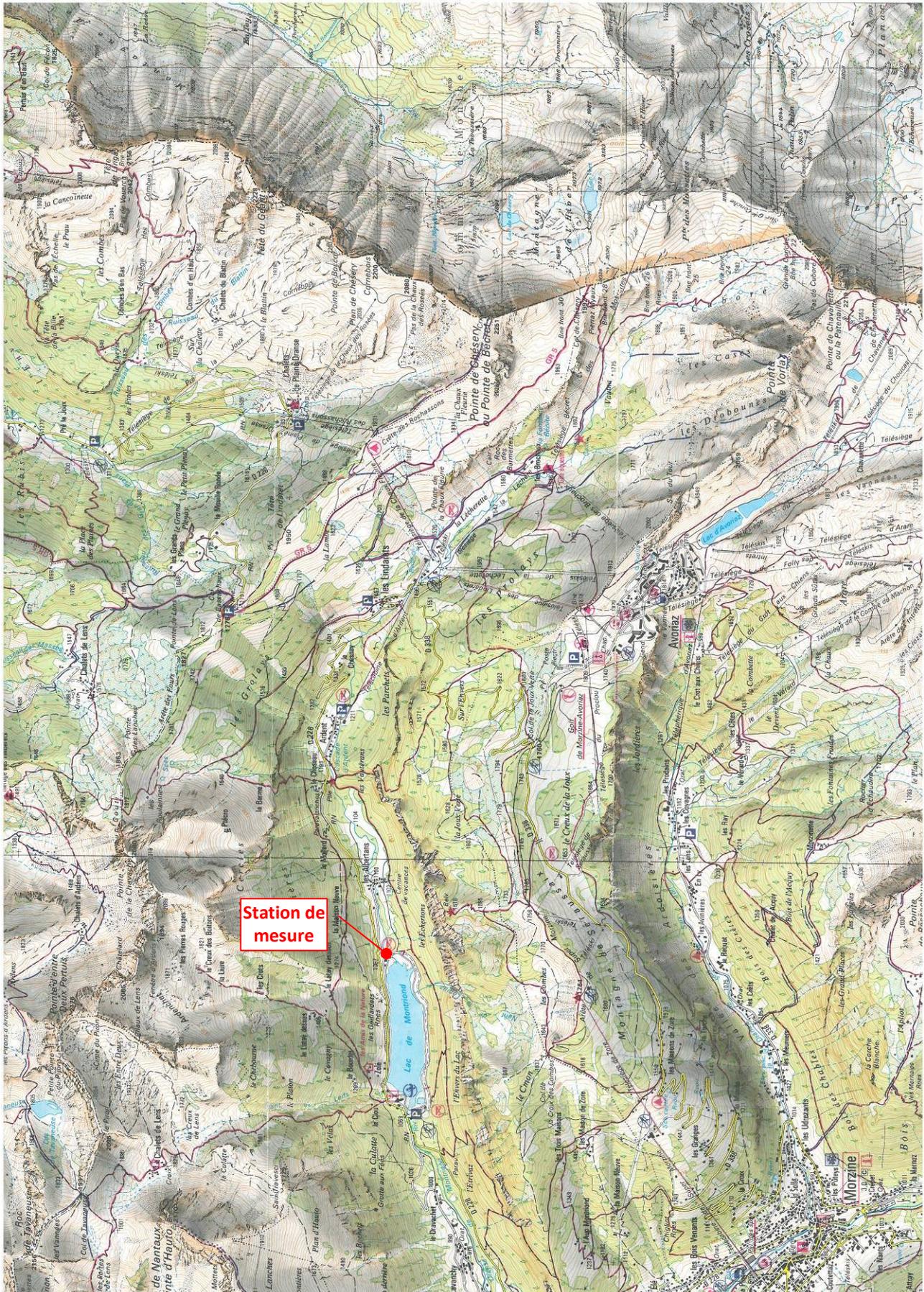
Tableau 17 : Formules appliquées pour l'évaluation des Débits Moyens Mensuels.....	58
Tableau 18 : Débits Moyens Mensuels des stations de référence	59
Tableau 19 : Reconstitution des débits moyens mensuels de la Dranse de Montriond (station 1) par corrélations.....	59
Tableau 20 : Reconstitution des débits moyens mensuels de la Dranse de Montriond (station 1) par représentativité.....	59
Tableau 21 : Comparaison des rapports Débit Moyen Mensuel / Module.....	60
Tableau 22 : Valeurs corrigées des Débits Moyens Mensuels de la Dranse de Montriond	61
Tableau 23 : Débits Moyens Mensuels finaux - Dranse de Montriond à l'amont du lac (station 1).....	62
Tableau 24 : Débits Moyens Mensuels finaux - Dranse de Montriond à l'aval du lac (station 2).....	63
Tableau 25 : Evaluation du module par application de la loi de Myer	64
Tableau 26 : Reconstitution du module par représentativité de l'année	65
Tableau 27 : Evaluation du module - Loi CTGREF (en l/s)	66
Tableau 28 : Synthèse des estimations de module - valeur retenue.....	66
Tableau 29 : Débits d'étiage des stations de référence.....	67
Tableau 30 : Calcul des débits d'étiage de référence de la Dranse de Montriond.....	67
Tableau 31 : Calcul des débits de référence d'étiage à partir des données d'octobre 2010	68
Tableau 32 : Débits d'étiage de référence de la Dranse de Montriond.....	69
Tableau 33 : Episodes de crue relevés au cours de la période de mesures.....	70
Tableau 34 : Débits de crue de référence estimés par la formule de Myer (en m ³ /s).....	72
Tableau 35 : Estimations du débit instantané décennal (m ³ /s)	72
Tableau 36 : Estimations du débit instantané centennal (m ³ /s)	73
Tableau 37 : Synthèse des débits de crue instantanés de référence du Nant d'Aveyran (m ³ /s)	73
Tableau 38 : Débits classés - 1er janvier au 31 décembre	75
Tableau 39 : Débits classés - 1er novembre au 31 janvier.....	76
Tableau 40 : Débits classés - 1 ^{er} au 30 novembre	77
Tableau 41 : Débits classés - 1er au 31 décembre	78
Tableau 42 : Débits classés - 1 ^{er} au 31 janvier.....	79
Tableau 43 : Définition des modalités de prélèvement.....	85
Tableau 44 : Estimation des volumes d'apports naturels.....	85
Tableau 45 : Analyse du scénario de prélèvement n°1.....	87
Tableau 46 : Analyse du scénario de prélèvement n°2.....	89
Tableau 47 : Analyse du scénario de prélèvement n°3.....	91
Tableau 48 : Analyse du scénario de prélèvement n°4.....	93
Tableau 49 : Rubriques de la nomenclature Loi sur l'Eau (art. R214-1 du C.E.)	94

Figures

Figure 1 : Localisation de la station de mesures	9
Figure 2 : Comparaison des températures moyennes mensuelles	11
Figure 3 : Comparaison des précipitations moyennes mensuelles	12
Figure 4 : Extrait de la carte géologique simplifiée du Chablais (source : M. Gidon, 1977 – extrait Geol-Alp.com)	15
Figure 5 : Localisation des sources et points de captage dans le bassin versant (source : - BSS – BRGM Infoterre).....	16
Figure 6 : Bassins versants des stations étudiés.....	18
Figure 7 : Lit de la Dranse de Montriond à l'amont du Lac.....	19
Figure 8 : Arrivée de la Dranse de Montriond dans le lac.....	20
Figure 9 : Extrait du PPRn de Montriond (source : DREAL Rhône Alpes - CARMEN)	21

Figure 10 : Station de mesure hydrométrique.....	23
Figure 11 : Vue de la section de mesure.....	24
Figure 12 : Station d'alimentation / enregistrement des données	25
Figure 13 : Mesure de débit au micromoulinet	29
Figure 14 : Section 1 de jaugeage - faibles débits (amont immédiat du pont)	30
Figure 15 : Section 2 de jaugeage - forts débits (environ 25 mètres en aval de la station de mesure).....	31
Figure 16 : Section 3 de jaugeage - moyens à forts débits (environ 50 mètres en aval de la station de mesure)	31
Figure 17 : Résultats des jaugeages réalisés	32
Figure 18 : Comportement de la lame d'eau au passage du seuil.....	34
Figure 19 : Section « modélisée » pour représenter les conditions réelles d'écoulement.....	34
Figure 20 : Comparaison des lois d'interpolation des mesures de débit.....	35
Figure 21 : Courbe d'étalonnage retenue pour la station sur la Dranse de Montriond	36
Figure 22 : Variation de la section de mesures en 2010/2011.....	38
Figure 23 : Comparaison des températures observées aux Gets avec les normales.....	39
Figure 24 : Station de mesure au mois de mars 2011	40
Figure 25 : Comparaison des cumuls de précipitations à Morzine avec les normales	41
Figure 26 : Débits spécifiques mensuels observés sur la Dranse de Montriond en 2010/11	44
Figure 27 : Comparaison des débits moyens mensuels spécifiques avec les normales - stations de référence	47
Figure 28 : Localisation des stations hydrométriques de référence.....	50
Figure 29 : Corrélations des débits journaliers - ensemble des valeurs disponibles.....	52
Figure 30 : Corrélations des débits journaliers - étiages estival et automnal.....	53
Figure 31 : Corrélations des débits journaliers - étiage hivernal	54
Figure 32 : Corrélations des débits journaliers - période de fonte nivale	56
Figure 33 : Analyse affinée des corrélations en période de fonte nivale.....	57
Figure 34 : Comparaison des rapports Débit Moyen Mensuel / Module	60
Figure 35 : Comparaison des résultats obtenus sur les débits moyens mensuels	61
Figure 36 : Répartition des Débits Moyens Mensuels finaux - Dranse de Montriond à l'amont du lac.....	62
Figure 37 : Répartition des Débits Moyens Mensuels finaux - Dranse de Montriond à l'aval du lac	63
Figure 38 : Comparaison des débits spécifiques d'étiage dans le département de la Haute Savoie (source : DREAL)	69
Figure 39 : Corrélations des débits de crue.....	71
Figure 40 : Courbe des débits classés - 1er janvier au 31 décembre.....	75
Figure 41 : Courbe des débits classés - 1er novembre au 31 janvier.....	76
Figure 42 : Courbe des débits classés - 1 ^{er} au 30 novembre	77
Figure 43 : Courbe des débits classés - 1er au 31 décembre	78
Figure 44 : Courbe des débits classés -1 ^{er} au 31 janvier	79
Figure 45 : Fiche de synthèse hydrologique - station 1 Dranse de Montriond à l'amont du lac.....	81
Figure 46 : Fiche de synthèse hydrologique - station 2 Dranse de Montriond à l'aval du lac.....	82
Figure 47 : Localisation de la retenue des Prolays	83
Figure 48 : Patrimoine écologique de la zone d'étude (source : CARMEN – DREAL Rhône Alpes).....	99

Figure 1 : Localisation de la station de mesures



PRESENTATION DU SITE

LA DRANSE DE MONTRIOND

I PRESENTATION GENERALE

Source : Rapport de présentation du PPR de Montriond

I.1 SITUATION GENERALE

La commune de Montriond se situe au cœur du massif préalpin du Chablais, dans le quart nord est du département de la Haute Savoie. Cette commune à vocation touristique fait partie avec onze autres communes françaises et suisses des Portes du Soleil.

La commune s'étend sur 2471 ha répartis dans les vallées des Dranses de Morzine et de Montriond. Le chef lieu de la commune est installé à 945 m. d'altitude, sur les terrasses qui dominent la confluence de ces deux vallées.

Elle forme un arc Est-Ouest axé sur la vallée de la Dranse de Montriond et long d'environ 10 km. Vers le nord, cette vallée est bordée par les sommets de la pointe de Nantaux (2170 m.) et de la pointe de Chésery (2251 m.). Vers le sud, la pointe de Vorlaz (2346 m. – point culminant du bassin versant), la montagne d'Avoriaz et l'arête de Super-Morzine (1764 m.) dominent la vallée.

Large et évasée dans sa partie amont, la vallée se resserre dans sa partie médiane, avant de s'ouvrir de nouveau à la confluence avec la vallée de la Dranse de Morzine. Ce rétrécissement de la vallée constitue un verrou derrière lequel s'est formé le lac de Montriond.

I.2 CONTEXTE CLIMATIQUE

Les conditions climatiques en zone de montagne sont étroitement liées à la topographie et à l'altitude ; aussi elles sont très variables dans l'espace.

Il n'existe pas de station météorologique sur le site ou dans le bassin versant drainé au droit du lac de Montriond, toutefois des postes sont disponibles à des distances raisonnables, qui permettront d'appréhender les grandes caractéristiques du climat local, sans pouvoir toutefois connaître avec exactitude les informations locales.

Dans le cadre de la présente étude, des données météorologiques sur les postes suivants ont été achetées auprès de Météo France - centre départemental de la Haute Savoie :

- Les Gets, altitude 1 172 m., Statistiques 1971-2000 et chroniques 2010/11 pour les températures
- Le Plenay (Morzine), altitude 1515 m., Statistiques 1996-2009 et chroniques pluviométriques 2010/11

I.2.1 TEMPERATURES

Le poste disposant de la plus longue série de données à proximité est celui des Gets (altitude 1172 m.), qui connaît un climat légèrement différent de celui de Montriond.

Les valeurs normales sont également disponibles à Morzine, sur le poste du Plenay, mais sur une période d'observation plus courte et donc vraisemblablement moins représentative.

Les températures moyennes suivantes sont enregistrées sur ces deux postes :

T°C	Janv	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Année
mini	-5,1	-5,3	-3,1	-0,5	4,3	7,1	9,7	9,7	6,4	2,7	-2,1	-4,4	1,6
moy	-1,2	-0,8	1,5	4,2	9,3	12,2	15,1	14,9	11,3	7,1	1,8	-0,7	6,2
maxi	2,7	3,6	6,2	8,8	14,4	17,3	20,4	20,2	16,2	11,5	5,7	3	10,8

Tableau 1 : Températures moyennes mensuelles aux Gets (74)

T°C	Janv	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Année
mini	-3,6	-4,4	-2,2	0,8	5,7	9	10,2	10,7	7,3	4,5	-0,9	-3,5	2,8
moy	-0,8	-1,2	1	4,2	9,4	13	14,2	14,3	10,7	7,7	1,8	-0,7	6,1
maxi	2,1	2	4,2	7,6	13	16,9	18,1	17,9	14	10,9	4,5	2,1	9,4

Tableau 2 : Températures moyennes mensuelles au Plenay – Morzine (74)

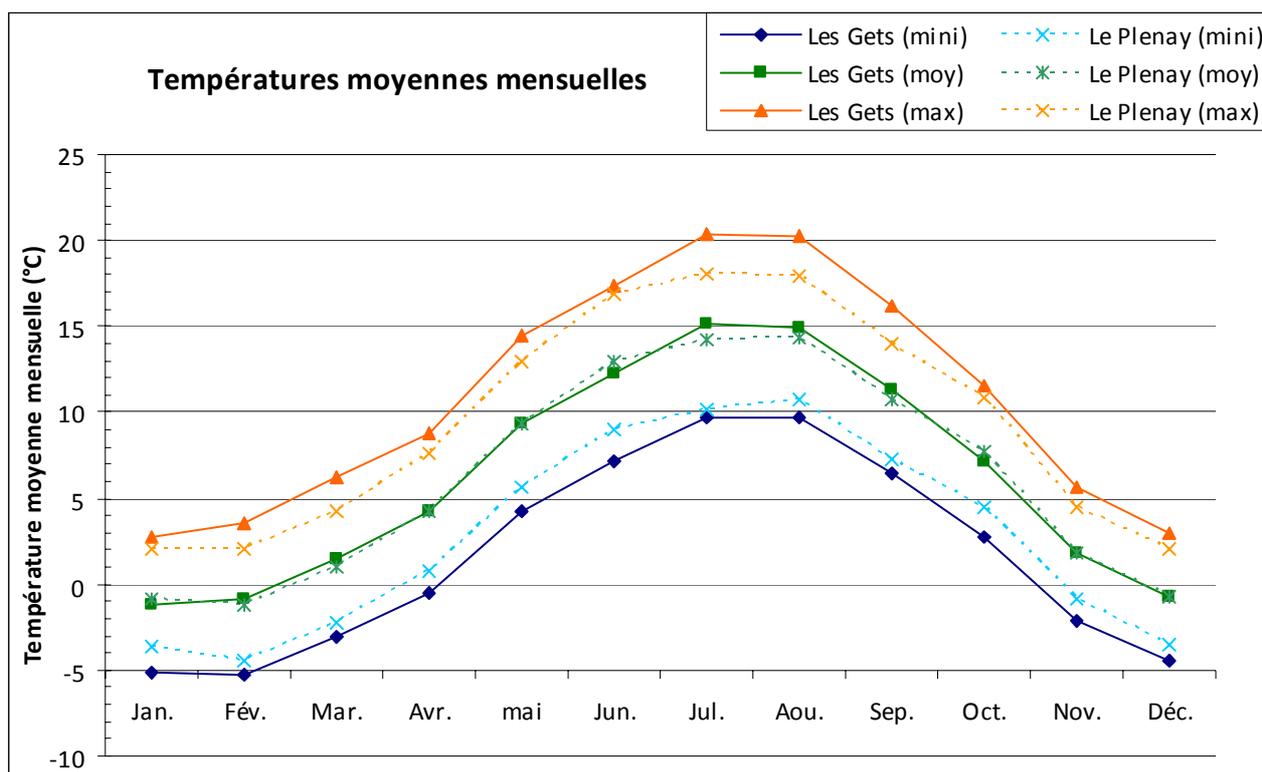


Figure 2 : Comparaison des températures moyennes mensuelles

On constate une relative similitude entre les deux postes, en particulier pour les valeurs moyennes. Les valeurs extrêmes présentent moins d'amplitude sur le poste du Plenay, ce qui est à mettre en liaison avec la plus courte période d'observation. Le climat est de type continental montagnard avec une forte amplitude thermique, et des moyennes négatives pour les 3 mois d'hiver.

I.2.2 PRECIPITATIONS

I.2.2.a Précipitations moyennes mensuelles

Dans le haut Chablais, on compte (en valeur médiane) de 130 à 150 jours avec précipitations par an. Ces valeurs sont à comparer avec la normale nationale qui est d'environ 120 jours par an.

La répartition annuelle des précipitations enregistrées par les postes pluviométriques de Morzine (960 m.) et des Gets (1172 m.) se caractérise par deux maxima, l'un hivernal et l'autre estival. Le maximum hivernal est atteint au cours des mois de décembre ou janvier, au moins aux environs de 1000 m. d'altitude. En effet, à des altitudes supérieures, les très basses températures limitent les chutes de neige et décalent probablement le maximum vers le printemps. Cette répartition est conforme à celle observée pour les postes pluviométriques des massifs des Aravis, du Faucigny ou des Aiguilles Rouges.

Les précipitations qui intéressent la vallée de la Dranse de Morzine à hauteur de Montriond sont très probablement voisines de celles enregistrées à Morzine. On peut donc considérer que le cumul annuel est d'environ 1600 mm à Montriond (chef lieu). En revanche, et malgré une altitude équivalente, la transposition au secteur d'Ardent des mesures effectuées aux Gets est plus hasardeuse. Le contexte géographique est en effet différent et il est probable que les reliefs marqués qui bordent la vallée de la Dranse de Montriond influent sur les précipitations. On peut néanmoins supposer que les précipitations annuelles se situent entre 1700 et 1900 mm à Ardent, ce qui est confirmé par les enregistrements sur le poste du Plenay.

Les données suivantes sont issues de deux postes météorologiques utilisés précédemment :

Cumul moy.	Janv	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Année
P_{mensuelle} (mm) Les Gets	159,4	157,3	126,1	122,2	146,4	165,3	137,5	117,3	150,4	161,6	181,4	195,1	1819,9
P_{mensuelle} (mm) Le Plenay	165	140,8	165,7	144,3	149,5	147,1	178,4	176,4	134,9	160,9	129,7	157,4	1850,1

Tableau 3 : Précipitations moyennes mensuelles

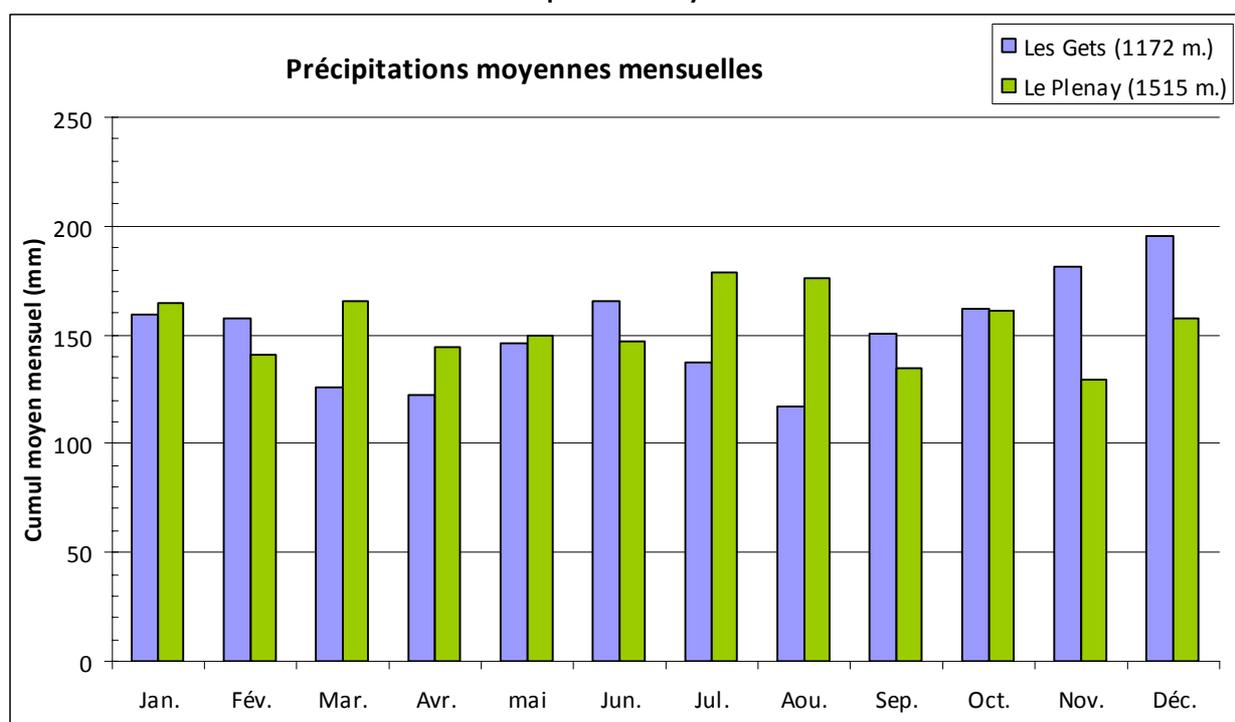


Figure 3 : Comparaison des précipitations moyennes mensuelles

1.2.2.b Pluies extrêmes

Pour caractériser pleinement les précipitations pouvant être observées dans le bassin versant de la Dranse de Montriond, les pluies extrêmes journalières de référence sont présentées ci après, sur les postes pluviographiques les plus proches de la région du Chablais :

Poste	Altitude	T=10 ans P _{24h}	T=10 ans P _{48h}	T=100 ans P _{24h}
Abondance	1 000 m.	79,6	102,6	108,7
Le Biot	689 m.	86,2	91,2	
Chatel	1 200 m.	74,3	79,7	
Les Gets	1 200 m.	126,6	162,4	
Habère Poche	1 098 m.	96,9	103,5	

Tableau 4 : Pluies extrêmes journalières (en mm) – source CEMAGREF

Les précipitations journalières décennales s'établissent généralement entre 75 et 95 mm pour ce secteur, hormis pour le poste des Gets qui semble particulièrement exposé aux précipitations.

Les valeurs observées sur le poste d'Abondance seront retenues pour les évaluations des débits extrêmes.

Il est également important de considérer les pluies extrêmes de durée inférieure à 24 heures, compte tenu des dimensions du bassin versant de la Dranse de Montriond dont le temps de concentration¹ est inférieur à 24 heures.

Pour accéder à cette information, on cherche à déterminer une relation liant les valeurs de l'intensité de précipitation correspondant à une même période de retour et pour divers pas de temps. Par une régression, on obtient alors les coefficients de Montana.

Les coefficients de Montana peuvent être fournis par Météo France sur un nombre limité de stations pluviographiques (environ 1 à 2 par département).

Les coefficients suivants sont issus de la littérature², sur le poste d'enregistrement d'Abondance (altitude 1000 m. – période d'observation 1961-1990). Ils permettent l'estimation des précipitations d'occurrence donnée à partir de la formule suivante, pour des épisodes compris entre 30 min et 12 heures :

$$i(t) = a \cdot t^{-b}$$

- $i(t)$ en mm/h
- t en minutes

Période de retour	a	b
10 ans	435,45	0,6910
100 ans	635,68	0,7014

Tableau 5 : Coefficients de Montana à Abondance (74)

¹ Temps mis par la première goutte d'eau ruisselée sur le sol en tête de bassin versant pour rejoindre l'exutoire.

² Etude des précipitations exceptionnelles de pas de temps court en relief accidenté (Alpes françaises), thèse de doctorat ENSHMG-INPG, Anne KIEFFER WEISSE, 1998

1.2.3 ENNEIGEMENT

Les importantes précipitations hivernales se traduisent par un manteau neigeux abondant sur le massif du Chablais ; le cumul moyen de neige fraîche est d'environ 5,40 m. aux Gets. Le maximum est atteint à la mi février. En altitude, les hauteurs de neige mesurées à Avoriaz montrent un décalage du maximum d'enneigement vers le printemps, conformément à la répartition des précipitations.

La vallée de la Dranse de Montriond connaît vraisemblablement un enneigement inférieur à celui des Gets du fait de sa situation géographique, moins exposée. La persistance du manteau neigeux dépend également de l'altitude et de l'exposition des versants.

1.3 CONTEXTE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE

1.3.1 GEOLOGIE DU SECTEUR D'ETUDE

Source : BRGM – Carte géologique de la France au 1/50 000^{ème} / PPR de Montriond (DDT 74)

Le massif du Chablais constitue un élément tout à fait particulier dans les Alpes septentrionales. Il s'agit en effet d'un vaste lambeau de terrains provenant des zones internes des Alpes qui furent déplacés lors de la surrection des Alpes (nappes de charriage) et qui reposent aujourd'hui sur des formations d'origine locale. Des formations très variées peuvent être observées dans ce massif. On les subdivise en grandes unités dites « Nappe des Préalpes externes », « Nappe des Préalpes internes », « Nappe des Préalpes médianes » et enfin « Nappe de la brèche », où le secteur de Montriond est installé pour l'essentiel.

Les formations les plus représentées sont les brèches calcaires, qui constituent les reliefs les plus importants, les flyschs et les schistes. Dans la vallée de la Dranse de Morzine, on observe des terrasses fluvio-glaciaires emboîtées. Elles sont constituées d'alluvions plus ou moins indurées et forment une succession de replats et de talus très marqués.

Les formations calcaires qui affleurent au col de Chésery (à l'intérieur du bassin versant de la Dranse de Montriond) montrent une morphologie caractéristique des zones karstiques. Plusieurs dolines sont en effet visibles dans ce secteur. Cela influence vraisemblablement le comportement hydrologique du bassin versant.

La vallée de Montriond possède l'aspect caractéristique, « en auge », d'une vallée aménagée par le passage d'une langue de glace (ce qui a certainement été le cas au Würm et lors des glaciations plus anciennes).

Le lac de Montriond est dû à un éboulement de blocs parti en rive droite de la Dranse à la hauteur de Saix-Travesci (1729 m d'altitude - sous la pointe de Nantaux). Cet évènement, matérialisé par la niche d'arrachement visible depuis les rives du lac, est lié à un glissement des matériaux couche sur couche des calcaires de la Nappe de la Brèche. Il y a encore 20 ans, le barrage de blocs n'était pas étanche. Cela se traduisait par de grandes variations, de l'ordre de 10 m., de la hauteur d'eau du lac. En 1990, d'importants travaux d'étanchéification ont permis de stabiliser son niveau à la cote actuelle (1067m). Les excavations ont mis en évidence des bois fossiles à la base des dépôts lacustres. Agés de 500 à 550 ans, ils indiquent que le lac s'est formé pendant la seconde moitié du XV^{ème} siècle.

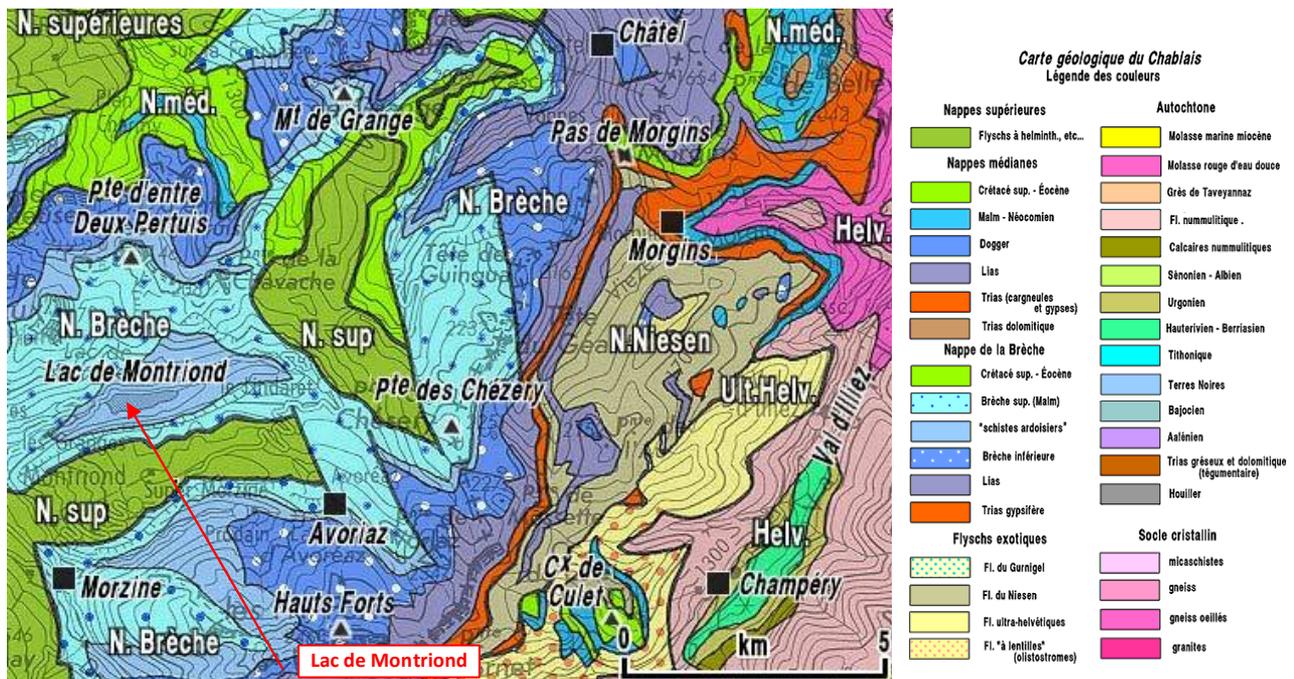


Figure 4 : Extrait de la carte géologique simplifiée du Chablais (source : M. Gidon, 1977 – extrait Geol-Alp.com)

1.3.2 HYDROGÉOLOGIE DU SECTEUR D'ÉTUDE – CAPTAGES

Le secteur d'étude comporte quatre ensembles de niveaux aquifères importants, selon les formations géologiques rencontrées :

- les gypses, dolomies et cargneules du Trias,
- les calcaires karstifiés du Jurassique supérieur et du Crétacé,
- les flyschs à dominante gréseuse,
- les terrains quaternaires (alluvions, colluvions, éboulis...)

Une thèse³ réalisée sur le bassin versant de la Dranse de Morzine permet d'apporter quelques précisions propres à ce bassin constitué de quatre formations qui se développent dans la vallée d'Aulps :

- Les calcaires ont une capacité de rétention très élevée, en liaison avec leurs réseaux complexes de fissures. Ils donnent lieu à une circulation lente et durable des eaux infiltrées. Ils ne sont, cependant, pas très importants sur le bassin versant de la Dranse de Morzine et localisés principalement sur la partie basse. Leur contribution au soutien d'étiage est faible. On en retrouve toutefois à l'intérieur du bassin versant de la Dranse de Montriond, au col de Chezery.
- Les Flyschs recouvrent la plus grande partie du bassin versant. Ils ont une capacité de rétention plus ou moins médiocre.
- La brèche comporte des niveaux très fracturés. Cette formation permet un cheminement suffisamment large et direct pour permettre un écoulement assez rapide vers les résurgences. Mais ces niveaux alternent avec les schistes imperméables. Ces derniers limitent ainsi la puissance de la formation qui, au final, n'offre pas, non plus, une grande capacité de rétention.
- Les dépôts glaciaires (alluvions et éboulis) sont les seules formations à pouvoir compenser l'insuffisance globale des autres formations du bassin versant. Cependant, leur puissance est trop faible pour leur permettre d'emmagasiner une grande quantité d'eau souterraine.

³ 1966 - Sayar M. - Thèse Université P. et M. Curie – « Etude géologique, hydrologique, hydrogéologique, climatologique, limnologique, hydrochimique du bassin de la Dranse de Morzine ».

Il en résulte que la capacité de rétention de l'ensemble du bassin n'est pas élevée. Le ruissellement superficiel est très rapidement suivi par un écoulement souterrain de type karstique.

De nombreuses sources et points de captage (exploités ou non) sont recensés dans le bassin versant amont du lac de Montriond. Ils sont repris dans la figure suivante :

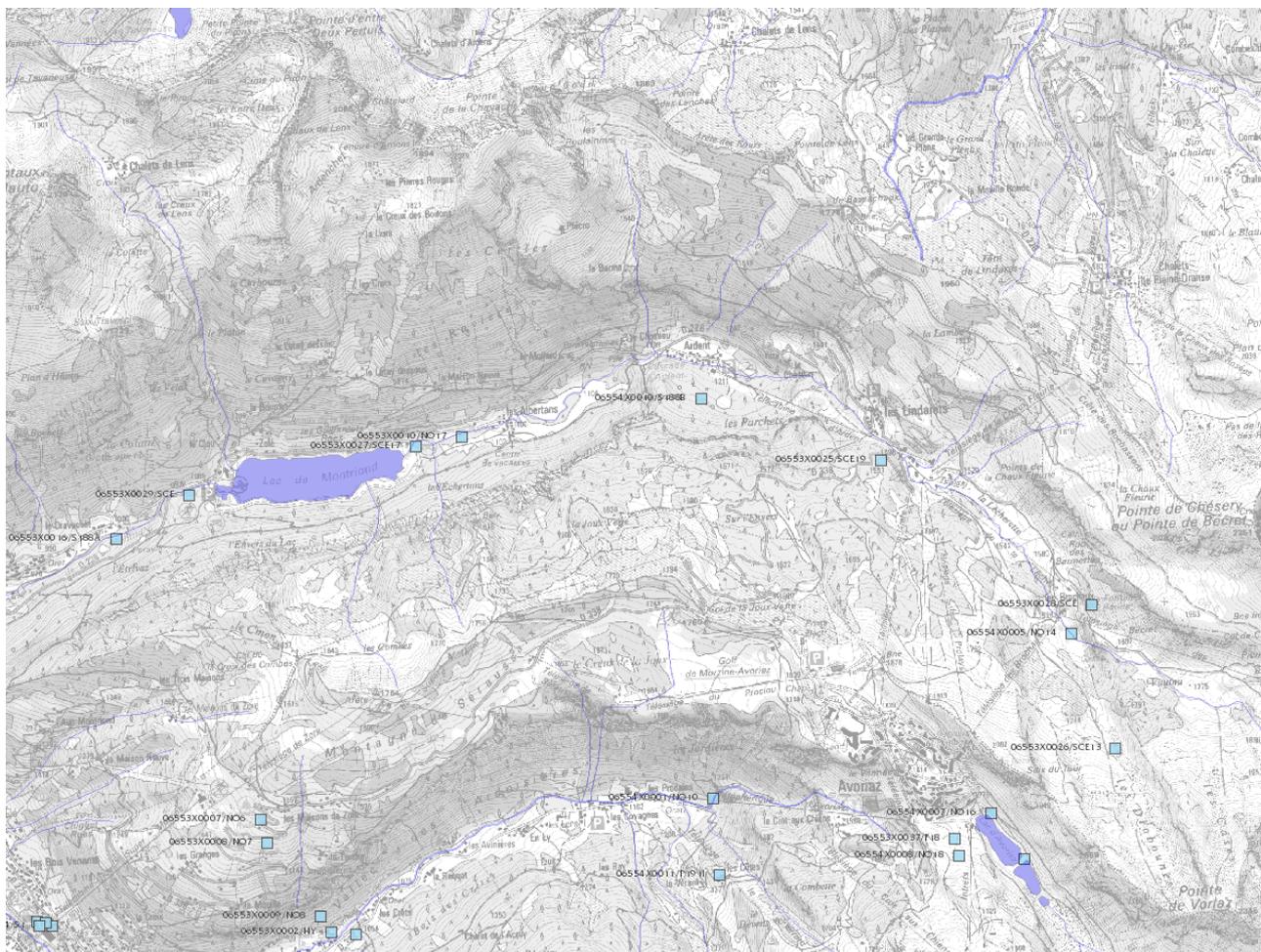


Figure 5 : Localisation des sources et points de captage dans le bassin versant (source : BSS – BRGM Infoterre)

La commune de Montriond est alimentée en eau potable depuis 4 points de captage :

- Les Brochoux (altitude 1720 m.)
- Les Fontannettes (altitude 1570 m.)
- Les Lindarets (altitude 1511 m.)
- Les Ravières (altitude 1170 m.)

Compte tenu de leur altitude, l'ensemble de ces prélèvements sont effectués en amont du lac, dans le bassin versant de la Dranse de Montriond. Ils viennent donc réduire les débits écoulés en direction du lac. Toutefois, les volumes prélevés ne sont pas connus, les captages n'étant pas tous équipés de comptage.

II LA DRANSE DE MONTRIOND

II.1 LE BASSIN VERSANT

La commune de Montriond se situe dans la partie amont du bassin versant des Dranses (505 km²), affluent du lac Léman. Le régime de ce bassin est nivo-pluvial, avec des hautes eaux au printemps et un étiage fort en hiver. Le réseau hydrographique est structuré autour de deux axes majeurs : la Dranse de Morzine et la Dranse de Montriond, affluent de la précédente.

Principal cours d'eau de la commune, la Dranse de Montriond rejoint la Dranse de Morzine vers 880 m. d'altitude, à l'amont du Pont des Plagnettes. Ce torrent, objet de la présente étude, traverse le lac de Montriond et draine l'essentiel du territoire communal. Parmi les principaux affluents à l'intérieur du bassin versant étudié, on peut citer :

Affluents Rive Gauche :

- Nant de la Lapiaz

Affluents Rive Droite :

- Nant de Lens
- Ruisseau du Choseau
- Ruisseau des Lindarets

Dans la suite du rapport, les débits de la Dranse de Montriond seront étudiés particulièrement en deux points : à l'amont (station 1 – instrumentée en 2010/11) et à l'aval (station 2) du lac de Montriond. Les bassins versants drainés sont visibles à la figure suivante.

A sa confluence avec la Dranse de Morzine, le bassin versant total s'étend sur 28 km².

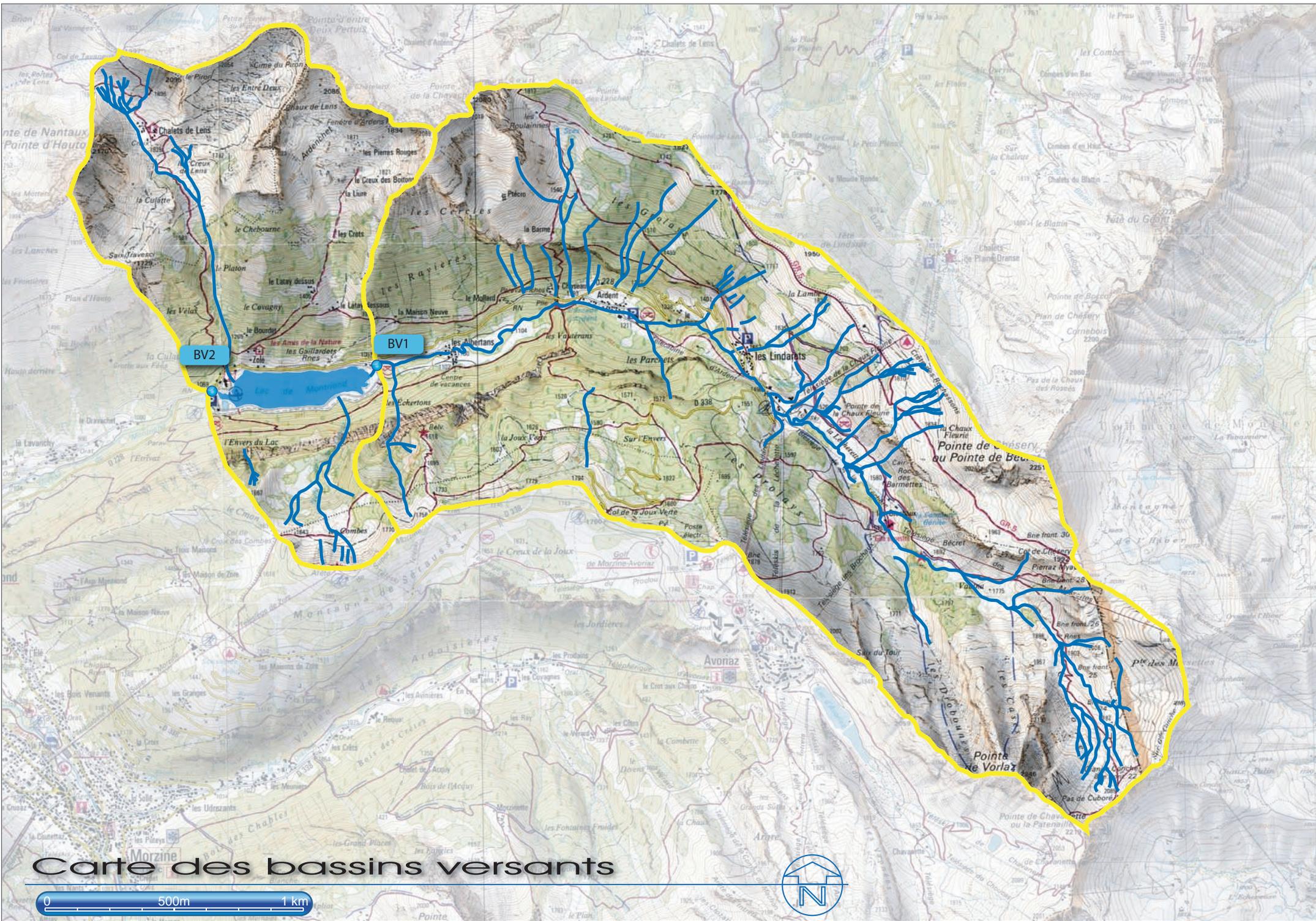
Les principales caractéristiques des deux bassins versants étudiés sont les suivantes (les données « aval » sont données pour mémoire, d'après le PPR, mais ne seront pas reprises ensuite).

Bassin versant	La Dranse de Montriond Station 1 <i>Amont du lac</i>	La Dranse de Montriond Station 2 <i>Aval du lac</i>	La Dranse de Montriond <i>confluence</i>
Superficie	16,56 km ²	23,25 km ²	28,14 km ²
Altitudes min/max	1068 – 2346	1067 – 2346	880 – 2346
Longueur	7,95 km	9,33 km	12 km
Pente moyenne	16,1 %	13,7 %	12,2 %
Coef. de ruissell ^t estimé	0,14	0,15	-
Temps de concentration évalué (T = 10 ans)	60 minutes	75 minutes	-

Tableau 6 : Caractéristiques des bassins versants

A l'aval du lac, la répartition des altitudes à l'intérieur du bassin versant est la suivante :

- 26 % du bassin versant se situe à une altitude supérieure à 1850 m.
- 26 % entre 1650 et 1850 m.
- 32 % entre 1450 et 1650 m.
- 2 % entre 1250 et 1450 m.
- 14 % à une altitude inférieure à 1250 m.



Carte des bassins versants

0 500m 1 km



La superficie occupée par le lac de Montriond est de 33 ha à la cote 1067 mNGF. Ainsi, il apporte une certaine régulation pour les écoulements de la Dranse, et augmente de façon importante le temps de propagation d'une crue par exemple.

L'occupation du bassin versant est mixte :

- Au dessus de 1500 – 1600 m., il s'agit principalement de zones rocheuses ou d'éboulis, avec un ruissellement plus ou moins marqué, ou de surfaces enneigées, selon la saison
- En dessous, on rencontre principalement des secteurs de forêt (mixte feuillus/résineux) et des pâturages, où le ruissellement est beaucoup plus atténué par interception par les végétaux, et ralentissement dynamique.

Les coefficients de ruissellement estimés ci-dessus sont calculés par moyenne pondérée à partir de chacun des différents types d'occupation. Ils ne sont valides que pour des événements de type « orage estival » car la présence de neige modifie fortement le comportement hydrologique.

La morphologie du bassin versant est assez « longiligne » avec un étirement important et la présence de petits affluents et sources, de part et d'autre, sur l'ensemble du linéaire. Cela évite une concentration trop rapide des écoulements en cas de fortes précipitations et limite le phénomène de formation de crues sur ce cours d'eau.

II.2 DESCRIPTION ET USAGES DU COURS D'EAU

Compte tenu de la pente moyenne du lit et des formations géologiques rencontrées, la Dranse de Montriond s'apparente à un torrent de montage, à écoulements pérennes y compris en période d'étiage hivernal.

Le lit présente de nombreux blocs d'éboulis ou apportés par charriage. Les seuils sont nombreux et la granulométrie du lit restreinte aux matériaux les plus grossiers. Les faciès d'écoulement sont typiquement lotiques. Du point de vue de l'hydrologie, cela signifie que des écoulements « souterrains » importants peuvent se produire dans le lit.

En revanche, le lac de Montriond présente un changement important de faciès, puisqu'à ce niveau les écoulements deviennent lenticques. La granulométrie des matériaux est donc plus fine à ce niveau. On peut remarquer que le lac connaissait naturellement un important marnage, lié au caractère non étanche des éboulis qui se trouvent à l'aval ; des travaux d'étanchéification ont été réalisés dans les années 1990 afin de limiter ce phénomène, permettant ainsi de favoriser le développement d'activités de loisir sur et autour du lac.

En aval du lac, le lit de la Dranse de Montriond s'enfonce à nouveau et la pente augmente de façon importante, jusqu'au hameau de Montriond et la confluence dans la Dranse de Morzine.



Figure 7 : Lit de la Dranse de Montriond à l'amont du Lac



Figure 8 : Arrivée de la Dranse de Montriond dans le lac

Concernant les usages associés au cours d'eau, on recense pour les principaux :

- Prélèvements divers, principalement pour la production d'eau potable sur la commune (réseau collectif) et de neige de culture plus en amont dans le bassin versant,
- La pratique de la pêche de loisir, sur le lit amont de la Dranse de Montriond et sur le lac, ce parcours est particulièrement fréquenté et intéressant,
- La navigation de loisir non motorisée (canoë-kayak...) sur le lac et la Dranse (plutôt en aval et sur la Dranse de Morzine – selon les niveaux d'eau),...
- La pratique de la plongée sous glace en période hivernale.

II.3 EPISODES HISTORIQUES

Source : PPRn de Montriond

En aval du lac de Montriond, la Dranse de Montriond ne semble pas avoir causé de désordres importants. Malgré un bassin versant relativement vaste, aucune crue n'a marqué les chroniques et les mémoires. Les témoignages recueillis font état d'un débit d'environ 20 m³/s lors d'une crue au mois de septembre 1914 et de la saturation du pont au lieu dit Chez Bourrin en période de fonte des neiges avant les travaux d'aménagement. Rappelons que cette situation traduit d'une part la spécificité hydrologique du bassin versant et d'autre part le rôle tampon joué par le lac de Montriond.

Néanmoins, la route communale est exposée à des affouillements et une submersion au lieu dit « sous la Ranche » et que la rive droite de la Dranse est exposée à un débordement au lieu dit « La Glière » en amont du pont de la RD229.

En amont du lac, également peu de désordres semblent avoir été provoqués par les crues de la Dranse de Montriond. Selon les éléments recueillis pour l'élaboration du PPR auprès des élus, il apparaît que le pont de la RD 228 favorise l'inondation du secteur de la Lecherette du fait de sa capacité insuffisante. Des débordements limités sont probables dans certains secteurs (« Les Albertans », « Vautna ») mais il s'agit de phénomènes d'ampleur limitée.

Ce cours d'eau semble donc bénéficier d'un régime hydrologique naturellement régulier, et par conséquent les phénomènes de charriage et de crue torrentielle sont également limités.

La carte réglementaire du PPRn est la suivante dans le secteur d'étude. Elle prend en compte l'ensemble des aléas (inondations, avalanches, chutes de blocs, mouvements de terrain...).

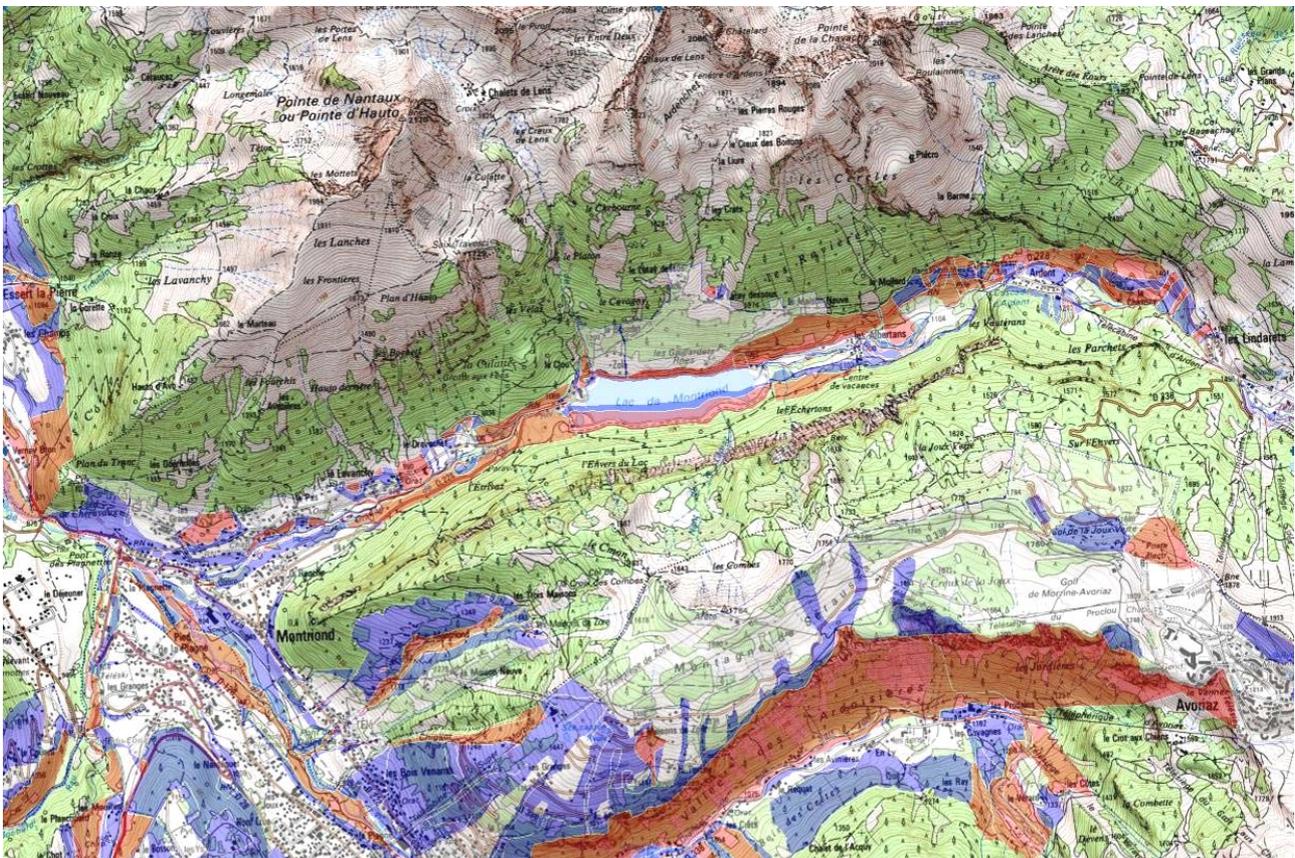


Figure 9 : Extrait du PPRn de Montriond (source : DREAL Rhône Alpes - CARMEN)

RAPPORT DE LA CAMPAGNE DE MESURES DE DEBITS

JUIN 2010 – JUIN 2011

Dans le cadre de la présente étude, dont l'objectif est de connaître précisément les données hydrologiques de référence de la Dranse de Montriond afin d'évaluer la faisabilité de prélèvements, une station d'enregistrement des débits (station hydrométrique) a été instrumentée et suivie entre Juin 2010 et Juin 2011, soit 13 mois au total et un cycle hydrologique complet.

L'objet du présent chapitre est de présenter les équipements installés ainsi que les données obtenues, dans le contexte hydrologique général observé pendant la période des mesures.

I PRESENTATION DE LA STATION DE MESURE

I.1 CHOIX DE LA SECTION

Le principe de la mesure hydrométrique est d'enregistrer en continu la hauteur d'eau au niveau d'une section du cours d'eau, et de la faire correspondre à un débit par un « calibrage » de la station (établissement d'une courbe hauteur – débit). En effet, en l'absence « d'influence aval » (par exemple vanne, ou plan d'eau dont le niveau varie artificiellement) sur l'écoulement, à une hauteur d'eau donnée correspond un unique débit, la géométrie de la section étant supposée invariable.

Autrement dit, pour le cas présent, il convenait de trouver une section de mesure, à proximité du lac de Montriond, avec les contraintes suivantes :

- section « stabilisée », la Dranse de Montriond étant un torrent, où les blocs en place sont suffisamment stables pour ne pas bouger en dehors d'épisodes hydrologiques exceptionnels
- section présentant une surface d'eau peu turbulente et avec une vitesse limitée, afin que la mesure de hauteur soit précise
- section permettant d'abriter les équipements de mesure et la surface d'eau de la neige, disponibilité d'une alimentation électrique pour éviter l'usage de batteries (problème des températures très basses en hiver)
- pas d'influence aval (au sens hydraulique) d'un ouvrage ou plan d'eau sur la section de mesure
- section accessible pour l'entretien hivernal et le suivi de la station tout au cours de la saison
- possibilité d'implanter une échelle limnimétrique,...

Aussi, en fonction de l'ensemble de ces contraintes et après concertation avec le maître d'ouvrage et les riverains, il a été décidé d'implanter la station de mesure au niveau du pont d'accès au parking, au lieu dit « Le bout du Lac », à proximité de l'hôtel restaurant. C'est cette section qui présente le plus de caractéristiques favorables. On se situe donc à l'amont immédiat du lac de Montriond, sans que toutefois il n'y ait d'influence aval du niveau du lac sur les caractéristiques de l'écoulement sous le pont (coupure hydraulique et écoulement torrentiel en aval). La présence de blocs plurimétriques en aval forme une petite « retenue » d'eau où la hauteur peut être mesurée avec précision (peu de turbulences).

Par ailleurs, l'armoire d'alimentation du capteur et l'enregistreur de données pouvaient disposer d'un branchement électrique à proximité immédiate, au niveau d'un petit chalet.



Figure 10 : Station de mesure hydrométrique

I.2 EQUIPEMENTS INSTALLES

La station d'enregistrement des débits a été instrumentée avec le matériel suivant :

- Sonde de mesure de hauteur RADAR modèle OTT RLS, installée sous le tablier du pont (la distance entre le capteur et la surface de l'eau est mesurée par des ondes radar – variation entre 2,5 et 3,5 m.)
- Enregistreur de données modèle OTT Duosens, avec prise de mesure toutes les 3 minutes et « moyennage » pour enregistrement tous les 15 minutes.
- Chaîne d'alimentation OTT avec protections électriques diverses et batterie de secours
- Echelle limnimétrique au droit de la section de mesure, contre la culée rive gauche du pont, permettant de vérifier l'absence de dérive des hauteurs mesurées et enregistrées.

Le calibrage de la station (établissement de la courbe hauteurs – débits) a été réalisé par plusieurs jaugeages au micromoulinet, effectués tout au long de la période d'observation par SAGE ENVIRONNEMENT. Il est présenté plus en détail dans le paragraphe II.



Figure 11 : Vue de la section de mesure



Figure 12 : Station d'alimentation / enregistrement des données

1.3 EXPLOITATION DE LA STATION – INCIDENTS

La station a été installée et mise en service le 2 juin 2010, par SAGE ENVIRONNEMENT. Nous avons ensuite effectué des visites régulières, afin d'effectuer les jaugeages nécessaires au calibrage de la station, de contrôler le bon fonctionnement de l'installation et de réparer les incidents lorsqu'il y en a eu (disjonction de l'alimentation électrique, mise à jour paramètres et firmware, problème et panne du capteur RLS en avril 2011 qui a finalement dû être remplacé).

La SERMA avait à sa charge le contrôle régulier et la récupération des données enregistrées sur un PC (logiciel OTT Hydras), le contrôle du limnimètre pour s'assurer de l'absence de dérive des valeurs, et l'entretien « hivernal » de la section de mesure, car en raison des températures très froides observées dans ce secteur et des importantes chutes de neige, il a été nécessaire de dégager la section à plusieurs reprises pour que les conditions d'écoulement restent similaires à celles observées en été (pas d'influence aval de « blocs » de neige ou de glace). Malgré des interventions très régulières, certaines données en période de grand froid ont été invalidées car manifestement influencées par la formation de glace.

Le tableau suivant reprend l'ensemble des interventions effectuées :

Date	Intervenant(s)	Opération réalisée
09/02/2010	SAGE ENV ^T SERMA	Première visite sur site afin de déterminer quelle section de mesure exploiter et quels moyens utiliser
25/05/2010	SAGE ENV ^T SERMA	Préparation de l'installation de la station – mètres divers, mise en place gaines, alimentation électrique...
02/06/2010	SAGE ENV ^T SERMA	Installation de la chaîne de mesure et d'enregistrement (capteur, armoire, câbles, échelle limnimétrique...) Mise en route des enregistrements, essais et réglages divers (calibrage du capteur, pas de temps d'acquisition,...), vérification du bon fonctionnement Jaugeage au micromoulinet pour calibrage station.
06/06/2010	SERMA	Contrôle station + récupération données
14/06/2010	SAGE ENV ^T	Visite contrôle installation Jaugeage au micromoulinet pour calibrage station.
24/06/2010	SERMA	Contrôle station + récupération données
30/06/2010	SERMA	Contrôle station + récupération données
03/07/2010	SERMA	Réarmement disjoncteur suite orage important
08/07/2010	SERMA	Contrôle station + récupération données
15/07/2010	SAGE ENV ^T	Réarmement disjoncteur suite orage Jaugeage au micromoulinet pour calibrage station.
20/07/2010	SERMA	Contrôle station + récupération données
29/07/2010	SERMA	Contrôle station + récupération données
12/08/2010	SERMA	Contrôle station + récupération données
31/08/2010	SERMA	Contrôle station + récupération données
09/09/2010	SERMA	Contrôle station + récupération données
13/09/2010	SAGE ENV ^T	Visite contrôle installation Jaugeage au micromoulinet pour calibrage station.
22/09/2010	SERMA	Contrôle station + récupération données
Octobre 2010	Cne Montriond SERMA	Travaux entretien et réparation sur le pont « Le Bout du Lac » Pas d'influence sur les mesures – contrôle SERMA
07/10/2010	SERMA	Contrôle station + récupération données
21/10/2010	SERMA	Contrôle station + récupération données
09/11/2010	SERMA	Contrôle station + récupération données
22/11/2010	SERMA	Contrôle station + récupération données
28/11/2010	SERMA	Déneigement station
05/12/2010	SERMA	Déneigement station
07/12/2010	SERMA	Contrôle station + récupération données
20/12/2010	SERMA	Déneigement station
22/12/2010	SERMA	Contrôle station + récupération données
27/12/2010	SERMA	Déneigement station
28/12/2010	SERMA	Déneigement station
29/12/2010	SERMA	Déneigement station
31/12/2010	SERMA	Contrôle station + récupération données Détection problèmes enregistrement (dérive valeurs)
02/01/2011	SERMA	Déneigement station
04/01/2011	SERMA	Déneigement station
06/01/2011	SAGE ENV ^T	Visite contrôle installation Déneigement station Reprogrammation enregistreur et calibrage capteur
13/01/2011	SERMA	Contrôle station + récupération données
19/01/2011	SERMA	Contrôle station + récupération données
20/01/2011	SERMA	Déneigement station
23/01/2011	SERMA	Déneigement station
24/01/2011	SERMA	Déneigement station
26/01/2011	SERMA	Déneigement station
28/01/2011	SERMA	Déneigement station

Date	Intervenant(s)	Opération réalisée
30/01/2011	SERMA	Déneigement station
01/02/2011	SERMA	Déneigement station
02/02/2011	SERMA	Déneigement station Contrôle station + récupération données
03/02/2011	SERMA	Déneigement station
05/02/2011	SERMA	Déneigement station
16/02/2011	SERMA	Contrôle station + récupération données
05/03/2011	SERMA	Contrôle station + récupération données
11/03/2011	SAGE ENV ^T	Visite contrôle installation Jaugeage au micromoulinet pour calibrage station.
20/03/2011	SERMA	Contrôle station + récupération données
06/04/2011	SERMA	Contrôle station + récupération données Détection problèmes enregistrement (plus de valeurs)
07/04/2011	SAGE ENV ^T	Visite contrôle installation Reprogrammation enregistreur - calibrage capteur sans succès Envoi informations techniques au fabricant OTT
12/04/2011	SAGE ENV ^T SERMA	Mise à jour des firmware du capteur radar OTT RLS et de l'enregistreur Duosens vers les dernières versions à jour Essais divers pour contrôler l'installation et tenter de remettre en service le capteur Radar – sans succès.
15/04/2011	SAGE ENV ^T	Démontage et remplacement du capteur radar RLS Reprogrammation de la nouvelle sonde et de l'enregistreur pour homogénéité des données. Remise en service de l'enregistrement, tests et essais divers. Jaugeage au micromoulinet pour calibrage station.
19/04/2011	SERMA	Contrôle station + récupération données
26/04/2011	SERMA	Contrôle station + récupération données
10/05/2011	SERMA	Contrôle station + récupération données
23/05/2011	SERMA	Contrôle station + récupération données
08/06/2011	SAGE ENV ^T	Visite contrôle installation Jaugeage au micromoulinet pour calibrage station.
18/06/2011	SERMA	Contrôle station + récupération données
30/06/2011	SERMA	Contrôle station + récupération données Mise hors circuit du coffret d'alimentation – arrêt enregistrement
01/07/2011	SAGE ENV ^T	Démontage de l'ensemble de la chaîne de mesure : capteur et armoire d'alimentation / enregistrement. Les câbles, gaines ainsi que l'échelle limnimétrique sont laissés en place.

Tableau 7 : Opérations de suivi et de contrôle de la station

I.4 DONNEES ENREGISTREES

Le capteur de hauteur a enregistré pendant toute la période de mesures la hauteur de la surface de l'eau par rapport à celui-ci ; ces données ont ensuite été recalées par rapport à l'échelle limnimétrique mise en place au droit de la station de mesures, par la formule suivante :

$$H_{\text{limni}} = (3,69 - H_{\text{Sonde RLS}}) \times 100$$

Cette formule permettait ainsi, lors de chaque visite de contrôle et par lecture conjointe de la valeur du capteur ainsi que du niveau sur l'échelle, de vérifier l'absence de dérive des valeurs enregistrées.

Aussi, lorsque le capteur a été recalibré en janvier 2010 et lors de son remplacement en avril 2011, les données enregistrées ont également été « recalées » afin que l'ensemble des enregistrements soient cohérents et justes.

La lecture du niveau de l'eau est effectuée par le capteur radar toutes les 30 secondes environ, qui transmet à l'enregistreur une donnée moyennée toutes les 3 minutes.

L'enregistreur (OTT Duosens) de son côté effectue une moyenne des valeurs toutes les 15 minutes et stocke cette valeur ; les données sont donc acquises et mémorisées suivant ce pas de temps.

L'ensemble des données représente un fichier de 37 750 valeurs enregistrées au cours de la période de mesures.

Pour les analyses hydrologiques présentées dans le chapitre suivant, nous avons ensuite synthétisé ces données pour en extraire des débits et volumes horaires, journaliers et mensuels.

L'ensemble des limnigrammes (enregistrement hauteur/temps) est présenté en annexe 1.

II ETALONNAGE DE LA STATION HYDROMETRIQUE

Afin de faire correspondre aux valeurs de niveau d'eau enregistrées sur la Dranse de Montriond des valeurs de débit, il est nécessaire d'effectuer un « étalonnage » ou « tarage » de la station. Cela consiste à effectuer des jaugeages (mesures du débit) à différents niveaux d'eau ; on peut alors établir une courbe de relation hauteur / débit pour la section de mesure, celle-ci étant univoque en l'absence d'influences hydrauliques « externes » (bouchon de neige, influence d'un plan d'eau en aval, ... etc) et de variation de la géométrie, ce qui était bien le cas pour la Dranse de Montriond à l'entrée du lac.

7 jaugeages au total ont été effectués sur la période de mesures, à différents niveaux d'eau, afin de déterminer la courbe ; les débits jaugés correspondent à des valeurs faibles à moyennes au regard de l'hydrologie générale du cours d'eau ; toutefois, la problématique finale de l'étude étant une possibilité de prélèvement, ce sont les faibles débits et les régimes d'étiage qu'il convient de connaître avec précision, le comportement du cours d'eau en crue étant donné ici pour mémoire.

II.1 MATERIEL ET PROTOCOLE DE MESURE

II.1.1 PRINCIPE DES MESURES REALISEES AU MICROMOULINET

Cette méthode, dite « d'exploration du champ de vitesses », consiste à relever en différents points d'une section transversale du cours d'eau les vitesses de courant, puis d'intégrer ces valeurs élémentaires sur l'ensemble de la section afin d'en déterminer le débit total ($\text{Débit} = \text{Vitesse} \times \text{Section}$), tout en prenant en compte les « effets de bord », au niveau des berges et du fond du lit (ralentissement de l'écoulement).

Les mesures sont réalisées en « point par point », sur plusieurs verticales judicieusement choisies dans la section de mesure.

Pour mettre en œuvre cette méthode, il est nécessaire de disposer d'une section de cours d'eau où les écoulements sont aussi laminaires et uniformes que possible (pas de recirculation d'eau, pas de ressaut hydraulique, pas de variations pulsatoires de la lame d'eau) et où la profondeur est partout d'au moins 4 à 5 cm.



Figure 13 : Mesure de débit au micromoulinet

Au niveau de chaque verticale (repérée en abscisse dans la section grâce à un décamètre), la profondeur d'eau totale est mesurée, et la vitesse est déterminée en différents points sur cette verticale (près du fond, près de la surface, puis de façon régulière entre ces points).

Les vitesses sont déterminées grâce à une hélice calibrée, dont on mesure le nombre de tours en un temps de comptage déterminé (ici 30 secondes).

L'ensemble des valeurs mesurées sur le terrain sont ensuite saisies dans un logiciel qui détermine, par intégration des valeurs et par extrapolation au niveau du fond et des berges le débit total de la section jaugée.

II.1.2 MATERIEL UTILISE

Le moulinet suivant a été utilisé lors des jaugeages :

- moulinet de type OTT-C2
 - hélice n°3 de diamètre 50 mm, pas de 0,25, n°195067, dernier calibrage en date du 30/04/2009
 - hélice n°1 de diamètre 50 mm, pas de 0,05, n°272465, dernier calibrage en date du 18/02/2011

L'hélice était montée sur une perche de diamètre 20 mm. Le compteur utilisé est un compteur Z30 de la marque OTT.

L'exploitation des valeurs mesurées (vitesses de courant et dimensions) a été réalisée à l'aide du logiciel « BAREME » produit par la DIREN Rhône Alpes.

II.1.3 PRECISION DE LA MESURE

La détermination des hauteurs d'eau sur chaque verticale de mesure est donnée à ± 1 cm, ce qui représente 10 % environ de précision relative compte tenu des profondeurs mises en jeu (entre 5 et 50 cm le plus fréquemment).

Les vitesses sont elles déterminées avec une précision de 5 % environ, compte tenu du calibrage précis de l'hélice, réalisé en laboratoire.

Finalement, les valeurs de débits fournies par la suite seront données avec une précision de $\pm 10\%$. En effet, lorsque les profondeurs sont importantes, les vitesses sont plus faibles et réciproquement ; considérant que plus les valeurs mesurées sont élevées, plus l'erreur relative de mesure est faible, une précision moyenne de 10% sur les valeurs de débits peut valablement être retenue.

II.2 RESULTATS DES JAUGEAGES EFFECTUES

Un total de 7 jaugeages a été réalisé pendant toute la période d'enregistrement des niveaux de la Dranse de Montriond. Les résultats principaux sont fournis ci après, le détail des dépouillements des données de terrain sont visibles en annexe 2.

II.2.1 SECTIONS DE MESURES

Selon les débits observés, différentes sections du cours d'eau ont été utilisées pour mesurer le débit. Ces sections étaient légèrement déportées de la station de mesure du capteur RLS, mais sans que cela n'ait d'importance en l'absence d'apports intermédiaires. Le lit présente en effet de nombreux blocs, rendant parfois délicats les jaugeages.

La section n°1 a été utilisée pour les faibles débits, car c'était la moins large. Elle se situe à l'amont immédiat du pont du Bout du Lac.



Figure 14 : Section 1 de jaugeage - faibles débits (amont immédiat du pont)

La section n°2 a été utilisée une seule fois, pour un débit « moyen-fort ». Elle se situe dans la Dranse de Montriond, à mi chemin entre le pont d'accès au parking du Bout du Lac et la passerelle piétonne située au niveau du débouché dans le lac.

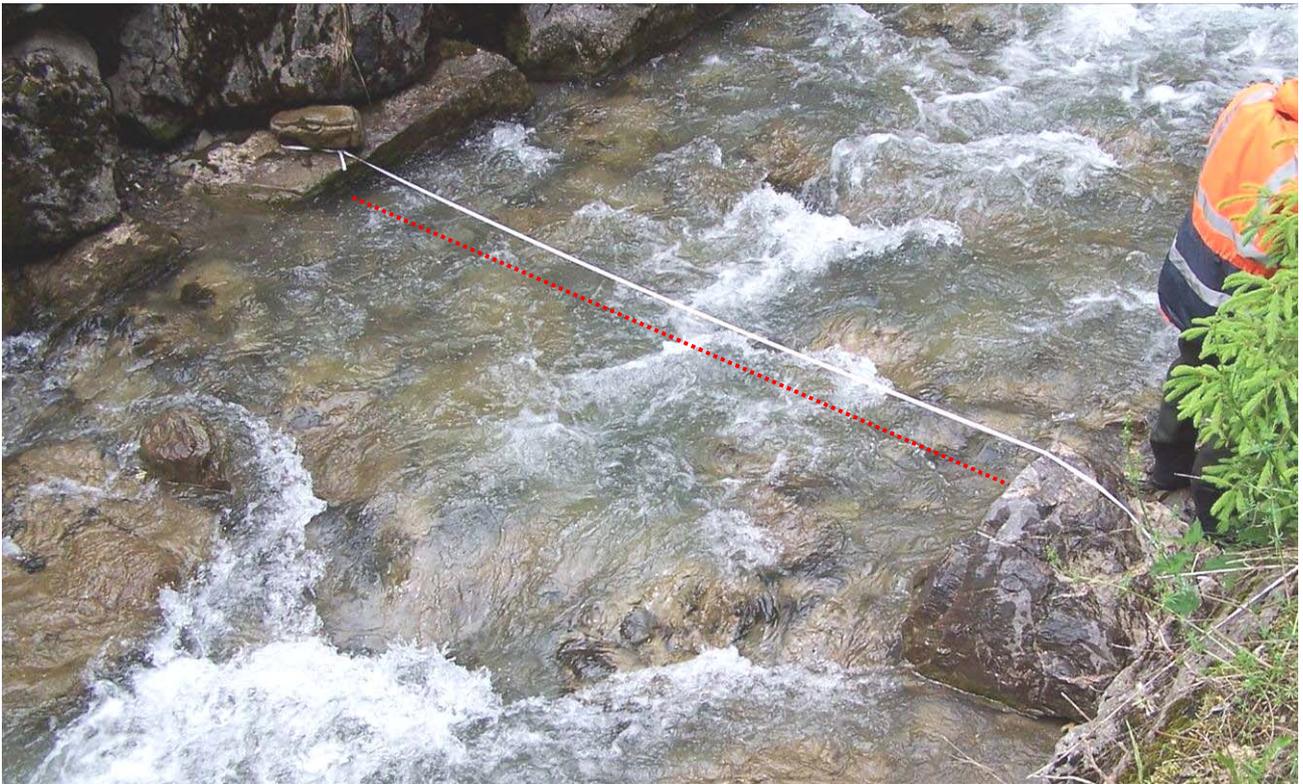


Figure 15 : Section 2 de jaugeage - forts débits (environ 25 mètres en aval de la station de mesure)

Enfin, la dernière station utilisée, pour les débits moyens à forts, se situait au droit de la passerelle piétonne soit environ 50 mètres en aval de la station d'enregistrement.



