Syndicat Mixte d'Aménagement de l'Arve et de ses Affluents

ETUDES QUANTITATIVES SUR LES TERRITOIRES PRIORITAIRES DU SAGE DE L'ARVE

LOT N°3 : ETUDE BESOINS-RESSOURCES SUR LE BASSIN VERSANT DU FORON ROCHOIS ET DU NANT DE SION

Rapport de Phase n°3 : Impact des prélèvements et quantification des ressources existantes

Rapport de phase - Version définitive

30/03/2020

Avec le soutien de :

En application du Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE) de l'Arve approuvé par arrêté préfectoral n°DDT-2018-1130 du 23 juin 2018

DISPOSITION N°QUANTI-4

« Limiter la pression quantitative sur les milieux en tension par une amélioration préalable des connaissances »

ETUDES QUANTITATIVES SUR LES TERRITOIRES PRIORITAIRES DU SAGE DE L'ARVE

LOT N°3 : ETUDE BESOINS-RESSOURCES SUR LES BASSINS VERSANTS DU FORON ROCHOIS ET DU NANT DE SION

Références du maître d'ouvrage :

- Syndicat Mixte de l'Aménagement de l'Arve et de ses affluents
- Marché n°2017-PI-26 - Lot n°3
- Affaire suivie par Charlène CARDOSO

SM3A
300 chemin des Prés Moulin
74 800 Saint-Pierre-en-Faucigny
Tél. : 04.50.25.60.14
sm3a@riviere-arve.org

Références du maître d'œuvre :

- SUEZ Consulting
- Affaire n°18DHF004
- Suivie par : Florence DAUMAS

SUEZ Consulting
15-17 rue du port
92022 Nanterre Cedex France
Tél : 01 46 14 73 24 / 06 08 67 29 10
florence.daumas@suez.com

Version n°	Date	Rédigé / Relu par	Commentaire
1	17/12/2019	MM et FD (SUEZ Consulting)	Création du document
2	05/02/2020	MM et FD (SUEZ Consulting)	Prise en compte des commentaires SM3A Résultats scénarios climatiques
3	16/03/2020	CC (SM3A)	Version corrigée avec prise en compte de l'avis des parties prenantes
4	20/03/2020	MM et FD (SUEZ Consulting)	Prise en compte des commentaires SM3A

SOMMAIRE

1 PREAMBULE 15

1.1 Le contexte de l'étude 15

1.2 Le déroulement de la mission et les objectifs de la phase 3 16

1.3 Délimitation de la zone d'étude 17

2 OBJECTIFS ET DEFINITIONS PREALABLES 19

2.1 Objectifs 19

2.2 Définitions préalables 20

3 CARACTERISATION DE LA RESSOURCE EN EAU SUPERFICIELLE 23

3.1 Localisation des points de référence et découpage géographique du bassin versant 23

3.2 Principe de la caractérisation de la ressource en eau superficielle 27

3.2.1 Principes généraux 27

3.2.2 Description de la solution de modélisation hydrologique employée 30

3.3 Collecte et traitement des données climatiques 34

3.3.1 Les stations météorologiques retenues 34

3.3.2 Analyse des caractéristiques et tendances climatiques actuelles 42

3.4 Collecte et traitement des données hydrologiques 48

3.4.1 Le réseau de suivi hydrométrique 48

3.4.2 Analyse comparative des stations hydrométriques 50

3.4.3 Recensement des stations de mesures ponctuelles 50

3.4.4 Campagnes de jaugeages réalisées dans le cadre de l'étude 52

3.4.5 Recensement des autres données hydrométriques disponibles 53

3.4.6 Synthèse : les données hydrométriques utilisées 55

3.5 Caractérisation de l'étiage au niveau des points de référence en régime influencé 57

3.5.1 Méthodologie : mise en œuvre de la modélisation hydrologique 57

3.5.2 Estimation des débits caractéristiques d'étiage en régime influencé 65

3.5.3 Bilan des résultats obtenus 70

3.6 Reconstitution de l'hydrologie en régime désinfluencé et caractérisation de l'étiage au niveau des points de référence 74

3.6.1 Méthodologie 74

3.6.2 Estimation des débits caractéristiques d'étiage en régime désinfluencé 75

3.6.3 Bilan des résultats obtenus 79

4 PRISE EN COMPTE DES ZONES HUMIDES JOUANT UN ROLE HYDRAULIQUE 83

5 CARACTERISATION DE LA RESSOURCE EN EAU SOUTERRAINE 86

5.1 Contexte hydrogéologique 86

5.2 Unités aquifères présentes sur le bassin versant du Foron Rochois et du Nant de Sion 92

5.2.1 Les masses d'eau souterraines 92

5.2.2 La ressource en eau exploitée sur le territoire 95

5.3 Analyse des chroniques piézométriques disponibles 98

5.3.1 Réseau de suivi piézométrique actuel 98

5.3.2 Analyse comparative des stations piézométriques 100

5.3.3 Description des relations nappe-rivière 101

5.3.4 Synthèse 105

6 ESTIMATION DES INCERTITUDES 106

6.1 Identification et caractérisation des incertitudes 106

6.1.1 Incertitudes sur les données utilisées 106

6.1.2 Incertitudes sur le calage 108

6.1.3 Incertitudes liées à l'aspect simplificateur de la modélisation 108

6.1.4 Incertitudes sur le calcul de débits statistiques (chroniques courtes) 108

6.1.5 Incertitudes liées à la transcription du modèle sans ajustement de calage 109

6.2 Calcul de marges d'incertitudes 109

7 ANALYSE DE L'IMPACT DES PRELEVEMENTS ACTUELS SUR LA RESSOURCE 111

7.1 Dynamique de fonctionnement de l'hydrosystème 111

7.2 Impact des prélèvements actuels sur la ressource 114

8 ANALYSE DES PERSPECTIVES D'EVOLUTION DE LA RESSOURCE EN EAU 117

8.1 Les scenarii d'évolution climatique du GIEC 117

8.2 Les projections du climat 118

8.2.1 L'évolution des températures 119
8.2.2 L'évolution de l'évapotranspiration 120
8.2.3 L'évolution des précipitations 121
8.2.4 L'évolution des écoulements 122
8.3 Les données issues de l'étude Explore 2070 125
8.4 Perspectives d'évolution de la ressource en eau superficielle 126
8.4.1 Perspectives d'évolution à l'horizon 2027 par unité de gestion 126
8.4.2 Perspectives d'évolution à l'horizon 2050 129
8.4.3 Synthèse des perspectives d'évolution 132
9 CONCLUSIONS 134
10 ANNEXES 135
10.1 Annexe 1 : Note préalable aux campagnes de mesures des phases 3 et 4 135
10.2 Annexe 2 : Note de restitution des campagnes de terrain 154

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Territoire d'étude - Bassin versant du Foron Rochois et du Nant de Sion (Sources : IGN, SAGE Arve, SM3A) 17

Figure 2 : Découpage administratif des bassins versants du Foron Rochois et du Nant de Sion (Sources : IGN, collectivites-locales.gouv.fr/EPCI-FP 2018) 18

Figure 3 : Points de référence et découpage du bassin versant en unités de gestion (Sources : SM3A, SUEZ Consulting) 26

Figure 4 : Illustration du grand cycle de l'eau 30

Figure 5 : Illustration des processus pris en compte par la modélisation 31

Figure 6 : Schéma conceptuel de la modélisation hydrologique. (Processus entourés en vert = données d'entrée. Processus en rouge = variables de sortie) 31

Figure 7 : Représentation schématique de l'architecture de Mike Hydro Basin. 32

Figure 8 : Stations météorologiques Météo France sur le bassin du Foron Rochois et du Nant de Sion (Sources : IGN, SM3A, Météo France, SUEZ Consulting) 36

Figure 9 : Pluviométrie moyenne annuelle sur le bassin versant du Foron Rochois et du Nant de Sion (Source : Base de données Aurelhy corrigée, Bilan quantitatif, SAFEGE, 2015) 38

Figure 10 : Comparaison des cumuls mensuels de précipitations aux pluviomètres Météo France, ROMMA et CCPR (Source : Météo-France, ROMMA, CCPR, SUEZ Consulting, 2018) 39

Figure 11 : Cumuls annuels de pluie à la station d'Archamps (source : Météo France) 42

Figure 12 : Evolution des précipitations annuelles dans les Alpes du Nord entre 1959 et 2017 (source : AGATE) 43

Figure 13 : Moyenne interannuelle des cumuls mensuels de pluie à la station d'Archamps sur la période 2000-2017 (Source : Météo-France) 43

Figure 14 : Evolution des cumuls de précipitations à la station d'Archamps entre 2000 et 2017 (cumul annuel en bleu et cumul estival en rouge) (Source : Météo France) 44

Figure 15 : Température moyenne annuelle à la station de Meythet sur la période 2000-2017 (Source : Météo-France) 45

Figure 16 : Evolution des températures annuelles dans les Alpes du Nord entre 1959 et 2017 (source : AGATE) 45

Figure 17 : Températures mensuelles moyennes à la station de Meythet (°C) (Source : Météo-France) 46

Figure 18 : ETP annuelle mesurée à la station de Meythet sur la période 2000-2017 (Source : Météo-France) 47

Figure 19 : ETP moyennes mensuelles calculées sur la période 2000-2017 (Source : Météo-France) 47

Figure 20: Localisation des stations hydrométriques et des jaugeages ponctuels sur le bassin versant du Foron Rochois et du Nant de Sion (Source : SM3A, GEODEFIS, FDAAPPMA74) 49

Figure 21 : Chronique de débits journaliers sur le Nant de Sion du 25 juin 2014 au 30 avril 2015 (Source : FDAAPPMA 74) 50

Figure 22 : Emplacement des stations de reconstitution des débits désinfluencés de l'OFB sur le Foron Rochois (Source : OFB – SD74) 53

Figure 23 : Présentation des cartographies consensuelles des débits caractéristiques réalisées par l'IRSTEA et l'OFB (Source : IRSTEA) 54

Figure 24 : Schématisation de la stratégie de modélisation (Source : SUEZ Consulting, 2019) 58

Figure 25 : Comparaison des chroniques de débits journaliers observée et simulée entre 2014 et 2015 (Source : FDAAPPMA 74, SUEZ Consulting) 58

Figure 26 : Comparaison des chroniques de débits mensuels observée et simulée entre 2014 et 2015 (Source : FDAAPPMA 74, SUEZ Consulting) 59

Figure 27 : Comparaison des niveaux de nappe observés et simulés sur les piézomètres de Inchires et de Pierrelongue de 2008 à 2017 (Sources : CCPR, SUEZ Consulting, 2019) 61

Figure 28 : Comparaison des niveaux de nappe observés et simulés sur les piézomètres de Inchires et de Pierrelongue de 2008 à 2017 (Sources : CCPR, SUEZ Consulting, 2019) 64

Figure 29 : UG 1 - Régime influencé | Débits mensuels interannuels quinquennaux secs au point de référence 4_01 66

Figure 30 : UG 2 - Régime influencé | Débits mensuels interannuels quinquennaux secs au point de référence 4_02 68

Figure 31 : UG 3 - Régime influencé | Débits mensuels interannuels quinquennaux secs au point de référence 4_03 69

Figure 32 : UG 4 - Régime influencé | Débits mensuels interannuels quinquennaux secs au point de référence 4_04 70

Figure 33 : Régime influencé – Cartographie des débits caractéristiques d'étiage au droit des points de référence (Source : SUEZ Consulting, 2019) 72

Figure 34 : Représentation schématique de l'architecture de Mike Hydro Basin (DHI, SUEZ Consulting, 2019) 74

Figure 35 : UG 1 - Régime désinfluencé | Débits mensuels interannuels quinquennaux secs au point de référence 4_01 75

Figure 36 : UG 2 - Régime désinfluencé | Débits mensuels interannuels quinquennaux secs au point de référence 4_02 76

Figure 37 : UG 3 - Régime désinfluencé | Débits mensuels interannuels quinquennaux secs au point de référence 4_03 77

Figure 38 : UG 4 - Régime désinfluencé | Débits mensuels interannuels quinquennaux secs au point de référence 4_04 78

Figure 39 : Régime désinfluencé – Cartographie des débits caractéristiques d'étiage au droit des points de référence (Source : SUEZ Consulting, 2019) 80

Figure 40 : Zones humides identifiées sur le bassin et note hydrologique associée (Source : SAGE ARVE, 2014, SM3A, SUEZ Consulting) 85

Figure 41 : Carte géologique du secteur d'étude (Source : InfoTerre) 86

Figure 42 : Coupe hydrogéologique interprétative du remplissage de l'aquifère des Rocailles (Source : ImaGeau pour le SRB, 2017) 88

Figure 43 : Coupe hydrogéologique interprétative du remplissage du cône du Borne (Sources : Burgeap, CPGF) 90

Figure 44 : Carte piézométrique sur le secteur d 'étude (Source : BEGG 1966) .. 91

Figure 45 : Carte piézométrique de basses-eaux (Source : ImaGeau pour le SRB, 2017) 92

Figure 46 : Masses d'eau souterraine sur le secteur d'étude (Source : AERMC, BD LISA, SM3A, CCPR, Département 74, SUEZ Consulting, 2019) 97

Figure 47 : Emplacement des piézomètres recensés sur le bassin versant du Foron Rochois et du Nant de Sion (Source : CCPR, Hydro-Terre, SUEZ Consulting, 2019) 99

Figure 48 : Suivis piézométriques disponibles sur le secteur du cône du Borne (Source : Hydro-terre pour le compte de la CCPR) 100

Figure 49 : Suivis piézométriques disponibles sur le secteur du cône du Borne (centrés-normés sur la chronique de Pierrelongue) (Source : CCPR, SUEZ Consulting, 2019) 101

Figure 50 : Etat du réseau hydrographique lors de la campagne terrain du 2 et 3 août 2018 (Source : GEODEFIS, SUEZ Consulting, 2018) 103

Figure 51 : Profil en long des débits spécifiques par unité de gestion sur le Foron rochois issus des campagnes de jaugeages (Source : GEODEFIS, SM3A, SUEZ Consulting) 104

Figure 52 : Profil en long des débits spécifiques sur le bassin du Foron rochois issus des campagnes de jaugeages (Source : GEODEFIS, SM3A, SUEZ Consulting) 104

Figure 53 : Profil en long de quelques débits caractéristiques en régimes influencé et désinfluencé sur le bassin du Foron Rochois (Source : SUEZ Consulting, 2019) 111

Figure 54 : Régimes influencé et désinfluencé – Cartographie des QMNA5 au droit des points de référence (Source : SUEZ Consulting, 2019) 112

Figure 55 : Régimes influencé et désinfluencé – Cartographie des VCN10(5) au droit des points de référence (Source : SUEZ Consulting, 2019) 113

Figure 56 : Evolution des QMNA5 influencés et désinfluencés le long du Foron Rochois en situation actuelle 115

Figure 57 : : Evolution des VCN10(5) influencés et désinfluencés le long du Foron Rochois en situation actuelle 115

Figure 58 : Comparaison des évolutions du forçage radiatif associé aux différents scénarios climatiques 118

Figure 59 : Comparaison des chroniques mensuelles de débit obtenues à partir des modélisations CNRM et IPSL du scénario climatique RCP 4.5 124

Figure 60 : Evolution des QMNA5 influencés et désinfluencés le long du Foron Rochois à l'horizon 2027 127

Figure 61 : Evolution des VCN10(5) influencés et désinfluencés le long du Foron Rochois à l'horizon 2027 127

Figure 62 : Evolution des QMNA5 influencés et désinfluencés le long du Foron Rochois à l'horizon 2050 130

Figure 63 : Evolution des VCN10(5) influencés et désinfluencés le long du Foron Rochois à l'horizon 2050 130

Figure 64 : Perspectives d'évolution des QMNA5 en régimes influencés et désinfluencés 132

Figure 65 : Perspectives d'évolution des VCN10(5) en régimes influencés et désinfluencés 133

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Récapitulatif des points de mesure de débits sur les bassins-versants du Foron Rochois et du Nant de Sion (Source : SUEZ Consulting, 2018) 24

Tableau 2 : Récapitulatif des points de référence du bassin-versant du Foron Rochois et du Nant de Sion (Source : SUEZ Consulting, 2018) 25

Tableau 3 : Caractéristiques des stations météorologiques (Source : Météo France, 2018) 35

Tableau 4 : Tableau récapitulatif des analyses sur les pluviomètres disponibles sur le territoire d'étude 40

Tableau 5 : Tableau récapitulatif des données climatiques utilisées 41

Tableau 6 : Inventaire des jaugeages ponctuels réalisés sur le bassin versant ... 51

Tableau 7 : Présentation des campagnes de jaugeages réalisées sur le bassin versant du Foron Rochois et du Nant de Sion dans le cadre de l'étude 52

Tableau 8 : Tableau récapitulatif des données hydrométriques utilisées 56

Tableau 9 : Comparaison des valeurs IRSTEA et des valeurs simulées sur le Nant de Sion pour le QMNA5 et le module (Sources : IRSTEA, SUEZ Consulting) 59

Tableau 10 : Comparaison des valeurs OFB et des valeurs simulées sur le Foron Rochois à Fernolet pour le QMNA5 et le module (Sources : OFB, IRSTEA, SUEZ Consulting) 62

Tableau 11 : Comparaison des valeurs IRSTEA et des valeurs simulées sur le Foron Rochois à Fernolet pour le QMNA5 et le module (Sources : IRSTEA, SUEZ Consulting) 62

Tableau 12 : UG 1 – Régime influencé | Estimation des QMNA / QMNA 2 / QMNA 5 66

Tableau 13 : UG 1 - Régime influencé | Estimation des VCN10 / VCN10 (2) / VCN10 (5) 66

Tableau 14 : UG 1 - Régime influencé | Estimation des VCN3 / VCN3 (2) / VCN3 (5) 66

Tableau 15 : UG 1 - Régime influencé | Estimation des 1/10ème et 1/20ème module 66

Tableau 16 : UG 2 - Régime influencé | Estimation des QMNA / QMNA 2 / QMNA 5 67

Tableau 17 : UG 2 - Régime influencé | Estimation des VCN10 / VCN10 (2) / VCN10 (5) 67

Tableau 18 : UG 2 - Régime influencé | Estimation des VCN3 / VCN3 (2) / VCN3 (5) 67

Tableau 19 : UG 2 - Régime influencé | Estimation des 1/10ème et 1/20ème module 67

Tableau 20 : UG 3 - Régime influencé | Estimation des QMNA / QMNA 2 / QMNA 5 68

Tableau 21 : UG 3 - Régime influencé | Estimation des VCN10 / VCN10 (2) / VCN10 (5) 68

Tableau 22 : UG 3 - Régime influencé | Estimation des VCN3 / VCN3 (2) / VCN3 (5) 68

Tableau 23 : UG 3 - Régime influencé | Estimation des 1/10ème et 1/20ème module 69

Tableau 24 : UG 4 - Régime influencé | Estimation des QMNA / QMNA 2 / QMNA 5 69

Tableau 25 : UG 4 - Régime influencé | Estimation des VCN10 / VCN10 (2) / VCN10 (5) 70

Tableau 26 : UG 4 - Régime influencé | Estimation des VCN3 / VCN3 (2) / VCN3 (5) 70

Tableau 27 : UG 4 - Régime influencé | Estimation des 1/10ème et 1/20ème module 70

Tableau 28 : Régime influencé – Récapitulatif des indicateurs de débit au droit des points de référence du bassin du Foron Rochois et du Nant de Sion (Source : SUEZ Consulting, 2019) 73

Tableau 29 : UG 1 – Régime désinfluencé | Estimation des QMNA / QMNA 2 / QMNA 5 75

Tableau 30 : UG 1 - Régime désinfluencé | Estimation des VCN10 / VCN10 (2) / VCN10 (5) 75

Tableau 31 : UG 1 - Régime désinfluencé | Estimation des VCN3 / VCN3 (2) / VCN3 (5) 75

Tableau 32 : UG 1 - Régime désinfluencé | Estimation des 1/10ème et 1/20ème module 75

Tableau 33 : UG 2 – Régime désinfluencé | Estimation des QMNA / QMNA 2 / QMNA 5 76

Tableau 34 : UG 2 - Régime désinfluencé | Estimation des VCN10 / VCN10 (2) / VCN10 (5) 76

Tableau 35 : UG 2 - Régime désinfluencé | Estimation des VCN3 / VCN3 (2) / VCN3 (5) 76

Tableau 36 : UG 2 - Régime désinfluencé | Estimation des 1/10ème et 1/20ème module 76

Tableau 37 : UG 3 – Régime désinfluencé | Estimation des QMNA / QMNA 2 / QMNA 5 77

Tableau 38 : UG 3 - Régime désinfluencé | Estimation des VCN10 / VCN10 (2) / VCN10 (5) 77

Tableau 39 : UG 3 - Régime désinfluencé | Estimation des VCN3 / VCN3 (2) / VCN3 (5) 77

Tableau 40 : UG 3 - Régime désinfluencé | Estimation des 1/10ème et 1/20ème module 77

Tableau 41 : UG 4 – Régime désinfluencé | Estimation des QMNA / QMNA 2 / QMNA 5 78

Tableau 42 : UG 4 - Régime désinfluencé | Estimation des VCN10 / VCN10 (2) / VCN10 (5) 78

Tableau 43 : UG 4 - Régime désinfluencé | Estimation des VCN3 / VCN3 (2) / VCN3 (5) 78

Tableau 44 : UG 4 - Régime désinfluencé | Estimation des 1/10ème et 1/20ème module 78

Tableau 45 : Régime désinfluencé – Récapitulatif des indicateurs de débit au droit des points de référence du bassin du Foron Rochois et du Nant de Sion (Source : SUEZ Consulting, 2019) 81

Tableau 46 : Régime désinfluencé – Comparaison avec les débits de référence à l'étiage estimés par l'OFB-IRSTEA en 2012 (Source : IRSTEA, 2012, SUEZ Consulting, 2019) 82

Tableau 47 : Liste des zones humides présentes sur le bassin du Foron Rochois jouant un rôle hydrologique prépondérant (Source : Etude ZH du SAGE Arve, 2013) 83

Tableau 48 : Récapitulatif des différentes masses d'eau souterraines du secteur d'étude 95

Tableau 49 : Tableau récapitulatif des données piézométriques utilisées 105

Tableau 50 : Régimes influencé et désinfluencé - Tableau de synthèse des débits caractéristiques d'étiage et des écarts aux valeurs actuelles (Source : SUEZ Consulting, 2019) 114

Tableau 51 : Tendances d'évolution des températures aux horizons 2027 et 2050, selon les modèles climatiques CNRM et IPSL et le scénario RCP 4.5 (Source : DRIAS Les futurs du climat, SUEZ Consulting, 2019) 119

Tableau 52 : Tendances d'évolution des températures à l'horizon 2021-2050 (en comparaison avec la période 1976-2005), selon les modèles climatiques CNRM et IPSL et le scénario RCP 4.5 (Sources :, Jean Jouzel et Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie, 2014 et SUEZ Consulting, 2019) .. 120

Tableau 53 : Tendances d'évolution des précipitations aux horizons 2027 et 2050, selon les modèles climatiques CNRM et IPSL et le scénario RCP 4.5 (Source : DRIAS Les futurs du climat, SUEZ Consulting, 2019) 121

Tableau 54 : Tendances d'évolution des précipitations à l'horizon 2021-2050 (en comparaison avec la période 1976-2005), selon les modèles climatiques CNRM et IPSL et le scénario RCP 4.5 (Sources :, Jean Jouzel et Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie, 2014 et SUEZ Consulting, 2019) .. 122

Tableau 55 : Valeurs de QMNA5 et de VCN10(5) du Foron Rochois aval (UG4) estimées sur différentes périodes à partir des modèles climatiques IPSL et CNRM – scénario RCP 4.5 (Source : DRIAS Les futurs du climat, SUEZ Consulting, 2019) 123

Tableau 56 : Régimes influencé et désinfluencé - Tableau de synthèse des débits caractéristiques d'étiage à l'horizon 2027 (Source : SUEZ Consulting, 2019) 126

Tableau 57 : Régimes influencé et désinfluencé - Tableau de synthèse des débits caractéristiques d'étiage à l'horizon 2050 (Source : SUEZ Consulting, 2019) 129

LISTE DES SIGLES ET ACRONYMES

AEP :	Alimentation en eau Potable
ANC :	Assainissement Non Collectif
CETMEF	Centre d'études techniques maritimes et fluviales
CGDD	Commissariat Général au Développement Durable
CLE :	Commission Locale de l'Eau
DCE	Directive Cadre sur l'Eau
DDT 74 :	Direction Départementale des Territoires de la Haute-Savoie
DGEC	Direction Générale de l'Energie et du Climat
DGPR	Direction Générale de la Prévention des Risques
DREAL	Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement
ECPP :	Eaux Claires Parasites Permanentes
EPCI-FP :	Etablissement Public de Coopération Intercommunale à Fiscalité propre
ETP	EvapoTranspiration Potentielle
FDAAPPMA 74 :	Fédération Départementale des Associations Agréées de Pêche et de Protection des Milieux Aquatiques de Haute-Savoie
OFB	Office Français de la Biodiversité
QMNA	Débit moyen mensuel minimum
ROMMA	Réseau d'Observation Météo du Massif Alpin
SAGE :	Schéma d'Aménagement et de Gestion de l'Eau
SDAGE :	Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux
SM3A :	Syndicat Mixte d'Aménagement de l'Arve et de ses Affluents
UG :	Unité de Gestion
ZH	Zone Humide
ZRE :	Zone de Répartition des eaux

1 PREAMBULE

1.1 LE CONTEXTE DE L'ETUDE

La circulaire 17-2008 du 30 juin 2008 sur la résorption des déficits quantitatifs et la gestion collective de l'irrigation s'inscrit dans le prolongement du Plan National de Gestion de la Rareté de l'Eau de 2005, de la Loi sur l'Eau (LEMA) de 2006 et de la Directive Cadre Européenne sur l'Eau (DCE). Elle cherche à promouvoir un retour à l'équilibre entre l'offre et la demande en eau. Elle fixe les objectifs généraux visés pour la résorption des déficits quantitatifs et décrit les grandes étapes pour atteindre ces objectifs :

- Détermination des volumes maximums prélevables, tous usages confondus ;
- Concertation entre les usagers pour établir la répartition des volumes ;
- Dans les bassins concernés, mise en place d'une gestion collective de l'irrigation.

Un certain nombre de zones ont été définis dans le Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux 2016-2021 et notamment au travers l'Orientation Fondamentale n°7 qui vise à atteindre l'équilibre quantitatif en améliorant le partage de la ressource en eau et en anticipant l'avenir. Le sous-bassin de l'Arve – comprenant le Foron Rochois et le Nant de Sion - est ainsi identifié dans le SDAGE comme un territoire sur lequel des actions de préservation des équilibres quantitatifs sont nécessaires pour tout ou partie du territoire.

En 2013, dans le cadre de l'élaboration du Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE) de l'Arve, le SM3A a donc mené une étude quantitative globale qui a permis d'identifier les secteurs sous tension quantitative. Ces secteurs, dont font partie les bassins versant du Foron Rochois et du Nant de Sion, sont ainsi identifiés dans le SAGE de l'Arve en vigueur comme devant faire l'objet d'études besoins-ressources pour améliorer les connaissances locales et pour limiter l'impact des prélèvements sur la ressource en eau.

Les élus et structures locales, conscients de cet état et soucieux d'anticiper l'aggravation des phénomènes – notamment du fait du changement climatique – ont souhaité s'impliquer dans une démarche plus poussée d'analyse quantitative, permettant d'aboutir notamment à des volumes prélevables ces trois bassins versants.

1.2 LE DEROULEMENT DE LA MISSION ET LES OBJECTIFS DE LA PHASE 3

L'étude se décompose en 7 phases :

- Phase 1 : Caractérisation des sous bassins et aquifères et recueil de données complémentaires,
- Phase 2 : Bilan des prélèvements existants, analyse de l'évolution,
- Phase 3 : Impact des prélèvements et quantification des ressources existantes,
- Phase 4 : Détermination de la sensibilité des milieux (débits biologiques),
- Phase 5 : Détermination des volumes prélevables et définition des valeurs seuils,
- Phase 6 : Proposition d'un programme d'actions,
- Phase 7 : Proposition de répartition des volumes entre les usages.

La réalisation de ces différentes phases conduit ainsi à :

- Améliorer / affiner les connaissances sur l'état quantitatif de la ressource en eau, les besoins pour les usages et les milieux aquatiques,
- Doter le territoire de valeurs de références pertinentes et adaptées pour améliorer la gestion de la ressource en eau,
- Proposer une stratégie partagée entre tous les acteurs pour dégager collectivement des gains / marges de manœuvre possibles pour préserver la ressource en eau et les satisfaire besoins pour les usages et les milieux aquatiques.

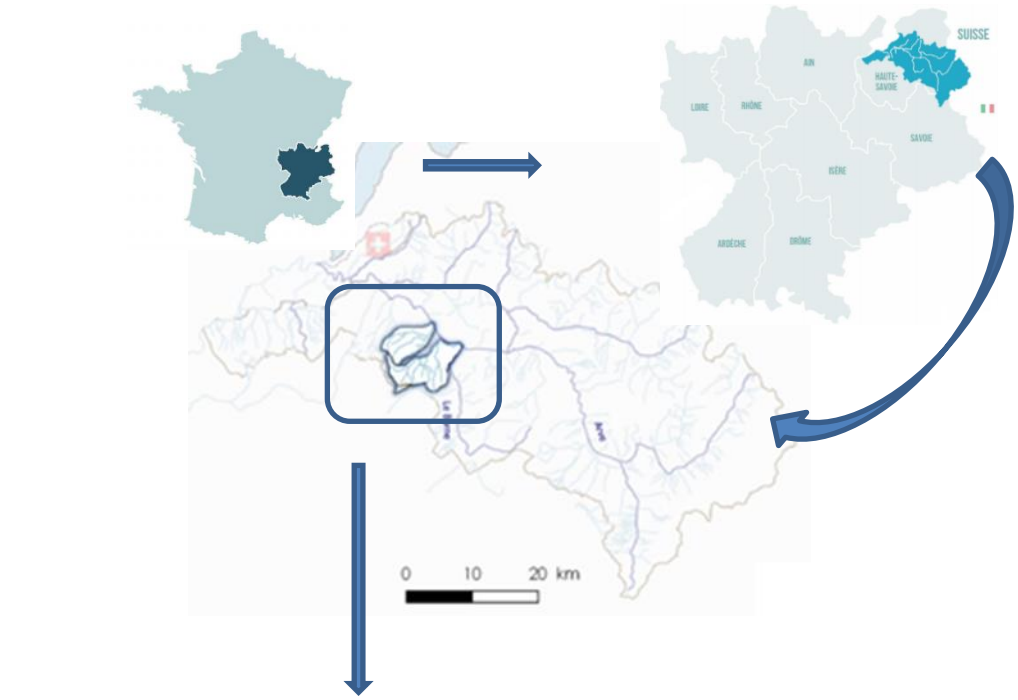
Le présent document constitue le rapport de phase 3.

Conformément au CCTP de l'étude, l'objectif de la phase 3 est de :

- **Quantifier les ressources existantes et déterminer les débits caractéristiques d'étiage** des eaux superficielles en régimes « influencé » et « désinfluencé » par les prélèvements et les rejets ;
- **Analyser le fonctionnement de l'hydrosystème** et notamment les relations nappes-rivières ;
- **Evaluer l'impact des prélèvements** actuels sur la ressource en eau superficielle ;
- Analyser les perspectives d'évolution de la ressource en eau au regard du changement climatique notamment.

1.3 DELIMITATION DE LA ZONE D'ETUDE

Le territoire d'étude concerne les bassins versants du Foron de la Roche, du Nant de Sion et du ruisseau de la Mouille.



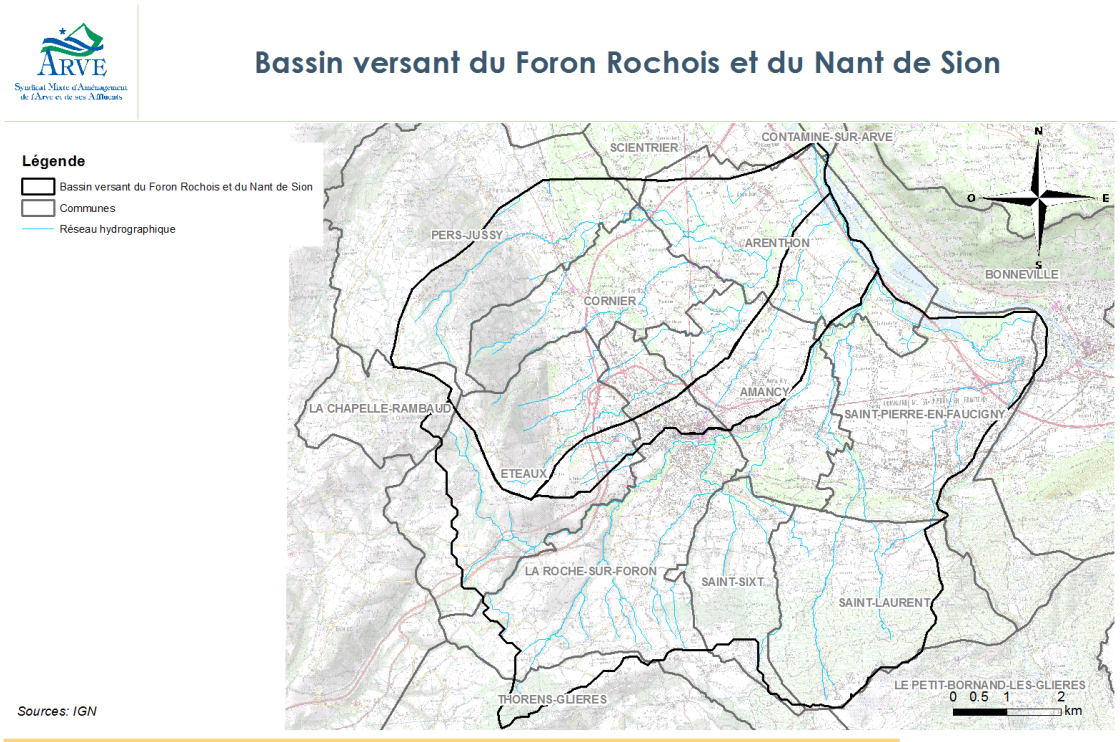


Figure 1 : Territoire d'étude - Bassin versant du Foron Rochois et du Nant de Sion (Sources : IGN, SAGE Arve, SM3A)

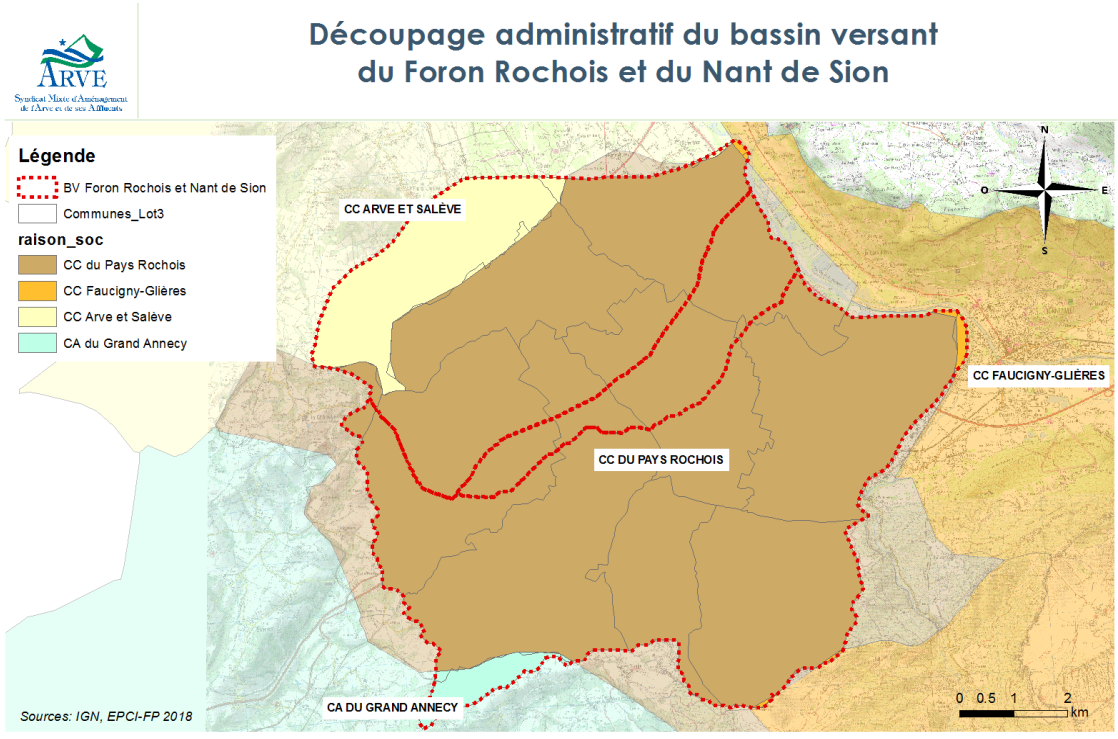
D'une superficie totale de 79 km², ces trois bassins versants s'étendent sur 13 communes françaises du département de Haute-Savoie.

Le Foron Rochois est alimenté par 8 ruisseaux principaux qui sont, d'amont en aval : les ruisseaux de Vuaz, des Crys, de la Bénite Fontaine, de la Biolle, du Creux des Moulins, des Fournets, le Bourre et le Brachouet.

Le Nant de Sion est lui alimenté par quatre ruisseaux provenant des contreforts du Salève : le Berny, le Chantemerle, le ruisseau de la Madeleine et le ruisseau de Veige.

Enfin le bassin versant du ruisseau de la Mouille est uniquement alimenté par ce cours d'eau.

D'un point de vue administratif, le territoire de la Communauté de Communes du Pays Rochois couvre la majeure partie de ces bassins versants.



Etudes quantitatives sur les territoires prioritaires du SAGE de l'Arve - Bassin versant du Foron Rochois et du Nant de Sion

Figure 2 : Découpage administratif des bassins versants du Foron Rochois et du Nant de Sion (Sources : IGN, collectivites-locales.gouv.fr/EPCI-FP 2018)

2 OBJECTIFS ET DEFINITIONS PREALABLES

2.1 OBJECTIFS

Le principal objectif de la phase 3 est d'évaluer, pendant la période d'étiage et en chaque point de référence, l'écart entre les débits caractéristiques d'étiage du cours d'eau en régime influencé par les prélèvements et rejets anthropiques et les débits caractéristiques d'étiage du cours d'eau en régime « désinfluencé ».

Les débits caractéristiques d'étiage sont obtenus par une analyse statistique des chroniques de débits :

- Mesurés en continu via les stations hydrométriques retenues (cf. partie 3.4.1), aux points ou ces dernières sont disponibles ;
- Simulés par une modélisation hydrologique paramétrée pour représenter au mieux les débits du bassin versant, aux points ou les mesures hydrométriques sont insuffisantes ou inexistantes.

Le régime hydrologique « désinfluencé » est reconstitué sur la base d'un travail de modélisation hydrologique (analogue à celui réalisé pour reconstituer les chroniques de débits influencés en absence de mesures) utilisant notamment les données climatologiques du secteur et la base de données des prélèvements et rejets constituée en phase 2 de la présente étude (cf. rapport de phase 2).

La modélisation hydrologique réalisée prend en compte de manière intégrée les relations nappe-rivière, qui sont analysée dans le détail sur la base d'un travail de terrain et d'analyse bibliographique, afin de mieux comprendre les besoins et l'impact des pressions en différents points du bassin versant.

La comparaison des débits influencés et désinfluencés, et la comparaison des débits désinfluencés avec les prélèvements réalisés permettent d'évaluer l'impact des usages anthropiques de l'eau sur la ressource superficielle.

Une application de la modélisation hydrologique en régime influencé et désinfluencé sur des projections du climat et des usages de l'eau futurs permet d'analyser les perspectives d'évolution de la ressource en eau.

2.2 DEFINITIONS PREALABLES[1]

❖ Module : Débit moyen interannuel

Le module est la moyenne des débits moyens annuels calculés sur une année hydrologique et sur l'ensemble de la période d'observation de la station. Ce débit donne une indication sur le volume annuel moyen écoulé et donc sur la disponibilité globale de la ressource d'un bassin versant..

Il a valeur de référence réglementaire, notamment dans le cadre de l'article L214-18 du code de l'environnement et de sa circulaire d'application du 5 juillet 2011 fixant au dixième du module désinfluencé la valeur plancher du débit à laisser en aval d'un ouvrage dans le lit d'un cours d'eau. Basses eaux

La période des basses eaux correspond à la période où le débit du cours d'eau est inférieur à son module.

❖ Etiage

D'après les sources consultées, une certaine ambiguïté subsiste quant à la définition du terme « étiage ». Ces dernières convergent toutefois vers les notions suivantes :

Le terme « étiage » caractérise :

- Une période durant laquelle le débit du cours d 'eau considéré est non seulement inférieur au module, mais, de plus, particulièrement bas. Cette période peut être identifiée comme étant celle durant laquelle le débit est inférieur à une valeur « seuil » calculée statistiquement selon des modalités choisies en fonction de la situation considérée ;
- Une période durant laquelle le niveau des nappes est également particulièrement bas ;
- Un événement qui n'est pas nécessairement exceptionnel. Ceci dépend de la sévérité de l'étiage, qui doit être caractérisée au moyen d'indicateurs statistiques appropriés ;
- Une période durant laquelle seules les nappes, en voie d'épuisement, contribuent au débit du cours d'eau (absence de pluie) ;
- Un événement qui se décrit non seulement par la valeur de débit non-dépassée, mais également par sa durée.

[1] Sources :
- Claire Lang Delus, « Les étiages : définitions hydrologique, statistique et seuils réglementaires », Cybergeo : European Journal of Geography [En ligne], Environnement, Nature, Paysage, document 571, mis en ligne le 30 novembre 2011 ;
- OFB ;
- Ministère chargé de l'environnement.

Quelle que soit la définition considérée, un étiage s'identifie, se caractérise et se délimite à l'aide d'au moins un indicateur nommé **débit caractéristique d'étiage**.

Ce dernier peut se définir à partir de débits journaliers, de débits mensuels, ou encore de moyennes mobiles calculées sur plusieurs jours. Il est également possible de caractériser les étiages à partir d'un débit seuil, en comptabilisant le nombre de jours sous ce seuil ou le volume déficitaire.

Afin de pouvoir bien appréhender la complexité d'un étiage, il est préférable de s'appuyer sur une série de débits caractéristiques d'étiage différents, et non un seul.

La définition des principaux types de débits caractéristiques d'étiage est détaillée ci-après :

- **QMNA : Débit moyen mensuel minimum de l'année**

Il s'agit de la variable usuellement employée par les services gestionnaires pour caractériser les étiages d'un cours d'eau. Il s'agit, pour une année donnée, du débit moyen mensuel (= moyenne des débits journaliers sur un mois), le plus bas de l'année.

- **QMNA5 : Débit d'étiage quinquennal**

Le QMNA5 correspond au **débit moyen mensuel minimum de période de retour 5 ans**, c'est-à-dire **ayant une chance sur cinq de ne pas être dépassé pour une année donnée**

Il s'agit du **débit de référence** tel que défini par le décret nomenclature n°93-743 et permet aux services instructeurs d'identifier le régime qui s'applique et d'apprécier les incidences d'un projet sur la ressource en eau.

Le QMNA5 est une valeur règlementaire qui présente l'inconvénient d'être soumise à l'échelle calendaire. Les débits d'étiage peuvent en effet être observés durant une période chevauchant deux mois, induisant une surestimation du débit d'étiage par le QMNA. Pour cette raison, même si le QMNA5 reste une valeur réglementaire, l'évaluation des niveaux de débit en période d'étiage s'appuie préférentiellement sur des données journalières.

- **VCN_d : Débit minimum de l'année calculé sur d jours consécutifs**

Les VCN_d sont des valeurs extraites annuellement en fonction d'une durée fixée d jours.

- Le **VCN3** permet de caractériser une situation d'étiage sévère sur une courte période (3 jours).
- Les **VCN7** et **VCN10** correspondent à des valeurs réglementaires dans de nombreux pays et sont très utilisés d'une manière générale dans les travaux portant sur les étiages.

Remarque :

Il est intéressant de comparer le QMNA au VCN30. Le VCN30 correspond à la moyenne mobile la plus faible de l'année calculée sur 30 jours consécutifs, car il se rapproche en termes de durée de l'échelle mensuelle. Ces deux grandeurs devraient être proches, mais dans certains contextes des écarts importants peuvent apparaître, notamment lors d'années pluvieuses et dans le cas de bassins imperméables qui ont une réponse rapide aux impulsions pluviométriques.

- **Débit mensuel interannuel quinquennal sec**

Le débit mensuel interannuel quinquennal sec correspond pour un mois considéré, au débit mensuel qui a une probabilité de 4/5 d'être dépassé chaque année. Il permet de caractériser un mois calendaire de faible hydraulicité[2].

- **Débit d'étiage vs débit caractéristique d'étiage**

Un débit d'étiage consiste en une valeur caractérisant l'étiage d'un cours d'eau sur une période délimitée dans le temps. Exemples :

- Le QMNA de l'année 2010 correspond au débit mensuel (calendaire) le plus bas de l'année 2010 ;
- Le VCN10 de l'année 2011 correspond au plus bas débit calculé sur 10 jours consécutifs de l'année 2011.

Un débit caractéristique d'étiage consiste en une valeur issue d'une série de débits d'étiage et associée à une probabilité d'occurrence (ou fréquence). Exemples :

- Le VCN10 de période de retour 5 ans correspond au VCN 10 ayant une probabilité de 1/5 de ne pas être dépassé sur une année donnée ;
- Le QMNA5 correspond au QMNA ayant une probabilité 1/5 de ne pas être dépassé sur une année donnée.

Dans le cadre de la présente étude, une gamme de débits caractéristiques d'étiage sera calculée en chaque point de référence :

- **QMNA interannuel, QMNA2, QMNA5,**
- **Débits mensuels interannuels quinquennaux secs,**
- **1/10ème module, 1/20ème module,**
- **VCN10 et VCN3 (annuel, biennal et quinquennal).**

[2] Hydraulicité : Rapport du débit mensuel (ou annuel) à sa moyenne interannuelle. Elle permet de positionner simplement le débit d'une année ou d'un mois donné par rapport à l'année ou au mois normal.

3 CARACTERISATION DE LA RESSOURCE EN EAU SUPERFICIELLE

3.1 LOCALISATION DES POINTS DE REFERENCE ET DECOUPAGE GEOGRAPHIQUE DU BASSIN VERSANT

Une étape essentielle dans la présente étude est la position des stations étudiées. En effet, les caractéristiques d'étiage, les débits biologiques ainsi que les débits objectifs seront définis au niveau d'un ensemble de **points de référence** sur le bassin versant du Foron Rochois et du Nant de Sion.

Il est à noter que ce bassin versant est dépourvu de points de confluence et de points stratégiques de référence au sens du SDAGE Rhône-Méditerranée 2016-2021 dans son orientation fondamentale n°7.

On distinguera dans cette étude :

- **Des points de mesures de débits** (= jaugeages), utiles pour le travail de caractérisation de la ressource en eau (phase 3),
- **Des points de référence** (=tronçons hydrographiques), utiles pour l'analyse de l'impact des prélèvements (phase 3), de la définition des débits biologiques (phase 4) et in fine, des débits objectifs d'étiage (DOE).

La localisation de ces points a fait l'objet d'une **note technique** préalable aux campagnes de mesures (cf. Annexe 1). Ces points sont récapitulés dans les Tableau 1 et Tableau 2 et leur localisation est donnée à la Figure 3.

Tableau 1 : Récapitulatif des points de mesure de débits sur les bassins-versants du Foron Rochois et du Nant de Sion (Source : SUEZ Consulting, 2018)

N°	Désignation	Commune	Sous-unité hydrologique
3_01	Foron Rochois amont (Foron Rochois)	La Roche-sur-Foron	UG1
3_02	ZU de la Roche sur Foron (Foron Rochois)	La Roche-sur-Foron	UG2
3_03	Le Bourre_1 (amont) (Le Bourre)	Saint-Laurent	UG4
3_04	Ruisseau de la Restat (Le Bourre)	Saint-Pierre-en-Faucigny	UG4
3_05	Le Bourre_2 (Le Bourre)	Saint-Pierre-en-Faucigny	UG4
3_06	Foron Rochois aval (Foron Rochois)	Saint-Pierre-en-Faucigny	UG2
3_07	Franchissement de l'A40 Brachouet (Le Brachouet)	Saint-Pierre-en-Faucigny	UG4
3_08	Ruisseau de la Mouille (Ruisseau de la Mouille)	Arenthon	UG3
3_09	Ruisseau de Thiozard (nant de Sion amont) (Le Sion)	Amancy	UG3
3_10	Le Berny (Le Berny)	Arenthon	UG3
3_11	Ruisseau de la Madeleine (Ruisseau de la Madeleine)	Cornier	UG3
3_12	Le Bourre_3 (Le Bourre)	Amancy	UG4
C6	Le Bourre_4 (aval) (Le Bourre)	Amancy	UG4
C7	Le Foron amont conf Brachouet (Foron Rochois)	Saint-Pierre-en-Faucigny	UG4
C8	Le Foron station SM3A	Saint-Pierre-en-Faucigny	UG4

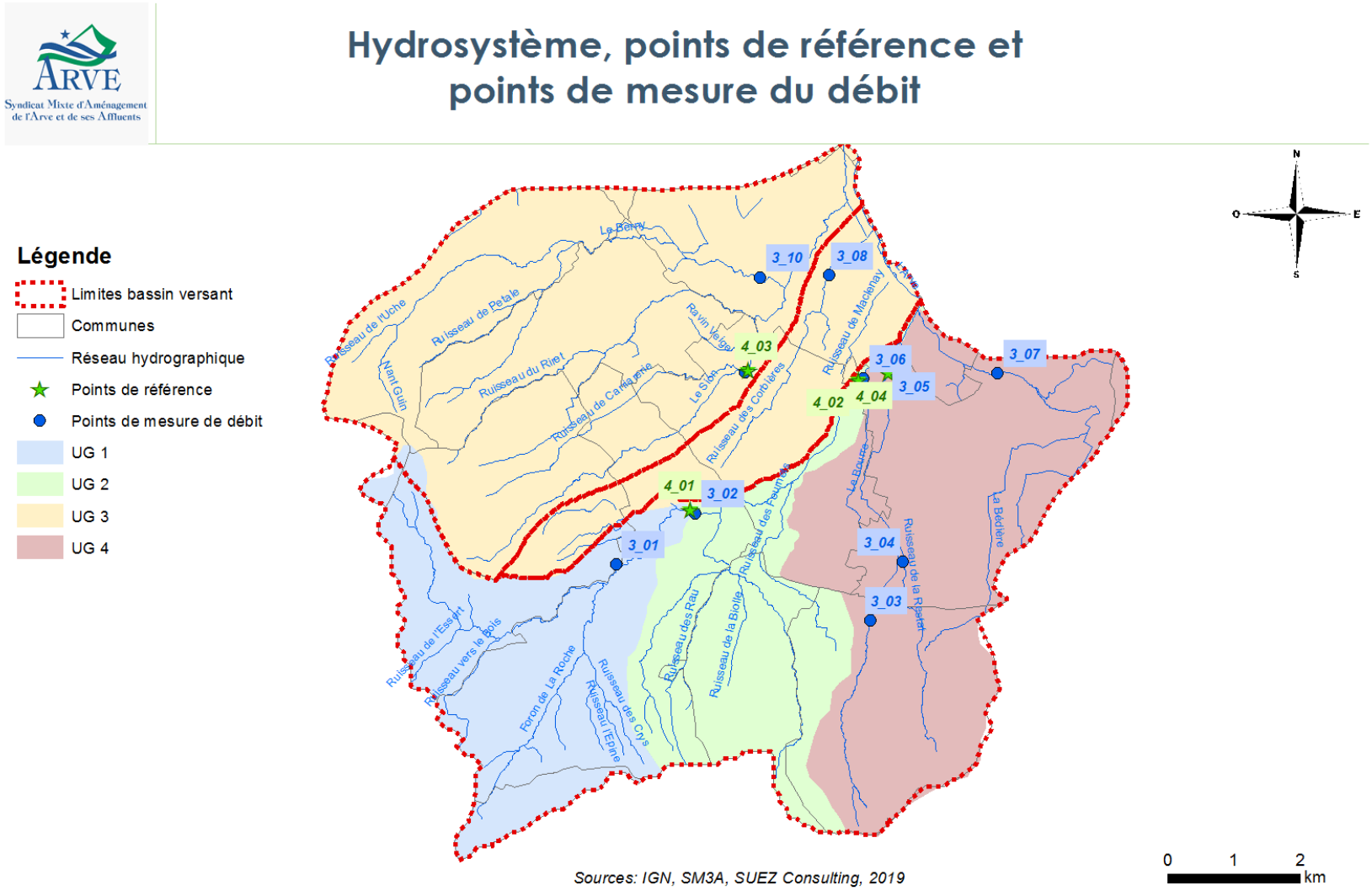
Le choix des **points de référence** répond aux critères suivants :

- ✓ Morphologie du tronçon naturelle ou peu modifiée ;
- ✓ Alternance de faciès morphologiques représentative du cours d'eau
- ✓ Pente du cours d'eau faible à moyenne (< 5%) ;
- ✓ Absence d'assec
- ✓ Existence de stations accessibles et que l'on peut facilement jauger à pied ;
- ✓ Absence d'ouvrages hydrauliques venant impacter la ligne d'eau sur au minimum 40% du tronçon

En accord avec le SM3A et l'ensemble des acteurs consultés, les **4 stations retenues pour la définition des débits biologiques** découpent le bassin du Foron Rochois et du Nant de Sion en 4 unités de gestion (UG) au sein desquelles les usages de l'eau ont été caractérisés et quantifiés en phase 2 de la présente étude :

Tableau 2 : Récapitulatif des points de référence du bassin-versant du Foron Rochois et du Nant de Sion (Source : SUEZ Consulting, 2018)

N° du point de référence	N° de l'unité de gestion correspondante	Désignation	Commune	Sous-unité hydrologique	Superficie de l'unité de gestion
4_01	UG1	Foron Rochois Amont	La Roche-sur-Foron	Le Foron Rochois	13.90 km²
4_02	UG2	Foron Rochois médian	La Roche-sur-Foron	Le Foron Rochois	11.96 km²
4_03	UG3	Nant de Sion	Amancy	Le Sion	36.28 km²
4_04	UG4	Bourre, Brachouet et Foron Rochois aval	Saint Pierre-en-Faucigny	Le Foron Rochois	21.23 km²



Etudes quantitatives sur les territoires prioritaires du SAGE de l'Arve - Bassins versants du Foron Rochois et du Nant de Sion

Figure 3 : Points de référence et découpage du bassin versant en unités de gestion (Sources : SM3A, SUEZ Consulting)

3.2 PRINCIPE DE LA CARACTERISATION DE LA RESSOURCE EN EAU SUPERFICIELLE

3.2.1 PRINCIPES GENERAUX

La caractérisation de la ressource en eau superficielle consiste à calculer et à analyser les débits caractéristiques d'étiage en chaque point de référence selon deux régimes :

- En régime dit « influencé » par les usages anthropiques de l'eau (prélèvements, rejets et transferts), on parle alors de « débits influencés » ;
- En régime dit « désinfluencé » c'est-à-dire, ce que serait la situation hydrologique en l'absence des usages de l'eau, on parle alors de **débits désinfluencés** par les usages de l'eau.

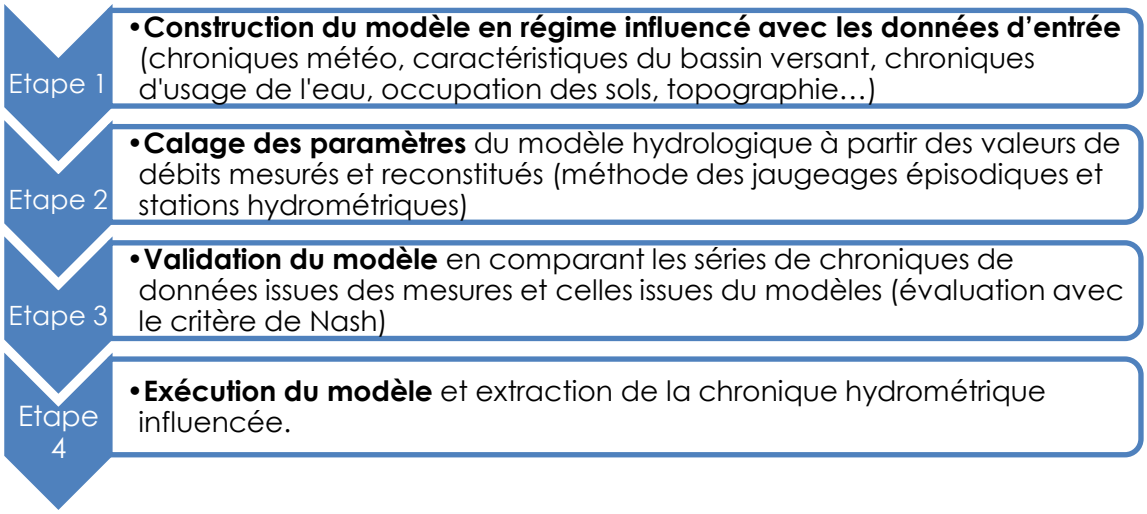
3.2.1.1 Calculs des débits influencés en situation actuelle

En situation actuelle, les débits caractéristiques d'étiage influencés peuvent se calculer à partir de la chronique journalière des débits transitant par l'exutoire du bassin versant analysé, sur une période aussi étendue que possible[3]. Pour un point de référence donné, la connaissance de cette chronique dans la configuration « situation actuelle » peut s'acquérir par l'analyse de mesures hydrométriques, lorsque ces dernières sont disponibles :

- Au niveau du point de référence considéré ;
- Sur toute la période d'analyse considérée (2008-2017) ;
- A un pas de temps le plus petit possible (a minima journalier) ;
- Sans lacunes.

Lorsque ces mesures sont inexistantes ou incomplètes, il convient de reconstituer les débits. En l'absence de station hydrométrique avec une chronique de données suffisamment longue sur le territoire d'étude, l'approche la plus pertinente consiste en la réalisation d'une **modélisation hydrologique de type pluie/débit** à l'échelle du bassin versant drainé au niveau du point de référence considéré. Les principes méthodologiques de cette approche sont décrits ci-après.

[3] Plus la période est longue, meilleure est la robustesse des indicateurs

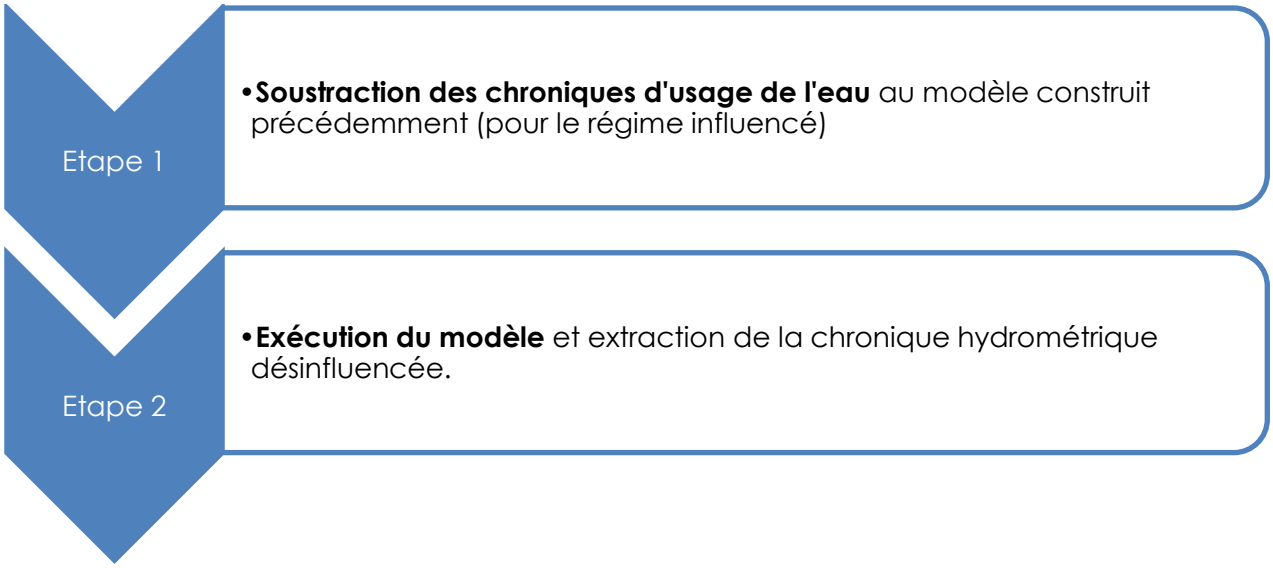


3.2.1.2 Calculs des débits désinfluencés en situation actuelle

Afin d'évaluer l'impact actuel des usages anthropiques sur la ressource en eau (objectif de la phase 3 – objet du présent rapport) et in fine, sur les milieux aquatiques (objectif de la phase 4 « détermination de la sensibilité des milieux »), il convient de calculer les débits caractéristiques d'étiage en régime « désinfluencé » en situation actuelle.

