

# ÉTUDE QUANTITATIVE DES EAUX SUPERFICIELLES ET SOUTERRAINES



## PHASE 2 : QUANTIFICATION DES RESSOURCES EXISTANTES



### Sous bassin versant du Sud-ouest lémanique

Rapport • Septembre 2015

Etude AE11-031





# SOMMAIRE

---

---

<b>1</b>	<b>PREAMBULE</b>	<b>10</b>
<b>2</b>	<b>EAUX SUPERFICIELLES</b>	<b>11</b>
	<b>2.1 Objectifs et principes .....</b>	<b>11</b>
	<b>2.2 Détermination des points stratégiques de référence .....</b>	<b>12</b>
	<b>2.3 Collecte et traitement des données débitométriques .....</b>	<b>14</b>
	2.3.1 Recensement des stations de suivi continu et analyse statistique des débits 14	
	2.3.2 Analyse des courbes de tarages des stations DREAL .....	18
	2.3.3 Analyse comparative des stations continues .....	24
	2.3.4 Bilan hydrique .....	25
	2.3.5 Recensement des stations de mesures ponctuelles.....	28
	2.3.6 Campagnes de jaugeages .....	28
	2.3.7 Suivi régulier des débits .....	33
	<b>2.4 Caractérisation de l'étiage au niveau des points de référence .....</b>	<b>41</b>
	2.4.1 Méthodologie .....	41
	2.4.2 Estimation des débits caractéristiques d'étiage pour chacun des points de référence .....	42
	2.4.3 Bilan des résultats obtenus .....	51
	2.4.4 Les limites de la méthode .....	52
	<b>2.5 Reconstitution de l'hydrologie non influencée .....</b>	<b>53</b>
	2.5.1 Description du modèle .....	53
	2.5.2 Conception et interprétation du modèle.....	54
	2.5.3 Estimation des incertitudes .....	75
	2.5.4 Conclusion sur la modélisation.....	75

<b>3</b>	<b>EAUX SOUTERRAINES</b>	<b>76</b>
<b>3.1</b>	<b>Caractérisation des aquifères</b>	<b>76</b>
3.1.1	Les aquifères dans les formations du substratum	77
3.1.2	Les aquifères du quaternaires	77
3.1.3	Conclusions partielles	78
<b>3.2</b>	<b>Dynamique de fonctionnement des hydrosystèmes</b>	<b>79</b>
3.2.1	Les systèmes aquifères liés aux calcaires des Préalpes	79
3.2.2	Les systèmes aquifères liés au Flysch du Vouan (Gurnigel)	85
3.2.3	Les systèmes aquifères liés au quaternaire	90
3.2.4	Synthèse des prélèvements pour l'AEP par ensemble aquifère	123
3.2.5	Etat des lieux des équilibres quantitatifs observés	124



## FIGURES

Figure 1 : Localisation des stations de référence .....	13
Figure 2 : Courbes de tarage de la station du Foron .....	19
Figure 3: Courbes de tarage du Foron sur les débits d'étiage .....	20
Figure 4 : Courbes de tarage de la station du Redon .....	21
Figure 5 : Courbes de tarage du Redon sur les débits d'étiage .....	22
Figure 6 : Débits spécifiques moyens minimaux mensuels (l/s/km <sup>2</sup> ).....	24
Figure 7 : Débits caractéristiques d'étiage par station continue (l/s/km <sup>2</sup> ).....	24
Figure 8 : Résultats des jaugeages - Campagne 1.....	30
Figure 9 : Résultats des jaugeages - Campagne 2.....	31
Figure 10 : Résultats des jaugeages - Campagne 3.....	32
Figure 11 : Représentation des débits jaugés en fonction des mesures enregistrées par la sonde Orpheus Mini (station F4) .....	34
Figure 12 : Représentation des débits jaugés en fonction des mesures enregistrées par la sonde Orpheus Mini (station R4) .....	34
Figure 13 : Exemple de courbe de tarage sur un cours d'eau de faible pente (BENOIST et BIRGAND, 2002).....	35
Figure 14 : Régression polynomiale d'ordre deux des débits jaugés en fonction des hauteurs mesurées (station F4) .....	36
Figure 15 : Régression polynomiale d'ordre deux des débits jaugés en fonction des hauteurs mesurées (station R4) .....	36
Figure 16 : Superposition des 3 régressions polynomiales d'ordre deux testées.....	37
Figure 18 : Corrélation des stations Redon (DREAL) et R4 (suivi continu) .....	39
Figure 19 : Courbe de tarage des débits jaugés en fonction des hauteurs mesurées sur la période du 09/10/2013 au 23/04/2014 (station R4) .....	39
Figure 20 : Chroniques débitométriques des stations F4 et R4 .....	40

Figure 21 : Corrélation des stations F4 (suivi continu) et Foron (DREAL) .....	43
Figure 22 : Synthèse des débits moyens et débits moyens minimaux mensuels à la station de référence F11 .....	46
Figure 23 : Corrélation des stations R4 (suivi continu) et Redon (DREAL) .....	48
Figure 24 : Bilan des débits mensuels minimums d'étiage au niveau des points de référence .	51
Figure 25 : Schéma de la structure du modèle GR2M.....	53
Figure 26 : Impacts des prélèvements et rejets sur le débit du cours d'eau .....	55
Figure 27 : Comparaison des modules influencés et naturels au niveau des stations de référence.....	58
Figure 28 : Comparaison des QMNA5 influencés et naturels au niveau des stations de référence.....	59
Figure 29 : Synthèse des débits naturels reconstitués .....	62
Figure 30 : Courbe des débits observés et simulés sur la période de calage 01/2003 – 01/2007 au niveau de la station DREAL du Foron.....	64
Figure 31 : Courbe des débits observés et simulés sur la période de calage 01/2003 – 01/2004 au niveau de la station DREAL du Foron.....	66
Figure 32 : Courbe des débits observés et simulés (période de validation) correspondant à la période de calage 01/2003-01/2004 au niveau de la station DREAL du Redon.....	68
Figure 35 : Courbes des débits observés et simulés (période de validation) sur la période de calage 01/2003-01/2004.....	71
Figure 37 : Courbes des débits observés et simulés sur la période de calage 06/2003-10/2003 au niveau de la station F11 .....	74
Figure 38 : Carte géologique simplifiée (compilation E. Siwertz 2013) .....	76
Figure 39 : localisation de la source des Moises - extrait de la carte IGN 1/25 000 .....	79
Figure 40 : synoptique des sources des Moises.....	80
Figure 41 : évolution du débit capté aux sources des Moises.....	80
Figure 42 : débits moyens mensuels aux sources des Moises .....	81
Figure 43 : Débits moyens journaliers aux sources des Moises .....	82
Figure 44 : Corrélation pluviométrie/débit exploité aux Moises .....	84
Figure 45 : Localisation des sources du système Flysch.....	86
Figure 46 : Prélèvements annuels dans le Flysch du Vouan .....	88
Figure 47 : Répartition mensuelle des prélèvements (sources du Flysch) .....	88
Figure 47b : Débits moyens mensuels des sources Marcy et Gros Perrier.....	89

Figure 48 : Carte générale de la nappe des graviers (Zone Draillant – Bons) .....	92
Figure 49 : Carte générale de la nappe des graviers (Zone Margencel - Chens sur Léman.....	93
Figure 50 : Profil BEGG au droit du forage de Draillant.....	94
Figure 51 : Panneau électrique n°3 (Etude Draillant - RDA74, 1999) .....	94
Figure 52 : Carte hydrogéologique du secteur de Draillant-source de l'Ecole.....	95
Figure 53 : Evolution des prélèvements à Draillant et à la source de l'Ecole .....	96
Figure 54 : Répartition dans l'année des prélèvements à la source de l'Ecole .....	96
Figure 55 : Evolution des prélèvements et trop-plein à la source de l'Ecole à l'échelle de la semaine .....	97
Figure 56 : Comparaison Pratquemont - source de l'Ecole.....	97
Figure 57 : Extrait du panneau 2 (étude Draillant - RDA74).....	98
Figure 58: Coupe géologique simplifiée des forages de Draillant et de Maugny.....	99
Figure 59 : Evolution du niveau de la nappe et des pompages à Draillant (source SIEM - RDA74) .....	100
Figure 60 : Relation niveau de nappe-pompage journalier à Draillant .....	101
Figure 61 : Pompage de 1999 sur le puits de Draillant (source E. Siwertz) .....	102
Figure 62 : Evolution du niveau de la nappe avant, pendant et après l'essai de 1999 (source SIEM) .....	102
Figure 63 : Niveau dynamique et pseudo-statique en 2001 (source SIEM) .....	103
Figure 64 : Comparaison des niveaux à Trossy-Charmois et Draillant (source RDA74 - E. Siwertz) .....	104
Figure 65 : Zone Perrignier-Brenthonne .....	105
Figure 66 : Coupe simplifiée des forages dans la zone Perrignier - Brenthonne .....	106
Figure 67 : Coupe simplifiée des forages dans la zone des Contamines (source étude RDA74 modifiée) .....	107
Figure 68 : Production de la zone de captage des Contamines.....	108
Figure 69 : Relation entre le débit du ru de la Gorge avec le pompage de Contamines .....	108
Figure 70 : Carte hydrogéologique détaillée de la zone Fessy-Lully.....	109
Figure 71 : Evolution du niveau de la nappe des Contamines en fonction des pompages (rapport RDA74).....	110
Figure 72 : Coupe simplifiée du forage ZI Bracot .....	111
Figure 73 : Profil géophysique de 1973 (étude CPGF 1146b) .....	112

Figure 74 : Carte détaillée de la zone de Bons .....	112
Figure 75 : Production du puits de Saint Didier (source Agence de l'Eau - Syndicat) .....	113
Figure 76 : Production mensuelle à St. Didier en 2011.....	113
Figure 77 : Carte de la nappe Anthy -Margencel .....	116
Figure 78 : Carte de la nappe Massongy - Douvaine.....	117
Figure 79 : Coupe du Puits de Pré Chappuis .....	118
Figure 80 : Production annuelle à Pré Chappuis .....	118
Figure 81 : Production de Pré Chappuis (2001-2012) .....	119
Figure 82 : Evolution des niveaux sur la nappe de Pré Chappuis.....	120
Figure 83 : Carte géologique simplifiée avec les tracés proposés pour les structures profondes .....	122
Figure 85 : Analyse des écoulements dans la partie ouest (Bassin du Foron amont).....	129
Figure 87 : Analyse des écoulements.....	134

## TABLEAUX

Tableau 1 : Fiabilité des stations hydrométriques disponibles .....	14
Tableau 2 : Liste des stations hydrométriques françaises .....	15
Tableau 3 : Caractéristiques de la station hydrométrique suisse .....	17
Tableau 4 : Bilan hydrique (2003-2012) au niveau de la station DREAL du Foron .....	26
Tableau 5 : Bilan hydrique (2003-2012) au niveau de la station DREAL du Redon .....	26
Tableau 6 : Bilan hydrique (juin 2008-décembre 2012) au niveau de la station SECOE de l'Hermance .....	27
Tableau 8 : Pluviométrie 2013 de la station INRA de Thonon .....	29
Tableau 9 : Mesures ponctuelles de débits au niveau de la station F4 .....	34
Tableau 10 : Mesures ponctuelles de débits au niveau de la station R4 .....	34
Tableau 12 : Débits spécifiques caractéristiques d'étiage .....	45
Tableau 13 : Débits moyens minimaux mensuels (m3/s) .....	45
Tableau 14 : Comparaison des QMNA5 des stations de mesure en continu .....	54
Tableau 15 : Ajustement des données annuelles des prélèvements AEP aux sources (exemple pour le Foron, sur l'année 2005) .....	57
Tableau 16 : Débits influencés et naturels caractéristiques d'étiage aux stations Hermance et Vion .....	59
Tableau 17 : Débits influencés et naturels caractéristiques d'étiage aux stations L1 et F4 .....	59
Tableau 19 : Débits influencés et naturels caractéristiques d'étiage aux stations R4 et R7 .....	60
Tableau 21 : Ecart entre les QMNA5 et les modules influencés et naturels reconstitués .....	60
Tableau 22 : Critères d'efficacité sur la période de calage 01/2003 - 01/2007 du modèle GR2M .....	64
Tableau 23 : Critères d'efficacité sur la période de calage 01/2003 - 01/2005 du modèle GR2M .....	65

Tableau 24 : Critères d'efficacité sur la période de calage 01/2003 - 01/2004 du modèle GR2M .....	65
Tableau 26 : Critères d'efficacité de la période de validation correspondant à la période de calage 01/2003 - 01/2005 du modèle GR2M .....	67
Tableau 28 : Critères d'efficacité (calage et validation) correspondant à la période de calage 01/2003-01/2007 .....	70
Tableau 29 : Critères d'efficacité (calage et validation) correspondant à la période de calage 01/2003-01/2005 .....	70
Tableau 30 : Critères d'efficacité (calage et validation) correspondant à la période de calage 01/2003-01/2004 .....	70
Tableau 31 : Critères d'efficacité (calage et validation) correspondant à la période de calage 06/2003-10/2006 .....	72
Tableau 32 : Critères d'efficacité (calage et validation) correspondant à la période de calage 06/2003-10/2004 .....	72
Tableau 33 : Critères d'efficacité (calage et validation) correspondant à la période de calage 06/2003-10/2003 .....	72
Tableau 34 : Zones humides concernées.....	136

## ANNEXES

---

---

Annexe A : Bilan des prélèvements et rejets par sous-bassins

Annexe B : Résultats des mesures de jaugeages

Annexe C : Courbes de corrélation pour la reconstitution des chroniques de débits des stations de référence

Annexe D : Schématisation des prélèvements et rejets anthropiques par sous-bassins versants

Annexe E : Détail des données utilisées pour la reconstitution des débits naturels

# 1

## Préambule

---

La phase 2 de l'étude quantitative des eaux superficielles et souterraines du bassin versant sud-ouest lémanique a pour objectif de quantifier la ressource en eau, d'apporter un regard critique de ces données et de définir l'impact des prélèvements. Pour ce faire, le fonctionnement hydrologique du bassin versant sera analysé principalement sur les débits / hydrologie d'étiage afin de réaliser un bilan volumique sur les zones d'études et de déterminer les secteurs en déséquilibre.

La phase 2 vise également à établir des débits caractéristiques d'étiage sur les points de suivis à enjeux (points de référence, proposés en fin de rapport Phase 1). L'analyse des prélèvements et des rejets permettra la reconstitution de l'hydrologie non influencée à ces points de référence. Cette reconstitution des débits naturels sera également complétée par des modélisations pluies-débits aux pas de temps mensuel, sur une période de 10 ans (2003-2012) pour laquelle l'ensemble des données relatives aux débits, à la climatologie, aux pressions sont disponibles.

Par ailleurs, durant la phase 2, des campagnes de jaugeages ont été réalisées en étiage estival et en moyennes eaux afin de compléter l'état de connaissance hydrologique des cours d'eau du bassin et d'apporter des données supplémentaires nécessaires au calage des modèles pluies-débits.

Après avoir explicité les principes de cette deuxième phase et les étapes pour recueillir les données hydrologiques, le rapport présentera les méthodes d'estimation de la ressource sur chacun des points de référence et un bilan incluant les résultats des modélisations.



## 2

# Eaux superficielles

---

## 2.1 Objectifs et principes

Les objectifs de cette 2<sup>ème</sup> phase sont :

- ✓ La validation des points stratégiques de référence établis à partir du diagnostic de la ressource et des enjeux de pression effectué au cours de la phase 1
- ✓ La caractérisation de l'étiage au niveau des points de référence (stations stratégiques et complémentaires)
- ✓ La reconstitution de l'hydrologie non influencée, en particulier par modélisation pluies-débits.

Un bilan volumique est établi à partir des données débitométriques au pas de temps journalier, recueillies sur la période 2002-2012. Ces données sont issues de 4 stations de mesures en continue établies sur le territoire du SYMASOL. Les mesures de débits ponctuelles réalisées lors d'études antérieures sont également recensées sur le bassin versant et complétées par des jaugeages ponctuels réalisés dans le cadre de l'étude (1 campagne de moyennes eaux et 2 campagnes d'étiage).

Les débits caractéristiques d'étiage aux points de référence sont établis en corrélant les données issues des stations de mesures continues avec celles des stations de mesures ponctuelles, situées au droit ou à proximité immédiate des points de référence étudiés.

La reconstitution des débits naturels par modélisation pluies-débits permet d'évaluer les impacts des prélèvements sur la ressource en eau. Une modélisation hydrologique a été réalisée à un pas de temps mensuel. Il s'agit d'une modélisation conceptuelle « simple » basée sur la représentation du bassin par deux réservoirs principaux :

- ✓ un réservoir de production
- ✓ un réservoir pour le transfert du ruissellement.

La modélisation fait par ailleurs l'hypothèse de l'invariance du fonctionnement hydrologique, c'est-à-dire que l'on suppose que les bassins versants gardent les mêmes propriétés hydrologiques générales au cours du temps.

Les données climatiques (pluviométrie, température et évapotranspiration) ont été récupérées sur une période de 10 ans (2003-2012), afin de caler au mieux le modèle.

## 2.2 Détermination des points stratégiques de référence

Les points stratégiques de référence ont été définis pour certaines zones délimitées dans le SDAGE Rhône Méditerranée. Leur rôle est d'assurer à l'échelle du sous-bassin superficiel ou de masse d'eau souterraine, un suivi des objectifs de bon état et de permettre le pilotage des actions de restauration de l'équilibre quantitatif.

Sur le territoire du Sud-ouest Lémanique, aucune station de référence n'a été définie par le SDAGE. Les points de référence ont donc été déterminés à partir du diagnostic et des enjeux identifiés aux niveaux des différents points de jaugeages proposés (voir rapport de phase 1). Le tableau récapitulant les enjeux est disponible en annexe A.

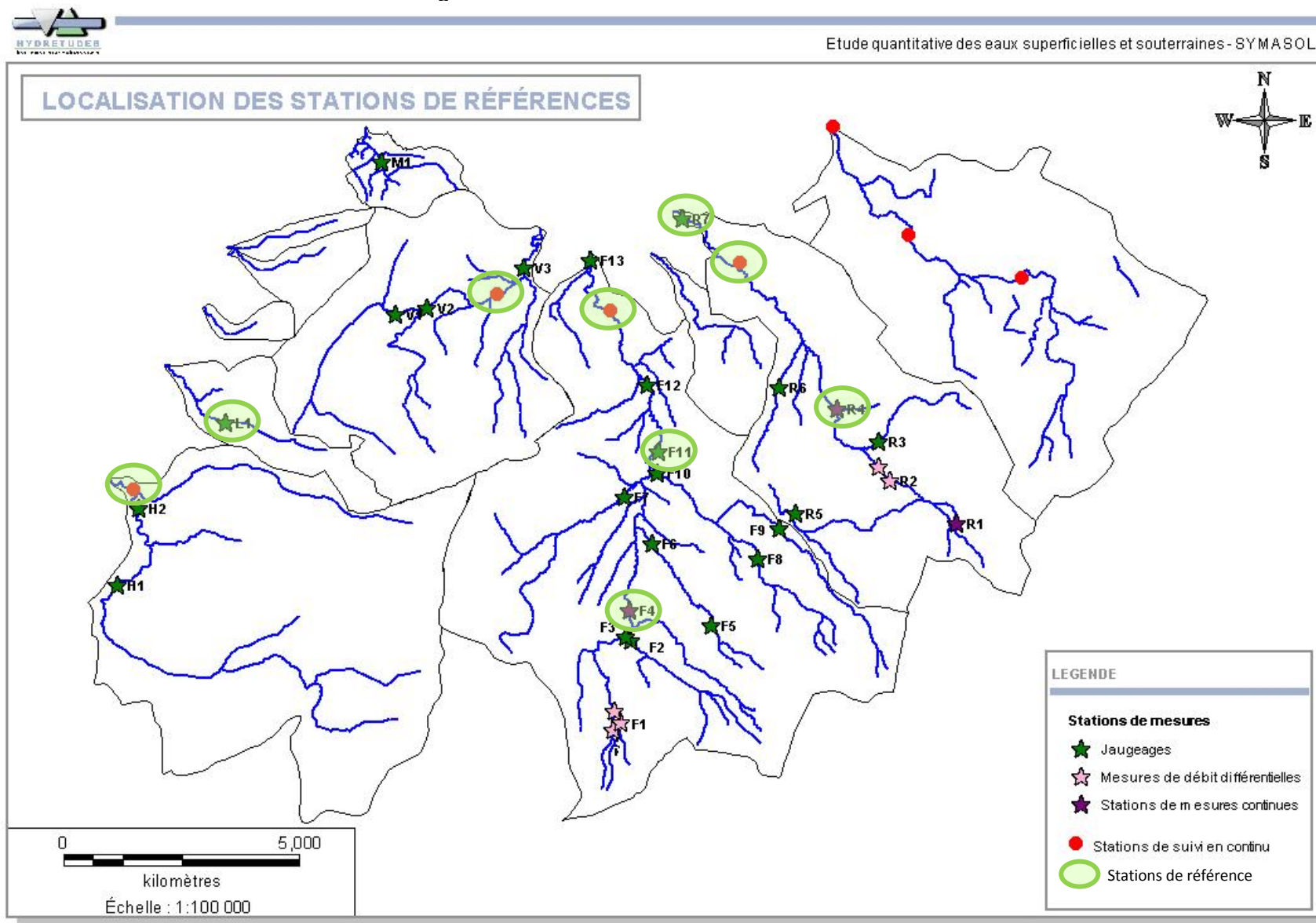
La pertinence des points de référence retenus a été analysée sur la base :

- du diagnostic de bassin réalisé dans la phase 1 et qui a permis de faire le point sur le fonctionnement hydrologique du bassin et sur les enjeux en termes d'usage de la ressource en eau, d'enjeux biologiques et de situations de déséquilibres hydrologiques éventuels des cours d'eau ;
- d'une reconnaissance de terrain effectuée courant l'été 2012 et au cours de laquelle l'ensemble des bassins a été reconnu.

Les 9 points de références retenus, localisés sur la carte en page suivante, sont situés sur :

- L'Hermance, sur le point de suivi en continu du Canton de Genève : sa position en clôture de bassin en fait un point nodal hydrologique intéressant.
- Les Léchères, au niveau du pont du Tanoz (L1).
- Le Vion, sur le point de suivi du SYMASOL : sa position à la confluence des ruisseaux des Bachères et du Plomb en fait un point nodal hydrologique intéressant.
- Le Foron, en aval de la confluence de la Folle, Creusiaz et Pisse-Vache (F4) : de part sa position, il s'agit d'un point nodal hydrologique.
- Le Foron, en aval de la confluence du ruisseau de la Gorge (F11) : ce point nodal hydrologique permettra d'analyser les éventuelles pressions des usages de l'eau.
- Le Foron, sur le point de suivi de la DREAL : il s'agit d'un point nodal hydrologique intéressant (encadrement des confluences des affluents de la forêt de Planbois) et sa position en aval du bassin permettra d'analyser les pressions des usages de l'eau à l'échelle du bassin.
- Le Redon, au niveau du Moulin Pendant (R4) : sa position en amont des confluences avec les Vernes et la Gurnaz permettra de comparer et d'identifier les éventuelles pressions des usages de l'eau.
- Le Redon, sur le point de suivi de la DREAL : il s'agit d'un point nodal intéressant situé en aval de l'ensemble des affluents du Redon.
- Le Redon, au niveau de sa confluence dans le Lac Léman (R7) : sa position en clôture de bassin en fait un point nodal hydrologique intéressant qui permettra d'analyser les pressions des usages de l'eau à l'échelle du bassin.

Figure 1 : Localisation des stations de référence



## 2.3 Collecte et traitement des données débitmétriques

Le territoire d'étude étant transfrontalier, le recensement et l'analyse des données suisses et françaises se sont fait séparément. En effet, les débits caractéristiques n'étant pas les mêmes en Suisse, ces données ont été adaptées aux débits de référence français.

### 2.3.1 Recensement des stations de suivi continu et analyse statistique des débits

Sur le territoire du bassin sud ouest lémanique, il existe 7 stations de suivi continu au pas de temps journalier dont 6 situées en France et 1 située en Suisse. Les données ont été récupérées sur toute leur période de mesures.

La première analyse des données brutes permet de s'assurer de la fiabilité des stations : les années incomplètes et les données douteuses ont été signalées par leurs gestionnaires. Cette analyse est résumée dans le tableau ci-après.

Stations continues	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991
Redon			i						i									i			
Foron					i				i									i			

Stations continues	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Redon																					
Foron											i										
Hermance																	i				
Vion																					i
Pamphiot Pont de Péry									i												
Pamphiot Chignens									i												
Pamphiot Corzent									i												

i : année incomplète

 données disponibles validées

 données disponibles douteuses

Tableau 1 : Fiabilité des stations hydrométriques disponibles

### 2.3.1.1 Réseau français

Sur la partie française du bassin sud-ouest lémanique, seules les deux stations de suivi continu, gérées par la DREAL, sont prises en compte. Les données sont disponibles sur le site internet de la Banque Nationale de Données pour l'Hydrométrie et l'Hydrologie, Banque HYDRO (base de données du Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable, des Transports et du Logement, [www.hydro.eaufrance.fr](http://www.hydro.eaufrance.fr)). Ce site rassemble toutes les informations relatives à ces stations et propose une synthèse hydrologique sommaire pour chaque station. Les débits caractéristiques d'étiage sont déjà calculés et validés par les services de l'Etat.

Les stations hydrométriques concernées sont les suivantes :

Nom station	Code station	Surface BV (km <sup>2</sup> )	Coordonnées Lambert II étendu	
			X	Y
Redon à Margencel	V0345210	28.8	913899	2156944
Foron à Sciez	V0355010	53.2	911286	2155818

Tableau 2 : Liste des stations hydrométriques françaises

La station du Vion, gérée par le SYMASOL, se situe sur la limite entre les communes de Sciez et d'Excenevex. Cette station étant très récente (mise en fonctionnement le 24/07/2012), elle ne peut faire l'objet d'analyses statistiques permettant d'évaluer les débits caractéristiques du cours d'eau.

Par ailleurs, la ville de Thonon-les-Bains possède trois stations de suivi de mesures sur le cours d'eau du Pamphiot. Le bassin versant du Pamphiot faisant l'objet d'une étude spécifique, ces stations ne seront pas présentées dans la suite du présent rapport.

Les analyses statistiques ci-après font référence à la gamme de débits caractéristiques énoncés dans le CCTP soit :

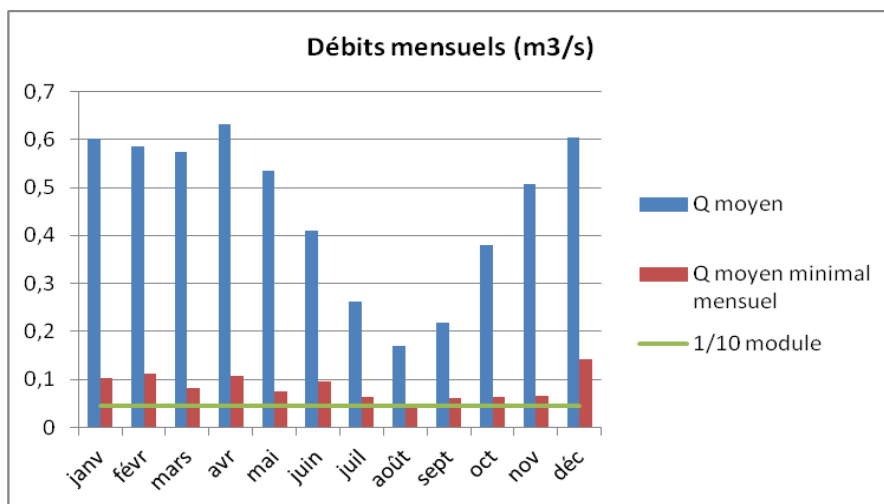
- Le Q moyen minimal : Débit Mensuel Minimal d'une Année hydrologique
- QMNA2 et QMNA5 : Débit Mensuel Minimal Annuel ayant une période de retour de 2 ou 5 ans
- VCN3 et VCN10 : Débit Moyen Minimum sur 3 ou 10 jours consécutifs sur une année hydrologique
- VCN10 (2), VCN3 (2) et VCN3 (5) : Débit Moyen minimum sur 3 ou 10 jours consécutifs ayant une période de retour de 2 ou 5 ans.
- Dixième et vingtième du module : dixième ou vingtième du débit moyen calculé sur toute la chronologie disponible.

L'analyse statistique pour la détermination de ces débits au niveau des stations hydrométriques françaises, présentée ci-après, est tirée directement de la Banque HYDRO. Pour information, l'analyse statistique a été réalisée selon la loi de Galton ou loi log-normale pour le calcul des QMNA et VCN ayant une période de retour de 2 et 5 ans. Cette loi se base sur la transformation logarithmique des données et le calcul de paramètres associés (moyenne, écart-type, fréquence et probabilité de non dépassement).

## Le Redon à Margencel

L'analyse statistique est réalisée sur la période du 01/01/1971 au 31/12/2012.

	m <sup>3</sup> /s	L/s/km <sup>2</sup>
Q moyen minimal	0.050	1,728
QMNA 2	0.112	3,900
QMNA 5	0.080	2,779
VCN 10	0.014	0,482
VCN 10 (2)	0.077	2,654
VCN 10 (5)	0.053	1,832
VCN 3	0.014	0,475
VCN 3 (2)	0.068	2,363
VCN 3 (5)	0.047	1,620
1/10 module	0.046	1,582
1/20 module	0.023	0,791

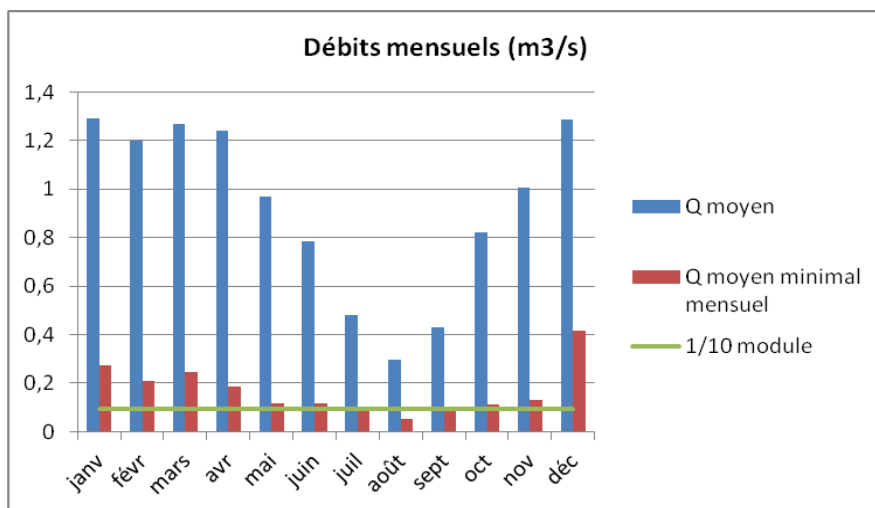


	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	Annuel	
													m3/s	l/s/km <sup>2</sup>
Q moyen (m <sup>3</sup> /s)	0.602	0.585	0.575	0.632	0.535	0.409	0.263	0.170	0.218	0.379	0.507	0.605	0.457	15.857
Q moyen minimal mensuel (m <sup>3</sup> /s)	0.102	0.112	0.082	0.107	0.074	0.097	0.064	0.050	0.061	0.063	0.066	0.142	0.050	1.735

## Le Foron à Sciez

L'analyse statistique est réalisée sur la période du 01/01/1971 au 31/12/2012.

	m <sup>3</sup> /s	L/s/km <sup>2</sup>
Q moyen minimal	0.054	1,019
QMNA 2	0.169	3,172
QMNA 5	0.108	2,035
VCN 10	0.041	0,777
VCN 10 (2)	0.113	2,127
VCN 10 (5)	0.076	1,422
VCN 3	0.038	0,709
VCN 3 (2)	0.099	1,867
VCN 3 (5)	0.064	1,200
1/10 module	0.092	1,736
1/20 module	0.046	0,867



	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	Annuel	
													m3/s	l/s/km <sup>2</sup>
Q moyen (m <sup>3</sup> /s)	1.293	1.200	1.268	1.240	0.969	0.784	0.482	0.297	0.431	0.823	1.008	1.285	0.923	17.356
Q moyen minimal mensuel (m <sup>3</sup> /s)	0.275	0.209	0.246	0.185	0.119	0.118	0.087	0.054	0.096	0.113	0.132	0.415	0.054	1.015



### 2.3.1.2 Réseau Suisse

En Suisse, nous utilisons une station de suivi en continu gérée par la SECOE (Service de l'Ecologie de l'Eau, Canton de Genève). Cette station est récente puisque le début des mesures date du 21 mai 2008.

Nom station	Code station	Surface BV (km <sup>2</sup> )	Coordonnées	
			X	Y
Hermance	HE	41.8	508 192	128 616

Tableau 3 : Caractéristiques de la station hydrométrique suisse

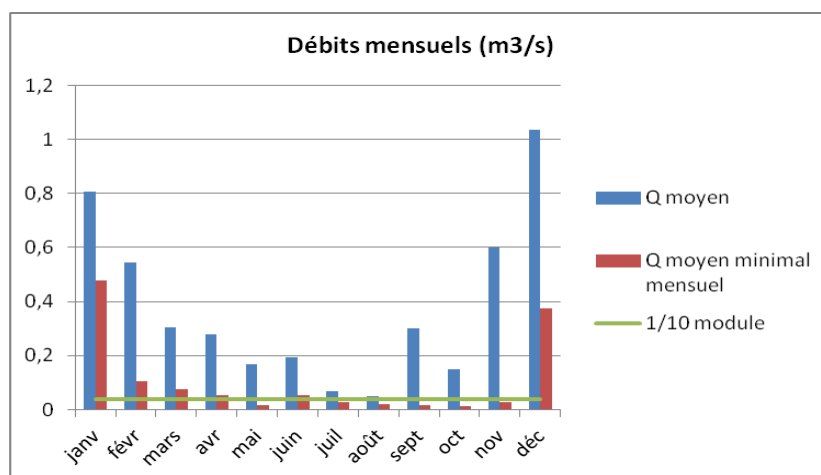
Comme indiqué précédemment, les débits caractéristiques d'étiage suisses sont différents de ceux français. Par exemple, le Q moyen minimal est remplacé par un débit très proche appelé le Q347. Ce dernier est défini comme « le débit d'un cours d'eau atteint ou dépassé pendant 347 jours par année, dont la moyenne est calculée sur une période de dix ans et qui n'est pas influencé sensiblement par des retenues, des prélèvements ou des apports d'eau ».

Pour être certain de comparer les mêmes débits caractéristiques, nous avons analysé les chroniques de débits de la SECOE pour déterminer statistiquement les débits de référence selon les normes françaises, conformément aux attentes énoncées dans le CCTP.

Dans un premier temps, le Q moyen minimal et les VCN3 et 10 ont été calculés. Ensuite, une analyse statistique selon la loi de Galton ou loi log-normale a été réalisée pour le calcul des QMNA et VCN ayant une période de retour de 2 et 5 ans, conformément à l'analyse réalisée pour les stations de la Banque HYDRO.

Vous trouverez ci-dessous les résultats de l'analyse statistique réalisée sur la période du 21/05/2008 au 31/12/2012.

	m <sup>3</sup> /s	L/s/km <sup>2</sup>
Q moyen minimal	0,011	0,263
QMNA 2	0,025	0,598
QMNA 5	0,012	0,287
VCN 10	0,006	0,153
VCN 10 (2)	0,010	0,239
VCN 10 (5)	0,008	0,191
VCN 3	0,006	0,143
VCN 3 (2)	0,009	0,215
VCN 3 (5)	0,007	0,167
1/10 module	0,037	0,885
1/20 module	0,018	0,430



	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	Annuel	
													m3/s	l/s/km <sup>2</sup>
Q moyen (m <sup>3</sup> /s)	0,807	0,545	0,306	0,279	0,169	0,192	0,069	0,049	0,299	0,149	0,601	1,034	0,375	8,967
Q moyen minimal mensuel (m <sup>3</sup> /s)	0,477	0,106	0,074	0,052	0,016	0,055	0,028	0,02	0,018	0,011	0,029	0,374	0,011	0,263

### 2.3.2 Analyse des courbes de tarages des stations DREAL

Les stations du Redon et du Foron sont paramétrées par la DREAL pour fournir des mesures de hauteur d'eau en continu. Une transcription de ces données en termes de débits est effectuée via une courbe de tarage (relation hauteur – débit en un point donné).

La courbe de tarage est établie par les services de la DREAL et est réajustée au fil du temps. L'analyse de l'évolution de ces courbes de tarage permet de mieux appréhender la fiabilité des mesures. Les différentes courbes de tarages sont visibles ci-après. Les débits d'étiage étant particulièrement intéressants dans le cadre de cette étude, un zoom sur les bas débits a également été réalisé pour ces courbes de tarage.

Les numéros des courbes correspondent aux dates de validités suivantes :

- Pour le Foron :
  - Courbe n°H1 valide du 29/06/1973 00:00 au 24/01/1978 00:00
  - Courbe n°H2 valide du 24/01/1978 19:00 au 09/07/1980 00:00
  - Courbe n°H3 valide du 09/07/1980 00:00 au 17/11/1992 00:00
  - Courbe n°H4 valide du 04/01/2001 12:00 au 08/09/2003 00:00
  - Courbe n°H5 valide du 08/09/2003 00:00 au 13/01/2004 00:00
  - Courbe n°H6 valide du 13/01/2004 00:00 au 13/02/2005 00:00
  - Courbe n°H7 valide du 13/02/2005 00:00 au 31/12/2050 00:00
- Pour le Redon
  - Courbe n°H1 valide du 28/03/1972 00:00 au 10/09/1993 00:00
  - Courbe n°H2 valide du 10/09/1993 00:00 au 13/03/2001 00:00
  - Courbe n°H3 valide du 13/03/2001 00:00 au 31/12/2050 00:00. Pour cette courbe, il est observé une interaction importante entre la nappe d'accompagnement et la rivière en moyennes eaux : d'où une incertitude de débit entre 25 et 35 cm à l'échelle après une période sèche (*source : DREAL*).

Aucune information ne nous a été transmise concernant le choix des périodes de validités d'une courbe de tarage.



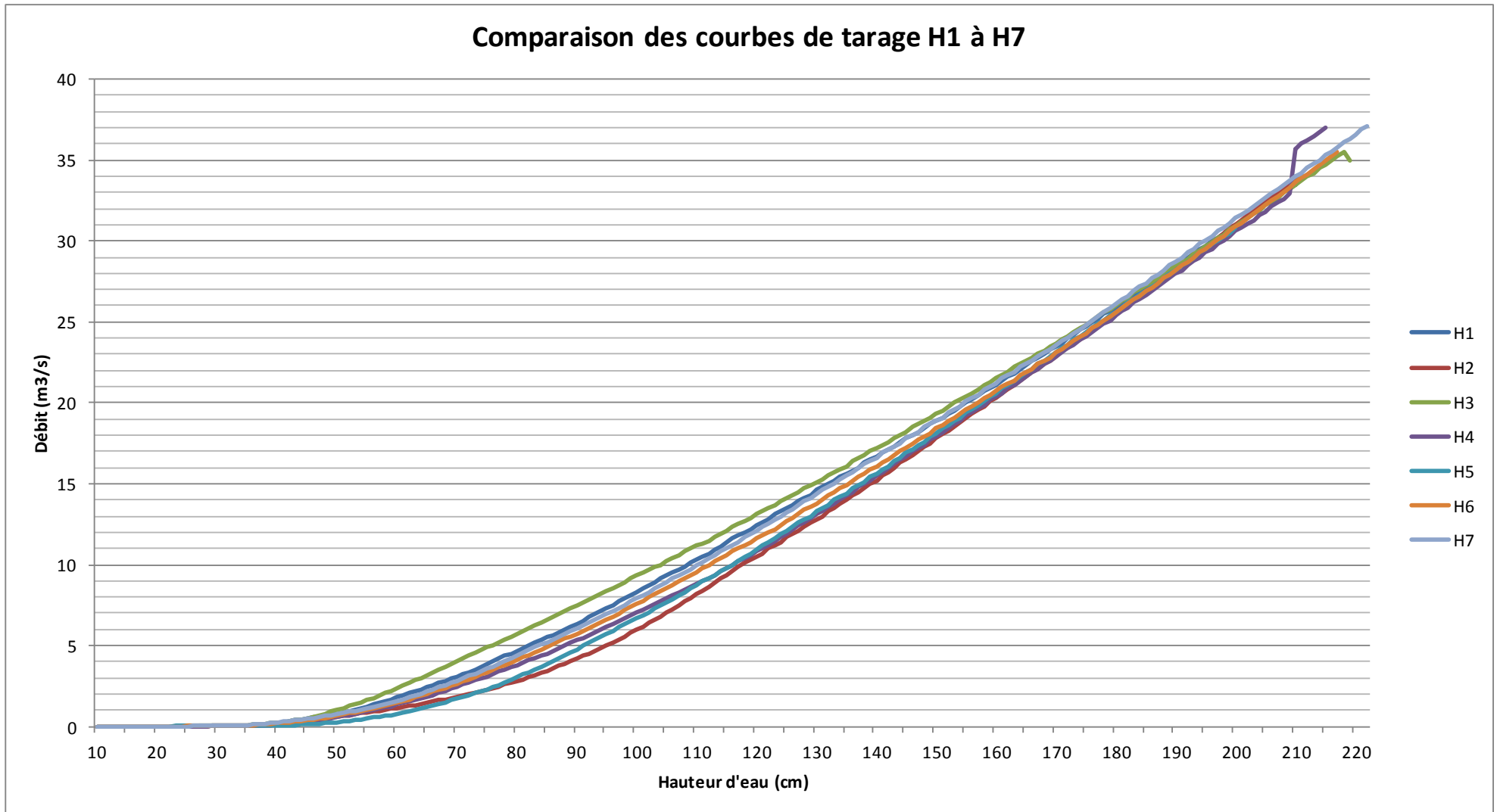


Figure 2 : Courbes de tarage de la station du Foron

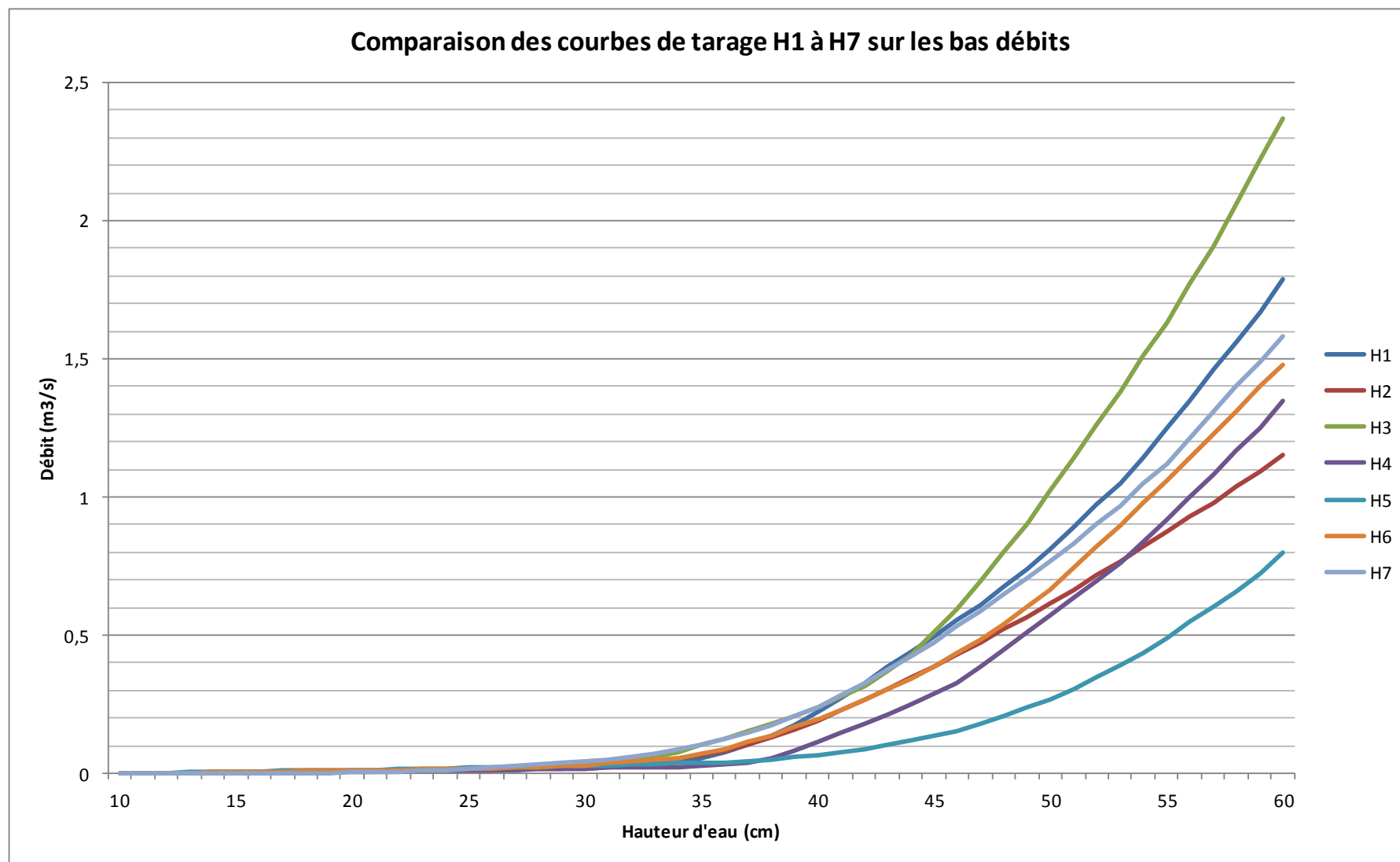


Figure 3: Courbes de tarage du Foron sur les débits d'été

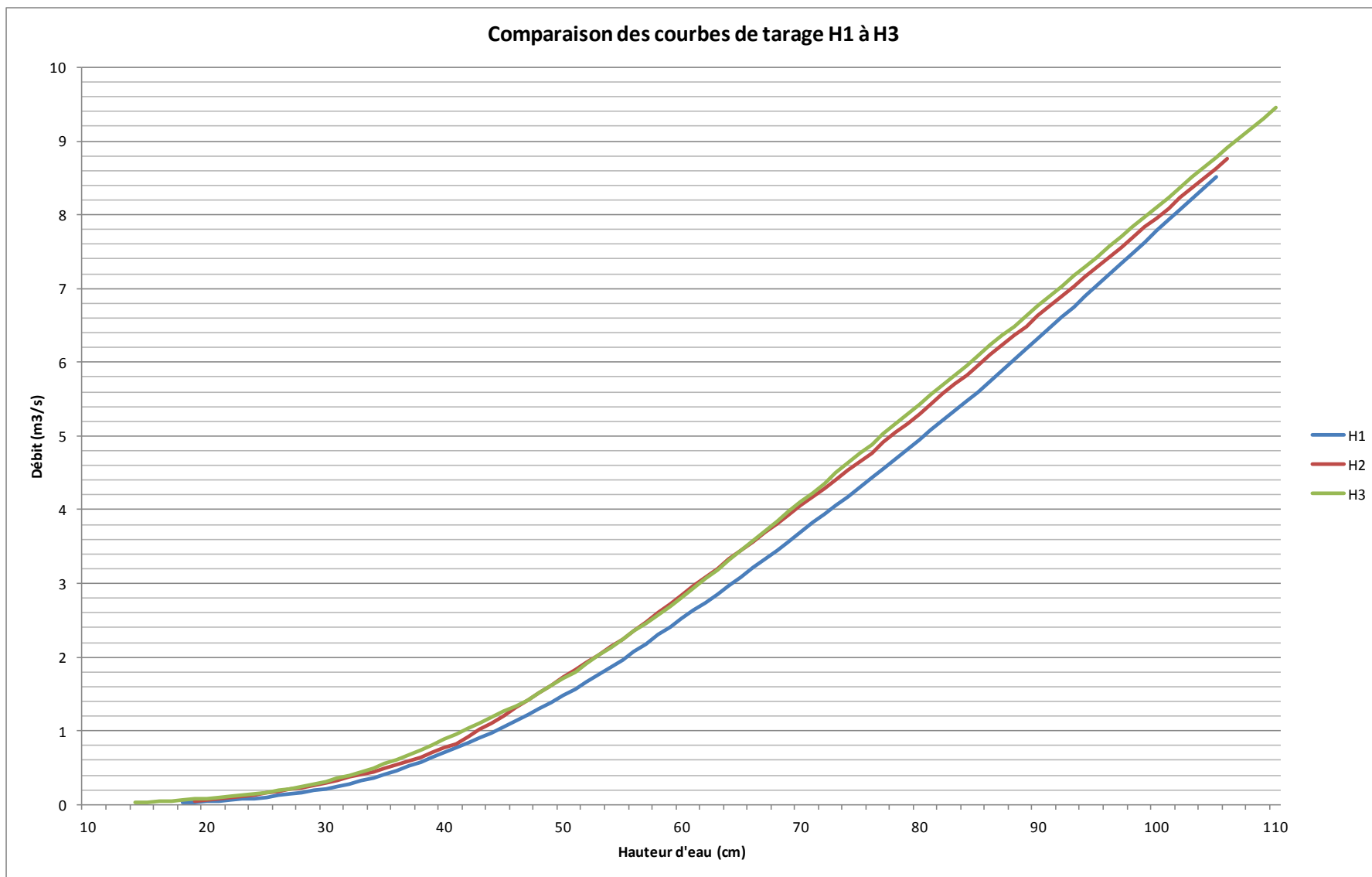


Figure 4 : Courbes de tarage de la station du Redon

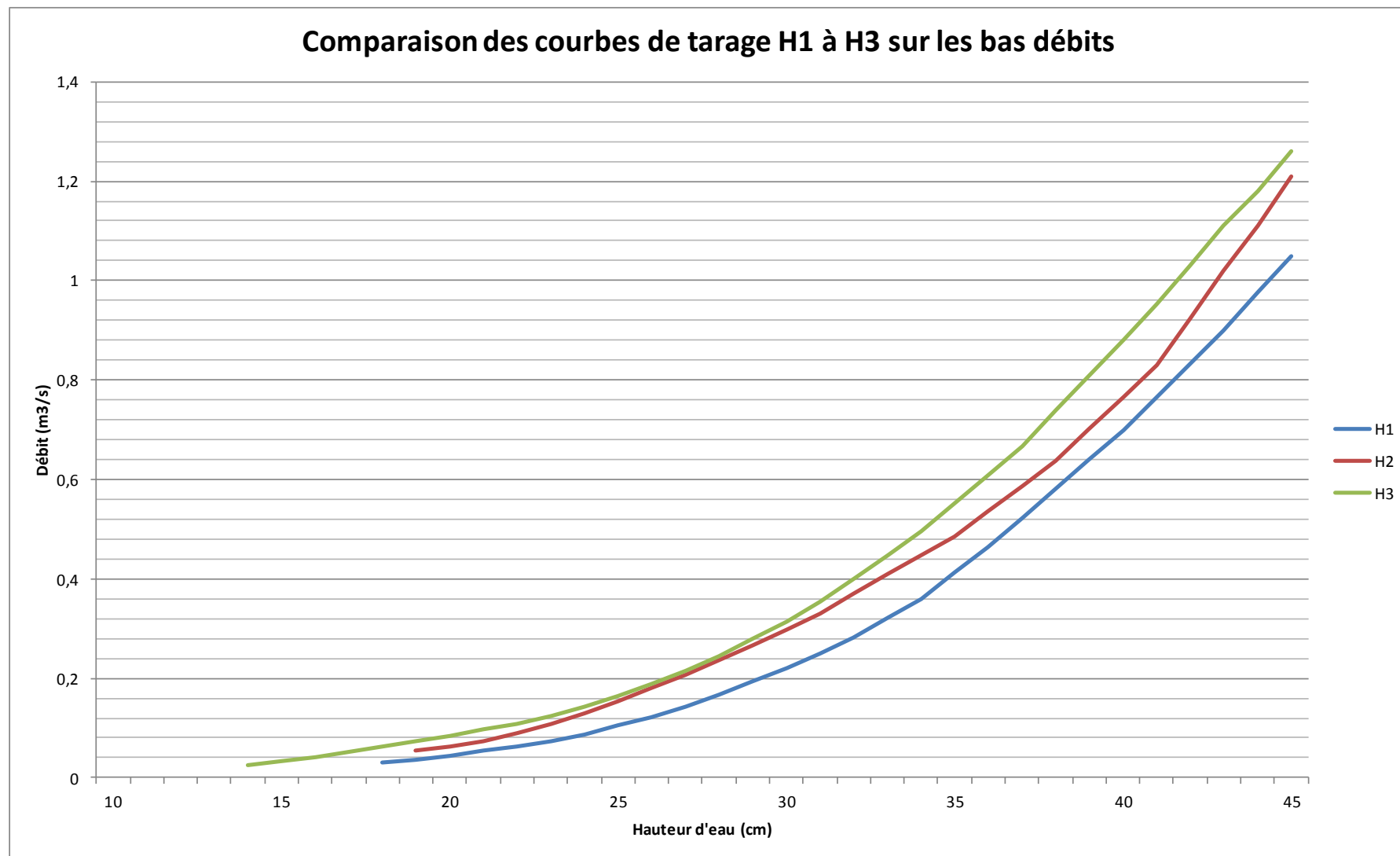


Figure 5 : Courbes de tarage du Redon sur les débits d'étiage

Les figures ci-avant montrent une évolution non négligeable entre les réajustements des courbes de tarage. L'agrandissement sur les petites hauteurs d'eau met en évidence des écarts assez importants entre les premières courbes et celles actuellement utilisées.

En complément de cette analyse, une comparaison des débits pour deux hauteurs d'eau a été faite :

- Pour le Foron :

Numéro de la courbe	Débit (m3/s) pour H = 113 cm	Ecart par rapport à H7 (Q = 10.6 m3/s)
H1	10.9	+ 2.8 %
H2	8.9	- 16.0 %
H3	11.7	+ 10.4 %
H4	9.38	- 11.5%
H5	9.38	- 11.5 %
H6	10.2	- 3.8 %

Numéro de la courbe	Débit (m3/s) pour H = 36 cm	Ecart par rapport à H7 (Q = 0.123 m3/s)
H1	0.076	- 38.2 %
H2	0.084	- 31.7 %
H3	0.125	+ 1.6 %
H4	0.032	- 74.0 %
H5	0.040	- 67.5 %
H6	0.089	- 27.6 %

- Pour le Redon :

Numéro de la courbe	Débit (m3/s) pour H = 83 cm	Ecart par rapport à H3 (Q = 5.82 m3/s)
H1	5.34	- 8.25 %
H2	5.70	- 2.1 %

Numéro de la courbe	Débit (m3/s) pour H = 36 cm	Ecart par rapport à H3 (Q = 0.608 m3/s)
H1	0.464	- 23.7 %
H2	0.536	- 11.8 %

Les résultats ci-avant montrent des écarts plus importants sur les faibles hauteurs d'eau entre les anciennes courbes de tarages et celles en cours d'utilisation.

**Nous pouvons ainsi conclure que, malgré le réajustement des courbes, les valeurs de débit à l'étiage comportent d'importantes incertitudes.**

### 2.3.3 Analyse comparative des stations continues

Une première comparaison des différentes stations continues au pas de temps mensuel met en avant les mois d'étiage (entre juillet et octobre). On observe cependant que les cours d'eau ne semblent pas trop contraints par ces étiages : les débits moyens minimaux mensuels à l'étiage ne baissent pas de façon significative.

Le graphique des valeurs des débits spécifiques moyens minimaux mensuels met en avant des forts débits pour les mois de décembre et de janvier, en particulier sur le cours d'eau de l'Hermance. Ces valeurs doivent être prises avec beaucoup de précaution car la période d'analyse statistique de l'Hermance a été faite uniquement entre mai 2008 et décembre 2012.

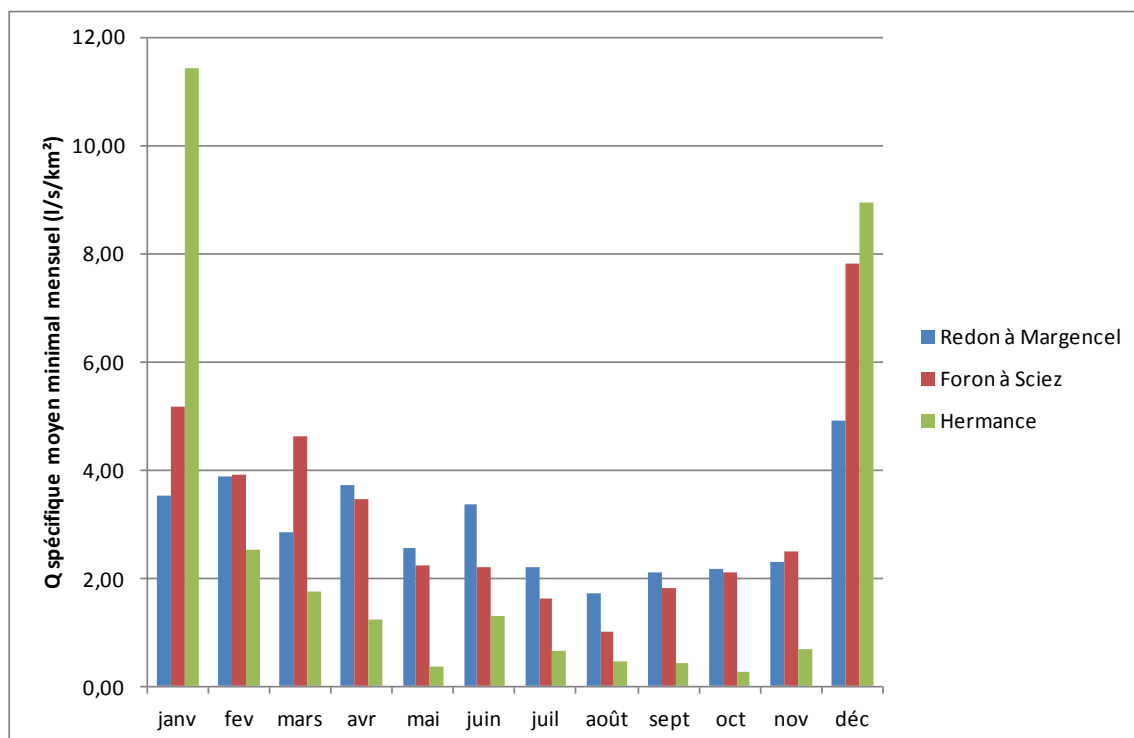


Figure 6 : Débits spécifiques moyens minimaux mensuels (l/s/km²)

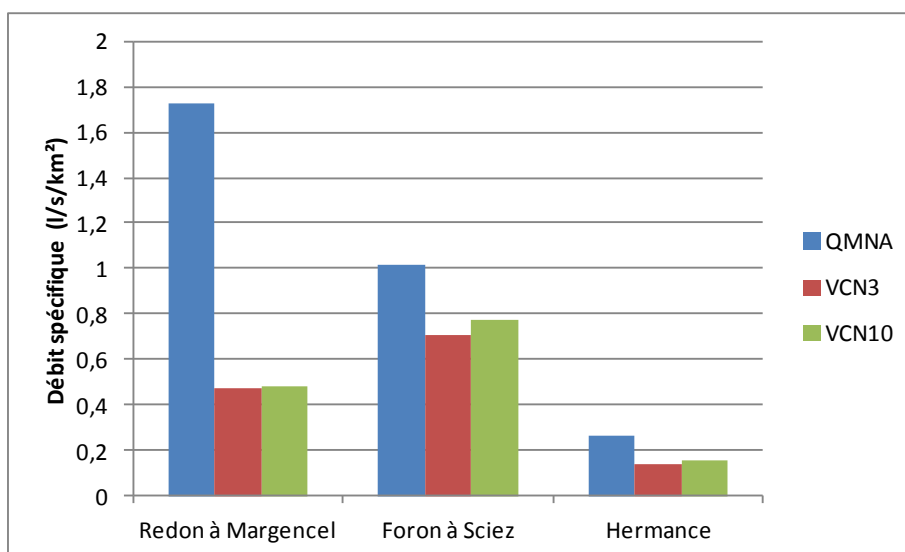


Figure 7 : Débits caractéristiques d'étiage par station continue (l/s/km²)

### 2.3.4 Bilan hydrique

Le bilan général du cycle de l'eau s'écrit simplement :

$$Q = P - E \pm \Delta R$$

Les différents termes de cette équation sont connus avec plus ou moins de précision :

Ainsi, les précipitations (P), sous la forme de pluie ou de neige, sont calculées à partir des données pluviométriques de la station INRA de Thonon-les-Bains. Ces données ont ensuite été modifiées, pour chaque station de mesure, de façon à prendre en compte le gradient altimétrique de précipitation (+ 0.6 mm/m d'altitude).

L'évaporation (E), ou plutôt l'évapotranspiration (ET), est évaluée à partir de formules plus ou moins empiriques faisant intervenir les températures (moyennes mensuelles ou annuelles), l'ensoleillement, l'humidité atmosphérique et le vent. On distingue une évapotranspiration potentielle (ETP) de l'évapotranspiration réelle (ETR) cette dernière prenant en compte les réserves en eau dans la tranche superficielle des sols (RFU ou réserve facilement utilisable). En effet, dans le cas où  $ETP > P$ , seule peut "s'évaporer" l'eau qui existe physiquement...

L'évapotranspiration annuelle calculée dans le rapport de phase 1 est de  $515 \pm 50$  mm/an alors que celle à la station de Thonon est de 750 mm/an. Il a donc été décidé d'appliquer un coefficient de correction aux données d'ETP de la station de Thonon. Les résultats ci-après prennent en compte les valeurs corrigées.

S'agissant d'un calcul à l'échelle de l'année moyenne (qui intègre donc les variations saisonnières), la variation des réserves en eaux souterraines ( $\Delta R$ ) n'est pas prise en compte. En effet, les conditions climatiques, les écoulements et le stockage étant considérés comme constants sur la période d'analyse (bilan hydrique réalisé sur une période suffisamment longue),  $\Delta R$  est considéré comme nul.

Le bilan hydrique a été réalisé uniquement au niveau des stations continues du Foron, du Redon et de l'Hermance. Cette dernière est cependant donnée à titre indicatif car sa période de donnée est courte (juin 2008 à décembre 2012 pour les mois complets).

Les tableaux ci-après récapitulent la différence entre la hauteur d'eau potentiellement disponible pour l'écoulement et le débit spécifique mensuel moyen.

Date	(1) Q = P - E en l/s/km <sup>2</sup>	(2) Q Foron en l/s/km <sup>2</sup>	(1) - (2)
Janvier	18,72	21,30	-2,6
Février	12,33	16,92	-4,6
Mars	8,44	17,49	-9,0
Avril	-0,83	19,47	-20,3
Mai	-0,91	9,86	-10,8
Juin	-9,24	7,64	-16,9
Juillet	-2,71	5,96	-8,7
Août	12,20	6,04	6,2
Septembre	8,14	5,95	2,2
Octobre	21,23	8,43	12,8
Novembre	17,71	12,28	5,4
Décembre	28,25	21,89	6,4

Tableau 4 : Bilan hydrique (2003-2012) au niveau de la station DREAL du Foron

Date	(1) Q = P - E en l/s/km <sup>2</sup>	(2) Q Redon en l/s/km <sup>2</sup>	(1) - (2)
Janvier	18,72	19,60	-0,9
Février	12,33	16,03	-3,7
Mars	8,44	17,26	-8,8
Avril	-0,83	19,65	-20,5
Mai	-0,91	10,77	-11,7
Juin	-9,24	7,47	-16,7
Juillet	-2,71	6,75	-9,5
Août	12,20	7,91	4,3
Septembre	8,14	7,70	0,4
Octobre	21,23	8,61	12,6
Novembre	17,71	12,23	5,5
Décembre	28,25	19,49	8,8

Tableau 5 : Bilan hydrique (2003-2012) au niveau de la station DREAL du Redon



Date	(1) Q = P - E en l/s/km <sup>2</sup>	(2) Q Hermance en l/s/km <sup>2</sup>	(1) - (2)
Janvier	13,35	19,32	-6,0
Février	15,64	13,14	2,5
Mars	-1,77	7,32	-9,1
Avril	-23,58	6,69	-30,3
Mai	-18,34	3,41	-21,7
Juin	-16,98	4,59	-21,6
Juillet	-19,09	1,63	-20,7
Août	-6,16	1,18	-7,3
Septembre	3,35	7,15	-3,8
Octobre	7,50	3,58	3,9
Novembre	18,25	14,39	3,9
Décembre	36,77	24,73	12,0

Tableau 6 : Bilan hydrique (juin 2008-décembre 2012) au niveau de la station SECOE de l'Hermance

Ces analyses mettent en évidence la saisonnalité suivante :

- entre janvier et avril, les débits des cours d'eau sont influencés par un déstockage progressif des précipitations solides
- pendant la période estivale, on observe une alimentation des cours d'eau par les nappes
- l'automne est une période potentielle de recharge souterraine
- les mois de novembre et décembre correspondent à un stockage solide des précipitations.

Pour l'Hermance, sur une période d'analyse aussi courte, il est difficile d'apporter des éléments de conclusion quant à son bilan hydrique. On note cependant une tendance similaire dans la saisonnalité des périodes de stockage/déstockage.

Pour les deux stations du Foron et du Redon, le mois d'octobre présente le plus fort stockage d'eau et le mois d'avril le plus fort déstockage.

Ce bilan hydrique montre l'impact des précipitations solides (neige) sur le territoire du Sud-ouest lémanique.

### 2.3.5 Recensement des stations de mesures ponctuelles

Cette étape consistait à recenser toutes les données débitmétriques ponctuelles issues d'études antérieures sur le territoire du Sud-ouest Lémanique.

Pour la partie française de la zone d'étude, les données récupérées sont issues de différentes sources :

- Etude préalable au contrat de rivière (HYDRETTUDES 2004) ;
- Etudes qualité des cours d'eau du SYMASOL (ASCONIT 2002-2003, HYDRETTUDES, 2009, LAEPS 2011) ;
- Site de l'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée et Corse ([www.eaurmc.fr](http://www.eaurmc.fr) : réseau de surveillance et de suivi de la qualité).

Une fois récupérées, les données ont été traitées et rassemblées par cours d'eau, stations de mesures et date de la mesure.

Pour la partie suisse, les données débitmétriques ponctuelles nous ont été transmises sous la forme d'un tableau déjà traité par le SECOE.

### 2.3.6 Campagnes de jaugeages

Trois campagnes de mesures de débit ont été réalisées sur les cours d'eau du bassin versant du Sud-ouest Lémanique, dans le cadre de la Phase 2.

Ces campagnes ont été réalisées et exploitées afin de compléter le niveau de connaissance sur le fonctionnement hydrologique des cours d'eau.

Ces campagnes ont concerné 26 points situés :

- au droit des stations de référence,
- sur des secteurs comprenant peu ou pas de données débitmétriques,
- et sur des secteurs sur lesquels des dysfonctionnements hydrologiques ont pu être observés (tronçons pouvant présenter des débits critiques, des infiltrations... cf. chapitre 3 du rapport de Phase 1 de la présente étude).

Les conditions climatiques et hydrologiques de réalisation de ces 4 campagnes sont récapitulées dans les tableaux suivants.

Date	Condition hydrologique	Référence station DREAL du Foron	Référence station DREAL du Redon
25/03/2013	Moyennes eaux	1,16 x Module	1,28 x Module
22/08/2013	Etiage sévère	1,24 x QMNA5 0,14 x Module	0,93 x QMNA5 0,17 x Module
29/08/2013	Etiage sévère	1,39 x QMNA5 0,15 x Module	0,93 x QMNA5 0,17 x Module

Tableau 7 : Conditions hydrologiques des campagnes de mesures

	Janv	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
Cumul de pluie (mm)	64.5	65	97.5	126	145.5	74	111	48	105.5	195.5	121.5	125

**Tableau 8 : Pluviométrie 2013 de la station INRA de Thonon**

Les résultats des campagnes de jaugeages sont disponibles dans les cartes ci-après (les tableaux bruts de résultats sont également disponibles en annexe B).