Figure 16 : Section 3 de jaugeage - moyens à forts débits (environ 50 mètres en aval de la station de mesure)

II.2.2 RESULTATS DES JAUGEAGES

Les résultats principaux des jaugeages sont donnés ici ; le détail des dépouillements est visible en annexe 2.

Date du jaugeage	Débit mesuré l/s	Interv. confiance 10 %	Hauteur sonde RLS m.	Niveau sur limnimètre cm	Section utilisée pour la mesure	Conditions hydrologiques
02/06/2010 18h50	1340	[1206 ; 1474]	3,21	48	Section 3	Fonte nivale
14/06/2010 15h30	897	[807 ; 987]	3,28	41	Section 2	Précipitations
15/07/2010 14h55	283	[255 ; 311]	3,39	30	Section 1	Début étiage estival
13/09/2010 16h05	125	[113 ; 138]	3,44	25	Section 1	Etiage estival
11/03/2011 10h50	125	[113 ; 138]	3,44	25	Section 1	Etiage hivernal
15/04/2011 14h10	476	[428 ; 524]	3,33	36	Section 3	Fonte nivale

Tableau 8 : Résultats des jaugeages effectués pour l'étalonnage

Un autre jaugeage a été réalisé le 8 juin 2011 par des conditions fortement pluvieuses, mais il n'a pas été conservé pour l'établissement de la courbe d'étalonnage, en raison d'une incertitude trop forte sur le résultat, le niveau du cours d'eau ayant varié au cours de la mesure.

Graphiquement, les points obtenus se placent ainsi (les barres représentent l'intervalle de confiance) :

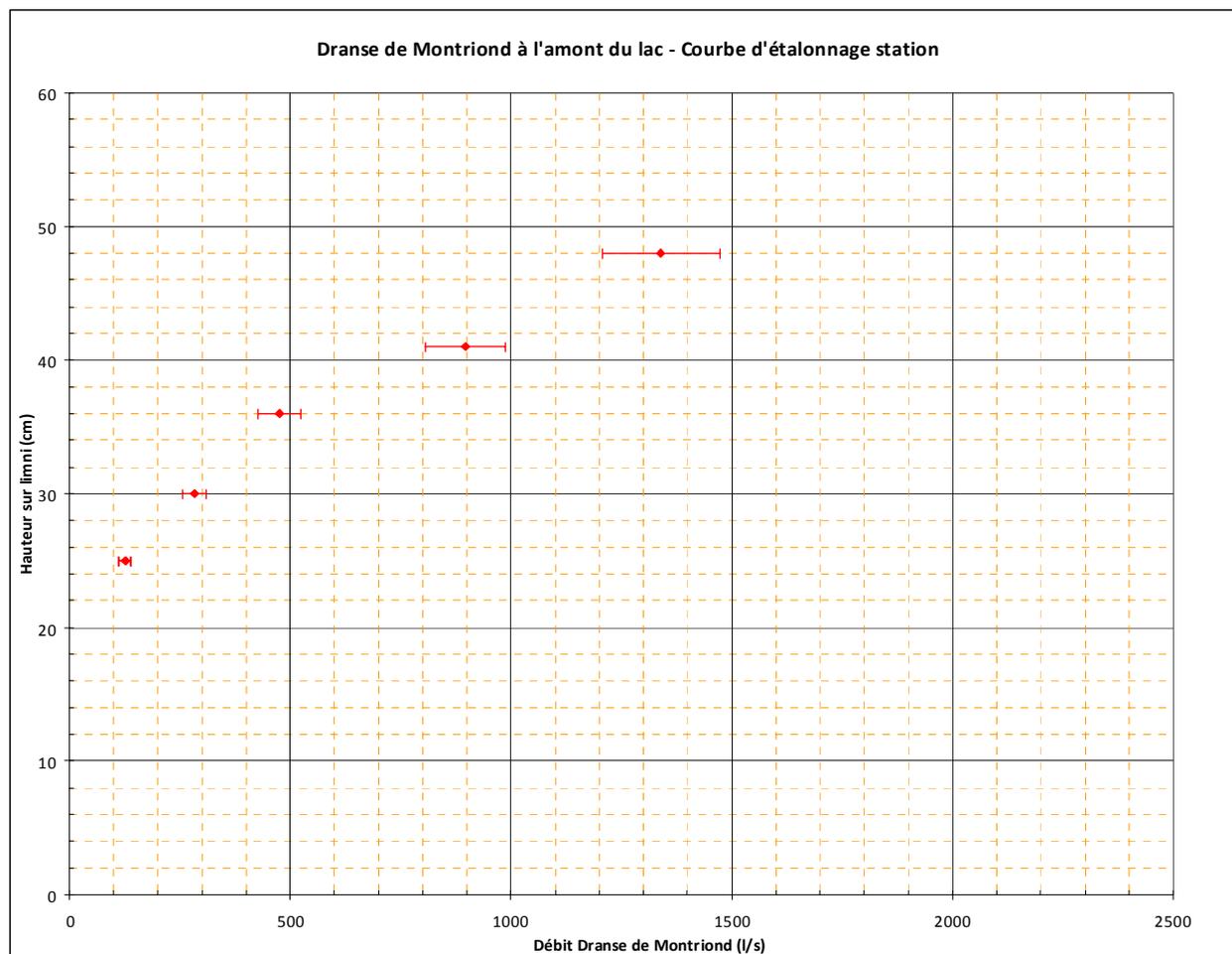


Figure 17 : Résultats des jaugeages réalisés

On observe sur le graphique précédent que les points se répartissent bien suivant une courbe, que nous allons étudier plus en détail par la suite afin de d'établir des valeurs intermédiaires.

II.3 ETABLISSEMENT DE LA COURBE DE TARAGE

II.3.1 METHODOLOGIE

Les jaugeages ont été réalisés de façon à encadrer au mieux la gamme de débits ciblés par l'étude (débits moyens à faibles).

Il est nécessaire toutefois, pour connaître les valeurs intermédiaires et pour évaluer, par extrapolation, les débits situés hors de la gamme connue, d'établir une courbe à partir des « points pivots » présentés ci avant.

Dans le paragraphe suivant, la lettre « Q » représente le débit du cours d'eau, la lettre « H » la hauteur lue sur le limnimètre, et les lettres a, b, c, m,... des coefficients numériques à définir pour chacun des calculs présentés.

Plusieurs méthodes peuvent être employées pour établir cette courbe :

- Soit une interpolation « linéaire », à base de segments de droite : cette méthode peut convenir à l'intérieur de la gamme des débits mesurés, mais ne permet aucune extrapolation en dehors, d'autant plus que la loi hauteur/débit est manifestement non linéaire d'après le graphique précédent (les points ne sont pas alignés).
- Soit une interpolation mathématique « pure » plus complexe sur les points obtenus, à partir d'une loi « puissance » (de forme $Q = a \times H^b$ avec deux coefficients a et b à déterminer) ou « polynôme d'ordre 2 » (de forme $Q = a \times H^2 + b \times H + c$). Cette méthode permet d'obtenir une courbe bien corrélée avec les points de mesure, mais n'a pas de réalité « physique » en terme d'hydraulique ; aussi en dehors de la gamme explorée, rien ne permet d'affirmer que ces courbes sont valides
- Soit une recherche d'une loi d'hydraulique permettant d'expliquer la relation hauteur / débit dans la section de mesure, que l'on recalc ensuite plus précisément à partir des mesures effectuées. On peut alors extrapoler des débits pour des hauteurs situées en dehors de la gamme explorée, même s'il faut rester prudent sur les valeurs annoncées ; si les ordres de grandeur sont justes, la valeur précise ne peut être connue que par des jaugeages complémentaires.

Aussi, pour la Dranse de Montriond, ces trois méthodes ont été explorées afin d'établir une courbe aussi réaliste et précise que possible.

Concernant le « fonctionnement hydraulique » des écoulements au droit de la station, on remarque la présence d'un alignement de blocs importants en aval immédiat du pont (cet « épi » permet d'ailleurs le ralentissement des écoulements à l'amont d'où la mise en place de la station de mesure de hauteur d'eau à ce niveau). On peut donc assimiler la loi hauteur / débit au droit du pont à celle que l'on observe à l'amont d'un seuil, donnée par la loi de Bazin. Cette relation exprime le débit sur un seuil à partir des caractéristiques géométriques de celui-ci et de la charge amont au-dessus de la crête du seuil. Elle utilise comme hypothèse la présence d'un plan d'eau en amont immédiat du seuil (vitesses de courant négligeables en comparaison avec celles de l'eau au droit du seuil)⁴ :

$$Q = mL\sqrt{2gH^3}, \text{ avec :}$$

⁴ *Hydraulique Générale et Appliquée, M. Carlier, ed. Eyrolles*

- m : coefficient de débit au passage du seuil, généralement compris entre 0,3 et 0,5
- L : largeur de la crête du seuil (m)
- g : constante de gravité universelle ($9,81 \text{ N.kg}^{-1}$)
- H : charge hydraulique au-dessus du niveau de la crête du seuil (en mCE)

Pour que cette formule soit valable, l'écoulement doit présenter une « coupure hydraulique » entre l'aval et l'amont du seuil, autrement dit l'aval ne doit pas influencer l'amont au passage du seuil (écoulement dénoyé), ce qui est bien le cas ici, en raison de l'augmentation importante de la pente du cours d'eau en aval de l'épi rocheux (écoulement torrentiel).

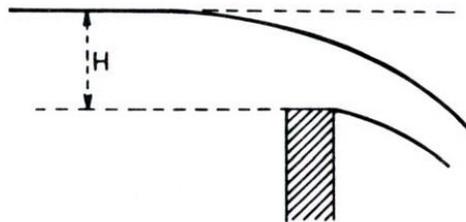


Figure 18 : Comportement de la lame d'eau au passage du seuil

Dans le cas de la Dranse de Montriond, la crête du seuil n'est pas régulière, puisque formée par un ensemble de blocs ; par ailleurs, pour les faibles niveaux d'eau, l'écoulement se fait préférentiellement du côté de la rive droite, où la hauteur des blocs est moindre.

Afin de recalculer cette loi de débitance sur les jaugeages effectués, cet épi rocheux a finalement été assimilé à un seuil à « échancrure » (pour prendre en compte le passage plus important en rive droite), aux dimensions suivantes :

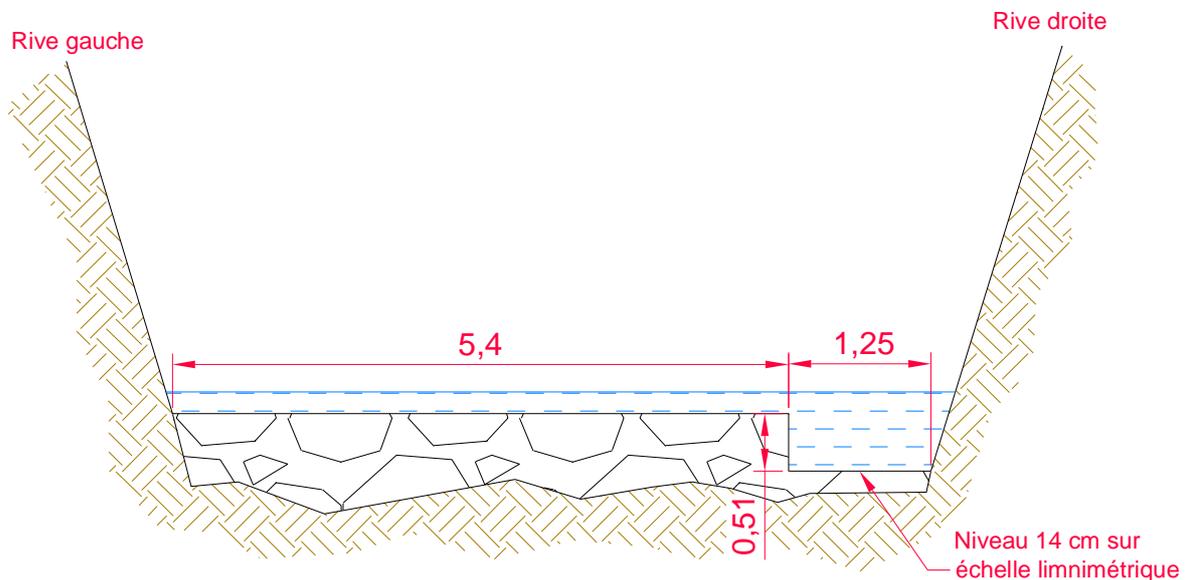


Figure 19 : Section « modélisée » pour représenter les conditions réelles d'écoulement

Le coefficient de débit « m » retenu pour la loi recalculée est de 0,38, ce qui représente une valeur tout à fait conforme aux préconisations de la littérature spécialisée.

On obtient ainsi une loi hauteur / débit qui se rapproche des débits mesurés (toujours située à l'intérieur des intervalles de confiance sur les valeurs des jaugeages).

Ces différentes lois d'interpolation des points sont reprises dans le graphique suivant :

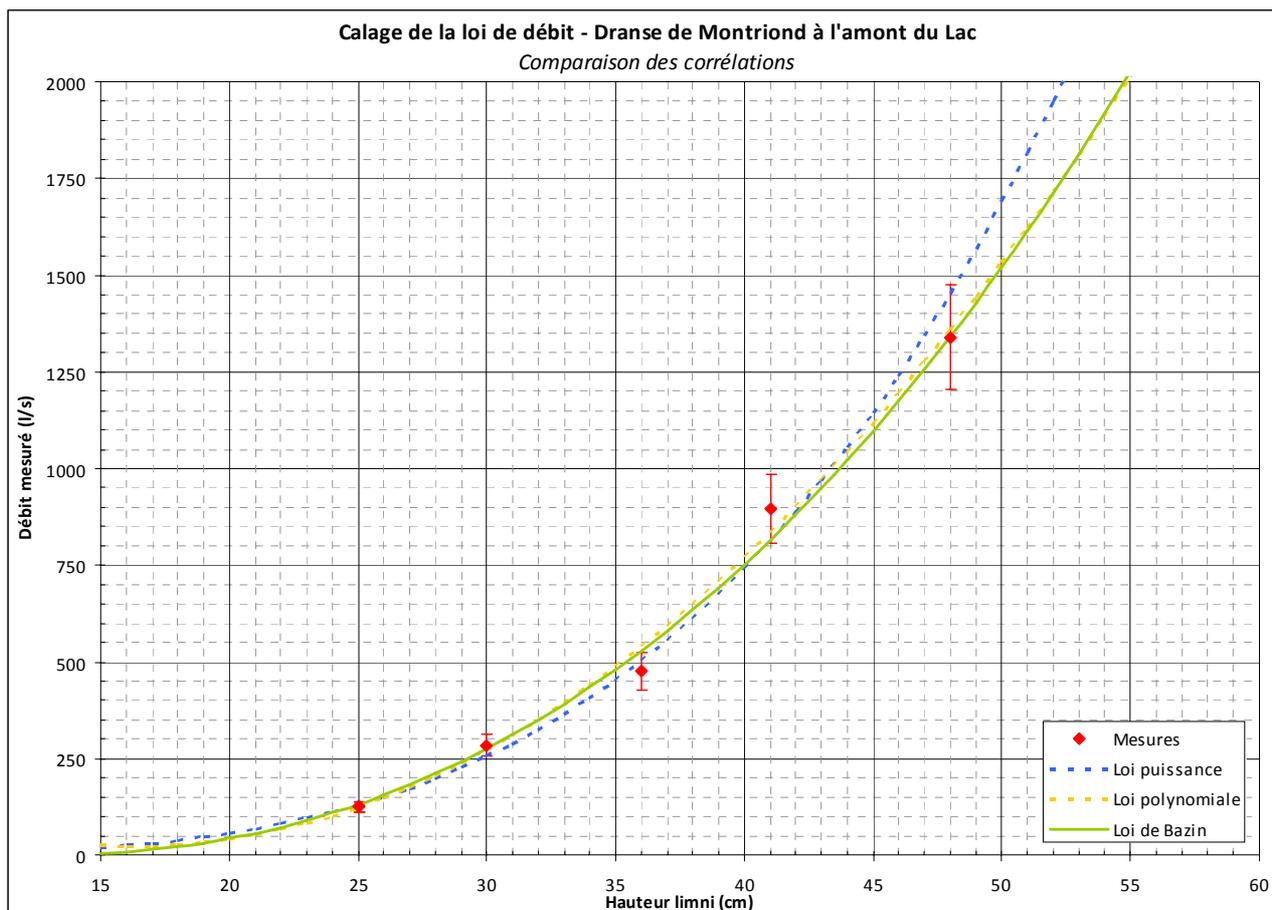


Figure 20 : Comparaison des lois d'interpolation des mesures de débit

II.3.2 COURBE RETENUE ET POINTS PIVOTS

A partir des différentes méthodes exposées ci avant, la courbe « Hauteur – Débit » retenue pour la station de la Dranse de Montriond a été établie par combinaison :

- de l'analyse hydraulique à partir d'une loi de Bazin (loi de « seuil »)
- d'un recalage de la loi précédente pour chacun des points de mesure réalisés (la loi n'étant que « théorique », elle ne tient pas compte de la géométrie réelle et fine de l'épis rocheux qui forme un seuil)
- d'interpolations linéaires entre ces différents recalages pour obtenir une courbe « continue » et sans rupture de pente importante.

On retiendra finalement les valeurs et la courbe données ci après.

NOTA : La courbe est également reprise en annexe 3. Elle permet au maître d'ouvrage de connaître en temps réel le débit de la Dranse de Montriond au droit du pont, l'échelle limnimétrique ayant été laissée en place.

Attention toutefois, cette courbe n'est valable qu'en l'absence de modification notable du lit du cours d'eau (érosion ou engravement suite à une forte crue) et sans « influence aval » (embâcle proche du pont, bouchon de neige ou de glace...).

Sa validité est affirmée pour des hauteurs allant entre 20 et 50 cm sur l'échelle limnimétrique ; en dehors de cette gamme, les valeurs sont à utiliser comme ordres de grandeur.

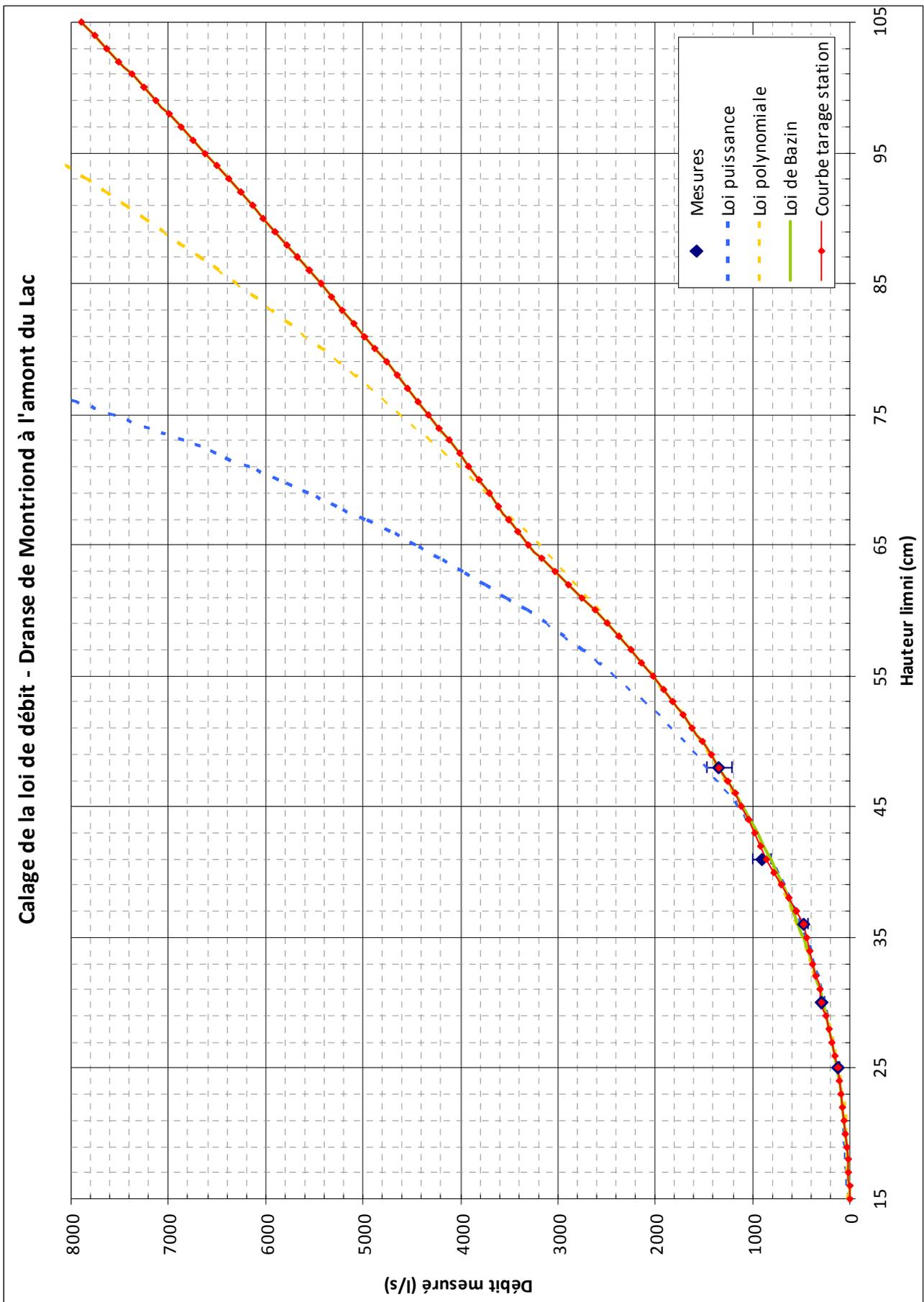


Figure 21 : Courbe d'étalonnage retenue pour la station sur la Dranse de Montriond

Les valeurs numériques associées à la courbe précédente sont les suivantes :

Hauteur sur limni <i>cm</i>	Débit Dranse Montriond <i>l/s</i>						
15	2	35	444	55	2027	75	4330
16	7	36	476	56	2138	76	4437
17	13	37	551	57	2254	77	4545
18	21	38	626	58	2373	78	4654
19	31	39	700	59	2496	79	4763
20	43	40	775	60	2622	80	4874
21	57	41	850	61	2752	81	4985
22	72	42	915	62	2886	82	5097
23	90	43	980	63	3024	83	5210
24	108	44	1045	64	3156	84	5323
25	125	45	1109	65	3310	85	5438
26	154	46	1174	66	3408	86	5553
27	182	47	1256	67	3507	87	5669
28	211	48	1340	68	3607	88	5786
29	247	49	1428	69	3707	89	5904
30	283	50	1520	70	3809	90	6022
31	311	51	1614	71	3911	91	6141
32	349	52	1712	72	4015	92	6261
33	381	53	1813	73	4119	93	6382
34	412	54	1918	74	4224	94	6504

Tableau 9 : Points pivots de la courbe de tarage de la station hydrométrique

Les valeurs indiquées en italique sont extrapolées

II.3.3 VALIDITE DE LA COURBE DE TARAGE

Il n'y a pas eu de grosse crue au cours de la période de mesures, aussi la géométrie de la section de mesure est restée stable (seul un bloc en rive droite est manifestement tombé de la protection de berge, légèrement en aval du pont – visible sur la figure suivante) mais son influence est vraisemblablement négligeable, ce qui est confirmé par le fait que deux jaugeages (13/09/2010 et 11/03/2011) réalisés pour le même niveau d'eau, avant et après ce changement, ont donné des résultats identiques.

La courbe de tarage proposée ici peut donc être appliquée pour l'ensemble de la période de mesures en 2010/11, hors périodes de gel et pourra être utilisée par le maître d'ouvrage, à l'avenir, tant qu'aucune crue morphogène n'aura provoqué d'érosion ou d'engravement notable au droit du pont ainsi qu'en aval proche.

Les figures suivantes illustrent la configuration et l'évolution de la section de mesures durant la période de mesures réalisées en 2010/11.

Juin 2010 :



Avril 2011 :



Figure 22 : Variation de la section de mesures en 2010/2011

III HYDROLOGIE PARTICULIERE DE LA PERIODE DES MESURES

III.1 DONNEES METEOROLOGIQUES

Pour évaluer la représentativité des mesures enregistrées sur la Dranse de Montriond par rapport à ce que sont les valeurs « moyennes » supposées, il faut maintenant s'intéresser au contexte hydrologique particulier de la période de juin 2010 à juin 2011.

En effet, cette période s'est caractérisée par les principaux faits suivants :

- Eté 2010 relativement sec (excepté le mois d'août) de juin à octobre,
- Mois de novembre et décembre 2010 humides, avec un mois de décembre particulièrement froid
- Longue période de sécheresse avec des températures élevées de janvier à mai 2011
- Cumuls de neige faibles à très faibles pour l'hiver 2010/11 et période de fonte nivale très courte.

Sont fournis en annexe 4 les relevés journaliers complets des températures et précipitations observées sur les postes météorologiques des Gets et du Plenay, sur toute la période de juin 2010 à juin 2011. Ces données permettent d'interpréter les variations de débit observées sur la Dranse de Montriond, et ainsi de déterminer l'origine pluviale ou nivale de tel ou tel épisode hydrologique.

III.1.1 TEMPERATURES OBSERVEES

La figure suivante présente une comparaison avec les valeurs « normales » des températures moyennes mensuelles (mini, moyenne et maxi) observées aux Gets (altitude 1172 m.)

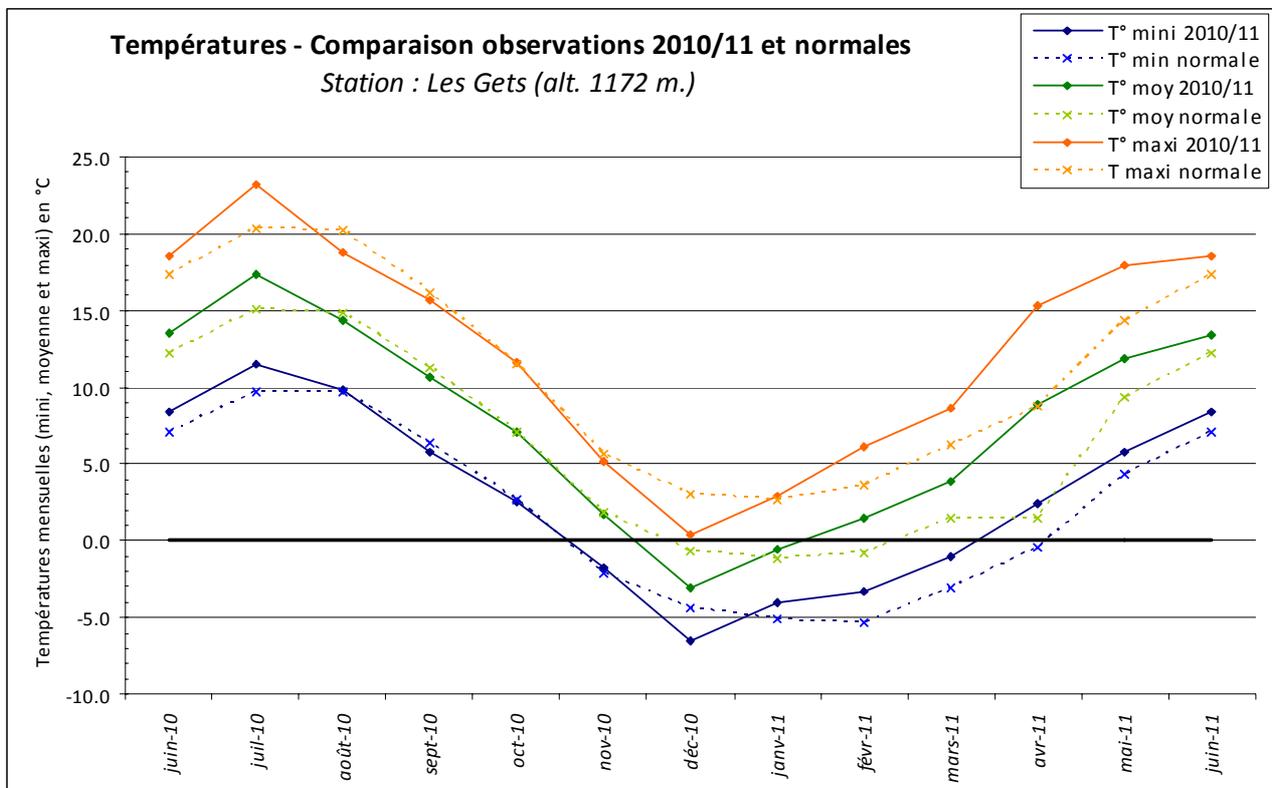


Figure 23 : Comparaison des températures observées aux Gets avec les normales

Numériquement, les valeurs du graphique précédent sont les suivantes :

	juin-10	juil.-10	août-10	sept.-10	oct.-10	nov.-10	déc.-10	janv.-11	févr.-11	mars-11	avr.-11	mai-11	juin-11
T° mini 2010/11	8,4	11,5	9,9	5,7	2,6	-1,7	-6,5	-4,1	-3,4	-1,0	2,5	5,7	8,4
T° mini normale	7,1	9,7	9,7	6,4	2,7	-2,1	-4,4	-5,1	-5,3	-3,1	-0,5	4,3	7,1
Ecart au mini	+1,3°C	+1,8°C	+0,2°C	-0,7°C	-0,1°C	+0,4°C	-2,1°C	+1,0°C	+1,9°C	+2,1°C	+3,0°C	+1,4°C	+1,3°C
T° moy 2010/11	13,5	17,3	14,3	10,7	7,1	1,7	-3,0	-0,6	1,4	3,8	8,9	11,8	13,5
T° moy. normale	12,2	15,1	14,9	11,3	7,1	1,8	-0,7	-1,2	-0,8	1,5	1,5	9,3	12,2
Ecart à la moyenne	+1,3°C	+2,2°C	-0,6°C	-0,6°C	-0,0°C	-0,1°C	-2,3°C	+0,6°C	+2,2°C	+2,3°C	+7,4°C	+2,5°C	+1,3°C
T° maxi 2010/11	18,5	23,2	18,8	15,7	11,6	5,2	0,4	2,9	6,2	8,6	15,4	17,9	18,6
T° maxi normale	17,3	20,4	20,2	16,2	11,5	5,7	3,0	2,7	3,6	6,2	8,8	14,4	17,3
Ecart au maxi	+1,2°C	+2,8°C	-1,4°C	-0,5°C	+0,1°C	-0,5°C	-2,6°C	+0,2°C	+2,6°C	+2,4°C	+6,6°C	+3,5°C	+1,3°C

Tableau 10 : Comparaison des valeurs des températures observées aux Gets avec les normales

Sur le tableau précédent, on remarque :

- des températures particulièrement élevées pour le début d'été 2010 et pour toute la période de janvier à juin 2011 (cette période ayant été particulièrement chaude pour l'ensemble du pays)
- une période proche des normales pour la période août à novembre 2010,
- un mois de décembre 2010 très froid mais qui cache en réalité des variations de températures très importantes (voir en annexe 4).



Figure 24 : Station de mesure au mois de mars 2011

III.1.2 PRÉCIPITATIONS OBSERVEES

Le graphique suivant reprend une comparaison avec les valeurs « normales » de la station des cumuls mensuels de précipitations observés au Plenay (Morzine) à l'altitude 1515 m.

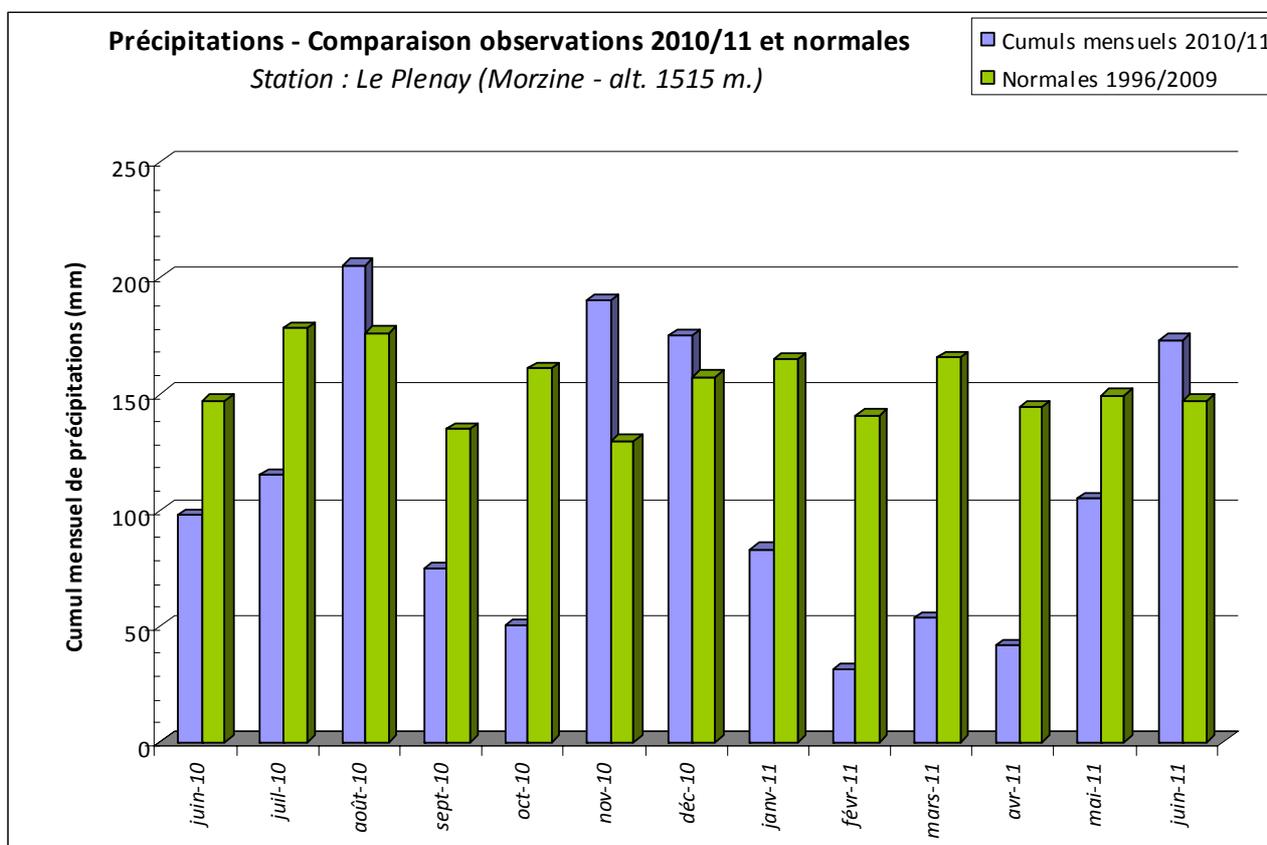


Figure 25 : Comparaison des cumuls de précipitations à Morzine avec les normales

Numériquement, on a les données suivantes :

en mm	juin-10	juil.-10	août-10	sept.-10	oct.-10	nov.-10	déc.-10	janv.-11	févr.-11	mars-11	avr.-11	mai-11	juin-11
Cumul observé	97,7	114,9	205,7	74,6	50,1	190,2	175,5	83,1	31,3	53,1	41,5	104,8	173,2
Normale	147,1	178,4	176,4	134,9	160,9	129,7	157,4	165	140,8	165,7	144,3	149,5	147,1
Rapport	66%	64%	117%	55%	31%	147%	111%	50%	22%	32%	29%	70%	118%

Tableau 11 : Comparaison des valeurs de cumuls de précipitations à Morzine avec les normales

Les faits marquants sont les suivants :

- Le début de l'été 2010 se montre assez sec, et ce déficit s'accroît jusqu'au mois d'octobre, exception faite du mois d'août plus humide que la normale.
- Les mois de novembre et décembre 2010 sont assez humides, avec de nombreuses précipitations soit sous forme pluvieuse ou neigeuse (fortes variations des températures)
- On observe ensuite une longue période de sécheresse, de janvier à mai 2011, à l'origine d'un déficit important de neige (voir paragraphe suivant)
- Le mois de juin 2011 présente un retour à des valeurs plus proches des normales, avec un léger excédent de précipitations.

Pour les mois d'hiver, la réaction du cours d'eau aux précipitations dépend également du facteur « température » car une partie des précipitations se font sous forme neigeuse et ne sont restituées que partiellement et plus tard dans la saison. Il n'y donc pas nécessairement de relation directe entre le caractère « humide » d'un mois ci-dessus et les débits observés.

En revanche, pour les mois d'avril/mai à octobre généralement, le rapport des précipitations observées à la normale est un bon indicateur pour la représentativité du débit moyen mensuel du cours d'eau, bien qu'il faille également prendre en compte la fonte nivale (peu présente cette année) qui augmente les débits pendant les mois d'avril à juin principalement (restitution « retardée » des précipitations hivernales). Cette méthode sera exploitée au chapitre suivant, afin de reconstituer l'hydrologie de référence de la Dranse de Montriond.

III.1.3 ENNEIGEMENT AU COURS DE L'HIVER 2010/11

Concernant l'enneigement au cours de l'hiver 2010/2011, on peut retenir les faits suivants :

Le début de l'enneigement est précoce. Dès l'automne, les premières offensives de la neige semblent de bon augure. Fin novembre, un manteau neigeux s'est constitué en montagne, d'épaisseur conforme aux valeurs normales au-dessus de 1800 à 2000 m.

Pendant le mois de décembre, quelques perturbations se succèdent alternant entre de la neige à basse altitude et des épisodes de pluie jusqu'à plus de 2000 m. Ainsi, avant les vacances de Noël, l'enneigement est devenu faible vers 1200/1500m et toujours inférieur aux moyennes jusque vers 2500 m. Au-dessus de 2500 m, l'enneigement est alors tout juste conforme aux moyennes mais très irrégulier, conséquence de nombreux épisodes de vent fort.

En janvier et février, de solides conditions météorologiques anticycloniques s'établissent durablement. En conséquence, mi-février, à la veille des vacances d'hiver, l'enneigement est nettement déficitaire sur l'ensemble des Alpes du Nord, même sur les secteurs de haute altitude. Fin février, l'enneigement est l'un des plus faibles pour cette époque de l'année. Toutefois, la neige a persisté à assez basse altitude dans tous les versants ombragés et les fonds de vallon, les départs à skis sont généralement possibles dès 1000 à 1200 m. En revanche, les pentes bien exposées au soleil sont le plus souvent déneigées jusqu'à 2200 à 2400 m. Le mois de mars connaît quelques passages perturbés d'activité très inégale, insuffisants pour combler le retard accumulé.

En avril des conditions printanières très soutenues provoquent une érosion rapide du manteau neigeux et, en de nombreux points de mesures, on avait rarement connu de fin d'enneigement aussi précoce. En mai, la fonte s'est poursuivie sous l'effet d'un temps chaud et assez sec, maintenant en altitude des valeurs d'enneigement remarquablement faibles.

La principale cause de cet enneigement très déficitaire tout au long de la saison est la sécheresse remarquable de l'hiver. Le déficit de précipitation sur les 5 mois de décembre à avril varie de 35 à 50% selon les massifs. Pour tous les massifs des Alpes du Nord, cette période 2010/2011 se situe parmi les 7 plus sèches depuis 50 ans. Pour les Pré-Alpes, elle se situe parmi les 3 plus sèches depuis 50 ans et c'est même le record pour la Chartreuse.

Les températures particulièrement chaudes du mois d'avril à l'origine d'une fonte très précoce sont également à souligner. En effet, sur les relevés des stations automatiques Nivôse, la température moyenne du mois d'avril a dépassé de 3,5 à 4°C les valeurs normales, situant avril 2011 au deuxième rang des mois d'avril les plus chauds depuis 25 ans, après avril 2007.

Autrement dit, d'un point de vue hydrologique, les débits observés sur la Dranse de Montriond pendant les mois de fonte (avril à juin principalement) ont été vraisemblablement très faibles au regard d'une année « normale ». Ce dernier point sera pris en compte pour la reconstitution de l'hydrologie moyenne du cours d'eau.

III.2 DONNEES HYDROMETRIQUES

III.2.1 VALEURS OBSERVEES SUR LA PERIODE JUIN 2010/JUIN 2011 A MONTRIOND

A partir des enregistrements de hauteur d'eau au droit de la station du Bout du Lac, et par application de la courbe de tarage établie (cf paragraphes I et II), la chronique des débits de la Dranse de Montriond sur la période de juin 2010 à juin 2011 a pu être établie au pas de temps 15 min.

Suite aux difficultés de mesure liées à la formation de glace dans le lit du cours d'eau, et suite aux incidents observés au cours de l'exploitation de la station (cf § I), certaines données ont été invalidées lorsqu'elles ne pouvaient pas être extrapolées ou reconstituées. Aussi certaines valeurs moyennes ou extrêmes sont calculées à partir de séries de données « partielles » ou incomplètes. Ces données seront marquées d'un astérisque (*) dans les tableaux suivants.

Le traitement statistique de l'ensemble des 37 750 valeurs de débit permet de reconstituer le tableau de synthèse suivant :

Mois	Débit moyen observé l/s	Débit mini observé l/s	Débit maxi observé l/s	Volume mensuel écoulé m ³
Jun 2010	989 *	247	3607	2 432 503 *
Juillet 2010	500	108	6141	1 339 351
Août 2010	708	211	3024	1 896 485
Septembre 2010	226	90	1256	586 419
Octobre 2010	166	57	476	444 728
Novembre 2010	621 *	154	5553	> 1 486 303 *
Décembre 2010	1012 *	72	6261	> 1 470 667 *
Janvier 2011	414 *	13	3911	> 570 316 *
Février 2011	35 *	13	1428	> 70 336 *
Mars 2011	180	21	850	480 818
Avril 2011	734 *	412	1256	>> 1 014 198 *
Mai 2011	692	247	3507	1 853 070
Période de 12 mois	523 *	13	6261	> 14 millions m³ *
Jun 2011	1011	283	7376	2 592 058

Tableau 12 : Synthèse des débits observés sur la Dranse de Montriond

L'ensemble des hydrogrammes mensuels (débit / temps), calculés au pas de temps 1 heure, avec report des précipitations journalières au Plenay, sont présentés en annexe 5. Ils permettent de visualiser notamment la réaction du cours d'eau aux épisodes pluvieux. Les périodes de gel y ont également été reportées, afin de connaître l'impact de la variation du manteau neigeux sur le régime hydrologique.

Afin de pouvoir comparer différents cours d'eau entre eux, il est intéressant de s'intéresser aux « débits spécifiques », correspondants aux débits réels rapportés à la surface du bassin versant drainé soit exprimés en l/s/km². Cela permet de comparer les régimes hydrologiques de cours d'eau de « taille » différente.

Le graphe suivant reprend donc les valeurs du tableau précédent, en débits spécifiques sur la période d'observation (le bassin versant drainé au droit de la station de mesure est de 16,56 km²).

	juin-10	juil.-10	août-10	sept.-10	oct.-10	nov.-10	déc.-10	janv.-11	févr.-11	mars-11	avr.-11	mai-11	juin-11
Débit moyen spécifique	59,7	30,2	42,8	13,7	10,0	37,5*	61,1*	25,0*	2,1*	10,8	44,3*	41,8	60,6

Tableau 13 : Débits moyens mensuels 2010/11 de la Dranse de Montriond (en l/s/km²)

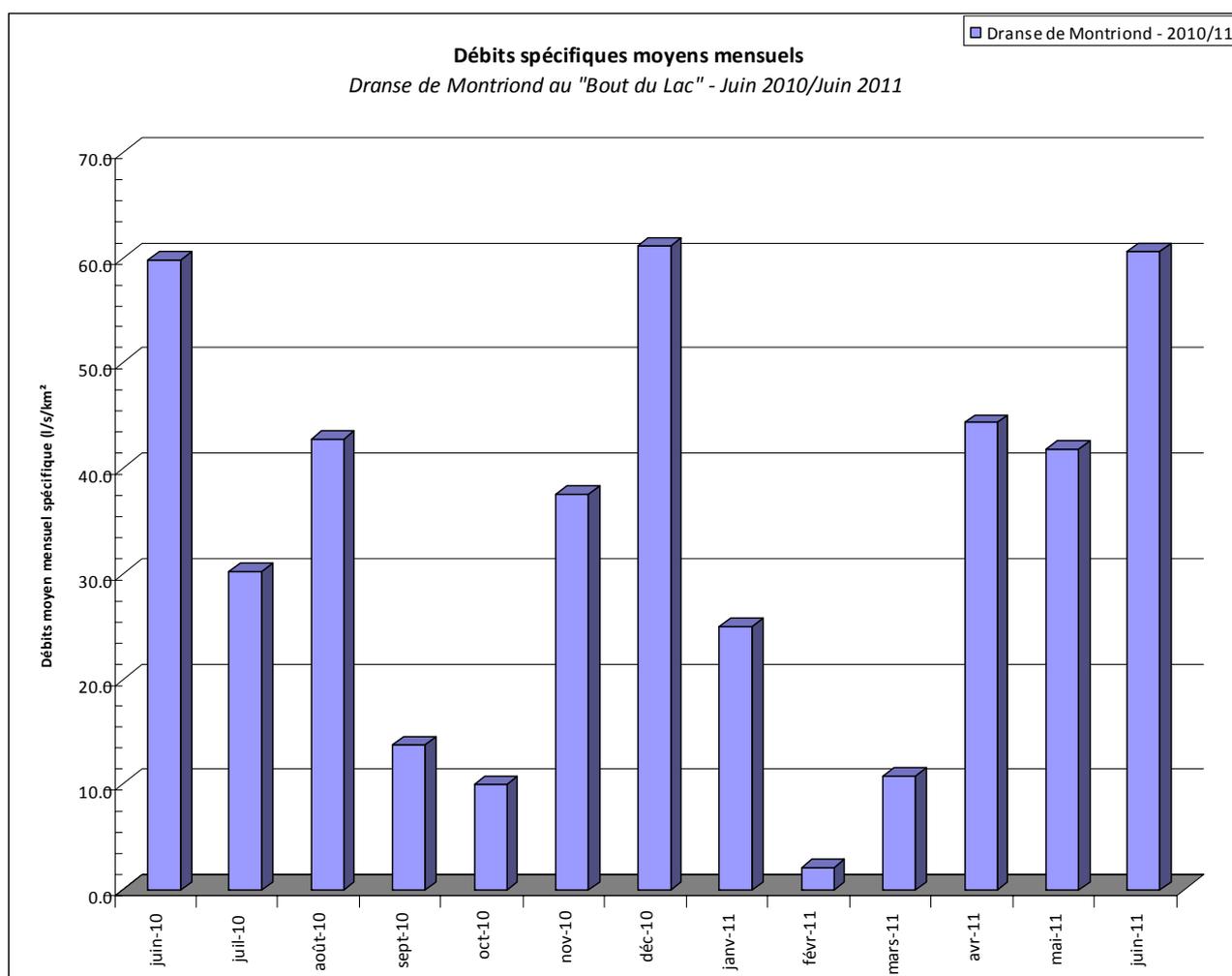


Figure 26 : Débits spécifiques mensuels observés sur la Dranse de Montriond en 2010/11

III.2.2 VALEURS SUR AUTRES STATIONS DE REFERENCE

Afin de reconstituer l'hydrologie « moyenne » et normale de la Dranse de Montriond, il est nécessaire de chercher des corrélations entre les valeurs de débits mesurés pendant la campagne 2010/11 et les valeurs enregistrées sur les stations hydrométriques permanentes (Banque Hydro, MEEDDEM) les plus proches et les plus représentatives du site d'étude. On pourra ainsi évaluer la « représentativité » de ces valeurs au regard de l'hydrologie normale estimée pour le torrent.

Plusieurs stations ont été retenues et étudiées en détail afin de reconstituer l'hydrologie de la Dranse de Montriond, ceci sera détaillé dans le chapitre suivant (paragraphe I). Ne sont données ici que les valeurs observées sur la période juin 2010/juin 2011 pour les stations qui seront finalement retenues.

Trois stations ont finalement été utilisées :

- La Dranse de Morzine à Seytroux (V0325010), bassin versant de 170 km² à l'altitude 690 m.
- La Dranse d'Abondance à Vacheresse (V0314020), bassin versant de 175 km² à l'altitude 720 m.
- Le Borne à St Jean de Sixt (V0205420), bassin versant de 69,6 km² à l'altitude 882 m.

De nombreuses données ont été extraites sur ces stations, d'une part sur la période juin 2010/juin 2011 et d'autre part sur l'ensemble de la période de données disponibles sur ces stations, parmi lesquelles :

- les débits moyens mensuels
- les débits moyens journaliers
- les débits de référence d'étiage
- les débits de référence de crue
- les modules annuels (débit moyen annuel)
- les courbes de débits classés, mois par mois et pour une année hydrologique entière.

Sont repris dans les tableaux et graphiques qui suivent les débits moyens mensuels spécifiques (q_{MM}) de la période 2010/2011 et de référence (calculés sur toute la période de données disponibles, c'est-à-dire au moins 15 à 20 années) pour chacune des stations. L'utilisation des débits spécifiques permet une comparaison aisée entre cours d'eau, dont l'hydrologie est plus ou moins abondante, abstraction faite de la superficie de bassin versant drainé à la station.

L'ensemble des valeurs journalières a également été exploité pour rechercher des corrélations avec la Dranse de Montriond mais n'est pas repris en détails ici car représente un volume de données trop important.

Dranse de Morzine à Seytroux :

$l/s/km^2$	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Janv	Févr	Mars	Avr	Mai	Juin
q_{MM} obs. 2010/11	47,5	20,8	32,9	13,1	11,1	32,5	52,9	31,9	12,9	17,5	35,3	21,1	39,4
q_{MM} normal	67,6	40,2	26,9	28,6	32,0	35,4	35,1	29,1	29,9	42,9	67,6	88,2	67,6
Ecart à la normale	70%	52%	122%	46%	35%	92%	151%	110%	43%	41%	52%	24%	58%

Dranse d'Abondance à Vacheresse :

$l/s/km^2$	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Janv	Févr	Mars	Avr	Mai	Juin
q_{MM} obs. 2010/11	38,9	15,8	30,9	14,2	12,7	30,3	42,5	26,8	10,8	18,5	32,3	19,3	36,9
q_{MM} normal	53,1	31,7	23,5	25,4	29,9	26,2	32,7	25,7	22,7	37,7	55,3	73,1	53,1
Ecart à la normale	73%	50%	132%	56%	42%	115%	130%	104%	48%	49%	59%	26%	69%

Borne à St Jean de Sixt :

$l/s/km^2$	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Janv	Févr	Mars	Avr	Mai	Juin
q_{MM} obs. 2010/11	26,4	7,6	12,5	6,6	6,5	24,3	33,6	16,7	6,1	15,7	17,5	6,6	24,7
q_{MM} normal	64,4	36,8	26,3	29,3	32,6	37,8	29,6	23,4	26,9	44,3	78,0	92,4	64,4
Ecart à la normale	41%	21%	47%	23%	20%	64%	114%	71%	23%	35%	22%	7%	38%

Tableau 14 : Débits moyens mensuels spécifiques des stations hydrométriques de référence

Ces valeurs sont illustrées par les graphiques suivants.

On constate globalement un déficit d'écoulement quasi généralisé pour la période allant de juin 2010 à juin 2011 sur l'ensemble des 3 stations, à mettre en relation avec le déficit pluviométrique et d'enneigement évoqué au paragraphe III.1. Seuls les mois d'août, novembre 2010 et janvier 2011 se rapprochent ou dépassent faiblement les valeurs normales. Le mois de décembre 2010 a été particulièrement « humide » sur l'ensemble des stations. Aussi, on peut estimer dès à présent :

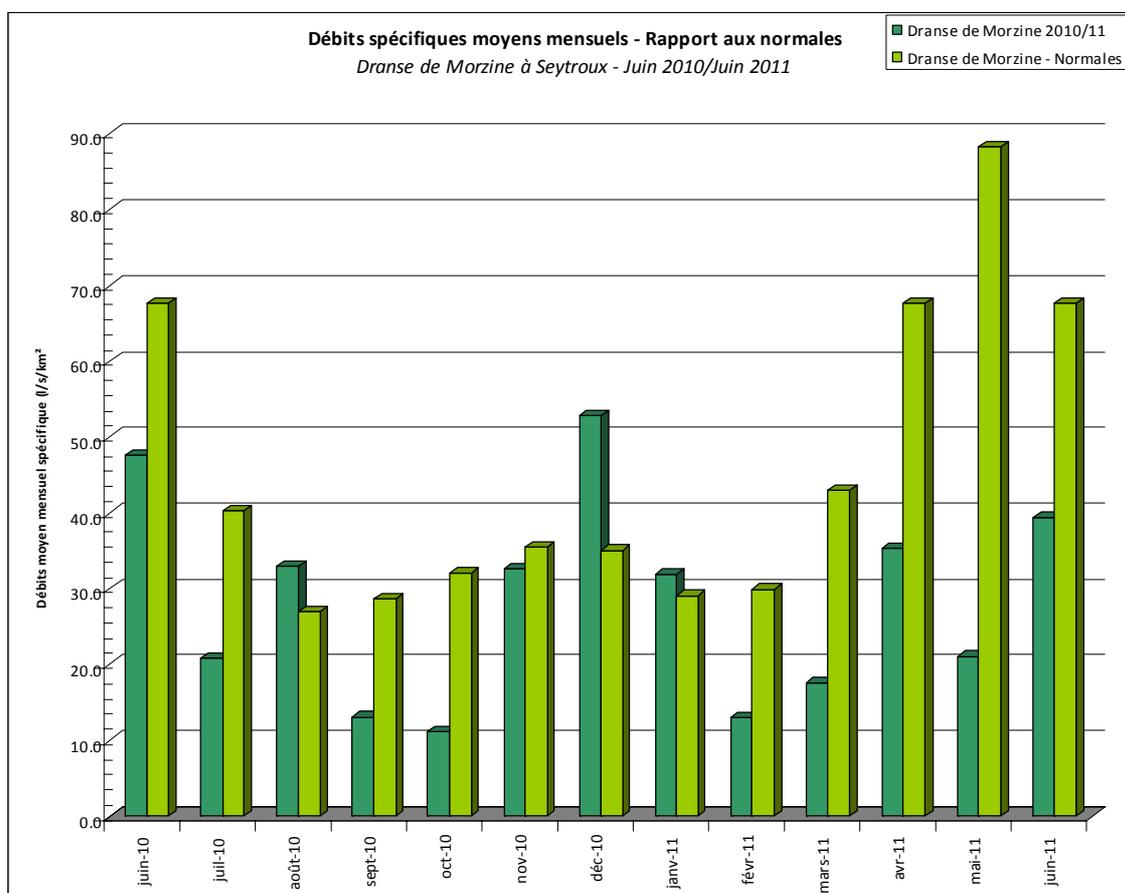
- que les débits moyens mensuels mesurés sur la Dranse de Montriond pour les mois de juin/juillet/septembre/octobre 2010 puis de février à juin 2011 sont inférieurs à la valeur « normale » et moyenne
- que les débits moyens mensuels mesurés sur la Dranse de Montriond pour les mois d'Aout et décembre 2010 sont supérieurs à la valeur « normale »
- pour les autres mois, il est difficile de donner une tendance a priori pour les valeurs observées.

Ces relations entre débits moyens mensuels seront détaillées et quantifiées plus précisément au chapitre suivant.

Enfin, les débits moyens calculés sur une année hydrologique entière sont repris dans le tableau suivant :

Station	Débit moyen annuel calculé sur la période Juin 2010 → Mai 2011 m^3/s	Débit moyen annuel « normal » calculé sur la période Juin → Mai m^3/s
La Dranse de Montriond au Bout du Lac	0,52 *	-
La Dranse de Morzine à Seytroux	4,68 <i>soit 63 % de la valeur normale</i>	7,42
La Dranse d'Abondance à Vacheresse	4,28 <i>soit 66 % de la valeur normale</i>	6,46
Le Borne à St Jean de Sixt	1,05 <i>soit 35 % de la valeur normale</i>	3,03

Tableau 15 : Comparaison des débit moyens annuels aux valeurs de référence - période Juin -> Mai



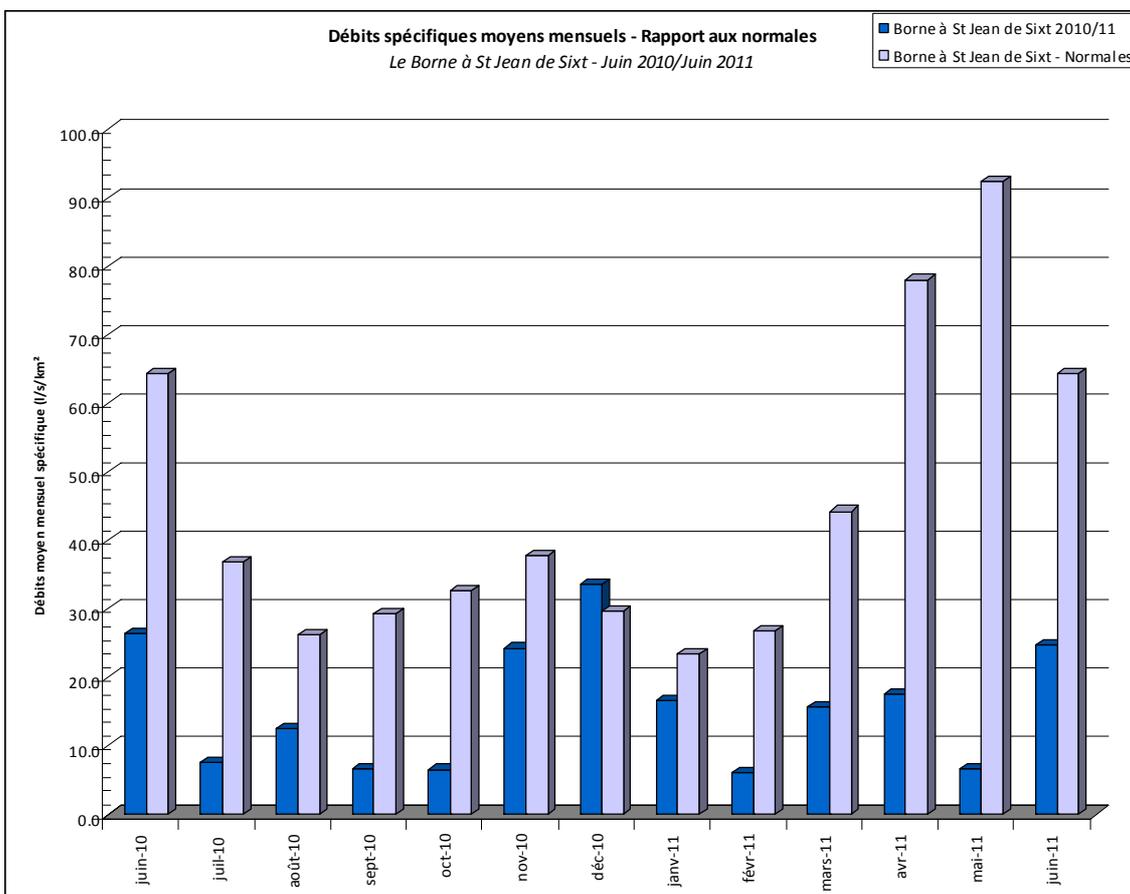
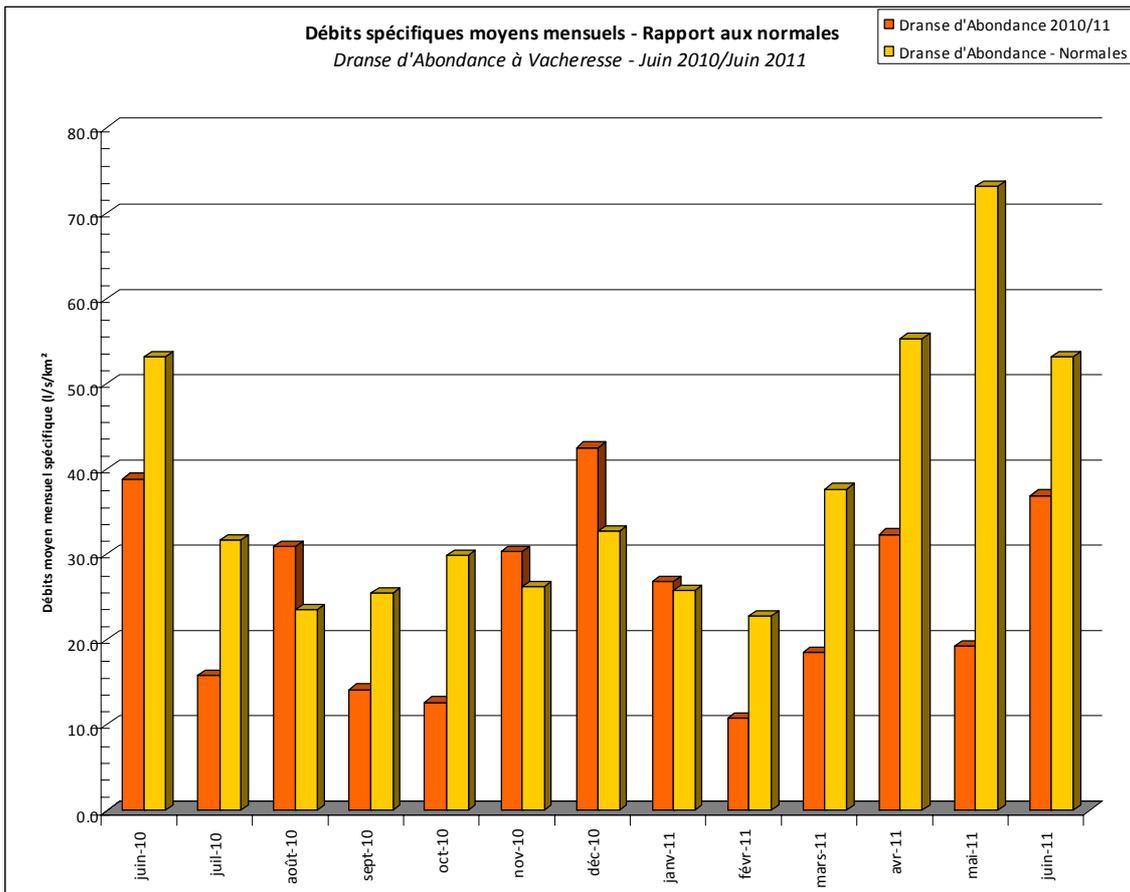


Figure 27 : Comparaison des débits moyens mensuels spécifiques avec les normales - stations de référence

DETERMINATION DES CARACTERISTIQUES HYDROLOGIQUES DE LA DRANSE DE MONTRIOND

I METHODOLOGIE

I.1 INTRODUCTION

L'objet de la campagne de mesures de débit mise en œuvre sur la Dranse de Montriond est d'évaluer l'hydrologie de référence de ce cours d'eau, et in fine de connaître la faisabilité de prélèvement d'eau dans le lac de Montriond.

Il est donc nécessaire, à partir des données acquises entre juin 2010 et juin 2011, présentées en détail dans le chapitre précédent, de retrouver des valeurs « moyennes » et normales pour le cours d'eau, en tenant compte du caractère plus ou moins humide des différentes périodes de l'année.

Pour ce faire, on peut utiliser :

- les données météorologiques,
- les données hydrométriques issues de d'autres stations de mesures existantes et disposant d'une série de données beaucoup plus longue et donc représentative,
- des formules diverses issues de la littérature spécialisée, permettant également d'effectuer des estimations.

Selon que l'on considère des débits faibles (régime d'étiage), moyens (modules annuels, débits moyens mensuels) ou extrêmes (crues,...) les méthodes à employer ne sont pas toujours les mêmes car les phénomènes hydrologiques à l'origine des écoulements observés sont différents (ruissellement, alimentation par l'aquifère, karsts,...).

Par ailleurs, compte tenu de l'altitude du bassin versant du cours d'eau, des distinctions « saisonnières » sont à réaliser, car la présence de neige modifie largement le comportement du cours d'eau.

Il faut remarquer également que le prélèvement à l'étude serait situé dans le lac de Montriond, qui bénéficie d'un bassin versant plus étendu que celui drainé au droit de la station de mesure installée par la SERMA. Aussi, dans la suite, les débits de référence seront définis en deux points :

- la « station 1 », à l'amont du lac où la campagne de mesures a été réalisée (bassin versant de 16,56 km²)
- la « station 2 », à l'aval du lac (bassin versant de 23,25 km²) et à prendre en considération pour étudier la faisabilité des prélèvements.

Compte tenu de la proximité des deux stations et des caractéristiques similaires des deux bassins versants, les débits de la deuxième station seront extrapolés à partir des résultats obtenus sur la première par la formule de Myer, donnée par la littérature spécialisée⁵ :

$$\frac{Q_A}{Q_B} = \left(\frac{S_A}{S_B} \right)^\alpha$$

⁵ *L'hydrologie de l'ingénieur, G. Réméniéras, ed. Eyrolles*

Avec :

- Pour les débits moyens : $\alpha = 1$
- Pour les débits d'étiage : $\alpha = 1,25$
- Pour les débits de crue : α variant de 0,5 à 1, selon la morphologie des bassins versants et l'amortissement des ondes de crue (ce qui est le cas au travers du lac de Montriond).

I.2 CHOIX DES STATIONS DE REFERENCE

Afin de pouvoir reconstituer les valeurs « moyennes » de la Dranse de Montriond, il est nécessaire de comparer les valeurs mesurées avec celles d'autres stations qui disposent d'une plus longue série de données, et donc de débits de référence représentatifs de la réalité.

La Banque Hydro regroupe un ensemble de stations hydrométriques (données fournies par les DDT, les DREAL, EDF,...). Parmi celles existantes dans le département de la Haute Savoie, dans un premier temps les sites suivants ont été retenus pour rechercher des corrélations dans le comportement hydrologique :

- La Dranse de Morzine à Seytroux (V0325010), bassin versant de 170 km² à l'altitude 690 m. Cette station sera vraisemblablement la plus représentative car elle draine, bien plus en aval, les eaux de la Dranse de Montriond.
- La Dranse d'Abondance à Vacheresse (V0314020), bassin versant de 175 km² à l'altitude 720 m.
- Le Borne à St Jean de Sixt (V0205420), bassin versant de 69,6 km² à l'altitude 882 m.
- Le Risse à St Jeoire (V0155010), bassin versant de 57,5 km² à l'altitude 536 m.
- L'Arve à Chamonix (V0002010), bassin versant de 205 km² à l'altitude 1020 m.

Ces stations ont des caractéristiques plus ou moins proches de notre cours d'eau, sur les paramètres suivant à prendre en considération :

- proximité géographique
- régime hydrologique dominant (nival, pluvio nival...)
- superficie de bassin versant
- exposition aux précipitations, à la neige, « climats » particuliers de vallées
- nature géologique des bassins versants (plus ou moins karstiques)
- allongement et pente moyenne du bassin versant
- altitude moyenne du bassin versant,
- influence des prélèvements divers ou du fonctionnement des installations hydroélectriques,...

Le tableau suivant résume les caractéristiques principales de chacune des stations. Leur implantation est visible sur la carte suivante.

Les fiches de synthèse des 3 stations finalement retenues sont produites en annexe 6.

	Dranse de Montriond <i>amont du lac</i>	Dranse de Montriond <i>aval du lac</i>	Dranse de Morzine à Seytroux	Dranse d'Abondance à Vacheresse	L'Arve à Chamonix Mt Blanc	Le Risse à St Jeoire	Le Borne à St Jean de Sixt
Numéro carte	S1	S2	1	2	3	4	5
Distance à Montriond	-	-	10 km	13 km	34 km	22 km	40 km
Superficie du bassin versant superficiel	16,56 km ²	23,25 km ²	170 km ²	175 km ²	205 km ²	57,5 km ²	69,6 km ²
Altitude station	1068 m.	1067 m.	690 m.	720 m.	1 020 m.	536 m.	882 m.
Chronique débitmétrique disponible	Juin 2010/11	-	1694 - 2011	1976 - 2011	1936 - 2011	1974 - 2011	1964 - 2011
Altitudes bassin versant	1 068–2 346 <i>mNGF</i>	1 067–2 346 <i>mNGF</i>	690 – 2 500 <i>mNGF</i>	720 – 2 432 <i>mNGF</i>	1 020–4 000 <i>mNGF</i>	536 – 1 958 <i>mNGF</i>	882 – 2 750 <i>mNGF</i>
Influence karstique	Moyenne	Moyenne	Faible	Faible	Non	Moyenne	Moyenne
Influence hydroélectricité	Non	Non	Non	Moyenne	Forte	Faible	Non
Régime hydrologique dominant	Nival	Nival	Nivo-pluvial	Nivo-pluvial	Glaciaire	Nivo-pluvial	Nival

Tableau 16 : Caractéristiques des stations hydrométriques de référence

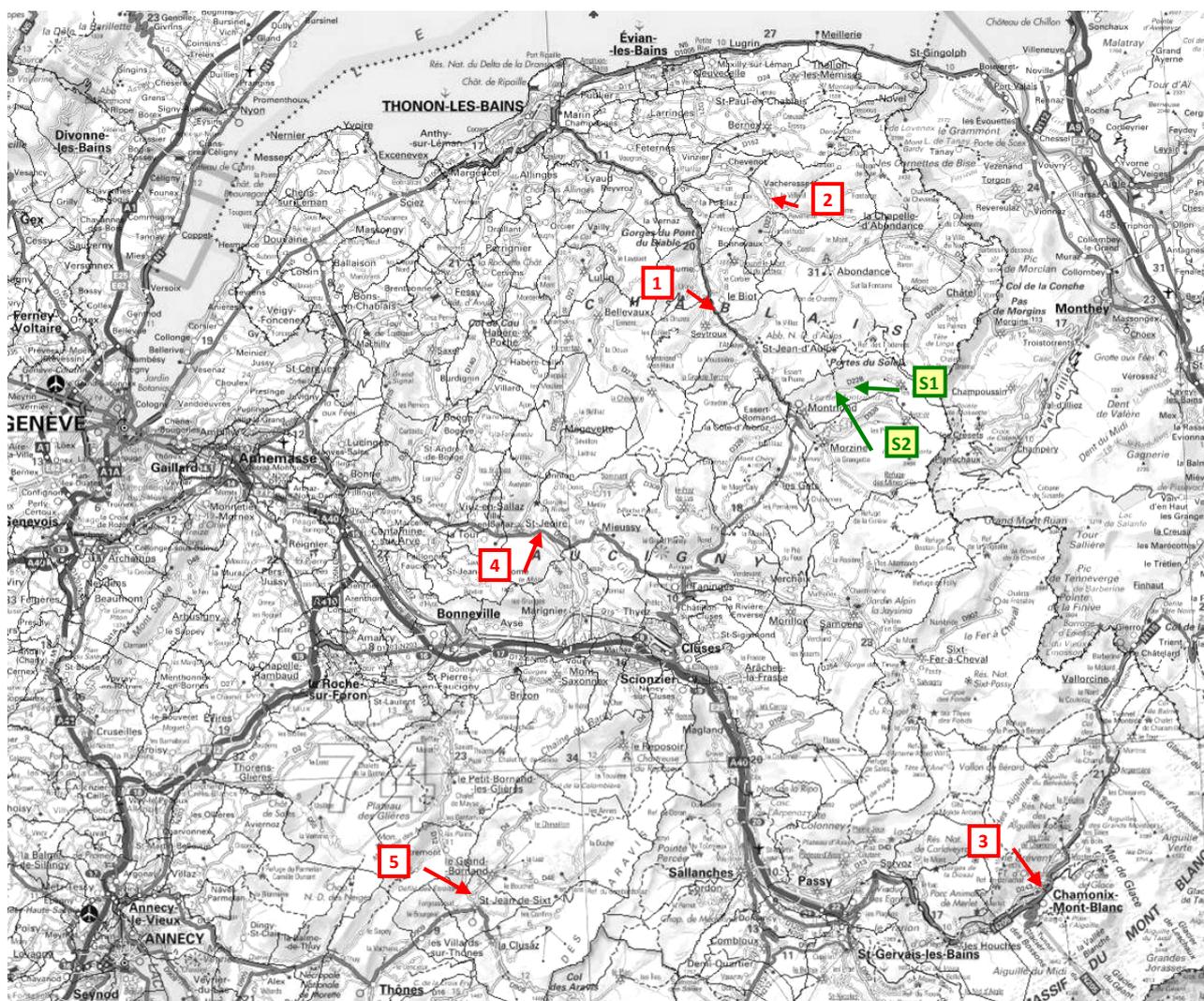


Figure 28 : Localisation des stations hydrométriques de référence

II EVALUATION DES DEBITS MOYENS MENSUELS – MODULE

II.1 ANALYSE DES CORRELATIONS SUR LES DEBITS MOYENS JOURNALIERS

A partir des données journalières (juin 2010/juin 2011) enregistrées sur la Dranse de Montriond d'une part et extraites de la Banque Hydro d'autre part sur la même période pour les stations de référence présentées ci-dessus, on recherche maintenant des corrélations afin de pouvoir établir, si possible, une relation entre le régime hydrologique des cours d'eau qui permettra ensuite d'estimer l'hydrologie normale de la Dranse de Montriond.