Pour ce faire, l'approche des jaugeages épisodiques a été couplée à une **modélisation hydrologique de type pluie/débit** à l'échelle du bassin versant drainé au niveau du point de référence considéré. Les principes méthodologiques de cette approche sont décrits ci-après (description du modèle et calage).

La démarche générale adoptée pour reconstituer l'hydrologie désinfluencée du bassin versant du Foron Rochois et du Nant de Sion est récapitulée par le synoptique suivant :



3.2.1.3 Calculs des débits influencés et désinfluencés en situation future

Afin d'évaluer l'impact pressenti des usages anthropiques sur la ressource en eau (objectif de la phase 3 – objet du présent rapport) et in fine, sur les milieux aquatiques (objectif de la phase 4 « détermination de la sensibilité des milieux »), il convient de calculer les débits caractéristiques d'étiage en régime « influencé » et « désinfluencé » en situation future, à court et moyen termes. Ce travail permettra également d'apprécier :

- Les impacts strictement liés aux effets du changement climatique ;
- Les impacts strictement liés aux usages anthropiques futurs (évalués en phase 2 de la présente étude – cf. rapport de phase 2) ;
- Les impacts cumulés des 2 phénomènes précités.

Pour ce faire, le modèle hydrologique qui aura été construit sera repris en utilisant les données météorologiques résultant des projections climatiques locales ainsi que le bilan des usages futurs réalisés en phase 2.

3.2.2 DESCRIPTION DE LA SOLUTION DE MODELISATION HYDROLOGIQUE EMPLOYEE

3.2.2.1 Le modèle Mike Hydro Basin : les principes théoriques

La modélisation hydrologique est réalisée à l'aide du logiciel *Mike Hydro Basin*, développé par DHI (Danish Hydraulic Institute). Ce dernier permet de réaliser des modélisations :

- **Globales**, c'est-à-dire que le bassin versant analysé est représenté comme une entité spatiale homogène et ne permet pas de décrire le débit en tout point de son emprise, mais uniquement au niveau de son exutoire. Cela se justifie par le fait que l'on cherche à obtenir des résultats au niveau d'un point unique, le point de référence ;
- **Conceptuelles**, ce qui signifie qu'elles cherchent à représenter les processus physiques de relations pluie-débit-eau souterraine (qui diffère des modélisations empiriques ou « boîte noire » dont l'architecture ne correspond pas à une représentation des processus physiques intervenant dans la transformation pluie-débit) ;
- **Intégrant les usages de l'eau,** qu'ils soient surfaciques ou souterrains[4] **;**
- Prenant en compte le stockage de nappe et les échanges et relations nappe-rivière, qui sont particulièrement marqués sur le territoire étudié.

Pour (re)constituer les débits nécessaires aux analyses, la modélisation employée s'appuie sur des données liées :

- Au **climat** (Précipitations, température et évapotranspiration) ;
- Aux **usages** de l'eau (prélèvements et rejets surfaciques et/ou souterrains).

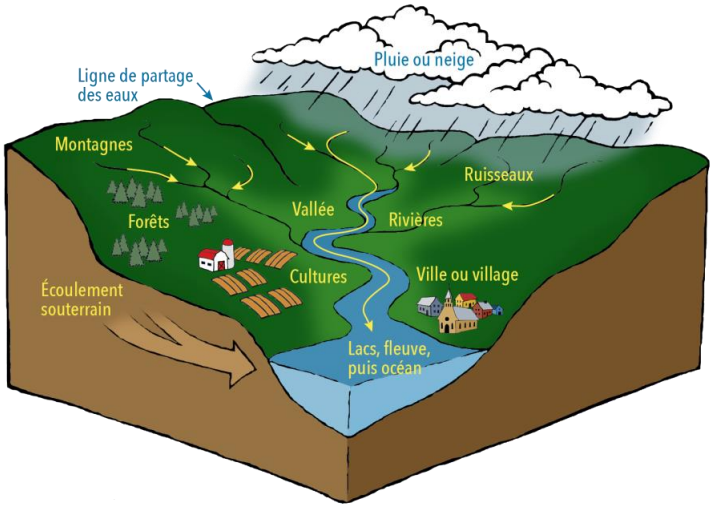


Figure 4 : Illustration du grand cycle de l'eau

[4] La prise en compte des prélèvements et rejets souterrains de la modélisation permet de reproduire de manière plausible les effets de ces derniers sur la ressource en eau superficielle.

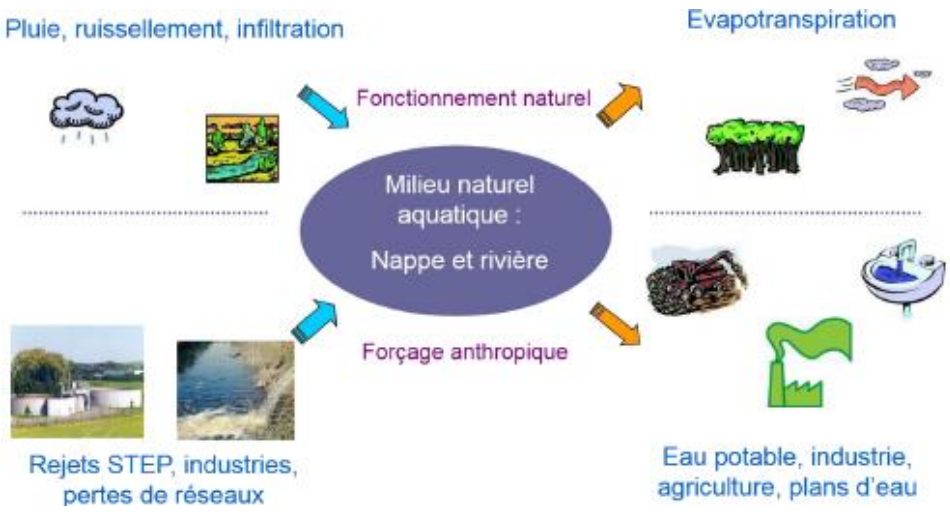


Figure 5 : Illustration des processus pris en compte par la modélisation

Le schéma conceptuel suivant indique la manière dont le modèle caractérise les processus cités ci-dessus.

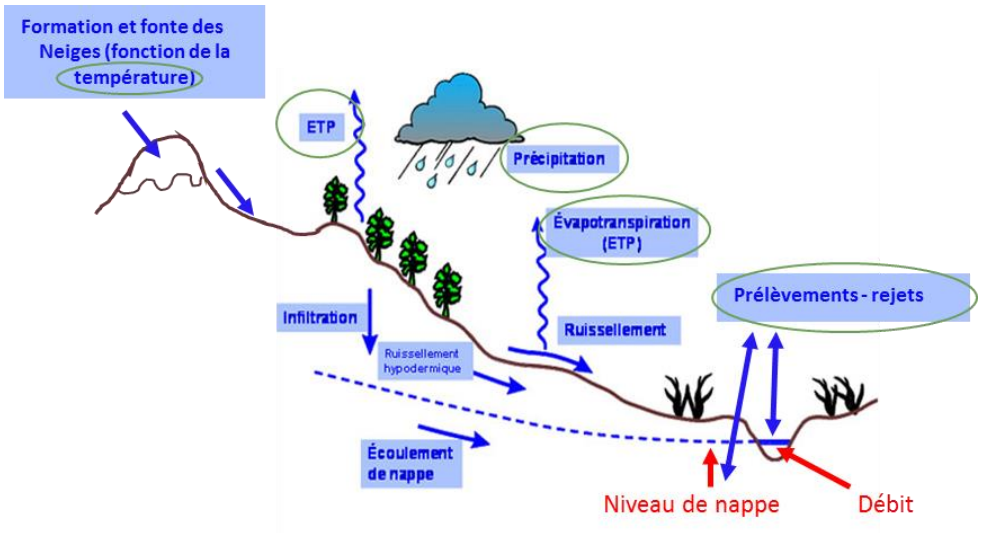


Figure 6 : Schéma conceptuel de la modélisation hydrologique. (Processus entourés en vert = données d'entrée. Processus en rouge = variables de sortie)

Concrètement, *Mike Hydro Basin* se décompose en différents compartiments fonctionnels interconnectés par l'architecture du logiciel :

- **Compartiment surfacique** : tous les phénomènes surfaciques, en addition du ruissellement hypodermique sont décrits par une modélisation NAM (module intégré au logiciel) ;
- **Compartiment souterrain** : les phénomènes souterrains sont décrits par un modèle de réservoir linéaire ;
- **Compartiment anthropique** : les prélèvements et rejets sont associés, selon qu'ils sont surfaciques ou souterrains, à l'un ou l'autre de ces modèles.

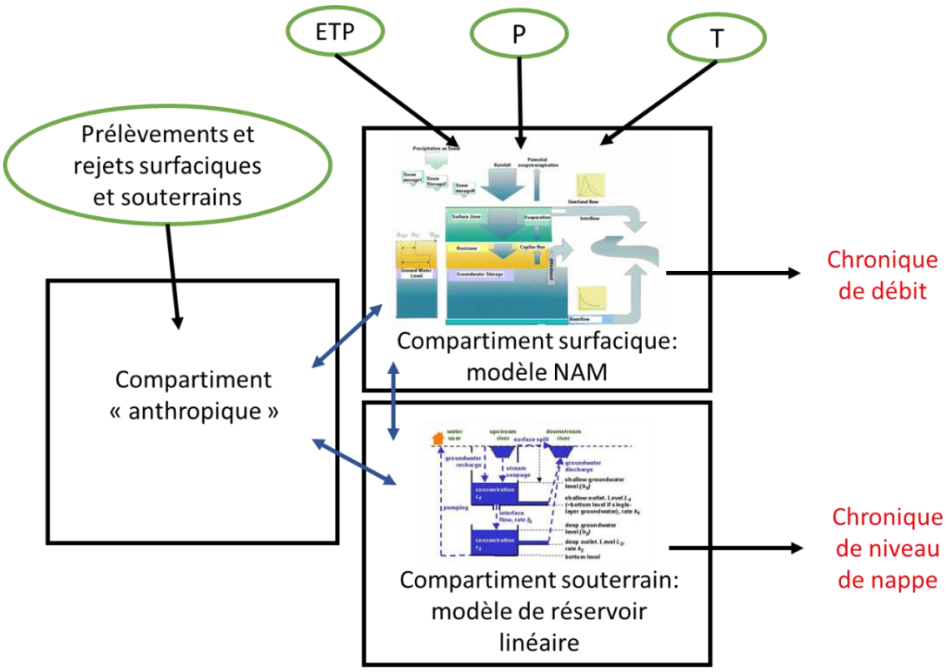


Figure 7 : Représentation schématique de l'architecture de Mike Hydro Basin

3.2.2.2 *Calage du modèle : les principes généraux*

Les chroniques disponibles de mesure de débit et de niveau de nappe sont utilisées pour **ajuster les valeurs des différents paramètres du modèle**. Le travail consiste à ajuster ces paramètres jusqu'à ce que les chroniques de débit et les chroniques de niveau de nappe simulées par le modèle puissent être considérées comme étant suffisamment proches de celles observées. Pour évaluer cette adéquation, divers indicateurs sont utilisés :

- La bonne reproduction du **module interannuel** observé ;
- La bonne reproduction du QMNA5, du VCN10 de période de retour 5 ans et du VCN3 de période de retour 5 ans observés ;
- Un **coefficient de Nash**[5] suffisamment élevé pour :
  - Les débits moyens mensuels (annuels et estivaux) ;
  - Les débits moyens décadaires (annuels et estivaux) ;
  - Les débits moyens sur une période de 3 jours consécutifs (annuels et estivaux) ;
  - Les débits journaliers (annuels et estivaux) ;
  - L'inverse des débits journaliers qui met l'accent sur les bas débits (annuels et estivaux).

Le coefficient de Nash est en modélisation pour indiquer le degré d'ajustement du modèle et évaluer sa capacité prédictive :

[5] Le coefficient de Nash est un indicateur communément employé pour indiquer le degré d'ajustement du modèle et évaluer la capacité prédictive des modèles hydrologiques

$$\textbf{Nash} = \frac{\sum_{t=1}^{T}(Q_{obs}(t)-(Q_{sim}(t))^2}{\sum_{t=1}^{T}(Q_{obs}(t)-\overline{Q_{obs}})^2} \textbf{ ;}$$

avec :

- *T le nombre d'observations,*
- *Q_{obs} la chronique des débits observés (et $\overline{Q_{obs}}$ sa moyenne)*
- *Qsim la chronique des débits simulés.*

❖ Une reproduction cohérente des **fluctuations de niveau de nappe**[6].

Ces indicateurs sont sélectionnés dans une perspective d'optimisation de la qualité de la modélisation sur les faibles débits. On s'intéresse particulièrement :

❖ Au **pas de temps mensuel** car c'est celui qui sera utilisé pour la définition de débits objectifs d'étiage et, si possible, des volumes prélevables. Ces valeurs si elles peuvent être calculées, seront définies par la CLE du SAGE.;

❖ Aux **métriques de la période estivale**, car ce sont celles qui permettent de qualifier le calage sur la période d'étiage.

Par la suite, on vérifie, sur une portion de la chronique disponible n'ayant pas été utilisée lors du processus de calage, que les valeurs restituées par le modèle correspondent toujours bien aux valeurs observées (de débit et de niveau de nappe). Il s'agit de l'étape de **validation du modèle**, qui permet de garantir que ce dernier est à même de représenter correctement les débits sur une chronique différente de celle sur laquelle il a été calé. Cette étape est cruciale pour pouvoir s'assurer de la robustesse du modèle et pour écarter l'éventualité d'occurrence d'un « sur calage » ou overfitting[7].

Selon la longueur de la chronique disponible, cette étape n'est pas toujours réalisable. En effet, si cette dernière est courte, il sera préférable de l'utiliser dans son intégralité pour le calage afin d'éviter que le modèle ne soit uniquement représentatif de phénomènes particuliers à quelques années et non au comportement du bassin versant sur une période prolongée.

Lorsque le modèle est calé et, si possible, validé, on considère que les paramètres du modèle représentent de manière satisfaisante les processus physiques du bassin versant, ce qui permet d'estimer le débit journalier qui aurait lieu :

❖ Lors de périodes au cours desquelles aucune mesure n'est disponible ;

❖ Dans des conditions de climat et d'usage de l'eau différentes.

[6] Le modèle de nappe étant ici simplifié, il conviendra de vérifier la vraisemblance des évolutions du niveau de nappe entre les chroniques piézométriques et les sorties du modèle numérique

[7] Terme caractérisant un modèle dont le calage permet de représenter très bien la chronique sur lequel il a été effectué, mais donnant des résultats médiocres en dehors de cette chronique.

3.2.2.3 Mesures adoptées lorsque le calage est impossible

Il arrive que l'on ne dispose pas des données nécessaires pour caler un modèle (manque de données de débit et/ou de piézométrie). Dans ces cas-là, plusieurs solutions sont envisageables :

- **En cas de données insuffisantes** : reprise d'un calage effectué sur un bassin versant proche et similaire à celui que l'on souhaite modéliser, puis ajustement fin du calage pour s'approcher des valeurs des données disponibles ;
- **En cas d'absence totale de données** : réutilisation du calage effectué sur un modèle représentant un bassin versant proche et similaire à celui que l'on souhaite modéliser.

3.3 COLLECTE ET TRAITEMENT DES DONNEES CLIMATIQUES

Le travail à réaliser dans le cadre de la phase 3 du présent projet nécessite de disposer de **chroniques de mesures journalières** représentatives du bassin versant étudié pour :

- La pluviométrie ;
- L'ETP ;
- La température.

3.3.1 LES STATIONS METEOROLOGIQUES RETENUES

Il existe plusieurs réseaux de suivi météorologique à proximité du secteur d'étude :

- Réseau de stations de Météo France
- Station météorologique de la CCPR à la STEP Arvea à Arenthon
- Réseau de stations ROMMA[8]

Parmi les chroniques disponibles, un choix a été opéré en se basant sur :

- La proximité de la station météorologique par rapport au secteur étudié,
- Les types de données disponibles,
- La durée et la qualité des chroniques disponibles,
- L'altitude et la représentativité des valeurs mesurées par rapport au contexte climatique du bassin versant du Foron Rochois et du Nant de Sion[9].

En raison de la durée limitée de leurs chroniques et des lacunes qui les affectent et, pour certaines, de leur éloignement au secteur d'étude, les **stations ROMMA et la station de la STEP Arvea n'ont pas été retenues** dans l'analyse.

[8] ROMMA = Réseau d'Observation Météo du Massif Alpin

[9] Selon le Bilan quantitatif du SAGE Arve, une corrélation significative existe entre l'altitude et la pluviométrie (augmentation de la pluviométrie avec l'altitude).

Concernant les **stations Météo France**, ont été retenues celles qui avaient déjà été utilisées dans le cadre de l'étude **Bilan Quantitatif du SAGE Arve**, par souci de cohérence avec ce dernier.

Les caractéristiques des stations météorologiques retenues ainsi que les données collectées sont précisées dans le tableau suivant :

Tableau 3 : Caractéristiques des stations météorologiques (Source : Météo France, 2018)

Gestionnaire	Code station	Nom station	Altitude (m)	Durée disponible	Données utiles pour l'étude	Qualité mesure	Lacunes mesures
Météo France	74016001	Archamps	560	1993-2018	P, (T)[10]	MF	0%
	74037002	Boëge	750	1973-2018	P	MF	0%
	74182001	Meythet	458	1970-2018	T, ETP	MF	0%

P : Précipitations / T : Température / ETP : Evapotranspiration Potentielle

L'emplacement des stations météorologiques considérées est présenté à la figure suivante.

[10] La température apparaît comme existante au niveau de la station d'Archamps, mais elle n'est disponible qu'à partir du mois d'août 2009, ce qui est insuffisant pour les analyses à réaliser (2008 – 2017)

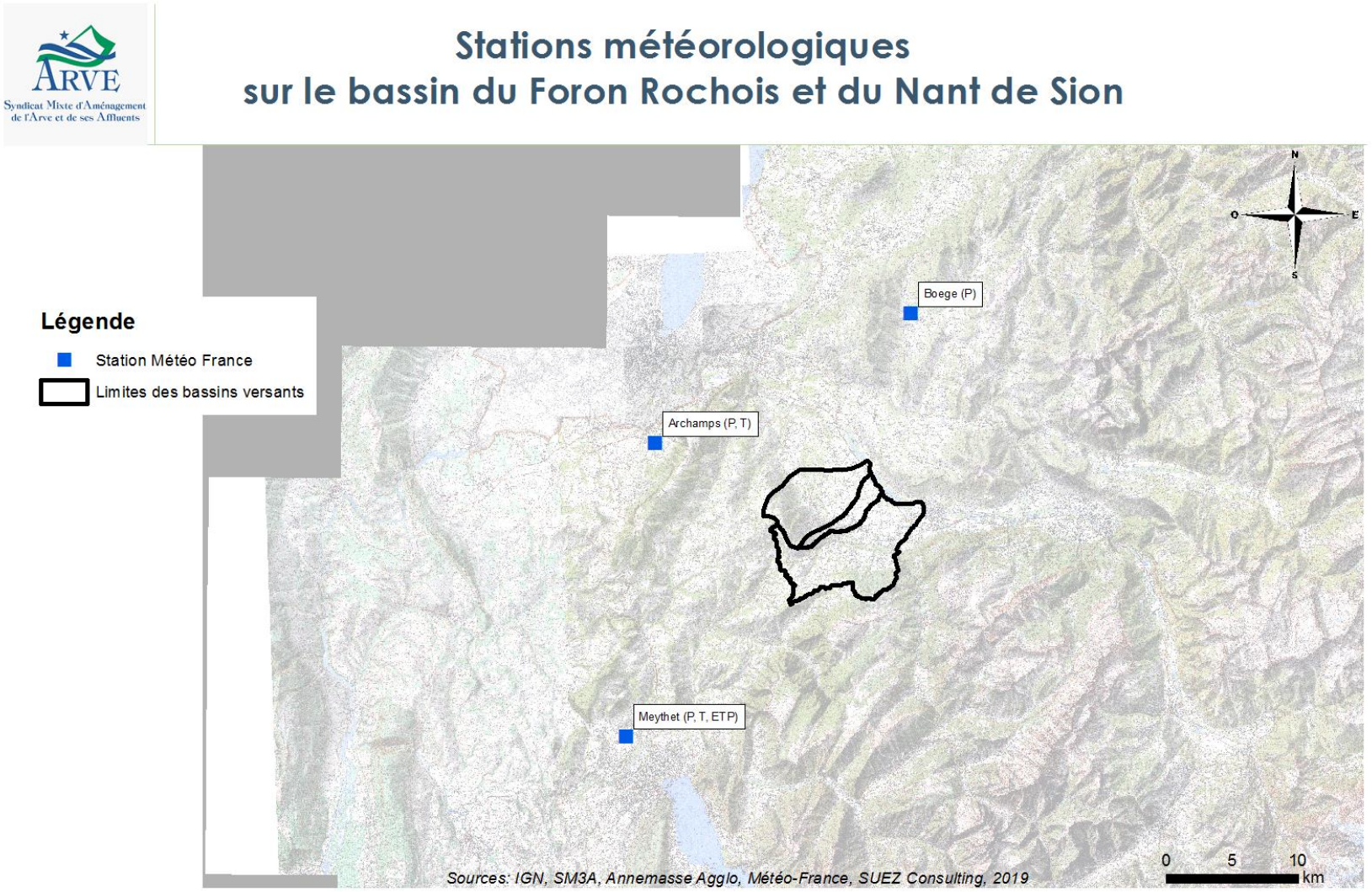


Figure 8 : Stations météorologiques Météo France sur le bassin du Foron Rochois et du Nant de Sion (Sources : IGN, SM3A, Météo France, SUEZ Consulting)

3.3.1.1 Evapotranspiration Potentielle (ETP) et température

Pour l'ETP et la température, la seule source de donnée disponible la plus proche du secteur étudié étant la **station Météo France de Meythet**, on retiendra les valeurs mesurées au niveau de cette dernière (les données de température de la station d'Archamps ne couvrent pas toute la période 2008-2017).

3.3.1.2 Pluviométrie

Concernant la pluviométrie, la diversité des données disponibles nécessite que ces dernières soient analysées finement.

Au premier abord, la procédure la plus judicieuse consisterait à maximiser l'utilisation des données pluviométriques mesurées au plus près du territoire d'étude. Ceci peut se concrétiser par l'emploi de la **méthode des polygones de Thiessen**, en excluant du calcul les pluviomètres présentant des lacunes sur les jours de survenance de ces dernières.

Malheureusement, le nombre de pluviomètres décrivant le territoire étudié et ses abords est insuffisant pour mettre en œuvre une telle démarche. Il s'agit donc d'identifier, parmi les pluviomètres d'Archamps et de Boëge, lequel est le plus représentatif des précipitations ayant lieu sur le Foron Rochois et le Nant de Sion.

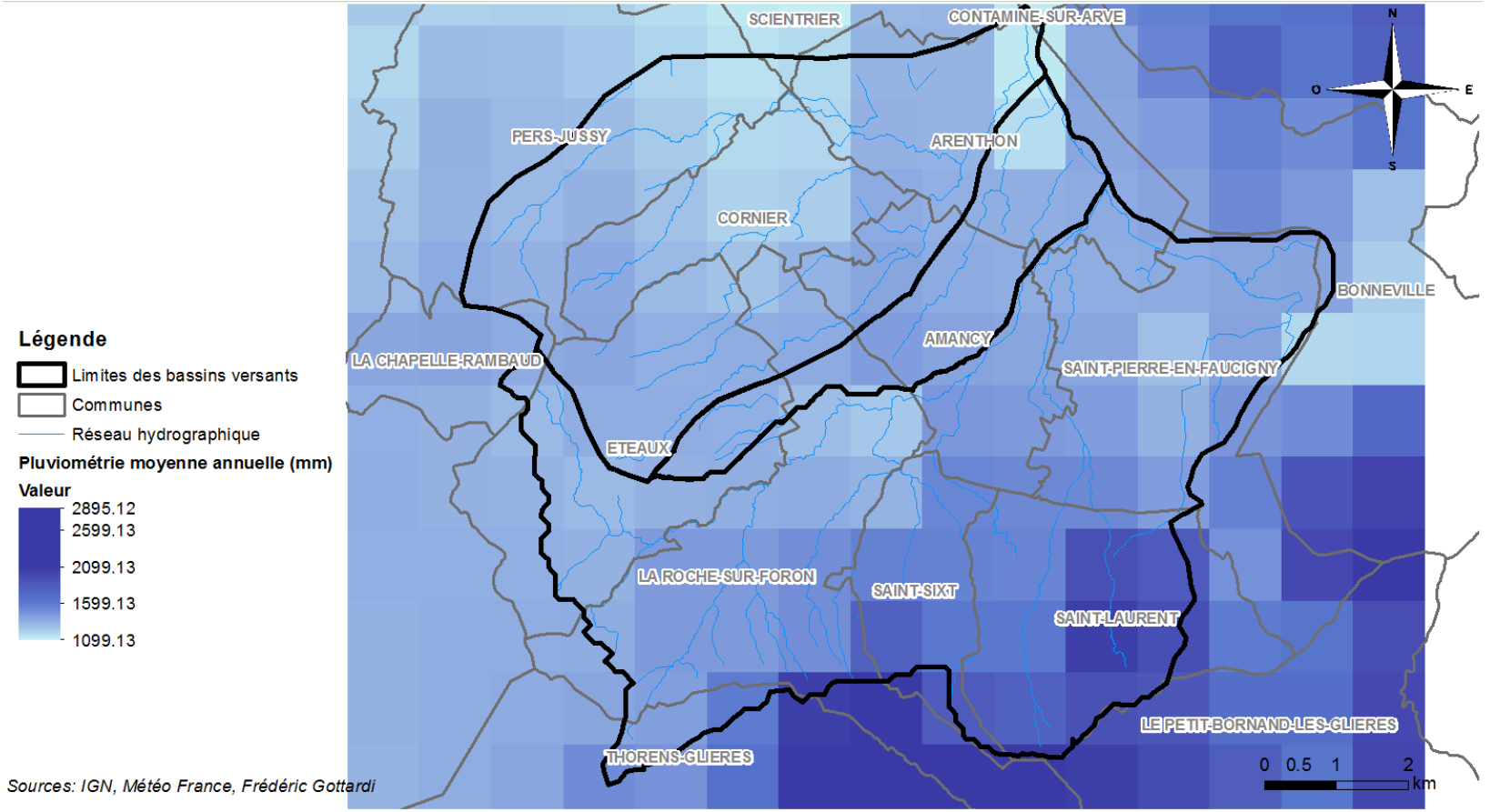
La **base de données AURELHY corrigée** dans le cadre de l'étude bilan quantitatif global sur le territoire du SAGE de l'Arve selon les résultats de la thèse de Frédéric Gottardi[11] a donc été analysée (voir Figure 9).

Selon cette dernière, le cumul annuel moyen de la station d'Archamps équivaut à **91%** de celui du bassin versant, tandis que le cumul annuel moyen de la station de Boëge équivaut à **121%** de celui du bassin versant. En ce sens, **la station d'Archamps est plus représentative des précipitations du bassin versant que celle de Boëge**.

Sur la base de l'analyse réalisée et détaillée ci-dessus, il a été choisi de retenir la station d'Archamps comme pluviomètre de référence. Le tableau suivant récapitule les analyses réalisées sur les pluviomètres.

[11] Estimation statistique et réanalyse des précipitations en montagne – Utilisation d'ébauches par types de temps et assimilation de données d'enneigement – Application aux grands massifs montagneux français, 2009, Frédéric Gottardi

Base de données AURELHY
Pluviométrie moyenne annuelle sur le bassin versant du Foron Rochois et Nant de Sion



Etudes quantitatives sur les territoires prioritaires du SAGE de l'Arve - Bassin versant du Foron Rochois et du Nant de Sion

Figure 9 : Pluviométrie moyenne annuelle sur le bassin versant du Foron Rochois et du Nant de Sion (Source : Base de données Aurelhy corrigée, Bilan quantitatif, SAFEGE, 2015)

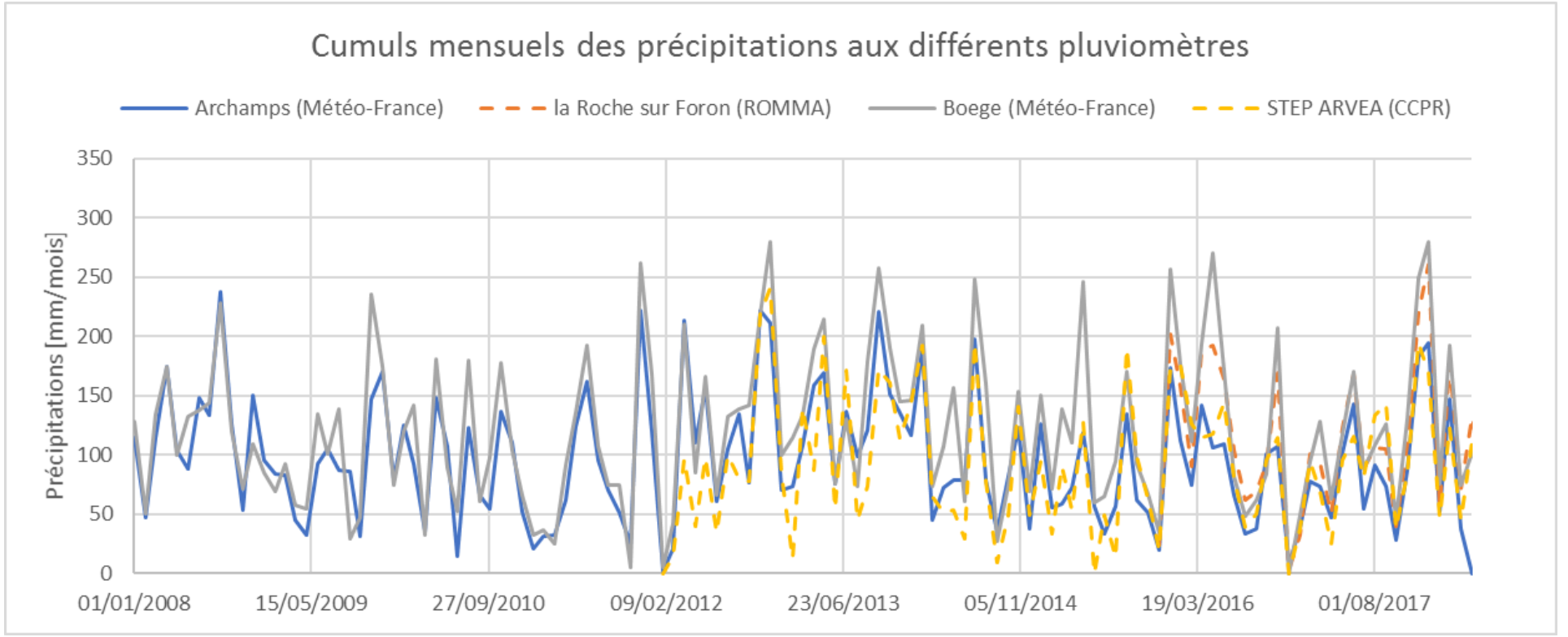


Figure 10 : Comparaison des cumuls mensuels de précipitations aux pluviomètres Météo France, ROMMA et CCPR (Source : Météo-France, ROMMA, CCPR, SUEZ Consulting, 2018)

Tableau 4 : Tableau récapitulatif des analyses sur les pluviomètres disponibles sur le territoire d'étude

	Station Boëge *Météo-France*	Station Archamps *Météo-France*
Avantages	Morphologie de chronique proche de celle de la Roche sur Foron	Morphologie de chronique proche de celle de la Roche sur Foron (réseau ROMMA) Cohérence avec étude bilan SAGE Arve Selon Aurelhy, cumul annuel le plus proche de ceux du Foron Rochois et du Nant de Sion
Inconvénients	Eloignée du secteur d'étude.	Eloignée du secteur d'étude.
Conclusion	**Non retenu**	**Retenu**

3.3.1.3 Synthèse

Pour récapituler, les données météorologiques utilisées dans la suite de l'étude, notamment pour la modélisation hydrologique, sont les suivantes :

- **Pluviométrie : Station d'Archamps (Météo France) ;**
- **ETP : Station de Meythet (Météo France) ;**
- **Température : Station de Meythet (Météo France).**

Ces chroniques sont disponibles sur toute la **période d'analyse (2008-2017)** et proviennent chacune de Météo France, ce qui contribue à consolider la confiance dans les valeurs restituées.

Cependant, elles n'ont pas été mesurées au droit du territoire étudié et la station de Meythet est située à plus de 30 km de La Roche-sur-Foron. De ce fait découle une certaine incertitude qu'il convient de garder à l'esprit lors de l'utilisation d'éléments élaborés à partir de ces chroniques.

Le tableau suivant récapitule les données climatiques utilisées dans le cadre de la présente étude, ainsi que leur mode d'utilisation.

Tableau 5 : Tableau récapitulatif des données climatiques utilisées

✓Utilisée ✓ Utilisée pour analyse comparative/qualitative ×Non utilisée

Source	Type de données	Justification
SM3A *Bilan quantitatif SAGE Arve, SAFEGE 2015*	Précipitations journalières 2000-2010 : Archamps ✓ + Boëge ✓ + Meythet ×	Cohérence Bilan Arve 2015
	ETP décadaires 2000-2010 : Meythet ✓	
	T° moyennes décadaires 2000-2010 : Meythet ✓	
	Précipitations journalières ROMMA : La Roche-sur-Foron 2015-2018 ✓ + Orange-St Sixt 2011-2018 ×	La Roche: comparatif Orange-St-Sixt: lacunaire et altitude 1100 m
SUEZ Consulting *Achat données Météo-France*	Précipitations journalières 2011-avr.2018 : Archamps ✓ + Boëge ✓ + Meythet ×	Complément des chroniques existantes
	ETP décadaires 2011-avr.2018 : Meythet ✓	
	T° moyennes décadaires 2011-avr.2018 : Meythet ✓	
	Base de données AURELHY 1971-2000 ✓	Donnée corrigée issue du bilan Arve 2015, utilisée pour comparatif
CCPR	Précipitations journalières 2012-2018 à Arenthon (STEP Arvéa) ✓	Utilisée pour comparaison

3.3.2 ANALYSE DES CARACTERISTIQUES ET TENDANCES CLIMATIQUES ACTUELLES

3.3.2.1 La pluviométrie

La pluviométrie est appréhendée à partir des **données de la station Météo France d'Archamps**, comme justifié dans la partie précédente.

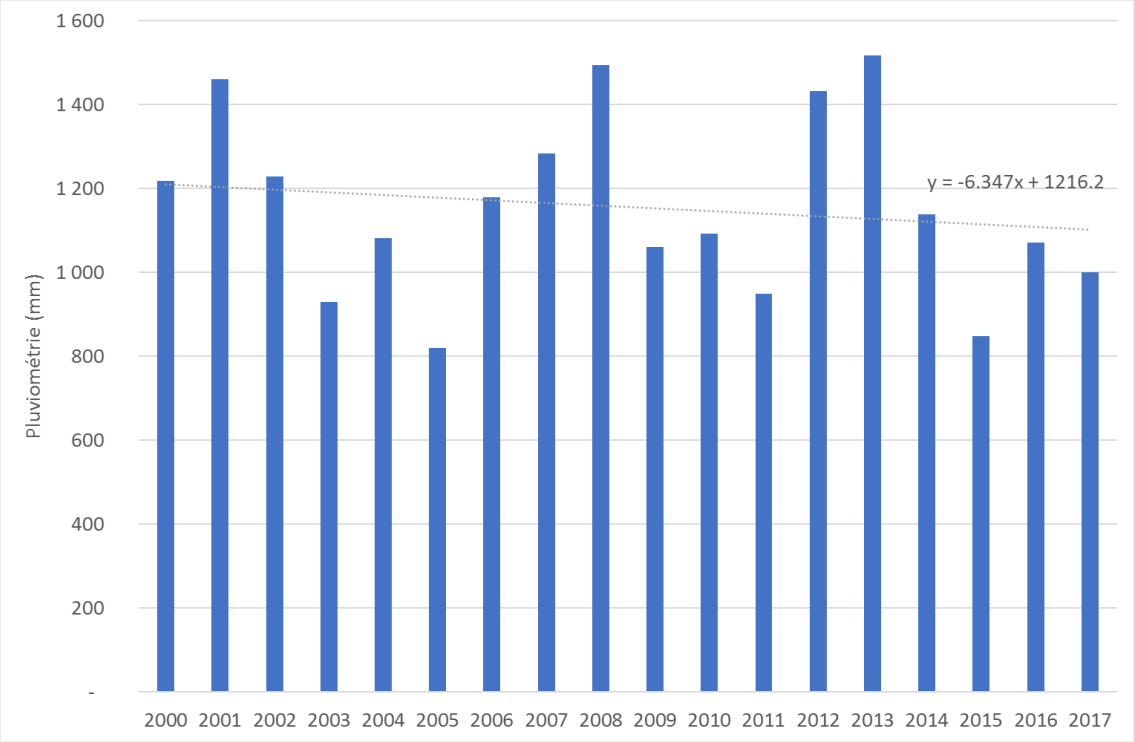


Figure 11 : Cumuls annuels de pluie à la station d'Archamps (source : Météo France)

Sur la période 2000-2017 :

- Le cumul annuel varie **entre 800 mm et 1500 mm**, avec **une moyenne de 1156 mm**. Une forte variabilité interannuelle entre ces deux bornes est observée ;
- Les années **2003 à 2005, 2009 à 2011, 2015 et 2017** apparaissent particulièrement **sèches** avec des cumuls pluviométriques inférieurs à la moyenne annuelle.
- A l'inverse, les années **2001, 2008, 2012 et 2013** ressortent comme pl**uvieuses** avec un cumul pluviométrique annuel supérieur à 1 400 mm ;
- Le calcul d'une **courbe de tendance** sur ces valeurs indique une **diminution des précipitations** au cours de la période analysée. Le même constat peut être fait à une échelle plus large en considérant l'évolution des précipitations des Alpes du Nord entre 1959 et 2017 (voir figure suivante). Cette tendance doit être considérée avec précaution car elle se base sur des mesures réalisées dans un contexte alpin, qui peut différer de celui du bassin du Foron Rochois et du Nant de Sion.

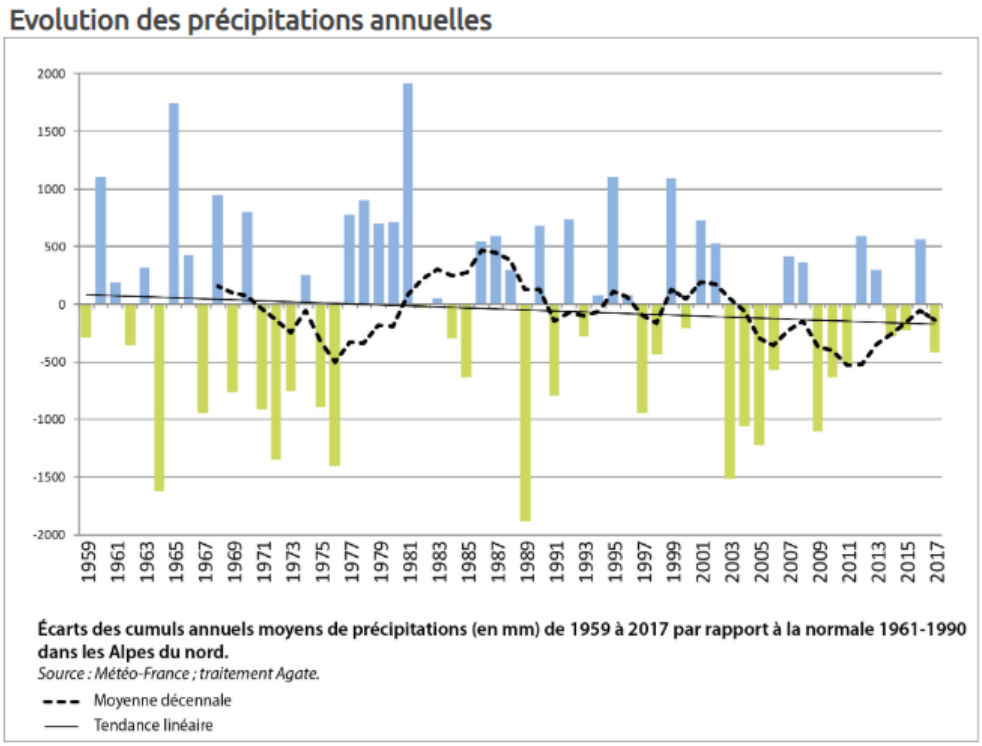


Figure 12 : Evolution des précipitations annuelles dans les Alpes du Nord entre 1959 et 2017 (source : AGATE[12])

Quant à la répartition mensuelle des précipitations, on observe une relative régularité au cours de l'année, avec des **cumuls mensuels variant entre 77 et 109 mm**, le mois le plus arrosé étant le mois d'août et le mois le plus sec étant le mois de février.

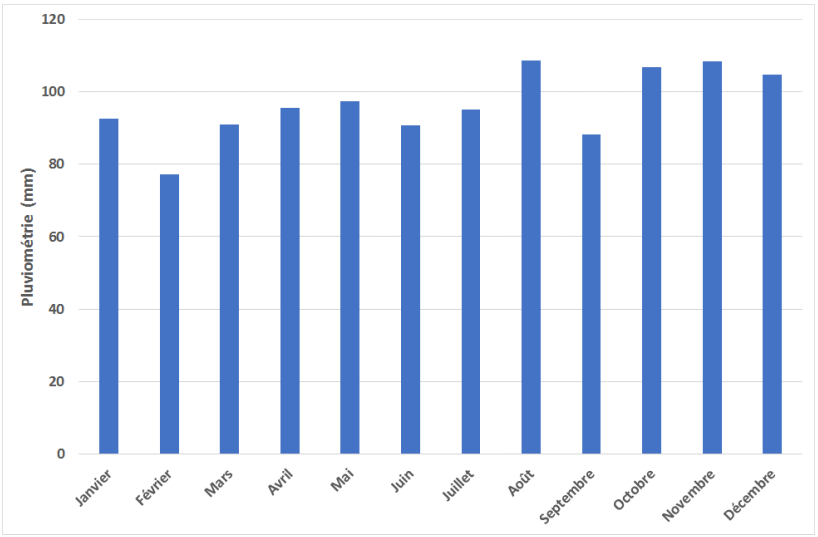


Figure 13 : Moyenne interannuelle des cumuls mensuels de pluie à la station d'Archamps sur la période 2000-2017 (Source : Météo-France)

12 http://www.mdp73.fr/index.php/10-les-observatoires/observatoire-savoyard-du-changement-climatique/20-les-bilans-climatiques-de-l-observatoire

L'analyse des cumuls pluviométriques resserrée sur la période estivale (juillet-septembre) montre une **tendance à la baisse sur la période 2000-2017** (cf. graphique ci-dessous).

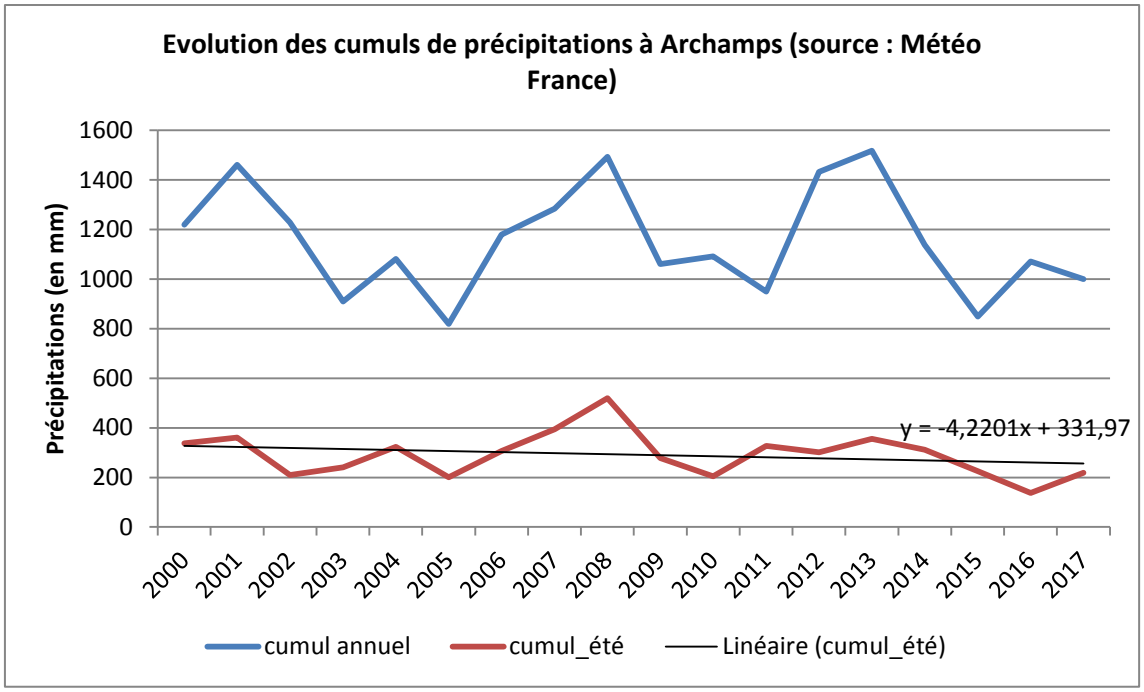


Figure 14 : Evolution des cumuls de précipitations à la station d'Archamps entre 2000 et 2017 (cumul annuel en bleu et cumul estival en rouge) (Source : Météo France)

3.3.2.2 La température

Les données de températures ont été appréhendées à partir des **stations météorologiques de Meythet** sur la période 2000-2017.

Les températures moyennes annuelles sont représentées sur le graphique de la Figure 15). Elles oscillent **entre 10 et 12°C**. L'altitude étant prise en compte dans les calculs réalisés impliquant la température (dans la modélisation hydrologique), les mesures réalisées à Meythet peuvent être pertinemment utilisées.

Une **légère tendance à la hausse** s'observe sur la période analysée. Elle est cependant assez peu marquée car elle est tamponnée par l'effet de la variabilité interannuelle de la température

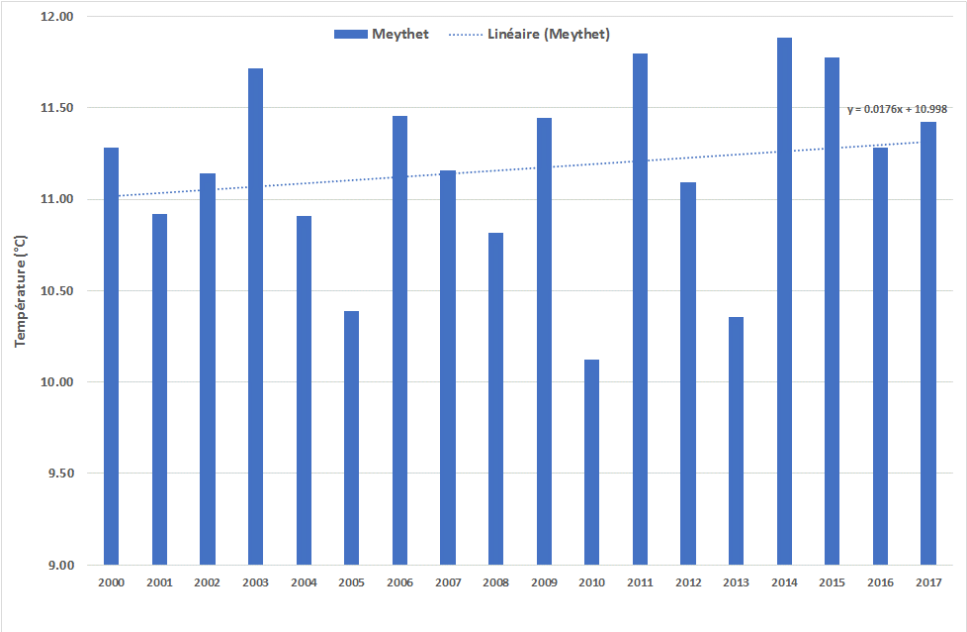
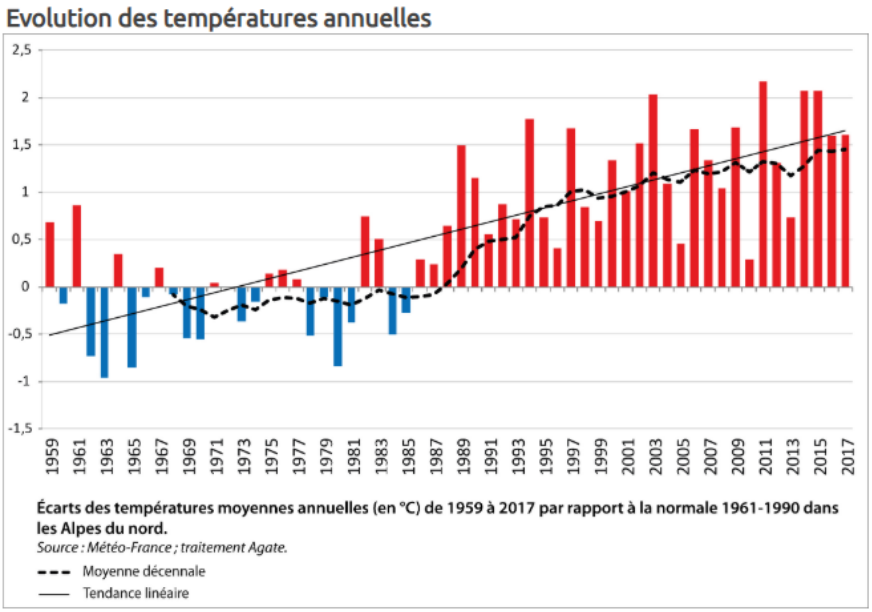


Figure 15 : Température moyenne annuelle à la station de Meythet sur la période 2000-2017 (Source : Météo-France)

. Une analyse sur une période plus étendue réalisée par AGATE à l'échelle des Alpes du Nord montre une tendance au réchauffement plus marquée, et, du fait de la longueur de la chronique (cf. Figure 16), plus robuste. Il convient toutefois de rappeler que les stations de mesures utilisées pour cette analyse se trouvent dans un **contexte alpin** qui peut différer de celui du bassin du Foron Rochois et du Nant de Sion.



Postes Météo-France utilisés pour constituer l'indicateur Températures : Thônes (Massif des Aravis, 631m) ; Arêche-Beaufort (Massif du Beaufortain, 1030m) ; Bourg St Maurice (Vallée de la Tarentaise, 865m) ; Avrieux (Vallée de la Maurienne, 1102m) ; St Pierre de Chartreuse (Massif de la Chartreuse, 945m)

Figure 16 : Evolution des températures annuelles dans les Alpes du Nord entre 1959 et 2017 (source : AGATE[13])

13 http://www.mdp73.fr/index.php/10-les-observatoires/observatoire-savoyard-du-changement-climatique/20-les-bilans-climatiques-de-l-observatoire

Les moyennes mensuelles sont présentées sur le graphique de la Figure 17. Elles augmentent progressivement à partir du mois de **janvier de +2,5°C** en moyenne pour atteindre un maximum en **juillet de +20°C** en moyenne.

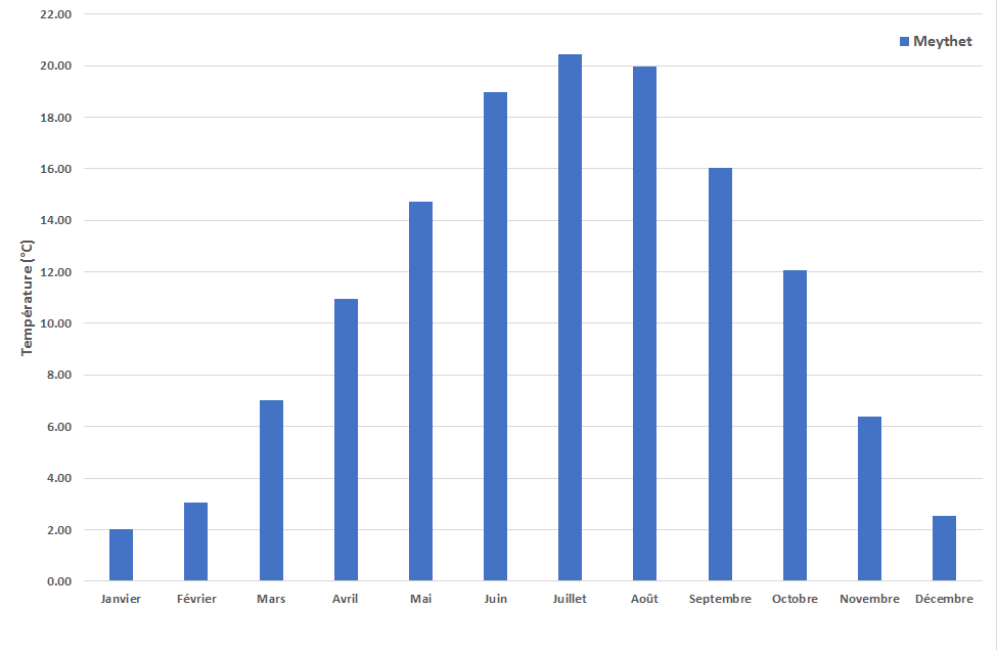


Figure 17 : Températures mensuelles moyennes à la station de Meythet (°C) (Source : Météo-France)

3.3.2.3 L'évapotranspiration potentielle (ETP)

Les données relatives à l'évapotranspiration potentielle (ETP) ont été collectées à la **station Météo France de Meythet sur la période 2000-2017**. Pour rappel, le calcul de l'ETP tient compte de :

- La température minimale et maximale ;
- La vitesse moyenne du vent ;
- La tension de vapeur moyenne ;
- La durée d'insolation ;
- Le rayonnement global.

Le graphique ci-après présente l'ETP annuelle de 2000 à 2017 pour la station météorologique de Meythet.

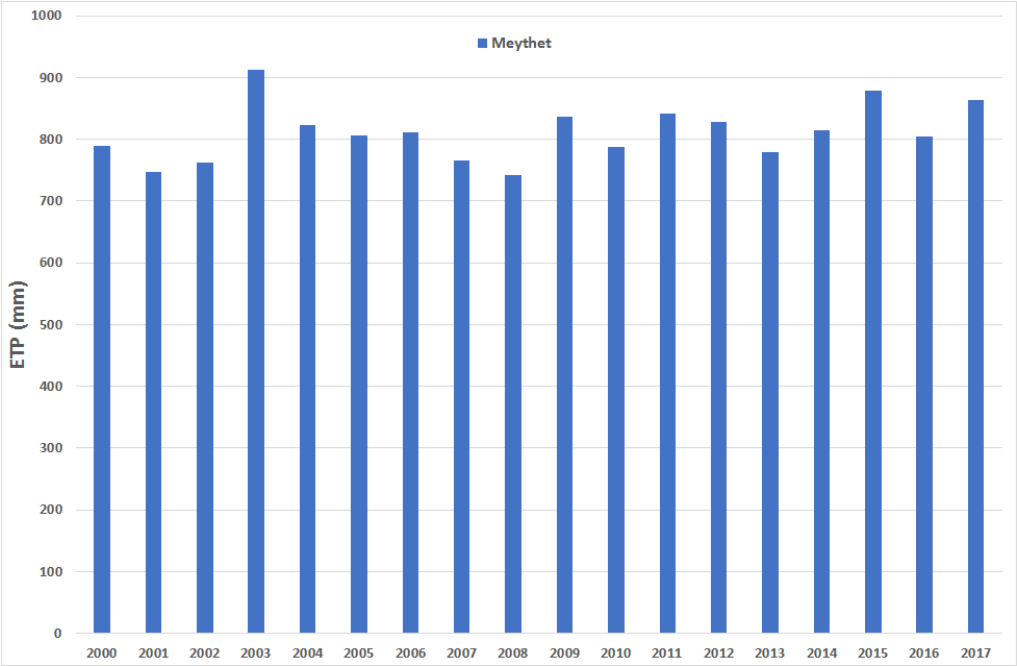


Figure 18 : ETP annuelle mesurée à la station de Meythet sur la période 2000-2017 (Source : Météo-France)

Les valeurs d'ETP sont relativement constantes sur la période d'étude. Elles oscillent **entre 750 et 900 mm**. L'année 2003 se caractérise par une ETP élevée, franchissant 900 mm.

Les valeurs d'ETP mensuelles moyennes calculées sur la période 2000-2017 figurent au graphique suivant :

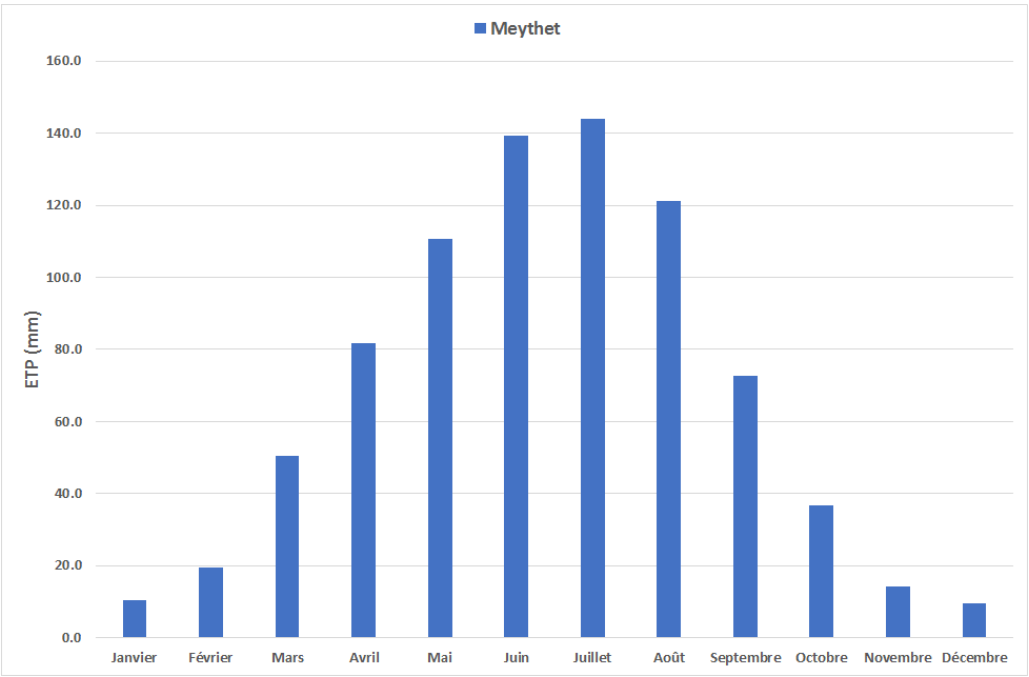


Figure 19 : ETP moyennes mensuelles calculées sur la période 2000-2017 (Source : Météo-France)

Les valeurs d'ETP augmentent à partir du mois de janvier à partir de 10.4 mm jusqu'à atteindre un maximum en juillet à 144 mm. Elles décroissent ensuite sur le reste de l'année avec une rupture nette en septembre et en novembre.

3.4 COLLECTE ET TRAITEMENT DES DONNEES HYDROLOGIQUES

3.4.1 LE RESEAU DE SUIVI HYDROMETRIQUE

Sur le territoire, le **réseau de suivi pour les écoulements superficiels** est composé de deux **stations hydrométriques récemment installées par le SM3A** (en service depuis le 13/07/2018) au niveau des exutoires du Foron Rochois et du Nant de Sion.

Le suivi se concentre ainsi exclusivement **sur les cours d'eau principaux des deux bassins dans leur partie aval**. La carte ci-dessous localise ces stations de mesures. Ce suivi est complété par des campagnes de jaugeages ponctuelles menées sur le Foron Rochois et le Nant de Sion par les différents acteurs du territoire.

Il convient de noter **l'absence de point de suivi de l'Observatoire National des Etiages (ONDE) sur les bassins versant du Foron Rochois et du Nant de Sion**.

Concernant les assecs, l'étude Bilan Quantitatif Global du SAGE de l'Arve identifie 3 secteurs d'assecs sur le territoire du Foron Rochois et du Nant de Sion (cf. Figure 20).

- Le premier secteur se situe **sur le Foron de la Roche**, au niveau du passage dans la zone urbanisée de **la Roche-sur-Foron**.
- Le deuxième secteur se situe sur le **ruisseau de la Bénite Fontaine**, en amont de sa confluence avec le ruisseau de la Biolle.
- Enfin le troisième secteur identifié par les acteurs locaux se situe sur le **ruisseau du Thiozard**, juste au niveau de se **confluence avec le ruisseau de la Veige**.