*Note : La comparaison des jaugeages à l'étiage au niveau de la station M1 montre une importante différence dans les valeurs de débits alors que les mesures ont été réalisées dans des conditions hydrologiques similaires. La valeur de débit du 22/08/2013 paraît trop élevée en comparaison de l'hydrologie d'étiage sévère. Cette dernière devrait être de l'ordre de 3 à 5 l/s. Cette valeur est peut-être liée aux essais de la nouvelle station de pompage d'Excenevex pour l'AEP qui a son point de rejet dans le Mercube.*

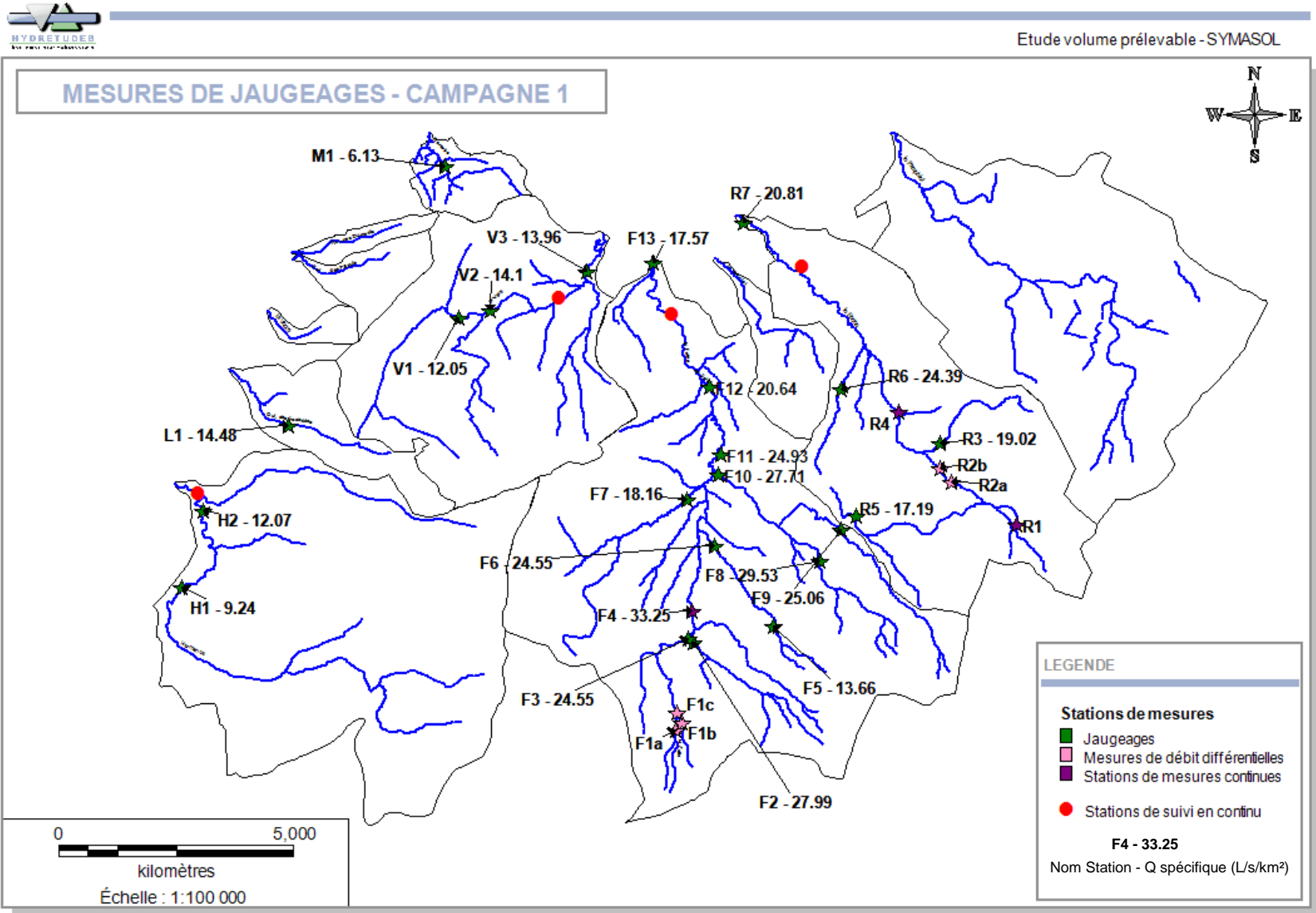


Figure 8 : Résultats des jaugeages - Campagne 1



Etude volume prélevable - SYMASOL

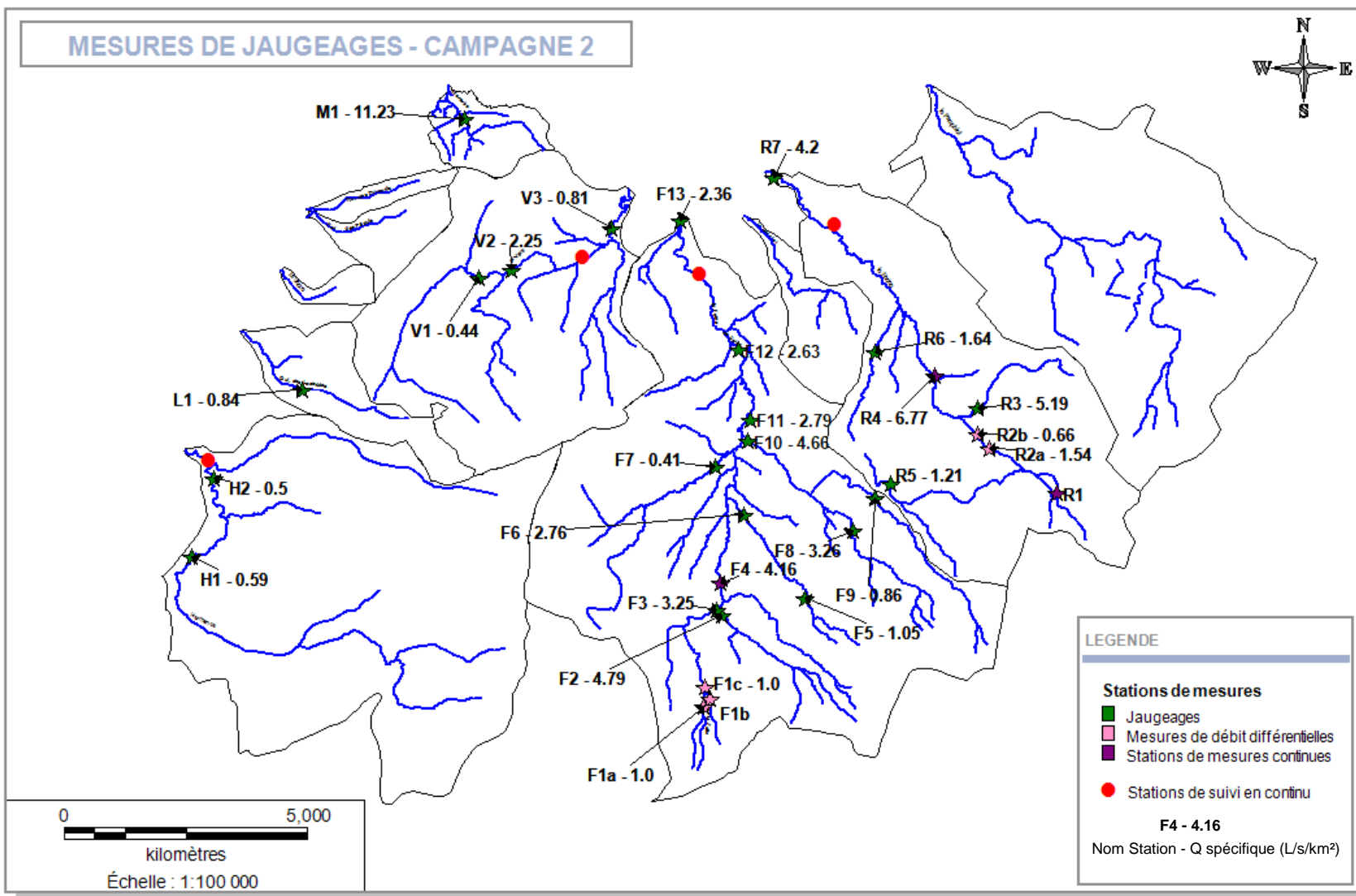


Figure 9 : Résultats des jaugeages - Campagne 2



Etude volume prélevable - SYMASOL

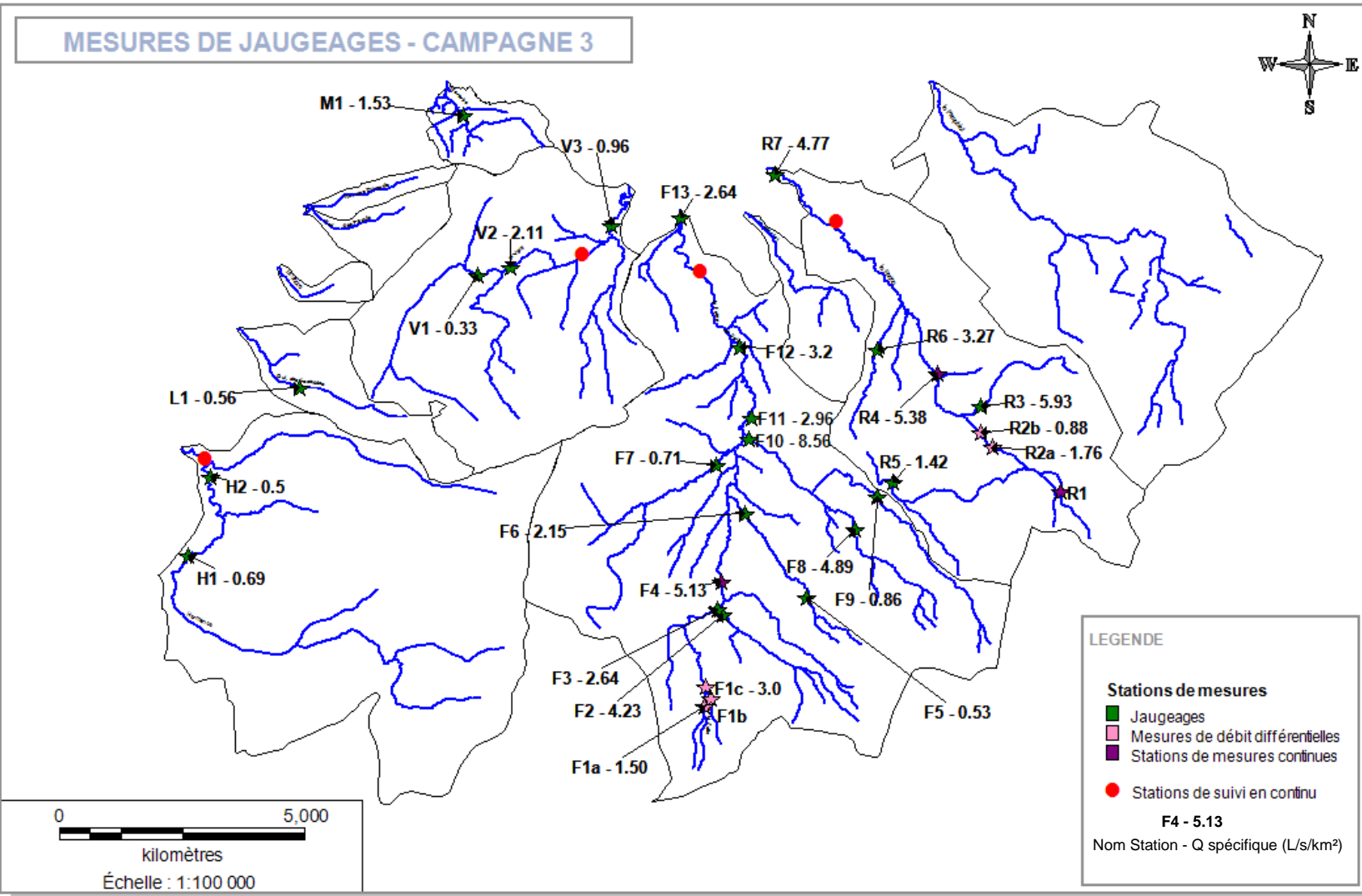


Figure 10 : Résultats des jaugeages - Campagne 3

Ces campagnes font apparaître les conclusions suivantes :

- Les conditions pluviométriques montrent un mois de mars relativement pluvieux et un mois d'août avec de faibles pluies. Ces conditions sont en adéquation avec les conditions hydrologiques des jours de campagnes de mesure.
- Aucun assec observé pendant les différentes campagnes.
- Débits spécifiques bas en périodes d'étiage sur l'ensemble des cours d'eau du bassin du Sud-ouest Lémanique (avec une moyenne des débits spécifiques de 2 à 3 l/s/km<sup>2</sup>).
- Un étiage particulièrement marqué sur les cours d'eau des Léchères et de l'Hermance (débits spécifiques inférieurs à 1 l/s/km<sup>2</sup>) et restant faibles en moyennes eaux (débits spécifiques compris entre 10 et 15 l/s/km<sup>2</sup>).
- Deux mesures de débits différentielles ont été réalisées afin de mieux appréhender les relations nappe/rivière :
  - Sur le point R2, sur le ruisseau des Moises en aval de Cursinges (Drillant), les jaugeages réalisés en étiage montrent, sur les deux campagnes, une diminution du débit spécifique de l'amont vers l'aval. Les valeurs de la température et de la conductivité étant sensiblement identiques entre l'amont et l'aval, cette baisse traduit des pertes par infiltration/dérivation.
  - Sur le point F1, sur le ruisseau de la Folle, les jaugeages réalisés en étiage ne mettent en évidence aucune perte hydrologique ou relation nappe/rivière.
- L'évolution des débits jaugés d'amont en aval est analysée uniquement au travers des points de jaugeages réalisés sur les cours d'eau principaux :
  - Sur l'Hermance, la première campagne de moyennes eaux révèle une augmentation du débit spécifique d'amont en aval alors que les deux campagnes d'étiage montrent une légère baisse du débit spécifique.
  - Sur le Vion, les trois campagnes de jaugeages montrent un débit spécifique plus important au droit de la station V2, reflétant ainsi les apports du ruisseau de la Bévière. La station V3, située plus en aval, a un débit spécifique plus faible.
  - Sur le Foron, l'analyse de l'évolution des débits d'amont en aval se fait par comparaison des stations F4, F11, F12 et F13. Sur les 3 campagnes de mesures, le débit spécifique diminue d'amont en aval. Cette diminution est toutefois peu marquée sur les campagnes d'étiage, notamment entre les trois stations situées le plus en aval.
  - Enfin, sur le Redon, la comparaison des débits spécifiques au niveau des stations R4 et R7 montre une augmentation du débit spécifique d'amont en aval sur la 1ère campagne et une baisse de ce débit sur les deux campagnes d'étiage.

### 2.3.7 Suivi régulier des débits

Deux stations de mesures en continu ont été installées sur le Redon et le Foron dans le cadre de la présente étude, respectivement sur les points de référence R4 et F4. Il en ressort 12 mois de données débitométriques au droit de ces stations.



### 2.3.7.1 Enregistrement des données

L'enregistrement de ces données a été réalisé à l'aide d'une sonde de pression avec enregistreur de données (sonde Orpheus Mini, OTT Hydrométrie). Il s'agit d'une sonde qui détermine la pression de la colonne d'eau via une cellule de mesure de pression relative. Grâce à un tube capillaire de compensation de la pression dans le câble de la sonde de pression, la cellule de mesure dispose de la pression de l'air ambiant comme référence. La variation de la pression atmosphérique est ainsi prise en compte.

La cadence d'enregistrement est d'une mesure de hauteur d'eau par minute avec une moyenne réalisée toutes les 30 minutes. Les mesures enregistrées sont ensuite récupérées in-situ via une interface infrarouge (IrDA). Elles sont ensuite lues et analysées avec le logiciel de traitement des données "Hydras 3".

### 2.3.7.2 Courbes de tarage

Des mesures ponctuelles de débits ont été réalisées au courantomètre électromagnétique, au droit des stations de suivi, dans le but de caler une courbe de tarage. Ces données sont résumées dans les tableaux et graphiques suivants :

Date	Heure	Débit jaugé (m3/s)
02/05/2013	8h20	0,459
30/05/2013	13h	0,445
06/06/2013	8h15	0,342
13/06/2013	8h45	0,226
20/06/2013	14h10	0,171
09/10/2013	16h27	0,141
06/11/2013	10h48	1,139
05/12/2013	16h15	0,235
12/02/2014	8h25	0,652
23/04/2014	15h30	0,107
21/05/2014	8h15	0,126
11/08/2014	13h30	0,298

Tableau 9 : Mesures ponctuelles de débits au niveau de la station F4

Date	Heure	Débit jaugé (m3/s)
13/06/2013	9h30	0,309
20/06/2013	13h32	0,237
09/10/2013	17h05	0,127
06/11/2013	10h15	0,574
05/12/2013	16h36	0,206
12/02/2014	9h08	0,368
23/04/2014	14h30	0,163
21/05/2014	8h53	0,195
11/08/2014	16h23	0,251

Tableau 10 : Mesures ponctuelles de débits au niveau de la station R4

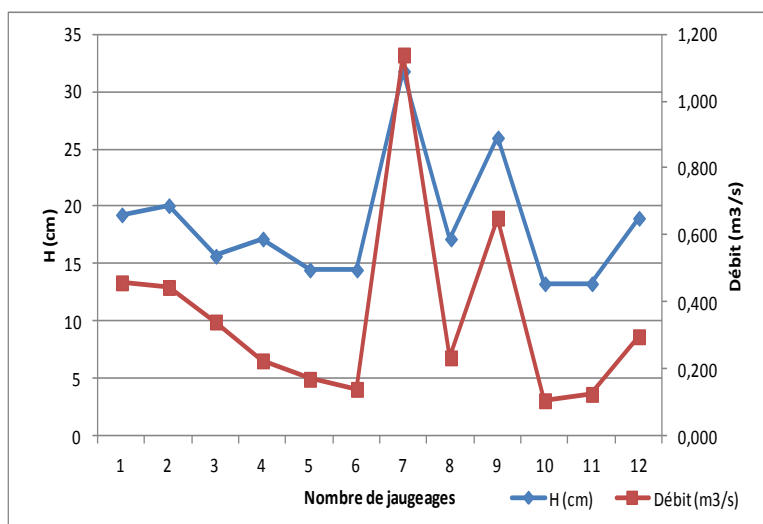


Figure 11 : Représentation des débits jaugés en fonction des mesures enregistrées par la sonde Orpheus Mini (station F4)

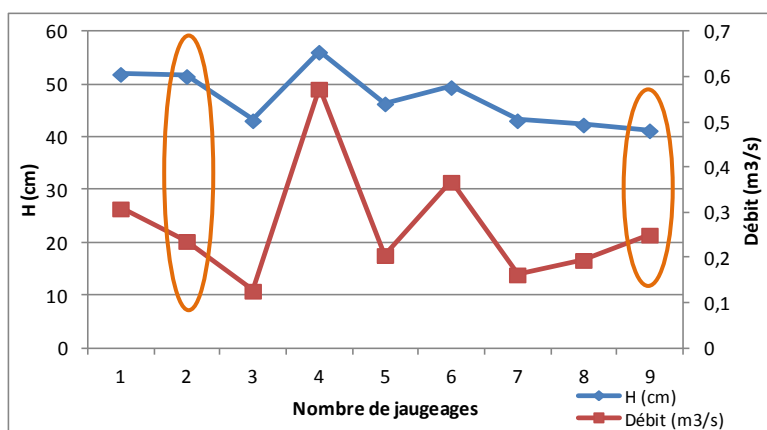


Figure 12 : Représentation des débits jaugés en fonction des mesures enregistrées par la sonde Orpheus Mini (station R4)



Ces représentations des débits jaugés au regard des mesures enregistrées par la sonde permettent d'apporter une première analyse :

- pour la station F4, on observe une assez bonne corrélation entre la variation des hauteurs et des débits ;
- pour la station R4, la corrélation entre les hauteurs et les débits paraît moins fine, notamment pour les jaugeages n° 2, 8 et 9.

Par ailleurs, on observe sur les graphiques que les hauteurs d'eau enregistrées peuvent parfois varier de façon significative pour des débits relativement équivalents. Ainsi, sur la station R4, la hauteur enregistrée peut varier entre de 41,6 à 51,3 cm pour une valeur de débit d'environ 250 l/s (cf cercles sur le graphique précédent).

Ces différences peuvent être dues à un phénomène appelé boucle d'hystérésis ayant lieu pendant une phase de crue ou de décrue. En effet, la pente d'énergie de la surface libre n'a pas le même gradient en période de crue ou de décrue. Ce phénomène de propagation des ondes de crues peut induire une courbe de tarage en forme de boucle dans la phase crue/décrue. Ce phénomène est d'autant plus accentué que la pente du cours d'eau est faible.

La figure ci-dessous illustre un exemple de courbe de tarage dans la phase crue/décrue.

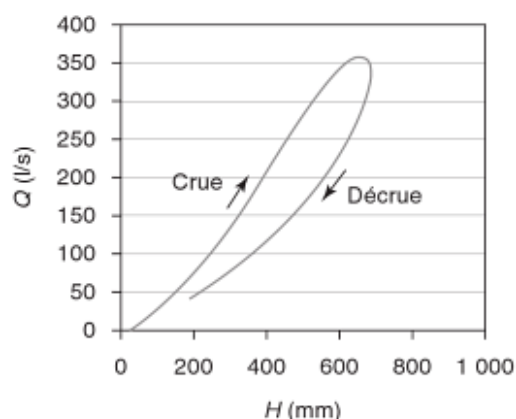


Figure 13 : Exemple de courbe de tarage sur un cours d'eau de faible pente (BENOIST et BIRGAND, 2002)

Une vérification des points de jaugeages a été réalisée afin de vérifier que les mesures n'ont pas été effectuées en période de crue ou de décrue.

Pour reconstituer la chronique de débits continue à partir des mesures de la sonde, on trace une régression polynomiale d'ordre deux des débits jaugés (Q) en fonction des hauteurs mesurées (H). L'équation de cette fonction est ensuite appliquée sur la totalité des données enregistrées.

Les graphiques ci-dessous illustrent les fonctions pour chaque station.

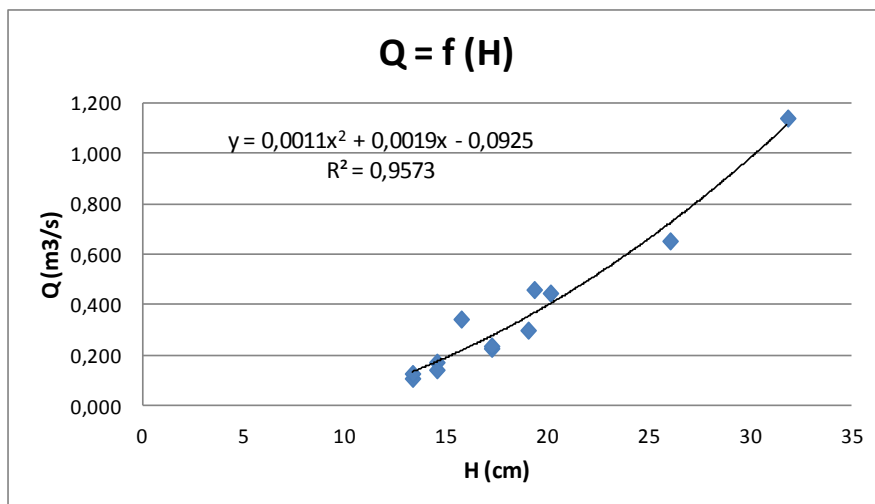


Figure 14 : Régression polynomiale d'ordre deux des débits jaugés en fonction des hauteurs mesurées (station F4)

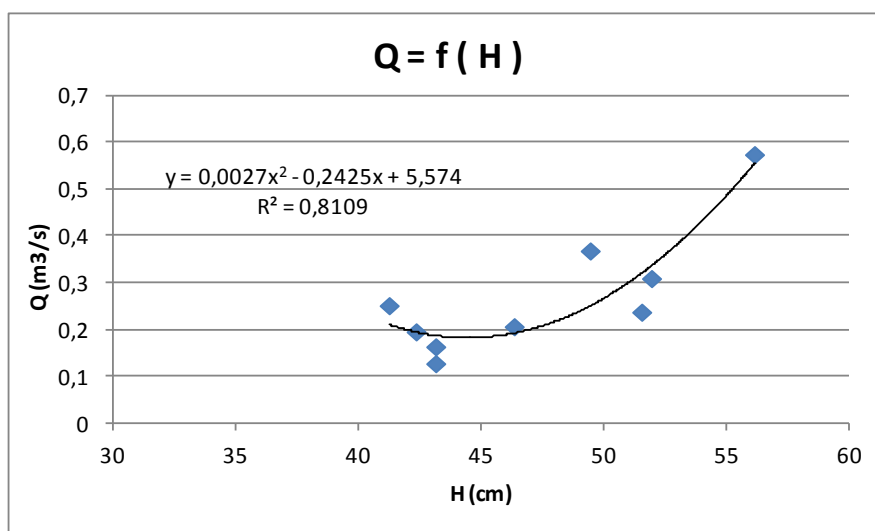


Figure 15 : Régression polynomiale d'ordre deux des débits jaugés en fonction des hauteurs mesurées (station R4)

Ces graphiques indiquent des coefficients de détermination ( $R^2$ ) très bons avec 95,73% et 81,09% respectivement pour les stations F4 et R4.

Cependant, pour la station R4, le graphique révèle une courbe de régression polynomiale qui remonte pour les plus basses hauteurs d'eau.

Comme indiqué précédemment, la station R4 a fait apparaître des discordances entre mesures de débits et enregistrements lors des jaugeages N°2, 8 et 9. Nous avons donc testé d'autres régressions polynomiales en supprimant les valeurs de jaugeages posant problème.

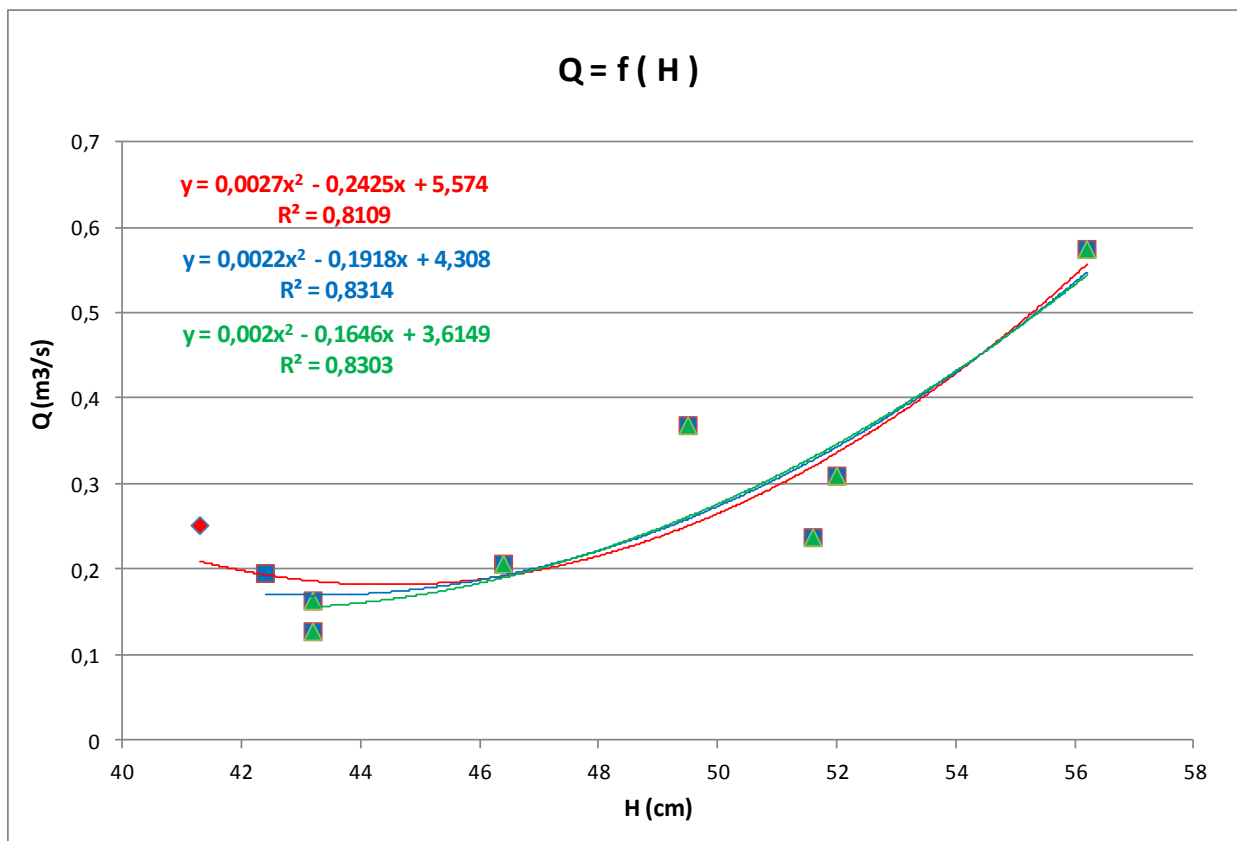


Figure 16 : Superposition des 3 régressions polynomiales d'ordre deux testées

Ce graphique montre des coefficients de détermination relativement proches :

- En rouge, la régression prenant en compte les 9 jaugeages. Comme évoqué précédemment, cette dernière montre des incohérences sur les faibles hauteurs d'eau.
- En bleu, la courbe ne prend pas en compte le dernier jaugeage (41,3 cm pour un débit mesuré de 0,251 m<sup>3</sup>/s). Cette dernière paraît meilleure mais on observe toujours une légère remontée de la courbe pour les faibles hauteurs d'eau.
- En vert, cette dernière courbe ne prend pas en compte les deux derniers jaugeages réalisés. Ainsi, dans cette représentation, la courbe ne remonte pas pour les faibles hauteurs d'eau.

Le choix de ne pas tenir compte des derniers jaugeages se base sur le graphique représentant les débits jaugés en fonction des mesures enregistrées par la sonde (figure 12). En effet, on observe une incohérence pour les points 8 et 9 avec une légère baisse de la hauteur d'eau alors que les débits augmentent.

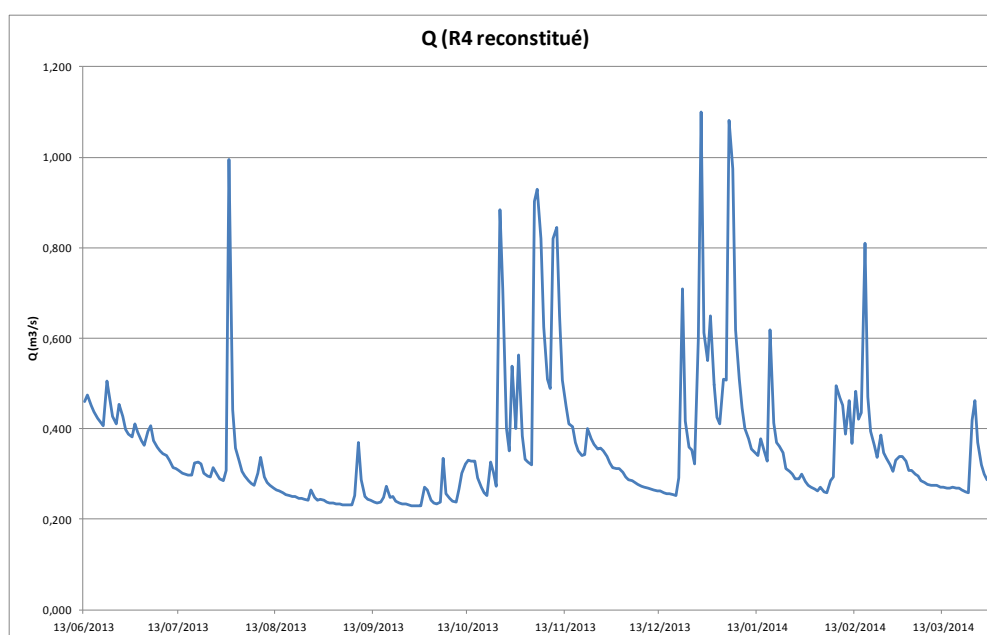
De plus, lors des derniers relevés des données de la station R4, nous avons remarqué une légère modification de la configuration du cours d'eau au droit de la station (légère rehausse du fond). Cette modification de la morphologie du site est sûrement due à l'influence (sur le long terme) du remous du seuil situé en amont de la station.

Cette constatation nous a amené à nous interroger sur l'origine de cette modification :

- ❖ La courbe ci-après correspond à la chronique de débits de R4 reconstituée à partir de l'équation de la courbe de tarage présentée en vert dans le graphique précédent.

Cette chronique met en évidence les événements hydrologiques suivants :

- un premier pic de crue datant du 29/07/2013,
- de forts débits sur une période de mi-octobre à mi-novembre 2013,
- de forts débits sur une période du 20/12/2013 au 09/01/2014,
- et un dernier pic de crue datant du 16/02/2014.



**Figure 17 : Chronique débitmétrique de R4 reconstitué à partir des données enregistrées sur la station de suivi continu**

- ❖ Les courbes ci-après illustrent la corrélation entre la station Redon (DREAL) et la station R4 reconstituée. On observe, de façon assez marquée, deux tendances pour les bas débits : sur le second graphique, les points rouges correspondent à la période du 13 juin au 8 octobre 2013.

Ces graphiques illustrent bien un changement au droit de la station de mesure, ayant influencé les mesures de hauteur d'eau et donc les débits correspondant.

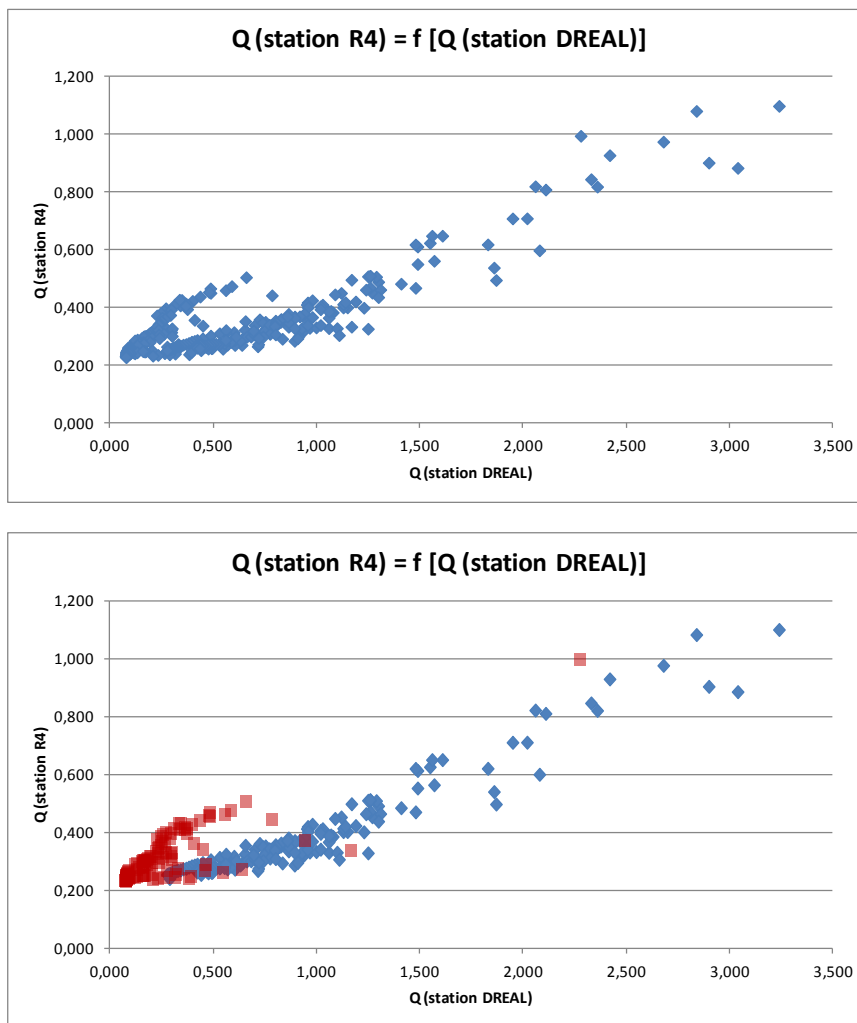


Figure 18 : Corrélation des stations Redon (DREAL) et R4 (suivi continu)

Il a donc été choisi de réaliser une nouvelle courbe de tarage afin de calculer des valeurs de débits plus proches de la réalité hydrologique. Cette dernière a été réalisée sur la période de données disponibles la plus longue, soit du 9 octobre 2013 au 23 avril 2014.

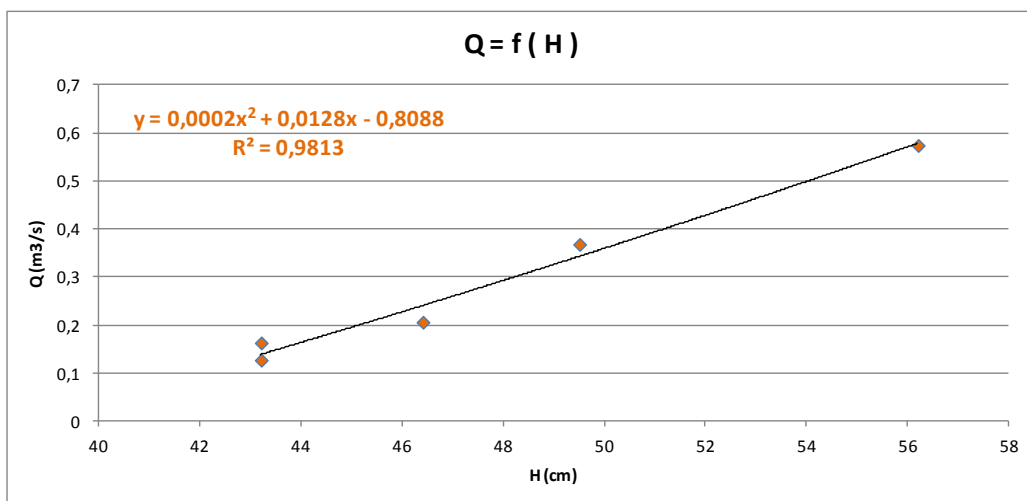


Figure 19 : Courbe de tarage des débits jaugés en fonction des hauteurs mesurées sur la période du 09/10/2013 au 23/04/2014 (station R4)

Le graphique ci-avant indique un coefficient de détermination ( $R^2$ ) très bon avec 98,13%.

Les chroniques de débits reconstitués au droit des deux stations de suivi en continu sont illustrées sur les graphiques suivants :

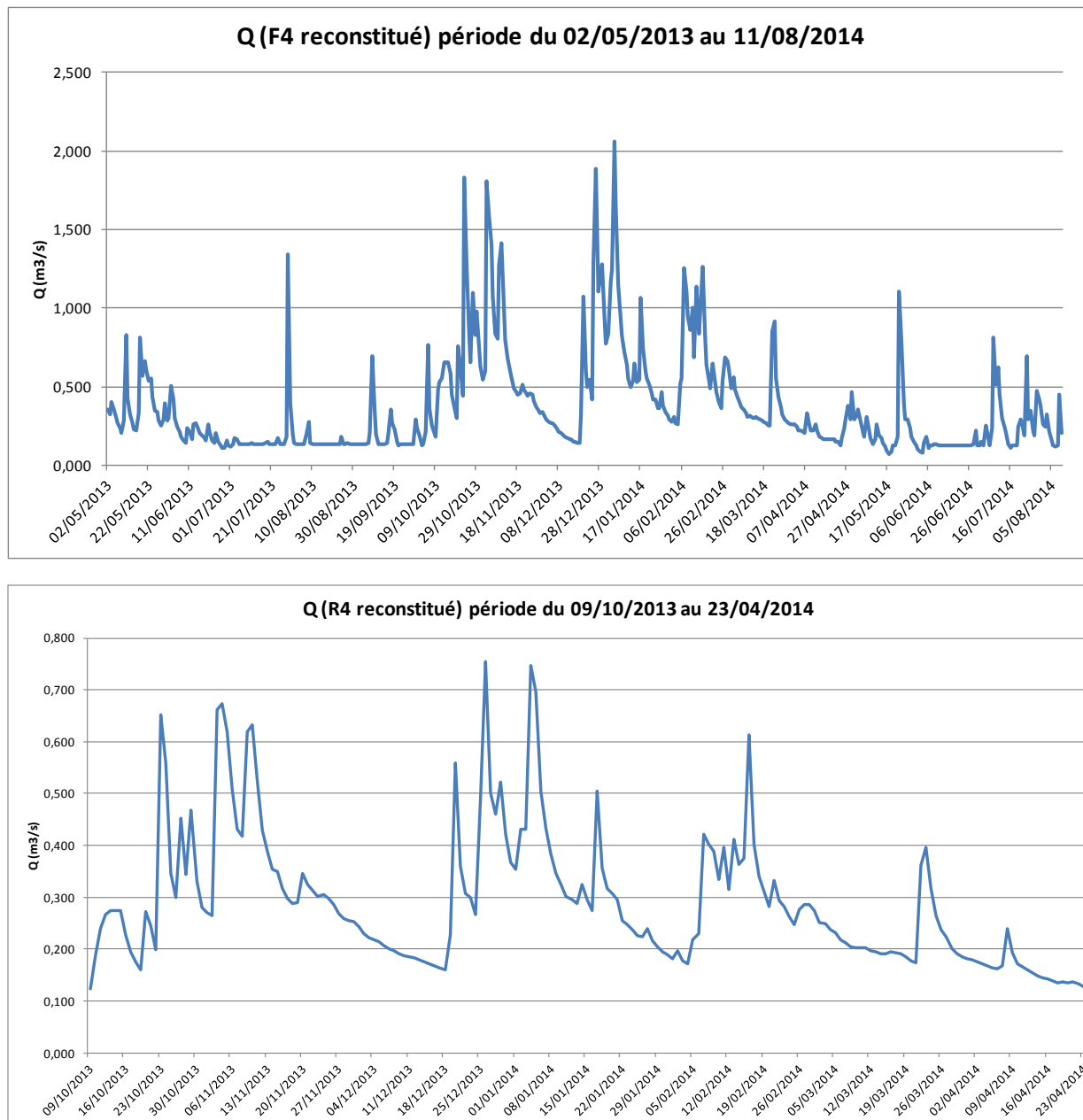


Figure 20 : Chroniques débitmétriques des stations F4 et R4

## 2.4 Caractérisation de l'étiage au niveau des points de référence

### 2.4.1 Méthodologie

Pour répondre à l'objectif de cette étude quantitative sur le bassin versant sud-ouest lémanique, il est nécessaire dans un premier temps de caractériser l'étiage (débits influencés par les actions anthropiques) sur une période hydrologique récente, 2003-2012. Les débits caractéristiques d'étiage sont ainsi estimés au droit des stations de référence.

Sur la période 2003-2012, seules deux stations possèdent des chroniques débitométriques complètes (station DREAL du Foron et du Redon). Les autres stations de référence sont donc corrélées à ces dernières. Pour ce faire, on distingue deux cas :

- les points de référence correspondant aux stations ayant un nombre important de données débitométriques : sont concernées les stations de l'Hermance (station SECOE), du Vion (station SYMASOL), F4 et R4 (stations installées pour la présente étude).
- et les points de référence pour lesquels seuls quelques jaugeages sont disponibles : sont concernées les stations L1, F11 et R7.

Dans ces deux cas, la caractérisation des débits est effectuée par analogie avec la station de mesure continue la plus pertinente (meilleure corrélation observée).

Pour le premier cas, la chronique de débit existante est complétée sur la période d'étude (2003-2012) à partir d'une fonction polynomiale d'ordre 2, cette dernière étant issue de la corrélation entre les débits au droit de la station de référence et ceux, aux mêmes dates, de la station de suivi en continu.

Dans le second cas, il s'agit dans un premier temps de décider à partir de quelle station ponctuelle la corrélation station ponctuelle / station continue va être faite. Parmi les nombreuses stations et données identifiées précédemment, la station hydrométrique retenue est celle située le plus en aval du tronçon de référence et qui possède un nombre de données de débit suffisant pour avoir une corrélation la plus représentative et la plus pertinente possible. Certaines valeurs de débits sont également critiquées et peuvent être supprimées pour la corrélation si elles sont susceptibles de l'influencer (débit en condition de crue par exemple).

Un ratio est ensuite établi entre les débits de la station ponctuelle et ceux mesurés à la même date pour la station de suivi en continu retenue. Les jaugeages réalisés en 2013 (campagnes de mesure et mise en place des deux stations de mesures en continu) ont également été utilisés pour obtenir une meilleure corrélation.

La reconstitution des débits sur la section de référence est ensuite établie en utilisant la moyenne des ratios observés entre les différentes mesures ponctuelles et celles des stations continues.

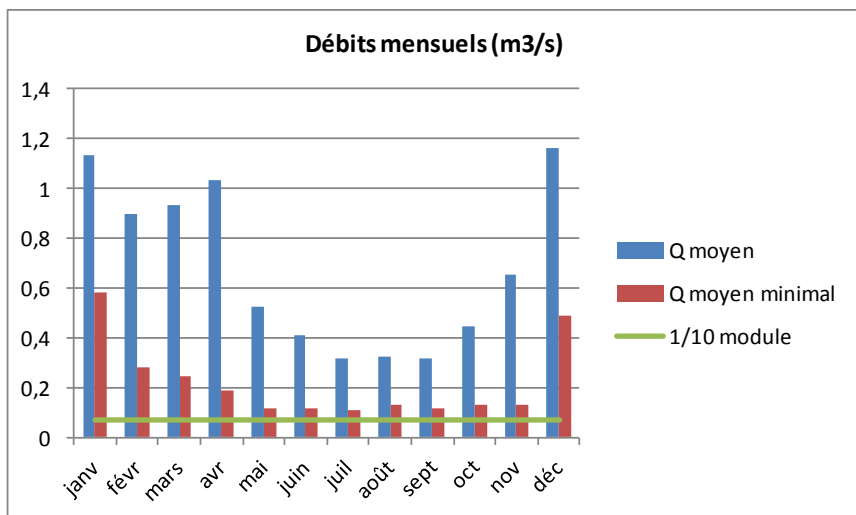
## 2.4.2 Estimation des débits caractéristiques d'étiage pour chacun des points de référence

### 2.4.2.1 Le Foron, au niveau de la commune de Sciez

Comme énoncé précédemment, la station continue du Foron (DREAL) est représentative du tronçon de référence à étudier.

L'analyse statistique est réalisée sur la période du 01/01/2003 au 31/12/2012.

	m <sup>3</sup> /s	L/s/km <sup>2</sup>
<b>Q moyen minimal</b>	0,111	2,087
<b>QMNA 2</b>	0,154	2,896
<b>QMNA 5</b>	0,105	1,974
<b>VCN 10</b>	0,058	1,094
<b>VCN 10 (2)</b>	0,100	1,880
<b>VCN 10 (5)</b>	0,071	1,335
<b>VCN 3</b>	0,045	0,852
<b>VCN 3 (2)</b>	0,083	1,561
<b>VCN 3 (5)</b>	0,056	1,053
<b>1/10 module</b>	0,068	1,275
<b>1/20 module</b>	0,034	0,639



(m <sup>3</sup> /s)													Annuel	
	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	m3/s	l/s/km <sup>2</sup>
<b>Q moyen</b>	1,133	0,896	0,93	1,036	0,525	0,407	0,317	0,322	0,317	0,449	0,653	1,164	0,679	12,770
<b>Q moyen minimal</b>	0,579	0,277	0,246	0,185	0,119	0,118	0,111	0,132	0,114	0,127	0,132	0,492	0,111	2,087

### 2.4.2.2 Le Redon, en aval de la commune de Margencel

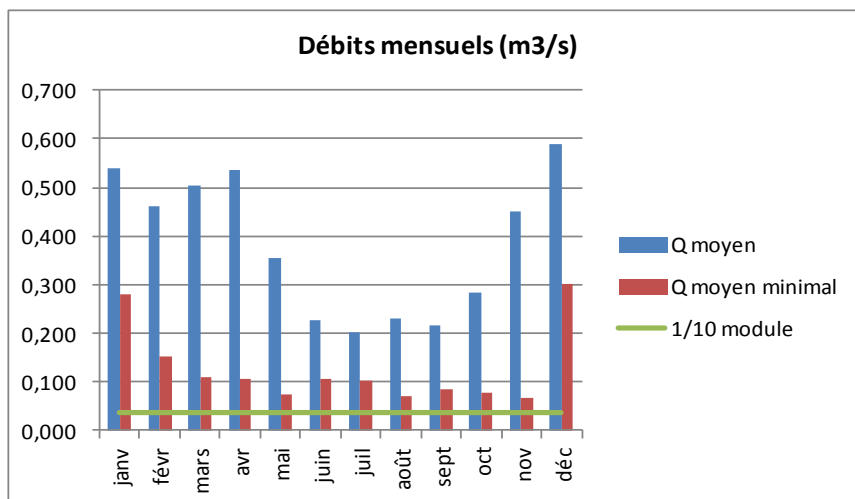
Comme énoncé précédemment, la station continue du Redon (DREAL) est représentative du tronçon de référence à étudier.

L'analyse statistique est réalisée sur la période du 01/01/2003 au 31/12/2012.

(m <sup>3</sup> /s)													Annuel	
	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	m3/s	l/s/km <sup>2</sup>
<b>Q moyen</b>	0,538	0,462	0,504	0,535	0,355	0,226	0,201	0,231	0,218	0,284	0,450	0,588	0,368	13,299
<b>Q moyen minimal</b>	0,280	0,154	0,109	0,107	0,074	0,108	0,102	0,070	0,085	0,077	0,066	0,302	0,066	2,290



	m <sup>3</sup> /s	L/s/km <sup>2</sup>
Q moyen minimal	0,066	2,290
QMNA 2	0,120	4,164
QMNA 5	0,085	2,949
VCN 10	0,047	1,617
VCN 10 (2)	0,086	2,984
VCN 10 (5)	0,061	2,117
VCN 3	0,039	1,364
VCN 3 (2)	0,075	2,602
VCN 3 (5)	0,051	1,770
1/10 module	0,037	1,284
1/20 module	0,018	0,625



### 2.4.2.3 La station F4 du Foron, en aval de la confluence des ruisseaux de la Folle, du Creusiaz et de Pisse-Vache

Comme énoncé précédemment, une station de mesure en continu a été installée au droit de ce point de référence. Son bassin versant est de 12,27 km<sup>2</sup>. Une chronique de débit a ainsi été établie sur la période du 2/05/2013 au 11/08/2014.

La chronique a ensuite été corrélée avec celle de la station DREAL du Foron (corrélation avec cette station compte tenu de l'appartenance de la station F4 au même bassin versant) et des fonctions linéaire et polynomiale d'ordre 2 ont été testées. Le graphique ci-dessous illustre cette corrélation et les fonctions correspondantes.

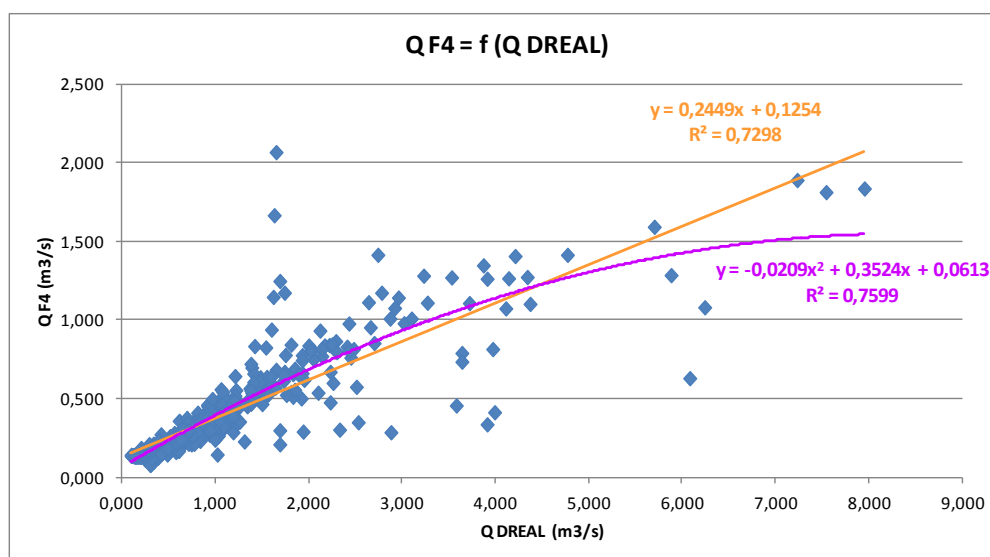
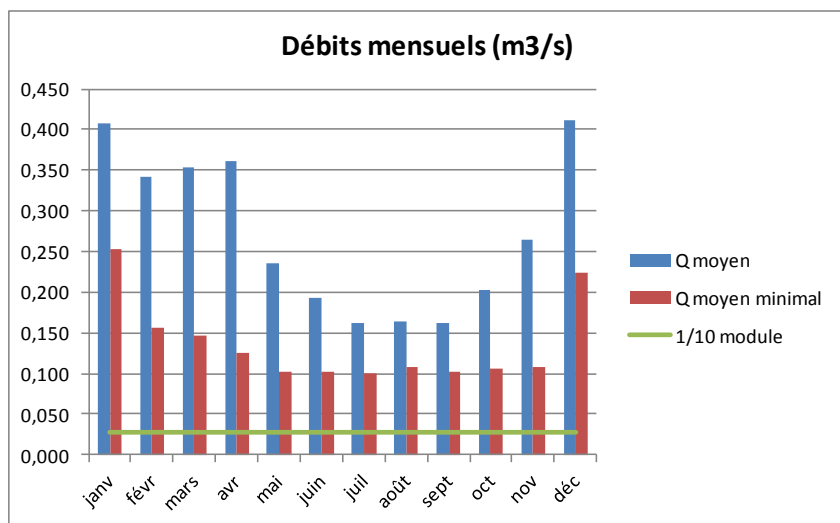


Figure 21 : Corrélation des stations F4 (suivi continu) et Foron (DREAL)

Ce graphique indique un meilleur coefficient de corrélation pour la fonction polynomiale (R<sup>2</sup> de 75,99% contre 72,98%), qui est donc plus adaptée pour représenter les fluctuations des débits au droit de la station F4. Cette fonction a donc été appliquée sur les débits du Foron sur la période 2003-2012.

Les résultats de l'analyse statistique sont présentés ci-après.

	m <sup>3</sup> /s	L/s/km <sup>2</sup>
<b>Q moyen minimal</b>	0,100	8,150
<b>QMNA 2</b>	0,117	9,535
<b>QMNA 5</b>	0,096	7,824
<b>VCN 10</b>	0,082	6,683
<b>VCN 10 (2)</b>	0,098	7,987
<b>VCN 10 (5)</b>	0,085	6,927
<b>VCN 3</b>	0,077	6,275
<b>VCN 3 (2)</b>	0,093	7,579
<b>VCN 3 (5)</b>	0,081	6,601
<b>1/10 module</b>	0,027	2,200
<b>1/20 module</b>	0,001	0,081



(m <sup>3</sup> /s)													Annuel	
	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	m <sup>3</sup> /s	l/s/km <sup>2</sup>
<b>Q moyen</b>	0,408	0,343	0,353	0,362	0,235	0,194	0,161	0,164	0,162	0,202	0,264	0,412	0,272	22.130
<b>Q moyen minimal</b>	0,253	0,157	0,147	0,126	0,103	0,103	0,100	0,107	0,101	0,106	0,107	0,225	0,100	8.158

#### 2.4.2.4 La station F11 du Foron, en aval de sa confluence avec le ruisseau de la Gorge

La station de référence F11 a fait l'objet de 16 mesures de débits sur la période 1996-2013, réalisées pendant des campagnes de suivi de la qualité des eaux. Le bassin versant correspondant fait 45,60 km<sup>2</sup>.

Après corrélation avec toutes les stations hydrométriques continues, la station DREAL du Foron est retenue comme étant celle présentant la corrélation la plus pertinente avec la station F11, ce qui correspond bien aux implantations géographiques et hydrologiques des deux stations. La courbe de corrélation est disponible en annexe C.

Le ratio des débits de la station F11 avec ceux de la station DREAL du Foron donne un coefficient k de 0,799.

L'analyse statistique, réalisée sur la période 2003-2012, est présentée ci-après.

	m <sup>3</sup> /s		m <sup>3</sup> /s
Q moyen minimal	0,111	x 0.799 →	Q moyen minimal
QMNA 2	0,154		QMNA 2
QMNA 5	0,105		QMNA 5
VCN 10	0,058		VCN 10
VCN 10 (2)	0,100		VCN 10 (2)
VCN 10 (5)	0,071		VCN 10 (5)
VCN 3	0,045		VCN 3
VCN 3 (2)	0,083		VCN 3 (2)
VCN 3 (5)	0,056		VCN 3 (5)
1/10 module	0,068		1/10 module
1/20 module	0,034		1/20 module

**Foron à Sciez (période 2003-2012)**
**F11**

Tableau 11 : Débits caractéristiques d'étiage du point de référence F11

Les débits spécifiques caractéristiques d'étiage se calculent à partir de la surface de la station de mesure ponctuelle, soit 45,60 km<sup>2</sup>.

	L/s/km <sup>2</sup>
Q moyen minimal	1,946
QMNA 2	2,700
QMNA 5	1,841
VCN 10	1,020
VCN 10 (2)	1,753
VCN 10 (5)	1,245
VCN 3	0,794
VCN 3 (2)	1,455
VCN 3 (5)	0,982
1/10 module	1,189
1/20 module	0,596

Tableau 12 : Débits spécifiques caractéristiques d'étiage

	janv	fév	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	Annuel
Q moyen minimal mensuel (Foron - période 2003-2012)	0,579	0,277	0,246	0,185	0,119	0,118	0,111	0,132	0,114	0,127	0,132	0,492	0,111
Q moyen minimal mensuel (station F11)	0,463	0,221	0,197	0,148	0,095	0,094	0,089	0,105	0,091	0,101	0,105	0,393	0,089

Tableau 13 : Débits moyens minimaux mensuels (m3/s)

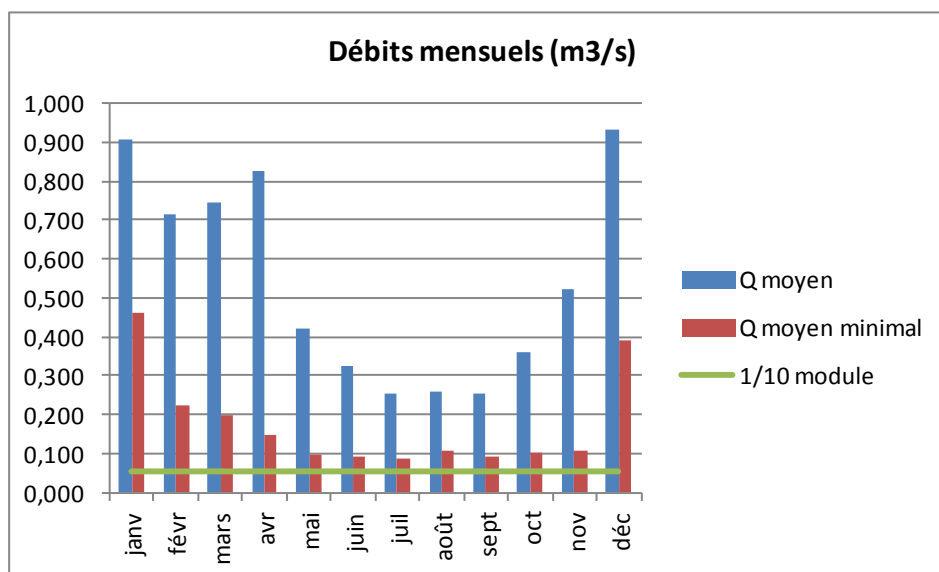


Figure 22 : Synthèse des débits moyens et débits moyens minimaux mensuels à la station de référence F11

#### 2.4.2.5 L'Hermance, au niveau de son embouchure dans le lac Léman

Comme énoncé précédemment, la station continue de l'Hermance (bassin versant de 41,8 km<sup>2</sup>) est représentative du tronçon de référence à étudier.

De la même façon que pour la station F4, la chronique débitmétrique sur la période 2003-2012 a été reconstituée. La corrélation (cf. annexe C) des données existantes de l'Hermance avec les stations continues du Redon et du Foron donne un meilleur coefficient de corrélation R<sup>2</sup> (88,39% contre 85,19%) dans ce dernier cas.

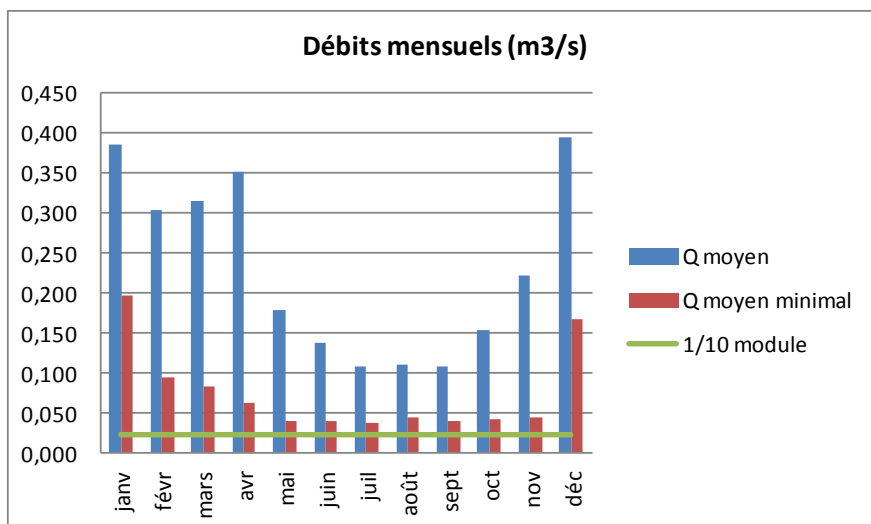
Cependant, la reconstitution des débits via l'application de la fonction polynomiale d'ordre 2 résultant de cette corrélation semble peu fiable, notamment pour l'étiage (débits reconstitués trop élevés). Ces résultats sont probablement dus à la différence des régimes hydrologiques entre l'Hermance et le Foron (cours d'eau de plaine).

La méthode utilisée pour la station F11 a donc été préférée pour cette station : le rapport des débits de jaugeage de la station Hermance avec ceux de la station DREAL du Foron donne un coefficient k de 0,340.

L'analyse statistique est présentée ci-dessous.

(m <sup>3</sup> /s)													Annuel	
	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	m3/s	l/s/km <sup>2</sup>
Q moyen	0,385	0,305	0,316	0,352	0,179	0,138	0,108	0,109	0,108	0,153	0,222	0,396	0,231	5,521
Q moyen minimal	0,197	0,094	0,084	0,063	0,040	0,040	0,038	0,045	0,039	0,043	0,045	0,167	0,038	0,904

	m <sup>3</sup> /s	L/s/km <sup>2</sup>
<b>Q moyen minimal</b>	0,038	0,904
<b>QMNA 2</b>	0,052	1,254
<b>QMNA 5</b>	0,036	0,855
<b>VCN 10</b>	0,020	0,474
<b>VCN 10 (2)</b>	0,034	0,814
<b>VCN 10 (5)</b>	0,024	0,578
<b>VCN 3</b>	0,015	0,369
<b>VCN 3 (2)</b>	0,028	0,676
<b>VCN 3 (5)</b>	0,019	0,456
<b>1/10 module</b>	0,023	0,552
<b>1/20 module</b>	0,012	0,277



#### 2.4.2.6 Le Vion, en aval de sa confluence avec le ruisseau du Plomb

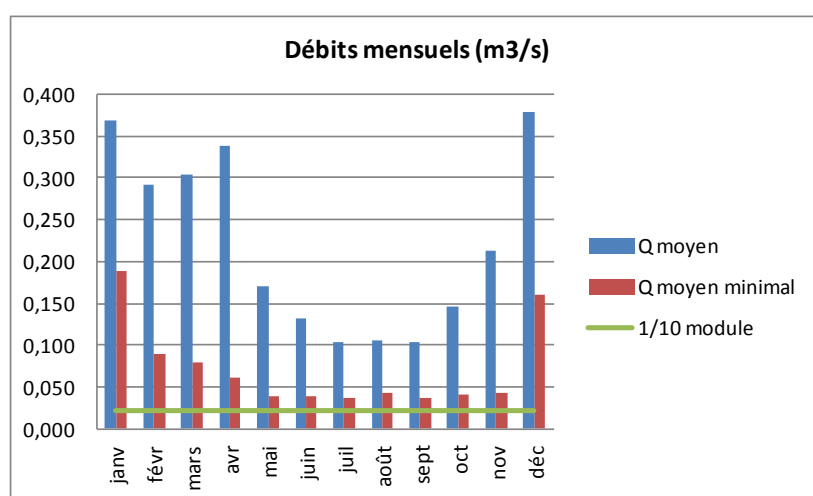
Comme énoncé précédemment, la station continue du Vion est représentative du tronçon de référence à étudier. De la même façon, nous avons donc choisi de reconstituer une gamme de débits sur la période 2003-2012 en la corrélant à une autre station de mesure continue.

La meilleure corrélation est celle avec le cours d'eau du Foron : le coefficient de corrélation R<sup>2</sup> étant de 81,03 % contre 79,62 % pour le Redon (cf. annexe C).

Tout comme pour la station de l'Hermance, les débits ont dans un premier temps été reconstitués à partir de la fonction polynomiale définissant la corrélation entre les débits du Vion et du Foron (DREAL). Cependant, cette reconstitution n'étant pas fiable probablement du fait de la différence des régimes hydrologiques entre ces deux cours d'eau, la méthode des ratios des débits a été appliquée : le coefficient k calculé est de 0,326.

L'analyse statistique ci-après est réalisée sur la gamme de débits reconstituée, sur la période 01/2003 à 12/2012. Le bassin versant de cette station est de 19,03 km<sup>2</sup>.

	m <sup>3</sup> /s	L/s/km <sup>2</sup>
<b>Q moyen minimal</b>	0,036	1,904
<b>QMNA 2</b>	0,050	2,642
<b>QMNA 5</b>	0,034	1,801
<b>VCN 10</b>	0,019	0,998
<b>VCN 10 (2)</b>	0,033	1,715
<b>VCN 10 (5)</b>	0,023	1,218
<b>VCN 3</b>	0,015	0,777
<b>VCN 3 (2)</b>	0,027	1,424
<b>VCN 3 (5)</b>	0,018	0,961
<b>1/10 module</b>	0,022	1,163
<b>1/20 module</b>	0,011	0,583



(m <sup>3</sup> /s)													Annuel	
	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	m3/s	l/s/km <sup>2</sup>
<b>Q moyen</b>	0,369	0,292	0,303	0,338	0,171	0,133	0,103	0,105	0,103	0,146	0,213	0,379	0,221	11,633
<b>Q moyen minimal</b>	0,189	0,090	0,080	0,060	0,039	0,038	0,036	0,043	0,037	0,041	0,043	0,160	0,036	1,902

### 2.4.2.7 La station R4 du Redon, en aval du Moulin Pendant

Comme indiqué précédemment, une station de mesure en continu a été installée au droit de ce point de référence. Son bassin versant est de 11,52 km<sup>2</sup>. Une chronique de débit a ainsi été mesurée sur la période du 9/10/2013 au 11/08/2014.

La chronique a ensuite été corrélée avec celle de la station DREAL du Redon (corrélation avec cette station compte tenu de l'appartenance de la station R4 au même bassin versant) et la fonction polynomiale d'ordre 2 a été définie. Le graphique ci-dessous illustre cette corrélation et la fonction associée.

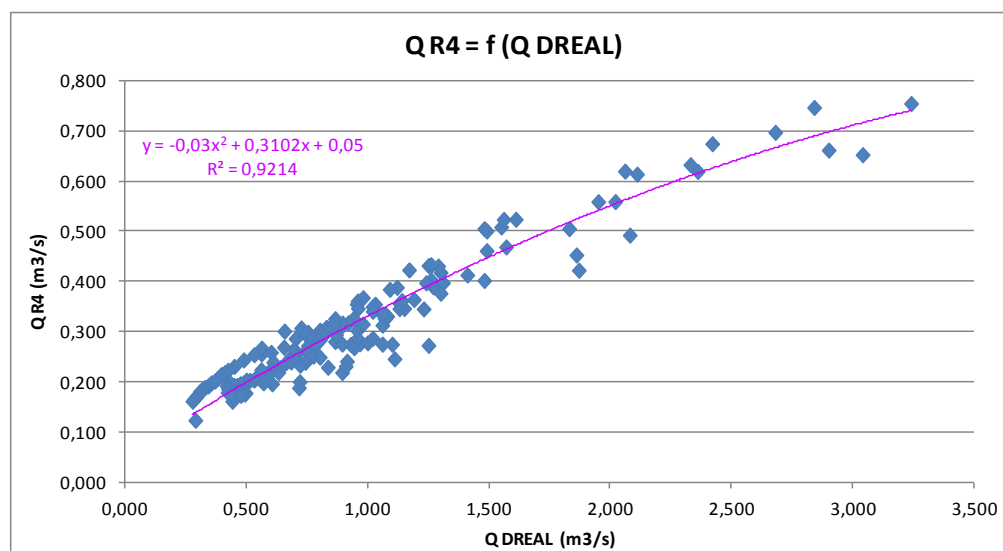


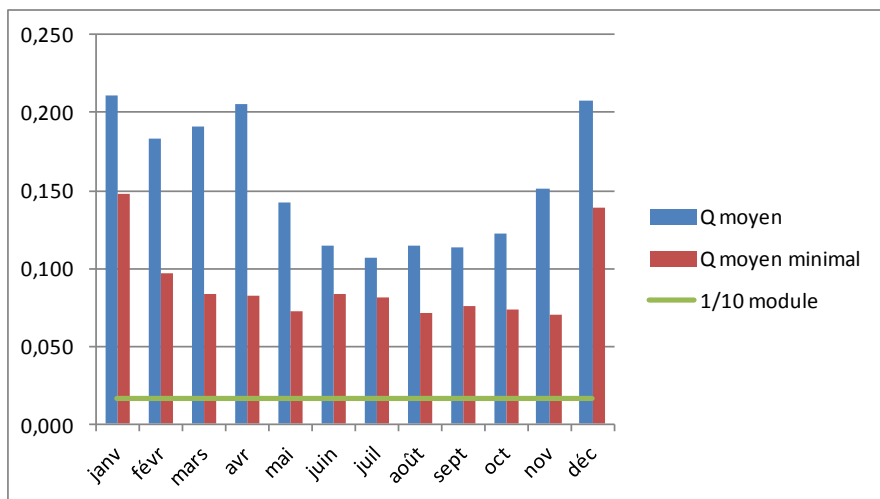
Figure 23 : Corrélation des stations R4 (suivi continu) et Redon (DREAL)

Ce graphique indique un très bon coefficient de corrélation d'une valeur de 92,14%. Cette fonction a ainsi été appliquée sur les débits du Redon sur la période 2003-2012.