Pour ce faire, nous avons procédé « par essais successifs » afin de trouver la meilleure corrélation possible. On trace différents graphiques, avec un point pour chaque valeur journalière, placée en abscisse avec la valeur de la station de référence et en ordonnée la valeur mesurée à Montriond.

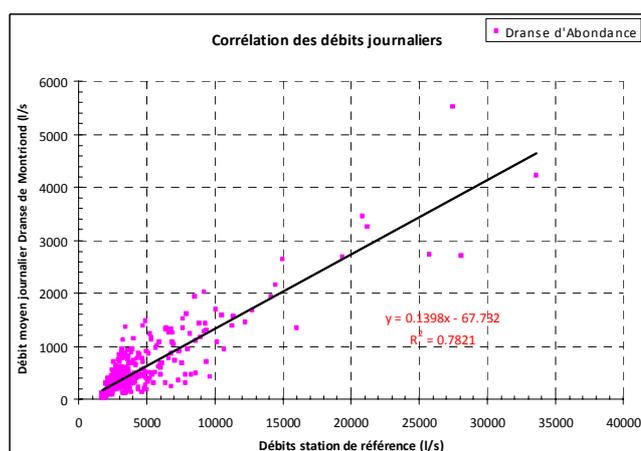
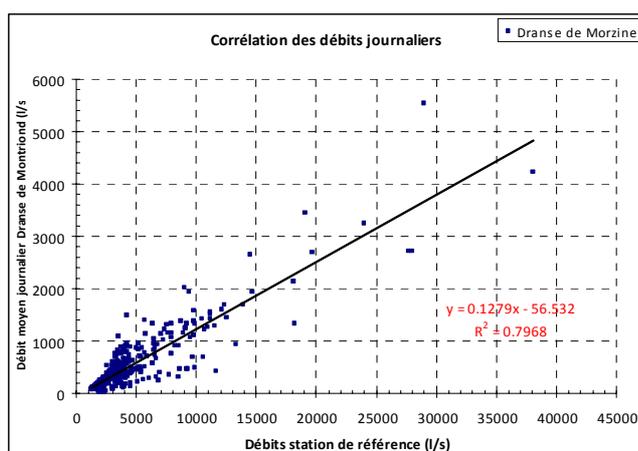
Les valeurs « fortes » de débits, pour les épisodes de crue, ont été exclues de ce traitement car elles répondent à des phénomènes hydrologiques différents d'une part et d'autre part le calibrage de la station hydrométrique de la Dranse de Montriond est moins précis pour cette gamme de valeurs. La précision doit être portée particulièrement sur la gamme des débits les plus courants.

De plus, une station « combinée » a été calculée, à partir d'une moyenne pondérée des valeurs obtenues sur la Dranse de Morzine à Seytroux et sur la Dranse d'Abondance à Vacheresse. Cela permet d'obtenir des corrélations plus affinées dans certains cas que l'utilisation de l'une ou l'autre uniquement. D'un point de vue plus « hydrologique », cela permet aussi de prendre en compte la proximité géographique et morphologique du bassin versant de la Dranse de Montriond avec celui de la Dranse d'Abondance.

II.1.1 CORRELATIONS SUR L'ENSEMBLE DES VALEURS ENREGISTREES

Le premier essai a consisté à prendre en considération l'ensemble des valeurs sur la période juin 2010/juin 2011, sans aucune distinction de « saison hydrologique ».

Nombre total de points de comparaison disponibles : 339



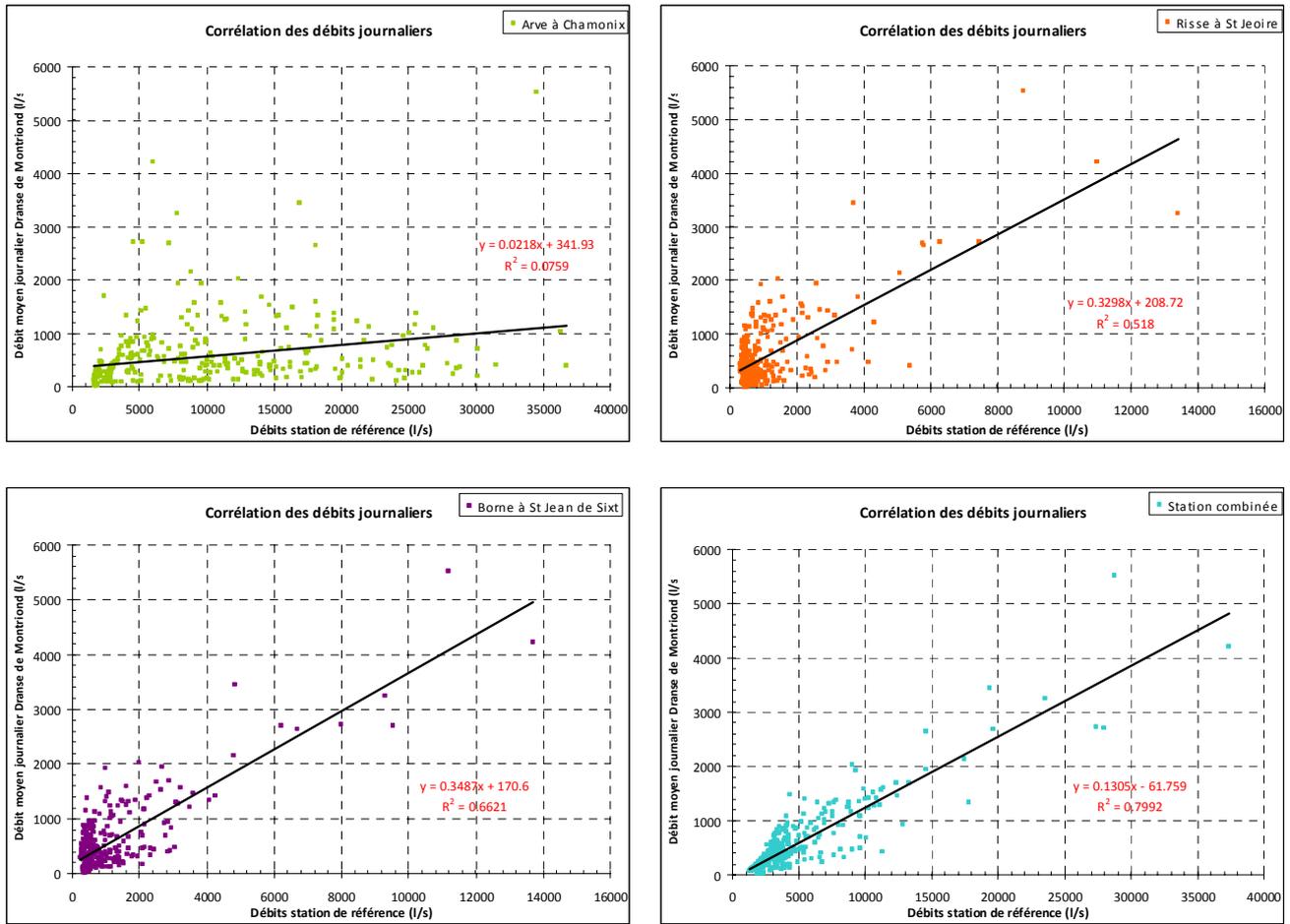


Figure 29 : Corrélation des débits journaliers - ensemble des valeurs disponibles

On constate une importante dispersion des points, qui ne permet pas d'obtenir de corrélation satisfaisante. Il apparaît donc nécessaire d'étudier les corrélations sur des périodes « homogènes » d'un point de vue du régime hydrologique dominant pour les cours d'eau (régimes nival et nivo-pluvial).

On remarque dès à présent que les meilleures corrélations sont obtenues avec la Dranse de Morzine et la Dranse d'Abondance, ainsi qu'avec la « station combinée » des deux précédentes.

Nous avons donc établi des corrélations à partir des débits journaliers sur des périodes plus courtes et cohérentes d'un point de vue fonctionnement hydrologique. Les résultats sont visibles ci après.

II.1.2 CORRELATIONS EN PERIODE D'ETIAGE ESTIVAL/AUTOMNAL (JUILLET – OCTOBRE)

Dans un premier temps, on s'intéresse aux débits en période estivale et automnale, où la neige n'a a priori pas d'influence sur les débits des cours d'eau (que ce soit en rétention ou en apports), puisque le bassin versant ne présente pas de surface englacée.

On obtient alors les corrélations visibles dans les graphiques suivants.

Nombre de points de comparaison disponibles : 123

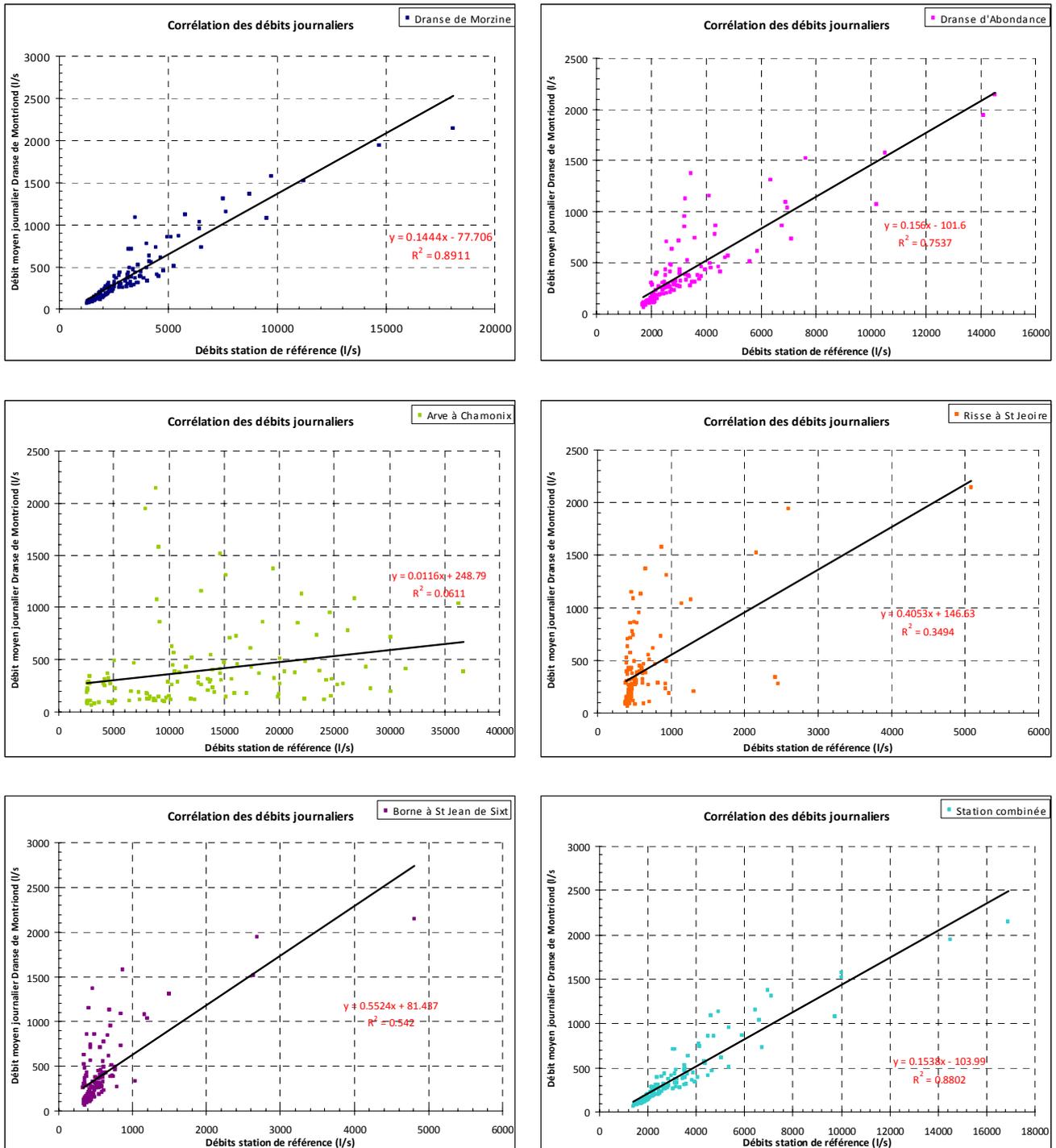


Figure 30 : Corrélation des débits journaliers - étiages estival et automnal

La corrélation est cette fois beaucoup plus satisfaisante, et on constate de régimes similaires entre la Dranse de Montriond et la Dranse de Morzine, en aval. C'est cette station qui permet « d'expliquer » au mieux les débits à l'entrée du lac de Montriond. On retient la relation suivante :

$$Q_j^{Montriond} = 0,1444Q_j^{Morzine} - 77,71$$

II.1.3 CORRELATIONS EN PERIODE D'ETIAGE HIVERNAL / FROID (NOVEMBRE - MARS)

On s'intéresse ensuite aux débits observés en période d'étiage hivernal, où une grande partie des apports hydrologiques sont « stockés » en amont dans les bassins versants sous forme de neige.

On observe alors les relations suivantes :

Nombre de points de comparaison disponibles : 112

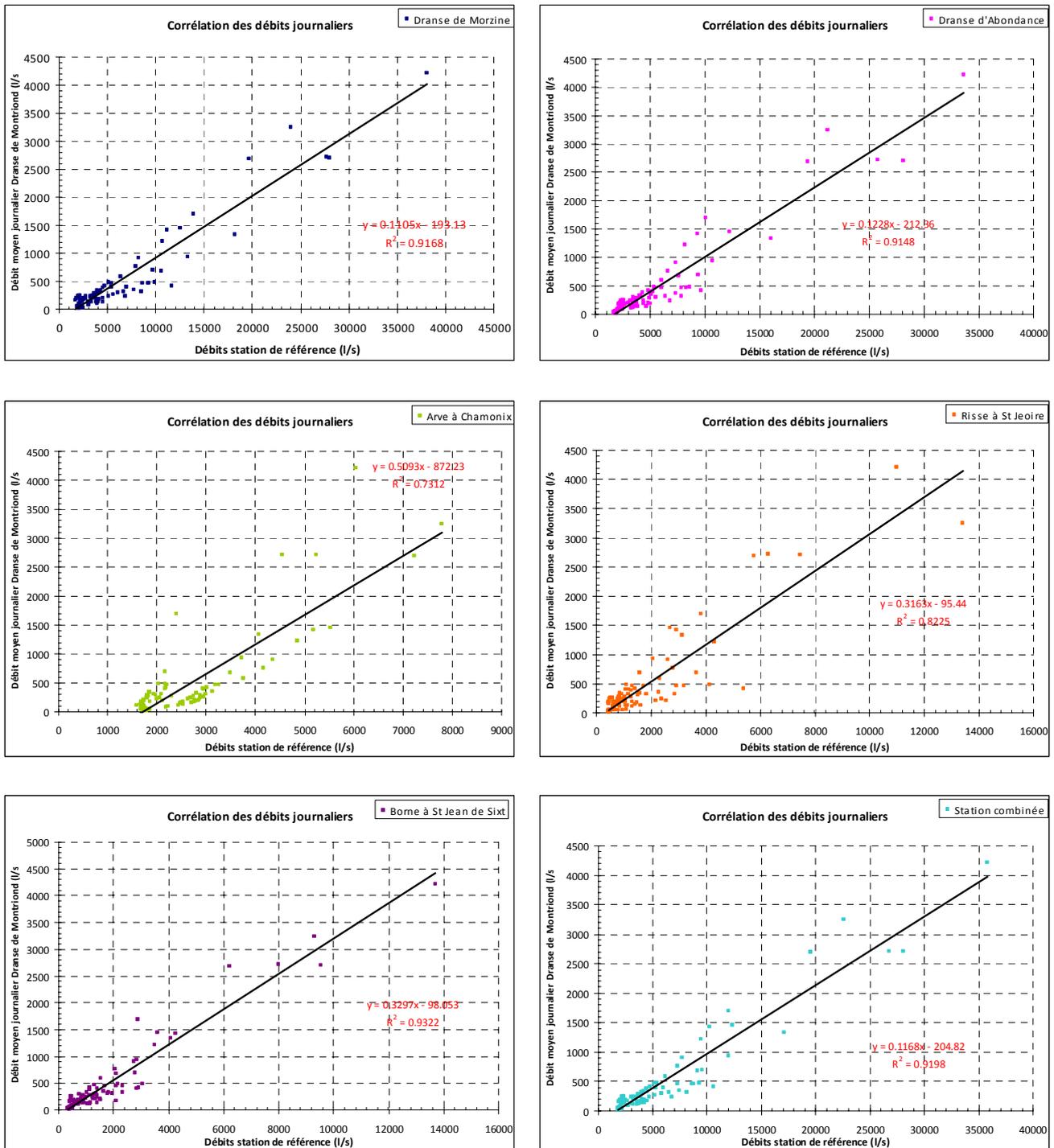


Figure 31 : Corrélation des débits journaliers - étiage hivernal

On constate là encore que les débits observés à Montriond sont bien corrélés avec ceux de la Dranse de Morzine et de la Dranse d'Abondance, et mieux encore avec ceux de la « station combinée » virtuelle à partir des valeurs des deux précédentes.

Nous retiendrons donc la relation suivante pour prévoir les débits de la Dranse de Montriond :

$$Q_j^{Montriond} = 0,1168 \left(\frac{Q_j^{Morzine} + Q_j^{Abondance}}{2} \right) - 204,82$$

On remarque également que Le Borne à St Jean de Sixt est particulièrement bien corrélé (mieux qu'avec la Dranse de Morzine). Cela résulte d'un fonctionnement hivernal vraisemblablement proche pour les deux cours eau, à régime nival. Le débit à Montriond peut donc être estimé par la formule suivante également :

$$Q_j^{Montriond} = 0,3297 Q_j^{Borne} - 98,05$$

Ces deux formules seront utilisées pour l'estimation des débits moyens mensuels.

II.1.4 CORRELATIONS EN PERIODE DE FONTE NIVALE (AVRIL – JUIN)

La dernière « période hydrologique » à étudier correspond à la période de fonte nivale, où les débits des cours d'eau sont renforcés par la fonte du manteau neigeux (restitution décalée dans le temps des précipitations hivernales). C'est un régime très particulier, avec de nombreux paramètres qui influent sur ce phénomène : température, ensoleillement, quantité de neige stockée,... et qui occasionne de plus des variations journalières importantes du débit qui peut doubler entre le matin et le soir. Les corrélations sont ici effectuées sur des débits moyens journaliers ce qui « lisse » ce phénomène.

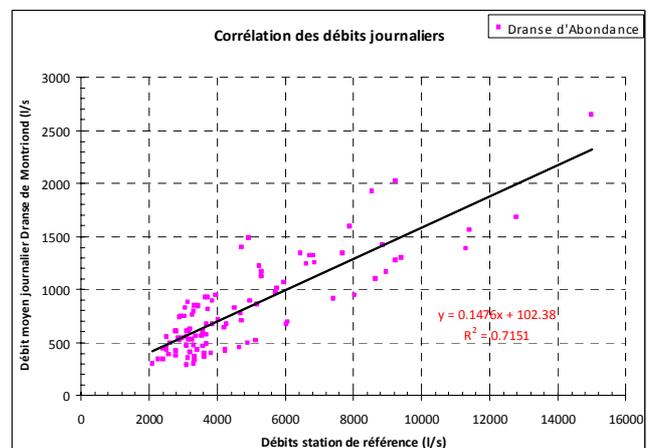
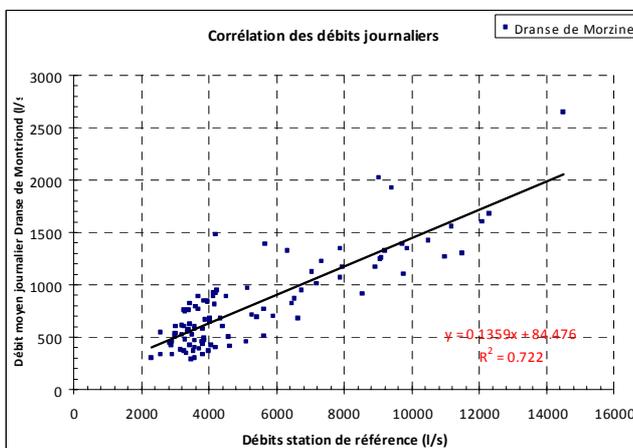
Cette période est la plus délicate pour établir des corrélations, car les points entre les stations sont relativement dispersés.

Il faut également prendre en considération que la période d'observation sur la Dranse de Montriond est particulière, l'hiver 2010/11 ayant été particulièrement sec (déficit important d'enneigement – voir chapitre précédent).

Aussi, dans les valeurs journalières observées que ce soit sur la Dranse de Montriond, ou plus en aval sur les Dranses de Morzine ou d'Abondance, certaines résultent d'un régime de fonte nivale, et d'autre de la réaction des cours d'eau à des épisodes pluvieux (les mois de mai et juin 2011 ayant été plus humides).

Les corrélations obtenues sont visibles ci après.

Nombre de points de comparaison disponibles : 102



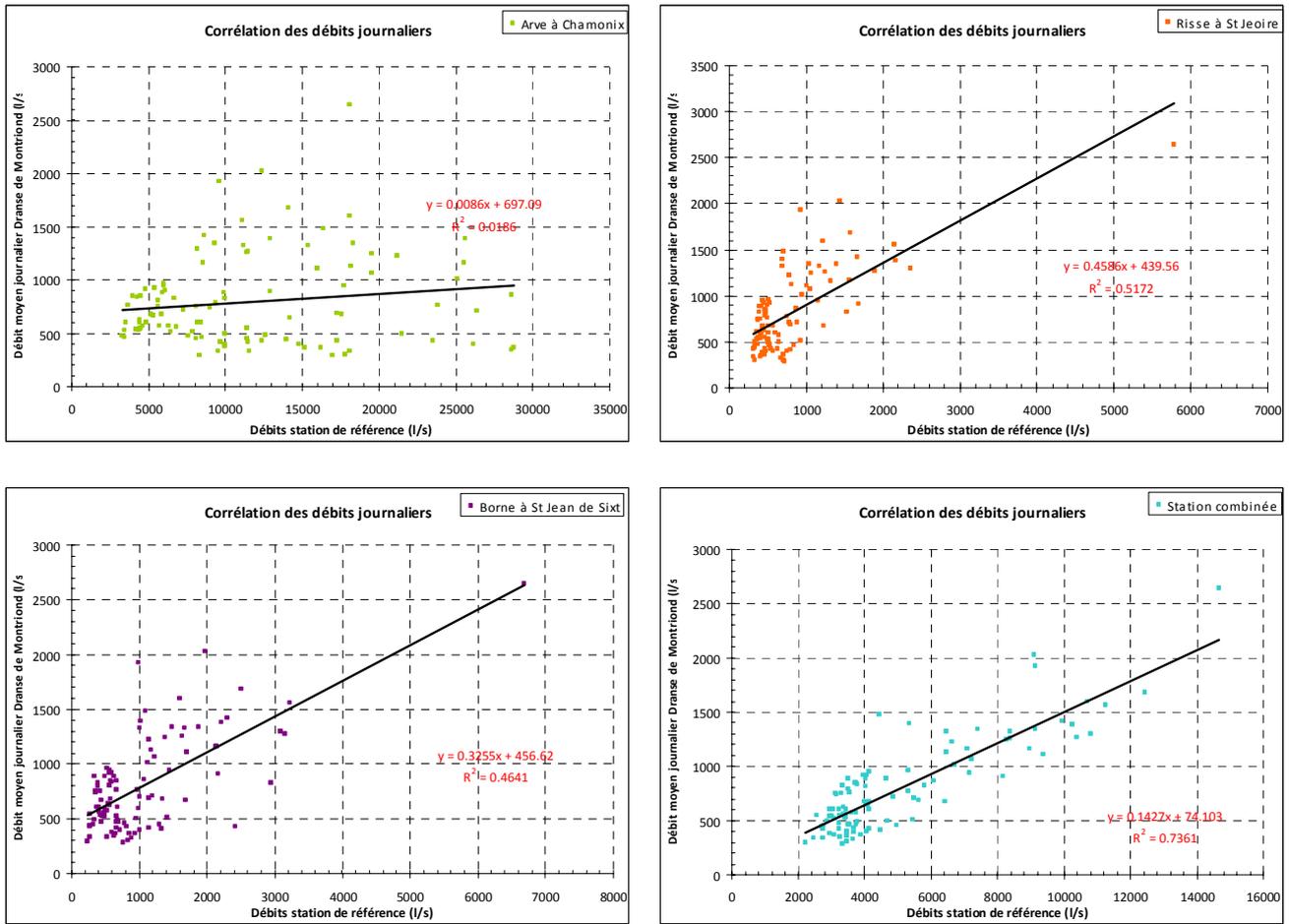


Figure 32 : Corrélation des débits journaliers - période de fonte nivale

Sur les graphiques précédents, les corrélations obtenues à partir d'une droite unique ne sont pas satisfaisantes (on considère qu'elles le sont dès que le coefficient de corrélation R^2 est proche ou dépasse 0,9).

Une analyse plus fine a donc été réalisée, en regardant les données obtenues sur les différents mois (pour mémoire les points du mois de Mars sont également repris). La station de référence utilisée ici est la station « combinée » des débits de la Dranse de Morzine et de la Dranse d'Abondance. Le graphique est visible ci après.

On distingue nettement deux régimes, l'un pour les faibles débits (étiage, froid) l'autre pour les débits plus importants (épisodes pluvieux, périodes de fonte importante).

Deux droites de corrélation ont finalement été retenues, selon le débit de la station de référence (elles sont représentées sur le graphique ci-dessus). Les fortes valeurs de débit résultants d'épisodes pluvieux intenses n'ont pas été pris en considération pour la détermination de ces droites, ni les valeurs du mois de mars (en jaune).

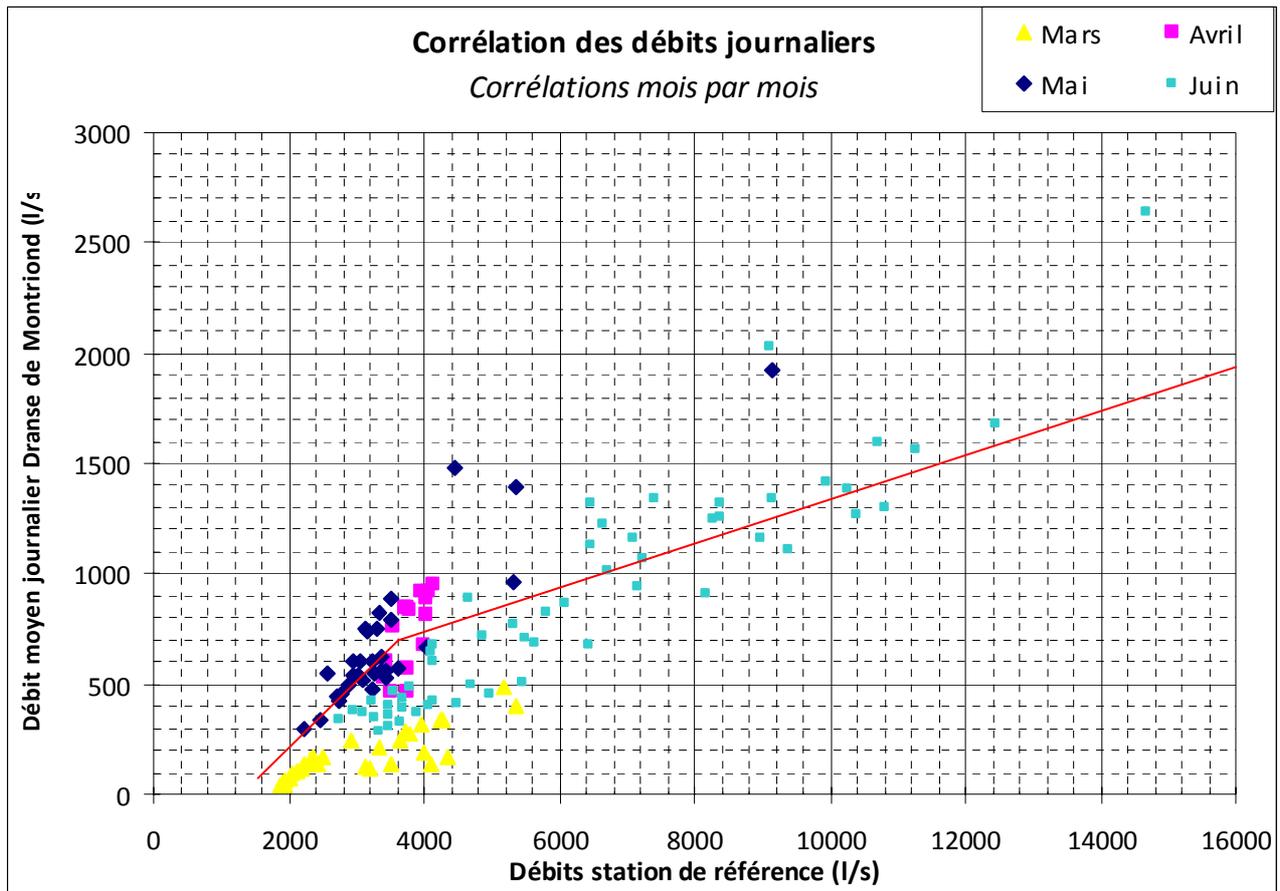


Figure 33 : Analyse affinée des corrélations en période de fonte nivale

Les équations correspondantes aux droites précédentes sont :

$$\text{Si } \left(\frac{2Q_j^{\text{Morzine}} + Q_j^{\text{Abondance}}}{3} \right) < 3600 \text{ l/s} \text{ alors } Q_j^{\text{Montriond}} = 0,304 \left(\frac{2Q_j^{\text{Morzine}} + Q_j^{\text{Abondance}}}{3} \right) - 394$$

$$\text{Si } \left(\frac{2Q_j^{\text{Morzine}} + Q_j^{\text{Abondance}}}{3} \right) \geq 3600 \text{ l/s} \text{ alors } Q_j^{\text{Montriond}} = 0,100 \left(\frac{2Q_j^{\text{Morzine}} + Q_j^{\text{Abondance}}}{3} \right) + 340$$

C'est donc ces relations qui sont retenues pour l'estimation des débits de référence de la Dranse de Montriond.

Finalement, pour les trois régimes hydrologiques décrits ici, les seules stations hydrométriques de référence retenues pour expliquer le fonctionnement de la Dranse de Montriond sont :

- La Dranse de Morzine à Seytroux
- La Dranse d'Abondance à Vacheresse
- Le Borne à St Jean de Sixt (en hiver uniquement)

Les autres stations utilisées pour l'analyse (l'Arve à Chamonix et le Risse à St Jeoire) ne sont pas retenues car leur fonctionnement hydrologique diffère visiblement de celui de la Dranse de Montriond au Bout du Lac.

II.2 RECONSTITUTION DES DEBITS MOYENS MENSUELS

Plusieurs méthodes peuvent être utilisées pour estimer mois après mois les Débits Moyens Mensuels de la Dranse de Montriond, à partir de ceux des stations de référence décrites ci avant.

- La première méthode consiste à appliquer les formules de corrélation établies au paragraphe précédent sur les valeurs de débits moyens mensuels des stations de référence pour retrouver les valeurs de la Dranse de Montriond
- Une seconde méthode consiste à procéder par « coefficient de représentativité » : on regarde au niveau des stations de référence le rapport entre débit mensuel observé en 2010/11 et débit mensuel moyen de référence, puis en appliquant ce même rapport au débit observé sur la Dranse de Montriond on estime une valeur de débit « normal »
- Une troisième méthode consiste à analyser les rapports entre les débits moyens mensuels et le module annuel sur chaque station de référence (répartition intermensuelle des écoulements), puis à appliquer ces mêmes coefficients « correcteurs » sur les valeurs estimées pour la Dranse de Montriond afin que la répartition d'un mois à l'autre soit cohérente avec celle de la station de la Dranse de Morzine située en aval, tout particulièrement.

Ces trois méthodes ont été explorées, afin d'évaluer les débits moyens mensuels de la Dranse de Montriond.

Les calculs ne sont réalisés dans un premier temps qu'au niveau de la station 1 (amont du lac), l'extrapolation au l'exutoire du lac (station 2) ne sera réalisée qu'une fois les valeurs arrêtées.

II.2.1 EVALUATION DES DEBITS MOYENS MENSUELS PAR FORMULES DE CORRELATION

La première méthode consiste à appliquer les formules précédemment établies au paragraphe II.1 sur les valeurs de débits moyens mensuels des stations de référence. Les valeurs « moyennes » étant situées dans la gamme des débits les plus courants et non extrêmes, l'application des formules peut être faite sans trop d'erreur sur les résultats obtenus.

Selon les mois de l'année, la formule à appliquer est donc différente, et prend en compte des stations de référence différentes, selon le tableau suivant. Par ailleurs, afin d'assurer une « continuité » au niveau des mois « charnière » entre les régimes hydrologiques (mars et octobre), pour lesquels les régimes dominants peuvent varier d'une année à l'autre selon les conditions climatiques, les valeurs moyennes mensuelles sont estimées à partir des deux formules (pour mars : étiage hivernal + fonte nivale / pour octobre : étiage estival + étiage hivernal) en calculant les moyennes.

Méthode	Janv	Févr	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
<i>Prise en compte Dranse de Morzine</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Prise en compte Dranse d'Abondance</i>	X	X	X	X	X	X				X	X	X
<i>Prise en compte Borne</i>	X	X	X							X	X	X
Formule « Etiage hivernal »	X	X	X							X	X	X
Formule « Fonte nivale »			X	X	X	X						
Formule « Etiage estival »							X	X	X	X		

Tableau 17 : Formules appliquées pour l'évaluation des Débits Moyens Mensuels

Les débits moyens mensuels des stations de référence sont les suivants (données extraites de la banque hydro) :

<i>en m³/s</i>	Janv	Févr	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
Dranse de Morzine à Seytroux	4,94	5,09	7,30	11,50	15,00	11,50	6,84	4,58	4,87	5,44	6,02	5,96
Dranse d'Abondance à Vacheresse	4,50	3,97	6,59	9,67	12,80	9,30	5,55	4,11	4,45	5,23	4,59	5,72
Borne à St Jean de Sixt	1,63	1,87	3,08	5,43	6,43	4,48	2,56	1,83	2,04	2,27	2,63	2,06

Tableau 18 : Débits Moyens Mensuels des stations de référence

En appliquant la méthode détaillée ci avant, on estime les débits moyens mensuels de la Dranse de Montriond à l'amont du lac. Sont également donnés dans le tableau suivant les valeurs moyennes mensuelles « quinquennale sèche » et « quinquennale humide » qui correspondent respectivement à la plus faible et à la plus forte valeur de débit moyen mensuel observée en moyenne une fois tous les 5 ans (autrement dit qui a, chaque année, une chance sur cinq d'être dépassée).

Année hydrologie « normale »

	Janv	Févr	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
Débit (m³/s)	0,39	0,42	0,86	1,43	1,77	1,42	0,91	0,58	0,63	0,56	0,59	0,53
Q_{spéc} (l/s/km²)	23,7	25,4	51,7	86,3	106,7	85,5	55,0	35,2	37,8	34,0	35,7	32,0
Lame d'eau mm	63,6	61,6	138,6	223,7	285,7	221,7	147,2	94,4	97,9	91,1	92,7	85,6

Année hydrologie sèche – période de retour 5 ans (« Quinquennale sèche »)

	Janv	Févr	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
Débit (m³/s)	0,15	0,13	0,52	1,12	1,25	0,98	0,48	0,32	0,31	0,21	0,24	0,24

Année hydrologie humide – période de retour 5 ans (« Quinquennale humide »)

	Janv	Févr	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
Débit (m³/s)	0,59	0,64	1,14	1,71	2,23	1,80	1,28	0,81	0,87	0,84	0,89	0,78

Tableau 19 : Reconstitution des débits moyens mensuels de la Dranse de Montriond (station 1) par corrélations

II.2.2 ANALYSE DES « COEFFICIENTS MENSUELS DE REPRESENTATIVITE »

La seconde méthode proposée consiste à analyser pour chaque mois de la période étudiée (juin 2010/juin 2011), sur les stations de référence (ici uniquement Dranse de Morzine et Dranse d'Abondance, en raison de leur proximité), le rapport entre le débit moyen mensuel observé en 2010/11 et le débit moyen « normal ». On applique ensuite ce même coefficient à la valeur mesurée sur la Dranse de Montriond pour en évaluer de la même manière son débit moyen mensuel. Cette méthode ne peut toutefois pas être appliquée pour les mois où les valeurs mesurées sur la Dranse de Montriond sont incomplètes (décembre, janvier, février et avril).

L'ensemble des valeurs des « rapports à la normale » (pluviométrie et sur les stations de référence) ont été donnés dans le chapitre précédent, paragraphe III.

On obtient finalement les valeurs suivantes :

	Janv	Févr	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
Débit (m³/s)			0,40		2,76	1,48	0,99	0,56	0,45	0,43	0,60	
Q_{spéc} (l/s/km²)			24,1		166,5	89,1	59,5	33,7	27,0	26,0	36,2	
Lame d'eau mm			64,6		445,9	231,1	159,4	90,2	69,9	69,7	93,8	

Tableau 20 : Reconstitution des débits moyens mensuels de la Dranse de Montriond (station 1) par représentativité

II.2.3 EVALUATION PAR RAPPORTS AU MODULE ANNUEL

Il est intéressant également de prendre en considération les valeurs des rapports de chacun des débits moyens mensuels au débit moyen annuel ou module, sur chacune des stations de référence. Cela permet d'assurer une certaine cohérence dans la répartition intermensuelle des débits, en particulier entre la Dranse de Montriond que l'on cherche à caractériser et la Dranse de Morzine en aval, qui draine les eaux de notre station. On pourra ainsi, in fine, appliquer un « coefficient correcteur » sur les valeurs extrapolées au paragraphe II.2.1 permettant au final s'approcher au mieux de la réalité.

Les coefficients à prendre en compte sont les suivants. Ils ont été calculés à partir des données de la Banque Hydro.

Rapport au Débit Moyen Annuel	Janv	Févr	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
Dranse de Morzine à Seytroux	0,67	0,69	0,98	1,55	2,02	1,55	0,92	0,62	0,66	0,73	0,81	0,80
Dranse d'Abondance à Vacheresse	0,70	0,62	1,03	1,51	2,00	1,46	0,87	0,64	0,70	0,82	0,72	0,90
Borne à St Jean de Sixt	0,54	0,62	1,02	1,79	2,12	1,48	0,84	0,60	0,67	0,75	0,87	0,68
Dranse de Montriond selon extrapolations du § II.2.1	0,47	0,50	1,02	1,70	2,10	1,69	1,08	0,69	0,74	0,67	0,70	0,63
Dranse de Montriond « corrigés » finaux	0,50	0,55	1,02	1,70	2,10	1,49	0,88	0,62	0,68	0,67	0,75	0,68

Tableau 21 : Comparaison des rapports Débit Moyen Mensuel / Module

Les valeurs retenues ici tiennent compte des mêmes analyses sur les régimes hydrologiques que précédemment et des plus ou moins bonnes corrélations, ainsi que de la situation plus en altitude de notre bassin versant qui est à l'origine d'un léger décalage temporel de la période de fonte nivale.

Ces valeurs sont reprises dans le graphique suivant :

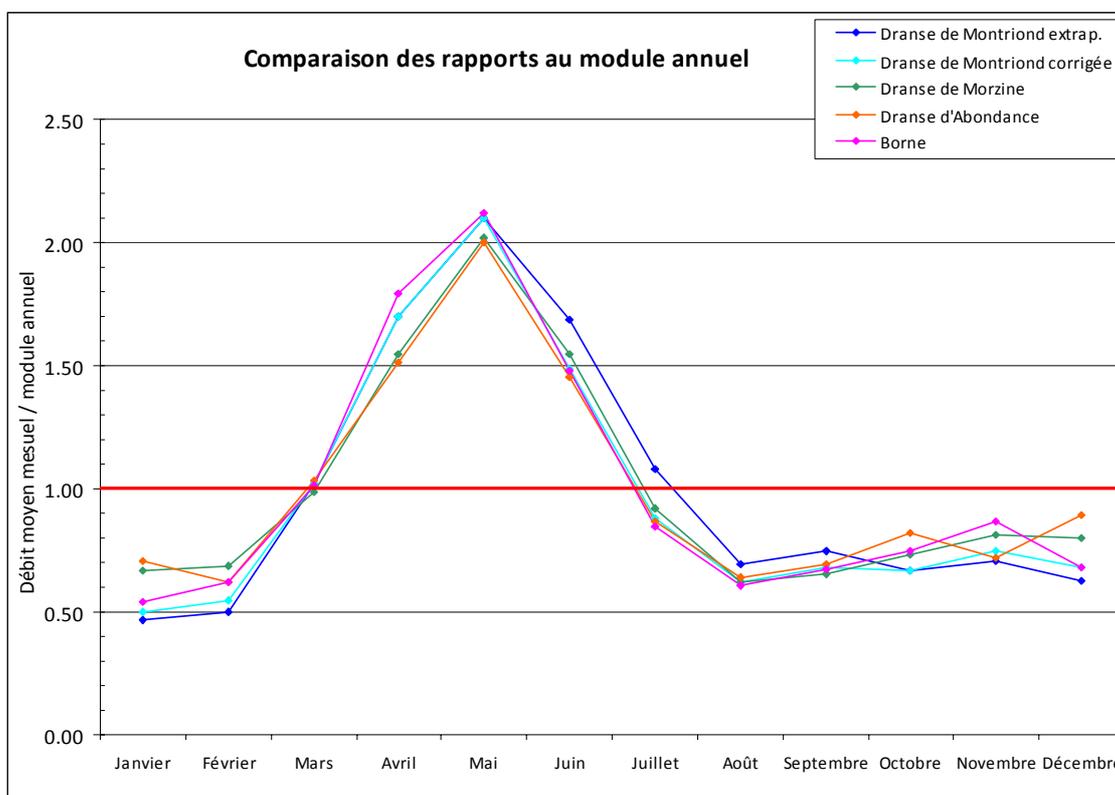


Figure 34 : Comparaison des rapports Débit Moyen Mensuel / Module

L'application des valeurs de coefficients « corrigés » conduit à modifier les débits moyens mensuels de référence sur la Dranse de Montriond de la façon suivante :

Débits Moyens mensuels	Janv	Févr	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
Débit (m^3/s)	0,53	0,54	0,85	1,36	1,72	1,26	0,74	0,52	0,57	0,64	0,67	0,67

Tableau 22 : Valeurs corrigées des Débits Moyens Mensuels de la Dranse de Montriond

II.2.4 SYNTHÈSE SUR LES DÉBITS MOYENS MENSUELS – CONCLUSION

Les différentes méthodes exposées nous donnent plusieurs estimations des débits moyens mensuels pour la Dranse de Montriond au niveau de la station 1, reprises dans le graphique suivant :

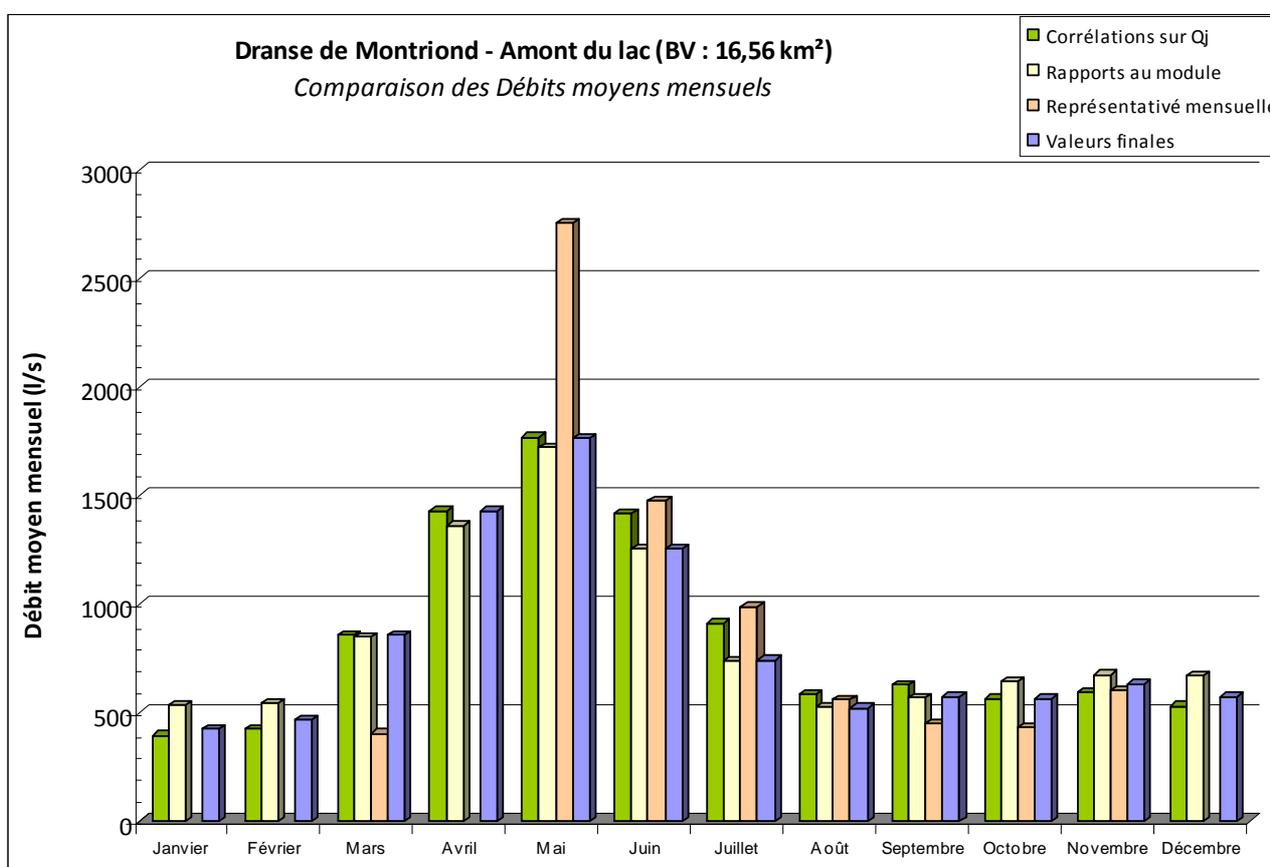


Figure 35 : Comparaison des résultats obtenus sur les débits moyens mensuels

Les valeurs finalement retenues ont été déterminées à partir de différents résultats et de l'adaptation plus ou moins bonne de chacune des méthodes ; on voit par exemple pour le mois de mai que la « représentativité » mensuelle surestime très largement le débit mensuel moyen, cela étant lié au caractère particulièrement sec du mois de mai 2011 et du faible enneigement de la saison hivernale. Cette méthode est d'autant plus précise que l'écoulement réel constaté se rapproche de la valeur moyenne.

Les Débits Moyens Mensuels retenus à l'amont du lac (station 1) sont donc les suivants :

Année hydrologie « normale »

	Janv	Févr	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
Débit (m^3/s)	0,420	0,462	0,857	1,429	1,765	1,252	0,740	0,521	0,572	0,563	0,630	0,572
$Q_{spéc}$ ($l/s/km^2$)	25,4	27,9	51,8	86,3	106,6	75,6	44,7	31,5	34,5	34,0	38,1	34,5
Lame d'eau mm	68,0	67,5	138,7	223,7	285,5	196,0	119,6	84,3	89,5	91,1	98,7	92,4

Année hydrologie sèche – période de retour 5 ans (« Quinquennale sèche »)

	Janv	Févr	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
Débit (m^3/s)	0,161	0,146	0,522	1,119	1,253	0,865	0,389	0,283	0,283	0,206	0,254	0,261

Année hydrologie humide – période de retour 5 ans (« Quinquennale humide »)

	Janv	Févr	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
Débit (m^3/s)	0,634	0,699	1,145	1,710	2,228	1,591	1,041	0,724	0,791	0,842	0,943	0,839

Tableau 23 : Débits Moyens Mensuels finaux - Dranse de Montriond à l'amont du lac (station 1)

La répartition intermensuelle est donc la suivante, caractéristique d'un régime nival (ou faiblement nivo pluvial) :

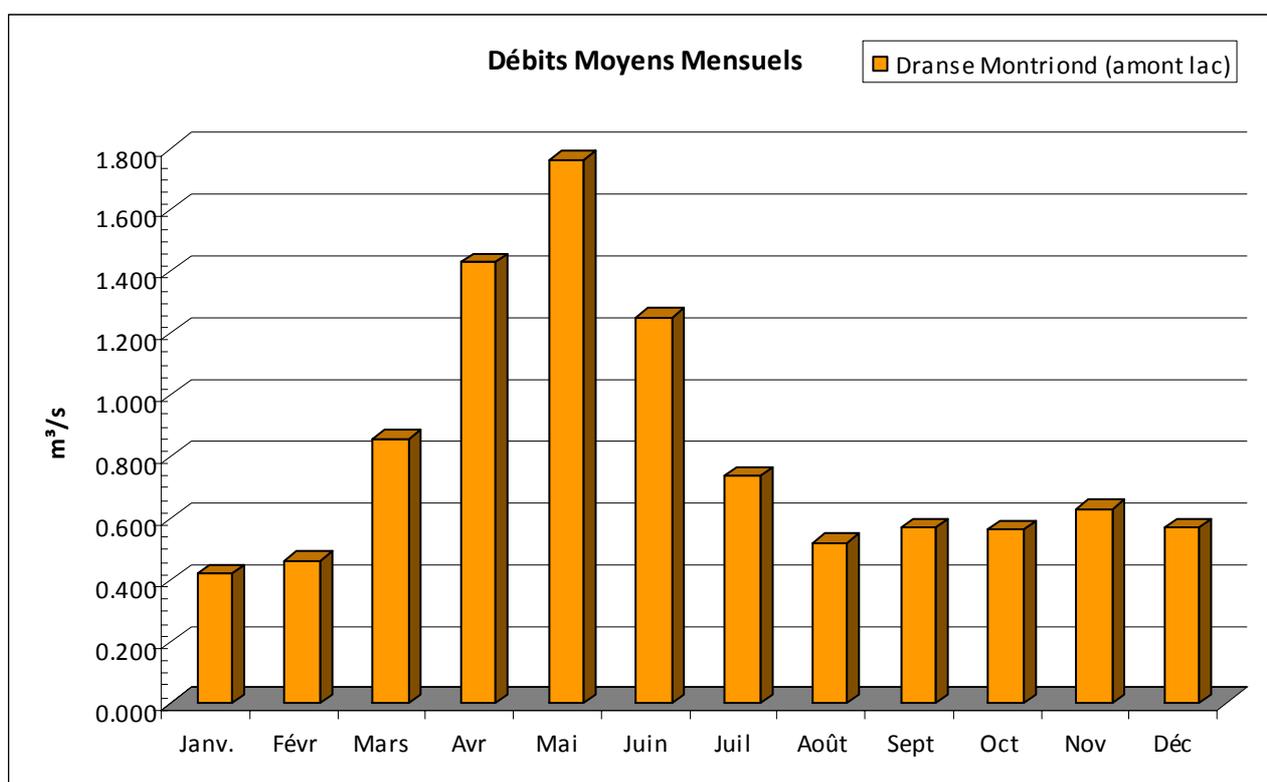


Figure 36 : Répartition des Débits Moyens Mensuels finaux - Dranse de Montriond à l'amont du lac

On extrapole ensuite ces valeurs, avec la loi de Myer, pour la station n°2 située à l'exutoire du Lac :

Année hydrologie « normale »

	Janv	Févr	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
Débit (m^3/s)	0,590	0,649	1,204	2,006	2,478	1,758	1,039	0,732	0,802	0,791	0,885	0,802
$Q_{spéc}$ ($l/s/km^2$)	25,4	27,9	51,8	86,3	106,6	75,6	44,7	31,5	34,5	34,0	38,1	34,5
Lame d'eau mm	68,0	67,5	138,7	223,7	285,5	196,0	119,6	84,3	89,5	91,1	98,7	92,4

Année hydrologie sèche – période de retour 5 ans (« Quinquennale sèche »)

	Janv	Févr	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
Débit (m^3/s)	0,227	0,204	0,733	1,571	1,759	1,214	0,546	0,397	0,397	0,289	0,357	0,367

Année hydrologie humide – période de retour 5 ans (« Quinquennale humide »)

	Janv	Févr	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
Débit (m^3/s)	0,890	0,982	1,608	2,401	3,128	2,234	1,462	1,016	1,110	1,183	1,324	1,178

Tableau 24 : Débits Moyens Mensuels finaux - Dranse de Montriond à l'aval du lac (station 2)

La répartition intermensuelle proposée est la suivante :

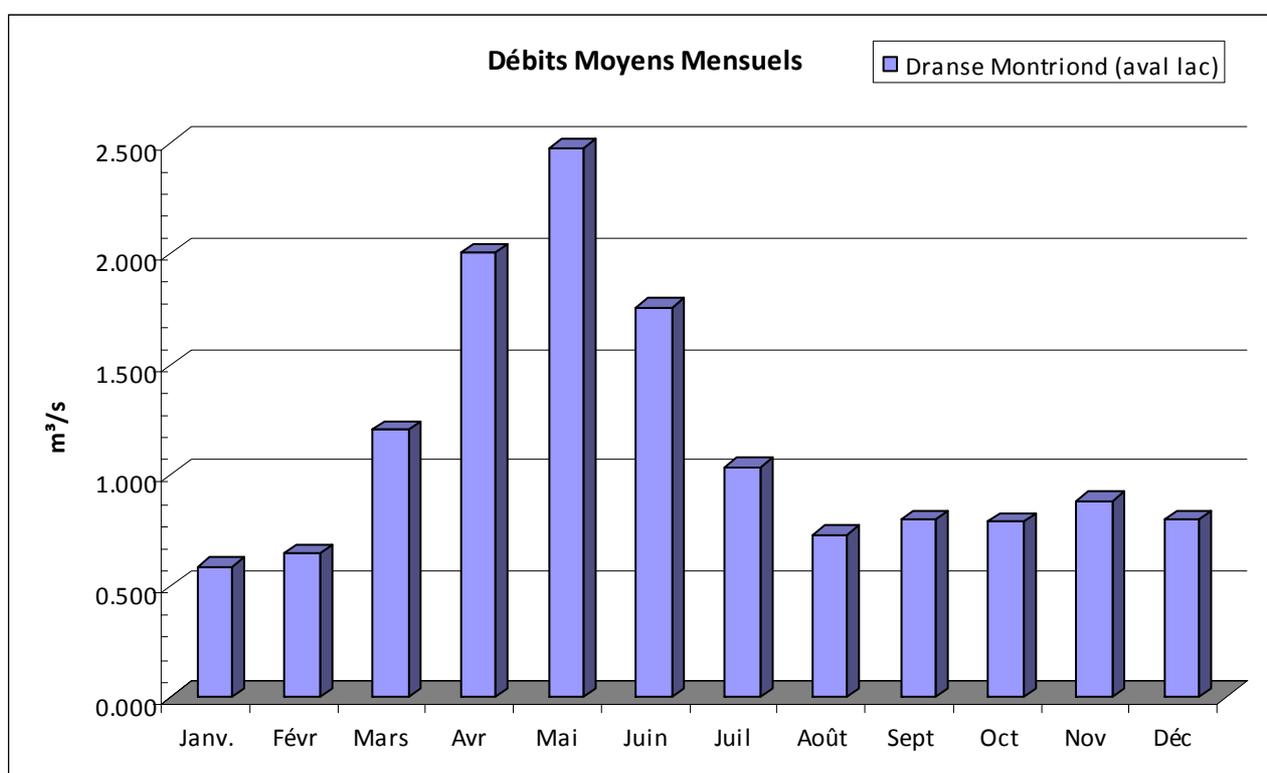


Figure 37 : Répartition des Débits Moyens Mensuels finaux - Dranse de Montriond à l'aval du lac

II.3 EVALUATION DU MODULE INTERANNUEL

Le module interannuel d'un cours d'eau est le débit moyen observé au cours d'une année hydrologique, calculée sur 12 mois.

C'est une valeur intéressante et importante car d'une part elle donne caractérisée de façon « globale » la ressource disponible au droit de la station et d'autre part elle est prise en compte pour le calcul du débit réservé dans le cas d'un prélèvement, ou de la réalisation d'un aménagement hydroélectrique par exemple. Selon la Loi sur l'Eau en vigueur (articles L214-1 et suivants du Code de l'Environnement), le débit réservé est au moins égal au $1/10^{\text{ème}}$ du module interannuel, sauf cas spécifiques.

Pour estimer ce module interannuel sur la Dranse de Montriond, plusieurs méthodes peuvent être mises en œuvre à l'image des estimations précédentes :

- Par application de la loi de Myer (cf I.1)
- A partir des corrélations sur les débits moyens journaliers étudiées au paragraphe précédent,
- Par extrapolation à partir de la « représentativité » de la saison de mesures (on ne retient alors que la période juin 2010 → mai 2011)
- A partir d'une loi théorique établie par le CTGREF

Au final, la valeur retenue doit également être en cohérence avec les débits moyens mensuels finaux établis au paragraphe précédent.

II.3.1 UTILISATION DE LA LOI DE MYER

On retient pour ce calcul uniquement la station la plus proche du bassin versant étudié, c'est-à-dire la Dranse de Morzine, puis qu'elle draine également les eaux issues du bassin versant de la Dranse de Montriond.

Par application de la loi de Myer (application d'un coefficient calculé à partir du rapport des surfaces de bassin versant) on obtient les résultats suivants :

Station hydrométrique	Surface bassin versant	Module interannuel
La Dranse de Morzine à Seytroux	170 km ²	7,42 m ³ /s
La Dranse de Montriond – station 1	16,56 km ²	720 l/s

Tableau 25 : Evaluation du module par application de la loi de Myer

Cette première estimation donne un ordre de grandeur qu'il convient d'affiner, les deux bassins versants ayant des surfaces relativement différentes.

NOTA : L'application de la formule de Myer à partir de la station de référence sur le Borne à St Jean de Sixt (bassin versant de 69,6 km² et module de 3,03 m³/s) conduit au même résultat pour la Dranse de Montriond soit 720 l/s mais ces deux bassins étant éloignés, cette valeur n'a pas été prise en considération.

II.3.2 UTILISATION DES FORMULES DE CORRELATION ETABLIES

En utilisant les résultats sur les débits moyens mensuels calculés au paragraphe II.2.1 à partir des corrélations sur les débits journaliers, on obtient un module annuel (moyenne des débits mensuels) qui s'élève à **841 l/s**.

Une autre méthode consiste à étudier les débits journaliers mesurés à Montriond aux mêmes périodes où ceux de la Dranse de Morzine sont proches du module (ce qui suppose que ces deux stations aient des fonctionnements proches, hypothèse qui peut valablement être retenue puisqu'elles se situent à l'intérieur d'un même bassin versant).

En retenant ainsi les débits journaliers observés à Seytroux compris entre $\pm 15\%$ du module, on calcule une valeur de module correspondant pour la Dranse de Montriond de **855 l/s**.

II.3.3 CALCUL DU MODULE A PARTIR DE LA REPRESENTATIVITE DE L'ANNEE 2010/11

On applique ici une méthode similaire à celle employée pour les débits moyens mensuels au paragraphe II.2.2.

Le débit moyen mesuré sur la Dranse de Montriond au niveau de la station 1 entre juin 2010 et fin mai 2011 s'élève à **523 l/s** (rappelons que la série d'enregistrements est toutefois incomplète).

Sur les autres stations de référence, nous avons calculé de la même manière le débit moyen annuel entre juin 2010 et mai 2011, qui est ensuite rapporté au débit moyen annuel calculé sur l'ensemble des chroniques de débits disponibles. On obtient les résultats suivants :

Station	Débit moy. mesuré <i>Jun 10 → Mai 11</i>	Débit moy. Annuel de référence <i>Jun → Mai</i>	Rapport
La Dranse de Morzine à Seytroux	4,68 m ³ /s	7,42 m ³ /s	63 %
La Dranse d'Abondance à Vacheresse	4,28 m ³ /s	6,46 m ³ /s	66 %
La Dranse de Montriond – station 1	523 l/s	Valeur calculée : 805 l/s	Moyen : 65 %

Tableau 26 : Reconstitution du module par représentativité de l'année

Le tableau précédent confirme bien le fait que la saison 2010/11 où les mesures ont été effectuées s'est montrée particulièrement sèche, comme sur l'ensemble des cours d'eau du département par ailleurs, avec un déficit d'écoulement d'environ 1/3 des valeurs normales.

Avec cette méthode, le module de la Dranse de Montriond à l'amont du lac est donc évalué à 805 l/s.

II.3.4 LOI DU CTGREF

En 1980, le Centre Technique Régional du Génie Rural des Eaux et Forêts a mis au point une loi permettant de calculer le module « μ » des rivières de Haute-Savoie, à partir de la pluviométrie annuelle (P), de la superficie des bassins versants (S), de leur altitude moyenne (z_{moyen}) et d'un coefficient (b) de couverture végétale, paramètre régionalisé et cartographié par le CTGREF variant dans l'intervalle 37-46. Cette loi, pour le département de la Haute Savoie, permet d'expliquer 98% des variances des modules mesurés sur les cours d'eau jaugés ce qui correspond à un écart type résiduel qui ne dépasse pas 2 l/s/km² sur les modules spécifiques.

Cette loi a pour forme :

$$\mu = \frac{S}{31,5} \left(\frac{P}{b} \right)^{\frac{5}{3}} \left(\frac{z_{\text{moyen}}}{100} \right)^{\frac{1}{3}}$$

Appliquée à la Dranse de Montriond, elle permet les estimations suivantes :

Station	Evaluation du module
Station 1 – Amont lac	633 < Module < 910
Station 2 – Aval lac	889 < Module < 1278

Tableau 27 : Evaluation du module - Loi CTGREF (en l/s)

II.3.5 SYNTHÈSE – VALEUR DE MODULE RETENU

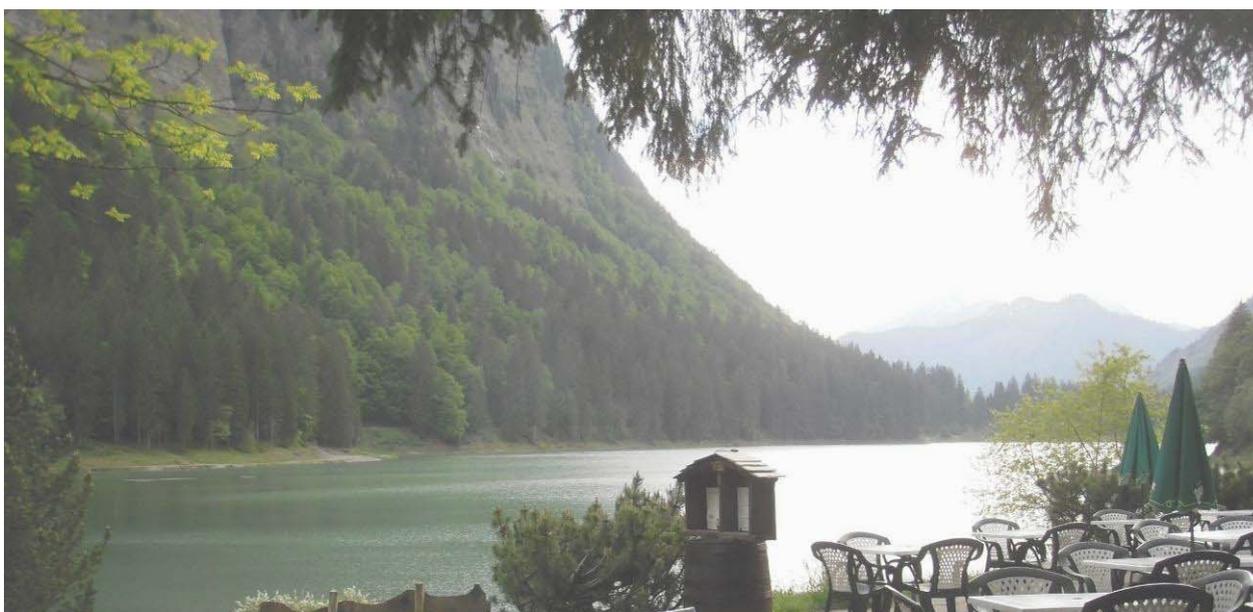
Les différentes méthodes exposées ci avant ont donné des estimations du module différentes, mais qui s'établissent toutes autour de 800 l/s pour la station n°1 (entre 750 et 850 l/s). A partir d'une analyse critique sur la méthodologie propre à chacune, ainsi que pour prendre en compte les spécificités du bassin versant de la Dranse de Montriond, nous proposons de retenir les valeurs suivantes. Le tableau reprend également des valeurs de modules « quinquennal » sec et humide, correspondants respectivement aux débits moyens annuels minimum et maximum observés en moyenne une année sur 5 (autrement dit ayant chaque année 1 chance sur 5 d'être dépassés). Ils sont calculés par similitude à partir des données de la Dranse de Morzine.

Il faut remarquer de plus que les valeurs retenues sont concordantes avec les débits moyens mensuels retenus au paragraphe II.2.4

Station	Superficie bassin versant	Module interannuel	Module Quinquennale sèche	Module Quinquennale humide
Dranse de Montriond Station 1 – amont du lac	16,56 km ²	815 l/s <i>soit 49,2 l/s/km²</i>	680 l/s	1 000 l/s
Dranse de Montriond Station 2 – aval du lac	23, 25 km ²	1 144 l/s <i>soit 49,2 l/s/km²</i>	955 l/s	1 404 l/s

Tableau 28 : Synthèse des estimations de module - valeur retenue

Sur la base de ces valeurs, le 1/10^{ème} du module à l'exutoire du lac est de 114 l/s (proposition de débit réservé).



III EVALUATION DES DEBITS D'ETIAGE

Les débits d'étiage constituent encore une information intéressante sur l'hydrologie des cours d'eau, particulièrement lorsqu'on étudie de possibilités de prélèvement.

On s'intéresse alors aux « Débits Minimum Mensuels » encore appelés Q_{MNA} pour différentes périodes de retour (ici 2, 5 et 10 ans). Il s'agit du plus faible débit moyen mensuel observé au cours de l'année en moyenne 1 année sur 2, 5 ou 10 ans suivant la période de retour. Autrement dit, pour la fréquence quinquennale par exemple, le Q_{MNA5} est la valeur minimum de débit moyen mensuel qui a 1 chance sur 5 d'être dépassée chaque année.

Les débits d'étiage dépendant largement de la nature géologique et pédologique des bassins versants, seules les deux stations de référence les plus proches seront conservées ici pour les extrapolations.

Trois méthodes ont été explorées pour évaluer les débits d'étiage :

- Par application de la loi de Myer
- Le mois d'octobre 2010 a été particulièrement sec (débit moyen mensuel observé sur la Dranse de Morzine proche du Q_{MNA5}) et permet donc un recalcul plus précis sur la Dranse de Montriond où le débit moyen a également été enregistré, sans « incident » sur la chaîne d'acquisition (les données sont donc totalement fiables).
- Par comparaison géographique suivant une carte produite par la DREAL Rhône Alpes.

III.1 EXTRAPOLATION DES STATIONS DE REFERENCE - MYER

Par une méthodologie similaire à l'évaluation des modules, on peut estimer le débit de référence d'étiage de la Dranse de Montriond, en utilisant la formule de Myer (cf § I.1) et les données de référence sur la Dranse de Morzine et d'Abondance.

Les débits d'étiage fournis par la Banque Hydro sur les stations de référence sont les suivants :

Station	Bassin versant <i>km²</i>	$Q_{MNA2} - T = 2 \text{ ans}$ <i>l/s</i>	$Q_{MNA5} - T = 5 \text{ ans}$ <i>l/s</i>	$Q_{MNA10} - T = 10 \text{ ans}$ <i>l/s</i>
La Dranse de Morzine à Seytroux	170	2 600	2 000	1 800
La Dranse d'Abondance à Vacheresse	175	2 400	1 900	1 600

Tableau 29 : Débits d'étiage des stations de référence

A partir de ces données, on estime les débits d'étiage de référence suivants pour la Dranse de Montriond à l'amont du Lac (BV = 16,56 km²) et par application de la formule de Myer pour les débits d'étiage :

Station de référence	$Q_{MNA2} - T = 2 \text{ ans}$ <i>l/s</i>	$Q_{MNA5} - T = 5 \text{ ans}$ <i>l/s</i>	$Q_{MNA10} - T = 10 \text{ ans}$ <i>l/s</i>
Calcul à partir de la Dranse de Morzine	141	109 <i>soit 6,6 l/s/km²</i>	98
Calcul à partir de la Dranse d'Abondance	126	100 <i>soit 6,0 l/s/km²</i>	84

Tableau 30 : Calcul des débits d'étiage de référence de la Dranse de Montriond

On obtient un premier ordre de grandeur mais qui semble faible au regard des valeurs de débit spécifiques, généralement plus élevées dans ce secteur du département (cf carte au III.3).

III.2 EVALUATIONS DES DEBITS D'ETIAGES A PARTIR DES DONNEES MESUREES

Pour affiner l'estimation précédente, il est intéressant de considérer les données enregistrées au mois d'octobre 2010. En effet, cette période ayant présenté un net déficit pluviométrique, les débits moyens enregistrés sur l'ensemble des stations du département sont proches voire inférieurs aux débits de référence d'étiage (ou Q_{MNA5} - nom consacré par la Loi sur l'Eau).

Les valeurs suivantes ont été enregistrées (débit moyen mensuel – octobre 2010)

- Sur la Dranse de Montriond à l'amont du lac : 166 l/s
- Sur la Dranse de Morzine à Seytroux : 1 883 l/s
- Sur la Dranse d'Abondance à Vacheresse⁶ : 2 220 l/s

Ainsi, par interpolation linéaire et connaissant les valeurs de référence, on peut faire les estimations suivantes :

Station de référence	$Q_{MNA2} - T = 2 \text{ ans}$ l/s	$Q_{MNA5} - T = 5 \text{ ans}$ l/s	$Q_{MNA10} - T = 10 \text{ ans}$ l/s
Calcul à partir de la Dranse de Morzine	229 l/s	176 l/s <i>soit 10,6 l/s/km²</i>	159 l/s
Calcul à partir de la Dranse d'Abondance	179 l/s	142 l/s <i>soit 8,6 l/s/km²</i>	120 l/s

Tableau 31 : Calcul des débits de référence d'étiage à partir des données d'octobre 2010

III.3 ANALYSE GEOGRAPHIQUE

Les valeurs d'étiage se distinguent, en terme d'hydrologie, des autres estimations car les phénomènes naturels en jeu ne sont pas les mêmes (absence de notion de ruissellement).

Les valeurs d'étiages de référence sont fortement dépendantes de la nature géologique du bassin versant, et de l'occupation au sol de celui-ci (couverture végétale, glaciers, neige...).

La figure suivante présente les débits d'étiage de période de retour $T = 5$ ans sur les stations hydrométriques jaugées du département de la Haute Savoie (source DREAL Rhône Alpes).