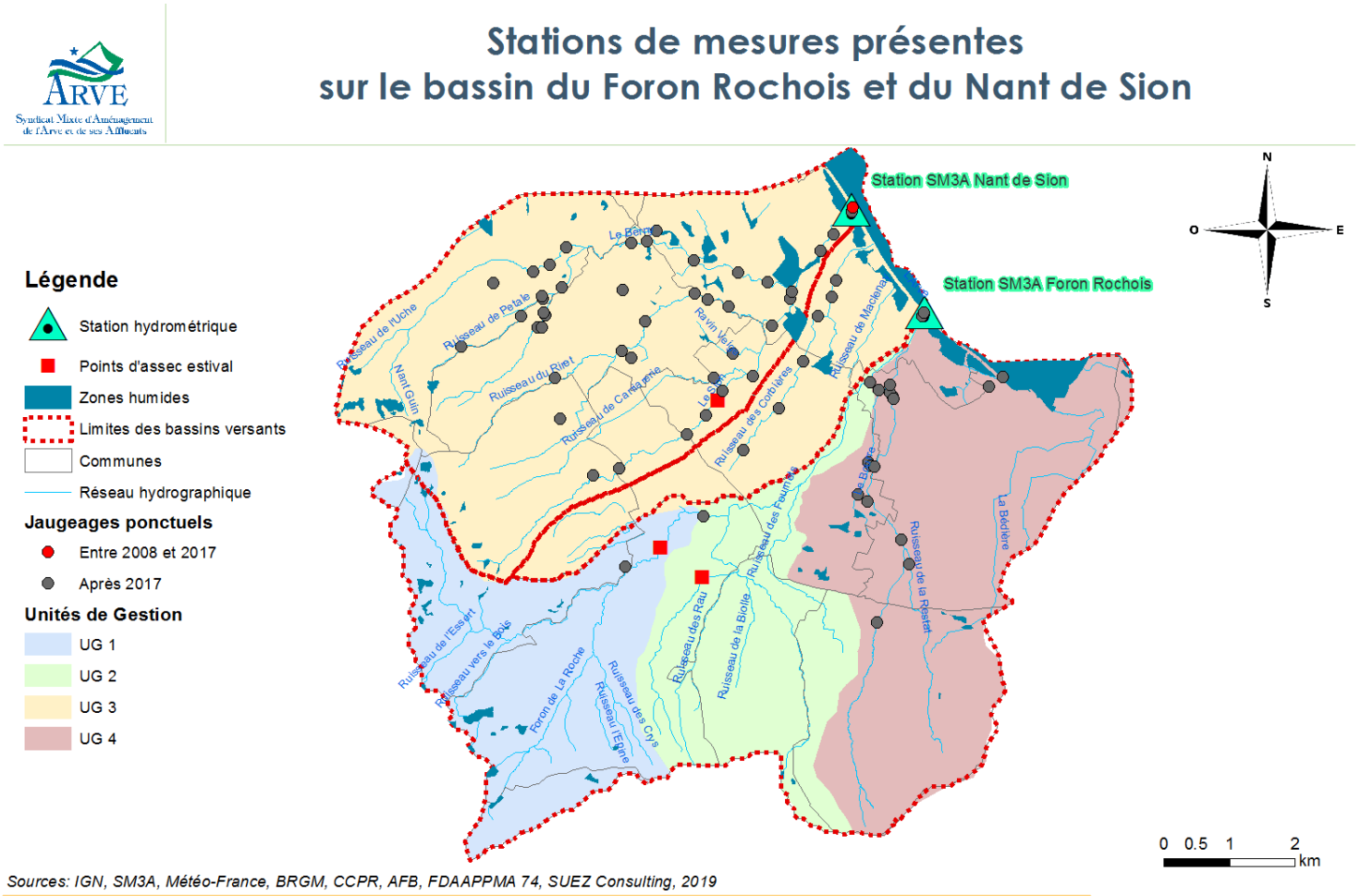


Figure 20: Localisation des stations hydrométriques et des jaugeages ponctuels sur le bassin versant du Foron Rochois et du Nant de Sion (Source : SM3A, GEODE-FIS, FDAAPPMA74)

3.4.2 ANALYSE COMPARATIVE DES STATIONS HYDROMETRIQUES

Les stations hydrométriques du SM3A ayant été installées ultérieurement à la période d'analyse de la présente étude, leur valorisation se limite à une appréciation qualitative du fonctionnement hydrologique des bassins versants et plus spécifiquement sur les assecs qui s'observent fréquemment sur ces derniers.

Une seule autre station hydrométrique a été installée par la Fédération de Pêche de Haute-Savoie, à l'amont immédiat du pont de la RD19 sur le Nant de Sion. La chronique associée s'étend du 25 juin 2014 au 30 avril 2015 et ne couvre pas une année complète. Aucune information supplémentaire sur la fiabilité de cette donnée n'est disponible.

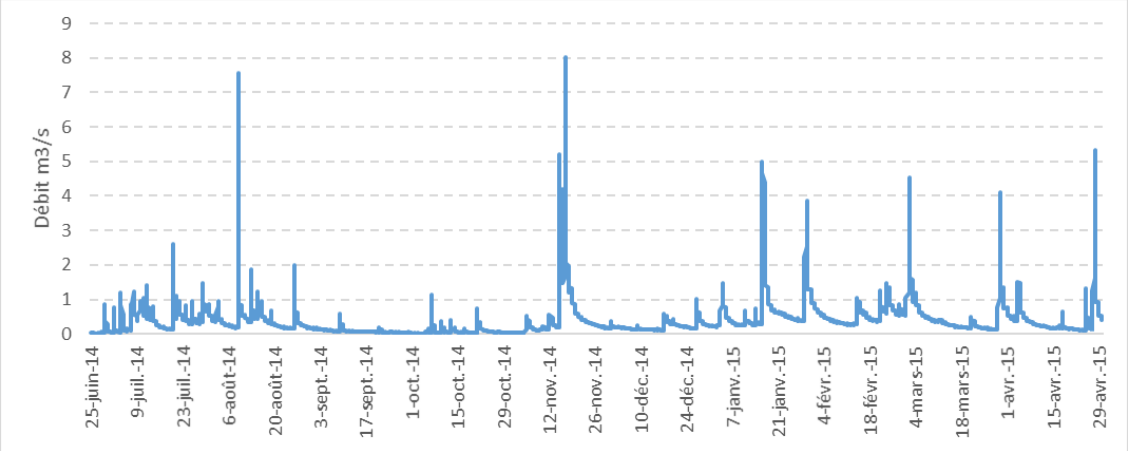


Figure 21 : Chronique de débits journaliers sur le Nant de Sion du 25 juin 2014 au 30 avril 2015 (Source : FDAAPPMA 74)

3.4.3 RECENSEMENT DES STATIONS DE MESURES PONCTUELLES

Plusieurs acteurs du territoire ont mené des campagnes de mesures hydrométriques le long du Foron Rochois et du Nant de Sion. Ces dernières peuvent être valorisées de deux manières différentes :

- Lorsque plusieurs mesures de débits ont été réalisées **en différents points** d'un même bassin versant de manière (quasi)-simultanée, elles peuvent servir à évaluer la relation nappe-rivière du cours d'eau jaugé (on parle alors de **jaugeages différentiels**) ;
- Lorsque plusieurs mesures de débits ont été **réalisées au niveau d'un seul et même point** à plusieurs reprises sur une période prolongée, ces dernières peuvent servir à **caractériser le cycle hydrologique** du cours d'eau au niveau du point jaugé. Ce type d'information est notamment utile pour vérifier la cohérence des résultats d'un modèle hydrologique.

Tableau 6 : Inventaire des jaugeages ponctuels réalisés sur le bassin versant

Identifiant	Source	Nombre de jaugeages	Nombre de jaugeages entre 2008 et 2018	1er jaugeage	Dernier jaugeage	UG associable	XL93	YL93
Saf1	Safege	2	2	27/02/2013	27/03/2013	UG3	958352.91	6561714.26
3_01	SM3A	3	0	02/08/2018	12/12/2018		954879.29	6556245.98
3_02	SM3A	3	0	01/08/2018	12/12/2018	UG1	956078.03	6557018.33
3_03	SM3A	3	0	02/08/2018	12/12/2018		958721.7	6555401.08
3_04	SM3A	3	0	02/08/2018	12/12/2018		959214.89	6556284.73
3_05	SM3A	3	0	02/08/2018	12/12/2018		958967.17	6558800.07
3_06	SM3A	3	0	02/08/2018	12/12/2018	UG2	958613.82	6559050.22
3_07	SM3A	3	0	02/08/2018	12/12/2018	UG4	960643.82	6559132.42
3_09	SM3A	2	0	03/10/2018	13/12/2018		957122.52	6559911.5
3_10	SM3A	3	0	01/08/2018	13/12/2018		957057.31	6560576.78
3_11	SM3A	1	0	01/08/2018	01/08/2018		955941.4	6560405.24
3_12	SM3A	3	0	02/08/2018	12/12/2018		958572.11	6557238.66
3_13	SM3A	1	0	01/08/2018	01/08/2018		954789.93	6557746.23
3_14	SM3A	1	0	01/08/2018	01/08/2018		953910.14	6560499.19
3_15	SM3A	1	0	01/08/2018	01/08/2018		953482.44	6560736.04
4_03	SM3A	1	0	01/08/2018	01/08/2018		956822.93	6559148.17
4_06	SM3A	1	0	01/08/2018	01/08/2018		957597.64	6559373.39
4_07	SM3A	1	0	02/08/2018	02/08/2018	UG4	959429.56	6560084.25
Aval 3_11	SM3A	3	0	01/08/2018	13/12/2018		956142.23	6560314.58
C2	SM3A	1	0	03/10/2018	03/10/2018		959091.8	6556653.46
C3	SM3A	1	0	03/10/2018	03/10/2018		958424.99	6557338.32
C5	SM3A	1	0	03/10/2018	03/10/2018		958921.31	6558891.69
C6	SM3A	2	0	03/10/2018	12/12/2018	UG4	958921.31	6559007.59
C7	SM3A	1	0	03/10/2018	03/10/2018		959407.33	6560056.17
C8	SM3A	2	0	03/10/2018	12/12/2018		959432.75	6560105.64

On observe que la plupart des **jaugeages du SM3A** ayant été réalisés de manière simultanée sur l'ensemble du bassin versant au cours de 4 campagnes, ils peuvent être valorisés en tant que **jaugeages différentiels** dans le cadre d'une analyse des relations nappe-rivière[14].

Globalement, le nombre de jaugeages réalisés par station de jaugeage et la période durant laquelle ils ont été réalisés ne permettent pas de les valoriser dans le cadre de la modélisation hydrologique. Certains jaugeages pourront cependant être valorisés pour d'autres aspects du travail, notamment pour l'analyse des relations nappe-rivière.

3.4.4 CAMPAGNES DE JAUGEAGES REALISEES DANS LE CADRE DE L'ETUDE

Dans le cadre de la présente étude, 4 campagnes de jaugeages ont été réalisées sur 10 points répartis sur l'ensemble du bassin versant du Foron Rochois et du Nant de Sion (cf. tableau suivant) :

Tableau 7 : Présentation des campagnes de jaugeages réalisées sur le bassin versant du Foron Rochois et du Nant de Sion dans le cadre de l'étude

N° campagne	Régime hydrologique	Dates de réalisation	Réalisation
1	Basses eaux (début été)	1et 2 août 2018	GEODEFIS
2	Basses eaux (fin été)	3 octobre 2018	GEODEFIS
3	Moyennes eaux	12 et 13 décembre 2018	GEODEFIS
4	Basses eaux (début été)	17-19 juillet 2019	SM3A

2018 a été une année particulière durant laquelle une sécheresse prolongée s'est étendue jusqu'au mois de novembre. Il convient d'en tenir compte dans les analyses.

Le déroulement, les méthodes de mesure ainsi que les résultats de ces campagnes sont détaillés dans une note spécifique annexée au présent rapport (cf. Annexe 2) et ont notamment servi à appréhender les relations nappe/rivière du bassin versant.

[14] Pour ce type d'analyse, il est important de vérifier l'influence possible des prélèvements et rejets avant de formuler des conclusions sur les relations nappe-rivière.

3.4.5 RECENSEMENT DES AUTRES DONNEES HYDROMETRIQUES DISPONIBLES

3.4.5.1 Reconstitution de chroniques hydrologiques par l'OFB

L'OFB a développé une **méthode de simulation de débits en sites non jaugés** et l'a mise en œuvre sur 11 337 stations du territoire national provenant :

- Du réseau de référence pérenne (RRP) ;
- De la base de données sur les milieux aquatiques et piscicoles (BDMAP) de l'OFB en métropole (source : OFB[15]).

Cette méthode a permis de reconstituer des chroniques de débits sur des sites non-jaugés à partir de mesures réalisées dans des bassins versants non influencés ou très faiblement influencés. Ainsi, **les chroniques reconstituées s'assimilent à des chroniques désinfluencées** des usages anthropiques de l'eau et doivent être considérées comme telles dans les analyses réalisées.

Sur le bassin versant du Foron Rochois, on recense **1 station de reconstitution des débits désinfluencés à la Roche (Fernolet) et une à Etaux (Haut-Broy)**. Leur emplacement précis est donné à la figure suivante.

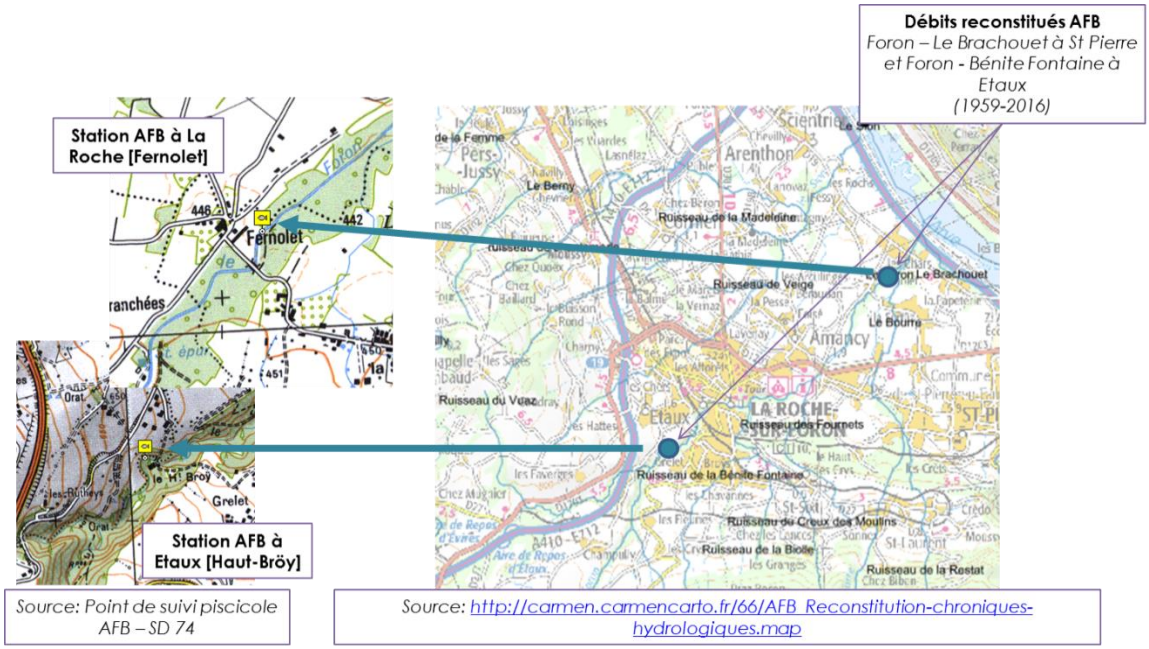


Figure 22 : Emplacement des stations de reconstitution des débits désinfluencés de l'OFB sur le Foron Rochois (Source : OFB – SD74)

Les données de ces stations pourront être **utilisées pour comparaison** avec les débits désinfluencés obtenus dans le cadre de la présente étude.

[15] http://carmen.carmencarto.fr/66/AFB_Reconstitution-chroniques-hydrologiques.map

Il est à noter qu'au sein des reconstitutions de chroniques de l'OFB, les estimations des valeurs de débits extrêmes comportent généralement d'importantes incertitudes, il est donc **déconseillé de calculer des indicateurs statistiques** (QMNA5, VCN3, VCN10, QJX) à partir de ces dernières. Pour l'estimation des QMNA5 par exemple, il vaut mieux se référer à la cartographie des débits caractéristiques existante présentée au paragraphe suivant.

3.4.5.2 Cartographie des débits caractéristiques[16]

Dans le cadre d'une convention OFB/ IRSTEA, une méthodologie permettant de proposer une **cartographie consensuelle du module et du QMNA5** des cours d'eau a été développée et appliquée sur l'ensemble du territoire national[17].

La cartographie obtenue permet, pour la majorité des cours d'eau français, d'avoir à disposition :

- Une estimation de leur module et de leur QMNA5 ;
- Pour chacune de ces variables, d'un intervalle de confiance à 80% élaboré à partir de la qualité du calage sur les observations ;
- Un niveau de robustesse de l'estimation (fragile / prudence / robuste)

Ces valeurs seront comparées avec les valeurs estimées lors de la reconstitution des débits désinfluencés pour analyser leur représentativité.

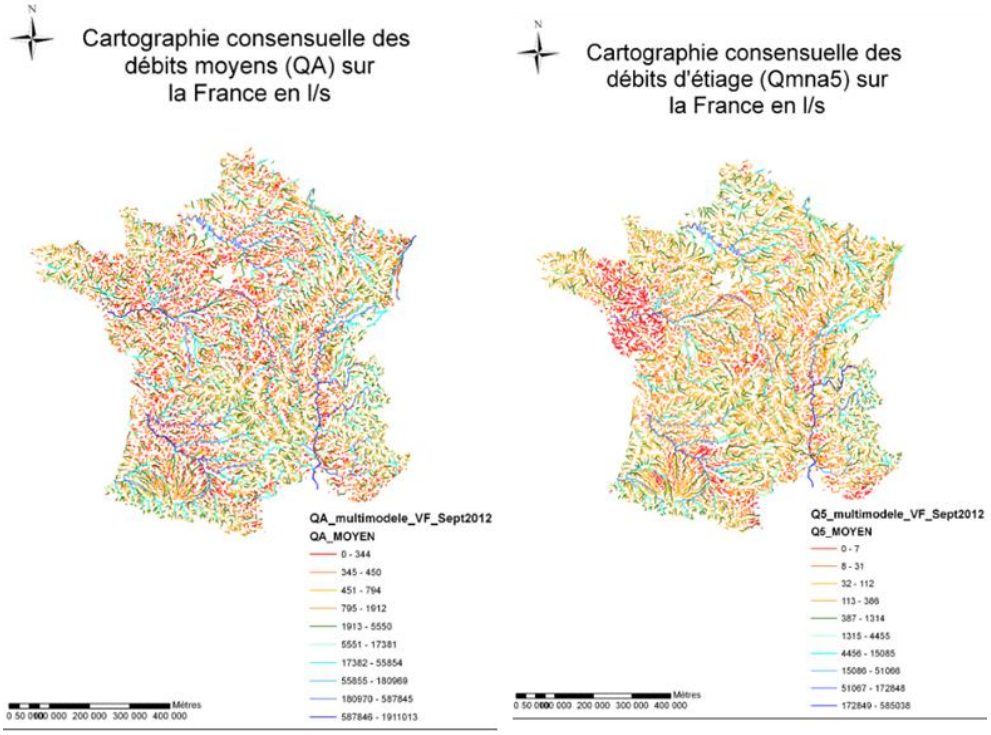


Figure 23 : Présentation des cartographies consensuelles des débits caractéristiques réalisées par l'IRSTEA et l'OFB (Source : IRSTEA)

[16] http://www.eaufrance.fr/IMG/zip/cartes_debits_caracteristiques.zip

[17] ONEMA/IRSTEA, Marine Riffard, Vazken Andréassian, Pierre Nicolle et Julien Peschard, « Combinaison multi-modèle et cartographie de consensus du débit de référence d'étiage et du débit moyen à l'échelle de la France », avril 2012

3.4.6 SYNTHESE : LES DONNEES HYDROMETRIQUES UTILISEES

A ce jour, il n'existe pas de chronique de débits suffisamment longue et complète pouvant servir de référence pour le calage de la modélisation hydrologique en régime influencé, que ce soit sur le bassin du Foron Rochois ou du Nant de Sion.

Lorsque ce genre de situation se présente, la méthode communément adoptée consiste à reprendre les paramètres d'un ou plusieurs modèle(s) calé(s) sur un bassin versant similaire et géographiquement proche de celui que l'on cherche à modéliser.

On propose donc d'appliquer le modèle hydrologique calé et validé sur le Foron du Chablais genevois à l'exutoire des 4 unités de gestion du bassin versant du Foron Rochois et du Nant de Sion pour reconstituer les chroniques de débit influencés et désinfluencés de 2008 à 2017, en prenant en compte les usages propres au secteur d'étude (cf. rapport de Phase 2).

Tableau 8 : Tableau récapitulatif des données hydrométriques utilisées

✓Utilisée ✓Utilisée pour analyse comparative/qualitative ✗Non utilisée

Source	Type de données	Type de débit	Justification
Canton de Genève	Débits horaires à la station d'Ambilly de 2011 à 2018 ✓	Influencé	
SM3A	Débits journaliers aux stations Nant de Sion et Foron Rochois à Arenthon (pont A40) de 13/07/2018 à 17/07/2019 ✓	Influencé	Pour analyse qualitative
	Campagne de jaugeages été 2019 ✓	Influencé	Pour analyse qualitative
	Bilan quantitatif SAGE Arve 2015: carte des assecs recensés ✓	Influencé	Secteur d'assec FDAAPPMA74
SUEZ Consulting	3 campagnes de jaugeages 2018 : 3 Août – 4 Oct. – 11 Déc. ✓	Influencé	
AFB	Chronique de débits reconstitués par GR4J sur le Foron Rochois à la Roche [Fernolet] et à Etaux [Haut Bröy]: 01/08/1959 – 31/07/2016 ✓	Désinfluencé	
IRSTEA	Cartographie des débits caractéristiques reconstitués (QMNA5 et module) ✓	Désinfluencé	
FD Pêche 74	Chronique hydrométrique sur la partie aval du Nant de Sion de 2014 à 2015	Influencé	

3.5 CARACTERISATION DE L'ETIAGE AU NIVEAU DES POINTS DE REFERENCE EN REGIME INFLUENCE

3.5.1 METHODOLOGIE : MISE EN ŒUVRE DE LA MODELISATION HYDROLOGIQUE

Les chroniques de débits en régime influencé au niveau des points de référence définis sur le bassin versant du Foron Rochois et du Nant de Sion ont été reconstituées par la méthode de modélisation hydrologique, sur la période 2008 à 2017, à partir du modèle calé et validé sur le bassin du Foron du Chablais genevois dont il est rappelé la construction ci-dessous.

Cette partie s'attache donc à présenter le calage et la validation du modèle hydrologique utilisé.

3.5.1.1 Introduction

Comme indiqué au paragraphe 3.4.6, **le modèle hydrologique construit sur le Foron du Chablais Genevois a servi de référence pour approcher l'hydrologie influencée du bassin du Foron Rochois et du Nant de Sion**.

Ainsi, la stratégie retenue est la suivante :

- Appliquer le mo**dèle hydrologique calé et validé sur le Foron du Chablais Genevois** à l'exutoire des 4 unités de gestion du territoire :
- En **ajustant la superficie** à celle de chaque unité de gestion ;
- En **prenant en compte les usages propres** à chaque unité de gestion définis en Phase 2 de la présente étude.
- Vérifier le calage du modèle à l'aide des piézomètres disponibles sur le territoire (forages AEP à Pierrelongue et Inchires) ;
- Vérifier, à l'aide des chroniques et débits caractéristiques de l'OFB, de l'IRSTEA et de la Fédération de pêche de Haute-Savoie, que l'utilisation du modèle calé sur la station d'Ambilly aboutit à des valeurs pertinentes.

Pour les détails sur le calage et la validation du modèle hydrologique à la station d'Ambilly, il est recommandé de se référer au rapport de Phase 3 – Lot 1 : Foron du Chablais genevois – paragraphe 3.5.1.

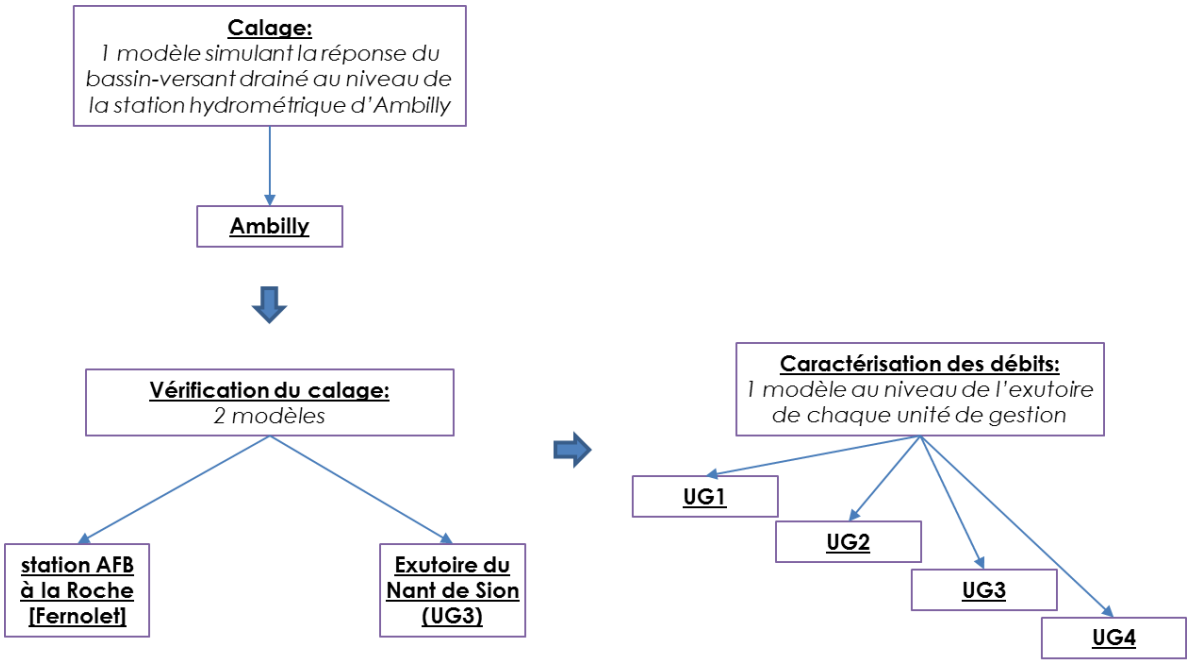


Figure 24 : Schématisation de la stratégie de modélisation (Source : SUEZ Consulting, 2019)

3.5.1.2 *Utilisation du modèle calé sur le Foron du Chablais genevois*

- **Nant de Sion**

Le modèle calé sur le Foron du Chablais Genevois à Ambilly a été repris pour modéliser le Nant de Sion au niveau du pont de la RD19 (en ajustant la surface et les usages pour bien représenter le bassin versant). Les figures suivantes permettent de comparer la chronique modélisée à celle qui a été levée par la Fédération de pêche de la Haute-Savoie entre 2014 et 2015.

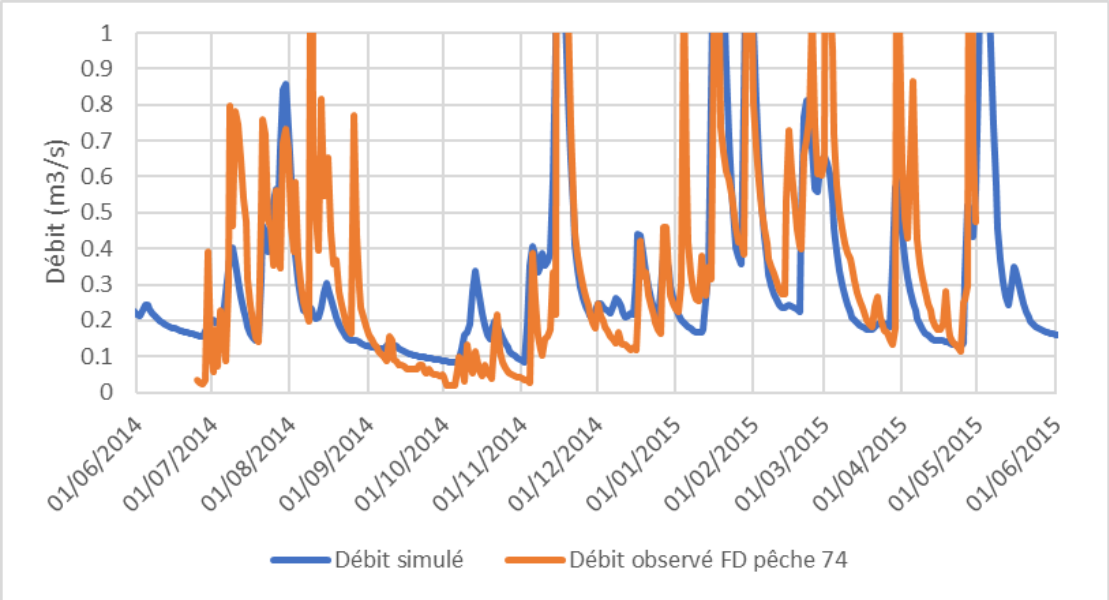


Figure 25 : Comparaison des chroniques de débits journaliers observée et simulée entre 2014 et 2015 (Source : FDAAPPMA 74, SUEZ Consulting)

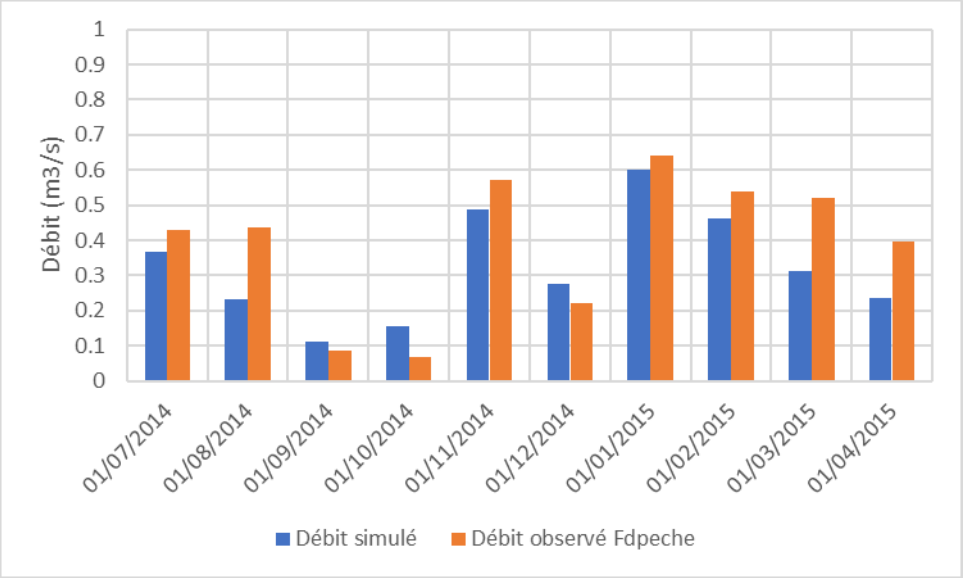


Figure 26 : Comparaison des chroniques de débits mensuels observée et simulée entre 2014 et 2015 (Source : FDAAPPMA 74, SUEZ Consulting)

On observe une **bonne concordance globale** entre les deux chroniques, particulièrement en débits mensuels. La chronique simulée à tendance à surestimer les valeurs mesurées lors de l'étiage marqué observé entre les mois de septembre et octobre 2014. Cependant :

- On ne dispose d'aucune information sur la fiabilité de la chronique mesurée en bas débits. Or, c'est souvent dans les valeurs basses que les erreurs de mesure les plus importantes ont lieu ;
- On ne dispose que d'une fraction d'année pour la comparaison, ce qui ne permet pas d'en tirer des conclusions robustes ;
- L'utilisation de chroniques climatiques issues de points de mesures localisés hors du bassin versant peut mener à d'importantes différences ponctuelles sans remettre en question la validité statistique de leur utilisation (typologie d'événements climatiques très similaire).

Une comparaison entre les valeurs du module et de QMNA5 estimées par l'IRSTEA et celles obtenues à l'aide du modèle (en situation désinfluencée) au niveau du pont de la RD19 a été réalisée :

Tableau 9 : Comparaison des valeurs IRSTEA et des valeurs simulées sur le Nant de Sion pour le QMNA5 et le module (Sources : IRSTEA, SUEZ Consulting)

	Données IRSTEA			Valeur simulée	Robustesse de l'estimation IRSTEA
QMNA5 (L/s)	*bas* 47	*moyen* 95	*haut* 157	95	**Fragile**
Module (L/s)	*bas* 444	*moyen* 588	*haut* 777	618	**Prudence**

On observe, une **bonne concordance** entre les valeurs estimées par l'IRSTEA et celles obtenues par modélisation. Cependant, l'indice de robustesse des indicateurs IRSTEA incite à une grande prudence sur la robustesse de l'indicateur.

Une vérification de la représentativité des processus souterrains a été réalisée en comparant la chronique piézométrique simulée (en situation influencée) à celles qui ont été observées à Inchires et Pierrelongue (bassin versant du Foron Rochois). Comme en témoigne la figure suivante, la concordance est bonne, malgré une apparente tendance du modèle à abaisser progressivement le niveau de la nappe. Cependant il est souligné que :

- Ces piézomètres ne sont pas situés sur le bassin versant du Nant de Sion et sont donc susceptibles de ne pas bien représenter les fluctuations du niveau de nappe y ayant lieu ;
- Les processus souterrains du bassin versant du Nant de Sion sont susceptibles de présenter une complexité qui n'est pas aujourd'hui connue. **L'étude hydrogéologique actuellement menée par le SRB sur la nappe des Rocailles permettra à terme, d'apporter des éléments de connaissance complémentaires intéressants.**

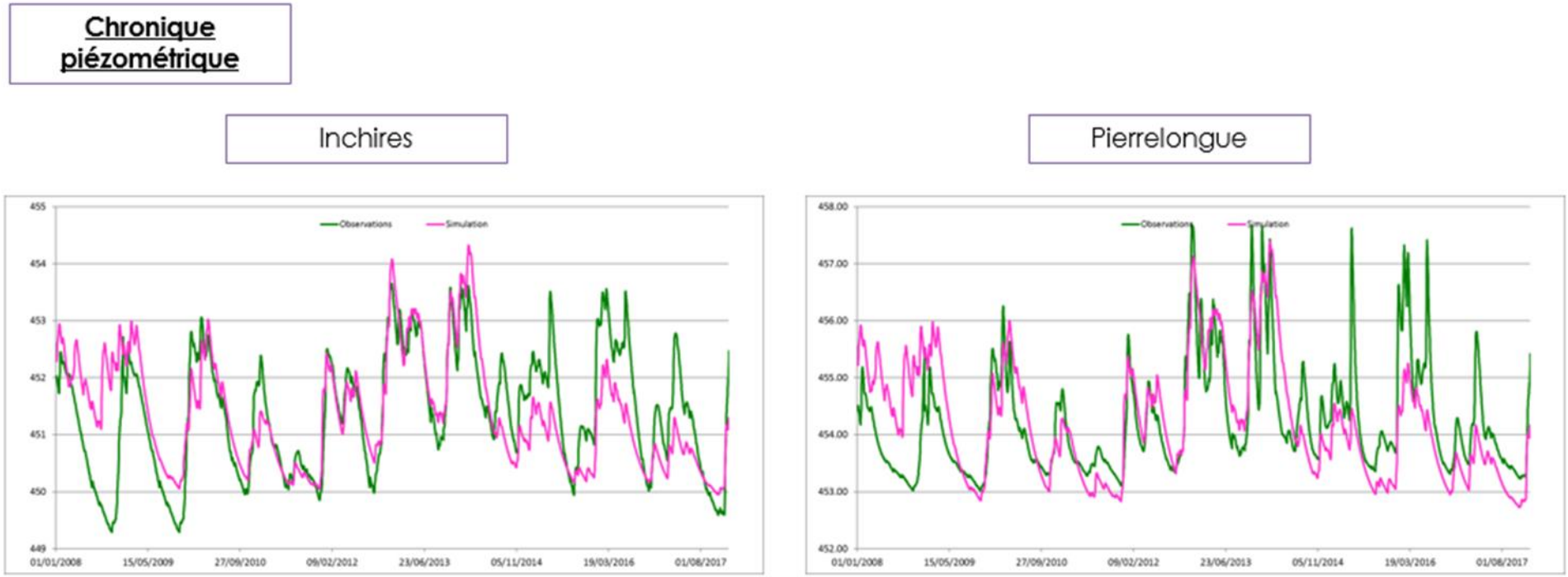


Figure 27 : Comparaison des niveaux de nappe observés et simulés sur les piézomètres de Inchires et de Pierrelongue de 2008 à 2017 (Sources : CCPR, SUEZ Consulting, 2019)

- **Foron Rochois**

Le modèle calé sur le Foron du Chablais Genevois à Ambilly a été repris pour modéliser le Foron Rochois au niveau la station de reconstitution de débit de l'OFB à Fernolet.

Une comparaison entre les valeurs de QMNA5 et de module calculées à partir de la chronique de l'OFB et celles obtenues à l'aide du modèle a été réalisée :

Tableau 10 : Comparaison des valeurs OFB et des valeurs simulées sur le Foron Rochois à Fernolet pour le QMNA5 et le module (Sources : OFB, IRSTEA, SUEZ Consulting)

	Valeurs issues de la chronique de débit journalier OFB-IRSTEA à Fernolet			Valeur simulée
QMNA5 (L/s)	*bas* 9	*moyen* 60.5	*haut* 233	131
Module (L/s)	*bas* 132	*moyen* 463	*haut* 1141	651

On observe que les valeurs obtenues par modélisation se trouvent bien dans l'intervalle de confiance à 80% des chroniques de l'OFB. Cependant :

- Ces intervalles de confiance sont très larges, témoignant de l'importante incertitude affectant la reconstitution de l'OFB ;
- L'OFB indique que « les estimations des valeurs de débits extrêmes comportent généralement d'importantes incertitudes » et qu'il est donc « déconseillé de calculer des indicateurs statistiques » tels que le QMNA5. Ainsi, la vérification des valeurs du QMNA5 devrait plutôt s'appuyer sur les valeurs de la cartographie des débits caractéristiques de l'IRSTEA.

Une comparaison entre les valeurs de QMNA5 et de module estimées par l'IRSTEA et celles obtenues à l'aide du modèle au niveau de Fernolet a été réalisée :

Tableau 11 : Comparaison des valeurs IRSTEA et des valeurs simulées sur le Foron Rochois à Fernolet pour le QMNA5 et le module (Sources : IRSTEA, SUEZ Consulting)

	Données IRSTEA			Valeur simulée	Robustesse de l'estimation IRSTEA
QMNA5 (L/s)	*bas* 29	*moyen* 60	*haut* 102	139	Prudence
Module (L/s)	*bas* 576	*moyen* 763	*haut* 1011	651	Prudence

Pour ce qui est du module, on observe, une bonne concordance entre les valeurs estimées par l'IRSTEA et celles obtenues par modélisation. Ce n'est pas le cas du QMNA5 qui est estimé à une valeur plus élevée que la borne haute de l'intervalle de confiance de l'IRSTEA.

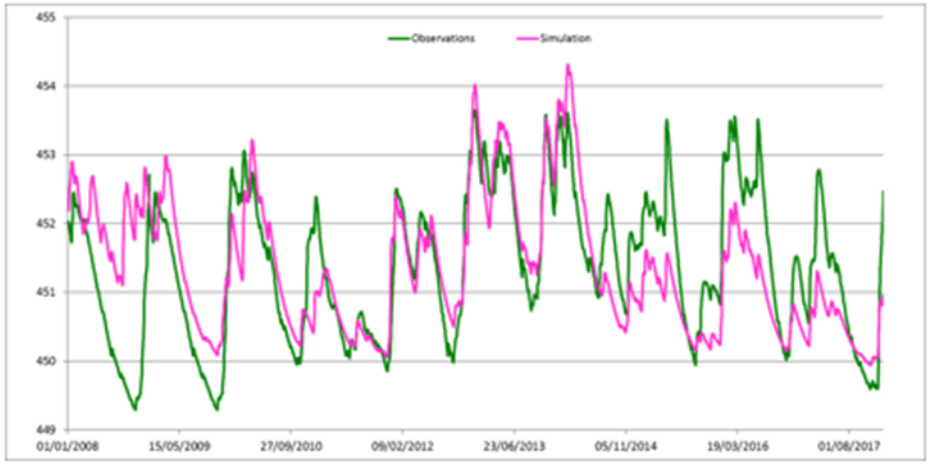
Cependant, l'indice de robustesse des indicateurs IRSTEA incite à la prudence sur la robustesse de l'indicateur.

Une vérification de la représentativité des processus souterrains a été réalisée en comparant la chronique piézométrique simulée à celles qui ont été observées à Inchires et Pierrelongue (bassin versant du Foron Rochois). Comme en témoigne la figure suivante, la concordance est bonne, malgré une apparente tendance du modèle à abaisser progressivement le niveau de la nappe.

Cependant, des lacunes de connaissances affectent la compréhension actuelle des phénomènes hydrogéologiques associés au bassin du Foron Rochois. **L'étude hydrogéologique actuellement menée par le SRB sur la nappe des Rocailles permettra de comprendre à terme, les éventuelles connexions entre les aquifères du secteur.**

Chronique piézométrique

Inchires



Pierrelongue

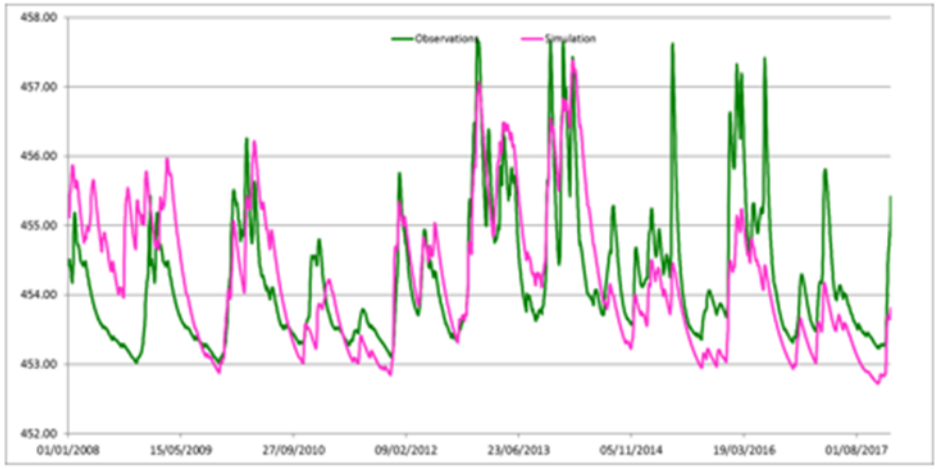


Figure 28 : Comparaison des niveaux de nappe observés et simulés sur les piézomètres de Inchires et de Pierrelongue de 2008 à 2017 (Sources : CCPR, SUEZ Consulting, 2019)

3.5.1.3 Synthèse

En synthèse, le travail de calage réalisé valorise au mieux le peu de données disponibles sur et aux alentours du bassin du Foron Rochois et du Nant de Sion. Ce travail a été **optimisé pour une représentation des processus ayant lieu en période de bas débits, à un pas de temps mensuel à décadaire**. En l'absence de chronique hydrométrique disponible sur le territoire d'étude, les résultats d'une modélisation calée sur un autre bassin proche du secteur étudié (le Foron du Chablais Genevois) ont été comparés aux indicateurs disponibles sur le bassin du Foron Rochois et du Nant de Sion. La comparaison est **modérément satisfaisante**, mais cela doit être remis en perspective par rapport à la **qualité des indicateurs utilisés, qui incite à la plus grande prudence**.

De manière générale, il est important de noter l'**important déficit de connaissance sur l'hydrométrie** de ces bassins. Les stations hydrométriques récemment installées par le SM3A sur le Foron Rochois et le Nant de Sion contribueront à terme, à remédier à ce manque, ainsi que les études hydrogéologiques en cours sur le secteur.

Les analyses présentées dans les prochains paragraphes doivent être relativisées au regard des lacunes de connaissance sur l'hydrométrie et la piézométrie du secteur d'étude.

3.5.2 ESTIMATION DES DEBITS CARACTERISTIQUES D'ETIAGE EN REGIME INFLUENCE

La modélisation réalisée et calée au niveau de la station d'Ambilly sur le Foron du Chablais Genevois est reprise pour caractériser le débit sortant au niveau de **l'exutoire de chaque unité de gestion**. Seuls les éléments suivants sont modifiés :

- Chroniques de prélèvements-rejets
- Surface du bassin versant

Concernant les autres données de modélisation, les éléments utilisés pour le modèle de calage restent les éléments les plus pertinents disponibles et sont donc conservés.

Sur le bassin versant du Foron Rochois et du Nant de Sion, aucune donnée hydrométrique suffisamment renseignée n'est disponible au niveau de l'exutoire de chaque unité de gestion. Ainsi, **aucun ajustement de calage** ne peut être réalisé au droit des points de référence. Toutes les statistiques hydrométriques présentées dans le présent paragraphe sont issues d'un calcul réalisé sur la période 2008-2017.

3.5.2.1 Point 4_01 : Foron Rochois Amont

L'unité de gestion n°1 comprend l'extrémité amont du bassin versant du Foron Rochois. Elle intègre le Foron Rochois, ainsi que les premiers affluents du bassin. Son exutoire se trouve le long du Foron Rochois, au niveau du centre-ville de la Roche sur Foron.

Les **débits caractéristiques d'étiage** pour ce point de référence sont détaillés ci-après :

Tableau 12 : UG 1 – Régime influencé | Estimation des QMNA / QMNA 2 / QMNA 5

	QMNA moyen	QMNA2	QMNA5
L/s	69 [50; 88]	55 [43; 67]	31 [26; 35]
L/s/km²	5 [3.6; 6.4]	4 [3.1; 4.8]	2.2 [1.9; 2.5]

Tableau 13 : UG 1 - Régime influencé | Estimation des VCN10 / VCN10 (2) / VCN10 (5)

	VCN10	VCN10 (2)	VCN10 (5)
L/s	46 [19; 74]	39 [17; 60]	23 [14; 32]
L/s/km²	3.3 [1.4; 5.3]	2.8 [1.2; 4.3]	1.7 [1; 2.3]

Tableau 14 : UG 1 - Régime influencé | Estimation des VCN3 / VCN3 (2) / VCN3 (5)

	VCN3	VCN3 (2)	VCN3 (5)
L/s	43 [11; 74]	36 [11; 61]	21 [9; 34]
L/s/km²	3.1 [0.8; 5.4]	2.6 [0.8; 4.4]	1.5 [0.6; 2.5]

Tableau 15 : UG 1 - Régime influencé | Estimation des 1/10ème et 1/20ème module

	1/10 module	1/20 module
L/s	23 [22; 24]	11 [11; 12]
L/s/km²	1.7 [1.6; 1.7]	0.8 [0.8; 0.9]

Le graphique suivant présente les **débits mensuels interannuels quinquennaux secs** calculés en ce point de référence en régime influencé, assortis de l'incertitude qui leur est associée (incertitude liée au calage du modèle et aux usages) :

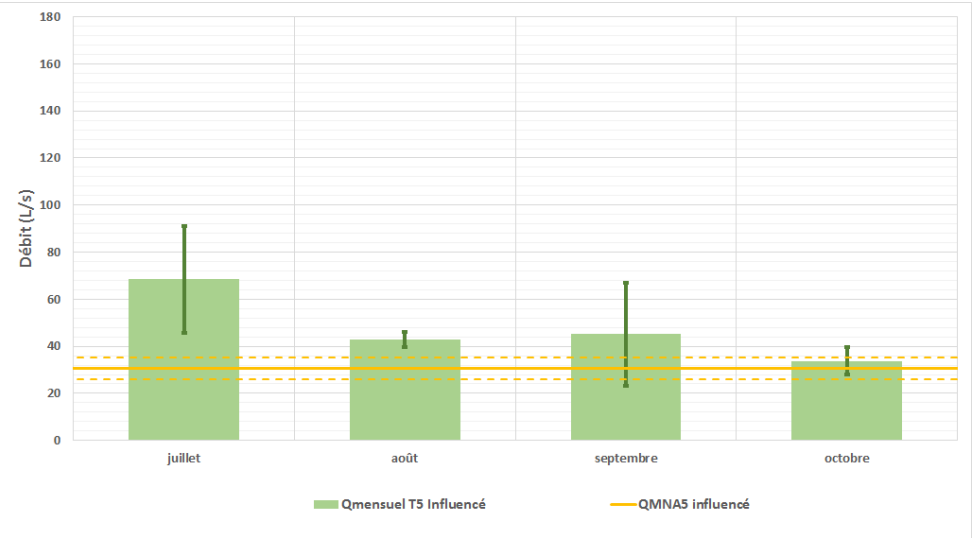


Figure 29 : UG 1 - Régime influencé | Débits mensuels interannuels quinquennaux secs au point de référence 4_01

L'Unité de gestion « **Foron Rochois Amont** » présente des **débits caractéristiques d'étiage en régime influencé** d'environ **30 L/s pour le QMNA5**, et de l'ordre de **20 L/s pour le 1/10ème du module**, avec un débit moyen mensuel minimum de l'ordre de 70 L/s.

3.5.2.2 Point 4_02 : Foron Rochois Médian

L'unité de gestion n°2 se trouve à l'aval immédiat de l'unité de gestion n°1. Elle intègre la majorité des affluents du Foron à l'exception du Bourre (qui est le plus important) et du Brachouet (dernier affluent avant la confluence avec l'Arve). Les prélèvements AEP sont importants sur cette zone, et on recense une présence modérée d'eaux claires parasites permanentes. Des rejets viennent cependant réalimenter le milieu naturel. L'exutoire de cette unité de gestion se trouve le long du Foron Rochois au niveau de Fernolet.

Les **débits caractéristiques d'étiage** pour ce point de référence sont détaillés ci-après :

Tableau 16 : UG 2 - Régime influencé | Estimation des QMNA / QMNA 2 / QMNA 5

	QMNA moyen	QMNA2	QMNA5
L/s	135 [93; 177]	108 [79; 137]	62 [52; 71]
L/s/km²	5.2 [3.6; 6.8]	4.2 [3.1; 5.3]	2.4 [2; 2.7]

Tableau 17 : UG 2 - Régime influencé | Estimation des VCN10 / VCN10 (2) / VCN10 (5)

	VCN10	VCN10 (2)	VCN10 (5)
L/s	92 [35; 150]	78 [32; 124]	48 [25; 70]
L/s/km²	3.6 [1.4; 5.8]	3 [1.2; 4.8]	1.8 [1; 2.7]

Tableau 18 : UG 2 - Régime influencé | Estimation des VCN3 / VCN3 (2) / VCN3 (5)

	VCN3	VCN3 (2)	VCN3 (5)
L/s	86 [21; 151]	73 [20; 126]	44 [16; 73]
L/s/km²	3.3 [0.8; 5.8]	2.8 [0.8; 4.9]	1.7 [0.6; 2.8]

Tableau 19 : UG 2 - Régime influencé | Estimation des 1/10ème et 1/20ème module

	1/10 module	1/20 module
L/s	43 [40; 46]	22 [20; 23]
L/s/km²	1.7 [1.5; 1.8]	0.8 [0.8; 0.9]

Le graphique suivant présente les **débits mensuels interannuels quinquennaux secs** calculés en ce point de référence en régime influencé, assortis de l'incertitude qui leur est associée (incertitude liée au calage du modèle et aux usages) :

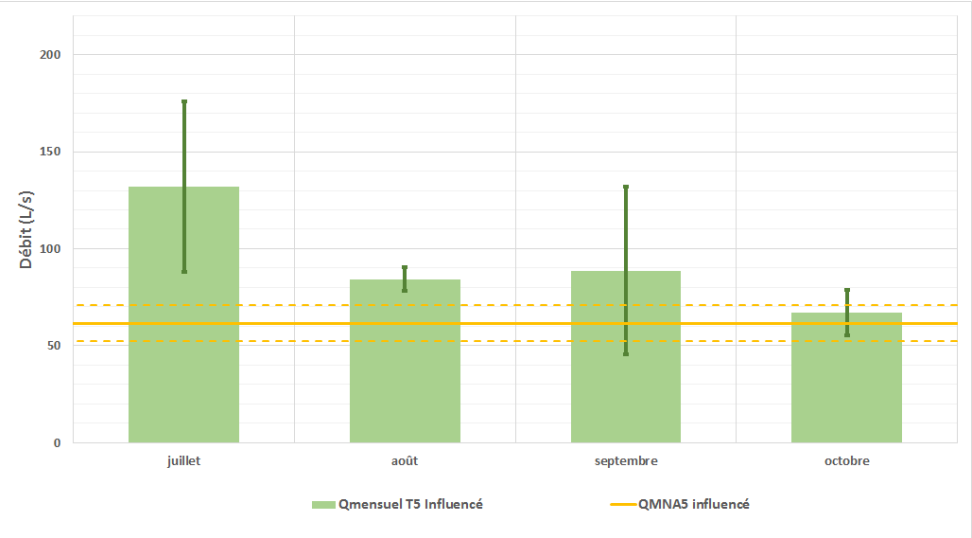


Figure 30 : UG 2 - Régime influencé | Débits mensuels interannuels quinquennaux secs au point de référence 4_02

L'Unité de gestion « **Foron Rochois Médian** » présente des **débits caractéristiques d'étiage en régime influencé** de l'ordre de **60 L/s pour le QMNA5**, et de l'ordre de **40 L/s pour le 1/10ème du module**, avec un débit moyen mensuel minimum de l'ordre de 140 L/s.

3.5.2.3 Point 4_03 : Nant de Sion

L'unité de gestion n°3 est la plus vaste des 4 unités de gestion du bassin du Foron Rochois et du Nant de Sion. Elle comprend l'ensemble du bassin versant du Nant de Sion et intègre également le ruisseau de la Mouille. Elle se caractérise par un important volume d'eaux claires parasites permanentes drainées par les réseaux d'assainissement. L'exutoire de cette unité de gestion se trouve au niveau de la confluence du Nant de Sion avec l'Arve.

Les **débits caractéristiques d'étiage** pour ce point de référence sont détaillés ci-après :

Tableau 20 : UG 3 - Régime influencé | Estimation des QMNA / QMNA 2 / QMNA 5

	QMNA moyen	QMNA2	QMNA5
L/s	180 [124; 236]	141 [103; 178]	77 [65; 88]
L/s/km²	4.9 [3.4; 6.5]	3.9 [2.8; 4.9]	2.1 [1.8; 2.4]

Tableau 21 : UG 3 - Régime influencé | Estimation des VCN10 / VCN10 (2) / VCN10 (5)

	VCN10	VCN10 (2)	VCN10 (5)
L/s	123 [47; 200]	102 [42; 162]	59 [32; 87]
L/s/km²	3.4 [1.3; 5.5]	2.8 [1.1; 4.4]	1.6 [0.9; 2.4]

Tableau 22 : UG 3 - Régime influencé | Estimation des VCN3 / VCN3 (2) / VCN3 (5)

	VCN3	VCN3 (2)	VCN3 (5)
L/s	114 [28; 200]	94 [25; 163]	55 [19; 90]
L/s/km²	3.1 [0.8; 5.5]	2.6 [0.7; 4.5]	1.5 [0.5; 2.5]

Tableau 23 : UG 3 - Régime influencé | Estimation des 1/10ème et 1/20ème module

	1/10 module	1/20 module
L/s	60 [56; 64]	30 [28; 32]
L/s/km²	1.6 [1.5; 1.8]	0.8 [0.8; 0.9]

Le graphique suivant présente les **débits mensuels interannuels quinquennaux secs** calculés en ce point de référence en régime influencé, assortis de l'incertitude qui leur est associée (incertitude liée au calage du modèle et aux usages) :

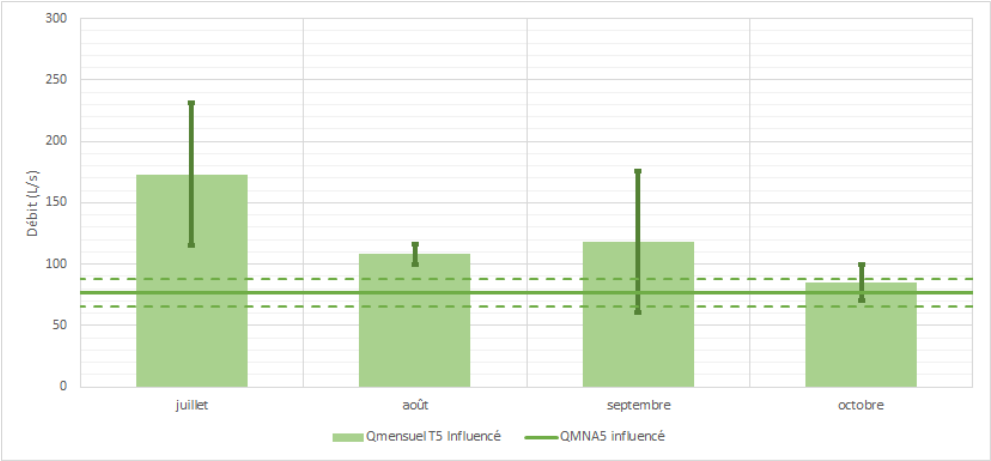


Figure 31 : UG 3 - Régime influencé | Débits mensuels interannuels quinquennaux secs au point de référence 4_03

L'Unité de gestion « **Nant de Sion** » présente des **débits caractéristiques d'étiage en régime influencé** de l'ordre de **80 L/s pour le QMNA5**, et de l'ordre de **60 L/s pour le 1/10ème du module**, avec un débit moyen mensuel minimum de l'ordre de 180 L/s.

3.5.2.4 Point 4_04 : Bourre, Brachouet et Foron Rochois aval

L'unité de gestion n°4 fait directement suite à l'unité de gestion n°2. Elle comprend l'extrémité aval du bassin versant du Foron Rochois. Elle se caractérise par de très importants prélèvements AEP et par la présence du Brachouet, un affluent suspecté d'être principalement alimenté par la nappe alluviale de l'Arve.

Les **débits caractéristiques d'étiage** pour ce point de référence sont détaillés ci-après :

Tableau 24 : UG 4 - Régime influencé | Estimation des QMNA / QMNA 2 / QMNA 5

	QMNA moyen	QMNA2	QMNA5
L/s	214 [155; 273]	153 [120; 187]	74 [63; 85]
L/s/km²	4.6 [3.3; 5.8]	3.3 [2.5; 4]	1.6 [1.3; 1.8]

Tableau 25 : UG 4 - Régime influencé | Estimation des VCN10 / VCN10 (2) / VCN10 (5)

	VCN10	VCN10 (2)	VCN10 (5)
L/s	138 [56; 220]	101 [45; 156]	49 [29; 69]
L/s/km²	2.9 [1.2; 4.7]	2.1 [1; 3.3]	1 [0.6; 1.5]

Tableau 26 : UG 4 - Régime influencé | Estimation des VCN3 / VCN3 (2) / VCN3 (5)

	VCN3	VCN3 (2)	VCN3 (5)
L/s	126 [33; 219]	89 [26; 151]	39 [16; 63]
L/s/km²	2.7 [0.7; 4.7]	1.9 [0.6; 3.2]	0.8 [0.3; 1.3]

Tableau 27 : UG 4 - Régime influencé | Estimation des 1/10ème et 1/20ème module

	1/10 module	1/20 module
L/s	75 [71; 80]	38 [35; 40]
L/s/km²	1.6 [1.5; 1.7]	0.8 [0.8; 0.8]

Le graphique suivant présente les **débits mensuels interannuels quinquennaux secs** calculés en ce point de référence en régime influencé, assortis de l'incertitude qui leur est associée (incertitude liée au calage du modèle et aux usages) :

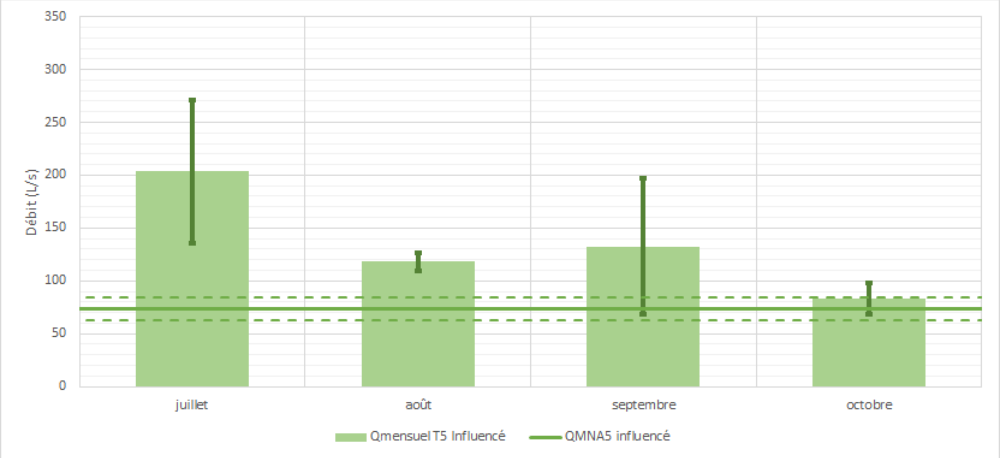


Figure 32 : UG 4 - Régime influencé | Débits mensuels interannuels quinquennaux secs au point de référence 4_04

L'Unité de gestion « **Foron Rochois aval** » présente des **débits caractéristiques d'étiage en régime influencé** de l'ordre de **70 L/s pour le QMNA5**, et de l'ordre de **75 L/s pour le 1/10ème du module**, avec un débit moyen mensuel minimum de l'ordre de 210 L/s.

3.5.3 BILAN DES RESULTATS OBTENUS

D'après les analyses du paragraphe précédent, il est à souligner que les valeurs spécifiques des différents indicateurs d'étiage (i.e. rapportées à la surface de bassin versant) augmentent entre l'UG1 et l'UG2, puis diminuent drastiquement entre l'UG2 et l'UG4. Ceci est concordant avec l'évolution du volume de prélèvement net le long du bassin versant du Foron Rochois mais sera comparé à la tendance en régime désinfluencé pour confirmer ou infirmer cette hypothèse.

L'ensemble des indicateurs de débit en régime influencé pour chaque unité de gestion sont présentés Tableau 28.