Les débits caractéristiques d'étiages pour ce point de référence sont présentés ci-après.

(m <sup>3</sup> /s)													Annuel	
	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	m3/s	l/s/km <sup>2</sup>
<b>Q moyen</b>	0,211	0,184	0,191	0,206	0,142	0,114	0,107	0,115	0,114	0,123	0,151	0,208	0,155	13,493
<b>Q moyen minimal</b>	0,148	0,097	0,083	0,083	0,073	0,083	0,081	0,072	0,076	0,074	0,070	0,139	0,070	6,094

	m <sup>3</sup> /s	L/s/km <sup>2</sup>
Q moyen minimal	0,070	6,076
QMNA 2	0,088	7,639
QMNA 5	0,076	6,597
VCN 10	0,064	5,556
VCN 10 (2)	0,078	6,771
VCN 10 (5)	0,069	5,990
VCN 3	0,062	5,382
VCN 3 (2)	0,074	6,424
VCN 3 (5)	0,066	5,729
1/10 module	0,016	1,389
1/20 module	0,001	0,087



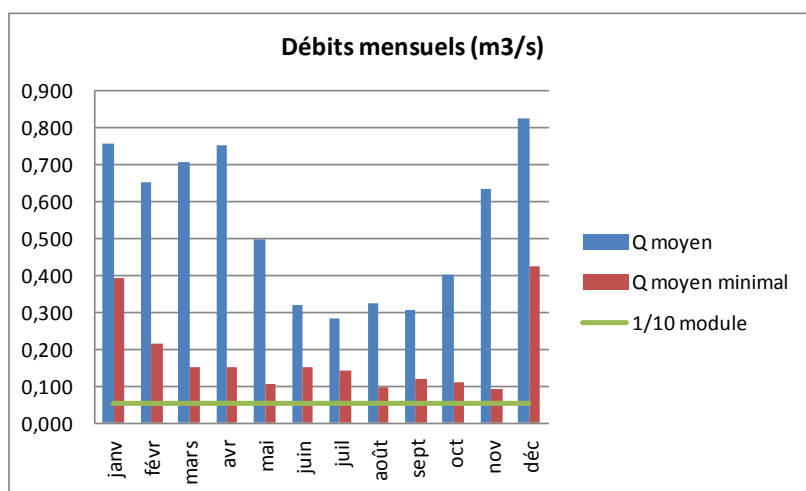
#### 2.4.2.8 La station R7 du Redon, au niveau de son embouchure dans le lac Léman

Cette station possède 8 données débitmétriques sur la période 2003-2012, issues des mesures ponctuelles liées aux campagnes de suivi de la qualité des eaux. Son bassin versant a une surface de 30,22 km<sup>2</sup>.

Parmi les stations hydrométriques de suivi continu, celle du Redon à Margencel présente un bon coefficient de corrélation R<sup>2</sup> de 95,53 % (cf. annexe C).

Le ratio des débits de la station R7 avec ceux de la station continue du Redon donne un coefficient k de 1,407. Cette valeur de k supérieure à 1 car la station R7 est située plus en aval de la station du Redon à Margencel. Les débits caractéristiques d'étiages pour ce point de référence sont les suivants :

	m <sup>3</sup> /s	L/s/km <sup>2</sup>
Q moyen minimal	0,093	3,073
QMNA 2	0,169	5,587
QMNA 5	0,120	3,957
VCN 10	0,066	2,170
VCN 10 (2)	0,121	4,004
VCN 10 (5)	0,086	2,840
VCN 3	0,055	1,830
VCN 3 (2)	0,106	3,492
VCN 3 (5)	0,072	2,374
1/10 module	0,052	1,723
1/20 module	0,025	0,838



(m <sup>3</sup> /s)													Annuel	
	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	m <sup>3</sup> /s	L/s/km <sup>2</sup>
Q moyen	0,757	0,650	0,709	0,753	0,499	0,318	0,283	0,325	0,307	0,400	0,633	0,827	0,521	17,816
Q moyen minimal	0,394	0,217	0,153	0,151	0,104	0,152	0,144	0,098	0,120	0,108	0,093	0,425	0,093	3,073



### 2.4.2.9 La station L1 des Léchères au niveau du pont du Tanoz

Cette station de référence possède 7 jaugeages réalisés sur la période 2003-2013. Son bassin versant est de 3,59 km<sup>2</sup>. A cette station, nous avons ajouté les 8 jaugeages réalisés en niveau de l'embouchure des Léchères dans le lac Léman. En effet, en utilisant uniquement ces 4 jaugeages, les stations hydrométriques continues ne présentaient pas un coefficient de corrélation suffisamment élevé. L'ensemble de ces mesures sont issues de mesures ponctuelles effectuées lors de campagnes de suivi de la qualité des eaux.

Ces 8 jaugeages supplémentaires ont été réalisés entre février 2009 et décembre 2011 sur un bassin versant de 5,41 km<sup>2</sup>.

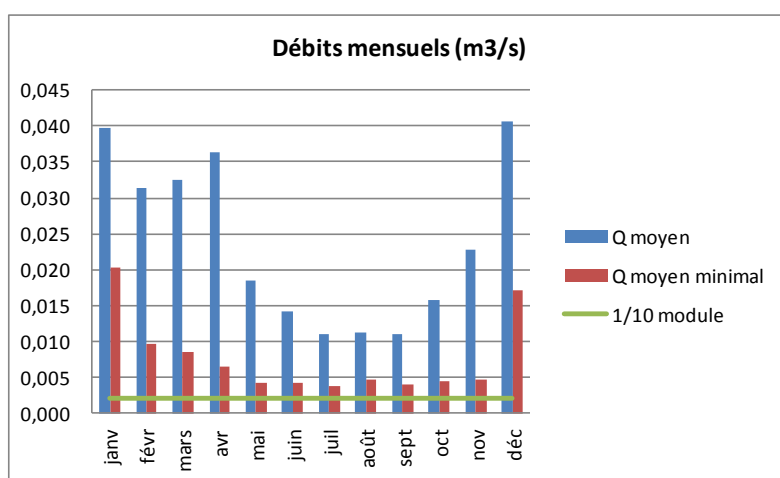
Afin d'utiliser ces données, nous avons effectués une première corrélation surfacique :

	Station L1		Station à l'embouchure	
	Débit (m3/s)	Débit spé (l/s/km <sup>2</sup> )	Débit (m3/s)	Débit spé (l/s/km <sup>2</sup> )
26/02/2009	0,0540	9,9778	0,0358	9.9778
28/05/2009	0,0100	1,8477	0,0066	1.8477
13/08/2009	0,0030	0,5543	0,0020	0.5543
08/04/2010	0,0790	14,5972	0,0524	14.5972
03/02/2011	0,0230	4,2498	0,0153	4.2498
15/06/2011	0,0040	0,7391	0,0027	0.7391
20/09/2011	0,0090	1,6630	0,0060	1.6630
22/12/2011	0,1060	19,5861	0,0703	19.5861

L'analyse des corrélations de ces 15 données avec les stations de mesure continue présente un coefficient R<sup>2</sup> d'environ 67% avec la station DREAL du Foron. Cette corrélation reste moyenne (graphiques en annexe C).

Le ratio des débits de la station L1 avec ceux de la station DREAL du Foron donne un coefficient k de 0,035. L'analyse statistique sur la période 2003-2012 est la suivante :

	m3/s	L/s/km <sup>2</sup>
Q moyen minimal	0,004	1,094
QMNA 2	0,005	1,518
QMNA 5	0,004	1,035
VCN 10	0,002	0,574
VCN 10 (2)	0,004	0,986
VCN 10 (5)	0,003	0,700
VCN 3	0,002	0,446
VCN 3 (2)	0,003	0,818
VCN 3 (5)	0,002	0,552
1/10 module	0,002	0,668
1/20 module	0,001	0,335





(m3/s)	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	Annuel	
													m3/s	l/s/km <sup>2</sup>
Q moyen	0,040	0,031	0,033	0,036	0,018	0,014	0,011	0,011	0,011	0,016	0,023	0,041	0,024	6,621
Q moyen minimal	0,020	0,010	0,009	0,006	0,004	0,004	0,004	0,005	0,004	0,004	0,005	0,017	0,004	1,094

### 2.4.3 Bilan des résultats obtenus

La figure ci-dessous représente le bilan des résultats statistiques obtenus au niveau des points de référence, en prenant pour exemple le Q moyen minimal et le QMNA5.

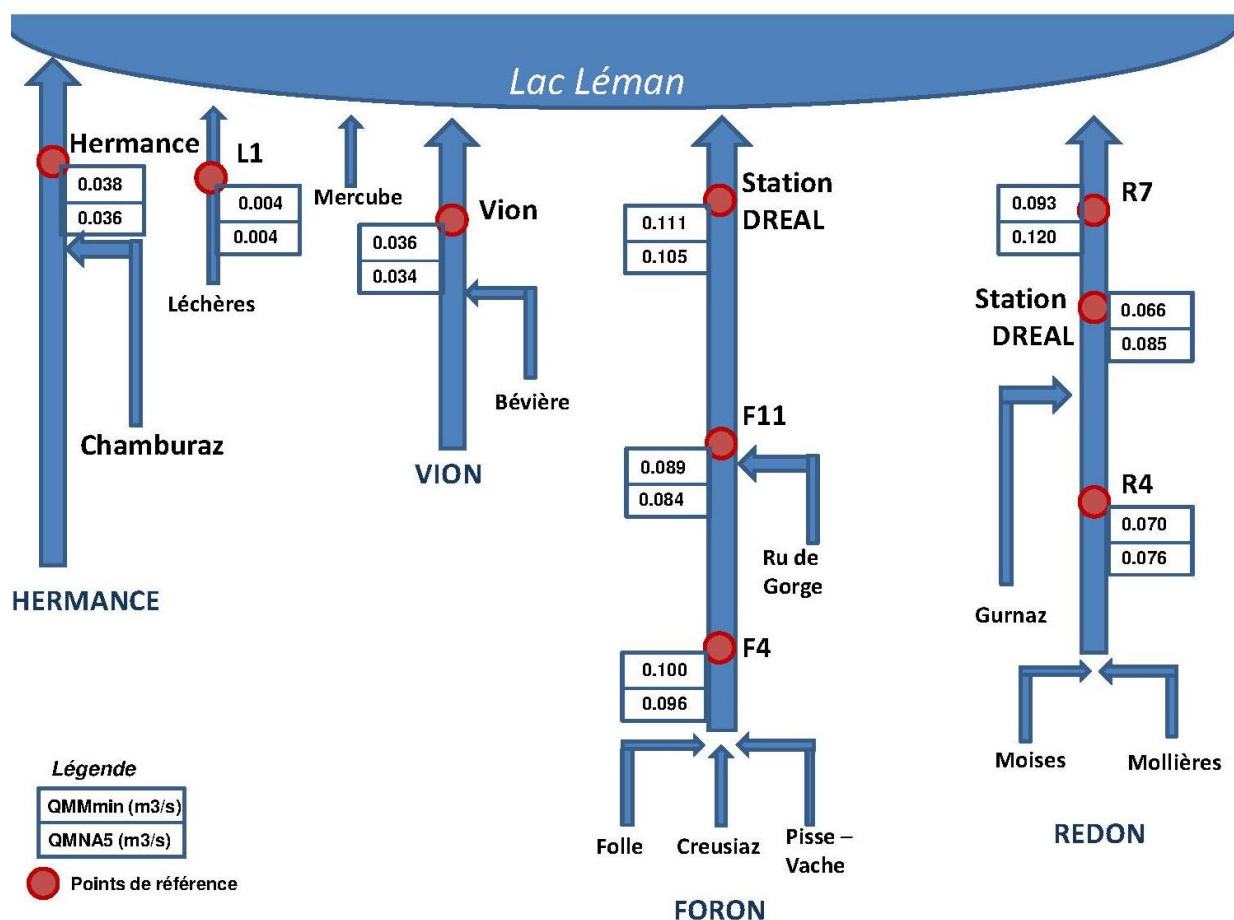


Figure 24 : Bilan des débits mensuels minimums d'étiage au niveau des points de référence

#### 2.4.4 Les limites de la méthode

La reconstitution de ces débits doit prendre en compte l'erreur due au faible nombre de couple de données débitométriques utilisé pour réaliser les différentes corrélations. L'incertitude sur ces jaugeages doit également être intégrée (matériel utilisé, méthode, opérateur...).

De plus, en l'absence de chroniques de débits continues sur tous les sous-bassins versants étudiés, les corrélations sont parfois réalisées à partir de chroniques débitométriques d'un autre cours d'eau. Bien que relativement proches géographiquement, ils ne présentent pas toujours des régimes hydrologiques équivalents : le Redon et le Foron sont influencés par le Massif des Voirons alors que d'autres cours d'eau ont un régime clairement de plaine (Vion et Hermance par exemple). Ces reconstitutions tendent donc à se rapprocher de la situation réelle mais contiennent obligatoirement une marge d'incertitude supplémentaire.

L'analyse des courbes de tarage au niveau des stations de mesure en continue du Redon et du Foron (cf. chapitre 2.3.2.) a permis de conclure que ces dernières comportent également des incertitudes, notamment pour les valeurs de débit à l'étiage.

L'estimation des incertitudes étant difficilement quantifiable, il est cependant important de les noter afin qu'elles soient prises en compte pour relativiser les conclusions sur la quantification des ressources superficielles existantes.

## 2.5 Reconstitution de l'hydrologie non influencée

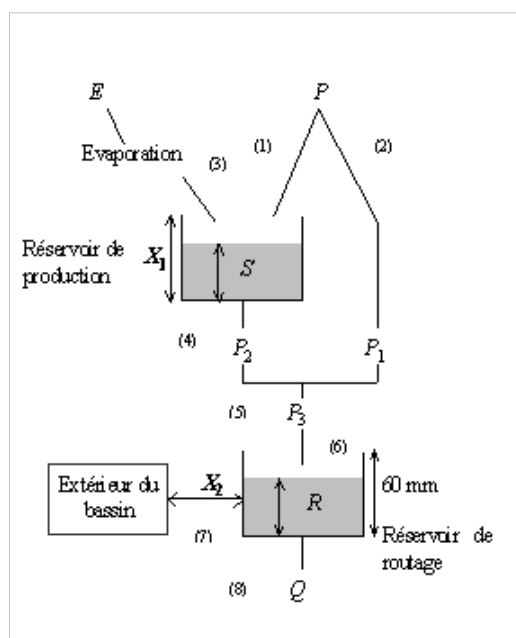
La démarche de modélisation permet la reconstitution du fonctionnement réel du bassin versant. Ce modèle est réalisé à partir de données climatiques, des prélèvements et rejets anthropiques et des chroniques de débits influencés sur une période suffisamment longue pour l'obtention d'un calage pertinent. L'impact des prélèvements sur la ressource en eau pourra ainsi être considéré.

### 2.5.1 Description du modèle

Il existe différents types de modèles permettant la reconstitution de l'hydrologie non influencée. Le modèle pluies-débits utilisé est celui du Génie Rural (modèle GR). Il a été développé par le CEMAGREF. Nous utiliserons ici le modèle fonctionnant au pas de temps mensuel (GR2M). Le numéro indique le nombre de paramètres utilisés pour caler le modèle, soit 2 paramètres mensuels.

Cette modélisation conceptuelle « simple » est basée sur la représentation du bassin par deux réservoirs principaux :

- Un réservoir de production faisant la part entre la fraction ruisselée et la fraction percolée
- Et un réservoir pour le transfert de ruissellement (routage).



Les paramètres X1 et X2 sont utilisés pour caler le GR2M :

- X1 : capacité du réservoir de production (mm)
- X2 : coefficient d'échanges souterrains (mm)

Les données d'entrées sont :

- La pluie dite « brute » P(mm)
- L'évapotranspiration potentielle E(mm)

Figure 25 : Schéma de la structure du modèle GR2M

L'ensemble des équations régissant le fonctionnement du modèle est décrit dans l'article de Perrin C (2002). Nous ne les rappellerons pas ici.

Une fois ces paramètres calés, le modèle déduit une chronique de débits naturels simulés.

## 2.5.2 Conception et interprétation du modèle

La modélisation s'est faite sur l'ensemble des points de référence afin d'avoir une vision globale du bassin versant sud-ouest Lémanique.

### 2.5.2.1 Les données climatiques utilisées

Les données de l'évapotranspiration (ETP) et les températures ont été récupérées sur le serveur de la Publithèque de Météo France. Elles sont issues de la station météorologique « Thonon-INRA » (indicatif de la station : 74281001, alt : 376m, lat : 46°22'00"N, lon : 06°27'18"E).

Les données pluviométriques ont été récupérées au pas de temps journaliers.

Les données de l'ETP sont calculées sur toute la France selon un zonage formant une grille avec une maille d'environ 12 kms. Les valeurs situées au nœud de la grille la plus proche de notre zone d'étude ont été récupérées sur la période 2003-2012, au pas de temps décadaire.

### 2.5.2.2 Impact des prélèvements et reconstitutions des débits naturels

Afin de reconstruire la ressource superficielle naturelle au droit des points de référence, il est nécessaire de prendre en compte toutes les pressions anthropiques sur la ressource en eau. Les données de prélèvements et rejets recensées dans la phase 1 de la présente étude sont utilisées et récapitulées dans le tableau en Annexe A.

Compte tenu des données climatiques, des prélèvements et des rejets, la période choisie pour la construction des modèles est de janvier 2003 à décembre 2012. Cette période semble tout à fait suffisante pour bien appréhender le fonctionnement du bassin, et particulièrement pertinente au vu de l'évolution des conditions climatiques et démographiques du territoire. Le choix de cette période peut également être justifié par l'analyse de la comparaison des QMNA5 au niveau des stations de mesures continues. Le tableau ci-dessous montre en effet que les QMNA5 calculés sur toute la période de données sont relativement proches de ceux calculés sur la période 2003 - 2012.

Station de mesure en continue	Période d'analyse	QMNA5	
		m <sup>3</sup> /s	l/s/km <sup>2</sup>
Redon	1971 - 2012	0.080	2.779
	2003 - 2012	0.085	2.949
Foron	1971 - 2012	0.108	2.035
	2003 - 2012	0.105	1.974

Tableau 14 : Comparaison des QMNA5 des stations de mesure en continu

Pour chaque point de référence modélisé, un inventaire des prélèvements et rejets situés à l'amont est réalisé : le schéma ci-dessous a ainsi été complété pour chaque tronçon, afin d'être le plus exhaustif possible (schéma pour chaque modélisation présenté en Annexe D).

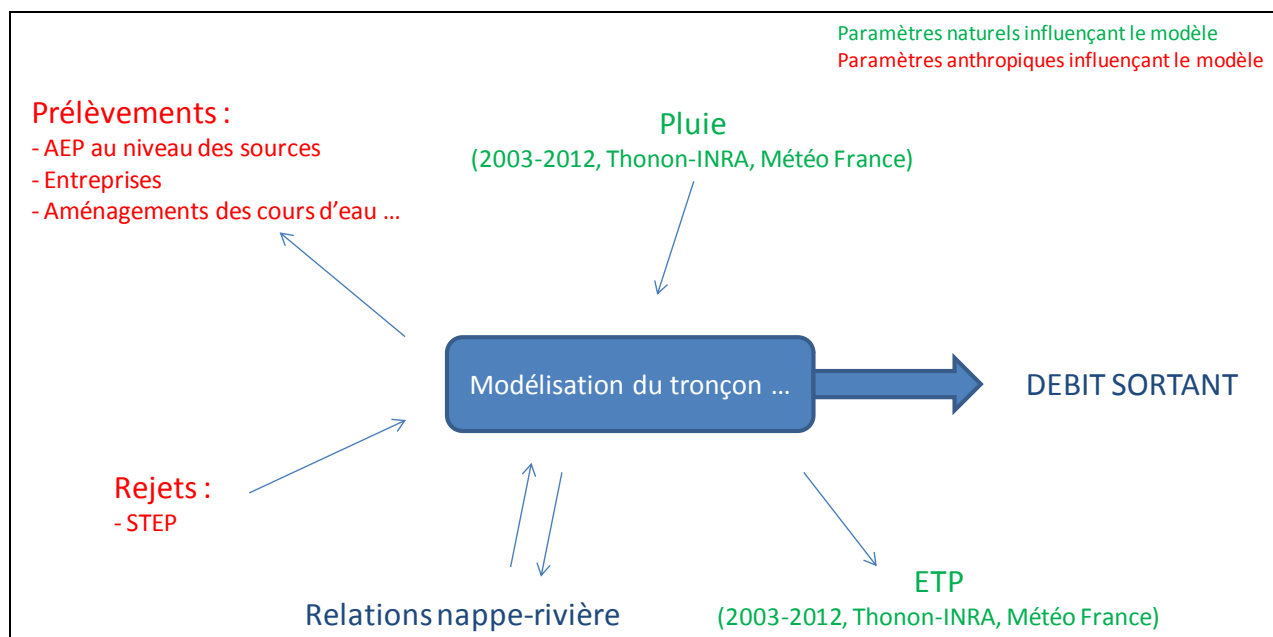


Figure 26 : Impacts des prélèvements et rejets sur le débit du cours d'eau

Les débits naturels sont ensuite reconstitués en réinjectant les valeurs des débits de prélèvements et en soustrayant les valeurs des débits de rejets.

Pour l'ensemble des données anthropiques présentées dans le schéma précédent, seules les valeurs moyennes annuelles étaient disponibles. **Leur utilisation au pas de temps mensuel n'est donc pas toujours le reflet de la réalité des prélèvements et rejets quotidiens sur le bassin, mais la plupart du temps le reflet d'une situation moyenne. Les débits naturels reconstitués sont donc à prendre en considération avec précaution.**

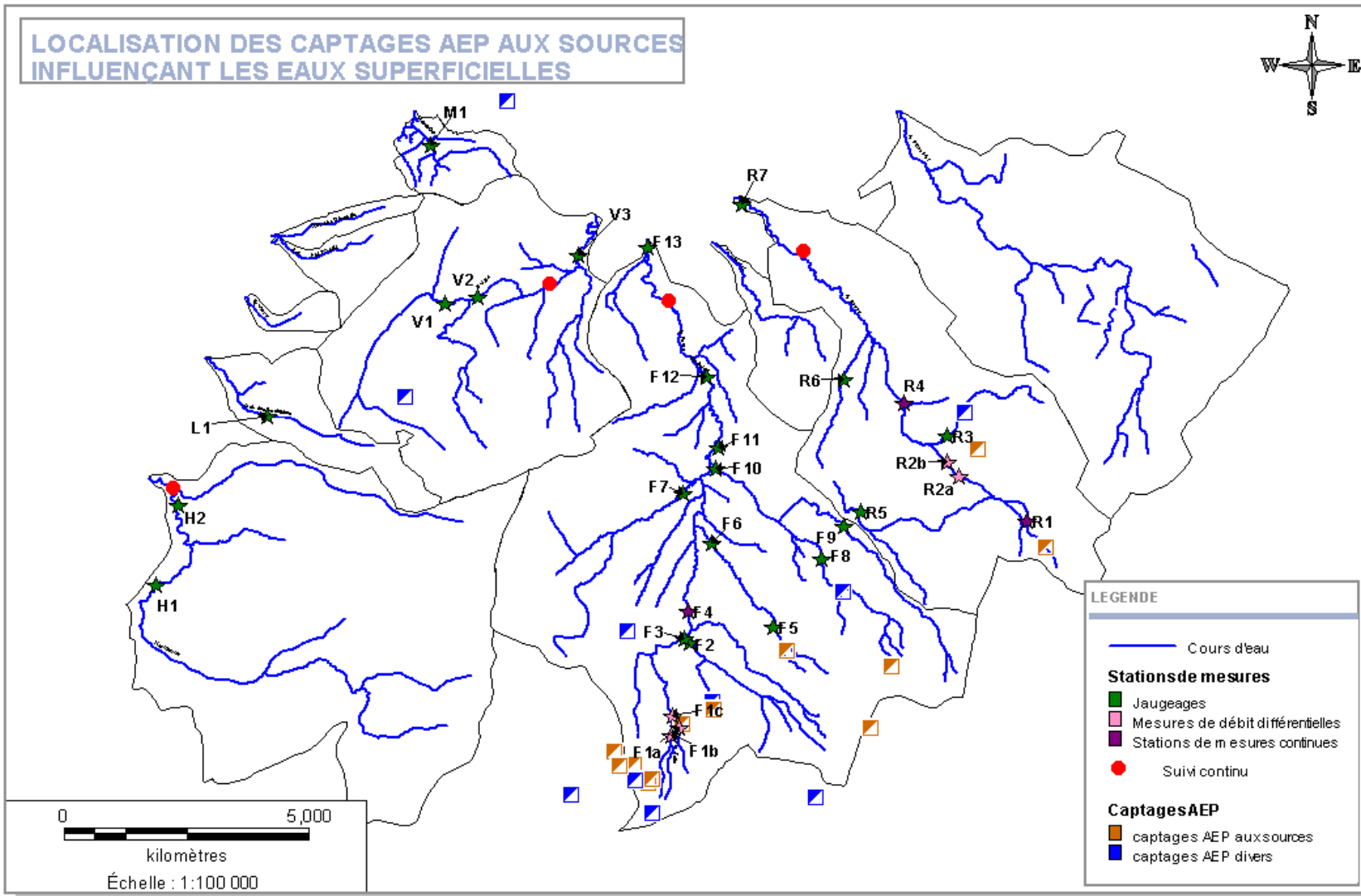
Le détail des données utilisées est le suivant :

- Les **prélèvements pour l'AEP au niveau des sources** ont été ajustés avec une fonction liée au débit moyen mensuel de la rivière concernée. En effet, en l'absence de suivis mensuels durables sur ces sources, l'hypothèse retenue pour leur prise en compte dans la reconstitution des débits naturels est une répartition calée sur l'hydrologie. Au vu des éléments explicités au chapitre 3.2 du présent rapport, cette hypothèse n'est pas forcément un reflet parfait de la réalité, notamment pour la source de l'Ecole qui produit de façon relativement constante sur l'année. Toutefois, si on s'en tient à la période d'étiage, période cible de l'étude, cette hypothèse est relativement cohérente. Le débit prélevé annuellement a ainsi été réparti mensuellement de façon proportionnelle au débit moyen mensuel.

Les captages AEP aux sources ayant une influence sur les eaux superficielles sont localisés sur la carte en page suivante.



**LOCALISATION DES CAPTAGES AEP AUX SOURCES INFLUENÇANT LES EAUX SUPERFICIELLES**



Le tableau ci-dessous détaille les étapes de calcul pour l'ajustement des débits prélevés pour l'AEP (exemple sur la station du Foron (DREAL) sur l'année 2005). L'ensemble des calculs des données utilisées est disponible en annexe E.

2005	janv	fev	mar	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc
Q mensuel (m3/s)	0,677	0,814	0,741	1,874	0,637	0,197	0,139	0,185	0,137	0,307	0,254	0,515
Répartition (%)	10,45	12,57	11,44	28,94	9,84	3,04	2,14	2,86	2,11	4,74	3,93	7,95
Q prélevé (m3/mois)	79518	95636	87022	220175	74876	23092	16288	21760	16055	36028	29863	60486
Q prélevé (m3/s)	0,030	0,040	0,032	0,085	0,028	0,009	0,006	0,008	0,006	0,013	0,012	0,023

**Tableau 15 : Ajustement des données annuelles des prélèvements AEP aux sources (exemple pour le Foron, sur l'année 2005)**

- Les **rejets des STEP** correspondent aux valeurs moyennes annuelles extrapolées au pas de temps mensuel. Le détail des calculs est disponible en annexe E.
- Les **prélèvements agricoles** pris en compte sont uniquement ceux déclarés en tant que prélèvements directs sur les eaux superficielles.
- Les **restitutions diffuses des réseaux AEP** n'ont pas été prises en compte dans la reconstitution des débits naturels car ces données sont difficilement quantifiables et localisables à l'échelle des sous-bassins versants. Par ailleurs, sur ces fuites, on estime que seulement 65 % environ des volumes sont restitués au milieu naturel. Ces volumes sont donc négligeables par rapport au volume global d'eau transitant dans l'année à l'échelle des bassins.
- L'**assainissement non collectif (ANC)** n'a pas été intégré dans la reconstitution des débits naturels car les volumes rejetés par l'ANC ne sont pas directement rejetés dans les eaux superficielles. De plus, l'analyse des chiffres de 2011 pour la Communauté de Communes du Bas Chablais montre que ces rejets, exprimés en l/s/km<sup>2</sup> à l'échelle d'une commune sont très faibles, et ne semblent pas de nature à modifier nos conclusions :

Commune	Superficie km <sup>2</sup>	M3/an	l/s/km <sup>2</sup>
Anthy	4.61	5078	0.035
Ballaison	13.22	24551	0.059
Bons	18.99	44333	0.074
Chens	10.69	3785	0.011
Douvaine	10.50	3302	0.010
Excenevex	6.70	2624	0.012
Loisin	7.82	7063	0.029
Margencel	16.15	6990	0.014
Massongy	16.08	8643	0.017
Messery	9.13	3761	0.013
Nernier	6.70	94	0.000
Sciez	20.35	29102	0.045
Veigy	12.85	15359	0.038
Yvoire	3.10	3072	0.031
<b>Total</b>	<b>156.89</b>	<b>157757</b>	<b>0.032</b>

**Rejets liés à l'assainissement individuel (source SYMASOL)**



Ces volumes paraissent donc négligeables par rapport au volume global d'eau transitant dans l'année à l'échelle du bassin.

- Les relations nappe/cours d'eau et les incidences des prélèvements dans les eaux souterraines (AEP, irrigation...) étant difficilement quantifiables, elles n'ont pas été intégrées à la reconstitution de ces débits naturels.

Le graphique ci-après montre les impacts de ces prélèvements et rejets sur les eaux superficielles, à travers une comparaison des modules. Ce dernier révèle des modules naturels supérieurs aux modules influencés sur toutes les stations exceptée celle de l'Hermance. **Les cours d'eau du bassin versant semblent donc être légèrement influencés par les prélèvements.**

On notera que les différences entre les débits influencés et naturels restent faibles (avec une différence maximale de 37 l/s pour les modules au niveau des stations R4 et DREAL sur le Redon) et se situent dans la marge d'imprécision des corrélations et des jaugeages ayant servi au calage du modèle.

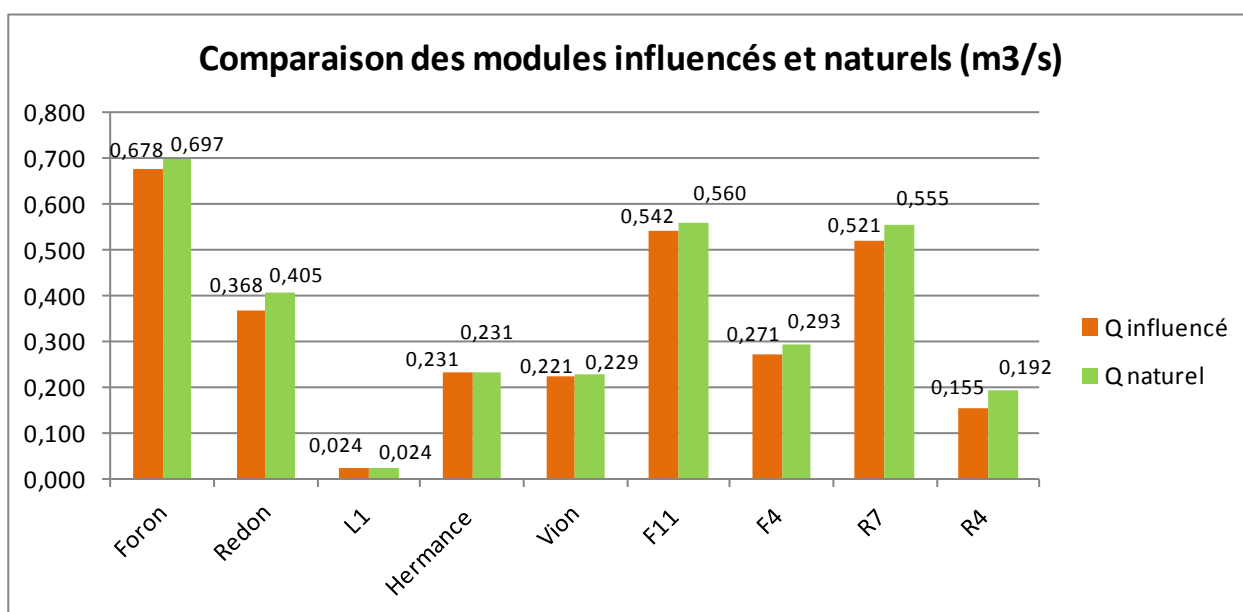


Figure 27 : Comparaison des modules influencés et naturels au niveau des stations de référence

L'objectif du présent rapport étant d'évaluer l'impact des prélèvements et de quantifier la ressource en eau en situation critique, il est intéressant d'observer plus en détail cet impact en période d'étiage. Les débits influencés et naturels caractéristiques d'étiage ont ainsi été calculés. Ils sont présentés dans les graphiques et les tableaux ci-après.

*Remarque : Les VCN (débits moyens minimums sur x jours consécutifs) n'ont pas été intégrés à l'analyse ci-après car la reconstitution des débits naturels a été réalisée au pas de temps mensuels (aucune donnée de prélèvements ni rejets anthropiques disponible au pas de temps journalier).*



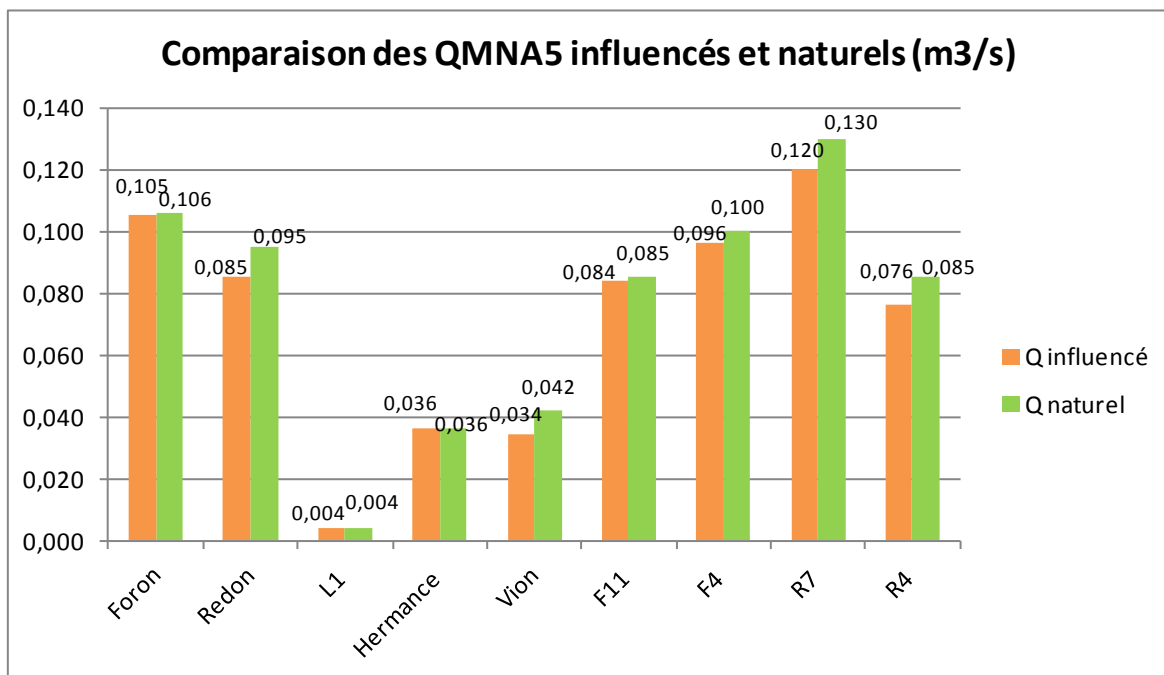


Figure 28 : Comparaison des QMNA5 influencés et naturels au niveau des stations de référence

	Hermance				Vion			
	DEBIT INFLUENCE		DEBIT NATUREL RECONSTITUE		DEBIT INFLUENCE		DEBIT NATUREL RECONSTITUE	
	m3/s	l/s/km <sup>2</sup>	m3/s	l/s/km <sup>2</sup>	m3/s	l/s/km <sup>2</sup>	m3/s	l/s/km <sup>2</sup>
Q moyen min	0,038	0,904	0,038	0,909	0,036	1,904	0,044	2,312
QMNA 2	0,052	1,254	0,053	1,267	0,050	2,642	0,059	3,100
QMNA 5	0,036	0,855	0,036	0,861	0,034	1,801	0,042	2,207
1/10 module	0,023	0,552	0,023	0,550	0,022	1,163	0,023	1,209
1/20 module	0,012	0,277	0,012	0,287	0,011	0,583	0,011	0,578

Tableau 16 : Débits influencés et naturels caractéristiques d'étiage aux stations Hermance et Vion

	L1				F4			
	DEBIT INFLUENCE		DEBIT NATUREL RECONSTITUE		DEBIT INFLUENCE		DEBIT NATUREL RECONSTITUE	
	m3/s	l/s/km <sup>2</sup>	m3/s	l/s/km <sup>2</sup>	m3/s	l/s/km <sup>2</sup>	m3/s	l/s/km <sup>2</sup>
Q moyen min	0,004	1,094	0,004	1,114	0,100	8,150	0,102	8,313
QMNA 2	0,005	1,518	0,005	1,393	0,117	9,535	0,122	9,943
QMNA 5	0,004	1,035	0,004	1,114	0,096	7,824	0,100	8,150
1/10 module	0,002	0,668	0,002	0,557	0,027	2,200	0,029	2,363
1/20 module	0,001	0,335	0,001	0,279	0,001	0,081	0,015	1,222

Tableau 17 : Débits influencés et naturels caractéristiques d'étiage aux stations L1 et F4

	F11				Foron (station DREAL)			
	DEBIT INFLUENCE		DEBIT NATUREL RECONSTITUE		DEBIT INFLUENCE		DEBIT NATUREL RECONSTITUE	
	m3/s	l/s/km <sup>2</sup>	m3/s	l/s/km <sup>2</sup>	m3/s	l/s/km <sup>2</sup>	m3/s	l/s/km <sup>2</sup>
Q moyen min	0,089	1,946	0,088	1,930	0,111	<b>2,087</b>	0,110	2,068
QMNA 2	0,123	2,700	0,124	2,719	0,154	<b>2,896</b>	0,155	2,915
QMNA 5	0,084	1,841	0,085	1,864	0,105	<b>1,974</b>	0,106	1,993
1/10 module	0,054	1,189	0,056	1,228	0,068	<b>1,275</b>	0,070	1,316
1/20 module	0,027	0,596	0,028	0,614	0,034	<b>0,639</b>	0,035	0,658

**Tableau 18 : Débits influencés et naturels caractéristiques d'étiage aux stations F11 et Foron (DREAL)**

	R4				R7			
	DEBIT INFLUENCE		DEBIT NATUREL RECONSTITUE		DEBIT INFLUENCE		DEBIT NATUREL RECONSTITUE	
	m3/s	l/s/km <sup>2</sup>	m3/s	l/s/km <sup>2</sup>	m3/s	l/s/km <sup>2</sup>	m3/s	l/s/km <sup>2</sup>
Q moyen min	0,070	6,076	0,081	7,031	0,093	3,073	0,106	3,508
QMNA 2	0,088	7,639	0,101	8,767	0,169	5,587	0,182	6,023
QMNA 5	0,076	6,597	0,085	7,378	0,120	3,957	0,130	4,302
1/10 module	0,016	1,389	0,019	1,649	0,052	1,723	0,055	1,820
1/20 module	0,001	0,087	0,010	0,868	0,025	0,838	0,028	0,927

**Tableau 19 : Débits influencés et naturels caractéristiques d'étiage aux stations R4 et R7**

	Redon (station DREAL)			
	DEBIT INFLUENCE		DEBIT NATUREL RECONSTITUE	
	m3/s	l/s/km <sup>2</sup>	m3/s	l/s/km <sup>2</sup>
Q moyen min	0,066	2,290	0,079	2,741
QMNA 2	0,120	4,164	0,132	4,580
QMNA 5	0,085	2,949	0,095	3,296
1/10 module	0,037	1,284	0,041	1,423
1/20 module	0,018	0,625	0,020	0,694

**Tableau 20 : Débits influencés et naturels caractéristiques d'étiage aux stations Redon (DREAL)**

Pour une meilleure interprétation des données, l'écart entre les QMNA5 et les modules influencés et naturels reconstitués est présenté dans le tableau suivant.

Station	Hermance	Vion	L1	F4	F11	Foron DREAL	R4	R7	Redon DREAL
Ecart QMNA5	0 %	+ 23.5 %	0 %	+ 4.2 %	+ 1.2 %	+ 1 %	+ 11.8 %	+ 8.3 %	+ 11.8 %
Ecart module	0 %	+ 3.6 %	0 %	+ 8.1 %	+ 3.3 %	+ 2.8 %	+ 23.9 %	+ 6.5 %	+ 10.1 %

**Tableau 21 : Ecart entre les QMNA5 et les modules influencés et naturels reconstitués**

Ces graphiques et tableaux mettent en avant trois situations :

- **Les stations L1, Hermance ne sont pas influencés par des pressions anthropiques**, pour ce qui est des débits moyens mensuels.
  
- **Les stations Foron (station DREAL), F4 et F11 présentent des écarts quasi nuls entre les QMNA5 naturels et influencés** (écart des QMNA5 inférieurs à 5%).  
Pour ces stations, les résultats montrent que les pressions anthropiques (rejets et prélèvements) s'équilibrent : les prélèvements AEP sont compensés par les rejets qui semblent soutenir les débits en période d'étiage.  
Cette situation s'observe également au module avec des prélèvements AEP qui impactent légèrement plus les débits que les rejets ne les soutiennent.
  
- **Les stations Vion, Redon (station DREAL), R4 et R7 présentent des QMNA5 naturels supérieurs aux QMNA5 influencés** (écart des QMNA5 compris entre +8 et +23%).  
Pour ces stations, les résultats reflètent essentiellement l'impact des prélèvements AEP ou agricoles (pour la station du Vion) sur les débits des cours d'eau à l'étiage. Ces impacts restent cependant limités car inférieurs ou égaux à 1 l/s/km<sup>2</sup>.

Il est cependant difficile de conclure sur l'impact des pressions anthropiques sur les débits d'étiage car seules les valeurs annuelles des prélèvements et rejets ont été collectées. Ces différences entre débits influencés et naturels reconstitués se situent donc dans la marge d'imprécision des corrélations.

**Au vu des résultats observés, les faibles débits des cours d'eau dans cette période d'étiage ne peuvent donc pas être expliqués uniquement par des prélèvements et rejets anthropiques mais plutôt aux conditions d'alimentation de ces cours d'eau.**

Le schéma en page suivante synthétise la reconstitution des débits naturels au niveau des stations de référence. Les valeurs des prélèvements et rejets indiquées sur le schéma correspondent à une moyenne des valeurs mensuelles retenues sur l'ensemble de la chronique.



Etude quantitative des eaux superficielles et souterraines - SYMASOL

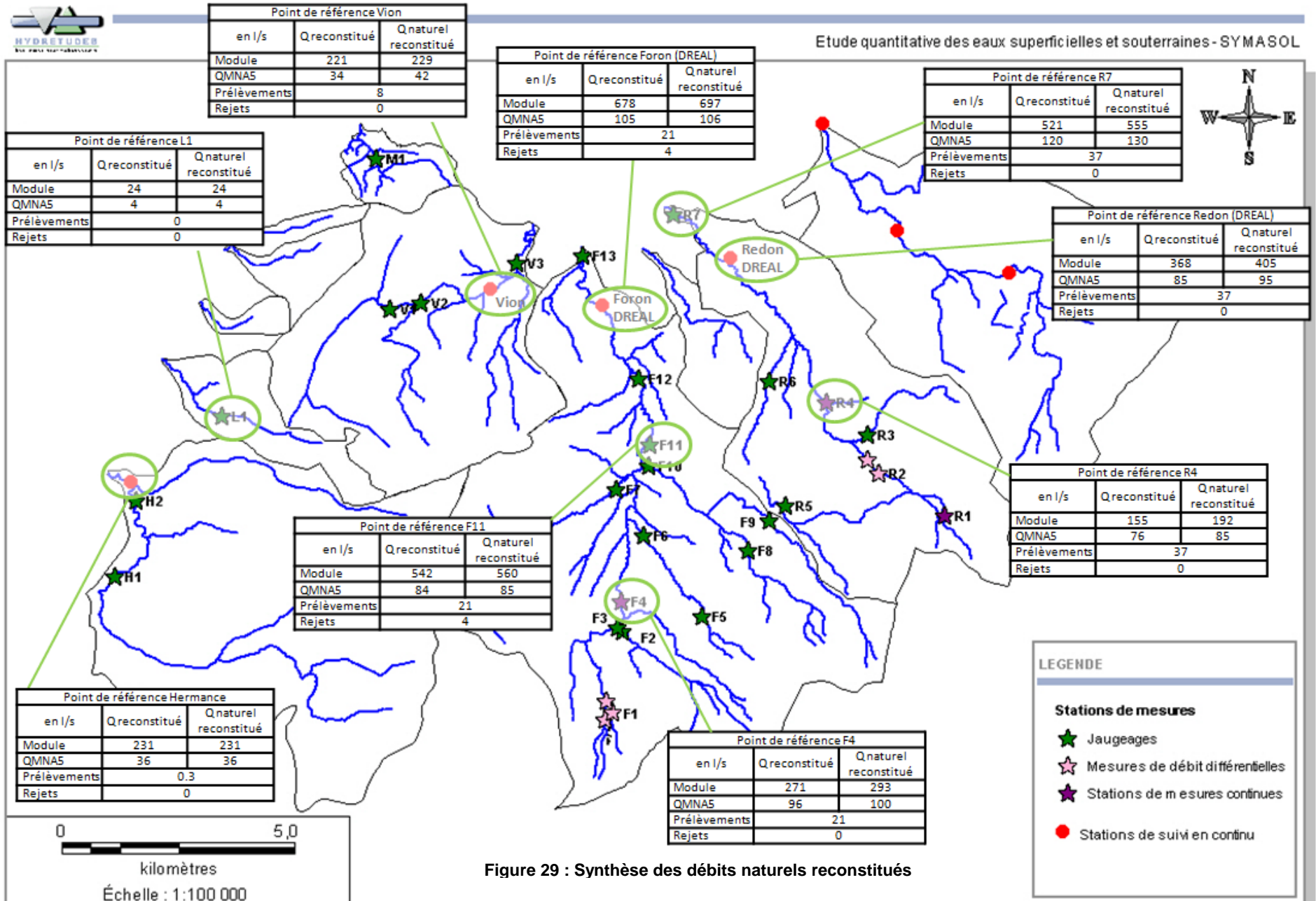


Figure 29 : Synthèse des débits naturels reconstitués

### 2.5.2.3 Le modèle hydrologique GR2M

#### ❖ MODELISATION 1 - METHODE ORIGINELLE

Le but de la modélisation hydrologique sur un pas de temps mensuel est d'obtenir un modèle qui se rapproche au mieux du fonctionnement réel du bassin.

Dans ce but, la méthode de calage utilisée a été la suivante :

- Reconstitution des débits naturels à partir des débits observés, par suppression des rejets et prélèvements identifiés
- Construction du modèle pluies-débits sans prise en compte des rejets/prélèvements
- Calage du modèle par comparaison des débits naturels reconstitués et modélisés.

Cette méthode, qui consiste à comparer des débits naturels plutôt que les débits influencés (observés), se justifie dans le cas présent par la quasi-absence de prélèvements dans les eaux superficielles du secteur d'étude. L'utilisation de la méthode habituellement utilisée dans les études Volumes Prélevables, qui consiste à comparer les débits influencés, aurait eu pour conséquence de rajouter de la corrélation (donc de l'incertitude) entre les rejets et prélèvements, au risque d'amplifier l'influence de ces derniers.

Des critères d'efficacité sont calculés dans le cadre du calage du modèle. Ces derniers mesurent la part de la variance des débits reconstitués expliquée par le modèle.

Il s'agit du critère de Nash-Sutcliffe (E) utilisé ci-après et présenté ici :

$$E = 1 - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Q_i - \bar{Q}_i)^2 / \sum_{i=1}^n (Q_i - \bar{Q}_m)^2 \times 100$$

$$E = 100 * (1 - ((Q_{ireel} - Q_{imod})^2 / (Q_{ireel} - Q_m)^2))$$

$Q_{ireel}$  et  $Q_{imod}$  sont respectivement les débits observés (ici les débits naturels reconstitués) et calculés (ici les débits naturels modélisés) durant la période de calage

$Q_m$  est la moyenne des débits observés en calage.

Si  $E = 100\%$ , l'ajustement est parfait, par contre si  $E < 0$ , le débit calculé par le modèle est une plus mauvaise estimation que le simple débit moyen.

Le modèle peut être utilisé sous Excel. Une fois les différentes données (date, pluie, ETP, et débits naturels) rentrées dans le tableur, on utilise la fonction « Solveur » qui permet d'optimiser les paramètres X1 et X2 du modèle pour que les critères d'efficacité soient le plus proche de 100. Une courbe de corrélation entre les débits observés et les débits calculés permet également d'estimer l'ajustement du modèle.

Le calage du modèle est habituellement réalisé sur une période suffisamment longue pour l'obtention d'un modèle pertinent. Le premier modèle a donc été testé sur une période de calage de 4 ans (01/2003 à 01/2007).

Station de référence	Critères d'efficacité (%)		
	Nash(Q)	Nash(VQ)	Nash(ln(Q))
Hermance	65.4	64.2	59.9
L1	66.3	65.4	62.2
Vion	67.7	67.1	65.0
F4	61.6	62.4	62.1
F11	67.0	66.6	63.9
Foron	67.1	66.6	63.7
R4	55.1	46.7	33.5
Redon	65.2	61.5	56.1
R7	65.1	62.8	59.2

Tableau 22 : Critères d'efficacité sur la période de calage 01/2003 - 01/2007 du modèle GR2M

Le tableau ci-dessus montre des critères d'efficacité moyens (compris entre 33.5% et 67.7%) pour l'ensemble des stations de référence.

Par ailleurs, l'analyse visuelle du modèle au niveau de la station DREAL du Foron (station présentant des chroniques relativement fiables) met en évidence des courbes de débits naturels reconstitués (débits observés) et simulés moyennement corrélées, les épisodes de très hauts débits et de fonte des neiges n'étant pas modélisés de façon satisfaisante (cf. figure ci-après).

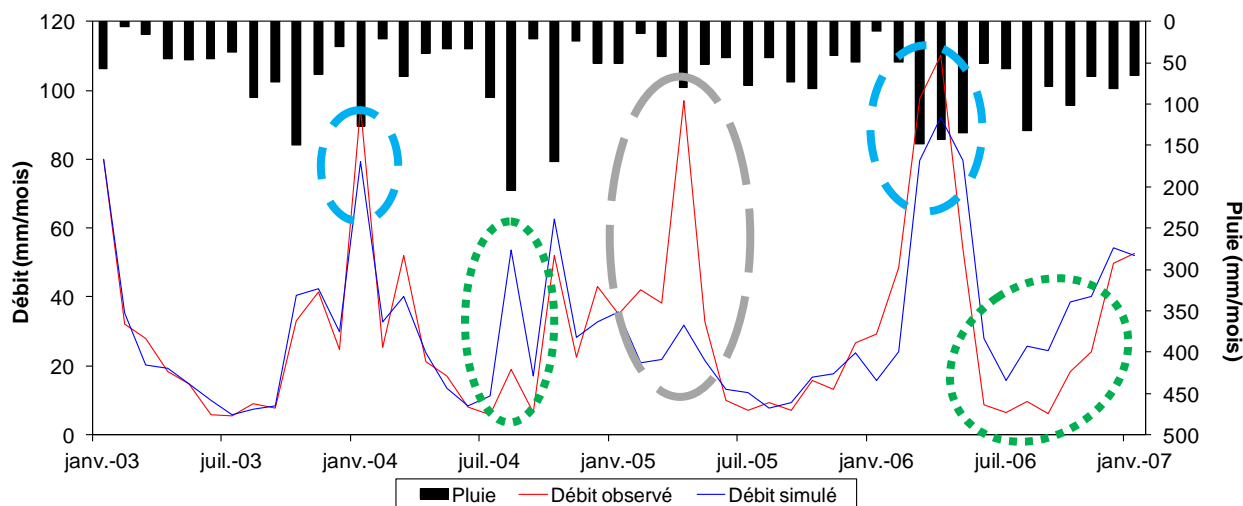


Figure 30 : Courbe des débits observés et simulés sur la période de calage 01/2003 – 01/2007 au niveau de la station DREAL du Foron.

Note : la correspondance des cercles de couleur sur la figure est développée lors de l'interprétation du modèle dans les pages suivantes.

D'autres périodes de calage ont donc été testées. Les tableaux ci-après recensent les critères d'efficacité pour ces périodes.

Station de référence	Critères d'efficacité (%)		
	Nash(Q)	Nash(VQ)	Nash(ln(Q))
Hermance	84.4	83.1	79.2
L1	84.5	83.6	80.7
Vion	84.0	83.9	82.6
F4	83.0	83.0	82.5
F11	83.7	83.7	82.1
Foron	83.5	83.5	81.8
R4	68.8	66.7	62.6
Redon	77.6	76.3	73.0
R7	77.8	77.3	75.7

Tableau 23 : Critères d'efficacité sur la période de calage 01/2003 - 01/2005 du modèle GR2M

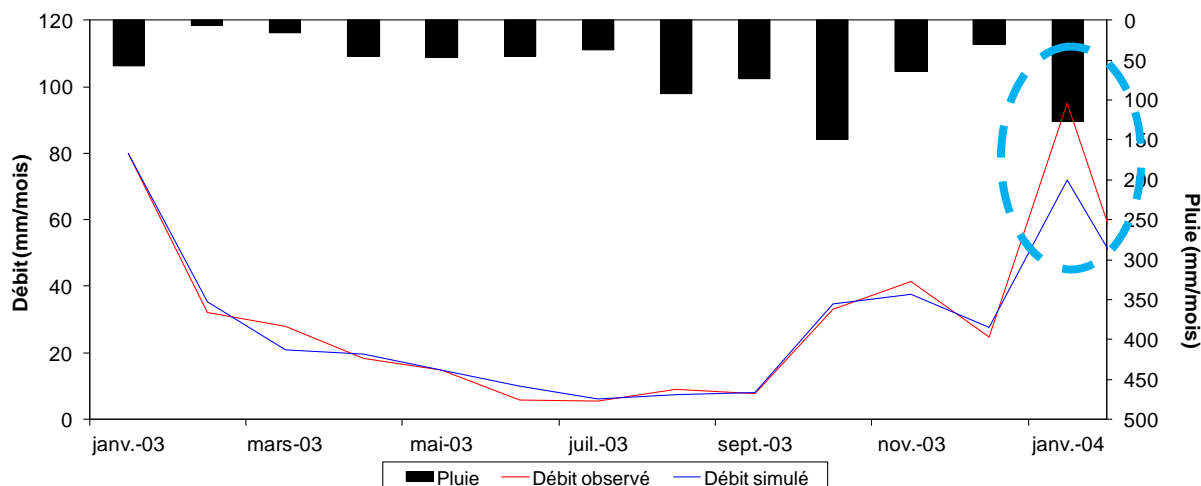
Station de référence	Critères d'efficacité (%)		
	Nash(Q)	Nash(VQ)	Nash(ln(Q))
Hermance	97.8	96.6	94.4
L1	97.8	96.6	94.4
Vion	97.8	96.6	94.8
F4	97.9	97.1	96.0
F11	97.8	96.5	94.3
Foron	97.8	96.4	94.2
R4	94.0	92.5	90.5
Redon	96.6	95.3	93.5
R7	96.6	95.5	94.0

Tableau 24 : Critères d'efficacité sur la période de calage 01/2003 - 01/2004 du modèle GR2M

La période de calage permettant l'obtention des meilleurs critères d'efficacité et donc d'une corrélation optimisée des courbes de débits observés et simulés est la période 01/2003-01/2004.

En effet, l'année 2003 étant une année sèche avec de faibles précipitations (inférieures à 100 mm précipités mensuellement), le modèle semble être des plus adaptés sur cette période. Le résultat graphique de cette période de calage sur la station DREAL du Foron est le suivant :





**Figure 31 : Courbe des débits observés et simulés sur la période de calage 01/2003 – 01/2004 au niveau de la station DREAL du Foron.**

*Note : la correspondance du cercle de couleur sur la figure est développée lors de l'interprétation du modèle ci-après.*

Sur l'ensemble de ces périodes de calages, différentes pistes de conclusions sont à noter :

- Les cercles bleus sur les figures 16 et 17 montrent des pointes de débits observés qui n'ont pas été modélisés de façon satisfaisante. Cela peut être lié à des phénomènes de crues, évènements hydrologiques qui se produisent sur un pas de temps très court, mal pris en compte par ce modèle au pas de temps mensuel.

Egalement, sur la figure 17, on observe que la courbe correspondante aux débits naturels simulés a tendance à être lissée sur la période de calage.

- Le cercle en gris sur la figure 16 montre également une pointe de débit observé qui n'a pas été modélisée. Cette pointe ne peut cependant pas s'expliquer par un phénomène de crue car l'observation de la pluviométrie à cette même période ne justifie pas un tel phénomène.

Ce fort débit peut s'expliquer par la fonte des neiges stockées (pic situé au mois d'avril), qui ne sont pas prises en compte par ce type de modèle (pas de temps mensuel). Cependant, là encore la pluviométrie n'indique pas d'importantes précipitations hivernales (ni sous forme de neige, ni sous forme de pluie) permettant de justifier l'apparition d'un tel pic de débit.

- Les cercles en vert sur la figure 16 montrent quant à eux des pics de débits simulés qui ne suivent pas les débits observés. Le modèle reste pourtant en adéquation avec les données entrantes de pluviométrie.
- Le modèle est relativement correct sur les périodes de basses eaux.
- Les critères d'efficacité les plus faibles sont enregistrés pour la station R4. Cette constatation confirme le manque de fiabilité sur les données mesurées au niveau de la station de mesure des débits en continu, installée dans le cadre de cette étude.



Une fois le calage effectué, les caractéristiques de calage sont vérifiées sur la période de validation : de janvier 2007 à décembre 2012. La vérification est réalisée automatiquement par le modèle. Il utilise les mêmes valeurs des paramètres de calage et calcule les critères d'efficacité selon ces paramètres.

De la même façon que précédemment, la période de validation a été visualisée pour chacune des périodes de calage testées. Les critères d'efficacité pour chaque période sont référencés dans les tableaux ci-après.

Station de référence	Critères d'efficacité (%)		
	Nash(Q)	Nash(VQ)	Nash(ln(Q))
Hermance	42.1	43.9	40.1
L1	43.6	45.5	42.4
Vion	46.5	48.0	45.9
F4	42.7	44.7	44.3
F11	47.0	48.7	46.5
Foron	47.3	48.9	46.6
R4	34.2	36.1	34.1
Redon	42.1	44.3	43.0
R7	43.0	44.8	43.1

Tableau 25 : Critères d'efficacité de la période de validation correspondant à la période de calage 01/2003 - 01/2007 du modèle GR2M

Station de référence	Critères d'efficacité (%)		
	Nash(Q)	Nash(VQ)	Nash(ln(Q))
Hermance	45.9	46.7	43.0
L1	47.1	47.9	44.8
Vion	49.1	50.1	47.8
F4	44.4	45.7	44.7
F11	48.8	50.3	48.1
Foron	49.0	50.5	48.3
R4	40.1	38.7	34.7
Redon	45.4	46.0	43.7
R7	44.7	46.4	44.9

Tableau 26 : Critères d'efficacité de la période de validation correspondant à la période de calage 01/2003 - 01/2005 du modèle GR2M

Station de référence	Critères d'efficacité (%)		
	Nash(Q)	Nash(VQ)	Nash(ln(Q))
Hermance	43.6	45.5	42.1
L1	47.3	48.2	44.5
Vion	52.0	52.3	49.2
F4	46.5	47.7	46.9
F11	51.5	52.7	50.2
Foron	51.5	52.8	50.4
R4	32.2	32.4	30.3
Redon	48.8	48.1	44.3
R7	48.2	48.8	45.8

Tableau 27 : Critères d'efficacité de la période de validation correspondant à la période de calage 01/2003 - 01/2004 du modèle GR2M

L'analyse de ces différents tableaux montre des critères d'efficacité meilleurs sur la période de calage plus courte. Cependant, ces critères restent relativement peu satisfaisants, avec une moyenne n'atteignant pas une efficacité de 50%.

Les graphiques ci-après permettent une meilleure analyse visuelle des résultats de ces modélisations. Ces graphiques reprennent les résultats de la validation au niveau de la station DREAL du Redon, sur une période aléatoire de janvier 2007 à décembre 2008.

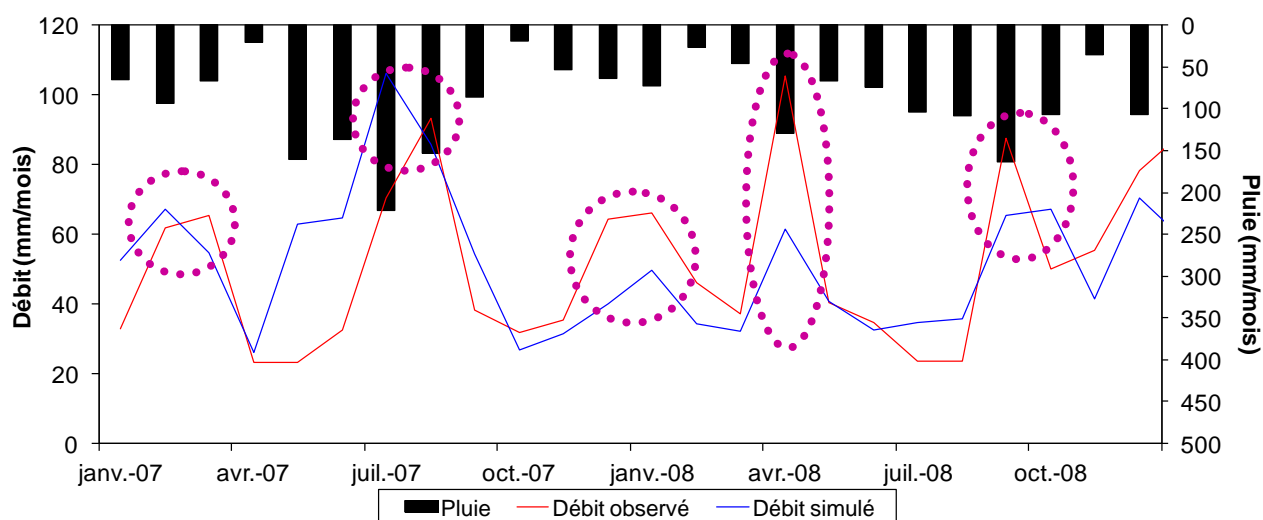
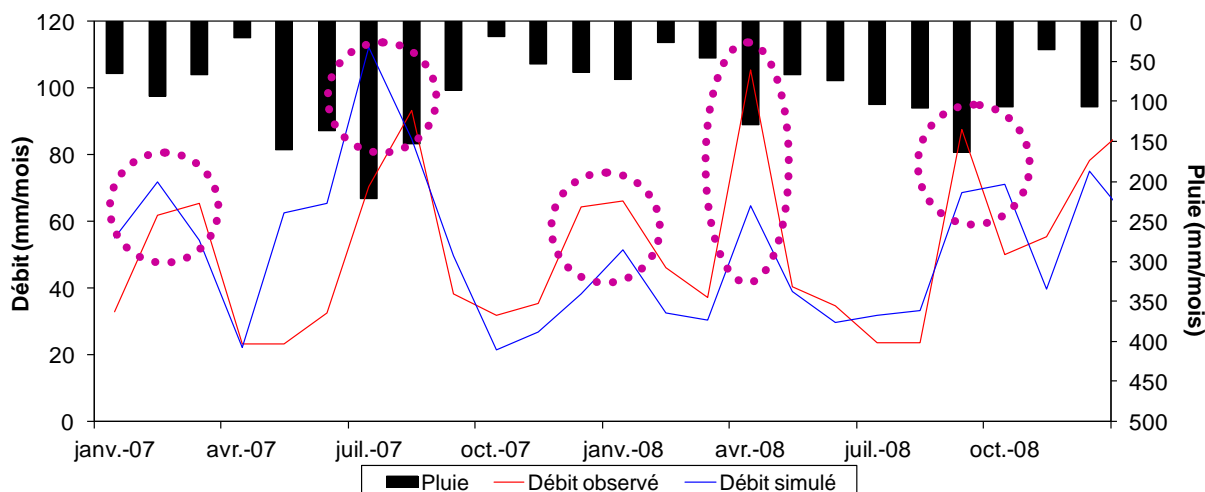


Figure 32 : Courbe des débits observés et simulés (période de validation) correspondant à la période de calage 01/2003-01/2004 au niveau de la station DREAL du Redon



**Figure 33 : Courbe des débits observés et simulés (période de validation) correspondant à la période de calage 01/2003-01/2007 au niveau de la station DREAL du Redon**

L'analyse de ces courbes met en avant différentes pistes de conclusion :

- Les cercles sur les graphiques précédents montrent une modélisation correcte des variations des débits : les périodes de hautes et basses eaux sont respectées.
- La modélisation reste très médiocre sur l'ensemble de la chronique et conforte donc les faibles critères d'efficacité.

#### ❖ **MODELISATION 2 - PRISE EN COMPTE D'UN GRADIENT ALTITUDINAL SUR LES DONNEES ENTRANTES**

Au vu des résultats présentés ci-avant, d'autres techniques de modélisation ont été testées afin d'essayer d'affiner le modèle. Ainsi, les données entrantes d'ETP et de pluviométrie ont été adaptées selon des gradients altimétriques, respectivement de  $- 0,2 \text{ mm/m/an}$  pour l'ETP et  $+ 0,6 \text{ mm/m/an}$  pour la pluviométrie.

La modélisation a été testée uniquement pour les stations du Redon (DREAL), du Foron (DREAL), F11 et F4. Ces stations permettent d'illustrer la fiabilité de la modélisation au niveau :

- de stations ayant un suivi débitmétrique journalier,
- de stations ayant une chronique reconstituée,
- de stations situées en amont, dans la partie médiane ou plutôt en clôture de bassin.

Les critères d'efficacité correspondant aux modélisations réalisées sur les 3 périodes de calage testées ci-avant sont disponibles en page suivante.

Station de référence	Critères d'efficacité (%) sur la période de CALAGE			Critères d'efficacité (%) sur la période de VALIDATION		
	Nash(Q)	Nash(VQ)	Nash(ln(Q))	Nash(Q)	Nash(VQ)	Nash(ln(Q))
F4	52.0	52.8	50.9	30.5	34.9	36.1
F11	59.3	58.3	50.7	41.8	43.8	38.9
Foron	68.4	68.1	65.0	48.6	50.1	47.8
Redon	62.6	62.5	59.9	42.7	44.4	41.9

Tableau 28 : Critères d'efficacité (calage et validation) correspondant à la période de calage 01/2003-01/2007

Station de référence	Critères d'efficacité (%) sur la période de CALAGE			Critères d'efficacité (%) sur la période de VALIDATION		
	Nash(Q)	Nash(VQ)	Nash(ln(Q))	Nash(Q)	Nash(VQ)	Nash(ln(Q))
F4	66.4	69.3	70.4	26.5	33.0	36.9
F11	72.2	74.0	70.0	40.4	45.4	43.7
Foron	83.3	83.5	81.9	50.2	52.2	50.2
Redon	73.4	74.8	74.4	41.2	46.1	46.7

Tableau 29 : Critères d'efficacité (calage et validation) correspondant à la période de calage 01/2003-01/2005

Station de référence	Critères d'efficacité (%) sur la période de CALAGE			Critères d'efficacité (%) sur la période de VALIDATION		
	Nash(Q)	Nash(VQ)	Nash(ln(Q))	Nash(Q)	Nash(VQ)	Nash(ln(Q))
F4	93.2	91.9	90.6	18.3	26.7	33.4
F11	95.7	93.6	89.9	31.4	42.0	46.6
Foron	97.8	96.5	94.5	51.9	54.0	52.2
Redon	95.1	94.1	92.8	41.1	46.2	46.8

Tableau 30 : Critères d'efficacité (calage et validation) correspondant à la période de calage 01/2003-01/2004

Les critères d'efficacité montrent de moins bonnes modélisations pour l'ensemble des stations. On remarque qu'au niveau des stations F11 et F4, stations les plus éloignées de Thonon-les-Bains et donc fortement influencées par les gradients altitudinaux, les modélisations se sont nettement dégradées.

Ci-après, les courbes de la modélisation au niveau de la station F4 confirment ces faibles critères d'efficacité. On observe un fort lissage des débits simulés.