On observe que dans le secteur d'étude, pour le Chablais et particulièrement le bassin versant des Dranses, les débits spécifiques d'étiage sont généralement supérieurs à 10 l/s/km².

C'est donc finalement le calcul réalisé au paragraphe précédent à partir de la Dranse de Morzine qui semble donner l'évaluation la plus juste pour les débits d'étiage de la Dranse de Montriond.

⁶ Cette station subit l'influence d'installations hydroélectriques, dont l'impact sur l'hydrologie peut être particulièrement sensible pour les périodes d'étiage (prélèvements qui peuvent atteindre une proportion forte du débit naturel ou à l'inverse soutien d'étiage)

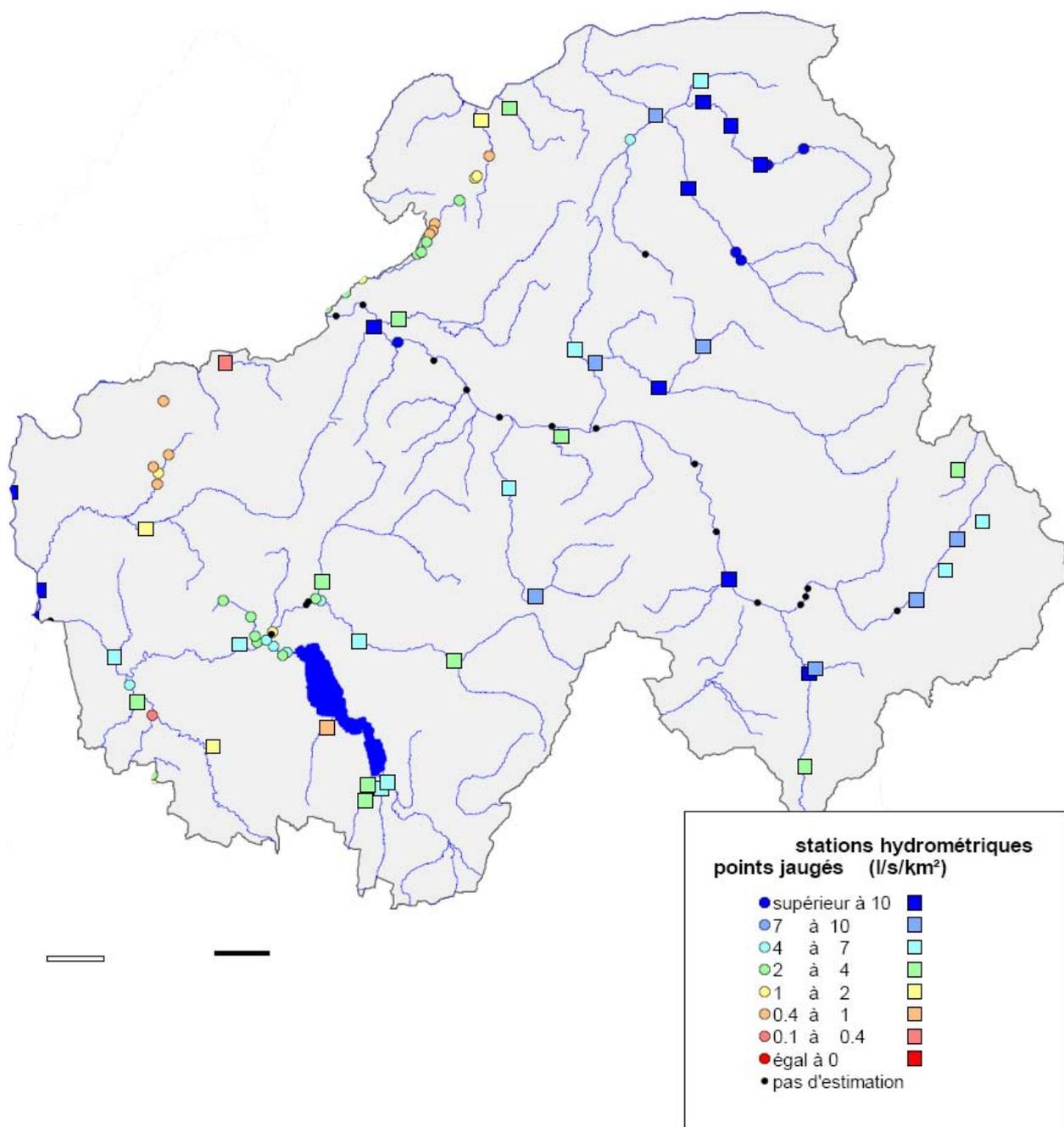


Figure 38 : Comparaison des débits spécifiques d'étiage dans le département de la Haute Savoie (source : DREAL)

III.4 SYNTHÈSE

On retient finalement les débits d'étiage suivants pour la Dranse de Montriond :

Station	$Q_{MNA2} - T = 2 \text{ ans}$ l/s	$Q_{MNA5} - T = 5 \text{ ans}$ l/s	$Q_{MNA10} - T = 10 \text{ ans}$ l/s
Dranse de Montriond Station 1 – amont du lac	229 l/s	176 l/s <i>soit 10,6 l/s/km²</i>	159 l/s
Dranse de Montriond Station 2 – aval du lac	322 l/s	247 l/s <i>soit 10,6 l/s/km²</i>	223 l/s

Tableau 32 : Débits d'étiage de référence de la Dranse de Montriond

IV EVALUATION DES DEBITS DE CRUE

L'estimation des débits de référence de crue pour la Dranse de Montriond est donnée ici pour mémoire, car peu déterminante pour l'étude de la faisabilité de prélèvement. Toutefois, l'existence d'une chronique de mesures à l'amont immédiat du lac de Montriond permet d'obtenir une connaissance plus précise de ces épisodes.

Cependant, les enregistrements n'ayant porté que sur 13 mois, tout traitement statistique direct sur les débits de la Dranse de Montriond est impossible pour en extraire des valeurs de référence (crue décennale, crue centennale...).

On dispose toutefois d'informations sur la relation avec la station située sur la Dranse de Morzine, plus en aval, qui sera la seule station de référence utilisée ici.

La formule de Myer est couramment utilisée pour « transposer » des débits de référence d'une station à une autre, mais avec un « coefficient » de pondération sur le rapport des surfaces de bassin versant pouvant varier de 0,5 à 1, en fonction de la morphologie des bassins versants et des temps de transfert des ondes de crue.

$$\frac{Q_A}{Q_B} = \left(\frac{S_A}{S_B} \right)^\alpha$$

Aussi, dans un premier temps, l'évaluation de ce coefficient α sera réalisée à partir des enregistrements disponibles, puis la relation de Myer pourra alors être appliquée. Enfin, les valeurs données par les formules de référence issues de la littérature seront données.

IV.1 ANALYSE DE LA SIMILITUDE ENTRE BASSINS VERSANTS

Afin d'étudier la relation entre les débits de crue observés d'une part sur la Dranse de Montriond et d'autre part sur la Dranse de Morzine, les différents épisodes hydrologiques « forts » observés entre juin 2010 et juin 2011 ont été recensés. Pour chacun sont donnés le débit maximum relevé et le débit journalier correspondant au droit des deux stations :

Episode	Dranse de Montriond à l'amont du lac		Dranse de Morzine à Seytroux	
	Q_{\max}	Q_j	Q_{\max}	Q_j
17/06/2010	3,607	2,643	16,2	14,5
10/07/2010	6,141	1,087	5,81	4,01
16/08/2010	3,024	2,143	25,2	18,1
12/11/2010	5,553	3,245	31,7	24
07/12/2010	6,261	4,215	58,9	38,1
07/01/2011	3,911	1,692	19,6	13,9
14/05/2011	3,507	1,926	12,6	9,44
31/05/2011	3,31	2,026	11,2	9,03
18/06/2011	7,376	5,524	36,6	29,4

Tableau 33 : Episodes de crue relevés au cours de la période de mesures

Afin de rechercher des corrélations entre ces deux stations, les données précédentes sont replacées dans un graphique. L'épisode du 10/07/2010 a été exclu de ce traitement car il résulte d'un orage très localisé (non visible sur les données pluviométriques du Plenay, par ailleurs) et qui n'a pas engendré de montée significative de la Dranse de Morzine.

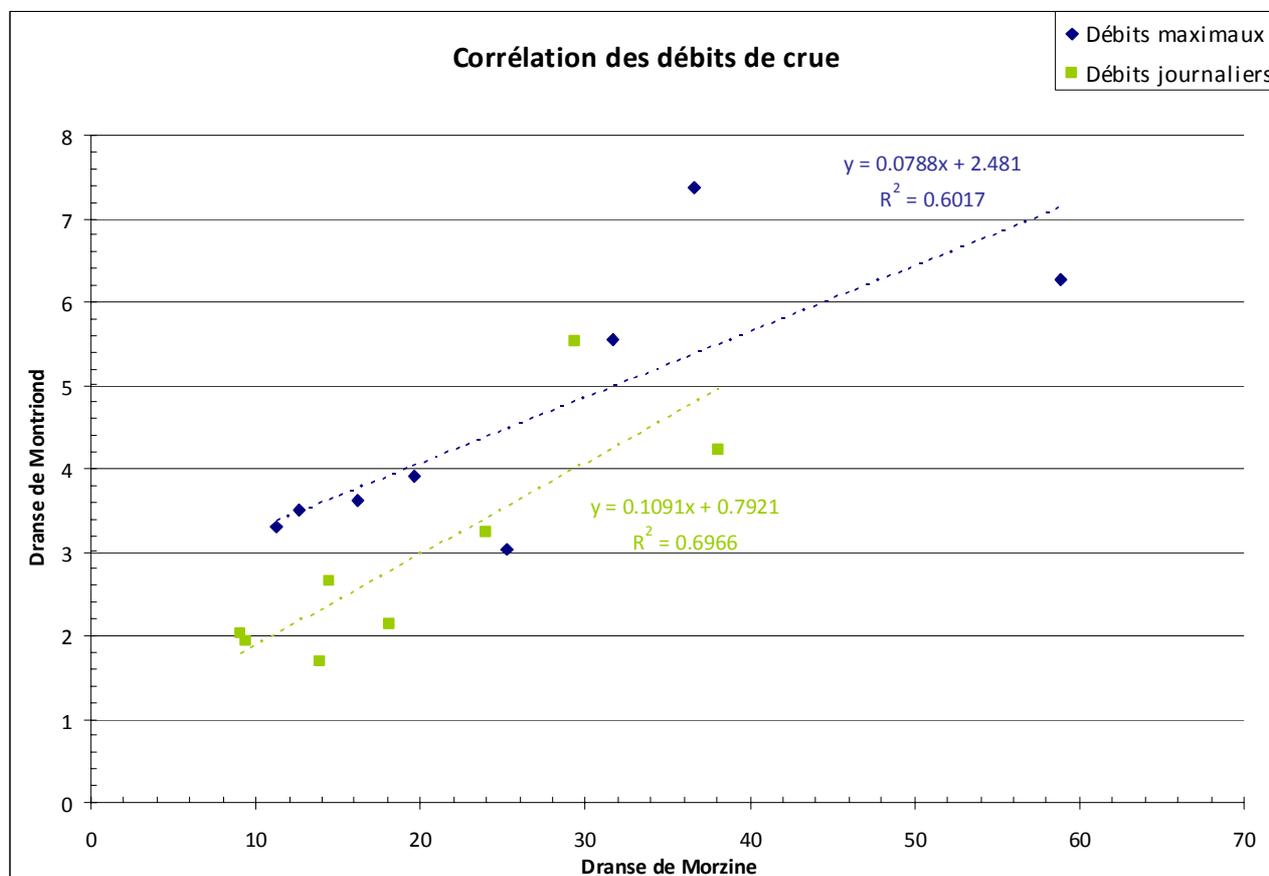


Figure 39 : Corrélation des débits de crue

La corrélation sur les débits journaliers est meilleure, et sera utilisée pour évaluer le coefficient de Myer. On obtient ainsi une valeur du coefficient $\alpha = 0,95$.

IV.2 ESTIMATION DES DEBITS DE CRUE PAR LA FORMULE DE MYER

A partir des débits de crue de référence de la Dranse de Morzine, et du coefficient calculé au paragraphe précédent, la formule de Myer nous permet d'effectuer les estimations suivantes pour la Dranse de Montriond, au droit de la station n°1. Les rapports entre débits maximaux instantanés et débit journalier ont été calculés à partir des épisodes observés en 2010/11 et extrapolés à des crues plus fortes.

Les résultats obtenus sont donnés dans le tableau suivant.

Période de retour	Dranse de Morzine à Seytroux (BV = 170 km ²)		Dranse de Montriond à station 1 (BV = 16,56 km ²)	
	Q _j	Q _{max}	Q _j	Q _{max}
en m ³ /s				
2 ans	36	50	3,9	6,7
5 ans	47	65	5,1	8,7
10 ans	54	75	5,9	10,0
20 ans	61	84	6,7	11,2
50 ans	70	96	7,6	12,8

Tableau 34 : Débits de crue de référence estimés par la formule de Myer (en m³/s)

IV.3 FORMULES COURANTES D'HYDROLOGIE

Plusieurs formules permettent d'évaluer le débit de crue décennal ou centennal d'un cours d'eau, à partir de ses caractéristiques et de la pluviométrie de référence du secteur. Les détails théoriques de ces formules sont présentés en annexe 7, seuls les résultats sont repris ici.

Les principales caractéristiques des bassins versants considérés, ainsi que les éléments de pluviométrie de référence, utiles pour le calcul des débits de crue de référence, ont été présentés en détail dans le premier chapitre du présent rapport (voir § I.2.2 et § II.1 - Tableau 6 p.17).

IV.3.1 ESTIMATION DU DEBIT DE CRUE DECENNAL

Parmi les formules prédéterministes courantes, les suivantes ont été utilisées :

- La formule rationnelle
- La formule CRUPEDIX
- La formule SOCOSE
- La formule EDF

Compte tenu de l'adaptation plus ou moins bonne de chacune des méthodes au « contexte » hydrologique et à la surface de bassin versant, les différents résultats sont comparés dans le tableau suivant :

Dranse de Montriond	Surface bassin versant	Formule rationnelle	Formule Crupédix	Formule SOCOSE	Formule EDF
Station 1 amont lac	16,56 km ²	16,6	9,4	21,9	15,0
Station 2 aval lac	23,25 km ²	21,4	12,3	27,5	19,0

Tableau 35 : Estimations du débit instantané décennal (m³/s)

On observe une certaine concordance des formules précédentes, qui viennent « encadrer » les résultats précédents, que nous conserverons malgré tout puisqu'ils résultent d'observations directes.

Le débit instantané décennal calculé à l'entrée du Lac dans le Plan de Prévention des Risques Naturels de Montriond est de 13 m³/s.

IV.3.2 ESTIMATION DU DEBIT DE CRUE CENTENNAL

Plusieurs méthodes permettent d'évaluer le débit centennal :

- un premier ordre de grandeur peut être donné par la relation $Q_{100}^i = 2 \times Q_{10}^i$
- il existe également une formule rationnelle pour la période de retour $T = 100$ ans, mais elle conduit à une surévaluation importante des débits pour de grands bassins versants et pour les bassins versants « naturels », c'est une formule plus adaptée à l'assainissement routier ou urbain.
- la méthode du Gradex a été mise au point par EDF pour l'estimation des crues de fréquences rares ; cette méthode suppose un ruissellement intégral des précipitations au-delà de la pluie décennale ; l'excédent de précipitations est donc « entièrement » ruisselé et contribue au débit du cours d'eau. Cette dernière méthode nécessite de connaître le Gradex des précipitations, pour un pas de temps compatible avec le temps de « l'épisode hydrologique ».

Dans le cas présent, le Gradex des précipitations a été calculé à partir des coefficients de Montana calculés à Abondance ; il vaut $G_{\text{pluies}}^{T=3h} = 2,0 \text{ mm/h}$.

On obtient ainsi les résultats suivants :

Dranse de Montriond	$2 \times Q_{10}$	Formule rationnelle centennale	Formule du Gradex
Station 1 amont lac	25,9	62,9	29,5
Station 2 aval lac	33,6	76,7	36,5

Tableau 36 : Estimations du débit instantané centennal (m^3/s)

Les valeurs données par la formule du Gradex apparaissent ici comme étant les plus réalistes. Rappelons toutefois que le PPR de Montriond ne mentionne pas d'épisode exceptionnel ayant causé d'important dégâts ; l'hydrologie de la Dranse de Montriond semble donc naturellement « régulée ».

IV.4 SYNTHÈSE DES DÉBITS DE CRUE

Nous retiendrons finalement les valeurs suivantes pour les débits de référence de crue sur la Dranse de Montriond au niveau du Lac de Montriond :

Période de retour	Dranse de Montriond à l'amont du lac Station 1 (BV = 16,56 km ²)		Dranse de Montriond à l'aval du lac Station 2 (BV = 23,25 km ²)	
	Q_j	Q_{max}	Q_j	Q_{max}
<i>en m³/s</i>				
2 ans	3,9	6,7	5,3	9,1
5 ans	5,1	8,7	7,0	11,8
10 ans	5,9	10,0	8,0	13,6
20 ans	6,7	11,2	9,0	15,2
50 ans	7,6	12,8	10,4	17,4
100 ans	18	29	21	35

Tableau 37 : Synthèse des débits de crue instantanés de référence du Nant d'Aveyran (m^3/s)

Les débits de référence pour les périodes de retour « intermédiaires » ont été évalués par ajustement sur une loi de Gumbel.

Par ailleurs, l'extrapolation entre la station « amont » et « aval » du lac, dans le tableau précédent, a pris en compte un certain amortissement de l'onde de crue, que permet le plan d'eau dont la surface s'étend sur 33 ha.

V RECONSTITUTION DES COURBES DE DEBITS CLASSES

Afin de pouvoir étudier la faisabilité d'un prélèvement, il convient enfin d'étudier les courbes des débits classés de la Dranse de Montriond sur les périodes concernées.

Les courbes de débits classés donnent la « fréquence de non dépassement » d'une valeur donnée au cours d'une période, c'est-à-dire à probabilité que soit dépassée telle ou telle valeur de débit au cours de cette période.

Ces courbes ont été établies à partir des « débits journaliers classés » fournis par la banque hydro sur les stations de références, et extrapolés pour la Dranse de Montriond par une méthodologie similaire à celle présentée en détail dans le paragraphe II (corrélations sur débits journaliers, puis coefficients de correction suivant les rapports au module,...).

Elles sont établies pour différentes « périodes », afin d'apporter des données aussi précises que possible :

- de façon globale sur l'année, du 1^{er} janvier au 31 décembre
- en période hivernale où les besoins de prélèvement sont identifiés (du 1^{er} novembre au 31 janvier)
- et enfin mois par mois pour novembre, décembre, et janvier.

Pour chaque période étudiée, sont donnés ci après les valeurs numériques sur les stations 1 (à l'amont du lac) et 2 (à l'aval du lac) ainsi que les graphiques correspondants.

Ces courbes seront utilisées au chapitre suivant, pour évaluer la possibilité de prélèvements dans les périodes sensibles.

V.1 DEBITS CLASSES ANNUELS – DU 1^{ER} JANVIER AU 31 DECEMBRE

Fréquence de non dépassement	Débit Station 1 l/s	Débit Station 2 l/s	Fréquence de non dépassement	Débit Station 1 l/s	Débit Station 2 l/s
0,0%	20	28	55,0%	686	964
0,5%	125	176	60,0%	749	1052
1,0%	141	198	65,0%	819	1150
2,0%	176	247	70,0%	905	1271
2,7%	199	279	75,0%	1005	1411
5,0%	237	333	80,0%	1137	1596
10,0%	286	402	85,0%	1307	1836
15,0%	332	466	90,0%	1548	2174
20,0%	373	523	95,0%	2040	2864
25,0%	413	579	97,3%	2521	3539
30,0%	452	634	98,0%	2849	4001
35,0%	492	691	99,0%	3516	4936
40,0%	534	749	99,5%	4188	5879
45,0%	579	813	100,0%	9560	13422
50,0%	630	884			

Tableau 38 : Débits classés - 1er janvier au 31 décembre

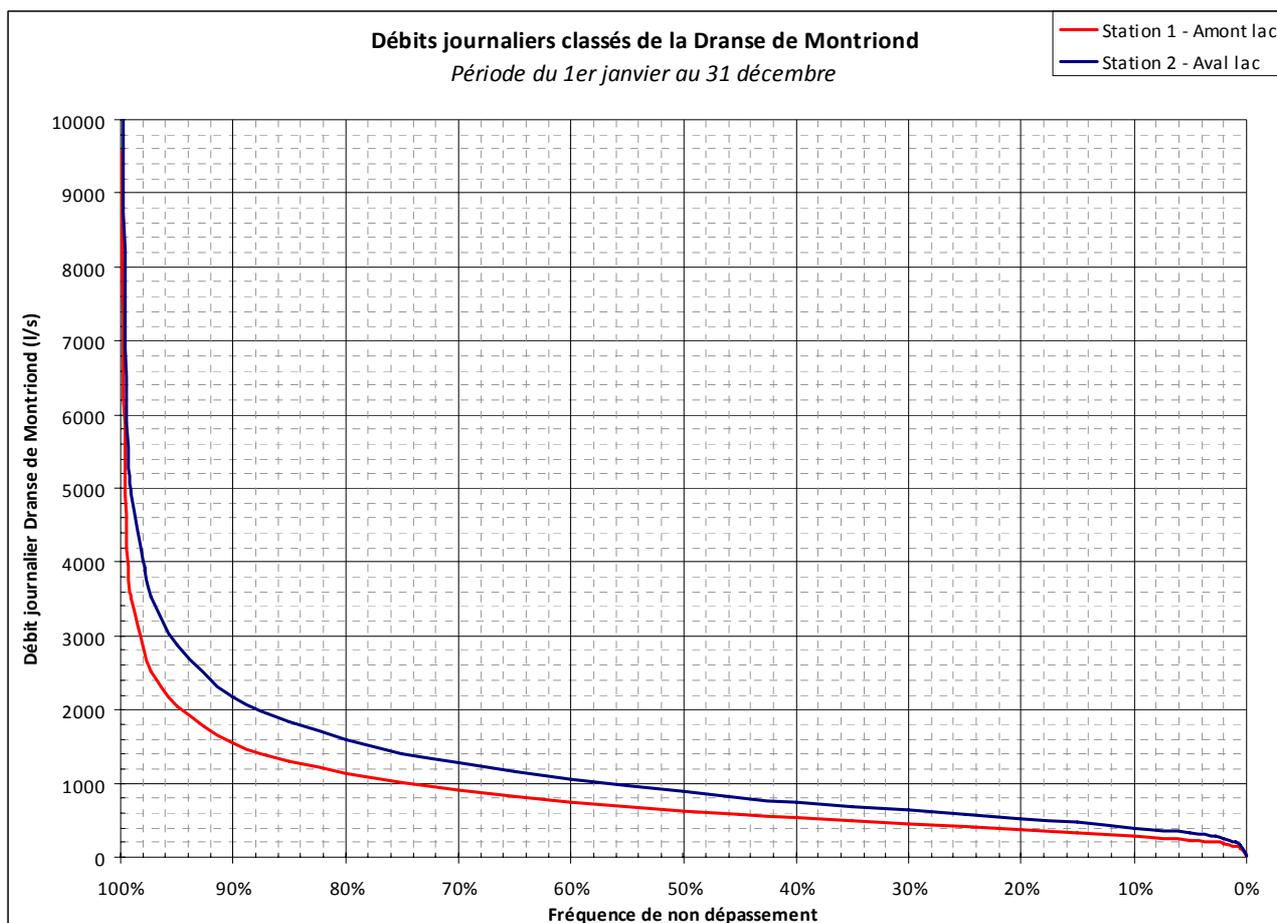


Figure 40 : Courbe des débits classés - 1er janvier au 31 décembre

V.2 DEBITS CLASSES HIVERNAUX – DU 1^{ER} NOVEMBRE AU 31 JANVIER

Fréquence de non dépassement	Débit Station 1 l/s	Débit Station 2 l/s	Fréquence de non dépassement	Débit Station 1 l/s	Débit Station 2 l/s
0,0%	27	38	55,0%	364	511
0,5%	31	44	60,0%	416	584
1,0%	33	46	65,0%	474	665
2,0%	36	51	70,0%	550	772
2,7%	38	54	75,0%	639	897
5,0%	42	59	80,0%	760	1066
10,0%	51	71	85,0%	936	1315
15,0%	88	123	90,0%	1209	1697
20,0%	118	166	95,0%	1876	2634
25,0%	146	205	97,3%	2530	3552
30,0%	174	245	98,0%	2998	4209
35,0%	207	290	99,0%	3960	5560
40,0%	240	337	99,5%	5123	7192
45,0%	275	386	100,0%	9396	13192
50,0%	316	444			

Tableau 39 : Débits classés - 1er novembre au 31 janvier

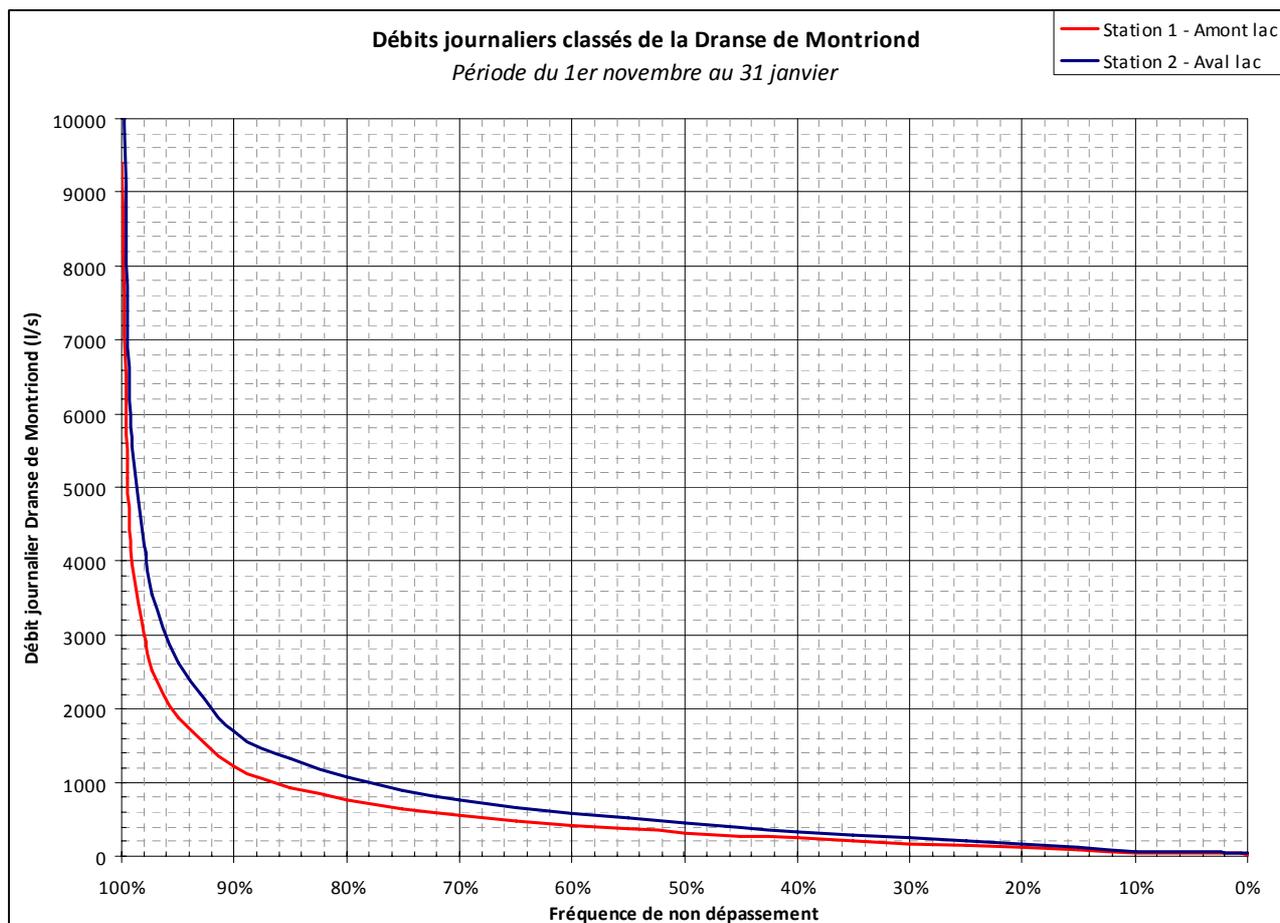


Figure 41 : Courbe des débits classés - 1er novembre au 31 janvier

V.3 DEBITS CLASSES MENSUELS – DU 1^{ER} AU 30 NOVEMBRE

Fréquence de non dépassement	Débit Station 1 l/s	Débit Station 2 l/s	Fréquence de non dépassement	Débit Station 1 l/s	Débit Station 2 l/s
0,0%	30	42	55,0%	431	606
0,5%	31	44	60,0%	489	686
1,0%	35	50	65,0%	563	790
2,0%	39	54	70,0%	661	928
2,7%	39	55	75,0%	749	1052
5,0%	43	61	80,0%	872	1225
10,0%	50	70	85,0%	1108	1556
15,0%	93	131	90,0%	1374	1929
20,0%	127	178	95,0%	2156	3026
25,0%	163	228	97,3%	2855	4009
30,0%	196	276	98,0%	3344	4695
35,0%	237	333	99,0%	4284	6015
40,0%	273	383	99,5%	6138	8617
45,0%	323	453	100,0%	9396	13192
50,0%	375	527			

Tableau 40 : Débits classés - 1^{er} au 30 novembre

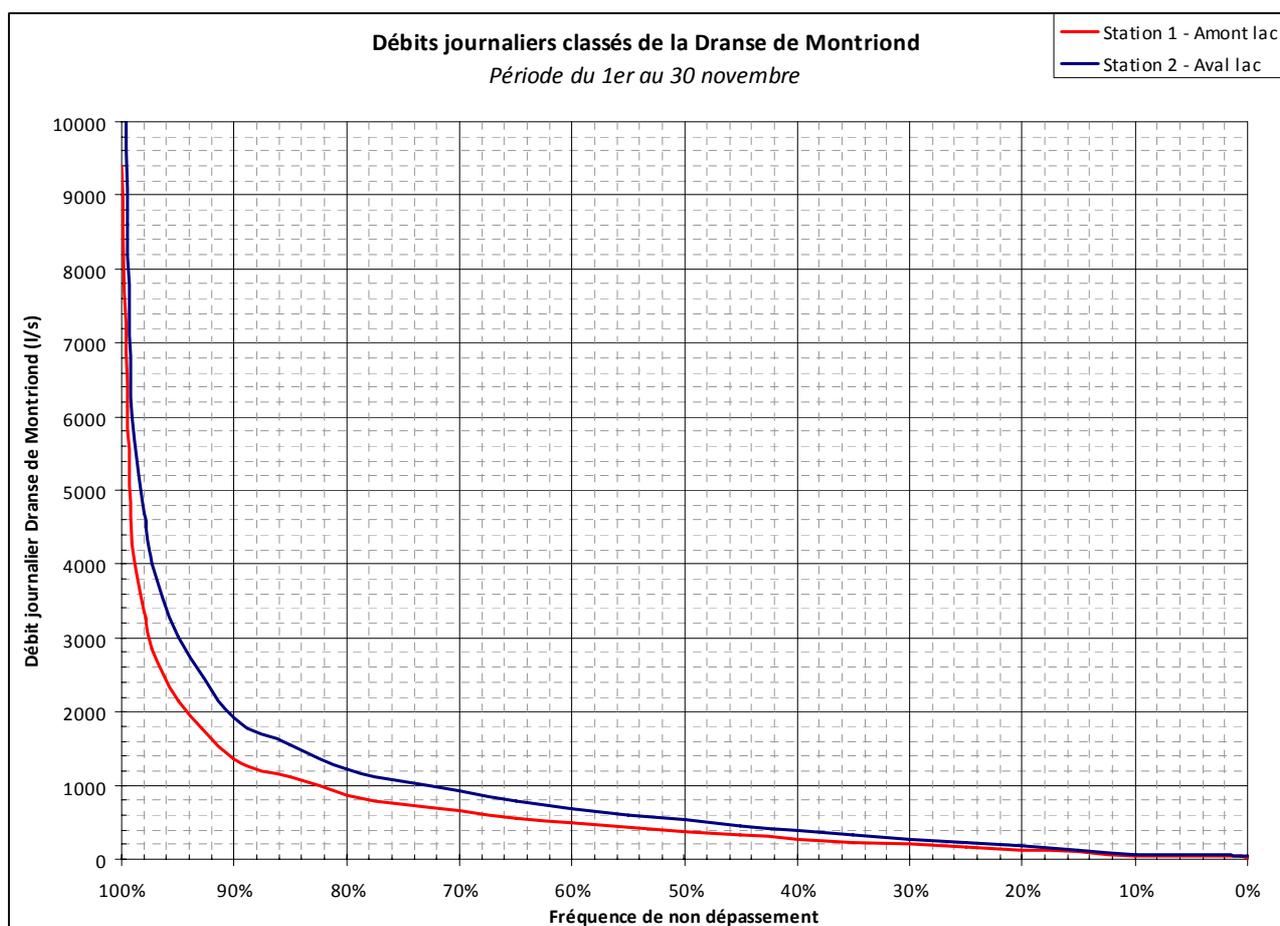


Figure 42 : Courbe des débits classés - 1^{er} au 30 novembre

V.4 DEBITS CLASSES MENSUELS – DU 1^{ER} AU 31 DECEMBRE

Fréquence de non dépassement	Débit Station 1 l/s	Débit Station 2 l/s	Fréquence de non dépassement	Débit Station 1 l/s	Débit Station 2 l/s
0,0%	31	43	55,0%	375	527
0,5%	34	48	60,0%	428	601
1,0%	35	49	65,0%	489	687
2,0%	36	51	70,0%	563	790
2,7%	38	54	75,0%	663	931
5,0%	45	63	80,0%	801	1125
10,0%	57	80	85,0%	969	1361
15,0%	97	136	90,0%	1317	1849
20,0%	126	177	95,0%	2135	2998
25,0%	154	216	97,3%	2914	4092
30,0%	183	258	98,0%	3456	4853
35,0%	217	304	99,0%	4406	6185
40,0%	256	360	99,5%	5424	7615
45,0%	289	406	100,0%	7420	10418
50,0%	326	458			

Tableau 41 : Débits classés - 1er au 31 décembre

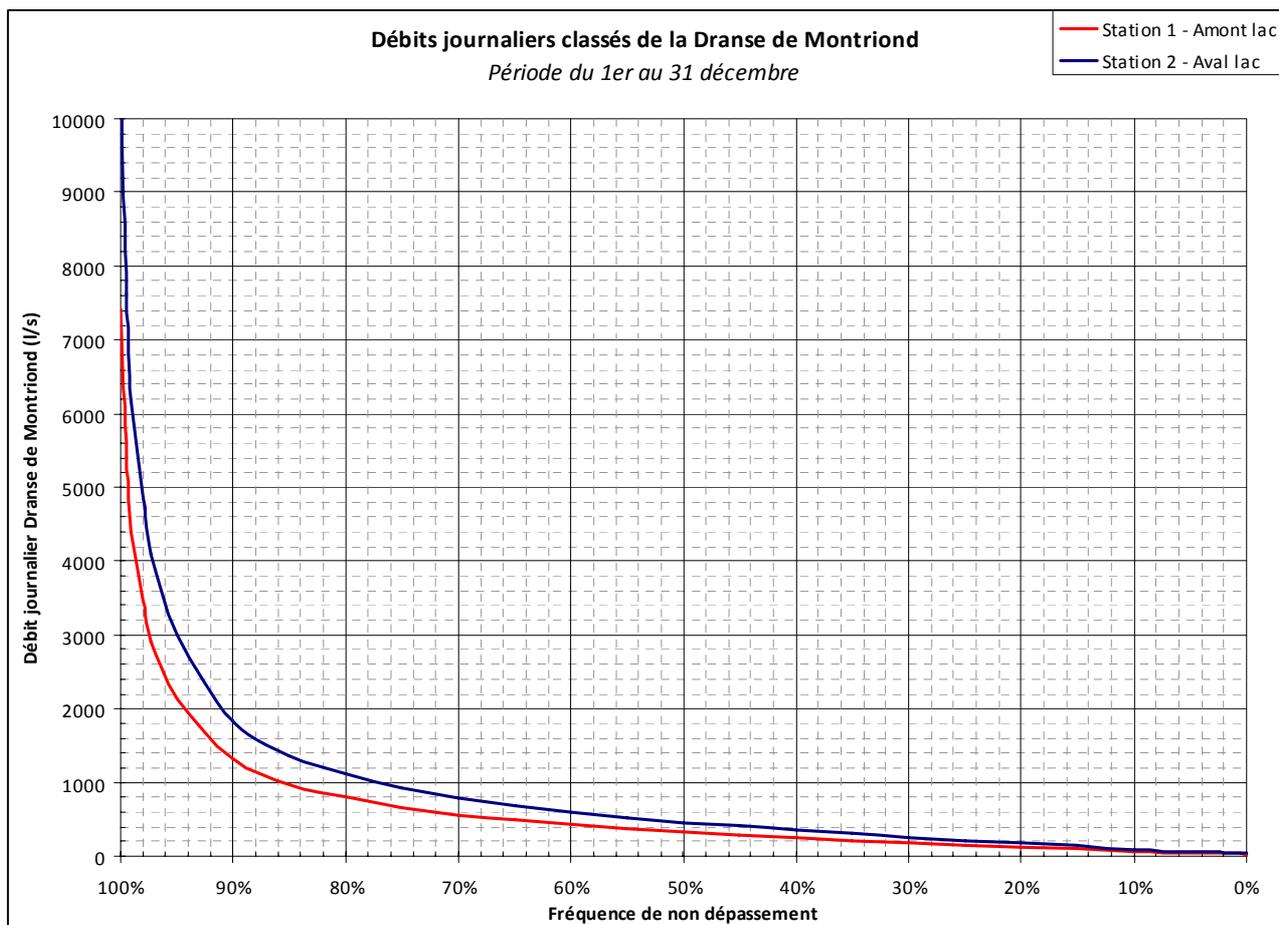


Figure 43 : Courbe des débits classés - 1er au 31 décembre

V.5 DEBITS CLASSES MENSUELS – DU 1^{ER} AU 31 JANVIER

Fréquence de non dépassement	Débit Station 1 l/s	Débit Station 2 l/s	Fréquence de non dépassement	Débit Station 1 l/s	Débit Station 2 l/s
0,0%	27	37	55,0%	287	404
0,5%	28	39	60,0%	332	466
1,0%	29	41	65,0%	373	523
2,0%	33	47	70,0%	429	602
2,7%	37	52	75,0%	507	712
5,0%	39	55	80,0%	609	855
10,0%	45	64	85,0%	737	1035
15,0%	74	103	90,0%	941	1321
20,0%	102	143	95,0%	1346	1890
25,0%	122	171	97,3%	1831	2571
30,0%	144	202	98,0%	2204	3095
35,0%	167	235	99,0%	3201	4494
40,0%	193	270	99,5%	3840	5392
45,0%	215	302	100,0%	5622	7893
50,0%	250	351			

Tableau 42 : Débits classés - 1^{er} au 31 janvier

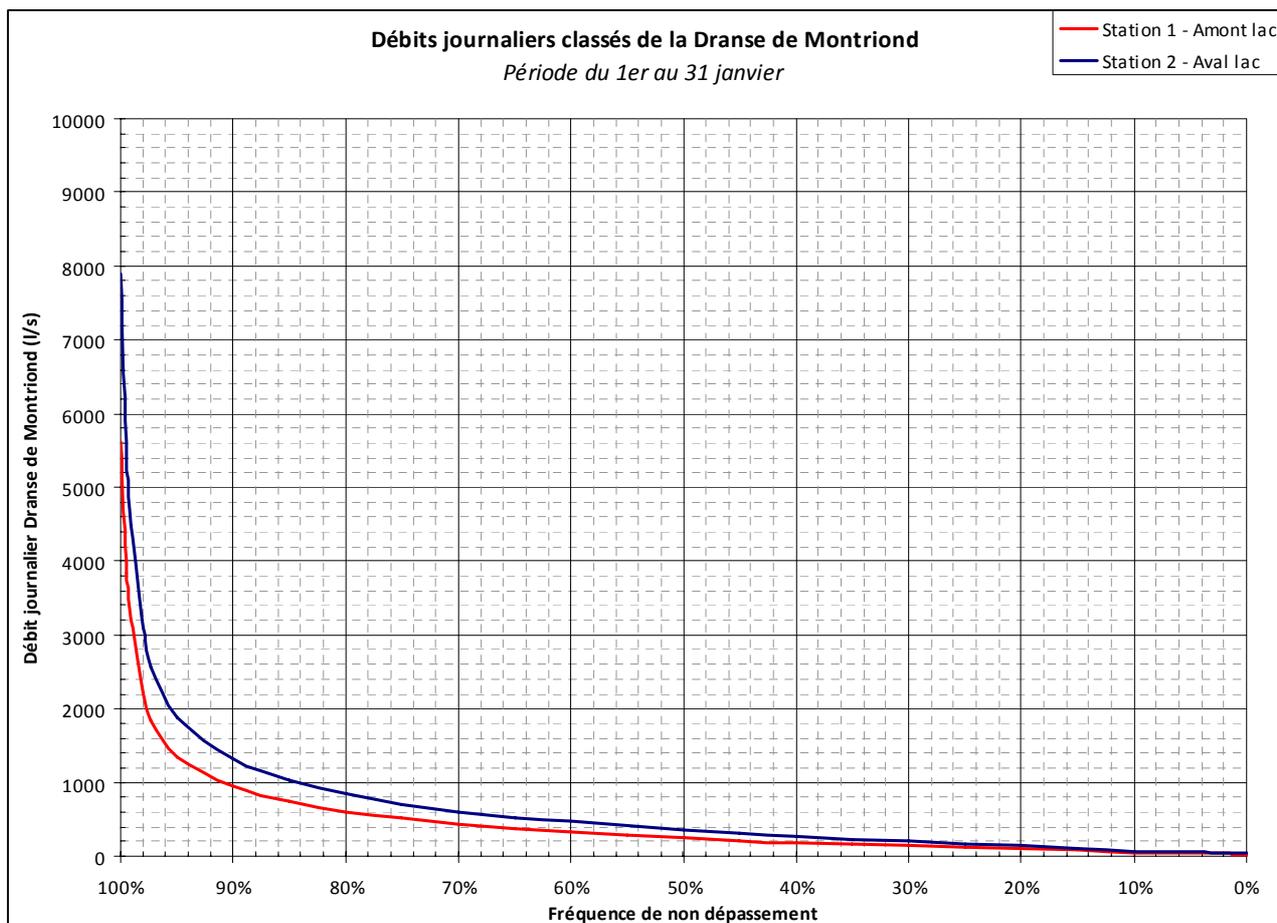


Figure 44 : Courbe des débits classés -1^{er} au 31 janvier

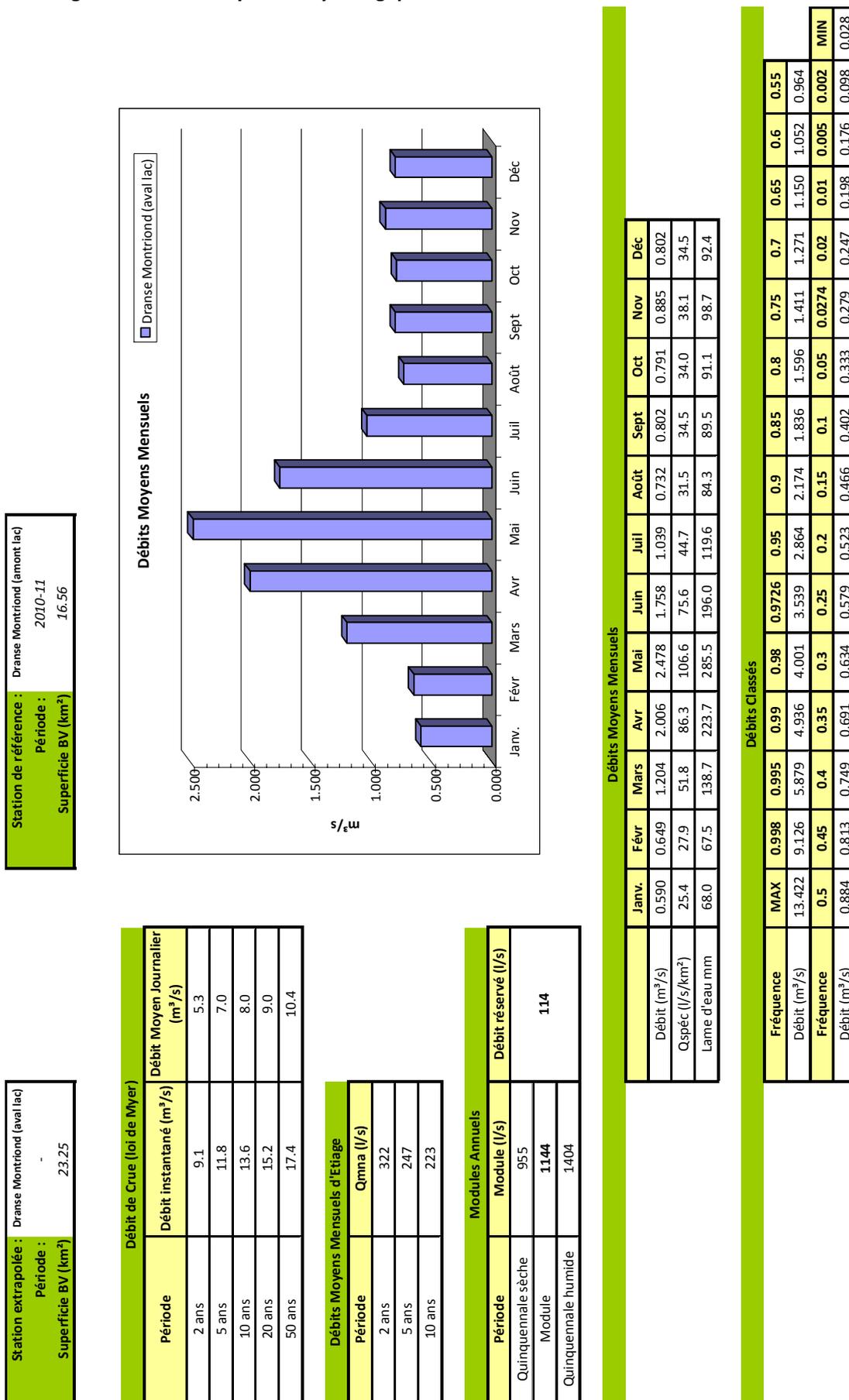
VI CONCLUSIONS

L'ensemble des évaluations hydrologiques précédentes ont été réalisées avec le plus de précision possible, en fonction des données disponibles (enregistrements 2010/11, jaugeages, Banque Hydro, formules courantes...). Pour chaque situation (valeurs moyennes, étiages et crues), plusieurs méthodes ont été utilisées puis comparées et critiquées, afin de retenir l'estimation du débit de référence la plus juste et la plus probable possible.

Toutefois, la seule méthode permettant de connaître avec certitude l'hydrologie de référence de la Dranse de Montriond serait de maintenir l'instrumentation de la station hydrométrique, tout en s'assurant régulièrement de la validité de la courbe de tarage (réalisation de jaugeages et contrôles réguliers) ; les valeurs de référence pourraient alors être déterminées par un traitement statistique, à partir d'une série de données d'observation d'une durée de 5 à 10 ans au minimum, regroupant des années « sèches » et d'autres plus « humides ».

Des fiches de synthèse hydrologique sont reprises ci après, pour les deux stations étudiées.

Figure 46 : Fiche de synthèse hydrologique - station 2 Dranse de Montriond à l'aval du lac



ETUDE DE LA FAISABILITE D'UN PRELEVEMENT

I DEFINITION DU PROJET DE LA SERMA

Les études hydrologiques réalisées sur la Dranse de Montriond ont pour objectif d'étudier la possibilité de prélèvement d'eau, au niveau du lac de Montriond, pour la production de neige de culture.

La SERMA dispose d'une retenue d'eau, d'un volume de 45 000 m³ (retenue des Prolays), alimentée en amont par le ruisseau des Lindarets, principalement en période de fonte nivale (période de forte hydrologie).

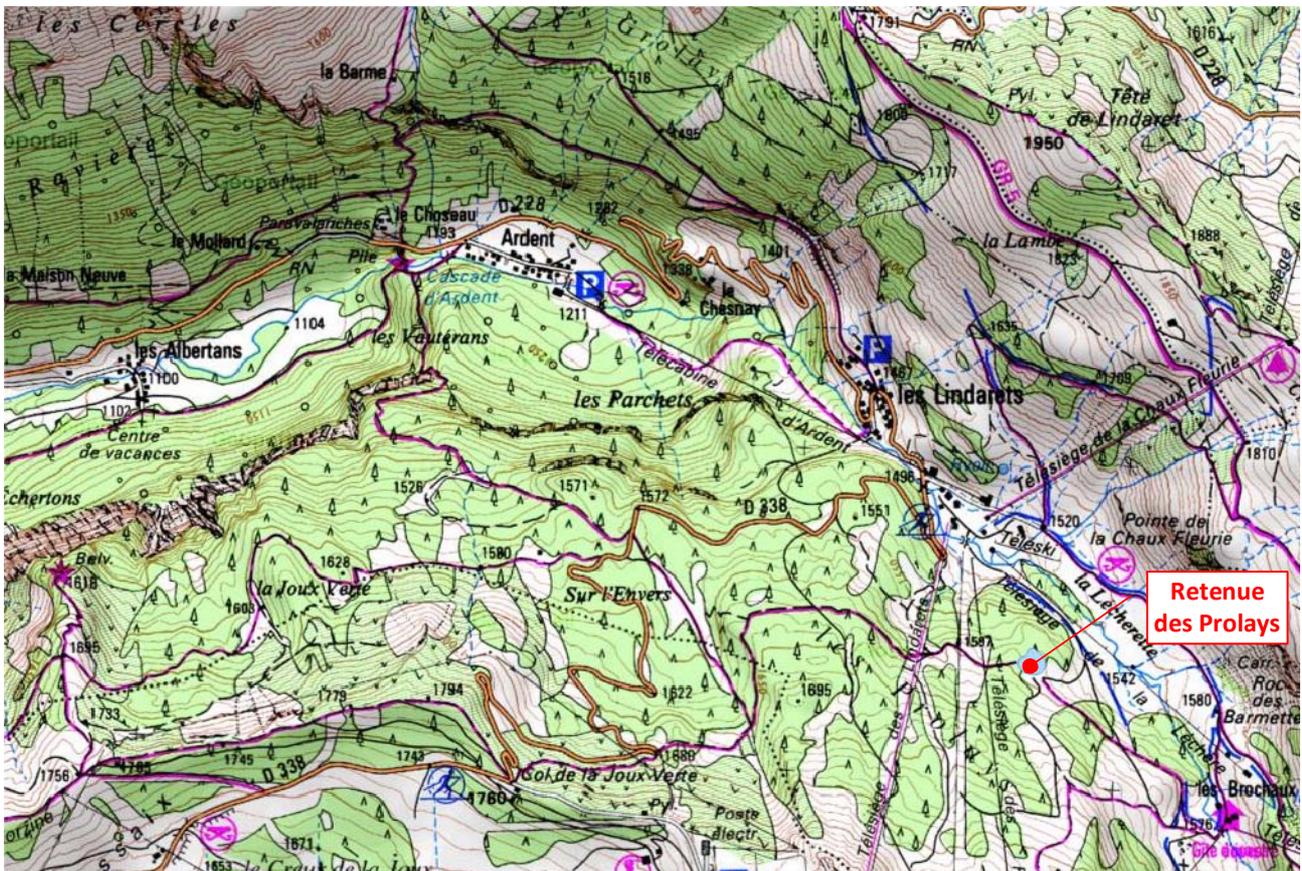


Figure 47 : Localisation de la retenue des Prolays

Les besoins en eau à moyen terme ont été évalués entre 120 000 à 130 000 m³ pour l'enneigement de l'ensemble du secteur, auxquels il faut retrancher le 45 000 m³ disponibles dans la retenue de Prolays en début de saison, soit un volume résiduel nécessaire de 80 000 à 100 000 m³ sur les mois de novembre, décembre et janvier. Le fonctionnement projeté est le suivant :

- Production de neige de culture au dessus du hameau des Lindarets à partir de la retenue des Prolays,
- Enneigement du secteur situé entre Ardent et les Lindarets par prélèvement direct depuis le lac,
- Re remplissage hivernal de la retenue des Prolays à partir du prélèvement dans le lac de Montriond, grâce à une extension du réseau existant.

L'objectif est de pouvoir démarrer la production de neige de culture dès le mois de novembre si les températures le permettent. A cette période de l'année, l'hydrologie plus abondante des cours d'eau permettrait un impact moindre du prélèvement.

Le débit de pompage nécessaire pour l'installation est évalué entre 200 et 300 m³/h (soit entre 55,6 l/s et 83,3 l/s). Une première étude d'APS a été réalisée et propose l'installation de 2, voire 3 pompes d'un débit unitaire de 90 m³/h pour satisfaire aux besoins d'enneigement.

Il est donc intéressant de comparer ces besoins identifiés avec :

- d'une part les débits et volumes naturels « entrants » dans le lac de Montriond sur les périodes concernées,
- et d'autre part avec le volume du lac lui-même qui permet de « lisser » l'effet des prélèvements, et d'avoir donc un impact moindre sur les milieux aquatiques si le marnage reste limité.

La présence du lac de Montriond à proximité du domaine skiable permet de simplifier la mise en œuvre du prélèvement ; en effet les installations de production de neige de culture nécessitent généralement un débit instantané important, parfois supérieur au débit naturel des cours d'eau, mais sur des périodes limitées dans le temps. Aussi le lac permet de jouer un rôle de « tampon », qui réduit notablement l'effet du prélèvement.

Le lac occupe une superficie de 33 ha à son niveau « normal », qui se réduit à 28 ha lorsque le niveau s'abaisse fortement (ce qui était le cas auparavant avant les travaux d'étanchéification). En comptant une superficie moyenne de 30 ha, chaque « cm » de variation du niveau du lac correspond à un volume de 3 000 m³ d'eau. Le volume total d'eau nécessaire représente donc, de façon globale et sans prise en compte des apports naturels, une lame d'eau de 30 à 35 cm. La profondeur maximale du lac est estimée à environ 18,5 m.

II ETUDE DE LA FAISABILITE

II.1 DEFINITION DES SCENARIOS

Afin de pouvoir étudier la faisabilité des prélèvements, il convient de définir des scénarios précis et quantifiés. Les paramètres à faire varier sont les suivants :

- nombre de pompes utilisées et donc débit maximal instantané de prélèvement
- volume total prélevé au cours de la saison et répartition de ce volume sur les mois concernés (novembre, décembre et janvier)
- utilisation ou non de la « capacité de stockage » du lac de Montriond, ce qui représente la possibilité de faire varier le niveau du lac en prélevant des débits supérieurs aux apports naturels.

Pour chacun de ces scénarios, la faisabilité sera ensuite étudiée pour 3 cas de figure, en relation avec les débits de référence établis au chapitre précédent :

- année hydrologique « moyenne » suivant les débits moyens
- année hydrologique « sèche », période de retour 5 ans
- année hydrologique « humide », période de retour 5 ans

Nous avons donc retenu les cas suivants :

Scénario	Utilisation de la capacité de stockage du lac	Nombre de pompes	Volume total prélevé au cours de la saison	Volume prélevé en novembre	Volume prélevé en décembre	Volume prélevé en janvier
Scénario 1	Non	2 x 90 m ³ /h	80 000 m ³	30 000	30 000	20 000
Scénario 2	Oui	2 x 90 m ³ /h	80 000 m ³	30 000	30 000	20 000
Scénario 3	Non	3 x 90 m ³ /h	100 000 m ³	30 000	40 000	30 000
Scénario 4	Oui	3 x 90 m ³ /h	100 000 m ³	30 000	40 000	30 000

Tableau 43 : Définition des modalités de prélèvement

La faisabilité peut ensuite être analysée au regard des critères suivants :

- suffisance des volumes d'apports naturels de la Dranse de Montriond
- suffisance des débits d'apport naturels et nombre de jours moyens où le prélèvement peut être réalisé au débit nominal des pompes
- marnage du lac résultant du prélèvement.

II.2 VOLUMES NATURELS ENTRANTS

Les apports naturels des cours d'eau ont été étudiés au chapitre précédent en termes de débits moyens. Pour les analyses qui vont suivre, il est également intéressant de donner les volumes correspondants.

Les analyses et calculs de faisabilité sont réalisés en prenant en compte l'hydrologie de la station n°2 (aval du lac), dans la mesure où l'ensemble des apports naturels dans le lac pourront contribuer à l'alimentation du pompage.

Il faut également prendre en compte, dans le cas où la capacité de retenue du lac de Montriond ne serait pas utilisée, l'obligation de restituer un débit réservé que l'on fixe ici à 1/10^{ème} du module annuel (valeur la plus fréquente), soit 114 l/s pour la station n°2.

<i>en m³</i>	Volume d'apport Novembre	Volume d'apport Décembre	Volume d'apport Janvier	Volume total d'apport novembre → janvier
Année moyenne	2 293 920	2 148 077	1 580 256	6 022 253
Quinquennale sèche	925 344	982 973	607 997	2 516 314
Quinquennale humide	3 431 808	3 155 155	2 383 776	8 970 739
Débit réservé <i>volume à soustraire</i>	295 488	305 338	305 338	906 163

Tableau 44 : Estimation des volumes d'apports naturels

A la lecture du tableau précédent, on peut d'ors et déjà remarquer que le site du lac de Montriond semble présenter une hydrologie « favorable », les volumes entrants sont globalement importants au regard du prélèvement envisagé.

II.3 ETUDE DES SCENARIOS

Les différents scénarios présentés ci avant sont détaillés dans les paragraphes suivants. Les tableaux de synthèse sont colorés en fonction de la possibilité ou non de réaliser chaque situation (rouge/vert).

II.3.1 SCENARIO 1

Pour ce premier scénario, on considère les hypothèses suivantes :

- Deux pompes sont utilisées avec un débit total de prélèvement de 180 m³/h soit 50 l/s.
- La capacité de stockage du lac de Montriond n'est pas exploitée, autrement dit le débit prélevé doit toujours rester inférieur au débit naturel entrant diminué du débit réservé (114 l/s). Ainsi, le prélèvement n'entraîne aucun marnage du lac. Il peut démarrer dès lors que le débit naturel entrant dans le lac de Montriond dépasse 114 + 50 = 164 l/s.
- Le volume total prélevé est de 80 000 m³ (30 000 en novembre, 30 000 en décembre, 20 000 en janvier)

Il convient d'analyser la possibilité de réaliser les prélèvements au débit nominal des pompes (le débit naturel doit donc être suffisant), ce qui limite en réalité le nombre de jours où le prélèvement peut être effectivement réalisé et donc le volume global mensuel disponible. Les fréquences de prélèvement sont évaluées à partir des courbes de débits journaliers classés. Le tableau suivant résume la possibilité de réaliser ce scénario :

Année moyenne :

	Novembre	Décembre	Janvier	Saison
Volume naturel entrant m³	2 293 920	2 148 077	1 580 256	6 022 253
Volume correspondant au débit réservé m³	295 488	305 338	305 338	906 163
Volume résiduel disponible m³	1 998 432	1 842 739	1 274 918	5 116 090
Volume nécessaire m³	30 000	30 000	20 000	80 000
<i>rapport au naturel entrant</i>	1,31%	1,40%	1,27%	1,33%
Débit naturel moyen m³/s	0,885	0,802	0,590	0,759
Débit réservé l/s	114	114	114	114
Débit résiduel disponible moyen l/s	771	688	476	645
Débit nécessaire l/s	50	50	50	50
<i>rapport au naturel entrant</i>	5,65%	6,23%	8,47%	6,59%
Nombre jours moyen avec Q_{entrant} > Q_{pompage} + Q_{réservé}	24 jours sur 30	25 jours sur 31	24 jours sur 31	en moyenne 4 jours sur 5
Volume max. prélevable au débit nominal⁷ m³	104 976	108 475	101 779	317 952
Marnage du lac résultant⁸ cm	0	0	0	0

⁷ Ce volume représente l'eau pouvant être pompée au débit nominal, sur la durée maximum où le débit naturel entrant est suffisant pour permettre le fonctionnement des pompes, le débit réservé étant pris en compte. Ce nombre de jours « moyen » est donné dans la ligne située au dessus dans le tableau.

⁸ Cette valeur exprime le marnage correspondant au prélèvement d'eau diminué des apports naturels hors débit réservé que l'on suppose toujours délivré à l'aval du lac ; elle ne tient pas compte du marnage « naturel » du lac et du fait qu'il est entièrement gelé en période hivernale (phénomènes de variation de niveau vraisemblablement ralentis).

Année quinquennale sèche :

	Novembre	Décembre	Janvier	Saison
Volume naturel entrant m^3	925 344	982 973	607 997	2 516 314
Volume correspondant au débit réservé m^3	295 488	305 338	305 338	906 163
Volume résiduel disponible m^3	629 856	677 635	302 659	1 610 150
Volume nécessaire m^3	30 000	30 000	20 000	80 000
<i>rapport au naturel entrant</i>	3,24%	3,05%	3,29%	3,18%
Débit naturel moyen m^3/s	0,357	0,367	0,227	0,317
Débit réservé l/s	114	114	114	114
Débit résiduel disponible moyen l/s	243	253	113	203
Débit nécessaire l/s	50	50	50	50
<i>rapport au naturel entrant</i>	14,01%	13,62%	22,03%	15,77%
Nombre jours moyen avec $Q_{entrant} > Q_{pompage} + Q_{réservé}$	17 jours sur 30	19 jours sur 31	13 jours sur 31	en moyenne 1 jour sur 2
Volume max. prélevable au débit nominal m^3	75 168	80 352	57 586	214 618
Marnage du lac résultant cm	0	0	0	0

Année quinquennale humide :

	Novembre	Décembre	Janvier	Saison
Volume naturel entrant m^3	3 431 808	3 155 155	2 383 776	8 970 739
Volume correspondant au débit réservé m^3	295 488	305 338	305 338	906 163
Volume résiduel disponible m^3	3 136 320	2 849 818	2 078 438	8 064 576
Volume nécessaire m^3	30 000	30 000	20 000	80 000
<i>rapport au naturel entrant</i>	0,87%	0,95%	0,84%	0,89%
Débit naturel moyen m^3/s	1,324	1,178	0,890	1,131
Débit réservé l/s	114	114	114	114
Débit résiduel disponible moyen l/s	1210	1064	776	1017
Débit nécessaire l/s	50	50	50	50
<i>rapport au naturel entrant</i>	3,78%	4,24%	5,62%	4,42%
Nombre jours moyen avec $Q_{entrant} > Q_{pompage} + Q_{réservé}$	26 jours sur 30	27 jours sur 31	26 jours sur 31	en moyenne 6 jours sur 7
Volume max. prélevable au débit nominal m^3	111 456	116 510	112 493	341 798
Marnage du lac résultant cm	0	0	0	0

Tableau 45 : Analyse du scénario de prélèvement n°1

On voit ici que le premier scénario proposé est réalisable, sans utiliser la « capacité de stockage » du lac de Montriond ; on ne prélève que dans le débit naturel entrant, tout en respectant un débit réservé de 114 l/s. Cela tient au fait que le débit instantané prélevé (50 l/s) reste limité au regard des débits entrant du lac ; il représente en moyenne sur la période étudiée 6,6 % du débit naturel, et jusqu'à 15,8% pour une année sèche.

II.3.2 SCENARIO 2

Pour ce second scénario, on utilise des hypothèses tout à fait similaires au précédent, sur les besoins et installations de pompage à mettre en œuvre. Il représente donc un prélèvement au débit nominal de 50 l/s, dans le lac de Montriond.

Toutefois, dans le cas présent, on ne prend pas en considération le débit naturel entrant du lac, et pour les jours où celui-ci est inférieur au débit prélevé + débit réservé, le volume « manquant » est prélevé dans le lac, le débit entrant étant alors intégralement restitué en aval. On étudie alors le marnage occasionné par une telle situation, en supposant que les jours concernés soient consécutifs ce qui représente la situation la défavorable mais qui est réaliste (période hivernale de froid – sec).

Année moyenne :

	Novembre	Décembre	Janvier	Saison
Volume naturel entrant m^3	2 293 920	2 148 077	1 580 256	6 022 253
Volume correspondant au débit réservé m^3	295 488	305 338	305 338	906 163
Volume résiduel disponible m^3	1 998 432	1 842 739	1 274 918	5 116 090
Volume nécessaire m^3	30 000	30 000	20 000	80 000
<i>rapport au naturel entrant</i>	1,31%	1,40%	1,27%	1,33%
Débit naturel moyen m^3/s	0,885	0,802	0,590	0,759
Débit réservé l/s	114	114	114	114
Débit résiduel disponible moyen l/s	771	688	476	645
Débit nécessaire l/s	50	50	50	50
<i>rapport au naturel entrant</i>	5,65%	6,23%	8,47%	6,59%
Nombre jours moyen avec⁹ $Q_{entrant} < Q_{pompage} + Q_{réservé}$	6 jours sur 30	6 jours sur 31	7 jours sur 31	en moyenne 1 jour sur 5
Volume max. prélevé dans le lac au débit nominal m^3	24 624	25 445	20 000	79 488*
Marnage du lac résultant <i>cm</i>	8	8	7	26*

* ces chiffres sont donnés à titre indicatif car il apparaît toutefois peu probable qu'aucune précipitation venant réalimenter le lac ne soit observée entre début novembre et fin janvier.

⁹ On considère ici le nombre de jours moyens par mois où le débit naturel entrant ne permet pas de prélèvement. Ce nombre de jours (que l'on suppose consécutifs pour se placer dans la situation la plus défavorable) indique le volume maximal qu'il est nécessaire de prélever dans le lac, le débit naturel entrant étant alors restitué entièrement en aval.

Année quinquennale sèche :

	Novembre	Décembre	Janvier	Saison
Volume naturel entrant m^3	925 344	982 973	607 997	2 516 314
Volume correspondant au débit réservé m^3	295 488	305 338	305 338	906 163
Volume résiduel disponible m^3	629 856	677 635	302 659	1 610 150
Volume nécessaire m^3	30 000	30 000	20 000	80 000
<i>rapport au naturel entrant</i>	3,24%	3,05%	3,29%	3,18%
Débit naturel moyen m^3/s	0,357	0,367	0,227	0,317
Débit réservé l/s	114	114	114	114
Débit résiduel disponible moyen l/s	243	253	113	203
Débit nécessaire l/s	50	50	50	50
<i>rapport au naturel entrant</i>	14,01%	13,62%	22,03%	15,77%
Nombre jours moyen avec $Q_{entrant} < Q_{pompage} + Q_{réservé}$	13 jours sur 30	12 jours sur 31	18 jours sur 31	en moyenne 1 jour sur 2
Volume max. prélevé dans le lac au débit nominal m^3	30 000	30 000	20 000	80 000
Marnage du lac résultant cm	10	10	7	27

Année quinquennale humide :

	Novembre	Décembre	Janvier	Saison
Volume naturel entrant m^3	3 431 808	3 155 155	2 383 776	8 970 739
Volume correspondant au débit réservé m^3	295 488	305 338	305 338	906 163
Volume résiduel disponible m^3	3 136 320	2 849 818	2 078 438	8 064 576
Volume nécessaire m^3	30 000	30 000	20 000	80 000
<i>rapport au naturel entrant</i>	0,87%	0,95%	0,84%	0,89%
Débit naturel moyen m^3/s	1,324	1,178	0,890	1,131
Débit réservé l/s	114	114	114	114
Débit résiduel disponible moyen l/s	1210	1064	776	1017
Débit nécessaire l/s	50	50	50	50
<i>rapport au naturel entrant</i>	3,78%	4,24%	5,62%	4,42%
Nombre jours moyen avec $Q_{entrant} < Q_{pompage} + Q_{réservé}$	4 jours sur 30	4 jours sur 31	5 jours sur 31	en moyenne 1 jour sur 7
Volume max. prélevé dans le lac au débit nominal m^3	18 144	17 410	20 000	55 642
Marnage du lac résultant cm	6	6	7	19

Tableau 46 : Analyse du scénario de prélèvement n°2

A partir des tableaux précédents, il est possible de tirer les conclusions suivantes sur les 2 premiers scénarios étudiés :

- Les apports « naturels » du lac de Montriond, que ce soit en débits moyens ou en volumes écoulés, permettent de façon globale de répondre aux besoins identifiés pour le prélèvement, y compris pour l'année hydrologique « quinquennale sèche » identifiée ci avant.
- Toutefois, les moyennes utilisées sur les valeurs de débits et de volumes cachent une irrégularité des débits, qui peuvent à certaines périodes, ne plus satisfaire au besoin du prélèvement (débit nominal de prélèvement : 50 l/s + débit réservé de 114 l/s à maintenir en aval).

- L'étendue de ces périodes a été analysée dans le scénario numéro 1, en termes de nombre de jours « moyens » par mois.
- Ces périodes de faibles débits hivernaux correspondent généralement aux périodes de grand froid (conditions anticycloniques) qui sont favorables à la production de neige de culture.
- Aussi, l'utilisation du lac de Montriond comme « tampon » pour ces périodes où les apports naturels deviennent insuffisants a été détaillée dans le scénario n°2 ; l'impact « maximum » en se plaçant dans une situation défavorable (longue période de froid sans précipitations) a été évalué en termes de volume maximum prélevé dans le lac et de marnage résultant pour celui-ci ; pour le cas d'une année sèche (période de retour 5 ans), on peut ainsi être amené à prélever l'intégralité des 80 000 m³ d'eau dans le lac occasionnant un abaissement d'environ 10 cm par mois. Toutefois, il est très probable que le lac soit re-rempli entre les campagnes d'enneigement, car les apports « naturels » sont en moyenne sur la saison près de 30 fois supérieurs au volume prélevé.

II.3.3 SCENARIO 3

Les scénarios 3 et 4 ont été étudiés de façon similaire aux deux premiers, avec un prélèvement augmenté à 3 x 90 m³/h soit un débit instantané maximum de 75 l/s, et des volumes globaux supérieurs correspondant à la fourchette haute des besoins de la SERMA soit un volume total de 100 000 m³ sur la période de production de neige de culture (30 000 en novembre, 40 000 en décembre, 30 000 en janvier).

Les autres modalités de réalisation du prélèvement sont identiques.

Les conclusions sont alors les suivantes :

Année moyenne :

	Novembre	Décembre	Janvier	Saison
Volume naturel entrant m³	2 293 920	2 148 077	1 580 256	6 022 253
Volume correspondant au débit réservé m³	295 488	305 338	305 338	906 163
Volume résiduel disponible m³	1 998 432	1 842 739	1 274 918	5 116 090
Volume nécessaire m³	30 000	40 000	30 000	100 000
<i>rapport au naturel entrant</i>	1,31%	1,86%	1,90%	1,66%
Débit naturel moyen m³/s	0,885	0,802	0,590	0,759
Débit réservé l/s	114	114	114	114
Débit résiduel disponible moyen l/s	771	688	476	645
Débit nécessaire l/s	75	75	75	75
<i>rapport au naturel entrant</i>	8,47%	9,35%	12,71%	9,88%
Nombre jours moyen avec Q_{entrant} > Q_{pomp} + Q_{ré}	24 jours sur 30	24 jours sur 31	22 jours sur 31	en moyenne 7 jours sur 9
Volume max. prélevable au débit nominal m³	153 576	156 686	144 634	459 043
Marnage du lac résultant cm	0	0	0	0

Année quinquennale sèche :

	Novembre	Décembre	Janvier	Saison
Volume naturel entrant m^3	925 344	982 973	607 997	2 516 314
Volume correspondant au débit réservé m^3	295 488	305 338	305 338	906 163
Volume résiduel disponible m^3	629 856	677 635	302 659	1 610 150
Volume nécessaire m^3	30 000	40 000	30 000	100 000
<i>rapport au naturel entrant</i>	3,24%	4,07%	4,93%	3,97%
Débit naturel moyen m^3/s	0,357	0,367	0,227	0,317
Débit réservé l/s	114	114	114	114
Débit résiduel disponible moyen l/s	243	253	113	203
Débit nécessaire l/s	75	75	75	75
<i>rapport au naturel entrant</i>	21,01%	20,44%	33,04%	23,66%
Nombre jours moyen avec $Q_{entrant} > Q_{pompage} + Q_{réservé}$	16 jours sur 30	17 jours sur 31	11 jours sur 31	en moyenne 1 jour sur 2
Volume max. prélevable au débit nominal m^3	104 976	108 475	74 326	292 118
Marnage du lac résultant <i>cm</i>	0	0	0	0

Année quinquennale humide :

	Novembre	Décembre	Janvier	Saison
Volume naturel entrant m^3	3 431 808	3 155 155	2 383 776	8 970 739
Volume correspondant au débit réservé m^3	295 488	305 338	305 338	906 163
Volume résiduel disponible m^3	3 136 320	2 849 818	2 078 438	8 064 576
Volume nécessaire m^3	30 000	40 000	30 000	100 000
<i>rapport au naturel entrant</i>	0,87%	1,27%	1,26%	1,11%
Débit naturel moyen m^3/s	1,324	1,178	0,890	1,131
Débit réservé l/s	114	114	114	114
Débit résiduel disponible moyen l/s	1210	1064	776	1017
Débit nécessaire l/s	75	75	75	75
<i>rapport au naturel entrant</i>	5,66%	6,37%	8,43%	6,63%
Nombre jours moyen avec $Q_{entrant} > Q_{pompage} + Q_{réservé}$	26 jours sur 30	27 jours sur 31	25 jours sur 31	en moyenne 6 jours sur 7
Volume max. prélevable au débit nominal m^3	167 184	172 757	164 722	500 774
Marnage du lac résultant <i>cm</i>	0	0	0	0

Tableau 47 : Analyse du scénario de prélèvement n°3

Pour ce troisième scénario, les apports naturels dans le lac de Montriond permettent encore de satisfaire aux besoins du prélèvement envisagé, de façon globale sans utiliser la capacité de stockage du lac de Montriond. Toutefois, le nombre de jours où le prélèvement peut être réalisé sans abaisser le lac est globalement en diminution en comparaison de la situation précédente (scénarios 1 et 2 – débit prélevé de 50 l/s). Pour une année quinquennale sèche, le prélèvement n'est possible en moyenne qu'un jour sur deux.