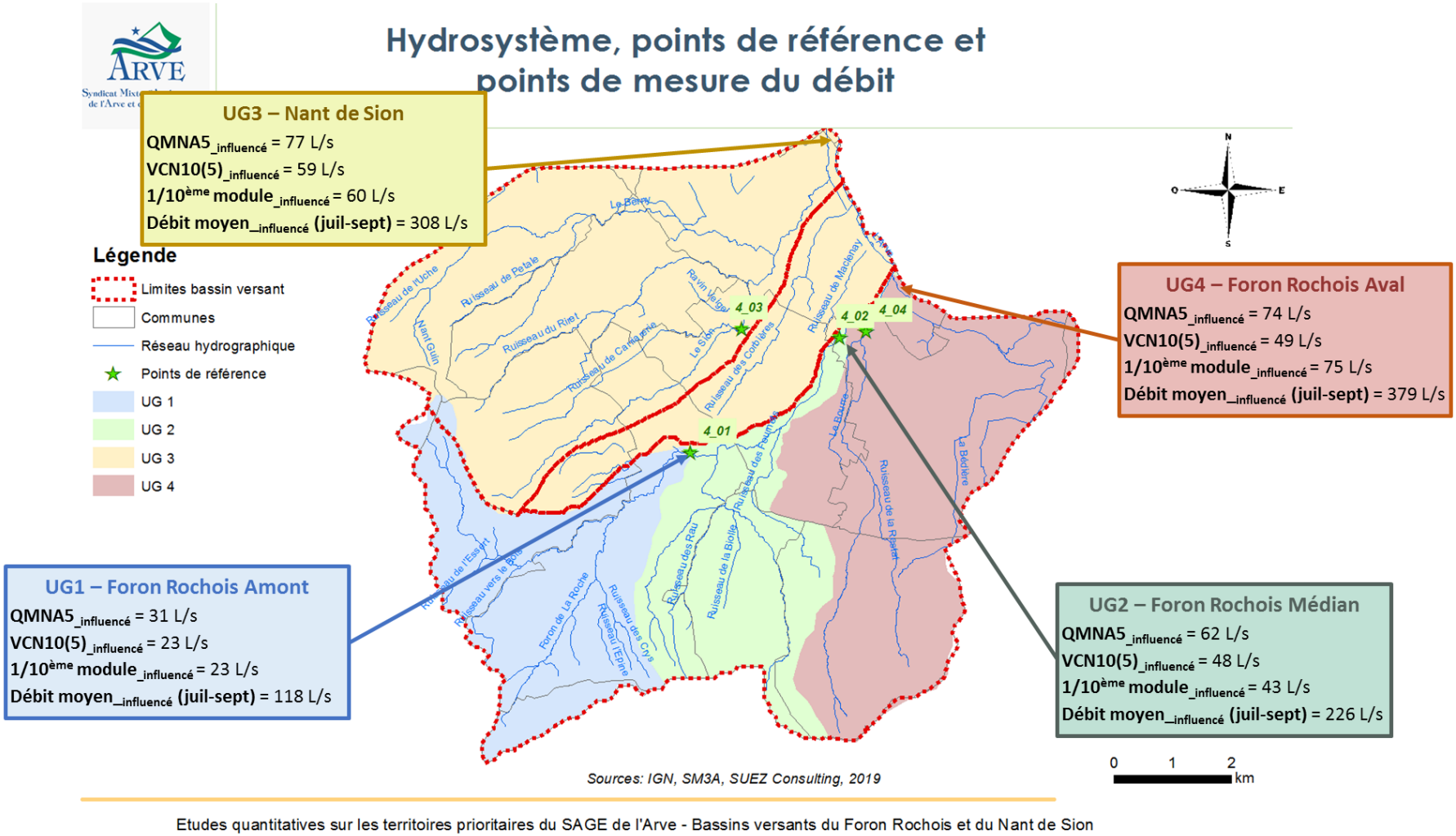


Figure 33 : Régime influencé – Cartographie des débits caractéristiques d'étiage au droit des points de référence (Source : SUEZ Consulting, 2019)

Tableau 28 : Régime influencé – Récapitulatif des indicateurs de débit au droit des points de référence du bassin du Foron Rochois et du Nant de Sion (Source : SUEZ Consulting, 2019)

Indicateurs de débit en régime influencé	UG1 Foron Rochois Amont	UG2 Foron Rochois Médian	UG3 Nant de Sion	UG4 Foron Rochois Aval
Module (L/s)	229 [215; 242]	432 [401; 463]	599 [555; 642]	753 [707; 798]
1/10 module (L/s)	23 [22; 24]	43 [40; 46]	60 [56; 64]	75 [71; 80]
1/20 module (L/s)	11 [11; 12]	22 [20; 23]	30 [28; 32]	38 [35; 40]
QMNA2 (L/s)	55 [43; 67]	108 [79; 137]	141 [103; 178]	153 [120; 187]
QMNA5 (L/s)	31 [26; 35]	62 [52; 71]	77 [65; 88]	74 [63; 85]
VCN3 2 (L/s)	36 [11; 61]	73 [20; 126]	94 [25; 163]	89 [26; 151]
VCN3 5 (L/s)	21 [9; 34]	44 [16; 73]	55 [19; 90]	39 [16; 63]
VCN10 2 (L/s)	39 [17; 60]	78 [32; 124]	102 [42; 162]	101 [45; 156]
VCN10 5 (L/s)	23 [14; 32]	48 [25; 70]	59 [32; 87]	49 [29; 69]
Q spécifique moyen (l/s/km²)	16.5 [15.5; 17.5]	16.7 [15.5; 17.9]	16.5 [15.3; 17.7]	16 [15.1; 17]
Q spécifique QMNA5 (l/s/km²)	2.2 [1.9; 2.5]	2.4 [2; 2.7]	2.1 [1.8; 2.4]	1.6 [1.3; 1.8]

3.6 RECONSTITUTION DE L'HYDROLOGIE EN REGIME DESINFLUENCE ET CARACTERISATION DE L'ETIAGE AU NIVEAU DES POINTS DE REFERENCE

3.6.1 METHODOLOGIE

Pour reconstituer les débits désinfluencés des usages anthropiques de l'eau au niveau de chaque unité de gestion, les modèles présentés au paragraphe précédent sont exécutés à nouveau, mais cette fois **sans tenir compte des usages** (prélèvements et rejets). Ainsi, on obtient le débit qui s'écoulerait théoriquement dans le cours d'eau en l'absence de tels usages.

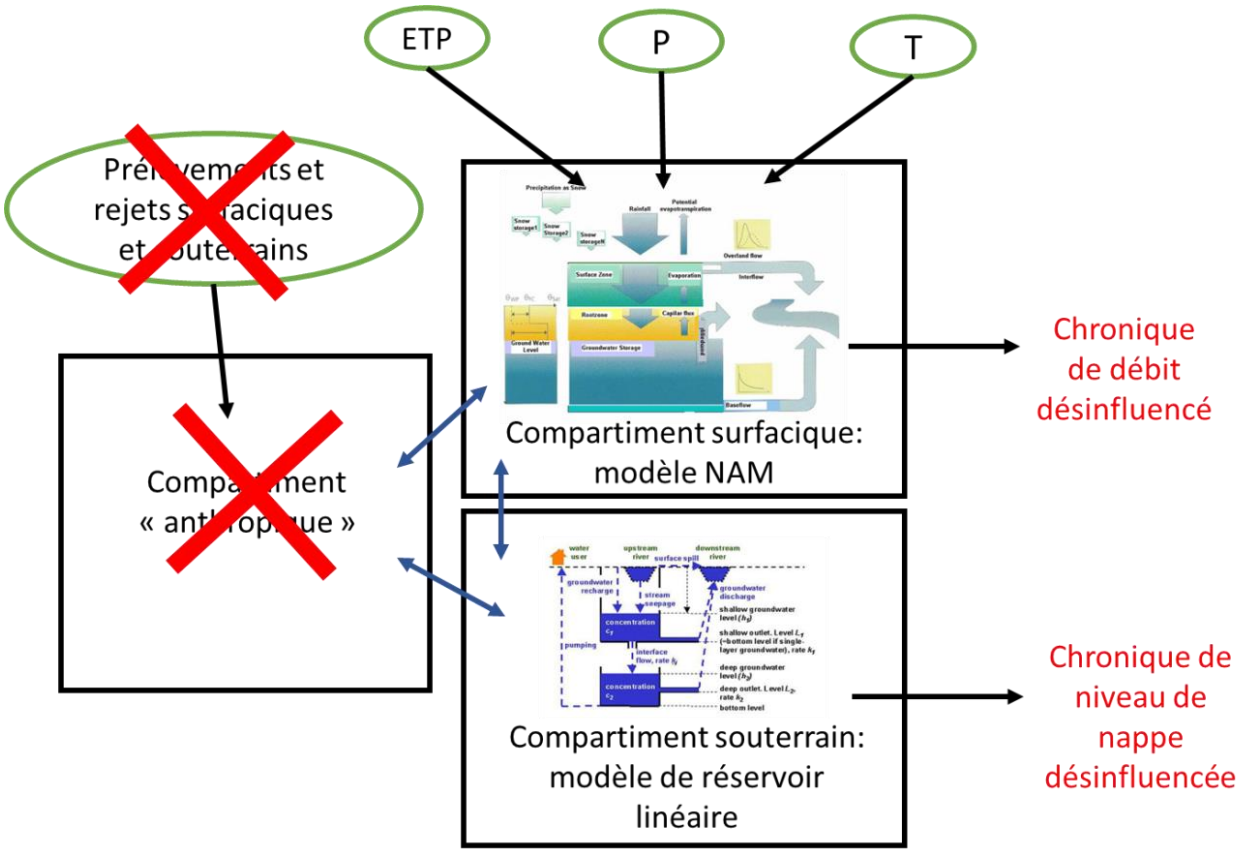


Figure 34 : Représentation schématique de l'architecture de Mike Hydro Basin (DHI, SUEZ Consulting, 2019)

3.6.2 ESTIMATION DES DEBITS CARACTERISTIQUES D'ETIAGE EN REGIME DESINFLUENCE

Les paragraphes suivants présentent les résultats de la reconstitution des débits désinfluencés.

3.6.2.1 Point 4_01 : Foron Rochois Amont

Les **débits caractéristiques d'étiage** pour ce point de référence sont détaillés ci-après :

Tableau 29 : UG 1 – Régime désinfluencé | Estimation des QMNA / QMNA 2 / QMNA 5

	QMNA moyen	QMNA2	QMNA5
L/s	78 [57; 100]	65 [50; 79]	38 [32; 44]
L/s/km²	5.6 [4.1; 7.2]	4.7 [3.6; 5.7]	2.7 [2.3; 3.2]

Tableau 30 : UG 1 - Régime désinfluencé | Estimation des VCN10 / VCN10 (2) / VCN10 (5)

	VCN10	VCN10 (2)	VCN10 (5)
L/s	55 [23; 88]	48 [21; 75]	30 [18; 43]
L/s/km²	4 [1.6; 6.3]	3.5 [1.5; 5.4]	2.2 [1.3; 3.1]

Tableau 31 : UG 1 - Régime désinfluencé | Estimation des VCN3 / VCN3 (2) / VCN3 (5)

	VCN3	VCN3 (2)	VCN3 (5)
L/s	52 [14; 90]	45 [13; 77]	29 [12; 46]
L/s/km²	3.7 [1; 6.5]	3.3 [1; 5.6]	2.1 [0.8; 3.3]

Tableau 32 : UG 1 - Régime désinfluencé | Estimation des 1/10ème et 1/20ème module

	1/10 module	1/20 module
L/s	24 [22; 25]	12 [11; 13]
L/s/km²	1.7 [1.6; 1.8]	0.9 [0.8; 0.9]

Le graphique suivant présente les **débits mensuels interannuels quinquennaux secs** calculés en ce point de référence en régime désinfluencé, assortis de l'incertitude qui leur est associée (incertitude liée à la connaissance des usages et au calage du modèle) :

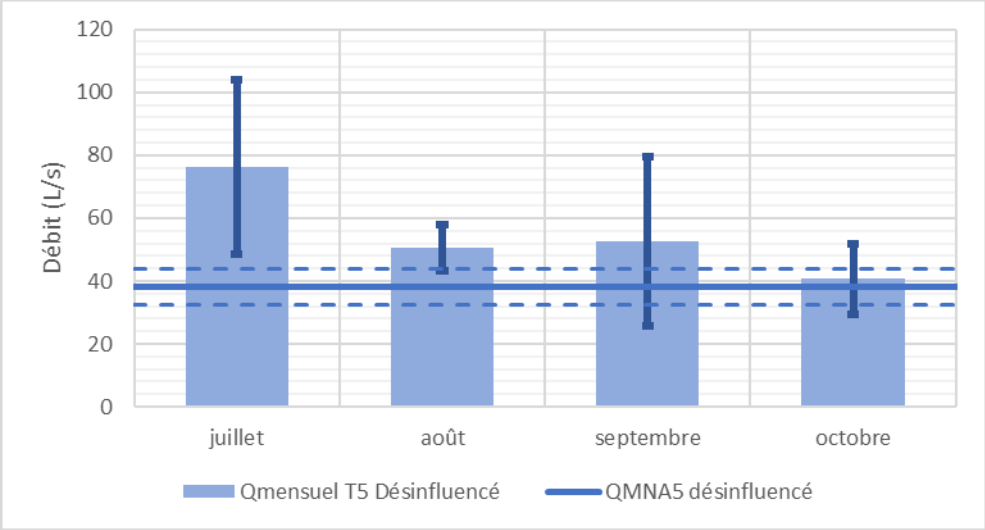


Figure 35 : UG 1 - Régime désinfluencé | Débits mensuels interannuels quinquennaux secs au point de référence 4_01

L'Unité de gestion « **Foron Rochois Amont** » présente des **débits caractéristiques d'étiage en régime désinfluencé** d'environ **40 L/s pour le QMNA5**, et de l'ordre de **20 L/s pour le 1/10ème du module**, avec un débit moyen mensuel minimum de l'ordre de 80 L/s.

3.6.2.2 Point 4_02 : Foron Rochois Médian

Les **débits caractéristiques d'étiage** pour ce point de référence sont détaillés ci-après :

Tableau 33 : UG 2 – Régime désinfluencé | Estimation des QMNA / QMNA 2 / QMNA 5

	QMNA moyen	QMNA2	QMNA5
L/s	145 [100; 191]	120 [88; 152]	71 [60; 81]
L/s/km²	5.6 [3.9; 7.4]	4.6 [3.4; 5.9]	2.7 [2.3; 3.1]

Tableau 34 : UG 2 - Régime désinfluencé | Estimation des VCN10 / VCN10 (2) / VCN10 (5)

	VCN10	VCN10 (2)	VCN10 (5)
L/s	103 [39; 167]	89 [37; 142]	57 [30; 83]
L/s/km²	4 [1.5; 6.4]	3.5 [1.4; 5.5]	2.2 [1.2; 3.2]

Tableau 35 : UG 2 - Régime désinfluencé | Estimation des VCN3 / VCN3 (2) / VCN3 (5)

	VCN3	VCN3 (2)	VCN3 (5)
L/s	96 [24; 169]	84 [23; 146]	53 [19; 88]
L/s/km²	3.7 [0.9; 6.5]	3.3 [0.9; 5.6]	2.1 [0.7; 3.4]

Tableau 36 : UG 2 - Régime désinfluencé | Estimation des 1/10ème et 1/20ème module

	1/10 module	1/20 module
L/s	44 [41; 47]	22 [21; 24]
L/s/km²	1.7 [1.6; 1.8]	0.9 [0.8; 0.9]

Le graphique suivant présente les **débits mensuels interannuels quinquennaux secs** calculés en ce point de référence en régime désinfluencé, assortis de l'incertitude qui leur est associée (incertitude liée à la connaissance des usages et au calage du modèle) :

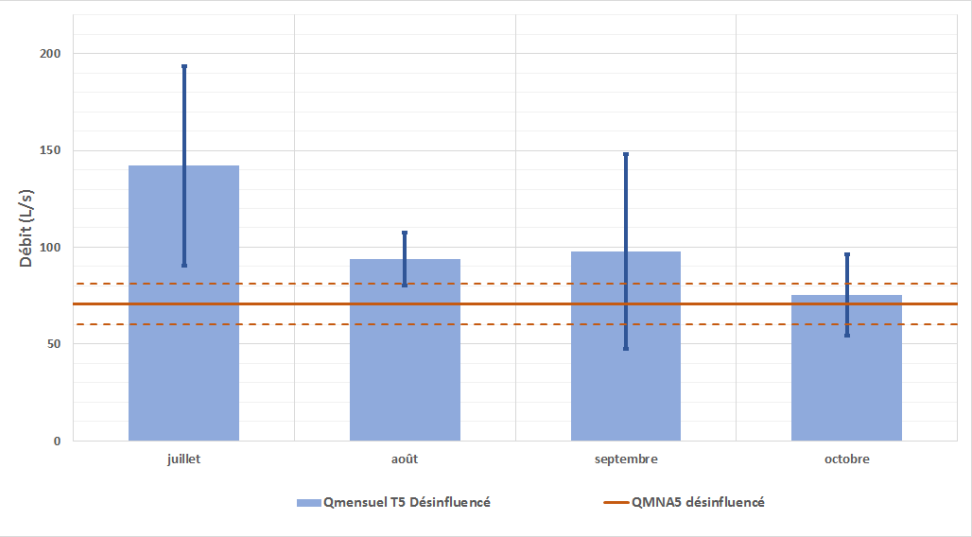


Figure 36 : UG 2 - Régime désinfluencé | Débits mensuels interannuels quinquennaux secs au point de référence 4_02

L'Unité de gestion « **Foron Rochois Médian** » présente des débits caractéristiques d'étiage en régime désinfluencé de l'ordre de **70 L/s pour le QMNA5**, et de l'ordre de **40 L/s pour le 1/10ème du module**, avec un débit moyen mensuel minimum de l'ordre de 150 L/s.

3.6.2.3 Point 4_03 : Nant de Sion

Les **débits caractéristiques d'étiage** pour ce point de référence sont détaillés ci-après :

Tableau 37 : UG 3 – Régime désinfluencé | Estimation des QMNA / QMNA 2 / QMNA 5

	QMNA moyen	QMNA2	QMNA5
L/s	199 [137; 262]	163 [120; 207]	95 [81; 109]
L/s/km²	5.5 [3.8; 7.2]	4.5 [3.3; 5.7]	2.6 [2.2; 3]

Tableau 38 : UG 3 - Régime désinfluencé | Estimation des VCN10 / VCN10 (2) / VCN10 (5)

	VCN10	VCN10 (2)	VCN10 (5)
L/s	142 [54; 230]	123 [50; 195]	77 [41; 114]
L/s/km²	3.9 [1.5; 6.3]	3.4 [1.4; 5.4]	2.1 [1.1; 3.1]

Tableau 39 : UG 3 - Régime désinfluencé | Estimation des VCN3 / VCN3 (2) / VCN3 (5)

	VCN3	VCN3 (2)	VCN3 (5)
L/s	133 [33; 232]	115 [31; 200]	73 [26; 120]
L/s/km²	3.6 [0.9; 6.4]	3.2 [0.9; 5.5]	2 [0.7; 3.3]

Tableau 40 : UG 3 - Régime désinfluencé | Estimation des 1/10ème et 1/20ème module

	1/10 module	1/20 module
L/s	62 [57; 66]	31 [29; 33]
L/s/km²	1.7 [1.6; 1.8]	0.9 [0.8; 0.9]

Le graphique suivant présente les **débits mensuels interannuels quinquennaux secs** calculés en ce point de référence en régime désinfluencé, assortis de l'incertitude qui leur est associée (incertitude liée à la connaissance des usages et au calage du modèle) :

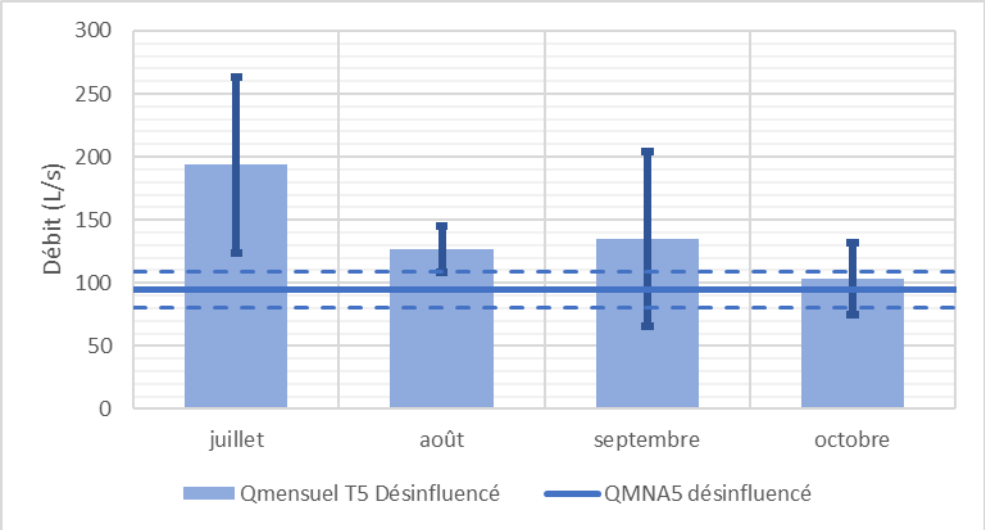


Figure 37 : UG 3 - Régime désinfluencé | Débits mensuels interannuels quinquennaux secs au point de référence 4_03

L'Unité de gestion « **Nant de Sion** » présente des **débits caractéristiques d'étiage en régime désinfluencé** de l'ordre de **100 L/s pour le QMNA5**, et de l'ordre de **60 L/s pour le 1/10ème du module**, avec un débit moyen mensuel minimum de l'ordre de 200 L/s.

3.6.2.4 Point 4_04 : Bourre, Brachouet et Foron Rochois aval

Les **débits caractéristiques d'étiage** pour ce point de référence sont détaillés ci-après :

Tableau 41 : UG 4 – Régime désinfluencé | Estimation des QMNA / QMNA 2 / QMNA 5

	QMNA moyen	QMNA2	QMNA5
L/s	264 [191; 336]	217 [169; 264]	127 [108; 146]
L/s/km²	5.6 [4.1; 7.2]	4.6 [3.6; 5.6]	2.7 [2.3; 3.1]

Tableau 42 : UG 4 - Régime désinfluencé | Estimation des VCN10 / VCN10 (2) / VCN10 (5)

	VCN10	VCN10 (2)	VCN10 (5)
L/s	187 [76; 298]	162 [72; 251]	102 [61; 143]
L/s/km²	4 [1.6; 6.3]	3.4 [1.5; 5.4]	2.2 [1.3; 3.1]

Tableau 43 : UG 4 - Régime désinfluencé | Estimation des VCN3 / VCN3 (2) / VCN3 (5)

	VCN3	VCN3 (2)	VCN3 (5)
L/s	175 [46; 304]	152 [45; 260]	96 [39; 154]
L/s/km²	3.7 [1; 6.5]	3.2 [1; 5.5]	2 [0.8; 3.3]

Tableau 44 : UG 4 - Régime désinfluencé | Estimation des 1/10ème et 1/20ème module

	1/10 module	1/20 module
L/s	80 [75; 85]	40 [38; 42]
L/s/km²	1.7 [1.6; 1.8]	0.9 [0.8; 0.9]

Le graphique suivant présente les **débits mensuels interannuels quinquennaux secs** calculés en ce point de référence en régime désinfluencé, assortis de l'incertitude qui leur est associée (incertitude liée à la connaissance des usages et au calage du modèle) :

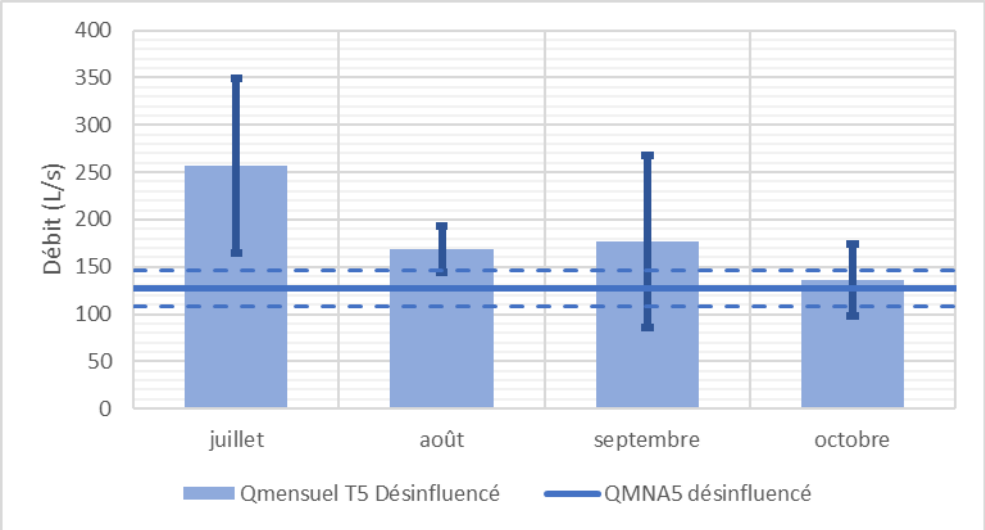


Figure 38 : UG 4 - Régime désinfluencé | Débits mensuels interannuels quinquennaux secs au point de référence 4_04

L'Unité de gestion « **Foron Rochois Aval** » présente des **débits caractéristiques d'étiage en régime désinfluencé** de l'ordre de **130 L/s pour le QMNA5**, et de l'ordre de **80 L/s pour le 1/10ème du module**, avec un débit moyen mensuel minimum de l'ordre de 260 L/s.

3.6.3 *BILAN DES RESULTATS OBTENUS*

D'après les analyses du paragraphe précédent, il est à souligner que les valeurs spécifiques des différents indicateurs d'étiage (i.e. rapportées à la surface de bassin versant) restent stables d'amont en aval du bassin du Foron Rochois.

L'ensemble des indicateurs de débit en régime désinfluencé pour chaque unité de gestion sont présentés Tableau 45.

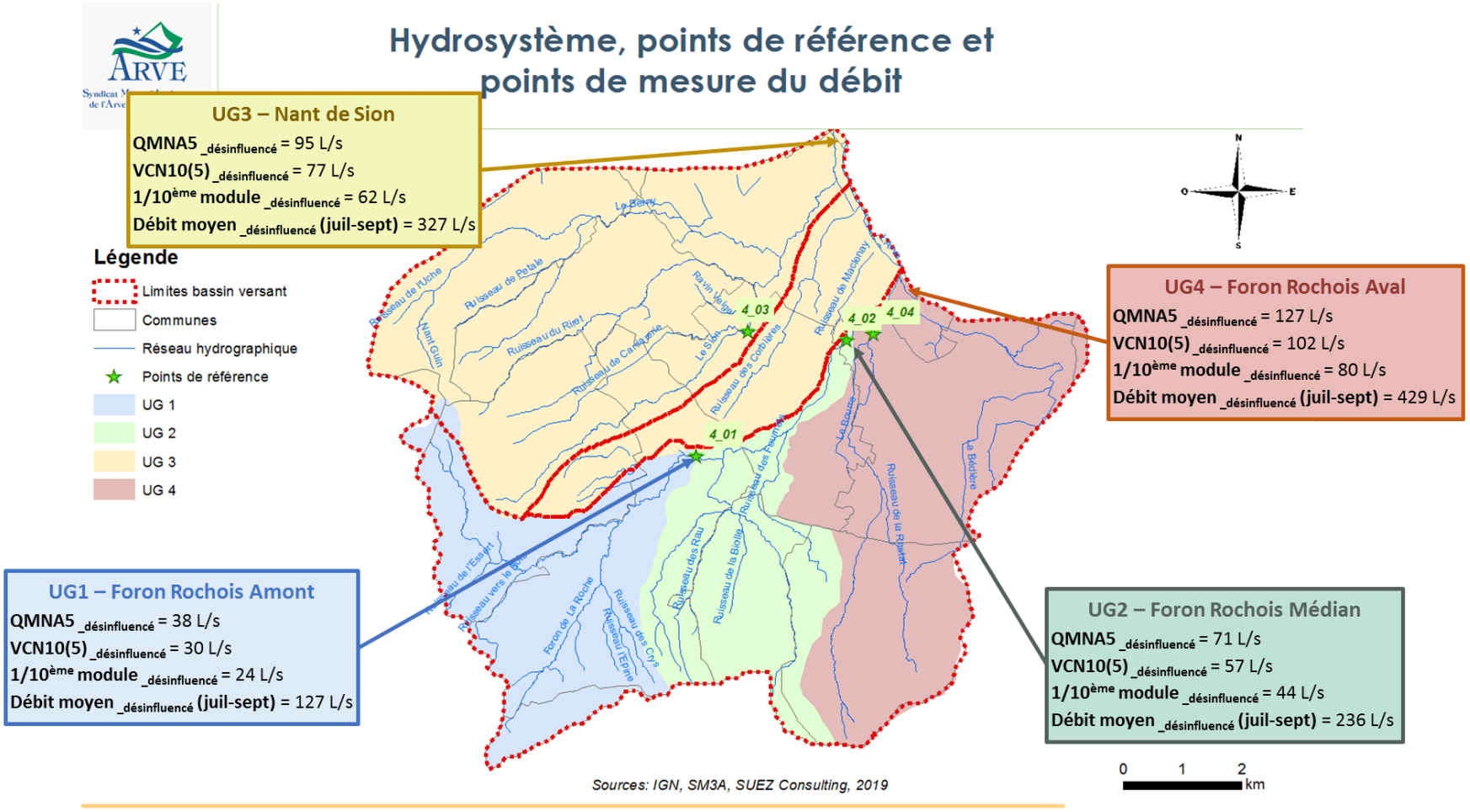


Figure 39 : Régime désinfluencé – Cartographie des débits caractéristiques d'étiage au droit des points de référence (Source : SUEZ Consulting, 2019)

Tableau 45 : Régime désinfluencé – Récapitulatif des indicateurs de débit au droit des points de référence du bassin du Foron Rochois et du Nant de Sion (Source : SUEZ Consulting, 2019)

Indicateurs de débit en régime désinfluencé	UG1 Foron Rochois Amont	UG2 Foron Rochois Médian	UG3 Nant de Sion	UG4 Foron Rochois Aval
Module (L/s)	238 [223; 252]	443 [410; 475]	619 [574; 664]	802 [754; 850]
1/10 module (L/s)	24 [22; 25]	44 [41; 47]	62 [57; 66]	80 [75; 85]
1/20 module (L/s)	12 [11; 13]	22 [21; 24]	31 [29; 33]	40 [38; 42]
QMNA2 (L/s)	65 [50; 79]	120 [88; 152]	163 [120; 207]	217 [169; 264]
QMNA5 (L/s)	38 [32; 44]	71 [60; 81]	95 [81; 109]	127 [108; 146]
VCN3 2 (L/s)	45 [13; 77]	84 [23; 146]	115 [31; 200]	152 [45; 260]
VCN3 5 (L/s)	29 [12; 46]	53 [19; 88]	73 [26; 120]	96 [39; 154]
VCN10 2 (L/s)	48 [21; 75]	89 [37; 142]	123 [50; 195]	162 [72; 251]
VCN10 5 (L/s)	30 [18; 43]	57 [30; 83]	77 [41; 114]	102 [61; 143]
Q spécifique moyen (l/s/km²)	17.1 [16.1; 18.2]	17.1 [15.9; 18.4]	17 [15.8; 18.3]	17.1 [16.1; 18.1]
Q spécifique QMNA5 (l/s/km²)	2.7 [2.3; 3.2]	2.7 [2.3; 3.1]	2.6 [2.2; 3]	2.7 [2.3; 3.1]

Les valeurs de QMNA5 peuvent être comparées aux valeurs issues de l'étude OFB/IRSTEA (cf. §3.4.5.2).

Tableau 46 : Régime désinfluencé – Comparaison avec les débits de référence à l'étiage estimés par l'OFB-IRSTEA en 2012 (Source : IRSTEA, 2012, SUEZ Consulting, 2019)

	QMNA5 Cartographie étude OFB-IRSTEA				QMNA5 simulé
	Bas	Moyen	Haut	Robustesse	
UG1	0.014	0.029	0.05	Prudence	**0.038**
UG2	0.029	0.06	0.102	Prudence	**0.071**
UG3	0.037	0.074	0.122	Fragile	**0.095**
UG4	0.051	0.103	0.172	Prudence	**0.127**

Tous les QMNA5 désinfluencés issus de la modélisation **sont compris dans l'intervalle estimé par l'étude de l'OFB-IRSTEA**.

Tous les QMNA5 désinfluencés issus de la modélisation se situent **dans la marge haute de l'estimation de l'étude de l'OFB-IRSTEA**. A noter que l'indice de robustesse des estimations de l'étude de l'OFB-IRSTEA porte la mention « prudence » ou « fragile », ce qui signifie que ces valeurs doivent être analysées avec précaution.

Les valeurs de QMNA5 issues de la modélisation sont cohérentes des valeurs estimées par l'étude OFB/IRSTEA, ce qui renforce les résultats de la reconstitution des débits désinfluencés.

4 PRISE EN COMPTE DES ZONES HUMIDES JOUANT UN ROLE HYDRAULIQUE

Le bassin versant du Foron Rochois et du Nant de Sion est concerné par **73 zones humides** dont **310 ha** sont inclus dans le secteur d'étude[18].

Certaines peuvent jouer un rôle hydrologique, notamment via leur potentiel de régulation des débits et en particulier celui de soutien des étiages. L'étude Zones Humides du SAGE de l'Arve a permis de réaliser un travail de hiérarchisation en attribuant une note sur les fonctions hydrologiques de ces zones humides. Cette note tient compte des indicateurs suivants : surface des zones humides, densité des zones humides, connexion avec le réseau hydrographique et rôle « tampon » en cas d'inondation. **60 zones humides** présentes sur le bassin du Foron Rochois et du Nant de Sion ont une note hydrologique faible allant **de 1 à 8** (sur 16). Ces zones humides, couvrant généralement de petites surfaces (< 1.5 ha) ont un rôle de soutien d'étiage relativement limité.

En revanche on dénombre **6 zones humides** jouant un rôle hydrologique et hydraulique prépondérant (note supérieure ou égale à 9) et qui ont une superficie importante **supérieure à 3 ha**. En termes de surface, une part majeure de ces zones humides est **de type alluvial**, tandis qu'on observe quelques zones humides **de bas-fond en tête de bassin versant ou des marais humides de plaines**.

Les zones humides jouant un rôle hydraulique prépondérant selon la méthode de hiérarchisation de l'étude SAGE de l'Arve sont identifiées dans le tableau suivant :

Tableau 47 : Liste des zones humides présentes sur le bassin du Foron Rochois jouant un rôle hydrologique prépondérant (Source : Etude ZH du SAGE Arve, 2013)

N° ASTERS	SURFACE (en ha)	Désignation	Commune	Note Fonctionnement Hydro (/16)
74ASTERS0161	6.12	Le Bois Est / Montizel Nord-Ouest	LA ROCHE-SUR-FORON	10
74ASTERS0241	3.90	Le Beulet Nord-Est / bordure Ouest de la D 102	PERS-JUSSY	12
74ASTERS1458	6.24	Lanovaz Nord-Ouest / Les Marais	ARENTHON	12
74ASTERS1413	5.89	La Papeterie / bord Sud de l'A40	ARENTHON	16
74ASTERS0544	582.96	Arve alluviale aval Bonneville	ARENTHON	16
74ASTERS1457	47.77	Bords de l'Arve / côté Sud de l'A40	ARENTHON	16

[18] Source : Etude Zones Humides du SAGE de l'Arve – 2013

Il est à noter que le rôle de soutien d'étiage d'une zone humide fait l'objet d'études spécifiques qui tiennent compte notamment des caractéristiques propres à la zone humide considérée, du cycle hydrologique et des paramètres physiques d'écoulement (source : AERMC).

Il convient également de noter que les zones humides remplissent d'autres fonctions, telles que des **fonctions physiques et biogéochimiques** (épuration de l'eau…) et des **fonctions biologiques, écologiques et sociétales** (biodiversité, valeur socio-économique…). L'ensemble des services rendus par ces zones humides combinent toutes ces fonctions qui ne sont pas traitées dans le cadre de la présente étude.

Par ailleurs, une réflexion stratégique est actuellement menée par le SM3A sur la priorisation des zones humides à préserver et/ou à restaurer qui tient compte de toutes les fonctionnalités des zones humides..

La cartographie suivante représente l'ensemble des **zones humides identifiées sur le bassin versant** et celles jouant un rôle hydrologique :

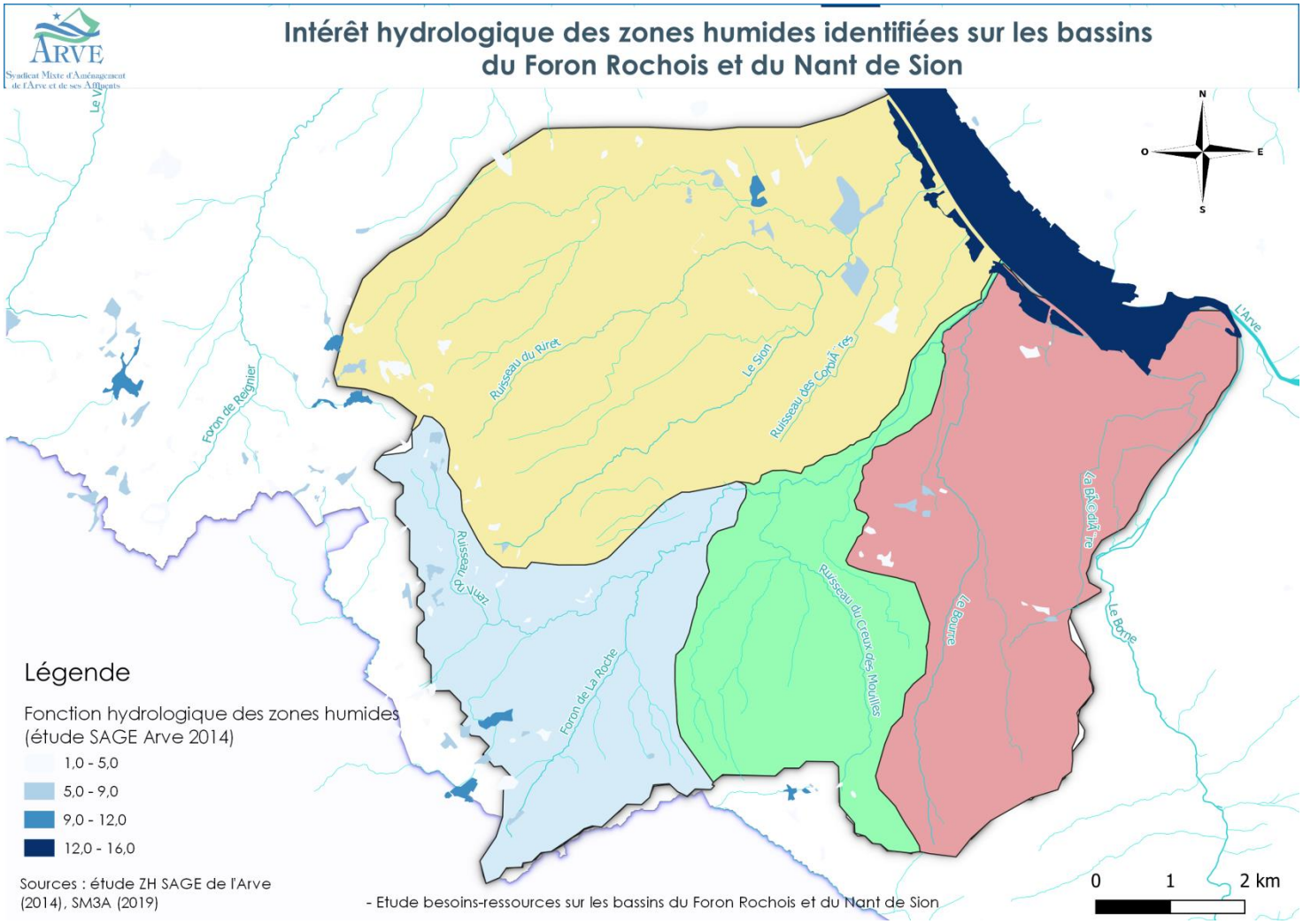


Figure 40 : Zones humides identifiées sur le bassin et note hydrologique associée (Source : SAGE ARVE, 2014, SM3A, SUEZ Consulting)

5 CARACTERISATION DE LA RESSOURCE EN EAU SOUTERRAINE

5.1 CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE

❖ Caractérisation des aquifères

Les données disponibles ont été rassemblées afin de réaliser un état des connaissances sur la géométrie des aquifères et leur fonctionnement.

On ne parle pas sur les vallées de l'Arve d'une nappe continue dans les alluvions, mais d'un ensemble de nappes assez complexe, les aquifères n'étant pas toujours en relation les uns avec les autres.

En tête des vallées, on retrouve des épaisseurs très importantes de graviers et sables très perméables, avec peu d'argile en surface. Les versants en bordure et les rivières qui circulent sur ces matériaux grossiers permettent d'alimenter directement les nappes, tout comme les pluies en surface. La réserve en eau y est très importante et la recharge annuelle de la nappe est bonne.

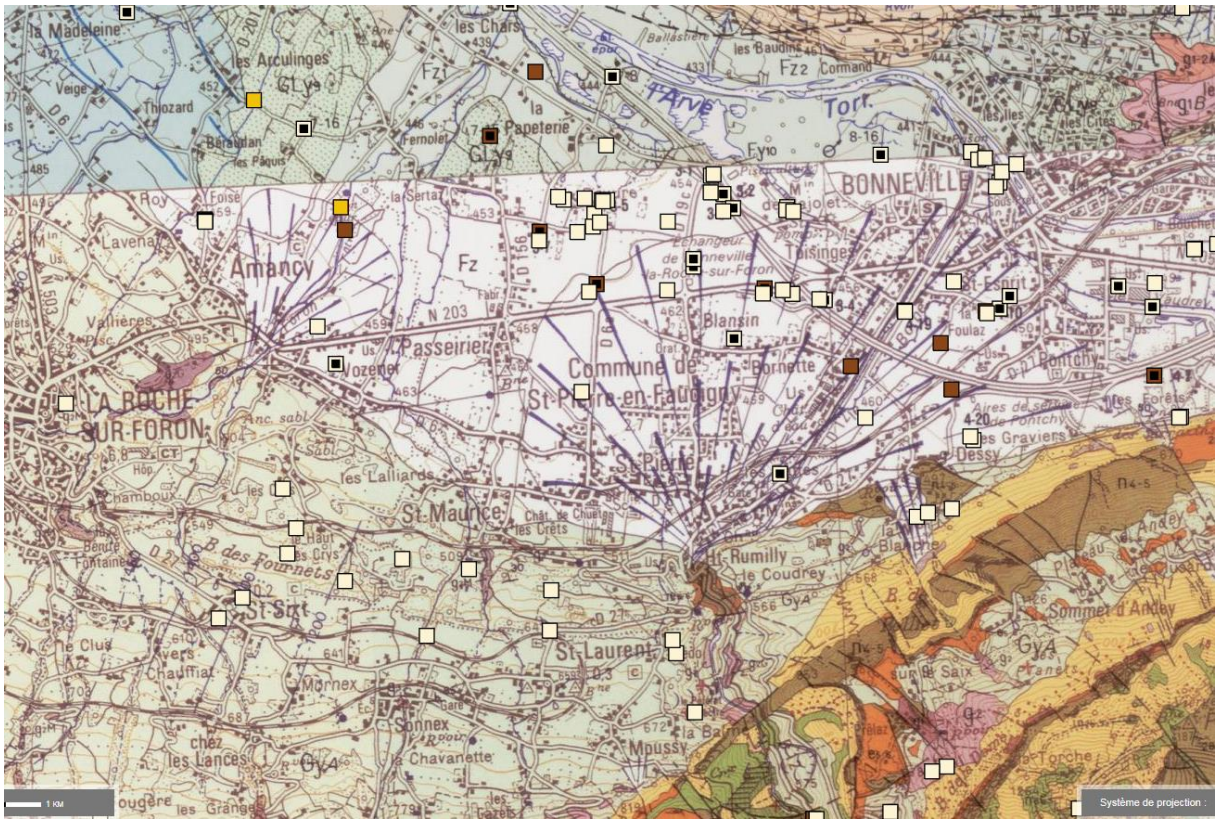


Figure 41 : Carte géologique du secteur d'étude (Source : InfoTerre)

- **Secteur du Nant de Sion**

Les alluvions anciennes constituent l'aquifère des Rocailles. Il s'agit de dépôts d'alluvions fluvio-glaciaires caillouteuses. Ces alluvions reposent sur une moraine Rissienne. Cette formation est composée de cailloutis à galets décimétriques bien arrondis pris dans une matrice gravo-sableuse. Cette formation n'apparait pas sur la carte géologique de la zone d'étude (cf Figure 41) puisqu'elle est entièrement recouverte par des dépôts plus récents.

Une étude est en cours de réalisation par ImaGeau pour le compte du SRB. 10 piézomètres ont été récemment installés (2018-2019) sur la zone d'étude tout au long de l'aquifère des Rocailles prospecté. Les logs lithologiques levés lors de la réalisation de ces piézomètres permettent de confirmer les informations suivantes :

- Un **recouvrement morainique** dont l'épaisseur est comprise entre 10 m et 40 m sur la totalité des ouvrages implantés dans l'aquifère, **excluant toute alimentation directe par les précipitations** au niveau des zones prospectées ;
- Des **ouvrages peu productifs** et fortement argilisés en bordure de sillon **excluant toute alimentation par les coteaux** au niveau des zones prospectées ;
- Une épaisseur d'alluvions grossières de 10 à 25 m recoupées.

La figure suivante présente une coupe hydrogéologique avec **une hypothèse de communication entre les alluvions de l'Arve et l'aquifère des Rocailles**. La réalisation d'analyses isotopiques a montré que les eaux du captage de Scientrier sont alimentées en partie par le Foron rochois et l'Arve, confirmant ainsi l'interdépendance entre les deux formations.

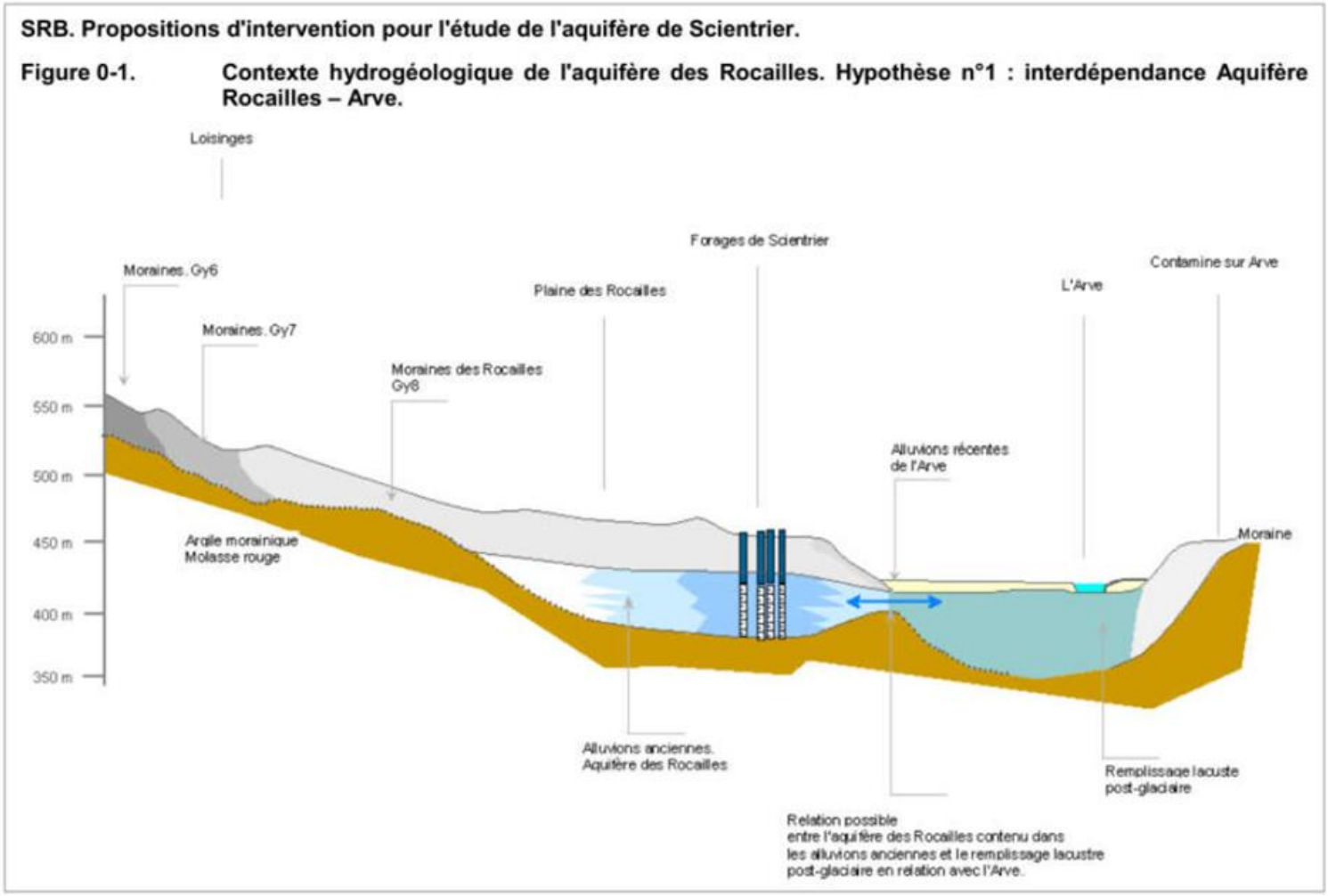


Figure 42 : Coupe hydrogéologique interprétative du remplissage de l'aquifère des Rocailles (Source : ImaGeau pour le SRB, 2017)

- **Cône du Borne**

Le cône de déjection du Borne à Saint-Pierre-en- Faucigny constitue un réservoir formé de sables et graviers profonds, et bien alimenté par la rivière dont une partie du débit se perd en pied de versant. La présence d'une couche d'argile intercalée dans les alluvions grossières offre une protection relative de l'aquifère.

Les formations aquifères sont principalement constituées de sables, graviers et galets parfois grossiers, provenant des apports du Borne et sédimentés à la fin du Würm dans un lac progressivement comblé, occupant la vallée actuelle de l'Arve. Le mur de l'aquifère est constitué principalement par des sables fins à très fins, argileux gris noirs, saturés en eau, mais peu transmissifs.

La structure du réservoir aquifère est complexe avec plusieurs couches superposées de graviers et de niveaux plus ou moins sableux et argileux.

L'épaisseur de graviers cumulée maximale observée est proche de 60 mètres, au droit du chef-lieu de Saint Pierre en Faucigny, au sud du domaine d'étude. L'épaisseur diminue progressivement en direction du nord pour atteindre une dizaine de mètres en bordure de l'Arve. Cette profonde dépression s'étend également vers le nord-ouest jusqu'au secteur de Passeirier. Les coupes de forages et les mesures géophysiques indiquent ensuite, vers l'ouest, une remontée rapide des terrains à dominante argileuse, mur de l'aquifère. L'épaisseur de l'aquifère est proche d'une vingtaine de mètres seulement dans le secteur des Inchires et de PierreLongue en bordure du Foron de la Roche. Vers l'est, une extension de la dépression atteint le secteur des Vorziers au sud de Bonneville, mais le mur remonte rapidement et n'apparaît plus qu'à une vingtaine de mètres de la surface du sol dans le secteur des Mouilles.

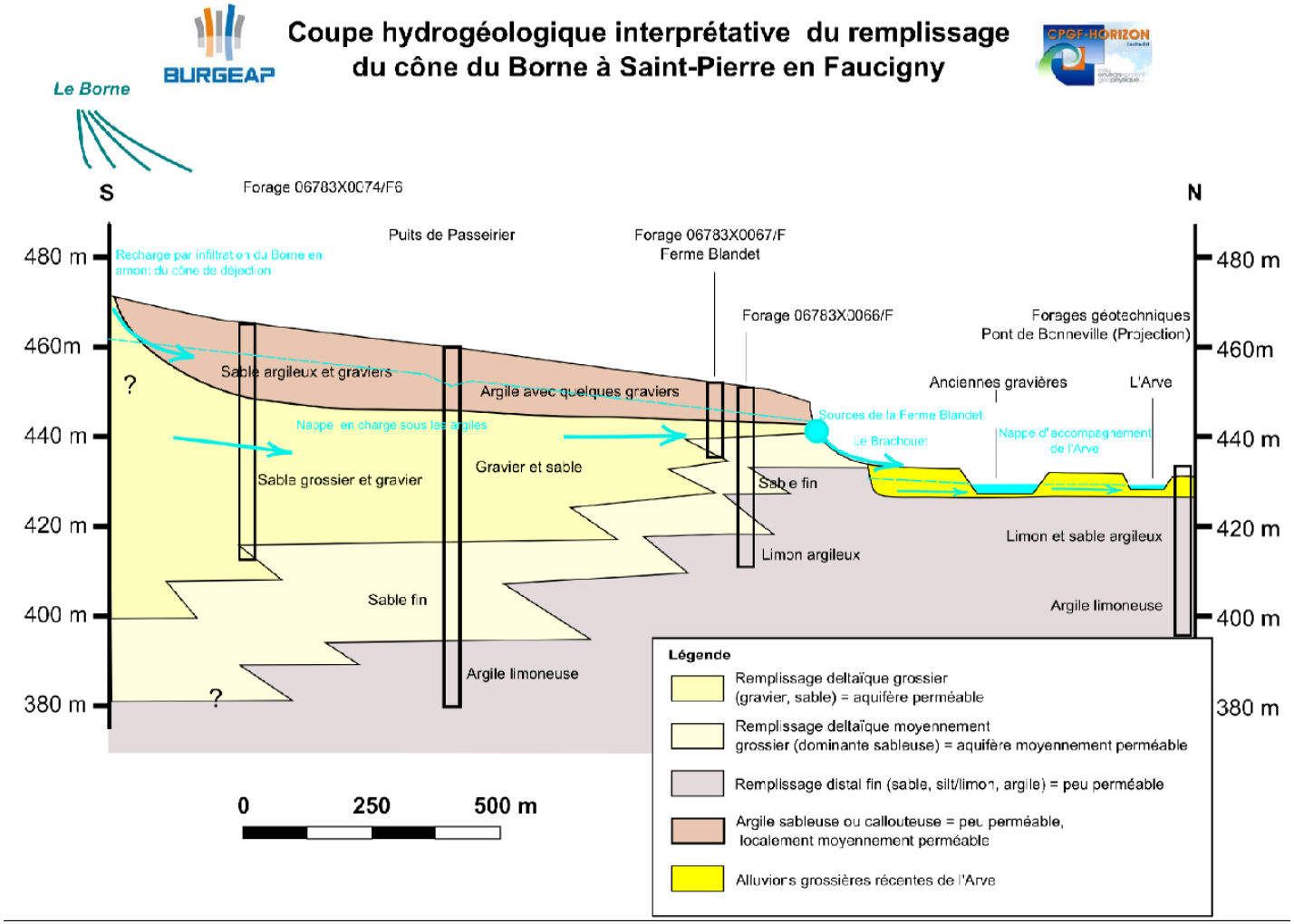


Figure 43 : Coupe hydrogéologique interprétative du remplissage du cône du Borne (Sources : Burgeap, CPGF)

La transmissivité des nappes est, dans les secteurs favorables, de l'ordre de 55 ± 5.10^{-3} m²/s, avec une plage de valeurs comprises entre 5 et 120.10^{-3} m2/s.

- **Interactions entre les nappes**

La figure suivante présente la carte piézométrique réalisée par BEGG en 1966. On note un écoulement orienté Sud -Nord au droit du cône puis une composante vers le Nord-Ouest en direction du sillon de l'aquifère des Rocailles (secteur Scientrier). Cette même direction d'écoulement est confirmée par la carte piézométrique réalisée par ImaGeau en 2017.

On note sur la carte de 1966 qu'une alimentation en provenance de l'Arve est possible. **Le Cône du Borne et l'aquifère des Rocailles seraient liés par des pertes du premier vers le deuxième.**

Toutefois, la confirmation de cette hypothèse est conditionnée par les études hydrogéologiques :

- **Sur l'aquifère des Rocailles (étude SRB en cours) ;**
- **Sur le Cône du Borne (étude prévue par la CCPR).**

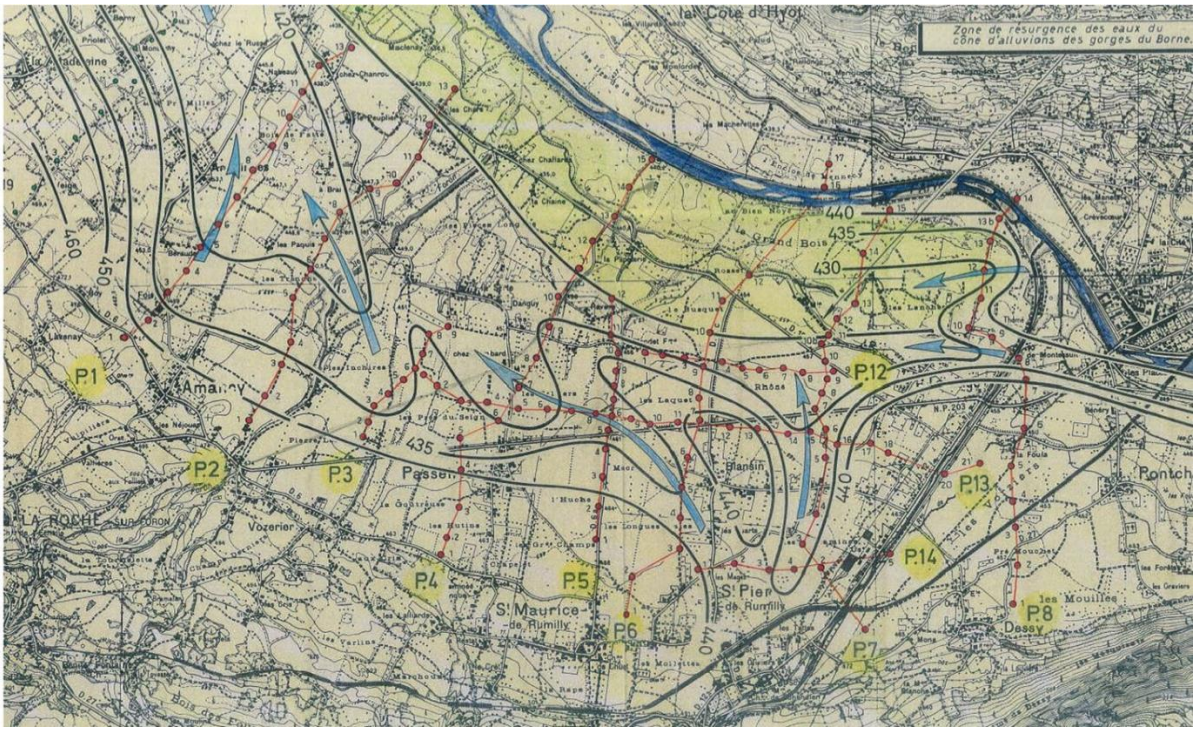


Figure 44 : Carte piézométrique sur le secteur d 'étude (Source : BEGG 1966)

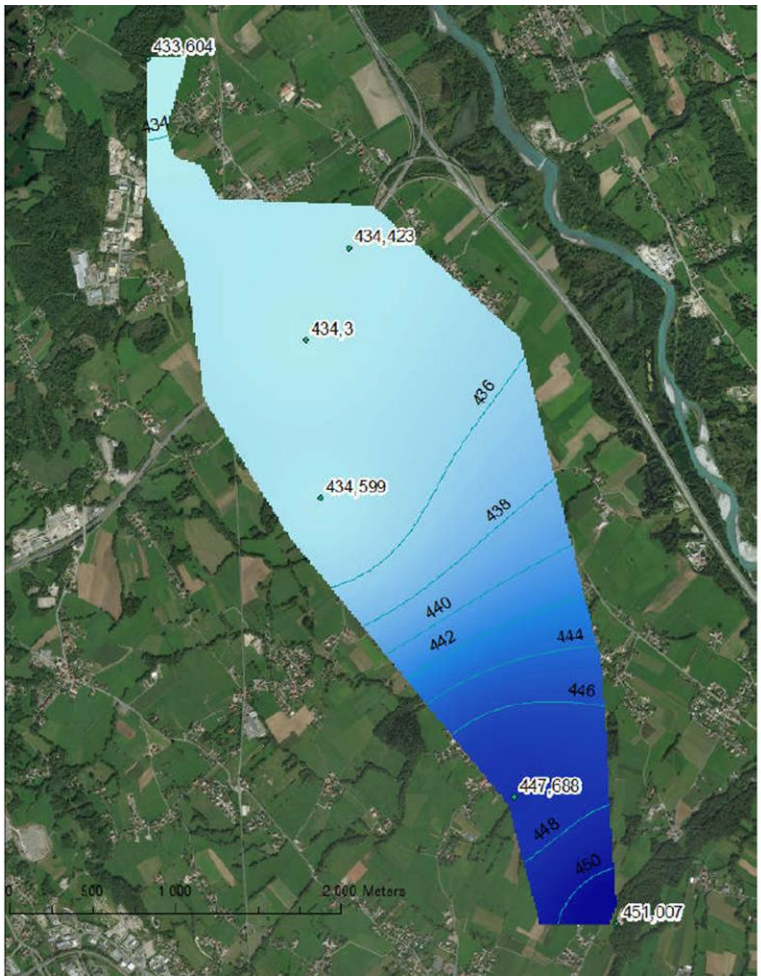
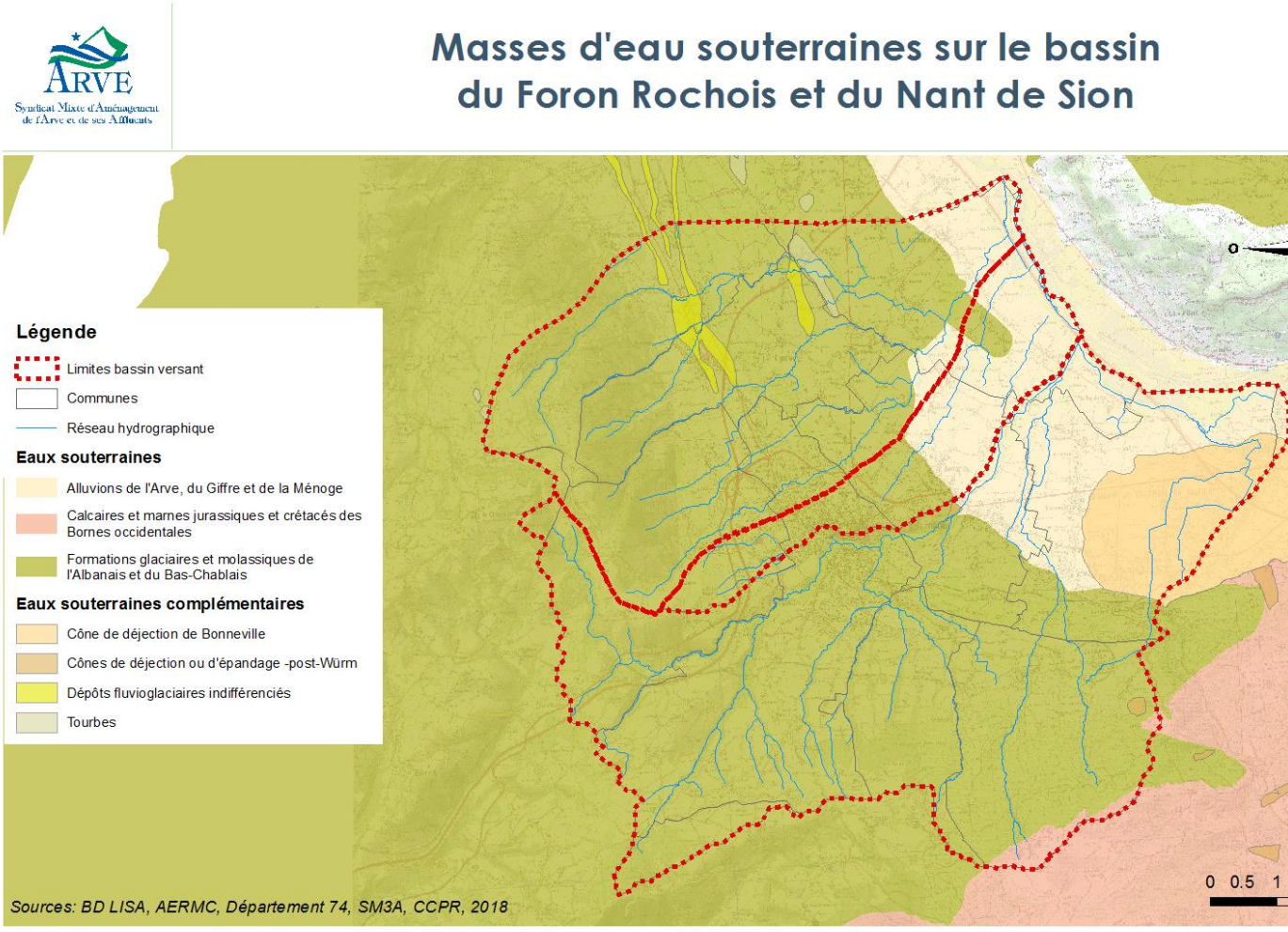


Figure 45 : Carte piézométrique de basses-eaux (Source : ImaGeau pour le SRB, 2017)

5.2 UNITES AQUIFERES PRESENTES SUR LE BASSIN VERSANT DU FORON ROCHOIS ET DU NANT DE SION

5.2.1 LES MASSES D'EAU SOUTERRAINES

On distingue sur le secteur d'étude 3 masses d'eau souterraines principales (cf.