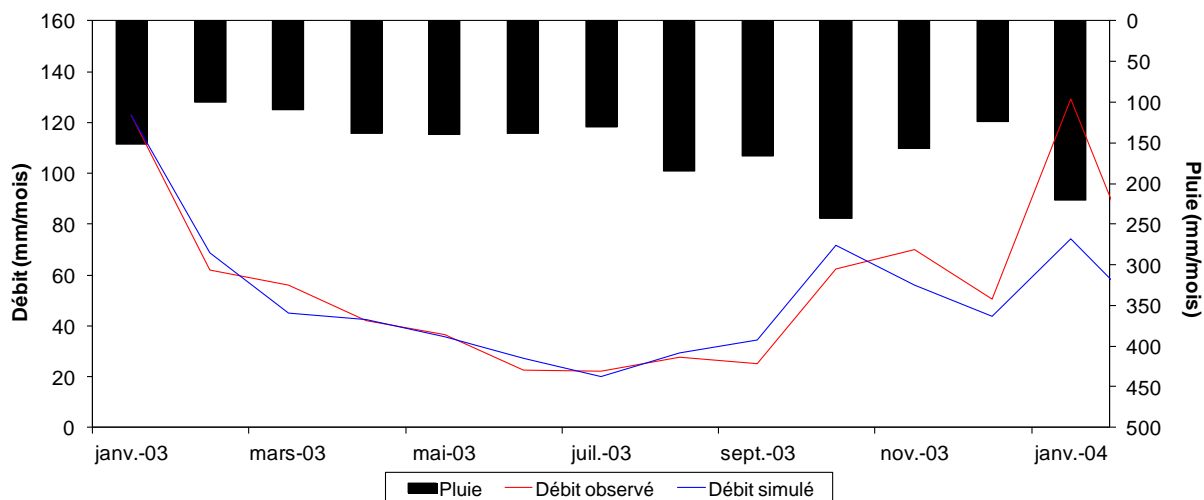


Figure 34 : Courbes des débits observés et simulés sur la période de calage 01/2003-01/2004 au niveau de la station F4

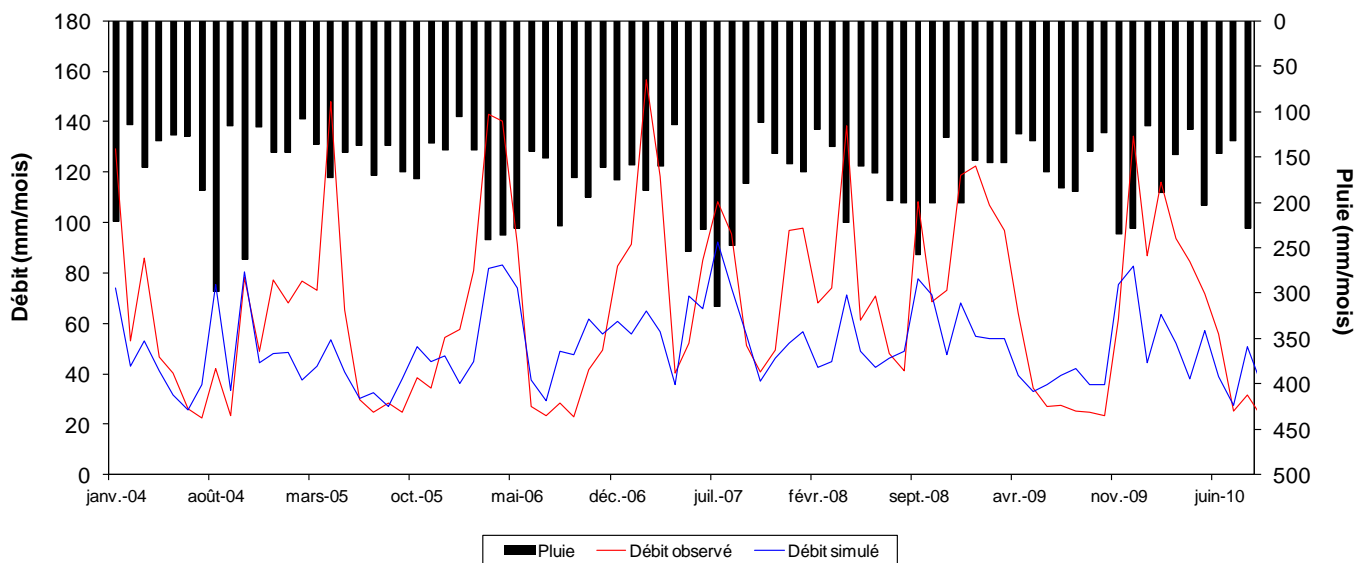


Figure 35 : Courbes des débits observés et simulés (période de validation) sur la période de calage 01/2003-01/2004 au niveau de la station F4

### ❖ MODELISATION 3 – MODELISATION SUR LES PERIODES D'ETIAGE

L'objectif de cette 2<sup>ème</sup> phase d'étude quantitative vise en particulier à analyser le fonctionnement hydrologique du bassin versant en étiage. La modélisation a donc été testée et ciblée sur la période d'étiage (juin à octobre), pour vérifier si sa fiabilité était améliorée.

Comme précédemment, la modélisation a été réalisée sur les stations du Redon (DREAL), du Foron (DREAL), F11 et F4.

Les critères d'efficacité correspondant aux modélisations réalisées sur les 3 périodes de calage testées sont disponibles ci-dessous.

Station de référence	Critères d'efficacité (%) sur la période de CALAGE			Critères d'efficacité (%) sur la période de VALIDATION		
	Nash(Q)	Nash(VQ)	Nash(ln(Q))	Nash(Q)	Nash(VQ)	Nash(ln(Q))
F4	69.5	69.4	67.0	55.4	51.3	43.5
F11	68.2	68.5	61.3	60.3	54.7	39.8
Foron	68.1	68.5	61.4	60.0	54.7	40.2
Redon	52.5	49.1	44.1	40.9	48.6	48.5

Tableau 31 : Critères d'efficacité (calage et validation) correspondant à la période de calage 06/2003-10/2006

Station de référence	Critères d'efficacité (%) sur la période de CALAGE			Critères d'efficacité (%) sur la période de VALIDATION		
	Nash(Q)	Nash(VQ)	Nash(ln(Q))	Nash(Q)	Nash(VQ)	Nash(ln(Q))
F4	76.1	80.9	84.4	44.8	25.3	- 13.2
F11	69.3	76.0	77.6	62.6	55.6	36.9
Foron	69.1	75.7	77.1	62.6	56.0	38.4
Redon	69.6	74.1	77.0	35.1	31.9	11.0

Tableau 32 : Critères d'efficacité (calage et validation) correspondant à la période de calage 06/2003-10/2004

Station de référence	Critères d'efficacité (%) sur la période de CALAGE			Critères d'efficacité (%) sur la période de VALIDATION		
	Nash(Q)	Nash(VQ)	Nash(ln(Q))	Nash(Q)	Nash(VQ)	Nash(ln(Q))
F4	100	100	99.9	60.4	52.3	39.7
F11	99.9	99.8	99.7	67.6	57.6	41.9
Foron	99.9	99.8	99.6	67.6	57.7	42.3
Redon	99.4	99.1	98.7	44.8	40.5	19.1

Tableau 33 : Critères d'efficacité (calage et validation) correspondant à la période de calage 06/2003-10/2003

Ces résultats sont relativement corrects mais les critères d'efficacité sont plus hétérogènes selon les critères de Nash (Q, VQ ou ln(Q)).

Les graphiques ci-après reflètent ces importantes variations du modèle, en fonction des années d'étiage.

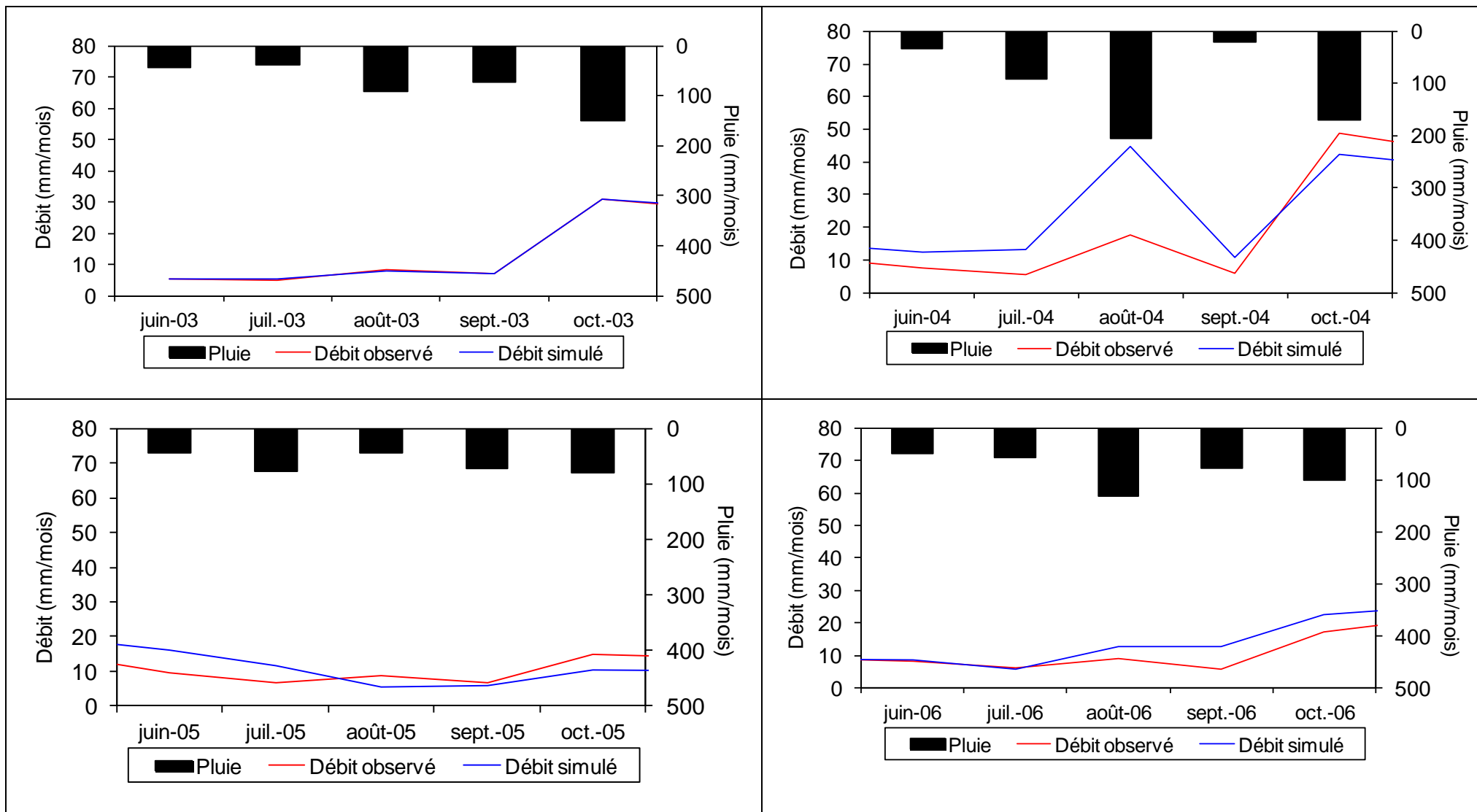


Figure 36 : Courbes des débits observés et simulés sur la période de calage 06/2003-10/2003 au niveau de la station F11

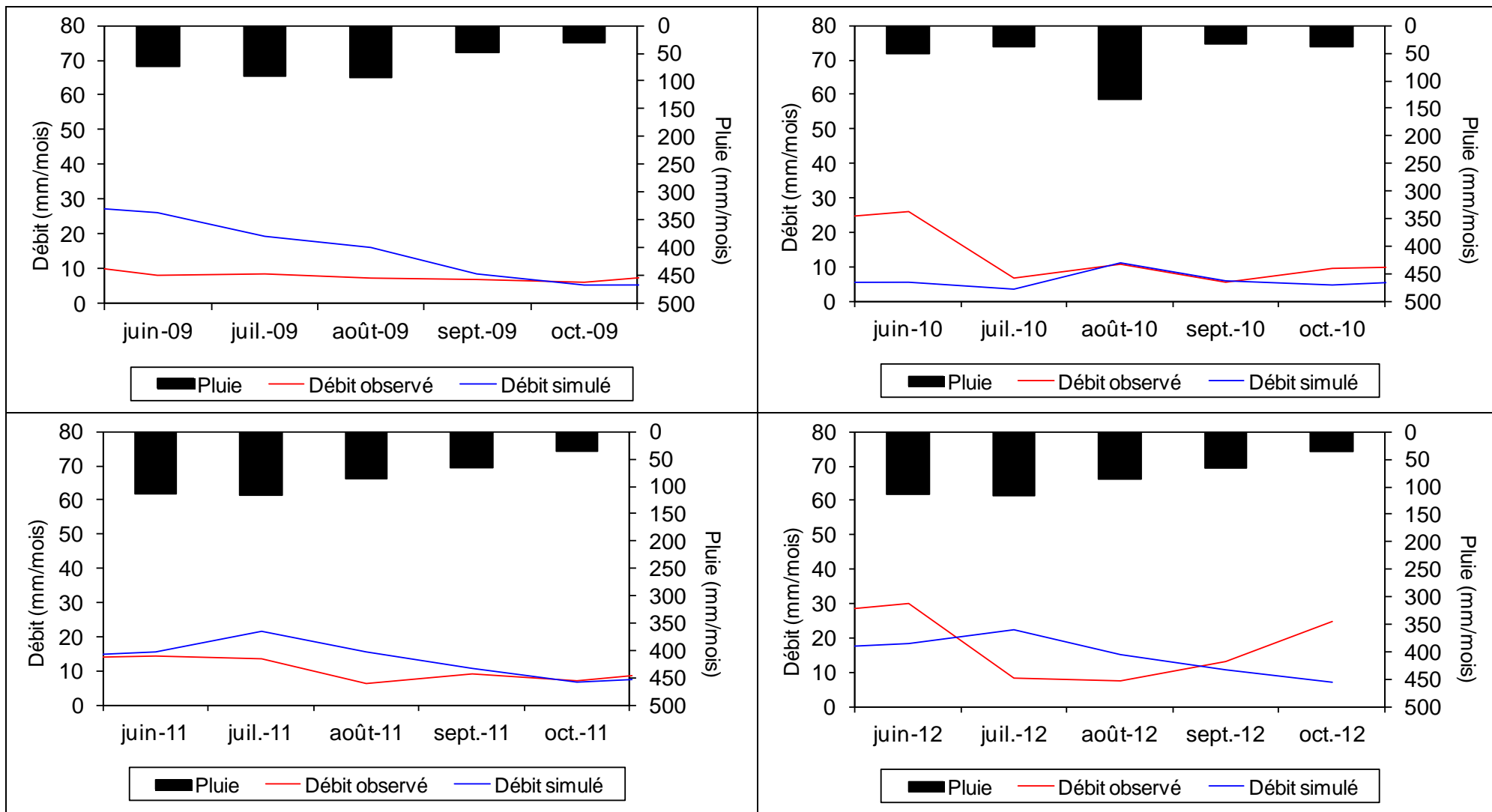


Figure 37 : Courbes des débits observés et simulés sur la période de calage 06/2003-10/2003 au niveau de la station F11



### 2.5.3 Estimation des incertitudes

Les incertitudes que présente le modèle sont doubles : elles concernent les entrants du modèle et les aspects liés au modèle lui-même.

Ainsi, les premières incertitudes caractérisent le manque de données fiables sur le territoire :

- Extrapolation des données (pluviométrie, ETP...) sur l'ensemble du territoire alors que ce dernier présente un contexte géographique et topographique particulier (le massif des Voirons, le Piémont et la plaine) ;
- Extrapolation des valeurs de débits à partir de stations de mesure en continu dont la fiabilité en période d'étiage peut être discutable ;
- Extrapolation mensuelle des valeurs des pressions anthropiques (prélèvements et rejets), seulement disponibles au pas de temps annuel.

Les autres incertitudes caractérisant le modèle lui-même sont les suivantes :

- Il s'agit d'un modèle qui prend mal en compte les événements hydrologiques qui se produisent sur un pas de temps très court, comme un phénomène de crue. Vis-à-vis du contexte spécifique de l'aire d'étude, cet aspect a pu générer des contraintes et imprécisions dans le calage du modèle.
- Le modèle n'est pas adapté à la problématique de « stockage de neige ».

### 2.5.4 Conclusion sur la modélisation

L'objectif du modèle de type GR2M est la reconstitution de débits naturels simulés et de disposer d'un outil pour la mise en place d'éventuels scénarii d'évolution.

Les résultats des modélisations au niveau des points de référence montrent une représentation médiocre du fonctionnement des bassins versants par la modélisation.

Les faibles précisions de ce dernier ont une origine multiple :

- imprécision des débits naturels reconstitués,
- manque de données de base « au plus proche » des bassins versants,
- présence de mécanismes hydrologiques ponctuels moins en accord avec l'architecture du modèle.

La réalisation d'un modèle au pas de temps journalier avec prise en compte de l'effet de stockage des précipitations sous forme de neige pourrait permettre l'obtention de meilleurs résultats. Cependant, il faut garder à l'esprit qu'une telle modélisation impliquerait de nouvelles extrapolations des données débitométriques (chronique de débits au niveau des stations de référence) et le lissage de données disponibles à des pas de temps annuels ou mensuels au mieux (rejets et prélèvements). Les incertitudes sur les résultats pourraient donc être agrandies.

## 3

# Eaux souterraines

## 3.1 Caractérisation des aquifères

On se reportera au chapitre 2.8 de la phase 1 pour le cadre géologique dont la carte ci-dessous rappelle les principaux éléments :

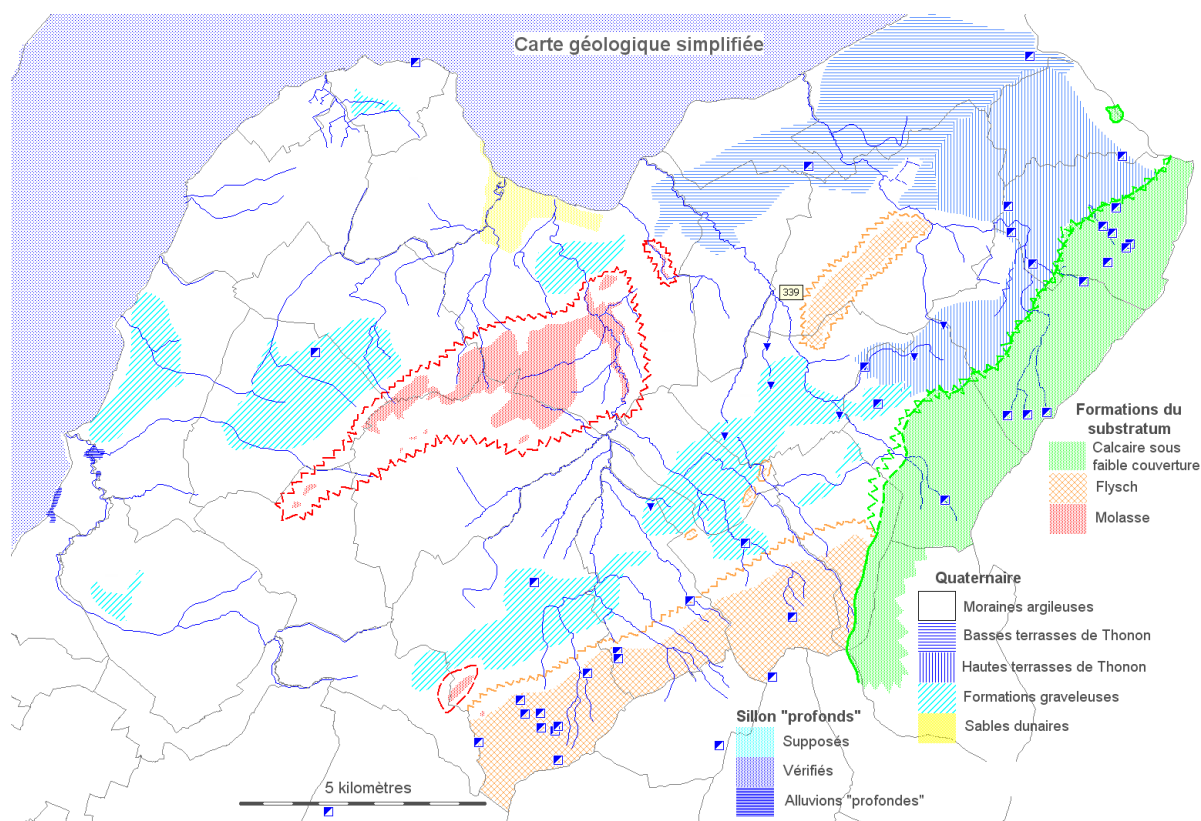


Figure 38 : Carte géologique simplifiée (compilation E. Siwertz 2013)

### 3.1.1 Les aquifères dans les formations du substratum

Ces aquifères peuvent être divisés en deux sous ensembles :

- Les calcaires des Préalpes Médiannes qui alimentent les sources d'Orcier, du Lyaud et d'Armoy sur le bassin du Pamphiot et celles du SIEM en particulier celle des Moises en liaison avec le Dogger fracturé et karstifié. Notons que les éboulis plus ou moins remaniés avec le quaternaire assurent souvent le transit entre le réservoir calcaire et les émergences captées.
- Les conglomérats du Vouan qui alimentent pour partie le SIE Fessy-Lully, la commune de Brenthonne et le SIE des Voirons (qui regroupe les trois structures depuis 2013). Là encore, les éboulis plus ou moins remaniés avec le quaternaire assurent souvent le transit entre le réservoir aquifère et les émergences captées.

Les caractéristiques hydrodynamiques de ces réservoirs sont difficiles à évaluer. Dans le cas des réservoirs fracturés et/ou karstifiés, l'analyse des débits classés ou des courbes de tarissements à l'exutoire peut donner des informations sur le volume des réserves disponibles à un instant donné ou sur la structure plus ou moins complexe du réservoir. Dans le cas d'un réservoir perméable en grand mais sans karstification (ici les conglomérats du Vouan), l'analyse des tarissements dans les rivières qu'il alimente peut donner une image globale de la ressource mais les débits des exutoires sont, dans la majeure partie des cas, relativement faibles et traduisent le morcellement du réservoir lié à la fracturation avec une multiplication des sources.

Par ailleurs, on ne dispose pas actuellement de chroniques de débits suffisamment longues et précises sur les écoulements superficiels à l'aval des principaux groupes de sources pour se livrer à ce genre d'analyse.

### 3.1.2 Les aquifères du quaternaires

On peut distinguer trois sous-ensembles (cf. figure 22 de la phase 1) :

- Les graviers superficiels qu'ils appartiennent ou non au complexe des terrasses de Thonon,
- Les graviers profonds de l'unité 3 potentiellement présents sur tout le territoire sous la moraine de l'unité 2, mais reconnus seulement dans les secteurs couverts par la géophysique et/ou les forages (Brecorens et Brenthonne par exemple).
- Les graviers ou la moraine graveleuse de l'unité 5, connus à l'affleurement dans la zone d'Hermance mais potentiellement présents au droit des « sillons profonds » dont le tracé reste à préciser.

Le champ de valeurs des perméabilités (et des transmissivités) est très large et la vision qu'on peut en avoir est souvent biaisée par le fait que, la plupart du temps, seules les zones favorables ont fait l'objet de test de débit et donc d'une évaluation fiable de ces paramètres.

Ainsi, les transmissivités calculées varient entre  $5 \cdot 10^{-2}$  et  $5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$  alors que le champ réel est probablement plus large, entre  $10^{-1}$  et  $10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ , en fonction de la granulométrie des niveaux sablo-graveleux et de leur teneur en argile. Par ailleurs, lorsque les moraines argileuses sont à l'affleurement, les aquifères superficiels sont pelliculaires ou inexistant, l'infiltration est faible et le ruissellement, plus ou moins différé par l'existence de zones tampons (marais, zones humides, tourbières, loess, ...) est maximum.

La carte géologique simplifiée de la figure 24 montre les limites de ces ensembles potentiellement aquifères sachant que les graviers de l'unité 3 débordent probablement largement les plages couvertes par les graviers superficiels.

On trouvera dans chaque chapitre des cartes détaillées de ces formations exploitées ou non pour l'alimentation en eau potable, l'agriculture et/ou l'industrie. Le renvoi à ces cartes se trouve dans le chapitre 8 consacré à l'exploitation des aquifères.

### 3.1.3 Conclusions partielles

En dehors des rares secteurs où on dispose d'études détaillées (nappe de Drailant, nappe des Contamines), les données sont fragmentaires et peu précises. Elles sont difficilement extrapolables à l'ensemble aquifère considéré (calcaires fracturés et/ou karstifiés des Médiannes, flysch du Vouan, nappes quaternaires superficielles ou profondes).

Par conséquent, les estimations sur les volumes disponibles et leur capacité de renouvellement sont très spéculatives et ne peuvent être envisagées que globalement à l'échelle de l'ensemble du bassin versant concerné, avec une comparaison entre les précipitations efficaces et les écoulements (modules) mesurés ou extrapolés à partir des débits spécifiques disponibles.

Une approche sectorielle comme celle proposée par CDS Azur ne peut que conduire à des résultats erronés. Conformément au cahier des charges, on a proposé en conclusion partielle des chapitres décrivant chaque ensemble aquifère, une évaluation des volumes disponibles.

CETTE EVALUATION, FONDEE SUR UN BILAN PARTIEL D'ECOULEMENT ANNUEL, N'EST DONNEE QU'A TITRE INDICATIF.

## 3.2 Dynamique de fonctionnement des hydrosystèmes

### 3.2.1 Les systèmes aquifères liés aux calcaires des Préalpes

En dehors des captages dans le synclinal de Jouvornaisinaz, décrits dans le rapport sur le bassin du Pamphiot, il s'agit essentiellement du captage des Moises. Même si la participation des éboulis du versant calcaire est probable pour la source de l'Ecole, en tenant compte des résultats des panneaux électriques (en particulier le panneau 2 de l'étude RDA74 de 1999) et de son régime, on a considéré qu'elle était rattachée aux aquifères graveleux.

L'extrait de la carte IGN ci-dessous montre la localisation des captages dans le secteur source de l'Ecole-Les Moises ainsi que l'implantation des mesures géophysiques et des sondages disponibles.

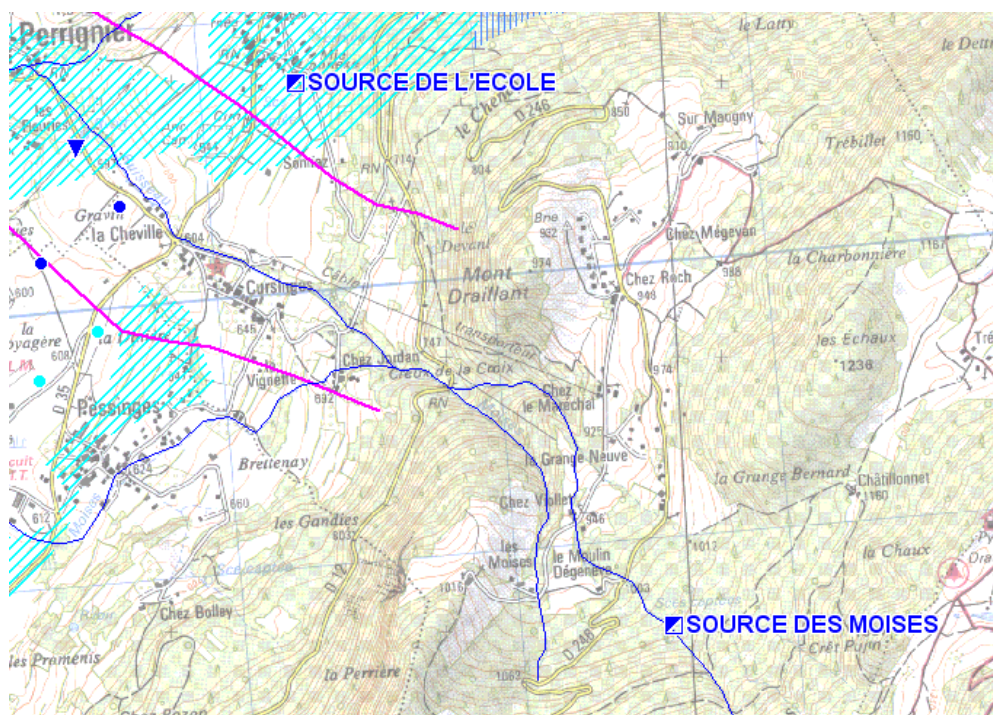


Figure 39 : localisation de la source des Moises - extrait de la carte IGN 1/25 000

La figure 40 ci-après montre le schéma du captage des Moises dont l'altitude se situe entre 1040 et 1060 m (source rapport B. Deville 2011).



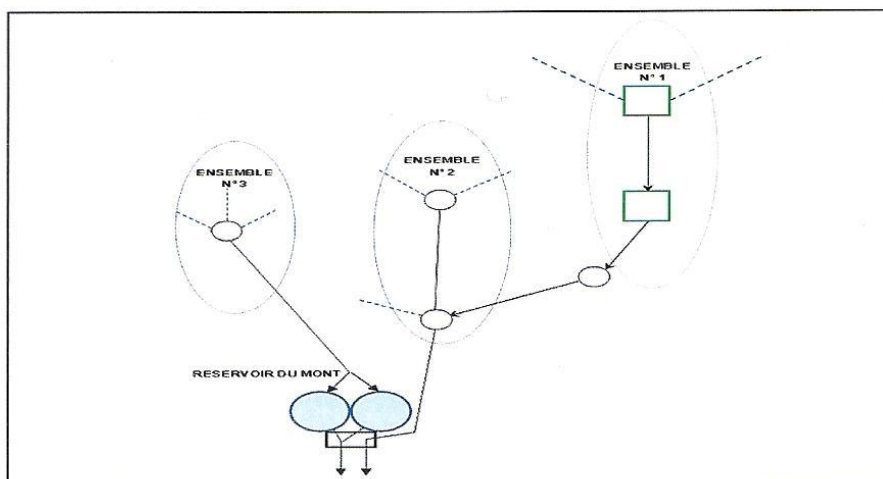


Figure 40 : synoptique des sources des Moises

### 3.2.1.1 Analyse des prélèvements à l'échelle de l'année

Les prélèvements à l'échelle de l'année varient entre 0.6 et 1.1 Mm<sup>3</sup>/an. La figure 41 montre cette variation depuis 2001. Cela représente entre 17.3 l/s (2005) et 35.4 l/s (2008). Compte tenu de la structure du réservoir et de son mode d'alimentation, le débit de cet ensemble de sources est majoritairement lié aux conditions hydro-climatiques avec une baisse significative de la production pendant les années de déficit pluviométrique comme par exemple en 2005 et 2011.

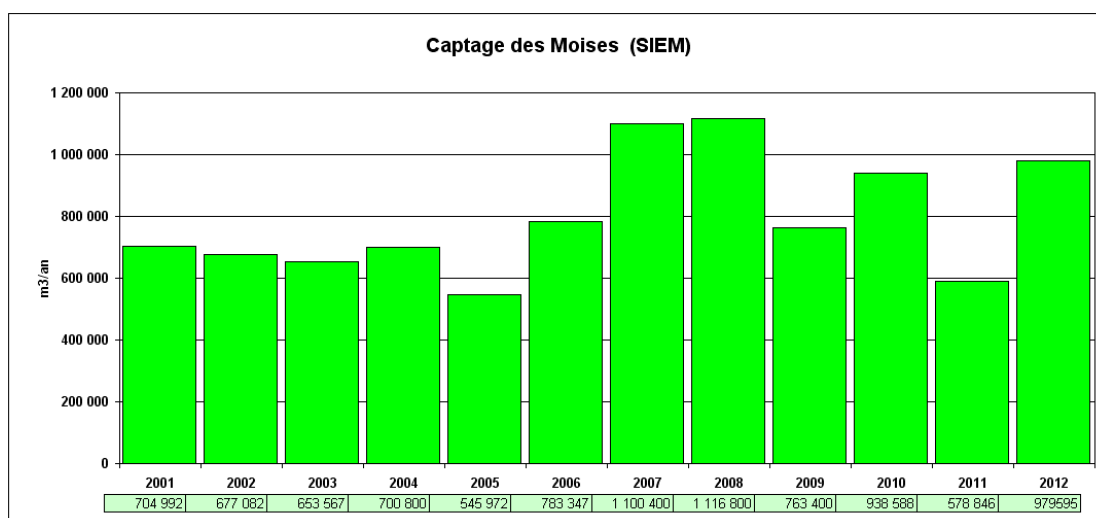


Figure 41 : évolution du débit capté aux sources des Moises

### 3.2.1.2 Analyse des débits à l'échelle du mois

Cette variabilité est encore plus sensible à l'échelle du mois avec des variations du simple au décuple. Ainsi on a pu mesurer 9.2 l/s en moyenne du 15 au 29 septembre 2005 et 109 l/s en moyenne du 2 au 8 juin 1995 (source B. Deville 2011).

Ces résultats sont caractéristiques d'un système karstique avec une alimentation pluvio-nivale avec un maximum en avril/mai et un minimum en septembre/octobre. On observe un pic secondaire en décembre/janvier lié à la pluviométrie, généralement abondante et souvent pas sous la forme de neige, à cette période.

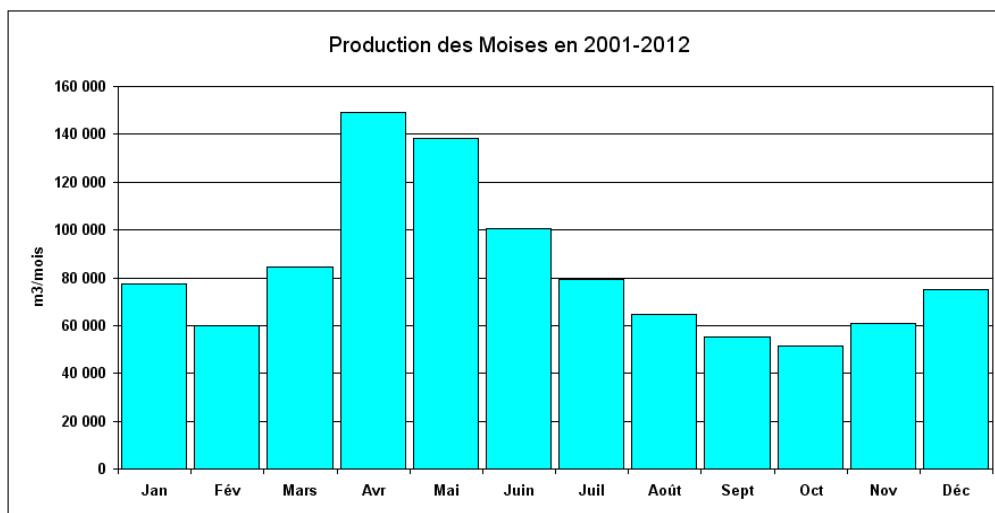
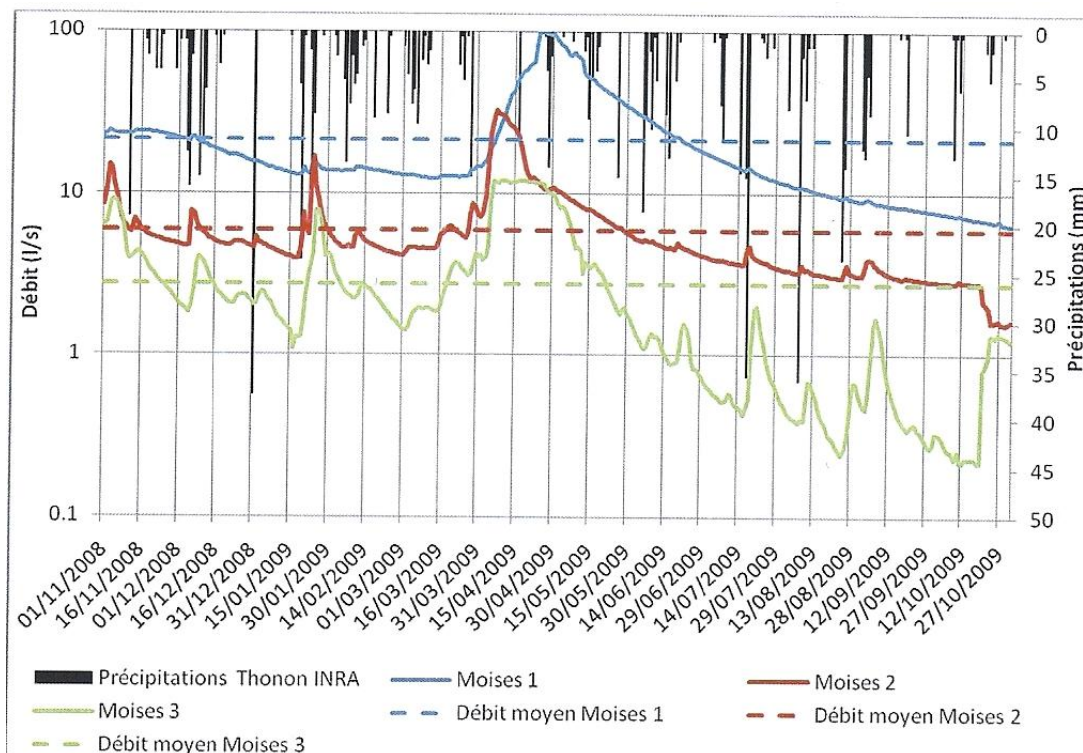


Figure 42 : débits moyens mensuels aux sources des Moises

### 3.2.1.3 Analyse des débits à l'échelle de la journée

Un suivi journalier a été réalisé de novembre 2008 à octobre 2009. Cette période se caractérise par une exploitation "moyenne" de la ressource proche de 0.8 Mm<sup>3</sup>/an. Par contre, avec 733 mm à Thonon, la pluviométrie est déficitaire par rapport à la moyenne (945 mm sur la période 1951-2011).

La figure 43 ci-après montre l'évolution du débit de chacun des groupes de sources ainsi que les débits moyens sur la période (source B. Deville).



**Figure 43 : Débits moyens journaliers aux sources des Moises**

Cette figure confirme la grande variabilité des débits et met en évidence une différence de régime pour les 3 groupes de sources :

Le groupe Moises 3 montre des variations à haute fréquence tout en ayant le débit moyen le plus faible, le groupe Moises 1 varie peu à l'échelle de la journée et traduit les variations saisonnières dans l'alimentation du système avec le débit moyen le plus élevé.

Le groupe Moises 2 est intermédiaire. On peut noter que le pic annuel de débit est significativement décalé (environ 1 mois) entre le groupe M2/M3 et le groupe M1 traduisant la mobilisation de réserves relativement plus profondes pour ce dernier groupe de sources alors que les groupes M2 et surtout M3 sont sous l'influence directe des précipitations avec des temps de réaction rapide caractéristique d'un karst relativement superficiel.

A partir de ce suivi du 11/2008 au 10/2009, B. Deville fait une comparaison entre le débit prélevé aux sources et celui du ruisseau des Moises à l'aval des sources. Le tableau ci-dessous résume les principaux résultats en l/s :

Nombre de valeurs : 340	Sommes des sources	Ruisseau des Moises
Moyenne	28,8 ± 0,6	17,5 ± 2,6
Ecart type	20,2 ± 0,4	16,6 ± 2,5
Minimum	9,2 ± 0,2	3,2 ± 0,5
Date	31/10/09	07/08/09
Maximum	90,1 ± 1,8	157,2 ± 23,6
Date	24/04/09	23/01/09



On voit que, globalement, le débit des sources est environ 1,5 fois plus élevé que celui du ruisseau des Moises au Creux de la Croix (X=915000 Y= 2151899 Z=760 m).

Dans le détail, on voit sur la figure 43b que le débit du ruisseau n'est supérieur au débit des sources que lors des crues. Lors de la fonte des neiges, d'avril à mai, on observe un décalage de l'ordre d'une quinzaine de jours entre la pointe de crue vers le 10/04 et le maximum de débits des sources. Dans ces conditions de prélèvements maximum, le débit de la rivière est proche de 30 l/s soit 1,7 fois le débit moyen.

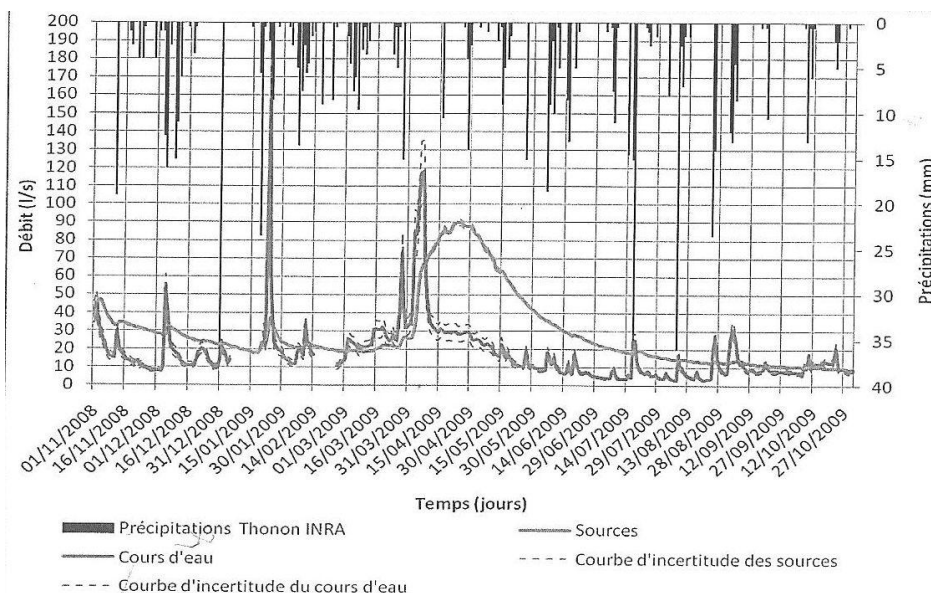


Figure 43b : Comparaison entre le débit des sources et du ruisseau des Moises

En période d'étiage sévère, le rapport est proche de 3 alors que le débit du ruisseau est de 3 l/s.

L'analyse des courbes de tarissement, également présente dans l'étude de B. Deville, est très intéressante avec en particulier la pente en régime de décrue prolongée qui permet avec la loi de Maillet d'estimer les réserves dynamiques à partir d'un débit donné (ici le débit 200 jours après la "cru" liée à la recharge du karst en avril/mai).

B. Deville calcule ainsi un volume de l'ordre de 0.34 à 0.38 Mm<sup>3</sup> pour le groupe Moises 1 et 0.10 à 0.14 Mm<sup>3</sup> pour le groupe Moises 2 (la décrue du groupe Moises 3 paraît trop influencée par les précipitations du printemps et de l'été 2009 pour pouvoir être exploitée).

On peut donc évaluer les réserves dynamiques du système Moise après une période d'étiage prolongée à environ de 0.5 Mm<sup>3</sup> soit environ 1 an au débit d'exploitation moyen-bas de la source (20 l/s en moyenne en septembre).

L'analyse des débits classés porte sur une période trop courte pour qu'on puisse conclure sur la dynamique du système à partir des critères de Vernoux et al (2007).

On se reportera au chapitre 3.2.4.1.1. pour les résultats de cette analyse.

### 3.2.1.4 Conclusions partielles : potentiel du groupe de sources Moises

Le système Moises avec des captages en écoulement libre est évidemment dépendant des conditions hydro-climatiques. La comparaison directe entre la pluviométrie à Thonon-les-Bains (station INRA) et le débit exploité sur la période 2001-2011 le montre (figure 44), même si la corrélation est mauvaise en raison de la simplification du paramètre précipitation/alimentation (ne sont pas prises en compte la part de précipitations neigeuses, l'évapotranspiration, les débits de surverse aux sources et le ruissellement).

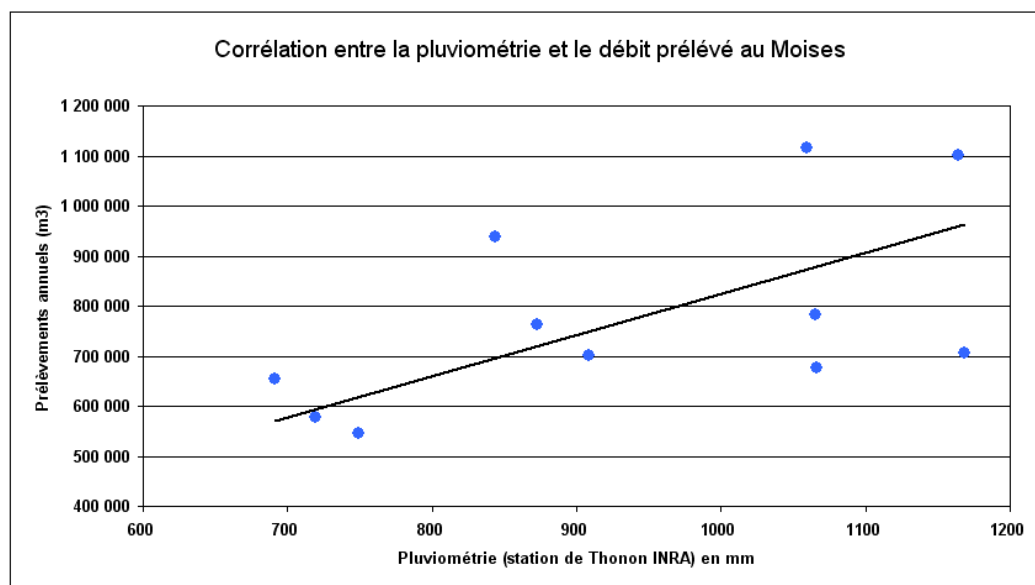


Figure 44 : Corrélation pluviométrie/débit exploité aux Moises

Sur la période novembre 2008 à octobre 2009, pendant laquelle on dispose d'un suivi journalier, le débit moyen des sources est proche de 30 l/s avec un volume écoulé de 0.943 Mm3 probablement sous-estimé en raison de surverses non prises en compte.

B. Deville estime les précipitations efficaces (celles qui s'infiltrent) à 500 mm par an sur la zone d'alimentation des sources soit 0.5 Mm3/an/km<sup>2</sup> de bassin versant. Un simple rapport montre qu'avec cette évaluation, l'aire d'alimentation des sources serait proche de 2 km<sup>2</sup> (\*) ce qui correspond sensiblement au bassin versant topographique (1.8 km<sup>2</sup> suivant notre évaluation).

Compte tenu du contexte géologique (zone karstifiée avec dolines et lappiaz) et des précipitations à cette altitude, les précipitations efficaces nous semblent sous estimées.

Avec un gradient observé sur la période (27 mm/100 m), les précipitations à la station de Très le Mont (1375 m) seraient de 1003 mm, les précipitations mesurées sont de 1101 mm. En année moyenne et avec le gradient nominal de 60 mm/100m, les précipitations sur la zone (altitude moyenne de 1250 m) serait de 1470 mm. Avec une évapotranspiration moyenne évaluée à Thonon-les-Bains à 595 mm (source météorologie nationale) et un gradient d'évapotranspiration de -20 mm/100 m (E. Siwertz 1973), l'évapotranspiration sur site serait proche de 420 mm conduisant à une lame d'eau moyenne disponible pour l'écoulement de 1050 mm soit environ 33.3 l/s/km<sup>2</sup>.

Ce débit spécifique est plus élevé que celui évalué par la RDA74 dans son étude sur la zone de Fessy-Lully (23,3 l/s/km<sup>2</sup> cf. chapitre 8.4.1.2) mais il tient compte d'une altitude moyenne de bassin versant plus élevée. Ce débit spécifique, rapporté au 1.8 km<sup>2</sup> de bassin, correspond à 60 l/s.

Avec un prélèvement moyen de 24.7 l/s aux sources des Moises, le débit qui resterait disponible pour l'écoulement est estimé à 35.3 l/s dont une partie se retrouve dans le ruisseau des Moises (entre 15 et 20 l/s d'après les mesures de novembre 2008 à octobre 2009 sur la station du Creux de la Croix). L'excédent participe à l'alimentation des écoulements souterrains vers l'aval (sources de l'Ecole ?, ancienne source de Chez Bolley ?) et en particulier les graviers de l'unité 3.

En ce qui concerne les débits d'étiages, les mesures de 2013 aux stations R2a et R2b soit 7 l/s sont difficilement interprétables en l'absence de mesure sur le canal des Moises qui dérive une partie du ruisseau. On peut noter qu'en août 2002, le débit à la station 14 (cf. Phase 1 de la présente étude) était de 9,6 l/s alors qu'il était proche de 0 (0,32 l/s) à la station 13 (Moulin Degenève) à l'aval immédiat des sources.

(\*) Il semble qu'il y ait une erreur sur l'évaluation des superficies des aires d'alimentation dans le rapport Deville (tableau 28 page 100).

#### *ESTIMATION DES RESERVES RENOUVELABLES dans les aquifères liés aux calcaires des Préalpes*

Le système aquifère qui alimente la source des Moises est de type karstique et la recherche de nouvelles ressources dans ce type de réservoir est extrêmement aléatoire. A titre indicatif, et en retenant à titre conservatoire un écoulement global de 23,3 l/s/km<sup>2</sup> et une superficie du bassin d'alimentation évalué à partir du bassin versant topographique de 7 km<sup>2</sup>, l'écoulement global serait de l'ordre de 163 l/s.

On ne dispose malheureusement pas de station de mesure de débit avec un suivi continu sur les hauts bassins du Pamphiot, du Redon et du Foron. Si on retient pour l'écoulement superficiel les modules du Redon ou du Foron soit 15 à 16 l/s/km<sup>2</sup> et 108±3 l/s, on dispose donc d'une réserve renouvelable proche de 55 l/s (1,7 Mm<sup>3</sup>/an) à rapprocher des 25 l/s exploités en moyenne au captage des Moises.

### **3.2.2 Les systèmes aquifères liés au Flysch du Vouan (Gurnigel)**

La figure 45 ci-après montre la localisation des captages sur le fond IGN au 1/25 000. On a également reporté les limites du flysch du Vouan (nappe du Gurnigel) à l'affleurement ou sous une couverture d'éboulis ainsi que les limites des bassins et sous bassins versants.



On peut voir que les sources concernées sont situées sur le bassin du Foron de Sciez. La limite entre les bassins du Foron de Sciez et du Foron de St. Cergues n'est pas évidente à tracer mais il est probable que la source des Granges (SIE des Voirons) se rattache au Foron de St. Cergues.

En ce qui concerne le groupe Chables-Poussières-Ecouelles, on a considéré qu'il était rattaché au bassin du Foron de Sciez. Les sources de Saxel, Les Salées et les Grands Communs, sont situés dans le bassin de la Menoge mais, dans la mesure où ils ne sont pas individualisés, leurs débits sont intégrés dans les chiffres de production.

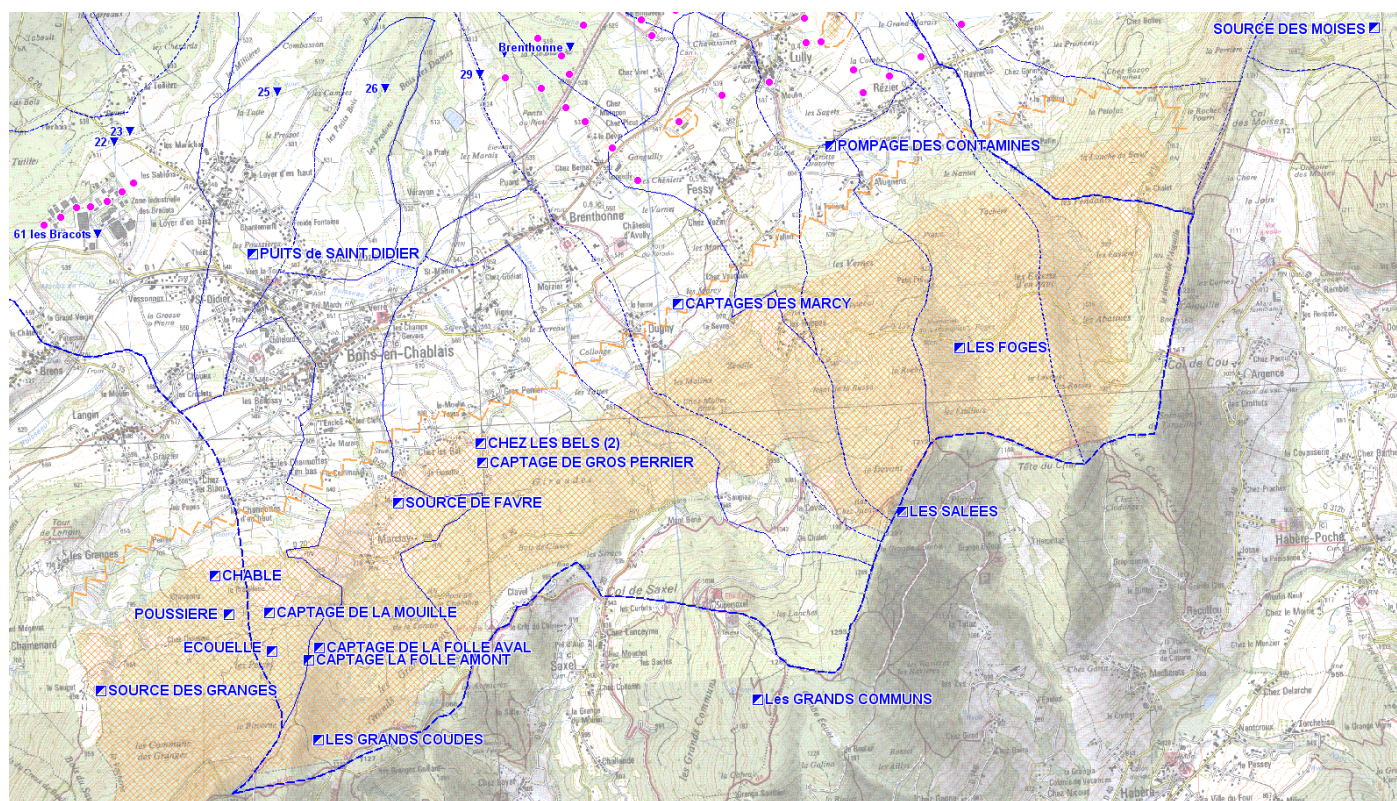


Figure 45 : Localisation des sources du système Flysch

Finalement, les sources concernées par l'étude sont :

- Le captage des Marcy (SIEV, ex Commune de Brenthonne) ; sous bassin concerné : le ru d'Avully
- La source Chez les Bels (SIEV ex Commune de Brenthonne) ; sous bassin concerné : le ru de la Creusiaz
- Le captage de Gros Perrier (Commune de Brenthonne intégrée au SIEV) ; sous bassin concerné : le ru de la Creusiaz
- La source des Foges (ex SIE de Fessy-Lully) ; sous bassin concerné : le ru de la Gorge amont
- La source Favre (SIE des Voirons) ; sous bassin concerné : le Ru de la Folle
- Le groupe < Sources de Bons >

- Les captages Folle aval et Folle amont (SIE des Voirons ; sous bassin concerné : Ru de la Folle
- Le captage de la Mouille ou Pratellerie (SIE des Voirons) ; sous bassin concerné : Ru de la Folle
- Le captage de l'Ecouelle (SIE des Voirons) ; sous bassin concerné : Ru de la Folle
- Le captage des Grands Coudes (SIE des Voirons) ; sous bassin concerné : Ru de la Folle
- Le captage des Poussières (SIE des Voirons) ; sous bassin concerné : Ru de la Folle (en limite du BV)
- Le captage Chable (SIE des Voirons) ; sous bassin concerné : Ru de la Folle (en limite du BV)
- Pour mémoire, la source des Granges sur le Bassin du Foron de St. Cergues.

### 3.2.2.1 Analyse des prélèvements à l'échelle de l'année

On ne dispose pas toujours du détail des prélèvements sur toutes ces différentes sources. Le tableau ci-dessous illustre les données disponibles.

Groupe	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Brenthonne (SIEV)	67400	65700	73900	87300	106000	102600	102600	59 600	60 800	64 600
Ex SIE Fessy-Lully (*)	17400	19100	21000	23100	25400	0	2600	2 600	2 600	2 200
Sce Favre (SIEV)	93096	66181	67772	123168	182000	120000	130000	97800	70700	111000
Groupe Bons (SIEV)	458700	369000	315000	568000	553400	497800	618700	687300	492300	656200
Total	636 595	519 981	477 672	801 568	866 800	720 400	853 900	847 300	626 400	834 000

(\*) Source de Foges : les débits de la source des Foges (ex SIE Fessy-Lully) sont douteux à partir de 2006 : valeur nulle, valeurs identiques ?

On ne dispose pas des données de la source Favre avant 2005. Dans un souci de cohérence pour évaluer l'évolution entre 2001 et 2010, on a complété la série avec une valeur calculée à partir du rapport source Favre/Groupe Bons sur la période 2005-2010. De même, pour la source des Grands Coudes, on ne dispose des données que depuis 2009 avec des débits relativement faibles (entre 3 300 et 4 400 m3/an).

On peut noter que le débit du groupe "Brenthonne" (maintenant intégré au SIEV) est identique pour 2006 et 2007 avec 102 600 m3. Or, on dispose de données partielles sur la source des Marcy et la source Gros Perrier, qui font partie de ce groupe dont elles constituent l'essentiel, entre septembre 2006 et septembre 2008 (en m3) :

Période	Marcy	Gros Perrier	Total
09/2006 - 09/2007	26 225	36 638	62 863
Année civile 2007	30 692	27 095	57 863
09/2007 - 09/2008	33 936	22 487	56 423

Les volumes prélevés sont significativement plus faibles que ceux figurant dans les fichiers de l'Agence de l'Eau pour 2005, 2006 et 2007 et se rapprochent de ceux évalués de 2008 à 2010.

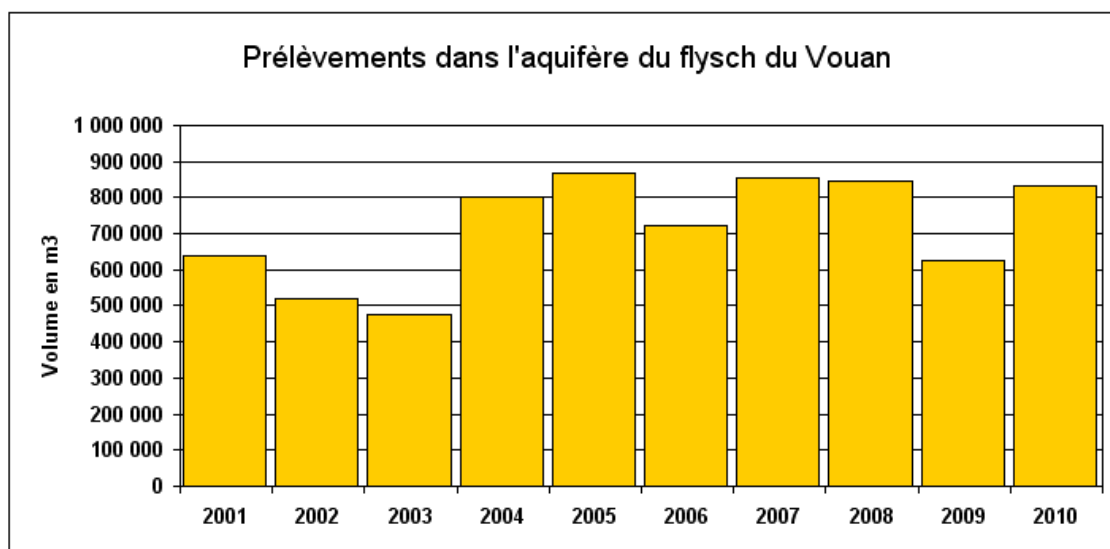


Figure 46 : Prélèvements annuels dans le Flysch du Vouan

Les prélèvements varient entre 0.478 et 0.867 Mm<sup>3</sup>/an soit 15.1 à 27.5 l/s avec une moyenne interannuelle de 0.714 Mm<sup>3</sup>/an (22.6 l/s). 87% en moyenne sont prélevés sur le Bassin de la Folle (19.8 l/s), 11,1% sur le bassin du ru d'Avully et de la Creusiaz et 1.6% sur le bassin du ru de la Gorges.

### 3.2.2.2 Analyse des prélèvements à l'échelle du mois

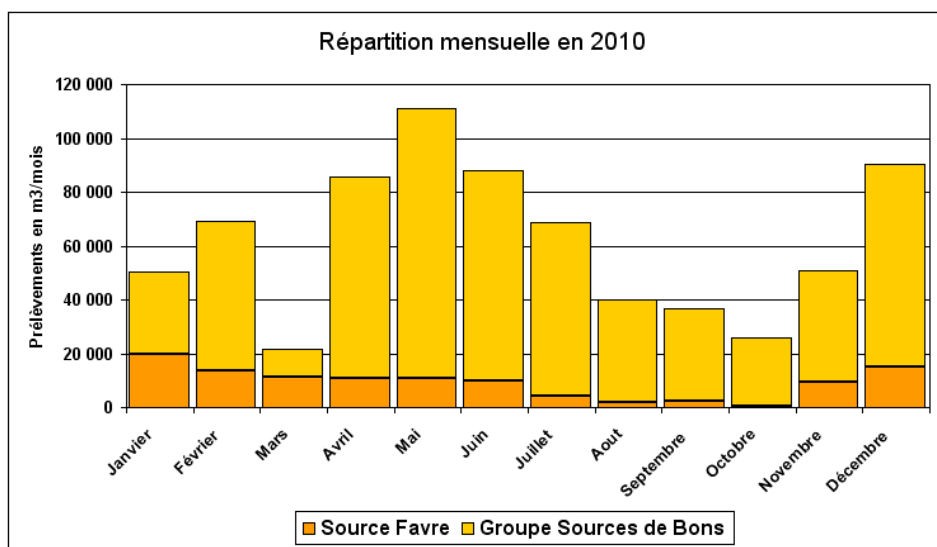


Figure 47 : Répartition mensuelle des prélèvements (sources du Flysch)



La figure 47 illustre, à titre d'exemple la répartition mensuel des prélèvements sur le bassin de la Folle (87% des prélèvements dans le Flysch). On observe une répartition proche de celle observée pour la source des Moises (cf. figure 42) avec un maximum principal en mai, un maximum secondaire en novembre/décembre et un minimum en septembre/octobre. On voit donc que les régimes d'écoulement dans le karst des Médiannes et les formations fracturés du Flysch sont similaires et que c'est le caractère pluvio-nival de l'alimentation qui domine.

Sur ce groupe de sources, les débits prélevés varient entre  $9 \pm 1$  l/s en période d'étiage (octobre et mars) et 42 l/s en hautes eaux (mai) avec une moyenne annuelle de 23.4 l/s.

Cette analyse est confirmée par l'évolution des débits mensuels prélevés de septembre 2006 à septembre 2008 sur les sources des Marcy et de Gros Perrier :

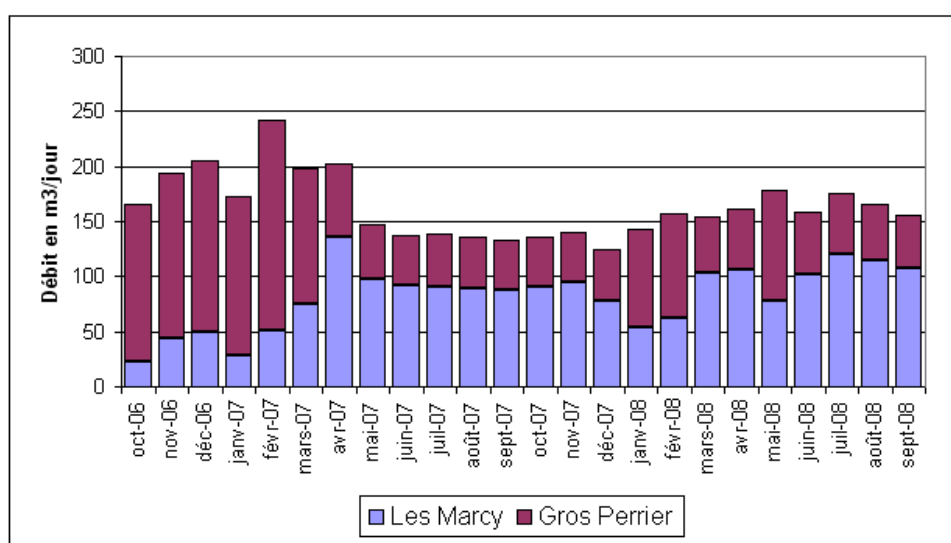


Figure 47b : Débits moyens mensuels des sources Marcy et Gros Perrier

Les débits d'étiage (août à octobre) sont de l'ordre de 1 l/s pour Les Marcy et 0.5 l/s pour Gros Perrier.

### 3.2.2.3 Conclusions partielles : potentiel des aquifères liés au flysch du Vouan

Ce potentiel dépend exclusivement des conditions hydro-climatiques. On peut noter que, rapporté à la superficie des bassins versants concernées (environ 10 km<sup>2</sup>), les prélèvements correspondent à  $2.3 \pm 0.5$  l/s/km<sup>2</sup> suivant les années et moins de 1 l/s/km<sup>2</sup> lors des mois d'étiage.

Lors des campagnes de mesures de débit à l'étiage (août 2002 et août 2013), les débits cumulés (mesurés) des ruisseaux issus de cette formation aquifère (station F4) était compris entre 51 l/s et 66 l/s soit un débit spécifique de 4,2 à 5,4 l/s/km<sup>2</sup>. Par comparaison, rappelons que le QMNA 5 sur le bassin du Foron à l'exutoire est de 1.9 l/s/km<sup>2</sup>.

### **ESTIMATION DES RESERVES RENOUEVELABLES dans les aquifères des flysch du Vouan**

La notion de « potentiel » pour un aquifère comme celui des flyschs du Vouan est difficile à définir et cerner. En effet, l'exploitabilité de ce type de formation dépend fortement de conditions locales (fracturation, structure géologique, ...). Si on ne prend en compte que les émergences naturelles, elles sont pour la plupart d'entre-elles « historiquement » exploitées, leur débit est conditionné par les conditions hydroclimatiques et des réaménagements de ces captages conduisent rarement à des augmentations significatives des débits.

La recherche de sites où une exploitation par forage de ce type de formation est possible nécessite des études détaillées avec des chances de succès aléatoires. A titre indicatif, en prenant en compte l'ensemble du bassin versant topographique où la formation affleure soit  $20 \pm 2$  km<sup>2</sup> et un débit d'écoulement global de 23 l/s/km<sup>2</sup> (cf. chapitre 8.4.1.2) on aboutit à 460 l/s dont 320 l/s (16 l/s/km<sup>2</sup> module du Foron de Sciez) pour l'écoulement de surface et 140 l/s (4,4 Mm<sup>3</sup>/an) pour l'écoulement souterrain, à rapprocher des 23 l/s actuellement captés par les sources issues de ce système.

## **3.2.3 Les systèmes aquifères liés au quaternaire**

### **3.2.3.1 Aquifères liés aux graviers superficiels (U1)**

On peut différencier 2 secteurs au nord et au sud de l'axe haut du substratum réputé imperméable soit molassique (axe Loisin-Ballaion-Choisy) soit lié au Flysch des Allinges (cf. figure 38).

Au sud de ces axes, on peut distinguer 3 ensembles aquifères ou potentiellement aquifères (du nord-est au sud-ouest) :

- La nappe de Draillant, liée au système des terrasses de Thonon supérieures, exploitée par le puits de Draillant et la source de l'Ecole (SIEM),
- La nappe Perrignier - Lully, exploitée à son extrémité sud par le pompage des Contamines (SIE Fessy-Lully). Notons que la position de cette zone de captage, excentrée par rapport à l'axe principal de l'aquifère, limite son influence sur la nappe générale. A l'extrémité nord de cette nappe, le forage de Cursinges (réalisé en 1966 pour le SIEM) montre une coupe proche de celle de l'aquifère des terrasses supérieures et pourrait faire partie de cet ensemble.
- La nappe de Bons en Chablais, exploitée au forage de Saint Didier pour le SIEV. Notons que cette nappe se prolonge vers le sud-ouest au delà de Machilly avec la nappe de St. Cergues exploitée par les captages de St. Cergues et Juvigny.



Au nord de ces axes, on peut distinguer 4 ensembles aquifères ou potentiellement aquifères (du nord-est au sud ouest) :

- La nappe Anthy-Margencel, liée au système des terrasses de Thonon inférieures, exploitée par le captage du Bois d'Anthy (cf. rapport Pamphiot),
- La nappe de Sciez non reconnue et non exploitée,
- La nappe Massongy-Douvaine, exploitée par le SIEM au captage de Pré Chappuis,
- La nappe de Chens sur Léman non reconnue et non exploitée

A cette liste, on peut ajouter un petit ensemble graveleux dans le secteur sud-est de Nernier et la nappe des sables de d'Excenevex-Coudrée peu ou pas exploitée (il existe quelques pompes à chaleur eau-eau).

Les cartes 48 et 49 montrent l'emprise de ces aquifères potentiels graveleux. Il convient de signaler qu'il existe dans la majeure partie des cas, des niveaux graveleux plus profonds (U3) mais ceux-ci ne sont identifiés avec certitude qu'au droit des forages ou sondages qui les ont traversés ou supposés à partir de l'interprétation des mesures géophysiques.

Les sondages électriques sont reportés avec 3 couleurs : rouge = pas d'aquifère potentiel, bleu clair résistant superficiel correspondant à des graviers potentiellement aquifères et bleu foncé à la présence d'un résistant profond attribué à U3 (lorsqu'une intercalation argileuse a été mise en évidence) ; Les SE laissés en violet sont ceux dont on n'a pas retrouvé les coupes originales et qui n'ont pas été réinterprétés.

Par ailleurs, on a reporté sur les sondages électriques ou mécaniques la présence d'une couverture argilo-limoneuse avec une trame rouge. Ce code de couleur est valable pour toutes les cartes présentées dans ce rapport.