Le débit prélevé représente en moyenne 9,9 % du débit naturel entrant en période hivernale, et peut attendre 23,7 % pour une année sèche de période de retour 5 ans.

II.3.4 SCENARIO 4

Pour ce quatrième et dernier scénario, on conserve les hypothèses précédentes sur les débits et volumes prélevés, et l'on étudie l'impact maximum de cette situation sur le lac de Montriond, si l'on suppose que le prélèvement peut être réalisé dans celui-ci, y compris si les débits naturels entrants sont inférieurs au débit prélevé (le débit entrant étant alors supposé être restitué intégralement à l'aval du lac).

On obtient alors les résultats suivants :

Année moyenne :

	Novembre	Décembre	Janvier	Saison
Volume naturel entrant m^3	2 293 920	2 148 077	1 580 256	6 022 253
Volume correspondant au débit réservé m^3	295 488	305 338	305 338	906 163
Volume résiduel disponible m^3	1 998 432	1 842 739	1 274 918	5 116 090
Volume nécessaire m^3	30 000	40 000	30 000	100 000
<i>rapport au naturel entrant</i>	1,31%	1,86%	1,90%	1,66%
Débit naturel moyen m^3/s	0,885	0,802	0,590	0,759
Débit réservé l/s	114	114	114	114
Débit résiduel disponible moyen l/s	771	688	476	645
Débit nécessaire l/s	75	75	75	75
<i>rapport au naturel entrant</i>	8,47%	9,35%	12,71%	9,88%
Nombre jours moyen avec $Q_{entrant} < Q_{pompage} + Q_{réservé}$	6 jours sur 30	7 jours sur 31	9 jours sur 31	en moyenne 1 jour sur 4
Volume max. prélevé dans le lac au débit nominal m^3	30 000	40 000	30 000	100 000*
Marnage du lac résultant cm	10	13	10	33*

* ces chiffres sont donnés à titre indicatif car il apparaît toutefois peu probable qu'aucune précipitation venant réalimenter le lac ne soit observée entre début novembre et fin janvier.

Année quinquennale sèche :

	Novembre	Décembre	Janvier	Saison
Volume naturel entrant m^3	925 344	982 973	607 997	2 516 314
Volume correspondant au débit réservé m^3	295 488	305 338	305 338	906 163
Volume résiduel disponible m^3	629 856	677 635	302 659	1 610 150
Volume nécessaire m^3	30 000	40 000	30 000	100 000
<i>rapport au naturel entrant</i>	3,24%	4,07%	4,93%	3,97%
Débit naturel moyen m^3/s	0,357	0,367	0,227	0,317
Débit réservé l/s	114	114	114	114
Débit résiduel disponible moyen l/s	243	253	113	203
Débit nécessaire l/s	75	75	75	75
<i>rapport au naturel entrant</i>	21,01%	20,44%	33,04%	23,66%
Nombre jours moyen avec $Q_{entrant} < Q_{pompage} + Q_{réservé}$	14 jours sur 30	14 jours sur 31	20 jours sur 31	en moyenne 1 jour sur 2
Volume max. prélevé dans le lac au débit nominal m^3	30 000	40 000	30 000	100 000
Marnage du lac résultant cm	10	13	10	33

Année quinquennale humide :

	Novembre	Décembre	Janvier	Saison
Volume naturel entrant m^3	3 431 808	3 155 155	2 383 776	8 970 739
Volume correspondant au débit réservé m^3	295 488	305 338	305 338	906 163
Volume résiduel disponible m^3	3 136 320	2 849 818	2 078 438	8 064 576
Volume nécessaire m^3	30 000	40 000	30 000	100 000
<i>rapport au naturel entrant</i>	0,87%	1,27%	1,26%	1,11%
Débit naturel moyen m^3/s	1,324	1,178	0,890	1,131
Débit réservé l/s	114	114	114	114
Débit résiduel disponible moyen l/s	1210	1064	776	1017
Débit nécessaire l/s	75	75	75	75
<i>rapport au naturel entrant</i>	5,66%	6,37%	8,43%	6,63%
Nombre jours moyen avec $Q_{entrant} < Q_{pompage} + Q_{réservé}$	4 jours sur 30	4 jours sur 31	6 jours sur 31	en moyenne 1 jour sur 6
Volume max. prélevé dans le lac au débit nominal m^3	27 216	28 123	30 000	95 386
Marnage du lac résultant cm	9	9	10	32

Tableau 48 : Analyse du scénario de prélèvement n°4

Pour ces deux derniers scénarios, on peut conclure sur les éléments suivants :

- De façon globale, les apports naturels permettent de satisfaire aux besoins identifiés, y compris pour une année « sèche » au sens hydrologique du terme.
- Toutefois, la variabilité des débits est importante, et compte tenu du débit instantané de prélèvement (75 l/s ici), il peut être impossible de le réaliser près d'un jour sur 2 pour une année sèche sans utiliser la capacité de stockage du lac de Montriond.
- Dans la mesure où d'autres contraintes viennent réguler la production de neige de culture, avec en premier lieu la nécessité de basses températures qui coïncident généralement avec les périodes d'étiage, et la capacité de stockage « limitée » à 45 000 m^3 dans la retenue des Prolays, le principe d'utilisation de la capacité de stockage du lac semble être une alternative intéressante.
- Pour ce scénario, et dans le cas d'une année « moyenne », on peut être amené à prélever entièrement le volume d'eau nécessaire à partir du lac, occasionnant un marnage pouvant atteindre 13 cm par mois. Il est toutefois probable que des épisodes pluvieux ou de fonte réalimentent le lac en période hivernale, entre les campagnes d'enneigement, et lui permette de retrouver son niveau « normal » rapidement (pour une année sèche, les apports moyens représentent 25 fois le volume prélevé sur la période novembre → janvier).

II.3.5 CONCLUSION

Les apports hydrologiques dans le lac de Montriond sur la période allant de novembre à janvier sont relativement importants, et permettent de façon globale de satisfaire la demande de prélèvement. Toutefois, si en moyenne les volumes et débits sont largement suffisants, la forte variabilité des débits et certaines situations d'étiage prononcé en périodes de grand froid (périodes favorables à la production de neige de culture) amènent à prendre en considération la capacité de stockage du lac de Montriond, qui permet de « lisser » l'impact des prélèvements sur l'hydrologie de la Dranse de Montriond, avec un marnage limité à 10-15 cm pour la situation la plus défavorable.

Deux éléments devront être étudiés particulièrement : la restitution d'un débit minimal permanent en aval du lac et les éventuels ouvrages associés d'une part, et d'autre part le « comportement » de la surface glacée du lac, qui fait l'objet d'usages de loisirs identifiés en période hivernale.

III OBLIGATIONS REGLEMENTAIRES

III.1 LOI SUR L'EAU

Le projet de modification du réseau neige de culture dans le secteur des Lindarets nécessite de nouveaux prélèvements d'eau au milieu aquatique. A ce titre, il est soumis à procédure au titre de la Loi sur l'Eau (articles L214-1 à L214-6 du Code de l'Environnement).

La présente étude a permis d'établir des données hydrologiques de référence sur les débits entrants dans le lac de Montriond, et ainsi d'évaluer l'impact potentiel des prélèvements sur les ressources en eau.

De façon « brute », et d'après les éléments connus à ce jour, cette opération est concernée par les rubriques suivantes de la nomenclature de la Loi sur l'Eau (articles R214-1 et suivants du Code de l'Environnement).

<p>1.2.1.0 A l'exception des prélèvements faisant l'objet d'une convention avec l'attributaire du débit affecté prévu par l'article L. 214-9 du code de l'environnement, prélèvements et installations et ouvrages permettant le prélèvement, y compris par dérivation, dans un cours d'eau, dans sa nappe d'accompagnement ou dans un plan d'eau ou canal alimenté par ce cours d'eau ou cette nappe d'une capacité totale maximale supérieure ou égale à 1 000 m³/heure ou à 5 % du débit du cours d'eau ou, à défaut, du débit global d'alimentation du canal ou du plan d'eau.</p>	<p>Autorisation</p>	<p>Le débit prélevé (50 ou 75 l/s) dans le lac de Montriond serait supérieur à 5 % du débit d'étiage quinquennal (estimé à 247 l/s)</p>
--	----------------------------	---

Tableau 49 : Rubriques de la nomenclature Loi sur l'Eau (art. R214-1 du C.E.)

Selon les modalités d'aménagement et l'emplacement qui sera retenu pour la mise en œuvre de la prise d'eau, d'autres rubriques pourraient être concernées au titre de l'impact sur les conditions d'écoulement (rubrique n°3 de la nomenclature).

Il n'est pas prévu d'aménagement d'ouvrage de retenue spécifique pour ce projet ; la retenue existante des Prolays pourra ainsi bénéficier d'un remplissage hivernal grâce à l'extension du réseau d'alimentation de celle-ci.

En tout état de cause, au vu du débit et des volumes envisagés pour le prélèvement, le dossier à mettre en œuvre semble être un dossier de demande d'autorisation (avec enquête publique).

III.2 SDAGE RHONE MEDITERRANEE

Le nouveau S.D.A.G.E. du bassin Rhône-Méditerranée a été adopté par le Comité de Bassin le 16 octobre 2009 et approuvé par le préfet coordonnateur le 22 décembre 2009. Ce document a pour objet de définir, à l'échelle d'un grand bassin versant ce que doit être la gestion équilibrée de la ressource en eau sur le bassin, comme le prévoient les articles L.211-1, L. 212-1 et L. 212-2 du Code de l'Environnement.

La directive cadre européenne sur l'eau du 23 octobre 2000 fixe un objectif ambitieux aux Etats membres de l'Union : atteindre le bon état des eaux en 2015. Cet objectif est visé par le SDAGE 2010-2015 du bassin Rhône-Méditerranée et par son programme de mesures. Il arrête pour une période de 6 ans les grandes orientations de préservation et de mise en valeur des milieux aquatiques à l'échelle du bassin. Il fixe des objectifs de qualité des eaux à atteindre d'ici à 2015, en conformité avec l'application de la Directive Cadre sur l'Eau de l'Union Européenne.

Les 8 orientations fondamentales du SDAGE sont les suivantes :

- *Prévention* : privilégier la prévention et les interventions à la source pour plus d'efficacité
- *Non dégradation* : concrétiser la mise en œuvre du principe de non dégradation des milieux aquatiques
- *Vision sociale et économique* : intégrer les dimensions sociale et économique dans la mise en œuvre des objectifs environnementaux
- *Gestion locale et aménagement du territoire* : organiser la synergie des acteurs pour la mise en œuvre de véritables projets territoriaux de développement durable
- *Pollutions* : lutter contre les pollutions, en mettant la priorité sur les pollutions toxiques et la protection de la santé
- *Des milieux fonctionnels* : préserver et développer les fonctionnalités naturelles des bassins et des milieux aquatiques
- *Partage de la ressource* : atteindre et pérenniser l'équilibre quantitatif en améliorant le partage de la ressource en eau et en anticipant l'avenir
- *Gestion des inondations* : gérer les risques d'inondation en tenant compte du fonctionnement naturel des cours d'eau

Le SDAGE définit également des principes de gestion spécifiques des différents milieux : eaux souterraines, cours d'eau de montagne, grands lacs alpins, rivières à régime méditerranéen, lagunes, littoral

Ces 8 orientations fondamentales sont déclinées en objectifs, précisés dans un programme d'actions, défini sous bassin par sous bassin.

Il est nécessaire que la présente opération, pour être autorisée, soit compatible avec les objectifs et contraintes apportées par le SDAGE.

La masse d'eau concernée est le lac de Montriond, n° FRDL67. Le SDAGE lui affecte les objectifs suivants :

- Objectif d'état écologique : Bon état en 2015
- Objectif de bon état chimique : 2015
- Objectif de bon état général : 2015

Le projet doit permettre la conservation de ces objectifs. Les orientations fondamentales n°2 et 7 sont principalement concernées :

Orientation fondamentale n°2 : Concrétiser la mise en œuvre du principe de non dégradation des milieux aquatiques

« Outre la nécessité de privilégier la prévention et les interventions à la source à moyen et long terme (cf. orientation fondamentale 1), la gestion équilibrée et durable des milieux aquatiques et des ressources en eau repose sur l'objectif de non dégradation à court terme de leurs fonctionnalités naturelles. La non dégradation à l'échelle du SDAGE et la prévention à long terme sont complémentaires et se fondent sur des éléments communs issus de l'analyse prospective.

Par non dégradation on entend également la non remise en cause des effets escomptés des actions du programme de mesures du bassin pour l'atteinte des objectifs environnementaux des masses d'eau fixés par le présent SDAGE.

Les actions à mettre en œuvre s'appuient sur les éléments de connaissance apportés par le programme de surveillance du bassin et le réseau de sites de référence, complétés au besoin par des acquisitions de données ciblées sur des

milieux particuliers (réservoirs biologiques, zones ayant subi un préjudice important suite à une pollution accidentelle, suivis permanents de certains grands aménagements, autres réseaux...).

Des détériorations temporaires relevant de circonstances naturelles ou de force majeure, qui revêtent un caractère exceptionnel, ne constituent pas une infraction aux exigences de la directive cadre sur l'eau (DCE, article 4.6), sous réserve que toutes les mesures envisageables pour prévenir et atténuer ces détériorations aient été prévues et mises en œuvre.

De même, afin de tenir compte de certains besoins en matière d'aménagement ou d'utilisation de la ressource en eau, et selon les principes de l'article 4.7 de la DCE transposé en droit français par les articles R212-7 et R212-11 du code de l'environnement, le fait de compromettre la réalisation des objectifs tendant à rétablir le bon état d'une masse d'eau, ou de ne pas prévenir sa détérioration, ne constituent pas une infraction si cela est le fait de projets :

- *qui répondent à des motifs d'intérêt général ;*
- *pour lesquels toutes les mesures sont prises pour atténuer leurs effets négatifs ;*
- *pour lesquels il n'existe pas d'autre moyen permettant d'obtenir de meilleurs résultats environnementaux.*

L'identification de ces exceptions, en référence à l'article 4.8 de la directive cadre sur l'eau notamment, doit en outre être cohérente avec la mise en œuvre des autres dispositions réglementaires ou législatives en matière d'environnement. »

Les objectifs visés par le SDAGE 2010-2015 sont les suivants :

« La politique dans le domaine de l'eau mise en œuvre à l'échelle du bassin ou à des échelles plus locales vise les objectifs généraux suivants :

- *préserver le fonctionnement et donc l'état des milieux en très bon état ou en bon état ;*
- *ne pas accentuer le niveau des perturbations subies par les milieux qui présentent un état dégradé ;*
- *préserver les espaces de bon fonctionnement des milieux aquatiques et ne pas compromettre l'équilibre quantitatif des milieux aquatiques ;*
- *ne pas compromettre l'intégrité des zones définies comme stratégiques pour l'alimentation en eau potable ;*
- *préserver la santé publique ;*
- *intégrer le nécessaire respect des objectifs environnementaux dans les documents d'urbanisme, les projets d'infrastructures, et les politiques de développement économique ;*
- *intégrer le principe de non dégradation dans la définition des politiques reposant sur des usages nouveaux ou en développement : neige artificielle, agrocarburants, hydroélectricité...*
- *anticiper et gérer les pollutions chroniques et accidentelles.*

Un renforcement du suivi de l'impact des aménagements permettra de mieux connaître leur incidence à long terme sur les milieux aquatiques et de mieux anticiper le principe de non dégradation pour les ouvrages nouveaux. »

Parmi les dispositions détaillées envisagées pour atteindre ces objectifs, deux concernent particulièrement notre projet :

« [Disposition 2-05] : Tenir compte de la disponibilité de la ressource et de son évolution qualitative et quantitative lors de l'évaluation de la compatibilité des projets avec le SDAGE :

Pour ne pas compromettre l'atteinte des objectifs environnementaux du SDAGE, les services de l'Etat veillent à ce que tous les projets susceptibles d'impacter les milieux aquatiques tiennent compte des évolutions qualitatives et quantitatives constatées ou prévisibles des milieux aquatiques à l'échelle des bassins versants en lien avec :

- les risques de cumuls d'impact dus à l'augmentation de l'utilisation de la ressource et l'anthropisation des milieux (superficiels continentaux, souterrains, et littoraux) ;
- les effets du changement climatique, en particulier sur la disponibilité de la ressource.

Ces éléments sont en particulier à prendre en compte :

- dans les projets liés à des usages nouveaux ou à fort développement (exemples : production de neige artificielle, retenues collinaires...);
- lors de l'élaboration des documents d'urbanisme (SCOT, PLU, cartes communales);
- par les SAGE. »

« [Disposition 2-07] Améliorer le suivi à moyen et long terme et la connaissance des milieux impactés par l'activité humaine en complément du programme de surveillance du bassin :

Afin d'améliorer la connaissance des impacts à moyen et long terme des installations, ouvrages, travaux et activités soumis à autorisation et pour améliorer les retours d'expérience quant aux mesures réductrices d'impact mises en œuvre, les services de police définissent avec les gestionnaires de ces ouvrages des modalités de suivi à long terme des éléments biologiques, physicochimiques et hydromorphologiques pertinents pour les milieux concernés, en tenant compte des autres réseaux de suivi du programme de surveillance du bassin. Les modalités de ces suivis sont intégrées dans les actes réglementaires relatifs à ces ouvrages.

Concernant les installations, ouvrages, travaux et activités soumis à déclaration, les préfets prescriront des modalités de suivi des milieux lorsque ceux-ci sont concernés par de forts enjeux environnementaux à l'échelle des bassins versants (existence de réservoirs biologiques, milieux en déficit quantitatif, milieux concernés par des effets cumulatifs d'ouvrages tels que des retenues collinaires...). »

Orientation fondamentale n°7 : Atteindre l'équilibre quantitatif en améliorant le partage de la ressource en eau et en anticipant l'avenir

« Au même titre que les flux de sédiments et la morphologie des cours d'eau, traités par ailleurs, les régimes hydrologiques jouent un rôle fondamental dans les processus écologiques et dynamiques qui interviennent dans le fonctionnement des habitats. Cinq grands types de régimes hydrologiques existent sur le bassin Rhône-Méditerranée parmi lesquels le régime méditerranéen qui possède des caractéristiques particulières quant à la répartition des débits dans le temps et dans l'espace. Les actions en faveur de la protection ou de la restauration des régimes hydrologiques dans le temps et dans l'espace constituent un levier central dans les stratégies de restauration fonctionnelle des milieux. Au plan des usages, mis à part les dérivations pour le refroidissement des centrales nucléaires et thermiques, les prélèvements en eau superficielle sont réalisés à 70 % pour l'irrigation agricole (dont la part qui retourne au milieu), 15 % environ respectivement pour les prélèvements industriels et pour l'alimentation en eau potable. Les prélèvements en eau souterraine le sont à 65 % pour l'alimentation en eau potable, 25 % pour l'industrie, et 10% pour l'irrigation agricole.

Le bassin bénéficie d'une ressource en eau globalement abondante mais inégalement répartie. Dans certains bassins, le partage de la ressource, parfois confortée par des infrastructures de mobilisation de la ressource, permet de répondre aux besoins des usages. Dans d'autres secteurs par contre, la situation est d'ores et déjà beaucoup plus tendue et les éléments de prévision laissent entrevoir clairement une aggravation du déficit. [...]

Parallèlement, il est aujourd'hui essentiel que dans la recherche continue de l'équilibre entre la disponibilité de la ressource et la demande en eau, prioritairement axée sur la responsabilisation de tous, et dans un esprit d'anticipation, de porter l'effort sur la maîtrise de la demande notamment par les économies d'eau, la maîtrise de la multiplication des prélèvements, et l'optimisation de l'exploitation des infrastructures existantes. L'investissement dans de nouveaux transferts inter-bassins ou la création de nouvelles ressources est admis lorsque des mesures de meilleure gestion de la ressource ne s'avèreront pas suffisantes pour l'atteinte de l'objectif de bon état de toutes les masses d'eau concernées. »

Les objectifs visés par le SDAGE 2010-2015 sont les suivants :

« A l'horizon 2015, l'objectif est :

- d'atteindre le bon état quantitatif dans les secteurs ou sous-bassins en déséquilibre quantitatif pour lesquels des connaissances suffisantes sont acquises et les acteurs organisés ;
- de disposer des connaissances nécessaires et de faire émerger des instances de gestion pérennes sur les autres secteurs dégradés en vue d'un retour au bon état quantitatif à partir du prochain SDAGE 2016-2021 ;
- de respecter l'objectif de non dégradation des ressources actuellement en équilibre. »

Parmi les dispositions détaillées envisagées pour atteindre ces objectifs, une concerne particulièrement notre projet :

« [Disposition 7-09] Promouvoir une véritable adéquation entre l'aménagement du territoire et la gestion des ressources en eau :

Cette disposition s'entend à différentes échelles territoriales. En effet, si les actions locales constituent la mise en œuvre opérationnelle, l'identification des secteurs à enjeux et des perspectives d'approvisionnement en eau doit être faite à une échelle dépassant les enjeux locaux afin de dégager des solutions cohérentes à une échelle inter-bassin. A cet égard les politiques de gestion mises en place aux échelles régionales et départementales ont toute leur valeur.

Aux échelles infra-départementales, les projets de schéma de cohérence territoriale (SCOT) ou de plan local d'urbanisme (PLU) s'appuient sur :

- une analyse de l'adéquation entre les aménagements envisagés, les équipements existants et la prévision de besoins futurs en matière de ressource en eau ;
- une analyse des impacts sur l'eau et les milieux aquatiques dans le respect de l'objectif de non dégradation des masses d'eau et des milieux naturels concernés ;

et par ailleurs, pour les PLU sur :

- un schéma directeur d'alimentation en eau potable ;
- en contexte urbain et périurbain, dans le cas de pressions trop importantes sur les eaux souterraines, ayant déjà conduit ou pouvant à terme conduire à des désordres (surexploitation conduisant à des désordres géotechniques, obstacles à l'écoulement provoquant des inondations d'ouvrages souterrains, déséquilibre dans les exploitations géothermiques, ...), les collectivités élaborent un « plan urbain de gestion des eaux souterraines » qui identifie les zones où des contraintes d'exploitation sont définies. Ce plan peut constituer une annexe du PLU.

Plus spécifiquement, les dossiers relatifs aux projets d'installation ou d'extension d'équipements pour l'enneigement artificiel ou relatifs aux modifications ou création d'unité touristiques s'appuient sur :

- une analyse de leur opportunité au regard notamment de l'évolution climatique et de la pérennité de l'enneigement en moyenne altitude ;
- un bilan des ressources sollicitées et volumes d'eau utilisés, notamment au regard des volumes sollicités sur les mêmes périodes pour la satisfaction des usages d'alimentation en eau potable des populations accueillies en haute saison touristique ;
- une simulation du fonctionnement en période de pénurie hivernale avec établissement d'un zonage de priorité d'enneigement du domaine skiable.

Les maîtres d'ouvrage dimensionnent le projet et analysent ses impacts sur l'eau et les milieux aquatiques dans le respect de l'objectif de non dégradation des masses d'eau et des milieux naturels concernés, avec :

- le maintien d'un débit minimum hivernal n'aggravant pas l'état des rivières (quantité et qualité) ;
- la préservation des zones humides.

Ces préconisations sont également appliquées lors de l'élaboration de demande de modification ou de création d'une unité touristique nouvelle. »

III.3 PATRIMOINE ECOLOGIQUE

Le secteur du lac de Montriond ne fait pas l'objet de mesures de protection particulière (de type Natura 2000, convention de RAMSAR, arrêté de protection de biotope...).

Le site Natura 2000 le plus proche est le « Haut Giffre », Zone de Protection Spéciale n°FR8212008, qui est également une Zone Importante pour la Conservation des Oiseaux. En effet ce site abrite les habitats et de nombreuses espèces patrimoniales de rapaces et galliformes.

Ce site n'est aucunement susceptible de subir un impact lié à la mise en œuvre de la présente opération (voir décret n°2010-365 du 9 avril 2010 relatif à l'évaluation des incidences Natura 2000).

Le secteur du lac de Montriond fait toutefois l'objet de plusieurs « zonages » de par sa valeur patrimoniale et paysagère. Ces zonages n'apportent toutefois pas de contrainte réglementaire particulière :

- **ZNIEFF de type 2 (ensemble) n° 7417 « Haut Faucigny » :**

Cet ensemble naturel de premier ordre culmine au Buet à près de 3100 m d'altitude. Il regroupe les sommets du haut Faucigny, placés en tête de la vallée du Giffre et qui se poursuivent au nord par les Dents du Midi. Il jouxte le massif des Aiguilles Rouges : ces deux unités sont ainsi totalement jointives, bien qu'elles soient très distinctes du point de vue géologique.

- **ZNIEFF de type 1 (locale) n°74170008 « Lac de Montriond » :**

Le lac de Montriond s'insère dans une étroite vallée à 1060 m d'altitude, dans un cadre sauvage et pittoresque, marqué par des falaises rocheuses et d'épaisses forêts de conifères. D'origine naturelle et alimenté par plusieurs ruisseaux, il évacue ses eaux dans la Dranse de Montriond [...].

- **Inventaire départemental des zones humides :**

Le lac de Montriond figure à l'inventaire des zones humides du département réalisé en avril 2000 pour la DDAF 74.

La fiche de présentation de la ZNIEFF I n°74170008 mentionne la présence d'une espèce protégée au niveau régional, la *Zannichellie des Marais*. L'actualité de cette affirmation devra être vérifiée, toutefois la présente opération n'est pas de nature à remettre en cause la présence de cette espèce dans la mesure où elle est susceptible d'impacter faiblement le niveau du lac, en période hivernale uniquement.

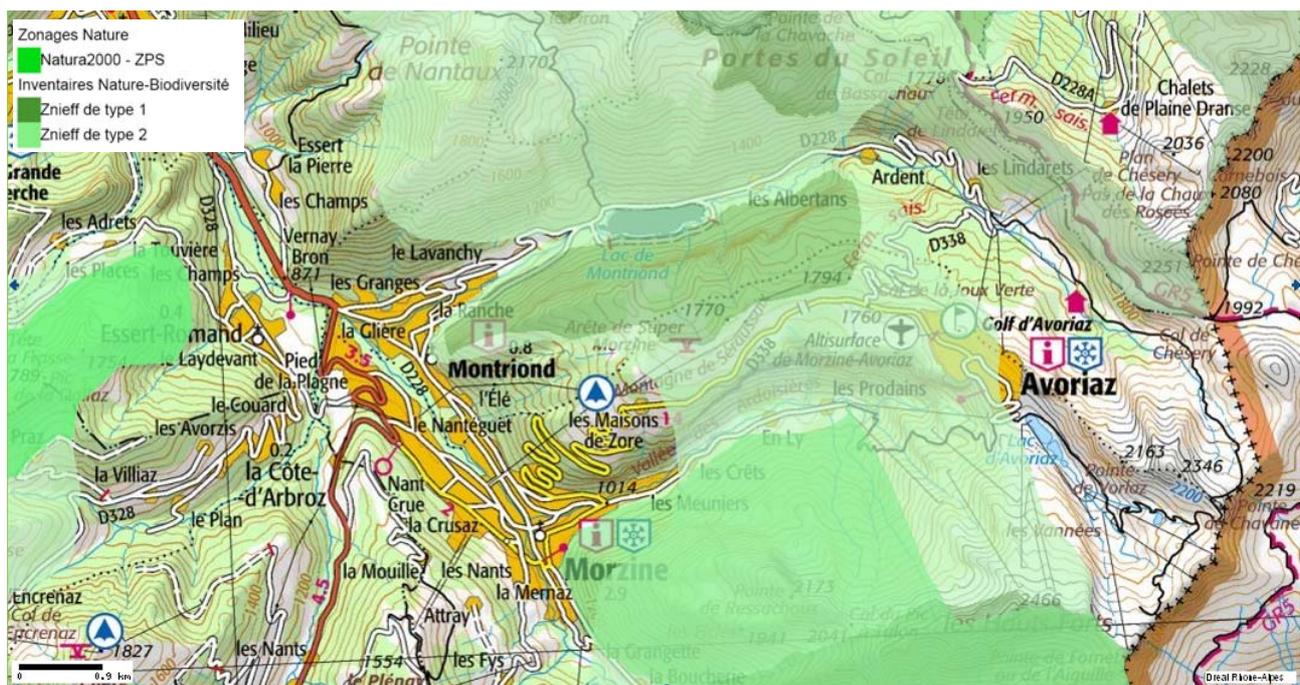


Figure 48 : Patrimoine écologique de la zone d'étude (source : CARMEN – DREAL Rhône Alpes)

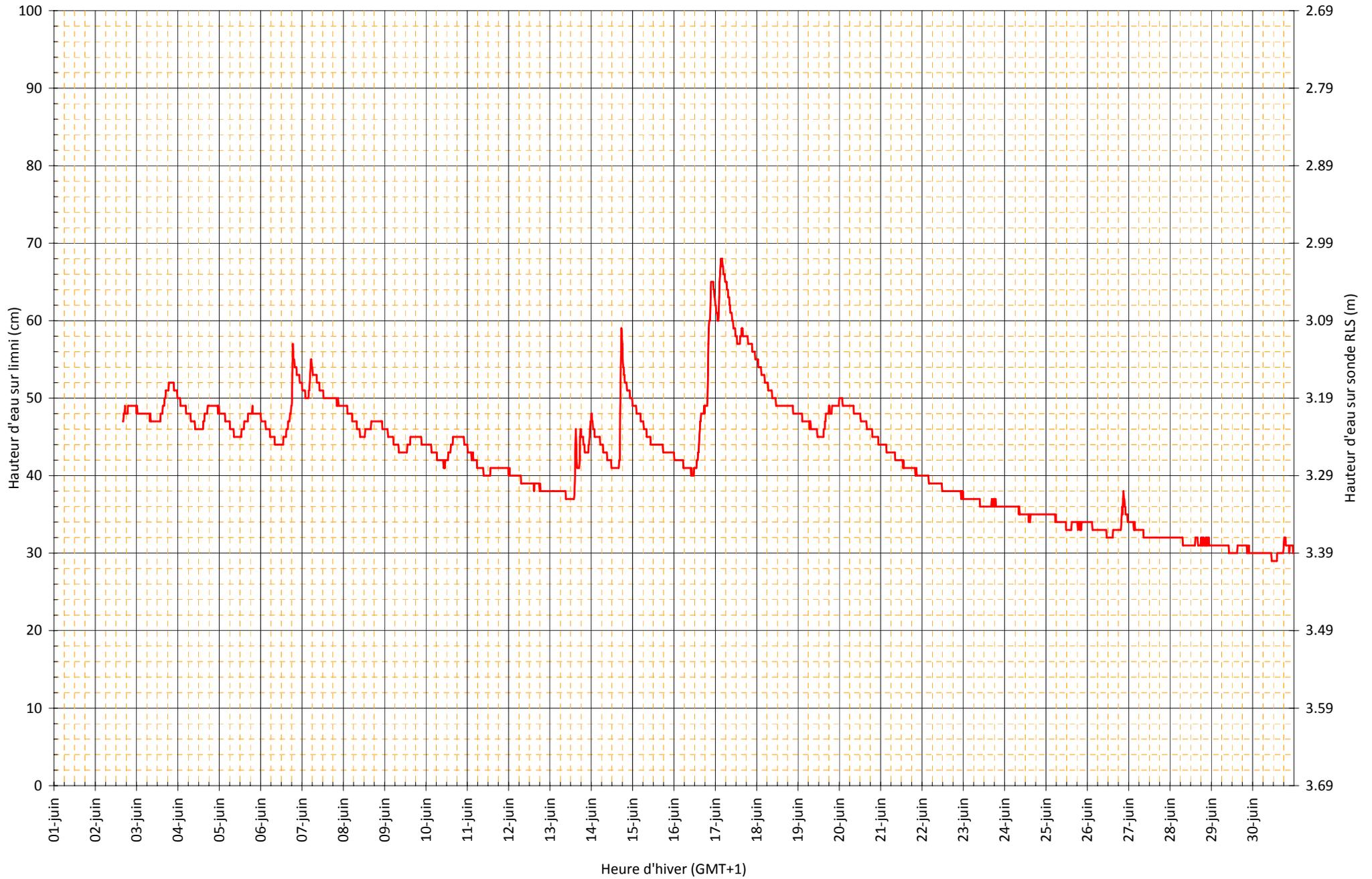
ANNEXES

Annexe 1 : Limnigrammes	101
Annexe 2 : Résultats détaillés des jaugeages	102
Annexe 3 : Courbe d'étalonnage de la station hydrométrique	103
Annexe 4 : Données météorologiques observées en 2010/11	104
Annexe 5 : Hydrogrammes mensuels Dranse de Montriond – Juin 2010/11	105
Annexe 6 : Fiches de synthèse hydrologique – Stations de référence	106
Annexe 7 : Méthodes de calcul utilisées	107
Annexe 8 : Fiches de synthèse hydrologique - Dranse de Montriond.....	113

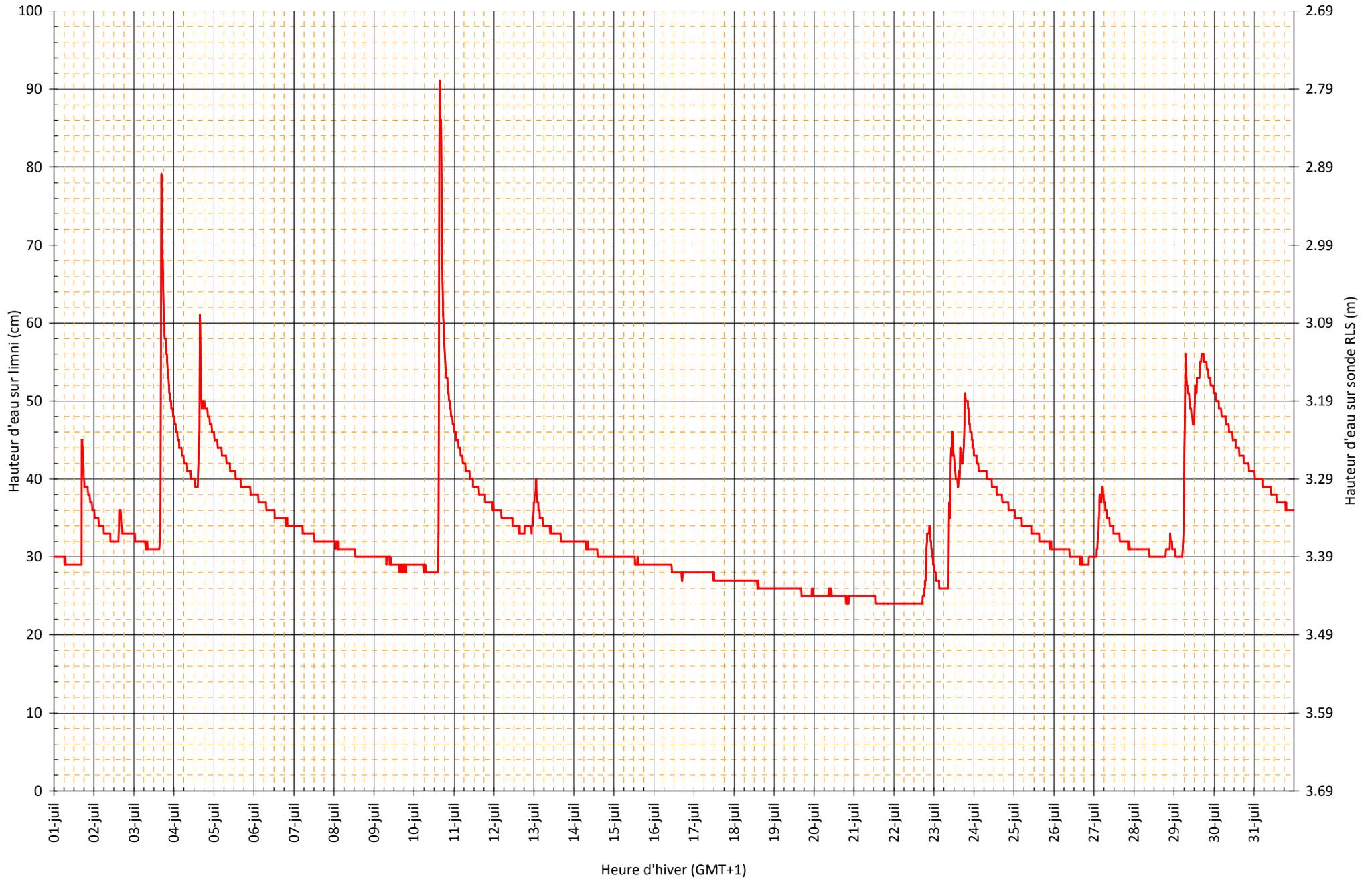
Annexe 1 : Limnigrammes

Courbes mensuelles hauteurs / temps enregistrées sur la Dranse de Montriond entre juin 2010 et juin 2011

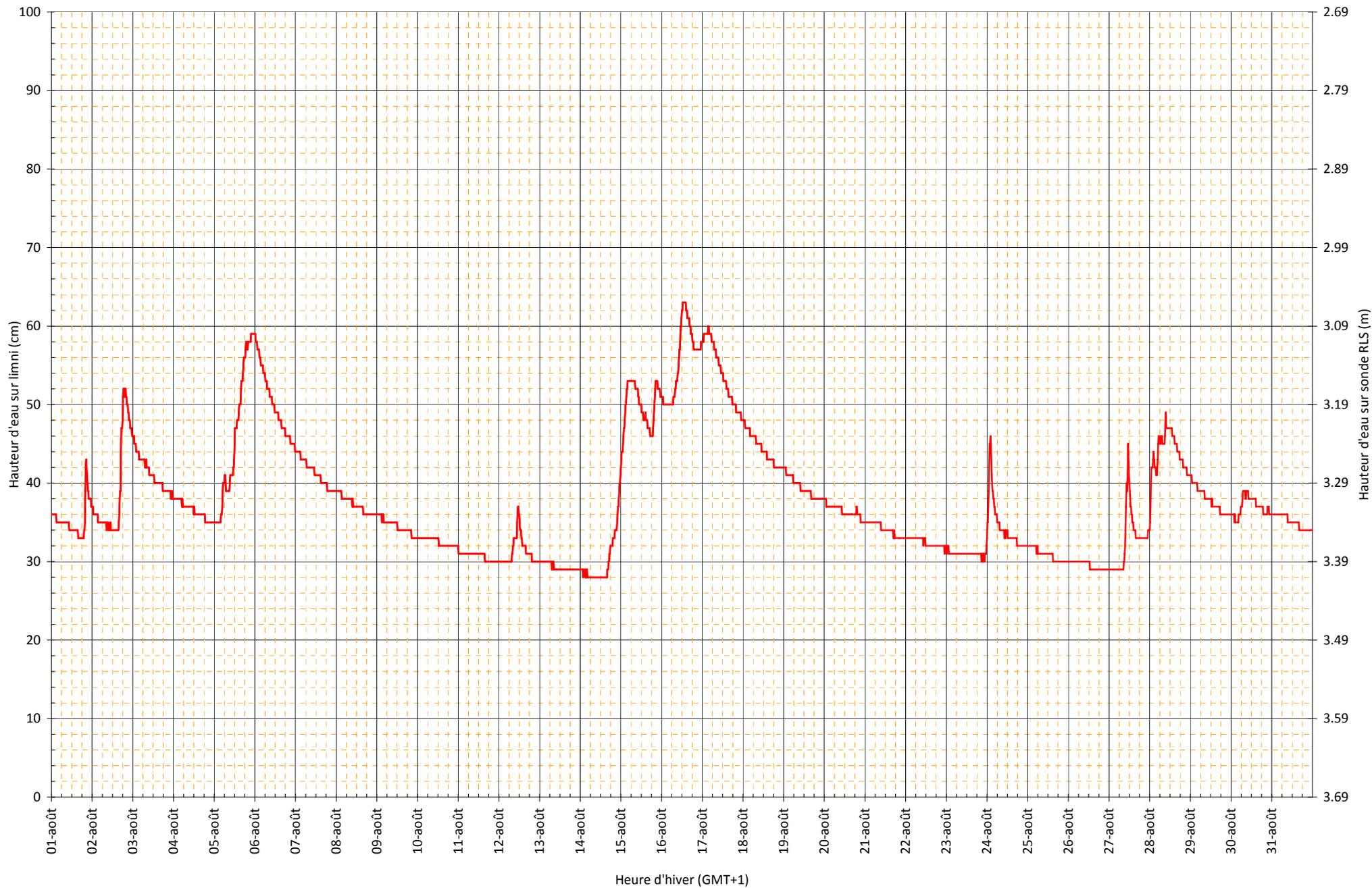
Dranse de Montriond - Juin 2010 - Limnigramme



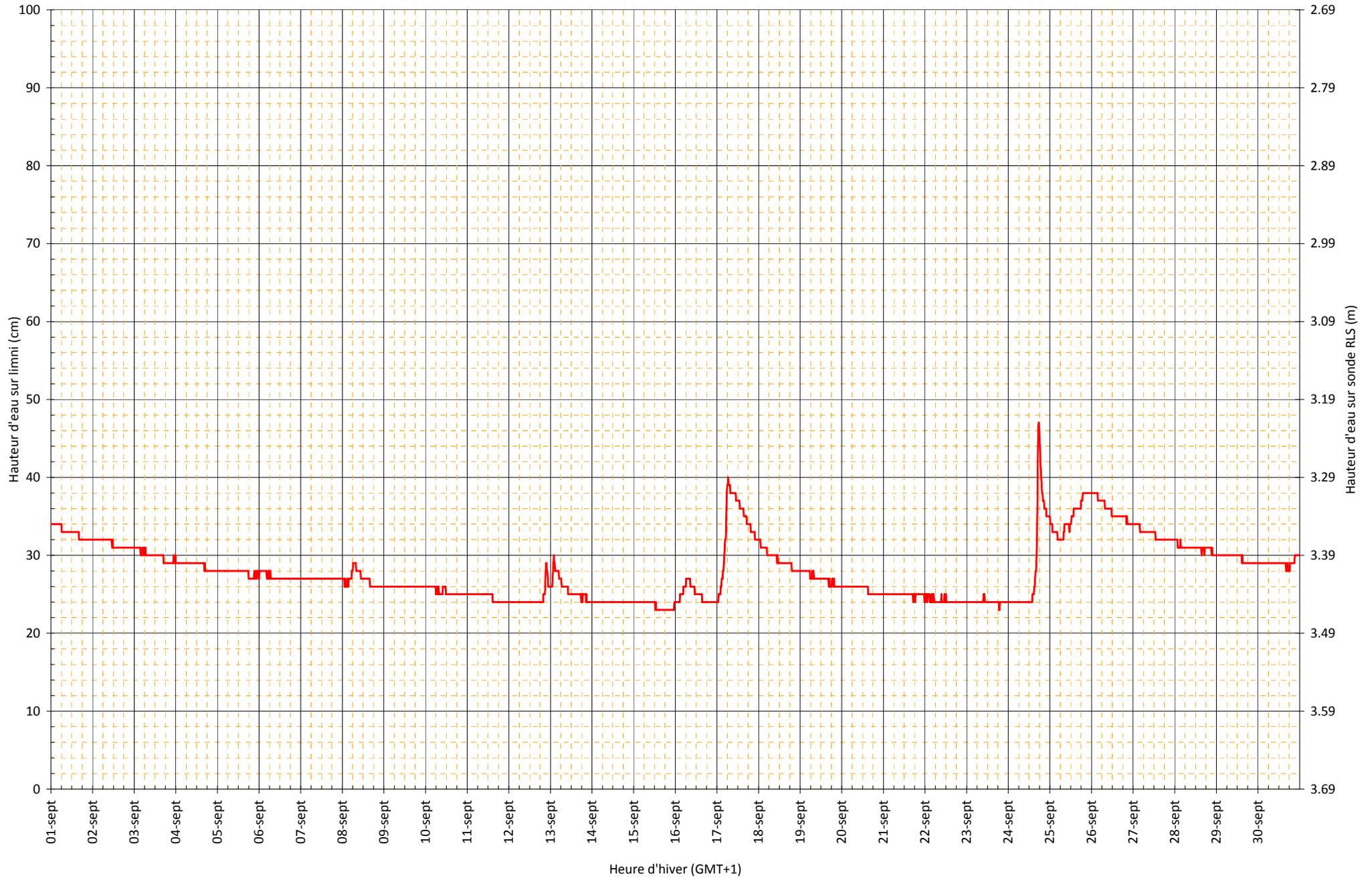
Dranse de Montriond - Juillet 2010 - Limnigramme



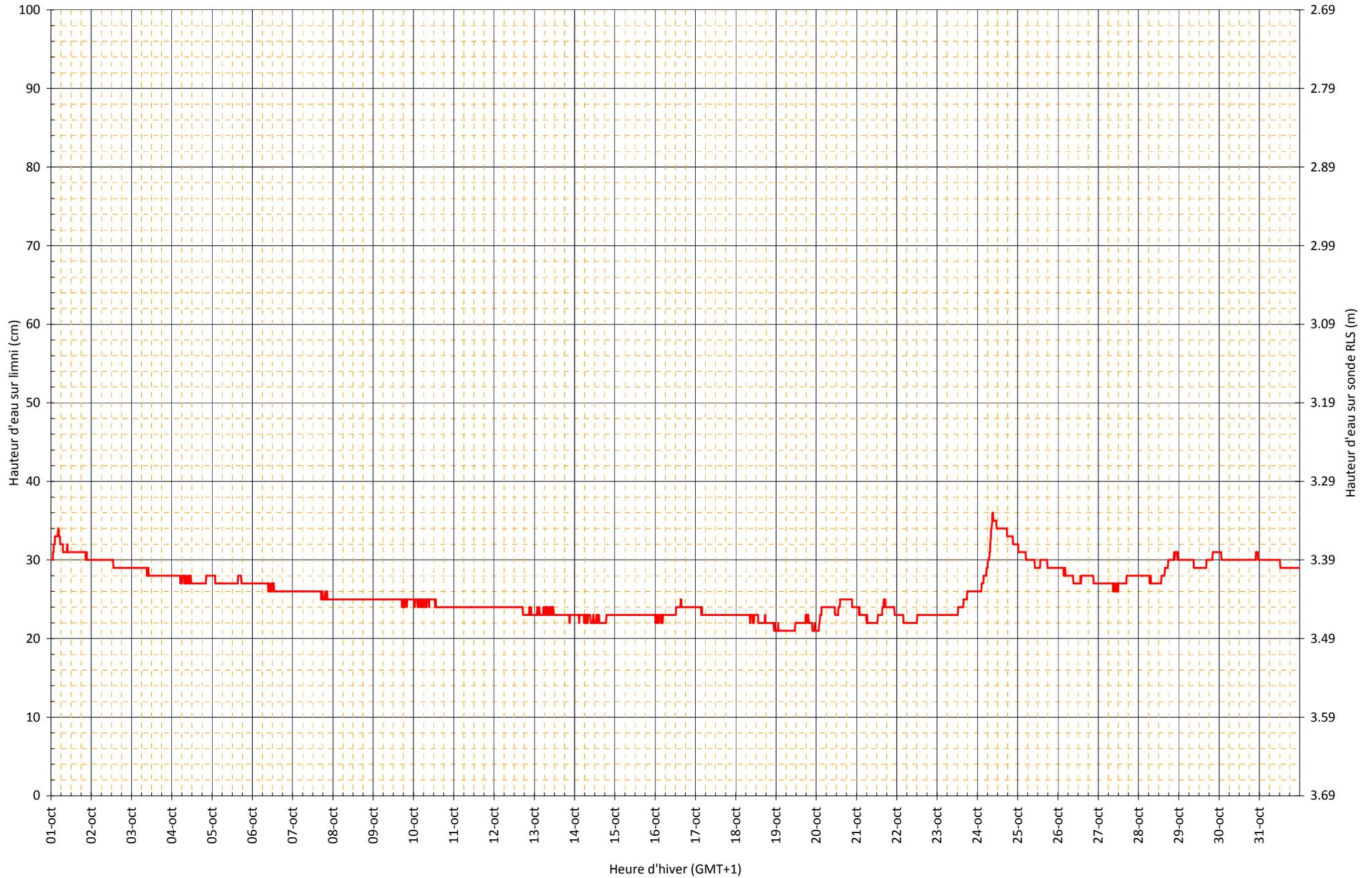
Dranse de Montriond - Août 2010 - Limnigramme



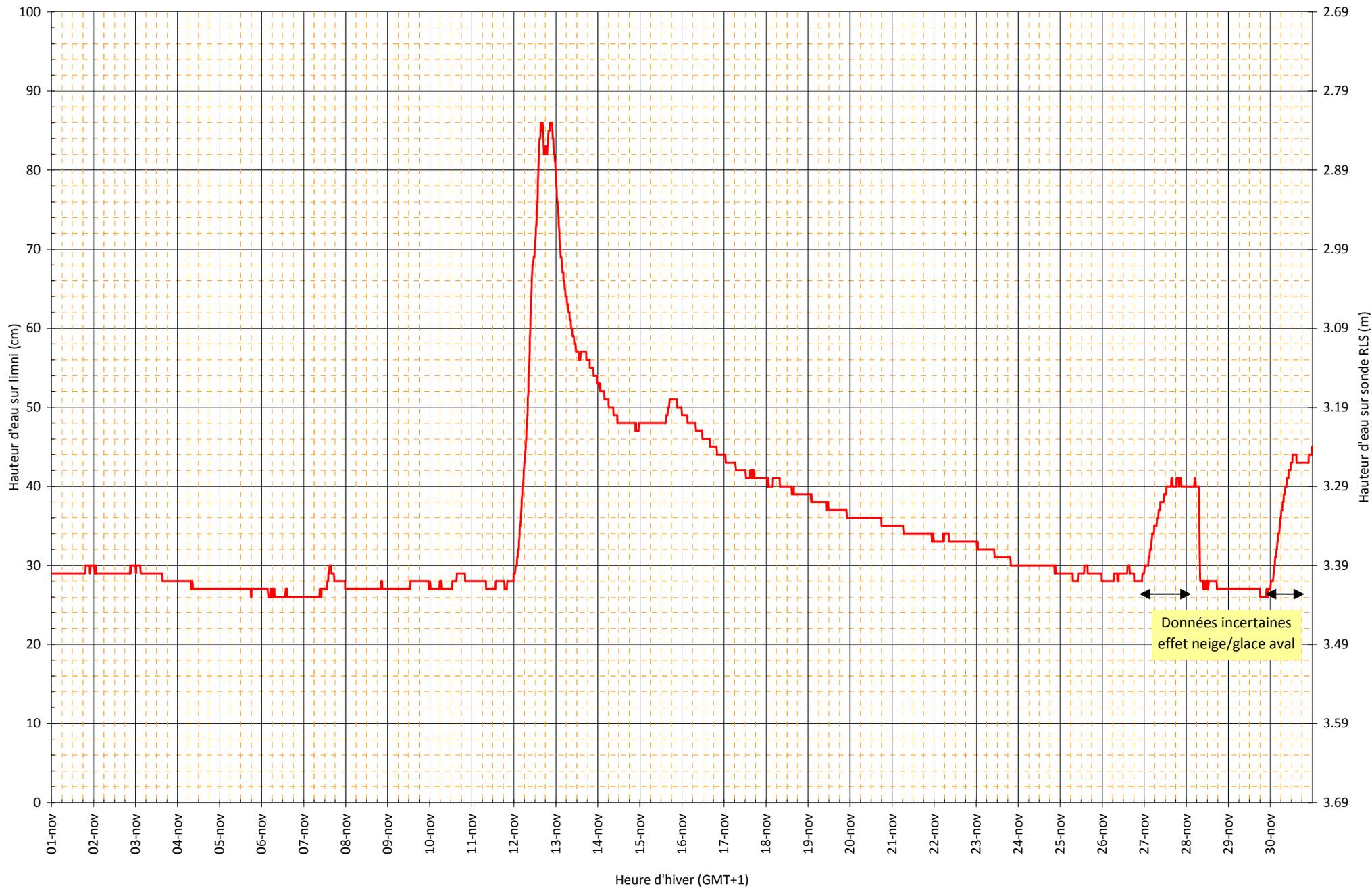
Dranse de Montriond - Septembre 2010 - Limnigramme



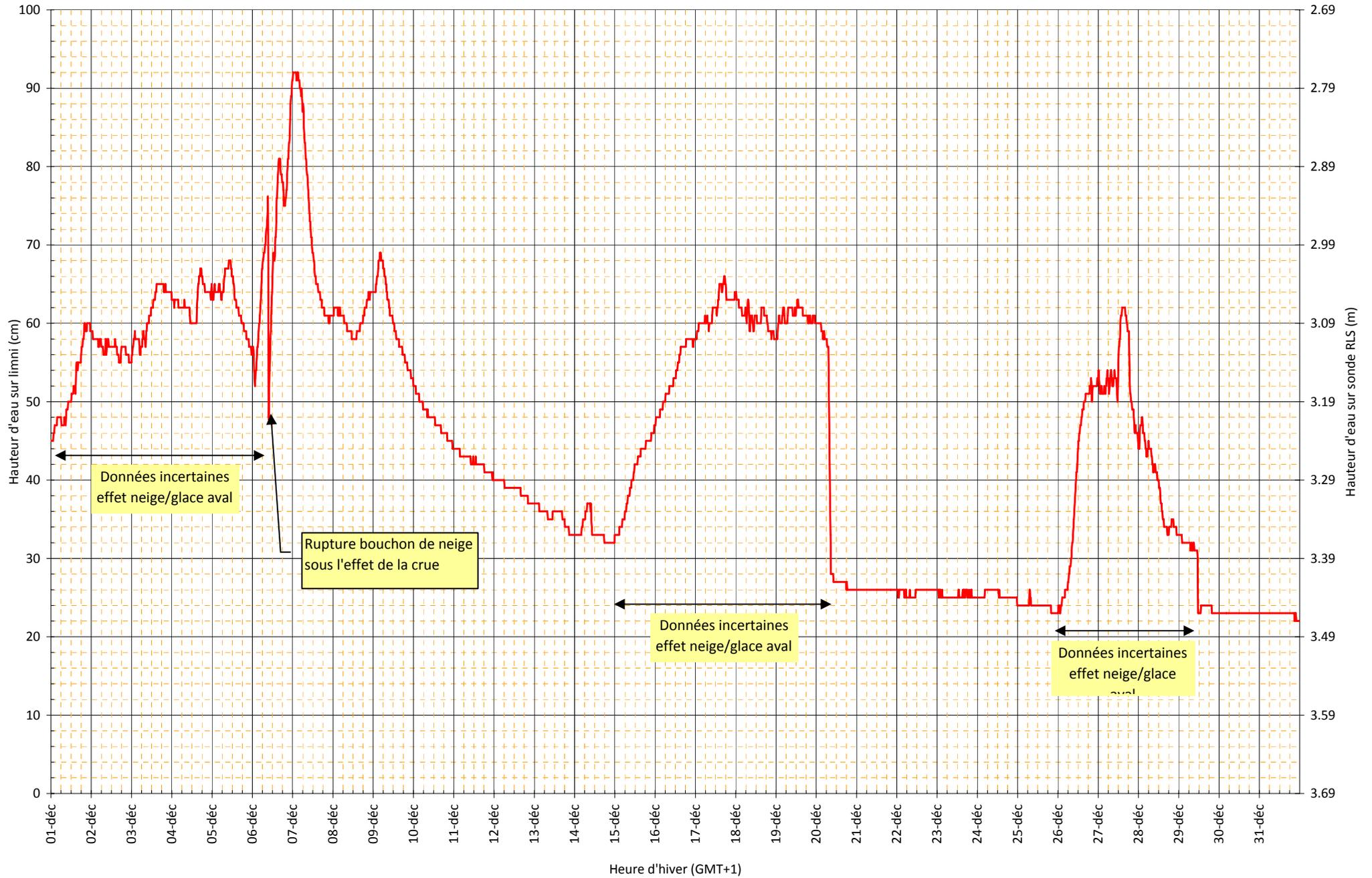
Dranse de Montriond - Octobre 2010 - Limnigramme



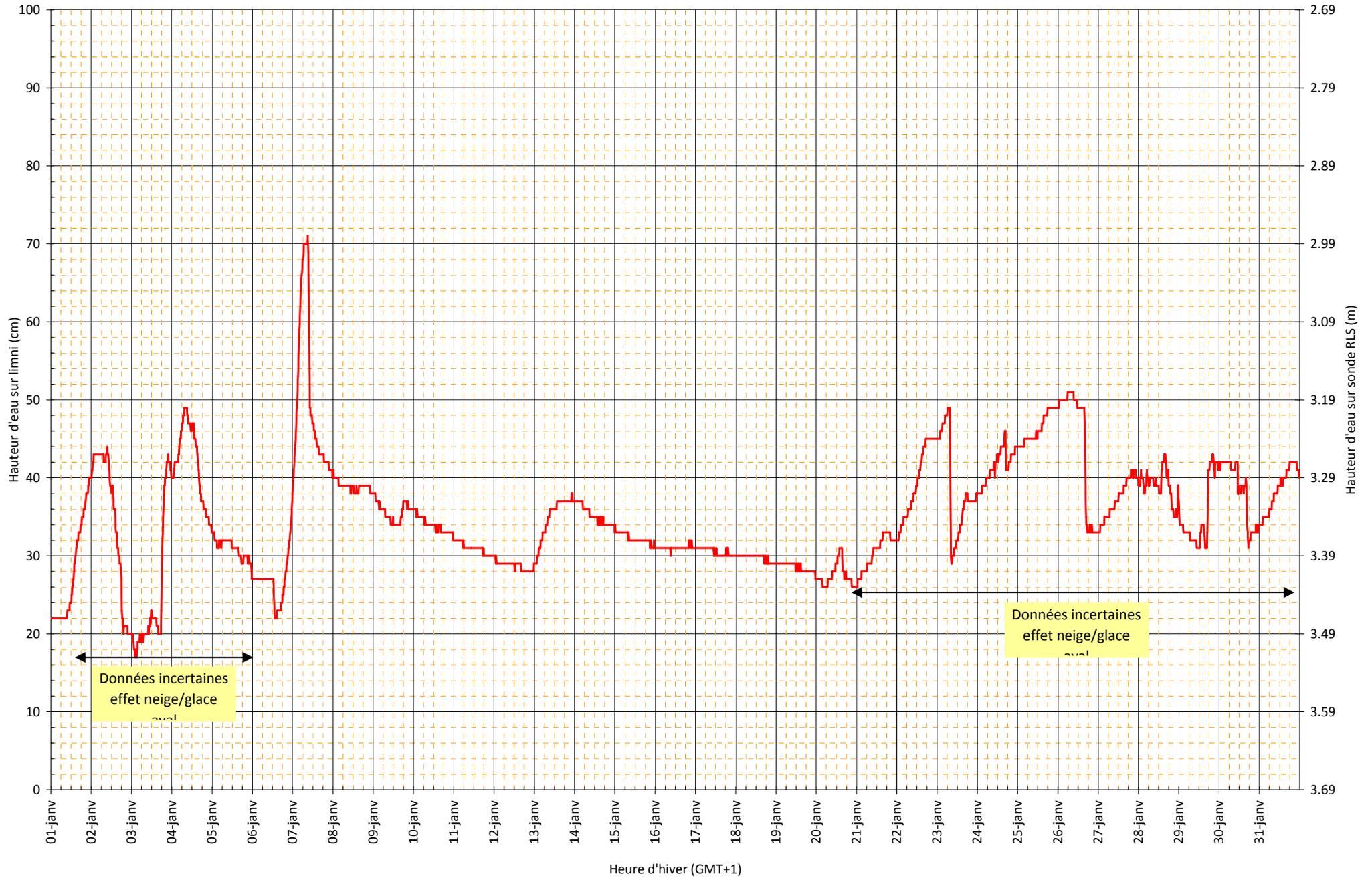
Dranse de Montriond - Novembre 2010 - Limnigramme



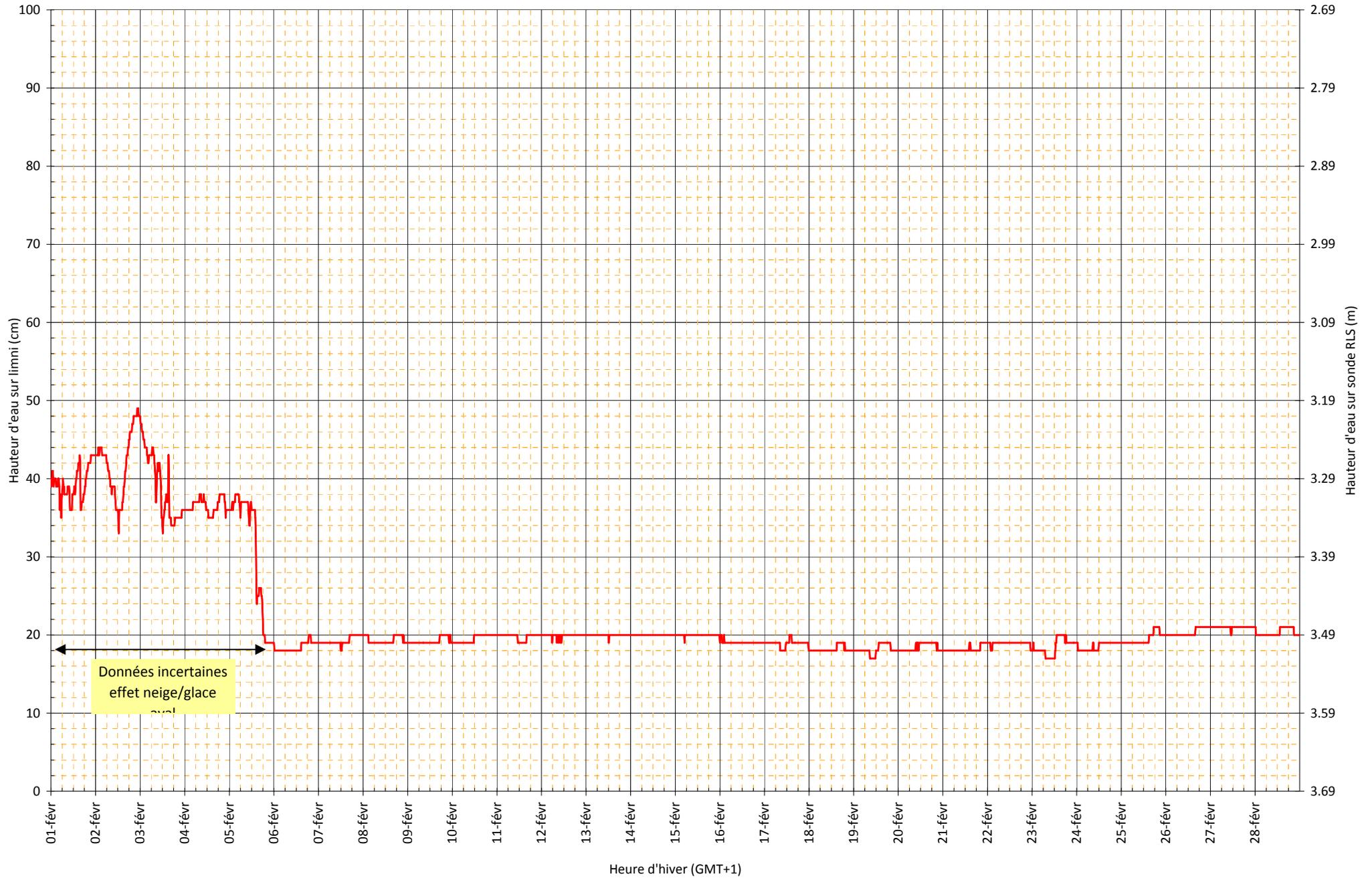
Dranse de Montriond - Décembre 2010 - Limnigramme



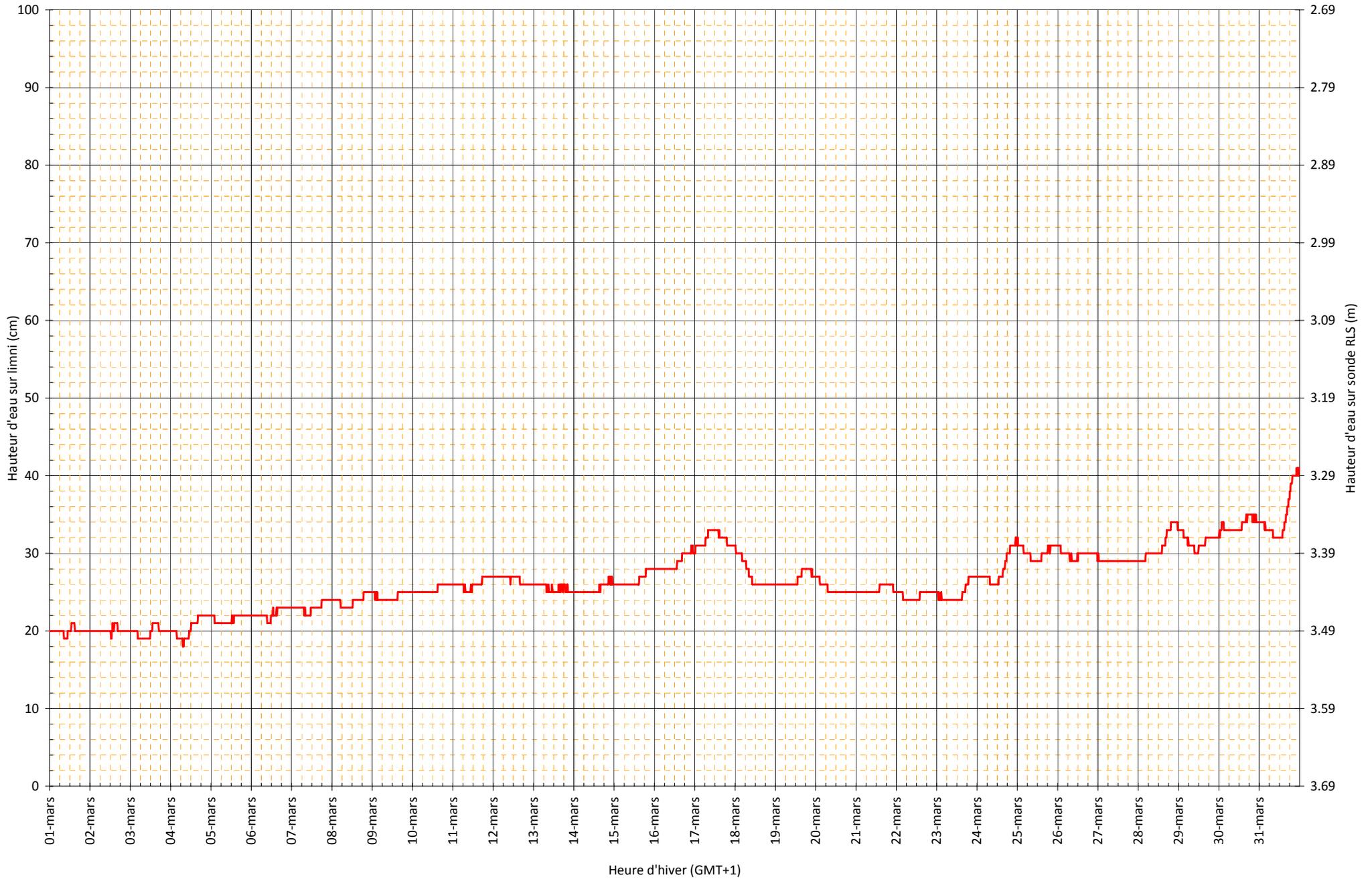
Dranse de Montriond - Janvier 2011 - Limnigramme



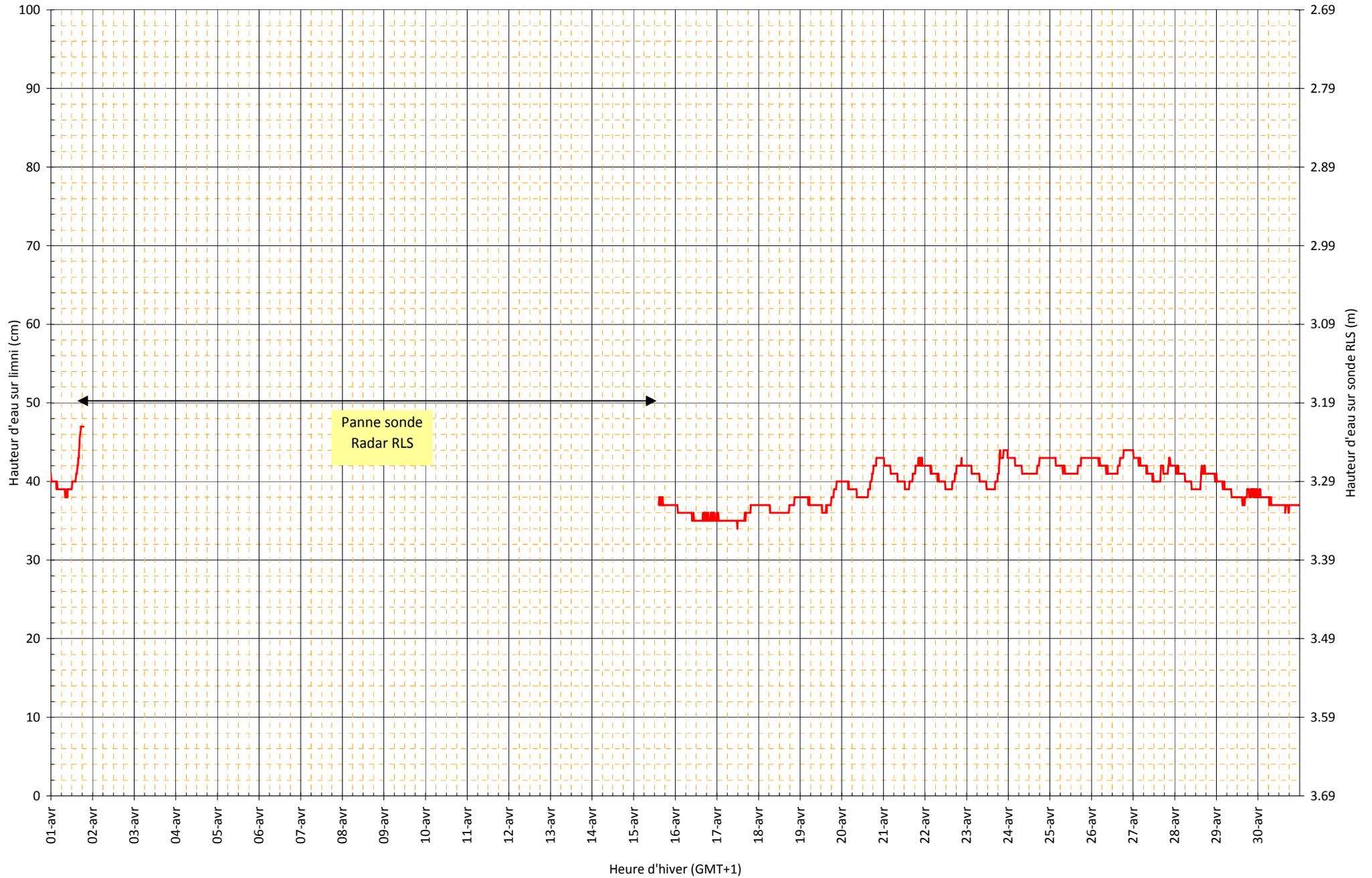
Dranse de Montriond - Février 2011 - Limnigramme