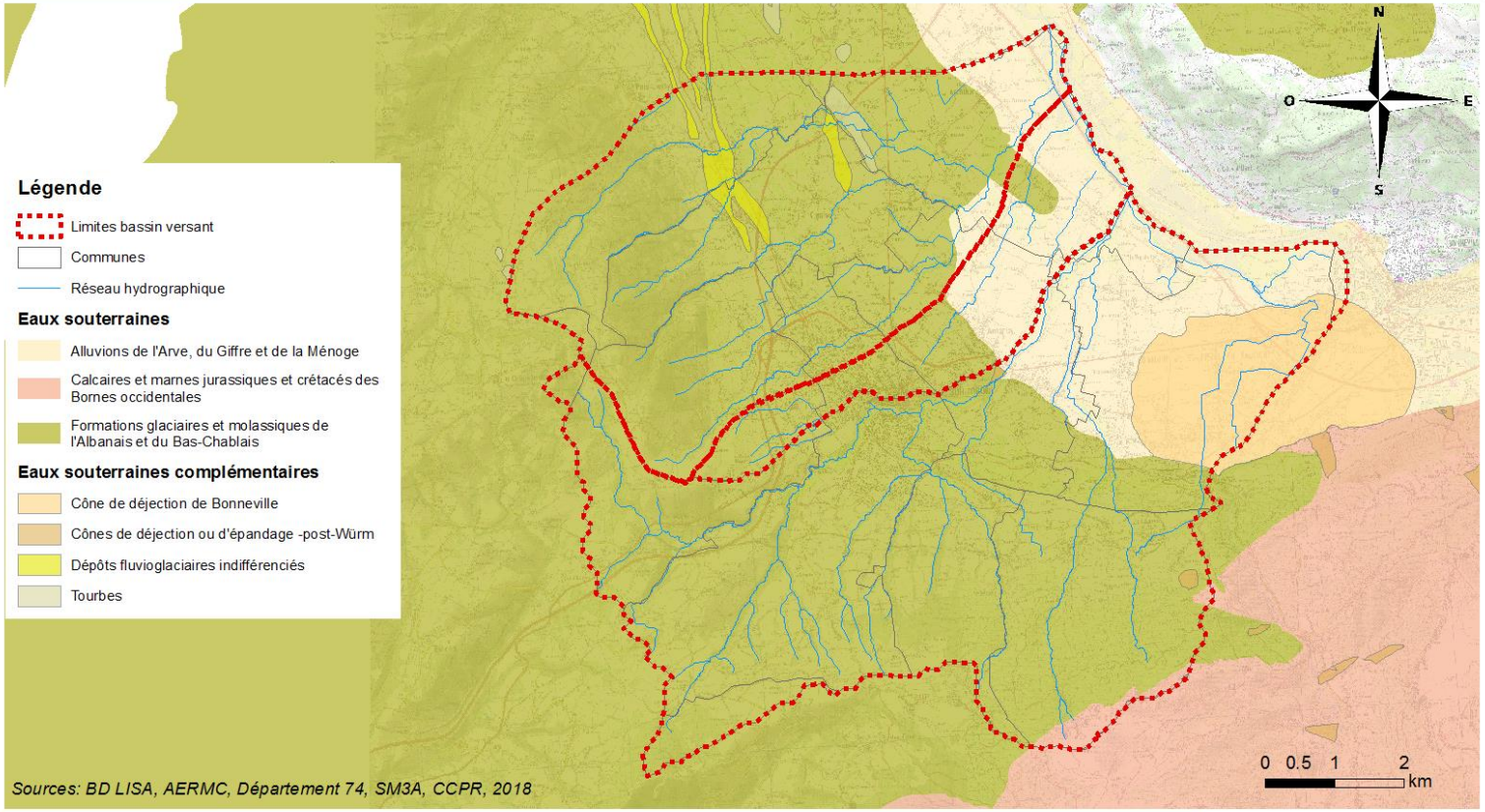


Etudes quantitatives sur les territoires prioritaires du SAGE de l'Arve - Bassin versant du Foron Rochois et du Nant de Sion

Figure 46) :

- **FRDG364** - Alluvions de l'Arve (superficielles et profondes),
- **FRDG364** - Alluvions de l'Arve (superficielles et profondes),
- **FRDG511** - Formations variées de l'Avant-Pays savoyard dans BV du Rhône,

Masses d'eau souterraines sur le bassin du Foron Rochois et du Nant de Sion



Etudes quantitatives sur les territoires prioritaires du SAGE de l'Arve - Bassin versant du Foron Rochois et du Nant de Sion

Le tableau suivant récapitule la nomenclature des différentes masses d'eau souterraines du secteur d'étude avec la correspondance de nomenclature avec la BDLISA.

Tableau 48 : Récapitulatif des différentes masses d'eau souterraines du secteur d'étude

Code masse d'eau souterraine	Code Synthèse	Code BD Lisa	Libellé
FRDG364 **Alluvions de l'Arve (superficielles et profondes)**		712BK00	Alluvions de l'Arve,
		750BK02	Cône de déjection de Bonneville Cône du Borne
FRDG511 **Formations variées de l'Avant-Pays savoyard dans BV du Rhône**	542B	516AK00	Formations glaciaires et molassiques de l'Albanais et du Bas-Chablais
FRDG112 **Calcaires et marnes du massif des Bormes et des Aravis**			Calcaires et marnes du massif des Bormes et des Aravis

5.2.2 *LA RESSOURCE EN EAU EXPLOITEE SUR LE TERRITOIRE*

Le **cône du Borne** est une vaste structure deltaïque grossière, très productive et qui vient s'imbriquer dans les alluvions lacustres de la vallée de l'Arve.

Son **potentiel est important** et il est exploité pour l'alimentation en **eau potable** de la Roche sur Foron, Bonneville et Saint-Pierre en Faucigny ainsi que de quelques communes voisines au niveau de 4 zones de captage : puits de Passeirier, puits de Vorziers, puits de la Ferme Blandet et Puits du Bajolet.

Il existe 4 périmètres de protection des captages :

- Captage de Vorziers (immédiat, rapproché et éloigné) – DUP du 30/07/2009 et rapport d'hydrogéologue agréé de J-P RAMPNOUX du 30/07/2009 ;
- Captage de Bajolet (immédiat, rapproché et éloigné) – DUP du 09/02/2004 et rapport d'hydrogéologue agréé de F. JEANNOLIN du 27/10/1994 ;
- Captage de Passeirier (immédiat, rapproché et éloigné) – DUP du 09/06/1972 et rapport d'hydrogéologue agréé de F. JEANNOLIN du 25/02/1995 ;
- Captage de la Ferme Blandet (immédiat, rapproché et éloigné) – DUP du 18/10/2002 et rapport d'hydrogéologue agréé de J-P RAMPNOUX du 07/07/1993.

La recharge de l'aquifère du cône du Borne est liée aux précipitations avec, lorsqu'une liaison avec l'Arve est possible, une participation de la rivière dans le cas d'un pompage sollicitant le front d'alimentation. Les versants en bordure et les rivières qui circulent sur ces matériaux grossiers permettraient d'alimenter directement les nappes.

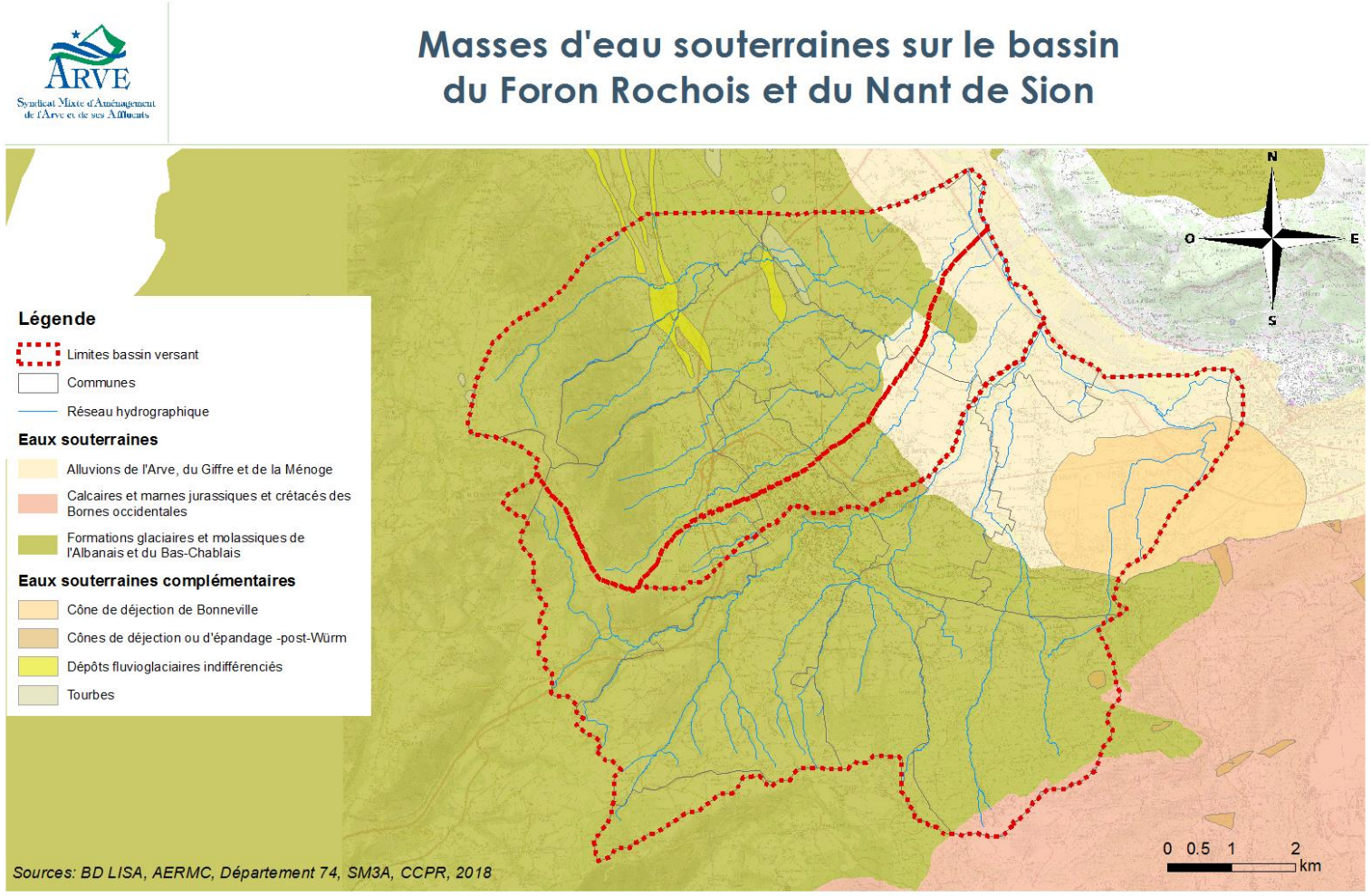


Figure 46 : Masses d'eau souterraine sur le secteur d'étude (Source : AERMC, BD LISA, SM3A, CCPR, Département 74, SUEZ Consulting, 2019)

Le tableau suivant détaille le niveau de connaissance des systèmes aquifères précédemment décrits et les besoins en études complémentaires :

Unité aquifère	Niveau de connaissance	Connaissances restant à acquérir	Etude complémentaire
Cône déjection du Borne	++	Modalités d'alimentation, caractéristiques hydrodynamiques, Vulnérabilité à la pollution	Etude prévue (CCPR) – résultats 2021
Nappe des Rocailles	++(+)	Modalités d'alimentation, caractéristiques hydrodynamiques, Vulnérabilité à la pollution	Etude en cours (SRB) – résultats 2020
Cône déjection du Foron Rochois	/	Piézométrie, géométrie, modalités d'alimentation, caractéristiques hydrodynamiques, Vulnérabilité à la pollution	Etude non prévue
Nappes d'accompagnement du Foron Rochois et Nant de Sion	/	Piézométrie, géométrie, modalités d'alimentation, caractéristiques hydrodynamiques, Vulnérabilité à la pollution	Etude non prévue

5.3 ANALYSE DES CHRONIQUES PIEZOMETRIQUES DISPONIBLES

5.3.1 RESEAU DE SUIVI PIEZOMETRIQUE ACTUEL

Sur le territoire, le réseau de suivi pour les niveaux de nappe est composé de deux piézomètres associés à des prélèvements AEP gérés par la CCPR.

Ils sont tous localisés dans la moitié aval du bassin versant du Foron Rochois et puisent l'eau du cône du Borne, portant l'identifiant masse d'eau FRDG364 et étant formé de sables et graviers profonds. Leur emplacement précis est donné à la figure suivante.

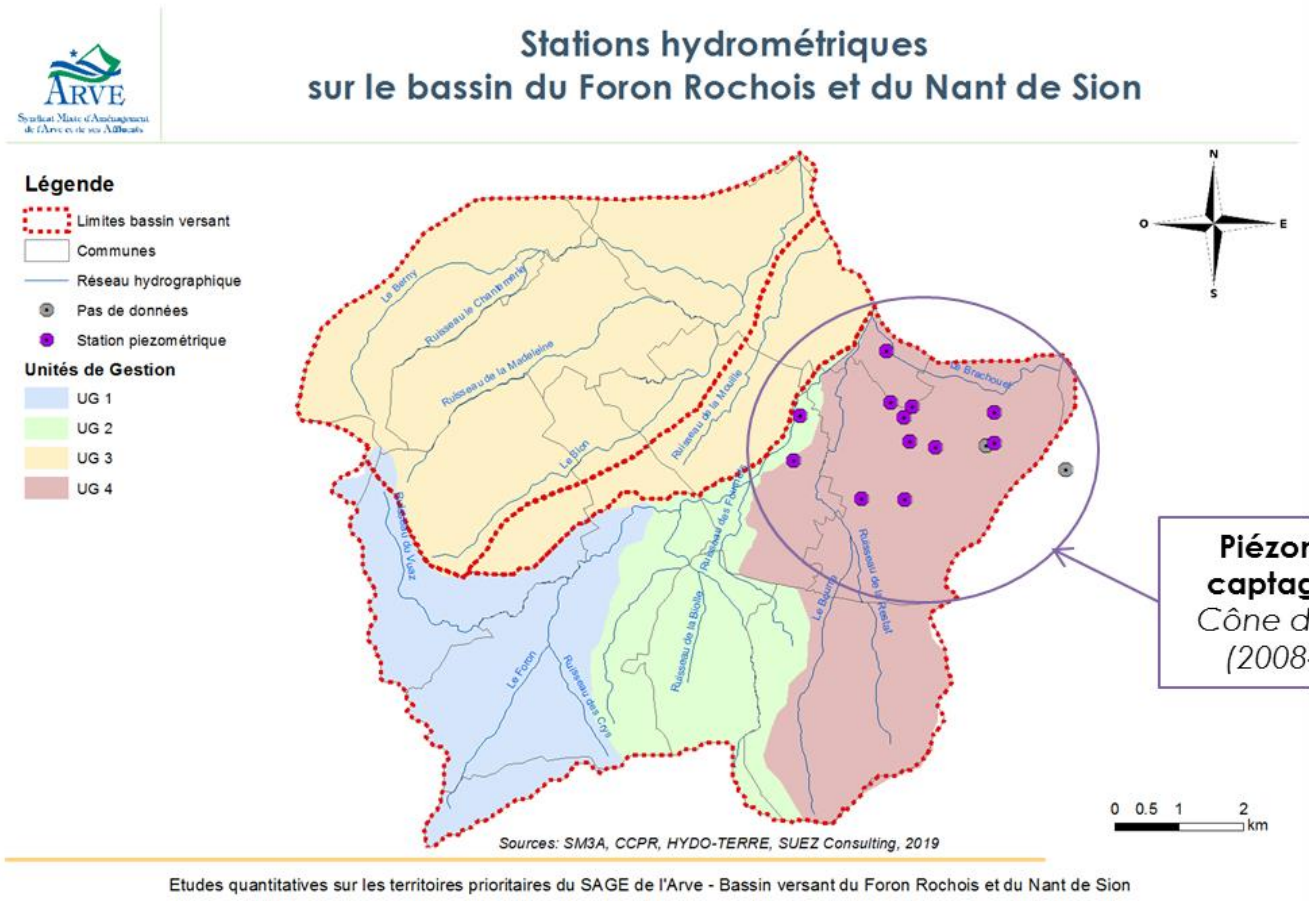


Figure 47 : Emplacement des piézomètres recensés sur le bassin versant du Foron Rochois et du Nant de Sion (Source : CCPR, Hydro-Terre, SUEZ Consulting, 2019)

Les chroniques piézométriques associées à ces points de mesure recouvrent toute la période de modélisation (2008-2017). Les mesures réalisées sont susceptibles d'être plus ou moins influencées par les prélèvements (en raison de la variation de la géométrie du cône d'abattement de la nappe avec l'intensité des prélèvements).

5.3.2 ANALYSE COMPARATIVE DES STATIONS PIEZOMETRIQUES

La figure suivante présente les suivis piézométriques disponibles sur le secteur du cône du Borne.

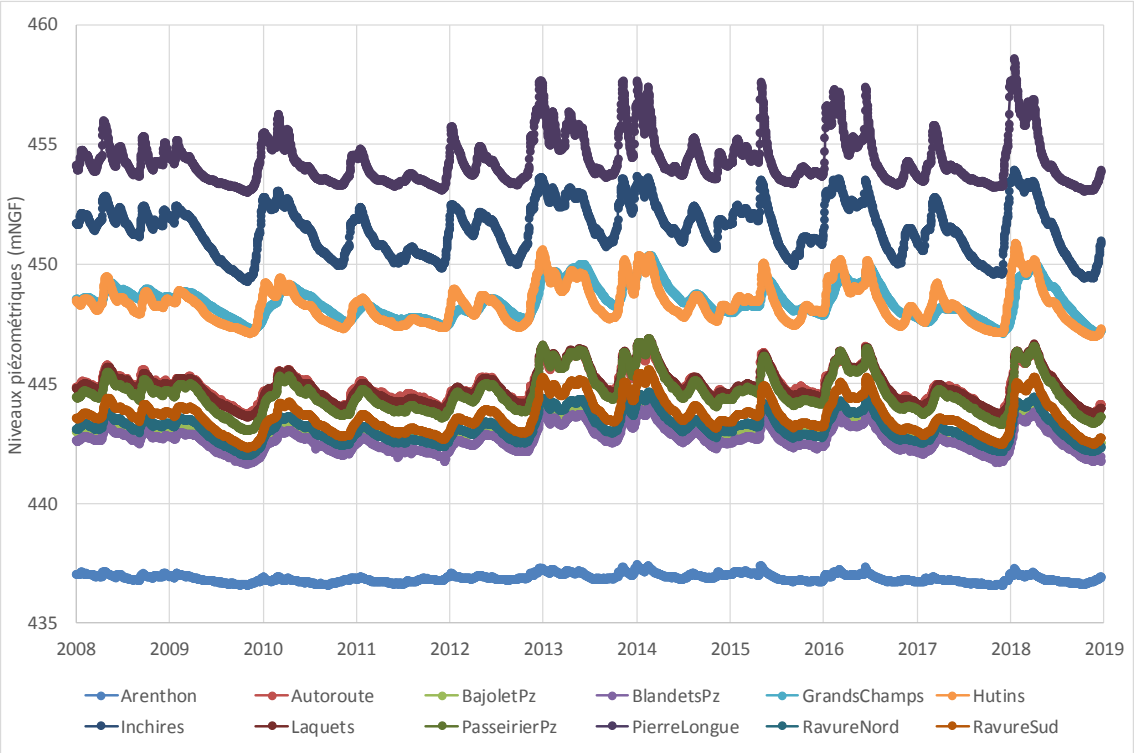


Figure 48 : Suivis piézométriques disponibles sur le secteur du cône du Borne (Source : Hydro-terre pour le compte de la CCPR)

On observe en premier lieu que l'amplitude diminue d'amont en aval. Le piézomètre d'Arenthon est probablement tamponné par la présence du réseau hydrographique de surface. Tous les autres piézomètres présentent une tendance très similaire.

La figure suivante, qui présente chaque chronique centrée-normée sur la chronique de Pierrelongue (dans un souci de comparabilité de la tendance générale d'évolution du niveau piézométrique), indique qu'en dehors du piézomètre d'Arenthon, tous les piézomètres suivent une tendance très similaire, témoignant d'un fonctionnement relativement homogène de la nappe.

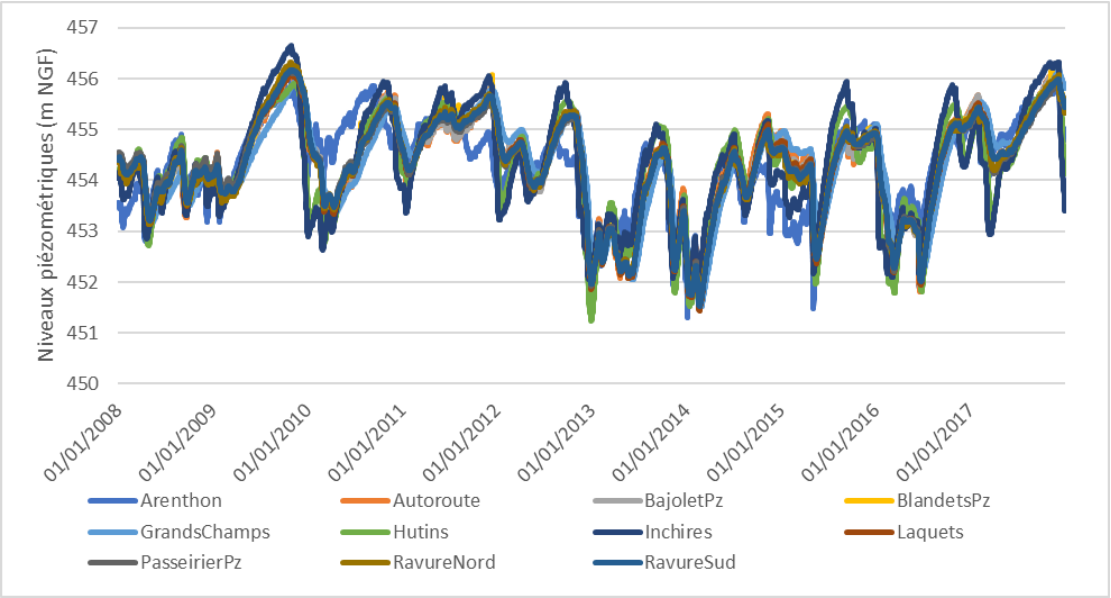


Figure 49 : Suivis piézométriques disponibles sur le secteur du cône du Borne (centrés-normés sur la chronique de Pierrelongue) (Source : CCPR, SUEZ Consulting, 2019)

Les forages de Bajolet, Blandet et Passeirier sont affectés par des prélèvements AEP, ce qui peut fausser les données en raison du cône d'abattement ainsi formé. Egalement, les piézomètres Autoroute, Laquets, Ravure Sud et Ravure Nord présentent une certaine proximité avec les prélèvements, ce qui est susceptible d'affecter leur chronique.

Les piézomètres restant sont Pierrelongue, Inchires, Grandchamps et les Hutins.

Pierrelongue et Inchires se trouvant à proximité du cours du Foron Rochois, leur chronique est plus susceptible d'inclure les effets de phénomènes ayant lieu dans la partie amont du bassin du Foron Rochois que les piézomètres de Grandchamps et des Hutins, qui se trouvent le long du Bourre.

Il est donc choisi de conserver les piézomètres de Pierrelongue et d'Inchires pour les analyses de calage du modèle hydrologique de la présente étude.

5.3.3 DESCRIPTION DES RELATIONS NAPPE-RIVIERE

Selon l'étude ImaGeau de 2017, **les eaux du captage Scientrier assimilées au sillon de l'aquifère des Rocailles ont une signature ionique proche des eaux du ruisseau du Foron rochois et du captage du cône de déjection du Borne**.

L'analyse montre que la différence des compositions isotopiques entre les eaux de l'Arve et du Foron rochois est assez importante, ce qui rend possible la détermination de la proportion d'eau des différentes eaux de surface entrant dans la nappe. D'après les compositions isotopiques, l'eau prélevée au niveau du captage est un mélange entre les eaux de surface du Foron rochois et de l'Arve, avec une composition proche de celle prélevée au niveau du captage du Borne.

Ainsi, l'eau du captage du SRB contient 66 % d'eau en provenance du ruisseau du Foron rochois et 34% d'eau en provenance de l'Arve.

Les analyses chimiques et le suivi de la piézométrie ont montré que l'alimentation de la nappe est assurée par le Sud du secteur au Sud d'Amancy. Des similarités entre les eaux du sillon, les eaux du Foron rochois, du Borne et de l'Arve ont été mises en évidence ainsi qu'une homogénéité de la qualité de l'eau à l'échelle du sillon.

La campagne de jaugeages réalisée les 2 et 3 août 2018 a permis de constater des phénomènes d'assecs, de pertes et de résurgences reportés sur la figure suivante. Ces constats viennent confirmer des relations nappe-rivière importantes sur ce secteur, sans pour autant pouvoir les quantifier.

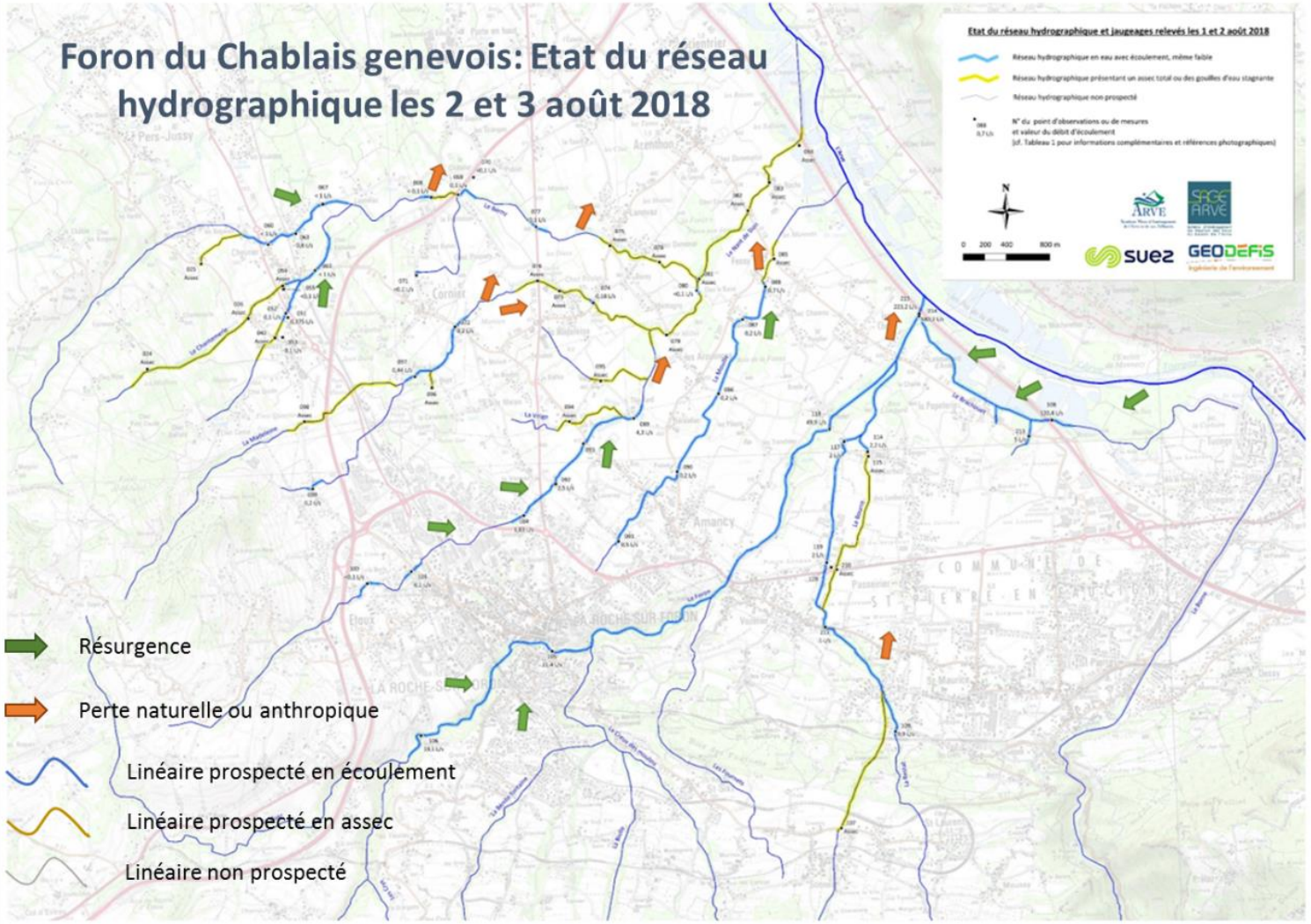


Figure 50 : Etat du réseau hydrographique lors de la campagne terrain du 2 et 3 août 2018 (Source : GEODEFIS, SUEZ Consulting, 2018)

La figure suivante permet de synthétiser le fonctionnement hydrologique du bassin versant du Foron Rochois lors des campagnes de jaugeages réalisées entre 2018 et 2019.

Les figures suivantes permettent de synthétiser le fonctionnement hydrologique du bassin versant du Foron rochois lors des campagnes de jaugeages réalisées entre 2018 et 2019.

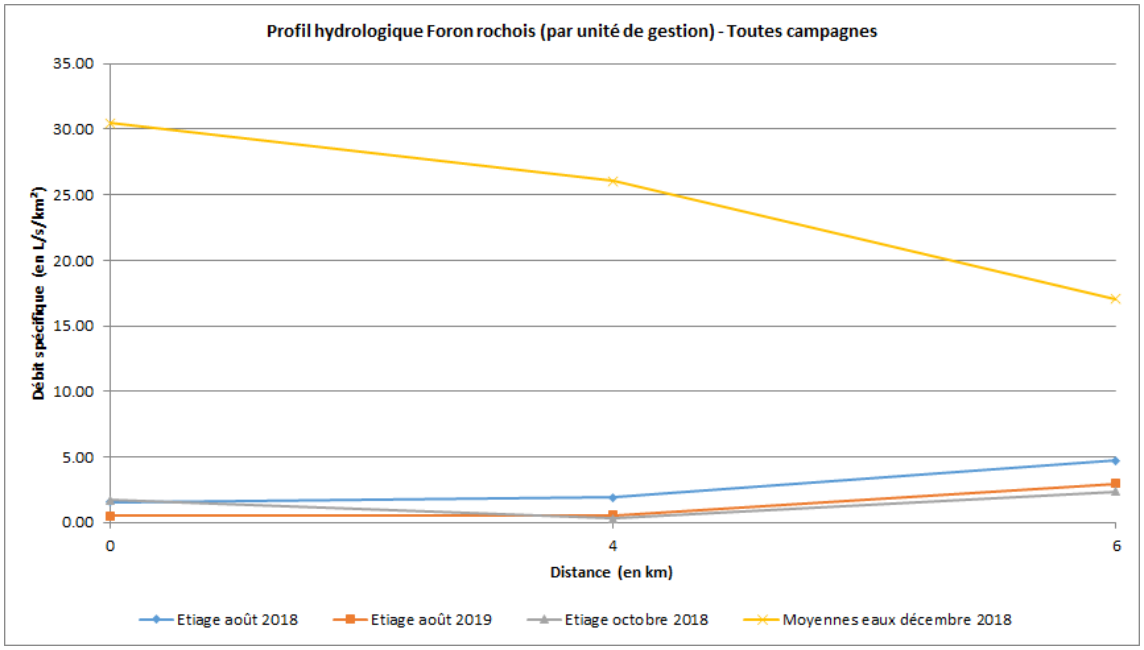


Figure 51 : Profil en long des débits spécifiques par unité de gestion sur le Foron rochois issus des campagnes de jaugeages (Source : GEODEFIS, SM3A, SUEZ Consulting)

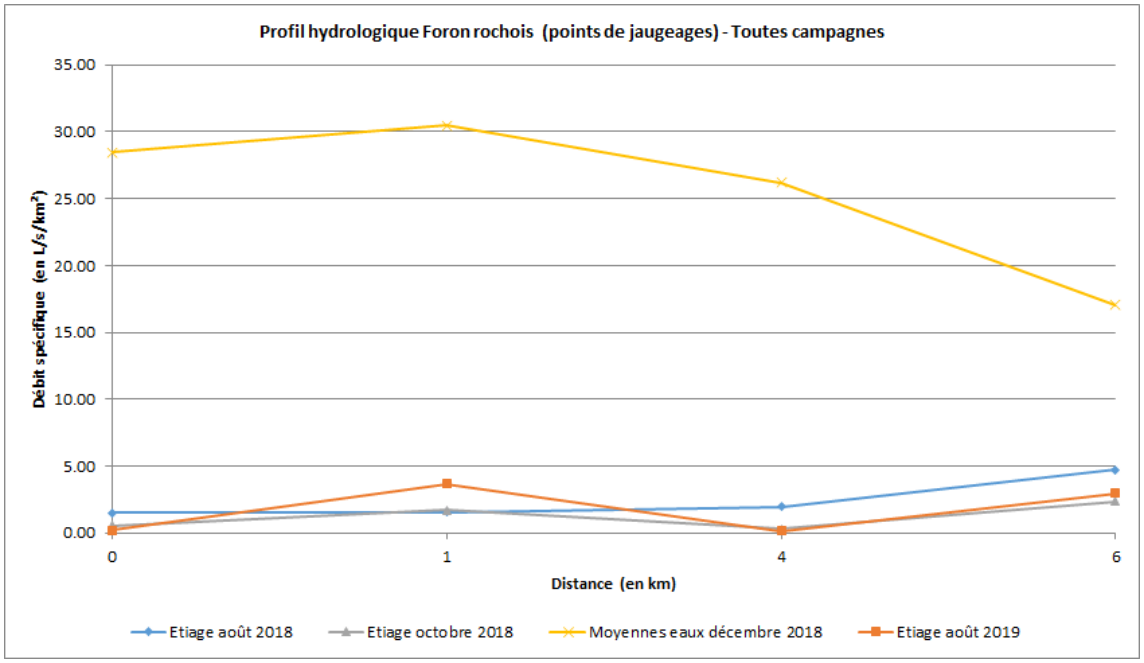


Figure 52 : Profil en long des débits spécifiques sur le bassin du Foron rochois issus des campagnes de jaugeages (Source : GEODEFIS, SM3A, SUEZ Consulting)

Ces graphiques viennent confirmer une perte de débit sur le Foron de la Roche entre l'UG2 et l'UG 4, à moins de 2 km de l'exutoire.

5.3.4 SYNTHESE

Deux chroniques piézométriques donnant des mesures de niveau de la nappe du cône du Borne entre 2008 et 2017 sont disponibles et applicables au secteur d'étude. Chacune a été mesurée à distance des prélèvements, ce qui les prémunit contre une éventuelle influence (cône d'abattement). Les deux chroniques ont été utilisées dans le cadre du calage de la modélisation hydrologique.

Tableau 49 : Tableau récapitulatif des données piézométriques utilisées

✓Utilisée ✓ Utilisée pour analyse comparative/qualitative ×Non utilisée

Source	Type de données
CCPR	Suivi de nappe du Cône du Borne 2008-2018 : PierreLongue ✓ + Inchires ✓

6 ESTIMATION DES INCERTITUDES

Le processus de modélisation hydrologique implique l'utilisation de données et de processus étant chacun entachés d'une incertitude qui leur est propre. Ces incertitudes se cumulent de manière complexe lors de la modélisation, ce qui implique que le résultat est lui aussi entaché d'une certaine incertitude.

La **démarche habituelle** pour quantifier l'incertitude sur le résultat final (par exemple l'incertitude sur l'estimation du QMNA5) consiste à calculer la différence entre la valeur simulée et la valeur observée sur un **grand nombre d'échantillons** (sur différentes périodes de la chronique modélisée) et ensuite de réaliser une **analyse statistique** sur l'ensemble de ces différences pour en déduire des intervalles de confiance.

Dans le cadre du **présent projet**, les **chroniques mesurées** disponibles sont **trop courtes** pour pouvoir réaliser de telles analyses. Ainsi, la démarche adoptée consiste à valoriser au maximum les informations disponibles pour calculer des **marges d'erreurs « qualitatives »**, qui, si elles ne constituent pas des intervalles de confiance au sens strict, permettent d'estimer l'intervalle de confiance que l'on peut accorder aux résultats obtenus.

Le présent chapitre est organisé de la manière suivante :

- Le **paragraphe** 6.1 identifie et caractérise les **incertitudes en présence** à tous les stades de la modélisation ;
- Le **paragraphe** 6.2 présente la **démarche employée** pour calculer les marges d'incertitude présentée dans le présent rapport.

6.1 IDENTIFICATION ET CARACTERISATION DES INCERTITUDES

6.1.1 INCERTITUDES SUR LES DONNEES UTILISEES

6.1.1.1 Incertitudes liées à l'applicabilité des données au territoire étudié

Les **mesures de paramètres climatiques** employées dans le cadre du présent projet (pluviométrie, ETP et température) proviennent d'emplacements situés à une distance plus ou moins prononcée du territoire d'étude. L'hétérogénéité spatiale des conditions météorologiques fait de cette distance un facteur d'incertitude. Cependant, cette dernière peut être considérée comme étant modérée au regard de la distance raisonnable séparant les mesures du bassin versant étudié (environ 15 km pour Archamps et 20 km pour Meythet). Des comparaisons entre la donnée pluviométrique utilisée et les valeurs pouvant être observées au droit du bassin versant (BD Aurelhy) ont permis de confirmer cette assertion pour la pluviométrie (voir paragraphe 3.3).

6.1.1.2 *Incertitudes sur les mesures réalisées*

Toutes les données issues de mesures sont concernées par une incertitude plus ou moins prononcée.

Concernant les **données climatiques** (pluviométrie, ETP et température), les stations météorologiques utilisées sont gérées par Météo France, qui assure un suivi continu de la qualité des mesures. On considère donc que l'erreur de mesure reste **faible** sur ces paramètres.

Concernant les **chroniques piézométriques**, elles sont affectées de deux types d'incertitudes :

- **L'incertitude de mesure** au sens strict, liée à la précision du capteur utilisé ;
- **L'incertitude liée à la présence de prélèvements** d'eau potable au droit de l'emplacement des piézomètres. En effet, ces prélèvements causent un abattement de la nappe qui varie en fonction de la quantité d'eau pompée. Le niveau au droit de la mesure peut donc différer de celui de la nappe au global. Les piézomètres sélectionnés dans le cadre de la présente étude sont éloignés de tout prélèvement, ce qui permet de mitiger ce type d'incertitude.

Concernant la **chronique de débit** utilisée (station hydrométrique d'Ambilly gérée par le canton de Genève), elle est entachée d'une certaine incertitude de mesure. Le canton de Genève indique que « les débits mesurés inférieurs à 1.5 m³/s sont influencés par la mobilité des dépôts du tronçon (engravement – dégravement important). Les débits situés entre 0 et 1,5 m³/s sont donc entachés d'une grande incertitude et donc peu valorisable. »

Une analyse comparative entre cette chronique et un nombre conséquent de jaugeages ponctuels réalisés entre 2011 et 2017, et bien répartis sur le cycle hydrologique, a été menée. Cette dernière indique que l'incertitude en situation de bas débit n'est pas plus forte que sur le reste de la chronique. On en déduit que la **chronique en situation de bas débit reste valorisable**.

Enfin, les **chroniques d'usages** de l'eau sont affectées d'une certaine incertitude, car elles ont été établies en appliquant de nombreuses hypothèses, dues notamment au manque d'informations. L'incertitude de mesure peut dans certains cas être relativement importante (+/- 20 %). Cette dernière a été **estimée en phase 2** de la présente étude et est mise en valeur dans le processus de modélisation.

6.1.1.3 Incertitudes sur l'estimation de données non directement mesurées

Certaines des données utilisées dans le processus de modélisation hydrologique ont été obtenues (entièrement ou partiellement) par l'application d'hypothèses ou par déduction d'autres données.

Il s'agit notamment :

- De certains usages de l'eau (voir rapport de phase 2) ;
- De l'ETP à partir de 2018, calculée à partir des projections de température et de précipitations du portail DRIAS.

Il est également important de noter que toutes les données utilisées lors de la modélisation future sont entachées d'une plus grande incertitude, puisque leur estimation se base sur des paramètres dont l'évolution est non seulement conditionnée par l'évolution de l'activité humaine, qui est elle-même très incertaine, mais également par de nombreux autres paramètres. Enfin, ces données sont obtenues par le biais de modélisations climatiques qui, par leur nature simplificatrice, introduisent également une nouvelle source d'incertitude.

6.1.2 INCERTITUDES SUR LE CALAGE

Le calage réalisé sur le modèle hydrologique permet d'obtenir, au niveau de la station hydrométrique d'Ambilly, une chronique de débit s'approchant de celle mesurée. Cependant, la correspondance n'est pas parfaite et quelques différences subsistent. Ces dernières sont quantifiées et mises en valeur dans la présentation des résultats.

Il est important de noter que la chronique de débit ayant pu être valorisée pour le calage est relativement courte (4 ans). Ainsi, le calage du modèle sur des indicateurs statistiques tels que le QMNA5 présente une robustesse affaiblie, car il est susceptible d'être représentatif de phénomènes propres à la période de 4 ans utilisée, mais non à l'ensemble de la chronique.

6.1.3 INCERTITUDES LIEES A L'ASPECT SIMPLIFICATEUR DE LA MODELISATION

La modélisation réalisée constitue, comme toute modélisation, une simplification de la réalité, introduisant des incertitudes.

Cependant, le modèle utilisé est en mesure de reproduire non seulement les processus surfaciques, mais également souterrains, ce qui permet de mieux représenter les phénomènes d'échanges nappe-rivière et de prélèvements souterrains que les modèles se concentrant sur les phénomènes de surface uniquement.

6.1.4 INCERTITUDES SUR LE CALCUL DE DEBITS STATISTIQUES (CHRONIQUES COURTES)

La période de modélisation de la présente étude est de 10 ans (2008-2017). C'est donc sur cette période que l'on dispose de données pour calculer les débits caractéristiques qui répondent aux objectifs de la présente étude.

Pour obtenir des valeurs plus robustes, il serait préférable de se baser sur une chronique de débits plus longue. Une solution alternative pour fiabiliser les QMNA5 consisterait à appliquer, à partir de chroniques météorologiques longues, un calcul permettant d'en corriger la valeur (Source : ONEMA 2015).

6.1.5 *INCERTITUDES LIEES A LA TRANSCRIPTION DU MODELE SANS AJUSTEMENT DE CALAGE*

L'une des plus importantes sources d'incertitude de la présente étude consiste en l'utilisation du modèle calé au niveau de la station d'Ambilly au niveau de chaque unité de gestion du bassin versant, sans ajustement de calage (en raison de l'absence de données hydrométriques suffisantes sur lesdites unités de gestion). Cette démarche part du principe que les caractéristiques physiques de chaque unité de gestion sont suffisamment proches de celles du Foron du Chablais Genevois au niveau de la station d'Ambilly pour que le calage réalisé reste valable sur chacune d'entre elles. Il s'agit d'une hypothèse très forte introduisant une importante source d'incertitude. Pour pallier à ce problème, des stations hydrométriques ont été récemment mises en service par le SM3A à l'aval du Foron Rochois et du Nant de Sion. Elles pourront être valorisées dans le cadre d'une étude ultérieure dans quelques années, lorsqu'elles auront permis de collecter suffisamment de données pour pouvoir réaliser des analyses sur les débits mesurés.

6.2 CALCUL DE MARGES D'INCERTITUDES

Des marges d'incertitude ont été calculées pour chaque indicateur de débit considéré (QMNA5, QMNA2, module, débits mensuels quinquennaux secs…) à partir de la connaissance de :

- L'erreur de calage pour chaque indicateur considéré, calculée sur la période 2014-2017 au niveau de la station d'Ambilly ;
- L'incertitude sur les usages de l'eau (pour l'estimation des débits caractéristiques en situation désinfluencée uniquement).

La démarche a consisté à estimer, pour chaque indicateur de débit :

- Pour la **situation influencée** : la différence (en pourcentage) entre la valeur simulée et la valeur mesurée. Cette dernière est réutilisée à tous les stades de l'étude pour calculer les marges des indicateurs en situation influencée ;
- Pour la **situation désinfluencée** : le même calcul a été réalisé sur la chronique de débit obtenue en situation influencée, mais deux fois ;

- Une fois en introduisant les chroniques d'usage maximisant la pression anthropique (en prenant la marge haute pour les prélèvements et la marge basse pour les rejets) ;
- Une fois en introduisant les chroniques d'usage minimisant la pression anthropique (en prenant la marge basse pour les prélèvements et la marge haute pour les rejets) ;
- Pour chaque indicateur, l'erreur obtenue la plus forte entre les deux situations est retenue pour calculer les marges des indicateurs en situation désinfluencée à tous les stades de l'étude.

Il est important de mentionner que les marges d'incertitude obtenues :

- Ne tiennent compte que de deux des sources d'incertitude mentionnées au paragraphe précédent ;
- Constituent plutôt des indicateurs **qualitatifs** de la confiance que l'on peut accorder aux résultats obtenus.

7 ANALYSE DE L'IMPACT DES PRELEVEMENTS ACTUELS SUR LA RESSOURCE

7.1 DYNAMIQUE DE FONCTIONNEMENT DE L'HYDROSYSTEME

La figure suivante permet de visualiser les débits caractéristiques d'étiage ($QMNA_5$ et $VCN_{10}(5)$), obtenus sur le Foron Rochois d'amont en aval (en fonction de la surface de bassin versant drainée).

Ce graphique montre la linéarité de ces débits d'amont en aval en situation désinfluencée, avec un léger important décrochage des valeurs d'étiage en régime influencé, principalement lié aux importants prélèvements AEP qui jalonnent le bassin versant.

Avec une seule unité de gestion sur le Nant de Sion, l'analyse de la dynamique de fonctionnement de l'hydrosystème ne peut pas être réalisée.

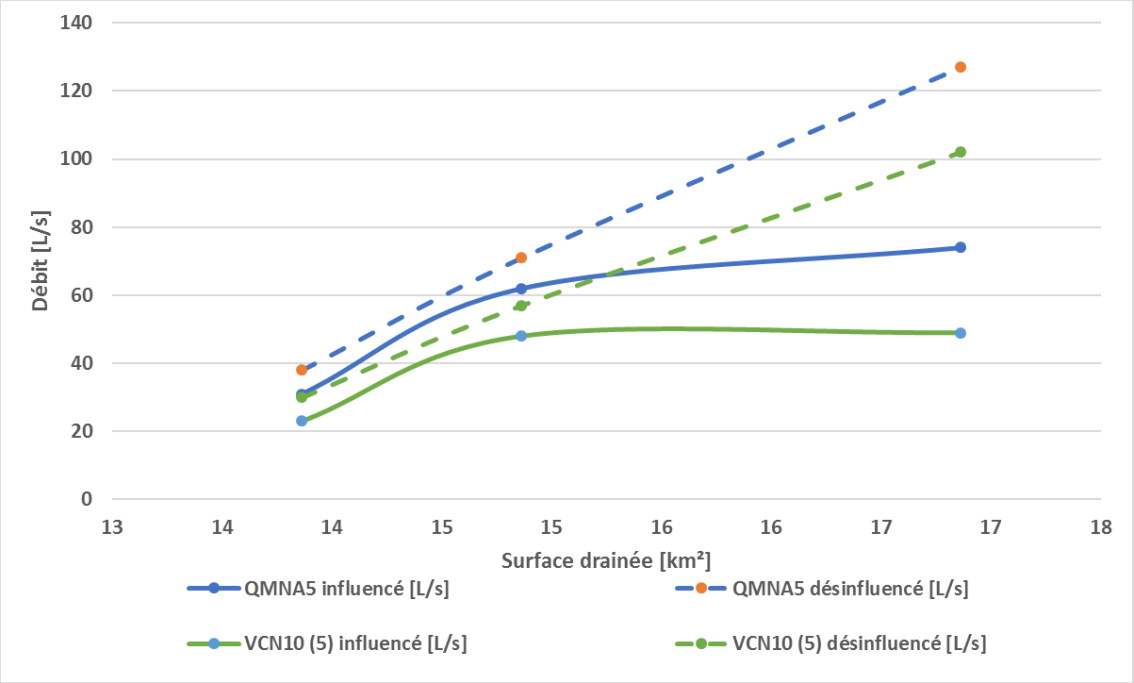


Figure 53 : Profil en long de quelques débits caractéristiques en régimes influencé et désinfluencé sur le bassin du Foron Rochois (Source : SUEZ Consulting, 2019)

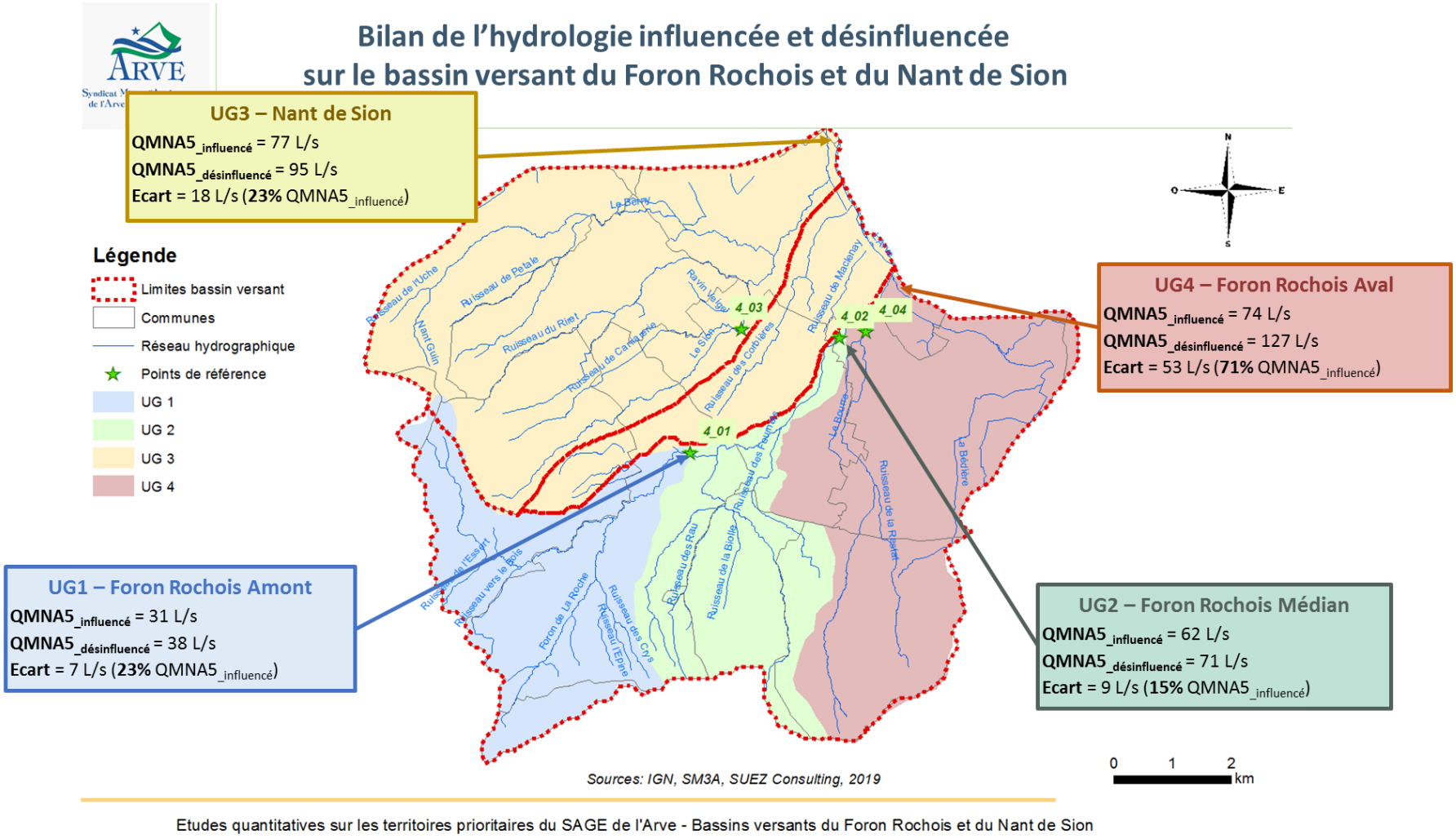


Figure 54 : Régimes influencé et désinfluencé – Cartographie des QMNA5 au droit des points de référence (Source : SUEZ Consulting, 2019)

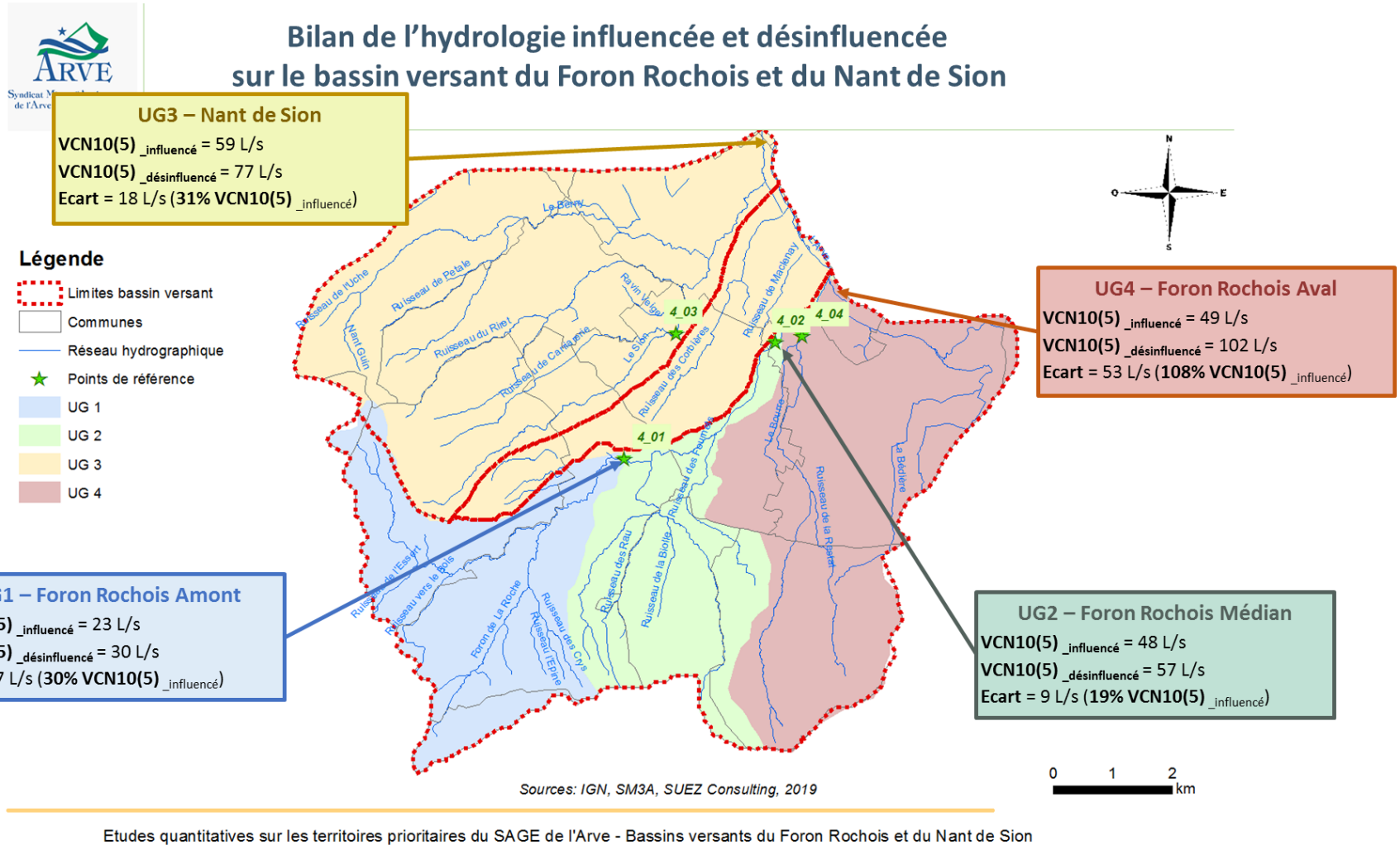


Figure 55 : Régimes influencé et désinfluencé – Cartographie des VCN10(5) au droit des points de référence (Source : SUEZ Consulting, 2019)

En régime désinfluencé, les QMNA5 sont supérieurs aux QMNA5 actuels (régime influencé) sur toutes les unités de gestion, témoignant d'une activité anthropique amoindrissant les débits en période d'étiage. L'écart est particulièrement prononcé au niveau de l'UG4 avec 71% de différence par rapport à la valeur influencée, principalement en raison des forages et champs captants s'y trouvant. Sur l'UG2, l'écart est plus modéré (15%) ; les prélèvements y sont relativement faibles et un volume de rejet plus important que sur les autres unités de gestions d'y trouve. Les deux autres unités de gestion présentent chacune un écart de 23%.