ETUDE D'ESTIMATION DES VOLUMES PRELEVABLES GLOBAUX SUR LA RESSOURCE ET DETERMINATION DES RESSOURCES STRATEGIQUES  
 COMMUNAUTE DE COMMUNES DU PAYS DE GEX  
 PHASE 2 : QUANTIFICATION DES RESSOURCES EXISTANTES

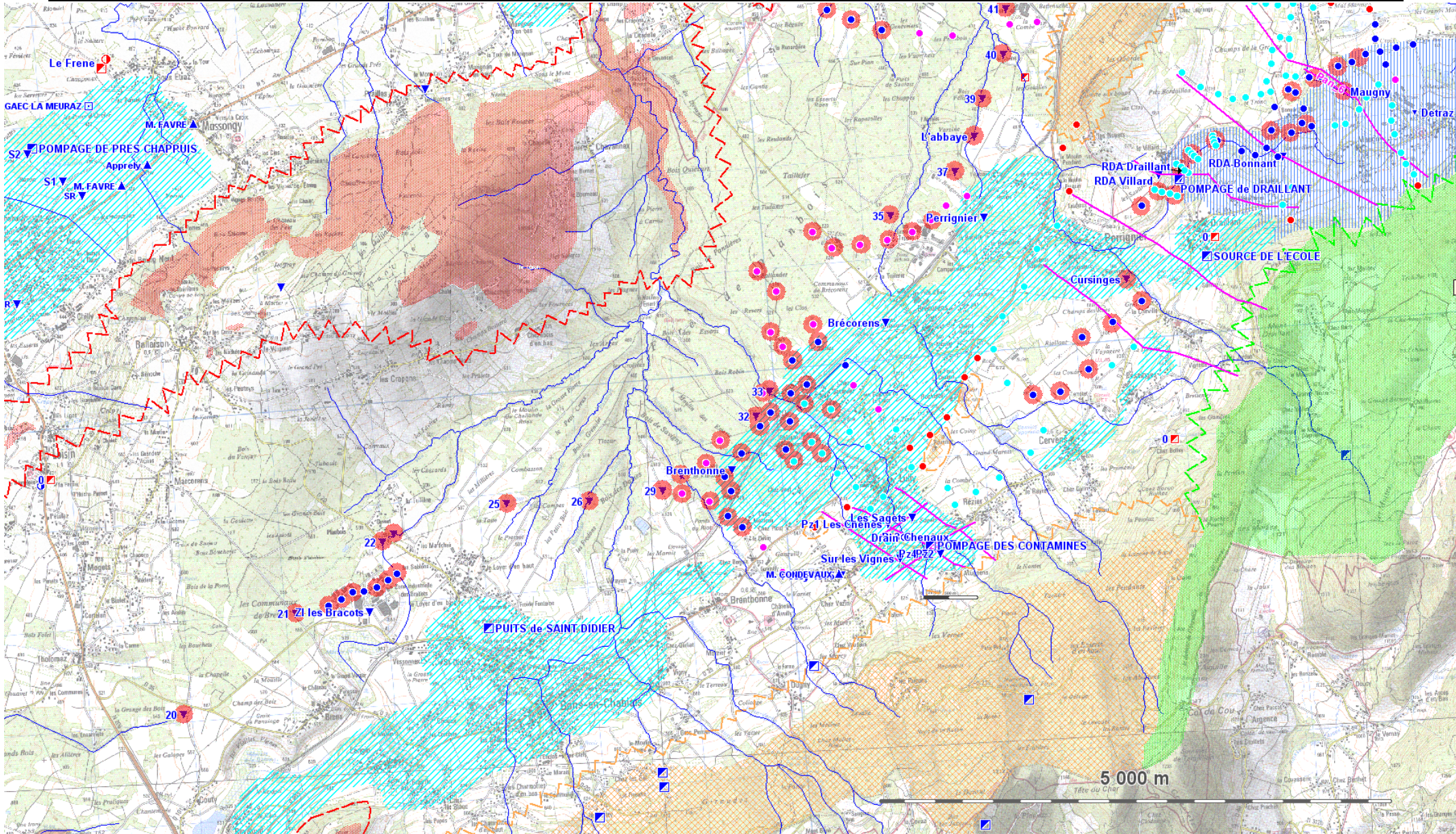


Figure 48 : Carte générale de la nappe des graviers (Zone Drailant – Bons)



ETUDE QUANTITATIVE DES EAUX SUPERFICIELLES ET SOUTERRAINES SUR LE BASSIN VERSANT DU SUD-OUEST LEMANIQUE  
 SYNDICAT MIXTE DES AFFLUENTS DU SUD-OUEST LEMANIQUE  
 PHASE 2 : QUANTIFICATION DES RESSOURCES EXISTANTES

■ POMPAGE D'YVOIRE

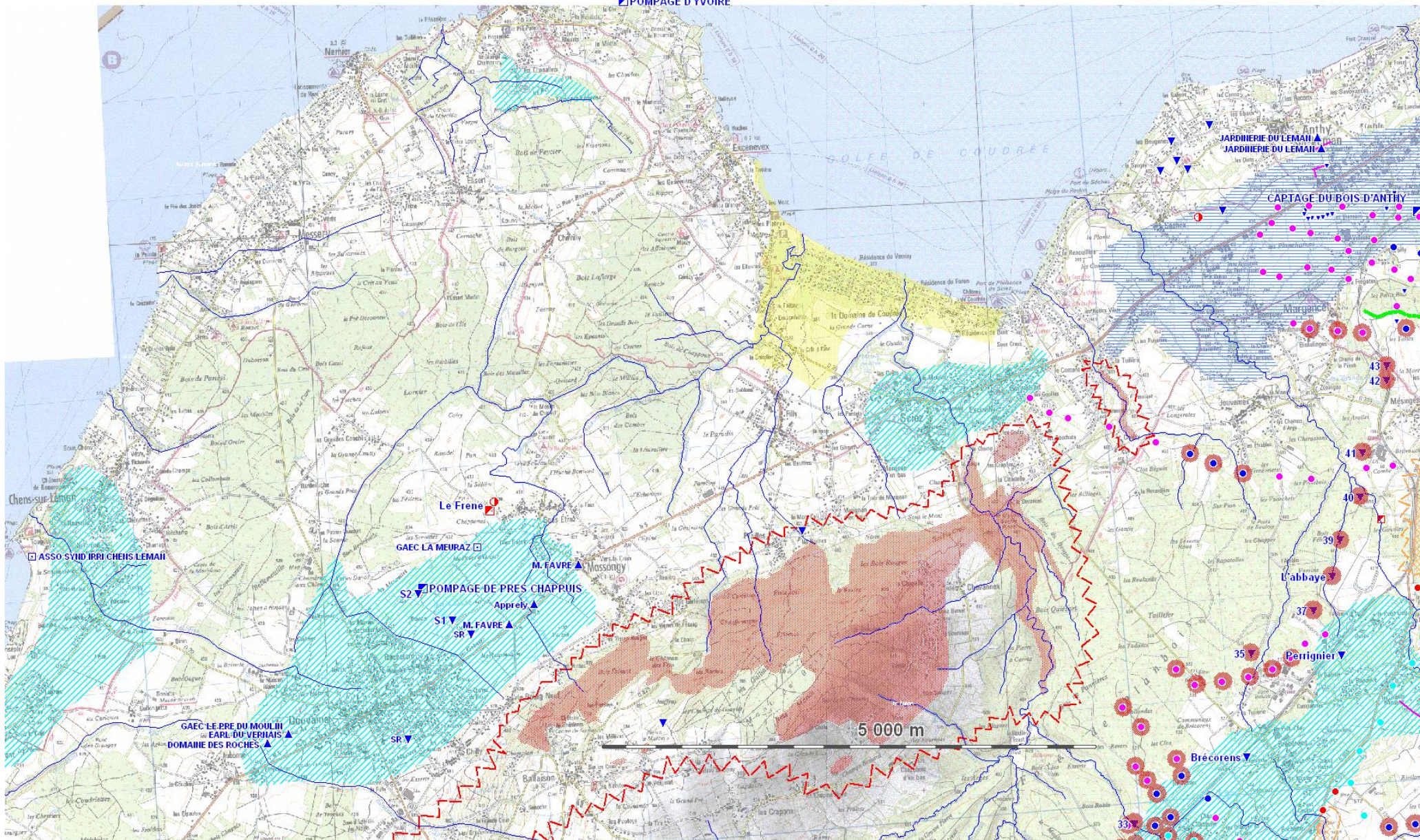


Figure 49 : Carte générale de la nappe des graviers (Zone Margencel - Chens sur Léman)



### 3.2.3.1.1 Aquifère des terrasses supérieures de Thonon : captages de Draillant et source de l'Ecole

Ce secteur a fait l'objet d'une étude géophysique détaillée par la RDA 74 en 1999. Cette étude faisait suite à de nombreuses reconnaissances depuis l'étude BEGG R143 d'octobre 1965 qui a motivé la réalisation du forage et du puits de Draillant en 1966. Il est intéressant de noter l'évolution de la vision du sous-sol qu'on a pu avoir sur les 40 dernières années entre les sondages électriques Wenner de 1965 et les panneaux électriques haute résolution de la fin des années 90. Les figures 50 et 51 ci-dessous montrent un exemple avec des profils transversaux au droit du forage de Draillant :

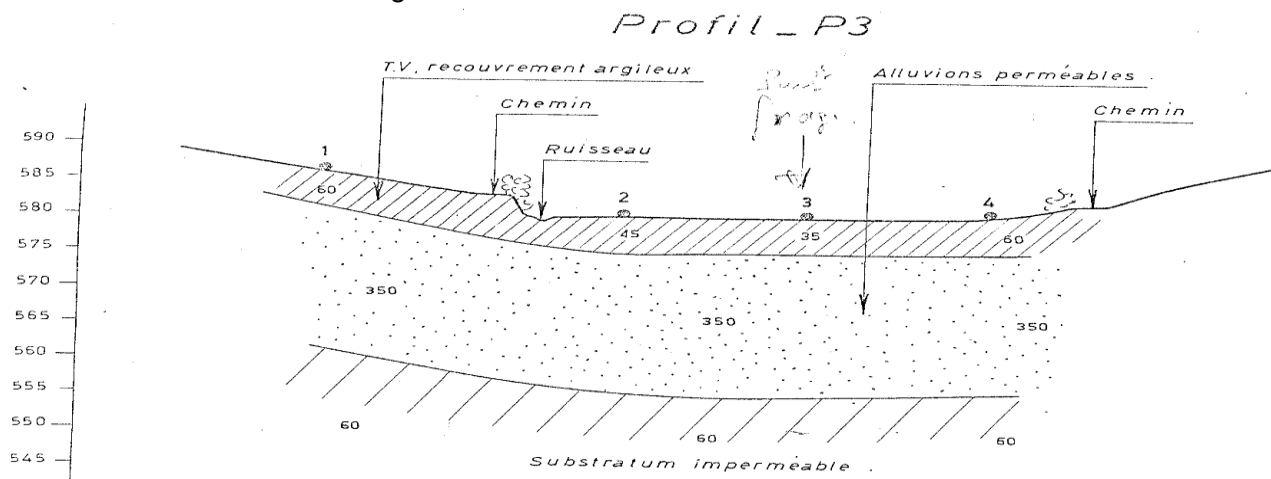


Figure 50 : Profil BEGG au droit du forage de Draillant

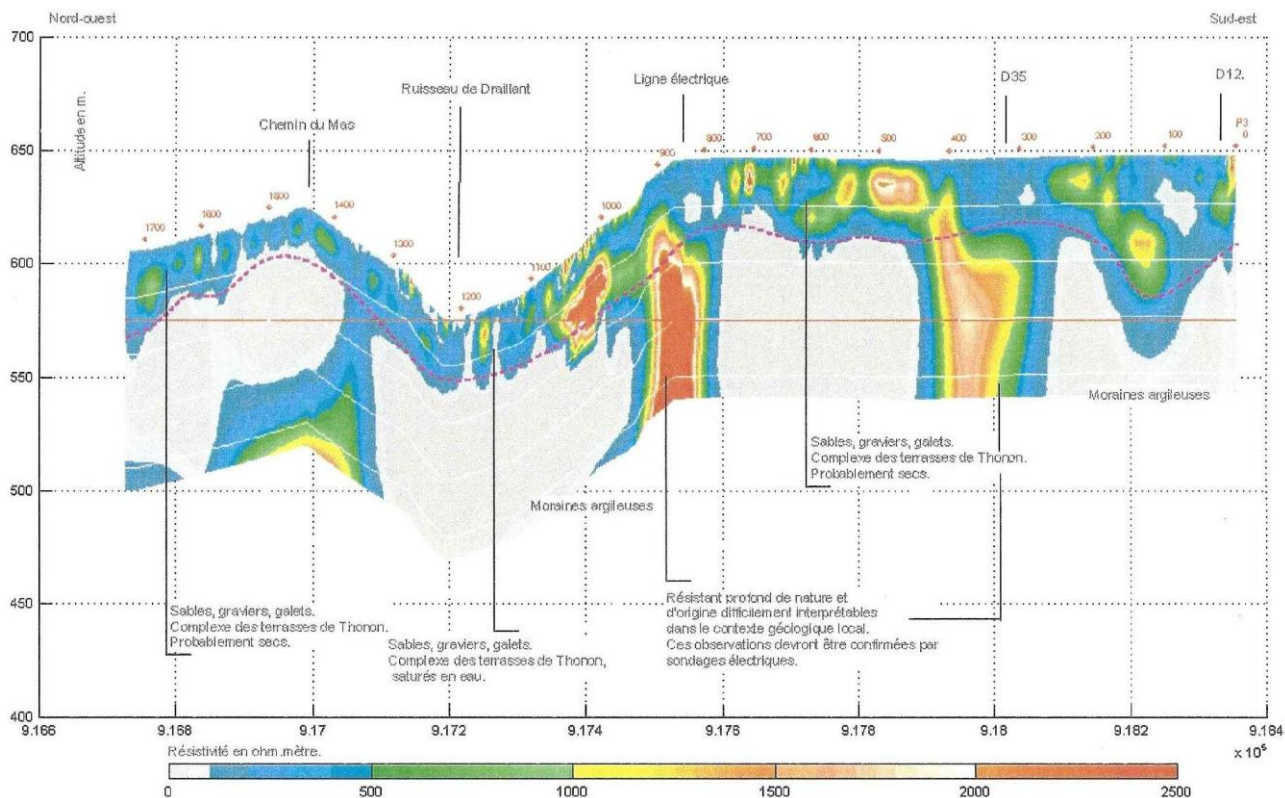


Figure 51 : Panneau électrique n°3 (Etude Draillant - RDA74, 1999)



Rappelons pour mémoire la grille d'interprétation des panneaux électriques proposée par la RDA entre terrains électriquement conducteurs (à dominante argileuse) en blanc, et terrains électriquement résistants (et donc potentiellement graveleux et aquifères) en bleu, vert et jaune.

On peut voir que la vision relativement simpliste qu'on avait en 1965 des formations quaternaires a considérablement évolué et traduit mieux maintenant la complexité de ces systèmes.

La figure 52 reprend l'interprétation de l'ensemble des mesures disponibles. On a également reporté une interprétation simplifiée des panneaux électriques consistant à la projection en surface de l'existence de graviers <superficiels> (trame bleu clair) ou de graviers <profonds> (trame bleu foncé). Ce code de couleur est valable pour toutes les cartes présentées dans ce rapport.

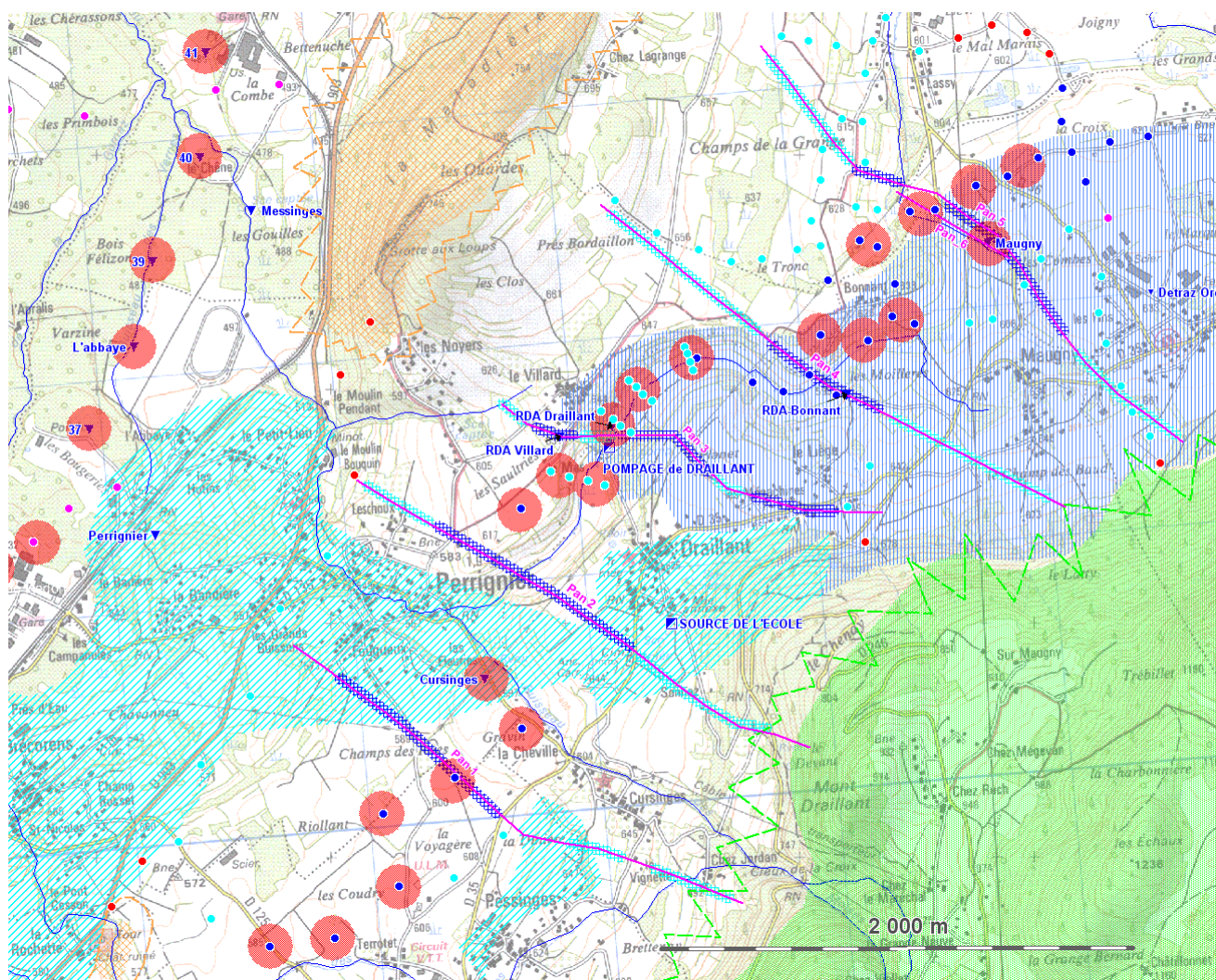


Figure 52 : Carte hydrogéologique du secteur de Drailant-source de l'Ecole

L'emprise de l'aquifère graveleux est reporté avec une trame bleue séparant les terrasses de Thonon sensu stricto à l'est et les graviers superficiels non différenciés à l'ouest.

Cette limite se situe entre Drailant et Perrignier et elle est quelque peu arbitraire. Elle correspond en fait à une limite dans l'exploitation de l'aquifère : la zone de captage de Drailant (et la source de l'Ecole) intéressent le bassin du Redon alors qu'au sud-ouest de cette limite,

les exploitations (SIE de Fessy Lully et puits de St. Didier) concernent exclusivement le bassin du Foron.

La source de l'Ecole produit entre 0.344 et 0.488 Mm3/an soit 10.9 à 15.5 l/s et, comme le montre le graphique 53, on ne met pas en évidence une évolution significative depuis 2001 :

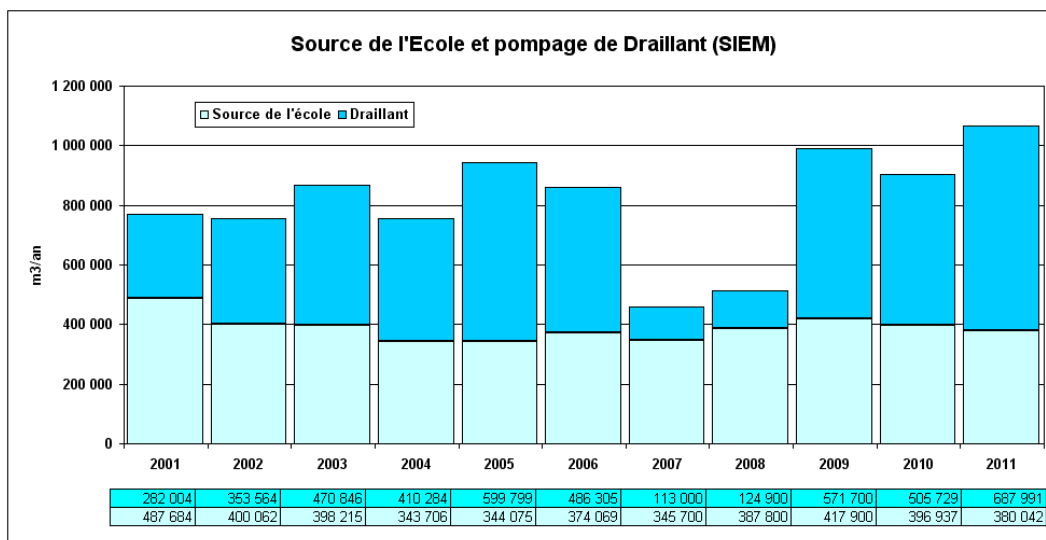


Figure 53 : Evolution des prélèvements à Draillant et à la source de l'Ecole

La répartition des prélèvements au cours de l'année montre que l'alimentation ne provient pas essentiellement du versant calcaire car le pic est décalé vers l'été (juillet-août) par rapport à celui de la production au Moises (avril-Mai).

On peut noter par ailleurs que le trop-plein, qui fonctionne soit en hiver (décembre-février) soit au printemps (avril-juin), peut représenter jusqu'à 50% du débit prélevé (décembre 2012).

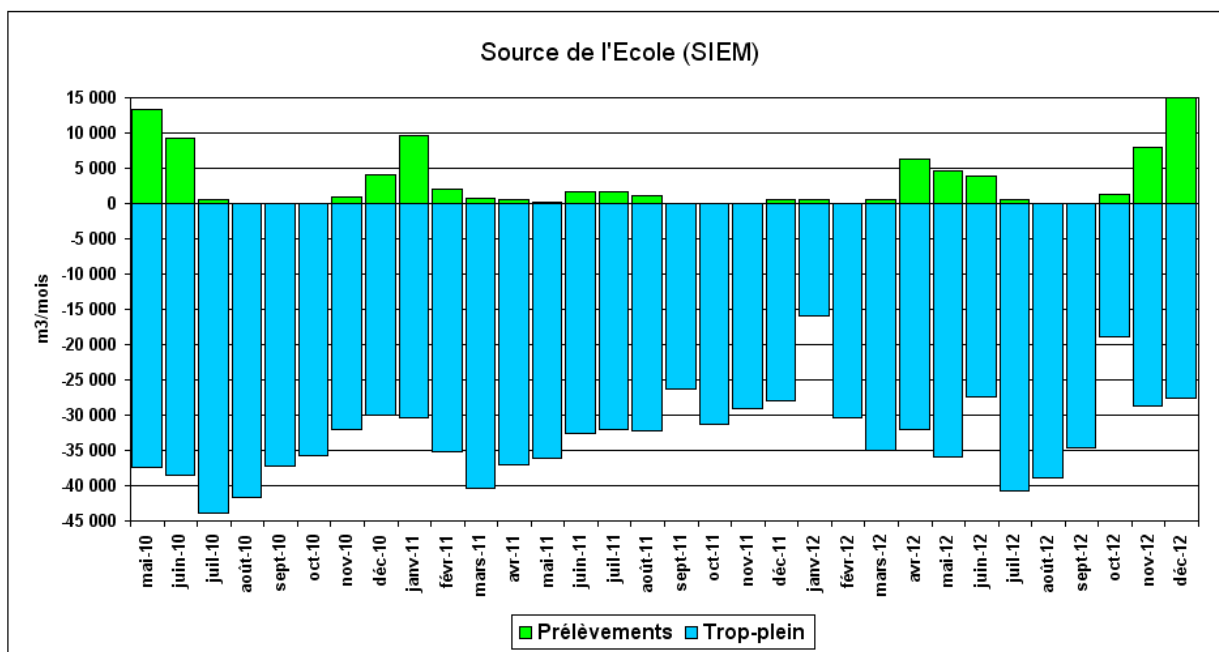


Figure 54 : Répartition dans l'année des prélèvements à la source de l'Ecole

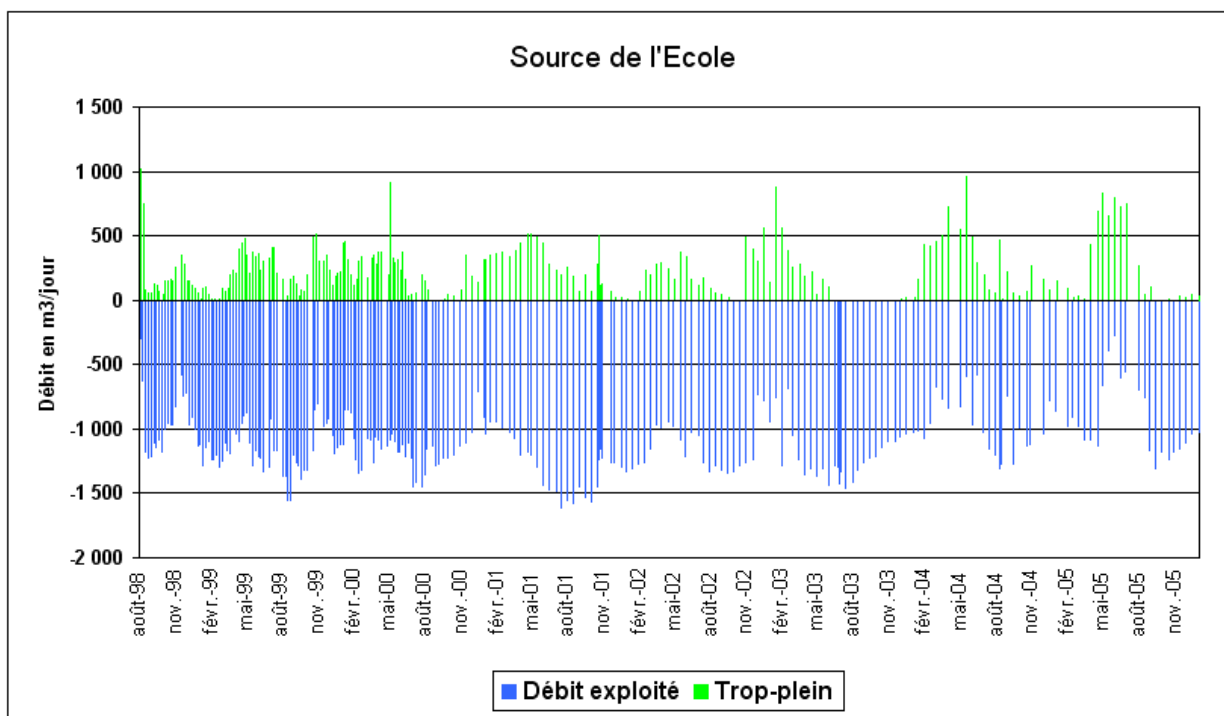


Figure 55 : Evolution des prélèvements et trop-plein à la source de l'Ecole à l'échelle de la semaine

On retrouve une évolution équivalente sur la période 1998-2006 pour laquelle on dispose des mesures avec un pas de temps plus serrée (entre 5 et 15 jours).

En réalité, le régime est plus proche de celui de Pratquemont (cf. rapport Pamphiot) comme le montre le graphique 38 avec la répartition par mois du prélèvement annuel en 2010 (notons que le trop-plein de Pratquemont a très peu fonctionné pendant cette année avec 3.8% du volume produit soit 12 700 m<sup>3</sup>).

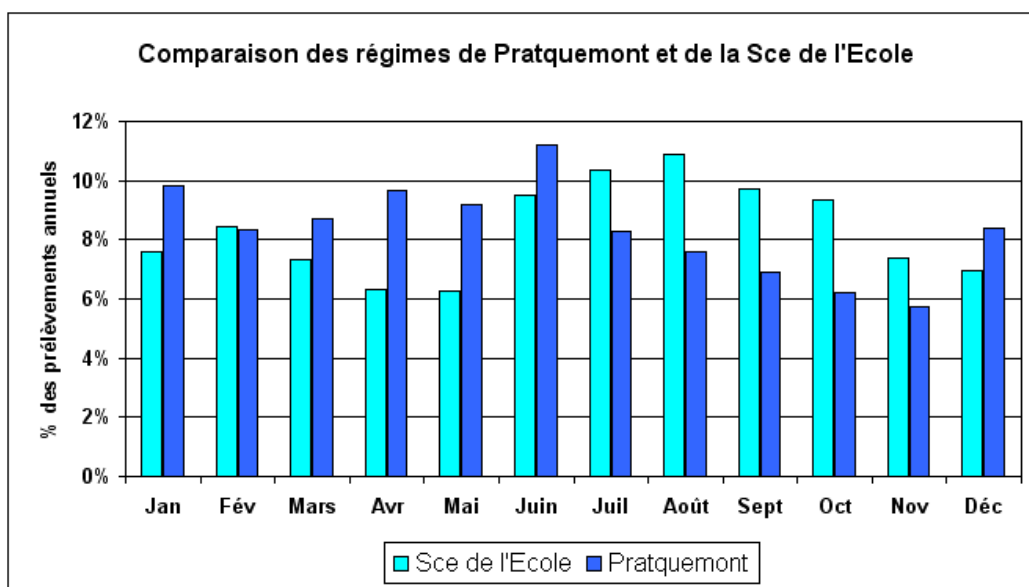


Figure 56 : Comparaison Pratquemont - source de l'Ecole.



## CONCLUSION PARTIELLE : Potentiel de la source de l'Ecole

L'extrait sud-ouest du panneau électrique n°2 de l'étude RDA illustré sur la figure 57 semble montrer que la/les sources de l'Ecole sont liées à la mise en charge, sous une couverture morainique tardive (U1b), d'une nappe située dans les graviers de U1. L'alimentation de cette nappe viendrait du nord-est dans une structure parallèle au versant calcaire. Elle proviendrait donc pour partie du bassin du Pamphiot adjacent. La structure résistante mise en évidence entre le ruisseau de Draillant et le versant sud-est (cf. panneau 2 et 3) pourrait éventuellement être exploitée avec un débit supérieur au débit d'émergence des sources mais probablement pas de façon significative car la majeure partie de l'excédent sur le bassin du Pamphiot (environ 50 l/s, cf. étude Pamphiot) alimente la zone de captage de Draillant.

**Le puits de Draillant** exploite également les graviers U1 même si une alimentation plus profonde par les structures identifiées de part et d'autre du ruisseau de Draillant n'est pas à exclure. En effet, cette/ces structures profondes ont été validées par le sondage de Bonnant, celui de Villard et surtout le forage de Maugny, d'une profondeur de 340 m qui a recoupé des niveaux aquifères U1, U3 et U5 (source rapport E. Siwertz, Ville de Thonon). La figure 58 montre les coupes simplifiées du forage de Draillant et de celui de Maugny. On trouvera en annexe la coupe originale de juillet 1966 du forage de Draillant. Cette coupe montre à la base une série de blocs cristallins qui témoigne du fait que l'ouvrage n'a probablement pas atteint la base de la série quaternaire.

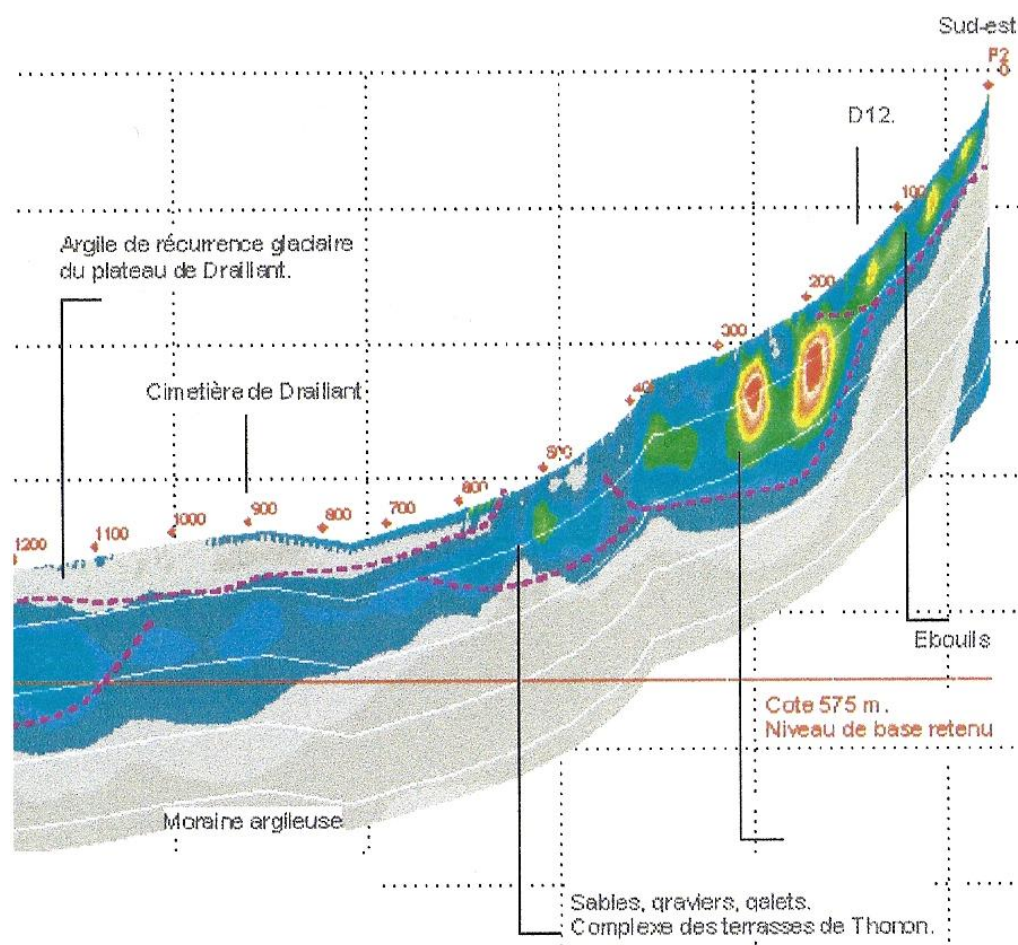


Figure 57 : Extrait du panneau 2 (étude Draillant - RDA74)



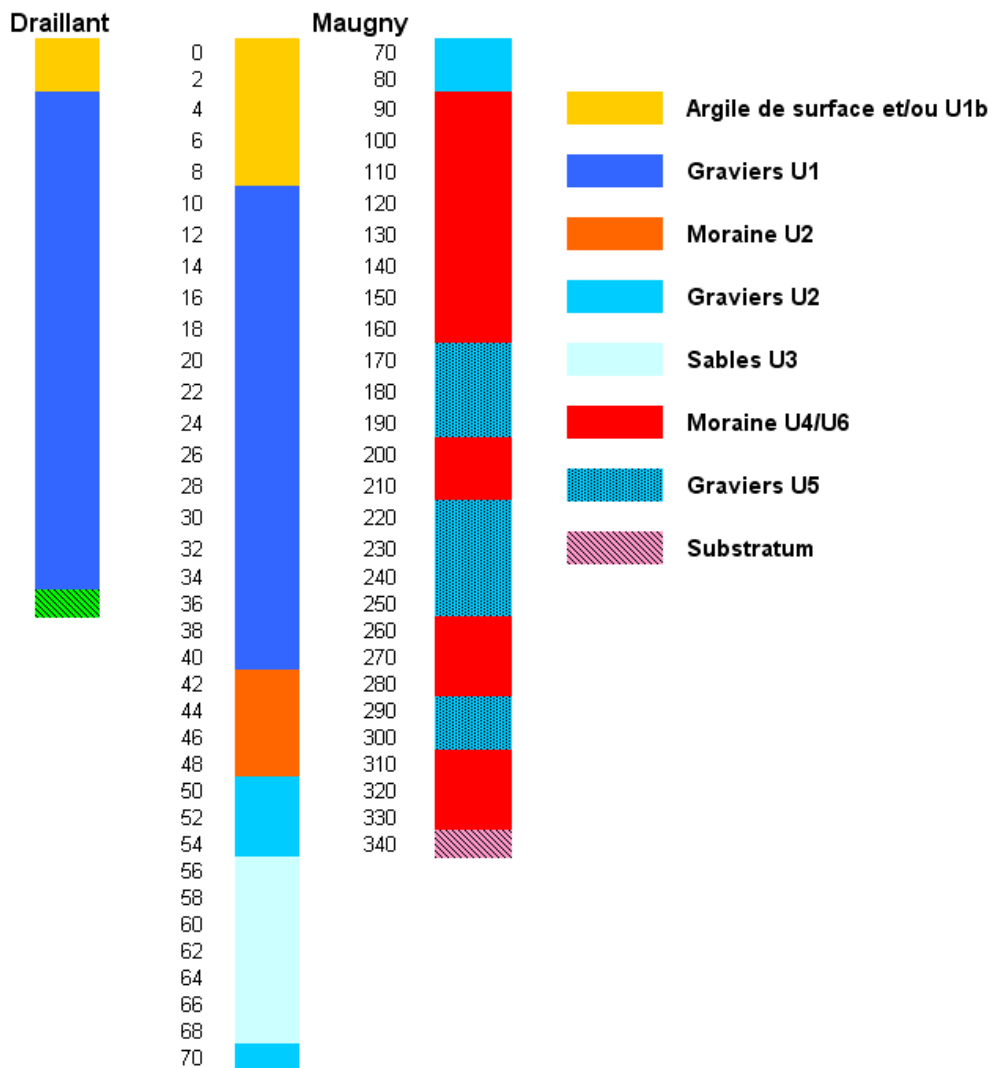


Figure 58: Coupe géologique simplifiée des forages de Drailant et de Maugny

Le niveau de la nappe est suivi sur le site de Drailant par l'exploitant et le département 74. La figure 59 montre l'évolution du niveau de la nappe depuis 2000 avec les débits de pompage correspondants :

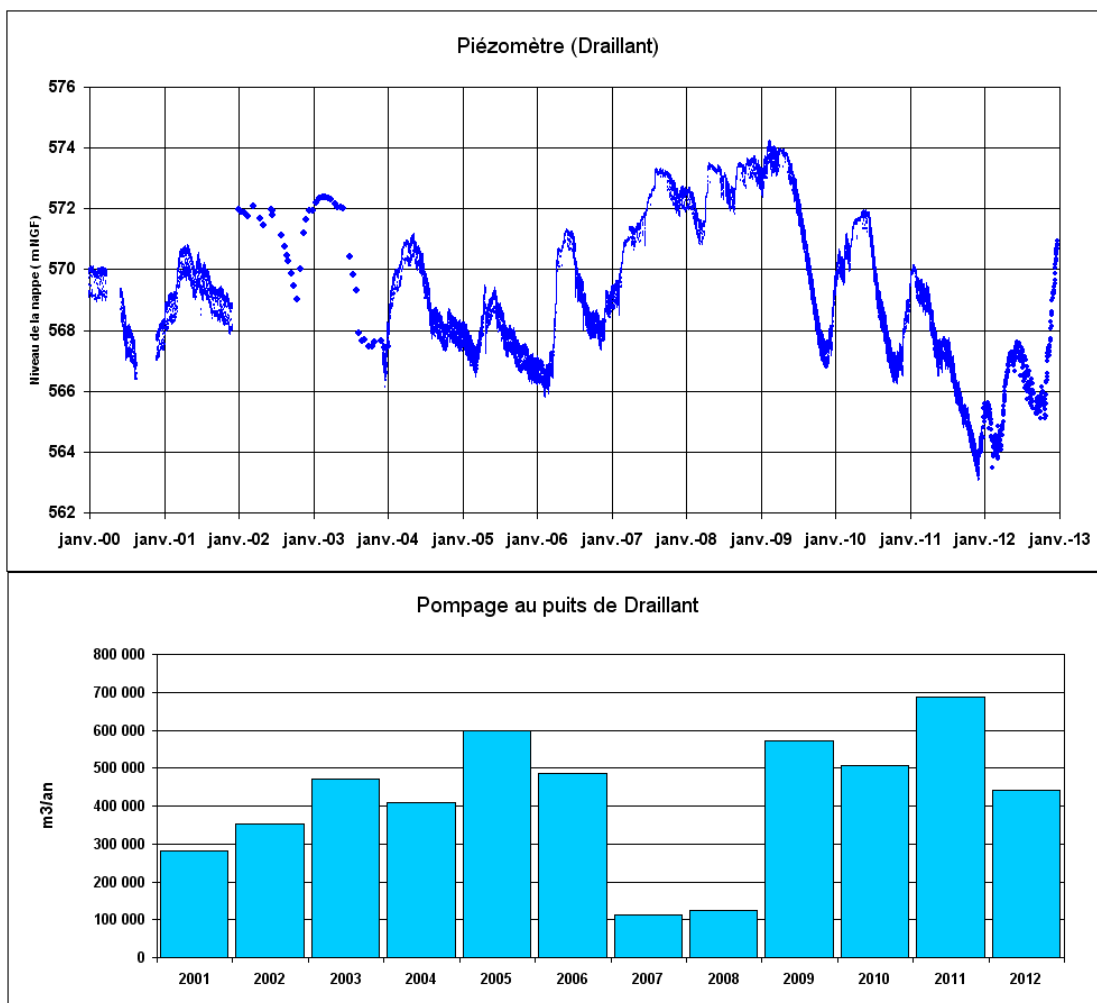


Figure 59 : Evolution du niveau de la nappe et des pompages à Draillant (source SIEM - RDA74)

La relation entre le niveau de la nappe et les prélèvements n'est pas évidente et c'est surtout l'intensité des recharges annuelles qui conditionne la piézométrie, le phénomène étant accentué par le fait que les pompages moyens diminuent lorsque les ressources superficielles (Les Moises en particulier) sont abondantes comme en 2007-2008 (cf. figure 41) ce qui entraîne une remontée du niveau de la nappe.

Par ailleurs, les relations potentielles entre la nappe exploitée et le Ru de Perrignier sont rendues très difficiles par la présence d'une couche argileuse en surface (cf. figures 50 et 58).

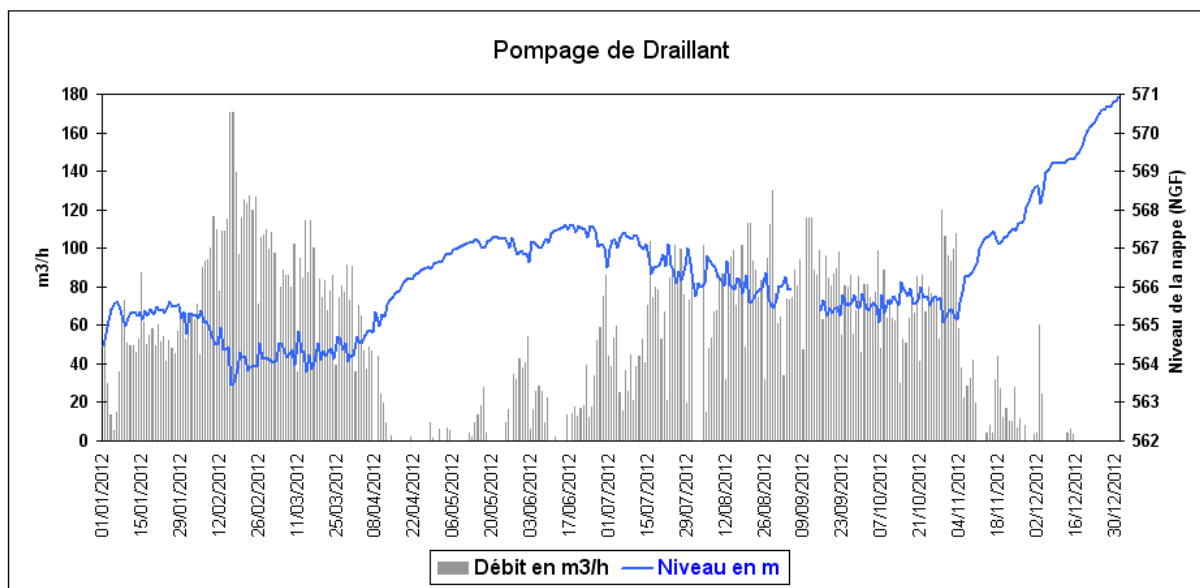


Figure 60 : Relation niveau de nappe-pompage journalier à Draillant

Cette relation est plus évidente à l'échelle de la journée. La figure 60 montre, à titre d'exemple, l'évolution du niveau et des pompages pendant l'année 2012. On voit que la séquence de pompage continu avec des débits de 100 à 150 m<sup>3</sup>/h en février 2012 se traduit par une baisse du niveau dynamique de la nappe de l'ordre de 2 m alors qu'elle fait suite à une année de forts prélèvements (environ 0.7 Mm<sup>3</sup> en 2011). Le niveau remonte d'environ 2 m avec la diminution des prélèvements jusqu'en juillet. La reprise des pompages jusqu'en novembre se traduit par une baisse du niveau d'environ 1 m et, à partir du début du mois de novembre, la nappe remonte rapidement avec la fin des pompages et une pluviométrie favorable au mois de décembre 2012.

Les débits prélevés varient entre 0.113 Mm<sup>3</sup>/an soit 3.6 l/s (en 2007) et 0.688 Mm<sup>3</sup>/an soit 21.8 l/s en 2011 pour compenser la baisse du débit des Moises (cf. chapitre 3.2.1).

Plusieurs essais de débits ont été réalisés sur différents ouvrages du site :

- un essai en septembre 1966 sur le forage de reconnaissance : Transmissivité évalué à 0.04 m<sup>2</sup>/s avec un débit max de 170 m<sup>3</sup>/h ;
- un essai en avril 1967 sur le premier puits (réalisé fin 1966) : Transmissivité évalué à 0.04 m<sup>2</sup>/s avec un débit max de 800 m<sup>3</sup>/h ;
- un essai de pompage de 2 mois en novembre - décembre 1968 avec un débit de 184 m<sup>3</sup>/h (pas de calcul de transmissivité car le régime permanent a été atteint rapidement) ;
- un essai de 60 heures en juin 1999 avec un débit de 420 m<sup>3</sup>/h : Transmissivité évalué à 0.015 m<sup>2</sup>/s (figure 61).

Tous ces essais mettent en évidence la très bonne productivité de cette zone avec des rabattements relativement faibles sur l'ouvrage pompé : 3.5 m en 1999 avec un débit de 420 m<sup>3</sup>/h (cf. figure 61) et 0.6 m sur le piézomètre (cf. figure 62).

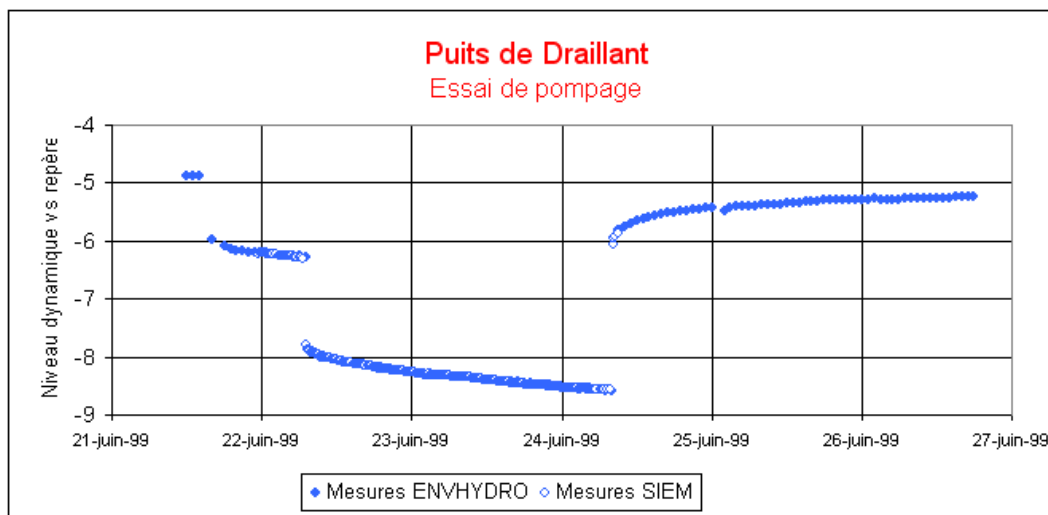


Figure 61 : Pompage de 1999 sur le puits de Draillant (source E. Siwertz)

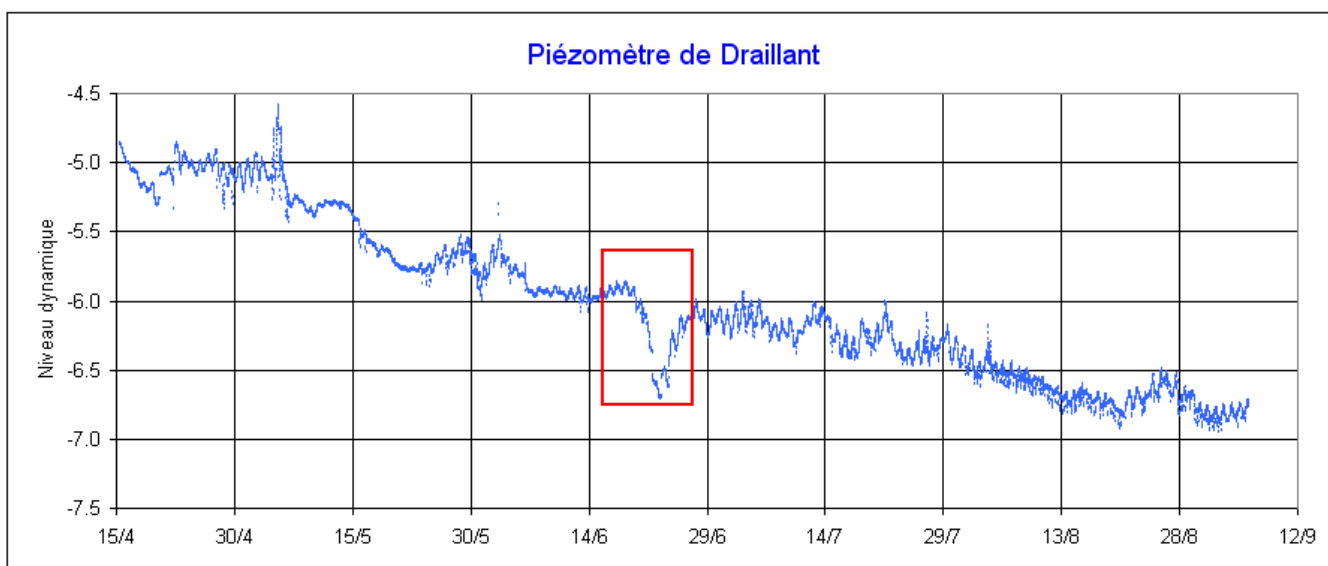


Figure 62 : Evolution du niveau de la nappe avant, pendant et après l'essai de 1999 (source SIEM)

En exploitation moyenne, durant l'année 2001 par exemple avec 0.280 Mm<sup>3</sup>/an, on peut voir sur la figure 63 l'évolution du niveau pseudo-statique et du niveau dynamique (en pompage) avec une différence de l'ordre de 1 m, peu significative par rapport à l'amplitude de variation annuel, ici 3 m en 2001 mais qui peut atteindre 6 m comme en 2009.

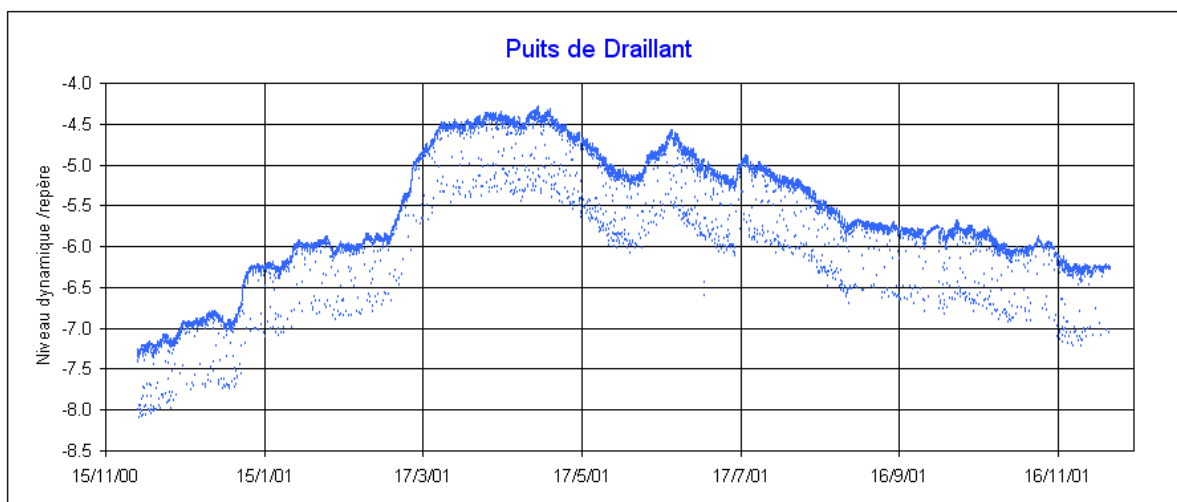


Figure 63 : Niveau dynamique et pseudo-statique en 2001 (source SIEM)

### CONCLUSION PARTIELLE : Potentiel du secteur de Draillant

L'alimentation du secteur de Draillant provient essentiellement du bassin du Pamphiot et d'un sillon graveleux superficiel (par rapport au sillon profond U3/U5 identifié sur le forage de Maugny) qui longerait la bordure des calcaires préalpins et qui a été reconnu par géophysique et forages sur le bassin des Blaves. La carte de synthèse de l'étude RDA suggère une alimentation Est provenant du secteur de Maugny ou Nord-est provenant du secteur de Bonnant. Les mesures géophysiques anciennes confirment ces hypothèses.

Une approche hydrodynamique simple à partir de la transmissivité, du front de circulation de la nappe et du gradient d'écoulement montre que le débit potentiel dans l'aquifère est compris entre 56 et 150 l/s (le gradient est estimé entre le niveau piézométrique en limite de bassin des Blaves, soit 600 m NGF (cf. rapport Pamphiot) et le niveau pseudo statique haut observé à Draillant soit 575 m NGF).

Transmissivité	Gradient	Front	Débit
m <sup>2</sup> /s	%	m	l/s
0.015	1.5%	250	<b>56.25</b>
0.040	1.5%	250	<b>150</b>

Par ailleurs, le bilan global sur le bassin du Pamphiot montre que le potentiel du secteur, dans la nappe superficielle est plus important que le débit global (Draillant + Ecole) moyen exploité, soit 25 l/s depuis 2000.

Dans son rapport de 1990, le BRGM (JP. Hole, R 31711.RHA.45/90), concluait à une exploitation à l'équilibre avec, en 1989, 42 l/s pour un potentiel de 41 l/s (chiffre extrait du rapport CPGF n°2515 de 1983) mais exprimait des réserves liées au rapport ruissellement/infiltration sur le bassin versant. On sait maintenant que cette infiltration est maximum sur les hautes terrasses de Thonon-les-Bains qui participent pour partie à l'alimentation de cette zone. Ces réserves ne nous paraissent pas justifiées et l'exploitation actuelle du puits de Draillant (0.688 Mm<sup>3</sup> en 2011 soit 22 l/s en moyenne) est largement en dessous du potentiel du forage et de l'aquifère.

Par ailleurs les données d'évolution des niveaux motivant la phrase «on peut se demander, devant l'évolution continue des rabattements dans le temps, si cette nappe n'est pas surexploitée» ne sont pas documentées (BRGM 1990, page 9) mais l'analyse des niveaux mesurés depuis 2000 (cf. figure 59) ne le confirme pas et la baisse observée en 2011 est surtout liée aux conditions hydroclimatiques particulièrement défavorables (le niveau remonte d'ailleurs en 2012 comme le montre la figure 48). La comparaison entre les niveaux au forage de Draillant et au forage de Trossy/Charmoisy montre à l'évidence que le phénomène intéresse l'ensemble des aquifères graveleux locaux (figure ci-dessous).

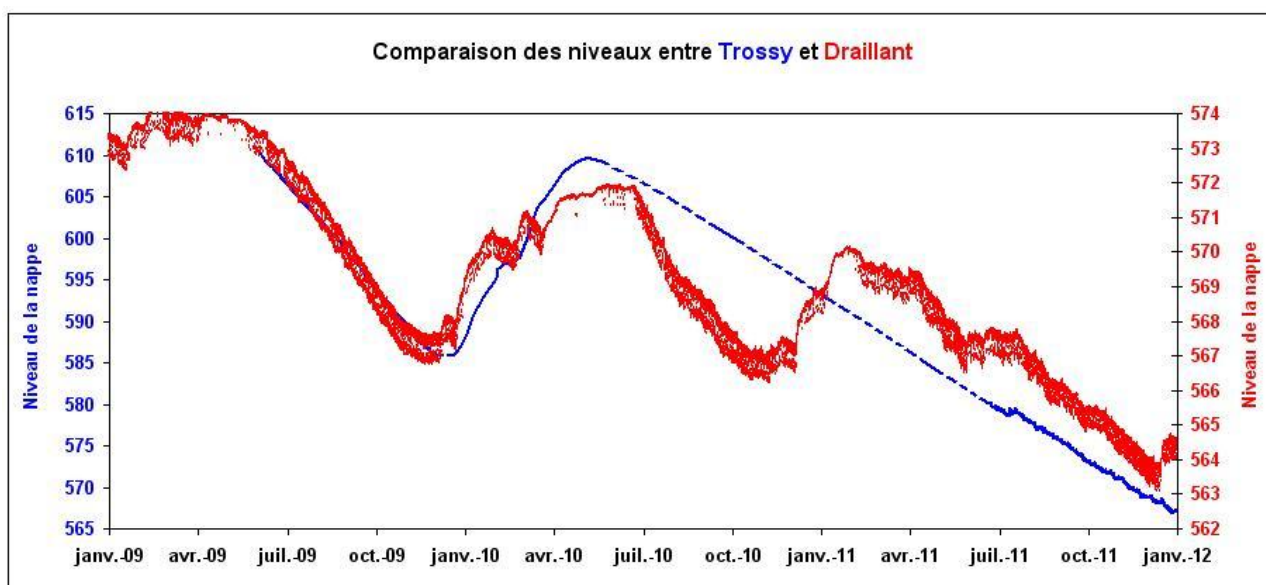


Figure 64 : Comparaison des niveaux à Trossy-Charmoisy et Draillant (source RDA74 - E. Siwertz)

On peut noter cependant que l'augmentation des prélèvements se ferait pour partie au détriment de l'écoulement vers le Redon à l'aval mais ceux-ci sont considérables (cf. chapitre 3.2.4).

Par contre, les niveaux aquifères profonds (U3) pourraient faire l'objet, après des reconnaissances détaillées, d'une exploitation sans conséquences appréciables sur le bilan global (voir chapitre 2.3.2.3.).

**ESTIMATION DES RESERVES RENOUVELABLES dans l'aquifère des hautes terrasses au niveau de Draillant**

Compte tenu des relations entre les bassins du Pamphiot et du Redon au sein de l'aquifère des hautes terrasses, Il n'est pas possible d'évaluer les réserves renouvelables à partir d'un bilan d'écoulement. Par contre, l'approche hydrodynamique à partir des essais de pompages et de la géométrie de l'aquifère montre qu'elles seraient comprises entre 55 et 150 l/s suivant la transmissivité prise en compte (1,7 à 4,7 Mm<sup>3</sup>/an).



### 3.2.3.1.2 Aquifère des graviers superficiels entre Perrignier et Brenthonne

Cette zone est en continuité avec la zone aval de Draillant mais elle n'est exploitée qu'à son extrémité sud-est aux captages du SIE Fessy-Lully (Les Contamines). La carte ci-après illustre son emprise.

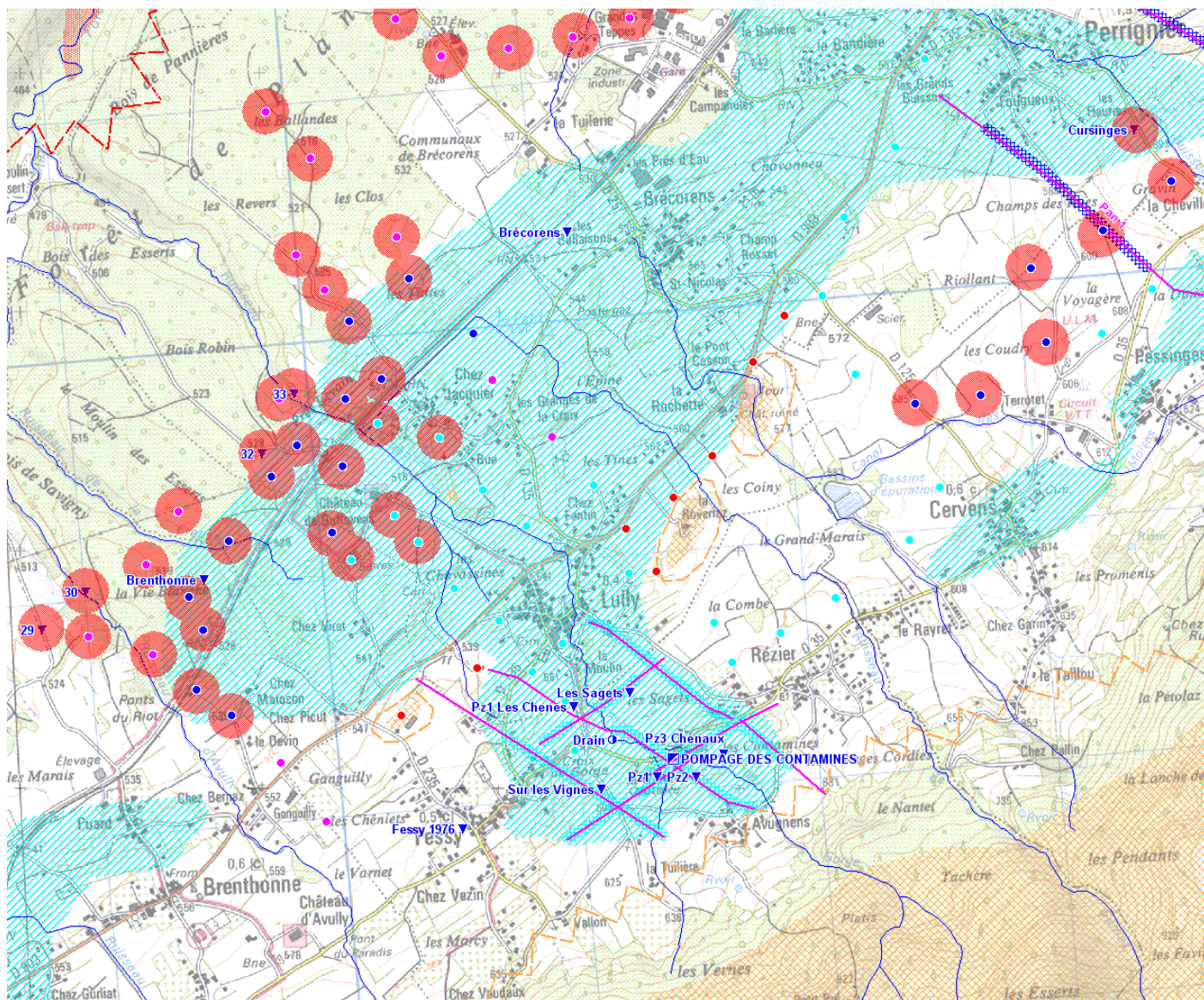


Figure 65 : Zone Perrignier-Brenthonne

En dehors de la zone de Fessy-Lully, étudiée en détail dans un rapport RDA de 2010, on dispose de plusieurs forages réalisés entre 1966 et 1976 dans le cadre de reconnaissance réalisée par la DDA 74. La figure et le tableau ci-après résument les principaux résultats :

Le forage de l'Abbaye, réalisé en avril 1966, est situé au nord de ce secteur (voir sur la carte 49). Les graviers de U1 sont absents et seul un petit niveau (U3 ?) à été recoupé à - 18.8 m avec un niveau statique artésien jaillissant mais un très faible débit (0.3 m<sup>3</sup>/h). Les autres forages montrent tous la présence des graviers superficiels U1 et, lorsqu'ils sont assez profonds, les sables/graviers de U3.

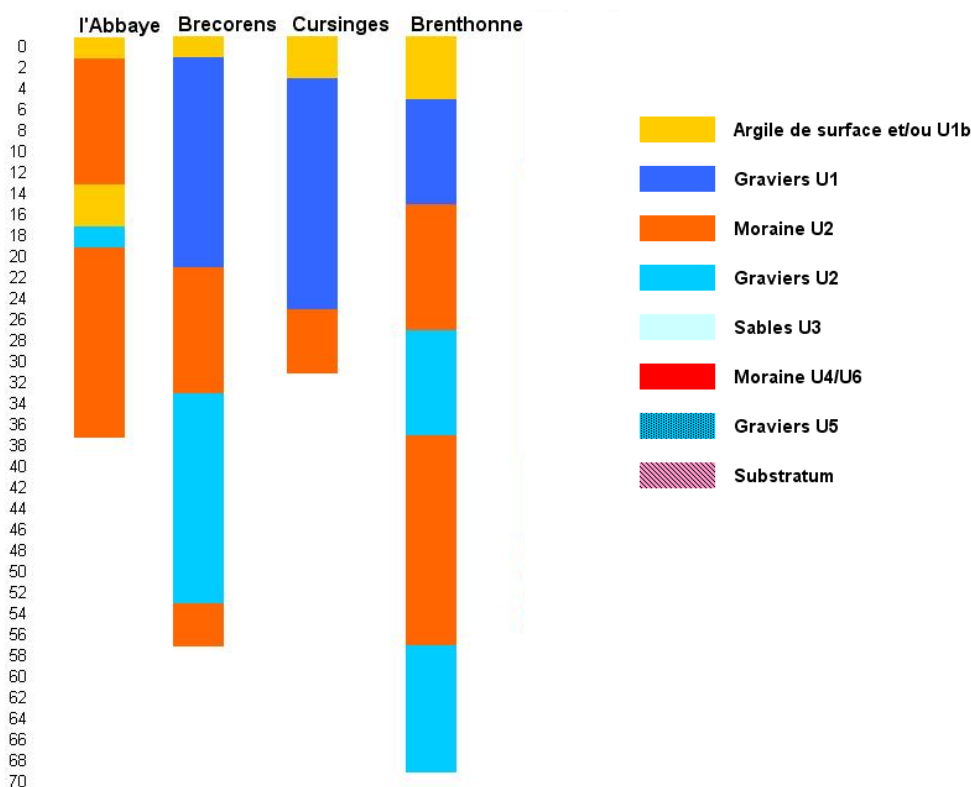


Nom de l'ouvrage	Année	Localisation	Épaisseur nappe (m)	Débit testé m <sup>3</sup> /h	Transmissivité m <sup>2</sup> /s
Brecorens (U1)	1966	Ouest de Brécorens	19	152	0.05 ?
Brecorens (U3)	1966	Ouest de Brécorens	17	30	< 0.001
Brenthonne	1973	Nord de Brenthonne	11	25	0.0002
Crusings	1966	Sud de Perrignier	22	66	0.006
Fessy	1976	Dans le village	21	43	?

*Caractéristiques hydrodynamiques des forages (source BSS et documents originaux)*

On peut voir que le champ de transmissivité est relativement large avec des valeurs de l'ordre de 0.05 à 0.01 pour la nappe des graviers U1 et comprise entre 0.0001 et 0.001 pour U3.

Les forages de Brécorens et Cursings, réalisés à l'époque pour le compte du SIEM, ne sont pas exploités mais mériteraient un réexamen de leur potentiel avec comme objectif de rééquilibrer les prélèvements dans la nappe U1 à l'amont du bassin du Redon qui reposent actuellement uniquement sur le groupe Ecole/Drillant.



**Figure 66 : Coupe simplifiée des forages dans la zone Perrignier - Brenthonne**

La zone de Fessy-Lully exploite l'aquifère superficiel U1 localement dénommé "nappe des Contamines". Cette nappe a fait l'objet d'une étude détaillée en 2009/2010 par la RDA74 (étude du potentiel et de vulnérabilité de l'aquifère des Contamines).

La nappe est exploitée par deux puits F1 et F2, d'une profondeur de 21 m qui capte un niveau graveleux entre 10 et 22 m de profondeur mais dont la partie supérieure entre 10 et 15 est relativement colmatée. La tranche productive semble, au droit des captages, limitée à 5 m d'épaisseur et les essais de débit à la réception du forage F2 en 1966 donnaient un débit spécifique compris entre 15 et 20 m<sup>3</sup>/h/m. lors de l'essai de longue durée (100 heures à 86 m<sup>3</sup>/h), le débit spécifique était de 14 m<sup>3</sup>/h/m.