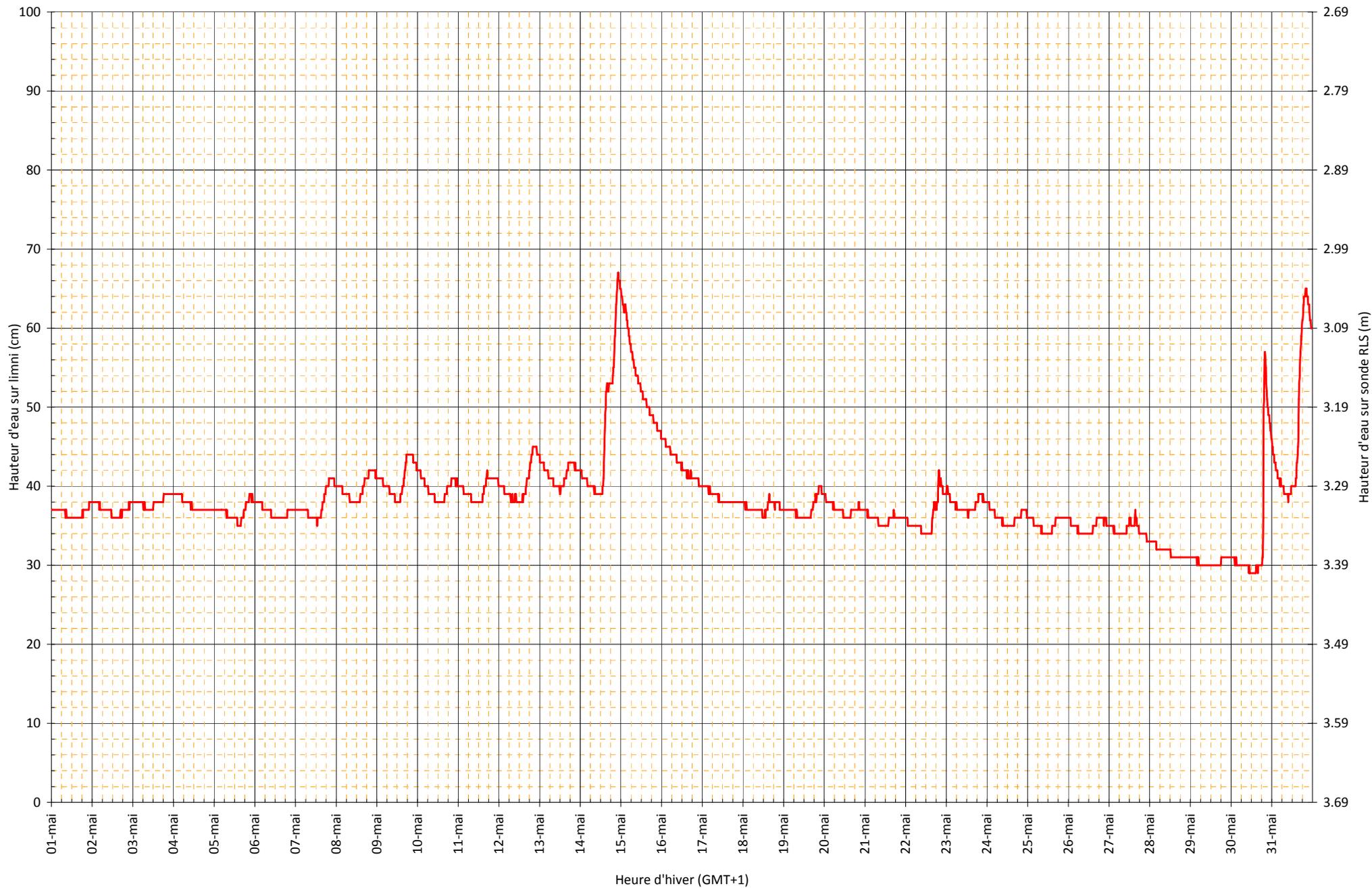
Dranse de Montriond - Mars 2011 - Limnigramme



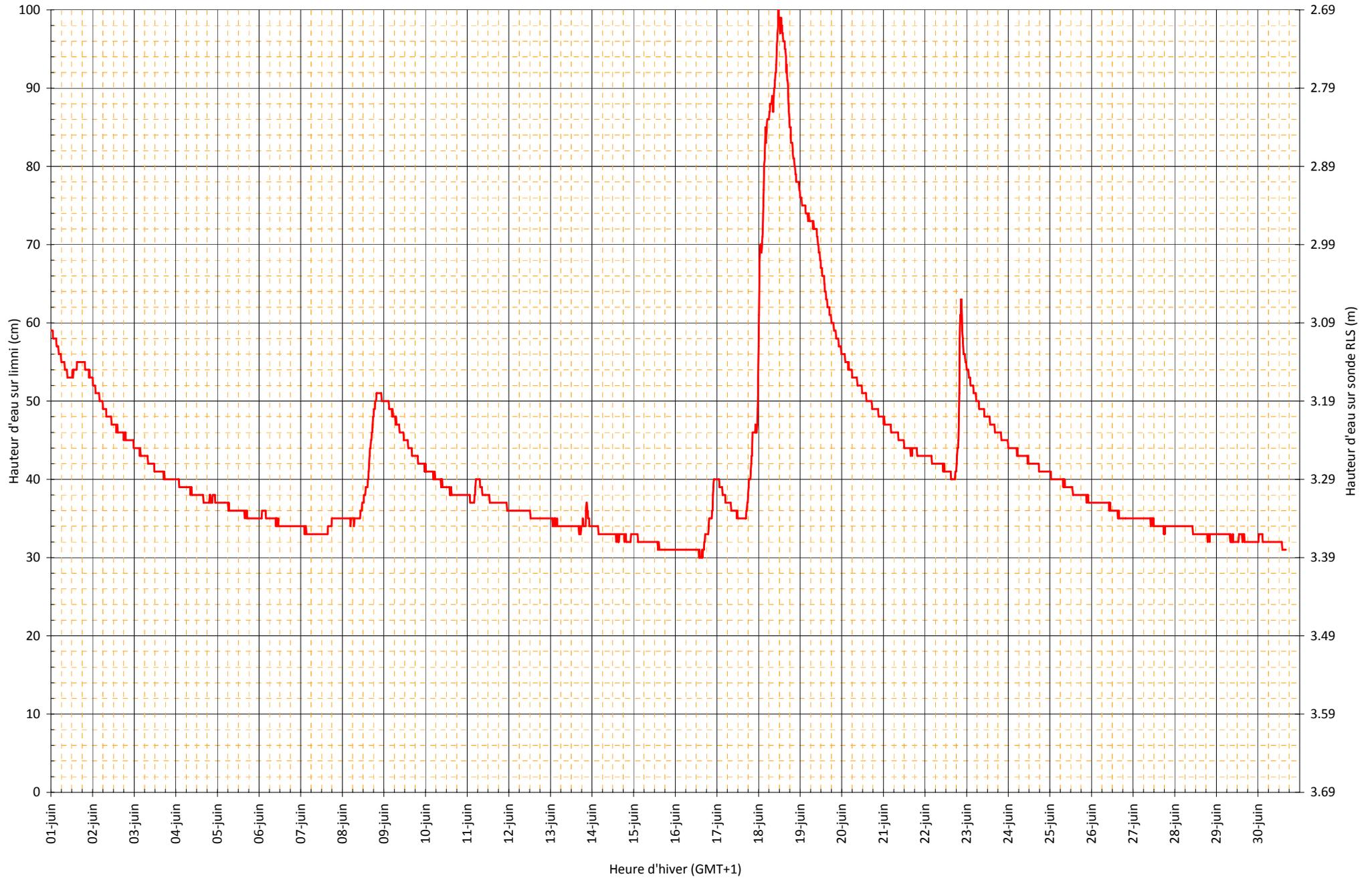
Dranse de Montriond - Avril 2011 - Limnigramme



Dranse de Montriond - Mai 2011 - Limnigramme



Dranse de Montriond - Juin 2011 - Limnigramme



Annexe 2 : Résultats détaillés des jaugeages

- *Liste des jaugeages*
- *Dépouillement des jaugeages*
- *Certificats d'étalonnage des hélices utilisées*

Dranse de Montriond à AMONT LAC (001)

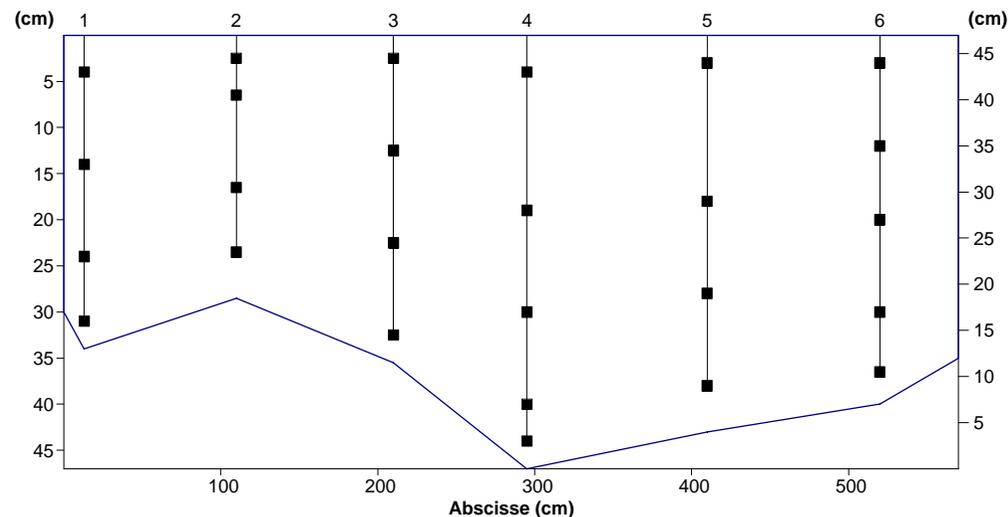
Liste des jaugeages

Numéro	Date-Heure	Cote (cm)	Débit (m3/s)	Vitesse moyenne (m/s)	Section mouillée (m²)	Mode de jaugeage
6	15/04/2011 14:10	37.0	0.476	0.27	1.75	PP
5	11/03/2011 10:50	24.0	0.125	0.49	0.255	PP
4	13/09/2010 16:05	25.0	0.128	0.30	0.421	PP
3	15/07/2010 14:55	30.0	0.283	0.61	0.469	PP
2	14/06/2010 15:30	41.0	0.897	0.72	1.25	PP
1	02/06/2010 18:50	48.0	1.34	0.62	2.18	PP

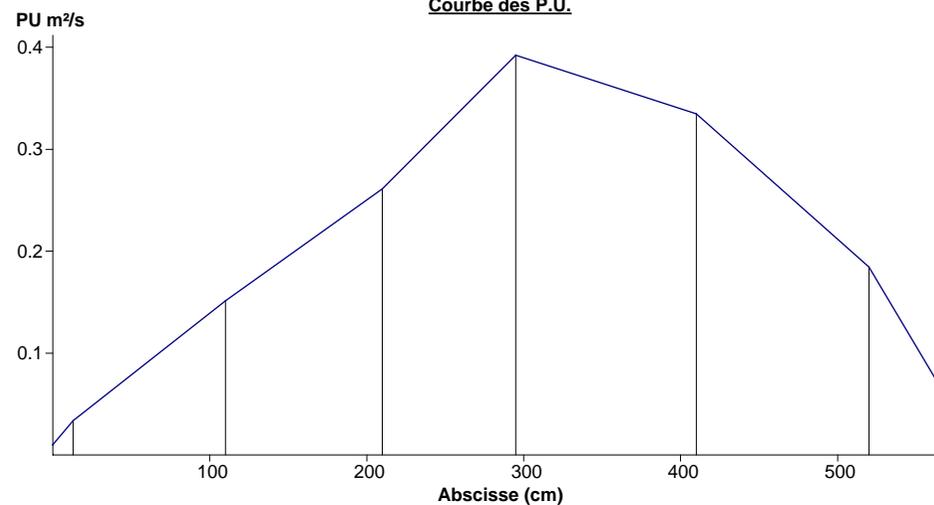
Dranse de Montriond à AMONT LAC (001)
Jaugeage du 02/06/2010 18:50 - Section(s) de mesures

Section numéro 1 Débit = 1.34 m3/s Vitesse moyenne = 0.62 m/s

Profil en travers - Section = 2.18 m²



Courbe des P.U.



Dranse de Montriond à AMONT LAC (001)
Jaugeage du 02/06/2010 18:50

Périmètre mouillé (m)	Largeur au miroir (m)	Vitesse Moyenne (m/s)	Vitesse Maxi (m/s)	Section (m²)	Débit (m³/s)	Cote Echelle
6.37	5.70	0.62	1.00	2.18	1.34	48.0

Toutes les abscisses, hauteurs, profondeurs, ... qui suivent sont exprimées en cm.
 Pour les verticales de type 'point par point', le zéro est compté à partir du fond, et les mesures se font en montant.

SECTION NUMERO 1

Nb verticales	Abs Rive1	Prof Rive1	Coef Rive1	Abs Rive2	Prof Rive2	Coef Rive2	Vmoy(m/s)	Section (m²)	Débit (m³/s)
6	0	30	0.67	570	35	0.67	0.615	2.18	1.34

Verticale 1

Haut	trs	V (m/s)
3	10	0.10
10	12	0.11
20	8	0.08
30	13	0.12

Abscisse : 13
 Hauteur totale : 34
 Coefficient fond : 0.67
 Angle de dérive : 0°
 Temps de mesure : 30s
 Moulinet : OTT C2
P.U. (m²/s) : 0.034

Verticale 2

Haut	trs	V (m/s)
5	76	0.66
12	68	0.59
22	52	0.45
26	63	0.54

Abscisse : 110
 Hauteur totale : 28.5
 Coefficient fond : 0.67
 Angle de dérive : 0°
 Temps de mesure : 30s
 Moulinet : OTT C2
P.U. (m²/s) : 0.151

Verticale 3

Haut	trs	V (m/s)
3	79	0.68
13	85	0.73
23	83	0.72
33	106	0.91

Abscisse : 210
 Hauteur totale : 35.5
 Coefficient fond : 0.67
 Angle de dérive : 0°
 Temps de mesure : 30s
 Moulinet : OTT C2
P.U. (m²/s) : 0.261

Verticale 4

Haut	trs	V (m/s)
3	0	0.02
7	95	0.82
17	112	0.97
28	116	1.00
43	103	0.89

Abscisse : 295
 Hauteur totale : 47
 Coefficient fond : 0.67
 Angle de dérive : 0°
 Temps de mesure : 30s
 Moulinet : OTT C2
P.U. (m²/s) : 0.392

Verticale 5

Haut	trs	V (m/s)
5	105	0.91
15	96	0.83
25	87	0.75
40	90	0.78

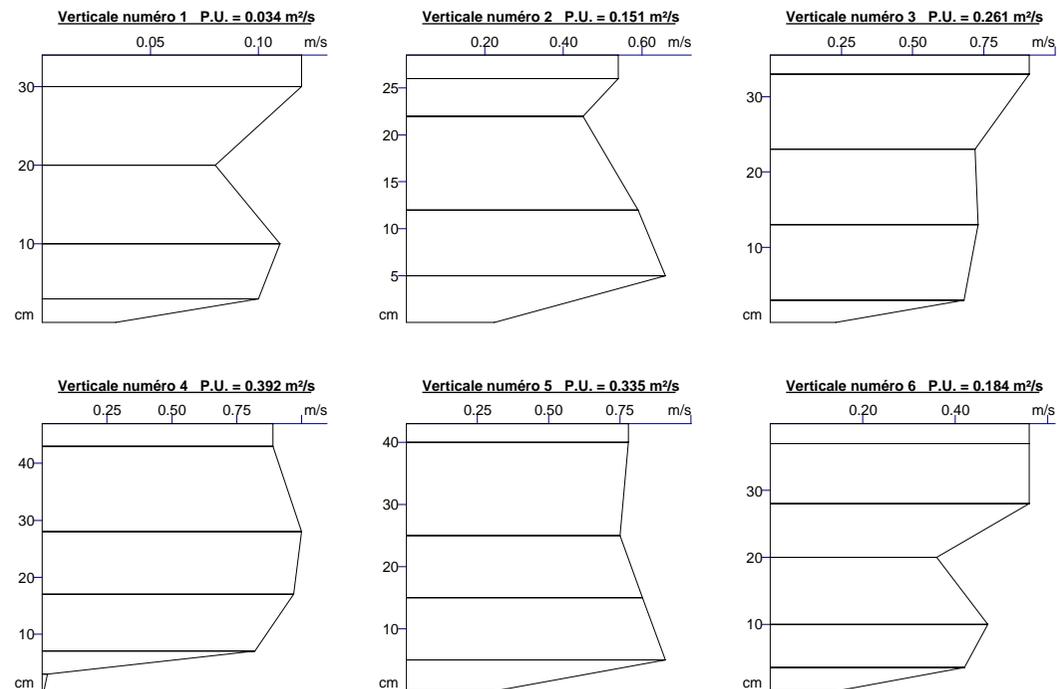
Abscisse : 410
 Hauteur totale : 43
 Coefficient fond : 0.67
 Angle de dérive : 0°
 Temps de mesure : 30s
 Moulinet : OTT C2
P.U. (m²/s) : 0.335

Verticale 6

Haut	trs	V (m/s)
3.5	48	0.42
10	54	0.47
20	41	0.36
28	65	0.56
37	65	0.56

Abscisse : 520
 Hauteur totale : 40
 Coefficient fond : 0.67
 Angle de dérive : 0°
 Temps de mesure : 30s
 Moulinet : OTT C2
P.U. (m²/s) : 0.184

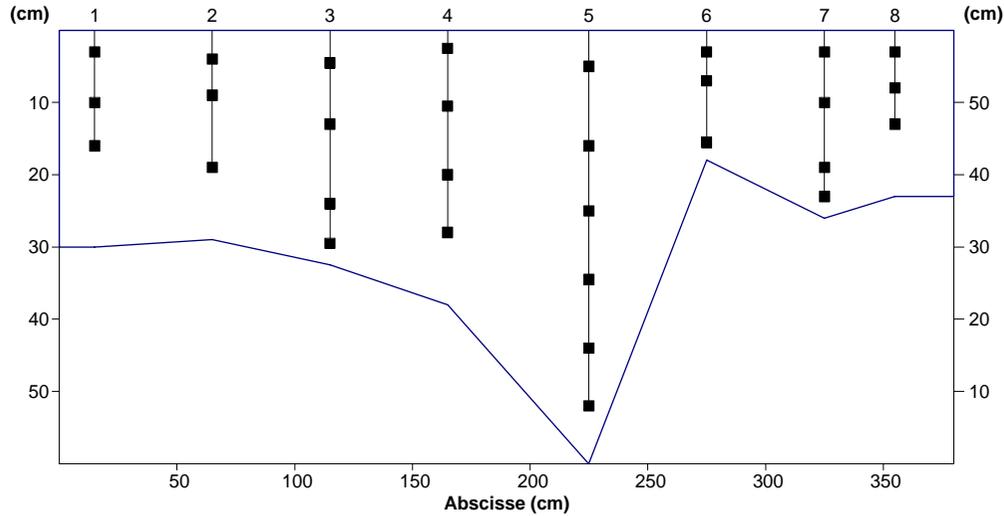
Dranse de Montriond à AMONT LAC (001)
Jaugeage du 02/06/2010 18:50 - Profils des verticales



Dranse de Montriond à AMONT LAC (001)
Jaugeage du 14/06/2010 15:30 - Section(s) de mesures

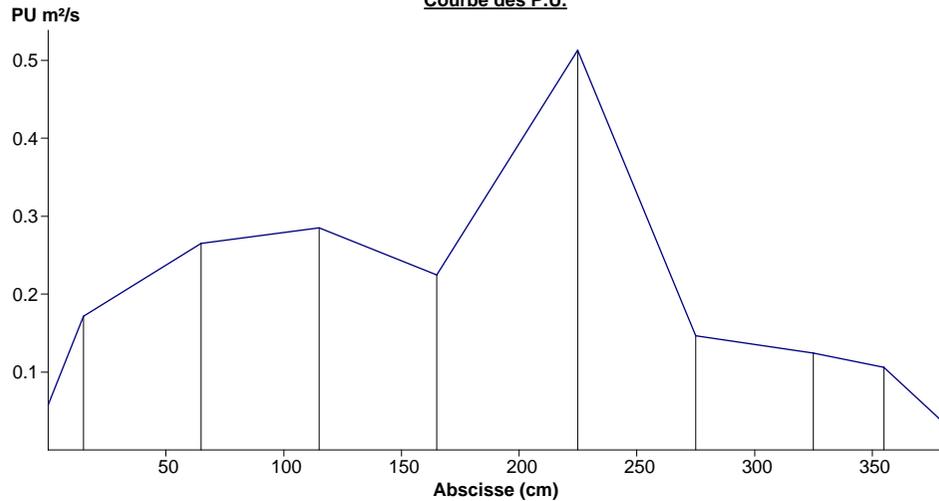
Section numéro 1 Débit = 0.897 m3/s Vitesse moyenne = 0.72 m/s

Profil en travers - Section = 1.25 m²



Abscisse (cm)

Courbe des P.U.



Abscisse (cm)

Dranse de Montriond à AMONT LAC (001)
Jaugeage du 14/06/2010 15:30

Périmètre mouillé (m)	Largeur au miroir (m)	Vitesse Moyenne (m/s)	Vitesse Maxi (m/s)	Section (m²)	Débit (m3/s)	Cote Echelle
4.53	3.80	0.72	1.34	1.25	0.897	41.0

Toutes les abscisses, hauteurs, profondeurs, ... qui suivent sont exprimées en cm.
 Pour les verticales de type 'point par point', le zéro est compté à partir du fond, et les mesures se font en montant.

SECTION NUMERO 1

Nb verticales	Abs Rive1	Prof Rive1	Coef Rive1	Abs Rive2	Prof Rive2	Coef Rive2	Vmoy(m/s)	Section (m²)	Débit (m3/s)
8	0	30	0.67	380	23	0.67	0.716	1.25	0.897

Verticale 1

Abscisse : 15
 Hauteur totale : 30
 Coefficient fond : 0.67
 Angle de dérive : 0°
 Temps de mesure : 30s
 Moulinet : OTT C2

P.U. (m²/s) : 0.171

Haut	trs	V (m/s)
14	76	0.66
20	75	0.65
27	84	0.73

Verticale 2

Abscisse : 65
 Hauteur totale : 29
 Coefficient fond : 0.67
 Angle de dérive : 0°
 Temps de mesure : 30s
 Moulinet : OTT C2

P.U. (m²/s) : 0.265

Haut	trs	V (m/s)
10	100	0.86
20	129	1.11
25	145	1.25

Verticale 3

Abscisse : 115
 Hauteur totale : 32.5
 Coefficient fond : 0.67
 Angle de dérive : 0°
 Temps de mesure : 30s
 Moulinet : OTT C2

P.U. (m²/s) : 0.285

Haut	trs	V (m/s)
3	0	0.02
8.5	75	0.65
19.5	135	1.16
28	156	1.34

Verticale 4

Abscisse : 165
 Hauteur totale : 38
 Coefficient fond : 0.67
 Angle de dérive : 0°
 Temps de mesure : 30s
 Moulinet : OTT C2

P.U. (m²/s) : 0.224

Haut	trs	V (m/s)
10	0	0.02
18	101	0.87
27.5	100	0.86
35.5	126	1.09

Verticale 5

Abscisse : 225
 Hauteur totale : 60
 Coefficient fond : 0.67
 Angle de dérive : 0°
 Temps de mesure : 30s
 Moulinet : OTT C2

P.U. (m²/s) : 0.513

Haut	trs	V (m/s)
8	0	0.02
16	49	0.42
25.5	137	1.18
35	135	1.16
44	147	1.27
55	141	1.22

Verticale 6

Abscisse : 275
 Hauteur totale : 18
 Coefficient fond : 0.67
 Angle de dérive : 0°
 Temps de mesure : 30s
 Moulinet : OTT C2

P.U. (m²/s) : 0.146

Haut	trs	V (m/s)
2.5	103	0.89
11	104	0.90
15	87	0.75

Verticale 7

Abscisse : 325
 Hauteur totale : 26
 Coefficient fond : 0.67
 Angle de dérive : 0°
 Temps de mesure : 30s
 Moulinet : OTT C2

P.U. (m²/s) : 0.124

Haut	trs	V (m/s)
3	0	0.02
7	39	0.34
16	69	0.60
23	95	0.82

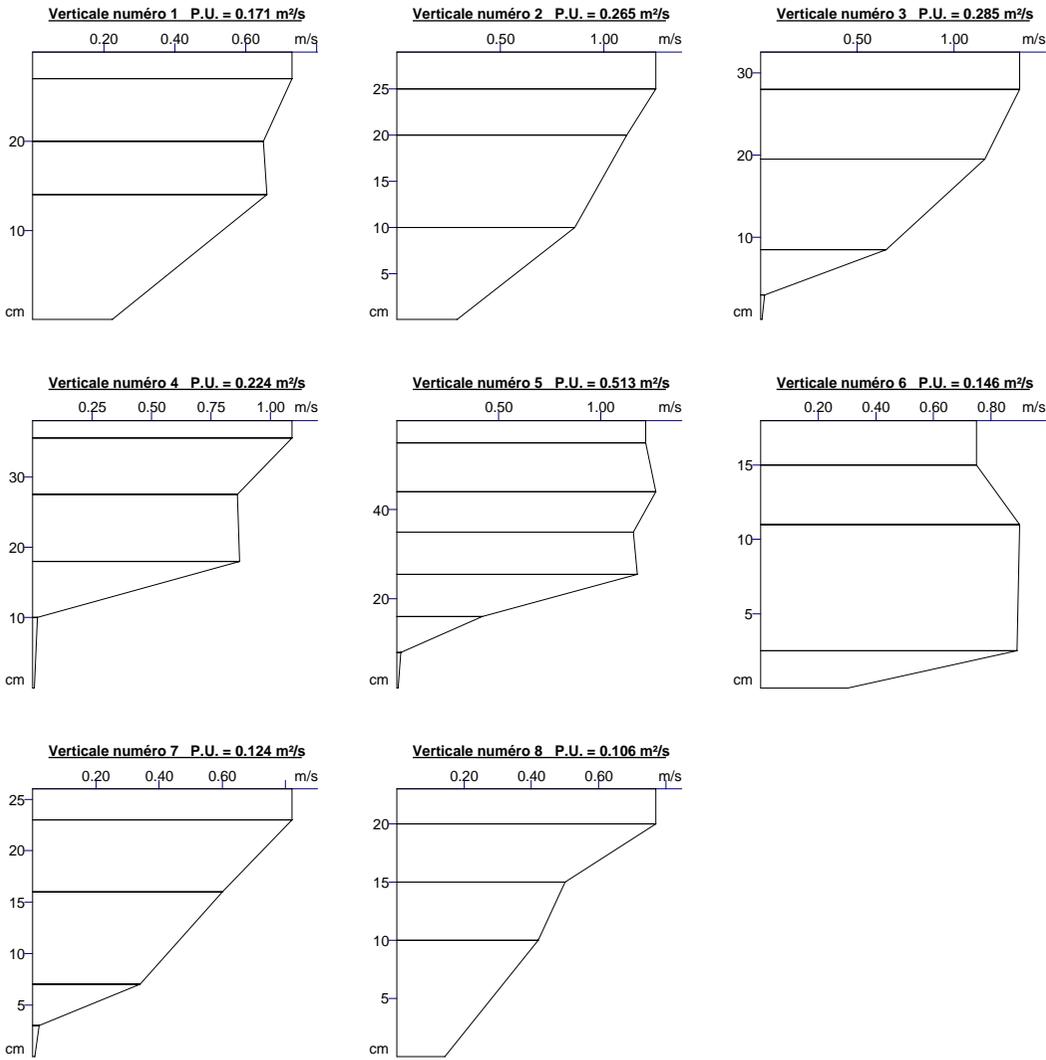
Verticale 8

Abscisse : 355
 Hauteur totale : 23
 Coefficient fond : 0.67
 Angle de dérive : 0°
 Temps de mesure : 30s
 Moulinet : OTT C2

P.U. (m²/s) : 0.106

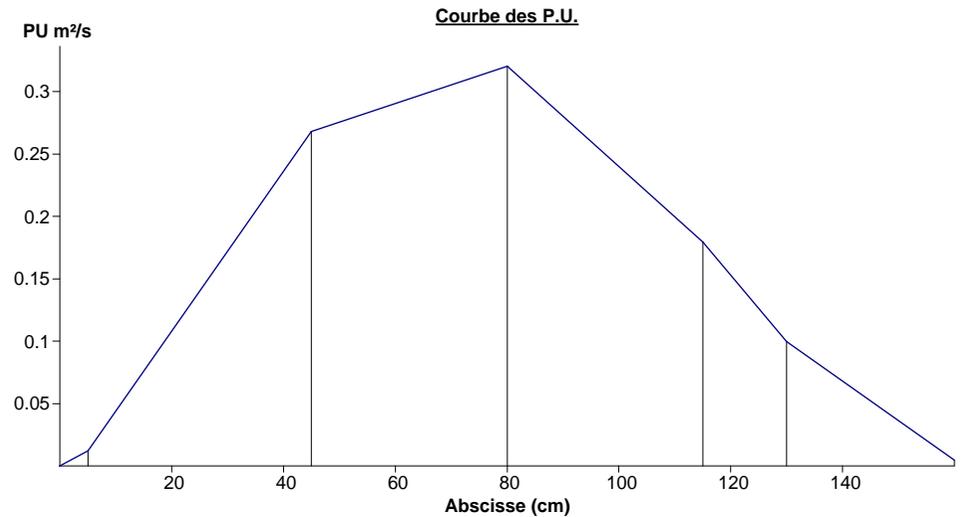
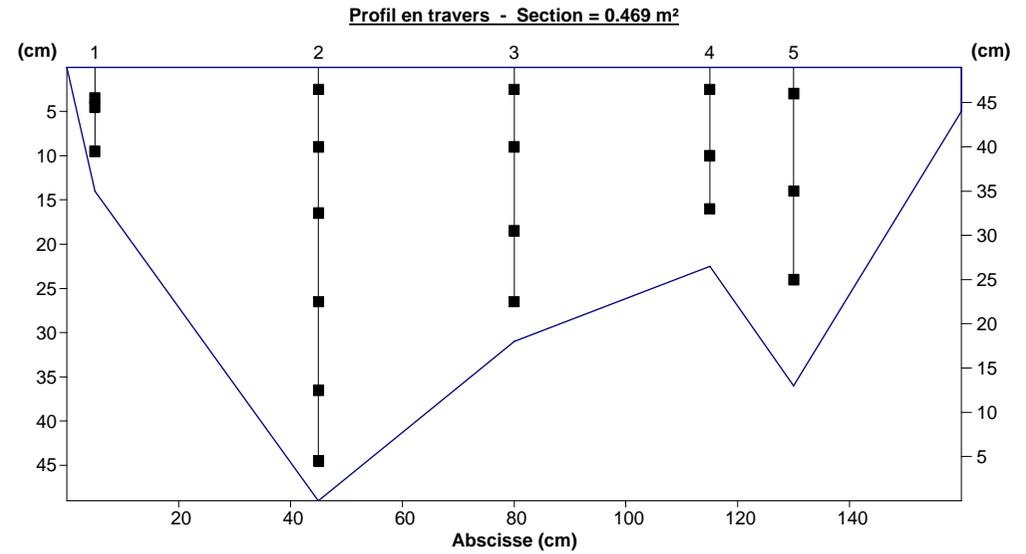
Haut	trs	V (m/s)
10	48	0.42
15	58	0.50
20	89	0.77

Dranse de Montriond à AMONT LAC (001)
Jaugeage du 14/06/2010 15:30 - Profils des verticales



Dranse de Montriond à AMONT LAC (001)
Jaugeage du 15/07/2010 14:55 - Section(s) de mesures

Section numéro 1 Débit = 0.283 m³/s Vitesse moyenne = 0.60 m/s



Dranse de Montriond à AMONT LAC (001)
Jaugeage du 15/07/2010 14:55

Périmètre mouillé (m)	Largeur au miroir (m)	Vitesse Moyenne (m/s)	Vitesse Maxi (m/s)	Section (m²)	Débit (m³/s)	Cote Echelle
2.12	1.60	0.61	1.24	0.469	0.283	30.0

Toutes les abscisses, hauteurs, profondeurs, ... qui suivent sont exprimées en cm.
 Pour les verticales de type 'point par point', le zéro est compté à partir du fond, et les mesures se font en montant.

SECTION NUMERO 1

Nb verticales	Abs Rive1	Prof Rive1	Coef Rive1	Abs Rive2	Prof Rive2	Coef Rive2	Vmoy(m/s)	Section (m²)	Débit (m³/s)
5	0	0	0.67	160	5	0.67	0.605	0.469	0.283

Verticale 1

Abscisse : 5
 Hauteur totale : 14
 Coefficient fond : 0.67
 Angle de dérive : 0°

Temps de mesure : 30s
 Moulinet : OTT C2

P.U. (m³/s) : 0.012

Haut	trs	V (m/s)
4.5	9	0.09
9.5	9	0.09
10.5	11	0.11

Verticale 2

Abscisse : 45
 Hauteur totale : 49
 Coefficient fond : 0.67
 Angle de dérive : 0°

Temps de mesure : 30s
 Moulinet : OTT C2

P.U. (m³/s) : 0.268

Haut	trs	V (m/s)
4.5	40	0.35
12.5	87	0.75
22.5	79	0.68
32.5	56	0.48
40	53	0.46
46.5	68	0.59

Verticale 3

Abscisse : 80
 Hauteur totale : 31
 Coefficient fond : 0.67
 Angle de dérive : 0°

Temps de mesure : 30s
 Moulinet : OTT C2

P.U. (m³/s) : 0.321

Haut	trs	V (m/s)
4.5	74	0.64
12.5	142	1.22
22	142	1.22
28.5	144	1.24

Verticale 4

Abscisse : 115
 Hauteur totale : 22.5
 Coefficient fond : 0.67
 Angle de dérive : 0°

Temps de mesure : 30s
 Moulinet : OTT C2

P.U. (m³/s) : 0.179

Haut	trs	V (m/s)
6.5	124	1.07
12.5	89	0.77
20	90	0.78

Verticale 5

Abscisse : 130
 Hauteur totale : 36
 Coefficient fond : 0.67
 Angle de dérive : 0°

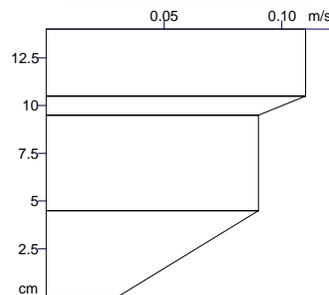
Temps de mesure : 30s
 Moulinet : OTT C2

P.U. (m³/s) : 0.100

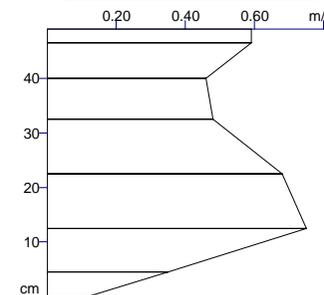
Haut	trs	V (m/s)
12	27	0.24
22	42	0.36
33	41	0.36

Dranse de Montriond à AMONT LAC (001)
Jaugeage du 15/07/2010 14:55 - Profils des verticales

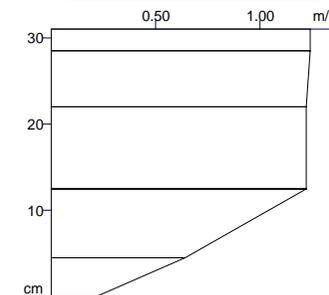
Verticale numéro 1 P.U. = 0.012 m³/s



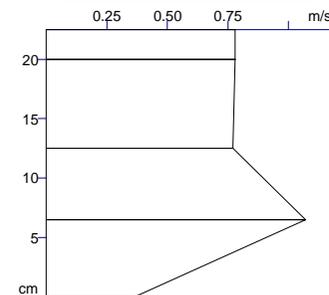
Verticale numéro 2 P.U. = 0.268 m³/s



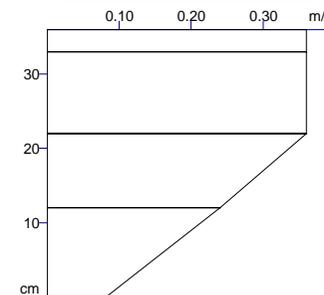
Verticale numéro 3 P.U. = 0.321 m³/s



Verticale numéro 4 P.U. = 0.179 m³/s



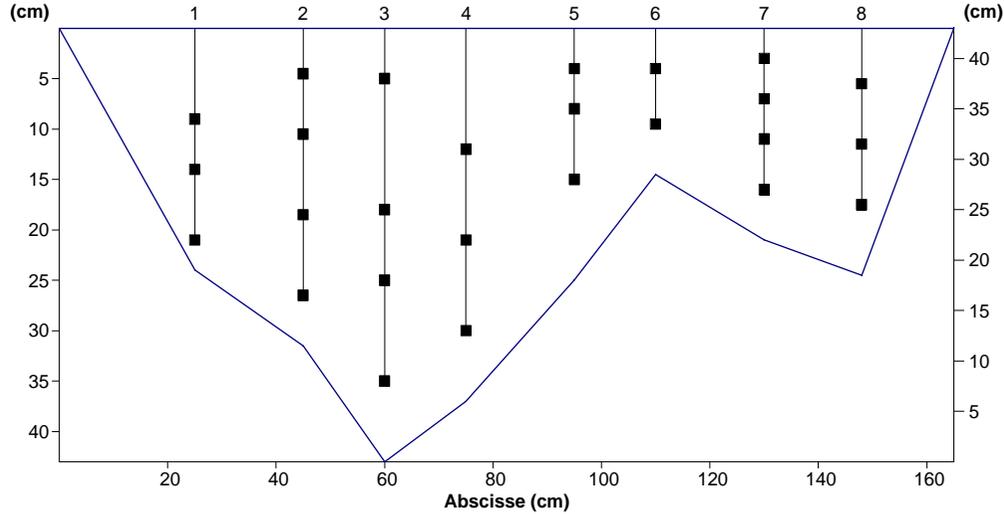
Verticale numéro 5 P.U. = 0.100 m³/s



Dranse de Montriond à AMONT LAC (001)
Jaugeage du 13/09/2010 16:05 - Section(s) de mesures

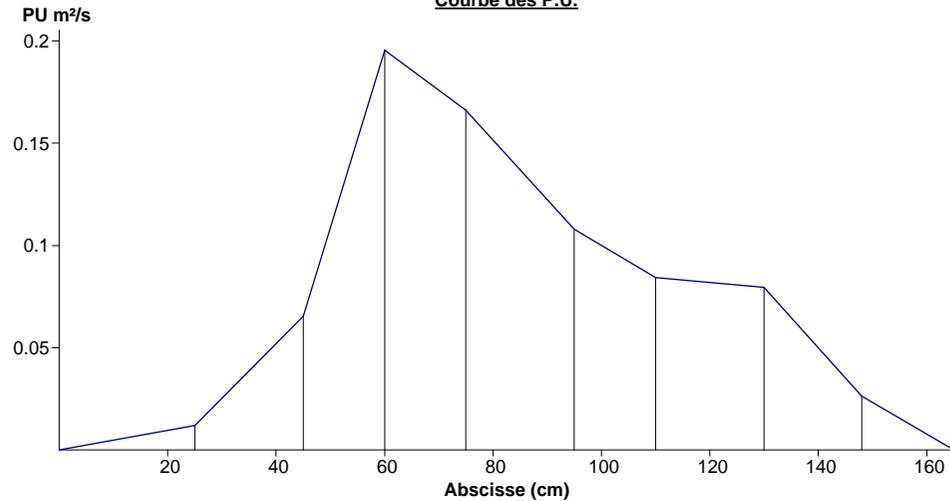
Section numéro 1 Débit = 0.126 m3/s Vitesse moyenne = 0.32 m/s

Profil en travers - Section = 0.390 m²



Abscisse (cm)

Courbe des P.U.



Abscisse (cm)

Dranse de Montriond à AMONT LAC (001)
Jaugeage du 13/09/2010 16:05

Périmètre mouillé (m)	Largeur au miroir (m)	Vitesse Moyenne (m/s)	Vitesse Maxi (m/s)	Section (m²)	Débit (m3/s)	Cote Echelle
2.61	1.90	0.30	0.68	0.421	0.128	25.0

Toutes les abscisses, hauteurs, profondeurs, ... qui suivent sont exprimées en cm.
 Pour les verticales de type 'point par point', le zéro est compté à partir du fond, et les mesures se font en montant.

SECTION NUMERO 1

Nb verticales	Abs Rive1	Prof Rive1	Coef Rive1	Abs Rive2	Prof Rive2	Coef Rive2	Vmoy(m/s)	Section (m²)	Débit (m3/s)
8	0	0	0.67	165	0	0.67	0.323	0.390	0.126

Verticale 1

Abscisse : 25
 Hauteur totale : 24
 Coefficient fond : 0.67
 Angle de dérive : 0°
 Temps de mesure : 30s
 Moulinet : OTT C2

P.U. (m²/s) : 0.012

Haut	trs	V (m/s)
3	11	0.11
10	5	0.06
15	0	0.02

Verticale 2

Abscisse : 45
 Hauteur totale : 31.5
 Coefficient fond : 0.67
 Angle de dérive : 0°
 Temps de mesure : 30s
 Moulinet : OTT C2

P.U. (m²/s) : 0.065

Haut	trs	V (m/s)
5	32	0.28
13	30	0.26
21	17	0.15
27	21	0.18

Verticale 3

Abscisse : 60
 Hauteur totale : 43
 Coefficient fond : 0.67
 Angle de dérive : 0°
 Temps de mesure : 30s
 Moulinet : OTT C2

P.U. (m²/s) : 0.195

Haut	trs	V (m/s)
8	46	0.40
18	54	0.47
25	60	0.52
38	63	0.54

Verticale 4

Abscisse : 75
 Hauteur totale : 37
 Coefficient fond : 0.67
 Angle de dérive : 0°
 Temps de mesure : 30s
 Moulinet : OTT C2

P.U. (m²/s) : 0.166

Haut	trs	V (m/s)
7	52	0.45
16	54	0.47
25	58	0.50

Verticale 5

Abscisse : 95
 Hauteur totale : 25
 Coefficient fond : 0.67
 Angle de dérive : 0°
 Temps de mesure : 30s
 Moulinet : OTT C2

P.U. (m²/s) : 0.108

Haut	trs	V (m/s)
10	61	0.53
17	57	0.49
21	52	0.45

Verticale 6

Abscisse : 110
 Hauteur totale : 14.5
 Coefficient fond : 0.67
 Angle de dérive : 0°
 Temps de mesure : 30s
 Moulinet : OTT C2

P.U. (m²/s) : 0.084

Haut	trs	V (m/s)
5	73	0.63
10.5	79	0.68

Verticale 7

Abscisse : 130
 Hauteur totale : 21
 Coefficient fond : 0.67
 Angle de dérive : 0°
 Temps de mesure : 30s
 Moulinet : OTT C2

P.U. (m²/s) : 0.080

Haut	trs	V (m/s)
5	41	0.36
10	50	0.43
14	51	0.44
18	50	0.43

Verticale 8

Abscisse : 148
 Hauteur totale : 24.5
 Coefficient fond : 0.67
 Angle de dérive : 0°
 Temps de mesure : 30s
 Moulinet : OTT C2

P.U. (m²/s) : 0.026

Haut	trs	V (m/s)
7	14	0.13
13	10	0.10
19	13	0.12

Dranse de Montriond à AMONT LAC (001)
Jaugeage du 13/09/2010 16:05

SECTION NUMERO 2

Nb verticales	Abs Rive1	Prof Rive1	Coef Rive1	Abs Rive2	Prof Rive2	Coef Rive2	Vmoy(m/s)	Section (m²)	Débit (m3/s)
1	0	0	0.67	25	24	0.67	0.059	0.031	0.002

Verticale 9

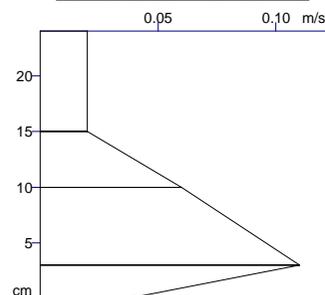
Abscisse : 10
 Hauteur totale : 10
 Coefficient fond : 0.67
 Angle de dérive : 0°
 Temps de mesure : 30s
 Moulinet : OTT C2

P.U. (m²/s) : 0.010

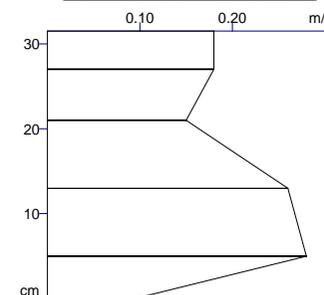
Haut	trs	V (m/s)
3	6	0.07
6	14	0.13

Dranse de Montriond à AMONT LAC (001)
Jaugeage du 13/09/2010 16:05 - Profils des verticales

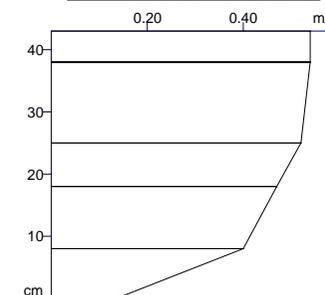
Verticale numéro 1 P.U. = 0.012 m²/s



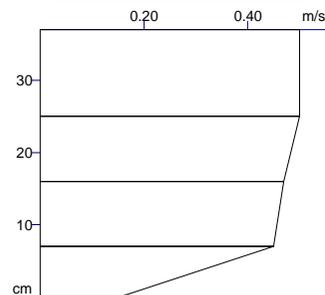
Verticale numéro 2 P.U. = 0.065 m²/s



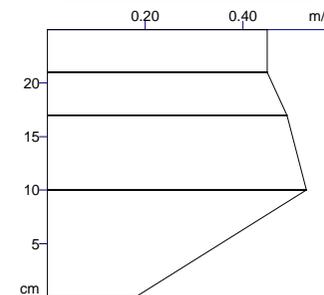
Verticale numéro 3 P.U. = 0.195 m²/s



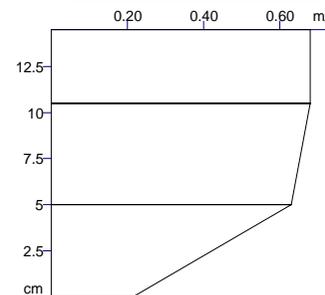
Verticale numéro 4 P.U. = 0.166 m²/s



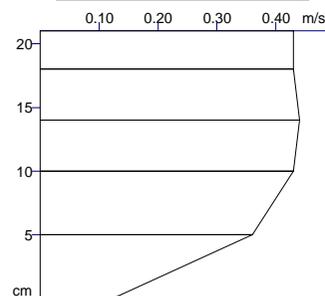
Verticale numéro 5 P.U. = 0.108 m²/s



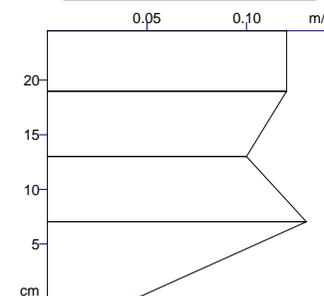
Verticale numéro 6 P.U. = 0.084 m²/s



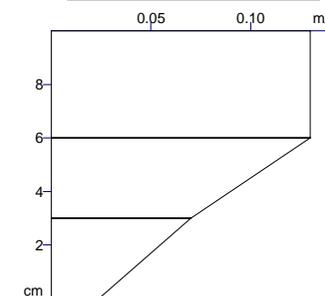
Verticale numéro 7 P.U. = 0.080 m²/s



Verticale numéro 8 P.U. = 0.026 m²/s



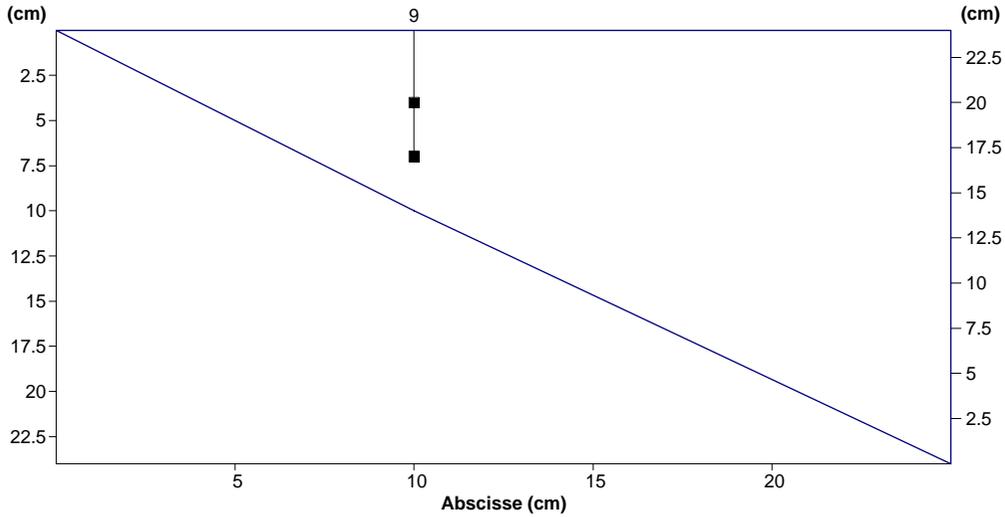
Verticale numéro 9 P.U. = 0.010 m²/s



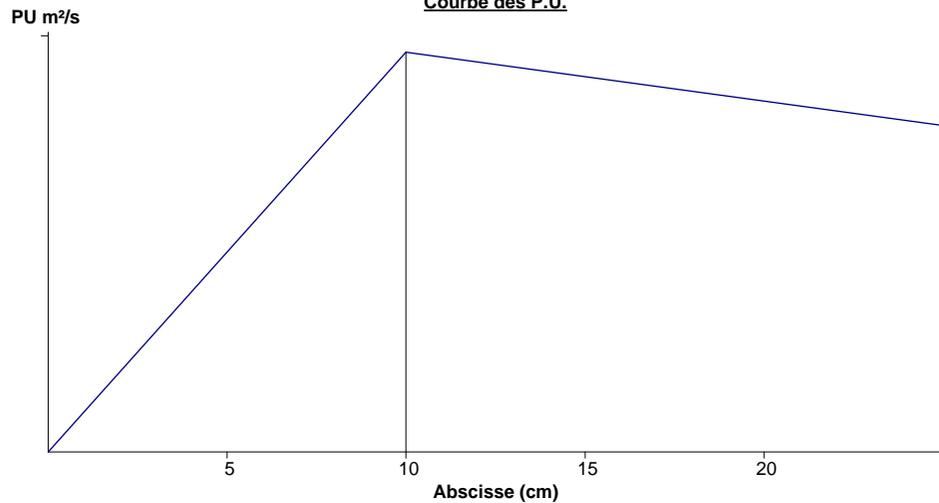
Dranse de Montriond à AMONT LAC (001)
 Jaugeage du 13/09/2010 16:05 - Section(s) de mesures

Section numéro 2 Débit = 0.002 m3/s Vitesse moyenne = 0.06 m/s

Profil en travers - Section = 0.031 m²



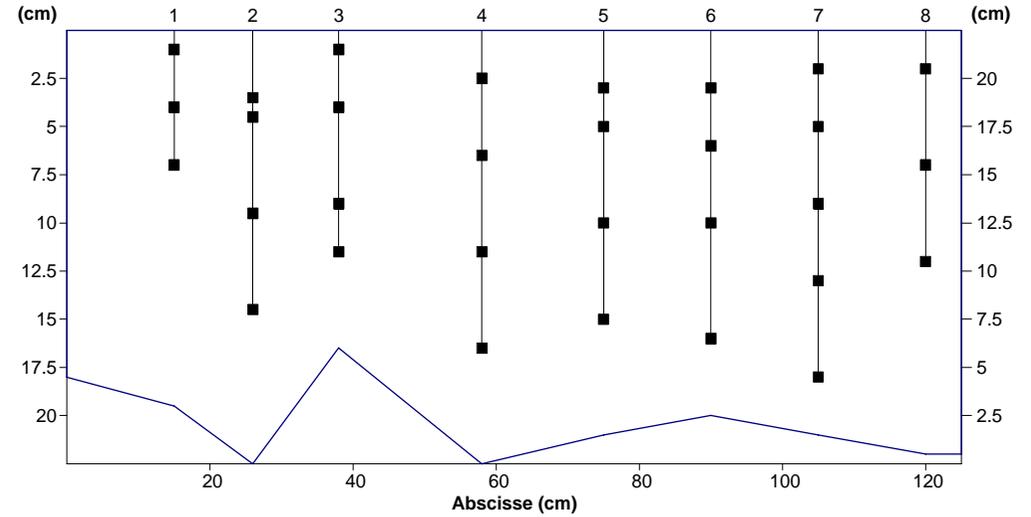
Courbe des P.U.



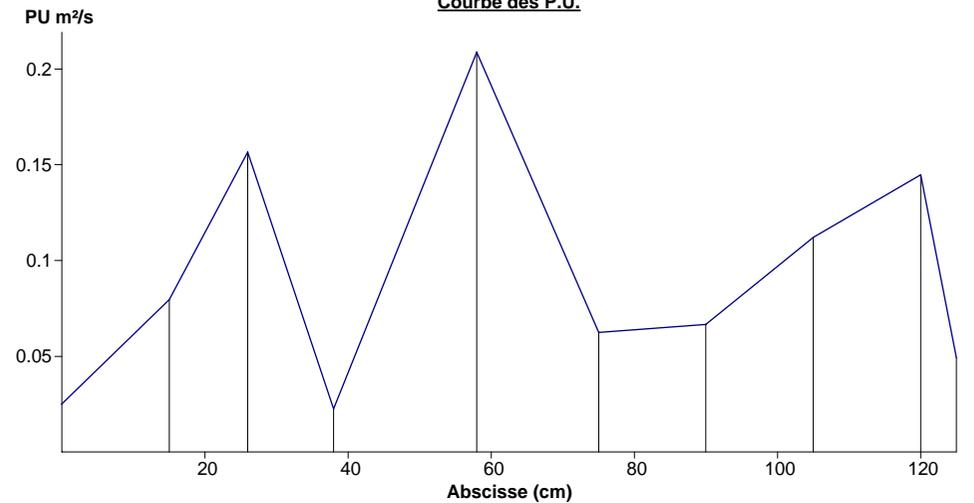
Dranse de Montriond à AMONT LAC (001)
 Jaugeage du 11/03/2011 10:50 - Section(s) de mesures

Section numéro 1 Débit = 0.125 m3/s Vitesse moyenne = 0.49 m/s

Profil en travers - Section = 0.255 m²



Courbe des P.U.



Dranse de Montriond à AMONT LAC (001)
Jaugeage du 11/03/2011 10:50

Périmètre mouillé (m)	Largeur au miroir (m)	Vitesse Moyenne (m/s)	Vitesse Maxi (m/s)	Section (m²)	Débit (m³/s)	Cote Echelle
1.68	1.25	0.49	1.13	0.255	0.125	24.0

Toutes les abscisses, hauteurs, profondeurs, ... qui suivent sont exprimées en cm.
 Pour les verticales de type 'point par point', le zéro est compté à partir du fond, et les mesures se font en montant.

SECTION NUMERO 1

Nb verticales	Abs Rive1	Prof Rive1	Coef Rive1	Abs Rive2	Prof Rive2	Coef Rive2	Vmoy(m/s)	Section (m²)	Débit (m³/s)
8	0	18	0.67	125	22	0.67	0.489	0.255	0.125

Verticale 1

Haut	trs	V (m/s)
12.5	62	0.54
15.5	64	0.55
18.5	45	0.39

Abscisse : 15
 Hauteur totale : 19.5
 Coefficient fond : 0.67
 Angle de dérive : 0°
 Temps de mesure : 30s
 Moulinet : OTT C2
P.U. (m²/s) : 0.080

Verticale 2

Haut	trs	V (m/s)
8	74	0.64
13	85	0.73
18	114	0.98
19	117	1.01

Abscisse : 26
 Hauteur totale : 22.5
 Coefficient fond : 0.67
 Angle de dérive : 0°
 Temps de mesure : 30s
 Moulinet : OTT C2
P.U. (m²/s) : 0.157

Verticale 3

Haut	trs	V (m/s)
5	4	0.05
7.5	8	0.08
12.5	23	0.20
15.5	43	0.37

Abscisse : 38
 Hauteur totale : 16.5
 Coefficient fond : 0.67
 Angle de dérive : 0°
 Temps de mesure : 30s
 Moulinet : OTT C2
P.U. (m²/s) : 0.023

Verticale 4

Haut	trs	V (m/s)
6	110	0.95
11	131	1.13
16	129	1.11
20	104	0.90

Abscisse : 58
 Hauteur totale : 22.5
 Coefficient fond : 0.67
 Angle de dérive : 0°
 Temps de mesure : 30s
 Moulinet : OTT C2
P.U. (m²/s) : 0.209

Verticale 5

Haut	trs	V (m/s)
6	46	0.40
11	49	0.42
16	31	0.27
18	17	0.15

Abscisse : 75
 Hauteur totale : 21
 Coefficient fond : 0.67
 Angle de dérive : 0°
 Temps de mesure : 30s
 Moulinet : OTT C2
P.U. (m²/s) : 0.063

Verticale 6

Haut	trs	V (m/s)
4	45	0.39
10	36	0.31
14	51	0.44
17	35	0.30

Abscisse : 90
 Hauteur totale : 20
 Coefficient fond : 0.67
 Angle de dérive : 0°
 Temps de mesure : 30s
 Moulinet : OTT C2
P.U. (m²/s) : 0.067

Verticale 7

Haut	trs	V (m/s)
3	95	0.82
8	98	0.85
12	51	0.44
16	41	0.36
19	22	0.19

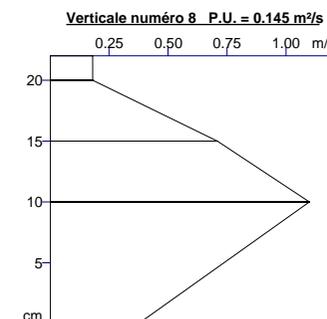
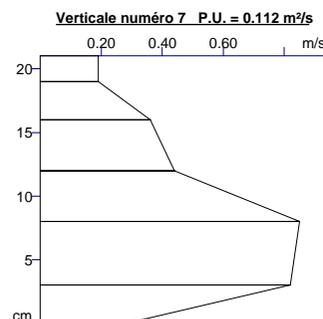
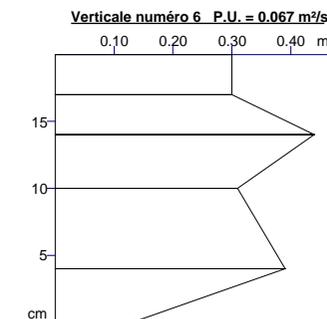
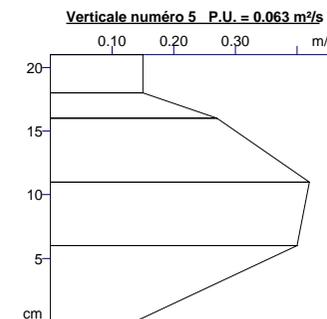
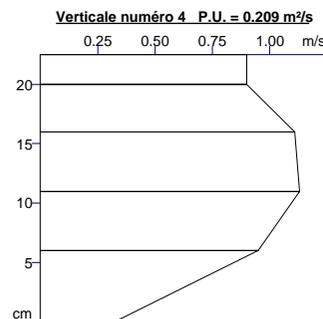
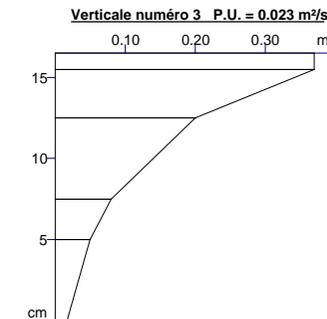
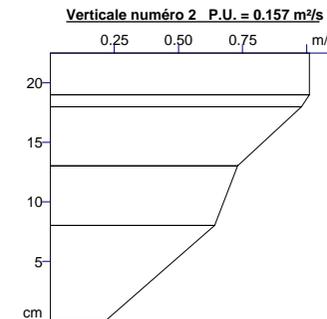
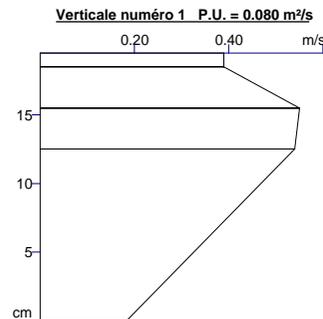
Abscisse : 105
 Hauteur totale : 21
 Coefficient fond : 0.67
 Angle de dérive : 0°
 Temps de mesure : 30s
 Moulinet : OTT C2
P.U. (m²/s) : 0.112

Verticale 8

Haut	trs	V (m/s)
10	128	1.10
15	82	0.71
20	21	0.18

Abscisse : 120
 Hauteur totale : 22
 Coefficient fond : 0.67
 Angle de dérive : 0°
 Temps de mesure : 30s
 Moulinet : OTT C2
P.U. (m²/s) : 0.145

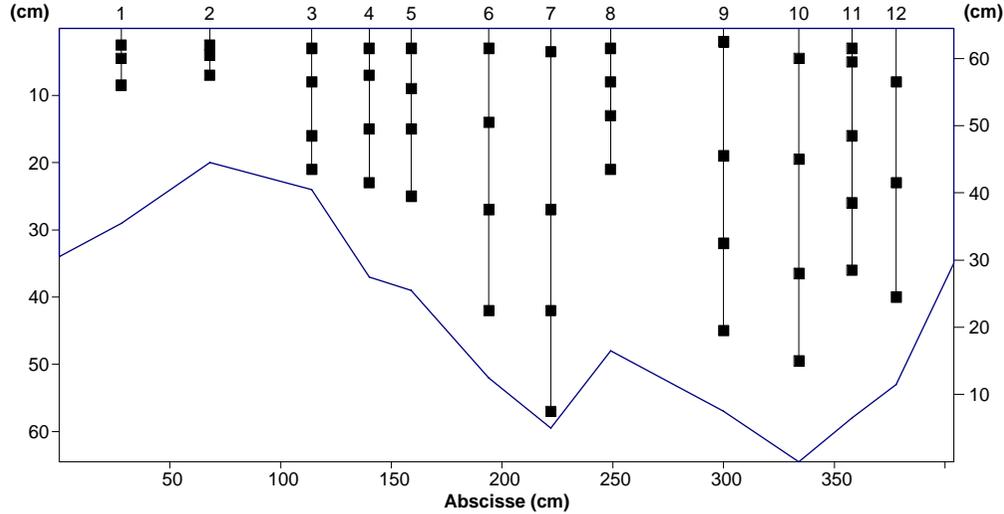
Dranse de Montriond à AMONT LAC (001)
Jaugeage du 11/03/2011 10:50 - Profils des verticales



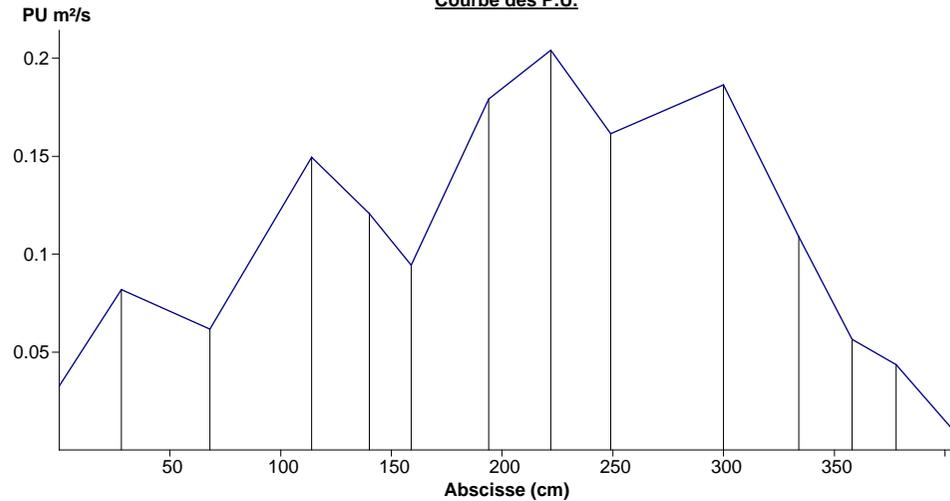
Dranse de Montriond à AMONT LAC (001)
Jaugeage du 15/04/2011 14:10 - Section(s) de mesures

Section numéro 1 Débit = 0.476 m3/s Vitesse moyenne = 0.27 m/s

Profil en travers - Section = 1.75 m²



Courbe des P.U.



Dranse de Montriond à AMONT LAC (001)
Jaugeage du 15/04/2011 14:10

Périmètre mouillé (m)	Largeur au miroir (m)	Vitesse Moyenne (m/s)	Vitesse Maxi (m/s)	Section (m²)	Débit (m3/s)	Cote Echelle
4.92	4.04	0.27	0.74	1.75	0.476	37.0

Toutes les abscisses, hauteurs, profondeurs, ... qui suivent sont exprimées en cm.
 Pour les verticales de type 'point par point', le zéro est compté à partir du fond, et les mesures se font en montant.

SECTION NUMERO 1

Nb verticales	Abs Rive1	Prof Rive1	Coef Rive1	Abs Rive2	Prof Rive2	Coef Rive2	Vmoy(m/s)	Section (m²)	Débit (m3/s)
12	0	34	0.67	404	35	0.67	0.272	1.75	0.476

Verticale 1

Abscisse : 28
 Hauteur totale : 29
 Coefficient fond : 0.67
 Angle de dérive : 0°
 Temps de mesure : 30s
 Moulinet : OTT C2

P.U. (m²/s) : 0.082

Haut	trs	V (m/s)
20.5	43	0.37
24.5	43	0.37
26.5	42	0.36

Verticale 2

Abscisse : 68
 Hauteur totale : 20
 Coefficient fond : 0.67
 Angle de dérive : 0°
 Temps de mesure : 30s
 Moulinet : OTT C2

P.U. (m²/s) : 0.062

Haut	trs	V (m/s)
13	45	0.39
16	44	0.38
17.5	47	0.41

Verticale 3

Abscisse : 114
 Hauteur totale : 24
 Coefficient fond : 0.67
 Angle de dérive : 0°
 Temps de mesure : 30s
 Moulinet : OTT C2

P.U. (m²/s) : 0.149

Haut	trs	V (m/s)
3	56	0.48
8	86	0.74
16	82	0.71
21	71	0.61

Verticale 4

Abscisse : 140
 Hauteur totale : 37
 Coefficient fond : 0.67
 Angle de dérive : 0°
 Temps de mesure : 30s
 Moulinet : OTT C2

P.U. (m²/s) : 0.121

Haut	trs	V (m/s)
14	10	0.10
22	53	0.46
30	75	0.65
34	73	0.63

Verticale 5

Abscisse : 159
 Hauteur totale : 39
 Coefficient fond : 0.67
 Angle de dérive : 0°
 Temps de mesure : 30s
 Moulinet : OTT C2

P.U. (m²/s) : 0.094

Haut	trs	V (m/s)
14	14	0.13
24	27	0.24
30	46	0.40
36	62	0.54

Verticale 6

Abscisse : 194
 Hauteur totale : 52
 Coefficient fond : 0.67
 Angle de dérive : 0°
 Temps de mesure : 30s
 Moulinet : OTT C2

P.U. (m²/s) : 0.179

Haut	trs	V (m/s)
10	24	0.21
25	36	0.31
38	55	0.48
49	66	0.57

Verticale 7

Abscisse : 222
 Hauteur totale : 59.5
 Coefficient fond : 0.67
 Angle de dérive : 0°
 Temps de mesure : 30s
 Moulinet : OTT C2

P.U. (m²/s) : 0.204

Haut	trs	V (m/s)
2.5	4	0.05
17.5	31	0.27
32.5	54	0.47
56	52	0.45

Verticale 8

Abscisse : 249
 Hauteur totale : 48
 Coefficient fond : 0.67
 Angle de dérive : 0°
 Temps de mesure : 30s
 Moulinet : OTT C2

P.U. (m²/s) : 0.162

Haut	trs	V (m/s)
27	40	0.35
35	54	0.47
40	57	0.49
45	61	0.53

Dranse de Montriond à AMONT LAC (001)
Jaugeage du 15/04/2011 14:10

Verticale 9

Abscisse : 300
 Hauteur totale : 57
 Coefficient fond : 0.67
 Angle de dérive : 0°

Temps de mesure : 30s
 Moulinet : OTT C2

P.U. (m²/s) : 0.186

Haut	trs	V (m/s)
12	13	0.12
25	43	0.37
38	54	0.47
55	56	0.48

Verticale 10

Abscisse : 334
 Hauteur totale : 64.5
 Coefficient fond : 0.67
 Angle de dérive : 0°

Temps de mesure : 30s
 Moulinet : OTT C2

P.U. (m²/s) : 0.109

Haut	trs	V (m/s)
15	11	0.11
28	9	0.09
45	25	0.22
60	40	0.35

Verticale 11

Abscisse : 358
 Hauteur totale : 58
 Coefficient fond : 0.67
 Angle de dérive : 0°

Temps de mesure : 30s
 Moulinet : OTT C2

P.U. (m²/s) : 0.056

Haut	trs	V (m/s)
22	5	0.06
32	6	0.07
42	13	0.12
53	26	0.23
55	29	0.25

Verticale 12

Abscisse : 378
 Hauteur totale : 53
 Coefficient fond : 0.67
 Angle de dérive : 0°

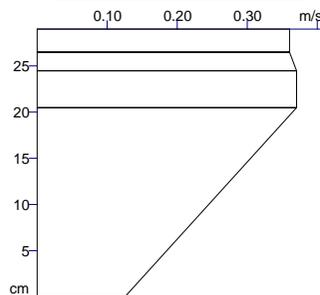
Temps de mesure : 30s
 Moulinet : OTT C2

P.U. (m²/s) : 0.044

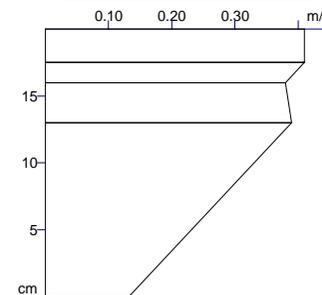
Haut	trs	V (m/s)
13	7	0.08
30	8	0.08
45	11	0.11

Dranse de Montriond à AMONT LAC (001)
Jaugeage du 15/04/2011 14:10 - Profils des verticales

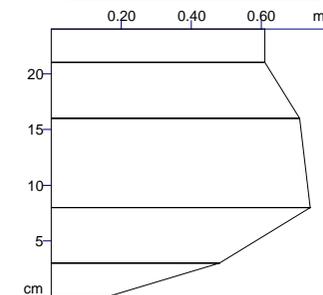
Verticale numéro 1 P.U. = 0.082 m²/s



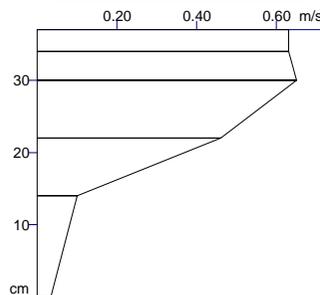
Verticale numéro 2 P.U. = 0.062 m²/s



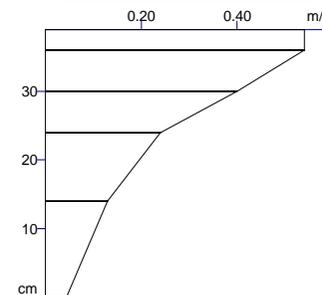
Verticale numéro 3 P.U. = 0.149 m²/s



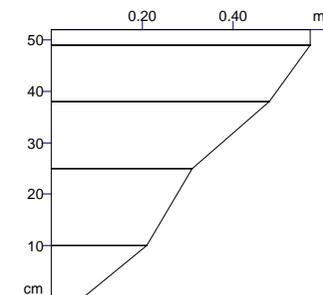
Verticale numéro 4 P.U. = 0.121 m²/s



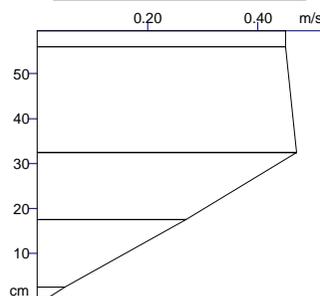
Verticale numéro 5 P.U. = 0.094 m²/s



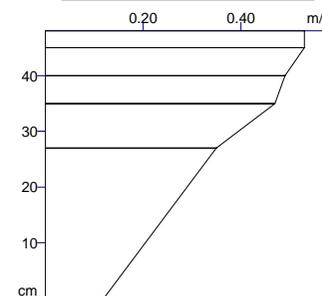
Verticale numéro 6 P.U. = 0.179 m²/s



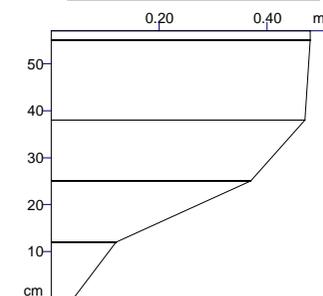
Verticale numéro 7 P.U. = 0.204 m²/s



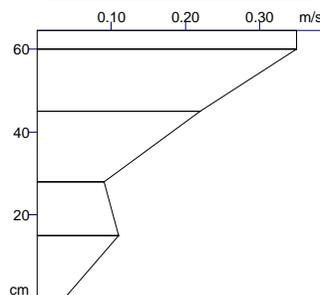
Verticale numéro 8 P.U. = 0.162 m²/s



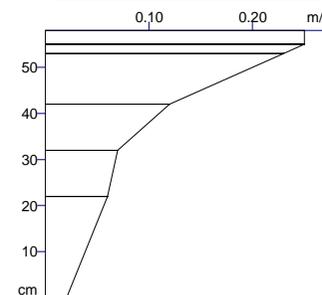
Verticale numéro 9 P.U. = 0.186 m²/s



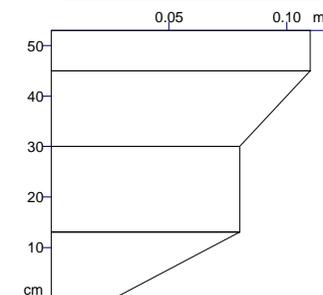
Verticale numéro 10 P.U. = 0.109 m²/s



Verticale numéro 11 P.U. = 0.056 m²/s

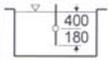


Verticale numéro 12 P.U. = 0.044 m²/s





Moulinet: C2 '10.150' No.: 95437
 Marque: OTT Contact: 1
 Fixation: perche diamètre 20 mm avec pièce de fixation
 Procédé: BARGO



Hélice: 3 ø [mm]: 50
 No.: 195067 Pas [m]: 0.250
 Matériau: Al

Équations: $n \leq 0.74 \quad v = 0.2338 \cdot n + 0.021$
 $0.74 \leq n \leq 9.55 \quad v = 0.2580 \cdot n + 0.003$

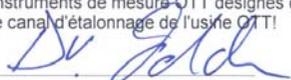
Lors du tarage selon la méthode **BARGO**, le moulinet hydrométrique est déplacé au moyen d'un système de translation, en eau calme, à 8 vitesses différentes, ou plus, réparties sur la plage de mesure totale de l'hélice. La relation déterminée entre le nombre de tours de l'hélice et la vitesse de translation du chariot est traduite sous forme d'une ou plusieurs équations ($v = k \cdot n + a$).