7.2 IMPACT DES PRELEVEMENTS ACTUELS SUR LA RESSOURCE

L'impact actuel des usages anthropiques (prélèvements, restitutions et transferts d'eau) sur la ressource en eau disponible sur le bassin du Foron Rochois et du Nant de Sion, en période d'étiage (de juillet à septembre) a été approché en comparant les valeurs caractéristiques d'étiage (QMNA5, VCN10(5)) en régime influencé et en régime désinfluencé, et en se basant sur les écarts relatifs rapportés aux valeurs du régime désinfluencé.

Le tableau suivant présente ces résultats, pour chaque unité de gestion :

Tableau 50 : Régimes influencé et désinfluencé - Tableau de synthèse des débits caractéristiques d'étiage et des écarts aux valeurs actuelles (Source : SUEZ Consulting, 2019)

Débits caractéristiques d'étiage		QMNA5	VCN10(5)
UG1 - Foron Rochois Amont	Débits influencés [L/s]	31 [26; 35]	23 [14; 32]
	Débits désinfluencés [L/s]	38 [32; 44]	30 [18; 43]
	Différence [L/s]	7	7
	Ecart relatif [%]	18%	23%
UG2 - Foron Rochois Médian	Débits influencés [L/s]	62 [52; 71]	48 [25; 70]
	Débits désinfluencés [L/s]	71 [60; 81]	57 [30; 83]
	Différence [L/s]	9	9
	Ecart relatif [%]	13%	16%
UG3 - Nant de Sion	Débits influencés [L/s]	77 [65; 88]	59 [32; 87]
	Débits désinfluencés [L/s]	95 [81; 109]	77 [41; 114]
	Différence [L/s]	18	18
	Ecart relatif [%]	19%	23%
UG4 - Foron Rochois Aval	Débits influencés [L/s]	74 [63; 85]	49 [29; 69]
	Débits désinfluencés [L/s]	127 [108; 146]	102 [61; 143]
	Différence [L/s]	53	53
	Ecart relatif [%]	42%	52%

Les graphiques suivants permettent d'apprécier la comparaison des débits caractéristiques d'étiage le long du Foron Rochois[19] en situation actuelle :

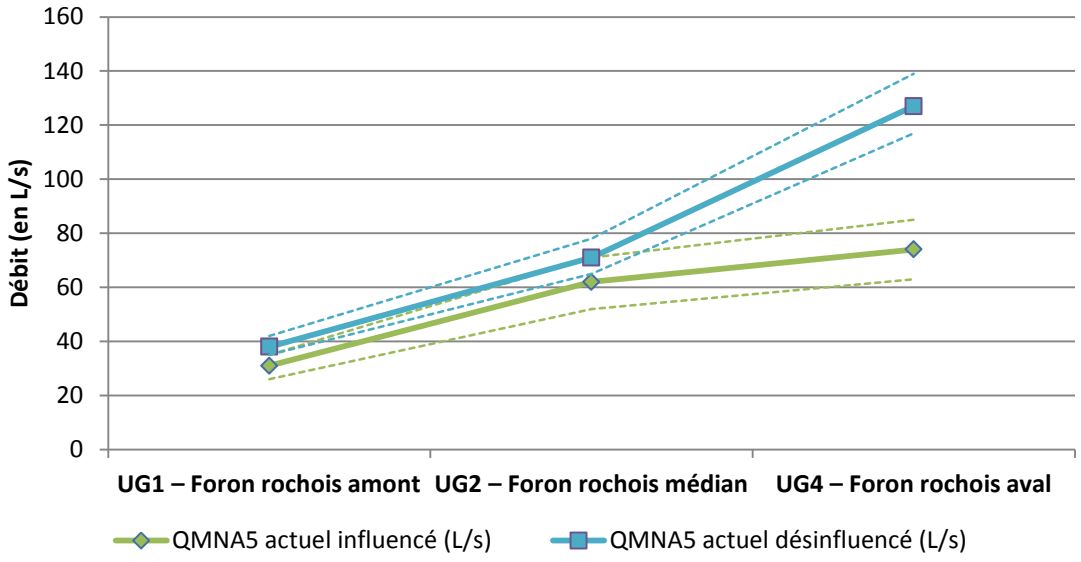


Figure 56 : Evolution des QMNA5 influencés et désinfluencés le long du Foron Rochois en situation actuelle

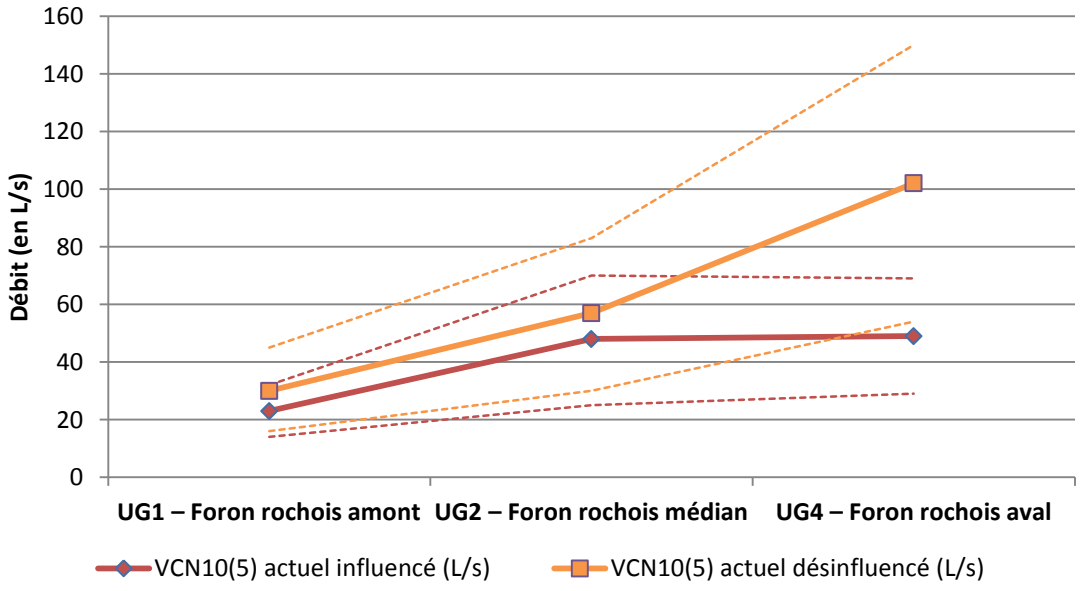


Figure 57 : : Evolution des VCN10(5) influencés et désinfluencés le long du Foron Rochois en situation actuelle

En situation actuelle, seule l'UG2 présente un écart relatif inférieur à 20% pour chacun des débits caractéristiques d'étiage (QMNA5, VCN10(5)).

L'UG1 et l'UG3 présentent, quant à elles, un écart relatif proche de 20% autant pour le QMNA5 que pour le VCN10(5).

[19] Cette analyse ne peut être réalisée sur le Nant de Sion du fait de l'unique unité de gestion sur ce bassin..

Finalement, l'UG4 apparaît comme étant la plus impactée, avec :

- 42 % entre le QMNA5 désinfluencé (127 L/s) et influencé (74 L/s) ;
- 52% entre le VCN10(5) désinfluencé (49 L/s) et influencé (102 L/s).

Ces analyses permettent de confirmer que les débits caractéristiques d'étiage sur l'ensemble du territoire d'étude sont plus bas en situation actuellement influencée par les usages anthropiques qu'en l'absence d'usages anthropiques. Ceci s'observe particulièrement sur les secteurs présentant :

- Des prélèvements AEP importants (UG1 et UG4) ;
- Un important volume d'eaux claires parasites (UG3).

Il convient toutefois de préciser qu'à ce stade de l'étude, il n'est pas possible de caractériser l'impact des usages anthropiques sur les milieux aquatiques, ni d'identifier les secteurs en déséquilibre quantitatif. Le travail à réaliser dans la phase suivante de l'étude permettra de proposer des valeurs de débits biologiques qui reflètent la sensibilité des milieux aquatiques aux variations de débits dans les cours d'eau. Il sera ainsi possible d'évaluer l'équilibre quantitatif entre les usages anthropiques, la ressource disponible et les milieux aquatiques pour chaque unité de gestion.

8 ANALYSE DES PERSPECTIVES D'EVOLUTION DE LA RESSOURCE EN EAU

8.1 LES SCENARII D'EVOLUTION CLIMATIQUE DU GIEC

L'organisme qui fait référence en matière d'études sur le changement climatique est le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC). Le GIEC a publié en 2014 son cinquième rapport. Le GIEC développe dans ce rapport **quatre scénarii de trajectoire de forçage radiatif**[20] **dits « RCP »** (Representative Concentration Pathways). Ces scenarii sont détaillés ci-dessous :

- **RCP2.6** : correspond à un scénario avec une **politique climatique visant à faire baisser les concentrations en CO_2** afin de limiter le réchauffement planétaire à 2°C en 2100. Il exige que l'on investisse dans l'atténuation sans tarder et que l'on adopte des techniques à émissions négatives plus tard au cours du présent siècle (pic puis déclin) ;
- **RCP4.5** : correspond à un **scénario avec une politique climatique visant à stabiliser les concentrations en CO_2 avant 2100** (stabilisation sans dépassement) ;
- **RCP6.0 :** correspond à un **scénario avec une politique climatique visant à stabiliser les concentrations en CO_2 après 2100** (stabilisation sans dépassement) ;
- **RCP8.5 :** Scénario **sans politique climatique** (concentration en CO_2 croissante).

Dans le cadre de la présente étude, il est prévu d'observer les effets du changement climatique à partir **d'une simulation comprenant un modèle climatique et 1 scénario de trajectoire de forçage radiatif**.

Le **choix du scénario** nécessitant un avis politique (scientifiquement parlant, il n'est pas possible ni pertinent d'en favoriser un plutôt qu'un autre), le sujet a été évoqué lors de la réunion de travail qui s'est tenue en novembre 2019. Il a été choisi d'appréhender les changements climatiques à partir du scénario RCP 4.5[21] et RCP6.0. Le choix entre ces deux scénarios a été identifié comme ayant peu d'impact, puisqu'à l'horizon 2050, la différence de forçage radiatif est faible (voir Figure 58).

Le scénario RCP 4.5 a donc été retenu.

[20] Un forçage radiatif est un changement du bilan radiatif (différence entre le rayonnement entrant et le rayonnement sortant) au sommet de la troposphère (situé entre 10 et 16 km d'altitude), dû à un changement d'un des facteurs d'évolution du climat – comme la concentration des gaz à effet de serre.

[21] Le 1er choix du COTECH s'est porté sur le scénario RCP 6.0 mais ces données ne sont pas disponibles sur le portail DRIAS/

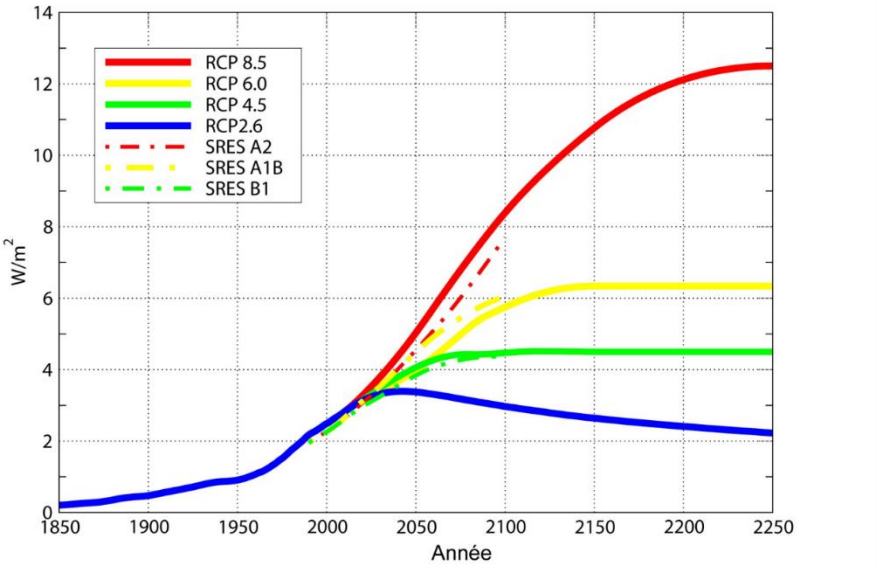


Figure 58 : Comparaison des évolutions du forçage radiatif associé aux différents scénarios climatiques

8.2 LES PROJECTIONS DU CLIMAT

Ces scénarii sont souvent repris par des organismes, comme Météo France, pour bâtir leurs prévisions d'évolution du climat.

Les évolutions climatiques en France sont simulées par **deux modèles climatiques régionaux** :

- Le **modèle Aladin** mis en œuvre au **CNRM** (Centre National de Recherches Météorologiques de Météo-France)
- Le **modèle WRF** mis en œuvre à **l'IPSL** (Institut Pierre Simon Laplace) en collaboration avec **l'INERIS** (Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques),

Les simulations s'appuient sur **trois des quatre scénarios** considérés dans le cinquième rapport du GIEC (RCP2.6, RCP4.5 et RCP8.5)[22].

Quant au choix du modèle climatique (celui du CRNM ou celui de l'IPSL), aucune raison ne permet d'avantager l'un ou l'autre. Une comparaison des deux modèles a donc été réalisée afin d'orienter le choix selon les évolutions tendancielles de débit calculées pour chacun d'entre eux (cf. paragraphe 8.2.1).

Pour ce faire, les données de précipitation et de température associées à chacun de ces deux modèles ont été téléchargées sur le portail DRIAS Les futurs du climat, respectivement à proximité de la station d'Archamps et de Meythet (points de grille SAFRAN : 9255 et 8827).

[22] Ce qui explique l'absence de données concernant le scénario RCP 6.0 sur le portail DRIAS.

8.2.1 L'EVOLUTION DES TEMPERATURES

Les tendances d'évolution des températures retenues pour les horizons 2027 et 2050 par rapport à la période 2008-2017 sont détaillées dans le tableau suivant, pour chacun des modèles climatiques CNRM et IPSL, et pour le scénario RCP 4.5 :

Tableau 51 : Tendances d'évolution des températures aux horizons 2027 et 2050, selon les modèles climatiques CNRM et IPSL et le scénario RCP 4.5 (Source : DRIAS Les futurs du climat, SUEZ Consulting, 2019)

Modèle CNRM	Automne	Hiver	Printemps	Été
2027	+0.2°C	-0.9°C	-0.9°C	+0.7°C
2050	-0.2°C	+0.3°C	-0.4°C	+0.4°C
Modèle IPSL	**Automne**	**Hiver**	**Printemps**	**Été**
2027	-0.2°C	-1.3°C	-2.5°C	-0.6°C
2050	+0.1°C	+0.3°C	-1.8°C	+0.3°C

Les résultats issus des deux modèles climatiques présentent des divergences marquées quant à la variabilité saisonnière des anomalies de températures.

Il est important de noter que ces valeurs sont issues d'une analyse qui est la suivante :

- Les valeurs de référence pour chaque saison sont calculées sur la période 2008-2017 ;
- Les valeurs de l'horizon 2027 pour chaque saison sont calculées sur la période 2018-2027 ;
- Les valeurs de l'horizon 2050 pour chaque saison sont calculées sur la période 2038-2050.

Cette démarche a le mérite de restituer des indications aux horizons temporels d'intérêt pour la présente étude. Cependant, elle ne rend pas compte de l'évolution générale du climat dans la mesure où elle est bruitée par le caractère particulier des décennies considérées (ce qui peut expliquer les diminutions de température observées). En effet, les phénomènes d'évolution climatique s'observent sur une échelle temporelle plus large que la décennie. Le tableau ci-dessous présente une comparaison réalisée sur une échelle temporelle plus large, basée sur une période de référence s'étendant de 1976 à 2005 :

Tableau 52 : Tendances d'évolution des températures à l'horizon 2021-2050 (en comparaison avec la période 1976-2005), selon les modèles climatiques CNRM et IPSL et le scénario RCP 4.5 (Sources :, Jean Jouzel et Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie, 2014 et SUEZ Consulting, 2019)

			IPSL	CNRM	
TEMPERATURE		C25	WRF	Aladin-Climat	C75
HIVER					
2021-2050	RCP 2.6	+0,4 °C	Indisponible	+0,6 °C	+1,3 °C
	RCP 4.5	+0,3 °C	+1,3 °C	+0,8 °C	+1,4 °C
	RCP 8.5	+0,5 °C	+0,8 °C	+1 °C	+1,6 °C
2071-2100	RCP 2.6	+0,4 °C	Indisponible	+0,9 °C	+1,4 °C
	RCP 4.5	+0,8 °C	+2 °C	+2 °C	+2 °C
	RCP 8.5	+1,9 °C	+3,6 °C	+3,4 °C	+3,4 °C
ETE					
2021-2050	RCP 2.6	+0,7 °C	Indisponible	+1,2 °C	+2 °C
	RCP 4.5	+0,6 °C	+1 °C	+1,3 °C	+1,9 °C
	RCP 8.5	+0,9 °C	+0,6 °C	+1,2 °C	+2 °C
2071-2100	RCP 2.6	+0,6 °C	Indisponible	+1,3 °C	+2 °C
	RCP 4.5	+1,4 °C	+1,2 °C	+2,9 °C	+2,9 °C
	RCP 8.5	+3,2 °C	+2,6 °C	+5,3 °C	+5,1 °C

On observe bien, d'après ce tableau, que la tendance d'évolution des températures est à l'accroissement. La marge d'incertitude associée à ces prévisions peut être appréhendée à l'aide des quantiles à 25 et 75%[23] présenté en 3ème et dernière colonne du même tableau.

8.2.2 L'EVOLUTION DE L'EVAPOTRANSPIRATION

L'ETP a été calculée à partir de la température et de la latitude de la zone de projet sur la base de la méthode proposée par Oudin et al. (2005)[24]. La tendance d'évolution de ce paramètre est donc directement corrélée à celle de la température.

[23] Entre ces deux quantiles, on retrouve les 50% des résultats de modélisations les plus « centraux » de la distribution statistiques des résultats d'un grand ensemble de modélisations.

[24] Oudin, L., Hervieu, F., Michel, C., Perrin, C., Andréassian, V., Anctil, F. and Loumagne, C., 2005. Which potential evapotranspiration input for a rainfall-runoff model? Part 2 - Towards a simple and efficient PE model for rainfall-runoff modelling. Journal of Hydrology 303(1-4), 290-306.

8.2.3 L'EVOLUTION DES PRECIPITATIONS

Les tendances d'évolution des précipitations retenues pour les horizons 2027 et 2050 sont détaillées dans le tableau suivant, pour chacun des modèles climatiques CNRM et IPSL, et pour le scénario RCP 4.5 :

Tableau 53 : Tendances d'évolution des précipitations aux horizons 2027 et 2050, selon les modèles climatiques CNRM et IPSL et le scénario RCP 4.5 (Source : DRIAS Les futurs du climat, SUEZ Consulting, 2019)

Modèle CNRM	Automne	Hiver	Printemps	Été
2027	+18.3%	+26.3%	+9.3%	-30.9%
2050	+18.3%	+2.3%	+11.6%	+0.6%
Modèle IPSL	**Automne**	**Hiver**	**Printemps**	**Été**
2027	+13.8%	+30.9%	-11.4%	-14.3%
2050	+13.8%	+30.9%	-11.4%	-14.5%

Les résultats issus des deux modèles climatiques présentent des divergences marquées quant à la variabilité saisonnière des anomalies de précipitations.

Il est important de noter que ces valeurs sont issues d'une analyse qui est la suivante :

- Les valeurs de référence pour chaque saison sont calculées sur la période 2008-2017 ;
- Les valeurs de l'horizon 2027 pour chaque saison sont calculées sur la période 2018-2027 ;
- Les valeurs de l'horizon 2050 pour chaque saison sont calculées sur la période 2038-2050.

Cette démarche a le mérite de restituer des indications aux horizons temporels d'intérêt pour la présente étude. Cependant, elle ne rend pas compte de l'évolution générale du climat dans la mesure où elle est bruitée par le caractère particulier des décennies considérées (ce qui peut expliquer les diminutions de température observées). En effet, les phénomènes d'évolution climatique s'observent sur une échelle temporelle plus large que la décennie.

Le tableau ci-dessous présente une comparaison réalisée sur une échelle temporelle plus large, basée sur une période de référence s'étendant de 1976 à 2005 :

Tableau 54 : Tendances d'évolution des précipitations à l'horizon 2021-2050 (en comparaison avec la période 1976-2005), selon les modèles climatiques CNRM et IPSL et le scénario RCP 4.5 (Sources :, Jean Jouzel et Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie, 2014 et SUEZ Consulting, 2019)

			IPSL	CNRM	
PRECIPITATIONS		**C25**	**WRF**	**Aladin-Climat**	**C75**
HIVER					
2021-2050	**RCP 2.6**	-0,13	Indisponible	+0,21	+0,34
	RCP 4.5	-0,21	+0,07	+0,01	+0,32
	RCP 8.5	-0,16	+0,41	+0,20	+0,41
2071-2100	**RCP 2.6**	-0,19	Indisponible	+0,10	+0,39
	RCP 4.5	-0,8	+0,54	+0,11	+0,42
	RCP 8.5	-0,13	+0,85	+0,28	+0,54
ETE					
2021-2050	**RCP 2.6**	-0,27	Indisponible	~0	+0,11
	RCP 4.5	-0,40	+0,42	+0,36	~0
	RCP 8.5	-0,49	+0,08	+0,15	~0
2071-2100	**RCP 2.6**	-0,31	Indisponible	+0,05	+0,14
	RCP 4.5	-0,48	+0,15	-0,16	~0
	RCP 8.5	-0,70	+0,32	-0,38	-0,17

On observe bien, d'après ce tableau, que la tendance d'évolution des précipitations est à l'accroissement. La marge d'incertitude associée à ces prévisions peut être appréhendée à l'aide des quantiles à 25 et 75% présenté en 3ème et dernière colonne du même tableau.

8.2.4 L'EVOLUTION DES ECOULEMENTS

Afin d'évaluer les répercussions de ces différences sur la modélisation hydrologique, une modélisation « test » a été réalisée à l'échelle du bassin versant du Foron Rochois (sur l'UG4 – Foron Rochois aval) :

- Avec les données climatiques (précipitations, températures) du modèle Aladin du CNRM
- Avec les données climatiques (précipitations, températures) du modèle WRF de l'IPSL

La comparaison des 2 chroniques résultantes est restituée sous forme de graphique à la Figure 59.

Les débits caractéristiques d'étiage en régime désinfluencé qui en résultent, selon le modèle climatique utilisé, sont présentés dans le tableau ci-après :

Tableau 55 : Valeurs de QMNA5 et de VCN10(5) du Foron Rochois aval (UG4) estimées sur différentes périodes à partir des modèles climatiques IPSL et CNRM – scénario RCP 4.5 (Source : DRIAS Les futurs du climat, SUEZ Consulting, 2019)

	QMNA5			VCN10(5)		
	Actuel (2008-2017)	Court terme (2018-2027)	Moyen terme (2028-2050)	Actuel (2008-2017)	Court terme (2018-2027)	Moyen terme (2028-2050)
Météo France	127 L/s	-	-	102 L/s	-	-
CNRM	-	120 L/s	105 L/s	-	91 L/s	82 L/s
IPSL	-	157 L/s	150 L/s	-	118 L/s	113 L/s
Ecart IPSL vs CNRM (%)	**-**	**+32%**	**+43%**	**-**	**+30%**	**+39%**

On observe que les débits d'étiage estimés à partir des données du modèle CNRM sont globalement plus faibles et plus variables que ceux estimés à partir des données du modèle IPSL. L'utilisation des données issues du modèle CNRM devrait donc conduire à des résultats plus « pessimistes » qu'avec le modèle IPSL.

En l'absence de données d'incertitudes sur les chroniques climatiques en entrée de modèle, il est impossible de calculer les incertitudes liées aux valeurs présentées ci-dessus. Cependant, cela ne remet pas en cause l'analyse réalisée au vu des écarts constatés qui sont de l'ordre de 30 %.

Il est proposé d'analyser les perspectives d'évolution future de la ressource en eau du bassin versant du Foron Rochois et du Nant de Sion à partir des données issues du modèle climatique CNRM.

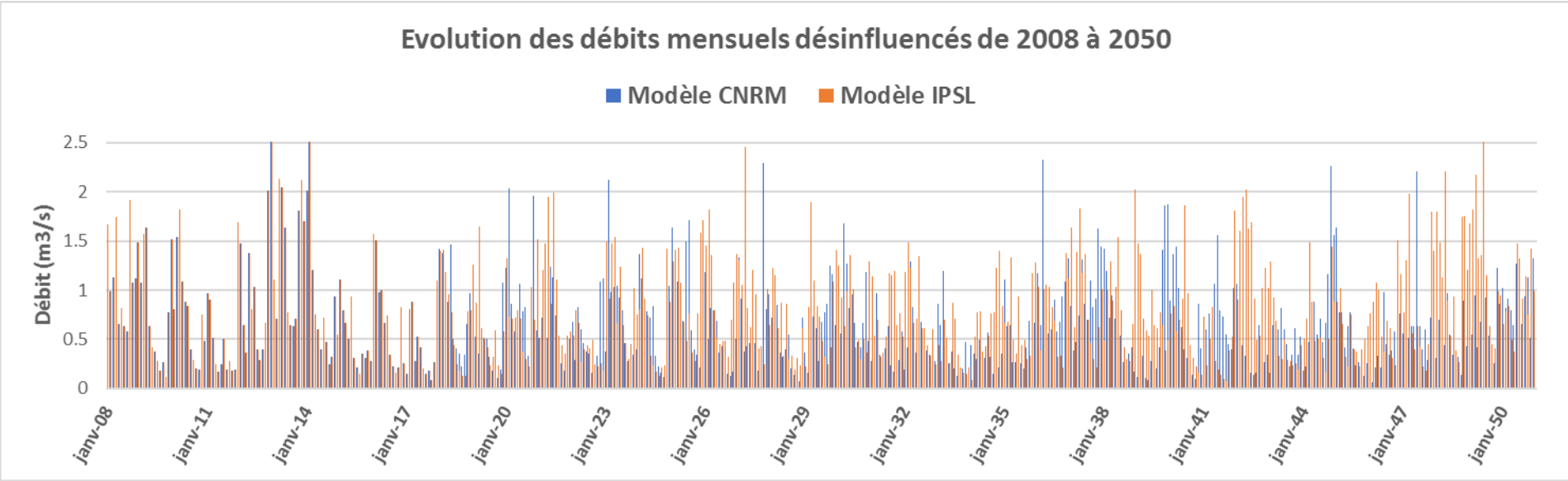


Figure 59 : Comparaison des chroniques mensuelles de débit obtenues à partir des modélisations CNRM et IPSL du scénario climatique RCP 4.5

8.3 LES DONNEES ISSUES DE L'ETUDE EXPLORE 2070

Le projet Explore 2070, qui s'est déroulé de juin 2010 à octobre 2012, a eu pour objectif :

- D'évaluer les impacts du changement climatique sur les milieux aquatiques et la ressource en eau à l'échéance 2070, pour anticiper les principaux défis à relever et hiérarchiser les risques
- D'élaborer et d'évaluer des stratégies d'adaptation dans le domaine de l'eau en déterminant les mesures d'adaptation les plus appropriées tout en minimisant les risques.

Il a été porté par la Direction de l'Eau et de la Biodiversité du ministère en charge de l'écologie avec la participation de l'OFB (ex-ONEMA), du CETMEF, des agences de l'eau, des DREAL de bassin, du CGDD, de la DGEC et de la DGPR. Il a rassemblé une centaine d'experts venant d'établissements de recherche et de bureaux d'études spécialisés.

Sur la métropole, les résultats obtenus indiquent :

- Une augmentation possible des températures moyennes de l'air de l'ordre de +1.4°C à + 3°C selon les simulations
- Une évolution incertaine des précipitations, la plupart des modèles s'accordant cependant sur une tendance à la baisse des précipitations en été, de l'ordre de -16% à -23%
- Une diminution significative globale des débits moyens annuels, de l'ordre de 10% à 40% selon les simulations, particulièrement prononcée sur les districts Seine-Normandie et Adour-Garonne
- Pour une grande majorité des cours d'eau, une diminution des débits d'étiage encore plus prononcée que la diminution à l'échelle annuelle
- Des évolutions plus hétérogènes et globalement moins importantes sur les crues.

En ce qui concerne le bassin versant du Foron Rochois et du Nant de Sion, aucune fiche synthétique n'a été éditée. La fiche Explore 2070 la plus proche est sur l'Arve à Arthaz-Pont-Notre-Dame.

8.4 PERSPECTIVES D'EVOLUTION DE LA RESSOURCE EN EAU SUPERFICIELLE

L'impact maximum des usages anthropiques aux horizons 2027 et 2050 (prélèvements, restitutions et transferts d'eau) sur la ressource en eau du bassin du Foron Rochois et du Nant de Sion, en période d'étiage (de juillet à septembre) a été approché en comparant les valeurs caractéristiques d'étiage (QMNA5, VCN10(5) et 1/10ème du module) en régime influencé (d'après les perspectives d'évolution estimées en phase 2 de la présente étude) et en régime désinfluencé, et en se basant sur les écarts relatifs rapportés aux valeurs du régime désinfluencé.

8.4.1 PERSPECTIVES D'EVOLUTION A L'HORIZON 2027 PAR UNITE DE GESTION

Le tableau suivant permet de comparer pour chaque unité de gestion, les valeurs caractéristiques d'étiage (et leurs marges d'incertitudes) en régime influencé et en régime désinfluencé à l'horizon 2027 :

Tableau 56 : Régimes influencé et désinfluencé - Tableau de synthèse des débits caractéristiques d'étiage à l'horizon 2027 (Source : SUEZ Consulting, 2019)

Débits caractéristiques d'étiage		QMNA5	VCN10(5)
UG1 - Foron Rochois Amont	Débits influencés [L/s]	26 [22; 30]	18 [11; 25]
	Débits désinfluencés [L/s]	35 [30; 41]	27 [14; 39]
	Différence [L/s]	9	9
	Ecart relatif [%]	26%	33%
UG2 - Foron Rochois Médian	Débits influencés [L/s]	55 [47; 64]	40 [24; 56]
	Débits désinfluencés [L/s]	66 [56; 76]	50 [27; 74]
	Différence [L/s]	11	10
	Ecart relatif [%]	17%	20%
UG3 - Nant de Sion	Débits influencés [L/s]	74 [63; 85]	52 [31; 73]
	Débits désinfluencés [L/s]	91 [78; 105]	69 [37; 102]
	Différence [L/s]	17	17
	Ecart relatif [%]	19%	25%
UG4 - Foron Rochois Aval	Débits influencés [L/s]	63 [54; 73]	34 [20; 48]
	Débits désinfluencés [L/s]	120 [102; 137]	91 [49; 134]
	Différence [L/s]	57	57
	Ecart relatif [%]	48%	63%

Les graphiques suivants permettent d'apprécier la comparaison des débits caractéristiques d'étiage le long du Foron Rochois[25] à l'horizon 2027:

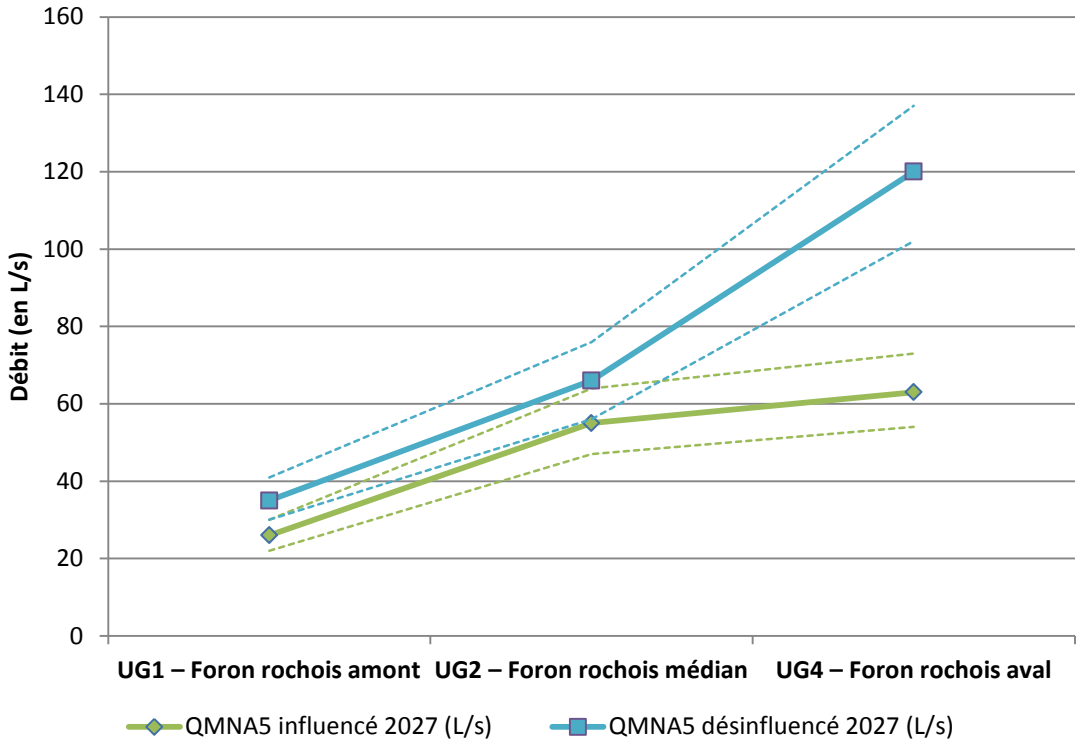


Figure 60 : Evolution des QMNA5 influencés et désinfluencés le long du Foron Rochois à l'horizon 2027

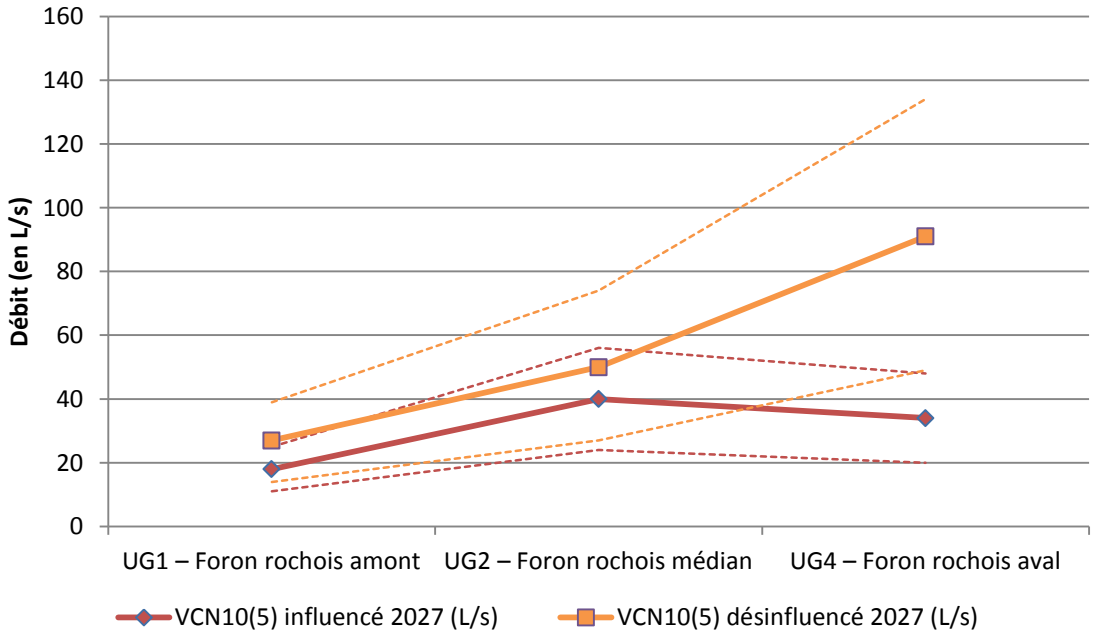


Figure 61 : Evolution des VCN10(5) influencés et désinfluencés le long du Foron Rochois à l'horizon 2027

[25] Cette analyse ne peut être réalisée sur le Nant de Sion du fait de l'unique unité de gestion sur ce bassin.

Les résultats de la modélisation montrent qu'entre la période actuelle et l'horizon 2027, la ressource en eau à l'étiage sur les bassins étudiés devrait diminuer avec :

- Une baisse du QMNA5 pouvant atteindre 14% à l'exutoire du Foron Rochois (UG4). La diminution reste modérée sur le Nant de Sion (UG3) avec une baisse pouvant atteindre 4%;
- Une baisse du VCN10(5) pouvant atteindre 30% à l'exutoire Foron Rochois (UG4);

L'impact futur des usages anthropiques a ensuite été évalué en comparant les valeurs caractéristiques d'étiage (QMNA5 et VCN10(5)) avec celles obtenues en régime désinfluencé estimées sur la période 2018-2027. Il ressort de cette analyse, qu'à l'horizon 2027 :

- Les usages anthropiques futurs représenteraient moins de 25% des débits caractéristiques d'étiage (QMNA5 et VCN10(5)) sur l'UG2 et l'UG 3, mais sont relativement marqués sur l'UG1 et l'UG4 :
- Sur l'aval du bassin (UG4), l'écart relatif entre les valeurs de QMNA5 et VCN10(5) influencés et désinfluencés serait respectivement de 47 et 63 %.

A l'horizon 2027, les débits d'étiage sur le Foron Rochois et le Nant de Sion seraient toujours plus bas en régime influencé par les usages anthropiques qu'en régime désinfluencé. Cet écart serait globalement plus marqué qu'à l'heure actuelle (entre 2008 et 2017), en particulier sur le Foron Rochois amont et aval, et dans une moindre mesure sur le Nant de Sion.

8.4.2 PERSPECTIVES D'EVOLUTION A L'HORIZON 2050

Le tableau suivant permet de comparer pour chaque unité de gestion, les valeurs caractéristiques d'étiage (et leurs marges d'incertitudes) en régime influencé et en régime désinfluencé à l'horizon 2050 :

Tableau 57 : Régimes influencé et désinfluencé - Tableau de synthèse des débits caractéristiques d'étiage à l'horizon 2050 (Source : SUEZ Consulting, 2019)

Débits caractéristiques d'étiage		QMNA5	VCN10(5)
UG1 - Foron Rochois Amont	Débits influencés [L/s]	14 [12; 16]	5 [3; 6]
	Débits désinfluencés [L/s]	31 [26; 36]	24 [13; 36]
	Différence [L/s]	17	19
	Ecart relatif [%]	55%	79%
UG2 - Foron Rochois Médian	Débits influencés [L/s]	40 [34; 46]	27 [16; 38]
	Débits désinfluencés [L/s]	58 [49; 66]	45 [24; 66]
	Différence [L/s]	18	18
	Ecart relatif [%]	31%	40%
UG3 - Nant de Sion	Débits influencés [L/s]	62 [52; 71]	43 [26; 61]
	Débits désinfluencés [L/s]	82 [69; 94]	63 [34; 93]
	Différence [L/s]	20	20
	Ecart relatif [%]	24%	32%
UG4 - Foron Rochois Aval	Débits influencés [L/s]	15 [13; 17]	5 [3; 7]
	Débits désinfluencés [L/s]	105 [89; 121]	82 [44; 120]
	Différence [L/s]	90	77
	Ecart relatif [%]	86%	94%

Les graphiques suivants permettent d'apprécier la comparaison des débits caractéristiques d'étiage le long du Foron Rochois[26] à l'horizon 2050:

[26] Cette analyse ne peut être réalisée sur le Nant de Sion du fait de l'unique unité de gestion sur ce bassin.

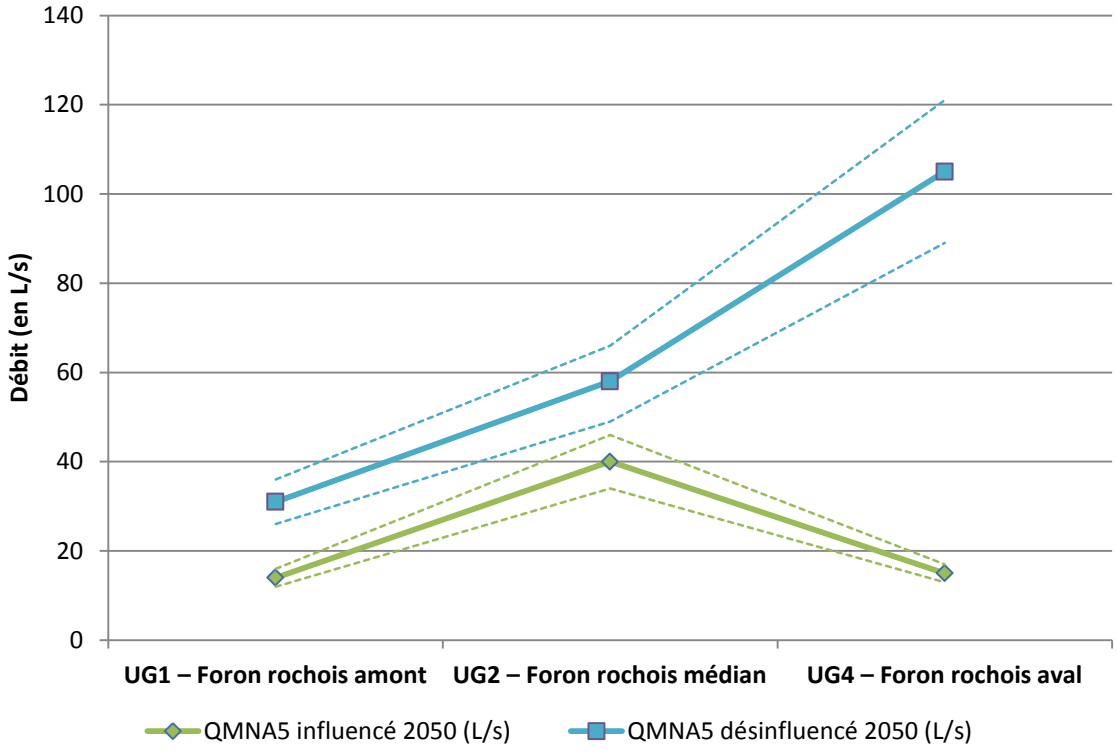


Figure 62 : Evolution des QMNA5 influencés et désinfluencés le long du Foron Rochois à l'horizon 2050

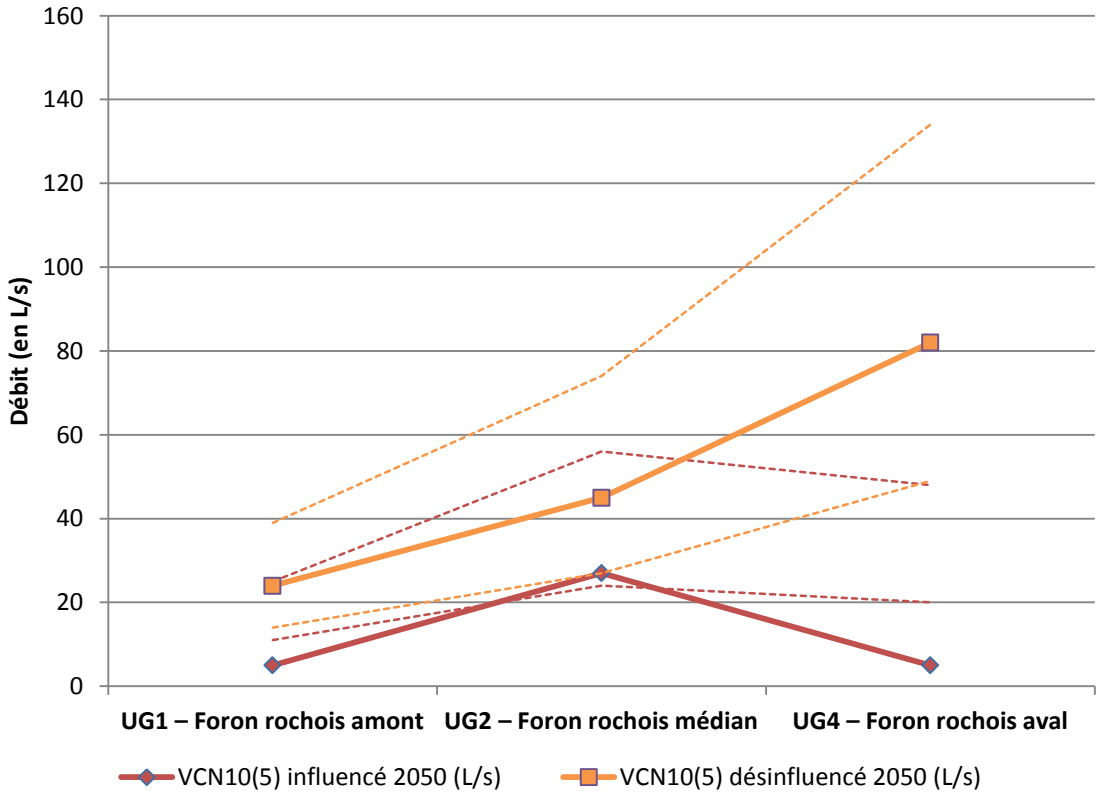


Figure 63 : Evolution des VCN10(5) influencés et désinfluencés le long du Foron Rochois à l'horizon 2050

Les résultats de la modélisation montrent qu'entre la période actuelle et l'horizon 2050, la ressource en eau à l'étiage sur les bassins étudiés devrait diminuer avec :

- Une baisse du QMNA5 pouvant atteindre 86% à l'exutoire du Foron Rochois (UG4);
- Une baisse du VCN10(5) pouvant atteindre 94% à l'exutoire du Foron Rochois (UG4);

L'impact futur des usages anthropiques a ensuite été évalué en comparant les valeurs caractéristiques d'étiage (QMNA5 et VCN10(5)) et le débit moyen en période de basses eaux (juillet-octobre) en régime influencé (cf. partie précédente) avec celles obtenues en régime désinfluencé estimées sur la période 2028-2050. Il ressort de cette analyse, qu'à l'horizon 2050 :

- Les usages anthropiques futurs représenteraient a minima 25% des débits caractéristiques d'étiage (QMNA5 et VCN10(5)) sur le Nant de Sion:
- L'écart (relatif et absolu) entre les débits caractéristiques d'étiage influencés et désinfluencés sur le Foron Rochois sont importants, avec un minimum de 31% sur la partie intermédiaire du BV (UG2) et un maximum de 94% sur sa partie aval (UG4).

A l'horizon 2050, les débits d'étiage sur le Foron Rochois et le Nant de Sion seraient toujours plus bas en régime influencé par les usages anthropiques qu'en régime désinfluencé. Cet écart serait plus marqué à l'horizon 2050 que sur les périodes précédentes (2008-2017 et 2018-2027) et en particulier sur l'aval du bassin du Foron Rochois, mais également sur sa partie amont.

8.4.3 SYNTHESE DES PERSPECTIVES D'EVOLUTION

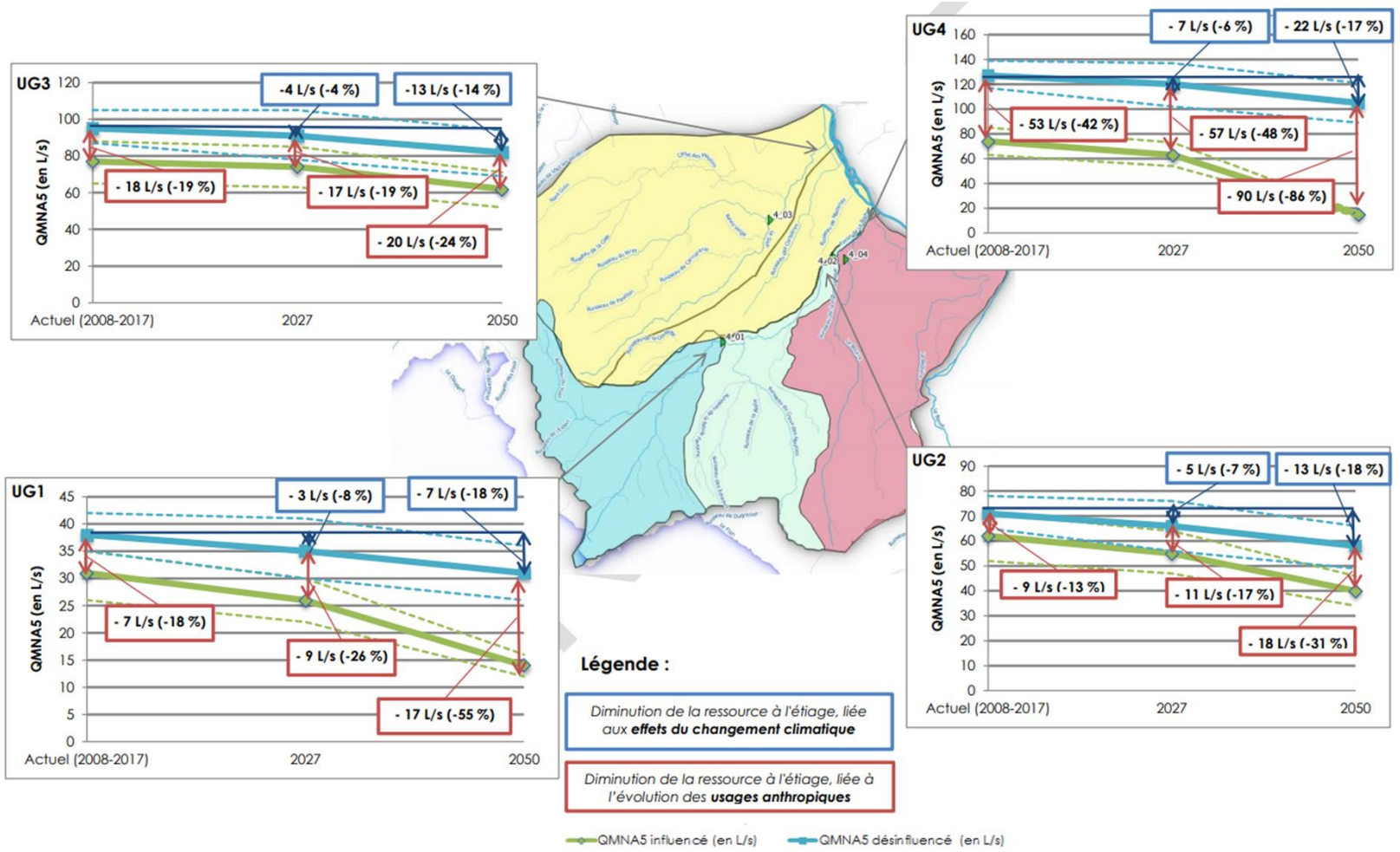


Figure 64 : Perspectives d'évolution des QMNA5 en régimes influencés et désinfluencés

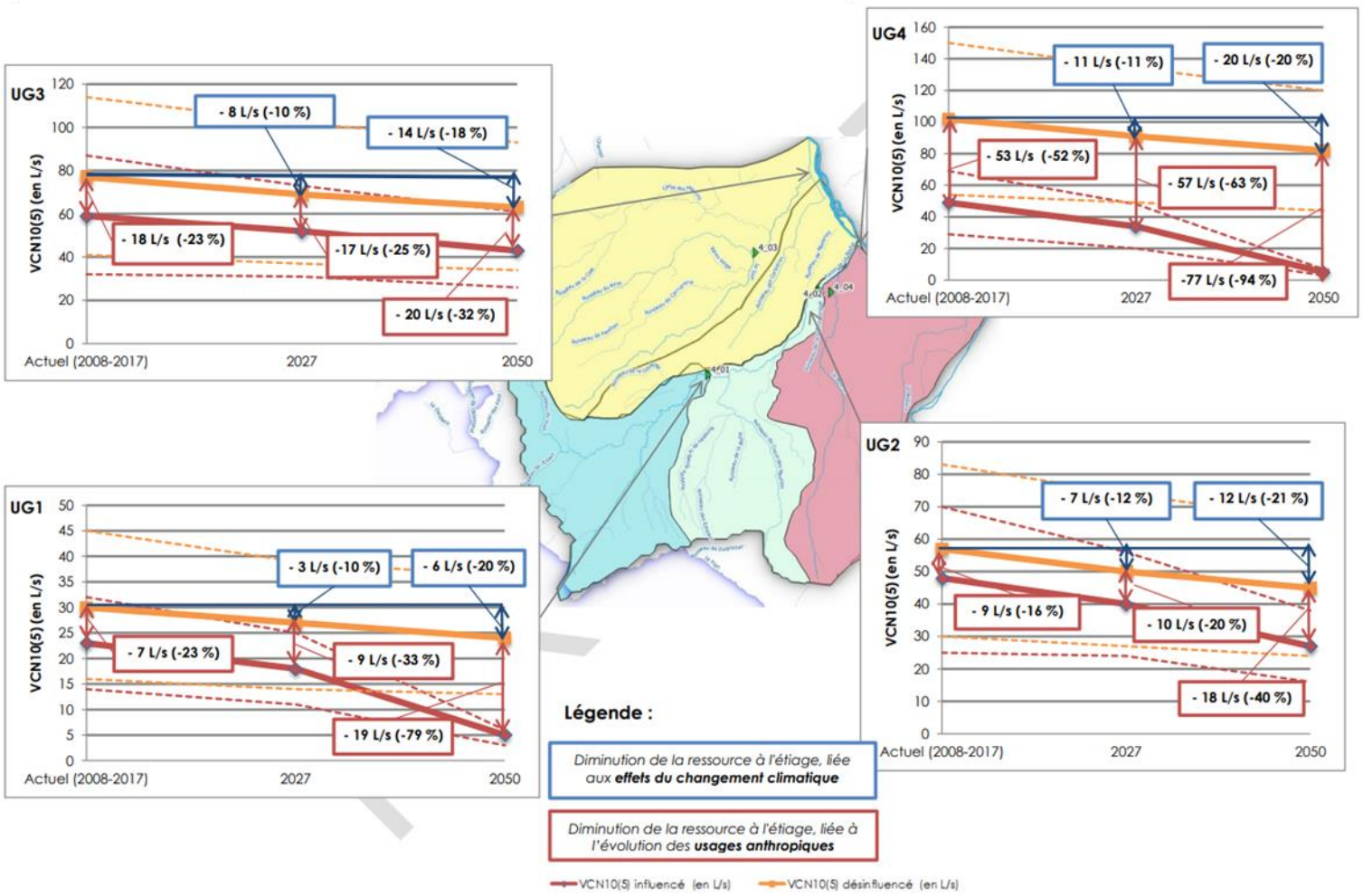


Figure 65 : Perspectives d'évolution des VCN10(5) en régimes influencés et désinfluencés

9 CONCLUSIONS

Le travail réalisé en phase 3, a permis d'améliorer les connaissances sur le fonctionnement hydrologique du bassin du Foron Rochois et du Nant de Sion et d'évaluer l'impact des usages anthropiques sur la ressource en eau en situation actuelle et future.

Par un travail de modélisation hydrologique, il a été possible de reconstituer l'hydrologie des bassins versants concernés en régime « désinfluencé » par les usages anthropiques. Les tendances d'évolution climatique ont été intégrées dans le modèle hydrologique afin d'évaluer les tendances d'évolution de la ressource en eau aux horizons 2027 et 2050. Ce travail de modélisation a ainsi permis d'estimer pour chaque unité de gestion des valeurs de débits caractéristiques d'étiage et leurs incertitudes associées :

- En régime influencé et désinfluencé par les usages anthropiques ;
- En situation actuelle (2008-2017) et aux horizons 2027 et 2050 au regard des tendances d'évolution climatique et de l'évolution tendancielle des usages anthropiques estimée en phase 2 de l'étude.

Plusieurs points ressortent de ces analyses :

- En situation actuelle (période allant de 2008 à 2017), les débits caractéristiques d'étiage du Foron Rochois et du Nant de Sion sont plus bas en situation influencée par les usages anthropiques qu'en l'absence de ces usages.
- Les projections climatiques aux horizons 2027 à 2050 ont permis de mettre en avant une baisse des écoulements en tout point des bassins concernés.
- L'évolution pressentie des usages anthropiques de l'eau et celle de la ressource en eau à court et moyen terme (2027 et 2050), tendrait à creuser l'écart entre les débits d'étiage influencés et désinfluencés par les usages anthropiques, en particulier à l'amont et à l'aval du Foron Rochois.

La mise en place d'au moins une station météorologique en tête de bassin du Foron Rochois et du Nant de Sion et l'organisation de campagnes de jaugeages régulières à l'étiage et une période d'observation plus longue des données de prélèvements et de de suivi hydrométrique permettraient de réduire les incertitudes et de fiabiliser ces analyses statistiques.

La phase suivante (Phase 4) permettra d'évaluer la sensibilité des milieux aquatiques par rapport aux variations de débits dans les cours d'eau. Un bilan besoins-ressources-milieux sera ensuite réalisé et permettra d'identifier les secteurs en déséquilibre quantitatif à l'heure actuelle et aux horizons futurs.

10 ANNEXES

10.1 ANNEXE 1 : NOTE PREALABLE AUX CAMPAGNES DE MESURES DES PHASES 3 ET 4

Syndicat Mixte d'Aménagement de l'Arve et de ses Affluents

ETUDES QUANTITATIVES SUR LES TERRITOIRES PRIORITAIRES DU SAGE DE L'ARVE

Note préalable aux campagnes de mesures des phases 3 (Quantification des ressources existantes) et 4 (Evaluation de la sensibilité des milieux)

Version provisoire

16/10/2018

En application du Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE) de l'Arve approuvé par arrêté préfectoral n°DDT-2018-1130 du 23 juin 2018

DISPOSITION N°QUANTI-4

« Limiter la pression quantitative sur les milieux en tension par une amélioration préalable des connaissances »

ETUDES QUANTITATIVES SUR LES TERRITOIRES PRIORITAIRES DU SAGE DE L'ARVE

Références du maître d'ouvrage :

- Syndicat Mixte de l'Aménagement de l'Arve et de ses affluents
- Marché n°2017-PI-26 - Lot n°03
- Affaire suivie par Charlène CARDOSO

SM3A
300 chemin des Prés Moulin
74 800 Saint-Pierre-en-Faucigny
Tél. : 04.50.25.60.14
sm3a@riviere-arve.org

Références du maître d'œuvre :

- Suez Consulting
- Affaire n°18DHF003
- Suivie par : Alexandre ALLIES

SAFEGE SAS
Parc de L'Ile 15-27, Rue du Port
92022 NANTERRE CEDEX
Tel : +33 1 46 14 71 00
alexandre.allies@suez.com

Version n°	Date	Rédigé / Relu par	Commentaire

SOMMAIRE

1 Rappel de l'objectif 6
2 Résumé non technique 7
3 Présentation du territoire d'étude 7
4 Méthodologie de détermination des stations de mesure 8
4.1 Visite de terrain 8
4.1.1 Introduction 8
4.1.2 Déroulement de la visite de terrain 9
4.2 Délimitation des sous-bassins et aquifères 9
4.2.1 Données relatives à la ressource 9
4.2.2 Données relatives aux milieux 10
4.2.3 Données relatives aux usages 12
4.2.4 Prise en compte du contexte hydrogéologique 12
5 Rappel des critères physiques de positionnement des points de détermination des débits biologiques 14
6 Description des stations du lot N° 3 15

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Bassin versant du Foron Rochois et du Nant de Sion 8

Figure 2 : Extension de la masse d'eau souterraine FRDG364 des Alluvions de l'Arve 13

Figure 3 : Extension de la masse d'eau souterraine FRDG511 Formations variées de l'Avant-Pays savoyard dans le BV du Rhône 14

Figure 5 : Localisation des stations de jaugeages et des stations de définition des débits biologiques de priorité 1 sur le bassin versant du Foron Rochois et du Nant de Sion 17

Figure 6 : Localisation des stations de jaugeages et des stations de définition des débits biologiques de priorité 2 sur le bassin versant du Foron Rochois et du Nant de Sion 18

Figure 7 : Sous bassins versants du Foron Rochois et du Nant de Sion 21

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Masses d'eau souterraines présentes sur le bassin versant du lot 3 .12

Tableau 2 : Caractéristiques des stations de jaugeages et des stations de définitiond es débits biologiques visitées 19

1 RAPPEL DE L'OBJECTIF

L'objectif de cette étape préalable est de dresser une cartographie d'implantation des stations de jaugeages et des stations de définition des débits biologiques sur le bassin versant étudié. Sur l'été 2018, ces stations feront l'objet de deux campagnes de jaugeage ainsi qu'une estimation de l'état des milieux.

Cette implantation répond aux objectifs suivants :

- Proposer un réseau de mesures en vue de comprendre le fonctionnement hydrologique en phase 3 ;
- Proposer un réseau de points sur lesquels seront réalisés des mesures d'évaluation de la sensibilité des milieux, en phase 4.

Le choix d'implantation est justifié au regard des bénéfices attendus lors du diagnostic, en cherchant à superposer, autant que possible, les points de jaugeage et les points de référence, conformément à la demande du maître d'ouvrage. Les critères de sélection sont :

- L'information ajoutée sur la quantification des ressources et le débit d'étiage à l'échelle du bassin versant ;
- L'information ajoutée sur la quantification des ressources et le débit d'étiage sur des secteurs où les demandes en eau sont déjà sensibles : gagner en précision sur la mesure permettra de gagner en précision sur les marges de manœuvre à dégager pour sécuriser la ressource et gagner en efficience sur la satisfaction des usages présents et futurs, lors des phases ultérieures ;
- L'information ajoutée sur le fonctionnement de l'hydrosystème, notamment sur des mécanismes d'échanges nappe-rivière, d'évaluation du soutien à l'étiage par les zones humides, afin de pouvoir corréler les données sur tout le linéaire étudié et identifier des secteurs-clés pour la caractérisation de l'évolution de la ressource à long terme ;
- L'information ajoutée sur les liens entre prélèvements et débits observables dans le cours d'eau, par jaugeages différentiels.