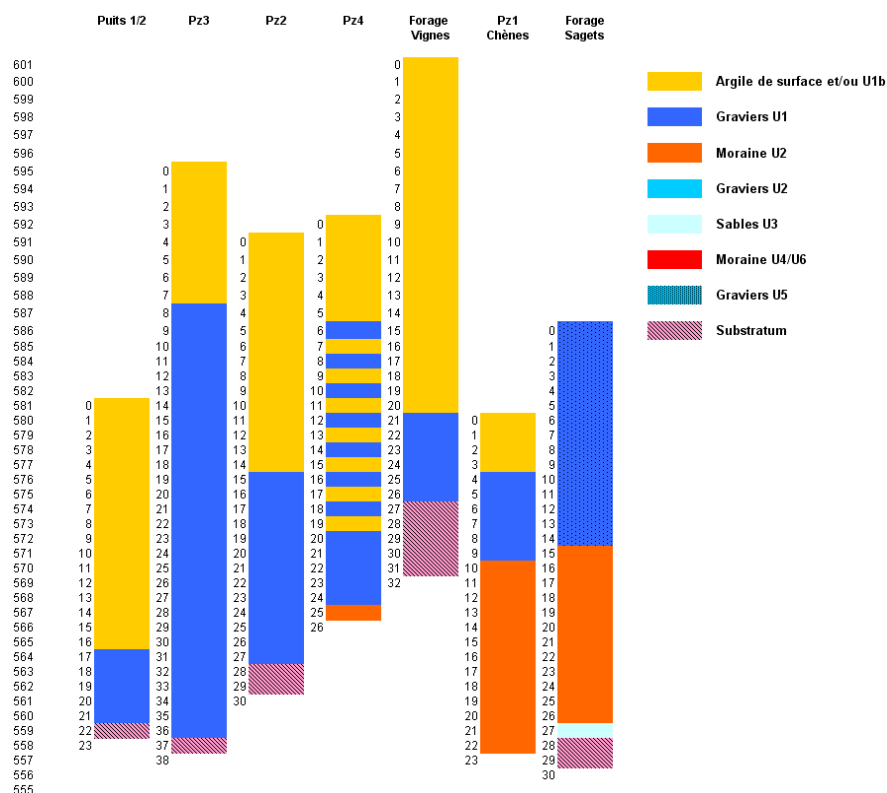


Figure 67 : Coupe simplifiée des forages dans la zone des Contamines (source étude RDA74 modifiée)

Un essai de 50 heures au débit moyen de 69 m<sup>3</sup>/h a été réalisé sous le contrôle de la RDA74 en juin 2009. Le rabattement, non stabilisé en fin d'essai est de 3.6 m, soit un débit spécifique proche de 20 m<sup>3</sup>/h du même ordre que celui observé en 1966. L'ouvrage ne semble donc pas s'être détérioré. La transmissivité calculée est de 0.005 m<sup>2</sup>/s.

La production de la zone de captage est comprise entre 0.078 et 0.234 m<sup>3</sup>/an (2.5 à 7.5 l/s) mais les chiffres sont à prendre avec précaution avec des valeurs identiques de 2007 à 2009 (source Agence de l'Eau).

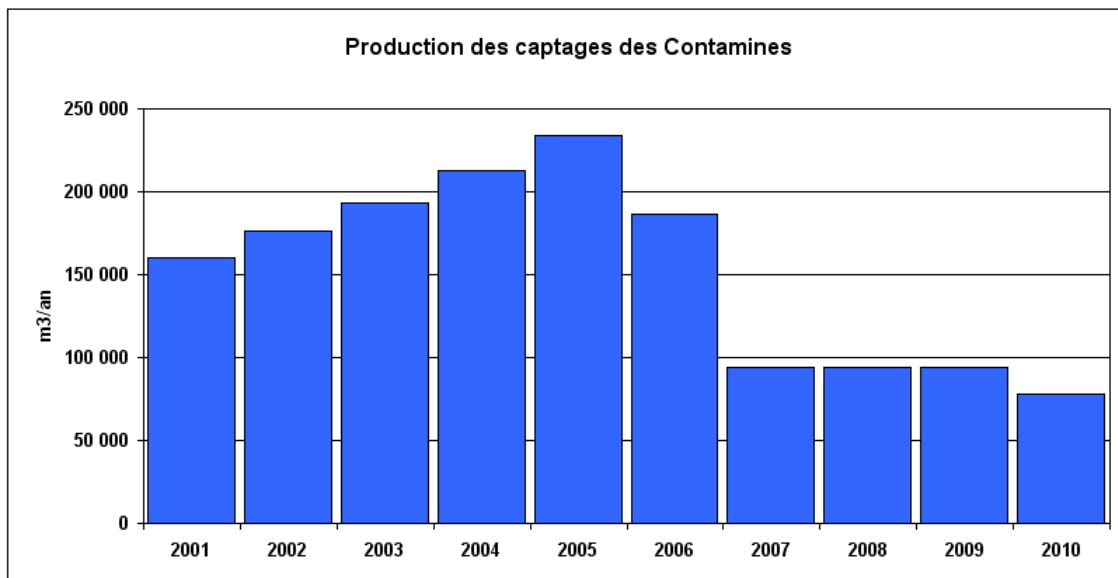


Figure 68 : Production de la zone de captage des Contamines

La RDA 74 cite un pompage de 235 000 m<sup>3</sup> entre le 01/03/2009 et le 08/09/2010 soit 154 270 m<sup>3</sup>/an. Ce prélèvement moyen de 423 m<sup>3</sup>/jour (4.9 l/s) varie entre 176 m<sup>3</sup>/jour (2.0 l/s) et 1 642 m<sup>3</sup>/jour (19 l/s).

Le suivi détaillé des débits dans les ruisseaux de la Gorge et de la Tuilière montre une relation avec le Ru de la Gorge et surtout avec la source de Lully immédiatement à l'aval des captages. La figure 55 ci-dessous qui montre l'enregistrement du pompage à la station des Contamines et le débit du ru de la Gorge est tout à fait explicite.

Symasol, SIEA de Fessy-Lully. Etude de l'aquifère des Contamines.  
 Figure 14-1 Corrélation entre le ruisseau de la Gorge à l'aval de la confluence avec la Tuilière, et le débit d'exhaure de la station.

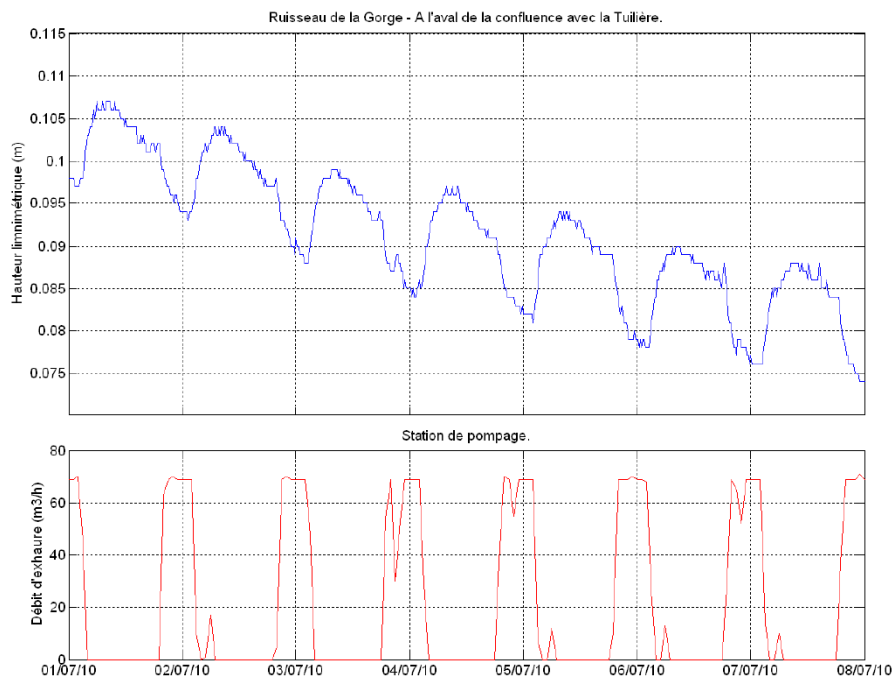


Figure 69 : Relation entre le débit du ru de la Gorge avec le pompage de Contamines (source rapport RDA 74)

La figure 70 ci-dessous correspond à un zoom sur la zone des Contamines de la figure 65 avec la limite de l'aquifère des Contamines tel que défini par la RDA74. Cette limite peut paraître un peu restrictive au vu des résultats des panneaux et des sondages électriques mais elle confirme qu'on est en présence d'une structure de faible extension et disposant donc de réserves limitées.

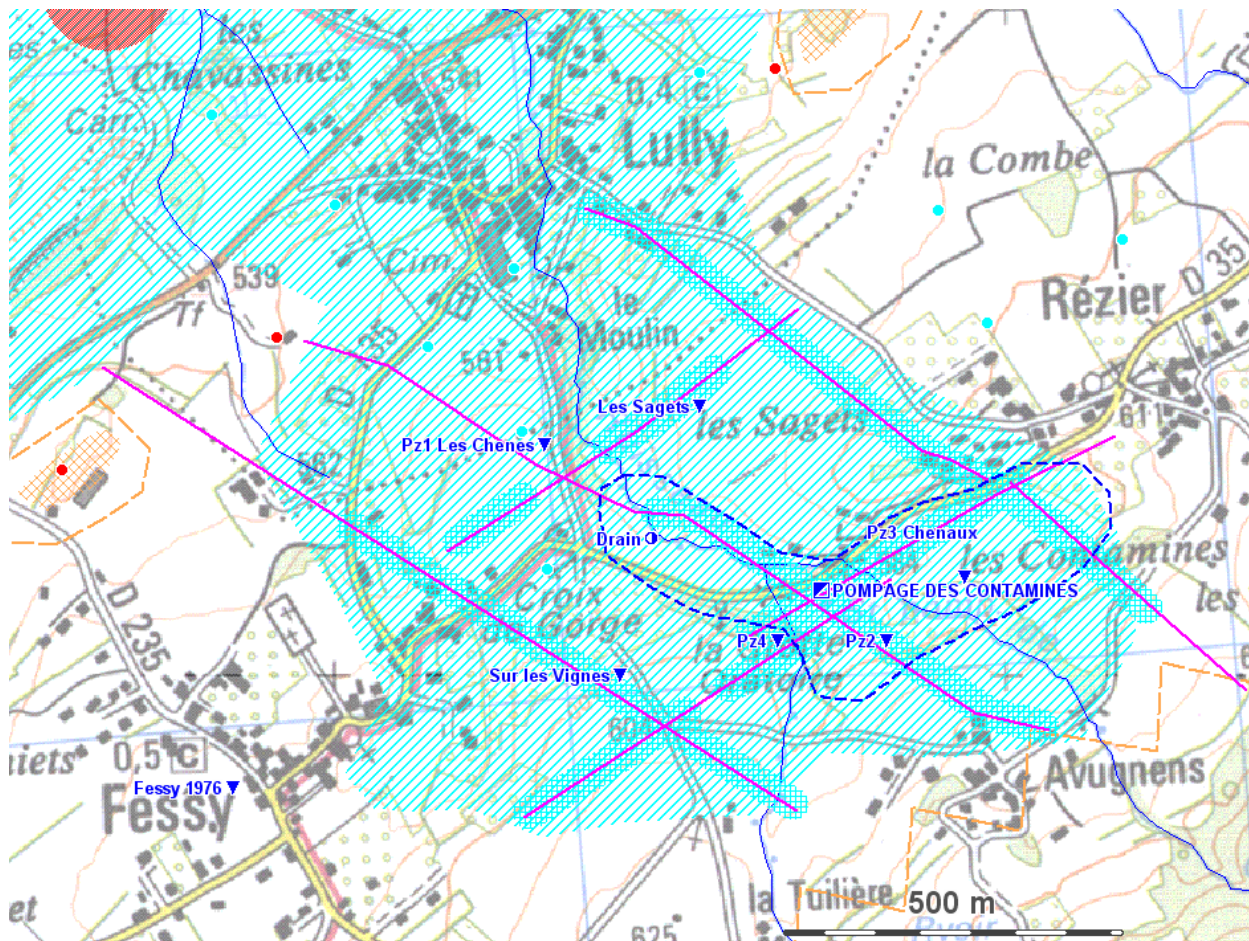


Figure 70 : Carte hydrogéologique détaillée de la zone Fessy-Lully

La figure 71, extraite du rapport RDA74, montre l'évolution des niveaux piézométriques en fonction des prélèvements pendant la période de suivi et met en évidence la baisse de la nappe entre le niveau de hautes eaux relatives (mars) et le niveau de basses eaux (novembre-décembre) soit 2.5 m (cote pseudo-statique d'étiage proche de 576.5 m NGF).

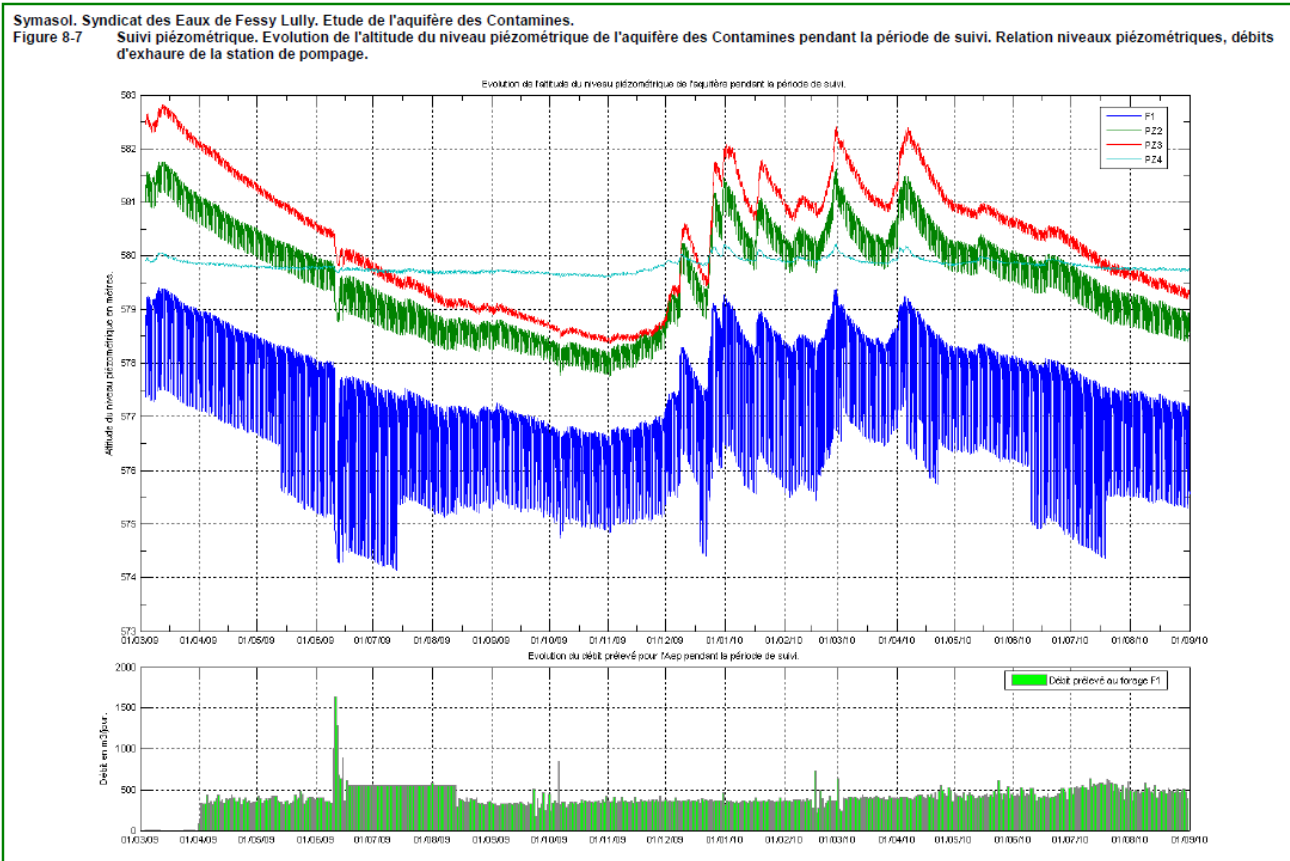


Figure 71 : Evolution du niveau de la nappe des Contamines en fonction des pompages (rapport RDA74)

Dans ces conditions d'étiage, le rabattement est proche de 2.5 m pour un prélèvement moyen de 350 à 400 m<sup>3</sup>/jour (4 à 4.5 l/s). Le niveau dynamique se situe alors à 4.5 m sous le niveau moyen haut de la nappe (579.5 m NGF). On peut noter qu'avec ce niveau la nappe, au niveau des captages, reste toujours captive sous les limons argileux superficiels.

### CONCLUSION PARTIELLE : potentiel de la zone Fessy - Lully

Le potentiel de la nappe des Contamines est limitée à la fois par la dimension de la structure et les flux circulants au droit des forages compte tenu chenal exploité relativement étroit. Les reconnaissances géophysique montrent qu'un développement est difficilement envisageable d'autant plus que la relation directe avec les écoulements superficiels semble évidente. (cf. étude RDA74). Le bilan d'écoulement présenté dans cette étude (tableau 15.2 et 15.3 pages 136 et 138) montre qu'en condition d'étiage, avec un pompage de  $4.8 \pm 0.1$  l/s, l'impact sur l'écoulement dans le Ru de la Gorge à l'aval immédiat du captage est de 2 l/s.

L'impact global sur l'écoulement est plus difficile à apprécier. En effet le bilan hydrologique proposé dans l'étude RDA74 paraît peu réaliste avec une estimation de l'évapotranspiration sur le bassin d'alimentation de 540 mm/an correspondant à la différence entre les précipitations totales de 1 275 mm/an (page 110 du rapport) et l'écoulement global de 735 mm/an (page 112 du rapport). Il s'agit à notre sens d'une valeur minimum que nous avons d'ailleurs retenue à titre conservatoire dans les évaluations des réserves renouvelables dans les chapitres précédents.



En effet, l'évapotranspiration est estimée à 405 mm/an sur le bassin des Blaves d'une altitude moyenne équivalente et cette différence de -135 mm (soit -15.1 l/s sur ce bassin versant) explique pour partie le déséquilibre de -8.2 l/s dans le bilan proposée par la RDA74. En fait, une part de l'écoulement souterrain sur ce bassin versant échappe au système Ru de la Gorge + Ru de la Tuillière + pompage des Contamines pour alimenter la nappe des graviers U1 plus à l'aval.

**ESTIMATION DES RESERVES RENOUELABLES dans l'aquifère des graviers superficiels entre Perrignier et Brenthonne**

Les études géophysiques anciennes confirmées par les forages de Brécovens et Cursinges montrent que les graviers superficiels existent en dehors de la zone actuellement exploitée de Fessy-Lully. Une reprise de ces mesures avec des techniques plus adaptées (panneaux électriques haute résolution) permettrait de mieux définir la géométrie des formations graveleuses potentiellement aquifères et localiser d'éventuels sites pour leur exploitation. La superficie concernée est de l'ordre de 7 km<sup>2</sup>. Comme on se situe dans la partie moyenne-haute du bassin du Foron (altitude comprise entre 520 et 560 m), on peut retenir la fourchette haute de l'écoulement global (estimé au chapitre 3.1. de la Phase 1 de la présente étude) soit 18,3 l/s/km<sup>2</sup> ce qui correspond à 128 l/s. En retenant pour l'écoulement superficiel 16 l/s/km<sup>2</sup> (module du Foron), on disposerait en théorie de 2,3 l/s/km<sup>2</sup> soit 16 l/s (0,5 Mm<sup>3</sup>/an) de renouvelable en complément de celles, limitées, de la « nappe de Fessy-Lully ».

**3.2.3.1.3 Aquifère des graviers superficiels dans la zone de Bons en Chablais**

C'est le secteur le moins reconnu de la zone comprise entre l'axe haut du substratum Ballaison - Allinges et la bordure des Préalpes. A notre connaissance, en dehors de la zone du puits de Saint-Didier exploité par le Commune de Bons, seule la zone des Bracots à fait l'objet de mesures géophysiques et d'un forage de reconnaissance dont la figure 72 montre une coupe simplifiée :



Figure 72 : Coupe simplifiée du forage ZI Bracot

Ce forage se situe en dehors du secteur où existent les graviers de U1, par contre la présence des niveaux aquifères U3 est avérée même si les résultats des pompages donnent des débits faibles : 1.2 m<sup>3</sup>/h dans la nappe supérieure et 1.6 m<sup>3</sup>/h artésien jaillissant en 1973 dans la nappe inférieure. La coupe géophysique (étude CPGF 1146b) sur la zone confirme la continuité du réservoir (figure 73).

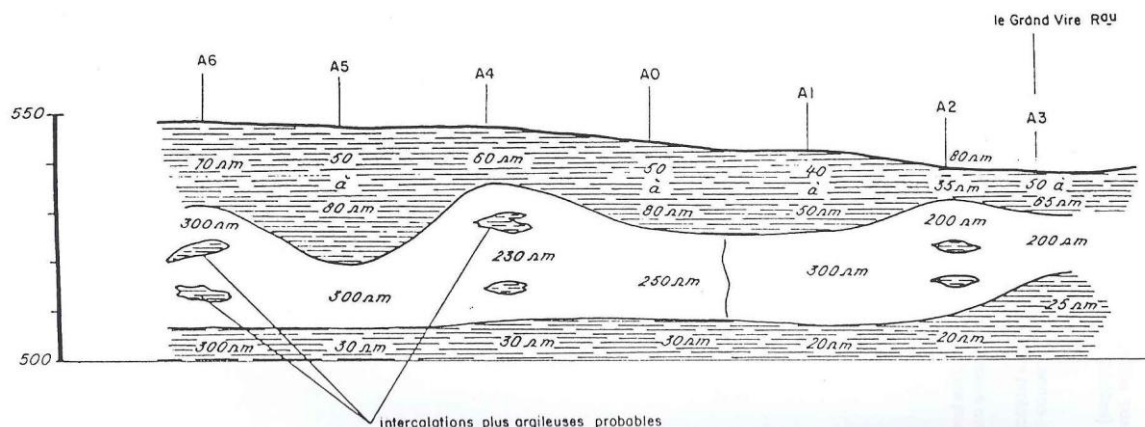


Figure 73 : Profil géophysique de 1973 (étude CPGF 1146b)

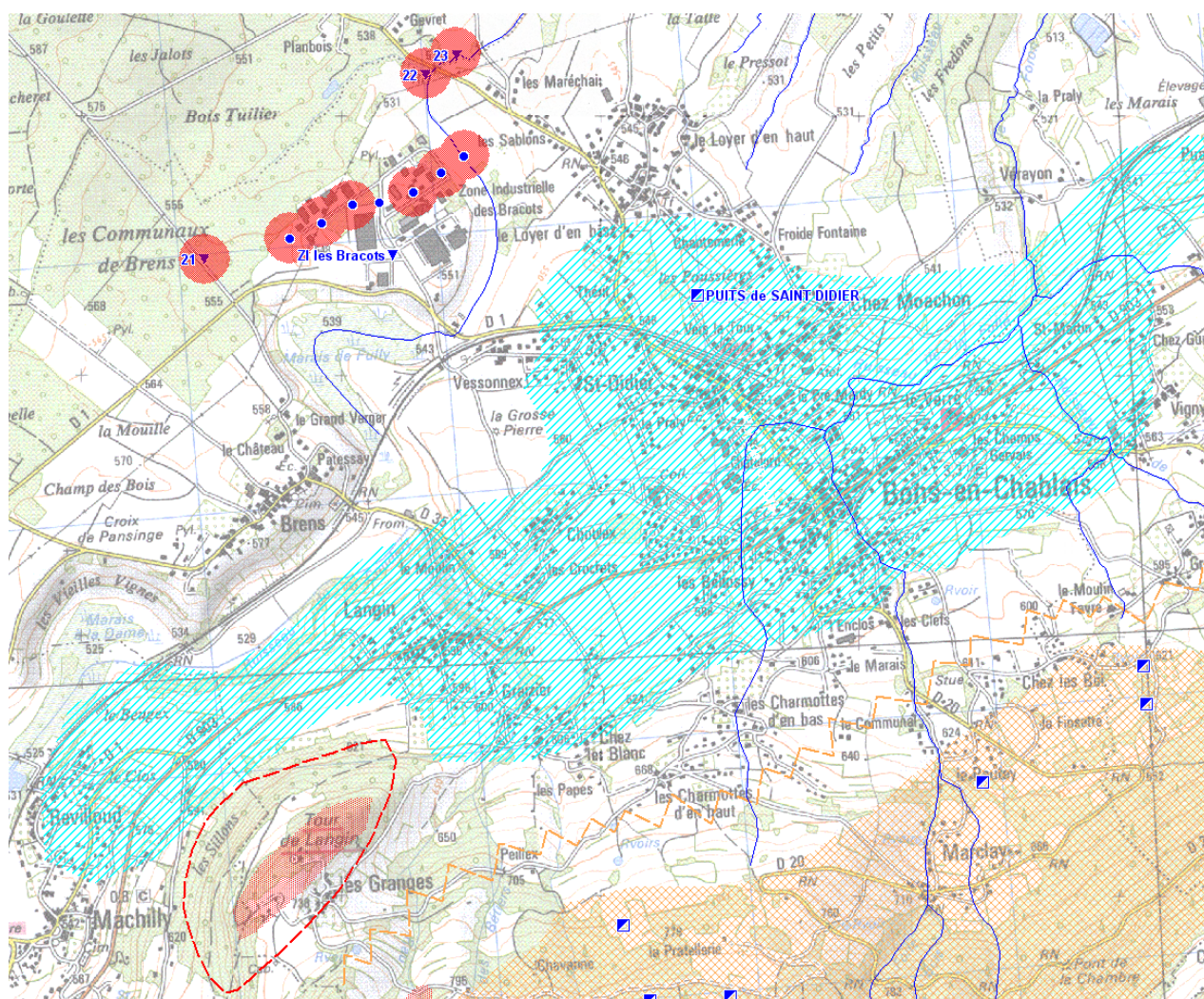


Figure 74 : Carte détaillée de la zone de Bons



Le puits de Saint Didier exploite la nappe superficielle pour le compte du SIEV (ancien syndicat des Poussières). Le puits à une profondeur de 14.3 m après approfondissement en 1961 d'un ancien puits de 4.3 m de profondeur. Le niveau statique à l'époque était de - 3.3 m et, même si la coupe n'est connue qu'à partir de - 4.3 m, il est probable qu'il n'y a pas ou peu de protection superficielle car l'ouvrage a connu des problèmes de contamination d'origine agricole (source rapport CPGF V6104).

La production du puits de Saint-Didier est comprise entre 0.489 Mm3/an en 2001 et 0.012 Mm3/an en 2007. Ce dernier chiffre peut paraître faible mais il est à mettre en relation avec un fort débit des "sources de Bons" (0.619 Mm3 en 2007) qui conduit à une limitation volontaire des pompages. Les chiffres de 2001 à 2003 sont douteux car identiques au débit global des « sources de Bons » et correspondent peut-être à une simple division par deux d'un total général ? Les services techniques du syndicat n'ont pas pu donner d'explication.

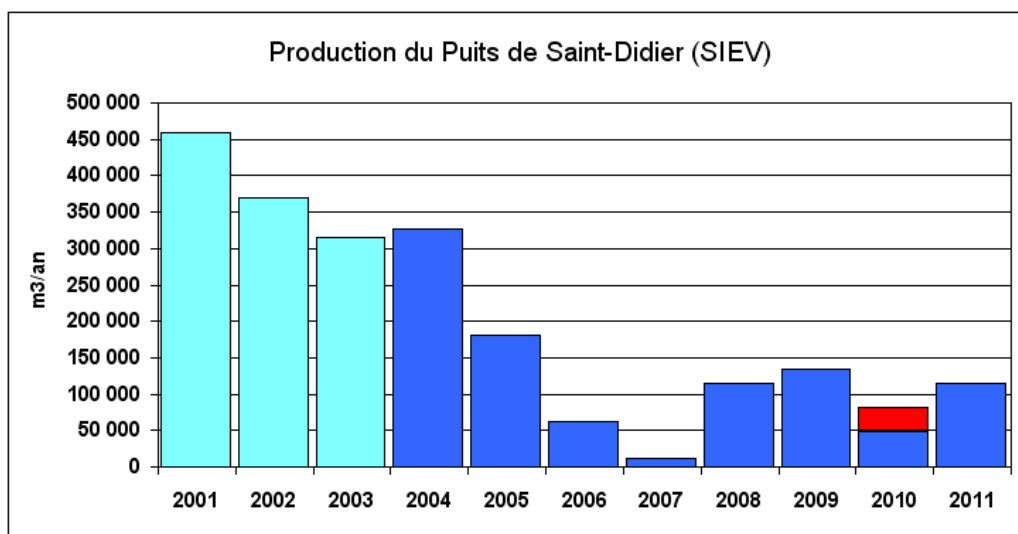


Figure 75 : Production du puits de Saint Didier (source Agence de l'Eau - Syndicat)

Pour l'année 2010, avec la mise en place de compteurs complémentaires pour palier le problème des retours entre différents réseaux, les prélèvements sont mieux connus. La figure 75 montre le montant rectifié pour 2010 (89 200 m³). Le détail mensuel est connu depuis 2011.

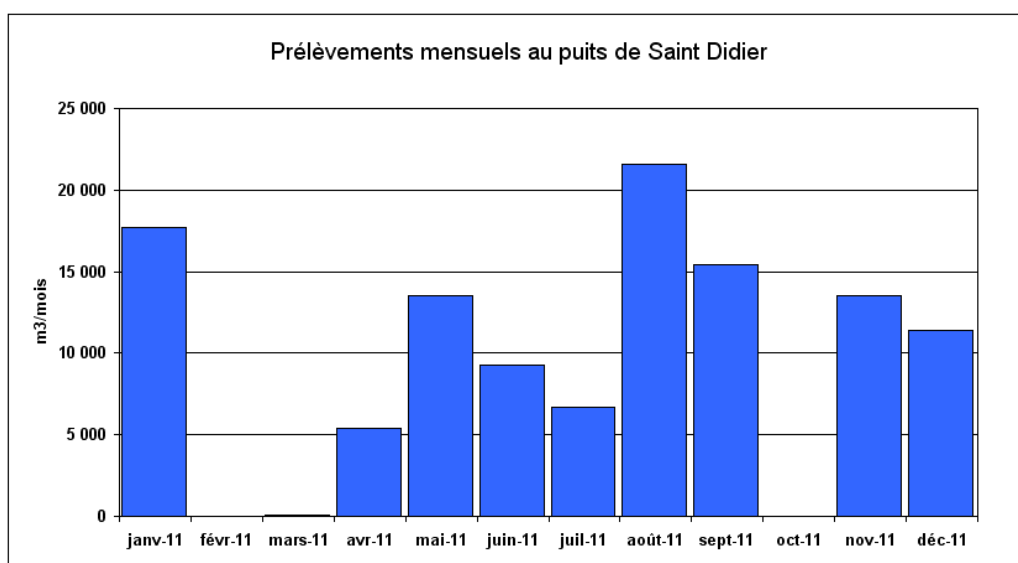


Figure 76 : Production mensuelle à St. Didier en 2011

La production a été maximum en août avec 21 571 m<sup>3</sup> (8 l/s) mais l'exploitant signale un niveau piézométrique très bas (- 8 m) et seulement 2 m au dessus des pompes.

### CONCLUSION PARTIELLE : potentiel de la zone de captage de Bons

Même si le test initial de débit, 210 m<sup>3</sup>/h pendant 124 heures en janvier 1962, était très favorable avec une transmissivité évaluée à 0.06 m<sup>2</sup>/s, le potentiel reste limité compte tenu de la surface d'impluvium direct sur les graviers sur le bassin d'alimentation capté par le puits (environ 1.5 km<sup>2</sup>). Avec une pluviométrie efficace évaluée à 18,3 l/s/km<sup>2</sup>, on disposerait, en retenant un ruissellement de 8 l/s/km<sup>2</sup> (1/2 module du Foron) sur cette zone où on n'observe pas d'écoulements superficiels (\*), de 0.49 Mm<sup>3</sup>/an. En tenant en compte du fait qu'un ouvrage ne peut évidemment pas capter tout le flux circulant localement dans la nappe, on voit que le potentiel de développement est faible pour ne pas dire inexistant.

(\*) La RDA réalise une étude sur la nappe de Bons et les premiers résultats semblent exclure une participation du Ru de La Folle. En effet, les "limites" de la nappe (telles que définies sur le modèle numérique présenté) n'incluent pas le ruisseau :

Figure 10-2 Carte piézométrique ou géométrie de la surface de l'aquifère en période de basses eaux. Fond de carte IGN.

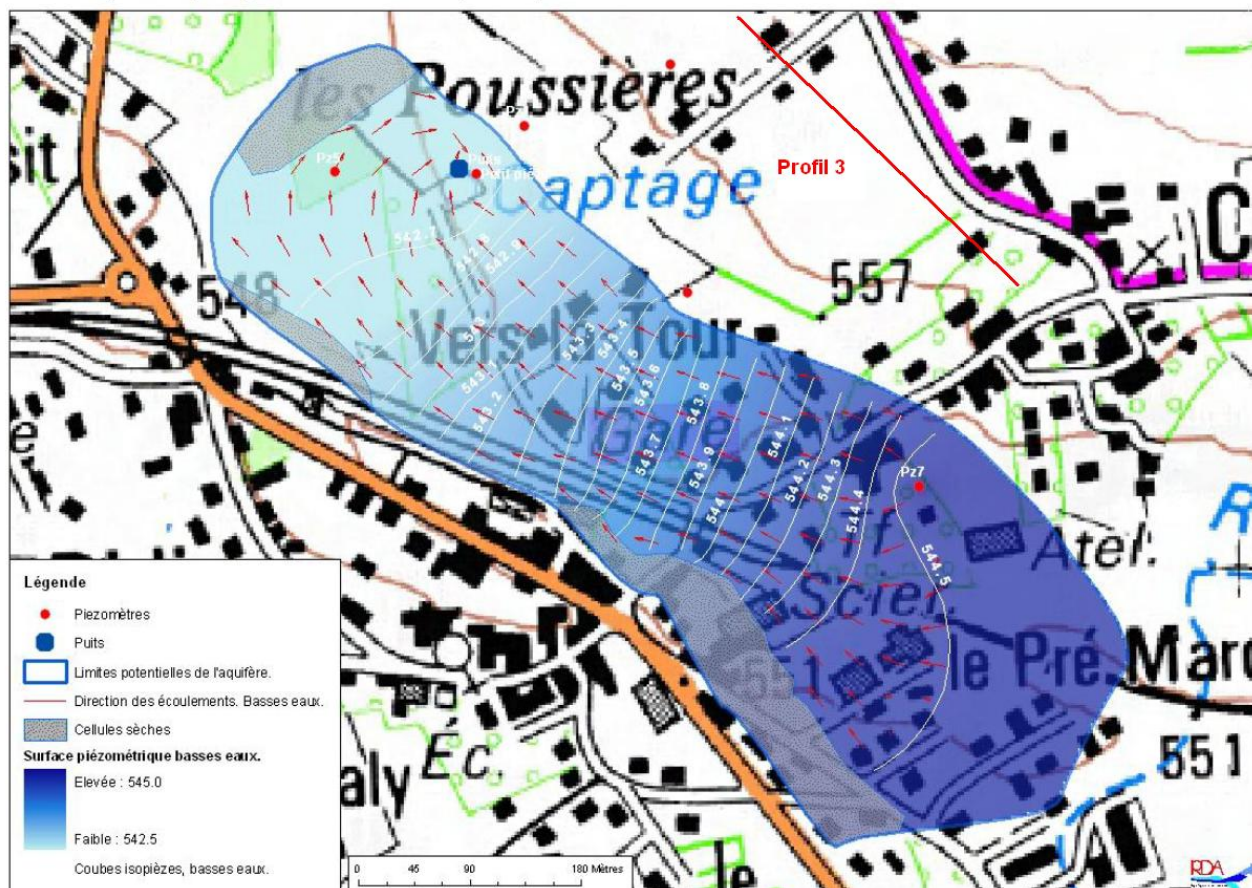


Figure 76 b (extrait de l'étude RDA Etude du potentiel et de la vulnérabilité de l'aquifère de Pré Saint Didier version 2 mars 2013)

Ces limites peuvent paraître arbitraires au regard de la géophysique disponible. La figure 76 c ci-dessous illustre le profil 3 dont l'implantation est reportée sur la figure 56 b. On voit que les graviers aquifères se prolongent vers le SE en direction du Ru de La Folle :

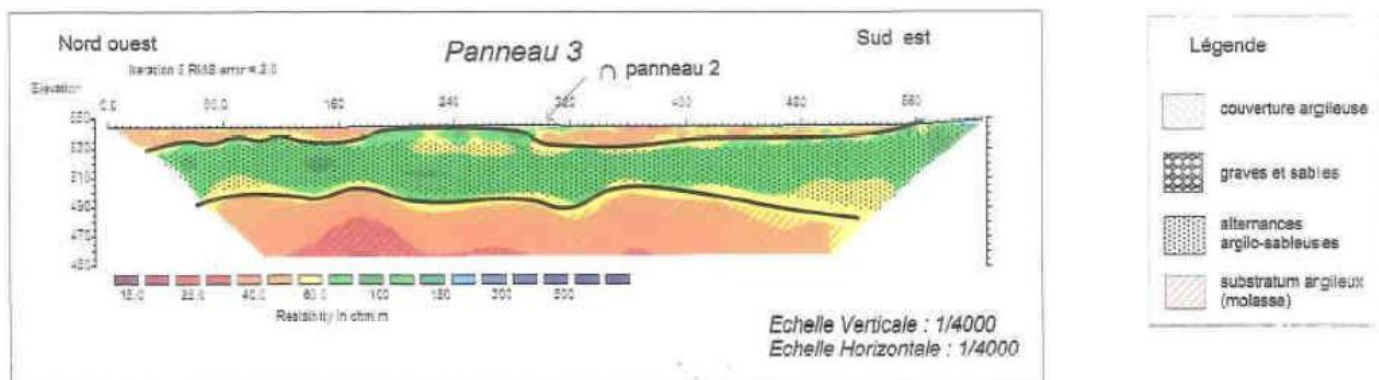


Figure 76 c : profil géophysique n°3

Sans être certain, un impact sur l'écoulement dans le Ru de la Folle est donc possible mais, dans l'état actuel des connaissances, il ne semble pas possible de quantifier cet impact potentiel sans des mesures complémentaires pour approfondir les connaissances sur les relations entre la nappe et le Ru de la Folle.

**ESTIMATION DES RESERVES RENOUVELABLES dans l'aquifère des graviers superficiels entre Brenthonne et Machilly**

En l'absence de carte piézométrique, il n'est pas possible d'évaluer globalement le flux qui circule de Brenthonne à Machilly, mais la présence des captages de Saint Cergues à l'aval qui disposent d'un bassin versant plus limité et exploitent entre 0.20 et 0.25 Mm<sup>3</sup>/an montre qu'une partie de ce flux échappe vers le sud-est.

La réalisation de mesures géophysiques avec des techniques adaptées (panneaux électriques haute résolution) permettrait de mieux définir la géométrie des formations graveleuses potentiellement aquifères et localiser d'éventuels sites pour leur exploitation. La superficie concernée est de l'ordre de 5 km<sup>2</sup>. Comme on se situe dans la partie moyenne-haute du bassin du Foron (altitude comprise entre 520 et 560 m), on peut retenir la fourchette haute de l'écoulement global estimé au chapitre 4 soit 18,3 l/s/km<sup>2</sup> ce qui correspond à 92 l/s. En retenant pour l'écoulement superficiel 16 l/s/km<sup>2</sup> (module du Foron), on disposerait en théorie de 2,3 l/s/km<sup>2</sup> soit 11.5 l/s (0,36 Mm<sup>3</sup>/an). On retrouve un chiffre du même ordre de grandeur que celui évalué pour la zone de captage de Bons-Saint Didier, ce qui montre bien que les ressources de ce secteur sont limitées.

**3.2.3.1.4 Aquifère des graviers superficiels au nord de l'axe Ballaison - Allinges**

La nappe des graviers U1 des terrasses inférieures de Thonon est exploitée par le captage d'Anthy (cf. rapport Pamphiot). En dehors de ce captage AEP situé, en limite sur le bassin du Pamphiot en limite de celui du Redon, il existe des prélèvements pour des pompes à chaleur eau-eau et des prélèvements pour l'irrigation (La Jardinerie du Léman en particulier) ou l'arrosage (Stade d'Anthy).



En fait ces prélèvements n'intéressent pas la nappe des graviers mais un niveau sableux plus profond (peut-être U1c de la série quaternaire superficielle). Les débits unitaires prélevés sont généralement faibles (de 2 à 6 m<sup>3</sup>/h lorsqu'ils sont connus, (source E. Siwertz, Entreprise Delavoet) mais la multiplication des ouvrages peut conduire à des volumes annuels significatifs entre 0.25 et 0,5 Mm<sup>3</sup>/an (donnée d'expertise).

La figure 77 montre l'emprise de la "nappe" Anthy-Margencel.

Les autres épandements graveleux superficiels (nappe de Sciez, nappe de Chens) ou les niveaux sableux d'Excenevex-Coudrée ne sont pas reconnus mais, on sait qu'il existe des installations privées de pompe à chaleur sans qu'il soit possible de le dénombrer. A titre d'exemple, dans le domaine de Coudrée, on estime à 20% les propriétés qui sont équipées.

**Aucune information pertinente ne permet d'évaluer le potentiel de cet aquifère.** Une étude en cours sur le captage d'Anthy permettra peut-être d'évaluer les flux susceptibles d'y circuler.

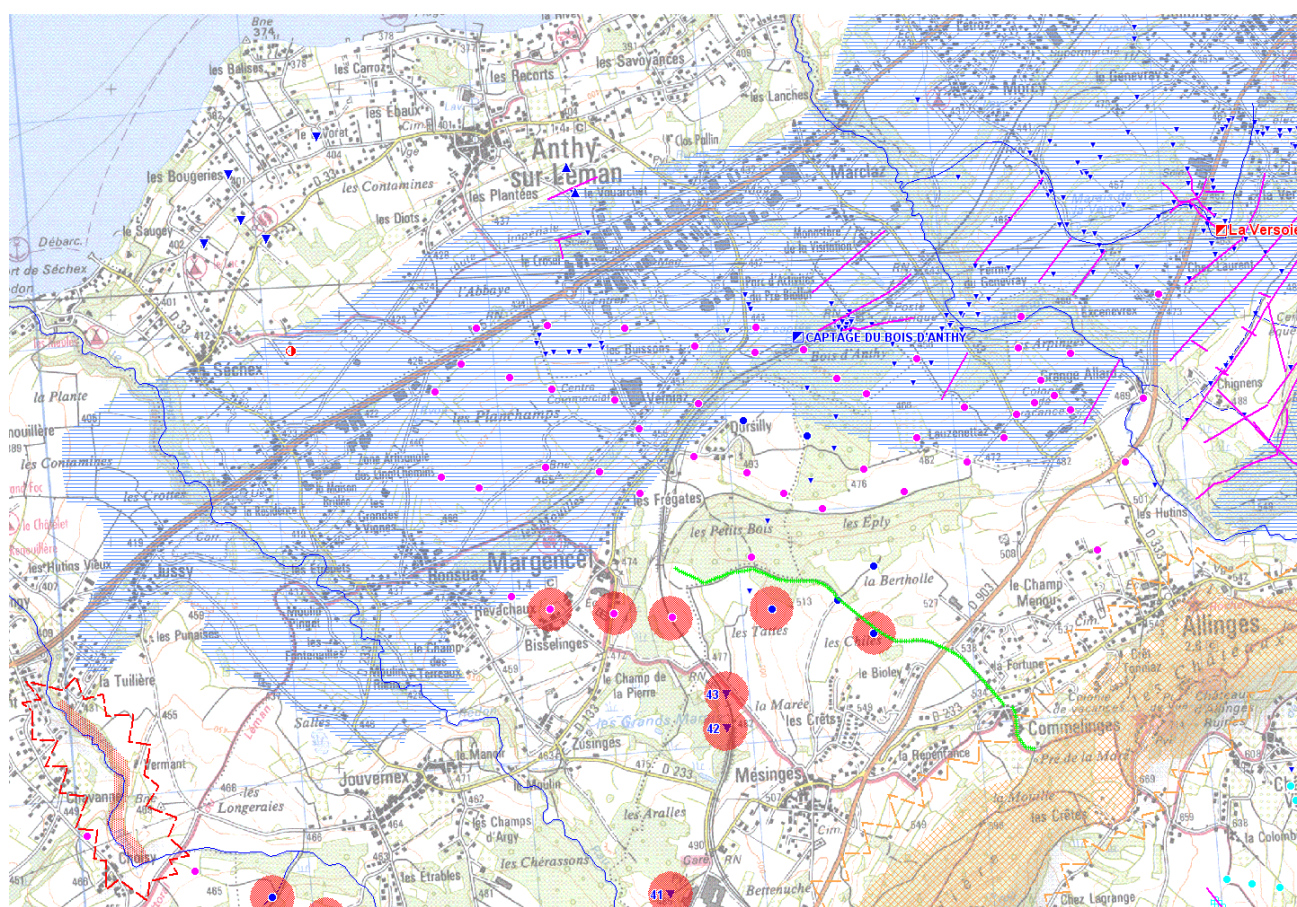


Figure 77 : Carte de la nappe Anthy -Margencel

Parmi les captages d'Anthy-sur-Léman (sur le bassin du Pamphiot), la seule exploitation pour l'AEP concerne la nappe de Massongy-Douvaine, exploitée par le SIEM au captage de Pré Chappuis. La carte 78 montre l'emprise des graviers superficiels tels qu'ils figurent sur la carte géologique.



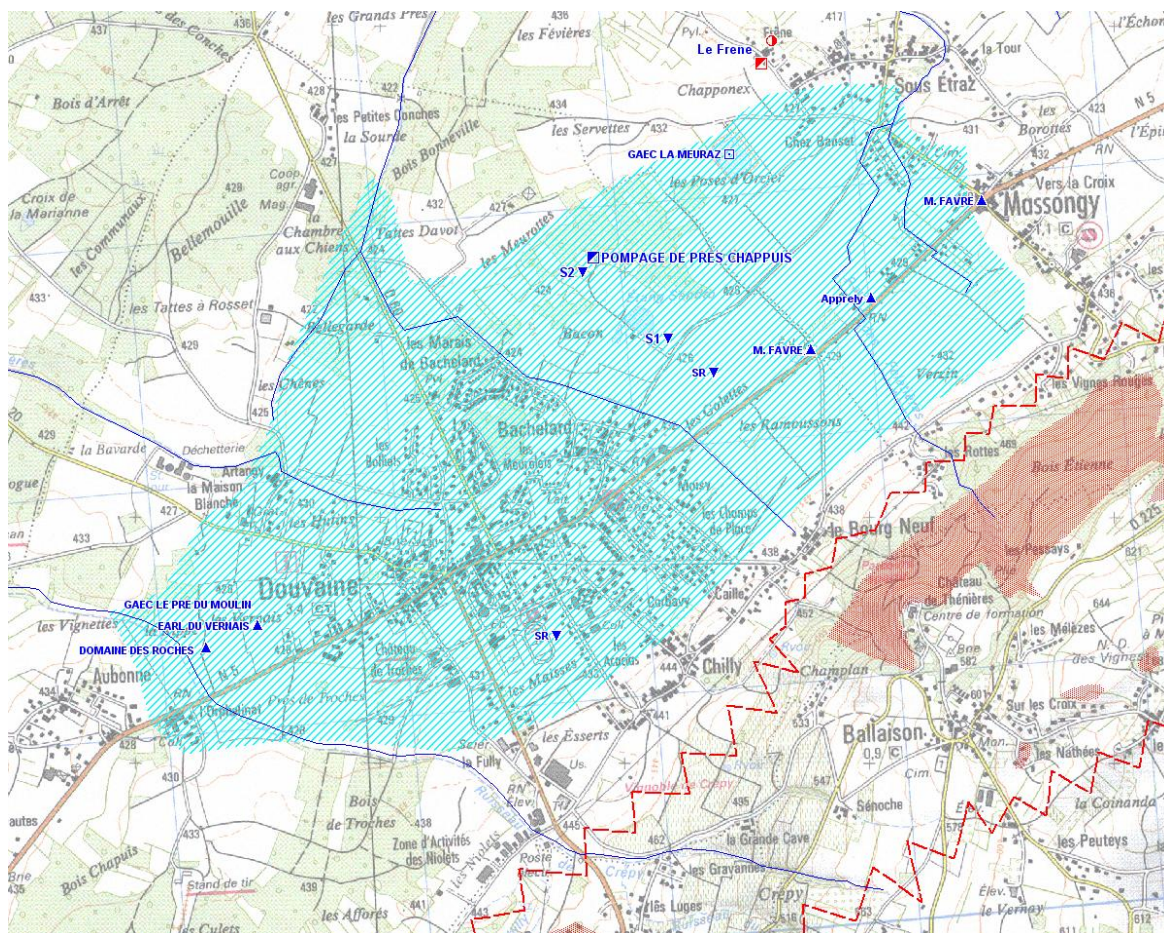


Figure 78 : Carte de la nappe Massongy - Douvaine

On dispose d'information dans l'environnement immédiat des puits et forages mais l'extrapolation de ces données à l'ensemble de l'aquifère est problématique. Une étude est en cours pour le SIEM, mais on ne dispose pas encore des données.

Les ouvrages de Pré Chappuis (forages et piézomètres) montrent une série graveleuse peu épaisse, entre -2.5 et - 8 m sur le puits. L'ouvrage qui date de 1983 est équipé en 800 mm avec un avant trou foré en 1500 et cimenté jusqu'à - 3 m. On ne dispose pas de la coupe originale mais du document BSS (0629-7X-0014) illustré sur la figure 79.



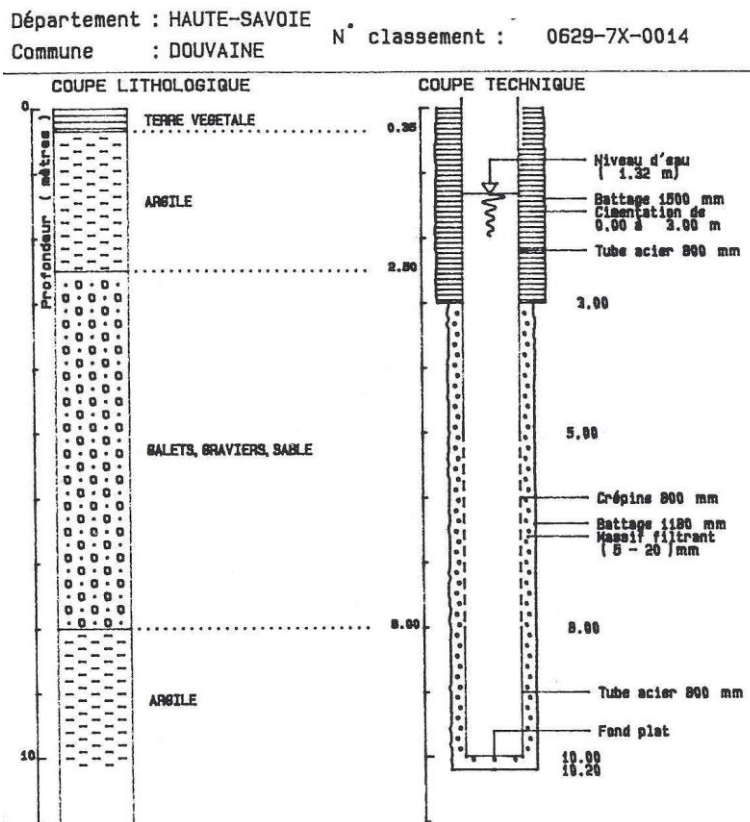


Figure 79 : Coupe du Puits de Pré Chappuis

Les sondages de reconnaissance S1 et S2 (cf. figure 78) ont recoupé une série sensiblement identique. Le puits a fait l'objet d'un test de pompage à 150 m<sup>3</sup>/h pendant 72 heures et la transmissivité est évaluée à 0.017 m<sup>2</sup>/s. On note la présence d'une couche argileuse en surface qui limite les échanges entre la nappe et les écoulements superficiels.

La production de la zone de Pré Chappuis est comprise entre 0.395 Mm<sup>3</sup> en 2003 et 0.045 Mm<sup>3</sup> en 2008 soit 12.5 et 1.43 l/s (Cf. figure 80 ci-dessous).

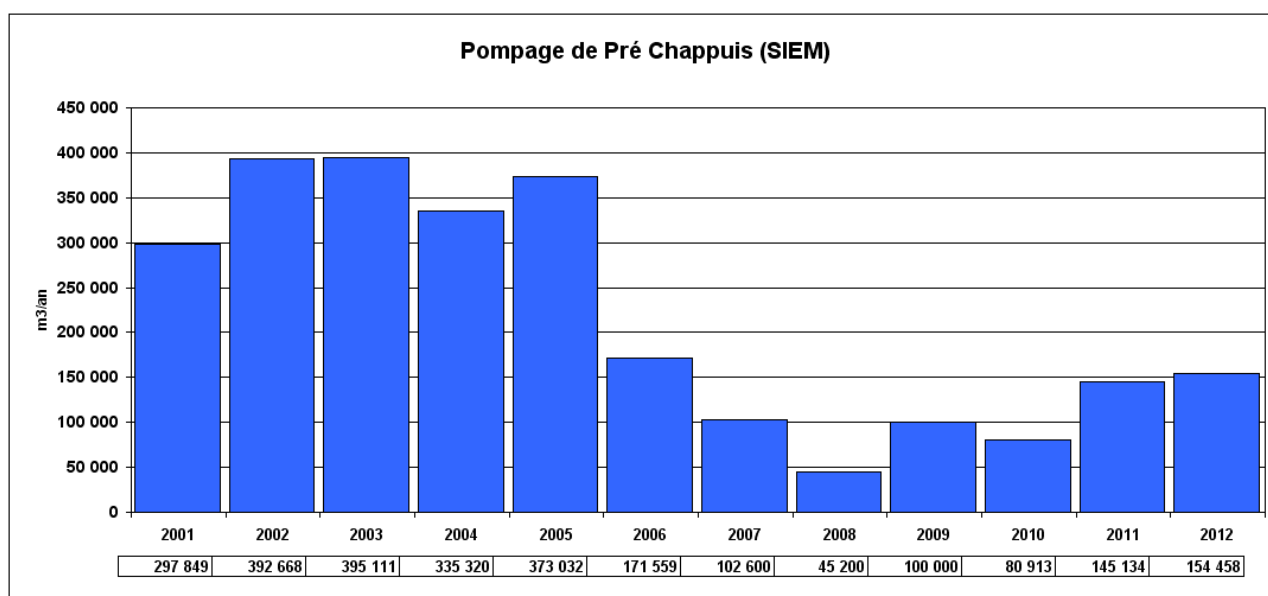


Figure 80 : Production annuelle à Pré Chappuis

On constate une diminution significative entre les années 2001-2005 et 2006-2011 Cette diminution est essentiellement liée à une moindre sollicitation de la zone de captage en raison d'excédents sur les autres points de production (B. Deville, SIEM, com. pers.).

Compte tenu de ces ajustements en fonction des autres sites de production, la moyenne à l'échelle du mois n'est pas significative et on a préféré illustrer les variations réelles observées depuis 2001 (figure 81 ci-dessous).

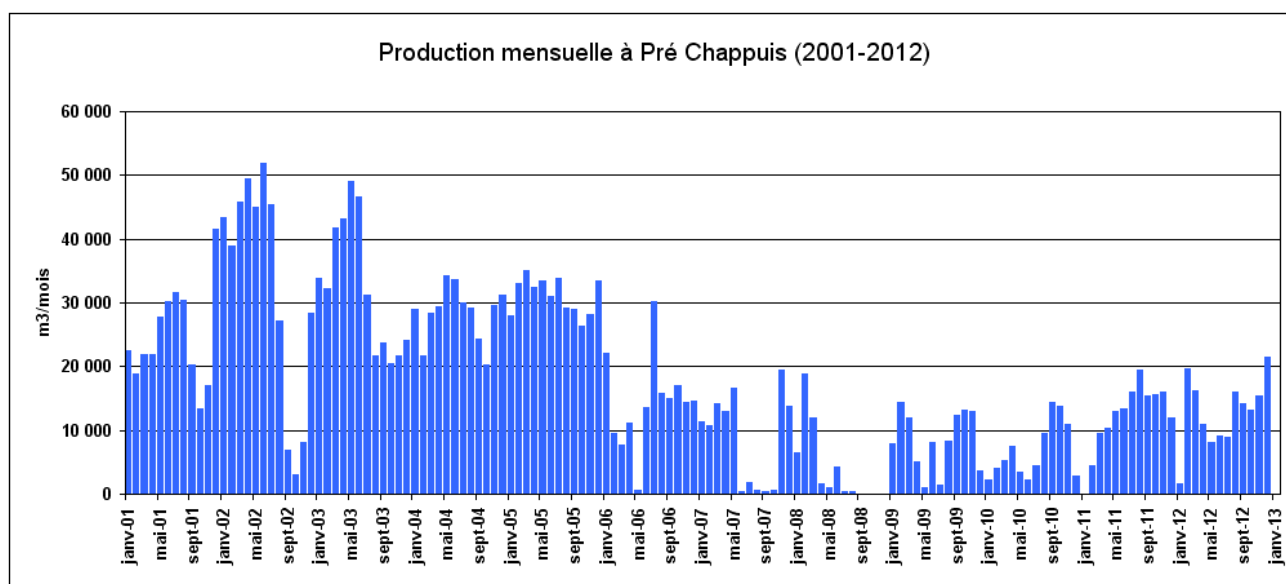


Figure 81 : Production de Pré Chappuis (2001-2012)

La production qui se maintient ces deux dernières années entre 10 000 et 20 000 m<sup>3</sup>/mois a pu dépasser 52 000 m<sup>3</sup>/mois (soit 20 l/s), en juin 2002.

La figure 82 montre l'incidence de ce pompage sur la nappe avec des différences entre les niveaux pseudo-statiques et dynamiques de 1 à 1.5 m et les niveaux dynamiques ne sont jamais stabilisés comme le montre le zoom sur le mois de décembre 2011.

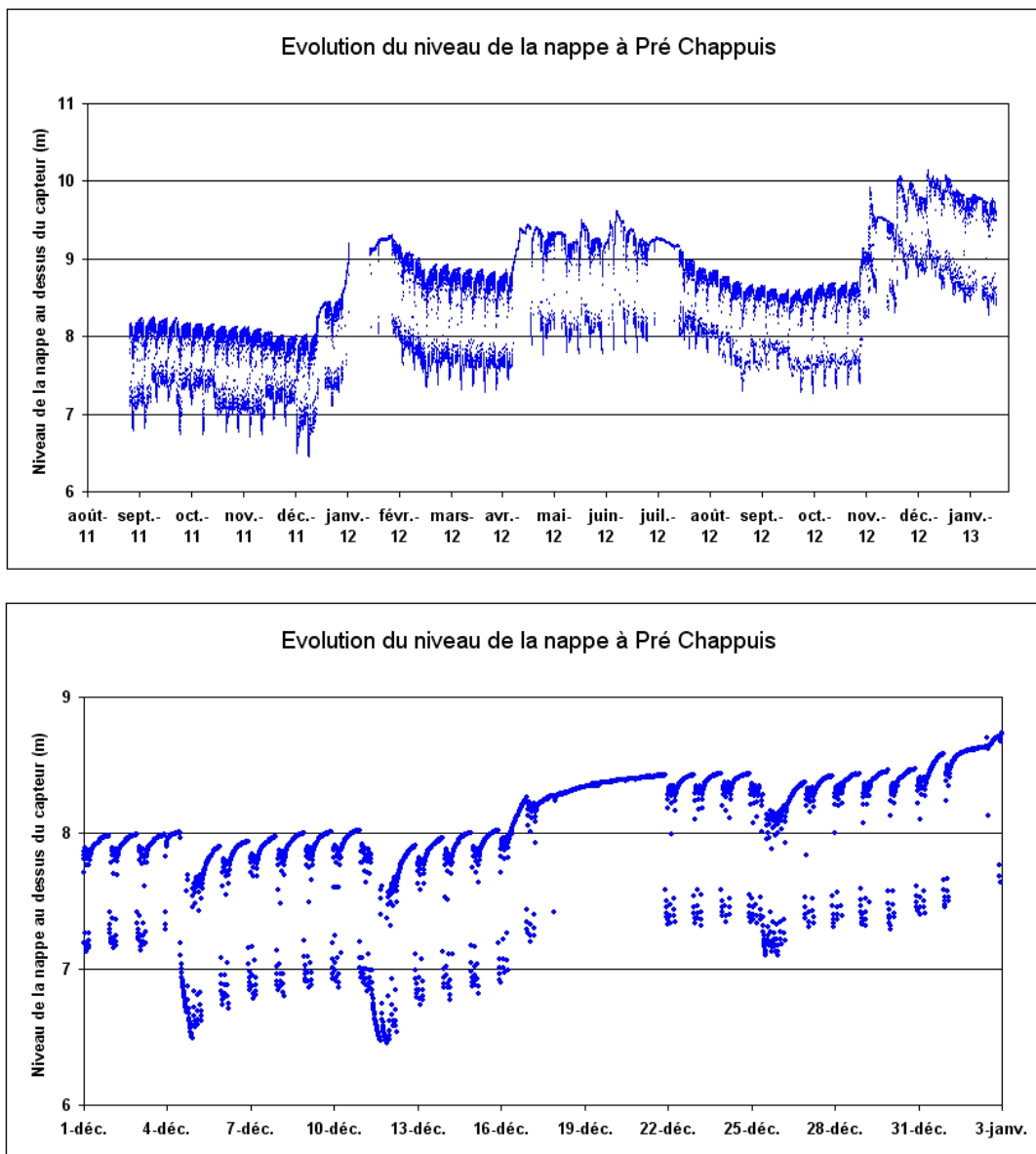


Figure 82 : Evolution des niveaux sur la nappe de Pré Chappuis

### CONCLUSION PARTIELLE : Potentiel de la zone de Douvaine

Le potentiel de la zone de Douvaine semble limité par l'épaisseur réduite de la formation aquifère et, même si la transmissivité évaluée lors des essais initiaux était favorable.

La multiplication des ouvrages privés pour l'irrigation (débit estimé par CSD Azur à 155 m<sup>3</sup>/h en 2001 pendant la période estivale, sans qu'il soit possible de vérifier cette estimation...) contribue probablement à abaisser le niveau de la nappe et limite les prélèvements possibles. A partir des débits unitaires des ouvrages et des périodes d'exploitation (source CSD Azur), il est possible, **à titre indicatif**, d'évaluer le débit annuel prélevé en 2001, soit 383 500 m<sup>3</sup>, qui correspond à 1055 m<sup>3</sup>/jour (soit 12,2 l/s). Aucune information récente n'est disponible pour corriger cette estimation mais, si les prélèvements sont restés du même ordre de grandeur, ils seraient du même ordre ou même plus élevés que ceux pour l'AEP (100 000 m<sup>3</sup> en moyenne sur les 5 dernières années).

La direction technique du SIEM indique que ces prélèvements, quels qu'ils soient, n'ont que peu d'impact sur l'exploitation pour l'AEP (communication personnelle).

**ESTIMATION DES RESERVES RENOUVELABLES dans l'aquifère des graviers superficiels de la nappe de Douvaine**

La superficie de la nappe des graviers superficiels dans le secteur de Douvaine est de 5,7 km<sup>2</sup>. Etant dans la partie basse du bassin versant, on peut évaluer le débit global disponible suivant la fourchette basse pour l'écoulement à 12,3 l/s/km<sup>2</sup> soit 152 l/s. Le module d'écoulement des ruisseaux drainant ce secteur est de l'ordre de 10,5 l/s/km<sup>2</sup> (10,2 l/s/km<sup>2</sup> sur l'Hermance et 10,8 l/s/km<sup>2</sup> sur le Vion calculé à partir d'une relation module/QMNA5 avec le Foron), et les réserves exploitables seraient donc de l'ordre de 1,8 l/s/km<sup>2</sup>, soit sur le territoire 10,3 l/s (0,325 Mm<sup>3</sup>/an).

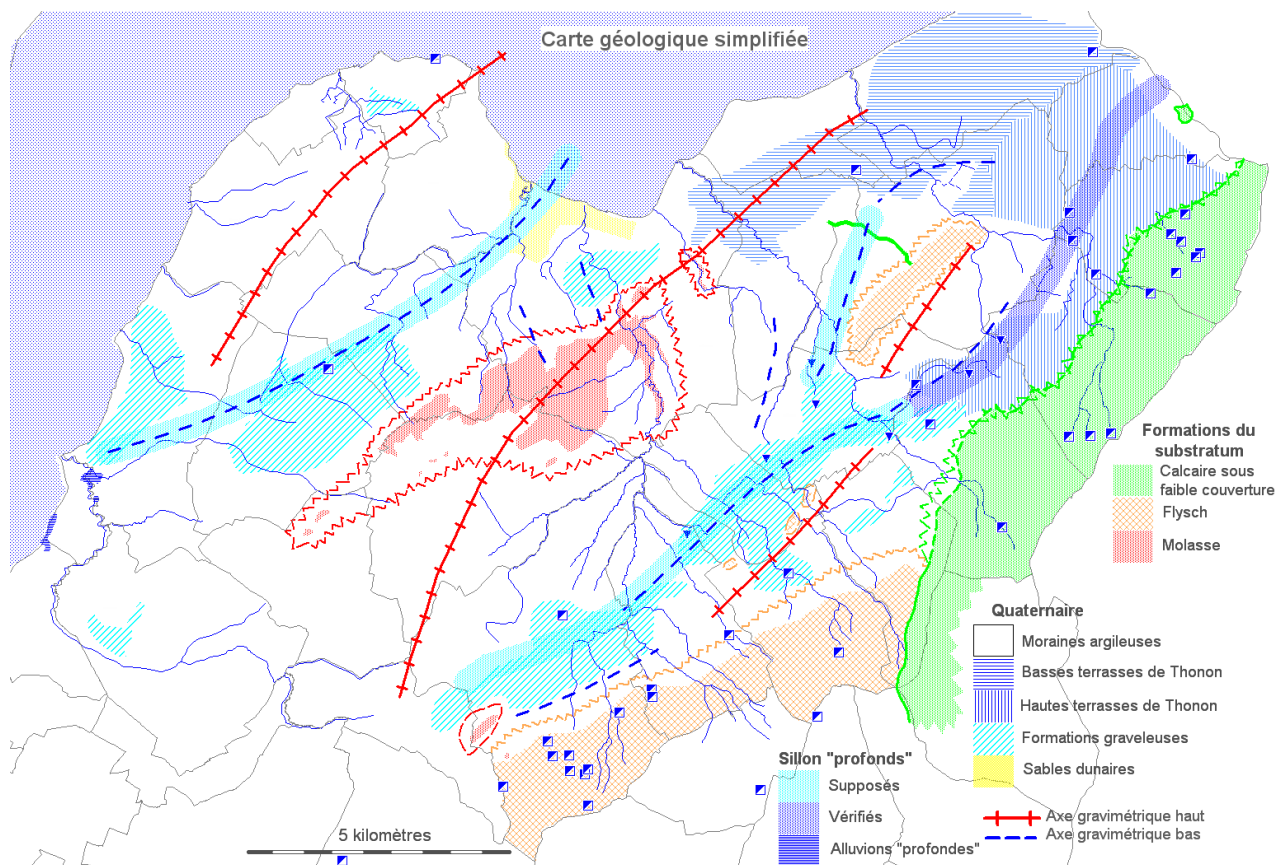
On voit clairement qu'il y a un conflit d'usage entre les ressources souterraines pour l'AEP et l'irrigation car même si les prélèvements pour l'irrigation sont sans doute surestimés, la somme des deux reste du même ordre de grandeur, voire supérieur, aux ressources renouvelables.

**3.2.3.2 Aquifères liés aux graviers intermédiaires (U3) et profonds (U5)**

Les niveaux aquifères profonds liés aux formations sablo-graveleuses fluvioglaciales mises en place lors des différentes phases de retrait du glacier du Rhône n'ont fait l'objet que de reconnaissances très partielles dans ce que l'on peut appeler «l'axe graveleux sud» de Draillant à Machilly (cf. figures 38 et 48). Il s'agit essentiellement des sondages de Brenthonne et Brecorens (cf. figure 65) et de celui des Bracots (figure 74) relativement peu profonds au regard de l'épaisseur totale des formations quaternaires.

L'expérience acquise sur le bassin des Blaves montre que ces recherches nécessitent des moyens relativement lourds (sismique réflexion, gravimétrie, TDEM, sondages profonds, ...) pour aboutir, mais objectivement, il n'y a pas de raison pour que des systèmes équivalents à ceux du bassin des Blaves n'existent pas sur les bassins du Redon, du Foron et de l'Hermance. Une étude générale (Donzé et al 1976) et des mesures géophysiques électriques profondes réalisés par l'Université de Lausanne (C. Meyer de Stadelhofen, 1973) et des mesures récentes de sismique réflexion dans le lac (inédit EPFL), suggèrent l'existence de structures profondes en continuité avec celles déjà reconnues.

Sur la carte géologique simplifiée ci-après (figure 83), le tracé proposé pour ces sillons profonds est celui illustré dans l'Atlas des Aquifères et Eaux Souterraines en France (contribution E. Siwertz, BRGM, 2006).



**Figure 83 : Carte géologique simplifiée avec les tracés proposés pour les structures profondes**

On a reporté sur cette carte, à titre indicatif, le tracé d'un profil de sismique réflexion réalisé dans le cadre des investigations générales sur le bassin du Pamphiot (inédit E. Siwertz-GéoExpert pour la Ville de Thonon) qui confirme l'existence d'une structure profonde au nord des Allinges.