Les constantes **k** et **a** dépendent de l'hélice, du moulinet et du mode de fixation de celui-ci.

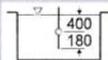
- v** = vitesse en m/s
- k** = pas hydraulique de l'hélice en m
- n** = nombre de tours de l'hélice en 1/s
- a** = constante en m/s

Nous certifions que les instruments de mesure OTT désignés ci-dessus ont été étalonnés conformément à la norme ISO 3455, dans le canal d'étalonnage de l'usine OTT!

Kempton, 30.04.2009




Moulinet: C2 '10.150' No.: -/
 Marque: OTT Contact: 1
 Fixation: perche diamètre 20 mm avec pièce de fixation
 Procédé: BARGO



Hélice: 1 ø [mm]: 50
 No.: 272465 Pas [m]: 0.050
 Matériau: Al

Équations: $n \leq 2.82 \quad v = 0.0651 \cdot n + 0.014$
 $2.82 \leq n \leq 6.94 \quad v = 0.0573 \cdot n + 0.036$
 $6.94 \leq n \leq 17.53 \quad v = 0.0537 \cdot n + 0.061$

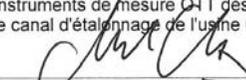
Lors du tarage selon la méthode **BARGO**, le moulinet hydrométrique est déplacé au moyen d'un système de translation, en eau calme, à 8 vitesses différentes, ou plus, réparties sur la plage de mesure totale de l'hélice. La relation déterminée entre le nombre de tours de l'hélice et la vitesse de translation du chariot est traduite sous forme d'une ou plusieurs équations ($v = k \cdot n + a$).

Les constantes **k** et **a** dépendent de l'hélice, du moulinet et du mode de fixation de celui-ci.

- v** = vitesse en m/s
- k** = pas hydraulique de l'hélice en m
- n** = nombre de tours de l'hélice en 1/s
- a** = constante en m/s

Nous certifions que les instruments de mesure OTT désignés ci-dessus ont été étalonnés conformément à la norme ISO 3455, dans le canal d'étalonnage de l'usine OTT!

Kempton, 18.02.2011



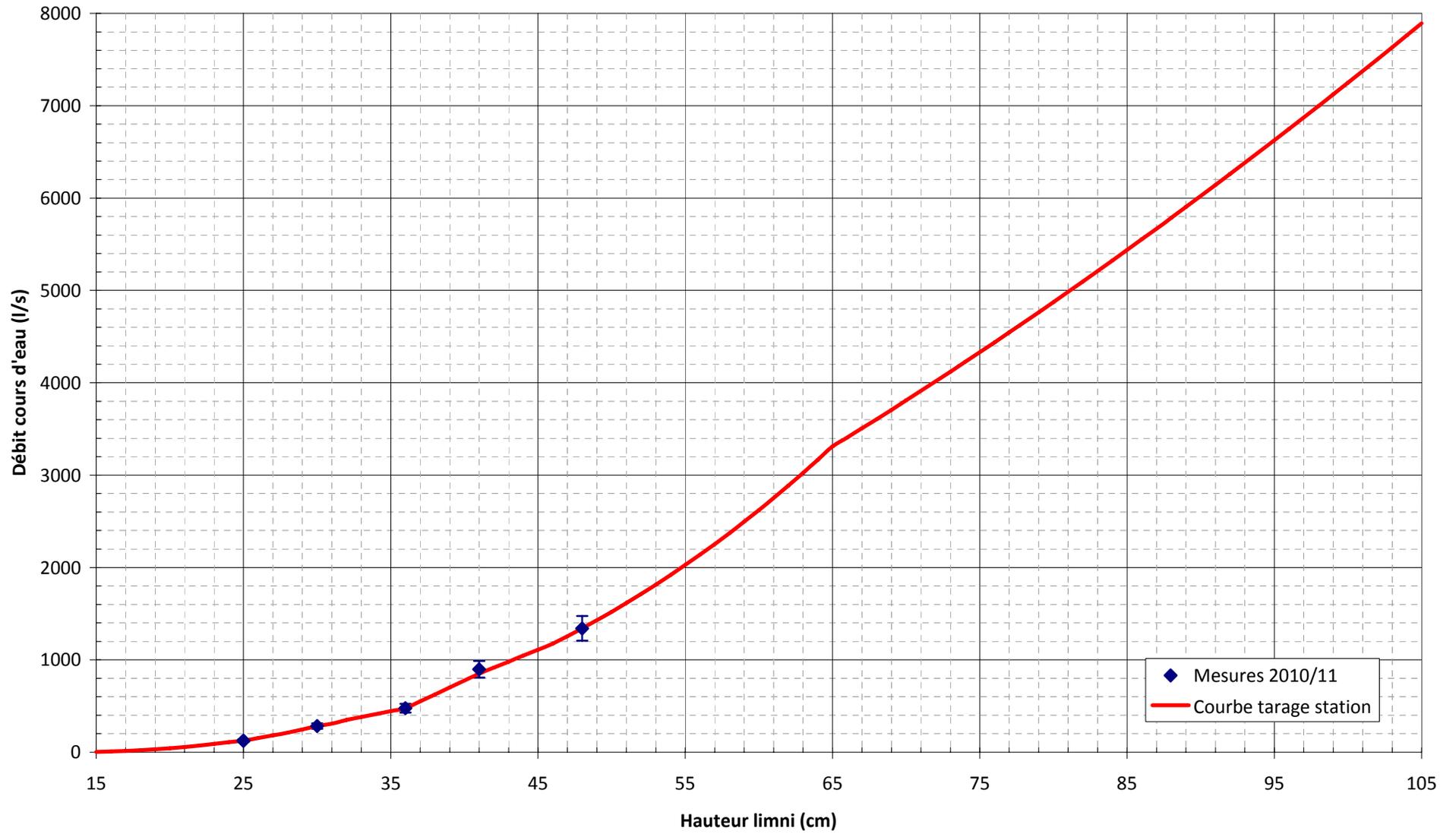
Annexe 3 : Courbe d'étalonnage de la station hydrométrique

Cette courbe permet au maître d'ouvrage de connaître en temps réel le débit de la Dranse de Montriond au droit du pont, l'échelle limnimétrique ayant été laissée en place.

Attention toutefois, cette courbe n'est valable qu'en l'absence de modification notable du lit du cours d'eau (érosion ou engravement suite à une forte crue) et sans « influence aval » (embâcle proche du pont, bouchon de neige ou de glace...).

Sa validité est affirmée pour des hauteurs allant entre 20 et 50 cm sur l'échelle limnimétrique ; en dehors de cette gamme, les valeurs sont à utiliser comme ordres de grandeur.

Courbe d'étalonnage - Dranse de Montriond au Bout du Lac

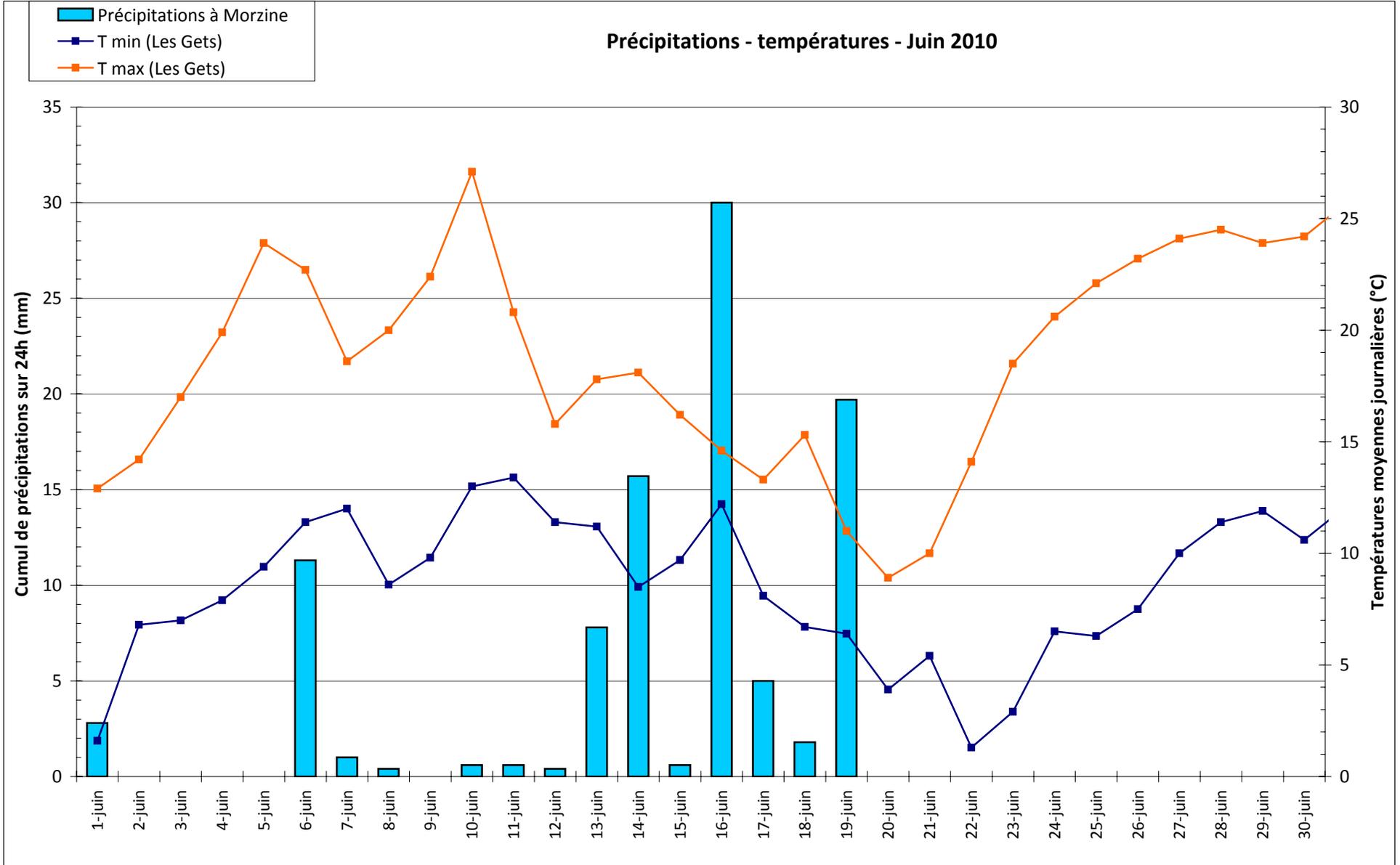


Annexe 4 : Données météorologiques observées en 2010/11

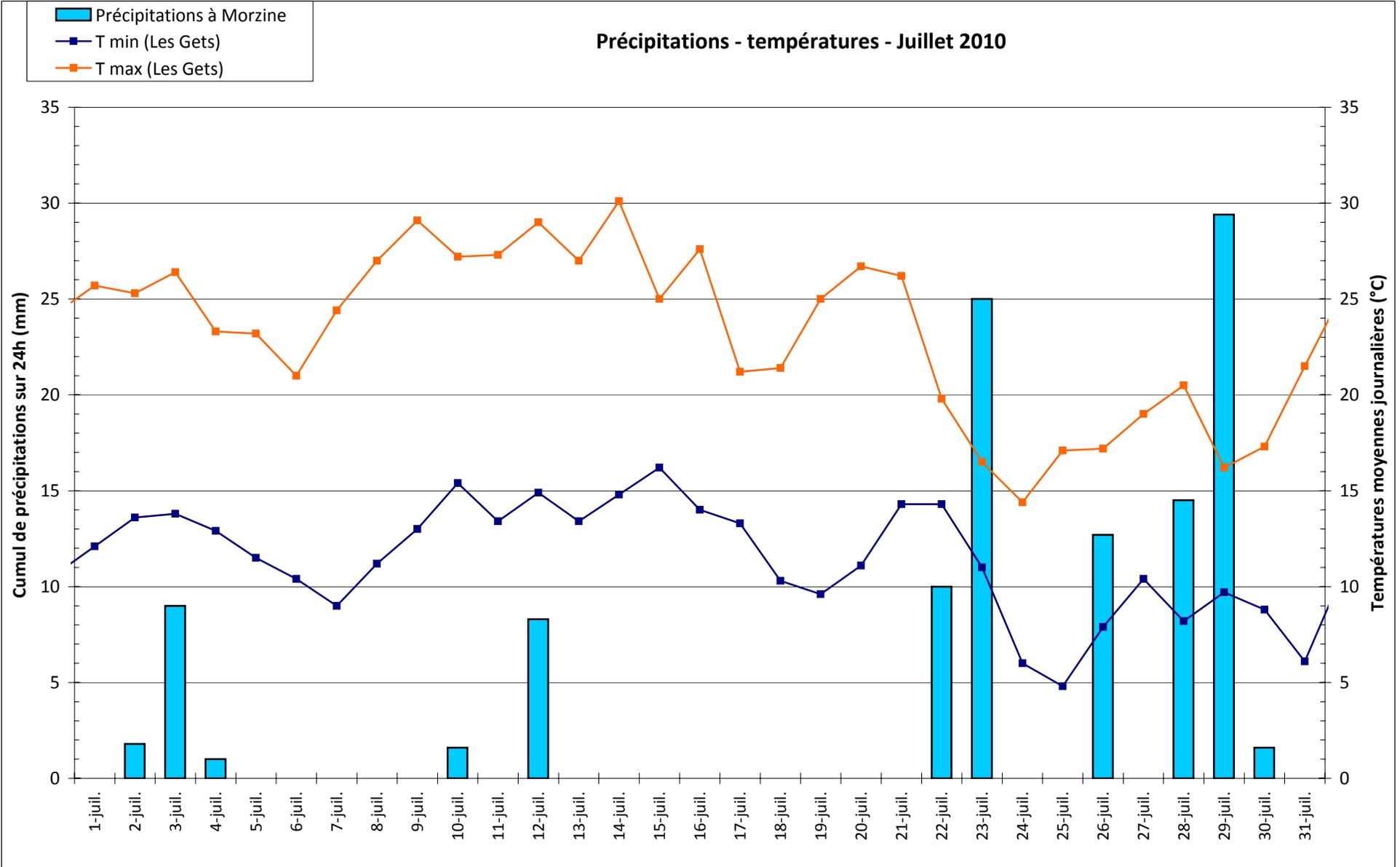
Source des données : Météo France

Les graphiques suivants reprennent les enregistrements journaliers de cumuls de précipitations à Morzine – Le Plenay ainsi que des températures mini, moyennes et maxi aux Gets pendant la période de fonctionnement de la station (juin 2010/juin 2011).

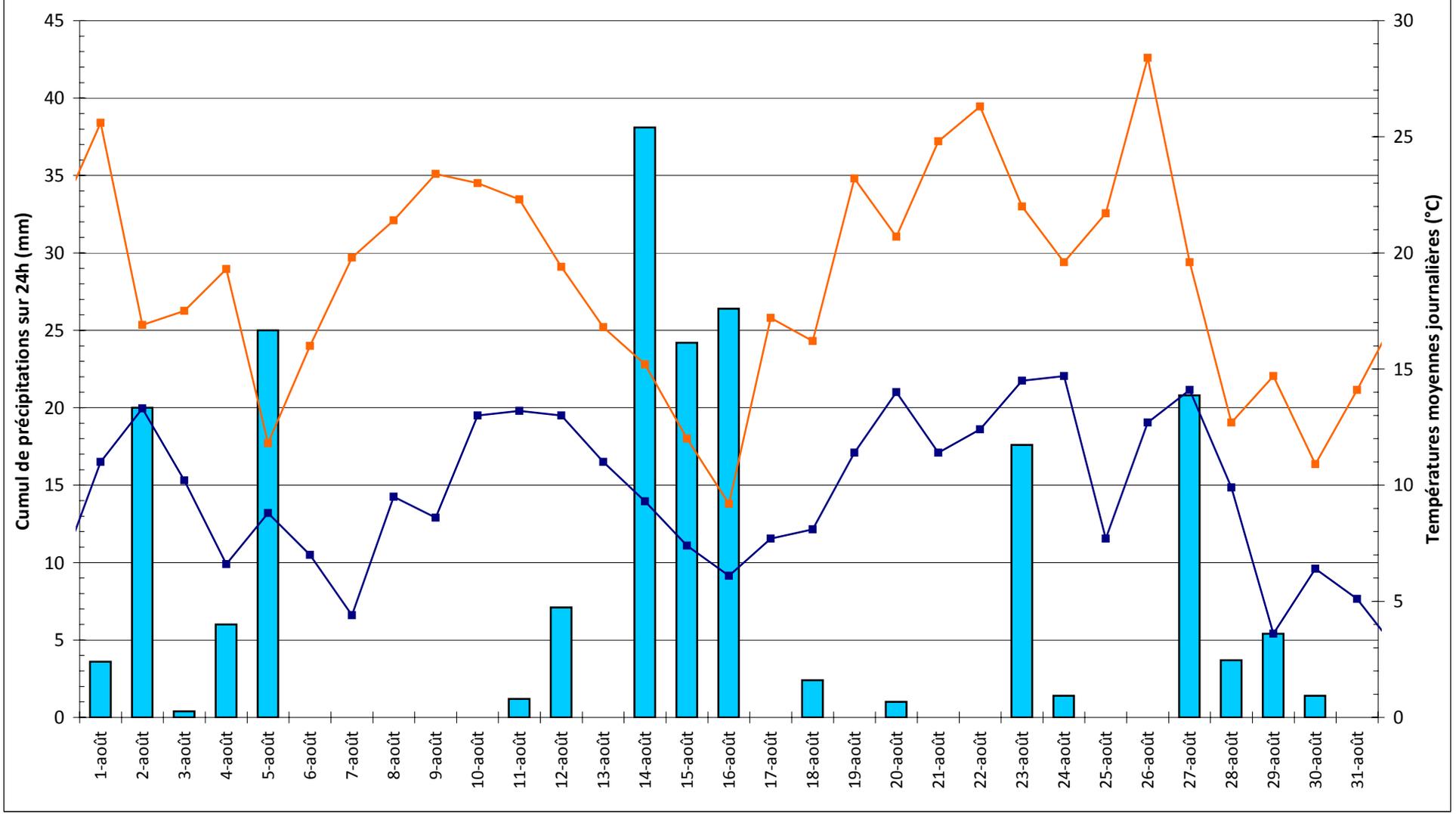
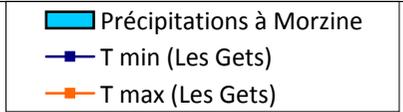
Précipitations - températures - Juin 2010



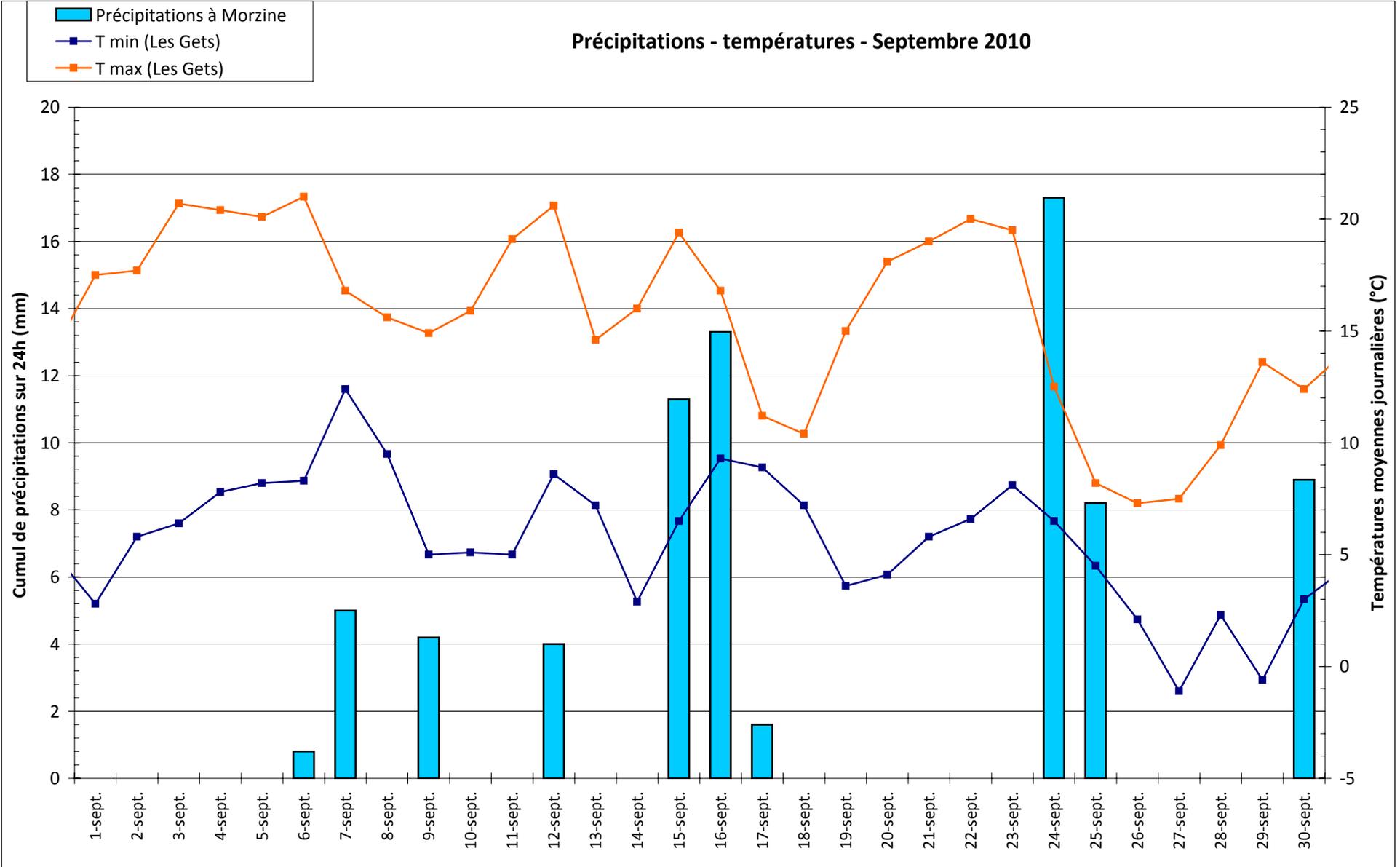
Précipitations - températures - Juillet 2010



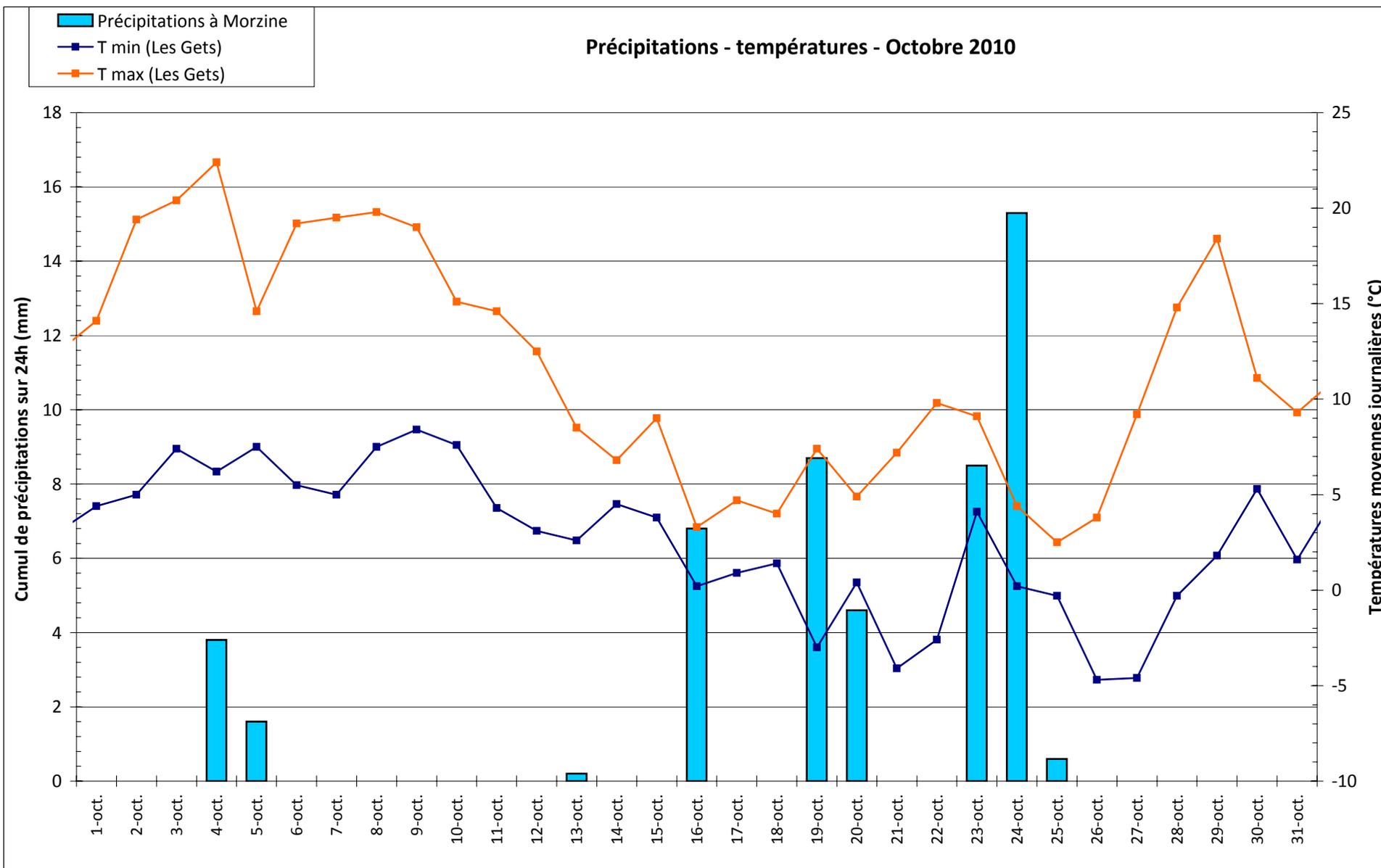
Précipitations - températures - Août 2010



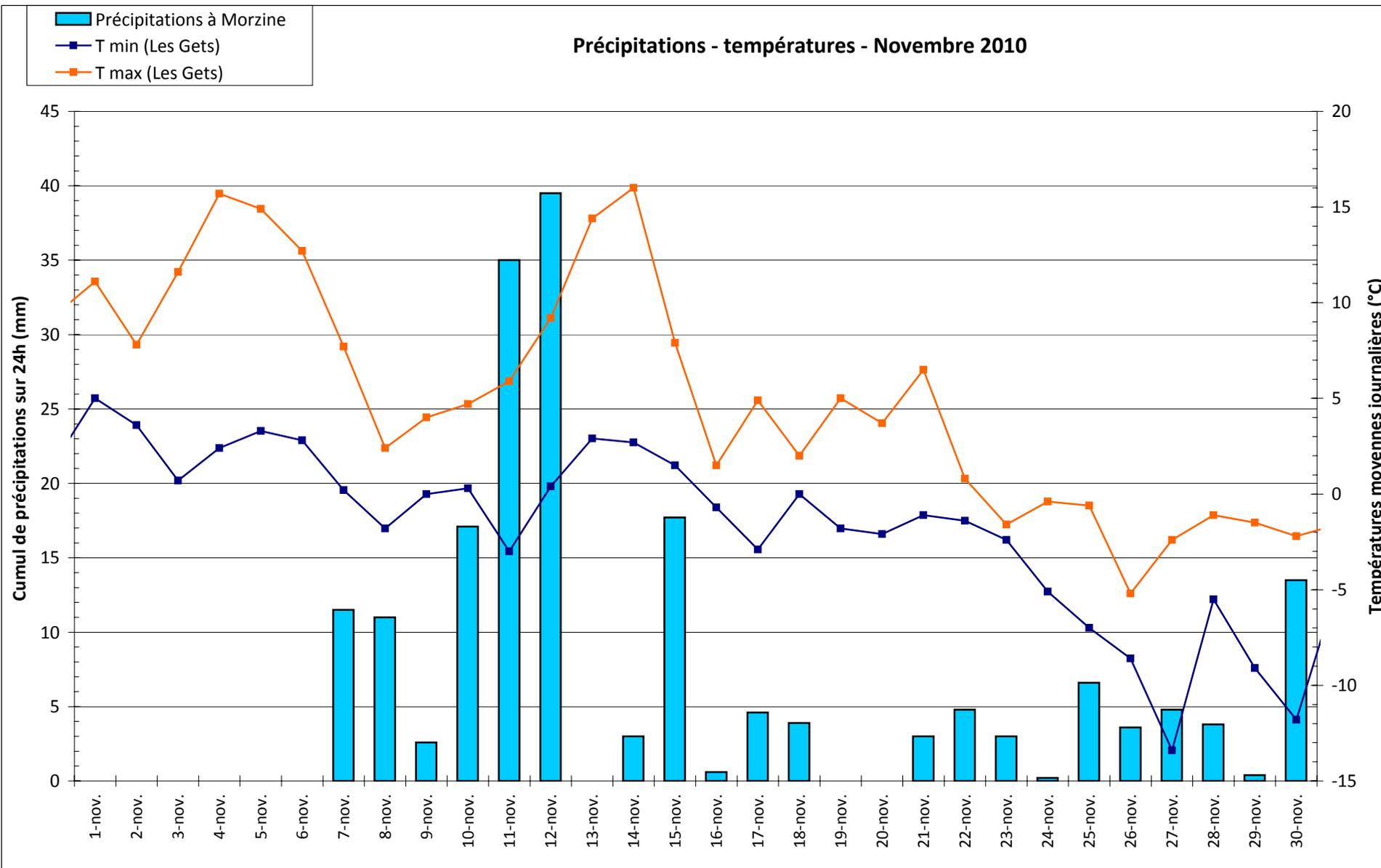
Précipitations - températures - Septembre 2010



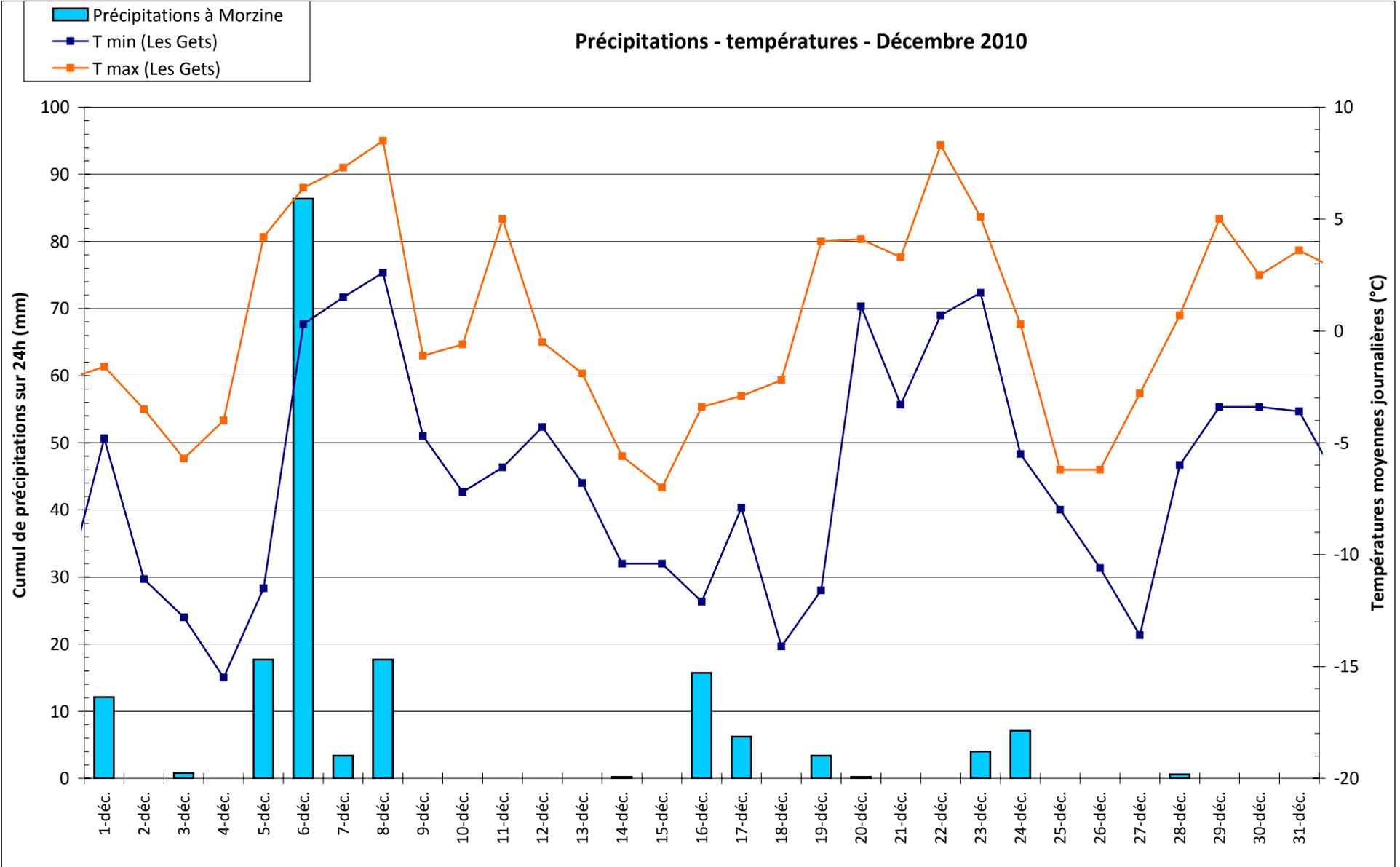
Précipitations - températures - Octobre 2010



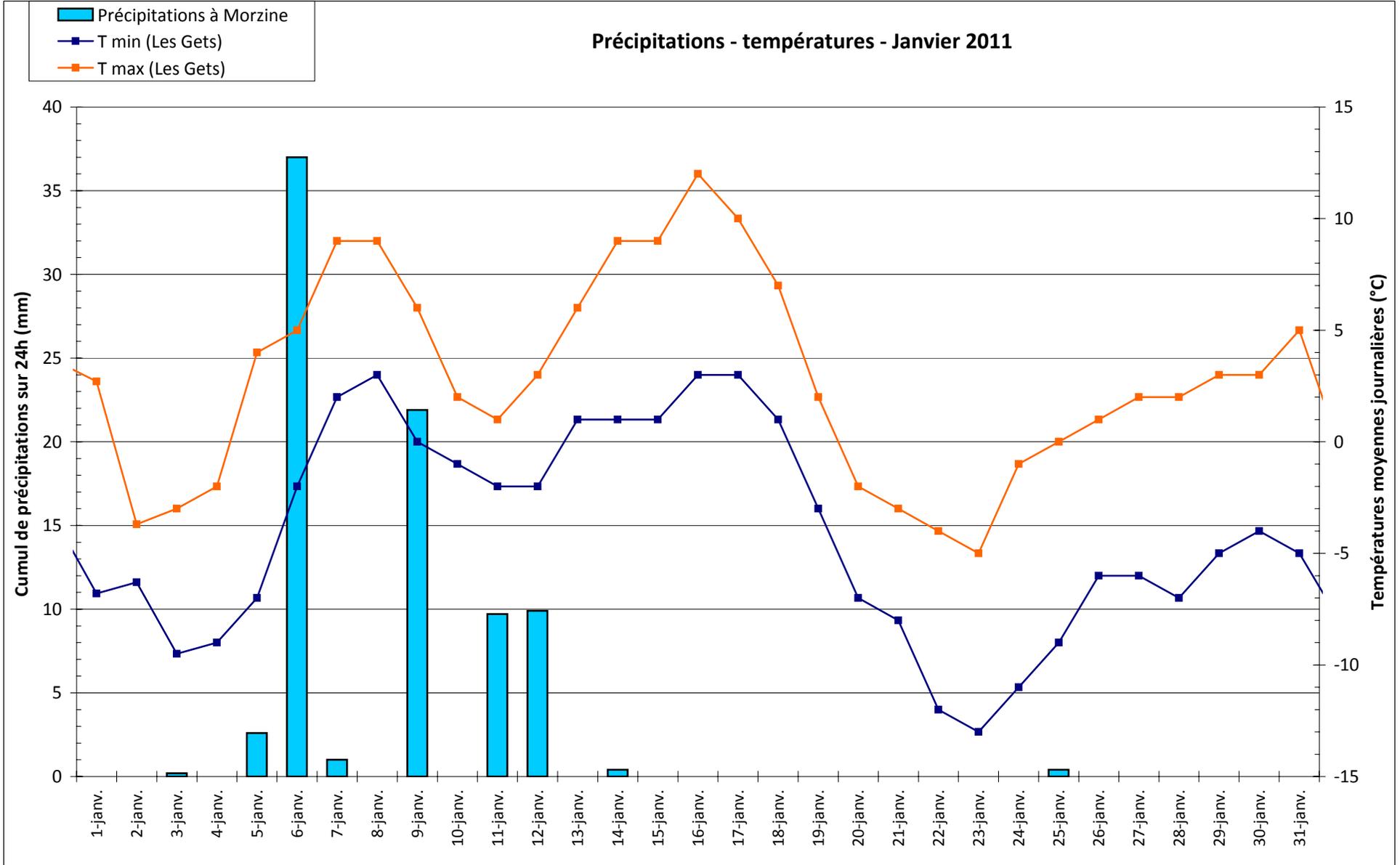
Précipitations - températures - Novembre 2010



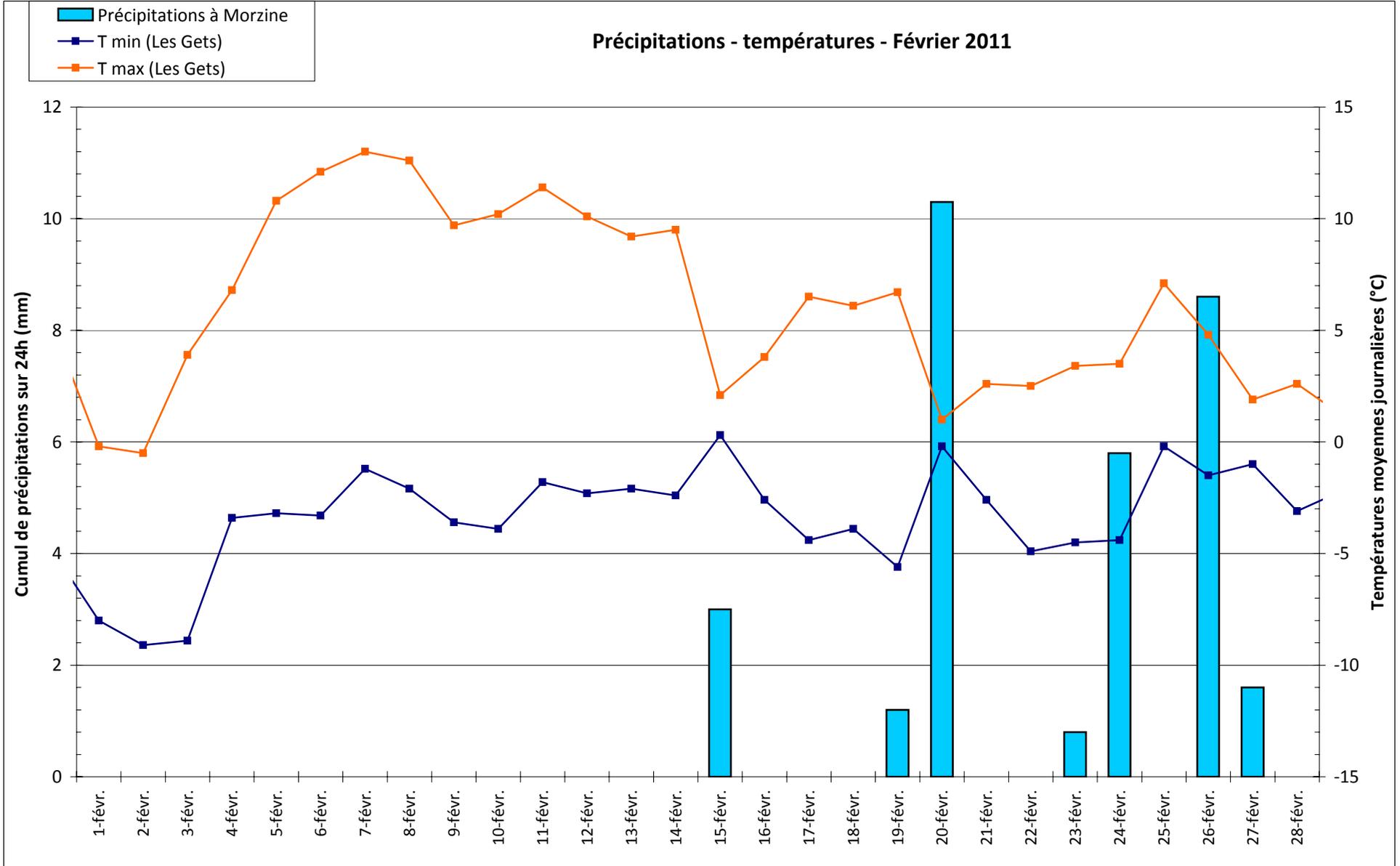
Précipitations - températures - Décembre 2010



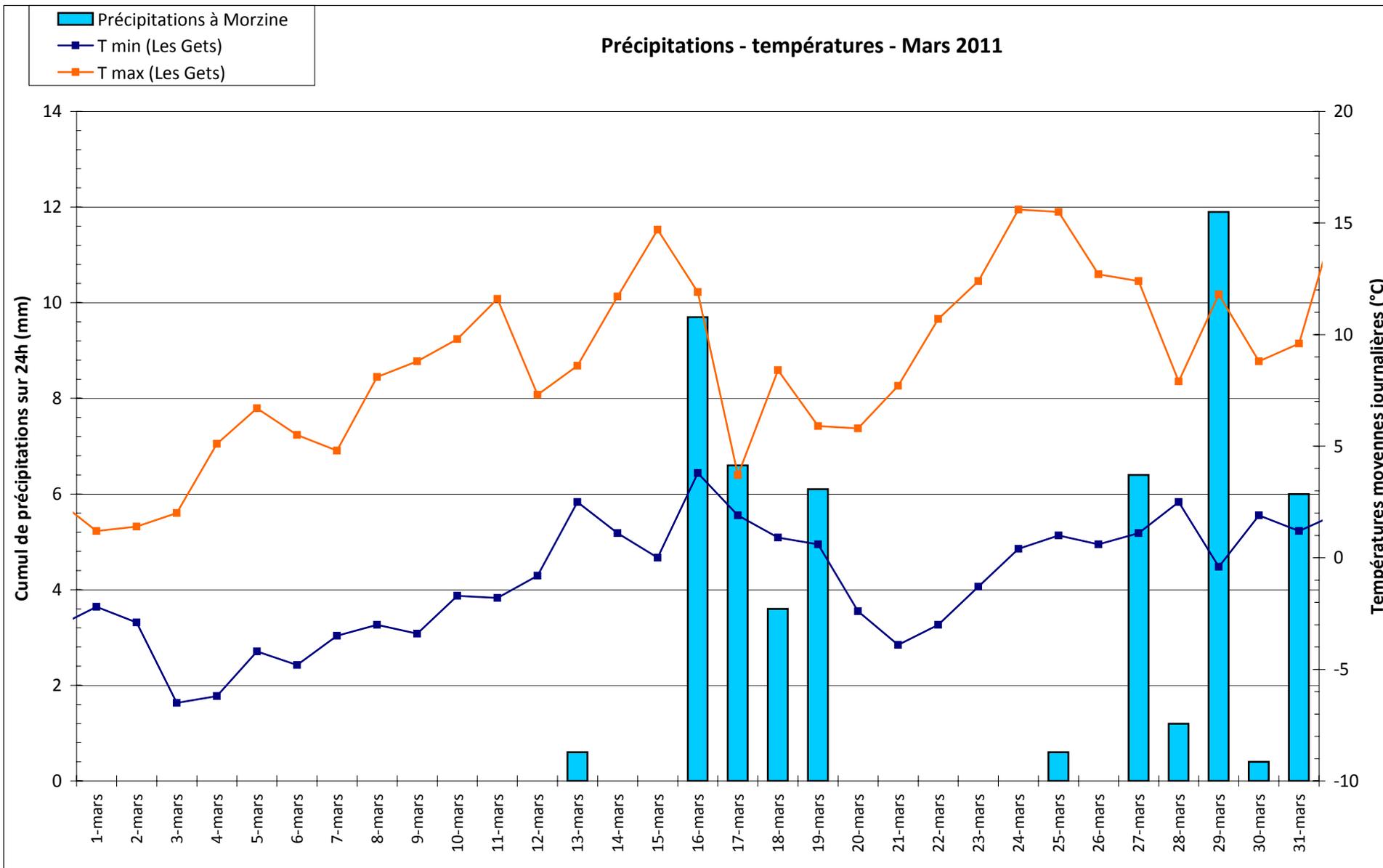
Précipitations - températures - Janvier 2011



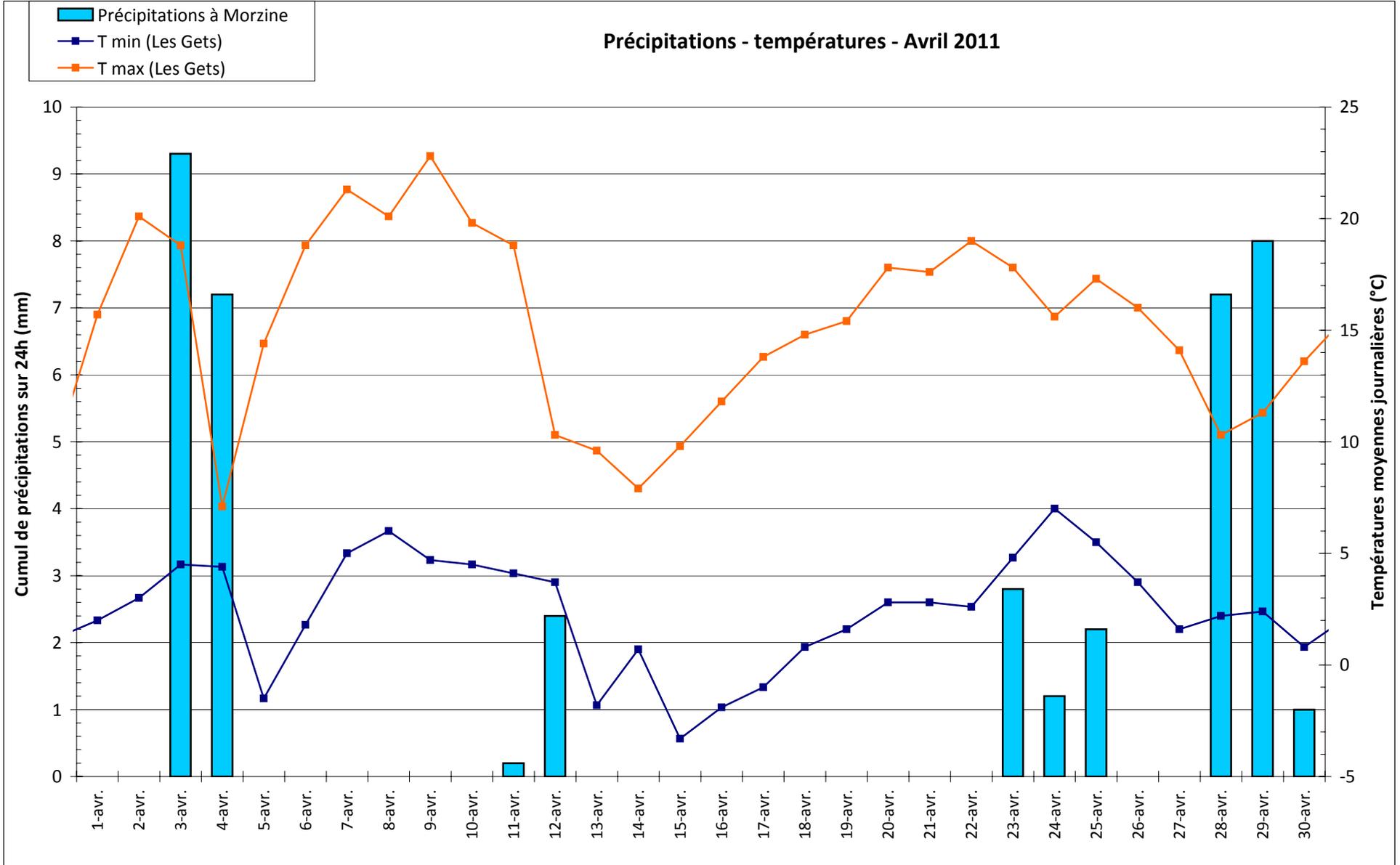
Précipitations - températures - Février 2011



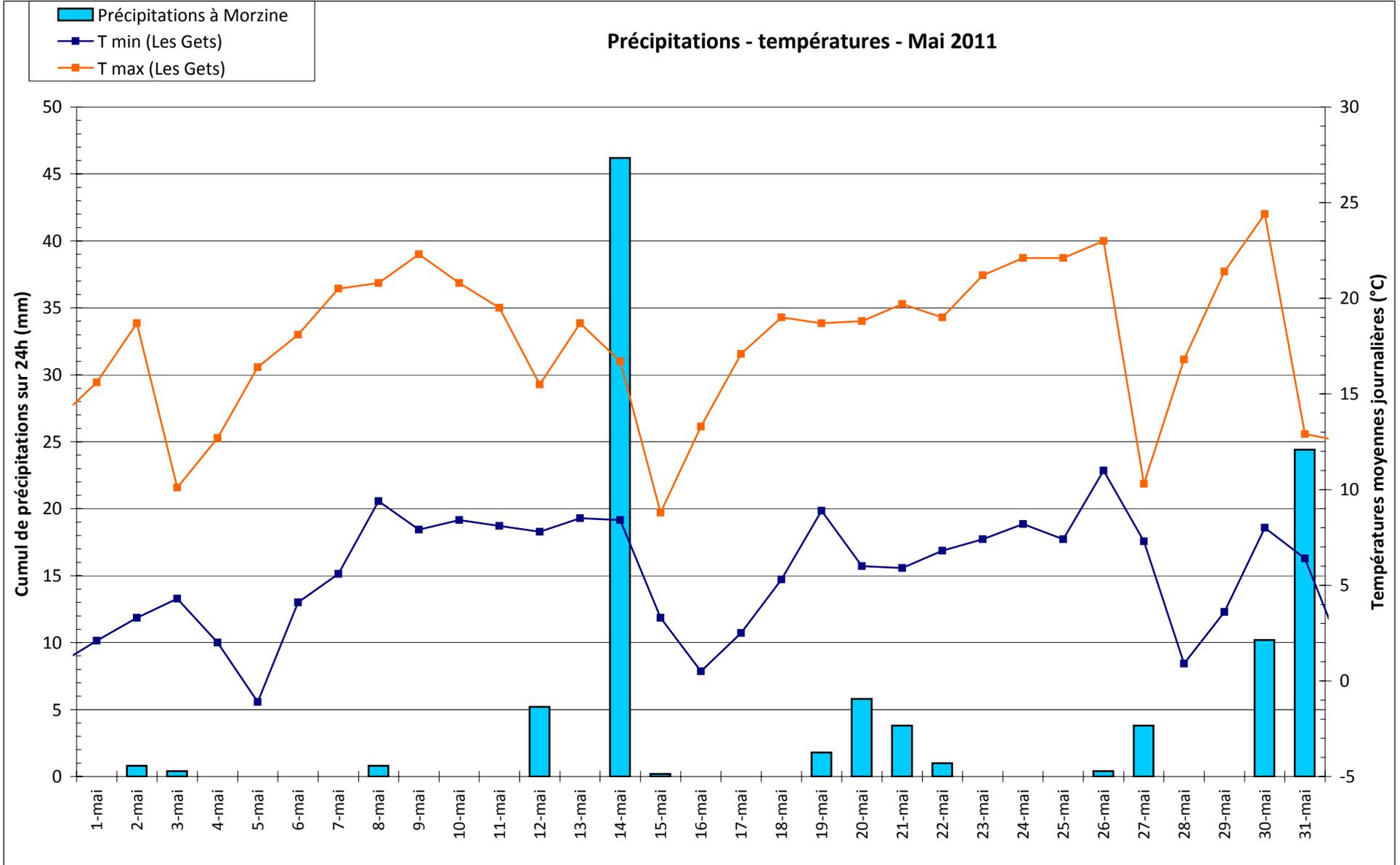
Précipitations - températures - Mars 2011



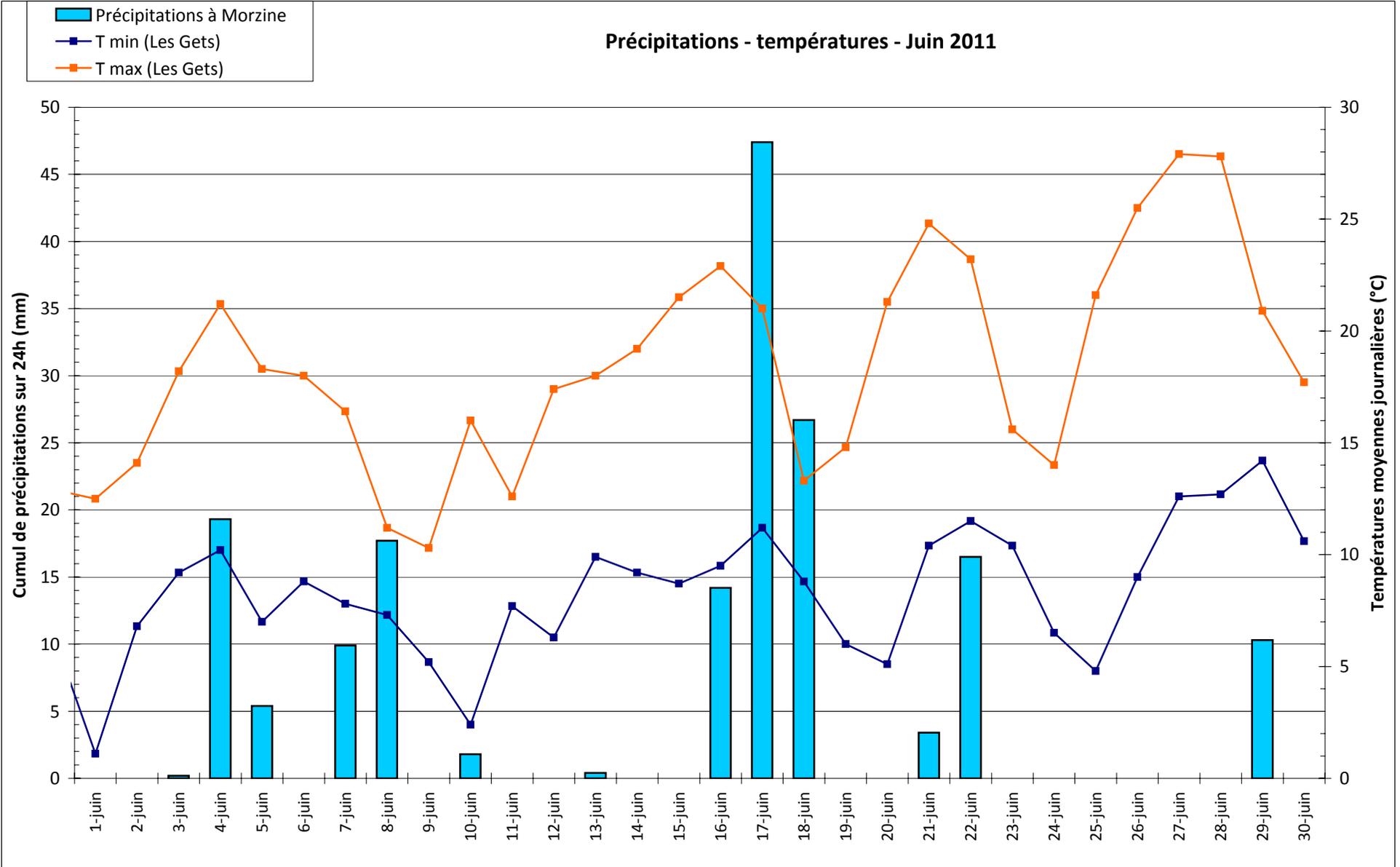
Précipitations - températures - Avril 2011



Précipitations - températures - Mai 2011



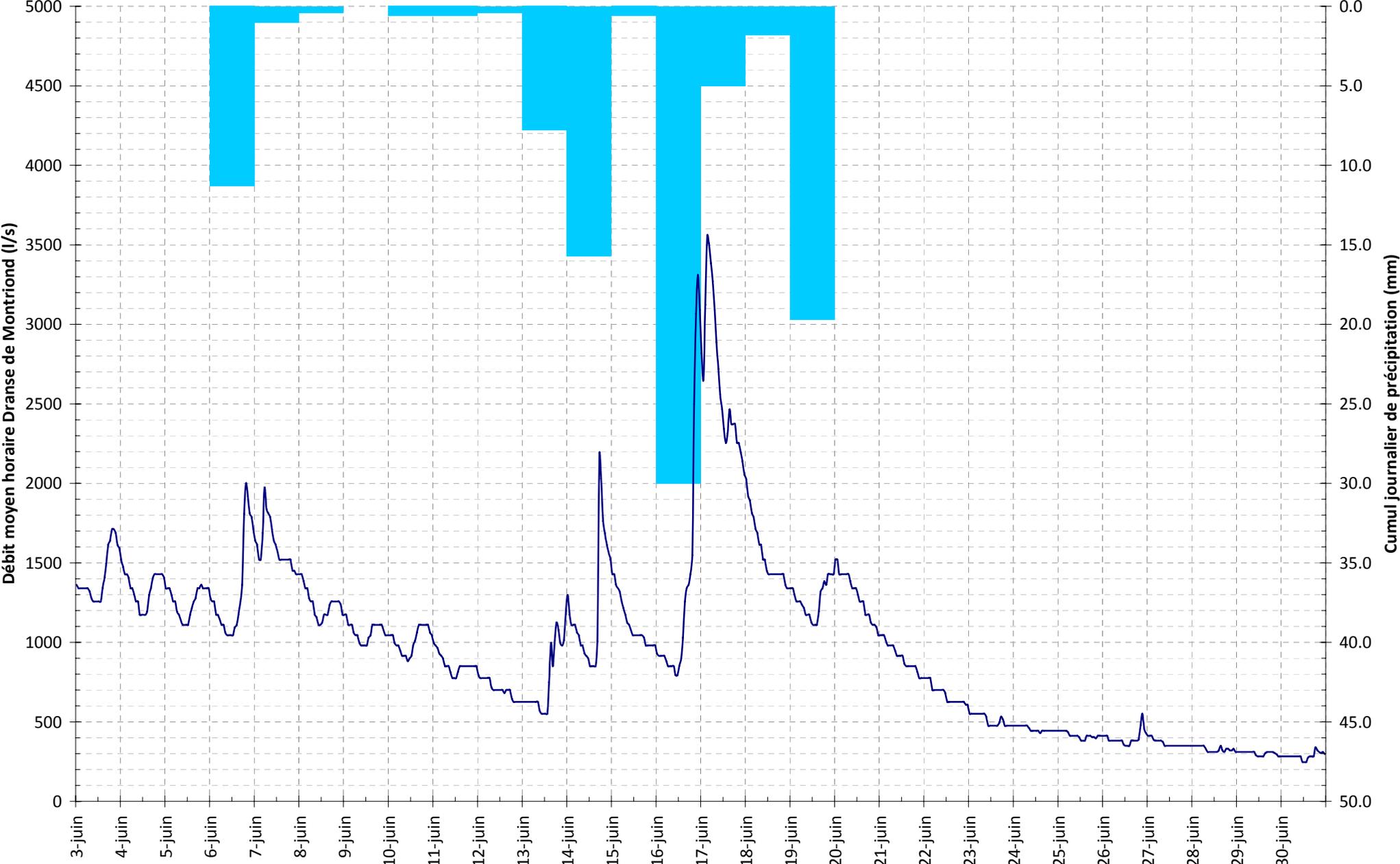
Précipitations - températures - Juin 2011



**Annexe 5 : Hydrogrammes mensuels
Dranse de Montriond – Juin 2010/11**

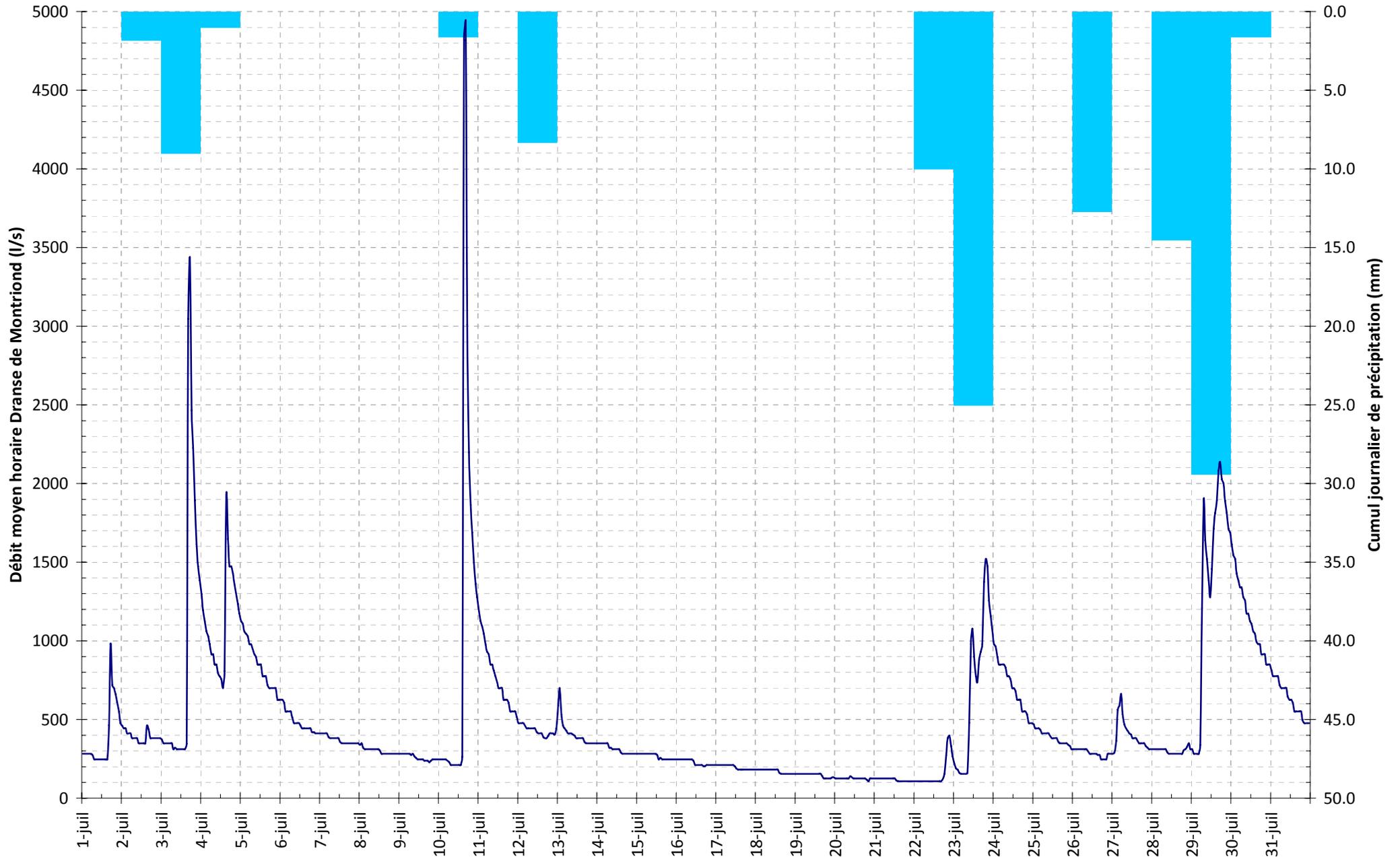
Hydrogramme Dranse de Montriond - Juin 2010

- Pluviométrie journalière Le Plenay
- Débits horaires Dranse de Montriond

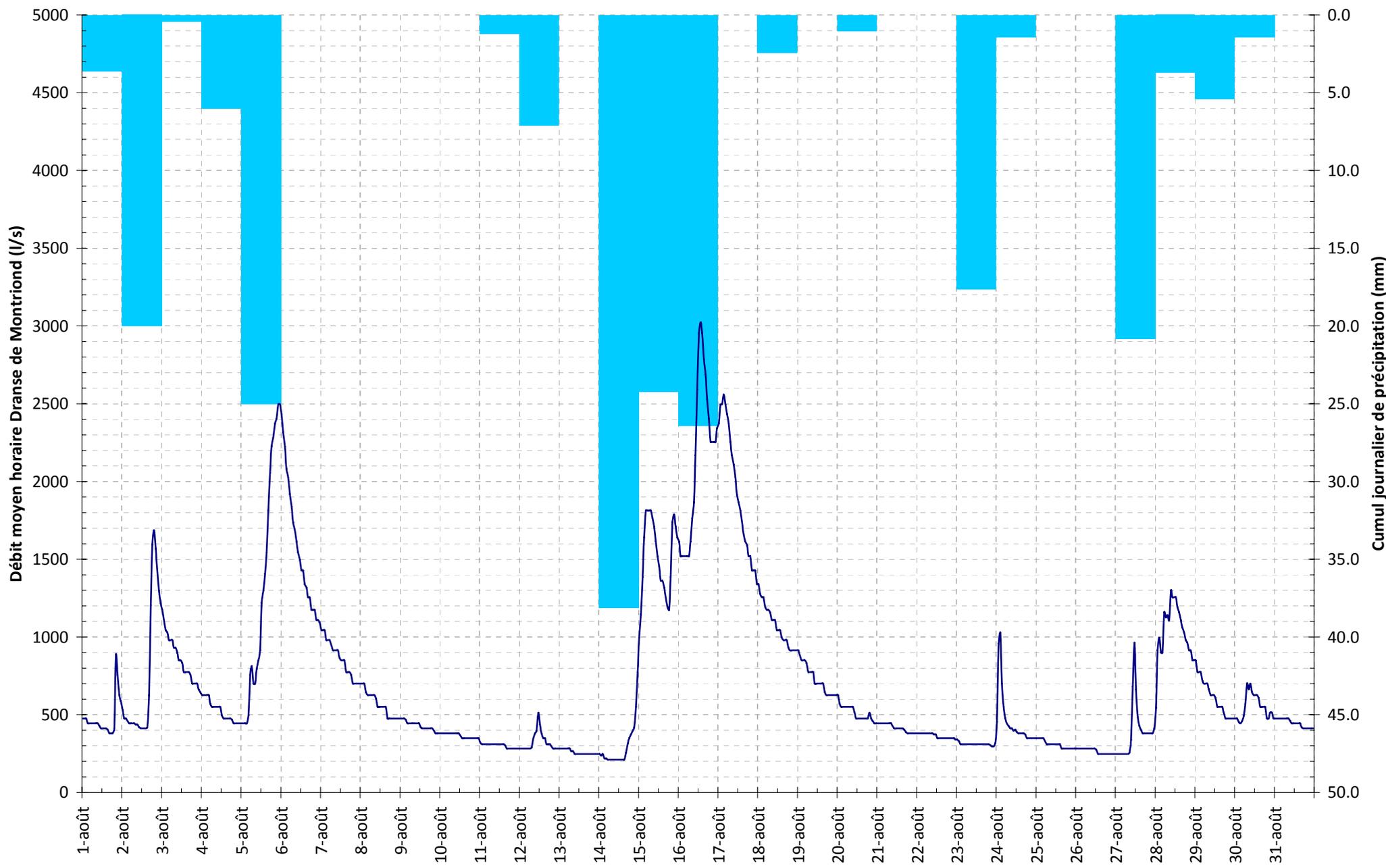
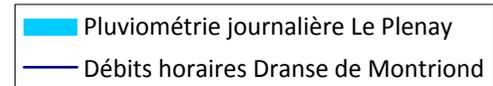