La présente note est un document à vocation technique : il constitue un rappel méthodologique, un rendu cartographique d'implantation des jaugeages (en annexe) et enfin un outil de validation avec le maître d'ouvrage et ses techniciens de rivière, sur le nombre de stations de jaugeage à considérer, leur pertinence et leur priorisation.

Les stations retenues en phase 4 constitueront un référentiel de « points complémentaires », au sens du SDAGE Rhône-Méditerranée, étant entendu qu'il n'est identifié aucun point de confluence ou point stratégique sur le bassin versant.

2 RESUME NON TECHNIQUE

Les études quantitatives sur les territoires prioritaires du SAGE de l'Arve sont décomposées en lots de marchés. Le lot concernant le Foron du Chablais Genevois a été attribué à Suez Consulting. Ces études nécessitent des campagnes de mesures de certains paramètres sur les cours d'eau, au cours de l'été 2018. Afin de préfigurer le contenu de ces campagnes et surtout le positionnement des stations de jaugeages et des stations de définition des débits biologiques où les mesures seront réalisées, Suez Consulting a produit la présente note de synthèse. Elle présente les choix techniques présidant à l'élaboration du réseau de mesures de référence, ainsi qu'une proposition amenant à discussion avec la maîtrise d'ouvrage, puis validation avant le lancement de la campagne dans sa version définitive. La caractérisation physique du bassin versant a amené à un premier maillage du territoire, qui a ensuite amené à une hiérarchisation selon des critères Ressources/Milieux/Usages/Hydrogéologie-Morphologie.

3 PRESENTATION DU TERRITOIRE D'ETUDE

Le territoire d'étude concerne les bassins versants du Foron de la Roche, du Nant de Sion et du ruisseau de la Mouille. D'une superficie totale de 79 km², ces trois bassins versants s'étendent sur 13 communes françaises du département de Haute-Savoie.

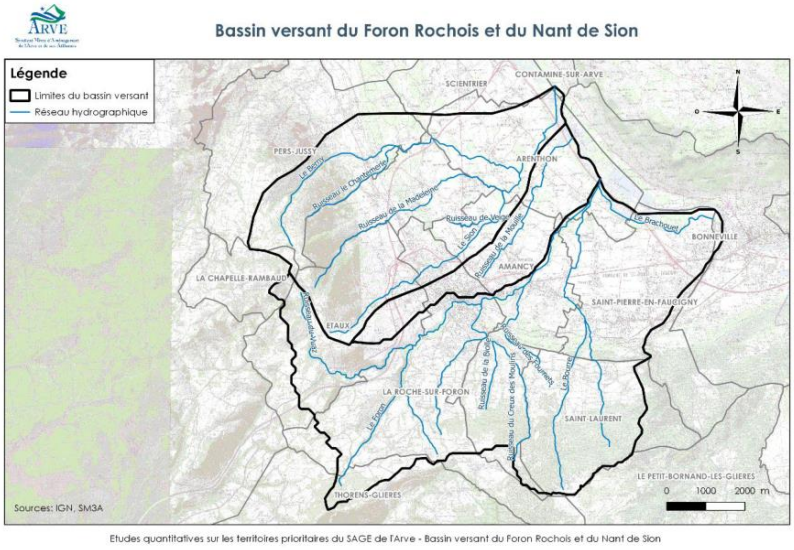


Figure 1: Bassin versant du Foron Rochois et du Nant de Sion

4 METHODOLOGIE DE DETERMINATION DES STATIONS DE MESURE

4.1 VISITE DE TERRAIN

4.1.1 *INTRODUCTION*

La détermination du positionnement exact des stations de jaugeages et des stations de définition des débits biologiques a été réalisée en deux temps :

- En premier lieu, une pré-localisation de 20 stations de jaugeage et de 7 stations de définition des débits biologiques a été effectuée sur la base des entrants disponibles à date de l'ordre de service, sans visite de terrain ;
- Une fois ce travail effectué, une campagne de terrain a été menée dans le but d'inspecter les points pré-localisés. Cette campagne a permis de sélectionner, parmi les points pré-identifiés, 10 stations de jaugeage et 4 stations de définition des débits biologiques prioritaires en se basant sur leur accessibilité, leur éligibilité au type de mesure envisagé et l'apport d'information qu'ils pourront procurer à l'étude ;

- Les stations complémentaires sont décrites pour permettre au maître d'ouvrage une prise de décision quant à leur inclusion ou non à la campagne métrologique.

4.1.2 DEROULEMENT DE LA VISITE DE TERRAIN

Les investigations effectuées sur le bassin du Foron du Chablais Genevois ont été menées sur deux jours, le 11 et le 13 juin 2018, sans accompagnement physique sur site du technicien de rivière, mais après un échange par mail.

De manière générale, très peu de précipitations ont eu lieu durant les investigations, excepté durant la nuit du 12 au 13 juin. Durant la matinée du 11 juin, des pluies intenses ont été constatées au début du trajet Bellegarde-sur-Valserine – Annemasse, non observées dans le canton de Genève.

L'équipement utilisé était constitué des éléments suivants :

- Mire télescopique pour la mesure des hauteurs d'eau ;
- Télémètre laser pour la mesure de la largeur des cours d'eau ;
- Appareil photo ;
- Bottes et waders pour la prospection des cours d'eau ;
- Tablette SIG pour la localisation précise des points retenus ;
- Gilets de sécurité.

Les investigations ont permis d'écarter, parmi les stations pré-localisées, 12 des stations de jaugeage, en raison de leur dangerosité d'accès ou de leur configuration non propice aux types de mesures à effectuer. 2 nouvelles stations ont été identifiées sur place pour leur intérêt.

Parmi les stations complémentaires, 2 des stations de jaugeage et 4 de définition des débits biologiques ont été placées en deuxième ou troisième priorité en raison d'un apport d'information moins évident pour l'étude, et/ou d'un accès difficile. Ainsi, 10 stations de jaugeage et 4 stations de définition des débits biologiques sont présentées en première priorité, conformément au cahier des charges. Le chapitre 6 présente la description des stations proposées.

4.2 DELIMITATION DES SOUS-BASSINS ET AQUIFERES

4.2.1 DONNEES RELATIVES A LA RESSOURCE

Les différentes données pertinentes relatives à la ressource sont les suivantes :

- **Le réseau hydrographique et les sous-bassins versants** ;

- **La présence de stations hydrométriques existantes** (dont on peut exploiter les chroniques directement, pour éviter la redondance avec un jaugeage), ou au contraire de stations futures (pour lesquelles il est pertinent d'avoir des valeurs de corrélation avec le reste du réseau de mesure) ;
- **La valorisation des données piézométriques**, pour identifier les zones de partage des masses d'eau souterraines, ou des zones d'intersection pertinentes pour caractériser les échanges nappe-rivière ;
- **Des données de jaugeages ponctuels :** leur positionnement constitue déjà une preuve d'accessibilité et/ou d'intérêt (SAFEGE 2014) ;
- **Les données sur les suivis des écoulements** issues notamment des réseaux RDOE/ROCA/ONDE de l'AFB (données non disponibles au moment de la rédaction de cette note). Ces observations permettent de juger des perturbations subis par les cours d'eau en période d'étiage et leur localisation permet de placer des points de référence selon deux stratégies : la première consiste à placer une station près d'un point d'assec connu (pour corréler un assec avec un débit mesuré ailleurs), la seconde à l'encadrer par deux stations où la lame d'eau restera suffisante pour donner une valeur de débit ;
- **Les données sur les ouvrages hydrauliques.** Les ouvrages et certains aménagements hydrauliques peuvent, en effet, influencer l'hydrologie des cours d'eau, en particulier en période d'étiage (débit réservé, soutien d'étiage, obstacle à l'écoulement…). Les points de référence peuvent donc être positionnés là également de part et d'autre d'ouvrages impactants, ou directement en observation sur ouvrage et biefs attenants (jaugeages sur seuils et vannes par exemple) ;
- **Les données sur l'occupation du sol** afin d'évaluer la sensibilité du territoire aux étiages notamment. Elle est analysée sur la base des atlas cartographiques existants, ou au besoin à partir de données de type Corine Land Cover, ou tout autre support que le maître d'ouvrage pourra nous mettre à disposition. Sont distinguées notamment les surfaces imperméabilisées, boisées, agricoles.

4.2.2 *DONNEES RELATIVES AUX MILIEUX*

Les données relatives aux milieux sont assez lacunaires à ce stade et l'implantation des points de référence va donc se faire suivant une logique hydrologique,

de prime abord. En faisant en sorte que chaque station retenue corresponde à une superficie collectée relativement homogène (quelques km² supplémentaires entre chaque point), on suit également une évolution régulière des milieux sur le linéaire, en fonction du débit moyen du cours d'eau.

Cette approche simplifiée est toutefois à compléter ou modifier, dès lors qu'un tronçon à fort enjeu nécessite de déplacer ou de discrétiser le positionnement de la station, sur les critères suivants :

- **Critère hydromorphologique** : on adapte le réseau de mesures selon la présence d'obstacles latéraux importants sur les cours d'eau (ouvrages ROE, visite terrain) et les zones de remous associées, de tronçons incisés ou intersectant une couche géologique fracturée (pertes pré-identifiées par le SM3A). Ce critère modifie la répartition « régulière » initiale des jaugeages, puisqu'on va chercher à faire une mesure là où la hauteur d'eau est suffisante d'une part et où sa valeur est représentative de la continuité écologique (paramètres ICE). On cherche par ailleurs à disposer d'une station minimum par tronçon SYRAH identifié ;
- **Critère de qualité de l'eau** : la connaissance de la qualité physico-chimique ou biologique de l'eau vient modifier l'espacement des stations sur le seul critère hydrologique. Le but n'est pas de chercher un « coupable », mais de pouvoir raisonner sur des effets de dilution à une échelle pertinente. Ce critère n'a pas été retenu comme discriminant sur le bassin versant ;
- **Critère hydrobiologique** : les peuplements piscicoles mais aussi les résultats de pêches électriques réalisées viennent également modifier la répartition homogène. En choisissant de positionner un point de référence sur un secteur vivier ou d'interruption de continuité, on corrèle la mesure de débit à un indicateur de « vie ». Ces données (FDPPMA74) manquantes à ce stade n'ont pas pu être utilisées ;
- **Critère d'enjeux naturels** : les périmètres de protection réglementaires ou contractuels associés à la préservation des milieux, notamment Natura 2000, ZNIEFF, Arrêté de Biotope, ZICO, Espaces Naturels Sensibles traduisent une réalité physique de présence de milieux naturels à préserver et donc de demandes en eau à satisfaire, mais également de stock de volumes accumulés après chaque pluie. En particulier, l'encadrement de

zones humides (données AFB/SM3A) pré-identifiées comme ayant un intérêt fort en termes de soutien à l'étiage, par exemple, présente un intérêt sur le diagnostic de l'hydrosystème, mais également de suivi par le gestionnaire. Afin de répondre à la demande de hiérarchisation du SM3A, les jaugeages différentiels répondant uniquement à ce critère sont proposés en complément de la mission initiale.

4.2.3 DONNEES RELATIVES AUX USAGES

Les différentes données relatives aux usages à collecter en phase 2 vont permettre d'alimenter le diagnostic sur les besoins actuels et futurs ainsi que les incidences de l'activité humaine sur le bon état des cours d'eau. Toutefois, en ce qui concerne l'objectif de la note, à savoir le positionnement des stations, il faut s'affranchir d'une préconception du résultat avant d'avoir mené l'étude et respecter une logique d'échantillonnage : il y a plus d'intérêt métrologique à gagner en précision là où la demande est majoritaire à l'échelle du bassin versant (que ce soit en quantité, en temporalité ou en spatialisation).

Il ne s'agit donc pas encore à ce stade de concaténer des redevances sur les prélèvements ou des déclarations de rejets, mais de raisonner en densité d'usages, donc, en première approche, à densifier le réseau de mesure proposé en fonction de l'occupation des sols.

Le premier découpage hydrologique, éventuellement amendé en fonction des données de milieux, est donc densifié là où la pression est plus forte sur la ressource : la redondance d'information réduit l'incertitude sur les secteurs soumis à forte pression (et donc améliore le diagnostic là où le consensus est requis) et la sectorisation plus fine permet de gagner en cohérence en termes de gestion équilibrée du territoire.

4.2.4 PRISE EN COMPTE DU CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE

La description géologique du bassin versant sera détaillée dans le rapport de phase 1.

Tableau 1 : Masses d'eau souterraines présentes sur le bassin versant du lot 3

Code	Masse d'eau	Objectif d'état qualitatif	Objectif d'état quantitatif
FRDG364	Alluvions de l'Arve	Bon Etat 2027	Bon Etat 2027
FRDG511	Formations variées de l'Avant-Pays	Bon Etat 2027	Bon Etat 2027

	savoyard dans le BV du Rhône		

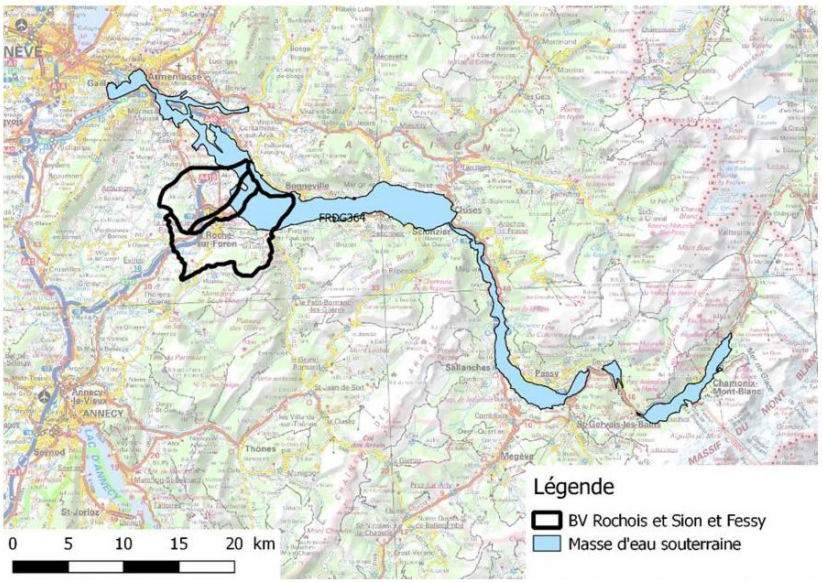


Figure 2 : Extension de la masse d'eau souterraine FRDG364 des Alluvions de l'Arve

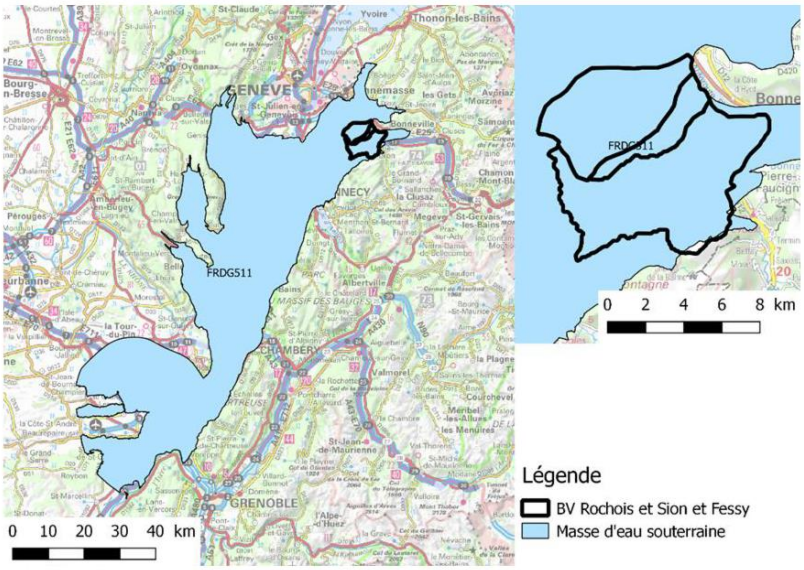


Figure 3 : Extension de la masse d'eau souterraine FRDG511 Formations variées de l'Avant-Pays savoyard dans le BV du Rhône

5 RAPPEL DES CRITERES PHYSIQUES DE POSITIONNEMENT DES POINTS DE DETERMINATION DES DEBITS BIOLOGIQUES

Le choix des tronçons d'étude est particulièrement important, pour l'application de la méthode « ESTIMHAB » (pour diagnostiquer les milieux), tout comme pour les jaugeages, qui nécessitent de respecter certaines configurations physiques pour réduire l'incertitude de mesure de débit. Les tronçons de cours d'eau retenus, après discussion avec les techniciens de rivière, doivent répondre aux critères suivants, sur un linéaire de quelques dizaines de mètres depuis le point d'accès au cours d'eau ou depuis l'exutoire de la sous-unité hydrologique :

- La morphologie du tronçon étudié doit être naturelle ou peu modifiée, ce qui n'est pas systématiquement possible ;
- L'observation d'une alternance de faciès morphologiques représentative du cours d'eau (radiers, plats, mouilles) est préférable, se traduisant généralement par des vitesses d'écoulement variables le long du tronçon ;
- La pente du cours d'eau doit être faible à moyenne (< 5%) ;
- L'absence d'assec (sauf pour un intérêt de station « témoin » d'observation d'assec : sur un site connu pour subir des ruptures de continuité, aux débits mesurables aux points de référence amont et aval, dont les valeurs sont liées à des facteurs tiers, on peut ajouter l'observation d'une hauteur d'eau) ;
- L'existence de stations accessibles et jaugeables facilement à pied : écoulement plutôt rectiligne et laminaire, transect de quelques mètres de large et situé hors zone de remous aval, avec une lame d'eau entre 5 cm et 1m. Les points seront de manière privilégiée positionnés au droit de « verrous » hydrauliques, où l'intégralité de l'écoulement superficiel est concentrée (par exemple au droit d'ouvrages de franchissement ou de seuils, si tant est que la lame d'eau reste suffisante en étiage pour permettre la mesure) ;
- L'absence d'ouvrage hydraulique venant impacter la ligne d'eau sur au minimum 40% du tronçon, conduisant à préférer d'encadrer les secteurs fortement corrigés par deux points de référence amont et aval, sauf intérêt à disposer d'une mesure au droit d'un ouvrage particulier.

La première proposition de stations de jaugeages et de stations de définition des débits biologiques est donc à valider au regard de ces contraintes physiques, ce qui a été l'objet de la visite de terrain.

Par ailleurs, l'opportunité d'instrumenter en implantant des piézomètres provisoires ou en équipant certains forages de capteurs piézométriques est supplantée par les objectifs opérationnels de l'étude. En effet, la campagne de jaugeages se déroulera durant l'été 2018 : s'il existe un intérêt à disposer de quelques niveaux de nappe d'accompagnement au moment de la mesure ponctuelle de débit, la véritable plus-value serait de disposer d'une chronique complète d'au moins une année du niveau de nappe en plusieurs points de référence (pour améliorer la corrélation à des niveaux de rivière ou de débit ponctuels durant cette même période). Toutefois, un suivi d'une année retarderait d'autant la remise du diagnostic, ce qui n'est pas compatible avec les objectifs de rendu.

6 DESCRIPTION DES STATIONS DU LOT N° 3

Une carte de localisation des stations de jaugeages et des stations de définition des débits biologiques est disponible au format A3.

Comme décrit plus haut, un premier découpage d'une dizaine de stations de jaugeages par bassin versant (sous la forme d'une dizaine de sous-unités hydrologiques relativement homogènes en termes de superficie) a été complété, pour aboutir à un jeu de stations plus pertinent, en restant dans la gamme prévue par le marché, puis hiérarchisé.

Un descriptif succinct de chaque station permet le décompte sur chaque lot du marché, le positionnement sur une carte ou un GPS de terrain pour confirmation sur site et des indicateurs simplifiés qui ont présidé au choix d'implantation (indicateurs « milieux », « usages », « hydrogéologie et morphologie », « quantification de la ressource »).

Le tableau et la carte présentent les stations qui ont été investiguées et sélectionnées au cours de la campagne de terrain. Chacune de ces stations est décrite dans une fiche technique en annexe. Les stations grisées du tableau sont celles écartées après la visite indispensable de terrain.

Synthèse de la proposition Suez Consulting :

PRIORITE 1 :

10 stations de jaugeage, 4 stations de détermination des débits biologiques.

Ce choix répond aux contraintes du cahier des charges et aux besoins de l'étude.

PRIORITE 2 :

12 stations de jaugeage, 8 stations de détermination des débits biologiques.

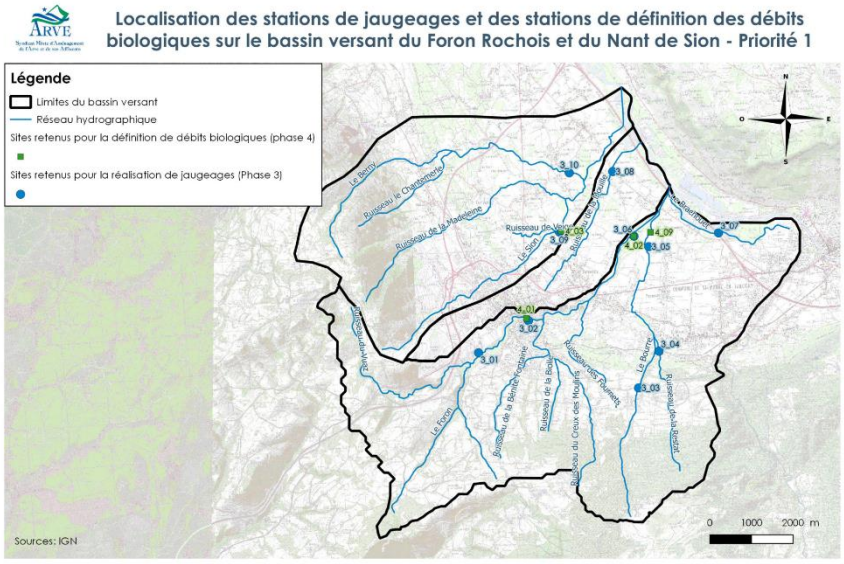
Les bénéfices apportés par le choix de la priorité 2 sont :

- Une plus grande précision pour encadrer les débits à l'amont et à l'aval des zones d'assec en étiage prononcé ;

- La définition d'un débit minimum biologique pour chaque affluent, au lieu de disposer d'une information agrégée au droit de l'arrivée dans la zone de confluence avec l'Arve.

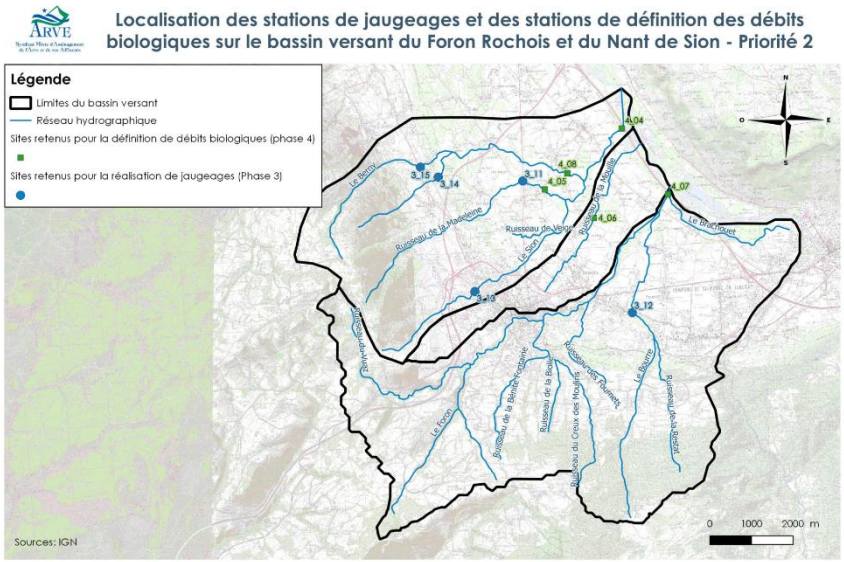
Stations non retenues :

Les stations non retenues correspondent aux zones plutôt torrentielles avec des difficultés d'accès et de mesure. Elles sont laissées en grisé, pour information : leur intérêt n'est pas démenti pour la spatialisation de l'information a priori, mais leur valorisation n'étant pas garantie a posteriori, elles sont écartées pour répondre à la demande du maître d'ouvrage de rester dans le cadre de la tranche ferme



Etudes quantitatives sur les territoires prioritaires du SAGE de l'Arve - Bassin versant du Foron Rochois et du Nant de Sion

Figure 4 : Localisation des stations de jaugeages et des stations de définition des débits biologiques de priorité 1 sur le bassin versant du Foron Rochois et du Nant de Sion



Etudes quantitatives sur les territoires prioritaires du SAGE de l'Arve - Bassin versant du Foron Rochois et du Nant de Sion

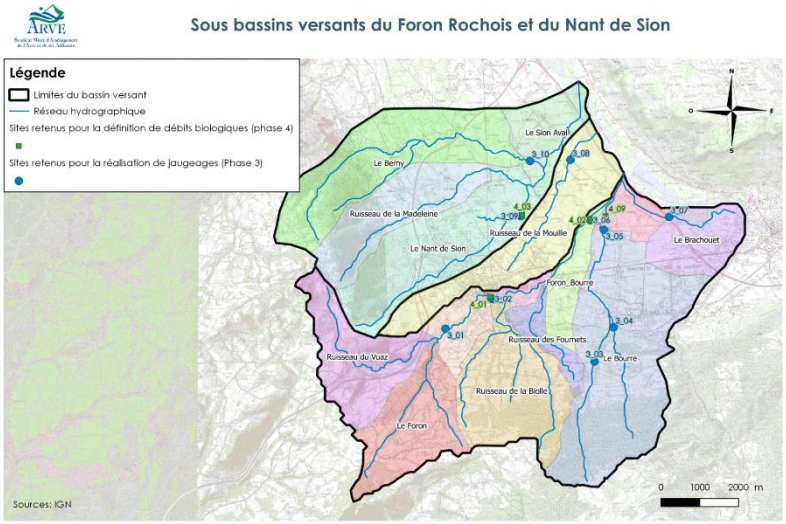
Figure 5 : Localisation des stations de jaugeages et des stations de définition des débits biologiques de priorité 2 sur le bassin versant du Foron Rochois et du Nant de Sion

Tableau 2 : Caractéristiques des stations de jaugeages et des stations de définitiond es débits biologiques visitées[1]

N° Site	Désignation	Ordre de priorité	Commune	Sous-unité hydrologique	X (L93)	Y (L93)	Définition DB ?	Espèces cibles	Justification /usages	Justification /ressource	Justification / milieux	Justification / hydrogéologie et morphologie	Remarques	Accès au cours d'eau
3_01	Foron rochois amont	1	La Roche-sur-Foron	Foron	954879.29	6556245.98	NON		Prélèvements AEP La-Roche-sur-Foron	Tête de bassin du Foron Aval confluence Ruisseau du Vuaz et Ruisseau des Crys			Bonne accessibilité (4x4 obligatoire)	Rive droite
3_02	ZLI de la Roche sur Foron	1	La Roche-sur-Foron	Foron	956078.03	6557018.33	OUI (Point 4_01)		Usages AEP amont, Etat amont sur la Roche-sur-Foron	Avant apports des affluents, zones d'assec		Amont de secteur altéré, passages sous ouvrages	Bonne accessibilité.	Rive gauche
3_03	Le Bourre_1	1	Saint-Laurent	Le Bourre	958721.7	6555401.08	NON		Prélèvements AEP Saint-Laurent				Ecoulement non homogène, possibilité d'utiliser la méthode du seau	Rive droite
3_04	Ruisseau de la Restat	1	Saint-Pierre-en-Faucigny	le Bourre	959214.89	6556284.73	NON		Point intermédiaire amont de Saint-Maurice sur le Restat				Bonne accessibilité	Rive gauche
3_05	Le Bourre_2	1	Saint-Pierre-en-Faucigny	le Bourre	958967.17	6558800.07	OUI (Point 4_09)		Bilan sur les usages et prélèvements AEP de la Serthaz			Secteur rectifié	Accessibilité correcte	Rive gauche
3_06	Foron rochois aval	1	Saint-Pierre-en-Faucigny	Foron	958613.82	6559050.22	OUI (4_02)			Amont confluence Brachouet		Amont de secteur altéré, passages sous ouvrages	Accessibilité correcte	Rive droite
3_07	Franchissement de l'A40 Brachouet	1	Saint-Pierre-en-Faucigny	Le Brachouet	960643.82	6559132.42	NON		Intégration linéaire avec la station aval sur l'exploitation de la nappe, rejets.	Station amont du Brachouet jaugeages du Brachouet	Iles de l'Arve, bilan sur la zone humide	Intéraction avec la nappe de l'Arve, Continuité sous l'autoroute	Bonne accessibilité	Rive droite
3_08	Ruisseau de la Mouille	1	Arenthon	Ruisseau de la Mouille	958103.05	6560606.47	OUI (Point 4_06)		Usages industriels La Roche-sur-Foron	Bilan sur l'ensemble du cours d'eau			Accessibilité correcte	Rive droite
3_09	Ruisseau de Thézard (nant de Sion amont)	1	Amancy	Le Sion	956822.8	6559150.5	OUI (4_03)	Ombre	Forages				Largueur du cours d'eau faible, bonne accessibilité.	Rive droite
3_10	Le Berny	1	Arenthon	Le Berny	957057.31	6560576.77	NON		Bilan sur la branche. Usages AEP sur Pers-Jussy (nombreux ouvrages)		Apports sur la zone humide de la Pierre aux Serpents	Secteur morphologiquement moins contraint d'Arenthon, jonction de masses d'eau	Bonne accessibilité	Rive droite
3_11	*Ruisseau de la Madeleine*	*2*	*Cornier*	*Ruisseau de la Madeleine*	*955941.4*	*6560405.24*	*NON*		*Bilan sur l'affluent. Usages sur Cornier*		*Apports sur la zone humide de la Pierre aux Serpents*		*Bonne accessibilité*	*Rive gauche*
3_12	*Le Bourre_3*	*2*	*Amancy*	*le Bourre*	*958572.11*	*6557238.66*	*NON*		*Point intermédiaire Saint-Laurent/Saint-Pierre-en-Faucigny*	*Jonction de deux sous-branches de la sous-unité hydrologique le Bourre*			*Bonne accessibilité*	*Rive droite*
3_13	*Nant de Sion amont*	*2*	*Étaux*	*Nant de Sion*	*954789.93*	*6557746.23*	*NON*		*Point avant traversée urbaine/industrielle*	*Tête de bassin du Nant de Sion*	*Présence de population piscicole*		*Accessibilité correcte*	*Rive droite*
3_14	*Ruisseau le Chantemerle*	*2*	*Pers-Jussy*	*Berny*	*953910.14*	*6560499.19*	*NON*			*Affluent du Berny*			*Bonne accessibilité (privé ?)*	*Rive gauche*
3_15	*Le Berny*	*2*	*Pers-Jussy*	*Berny*	*953482.44*	*6560736.04*	*NON*		*Usages AEP Pers-Jussy*	*Tête be bassin du Berny*			*Accessibilité difficile*	*?*

[1] Les lignes grisées désignent les sites non retenus.

N° Site	Désignation	Ordre de priorité	Commune	Sous-unité hydrologique	X (L93)	Y (L93)	Définition DB ?	Espèces cibles	Justification /usages	Justification /ressource	Justification / milieux	Justification / hydrogéologie et morphologie	Remarques	Accès au cours d'eau
4_01	Foron Amont	1	La Roche-sur-Foron	Le Foron	956027.7	6557072.02	OUI	Truite fario	Prélèvements AEP	Caractérisation de la partie urbanisée du Foron de la Roche			Accessibilité correcte.	Rive droite
4_02	Foron Aval	1	Arenthon	Le Foron	958607.28	6559051.67	OUI	Truite fario	Forages et prélèvements AEP	zone d'assec			Accessibilité difficile	Rive gauche
4_03	Sion Amont	1	Amancy	Le Sion	956857.8	6559174.9	OUI	Ombre	Forages				Largueur du cours d'eau faible, bonne accessibilité.	Rive droite
4_09	Le Bourre aval	1	Saint-Pierre-en-Faucigny	le Bourre	959009.3	6559150.4	OUI	Truite fario	Bilan sur les usages et prélèvements AEP de la Serthaz			Secteur rectifié	Accessibilité correcte	Rive gauche
4_04	*Le Sion Aval*	*2*	*Arenthon*	*Le Sion*	*958320.09*	*6561668.94*	*OUI*	*Ombre*	*Forages*		*Prise en compte de la zone humide située en aval du cours d'eau*		*Bonne accessibilité. Les jaugeages se font par la station hydrométrique.*	*Rive droite*
4_05	*Ruisseau de la Madeleine*	*2*	*Cornier*	*Ruisseau de la Madeleine*	*956470.4*	*6560201.45*	*OUI*	*Ombre*	*Forages*				*Largueur du cours d'eau faible, accessibilité correcte*	*Rive droite*
4_06	*Ruisseau de la Mouille*	*2*	*Amancy*	*Ruisseau de la Mouille*	*957648.9*	*6559514.9*	*OUI*	*?*	*Forages*				*Largueur du cours d'eau faible, accessibilité correcte*	*Rive droite*
4_07	*Le Brachouet*	*2*	*Saint-Pierre-en-Faucigny*	*Le Brachouet*	*959429.56*	*6560084.25*	*OUI*	*Truite fario*	*Prélèvements AEP et forages*		*Prise en compte de la zone humide située en aval du cours d'eau*		*Largueur du cours d'eau faible, accessibilité correcte*	*Rive droite*
4_08	*Le Berny*	*2*	*Arenthon*	*Le Berny*	*957012.4*	*6560587.7*	*OUI*	*Ombre*	*Bilan sur la branche. Usages AEP sur Pers-Jussy (nombreux ouvrages)*		*Apports sur la zone humide de la Pierre aux Serpents*	*Secteur morphologiquement moins contraint d'Arenthon, jonction de masses d'eau*	*Bonne accessibilité*	*Rive droite*



Etudes quantitatives sur les territoires prioritaires du SAGE de l'Arve - Bassin versant du Foron Rochois et du Nant de Sion

Figure 6 : Sous bassins versants du Foron Rochois et du Nant de Sion

10.2 ANNEXE 2 : NOTE DE RESTITUTION DES CAMPAGNES DE TERRAIN

ETUDES QUANTITATIVES SUR LES TERRITOIRES PRIORITAIRES DU SAGE DE L'ARVE

Note de restitution des campagnes de terrain

LOT n°3 – Etude d'évaluation des besoins et des ressources sur le bassin versant du Foron Rochois

Résultats des campagnes de jaugeage et présentation des mesures effectuées pour l'application du protocole Estimhab

22/02/2019

En application du Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE) de l'Arve approuvé par arrêté préfectoral n°DDT-2018-1130 du 23 juin 2018

DISPOSITION N°QUANTI-4

« Limiter la pression quantitative sur les milieux en tension par une amélioration préalable des connaissances »

ETUDES QUANTITATIVES SUR LES TERRITOIRES PRIORITAIRES DU SAGE DE L'ARVE

Références du maître d'ouvrage :

- Syndicat Mixte de l'Aménagement de l'Arve et de ses affluents
- Marché n°2017-PI-26 - Lot n°03
- Affaire suivie par Charlène CARDOSO

SM3A
300 chemin des Prés Moulin
74 800 Saint-Pierre-en-Faucigny
Tél. : 04.50.25.60.14
sm3a@riviere-arve.org

Références du maître d'œuvre :

- **Suez Consulting** (SAFEGE SAS) **(titulaire)** - Parc de L'Ile 15-27, Rue du Port - 92022 NANTERRE CEDEX - Tel : +33 1 46 14 71 00
- **GEODÉFIS** SARL **(sous-traitant)** – 1196 route de Pierval – 38410 St-MARTIN-D'URIAGE
- Affaire n°18DHF004 (Consulting) - A.0089/C0060 (Geodefis)
- Suivie par : Alexandre ALLIES (SAFEGE) et Guillaume BOUDIN (GEODÉFIS)

Version n°	Date	Rédigé / Relu par	Commentaire
1	22/02/2018	G. Boudin / A. Alliès / M. Mentha	

SOMMAIRE

1 Contexte de la mission et de la note 6
2 Emprise de la zone de prospection 6
3 Positionnement des points de mesure 8
4 déroulement des campagnes et méthodes de mesure 10
4.1 Jaugeages 10
4.1.1 Déroulement des campagnes de mesure 10
4.1.2 Méthode de mesure 10
4.2 Protocole Estimhab 14
4.2.1 Déroulement des campagnes de mesure 14
4.2.2 Le protocole Estimhab 14
5 Résultats des mesures 15
5.1 Jaugeages 15
5.1.1 Première campagne 15
5.1.2 Deuxième campagne 22
5.1.3 Troisième campagne 26
5.2 Estimhab 29
5.2.1 Mise en évidence de la correspondance des campagnes de jaugeage et des campagnes ESTIMHAB 29
5.2.2 Mesures effectuées lors des deux campagnes 29

LISTE DES FIGURES

Figure 1 – Contexte géographique, hydrographique et des usages de l'eau du site d'étude 7

Figure 2 : Localisation des stations de jaugeages et des stations de définition des débits biologiques sur le bassin versant du Foron Rochois 9

Figure 3 – Schéma d'une exploration du champ des vitesses d'écoulement dans une section transversale 11

Figure 4 – Schéma de discrétisation des débits partiels pour le calcul du débit total d'une section 13

Figure 5 – Carte de synthèse des résultats des jaugeages et de l'état du réseau hydrographique 16

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 – Caractéristiques techniques, précision et résolution du courantomètre OTT MF Pro 12

Tableau 2 – Tableau des observations, mesures et jaugeages (1ère campagne) 21

Tableau 2 – Tableau des observations, mesures et jaugeages (2ème campagne) 25

Tableau 2 – Tableau des observations, mesures et jaugeages (3ème campagne) 28

Tableau 5 – Tableau des observations, mesures et jaugeages 29

1 CONTEXTE DE LA MISSION ET DE LA NOTE

L'entreprise SAFEGE SAS Consulting Groupe SUEZ est titulaire d'un marché de prestations intellectuelles pour le SM3A qui pilote le SAGE Arve, relatif à l'estimation des volumes prélevables dans les cours d'eau du bassin versant du Foron Rochois en Haute-Savoie. Pour ce marché, le titulaire doit notamment réaliser des mesures de débits (jaugeages) et des caractérisations de stations hydrauliques en plusieurs de points du bassin versant, afin d'apprécier les ressources en eau disponibles dans les cours d'eau. Il est également demandé au titulaire d'évaluer la sensibilité des milieux par la détermination des valeurs de débits biologiques.

Dans ce contexte, SAFEGE et le SM3A ont mandaté GEODÉFIS pour réaliser des campagnes de jaugeages in situ, et pour vérifier l'état hydrographique du réseau pour le Foron Rochois et ses principaux affluents. Pour déterminer les valeurs de débits biologiques, le protocole Estimhab a été proposé par SAFEGE. Ce dernier requiert également des campagnes de mesures sur le terrain, qui ont été réalisées par SAFEGE.

Le territoire étudié au présent rapport correspond au bassin versant du Foron Rochois et du Nant de Sion (lot n°3 des études quantitatives sur les territoires prioritaires du SAGE de l'Arve, selon l'allotissement du Maître d'ouvrage).

Cette note expose les résultats des observations et mesures des trois campagnes de jaugeages réalisées aux mois d'août, d'octobre et de décembre 2018, ainsi que les mesures et observations effectuées dans le cadre de l'application du protocole Estimhab, réalisées aux mois d'octobre et de décembre 2018, de manière conjointe aux campagnes de jaugeage.

2 EMPRISE DE LA ZONE DE PROSPECTION

Les prospections et observations se sont déroulées sur des cours d'eau et des stations de mesures préalablement identifiés par le SM3A et Safege, selon différents critères : représentativité dans le bassin versant et positionnement topologique du réseau hydrographique, positionnement par rapport aux usages anthropiques de l'eau connus ou encore par rapport aux zones humides, adéquation de la section en travers du cours d'eau pour les jaugeages et le protocole Estimhab, accessibilité du cours d'eau, etc.

Le cadre géographique, hydrographique et des usages de l'eau de la zone de prospection est présenté synthétiquement sur la

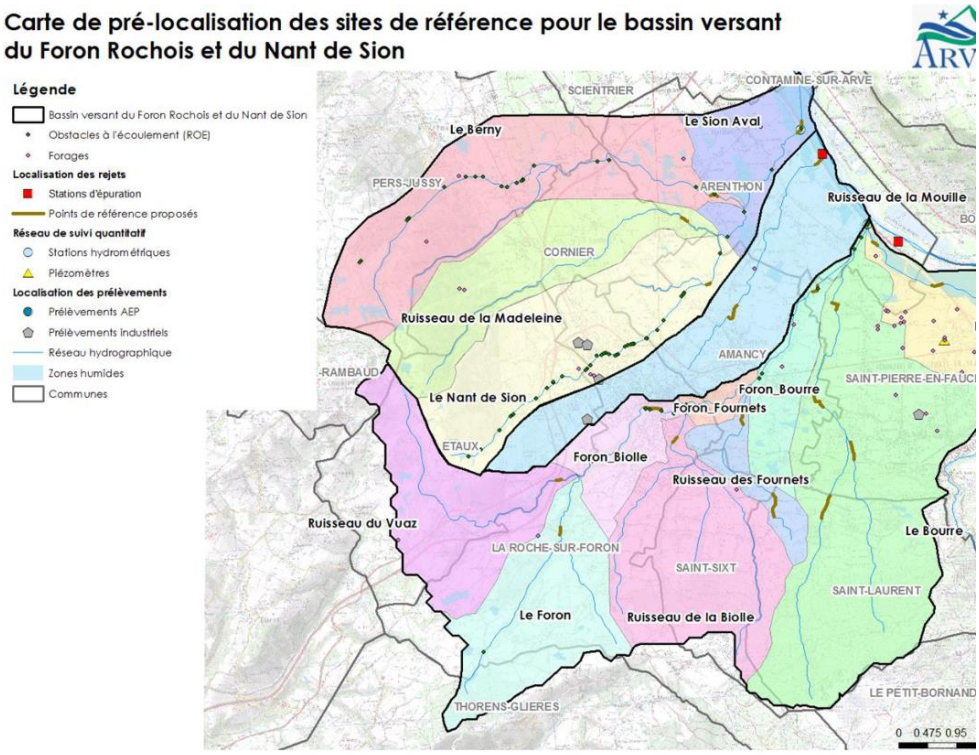


Figure 1.

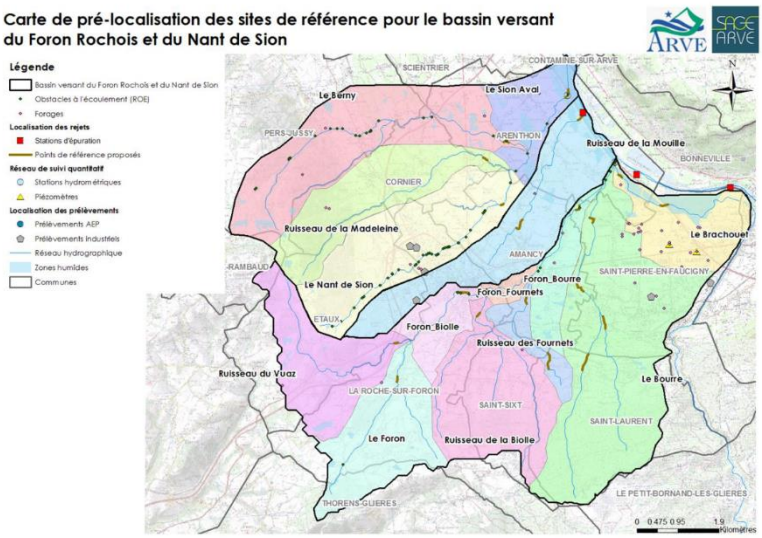
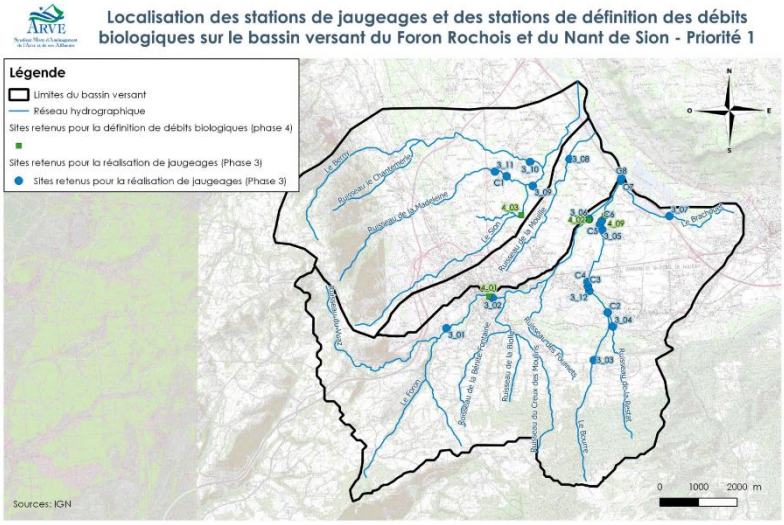


Figure 1 – Contexte géographique, hydrographique et des usages de l'eau du site d'étude

3 POSITIONNEMENT DES POINTS DE MESURE

La localisation des points de mesures (jaugeages et protocole Estimhab) est présentée à la figure suivante. Le positionnement de ces derniers a été défini par SAFEGE, en concertation avec le SM3A.



Etudes quantitatives sur les territoires prioritaires du SAGE de l'Arve - Bassin versant du Foron Rochois et du Nant de Sion

Figure 2 : Localisation des stations de jaugeages et des stations de définition des débits biologiques sur le bassin versant du Foron Rochois

4 DEROULEMENT DES CAMPAGNES ET METHODES DE MESURE

4.1 JAUGEAGES

4.1.1 DEROULEMENT DES CAMPAGNES DE MESURE

La première prospection de terrain s'est déroulée les 1er et 2 août 2018, en accord avec le SM3A et selon une forte réactivité du prestataire afin d'intervenir dans un contexte hydrologique le plus maîtrisé possible, et représentatif des conditions de l'étiage sévère observé dans le courant de cette première moitié de l'été 2018.

La deuxième prospection de terrain s'est déroulée le 3 octobre 2018, en accord avec le SM3A et selon une forte réactivité du prestataire afin d'intervenir dans un contexte hydrologique le plus maîtrisé possible, et représentatif des conditions de l'étiage sévère observé cet automne.

La troisième prospection de terrain s'est déroulée les 12 et 13 décembre 2018, en accord avec le SM3A et selon une forte réactivité du prestataire afin d'intervenir dans un contexte hydrologique le plus maîtrisé possible, et représentatif des conditions de moyennes eaux. En particulier, la date précise de la campagne a été retenue afin de pouvoir, autant que possible, réaliser les jaugeages dans une période présentant une évolution réduite du régime hydrologique. La campagne a ainsi eu lieu à la suite d'épisodes pluvieux succédant à la longue et remarquable période d'étiage prononcé sur le bassin versant durant l'été et l'automne 2018.

4.1.2 METHODE DE MESURE

Sur les points de mesure définis, l'intervention de terrain a consisté :

- À définir l'état du réseau hydrographique, en cherchant en particulier à identifier les assecs possibles sur le Foron et ses affluents ;
- À mesurer précisément les débits d'écoulement sur les stations de référence sélectionnées au préalable ;
- Et, à l'initiative de GEODÉFIS, à compléter ces informations :
  - Par la mesure de la température et de la conductivité électrique des cours d'eau sur les points prospectés. Ces paramètres pouvant être indicatifs de l'origine de l'eau (origine souterraine ou ruissellement pluvial) ou encore d'anomalies (pollution ou marquage des eaux) ;

- Sur certains points, à consigner d'éventuelles informations supplémentaires relatives aux usages de l'eau dès que ceux-ci sont présents et visibles (et sans chercher à en réaliser un inventaire), ou encore relatives aux conditions biologiques des cours d'eau (présence de poissons, de reptiles, de crustacés, etc.) ;
- Et enfin, à établir un compte-rendu photographique des points visités.

Pour les jaugeages, à chaque station de mesure (station transversale à l'écoulement), le débit a été mesuré :

- Soit par capacité, au seau gradué et au chronomètre, quand l'écoulement et sa concentration étaient suffisamment ponctuels. Cette méthode, la plus précise et rapide, a permis de jauger des petits débits d'écoulement ou des rejets faibles sur certains points ;
- Soit par exploration et l'intégration du champ des vitesses dans une section transversale de mesure. Cette méthode permet une grande souplesse dans le choix de la section de mesure (cf. Figure 3) et offre ici une bonne précision avec le matériel et la méthode suivie.

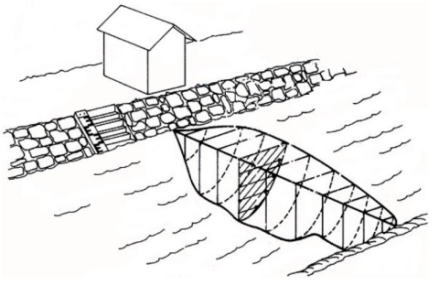


Figure 3 – Schéma d'une exploration du champ des vitesses d'écoulement dans une section transversale

En particulier, les jaugeages par exploration du champ des vitesses d'écoulement ont été réalisés en employant les matériels suivants :

- Un courantomètre électromagnétique OTT MF-PRO et son terminal de contrôle, sur une perche à vernier. Pour chaque point prospecté, cet appareil mesure la vitesse d'écoulement (instantanée et moyenne sur une durée définie) et la profondeur instantanée du capteur sous la surface de l'eau ;
- Une mire ou un décamètre gradués (tous les cm) pour la mesure des abscisses en travers ;

- Un GPS pour le positionnement cartographique des stations de mesure. La précision du positionnement est généralement de l'ordre de 3 ou 4 m en planimétrie ;
- Des équipements individuels étanches et de sécurité. A noter que pour ce point de sécurité, les prospections ont toutes été réalisées par un binôme de 2 intervenants (une personne dans le cours d'eau, et une autre surveillant depuis la berge).

Les caractéristiques techniques du courantomètre utilisé sont données au Tableau 1.

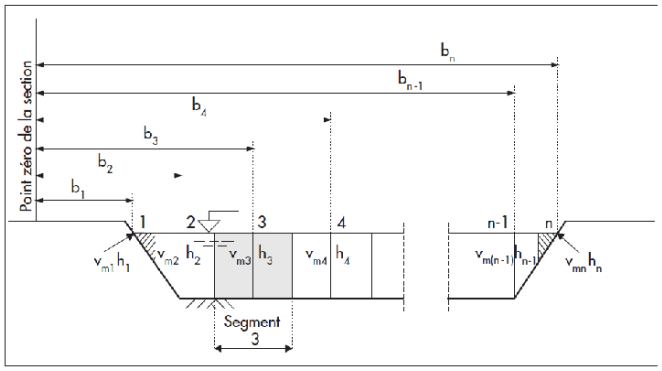
Caractéristique	Détails
Mesure de la vitesse	
Méthode	Électromagnétique
Plage de mesures	0 à 6,09 m/s (0 à 20 pi/s)
Profondeur minimale de l'eau	3,18 cm (1,25 po)
Précision	±2% de la lecture ±0,015 m/s (±0,05 pi/s) 0 à 3,04 m/s (0 à 10 pi/s) ; ± 4% de la lecture de 3,04 à 4,87 m/s (10 à 16 pi/s)
Résolution	0 ≤ valeur < 10 : 3 décimales ; 10 ≤ valeur < 100 : 2 décimales ; 100 ≤ valeur < 1000 : 1 décimale ; valeur ≥ 1000 : 0 décimale
Stabilité du zéro	±0,015 m/s (±0,05 pi/s)
Matériau	ABS, chargé verre
Indice de protection	IP68
Dimensions (L x l x h)	11,9 x 4,3 x 6,3 cm (4,7 x 1,7 x 2,5 po)
Matériau du câble	Polyuréthane gainé
Longueurs de câble	2 ; 6,1 ; 12,2 et 30,5 m (6,5, 20, 40 et 100 pi)
Mesure de la profondeur	
Méthode	Type à diaphragme : pression absolue avec étalonnage en un seul point
Précision (statique)	Valeur la plus grande ± 2% de la lecture ou ± 0,015 m (± 0,504 po). Température en régime stationnaire et eau statique sans circulation.
Plage de mesures	3,05 m (0-10 ft)
Résolution	0 ≤ valeur < 10 : 3 décimales ; 10 ≤ valeur < 100 : 2 décimales ; 100 ≤ valeur < 1000 : 1 décimale ; valeur ≥ 1000 : 0 décimale

Tableau 1 – Caractéristiques techniques, précision et résolution du courantomètre OTT MF Pro

Autant que possible, les mesures ont été conduites selon les prescriptions de la norme NF EN ISO 748 (2007) qui implique de réaliser des mesures de vitesses à des profondeurs et abscisses suffisamment nombreuses dans la section, afin d'atteindre une bonne précision sur le débit. Dans ces conditions, la précision atteinte est de l'ordre de 5% sur le débit jaugé.

Par ailleurs, à chaque section de mesure, nous avons systématiquement vérifié que le niveau d'eau (et donc le débit) dans la section n'a pas varié avant et après la mesure.

Le calcul du débit total jaugé dans une section est réalisé par intégration des débits partiels calculés au sein de la section de mesure par application de la méthode des sections médianes (cf. Figure 4).



$$q_3 = V_{m3} \times \left(\frac{(b_3 - b_2) + (b_4 - b_3)}{2} \right) \times h_3$$

Figure 4 – Schéma de discrétisation des débits partiels pour le calcul du débit total d'une section

On cherche en particulier à ce que les débits partiels mesurés et calculés n'excèdent pas environ 10% du débit total de la section de mesure, ce qui permet de valider la bonne précision des mesures au sens de la norme NF EN ISO 748.

Néanmoins, toute mesure reste affectée d'une incertitude : aussi, pour chaque jaugeage au courantomètre, nous avons effectué un calcul de l'incertitude totale sur le débit (notée u'q) conformément à la norme précitée, en identifiant les termes de la relation suivante :

$$u'_q{}^2 = u'_s{}^2 + u'_m{}^2 + \frac{1}{m} \cdot \left[u'_b{}^2 + u'_h{}^2 + u'_p{}^2 + \frac{1}{2} \left(u'_c{}^2 + u'_e{}^2 \right) \right] \quad \text{avec,}$$

- *u's : incertitude due aux erreurs systématiques (étalonnage) du courantomètre, et des instruments de mesure des abscisses en travers et des profondeurs ;*
- *u'm : incertitude due au nombre limité m de verticales de mesures (erreur d'intégration des profondeurs et des vitesses sur la largeur totale de la section de mesure) ;*
- *u'b : incertitude due à la mesure des largeurs (ou abscisses en travers) entre les verticales ;*
- *u'h : incertitude due à la mesure des tirants d'eau (profondeurs) sur les verticales ;*
- *u'p : incertitude due au nombre de point limité de mesures de la vitesse sur une verticale (erreur d'intégration du profil de vitesse selon la hauteur d'eau) ;*
- *u'c : incertitude due aux erreurs aléatoires du courantomètre ;*
- *u'e : incertitude due au temps limité d'exposition du courantomètre (moyenne des fluctuations de la vitesse d'écoulement).*

4.2 PROTOCOLE ESTIMHAB

4.2.1 DEROULEMENT DES CAMPAGNES DE MESURE

Le protocole Estimhab requiert l'accomplissement de deux campagnes de mesures, l'une en situation de basses eaux et l'autre en situation de moyennes eaux.

Parmi les mesures à effectuer, il est nécessaire de procéder à des jaugeages. Il a donc été choisi de réaliser les campagnes de mesure Estimhab conjointement aux campagnes de jaugeages. Ainsi, la campagne de basses eaux s'est déroulée le 3 octobre 2018, tandis que la campagne de moyennes eaux s'est déroulée les 12 et 13 décembre 2018. L'ordre de prospection des stations a été établi en collaboration avec Geodéfis afin que les jaugeages réalisés soient aussi représentatifs que possibles des conditions hydrologiques ayant eu lieu pendant les mesures Estimhab.

4.2.2 LE PROTOCOLE ESTIMHAB

Estimhab est un modèle statistique d'habitat piscicole développé par l'Irstea permettant d'obtenir des courbes mettant en relation, pour une espèce ou un groupe d'espèces donné, le débit transitant dans le cours d'eau inspecté à une valeur ou une surface utile d'habitat. L'interprétation de ces courbes permet de définir des valeurs de débit biologique.

Il donne des résultats très proches de ceux fournis par les méthodes conventionnelles des 'micro-habitats' (logiciels Phabsim, Evha), à partir de variables d'entrée simplifiées (mesures de largeurs et hauteurs à deux débits). Par souci de simplicité et de facilité d'évolution, Estimhab est présenté sur tableur (Excel).

Le protocole et le modèle Estimhab sont disponibles à l'adresse suivante :

https://www.irstea.fr/fr/estimhab

5 RESULTATS DES MESURES

5.1 JAUGEAGES

5.1.1 PREMIERE CAMPAGNE

Note préliminaire : Les sites ayant été jaugés durant la première campagne de mesures diffèrent, en certains points, des sites présentés à la Figure 2. Ainsi, les résultats présentés dans ce paragraphe se rapportent à la carte de la Figure 5. La numérotation ayant alors été utilisée a été modifiée depuis. Ainsi, il faut se référer au Tableau 2 pour avoir la correspondance entre l'ancienne et la nouvelle numérotation.

Les résultats des observations et mesures sont exposés au Tableau 2.

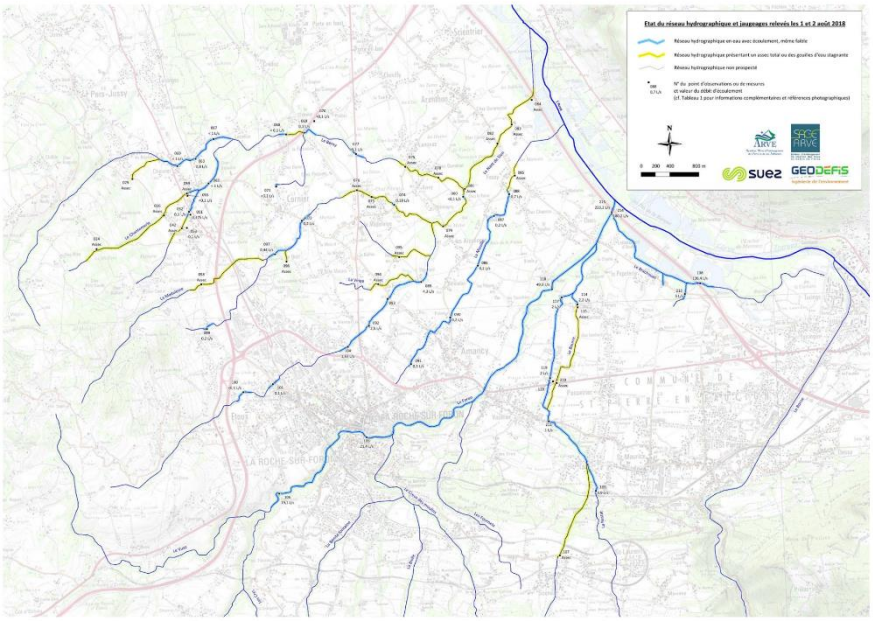


Figure 5 – Carte de synthèse des résultats des jaugeages et de l'état du réseau hydrographique.

Le Berny / Le Chantemerle

Le réseau du Berny et du Chantemerle montre un très faible débit d'écoulement, avec une alternance d'assecs et de faibles remises en eau (moins de 1 Ls/) le plus souvent à la faveur de rejets de zones urbanisées. En partie aval du Berny dans le secteur de Lanovaz, le cours d'eau est complètement à sec jusqu'au point de confluence avec le Nant de Sion (point 080). La conductivité des eaux relevée (plus de 520 µS/cm) témoigne d'une eau bien minéralisée, en lien avec le contexte de très basses eaux et le drainage du niveau de base de l'aquifère par le cours d'eau.

A Cornier, il a été relevé une pollution des eaux par des hydrocarbures (phase irisée, odorante et grasse au toucher) au point 069 (traversée du Berny par l'autoroute A410) apportés par un faible rejet d'eau busé (0,1 L/s environ) en rive droite dans le cours du Berny à sec en amont du rejet. La conductivité électrique de l'eau atteint ici 1030 µS/cm et confirme l'anomalie ou la pollution des eaux du rejet. L'origine de ce rejet n'est pas déterminée (hypothèses envisageables : rejet de la plateforme autoroutière et/ou de la plateforme Bibollet/Vicat, ou encore de l'entreprise Alufer à proximité immédiate du rejet).

Le Ruisseau de la Madeleine

Le ruisseau de la Madeleine présente un assec général hormis son parcours médian dans le secteur de Pierre grise à Cornier (points 097 et 072 : faible écoulement inférieur à 0,5 L/s), et dans sa branche amont Est (prospectée à Charny, commune d'Etaux, au point 099, environ 0,2 L/s).

Son apport hydraulique au Nant de Sion est nul dans les conditions prospectées.