Il n'existe pas actuellement d'exploitation dans ces formations profondes sur les bassins du Redon et du Foron. Sur le bassin aval de l'Hermance, on peut citer de façon anecdotique une source d'eau minérale exploitée par la Société des Eaux Minérales de l'Hermance entre 1934 et 1954. Une autre exploitation (sur le même aquifère profond ?) a existé dans les années 1868/1869 (Eau minérale de Tougues à Chens sur Léman).

On peut noter que de l'autre côté de la frontière suisse, où l'inventaire et le suivi des ouvrages géothermiques sont systématiques, certaines sondes ont recoupé les "alluvions profondes" en continuité avec la nappe du Genevois ce qui laisse à penser que ces axes profonds ont une dimension régionale.



## CONCLUSIONS PARTIELLES : Potentiel des alluvions profondes U3 et U5

Théoriquement, les formations U3 (sables et graviers intermédiaires) pourraient être présentes sur l'ensemble du territoire sous la moraine argileuse U2 mais l'expérience montre qu'elles sont surtout localisées dans l'environnement des axes profonds qui sont également susceptibles d'abriter les graviers U5. Les forages réalisés sur le bassin de Thonon montrent que les débits exploitables localement sont significatifs (0.5 à 1 Mm3/an). Par contre, les temps de renouvellement dans ces nappes peuvent être longs (de l'ordre de la centaine d'année) et ces ressources devraient être réservées à un usage stratégique en cas de contamination grave des ressources superficielles.

Le chiffre avancé par CSD Azur dans son rapport de 2001 n'est étayé par aucune donnée documentée. Il semble élevé au regard de la capacité de renouvellement de ces formations profondes qui se fait sur des cycles pluriannuels et suivant des modalités encore à définir.

### 3.2.4 Synthèse des prélèvements pour l'AEP par ensemble aquifère

Aquifères	Prélèvements en Mm3/an	Potentiel en Mm3/an (a)
Calcaires des Médiannes	0,579 (2011)	1,7
Flysch du Vouan	0,834 (2010)	4,4 (b)
Graviers des terrasses de Thonon	1,07 (2011)	3,2 ± 1,5 (c)
Graviers sup. Perrignier - Brenthonne	0,078 (2010)	0,50
Graviers sup. de la zone de Bons	0,115 (2011)	0,36
Graviers sup. Anthy - Margencel	- (d)	-
Graviers sup de la zone de Douvaine	0,145 (2011)	0,33
Graviers profonds (U3-U5)	0	0,8 ± 0,3 (e)
<b>TOTAL</b>	<b>2,82</b>	<b>11,3 ± 1,8</b>

- (a) On rappelle qu'il s'agit d'une évaluation globale fondée sur un bilan partiel d'écoulement (cf. chapitre 3.1.3)
- (b) Ce chiffre est théorique car l'exploitabilité de ce réservoir est très aléatoire
- (c) Suivant la transmissivité retenue pour la nappe
- (d) Il n'y a pas d'exploitation en dehors des captages d'Anthy sur le bassin du Pamphiot
- (e) Evaluation d'après les résultats des tests sur le bassin de Thonon

Le ratio entre le potentiel et les prélèvements peut paraître favorable (pour une augmentation des prélèvements ...) mais il est faussé par le potentiel de la nappe du Flysch du Vouan a priori très difficile à mobiliser. En ne retenant que 10% des 4,4 Mm3/an, on arrive à un total de 7,33 Mm3 soit un ratio de 2,6 qui ne met pas en évidence de déséquilibre. Si on retient la fourchette basse de l'évaluation soit 5,53 Mm3, le ratio passe en dessous de 2 et indique, à terme, une certaine tension entre réserves exploitables et exploitation. La mise en place d'interconnexion, la mobilisation de nouvelles ressources et/ou l'augmentation de la capacité de ressources existantes (station de pompage d'Yvoire) devraient palier ce problème potentiel (cf. phase 3).

L'absence de données pertinentes et/ou fiables ne nous permet pas de répartir les prélèvements autres que pour l'AEP suivant les différents aquifères sollicités. On peut rappeler les chiffres cités en phase 1, soit  $0,6 \pm 0,1 \text{ Mm}^3/\text{an}$ , ce qui représente environ 10% des réserves renouvelables et se situe donc dans la fourchette d'indétermination. Cette approche globale peut cependant masquer des situations plus critiques comme sur la nappe de Douvaine avec un conflit d'usage clair entre les ressources souterraines pour l'irrigation et celles pour l'AEP.

### 3.2.5 Etat des lieux des équilibres quantitatifs observés

A partir des données recueillies précédemment, une première analyse globale des équilibres quantitatifs des cours d'eau a été réalisée à l'échelle des sous-bassins versants.

Ce travail a permis de distinguer les secteurs où l'équilibre quantitatif au niveau des eaux superficielles peut éventuellement poser problème.

Cette approche a été confrontée avec les résultats de la reconstitution des débits « naturels » (chapitre 2.5) pour mieux préciser les pressions sur la ressource en eau.

#### 3.2.5.1 Synthèse des données et analyse par système aquifère

On a utilisé les résultats de l'étude hydrologique de 2004 (HYDRETUDES) avec les mesures d'août 2002 (cf. tableau des mesures Asconit en annexe) ainsi que ceux des mesures d'août 2013 (cf. chapitre spécifique à ces mesures). On peut noter que les deux séries de mesures donnent des résultats proches. Le tableau ci-dessous permet la comparaison des QMNA5 pour les stations de référence (on se rapportera au chapitre 2.3.1 pour l'évaluation des QMNA5) :

Station de mesures	BV km <sup>2</sup>	Q 8/2002 en l/s	QMNA5 2002 en l/s	QsMNA5 2002 en l/s/km <sup>2</sup>	Q 8/2013 en l/s	QMNA5 2013 en l/s	QsMNA5 2013 en l/s/km <sup>2</sup>
Hermance	41,8	24,3	18,45	0,44	(21)	36	0,86
Vion (station continue)	19,0	46,1	26,00	1,37	23,0	34	1,79
Foron (Station continue)	53,2	175	132,9	2,50	128	105	1,97
F13	56,8				142	110	1,94
F11	45,6	93,5	71,1	1,56	131	84	1,84
F4	12,3	64,4	48,9	3,98	57,0	96	7,82
Redon (station continue)	28,8	122	92,9	3,23	79	85	2,95
R7	30,2				135	120 (?)	3,97 (?)
R4	11,5	124	94,2	8,19	70,0	76	6,60

Pour rappel :

- ❖ La méthode utilisée pour reconstituer les QMNA5 à partir de mesures effectuées par le cabinet Asconit consiste à reporter, pour chaque bassin versant, les jaugeages Asconit, pour en déduire, en référence aux mesures des deux stations, le débit de référence d'étiage QMNA5, soit :

$$QMNA5_{\text{point de mesure}} = (QMNA5_{\text{station}} / Q_{\text{août 2002 station}}) \text{ corrigé} * Q_{\text{août 2002 station}}$$

ceci rapporté aux deux stations de référence, le Foron à Sciez, et le Redon à Margencel.

*Le rapport (QMNA5station/Qaoût 2002 station), corrigé des différences de superficie de bassin versant, est de :*

- 0,71 pour le Foron à Sciez
- 0,81 pour le Redon à Margencel.

❖ *Les QMNA5 de 2013 correspondent à un calcul statistique réalisé sur la période 2002-2013.*

Les valeurs retenues pour 2013 sont la moyenne des 2 mesures d'août, la valeur pour l'Hermance est extrapolée à partir de la mesure sur la station H2 (BV = 39,8 km<sup>2</sup>) ramenée à la superficie du bassin versant sur la station de suivi continue.

La station R7 pose un problème dans la mesure où le débit mesuré en 2013 : 135 l/s (moyenne de 127 et 144 l/s) est proche du débit mesurée en 2002 : 122 l/s mais conduit, compte tenu de l'écart entre la mesure de 2013 et le QMNA5 de référence à la station Redon : 85 l/s a une évaluation « forte » du QMNA5 en 2013 : 120 l/s (\*). Cette valeur (que nous avons mise entre parenthèses sur le tableau ci-dessus) nous semble surévaluée surtout si on compare la mesure de débit en août 2013 à la valeur affichée pour les 22-23 et 29-30/08/2013 à la station de référence : 79 et 78 l/s.

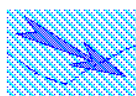
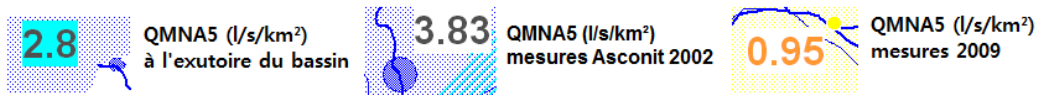
(\*) Cette évaluation est peut-être faussée par la corrélation mise en évidence entre les mesures ponctuelles à cette station (8 mesures cf. chapitre 2.4.2.8).

Le QMNA5 calculé en 2013 sur les deux stations disposant de statistiques fiables (Redon et Foron Station continue) est légèrement plus bas que l'évaluation réalisée à partir des mesures Asconit de 2002.

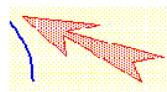
Malgré cette légère différence on a retenu pour l'analyse globale les mesures de 2002 (calculée par Hydrétudes en 2004) car les stations jaugées sont significativement plus nombreuses (53 en 2002 et 28 en 2013).

Les résultats sont représentés sous forme cartographique avec 4 informations :

- Les débits spécifiques d'étiages QMNA5 avec la valeur calculée et un cercle proportionnel à cette valeur, bleu lorsque le débit mesuré à l'étiage de 2002 est supérieur au QMNA5 et rouge lorsqu'il est inférieur. Les valeurs de QMNA5 en jaune correspondent à des mesures d'étiage autres que celles de 2002 (elles ont été réalisées en 2009) et celles dans un cadre bleu correspondent au débit spécifique d'étiage à l'exutoire des bassins versants. De plus, entre parenthèse, on a reporté le QMNA5 calculé par HYDRETUDES pour 2013.
- Les flèches schématisent les directions des flux d'échange entre la nappe SUPERFICIELLE et les rivières. Leur taille est proportionnelle à ce/ces flux évalués en fonction de l'évolution des débits spécifiques sur la/les rivières concernées.
- La trame sur les sous-bassins est bleue lorsque le débit spécifique est supérieur au débit spécifique à l'embouchure et jaune lorsqu'il est inférieur.



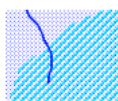
Bleu pour la nappe vers la rivière  
 Trame bleu =  $Q_s > Q_s$  du bassin à l'exutoire



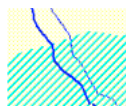
Rouge pour la rivière vers la nappe  
 Trame jaune =  $Q_s < Q_s$  du bassin à l'exutoire

Flèche matérialisant le sens des échanges nappe/rivière

En superposition sur la carte, on a fait figurer l'emprise des graviers superficiels. Il s'agit d'une vision assez théorique car, pour ne pas surcharger cette carte, on a ignoré la couverture argilo-limoneuse qui peut significativement limiter les échanges nappes-rivières.



Graviers superficiels sur bassin excédentaire



Graviers superficiels sur bassin déficitaire

### 3.2.5.1.1 Le bassin du Redon amont

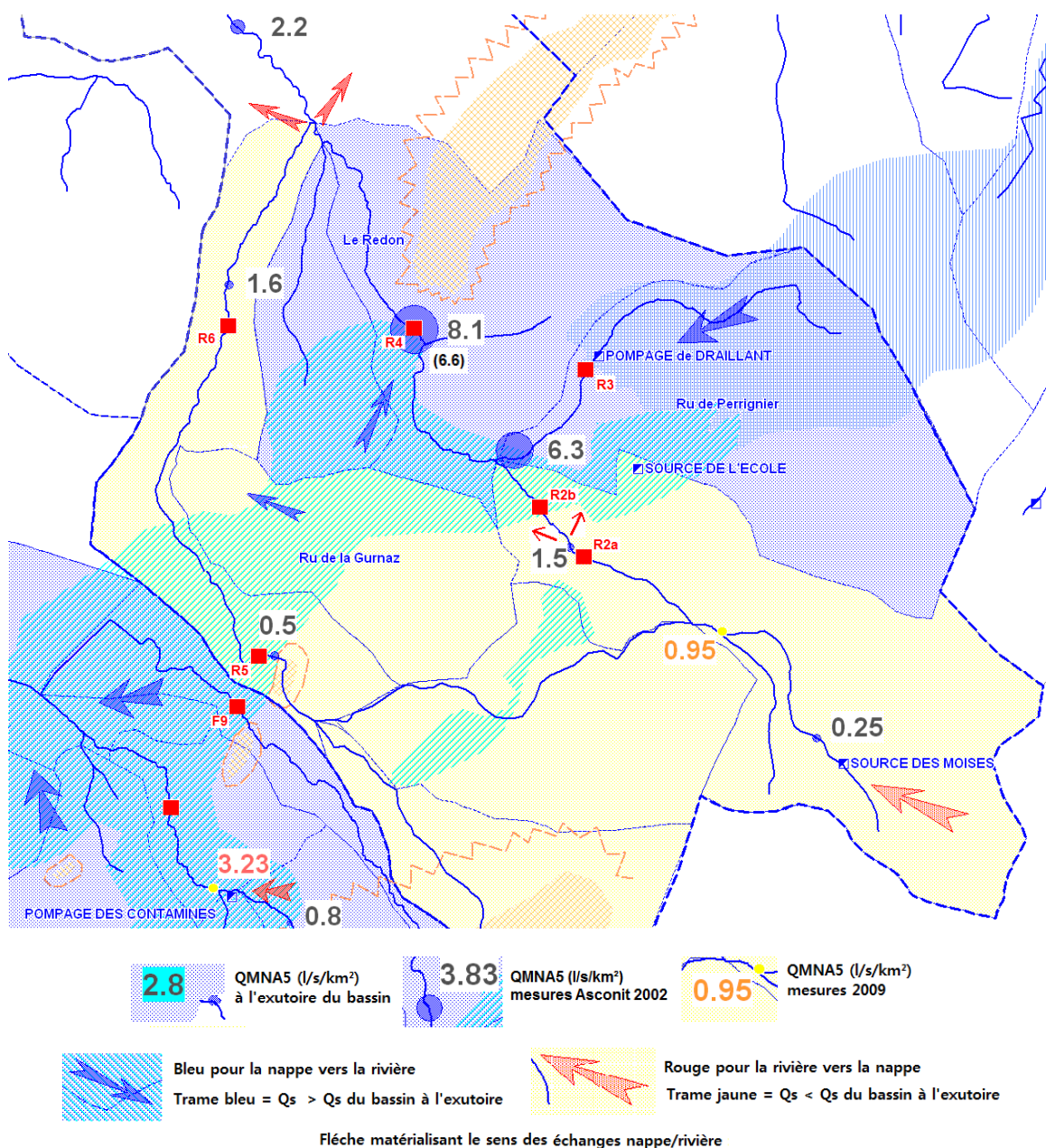


Figure 84 : Analyse des écoulements dans la partie Est (bassin du Redon amont)

Le point essentiel est le QMNA5 élevé (en fait le plus fort sur l'ensemble du bassin) sur le Ru de Perrignier. C'est la conséquence des transferts souterrains entre le bassin des Blaves (Pamphiot) et le bassin du Redon et à la présence de l'axe haut du substratum flysch entre La Rochette et les Allinges. Le débit spécifique du Redon augmente d'ailleurs encore après le confluent avec le Ru des Moises, malgré son faible apport mais qui reste, en dépit du prélèvement aux sources des Moises, supérieur au débit spécifique calculé. On peut noter également que le débit spécifique du Ru des Moises augmente entre l'aval immédiat des sources et le confluent avec le Ru de Perrignier.



La mesure à 0.95 l/s/km<sup>2</sup> est issue de l'étude de B. Deville. Les mesures de 2013 aux stations R2a et R2b montrent une légère diminution du débit (cf. chapitre 2.4.3) probablement liée à des infiltrations dans la nappe superficielle pourtant peu importante à cet endroit. Les débits spécifiques sur le Ru des Moises et le Ru de la Gurnaz restent cependant inférieurs au QMNA5 à l'exutoire du bassin du Redon (2.8 l/s/km<sup>2</sup>).

En termes de flux, cela se traduit par un drainage de la nappe (en fait du karst des Médianes) au droit des sources des Moises, et une alimentation des rivières par la nappe dans toute la zone de plaine que ce soit sur le Ru de Perrignier ou le Ru de la Gurnaz. A l'aval du confluent avec le Ru de Gurnaz, le débit spécifique d'étiage du Redon passe à 2.2 l/s/km<sup>2</sup> alors qu'en théorie, il devrait être proche de 5.3 l/s/km<sup>2</sup>. Il faut donc envisager des pertes à l'aval du seuil du substratum (flèches rouges sur la carte 70).

Globalement, à partir des éléments dont on dispose, il ne semble pas que les prélèvements au puits de Draillant et la source de l'Ecole aient une incidence significative sur le Ru de Perrignier (ce point a déjà été soulevé au chapitre 3.2.3.1.1).

En ce qui concerne l'impact sur le Ru des Moises, les prélèvements moyens du 14 au 30 août 2002 à la source étaient de 15.3 l/s (1 325 m<sup>3</sup>/jour, source SIEM) et 9.2 l/s à l'étiage de 2009 (source B. Deville) pour une moyenne mensuelle en octobre 2009 de 854 m<sup>3</sup>/jour soit 9,9 l/s (source SIEM). La mesure réalisée le 21/08/2002, soit 9.5 l/s à La Cheville, 800 m à l'amont du confluent avec le Ru de Perrignier semble montrer que la continuité hydraulique dans le ruisseau dans la plaine est assurée malgré le prélèvement à la source. Cette analyse, fondée sur des mesures ponctuelles, doit être prise avec prudence car le Ru des Moises subit des pertes naturelles sur la partie amont de son cours (E. Baptendier, communication personnelle) et seul un suivi continu permettrait d'en évaluer l'impact.

### 3.2.5.1.2 Le bassin du Foron amont

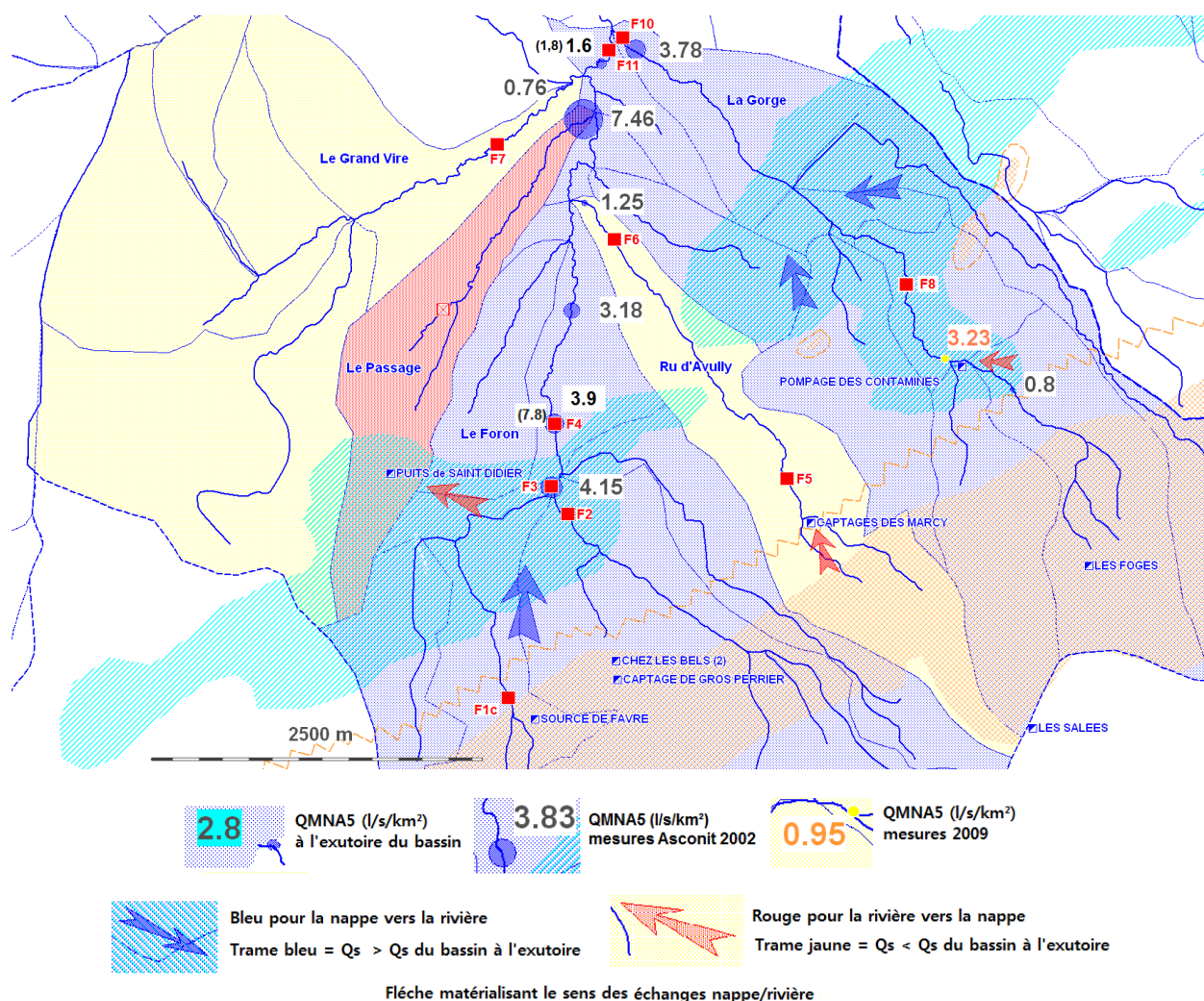


Figure 85 : Analyse des écoulements dans la partie ouest (Bassin du Foron amont)

Dans un premier temps, il faut sortir de l'analyse le Ru du Passage dont le débit traduit, en août 2002, les apports de la station d'épuration de Bons.

D'est en ouest, on trouve en premier lieu le Ru de La Gorge. L'étude détaillée du captage des Contamines (chapitre 3.2.3.1.) montre à l'évidence une incidence du captage sur le ruisseau, mais cette incidence semble limitée dans l'espace puisqu'à l'aval de la zone de captage, le débit spécifique d'étiage redevient supérieur à la valeur moyenne du bassin. Entre le pompage des Contamines et le confluent avec le Foron, le débit spécifique d'étiage augmente traduisant des apports provenant de la nappe superficielle dans la partie moyenne du cours (débit spécifique d'étiage de 3.78 l/s/km² au débouché dans le Foron).

Le Ru d'Avully, avec un débit spécifique de 1.25 l/s/km² (QMNA5 de 4.2 l/s), est inférieur à la valeur moyenne sur le bassin. Il semble difficile que seul le captage des Marcy (de l'ordre de  $1.3 \pm 0.2$  l/s à l'étiage), situé très à l'amont du bassin, soit à l'origine de ce déficit. En effet, si on intègre son débit, le débit spécifique d'étiage passe à 1.64 l/s/km², ce qui reste encore inférieur à la valeur moyenne. On peut plutôt penser que l'absence de la nappe graveleuse sur la partie moyenne du cours est le facteur prépondérant.

Le Foron s.s. montre des débits spécifiques relativement élevés, ce qui semble montrer qu'en terme d'écoulement global, les prélèvements sur le haut bassin n'ont que peu d'importance. On observe par contre une légère baisse du débit spécifique entre le Foron à Veyrayon (3.83 l/s/km<sup>2</sup>) et La Folle à sa jonction avec le Foron (4.15 l/s/km<sup>2</sup>), peut-être liée à un transfert vers la nappe de Bons et le puits de Saint Didier. L'impact du prélèvement dans la nappe à Saint Didier pourrait être une explication, mais cet impact potentiel ne peut être quantifié sans mesures complémentaires visant à approfondir les connaissances sur les relations entre la nappe et le Ru de La Folle.

Le cas du Vire est particulier avec un débit spécifique d'étiage significativement plus faible (0.76 l/s/km<sup>2</sup> pour le Grand Vire et 0.42 l/s/km<sup>2</sup> pour le Petit Vire) que celui du Foron dans son ensemble (2.2 l/s/km<sup>2</sup>). L'absence de graviers et de nappes superficielles pouvant réalimenter la rivière se fait sentir à l'étiage lorsque le ruissellement est nul.

#### 3.2.5.1.3 Le bassin du Vion

C'est le seul bassin du secteur où, éventuellement, un impact des prélèvements est perceptible. Le débit spécifique d'étiage est relativement faible : 0.45 l/s/km<sup>2</sup> à l'embouchure alors qu'il est de 2.2 l/s/km<sup>2</sup> sur le Foron et 2.2 l/s/km<sup>2</sup> sur le Chamburaz dans le Bassin de l'Hermance. Le cas du Ru de Filly est particulier avec l'absence complète de graviers et la présence de retenues collinaires qui limitent évidemment les écoulements à l'aval.

Il semblerait que les prélèvements agricoles dans les eaux souterraines, estimés à 43 l/s pendant l'été 2001 (voir la remarque ci-dessous) soient largement responsables de cette situation car les prélèvements pour l'AEP sont, en moyenne, de 4 l/s en août (moyenne 2008-2012).

#### Remarque :

Le chiffre de 43 l/s correspond au débit d'équipement cumulé des différents captages agricoles recensés en 2001 par CSD Azur (155 m<sup>3</sup>/h pour l'ensemble des captages suivants : les Apprely, les Grands Champs, les Vernay ouest et les Vernay est). Nous ne disposons pas de volume de prélèvement réel car il n'existe pas de donnée de redevance auprès de l'Agence de l'Eau pour les ouvrages concernés (rappel du seuil de redevance : 10 000 m<sup>3</sup>/an).



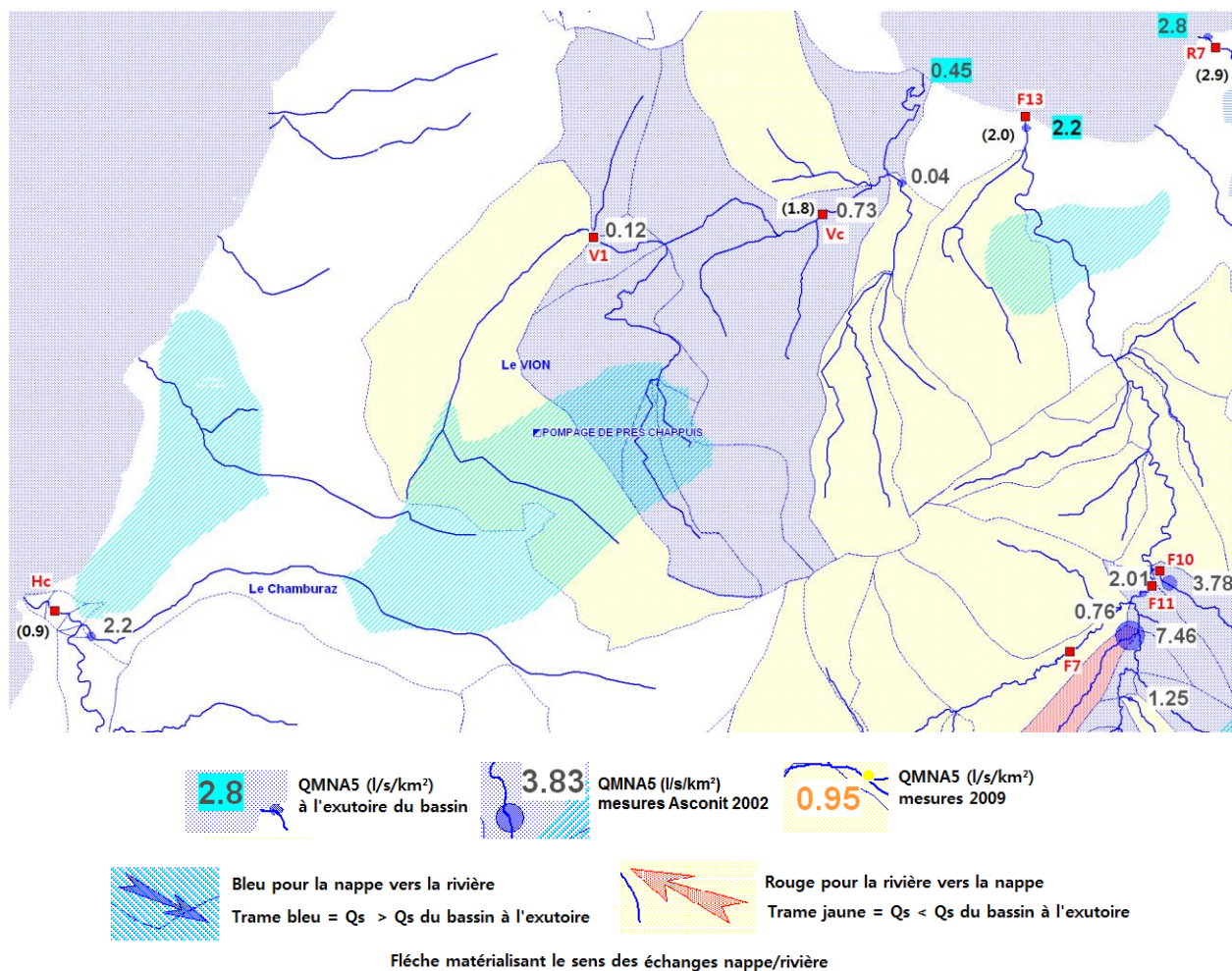


Figure 86 : analyse des écoulements dans la partie nord

#### 3.2.5.1.4 Conclusion partielle : vision à l'échelle de l'ensemble des bassins versants

Sur la figure 87 ci-après, on a repris ces résultats pour l'ensemble des bassins où on dispose de mesures pertinentes (le bassin de l'Hermance et les petits bassins "côtiers" ne sont pas traités) en ajoutant les périmètres de protection des captages et les zones humides significatives au regard des écoulements superficiels.

Les sous-bassins où les débits spécifiques d'étiage ne posent pas de problèmes particuliers sont illustrés avec une trame bleue (comme sur les cartes détaillées). Ils sont la plupart du temps situés sur les hauts bassins sauf pour le Vion où, dans le haut bassin, les prélèvements surtout agricoles pénalisent les écoulements à l'étiage. Les zones plus critiques sont illustrées par une trame jaune.

Sur la branche Ouest du bassin de Redon, l'absence de nappe graveleuse superficielle pénalise les débits d'étiage alors que la branche Est, où sont situés les captages d'eau potable est en excédent en raison d'une bonne alimentation souterraine des aquifères et donc des rivières en équilibre avec eux. La partie moyenne et basse du bassin du Redon est également en déficit en raison de pertes naturelles de la rivière que le rôle régulateur des marais de Messinges et les nappes graveleuses d'Anthy-Sechex ne parviennent pas à compenser.

Pour le bassin amont du Foron, si on excepte le Ru d'Avully, tous les sous bassins sont en excédent en raison d'une alimentation amont importante liée à l'aquifère du Flysch sur lequel les prélèvements pour l'AEP n'ont que peu d'incidence. Cette situation favorable se dégrade vers l'aval lorsque les nappes aquifères liées aux graviers superficielles sont absentes et que la moraine imperméable affleure largement. Les zones humides observées à l'aval de ces nappes graveleuses n'ont pas une capacité de régulation suffisante pour compenser ce déficit. Elles jouent cependant un rôle important qu'il conviendrait d'optimiser.

Sur la partie aval du bassin du Foron, le déficit est évident pour les mêmes raisons et la nappe graveleuse dans le secteur de Sciez (bien que non exploitée) ne parvient pas à le compenser

### Comparaison avec les résultats de la modélisation

Malgré les conclusions sur l'imprécision relative de la modélisation (cf. chapitre 2.5.4), on peut tenter une comparaison entre les résultats du modèle et l'approche globale à partir des QMNA5 sur les différents sous bassins.

Le tableau ci-dessous est en l/s.

Point de ref.	Q mesuré (1)	Q naturel (2)	Ecart (1)-(2)	Prélèvt. (3)	Rejet (4) (*)	(3)+(4)
Vion	34	42	-8	-8	0	-8
Foron	105	106	-1	-21	+4	-17
F11	84	85	-1	-21	+4	-17
F4	96	100	-4	-21	0	-21
R7	120	130	-10	-37	0	-37
Redon	85	95	-10	-37	0	-37
R4	76	85	-9	-37	0	-37
Hermance	36	36	0	-0.3	0	-0.3
L1	4	4	0	0	0	0

(\*) Ces rejets ne tiennent pas compte de ceux liés à l'assainissement individuel. L'analyse des chiffres de 2011 pour la CC du Bas Chablais montre que ces rejets, exprimés en l/s/km<sup>2</sup> à l'échelle d'une commune, sont très faibles et ne semblent pas de nature à modifier nos conclusions :

Commune	Superficie km <sup>2</sup>	M3/an	l/s/km <sup>2</sup>
Anthy	4.61	5078	0.035
Ballaison	13.22	24551	0.059
Bons	18.99	44333	0.074
Chens	10.69	3785	0.011
Douvaine	10.50	3302	0.010
Excenevex	6.70	2624	0.012
Loisin	7.82	7063	0.029
Margencel	16.15	6990	0.014
Massongy	16.08	8643	0.017
Messery	9.13	3761	0.013
Nernier	6.70	94	0.000
Sciez	20.35	29102	0.045
Veigy	12.85	15359	0.038
Yvoire	3.10	3072	0.031
<b>Total</b>	<b>156.89</b>	<b>157757</b>	<b>0.032</b>

Rejets liés à l'assainissement individuel  
(source SYMASOL)



Traduits en débits spécifiques, on peut en tirer les conclusions suivantes :

Localisation	Ecart (1)-(2)	(3)+(4)	Nappes concernées	Commentaires
Vion	-0,42	-0,42	Aquifère des graviers superficiels au nord de l'axe Ballaison - Allinges (chapitre 3.2.3.1.4)	Les prélèvements non compensés par les rejets (soit 8 l/s et 0,42 l/s/km <sup>2</sup> ) sont inférieurs au total des prélèvements dans les eaux souterraines sur le bassin du Vion, soit 8±4 l/s pour l'Alimentation en Eau Potable et entre 12 l/s (estimation actualisée, chapitre 3.2.3.1.4) et 43 l/s (estimation CSD Azur en 2001, chapitre 3.2.5.1.3) pour l'irrigation en période estivale. Ceux ci sont donc relativement peu impactant, même si leur incidence pourrait être précisée avec une meilleure quantification des prélèvements agricoles.
Foron	-0,02	-0,32	Pour partie, aquifère des graviers superficiels dans la zone de Bons en Chablais (chapitre 3.2.3.1.3), pour partie aquifère des graviers superficiels au nord de l'axe Ballaison - Allinges (chapitre 3.2.3.1.4) et pour partie aquifère des graviers superficiels entre Perrignier et Brenthonne (chapitre 3.2.3.1.2)	Les prélèvements non compensés par les rejets (0,32 l/s/km <sup>2</sup> ) sont peu perceptibles (légère diminution du débit de 0,02 l/s/km <sup>2</sup> ). Les apports de la nappe sont d'environ 16 l/s.
F11	-0,02	-0,37	Pour partie, aquifère des graviers superficiels dans la zone de Bons en Chablais (chapitre 3.2.3.1.3), pour partie aquifère des graviers superficiels au nord de l'axe Ballaison - Allinges (chapitre 3.2.3.1.4) et pour partie aquifère des graviers superficiels entre Perrignier et Brenthonne (chapitre 3.2.3.1.2)	Idem
F4	-0,33	-1,71	Pour partie aquifère des terrasses supérieures de Thonon (chapitre 3.2.3.1.1) et pour partie aquifère des graviers superficiels entre Perrignier et Brenthonne (chapitre 3.2.3.1.2)	Idem avec une diminution du débit légèrement plus importante (0,33 l/s/km <sup>2</sup> )
R7	-0,33	-1,22	Pour partie aquifère des terrasses supérieures de Thonon (chapitre 3.2.3.1.1) et pour partie aquifère des graviers superficiels entre Perrignier et Brenthonne (chapitre 3.2.3.1.2)	Les prélèvements non compensés par les rejets (1,22 l/s/km <sup>2</sup> ) se traduisent par une légère diminution du débit. Les apports de la nappe sont globalement de l'ordre de 27 l/s.
Redon	-0,35	-1,28	Pour partie aquifère des terrasses supérieures de Thonon (chapitre 3.2.3.1.1) et pour partie aquifère des graviers superficiels entre Perrignier et Brenthonne (chapitre 3.2.3.1.2)	Idem
R4	-0,78	-3,21	Aquifère des terrasses supérieures de Thonon (chapitre 3.2.3.1.1)	Les apports de la nappe sont importants (environ 28 l/s)
Hermance	0	~0	Aquifère graveleux superficiel non différencié	Situation à l'équilibre
L1	0	0	Aquifère graveleux superficiel non différencié	Idem

On voit clairement que, globalement, les apports des nappes compensent largement les prélèvements identifiés (AEP) ou non (agricoles) même pour le Vion avec cependant une situation plus tendue à l'amont de la station V1 (cf. figure suivante)..

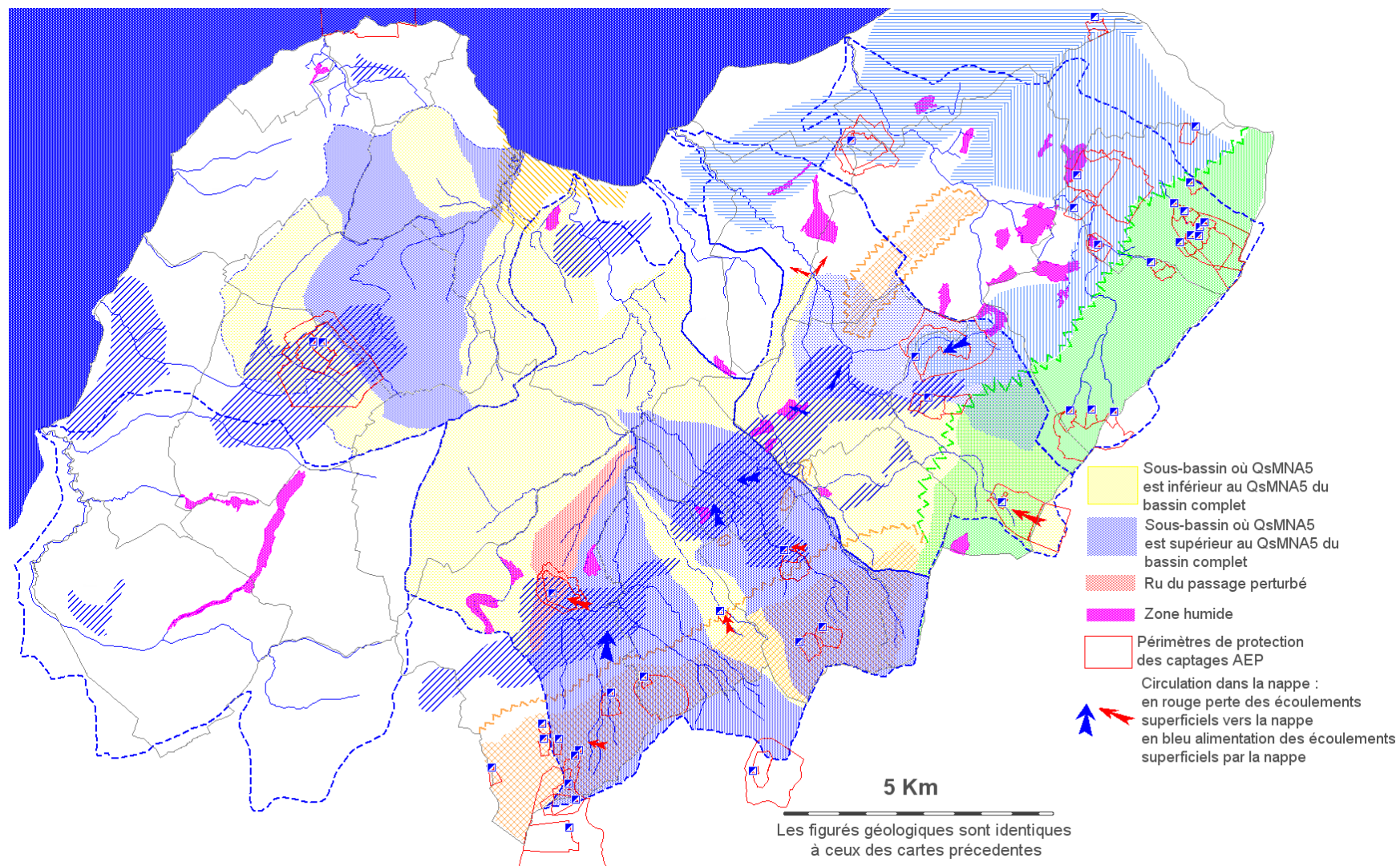


Figure 87 : Analyse des écoulements

### 3.2.5.2 Tableau synthétique des relations nappes-rivières

Aquifère	Conclusions à la suite des Phases 1 et 2 de l'étude
<b>Graviers superficiels</b> Douvaine (bassin du Vion, du Léchère et pour partie de l'Hermance)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La nappe aquifère des graviers superficiels dans le secteur de Douvaine est très sollicitée au regard de son potentiel surtout pour l'irrigation. Il n'y a pas de relation entre la nappe des graviers et les « marais de Bachelard »</li> <li>- 4 zones humides en relation avec le bassin de l'Hermance (0720, 0157/156/155)</li> </ul>
<b>Graviers superficiels</b> Bons-en-chablais (bassin du Foron amont branche ouest)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aquifère des graviers superficiels est exploité au maximum de ses possibilités au droit de la zone de captage existante. Peu de possibilité d'extension.</li> <li>- La nappe des graviers n'existe plus au droit des zones humides qui sont en relation avec les affleurements de moraines imperméables.</li> <li>- 3 zones humides en relation avec le haut bassin du Foron : Ru de Vire, du Passage et des Gotaies (1007, 0535 et 0047).</li> </ul>
<b>Graviers des terrasses de Thonon</b> Perrignier-Draillant (bassin du Redon amont)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 1 zone humide en relation avec le Ru de Draillant (0082). A priori aucune relation avec les écoulements superficiels et les captages.</li> <li>- Les zones humides à l'aval de la station R4 (0325/326/327) ne semblent pas jouer un rôle de tampon pour les débits d'étiage du Redon aval.</li> <li>- Nappe actuellement peu sollicitée au regard de son potentiel ; aucun impact mesurable (dans l'état actuel des connaissances) de l'exploitation sur le débit d'étiage du Redon.</li> </ul>
<b>Graviers superficiels</b> Perrigner-Brenthonne (bassin du Foron amont branche Est)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Les zones humides ne jouent pas un rôle fondamental et sont plutôt liées à la nappe des graviers superficiels (0130).</li> <li>- Seule la zone des Contamines est exploitée au maximum de ses possibilités.</li> <li>- L'impact sur l'écoulement à l'aval (environ 2 l/s à l'étiage) est cependant limité en raison d'apports importants de la nappe superficielle à l'aval de la station F8.</li> </ul>

Aquifère	Conclusions à la suite des Phases 1 et 2 de l'étude
<b>Flysch du Vouan</b> (bassin du Foron amont)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pas de zones humides significatives.</li> <li>- Exploitation limitée à une partie de l'écoulement naturel des sources représentant entre 3 l/s/km<sup>2</sup> (hautes eaux) et moins de 1 l/s/km<sup>2</sup> (basses eaux).</li> <li>- La « concurrence » est donc d'environ 20% du QMNA5 du Foron amont.</li> <li>- Potentiel de l'aquifère relativement important mais difficile à mettre en évidence et à exploiter.</li> </ul>
<b>Calcaire du Lias</b> (bassin du Redon amont)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 1 zone humide en relation avec le Ru des Moises (et le canal des Moises).</li> <li>- Aquifère sollicité par le captage des Moises avec un rôle limité au secteur amont du Ru des Moises et sans impact significatif sur le débit d'étiage du Redon moyen.</li> </ul>
<b>Fluvio-glaciaire inférieur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pas de lien direct avec les zones humides.</li> <li>- Nappe non sollicitée disposant de ressources importantes à court terme mais problème potentiel sur le renouvellement des réserves.</li> </ul>

ASTERS	Nom de la zone humide	ASTERS	Nom de la zone humide
0010	Les Crestés	0310	Marais de Niva Les Crets NO
0012	Champs de la Grange Champagny	0311	Taillefer Foret de Planbois
0013	Marais de Genevrière	0325	Marais Ballaison Brecorens
0047	Chez Moachon NE	0326	Brecorens SO
0082	Marais de Draillant Maugny-Bonnant	0327	Marais des Campanules Bouchet
0083	Col des Moises Tourbière des Moises	0346	Marais de La Versoie
0130	Chez Viret NO	0414	Marais de La Proux
0152	Marais de Pratquemond Lonnaz SO	0415	Bossenot
0155	L'Epine	0416	Le Mal Marais
0156	Marival E Les Lanches S	0535	ZI Bracots E Le Loyer O
0157	Marais de Chilly Ruaz O	0541	Trossy ouest
0200	Ronsuaz NE Verniaz SO	0720	Marais de Ballavais et des Mermes
0202	Les Grands Marais O et NO de Lucinges	1007	Marais de Fully Brens N
0223	Les Grands Marais	1168	Bassin d'épuration chef-lieu O
0225	Le Marquisat	1850	Les Arolies Croix de Marcille

Tableau 34 : Zones humides concernées

Cours d'eau	Conclusions à la suite des phases 1 et 2 de l'étude	Observations concernant l'hydrologie
<b>Le Foron-de-Sciez</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rejets et prélèvements superficiels identifiés : prélèvements pour usages privés et rejets STEP de Lully sur le RU de Gorge.</li> <li>- Le ruisseau de la Folle et le ru de la Gorge assurent majoritairement le soutien d'étiage du Foron</li> <li>- Ruisseau de la Tuilière ajoute son débit à celui du ruisseau de la Gorge à partir de la confluence.</li> <li>- Infiltration du ruisseau de la Gorge sur sa partie amont lors des périodes de basses eaux (environ 2l/s) et apports de la nappe superficielle dans la partie moyenne du cours d'eau entre le pompage des Contamines et le confluent avec le Foron.</li> <li>- Transfert vers la nappe de Bons et le puits de Saint Didier (hypothèse)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Assec sur le RU de Creusiaz (tronçon sur la commune de Brenthonne, station F2)</li> <li>- Assec sur le RU de Grande Vire (tronçon sur la commune de Bons en Chablais limite Ballaison, station F7)</li> <li>- Débits critiques sur le RU de Gorge (tronçon sur la commune de Lully, station F8)</li> <li>- Assec sur le cours d'eau la Gurnaz (tronçon sur la commune de Lully, station F9)</li> </ul>
<b>Le Redon</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rejets et prélèvements superficiels identifiés : nombreuses prises d'eau sur le bassin versant, déversoir d'orage de Cervens (CCCL), poste de relevage de la Tuilerie avec trop-plein au milieu.</li> <li>- Nappe drainée (karst des Médiannes) au droit des sources des Moises, et une alimentation des rivières par la nappe dans toute la zone de plaine que ce soit sur le Ru de Perrignier ou le Ru de la Gurnaz. Des pertes à l'aval du seuil du substratum sont envisagées</li> <li>- Prélèvements au puits de Draillant et la source de l'Ecole ne semblent pas avoir d'incidence significative sur le RU de Perrignier</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Débits critiques sur le RU des Moises (tronçons sur la commune de Perrignier et en limite de Draillant Perrignier, stations R1 et R2a et R2b)</li> <li>- Débits critiques sur la Gurnaz (tronçons sur la commune de Perrignier et en limite de Perrignier Margencel, stations R5 et R6)</li> </ul>



Cours d'eau	Conclusions à la suite des phases 1 et 2 de l'étude	Observations concernant l'hydrologie
<b>L'Hermance</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rejets et prélèvements superficiels identifiés : poste de relevage de Crévy avec trop-plein (CCBC), pompage pour centre équestre, arrosage de jardins et rejet d'eaux pluviales en amont</li> <li>- Les zones de marais sur le Marmot et les Mermes n'alimentent plus les écoulements de l'Hermance en période sèche.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Débits critiques en amont proche (tronçon sur la commune de Chevrens, station H1)</li> </ul>
<b>Vion</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conflit d'usage entre les ressources souterraines pour l'AEP et l'irrigation (aquifère des graviers superficiels de la nappe de Douvaine).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Assecs sur les ruisseaux de Filly et des Golettes</li> <li>- Assecs sur le cours d'eau amont du Vion</li> <li>- Débits critiques sur le tronçon médian du Vion (entre les stations V2 et V3)</li> <li>- Augmentation du débit spécifique après la confluence avec le ru du Plomb</li> </ul>

## ANNEXE A : BILAN DES PRELEVEMENTS ET REJETS PAR SOUS-BASSINS

BV	Nom	Source	Prélèvements			Rejets			Relation nappes-rivières		
			Intitulé	Débit / Volume prélevé	stations influencées / remarques	Intitulé	Débit / Volume rejeté	stations influencées / remarques	Intitulé	Débit / volume	stations influencées / remarques
Hermance	LES ECURIES DE VEIGY	BDD	abreuvement, usage domestique	12 m3/h 30 min/jour	autorisation de 1993, prise d'eau dans ruisseau du Nant Courbe						
	M. PUY	BDD	PRISE DANS RUISSEAU DE L HERMANCE, usage domestique	5,2 m3/h, 2h semaine, 540 m3/an ?	autorisation de 1993						
	EARL du Vernais	BDD	prélèvements agricoles les vernais ouest	35 m3/h + 25 m3/h + 25 m3/h	3 forages						
	GAEC le Pré du Moulin	BDD	prélèvements agricoles les vernais est	45 m3/h	forage						
	Source captée la Camelote	BDD	prélèvements agricoles La Camelote - Loisin	inconnu (BSS)	source captée						
	GAEC aux légumes de saison	BDD	prélèvements agricoles Deroche Canon - Veigy Foncenex	2000 m3/h	puits						
	DOMAINE DES ROCHES	BDD	prélèvements agricoles Douvaine	32+25+25 m3/h et 6400+5000+4000 m3/an	3 puits						
	SIEV					pertes réseaux	7,23 l/s (2011)				
Vion	GAEC LA MEURAZ	BDD	PRISE DANS RUISSEAU DES MEULES irrigation par aspersion	1/3 du débit	autorisation provision de 1989 pour 3 semaines						
	M. SCOTTO	BDD	PRISE DANS RUISSEAU LA BEVIERE usage domestique	8 m3, 2fois par semaine en été 191 m3/an ?	déclaration de 2000						
	M. COUCKE	BDD	PRISE DANS RUISSEAU DU VION usage domestique	4 m3/h, 1h tout les 2jours, 730 m3/an ?	déclaration de 1993						
	Prés Chappuis	ARS 2011	captages AEP	220 m3/j(2011) + 297849 m3/an (2001), 392668 m3/an (2002), 395111 m3/an (2003), 335320 m3/an (2004), 373032 m3/an (2005), 171559 m3/an (2006), 102600 m3/an (2007), 45200 m3/an (2008), 100000 m3/an (2009), 80913 m3/an (2010), 145134 m3/an (2011), 154458 m3/an (2012)							
	Puits Pré Marlivaz	BDD	prélèvements agricoles Pré Marlivaz Douvaine	inconnu (BSS)	puits						
	COAST EARL SCCF	BDD	prélèvements agricoles Crèvy - Veigy-Foncenex	inconnu (DDT 74 + BSS)	puits pour irrigation terrain de polo						
	M. Favre	BDD	prélèvements agricoles Les Grands Champs - Massongy	8 m3/h	puits						
	M. Favre	BDD	prélèvements agricoles Les Apprely - Massongy	20 m3/h	puits						
	GAEC LA MEURAZ	BDD	prélèvements agricoles Massongy	30 m3/h	puits de la Sablière						
	GAEC LA MEURAZ	BDD	prélèvements agricoles Les poses d'Orcier - Massongy	30 m3/h	prise d'eau dans étang						
		SIEV					pertes réseaux	0,50 l/s (2011)			
	SIEM					pertes réseaux	4,58 l/s (2011)				
Foron	M. RODRIGUEZ	BDD	PRISE DANS RUISSEAU DES BERROUDS usage domestique	3 m3/h	déclaration de 1991						
	M. SICARD	BDD	PRISE DANS LA FOLLE usage domestique	2 fois par mois, 1,2 m3 de mai à septembre, 50 m3/an ?	déclaration de 1994						
	Royal Viande	BDD							Puits destiné à drainer le terrain car les eaux ont tendance à stagner (pas d'usage domestique)	baisse du débit de 3 à 4 l/s pour pompage de 5 à 7h	
	Les Foges	ARS 2011	captages AEP	1 m3/j (2011) + 17400 m3/an (2001), 19100 m3/an (2002), 21000 m3/an (2003), 23100 m3/an (2004), 25400 m3/an (2005)							
	Les Salees	ARS 2011	captages AEP	9 m3/j							
	Les Contamines	ARS 2011	captages AEP	200 m3/j							
	Favre	ARS 2011	captages AEP	90 m3/j (2011) + 93096 m3/an (2001), 66181 m3/an (2002), 67772 m3/an (2003), 123168 m3/an (2004), 182000 m3/an (2005), 120000 m3/an (2006), 130000 m3/an (2007), 97800 m3/an (2008), 70700 m3/an (2009), 111000 m3/an (2010)							
	La Folle amont	ARS 2011	captages AEP	800 m3/j							
	La Folle aval	ARS 2011	captages AEP	500 m3/j							
	La Mouille (Pratellerie)	ARS 2011	captages AEP	70 m3/j							
	Le Chable (Bons)	ARS 2011	captages AEP	50 m3/j							
	Le Grand Coude	ARS 2011	captages AEP	20 m3/j							
	Poussière	ARS 2011	captages AEP	50 m3/j							
	Puits Saint Didier	ARS 2011	captages AEP	400 m3/j							
	Gros Perrier	ARS 2011	captages AEP	100 m3/j							
	Les Marcy	ARS 2011	captages AEP	70 m3/j							
	M. Condevaux	BDD	prélèvements agricoles Fessy le Lac	5 m3/h et 600 m3/an max	forage						

ETUDE QUANTITATIVE DES EAUX SUPERFICIELLES ET SOUTERRAINES SUR LE BASSIN VERSANT DU SUD-OUEST LEMANIQUE  
 SYNDICAT MIXTE DES AFFLUENTS DU SUD-OUEST LEMANIQUE  
 PHASE 2 : QUANTIFICATION DES RESSOURCES EXISTANTES

BV	Nom	Source	Prélèvements			Rejets			Relation nappes-rivières		
			Intitulé	Débit / Volume prélevé	stations influencées / remarques	Intitulé	Débit / Volume rejeté	stations influencées / remarques	Intitulé	Débit / volume	stations influencées / remarques
Foron	SIEM	SIEM				pertes réseaux	2,57 l/s (2011)				
	SIEV	SIEV				pertes réseaux	5,69 l/s (2011)				
	Brenthonne	Brenthonne				pertes réseaux	0,30 l/s (2008)				
	STEP Fessy-Lully	Satese 74				rejets STEP	1,84 l/s (2012)	milieu récepteur : ruisseau de la Gorge			
	Lagune de Brenthonne	Satese 74				rejets "STEP"	4,64 l/s (2012)	milieu récepteur : le Foron			
Redon	PEPINIERES C.CHATEL	BDD	PRISE DANS CANAL DES MOISES irrigation par aspersion	prélèvement max de 1/4 du débit du canal, par gravité	autorisation provisoire de 1998						
	M.FILLON	BDD	PRISE DANS RUISSEAU DE MOISES usage domestique	prélèvement max de 1/10 du débit du canal, par gravité	autorisation de 1992						
	Drailiant	ARS 2011	captages AEP	1385 m3/j (2011) + 282004 m3/an (2001), 353564 m3/an (2002), 470846 m3/an (2003), 410284 m3/an (2004), 599799 m3/an (2005), 486305 m3/an (2006), 113000 m3/an (2007), 124900 m3/an (2008), 571700 m3/an (2009), 505729 m3/an (2010), 687991 m3/an (2011)							
	Les Ecoles	ARS 2011	captages AEP	1080 m3/j (2011) + 487684 m3/an (2001), 400062 m3/an (2002), 398215 m3/an (2003), 343706 m3/an (2004), 344075 m3/an (2005), 374069 m3/an (2006), 345700 m3/an (2007), 387800 m3/an (2008), 417900 m3/an (2009), 396937 m3/an (2010), 380042 m3/an (2011)							
	Les Moises	ARS 2011	captages AEP	2570 m3/j (2011) + 704992 m3/an (2001), 677082 m3/an (2002), 653567 m3/an (2003), 700800 m3/an (2004), 545972 m3/an (2005), 783347 m3/an (2006), 1100400 m3/an (2007), 1116800 m3/an (2008), 763400 m3/an (2009), 938588 m3/an (2010), 578846 m3/an (2011), 979595 m3/an (2012)							
	SIEM	SIEM				pertes réseaux	4,32 l/s (2011)				
	DO des Campanules (commune Perrignier)	SIEM					-				
	DO de la lagune (commune Cervens)	SIEM					-				
	PR du Moulin (commune Margencel)	SIEM				pas de TP mais débordement dans Redon	-				
	PR de la Tuilerie (commune Perrignier)	SIEM				TP (Trop Plein)	-				
Léchères	M. CLERC	BDD	PRISE DANS RUISSEAU DE CUSY usage domestique, Chens-sur-Léman	4 m3/h 1h/j dans la limite de 1000 m3/an	autorisation provisoire de 2004						
	SIEM	SIEM				pertes réseaux	1,18 l/s (2011)				
Lac Léman	M. KESSAEV	BDD	prise d'eau pour usage domestique	4.8 m3/h 300 m3/an max							
	DOMAINE DES ROCHES	BDD	prise pour irrigation par aspersion	12 m3/h							
	Pompape d'Yvoire	ARS 2011	captage dans lac Léman	650 m3/j							
	Asso synd irri chens/léman	BDD	prélèvements agricoles Chens sur léman	-	prise d'eau						
	Anthy sur Léman	Anthy sur Léman				pertes réseaux	-				
	STEP Douvaine	Satese 74				rejet STEP	-				

ANNEXE B : RESULTATS DES MESURES DE JAUGEAGES

Station	Date	Heure	Débit (m3/s)	Débit spécifique (L/s/km <sup>2</sup> )
H1	25/03/2013		0,267	9,238
	22/08/2013	9h20	0,017	0,588
	29/08/2013	8h30	0,020	0,692
H2	25/03/2013		0,481	12,073
	22/08/2013	9h50	0,020	0,502
	29/08/2013	9h00	0,020	0,502
L1	25/03/2013		0,052	14,485
	22/08/2013	10h15	0,003	0,836
	29/08/2013	9h20	0,002	0,557
M1	25/03/2013		0,012	6,127
	22/08/2013	10h39	0,022	11,233
	29/08/2013	9h40	0,003	1,532
V1	25/03/2013		0,109	12,046
	22/08/2013	11h15	0,004	0,440
	29/08/2013	10h15	0,003	0,332
V2	25/03/2013		0,194	14,098
	22/08/2013	11h35	0,031	2,253
	29/08/2013	10h41	0,029	2,107
V3	25/03/2013		0,362	13,964
	22/08/2013	12h25	0,021	0,810
	29/08/2013	11h06	0,025	0,964
R2a	22/08/2013	13h50	0,007	1,542
	29/08/2013	11h52	0,008	1,762
R2b	22/08/2013	14h04	0,003	0,661
	29/08/2013	12h05	0,004	0,881
R3	25/03/2013		0,077	19,017



Station	Date	Heure	Débit (m3/s)	Débit spécifique (L/s/km <sup>2</sup> )
	22/08/2013	14h22	0,021	5,186
	29/08/2013	12h57	0,024	5,927
R4	22/08/2013	14h42	0,078	6,768
	29/08/2013	13h15	0,062	5,380
R5	25/03/2013		0,085	17,189
	22/08/2013	15h	0,006	1,213
	29/08/2013	13h35	0,007	1,416
R6	25/03/2013		0,164	24,394
	22/08/2013	15h30	0,011	1,636
	29/08/2013	14h00	0,022	3,272
R7	25/03/2013		0,629	20,814
	22/08/2013	16h	0,127	4,203
	29/08/2013	14h30	0,144	4,765

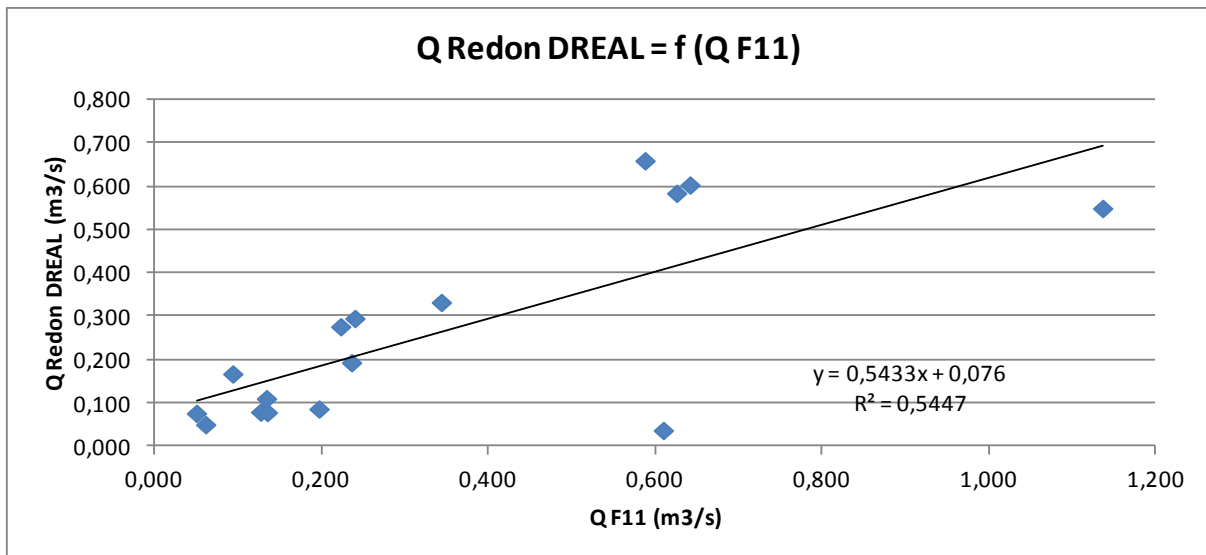
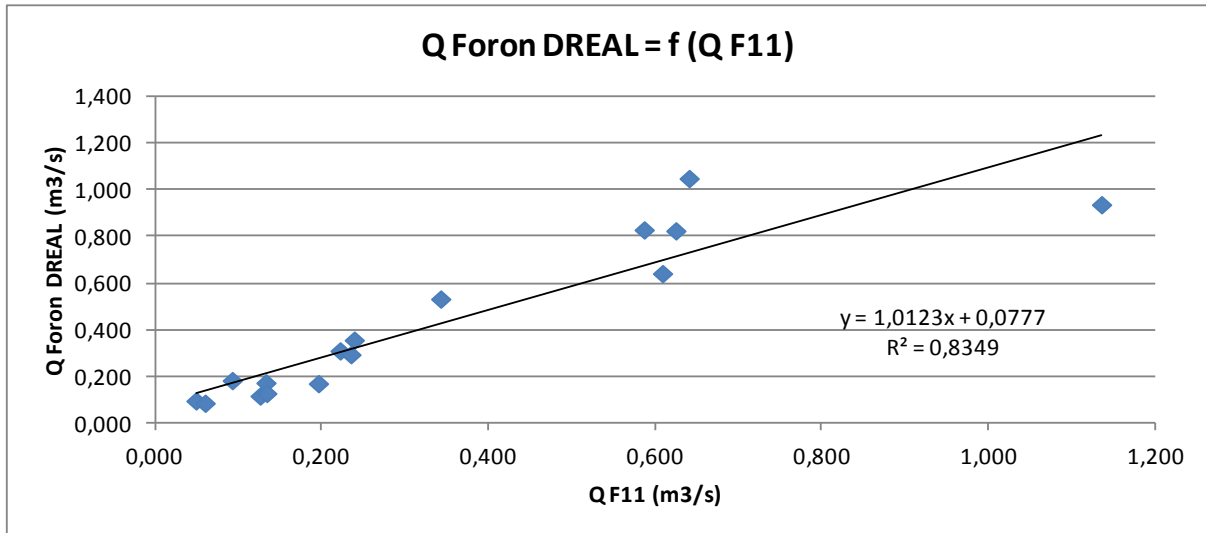
Station	Date	Heure	Débit (m3/s)	Débit spécifique (L/s/km <sup>2</sup> )
F1a	23/08/2013	9h15	0,002	1,000
	30/08/2013	8h30	0,003	1,500
F1c	23/08/2013	9h40	0,002	1,000
	30/08/2013	8h58	0,006	3,000
F2	26/03/2013		0,152	27,987
	23/08/2013	9h56	0,026	4,787
	30/08/2013	9h17	0,023	4,235
F3	26/03/2013		0,121	24,554
	23/08/2013	10h26	0,016	3,247
	30/08/2013	9h37	0,013	2,638
F4	26/03/2013		0,408	33,251
	23/08/2013	10h50	0,051	4,156
	30/08/2013	10h05	0,063	5,134
F5	26/03/2013		0,026	13,655
	23/08/2013	11h04	0,002	1,050
	30/08/2013	10h25	0,001	0,525
F6	26/03/2013		0,08	24,555
	23/08/2013	13h00	0,009	2,762
	30/08/2013	11h15	0,007	2,149
F7	26/03/2013		0,179	18,164
	23/08/2013	13h40	0,004	0,406
	30/08/2013	11h50	0,007	0,710
F8	26/03/2013		0,145	29,532
	23/08/2013	11h23	0,016	3,259
	30/08/2013	10h40	0,024	4,888
F9	26/03/2013		0,058	25,062
	23/08/2013	11h40	0,002	0,864

Station	Date	Heure	Débit (m3/s)	Débit spécifique (L/s/km <sup>2</sup> )
	30/08/2013	10h55	0,002	0,864
F10	26/03/2013		0,327	27,715
	23/08/2013	14h33	0,055	4,662
	30/08/2013	13h15	0,101	8,560
F11	26/03/2013		1,137	24,934
	23/08/2013	14h47	0,127	2,785
	30/08/2013	13h37	0,135	2,961
F12	26/03/2013		0,988	20,643
	23/08/2013	15h25	0,126	2,633
	30/08/2013	14h30	0,153	3,197
F13	26/03/2013		0,998	17,567
	23/08/2013	15h57	0,134	2,359
	30/08/2013	15h00	0,15	2,640

## ANNEXE C : COURBES DE CORRELATION POUR LA RECONSTITUTION DES CHRONIQUES DE DEBITS DES STATIONS DE REFERENCE

### 1. La station F11 du Foron, en aval de sa confluence avec le ruisseau de la Gorge

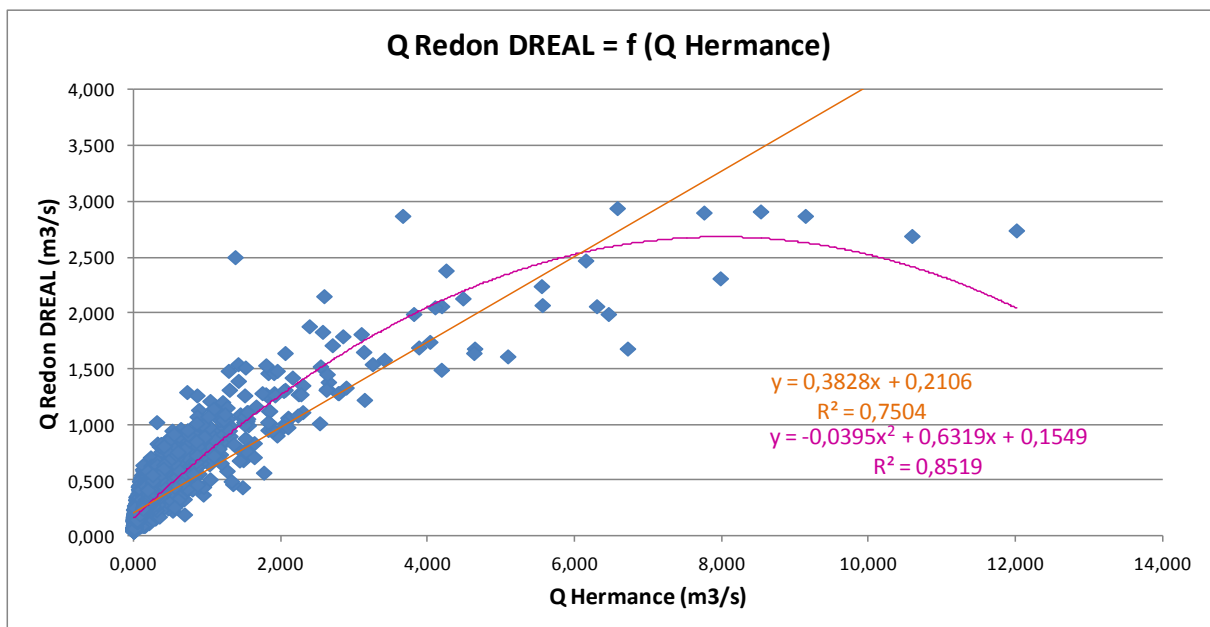
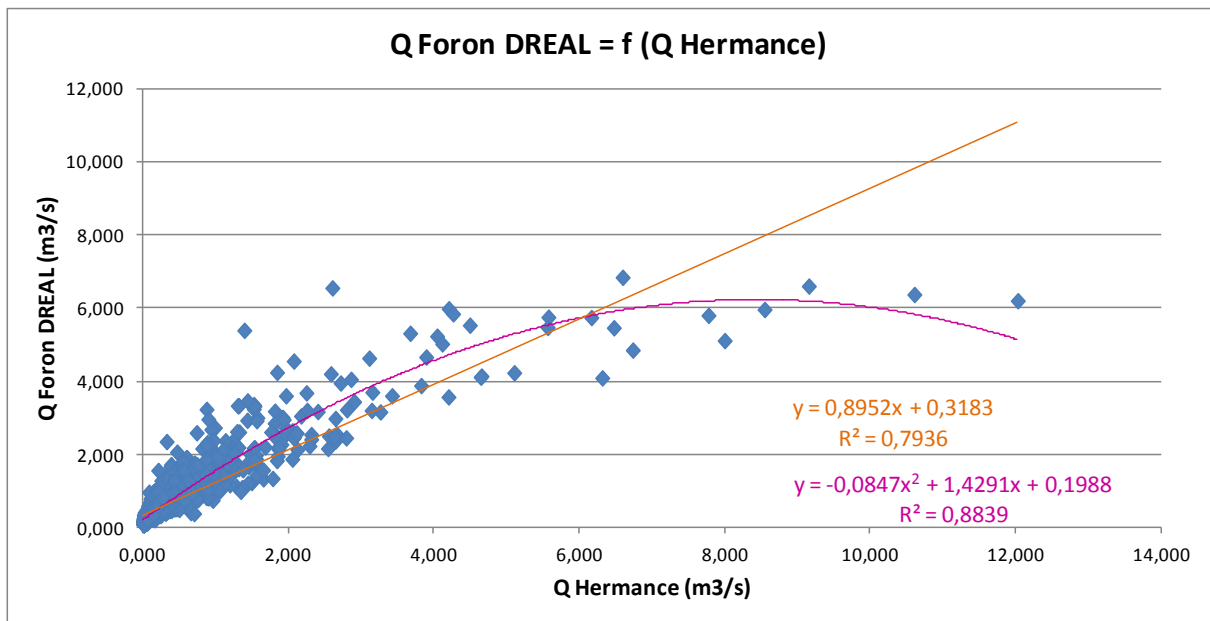
Les corrélations entre les points de jaugeages de la station F11 et les stations hydrométriques continues sont les suivantes :



La meilleure corrélation est celle réalisée avec la station DREAL du Foron (R<sup>2</sup> de 83,49% contre 54,47%).