Hydrogramme Dranse de Montriond - Juillet 2010

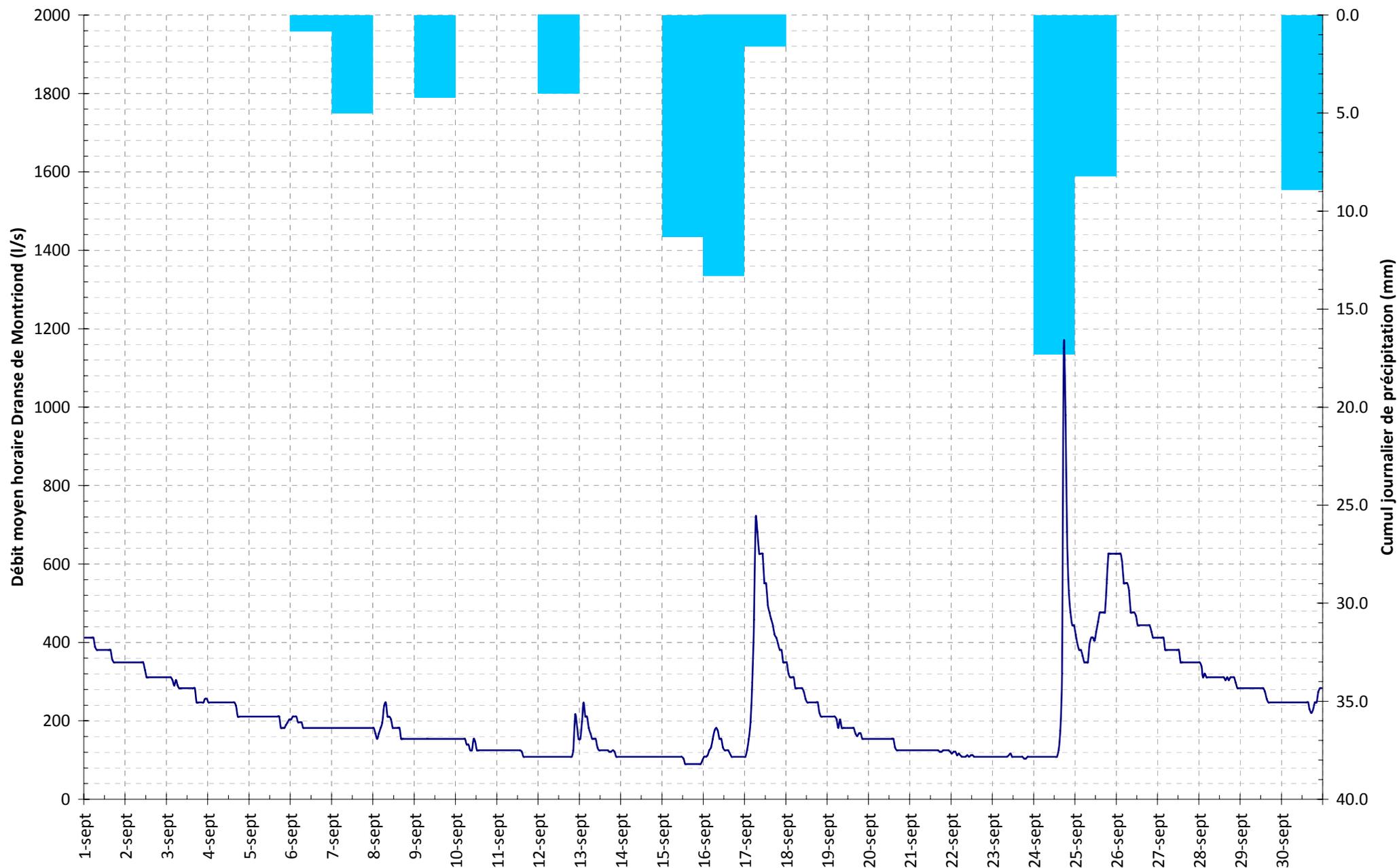
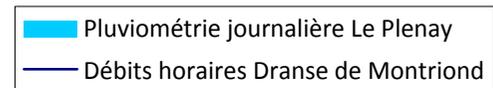
Pluviométrie journalière Le Plenay
Débits horaires Dranse de Montriond



Hydrogramme Dranse de Montriond - Août 2010

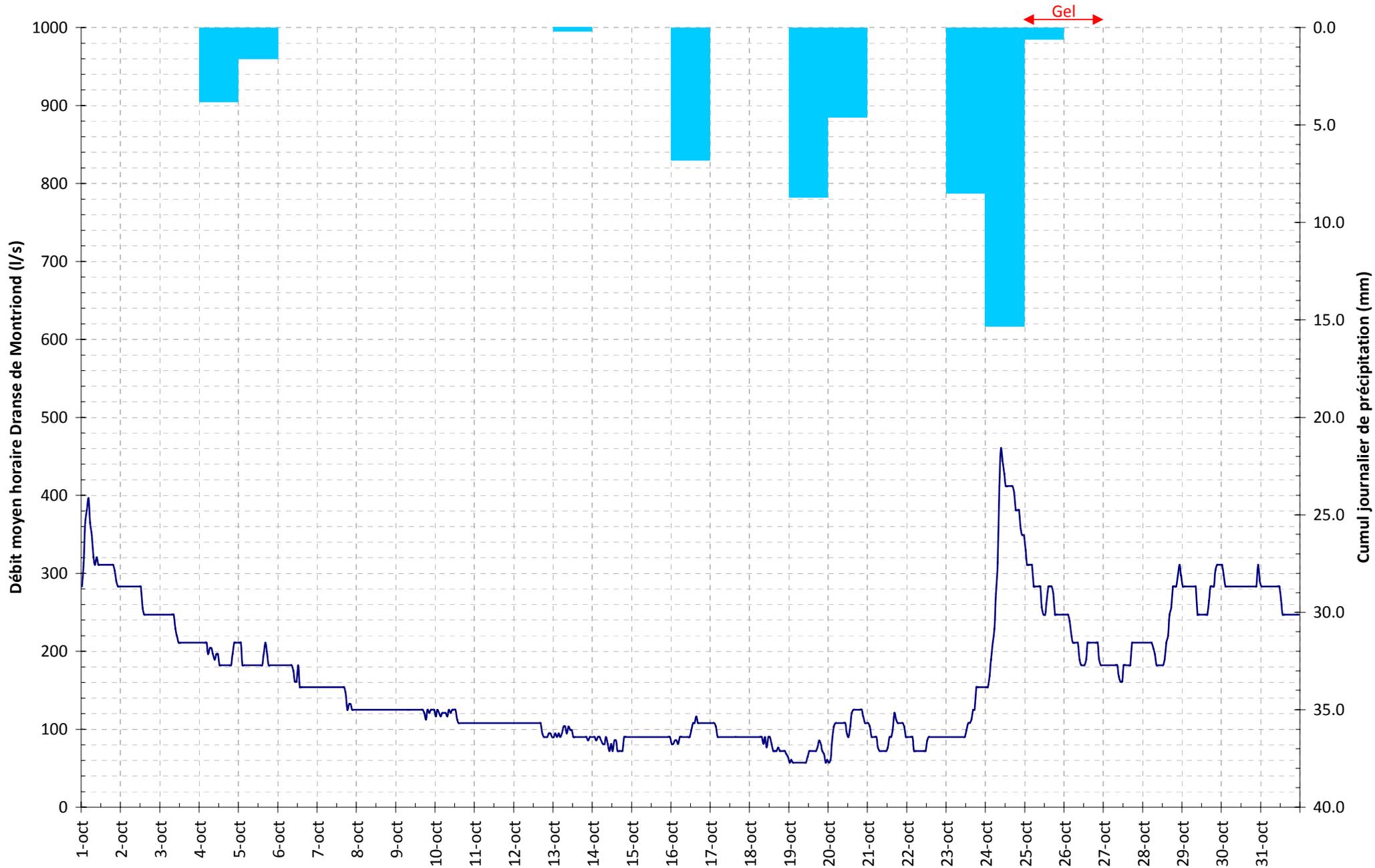


Hydrogramme Dranse de Montriond - Septembre 2010

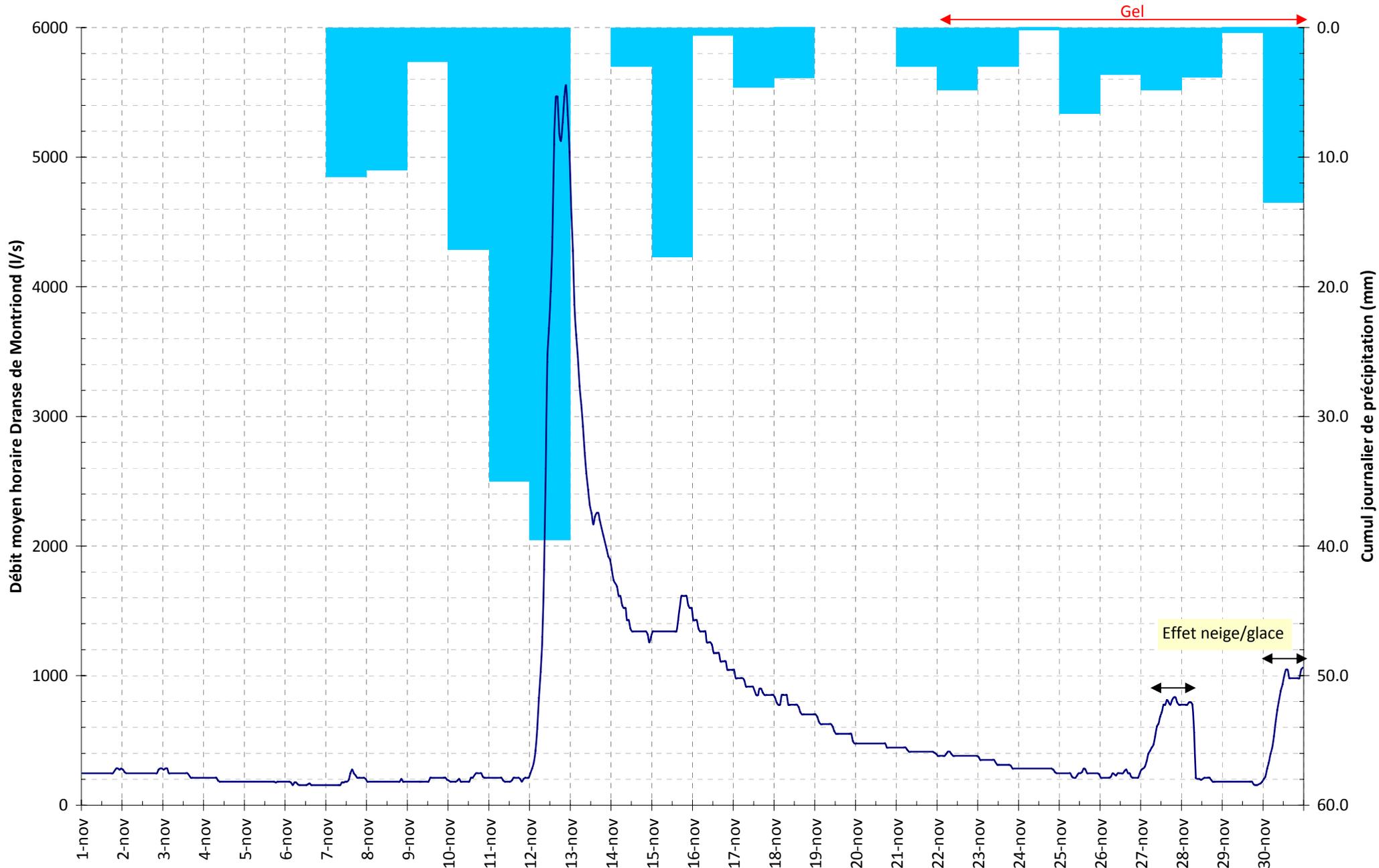
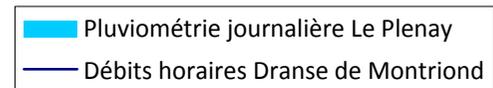


Hydrogramme Dranse de Montriond - Octobre 2010

Pluviométrie journalière Le Plenay
Débits horaires Dranse de Montriond

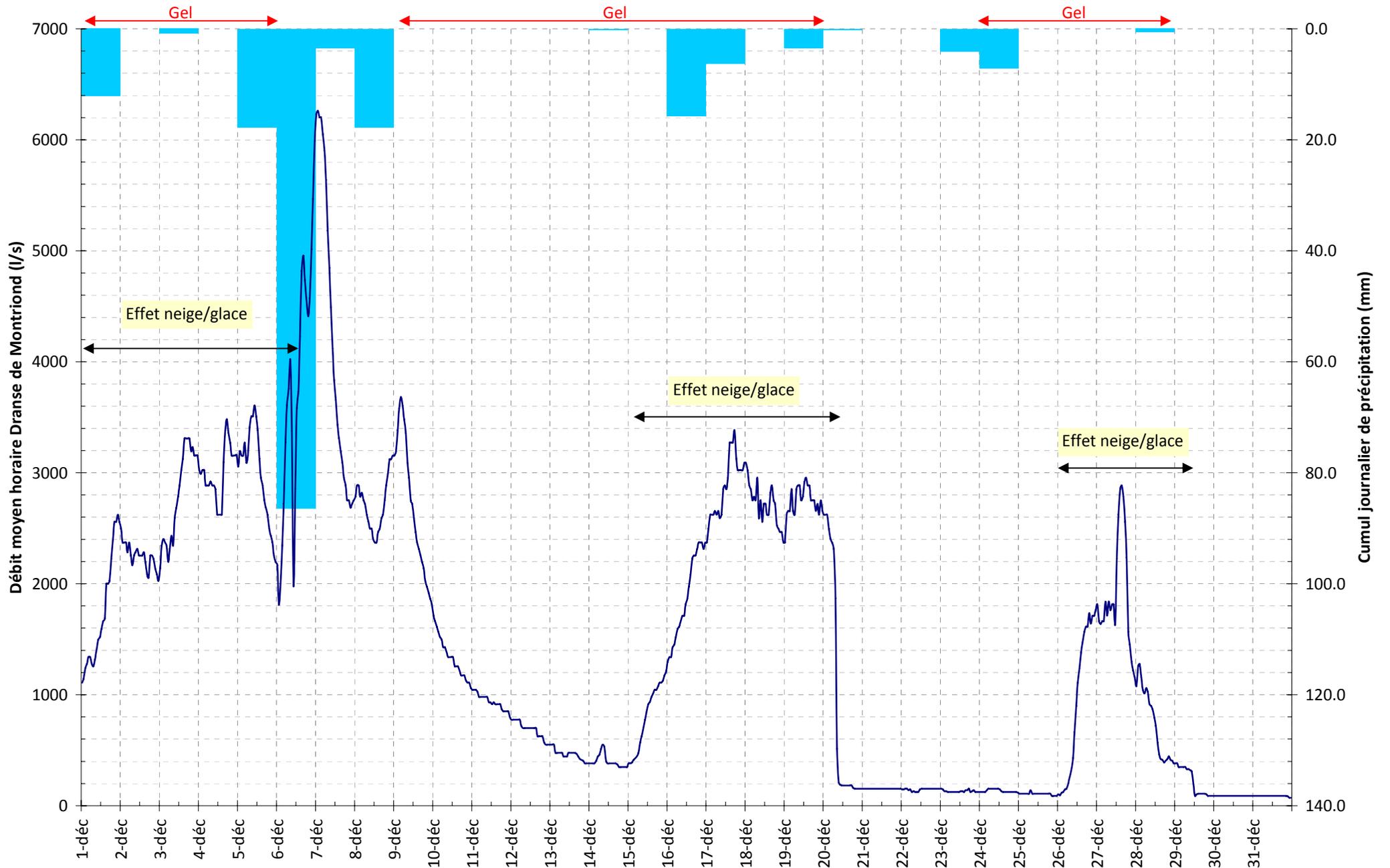


Hydrogramme Dranse de Montriond - Novembre 2010



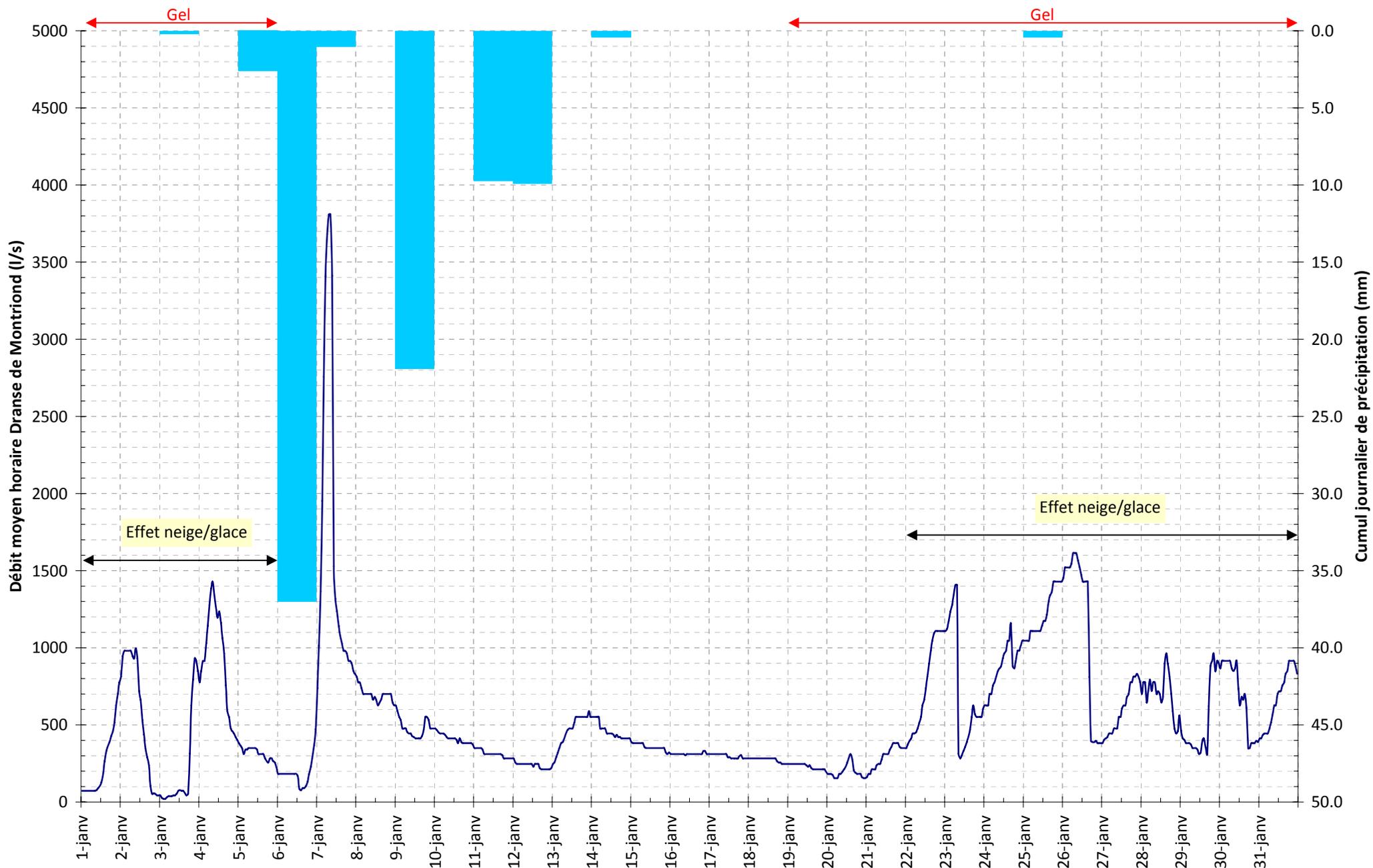
Hydrogramme Dranse de Montriond - Décembre 2010

Pluviométrie journalière Le Plenay
Débits horaires Dranse de Montriond



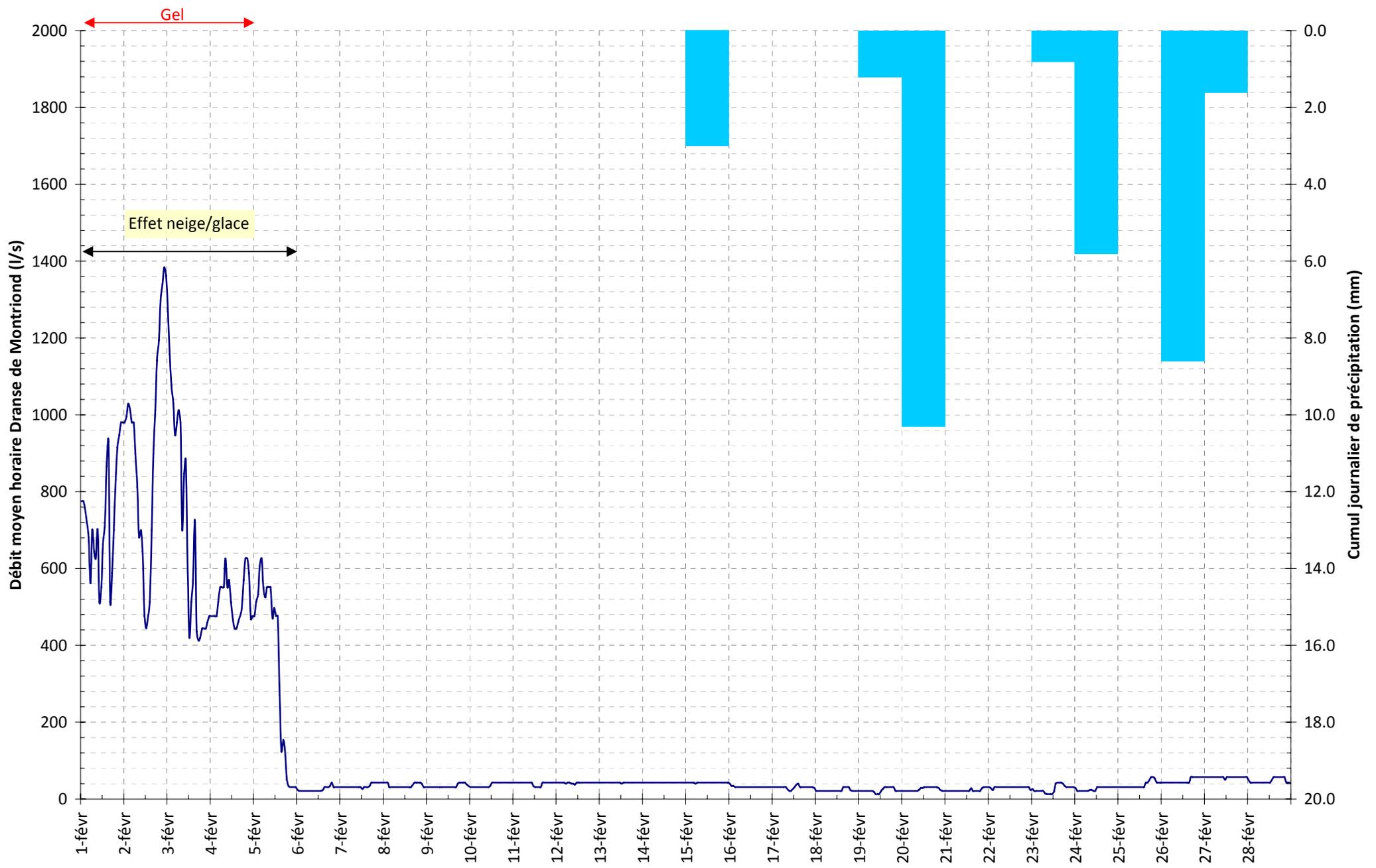
Hydrogramme Dranse de Montriond - Janvier 2011

Pluviométrie journalière Le Plenay
Débits horaires Dranse de Montriond



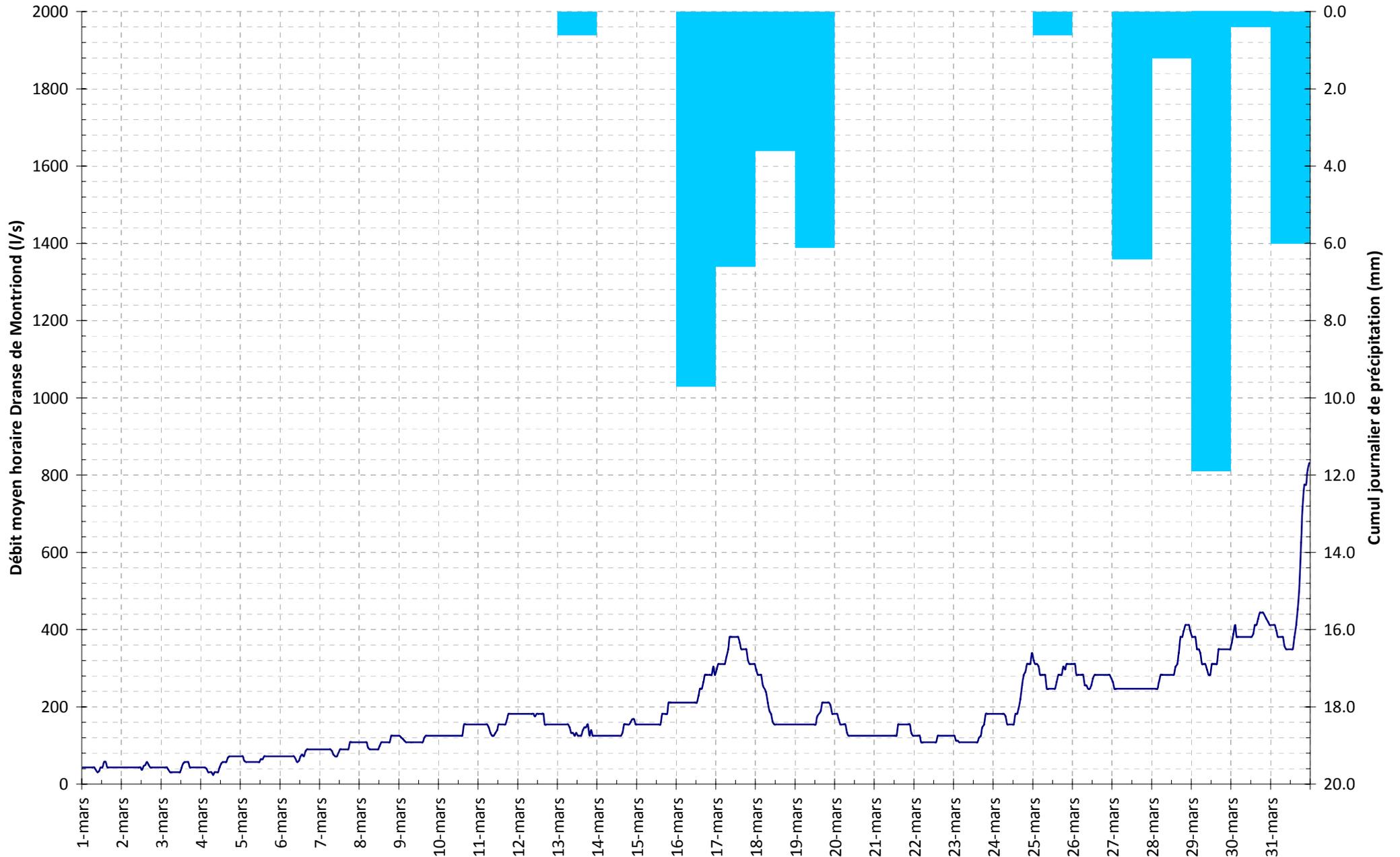
Hydrogramme Dranse de Montriond - Février 2011

Pluviométrie journalière Le Plenay
Débits horaires Dranse de Montriond



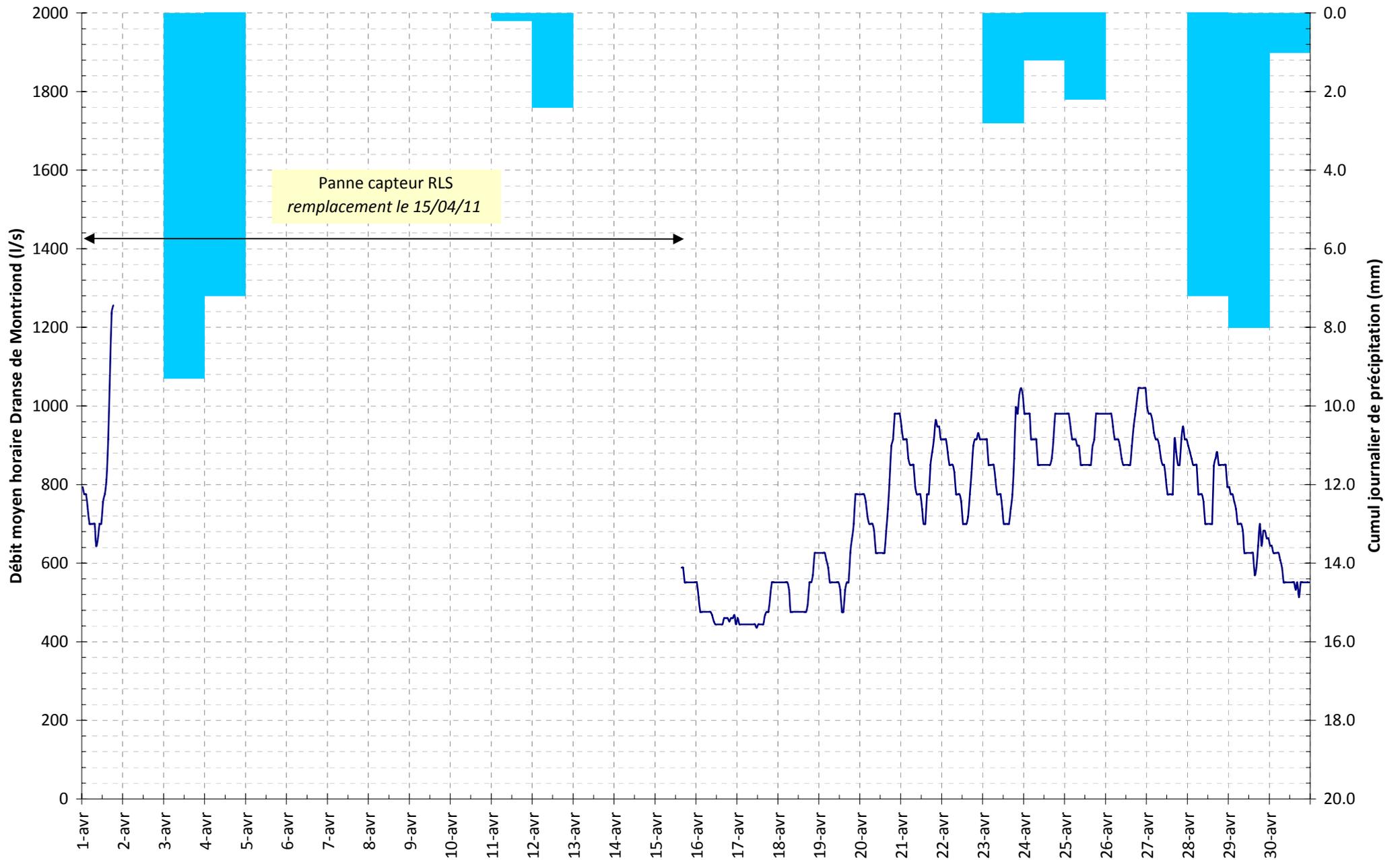
Hydrogramme Dranse de Montriond - Mars 2011

Pluviométrie journalière Le Plenay
Débits horaires Dranse de Montriond

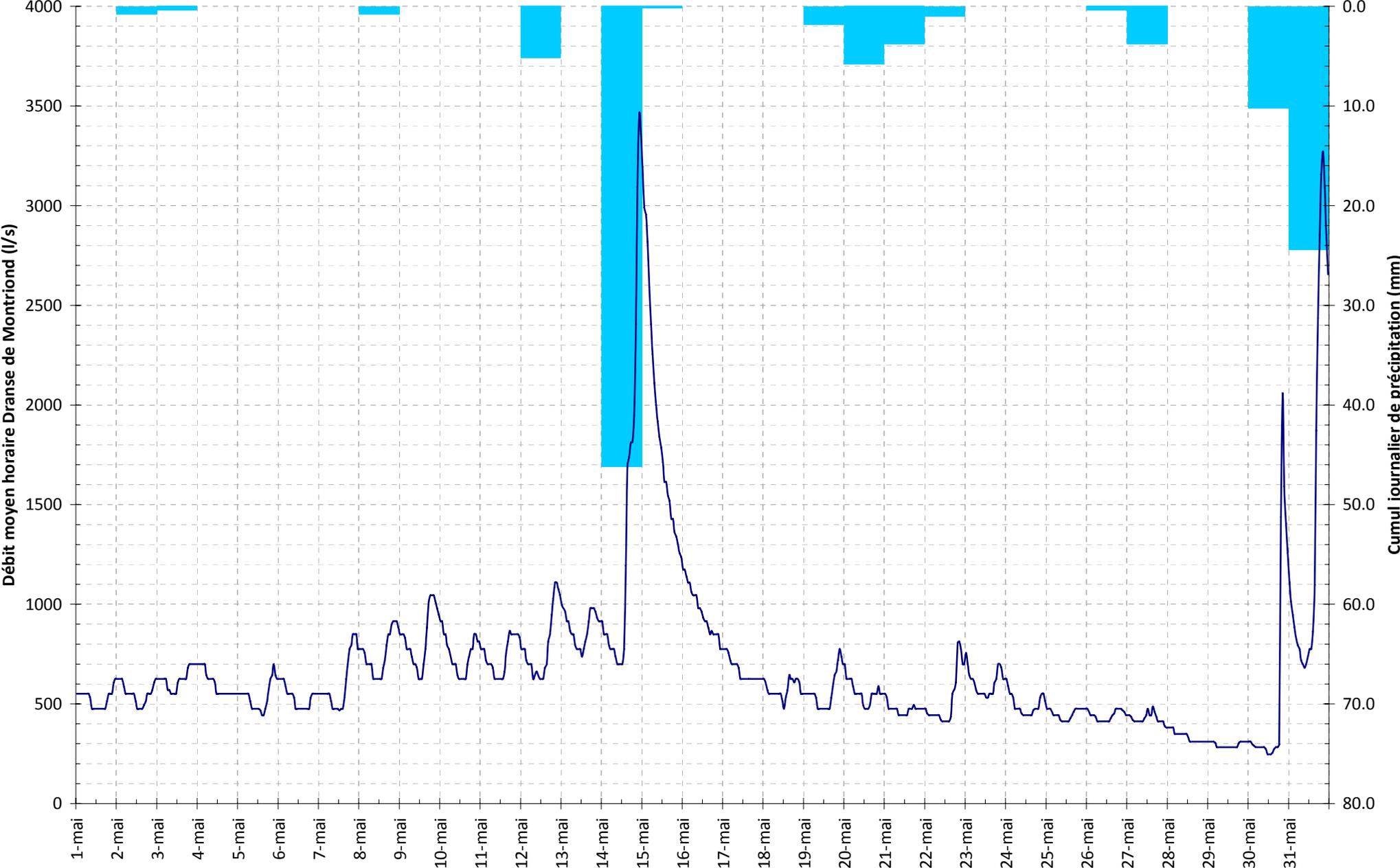
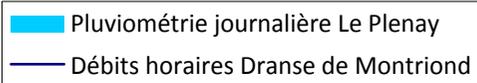


Hydrogramme Dranse de Montriond - Avril 2011

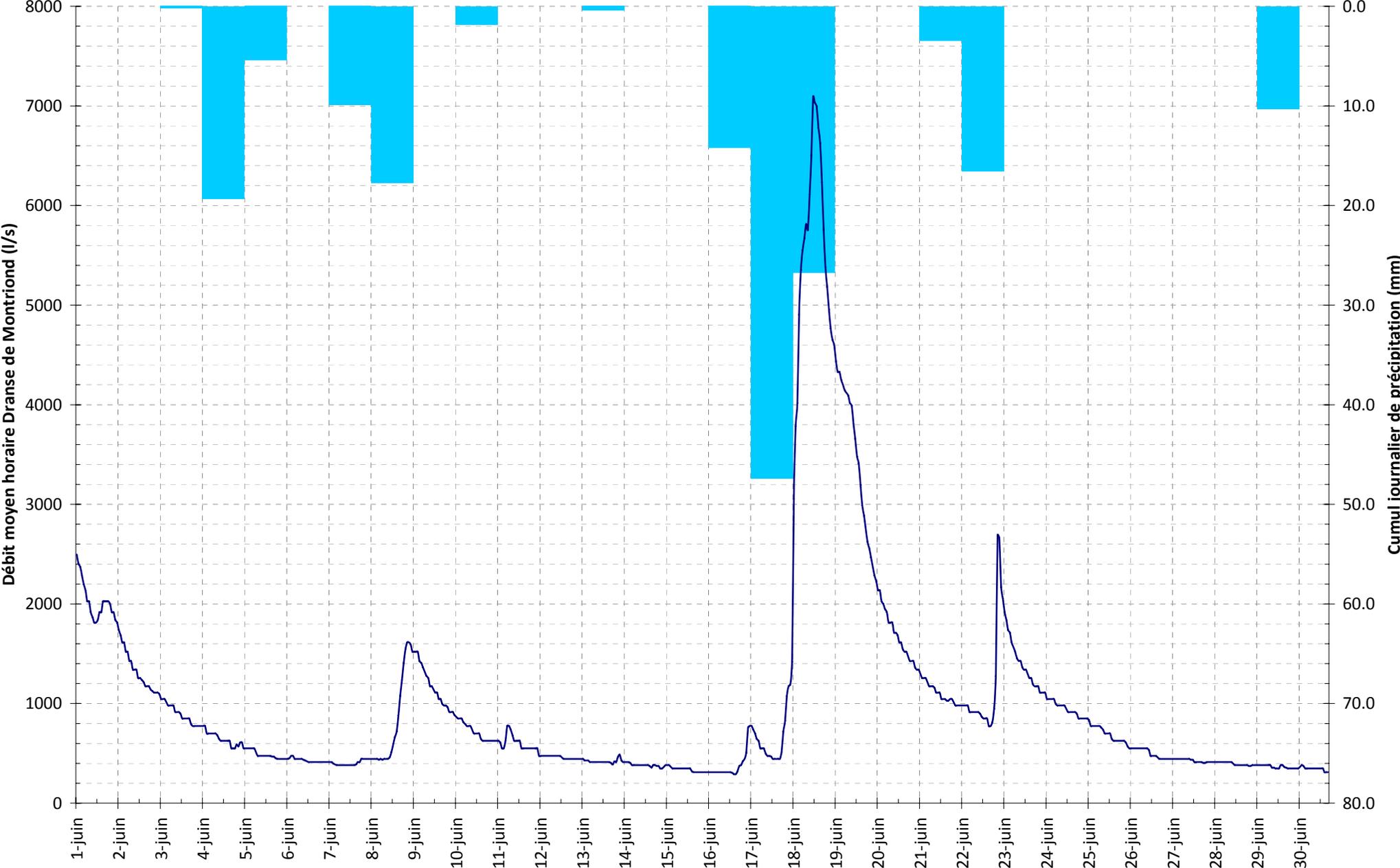
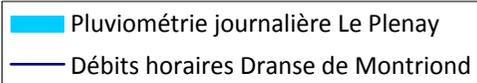
Pluviométrie journalière Le Plenay
Débits horaires Dranse de Montriond



Hydrogramme Dranse de Montriond - Mai 2011



Hydrogramme Dranse de Montriond - Juin 2011



Annexe 6 : Fiches de synthèse hydrologique – Stations de référence

Données extraites de la Banque Hydro (MEEDDEM)

- La Dranse de Morzine à Seytroux
- La Dranse d'Abondance à Vacheresse
- Le borne à St Jean de Sixt



LA DRANSE DE MORZINE à SEYTROUX [PONT DE COUVALOUP]

Code station : V0325010 Bassin versant : 170 km²

Producteur : DREAL Rhône-Alpes E-mail : hydrometrie.dreal-ra@developpement-durable.gouv.fr

SYNTHESE : données hydrologiques de synthèse (1964 - 2011) Calculées le 08/10/2011 - Intervalle de confiance : 95 %

écoulements mensuels (naturels)

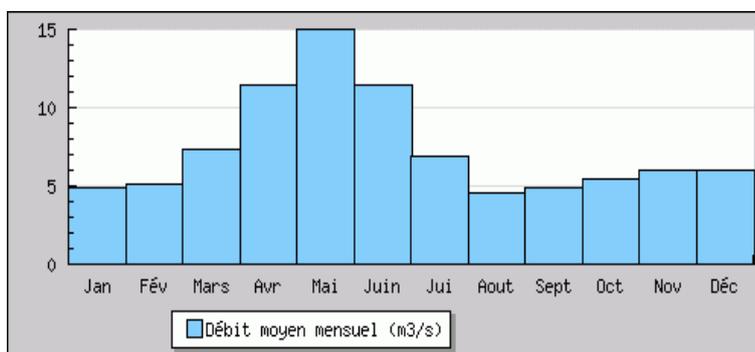
données calculées sur 48 ans

	janv.	fév.	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	Année
Débits (m3/s)	4.940 #	5.090 #	7.300 #	11.50 #	15.00 #	11.50 #	6.840 #	4.580 #	4.870 #	5.440 #	6.020 #	5.960 #	7.420 #
Qsp (l/s/km2)	29.0 #	30.0 #	42.9 #	67.5 #	88.0 #	67.6 #	40.3 #	27.0 #	28.6 #	32.0 #	35.4 #	35.1 #	43.7 #
Lame d'eau (mm)	77 #	75 #	114 #	174 #	235 #	175 #	107 #	72 #	74 #	85 #	91 #	93 #	1379 #

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 Galton - septembre à août)

données calculées sur 48 ans

module (moyenne)	fréquence	quinquennale sèche	médiane	quinquennale humide
7.420 [6.980;7.890]	débits (m3/s)	6.200 [5.700;6.600]	7.400 [6.600;8.400]	9.100 [8.500;9.900]

basses eaux (loi de Galton - janvier à décembre)

données calculées sur 48 ans

fréquence	VCN3 (m3/s)	VCN10 (m3/s)	QMNA (m3/s)
biennale	1.700 [1.600;1.800]	1.800 [1.700;2.000]	2.600 [2.400;2.800]
quinquennale sèche	1.400 [1.300;1.500]	1.500 [1.400;1.600]	2.000 [1.900;2.200]

crues (loi de Gumbel - septembre à août)

données calculées sur 45 ans

fréquence	QJ (m3/s)	QIX (m3/s)
biennale	36.00 [34.00;39.00]	50.00 [47.00;54.00]
quinquennale	47.00 [44.00;52.00]	65.00 [61.00;72.00]
décennale	54.00 [50.00;61.00]	75.00 [69.00;84.00]
vicennale	61.00 [56.00;70.00]	84.00 [77.00;96.00]
cinquantennale	70.00 [64.00;82.00]	96.00 [87.00;110.0]
centennale	non calculé	non calculé

maximums connus (par la banque HYDRO)

hauteur maximale instantanée (cm)	244	4 juillet 2007 00:50
débit instantané maximal (m3/s)	100.0	1 septembre 1968 00:00
débit journalier maximal (m3/s)	73.00	22 septembre 1968

débits classés

données calculées sur 16437 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)	29.80	26.00	19.90	15.70	11.20	8.740	6.840	5.350	4.220	3.410	2.740	2.150	1.800	1.530	1.360



LA DRANSE D'ABONDANCE à VACHERESSE

Code station : V0314020 Bassin versant : 175 km²

Producteur : DREAL Rhône-Alpes E-mail : hydrometrie.dreal-ra@developpement-durable.gouv.fr

SYNTHESE : données hydrologiques de synthèse (1976 - 2011)
Calculées le 08/10/2011 - Intervalle de confiance : 95 % - utilisation des stations antérieures

écoulements mensuels (naturels)

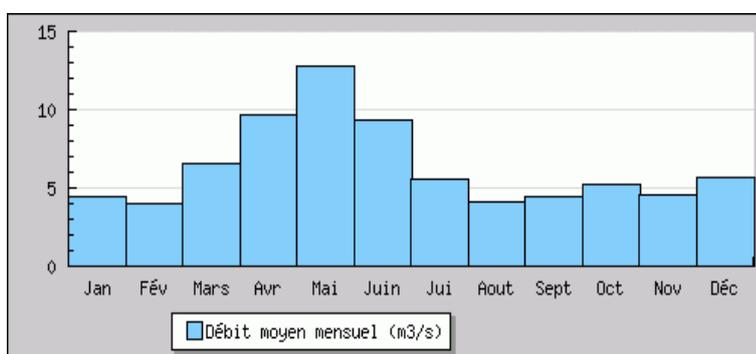
données calculées sur 36 ans

	janv.	fév.	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	Année
Débits (m3/s)	4.500 #	3.970 #	6.590 #	9.670 #	12.80 #	9.300 #	5.550 #	4.110 #	4.450 #	5.230 #	4.590 #	5.720 #	6.390
Qsp (l/s/km2)	25.7 #	22.7 #	37.7 #	55.3 #	73.2 #	53.2 #	31.7 #	23.5 #	25.4 #	29.9 #	26.3 #	32.7 #	36.5
Lame d'eau (mm)	68 #	56 #	100 #	143 #	196 #	137 #	85 #	62 #	65 #	80 #	68 #	87 #	1153

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 Galton - septembre à août)

données calculées sur 36 ans

module (moyenne)	fréquence	quinquennale sèche	médiane	quinquennale humide
6.390 [5.860;6.970]	débits (m3/s)	5.400 [4.800;5.900]	6.400 [5.300;7.700]	7.900 [7.200;8.800]

basses eaux (loi de Galton - janvier à décembre)

données calculées sur 36 ans

fréquence	VCN3 (m3/s)	VCN10 (m3/s)	QMNA (m3/s)
biennale	1.800 [1.600;1.900]	1.900 [1.700;2.000]	2.400 [2.100;2.700]
quinquennale sèche	1.500 [1.300;1.600]	1.600 [1.400;1.700]	1.900 [1.600;2.100]

crues (loi de Gumbel - septembre à août)

données calculées sur 31 ans

fréquence	QJ (m3/s)	QIX (m3/s)
biennale	33.00 [30.00;37.00]	48.00 [43.00;54.00]
quinquennale	42.00 [38.00;49.00]	64.00 [57.00;77.00]
décennale	48.00 [43.00;58.00]	75.00 [66.00;93.00]
vicennale	54.00 [48.00;67.00]	85.00 [74.00;110.0]
cinquantennale	non calculé	[;]
centennale	non calculé	non calculé

maximums connus (par la banque HYDRO)

hauteur maximale instantanée (cm)	195	13 octobre 1982 23:21
débit instantané maximal (m3/s)	76.50 #	13 octobre 1982 23:21
débit journalier maximal (m3/s)	49.80 #	26 mars 1981

débits classés

données calculées sur 9088 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)	28.30	23.90	18.60	14.40	9.500	7.070	5.510	4.460	3.690	3.060	2.530	1.970	1.610	1.190	1.100



LE BORNE à SAINT-JEAN-DE-SIXT

Code station : V0205420 Bassin versant : 69.6 km²

Producteur : DREAL Rhône-Alpes E-mail : hydrometrie.dreal-ra@developpement-durable.gouv.fr

SYNTHESE : données hydrologiques de synthèse (1964 - 2011) Calculées le 08/10/2011 - Intervalle de confiance : 95 %

écoulements mensuels (naturels)

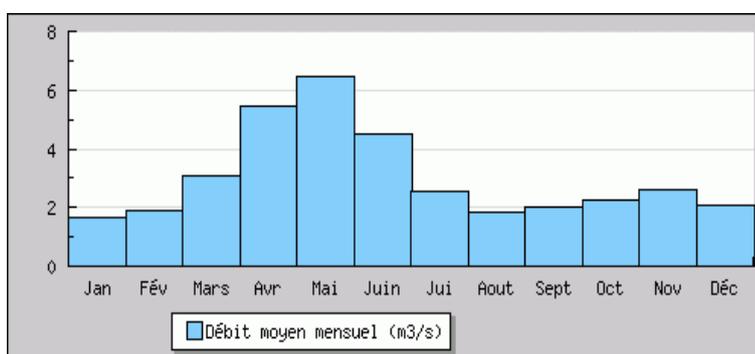
données calculées sur 48 ans

	janv.	fév.	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	Année
Débits (m3/s)	1.630 #	1.870 #	3.080 #	5.430 #	6.430 #	4.480 #	2.560 #	1.830 #	2.010 #	2.270 #	2.630 #	2.060 #	3.030
Qsp (l/s/km2)	23.4 #	26.9 #	44.3 #	78.1 #	92.3 #	64.4 #	36.7 #	26.3 #	28.9 #	32.6 #	37.8 #	29.6 #	43.5
Lame d'eau (mm)	62 #	67 #	118 #	202 #	247 #	166 #	98 #	70 #	74 #	87 #	97 #	79 #	1373

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 Galton - janvier à décembre)

données calculées sur 48 ans

module (moyenne)	fréquence	quinquennale sèche	médiane	quinquennale humide
3.030 [2.650;3.450]	débits (m3/s)	1.900 [1.600;2.200]	3.000 [2.500;3.600]	4.200 [3.700;5.000]

basses eaux (loi de Galton - septembre à août)

données calculées sur 48 ans

fréquence	VCN3 (m3/s)	VCN10 (m3/s)	QMNA (m3/s)
biennale	0.390 [0.320;0.460]	0.430 [0.370;0.510]	0.750 [0.630;0.900]
quinquennale sèche	0.230 [0.180;0.270]	0.270 [0.220;0.310]	0.440 [0.350;0.530]

crues (loi de Gumbel - janvier à décembre)

données calculées sur 46 ans

fréquence	QJ (m3/s)	QIX (m3/s)
biennale	21.00 [19.00;23.00]	36.00 [33.00;40.00]
quinquennale	29.00 [27.00;33.00]	52.00 [48.00;60.00]
décennale	35.00 [31.00;40.00]	63.00 [57.00;74.00]
vicennale	40.00 [36.00;47.00]	74.00 [66.00;87.00]
cinquantennale	47.00 [42.00;56.00]	87.00 [77.00;100.0]
centennale	non calculé	non calculé

maximums connus (par la banque HYDRO)

hauteur maximale instantanée (cm)	326	19 décembre 1987 00:20
débit instantané maximal (m3/s)	178.0 #	14 juillet 1987 19:43
débit journalier maximal (m3/s)	43.20 #	29 juin 1974

débits classés

données calculées sur 16682 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)	17.40	14.80	10.60	7.340	4.480	3.100	2.320	1.730	1.320	1.000	0.750	0.512	0.388	0.299	0.245

Annexe 7 : Méthodes de calcul utilisées

I ESTIMATION DU TEMPS DE CONCENTRATION

Le temps de concentration d'un bassin versant est le temps mis par une goutte d'eau précipitée à son sommet, pour en rejoindre l'exutoire. Ce temps est utilisé comme temps de base des épisodes pluvieux de référence pour l'étude des crues d'un bassin versant.

Plusieurs méthodes permettent de l'estimer :

I.1 FORMULE DE PASSINI :

$$tc = 6.5 * \frac{(L * S)^{1/3}}{\sqrt{P}}$$

- t_c temps de concentration en minutes
- L longueur du plus long cheminement hydraulique en km
- S surface du bassin versant en km^2
- P pente moyenne en m/m

I.2 FORMULE DE VENTURA :

$$tc = 7.63 * \sqrt{\frac{S}{P}}$$

- t_c temps de concentration en minutes
- S surface du bassin versant en km^2
- P pente moyenne en m/m

I.3 FORMULE DU SETRA POUR L'ASSAINISSEMENT ROUTIER

Pour l'assainissement routier, une méthode spécifique existe, elle consiste à analyser les vitesses d'écoulement sur les différents secteurs « homogènes » d'un bassin versant :

$$tc = \sum \frac{L_i}{V_i}$$

- t_c temps de concentration en secondes
- L_i longueur du cheminement hydraulique de pente constante, en mètres
- V_i vitesse de l'écoulement en m/s selon le type d'occupation du sol (cette donnée est tabulée).

II DETERMINATION DU DEBIT DECENNAL NATUREL

II.1 METHODE RATIONNELLE

Il s'agit de la méthode la plus ancienne, elle utilise un modèle simple de transformation de la pluie de projet (décrite par son intensité I_p), supposée uniforme et constante dans le temps, en un débit instantané maximal lorsque l'ensemble de son bassin contribue à ce débit, selon la relation :

$$Q_T^i = C.I p_T \frac{S}{3,6}$$

- C est le coefficient de ruissellement
- I_{pT} est l'intensité maximale de pluie de période de retour T sur le temps de concentration t_c
- S est la surface du bassin versant en km^2

La formule est particulièrement adaptée aux petits bassins versants, de taille inférieure à $10 km^2$.

II.2 METHODE CRUPEDIX

Cette formule a été mise au point par l'étude de petits bassins versants du sud-est de la France, et par l'analyse statistique des données de 630 stations hydrométriques. Les bassins versants avaient tous une taille inférieure à $2\ 000 km^2$.

$$Q_{10}^{\max} = S^{0,8} \left(\frac{P_{10}}{80} \right)^2 . C_r$$

Avec :

- Q_{10}^{\max} : débit maximal instantané décennal (m^3/s)
- S : superficie du bassin versant (km^2)
- P_{10} : pluie locale journalière maximale de période de retour 10 ans
- C_r : coefficient d'ajustement régionalisé, pris égal à 1 pour notre site

L'incertitude de la méthode pour l'échantillon considéré est grande. L'intervalle de confiance à 70% est $[2/3Q, 3/2Q]$ et celui à 90% est $[Q/2, 2Q]$.

II.3 FORMULE DE TRANSITION

Cette formule est en fait une moyenne pondérée des formules Rationnelle et Crupédix. Les coefficients de pondération sont déterminés en fonction de la superficie de bassin versant :

- plus on se rapproche de $1 km^2$, plus la formule rationnelle a de « poids »
- plus on se rapproche de $10 km^2$, plus la formule Crupédix a de « poids ».

La formule est la suivante :

$$Q_{transition} = \alpha \times Q_{rationnelle} + \beta \times Q_{Crupédix}$$

Avec :

- $Q_{\text{transition}}$: Débit instantané décennal donné par la formule de transition
- $Q_{\text{Rationnelle}}$: Débit instantané décennal donné par la formule Rationnelle
- $Q_{\text{Crupédix}}$: Débit instantané décennal donné par la formule Crupédix
- α et β coefficients de pondération
- α varie linéairement de 1 à 0 lorsque la superficie S croît de 1 à 10 km², d'où :

$$\alpha = \frac{10 - S}{9} \quad (\text{France sauf façade méditerranéenne}) \quad \text{et} \quad \beta = 1 - \alpha$$
- α varie linéairement de 1 à 0 lorsque la superficie S croît de 10 à 50 km², d'où :

$$\alpha = \frac{50 - S}{40} \quad (\text{Façade méditerranéenne}) \quad \text{et} \quad \beta = 1 - \alpha$$

Les plages d'utilisation de ces trois formules sont données par le SETRA dans le Guide Technique pour l'Assainissement Routier (Octobre 2006) :

Superficie du bassin versant (en km ²)	1	10	50	100
France sauf façade méditerranéenne	Formule rationnelle	Formule de transition	Formule Crupédix	Formule Crupédix
Façade méditerranéenne	Formule rationnelle	Formule rationnelle	Formule de transition	Formule Crupédix

II.4 METHODE SOCOSE

Cette méthode est le résultat d'une synthèse menée à partir de l'observation de 5000 crues sur 194 bassins versants de 2 à 200 km². Elle utilise un modèle simple de transformation de la pluie en débit.

Elle s'intéresse à deux variables pour décrire la crue: le débit instantané maximal annuel décennal et la durée caractéristique de crue D_s du bassin versant.

Les données nécessaires sont les suivantes : la superficie S du bassin (km²), la longueur du chemin hydraulique le plus long (km), la pluie journalière maximale annuelle décennale (mm) et la pluie moyenne annuelle (mm). L'intervalle de confiance à 70% est $[Q/2, 2Q]$.

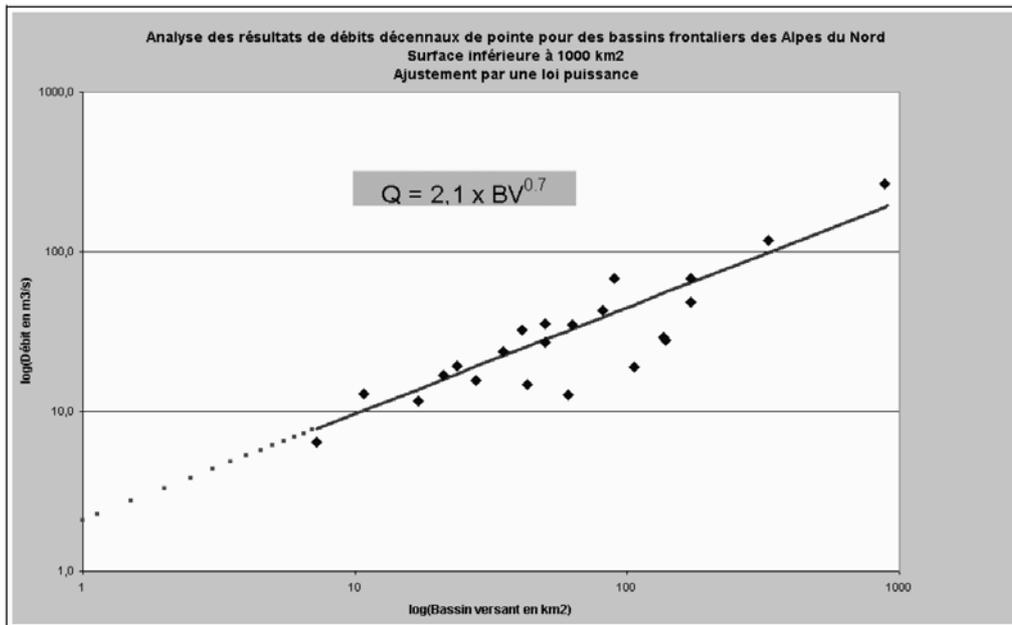
II.5 FORMULE EDF

Cette formule a été mise au point par un ajustement statistique obtenu à partir de résultats d'études effectuées sur des bassins des Alpes du Nord, situés sur la zone frontalière et dont la surface est inférieure à 1 000 km².

La formule est la suivante :

$$Q_{10}^i = 2,1 \times S_{BV}^{0,7}$$

- Q en m³/s
- S_{BV} en km²



III DETERMINATION DU DEBIT CENTENNAL : LA METHODE DU GRADEX

Cette méthode permet d'estimer à partir du débit décennal moyen le débit centennal moyen sur le même « pas » de temps. Elle a été mise au point par la Direction Technique Générale des services d'EDF. On considère qu'au-delà d'un épisode décennal, toutes les précipitations ruissellent et que le débit suit une loi linéaire des précipitations, dans un référentiel bien choisi.

La formule est la suivante (pour des débits moyens calculés sur le temps de passage de crue estimé) :

$$Q_{100}^{moy} = Q_{10}^{moy} + 2,35 \cdot \frac{g_{mm/h}^{tc} \cdot S}{3,6}$$

Avec :

- Q_{100}^{moy} : débit centennal moyen (m³/s)
- Q_{10}^{moy} : débit décennal moyen (m³/s)
- 2,35 : variation de la variable de Gumbel entre les fréquences décennale et centennale.
- $G_{mm/h}^{tc}$: gradex des pluies
- S : superficie du bassin versant (km²)

L'utilisation de la méthode suppose une connaissance du débit décennal moyen à partir d'un pas de temps caractéristique, obtenu par un coefficient de pointe $r = \frac{Q^i}{Q^{moy}}$, Q_{10}^i étant donné par les diverses formules présentées ci-avant. On peut alors en déduire Q_{100}^i , valeur utilisée pour le dimensionnement.

Une seconde méthode consiste à utiliser un graphe de Gumbel pour tracer la droite des pluies, puis des débits. On a alors accès par lecture directe aux débits moyens de période de retour jusqu'à 500 ou 1000 ans, donnée qu'il convient toutefois de relativiser compte tenu des imprécisions de prédétermination.

IV FORMULES D'EXTRAPOLATION DE MYER

Les formules suivantes, issues de la littérature, peuvent être utilisées pour extrapoler les valeurs des débits d'un bassin versant à un autre à partir des superficies drainées.

- Module annuel : $Q_A = \frac{S_A}{S_B} Q_B$
- Débit d'étiage : $Q_{mna5}^A = \left(\frac{S_A}{S_B}\right)^{1,25} Q_{mna5}^B$
- Débit de crue : $Q_x^A = \left(\frac{S_A}{S_B}\right)^m Q_x^B$, m variant de 0,5 à 1.

V ESTIMATION DE LA DEBITANCE DES OUVRAGES

Pour évaluer le débit capable maximum des ouvrages, on utilise la formule de Manning-Strickler :

$$Q = k \cdot R_H^{\frac{1}{3}} \cdot \sqrt{i} \cdot S_m$$

Avec les paramètres suivants :

- Q débit circulant dans l'ouvrage, en m³/s
- k, coefficient de rugosité des parois, sans unité (k=70 pour des ouvrages en béton non rugueux, type béton vibré)
- R_H, rayon hydraulique, rapport entre la section mouillée (m²) et le périmètre mouillé (m)
- i, pente longitudinale de l'ouvrage en m/m
- S_m, section mouillée, en m²

Dans le cas d'une canalisation Béton Armé, pour évaluer son débit capable maximal, on considère un remplissage à 90% de la hauteur disponible et un coefficient de rugosité de 70.

Annexe 8 : Fiches de synthèse hydrologique - Dranse de Montriond

Station de référence :	Dranse Montriond (amont lac)
Période :	2010-11
Superficie BV (km²)	16.56

Débit de Crue (Loi de Gumbel - Septembre/Août)

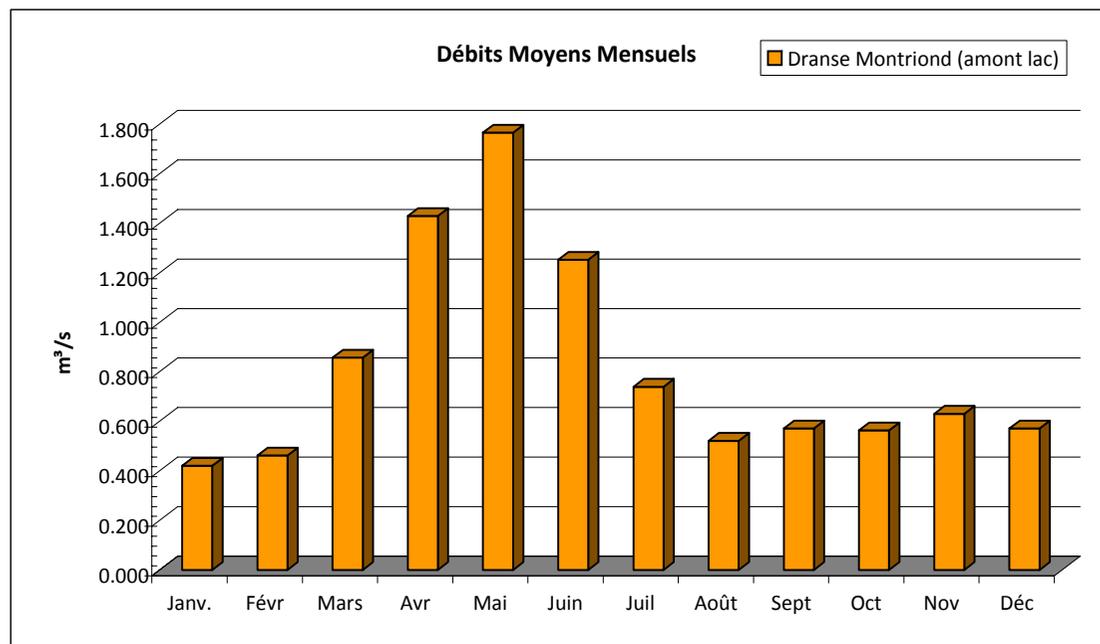
Période	Débit instantané (m ³ /s)	Débit Moyen Journalier (m ³ /s)
2 ans	6.7	3.9
5 ans	8.7	5.1
10 ans	10.0	5.9
20 ans	11.2	6.7
50 ans	12.8	7.6

Débits Moyens Mensuels d'Étiage

Période	Qmna (l/s)
2 ans	229
5 ans	176
10 ans	159

Modules Annuels (Loi Galton - Septembre/Août)

Période	Module (l/s)	Débit réservé (l/s)
Quinquennale sèche	680	82
Module	815	
Quinquennale humide	1000	

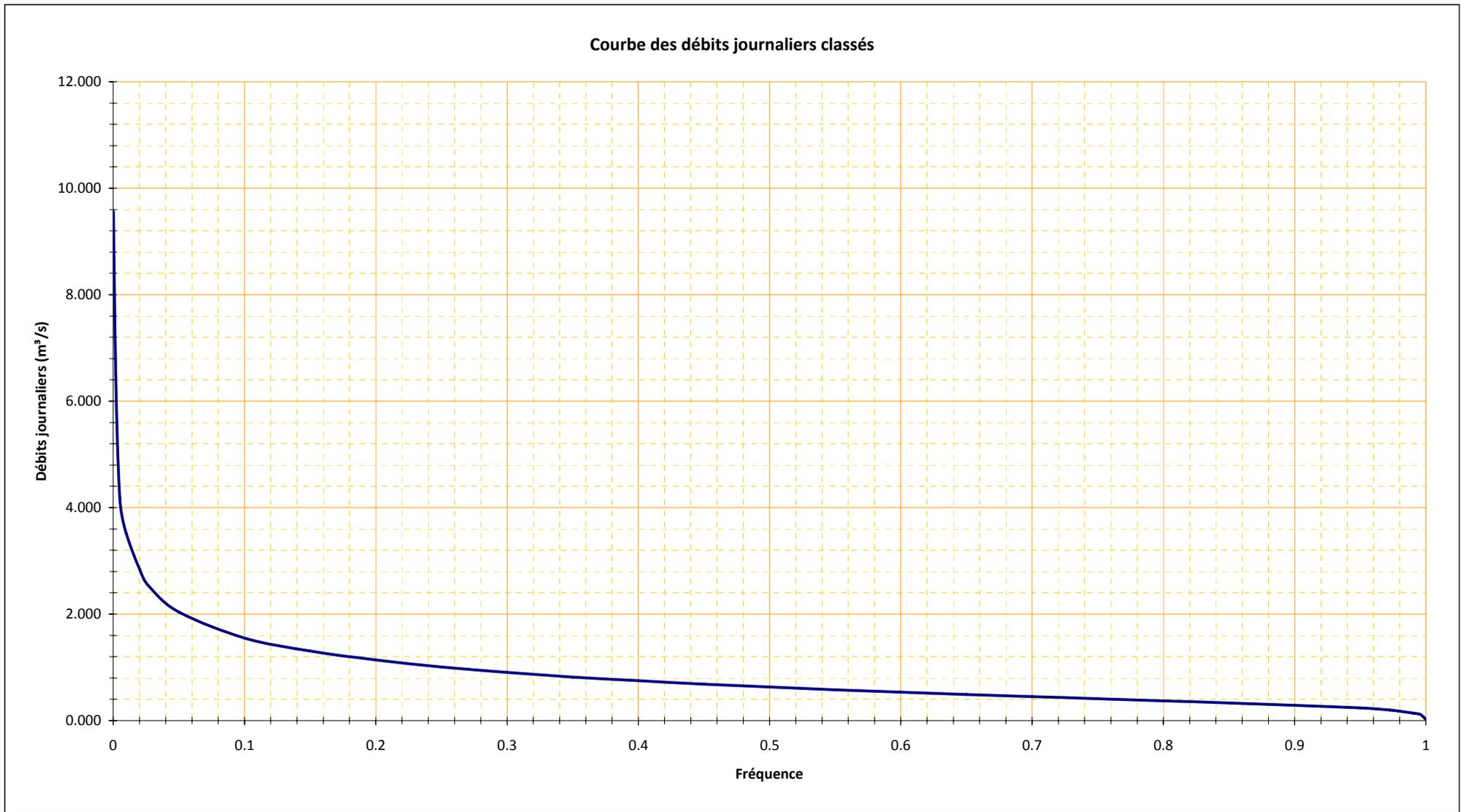


Débits Moyens Mensuels

	Janv.	Févr.	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
Débit (m ³ /s)	0.420	0.462	0.857	1.429	1.765	1.252	0.740	0.521	0.572	0.563	0.630	0.572
Qspéc (l/s/km ²)	25.4	27.9	51.8	86.3	106.6	75.6	44.7	31.5	34.5	34.0	38.1	34.5
Lame d'eau mm	68.0	67.5	138.7	223.7	285.5	196.0	119.6	84.3	89.5	91.1	98.7	92.4

Débits Classés

Fréquence	MAX	0.998	0.995	0.99	0.98	0.9726	0.95	0.9	0.85	0.8	0.75	0.7	0.65	0.6	0.55	
Débit (m ³ /s)	9.560	6.500	4.188	3.516	2.849	2.521	2.040	1.548	1.307	1.137	1.005	0.905	0.819	0.749	0.686	
Fréquence	0.5	0.45	0.4	0.35	0.3	0.25	0.2	0.15	0.1	0.05	0.0274	0.02	0.01	0.005	0.002	MIN
Débit (m ³ /s)	0.630	0.579	0.534	0.492	0.452	0.413	0.373	0.332	0.286	0.237	0.199	0.176	0.141	0.125	0.070	0.020



Station extrapolée :	Dranse Montriond (aval lac)
Période :	-
Superficie BV (km ²)	23.25

Station de référence :	Dranse Montriond (amont lac)
Période :	2010-11
Superficie BV (km ²)	16.56

Débit de Crue (loi de Myer)

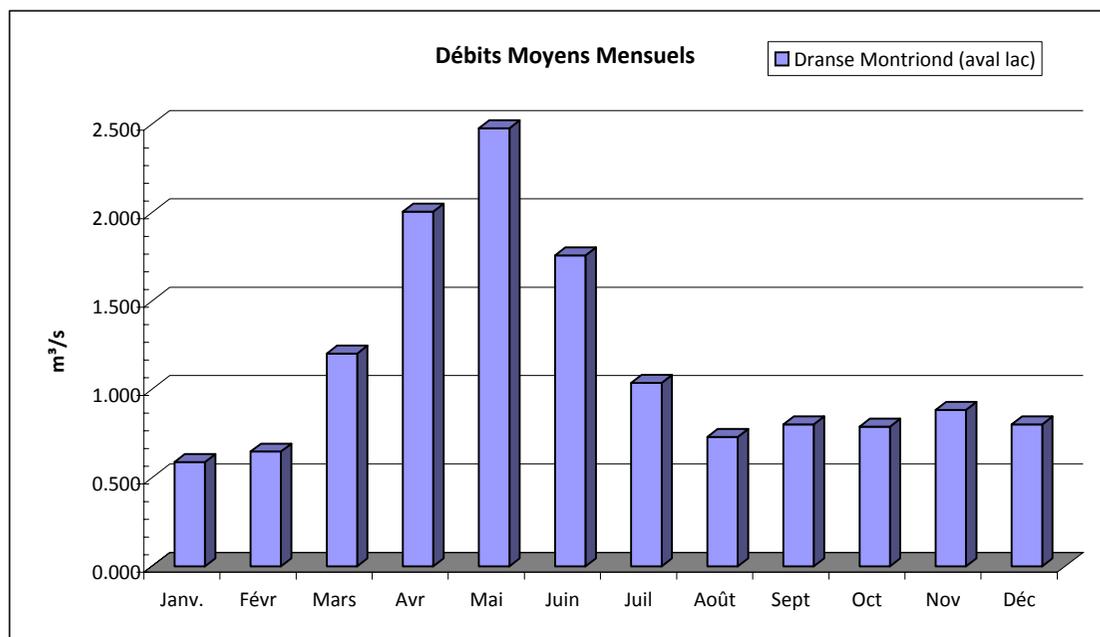
Période	Débit instantané (m ³ /s)	Débit Moyen Journalier (m ³ /s)
2 ans	9.1	5.3
5 ans	11.8	7.0
10 ans	13.6	8.0
20 ans	15.2	9.0
50 ans	17.4	10.4

Débits Moyens Mensuels d'Étiage

Période	Qmna (l/s)
2 ans	322
5 ans	247
10 ans	223

Modules Annuels

Période	Module (l/s)	Débit réservé (l/s)
Quinquennale sèche	955	114
Module	1144	
Quinquennale humide	1404	



Débits Moyens Mensuels

	Janv.	Févr.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
Débit (m ³ /s)	0.590	0.649	1.204	2.006	2.478	1.758	1.039	0.732	0.802	0.791	0.885	0.802
Qspéc (l/s/km ²)	25.4	27.9	51.8	86.3	106.6	75.6	44.7	31.5	34.5	34.0	38.1	34.5
Lame d'eau mm	68.0	67.5	138.7	223.7	285.5	196.0	119.6	84.3	89.5	91.1	98.7	92.4

Débits Classés

Fréquence	MAX	0.998	0.995	0.99	0.98	0.9726	0.95	0.9	0.85	0.8	0.75	0.7	0.65	0.6	0.55	
Débit (m ³ /s)	13.422	9.126	5.879	4.936	4.001	3.539	2.864	2.174	1.836	1.596	1.411	1.271	1.150	1.052	0.964	
Fréquence	0.5	0.45	0.4	0.35	0.3	0.25	0.2	0.15	0.1	0.05	0.0274	0.02	0.01	0.005	0.002	MIN
Débit (m ³ /s)	0.884	0.813	0.749	0.691	0.634	0.579	0.523	0.466	0.402	0.333	0.279	0.247	0.198	0.176	0.098	0.028