Le Nant de Sion (ou Thiozard en partie amont)

La partie amont du Nant de Sion (Thiozard avant la confluence du ruisseau de la Madeleine) présente un cours en eau avec faible écoulement augmentant vers l'aval (jusqu'à 4,3 L/s mesuré au hameau de Thiozard). Sur ce parcours en eau, on note une conductivité amont anormale de l'ordre de 900 µS/cm dans le faible débit et une odeur caractéristique d'eaux usées domestiques. Le débit d'étiage de la partie amont du Nant de Sion dans le secteur d'Etaux est donc probablement formé, du moins en partie, par des rejets d'eau anthropiques. Plus en aval, la conductivité baisse régulièrement pour retrouver des valeurs plus en cohérence avec les eaux d'étiage issues du drainage des eaux souterraines (environ 500 à 550 µS/cm).

Les apports des ruisseaux de Veige en rive gauche, de la Madeleine et du Berny, sont nuls.

En aval du hameau de Thiozard, on constate que le débit du Nant de Sion diminue fortement et disparaît : on relève un assec complet au point de confluence du ruisseau de la Madeleine, et ce, jusqu'à la fin du cours d'eau (au moins jusque sous la traversée de l'autoroute A40 peu avant la confluence avec l'Arve).

Le ruisseau de la Mouille

Le ruisseau de la Mouille montre une continuité hydraulique depuis la Roche-sur-Foron et Amancy jusqu'à Fessy (commune d'Arenthon), avec un débit d'écoulement assez faible inférieur à 1 L/s. En aval de Fessy, le débit du cours d'eau disparaît complètement, et un assec se forme probablement jusqu'à la confluence avec l'Arve.

A noter la présence d'une Ecrevisse de Californie observée en activité, au point 090 dans un passage busé du ruisseau de la Mouille.

Le Bourre / La Restat

Le ruisseau du Bourre amont (point 107) est à sec. C'est l'écoulement de son affluent rive droite, la Restat, qui donne naissance au débit du Bourre, avec un écoulement significatif pour les conditions d'étiage sévère observées, d'environ 10 L/s.

Ce débit diminue sensiblement en aval : 1 L/s sous la traversée de la route RD6 (point 211) à 1,2 km en aval du point 107 sur la Restat.

Plus en aval, le Bourre se sépare en 2 branches :

- Une branche Ouest assurant une continuité de l'écoulement avec un débit de l'ordre de 2 L/s ;
- Et une branche Est, présentant un assec complet. En partie aval et juste avant la réunion des 2 branches, un rejet en rive droite remet en eau cette branche à hauteur de 2,2 L/s.

Ainsi, dans les conditions observées, le Bourre apporte vraisemblablement un débit de l'ordre de 4 à 5 L/s à sa confluence avec le Foron.

Le Brachouet

Contrairement aux autres cours d'eau prospecté dans la zone d'étude, le Brachouet présente un fort débit d'écoulement : 120 L/s au point 108 sous l'autoroute A40, à 180 L/s à sa confluence au Foron (point 214).

Cette situation très contrastée est à rapprocher du contraste similaire existant entre les hautes eaux de l'Arve (régime nival et hautes eaux en été) et les étiages estivaux des affluents du versant Rochois rive gauche. Ainsi les forts débits d'écoulement du Brachouet s'expliquent en toute probabilité par l'origine alluviale de son alimentation hydraulique, avec une nappe d'accompagnement de l'Arve bien soutenue par la rivière en hautes eaux.

Entre les 2 points précités, séparés par une distance hydraulique d'environ 1,7 km, l'augmentation du débit du Brachouet est de 60 L/s, soit un drainage de la nappe alluviale de l'ordre de 3,5 L/s pour 100 m. A noter que cette augmentation de débit est également soutenue par 2 petits affluents en rive gauche (5 L/s jaugé au point 213).

Le Foron

En amont de la Roche-sur-Foron, le cours d'eau montre un débit d'environ 19 L/s (point 106) regroupant les apports des ruisseaux du Vuaz et des Crys (non prospectés).

Dans la traversée de la ville, ce débit est à peine augmenté (21,4 L/s au point 105). Plus en aval, au hameau de Fernolet (point 118 sur la commune de St-Pierre-en-Faucigny), le débit du Foron est mesuré à 50 L/s environ le 02/08/2018 à 11h45. L'origine de cette augmentation n'est pas connue. Elle peut être liée :

- À d'éventuels rejets au droit de l'ancienne station d'épuration d'Amancy (mais hypothèse douteuse car cette station a été remplacée par la station ARVEA sur l'Arve depuis 2010) ;
- À des rejets d'eau divers sur le parcours ; par exemple, des rejets d'eau pluviales tamponnées dans des bassins de rétention, sans doute remplis par l'orage constaté la veille au soir, et mis en vidange lente dans le réseau du Foron ;
- Au drainage des aquifères en relation avec le Foron. Cette dernière hypothèse semble cependant assez peu probable au regard de l'augmentation du débit observée (environ 30 L/s) et de la comparaison aux autres cours d'eau relativement similaires (Berny/Nant de Sion, Bourre/Restat) qui ne montrent pas de gain au débit aussi significatif sur des distances équivalentes.

En aval, après la confluence avec le Brachouet, le Foron a été jaugé avec un débit total de 223,2 L/s (point 215). Pour rappel, le Brachouet apporte ici 180,2 L/s, soit un débit du Foron avant la confluence de 43 L/s, ce qui d'ailleurs est moins que le débit précité à Fernolet (50 L/s) abondé du débit total du Bourre (environ 5 L/s) : cela témoigne d'une perte de débit non négligeable (environ 7 L/s) entre Fernolet et la confluence du Brachouet.

Le jaugeage total du Foron au point 215 a été réalisé à proximité immédiate de l'échelle hydrométrique automatisée du SM3A posée récemment (juin-juillet

2018) dans une section au radier bétonné et bien stabilisée. A titre d'information pour la constitution utile d'une courbe de tarage, on mentionne les conditions observées pour ce jaugeage :

- Débit : 223,2 L/s +/- 6,7 L/s le 02/08/2018 à 16 :30
- Hauteur lue à l'échelle limnimétrique : +0,42 m au même instant.

n° point	X_L93 (m)	Y_L93 (m)	Longitude (°)	Latitude (°)	Lot	Station de référence	Date	Heure	Débit	Incertitude sur le débit	Température (°C)	Conductivité (µS/cm à 25 °C)	Réf. annexe photographique	Observations particulières	Nouvelle numérotation
024	952 378	6 559 599	6.2684	46.0901	Lot 3		01/08/2018	06:30	Assec						
025	952 869	6 560 561	6.2752	46.0986	Lot 3		01/08/2018	06:50	Assec						
026	953 299	6 560 059	6.2805	46.0939	Lot 3		01/08/2018	06:53	Assec						
042	953 544	6 559 884	6.2836	46.0923	Lot 3		01/08/2018	06:55	Assec						
051	953 661	6 560 070	6.2852	46.0939	Lot 3		01/08/2018	06:58	0,375 L/s		17,2	565	582		
052	953 643	6 560 109	6.2850	46.0942	Lot 3		01/08/2018	07:10	0,1 L/s				583	Estimation visuelle du débit car eau non accessible au lavoir (fermé par grille cadenassée).	
053	953 614	6 559 888	6.2845	46.0923	Lot 3		01/08/2018	07:17	0,1 L/s				585 - 586	Très faible écoulement issu d'un regard sans doute relié aux habitations à proximité.	
055	953 622	6 560 328	6.2848	46.0962	Lot 3		01/08/2018	07:25	<0,1 L/s		17,0	837	588	Très faible écoulement quasi-nul.	
059	953 614	6 560 359	6.2848	46.0965	Lot 3		01/08/2018	07:30	Assec				589 - 590		
060	953 482	6 560 736	6.2833	46.0999	Lot 3	3_15	01/08/2018	07:36	< 1 L/s		18,2	535	591 - 592		
061	953 910	6 560 499	6.2887	46.0976	Lot 3	3_14	01/08/2018	08:20	< 1 L/s		18,8	668	593 - 594		
063	953 735	6 560 836	6.2866	46.1007	Lot 3		01/08/2018	08:27	0,8 L/s		17,5	590	595		
067	953 980	6 561 107	6.2899	46.1031	Lot 3		01/08/2018	08:40	< 1 L/s				597 - 598	Continuité hydraulique depuis le point 063.	
068	954 974	6 561 170	6.3028	46.1033	Lot 3		01/08/2018	08:46	< 0,1 L/s				599		
069	955 218	6 561 193	6.3060	46.1034	Lot 3		01/08/2018	08:56	0,1 L/s		17,5	1030	600 - 601 - 602 - 603 - 604	Berny amont à sec, mais rejet (buse) en rive droite à faible débit. Ce rejet est pollué par hydrocarbures (irisations et odeur).	
070	955 360	6 561 353	6.3079	46.1048	Lot 3		01/08/2018	09:12	<0,1 L/s		10,7	522	605 - 606		
071	954 836	6 560 456	6.3006	46.0969	Lot 3		01/08/2018	09:25	<0,1 L/s				607	Très faible hauteur d'eau, débit quasi-nul.	
072	955 188	6 559 985	6.3049	46.0925	Lot 3		01/08/2018	09:30	0,2 L/s				608		
073	956 142	6 560 315	6.3174	46.0951	Lot 3	Aval 3_11	01/08/2018	09:42	Assec				609 - 610		3_11
074	956 452	6 560 205	6.3214	46.0940	Lot 3		01/08/2018	09:55	0,18 L/s		21,0	500	611 - 612 - 613	Débit formé par le rejet en rive droite du ruisseau de la Madeleine (assec en amont).	C1
075	956 607	6 560 727	6.3237	46.0987	Lot 3		01/08/2018	10:06	Assec				614		
076	955 941	6 560 405	6.3149	46.0960	Lot 3	3_11	01/08/2018	10:13	Assec						
077	955 930	6 560 901	6.3150	46.1005	Lot 3		01/08/2018	10:16	<0,1 L/s					Ecoulement très faible.	
078	957 057	6 560 577	6.3294	46.0972	Lot 3	3_10	01/08/2018	10:26	Assec				615 - 616		3_10
079	957 123	6 559 912	6.3299	46.0911	Lot 3		01/08/2018	10:38	Assec				617 - 618	Assec avec trous d'eau stagnante.	3_09
080	957 398	6 560 318	6.3337	46.0947	Lot 3		01/08/2018	10:52	<0,1 L/s		21,5	470	619 - 620	Ecoulement très faible.	
081	957 421	6 560 424	6.3340	46.0956	Lot 3		01/08/2018	11:02	Assec				621	Les deux biefs confluant sont entièrement secs. Il subsiste une flaque d'eau résiduelle et stagnante.	
082	957 866	6 561 048	6.3401	46.1011	Lot 3		01/08/2018	11:14	Assec				622 - 623		
083	958 061	6 561 305	6.3428	46.1033	Lot 3		01/08/2018	11:19	Assec				624		
084	958 336	6 561 644	6.3465	46.1063	Lot 3		01/08/2018	11:24	Assec				625 - 626 - 627		
85	958 103	6 560 606	6.3429	46.0970	Lot 3		01/08/2018	11:36	Assec				628 - 629		3_08
086	957 598	6 559 373	6.3357	46.0861	Lot 3	4_06	01/08/2018	11:47	0,2 L/s		16,3	595	630 - 631		
087	957 817	6 560 053	6.3389	46.0922	Lot 3		01/08/2018	11:56	0,2 L/s				632 - 633		
088	958 026	6 560 353	6.3418	46.0948	Lot 3		01/08/2018	12:00	0,7 L/s		21,6	533	634 - 635		
089	956 823	6 559 148	6.3256	46.0844	Lot 3	4_03	01/08/2018	12:15	4,3 L/s	+/- 0,2 L/s	19,5	515	636 - 637 - 638	Jaugeage réalisé en aval du pont en pierre.	
090	957 220	6 558 661	6.3305	46.0799	Lot 3		01/08/2018	13:14	0,2 L/s				639 - 640	Débit mesuré en sortie de buse. Vue une écrevisse active (probablement Pacifastacus leniusculus ou Ecrevisse 'Signal').	
091	956 684	6 558 023	6.3232	46.0743	Lot 3		01/08/2018	13:36	0,5 L/s				641		
092	956 108	6 558 548	6.3160	46.0793	Lot 3		01/08/2018	13:46	2,5 L/s		20,5	580	642 - 643	Débit de 2,5 L/s complété par 1 rejet busé en rive droite de 0,1 L/s à 536 µS/cm. A noter aussi une buse en rive gauche : sèche.	
093	956 362	6 558 916	6.3195	46.0825	Lot 3		01/08/2018	14:03	---				644 - 645	Continuité hydraulique depuis le point 092.	
094	956 234	6 559 119	6.3180	46.0844	Lot 3		01/08/2018	14:07	Assec				646 - 647 - 648	Long passage busé du cours d'eau sous les installations du stade municipal d'Amancy en travaux.	
095	956 521	6 559 490	6.3219	46.0876	Lot 3		01/08/2018	14:18	Assec				649		
096	954 979	6 559 426	6.3019	46.0876	Lot 3		01/08/2018	14:28	Assec				650	Petit affluent rive droite du ruisseau de la Madeleine : à sec.	
097	954 822	6 559 529	6.2999	46.0886	Lot 3		01/08/2018	14:30	0,44 L/s		19,0	545	651 - 652		
098	953 813	6 559 117	6.2867	46.0853	Lot 3		01/08/2018	15:43	Assec				653		
099	953 889	6 558 503	6.2873	46.0797	Lot 3		01/08/2018	15:46	0,2 L/s		20,0	400	654 - 655	Petit tuyau de prise d'eau (inactive) dans le cours d'eau. Vue une couleuvre d'esculape active à la sortie de la buse en eau.	
100	954 388	6 557 637	6.2933	46.0717	Lot 3		01/08/2018	16:00	<0,1 L/s		22,0°C	906	657 - 658	Ecoulement avec odeur et aspect caractéristique d'eaux usées non brutes. Conductivité électrique anormalement élevée.	
101	954 790	6 557 746	6.2985	46.0726	Lot 3	3_13	01/08/2018	16:07	0,1 L/s		15,4	625	659 - 660 - 661	Eau encore légèrement marquée par une conductivité électrique anormalement élevée depuis le point 100.	
104	955 819	6 558 260	6.3121	46.0768	Lot 3		01/08/2018	16:22	1,83 L/s		20,2°C	600	662 - 663 - 664	Débit amont (0,8 L/s à 561 µS/cm) complété par 1 rejet busé en rive droite (0,39 L/s à 585 µS/cm) et 1 rejet busé en rive gauche (0,64 L/s à 690 µS/cm).	
105	956 078	6 557 018	6.3148	46.0655	Lot 3	3_02	01/08/2018	17:30	21,4 L/s	+/- 0,6 L/s	19,8	530	665 - 666	Débit jaugé en présence de Mme Cardoso (SMBA), juste avant épisode orageux de fin de journée (de 17h15 à 19h30) grossissant le débit du Foron.	
106	954 879	6 556 246	6.2989	46.0590	Lot 3	3_01	02/08/2018	08:30	19,1 L/s	+/- 0,8 L/s	15,9	465	671 - 672 - 673		
107	958 722	6 555 401	6.3481	46.0500	Lot 3	3_03	02/08/2018	09:25	Assec				674 - 675		3_03
108	960 644	6 559 132	6.3750	46.0828	Lot 3	3_07	02/08/2018	14:45	120,4 L/s	+/- 3,6 L/s	14,6	456	694 - 695 - 696	Débit jaugé en amont du pont de l'autoroute (une buse en rive gauche est notée : sèche), et en aval d'un barrage de castors imposant une chute d'environ 10-15 cm.	3_07
109	959 215	6 556 285	6.3549	46.0577	Lot 3	3_04	02/08/2018	10:30	9,9 L/s	+/- 0,3 L/s	16,0	396	676 - 677 - 678	Marques du passage de la crue orageuse de la veille au soir, visibles sur les berges (herbes et végétation couchées) sur environ 10 cm de hauteur.	3_04
114	958 961	6 558 844	6.3531	46.0808	Lot 3		02/08/2018	11:00	2,2 L/s		20,8	391	679	Rejet en rive droite qui donne le débit à la branche E du Bourre (assec en amont).	
115	958 967	6 558 800	6.3531	46.0804	Lot 3	3_05	02/08/2018	11:00	Assec				680	Branche E du Bourre à sec en amont du rejet au point 114.	3_05
117	958 747	6 558 936	6.3503	46.0818	Lot 3		02/08/2018	11:13	2 L/s		18,0	462	681	Branche W du Bourre en eau au point de sortie de son passage busé sous la route.	
118	958 614	6 559 050	6.3487	46.0828	Lot 3	3_06	02/08/2018	11:45	49,9 L/s	+/- 1,5 L/s	19,3	389	682 - 683 - 684 - 686 - 687 - 688	Station de suivi scientifique de la faune avec piège photographique sous le pont (SMBA / ECOSPHERE).	3_06
119	958 588	6 557 829	6.3477	46.0719	Lot 3		02/08/2018	12:05	2 L/s		17,9	460	689	Branche W du Bourre en eau.	
129	958 629	6 557 785	6.3482	46.0714	Lot 3		02/08/2018	12:32	---				690	Bassin d'eaux pluviales de la route RD1203, rempli suite à l'orage de la veille au soir (exutoire de vidange non visualisé).	
210	958 680	6 557 765	6.3488	46.0712	Lot 3		02/08/2018	12:34	Assec				691	Branche E du Bourre à sec.	
211	958 572	6 557 239	6.3472	46.0666	Lot 3	3_12	02/08/2018	12:41	1 L/s				692 - 693	Le Bourre avant sa défluence sous la route RD6.	3_12
213	960 435	6 558 983	6.3722	46.0815	Lot 3		02/08/2018	15:15	5 L/s				697 - 698	Petit affluent en rive gauche du Brachouet : en écoulement significatif.	
214	959 430	6 560 084	6.3598	46.0918	Lot 3	4_07	02/08/2018	15:45	180,2 L/s	+/- 5,4 L/s	16,3	516	699 - 703	Le Brachouet avant sa confluence au Foron	
215	959 433	6 560 106	6.3599	46.0920	Lot 3		02/08/2018	16:30	223,2 L/s	+/- 6,7 L/s	20,2	468	700 - 701 - 702 - 704	Le Foron en aval de la confluence du Brachouet à la station limnimétrique du SMBA. H=0,42 m à l'échelle. Foron amont : 26,3 °C ; 385 µS/cm ; env. 43 L/s.	C8

La colonne 'Référence annexe photographique' renvoie aux photographies indexées à l'annexe 6 du rapport.

Tableau 2 – Tableau des observations, mesures et jaugeages (1ère campagne)

5.1.2 DEUXIEME CAMPAGNE

Les résultats des observations et mesures sont exposés au Tableau 3.

Le Berny, le Chantemerle et la Madeleine

Les ruisseaux du Berny, du Chantemerle et de la Madeleine présentent un assec généralisé en partie aval (partie amont non prospectée).

Le Nant de Sion

Au point de mesure 3_09 (en aval de la confluence avec le ruisseau de la Madeleine), le Nant de Sion montre un débit d'écoulement extrêmement faible de l'ordre de 0,2 L/s.

Le ruisseau de la Mouille

Le ruisseau de la Mouille montre un assec total dans sa partie aval.

Le Bourre / La Restat

Le ruisseau du Bourre en amont de la confluence avec la Restat (point 3_03) est à sec.

La Restat montre un écoulement significatif pour les conditions d'étiage sévère observé de l'ordre de 5 L/s. Il est à noter que ce débit disparaît totalement au point C2, au niveau de la confluence de la Restat avec le Bourre : il est possible que ce débit soit infiltré dans le terrain naturel. Une autre hypothèse possible (non vérifiée sur le terrain) est que ce débit soit prélevé du cours d'eau par des usages anthropiques (on mentionne la présence d'une usine de décolletage en activité à proximité immédiate du lieu de formation de l'assec).

En aval de Vozerier, on distingue deux bras du ruisseau du Bourre :

- Un bras Est, ancien et naturel, observé entièrement à sec lors de la campagne ;
- Un bras Ouest, majoritairement rectiligne et canalisé, traversant les zones urbanisées, et présentant initial de 3 L/s au sortir d'une canalisation busée sous des zones bâties à Vozerier (point C3).

Le débit du Bourre diminue vers l'aval par infiltrations sur son lit. En aval de la réunion des deux bras (point C6), le débit jaugé n'est plus que de 1,75 L/s. Quelques dizaines de mètres plus en aval, le débit devient nul et le ruisseau est à sec jusqu'à sa confluence au Foron.

Le Brachouet

Tout comme lors de la première campagne de jaugeages (1er et 2 août 2018) en étiage sévère, le Brachouet montre un débit d'écoulement toujours soutenu et : environ 108 L/s au point 3_07 sous l'autoroute A40 et 111 L/s à sa confluence au Foron.

Cette situation très contrastée par rapport aux cours d'eau prospectés sur le lot 3, s'explique certainement par l'origine majoritairement alluviale des eaux du Brachouet (drainage de la nappe alluviale d'accompagnement de l'Arve, elle-même rattachée sa rivière en régime de hautes ou moyennes eaux de l'Arve du fait de son régime hydrologique nival).

Entre les 2 points précités, l'augmentation du débit n'est que d'environ 3 L/s, ce qui est bien plus faible que lors de la première campagne de jaugeages (60 L/s) : une hypothèse explicative probable étant la baisse modérée du niveau de la nappe de l'Arve entre début août et octobre 2018.

Le Foron

En amont de la Roche-sur-Foron au point 3_01, le cours d'eau montre un débit d'environ 7 L/s, ce qui est près de 2 fois plus faible que lors de la première campagne (19 L/s) et témoigne là de l'accentuation de l'étiage de l'amont du bassin versant.

Dans la traversée de la ville, ce débit est augmenté à 23,6 (point 3_02). Face à cette croissance, on peut s'interroger sur la contribution relative entre le drainage résiduel de l'aquifère par le Foron et les apports par divers rejets anthropiques d'eau dans cette zone fortement urbanisée.

Plus en aval, au hameau de Fernolet (point 3_06), le débit du Foron est fortement abaissé, à une valeur de 7,4 L/s. Quelques dizaines de mètres en aval de ce point, la totalité de ce débit est infiltrée naturellement dans le lit du cours d'eau, et le Foron devient à sec jusqu'à sa confluence avec le Brachouet. Le Bourre étant à sec à sa confluence au Foron, et dans l'hypothèse de l'absence de prélèvement d'eau anthropique important, on peut conclure à une infiltration forte du Foron sur son lit (sans doute à partir de son débouché sur la terrasse alluviale glaciaire et fluviatile d'Amancy).

A la station de suivi limnimétrique du SM3A sur le Foron en aval, pour cette campagne, c'est donc uniquement le flux apporté par le Brachouet qui est mesuré à la station limnimétrique. Comme pour la première campagne, à l'initiative de GEODÉFIS, un jaugeage précis de ce flux a été réalisé au courantomètre sur la section au radier bétonné sous le pont (point C8), qui permet d'alimenter la base de données du SM3A utile au tarage de cette section :

- Débit : 110,9 L/s +/- 3,3 L/s le 03/10/2018 entre 16h44 et 16h58 ;
- Hauteur lue visuellement à l'échelle limnimétrique : +0,368 m au même instant.

n° point	X_193 (m)	Y_193 (m)	Longitude (°)	Latitude (°)	Lot	Date	Heure	Débit	Incertitude sur le débit	Température (°C)	Conductivité (µS/cm à 25 °C)	Réf. annexe photographique	Observations particulières
3_01	954 879	6 556 246	6.2983	46.0581	Lot 3	03/10/2018	09:25	7,3 L/s	+/- 0,15 L/s	8,6	555	019 - 020 - 021	Jaugeage par capacité au seau gradué sur partie aval du radier en blocs (2 écoulements totalisant le débit).
3_02	956 078	6 557 018	6.3142	46.0646	Lot 3	03/10/2018	10:15	23,6 L/s	+/- 0,7 L/s	10,2	556	022	
3_03	958 722	6 555 401	6.3475	46.0490	Lot 3	03/10/2018	13:45	Assec				104 - 105	
3_04	959 215	6 556 285	6.3543	46.0568	Lot 3	03/10/2018	15:00	5,1 L/s	+/- 0,1 L/s	10,5	396	106 - 107	Jaugeage au seau gradué
3_05	958 967	6 558 800	6.3525	46.0795	Lot 3	03/10/2018	11:35	Assec				095	
3_06	958 614	6 559 030	6.3481	46.0819	Lot 3	03/10/2018	11:00	7,4 L/s	+/- 0,3 L/s	8,7	450	094	
3_07	960 644	6 559 132	6.3744	46.0819	Lot 3	03/10/2018	14:45	108,2 L/s	+/- 3,2 L/s	10,8	450	110 - 111	Fort niveau d'eau y compris sous le pont de l'A40, sans doute lié à la présence d'un embâcle en aval.
3_08	958 103	6 560 606	6.3423	46.0961	Lot 3	03/10/2018	08:35	Assec				018	
3_09	957 123	6 559 912	6.3293	46.0902	Lot 3	03/10/2018	08:22	0,21 L/s	< 0,01 L/s	9,9	406	017	Jaugeage au seau gradué. Très faible écoulement.
3_10	957 057	6 560 577	6.3288	46.0962	Lot 3	03/10/2018	08:14	Assec				016	
3_11	956 142	6 560 315	6.3168	46.0941	Lot 3	03/10/2018	08:00	Assec				015	
3_12	958 572	6 557 239	6.3466	46.0656	Lot 3	03/10/2018	12:15	Assec				099 - 100	
C1	956 452	6 560 205	6.3208	46.0931	Lot 3	03/10/2018	08:18	0 L/s					Présence d'eau (flaque) mais au débit d'écoulement nul.
C2	959 092	6 556 653	6.3530	46.0602	Lot 3	03/10/2018	15:00	Assec				108 - 109	Assec apparaissant en aval du pont et présense d'une usine de décolletage ITHIER (ADI) ; prélèvement / incidence à vérifier ?
C3	958 425	6 557 338	6.3447	46.0666	Lot 3	03/10/2018	12:25	3 L/s	Indéterminé	11,2	506	103	Naissance du Bourre artificialisé : le débit sort d'une buse sous le terrain naturel urbanisé en amont.
C4	958 497	6 557 470	6.3457	46.0677	Lot 3	03/10/2018	12:20	Non mesuré		11,7	478	101 - 102	Ruisseau du Bourre artificialisé.
C5	958 921	6 558 892	6.3520	46.0804	Lot 3	03/10/2018	11:38	0,125 L/s	< 0,01 L/s	15,4	765	096	Rejet buse en rive droite écoulant des eaux sans doute usées (odeur, pH=8,35, T° et conductivité élevées). S'infiltre totalement sur 20 m.
C6	958 921	6 559 008	6.3520	46.0814	Lot 3	03/10/2018	11:55	1,75 L/s	+/- 0,04 L/s	11,4	482	097 - 098	
C7	959 407	6 560 056	6.3589	46.0907	Lot 3	03/10/2018	16:40	Assec				112 - 113	Foron aval à sec avant la confluence du Brachouet.
C8	959 433	6 560 106	6.3593	46.0911	Lot 3	03/10/2018	16:45	110,9 L/s	+/- 3,3 L/s	12,8	520	114 - 115	Foron après la confluence du Brachouet apportant seul le débit. Hauteur lue à l'échelle limnimétrique du SMBA : 0,368 m à 16h40.

La colonne 'Référence annexe photographique' renvoie aux photographies indexées à l'annexe 2 du rapport.

Tableau 3 – Tableau des observations, mesures et jaugeages (2ème campagne)

5.1.3 TROISIEME CAMPAGNE

Les résultats des observations et mesures sont exposés au Tableau 4.

Le Nant de Sion et ses affluents

Le Nant de Sion et ses affluents présentent tous un écoulement significatif. La confluence des débits du Berny (110,0 L/s au point 3_10) et du Nant de Sion (171,5 L/s au point 3_09) montre un débit total d'environ 280 L/s.

Le ruisseau de la Mouille

Le ruisseau de la Mouille, immédiatement à l'Est du réseau du Nant de Sion, présente un débit de 255,3 L/s à Fessy (point 3_08), c'est-à-dire à une latitude sensiblement équivalente au point de confluence des affluents du Nant de Sion précité.

On constate alors, que pour un linéaire de réseau hydraulique bien plus faible que celui du Nant de Sion, le ruisseau de la Mouille montre un indice linéique ou surfacique de drainage beaucoup plus élevé, ce qui témoigne probablement là d'une contribution plus importante des apports souterrains au cours d'eau (drainage).

Le Bourre / La Restat

Le ruisseau du Bourre en amont de la confluence avec la Restat (point 3_03) montre un débit de 25,4 L/s. La Restat présente un débit d'écoulement deux fois plus important (52,7 L/s au point 3_04). A Vozerier, environ 1 km en aval de la confluence des deux ruisseaux précités (point 3_12), le Bourre écoule un débit de 40,7 L/s, ce qui témoigne d'une perte de débit entre ce point de mesure et la confluence du Bourre et de la Restat, de l'ordre de 35 à 40 L/s (prélèvements anthropiques et/ou infiltrations naturelles au travers du lit).

La diminution du débit du Bourre est encore effective plus en aval, avec un écoulement jaugé à 34,5 L/s au point complémentaire C6.

On relève un assec du Bourre localisé, au point 3_05, sur la partie aval du bras Est du ruisseau (bras ancien et naturel).

Le Brachouet

Le Brachouet au point 3_07 sous l'autoroute A40 montre un débit d'écoulement de 134,7 L/s Il est à noter que ce débit n'est que légèrement plus

élevé que celui relevé lors des deux campagnes d'étiage marqué (120,4 L/s le 02/08/2018 et 108,2 L/s le 03/10/2018), ce qui conforte bien l'hypothèse de l'origine des écoulements du Brachouet comme majoritairement reliés à ceux de la nappe alluviale d'accompagnement de l'Arve.

Le Foron

Sur tout son cours de l'amont (point 3_01) vers l'aval (points 3_02, 3_06 et C8), le Foron montre une croissance de son débit d'écoulement : cf. figure 4 et tableau 2.

A l'initiative de GEODÉFIS, le débit du Foron aval a été jaugé précisément au courantomètre à la station de suivi limnimétrique du SM3A (point complémentaire C8) sur la section au radier bétonné sous le pont de l'autoroute. Cette mesure permet d'alimenter la base de données du SM3A utile au tarage de cette section :

- Débit : 803,1 L/s +/- 24,1 L/s le 12/12/2018 entre 11h32 et 11h58 ;
- Hauteur lue visuellement à l'échelle limnimétrique : valeur stabilisée à +0,604 m.

Si l'on additionne les débits du Brachouet (point 3_07, 134,7 L/s), du Bourre (point C6, 34,5 L/s) et du Foron amont (point 3_06, 673,1 L/s) en tenant compte des incertitudes sur les mesures, le débit total du Foron doit être compris entre 815,7 et 868,9 L/s. En comparaison de la valeur jaugée au point C8 à la station du SM3A et en tenant compte partiellement des incertitudes sur la mesure (débit compris entre 779 et 827,2 L/s), on constate qu'une légère diminution du débit (environ 10 ou 20 L/s) intervient probablement entre le point C8 et les points C6 (Bourre réuni), 3_06 (Foron à Fernolet) ou 3_07 (Brachouet). Par ailleurs, on peut préciser les éléments d'interprétation suivants :

- Le caractère d'alimentation essentiellement phréatique confirmé pour le Brachouet et les jaugeages réalisés lors les campagnes précédentes tendent à exclure une diminution du débit d'écoulement entre les points 3_07 et C8 (voire même à montrer une augmentation du débit) ;

C'est donc pour le Foron en aval de Fernolet et/ou pour le Bourre en aval du point C6, que la diminution de débit identifiée est à localiser. Etant donnée l'absence de prélèvements anthropiques connus sur ce secteur, cette diminution de débit est donc à rattacher aux infiltrations naturelles du Foron en aval de Fernolet (clairement identifiée lors de la 2nde campagne de mesures (étiage marqué) en octobre 2018) et/ou du Bourre, vers le domaine souterrain.

n° point	X_L93 (m)	Y_L93 (m)	Longitude (°)	Latitude (°)	Lot	Date	Heure	Débit	Incertitude sur le débit	Température (°C)	Conductivité (µS/cm à 25 °C)	Réf. annexe photographique	Observations particulières
3_01	954 879	6 556 246	6.2983	46.0581	Lot 3	12/12/2018	09:45	367,3 L/s	+/- 11,0 L/s	2,9	415	339	
3_02	956 078	6 557 018	6.3142	46.0646	Lot 3	12/12/2018	08:35	423,7 L/s	+/- 12,7 L/s	3,6	430	338	
3_03	958 722	6 555 401	6.3475	46.0490	Lot 3	12/12/2018	17:15	25,4 L/s	+/- 1,0 L/s	5,3	378	352	
3_04	959 215	6 556 285	6.3543	46.0568	Lot 3	12/12/2018	16:50	52,7 L/s	+/- 2,1 L/s	5,6	437	347	
3_05	958 967	6 558 800	6.3525	46.0795	Lot 3	12/12/2018	14:20	Assec et gelé					Branche Est du Bourre : à sec (quelques gouilles d'eau immobiles localement).
C6	958 921	6 559 008	6.3520	46.0814	Lot 3	12/12/2018	14:45	34,5 L/s	+/- 1,0 L/s	5,4	454	343	Réunion des deux bras du Bourre. Débit du Bourre incluant un rejet en rive droite de 8 L/s (jaugé au seau gradué).
3_06	958 614	6 559 050	6.3481	46.0819	Lot 3	12/12/2018	11:00	673,1 L/s	+/- 20,2 L/s	3,2	431	340	
3_07	960 644	6 559 132	6.3744	46.0819	Lot 3	12/12/2018	15:45	134,7 L/s	+/- 5,4 L/s	5,9	445	344	Fort niveau d'eau y compris sous le pont de l'A40, sans doute lié à la présence d'un embâcle en aval. Faible vitesse d'écoulement.
3_12	958 572	6 557 239	6.3466	46.0656	Lot 3	12/12/2018	16:30	40,7 L/s	+/- 1,2 L/s	4,2	425	345	
C8	959 433	6 560 106	6.3593	46.0911	Lot 3	12/12/2018	11:45	803,1 L/s	+/- 24,1 L/s	3,5	445	341 - 342 - 342b	Foron en aval de la confluence du Brachouet, à la station limnimétrique du SM3A (hauteur lue à l'échelle : stabilisée à 0,605 m).
C7	959 407	6 560 056	6.3589	46.0907	Lot 3	12/12/2018	11:45	Non jaugé		3,3	433	800	Foron en amont de sa confluence avec le Brachouet : mesures de la température et de la conductivité des eaux.
3_08	958 103	6 560 006	6.3423	46.0961	Lot 3	13/12/2018	10:25	255,3 L/s	+/- 7,7 L/s	3,0	560	360	
3_09	957 123	6 559 912	6.3293	46.0902	Lot 3	13/12/2018	08:20	171,5 L/s	+/- 5,1 L/s	3,6	565	357	
3_10	957 057	6 560 577	6.3288	46.0962	Lot 3	13/12/2018	09:30	110,0 L/s	+/- 3,3 L/s	2,7	557	359	
3_11	956 142	6 560 315	6.3168	46.0942	Lot 3	13/12/2018	09:00	62,7 L/s	+/- 1,9 L/s	4,0	565	358	

La colonne 'Référence annexe photographique' renvoie aux photographies indexées à l'annexe 6 du rapport.

Tableau 4 – Tableau des observations, mesures et jaugeages (3ème campagne)

5.2 ESTIMHAB

5.2.1 MISE EN EVIDENCE DE LA CORRESPONDANCE DES CAMPAGNES DE JAUGEAGE ET DES CAMPAGNES ESTIMHAB

Le tableau suivant met en évidence la correspondance des campagnes de jaugeage avec les campagnes ESTIMHAB réalisées dans le cadre de cette étude.

Campagne de jaugeage	Campagne ESTIMHAB
1ère campagne : 1er et 2 août 2018	-
2ème campagne : 3 octobre 2018	Campagne de basses eaux : 3 octobre
3ème campagne : 12 et 13 décembre 2018	Campagne de moyennes eaux : 12 et 13 décembre 2018

Tableau 5 – Tableau des observations, mesures et jaugeages

5.2.2 MESURES EFFECTUEES LORS DES DEUX CAMPAGNES

Les mesures effectuées durant la campagne de moyennes eaux sont présentées dans les fiches suivantes :

Présentation du site Estimhab

Informations relatives aux campagnes		Description du site	
Date et heures des mesures basses eaux	03/10/2018 Début 10 :16 / Fin 11 :09	**Nom du site**	Point 4_01
Date et heure du jaugeage en basses eaux	03/10/2018 10 :15	**Cours d'eau**	Le Foron
Débit des mesures basses eaux (m3/s)	0.0263	**Commune**	La Roche-sur-Foron
Date et heures des mesures moyennes eaux	12/12/2018 Début 08 :10 / Fin 09 :20	**Distance inter-transect et longueur du tronçon (m)**	5.4 / 75.6
Date et heure du jaugeage en moyennes eaux	12/12/2018 08 :35	**Larg. mouillée moy. et esp. des points en basses eaux (m)**	5.4 / 0.77
Débit des mesures moyennes eaux (m3/s)	0.4237	**Larg. mouillée moy. et esp. des points en moyennes eaux (m)**	6 / 0.9

Caractérisation du site

Photographie basses eaux

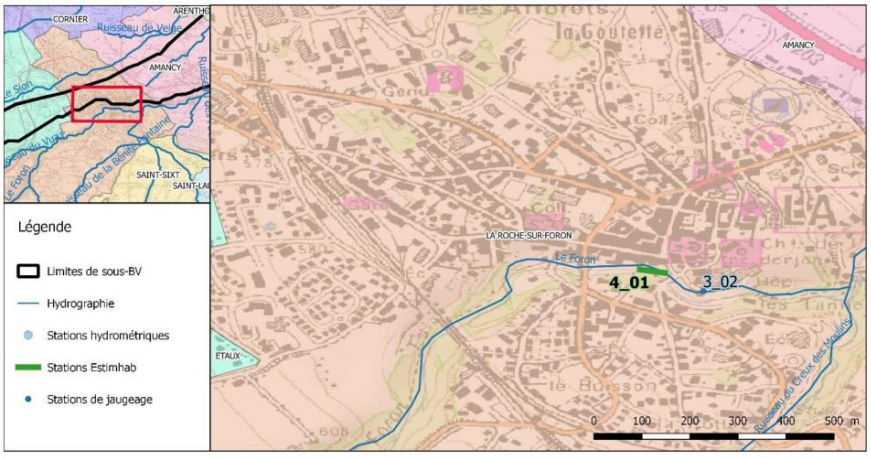
Photographie moyennes eaux

Description générale du site

Le tronçon présente une succession de chutes, de mouilles, de radiers et de plats courants.

Localisation du site

Localisation des stations de jaugeages et des stations Estimhab sur le bassin versant du Foron Rochois et du Nant de Sion



Sources : IGN

Etudes quantitatives sur les territoires du SAGE de l'Arve - Bassin versants du Foron Chablais Genevois, du Foron Rochois et du Nant de Sion

31

32

Données collectées lors des campagnes				
Données basses eaux			Données moyennes eaux	
Largeur (m)	Hauteur (m)	Substrat (m)	Largeur (m)	Hauteur (m)
3.90	0.12	0.620000	6.50	0.07
	0.05	0.620000		0
	0.15	0.032000		0.12
	0.10	0.128000		0.22
	0.03	0.008000		0.46
4.70	0.23	0.032000		0.33
	0.07	0.064000		0.24
	0.09	0.032000		0.18
	0.01	0.128000	5.60	0.08
	0.14	0.256000		0.14
	0.15	0.620000		0.07
5.20	0.07	0.128000		0.2
	0.08	0.008000		0.48
	0.13	0.128000		0.49
	0.06	0.032000		0.17
	0.04	0.128000	6.40	0.26
	0.14	0.620000		0.23
	0.10	0.008000		0.3
3.20	0.10	0.256000		0.26
	0.16	0.032000		0.15
	0.16	0.128000		0.27
	0.13	0.016000		0.29
3.60	0.06	0.064000	4.40	0.21
	0.04	0.256000		0.02
	0.19	0.016000		0.43
	0.12	0.256000		0.42
	0.13	0.008000		0.37
4.60	0.09	0.064000		0.21
	0.15	0.256000	6.50	0.06
	0.04	0.256000		0.12
	0.05	0.016000		0.1
	0.16	0.128000		0.295
4.70	0.05	0.256000		0.31
	0.09	0.128000		0.3
	0.06	0.032000		0.4
	0.06	0.256000		0.32
	0.01	0.032000	5.80	0.26
	0.06	0.008000		0.18
5.40	0.16	0.128000		0.18
	0.07	0.256000		0.19
	0.09	0.008000		0.25
	0.11	0.128000		0.25
	0.07	0.016000		0.13
	0.22	0.016000	5.70	0.31
	0.15	0.128000		0.36
5.30	0.06	0.128000		0.31
	0.25	0.620000		0.2
	0.14	0.016000		0.17
	0.05	0.620000		0.16
	0.10	0.064000		0.18
	0.24	0.016000	5.90	0.29
	0.05	0.064000		0.06
3.90	0.16	0.008000		0.23
	0.03	0.128000		0.13
	0.03	0.256000		0
	0.16	0.128000		0.1
	0.13	0.016000		0.55
5.70	0.25	0.008000		0.24

	0.49	0.256000	5.80	0.14
	0.13	0.620000		0.42
	0.10	0.032000		0.24
	0.07	0.008000		0.19
	0.04	0.032000		0.23
	0.14	0.064000		0.21
	0.12	0.032000		0.22
5.30	0.06	0.064000	6.80	0.21
	0.10	0.008000		0.49
	0.06	0.620000		0.26
	0.03	0.032000		0.16
	0.12	0.032000		0.21
	0.16	0.128000		0
	0.18	0.064000		0.18
3.60	0.18	0.620000		0.17
	0.06	0.008000	5.90	0.34
	0.09	0.256000		0.17
	0.08	0.128000		0.2
3.90	0.08	0.008000		0.16
	0.10	0.620000		0.17
	0.17	0.008000		0.11
	0.04	0.016000		0.14
	0.04	0.008000	6.70	0.24
3.50	0.08	0.016000		0.31
	0.10	0.256000		0.23
	0.15	0.008000		0.42
	0.15	0.016000		0.08
				0.1
				0.16
				0.13
			7.60	0.17
				0.08
				0.15
				0.23
				0.36
				0.27
				0.14
				0.11
				0
				0.04
			6.90	0.29
				0.52
				0.57
				0.34
				0.18
				0.23
				0.2
				0.14
			5.80	0.26
				0.2
				0.26
				0.17
				0
				0.37
				0.57
				0.26

34

Présentation du site Estimhab

Informations relatives aux campagnes		Description du site	
Date et heures des mesures basses eaux	03/10/2018 Début : 11 :52 / Fin : 12 :24	Nom du site	Point 4_02
Date et heure du jaugeage en basses eaux	03/10/2018 11 :00	Cours d'eau	Le Foron
Débit des mesures basses eaux (m3/s)	0.0074	Commune	Saint-Pierre-en-Faucigny
Date et heures des mesures moyennes eaux	12/12/2018 Début : 09 :55 / Fin : 10 :50	Distance inter-transect et longueur du tronçon (m)	3.4 / 47.6
Date et heure du jaugeage en moyennes eaux	12/12/2018 11 :00	Larg. mouillée moy. et esp. des points en basses eaux (m)	3.4 / 0.49
Débit des mesures moyennes eaux (m3/s)	0.6731	Larg. mouillée moy. et esp. des points en moyennes eaux (m)	5.88 / 0.8

Caractérisation du site

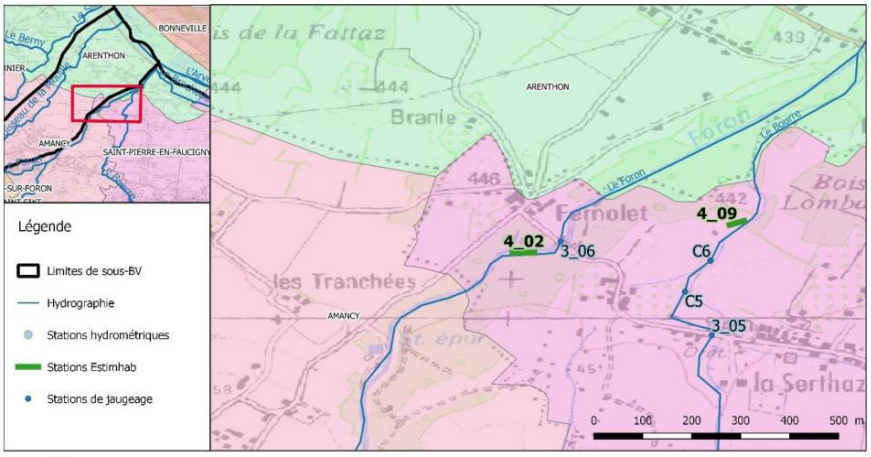
Photographie basses eaux	Photographie moyennes eaux

Description générale du site

Sur ce tronçon, le faciès d'écoulement est essentiellement composé de plats courants, de radiers et de quelques chutes. La granulométrie de ce cours d'eau est d'en moyenne 20 cm de diamètre mais peut varier entre 5 cm et 30 cm de diamètre.

Localisation du site

Localisation des stations de jaugeages et des stations Estimhab sur le bassin versant du Foron Rochois et du Nant de Sion



Sources : IGN

Etudes quantitatives sur les territoires du SAGE de l'Arve - Bassin versants du Foron Chablais Genevois, du Foron Rochois et du Nant de Sion

Données collectées lors des campagnes				
Données basses eaux			Données moyennes eaux	
Largeur (m)	Hauteur (m)	Substrat (m)	Largeur (m)	Hauteur (m)
1.90	0.10	0.128000	4.40	0.23
	0.05	0.032000		0.45
	0.02	0.256000		0.29
2.20	0.13	0.256000		0.21
	0.14	0.256000		0.12
	0.07	0.128000	5.00	0.46
	0.01	0.256000		0.29
1.60	0.06	0.256000		0.28
	0.11	0.128000		0.19
	0.12	0.016000		0.16
4.30	0.15	0.064000		0.15
	0.14	0.128000	5.70	0.27
	0.11	0.128000		0.39
	0.06	0.016000		0.05
	0.04	0.256000		0.25
	0.03	0.256000		0.32
	0.03	0.008000		0.3
2.80	0.12	0.008000		0.32
	0.18	0.256000	4.80	0.23
	0.06	0.620000		0.27
	0.06	0.032000		0.4
	0.04	0.128000		0.37
	0.07	0.008000		0.34
2.60	0.05	0.128000		0.29
	0.03	0.008000		0.165
	0.01	0.008000	5.10	0.05
	0.01	0.032000		0.33
	0.01	0.064000		0.24
	0.07	0.064000		0.35
2.80	0.09	0.016000		0.135
	0.10	0.032000	4.90	0.09
	0.02	0.620000		0.35
	0.02	0.128000		0.335
	0.03	0.032000		0.32
	0.05	0.256000		0.3
	0.03	0.064000		0.085
2.60	0.03	0.008000	4.60	0.09
	0.05	0.032000		0.26
	0.04	0.064000		0.335
	0.02	0.064000		0.3
	0.03	0.008000		0.3
	0.01	0.256000		0.15
2.80	0.15	0.128000	5.30	0.095
	0.16	0.064000		0.41
	0.05	0.620000		0.23
	0.14	0.064000		0.25
	0.12	0.128000		0.21
	0.06	0.002000		0.19
3.60	0.03	0.016000	6.20	0.115
	0.03	0.128000		0.3
	0.04	0.016000		0.36
	0.06	0.256000		0.33
	0.05	0.032000		0.27
	0.06	0.128000		0.26
	0.02	0.128000		0.09
	0.08	0.032000	5.50	0.38
4.30	0.13	0.064000		0.29
	0.05	0.016000		0.26

	0.02	0.016000		0.28
	0.02	0.032000		0.28
	0.01	0.064000		0.22
	0.02	0.008000		0.02
	0.08	0.128000	5.60	0.195
	0.06	0.256000		0.29
	0.07	0.128000		0.35
3.40	0.03	0.256000		0.34
	0.05	0.016000		0.35
	0.03	0.620000		0.18
	0.05	0.064000		0.09
	0.05	0.032000	5.30	0.05
	0.07	0.032000		0.32
	0.12	0.064000		0.34
3.60	0.04	0.128000		0.23
	0.09	0.032000		0.25
	0.03	0.064000		0.32
	0.05	0.128000		0.11
	0.20	0.002000	5.50	0.11
	0.12	0.128000		0.28
	0.06	0.256000		0.3
3.90	0.03	0.008000		0.32
	0.05	0.032000		0.515
	0.07	0.128000		0.4
	0.05	0.064000		0.4
	0.07	0.620000	6.10	0.125
	0.20	0.002000		0.27
	0.06	0.128000		0.29
	0.07	0.128000		0.28
	0.12	0.064000		0.38
3.90	0.02	0.128000		0.425
	0.03	0.016000		0.35
	0.02	0.032000		0.01
	0.02	0.002000	6.30	0.095
	0.03	0.128000		0.33
	0.03	0.064000		0.33
	0.11	0.032000		0.31
				0.21
				0.225
				0.19
				0.22

Présentation du site Estimhab

Informations relatives aux campagnes		Description du site	
Date et heures des mesures basses eaux	03/10/2018 Début : 09 :00 / Fin : 09 :35	**Nom du site**	Point 4_03
Date et heure du jaugeage en basses eaux	03/10/2018 08 :22	**Cours d'eau**	Le Thiozard
Débit des mesures basses eaux (m3/s)	0.0002	**Commune**	Amancy
Date et heures des mesures moyennes eaux	13/12/2018 Début : 08 :20 / Fin : 08 :55	**Distance inter-transect et longueur du tronçon (m)**	3.2 / 44.8
Date et heure du jaugeage en moyennes eaux	13/12/2018 08 :20	**Larg. mouillée moy. et esp. des points en basses eaux (m)**	3.2 / 0.46
Débit des mesures moyennes eaux (m3/s)	0.1715	**Larg. mouillée moy. et esp. des points en moyennes eaux (m)**	3.4 / 0.5

Caractérisation du site

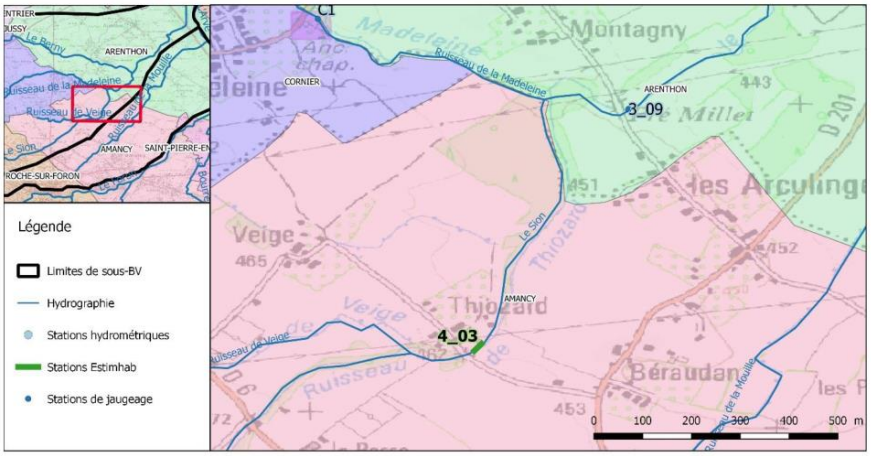
Photographie basses eaux	Photographie moyennes eaux

Description générale du site

Les faciès d'écoulement sur ce tronçon sont principalement composés de plats courants et de radiers. Le lit du cours d'eau est essentiellement composé de cailloux d'environ 20 cm de diamètre.

Localisation du site

Localisation des stations de jaugeages et des stations Estimhab sur le bassin versant du Foron Rochois et du Nant de Sion



Sources : IGN

Etudes quantitatives sur les territoires du SAGE de l'Arve - Bassin versants du Foron Chablais Genevois, du Foron Rochois et du Nant de Sion

38

Données collectées lors des campagnes				
Données basses eaux			Données moyennes eaux	
Largeur (m)	Hauteur (m)	Substrat (m)	Largeur (m)	Hauteur (m)
			3.30	0.07
1.30	0.08	0.064000		0.06
	0.05	0.032000		0.12
1.90	0.11	0.064000		0.11
	0.08	0.032000		0.085
	0.03	0.016000		0.12
1.00	0.05	0.256000		0.09
	0.06	0.064000		0.03
1.45	0.04	0.032000	3.60	0.03
	0.05	0.064000		0.1
	0.05	0.032000		0.08
2.20	0.04	0.032000		0.11
	0.07	0.128000		0.12
	0.05	0.064000		0.05
	0.05	0.128000		0
1.70	0.14	0.032000		0.03
	0.20	0.064000	3.50	0.09
	0.10	0.128000		0.07
1.90	0.08	0.032000		0.09
	0.08	0.256000		0.065
	0.10	0.032000		0.02
	0.09	0.008000		0.06
2.00	0.10	0.032000		0.035
	0.21	0.128000		0.02
	0.25	0.008000	2.60	0.15
	0.22	0.128000		0.115
3.20	0.03	0.008000		0.12
	0.07	0.032000		0.105
	0.11	0.128000		0.12
	0.15	0.016000		0.065
	0.14	0.064000	3.30	0.075
	0.10	0.008000		0.075
3.00	0.02	0.032000		0.16
	0.05	0.128000		0.08
	0.02	0.008000		0.07
	0.03	0.128000		0.05
	0.06	0.016000		0.03
	0.04	0.064000	2.80	0.09
1.70	0.02	0.128000		0.16
	0.05	0.064000		0.13
	0.02	0.008000		0.07
1.20	0.03	0.016000		0
	0.05	0.064000		0.03
2.10	0.11	0.008000	3.00	0.1
	0.08	0.064000		0.145
	0.03	0.016000		0.15
	0.01	0.128000		0.09
2.90	0.07	0.128000		0.07
	0.04	0.032000		0.06
	0.02	0.008000	2.40	0.03
	0.02	0.016000		0.095
	0.02	0.128000		0.105
	0.04	0.256000		0.09
1.70	0.04	0.016000		0.18
	0.01	0.016000	1.60	0.1
	0.04	0.256000		0.145
	0.03	0.032000		0.335
			2.50	0.07

				0.175
				0.235
				0.26
				0.325
			3.10	0.1
				0.185
				0.245
				0.34
				0.315
				0.285
			3.60	0.12
				0.17
				0.2
				0.065
				0.21
				0.205
				0.15
			3.80	0.16
				0.14
				0.11
				0.12
				0.09
				0.11
				0.085
			3.90	0.065
				0.055
				0.07
				0.11
				0.08
				0.11
				0.12
				0.07
				0.11
			3.50	0.03
				0.13
				0.06
				0.1
				0.09
				0.125
				0.085
				0.02

Présentation du site Estimhab

Informations relatives aux campagnes		Description du site	
Date et heures des mesures basses eaux	03/10/2018 Début : 15 :12 / Fin : 15 :40	**Nom du site**	Point 4_09
Date et heure du jaugeage en basses eaux	03/10/2018 11 :55	**Cours d'eau**	Le Bourre
Débit des mesures basses eaux (m3/s)	0.00175	**Commune**	Saint-Pierre-en-Faucigny
Date et heures des mesures moyennes eaux	12/12/2018 Début : 14 :40 / Fin : 15 :13	**Distance inter-transect et longueur du tronçon (m)**	2.3 / 32.2
Date et heure du jaugeage en moyennes eaux	12/12/2018 14 :45	**Larg. mouillée moy. et esp. des points en basses eaux (m)**	2.3 / 0.33
Débit des mesures moyennes eaux (m3/s)	0.0345	**Larg. mouillée moy. et esp. des points en moyennes eaux (m)**	2.3 / 0.33

Caractérisation du site

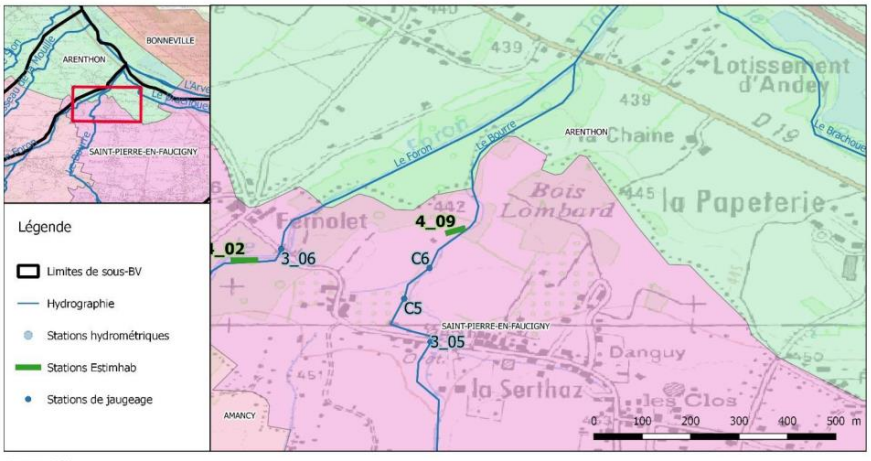
Photographie basses eaux	Photographie moyennes eaux

Description générale du site

Le tronçon sélectionné est principalement composé de plats courants et lentiques, avec une mouille et un radier. La granulométrie y est très fine.

Localisation du site

Localisation des stations de jaugeages et des stations Estimhab sur le bassin versant du Foron Rochois et du Nant de Sion



Sources : IGN

Etudes quantitatives sur les territoires du SAGE de l'Arve - Bassin versants du Foron Chablais Genevois, du Foron Rochois et du Nant de Sion

41

Données collectées lors des campagnes				
Données basses eaux			Données moyennes eaux	
Largeur (m)	Hauteur (m)	Substrat (m)	Largeur (m)	Hauteur (m)
2.40	0.02	0.002000	3.30	0.085
	0.04	0.032000		0.07
	0.02	0.032000		0.09
	0.06	0.002000		0.05
2.30	0.04	0.000100		0.04
	0.02	0.008000		0.015
	0.02	0.008000		0.01
	0.01	0.002000		0.015
	0.01	0.008000		0.01
	0.01	0.008000		0.04
	0.02	0.008000		0.04
1.25	0.05	0.000100	2.50	0.04
	0.02	0.032000		0.05
	0.02	0.008000		0.06
	0.01	0.002000		0.075
1.40	0.16	0.000100		0.05
	0.21	0.008000		0.04
	0.13	0.008000		0.04
	0.07	0.002000		0.02
1.90	0.20	0.002000		0.02
	0.21	0.002000		0.015
	0.25	0.008000	1.70	0.13
	0.19	0.000100		0.11
	0.11	0.000100		0.08
	0.08	0.000100		0.07
1.70	0.20	0.000100		0.06
	0.17	0.000100		0.03
	0.17	0.008000		0.02
	0.14	0.000100		0.01
	0.12	0.000100	2.10	0.15
	0.08	0.002000		0.295
	0.02	0.002000		0.285
2.20	0.07	0.000100		0.26
	0.08	0.000100		0.195
	0.08	0.008000		0.1
	0.05	0.000100		0.04
	0.04	0.002000	2.00	0.285
	0.04	0.002000		0.32
	0.02	0.000100		0.305
1.30	0.02	0.016000		0.26
	0.02	0.008000		0.21
	0.02	0.008000		0.14
	0.03	0.000100		0.07
1.40	0.03	0.016000	2.30	0.265
	0.03	0.016000		0.23
	0.14	0.000100		0.205
	0.15	0.000100		0.18
1.40	0.04	0.002000		0.13
	0.08	0.008000		0.08
	0.09	0.016000		0.08
	0.11	0.032000		0.03
	0.13	0.000100	2.40	0.06
1.70	0.01	0.002000		0.1
	0.05	0.002000		0.105
	0.06	0.000100		0.115
	0.07	0.032000		0.11
	0.07	0.002000		0.095
1.70	0.01	0.032000		0.1

42

	0.05	0.002000		0.085
	0.06	0.002000		0.07
	0.05	0.032000		0.05
	0.05	0.000100	2.60	0.03
2.00	0.02	0.002000		0.05
	0.02	0.032000		0.08
	0.02	0.032000		0.09
	0.02	0.002000		0.105
	0.04	0.032000		0.13
	0.04	0.032000		0.115
2.70	0.02	0.032000	2.30	0.025
	0.04	0.002000		0.08
	0.01	0.016000		0.135
	0.01	0.008000		0.16
	0.01	0.002000		0.195
	0.01	0.008000		0.21
	0.01	0.008000		0.2
0.90	0.03	0.032000	2.00	0.04
	0.02	0.002000		0.08
	0.01	0.002000		0.1
				0.12
				0.135
				0.14
				0.14
			2.20	0.06
				0.095
				0.095
				0.12
				0.12
				0.125
				0.14
			2.20	0.05
				0.075
				0.08
				0.08
				0.06
				0.065
				0.065
			2.50	0.08
				0.06
				0.07
				0.065
				0.06
				0.075
				0.09
				0.05
			3.20	0.08
				0.115
				0.11
				0.095
				0.05
				0.025
				0.025
				0.01
				0.005
				0.03
			2.70	0.05
				0.065
				0.09
				0.1
				0.085
				0.075
				0.075

43

				0.055 0.055

44