## 2. L'Hermance, au niveau de son embouchure dans le lac Léman

Les corrélations entre les points de jaugeages de la station de l'Hermance et les stations hydrométriques continues sont présentées ci-dessous. Les deux courbes de tendances testées (linéaire et polynomiale d'ordre 2) sont indiquées pour information.

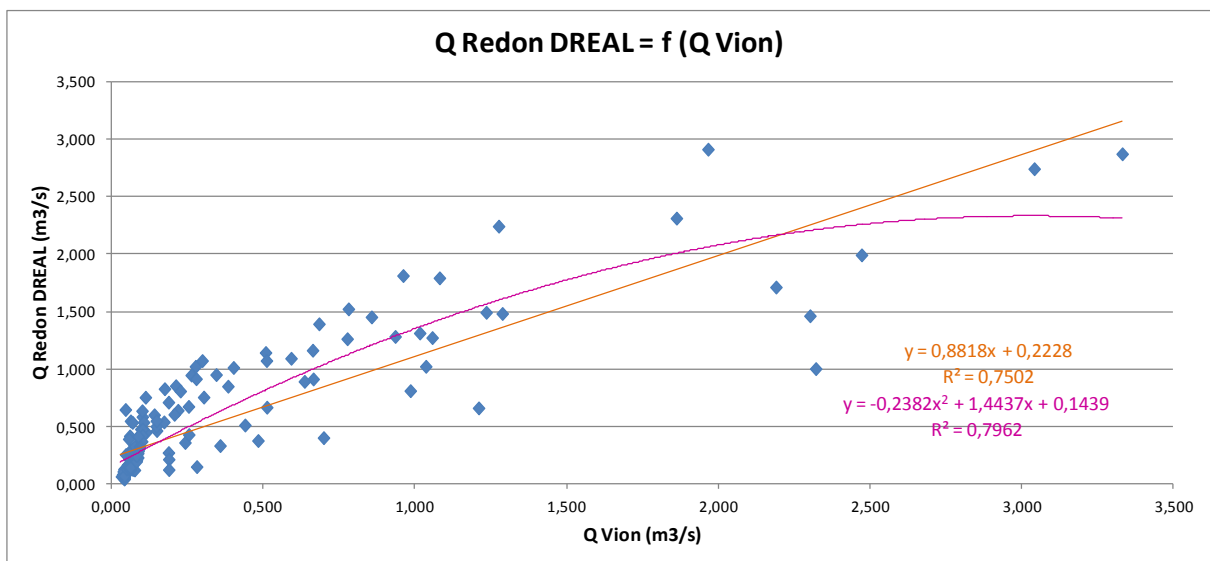
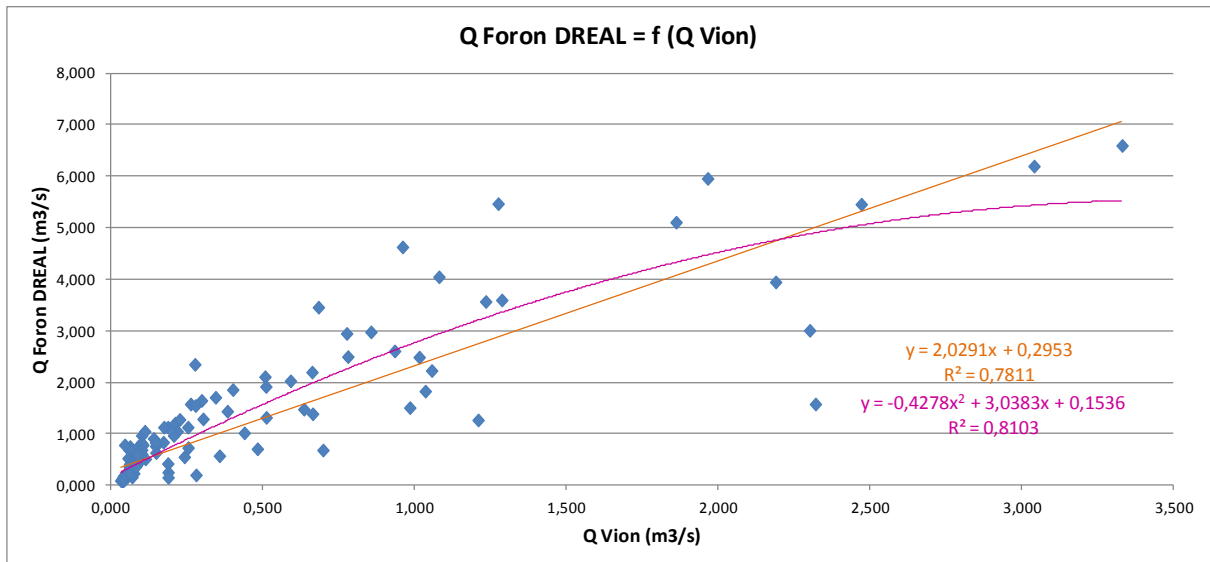


La meilleure corrélation est celle réalisée avec la station DREAL du Foron ( $R^2$  de 88,39% contre 85,19%).



### 3. Le Vion, en aval de sa confluence avec le ruisseau du Plomb

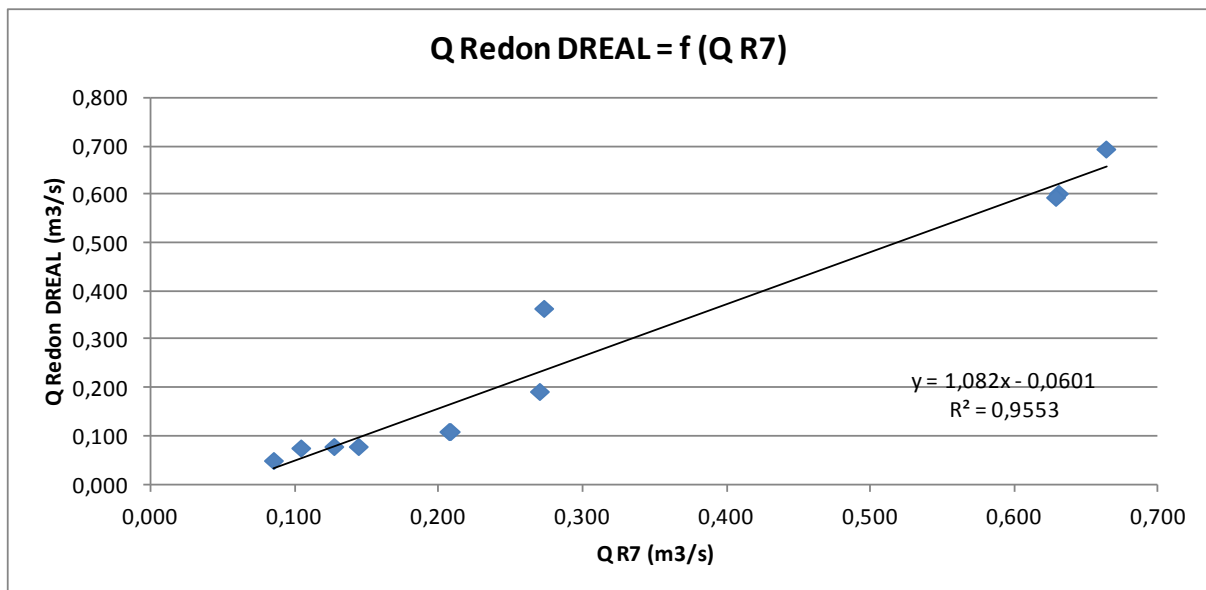
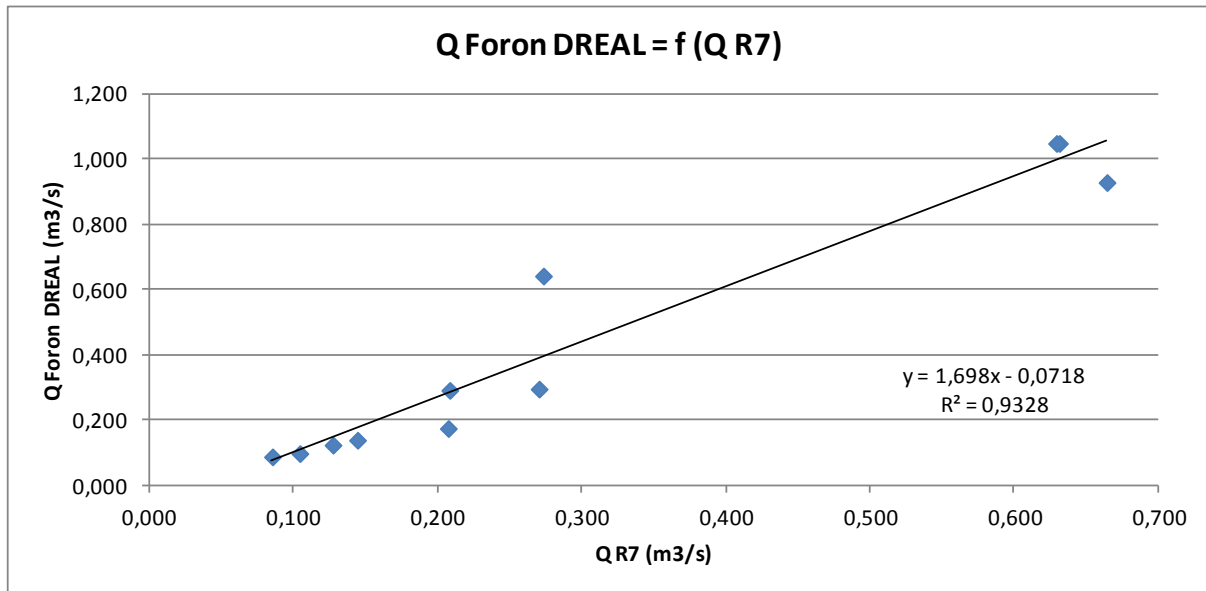
Les corrélations entre les points de jaugeages de la station du Vion et les stations hydrométriques continues sont présentées ci-dessous. Les deux courbes de tendances testées (linéaire et polynomiale d'ordre 2) sont indiquées pour information.



La meilleure corrélation est celle réalisée avec la station DREAL du Foron ( $R^2$  de 81,03% contre 79,62%).

#### 4. La station R7 du Redon, au niveau de son embouchure dans le lac Léman

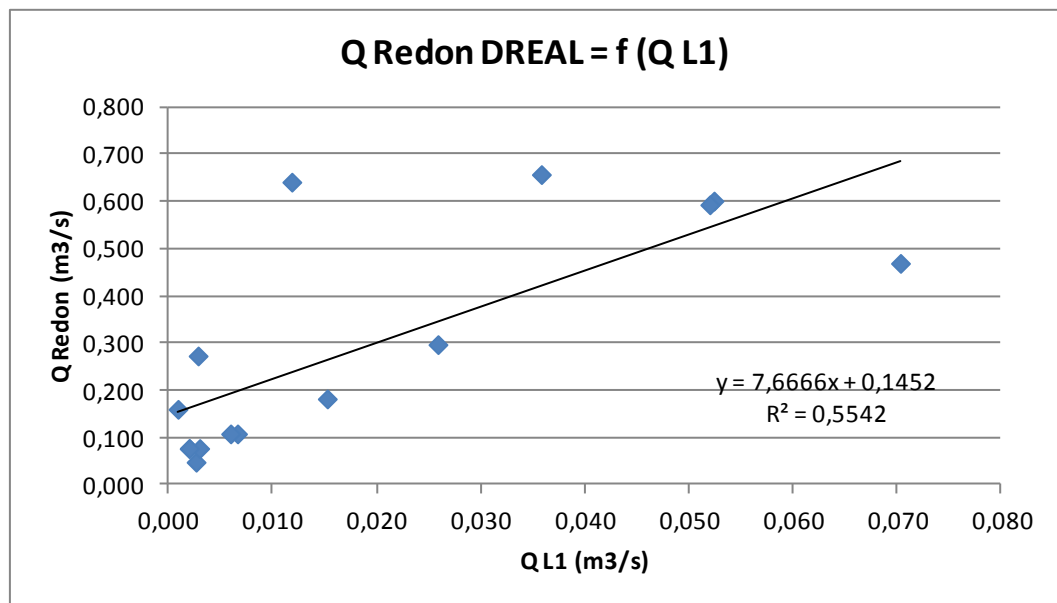
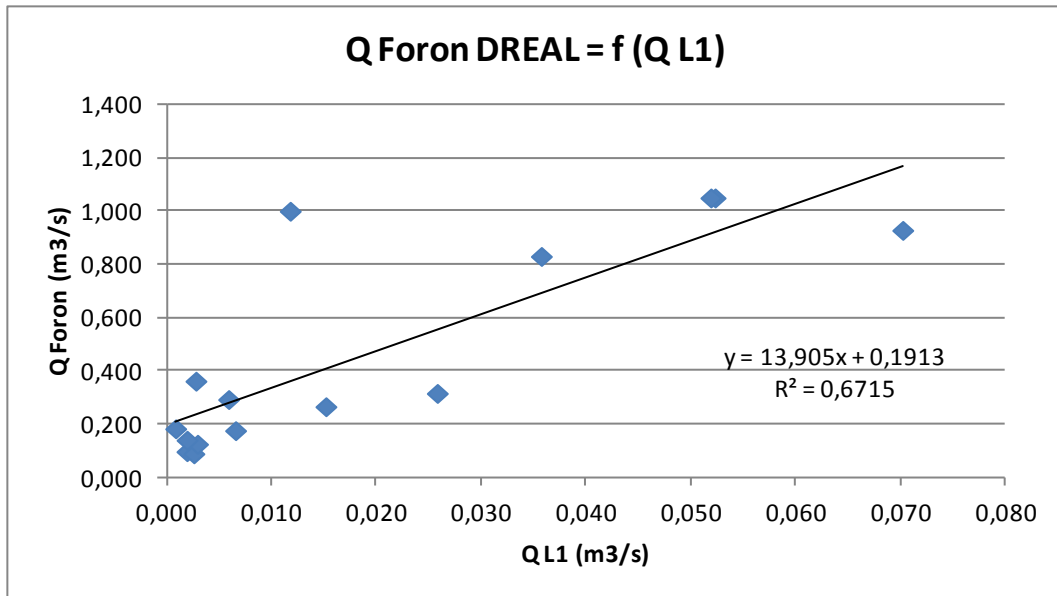
Les corrélations entre les points de jaugeages de la station R7 et les stations hydrométriques continues sont les suivantes :



La meilleure corrélation est celle réalisée avec la station DREAL du Redon ( $R^2$  de 95,53% contre 93,28%).

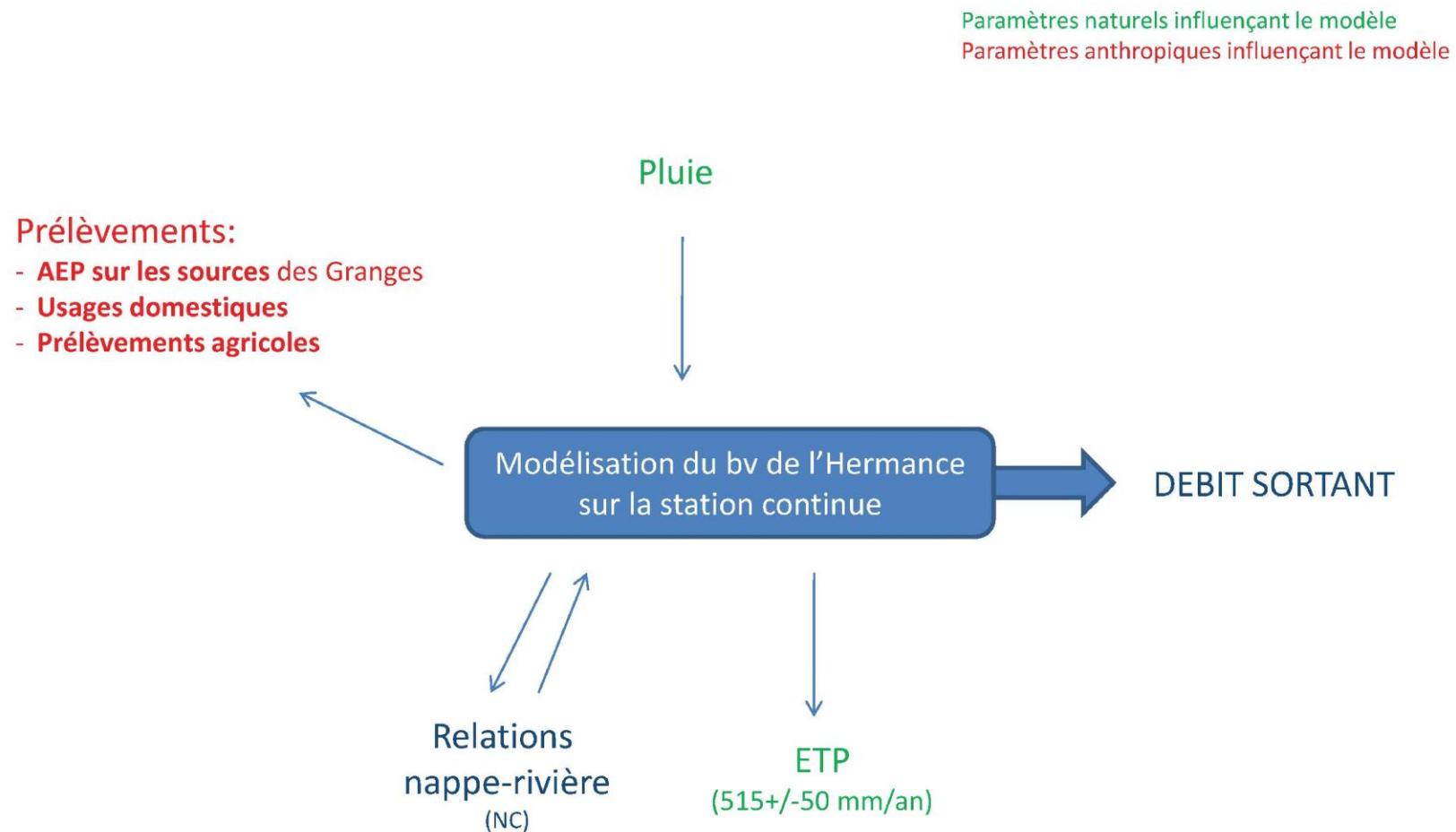
## 5. La station L1 des Léchères au niveau du pont du Tanoz

Les corrélations entre les points de jaugeages de la station L1 et les stations hydrométriques continues sont les suivantes :

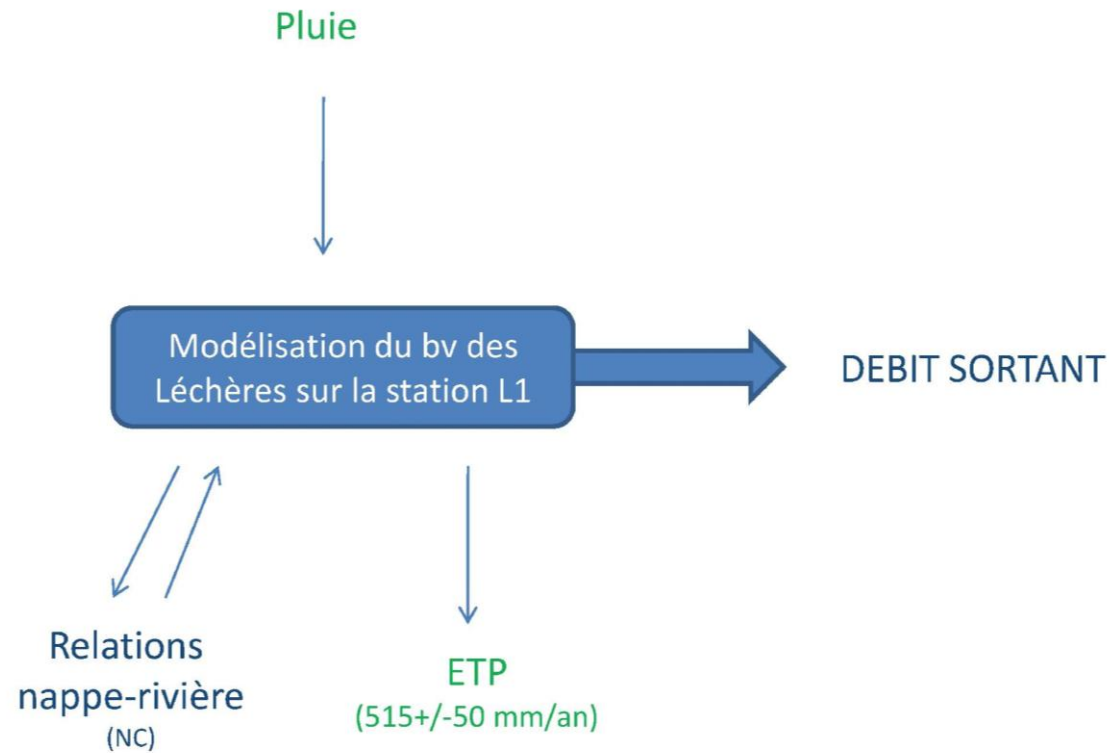


La meilleure corrélation est celle réalisée avec la station DREAL du Foron ( $R^2$  de 67,15% contre 55,42%).

## ANNEXE D : SCHEMATISATION DES PRELEVEMENTS ET REJETS ANTHROPIQUES PAR SOUS-BASSINS VERSANTS

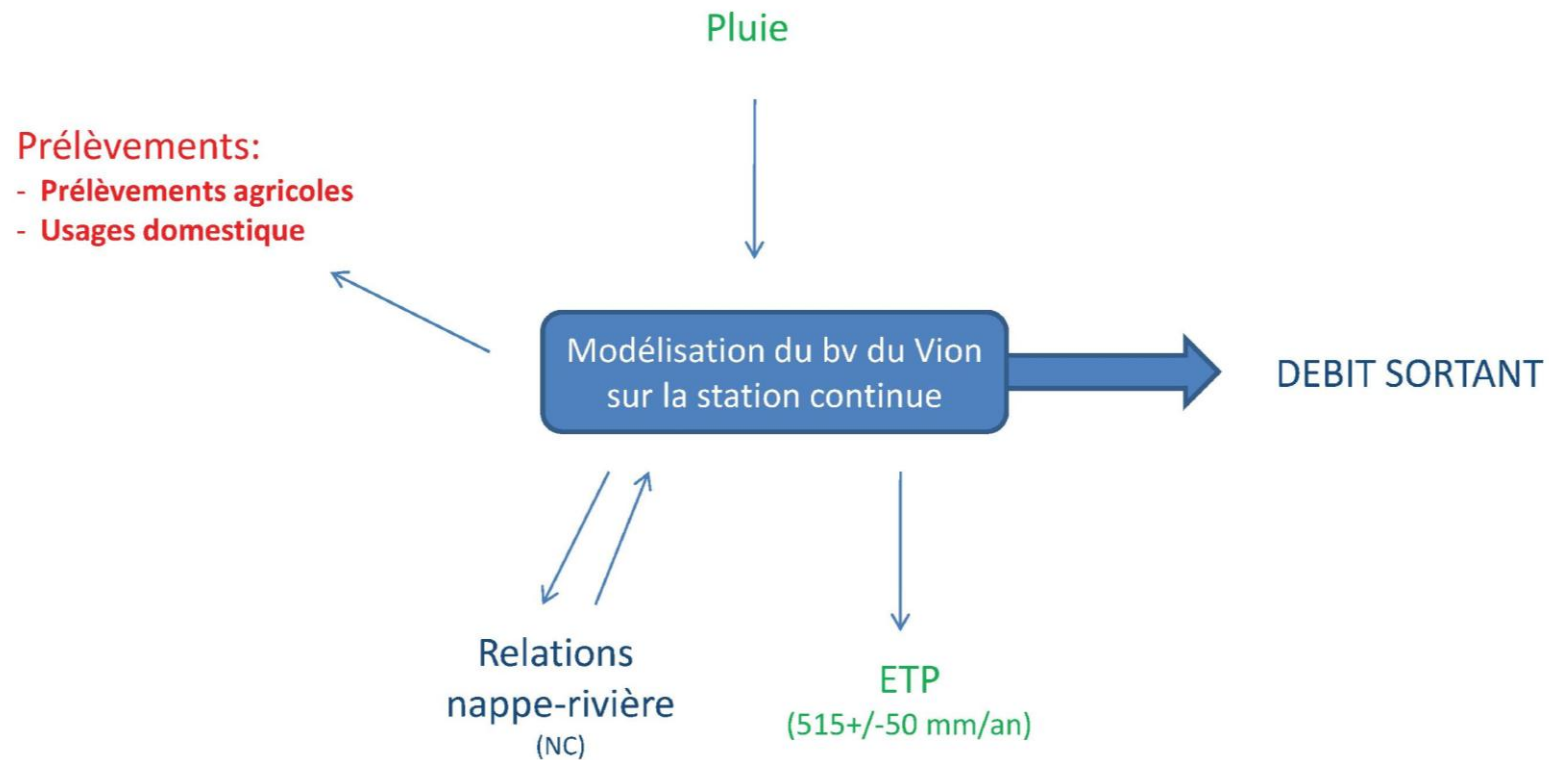


Paramètres naturels influençant le modèle  
Paramètres anthropiques influençant le modèle





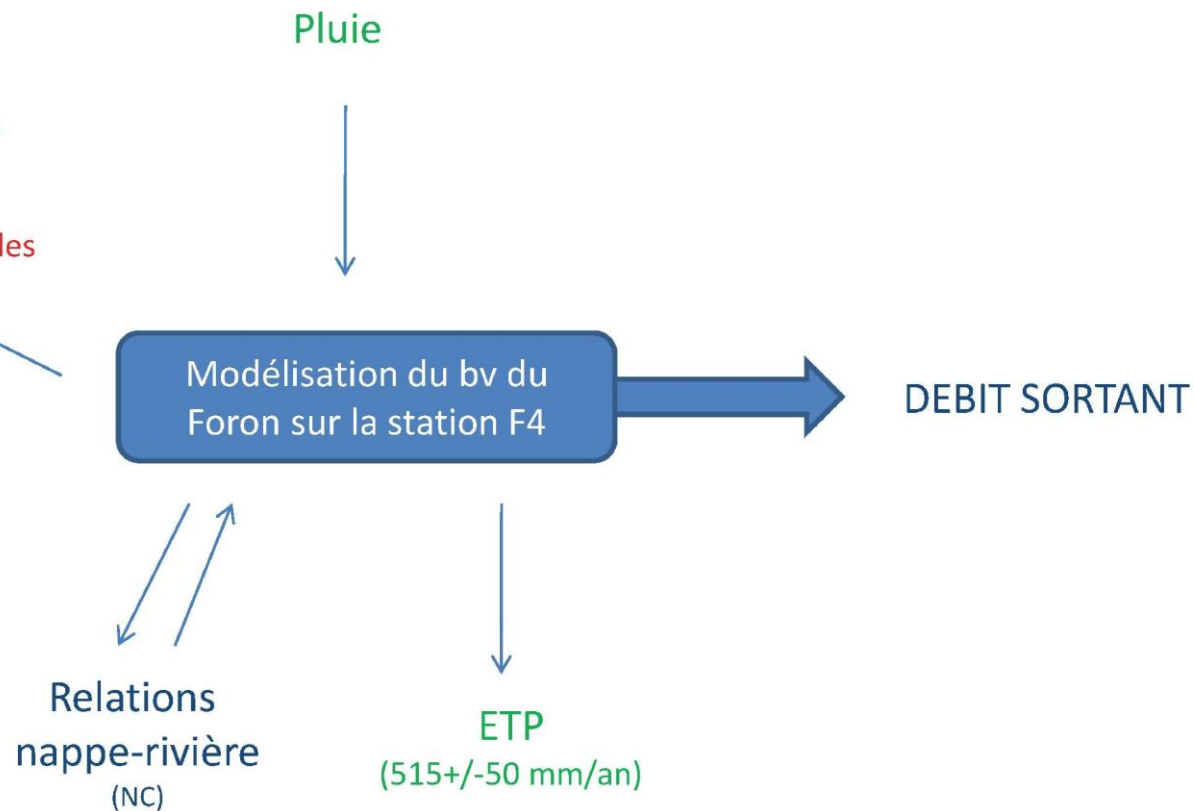
Paramètres naturels influençant le modèle  
Paramètres anthropiques influençant le modèle



Paramètres naturels influençant le modèle  
Paramètres anthropiques influençant le modèle

### Prélèvements:

- AEP sur les sources Les Foges, Les Salées, Les Marcy, Gros Perrier, Favre, La Chable, Poussière, La Mouille et Les Folles
- usages domestiques



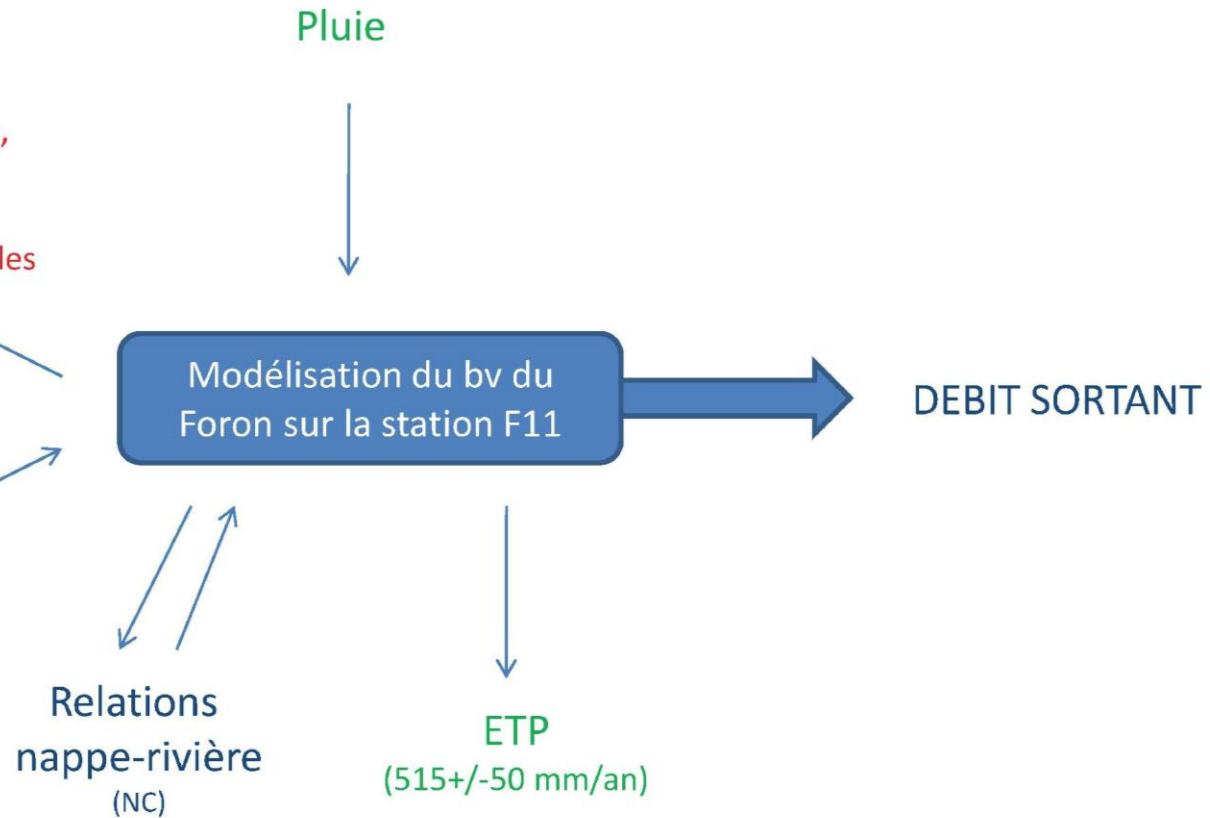
Paramètres naturels influençant le modèle  
Paramètres anthropiques influençant le modèle

### Prélèvements:

- AEP sur les sources Les Foges, Les Salées, Les Marcy, Gros Perrier, Favre, La Chable, Poussière, La Mouille et Les Folles
- usages domestiques

### Rejets :

- STEP Fessy-Lully
- Lagune de Brenthonne



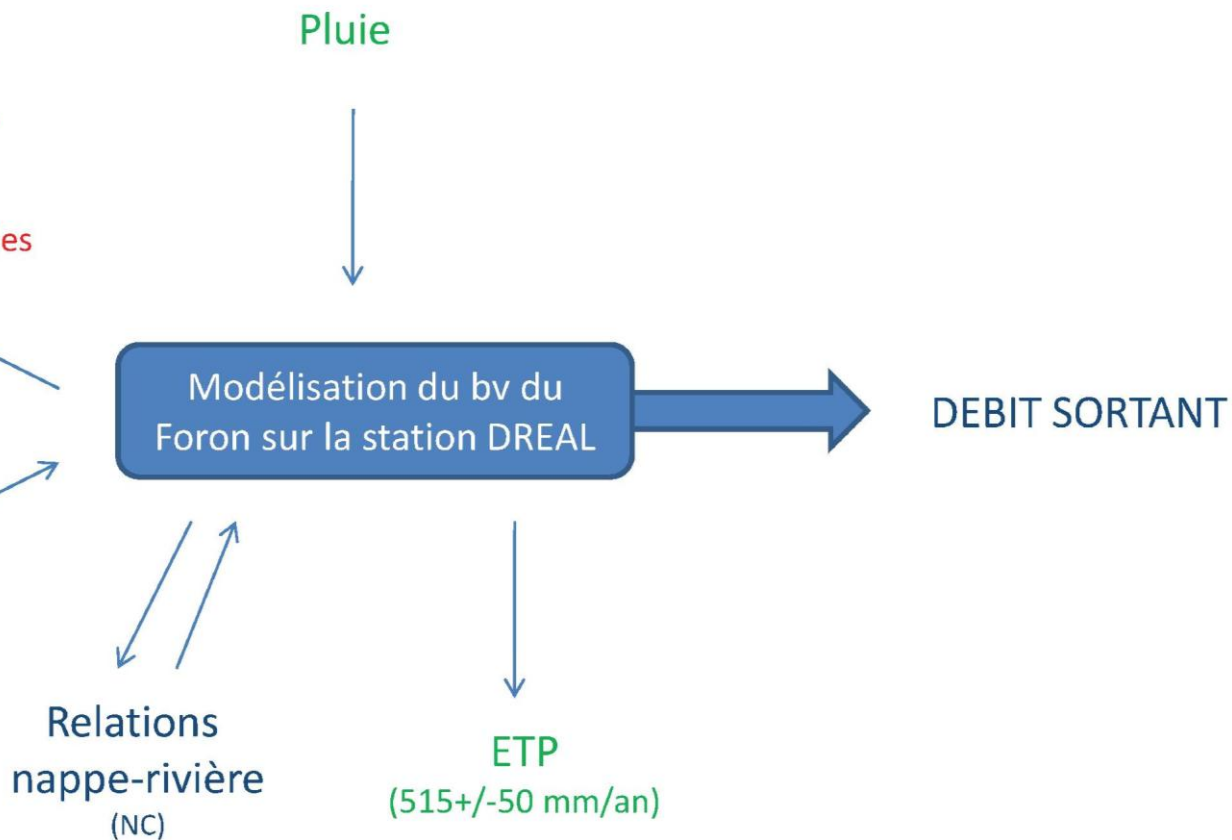
Paramètres naturels influençant le modèle  
Paramètres anthropiques influençant le modèle

### Prélèvements:

- AEP sur les sources Les Foges, Les Salées, Les Marcy, Gros Perrier, Favre, La Chable, Poussière, La Mouille et Les Folles
- usages domestiques

### Rejets :

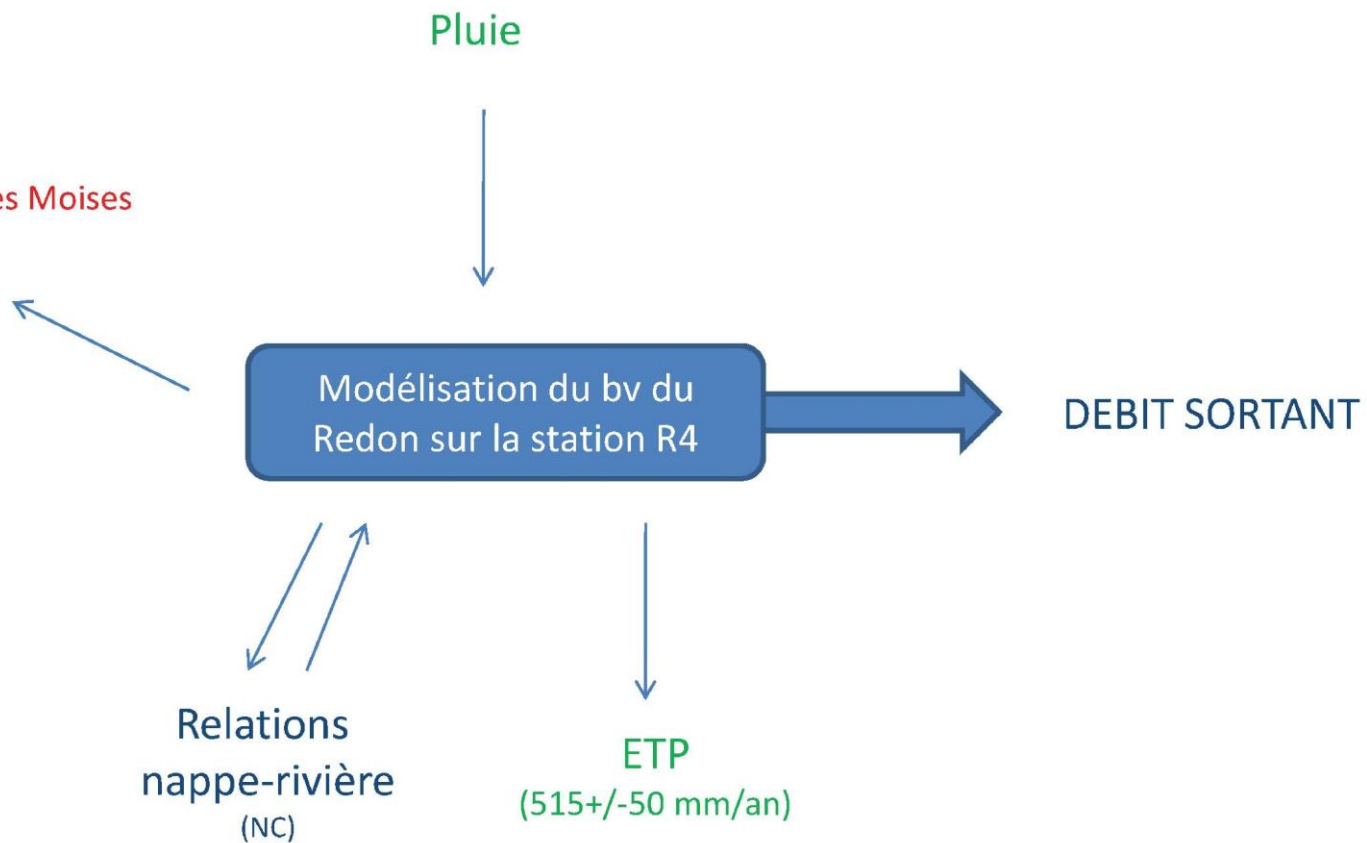
- STEP Fessy-Lully
- Lagune de Brenthonne



Paramètres naturels influençant le modèle  
Paramètres anthropiques influençant le modèle

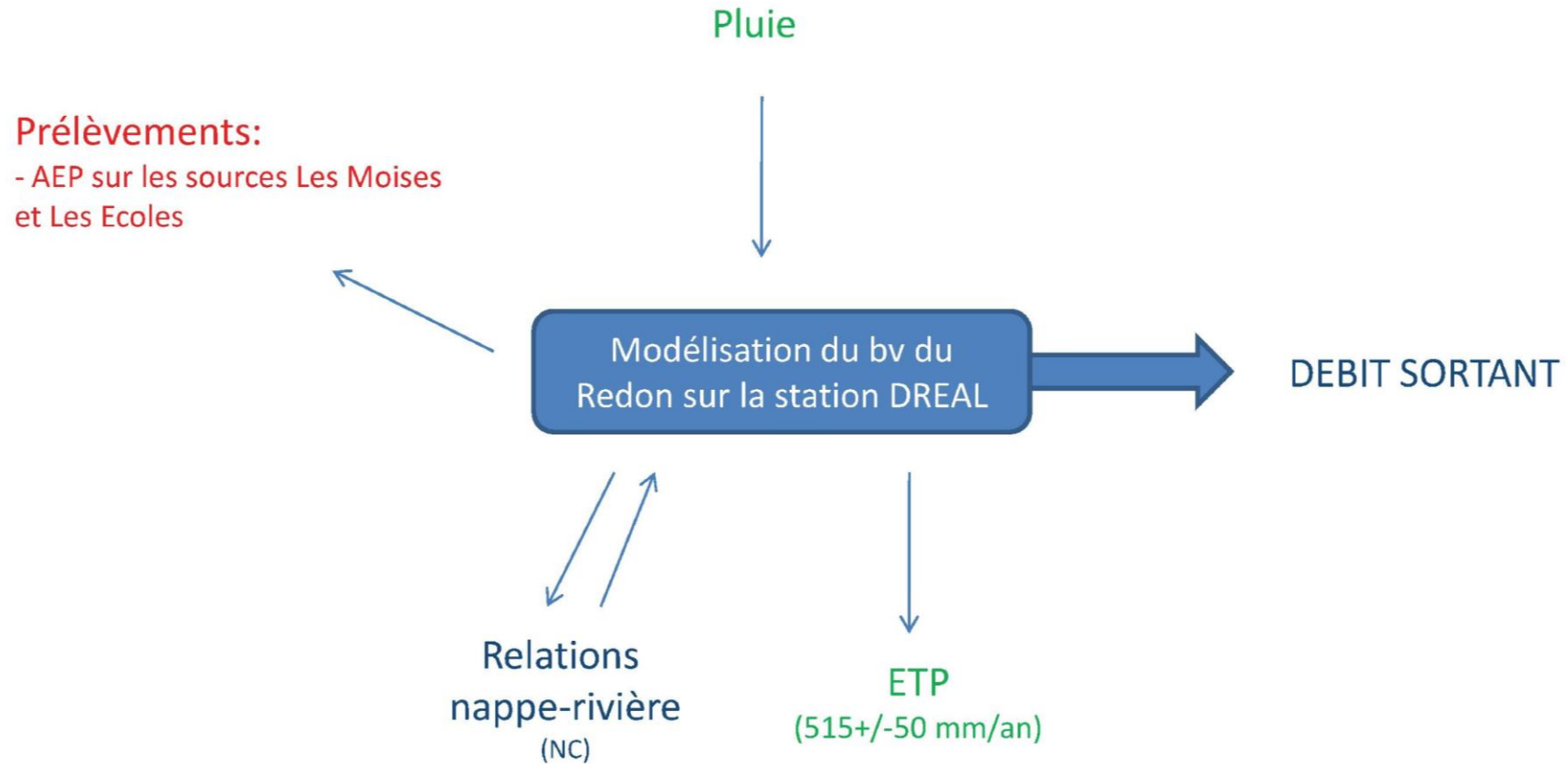
**Prélèvements:**

- AEP sur les sources Les Moises  
et Les Ecoles





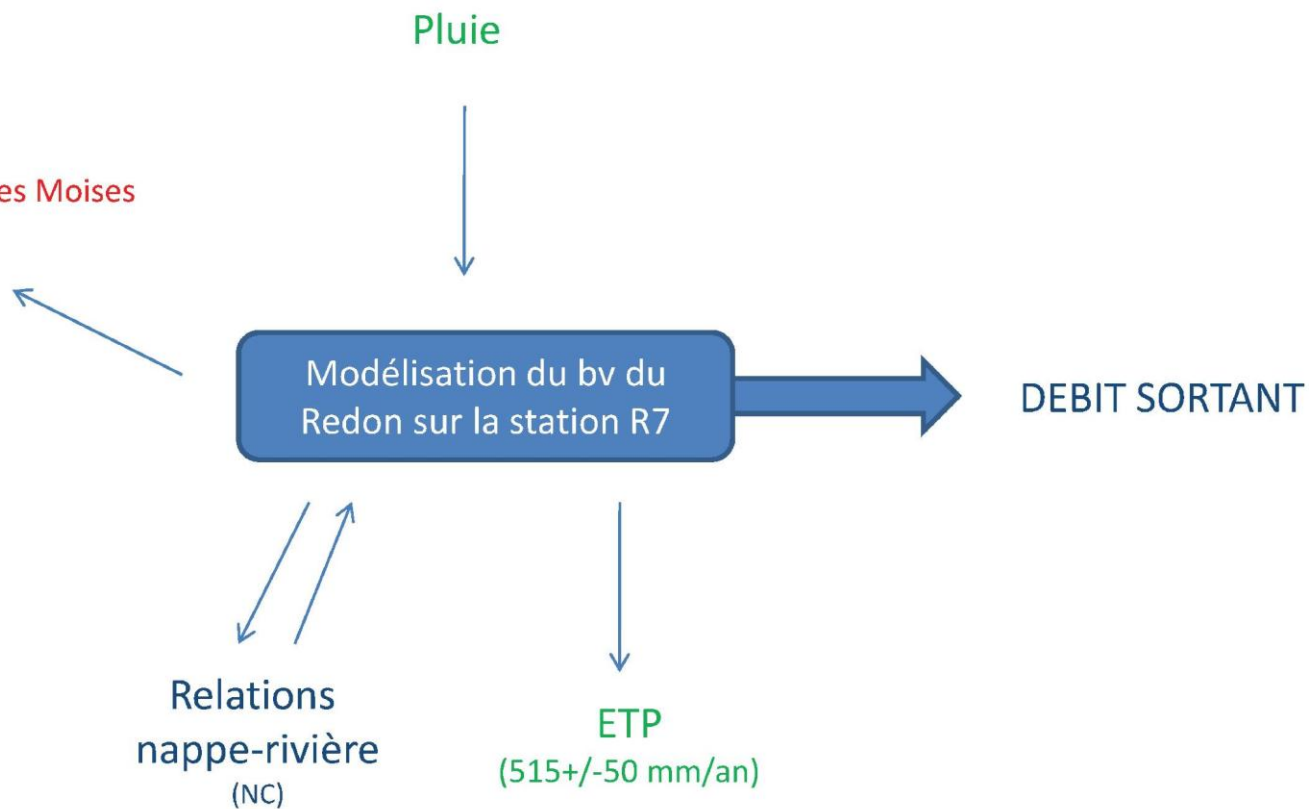
Paramètres naturels influençant le modèle  
Paramètres anthropiques influençant le modèle



Paramètres naturels influençant le modèle  
Paramètres anthropiques influençant le modèle

**Prélèvements:**

- AEP sur les sources Les Moises et Les Ecoles



## ANNEXE E : DETAIL DES DONNEES UTILISEES POUR LA RECONSTITUTION DES DEBITS NATURELS

### 1. Les prélèvements pour l'AEP au niveau des sources

#### ❖ FORON

Les sources concernées par des prélèvements AEP sur le cours d'eau du Foron sont les suivantes :

- les Foges,
- Les Salées,
- Les Marcy,
- Gros Perrier,
- Favre,
- Le Chable,
- Poussière,
- La Mouille,
- et les Folles.

Sur l'ensemble des sources évoquées ci-dessus, le volume du prélèvement AEP total annuel est connu sur la période 2003-2011. Le volume prélevé en 2012 correspond au volume de 2011. Les chiffres sont recensés dans le tableau ci-dessous :

Année	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Prélèvement TOT (m3/an)	336000	591100	760800	617800	751300	787700	565600	769400	769400

Les prélèvements annuels ont ensuite été ajustés via une fonction liée au débit moyen mensuel du Foron. Les tableaux ci-après détaillent ces calculs.

2003	janv	fev	mar	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc
Q mensuel (m3/s)	1,584	0,638	0,557	0,367	0,298	0,118	0,111	0,182	0,153	0,655	0,820	0,492
Répartition (%)	26,52	10,67	9,32	6,15	4,98	1,98	1,86	3,04	2,55	10,96	13,73	8,24
Q prélevé (m3/mois)	89103	35850	31324	20649	16733	6647	6246	10218	8583	36823	46137	27687
Q prélevé (m3/s)	0,033	0,015	0,012	0,008	0,006	0,003	0,002	0,004	0,003	0,014	0,018	0,010

2004	janv	fev	mar	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc
Q mensuel (m3/s)	1,866	0,496	1,021	0,418	0,338	0,157	0,115	0,374	0,126	1,019	0,445	0,848
Répartition (%)	25,84	6,87	14,14	5,79	4,68	2,17	1,59	5,18	1,74	14,11	6,16	11,74
Q prélevé (m3/mois)	152712	40602	83583	34219	27661	12850	9400	30613	10302	83385	36406	69366
Q prélevé (m3/s)	0,057	0,016	0,031	0,013	0,010	0,005	0,004	0,011	0,004	0,031	0,014	0,026

2005	janv	fev	mar	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc
Q mensuel (m3/s)	0,677	0,814	0,741	1,874	0,637	0,197	0,139	0,185	0,137	0,307	0,254	0,515
Répartition (%)	10,45	12,57	11,44	28,94	9,84	3,04	2,14	2,86	2,11	4,74	3,93	7,95
Q prélevé (m3/mois)	79518	95636	87022	220175	74876	23092	16288	21760	16055	36028	29863	60486
Q prélevé (m3/s)	0,030	0,040	0,032	0,085	0,028	0,009	0,006	0,008	0,006	0,013	0,012	0,023

2006	janv	fev	mar	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc
Q mensuel (m3/s)	0,579	0,957	1,925	2,169	1,067	0,173	0,130	0,190	0,124	0,364	0,478	0,985
Répartition (%)	6,33	10,47	21,06	23,73	11,67	1,90	1,42	2,07	1,36	3,98	5,23	10,77
Q prélevé (m3/mois)	39128	64690	130126	146580	72117	11724	8776	12814	8374	24596	32323	66551
Q prélevé (m3/s)	0,015	0,027	0,049	0,057	0,027	0,005	0,003	0,005	0,003	0,009	0,012	0,025

2007	janv	fev	mar	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc
Q mensuel (m3/s)	1,042	2,085	1,530	0,342	0,504	1,013	1,443	1,252	0,492	0,347	0,480	1,182
Répartition (%)	8,89	17,80	13,07	2,92	4,31	8,65	12,32	10,69	4,20	2,96	4,10	10,09
Q prélevé (m3/mois)	66824	133743	98166	21907	32350	64997	92549	80325	31581	22266	30784	75808
Q prélevé (m3/s)	0,025	0,055	0,037	0,008	0,012	0,025	0,035	0,030	0,012	0,008	0,012	0,028

2008	janv	fev	mar	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc
Q mensuel (m3/s)	1,150	0,715	0,791	2,000	0,618	0,768	0,453	0,356	1,410	0,801	0,775	1,480
Répartition (%)	10,16	6,32	6,99	17,67	5,46	6,79	4,00	3,15	12,46	7,08	6,85	13,08
Q prélevé (m3/mois)	80044	49766	55056	139207	43015	53455	31530	24779	98141	55752	53943	103013
Q prélevé (m3/s)	0,030	0,020	0,021	0,054	0,016	0,021	0,012	0,009	0,038	0,021	0,021	0,038

2009	janv	fev	mar	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc
Q mensuel (m3/s)	1,580	1,270	1,110	0,648	0,265	0,173	0,183	0,150	0,142	0,127	0,630	1,830
Répartition (%)	19,49	15,66	13,69	7,99	3,27	2,13	2,26	1,85	1,75	1,57	7,77	22,57
Q prélevé (m3/mois)	110218	88593	77432	45203	18486	12068	12766	10464	9906	8859	43948	127658
Q prélevé (m3/s)	0,041	0,037	0,029	0,017	0,007	0,005	0,005	0,004	0,004	0,003	0,017	0,048

2010	janv	fev	mar	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc
Q mensuel (m3/s)	0,962	1,410	1,050	0,967	0,752	0,544	0,144	0,228	0,114	0,198	0,608	1,300
Répartition (%)	11,62	17,04	12,69	11,68	9,09	6,57	1,74	2,75	1,38	2,39	7,35	15,71
Q prélevé (m3/mois)	89424	131069	97604	89889	69903	50568	13386	21194	10597	18405	56517	120843
Q prélevé (m3/s)	0,033	0,054	0,036	0,035	0,026	0,020	0,005	0,008	0,004	0,007	0,022	0,045

2011	janv	fev	mar	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc
Q mensuel (m3/s)	0,933	0,277	0,246	0,185	0,119	0,287	0,274	0,132	0,186	0,146	0,132	0,887
Répartition (%)	24,53	7,28	6,47	4,86	3,13	7,54	7,20	3,47	4,89	3,84	3,47	23,32
Q prélevé (m3/mois)	188709	56026	49756	37418	24069	58049	55419	26698	37621	29530	26698	179405
Q prélevé (m3/s)	0,070	0,023	0,019	0,014	0,009	0,022	0,021	0,010	0,015	0,011	0,010	0,067

2012	janv	fev	mar	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc
Q mensuel (m3/s)	0,963	0,341	0,333	1,384	0,647	0,634	0,180	0,167	0,282	0,523	1,910	2,125
Répartition (%)	10,15	3,59	3,51	14,59	6,82	6,68	1,89	1,76	2,97	5,51	20,13	22,39
Q prélevé (m3/mois)	78100	27636	27038	112223	52495	51432	14569	13541	22847	42373	154876	172272
Q prélevé (m3/s)	0,029	0,011	0,010	0,043	0,020	0,020	0,005	0,005	0,009	0,016	0,060	0,064

#### ❖ REDON

Les sources concernées par des prélèvements AEP sur le cours d'eau du Redon sont les Moises et Ecoles.

Comme pour le Foron, le volume du prélèvement AEP annuel est connu sur la période 2003-2011. Le volume prélevé en 2012 correspond au volume de 2011. Les chiffres sont recensés dans le tableau ci-dessous :

Année	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Prélèvement TOT (m3/an)	1051782	1044506	890047	1157416	1446100	1504600	1181300	1335525	969060

Les prélèvements annuels ont ensuite été ajustés via une fonction liée au débit moyen mensuel du Redon. Les tableaux ci-après détaillent ces calculs.



2003	janv	fev	mar	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc
Q mensuel (m3/s)	0,717	0,424	0,325	0,250	0,210	0,108	0,117	0,133	0,122	0,276	0,391	0,329
Répartition (%)	21,08	12,48	9,55	7,34	6,17	3,17	3,43	3,90	3,59	8,11	11,49	9,68
Q prélevé (m3/mois)	221750	131241	100406	77243	64936	33385	36119	41016	37745	85294	120874	101773
Q prélevé (m3/s)	0,083	0,054	0,037	0,030	0,024	0,013	0,013	0,015	0,015	0,032	0,047	0,038

2004	janv	fev	mar	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc
Q mensuel (m3/s)	0,837	0,371	0,521	0,332	0,206	0,148	0,102	0,194	0,110	0,395	0,219	0,302
Répartition (%)	22,40	9,93	13,93	8,87	5,52	3,97	2,72	5,19	2,95	10,58	5,86	8,09
Q prélevé (m3/mois)	233943	103739	145480	92670	57638	41430	28454	54248	30791	110462	61171	84479
Q prélevé (m3/s)	0,087	0,041	0,054	0,036	0,022	0,016	0,011	0,020	0,012	0,041	0,024	0,032

2005	janv	fev	mar	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc
Q mensuel (m3/s)	0,329	0,399	0,376	0,813	0,416	0,142	0,139	0,185	0,123	0,199	0,233	0,339
Répartition (%)	8,90	10,81	10,19	22,00	11,25	3,85	3,77	5,01	3,33	5,39	6,32	9,19
Q prélevé (m3/mois)	79252	96203	90670	195835	100130	34232	33517	44562	29678	47974	56240	81755
Q prélevé (m3/s)	0,030	0,040	0,034	0,076	0,037	0,013	0,013	0,017	0,011	0,018	0,022	0,031

2006	janv	fev	mar	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc
Q mensuel (m3/s)	0,341	0,438	1,196	1,278	0,618	0,215	0,137	0,148	0,120	0,200	0,212	0,409
Répartition (%)	6,41	8,25	22,52	24,06	11,64	4,05	2,57	2,78	2,26	3,76	3,99	7,71
Q prélevé (m3/mois)	74198	95502	260650	278439	134753	46848	29782	32186	26170	43496	46173	89219
Q prélevé (m3/s)	0,028	0,039	0,097	0,107	0,050	0,018	0,011	0,012	0,010	0,016	0,018	0,033

2007	janv	fev	mar	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc
Q mensuel (m3/s)	0,328	0,614	0,655	0,232	0,232	0,324	0,705	0,931	0,379	0,316	0,351	0,642
Répartition (%)	5,75	10,75	11,47	4,06	4,07	5,66	12,35	16,31	6,64	5,54	6,15	11,25
Q prélevé (m3/mois)	83170	155434	165882	58699	58814	81908	178607	235797	96045	80115	88989	162640
Q prélevé (m3/s)	0,031	0,064	0,062	0,023	0,022	0,032	0,067	0,088	0,037	0,030	0,034	0,061

2008	janv	fev	mar	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc
Q mensuel (m3/s)	0,664	0,463	0,375	1,060	0,407	0,348	0,237	0,238	0,878	0,502	0,556	0,787
Répartition (%)	10,19	7,11	5,76	16,27	6,25	5,34	3,64	3,65	13,48	7,71	8,53	12,08
Q prélevé (m3/mois)	153347	106927	86604	244801	93994	80369	54734	54965	202769	115934	128405	181753
Q prélevé (m3/s)	0,057	0,043	0,032	0,094	0,035	0,031	0,020	0,021	0,078	0,043	0,050	0,068

2009	janv	fev	mar	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc
Q mensuel (m3/s)	0,893	0,824	0,729	0,468	0,194	0,125	0,131	0,111	0,092	0,078	0,224	0,731
Répartition (%)	19,41	17,91	15,85	10,17	4,22	2,72	2,85	2,41	2,00	1,70	4,87	15,89
Q prélevé (m3/mois)	229326	211607	187210	120184	49820	32101	33641	28505	23626	20031	57524	187724
Q prélevé (m3/s)	0,086	0,087	0,070	0,046	0,019	0,012	0,013	0,011	0,009	0,007	0,022	0,070

2010	janv	fev	mar	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc
Q mensuel (m3/s)	0,619	0,731	0,513	0,512	0,417	0,272	0,112	0,148	0,112	0,132	0,300	0,623
Répartition (%)	13,78	16,28	11,42	11,40	9,29	6,06	2,49	3,30	2,49	2,94	6,68	13,87
Q prélevé (m3/mois)	184077	217383	152555	152258	124007	80887	33306	44012	33306	39254	89213	185267
Q prélevé (m3/s)	0,069	0,090	0,057	0,059	0,046	0,031	0,012	0,016	0,013	0,015	0,034	0,069

2011	janv	fev	mar	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc
Q mensuel (m3/s)	0,480	0,154	0,109	0,107	0,074	0,149	0,124	0,070	0,085	0,077	0,066	0,377
Répartition (%)	25,64	8,23	5,82	5,72	3,95	7,96	6,62	3,74	4,54	4,11	3,53	20,14
Q prélevé (m3/mois)	248477	79720	56425	55390	38307	77131	64190	36236	44001	39860	34166	195158
Q prélevé (m3/s)	0,093	0,033	0,021	0,021	0,014	0,030	0,024	0,014	0,017	0,015	0,013	0,073

2012	janv	fev	mar	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc
Q mensuel (m3/s)	0,437	0,198	0,174	0,612	0,328	0,319	0,138	0,120	0,197	0,305	0,971	1,070
Répartition (%)	8,97	4,07	3,57	12,58	6,73	6,56	2,84	2,46	4,04	6,26	19,94	21,99
Q prélevé (m3/mois)	86908	39405	34584	121906	65237	63531	27540	23816	39167	60640	193252	213075
Q prélevé (m3/s)	0,032	0,016	0,013	0,047	0,024	0,025	0,010	0,009	0,015	0,023	0,075	0,080

## ❖ HERMANCE

La source des Granges est concernée par des prélèvements AEP sur le cours d'eau de l'Hermance. Sur cette source, le volume du prélèvement AEP annuel est connu sur la période 2005-2011. Pour les prélèvements manquants :

- Les volumes prélevés en 2003 et 2004 correspondent à la valeur des volumes de 2005, 2006 et 2007 : 8 000 m<sup>3</sup>
- Le volume de 2012 correspond à la valeur des volumes de 2009, 2010 et 2011 : 5 900 m<sup>3</sup>.

Année	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Prélèvement (m <sup>3</sup> /an)	8 000	8 000	8 000	8 000	8 000	6 000	5 900	5 900	5 900	5 900

Les prélèvements annuels ont ensuite été ajustés via une fonction liée au débit moyen mensuel reconstitué de l'Hermance. Les tableaux ci-après détaillent ces calculs.

2003	janv	fev	mar	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc
Q mensuel (m <sup>3</sup> /s)	0,539	0,217	0,189	0,125	0,101	0,040	0,038	0,062	0,052	0,223	0,279	0,167
Répartition (%)	26,52	10,67	9,32	6,15	4,98	1,98	1,86	3,04	2,55	10,96	13,73	8,24
Q prélevé (m <sup>3</sup> /mois)	2121	854	746	492	398	158	149	243	204	877	1098	659
Q prélevé (m <sup>3</sup> /s)	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

2004	janv	fev	mar	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc
Q mensuel (m <sup>3</sup> /s)	0,635	0,169	0,347	0,142	0,115	0,053	0,039	0,127	0,043	0,346	0,151	0,288
Répartition (%)	25,84	6,87	14,14	5,79	4,68	2,17	1,59	5,18	1,74	14,11	6,16	11,74
Q prélevé (m <sup>3</sup> /mois)	2067	550	1131	463	374	174	127	414	139	1129	493	939
Q prélevé (m <sup>3</sup> /s)	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

2005	janv	fev	mar	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc
Q mensuel (m <sup>3</sup> /s)	0,230	0,277	0,252	0,637	0,217	0,067	0,047	0,063	0,046	0,104	0,086	0,175
Répartition (%)	10,45	12,57	11,44	28,94	9,84	3,04	2,14	2,86	2,11	4,74	3,93	7,95
Q prélevé (m <sup>3</sup> /mois)	836	1006	915	2315	787	243	171	229	169	379	314	636
Q prélevé (m <sup>3</sup> /s)	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

2006	janv	fev	mar	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc
Q mensuel (m3/s)	0,197	0,325	0,655	0,737	0,363	0,059	0,044	0,064	0,042	0,124	0,163	0,335
Répartition (%)	6,33	10,47	21,06	23,73	11,67	1,90	1,42	2,07	1,36	3,98	5,23	10,77
Q prélevé (m3/mois)	507	838	1685	1898	934	152	114	166	108	318	419	862
Q prélevé (m3/s)	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

2007	janv	fev	mar	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc
Q mensuel (m3/s)	0,354	0,709	0,520	0,116	0,171	0,345	0,491	0,426	0,167	0,118	0,163	0,402
Répartition (%)	8,89	17,80	13,07	2,92	4,31	8,65	12,32	10,69	4,20	2,96	4,10	10,09
Q prélevé (m3/mois)	712	1424	1045	233	344	692	985	855	336	237	328	807
Q prélevé (m3/s)	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

2008	janv	fev	mar	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc
Q mensuel (m3/s)	0,391	0,243	0,269	0,680	0,210	0,261	0,154	0,121	0,479	0,272	0,264	0,503
Répartition (%)	10,16	6,32	6,99	17,67	5,46	6,79	4,00	3,15	12,46	7,08	6,85	13,08
Q prélevé (m3/mois)	610	379	419	1060	328	407	240	189	748	425	411	785
Q prélevé (m3/s)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

2009	janv	fev	mar	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc
Q mensuel (m3/s)	0,537	0,432	0,377	0,220	0,090	0,059	0,062	0,051	0,048	0,043	0,214	0,622
Répartition (%)	19,49	15,66	13,69	7,99	3,27	2,13	2,26	1,85	1,75	1,57	7,77	22,57
Q prélevé (m3/mois)	1150	924	808	472	193	126	133	109	103	92	458	1332
Q prélevé (m3/s)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

2010	janv	fev	mar	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc
Q mensuel (m3/s)	0,327	0,479	0,357	0,329	0,256	0,185	0,049	0,078	0,039	0,067	0,207	0,442
Répartition (%)	11,62	17,04	12,69	11,68	9,09	6,57	1,74	2,75	1,38	2,39	7,35	15,71
Q prélevé (m3/mois)	686	1005	748	689	536	388	103	163	81	141	433	927
Q prélevé (m3/s)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

2011	janv	fev	mar	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc
Q mensuel (m3/s)	0,317	0,094	0,084	0,063	0,040	0,098	0,093	0,045	0,063	0,050	0,045	0,302
Répartition (%)	24,53	7,28	6,47	4,86	3,13	7,54	7,20	3,47	4,89	3,84	3,47	23,32
Q prélevé (m3/mois)	1447	430	382	287	185	445	425	205	288	226	205	1376
Q prélevé (m3/s)	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001

2012	janv	fev	mar	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc
Q mensuel (m3/s)	0,327	0,116	0,113	0,471	0,220	0,216	0,061	0,057	0,096	0,178	0,649	0,722
Répartition (%)	10,15	3,59	3,51	14,59	6,82	6,68	1,89	1,76	2,97	5,51	20,13	22,39
Q prélevé (m3/mois)	599	212	207	861	403	394	112	104	175	325	1188	1321
Q prélevé (m3/s)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

## 2. Les rejets au droit des stations d'épuration

### ❖ STEP de Fessy-Lully

Pour cette station, nous disposons uniquement des données suivantes :

Volume traité	2009	2010	2012
m3/an	7572	6500	9725
m3/j	124	106	159

Pour les années manquantes :

- 2011 : la valeur de 2012 est utilisée
- 2003-2008 : la moyenne des volumes rejetés en 2009 et 2010 est utilisée.

Les données de rejet retenues pour la STEP de Fessy-Lully sont résumées dans le tableau suivant :

Année	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Volume rejeté (m3/s)	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002	0,002

### ❖ STEP de Brenthonne

Pour cette station, nous disposons uniquement des données suivantes :

Volume traité	2009	2010	2012
m3/an	-	-	24420
m3/j	145	144	401



Pour les années manquantes :

- 2011 : la valeur de 2012 est utilisée
- 2003-2008 : la moyenne des volumes rejetés en 2009 et 2010 est utilisée.

Les données de rejet retenues pour la STEP de Brenthonne sont résumées dans le tableau suivant :

Année	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Volume rejeté (m3/s)	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,005	0,005



**ATTEINDRE  
L'ÉQUILIBRE QUANTITATIF  
EN AMÉLIORANT  
LE PARTAGE  
DE LA RESSOURCE EN EAU  
ET EN ANTICIPANT  
L'AVENIR**

**Maître d'ouvrage :**

- Syndicat Mixte des Affluents du Sud-Ouest Lémanique

**Financeurs :**

- Agence de l'eau Rhône-Méditerranée & Corse
- Syndicat Mixte des Affluents du Sud-Ouest Lémanique
- Région Rhône-Alpes

**Bureau d'études :**

HYDRETTUES  
CPGF-HORIZON Centre-Est