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

SECTEUR N°3 : BASSIN VERSANT DU FORON ROCHOIS ET DU NANT DE SION

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

Rapport du :

28/02/2025

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 »

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

SECTEUR N°3 : 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° 2023-PI-24
- Affaire suivie par Marie BAR et Anne-Fleur DOREY

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

Références du maître d'œuvre :

- SUEZ Consulting
- Affaire n° 24DHF002
- Suivie par : Max MENTHA

SUEZ Consulting
15-17 rue du port
92022 Nanterre Cedex France
Tél : 01 46 14 73 34

Version n°	Date	Rédigé / Relu par	Commentaire
1	14/02/2025	Héloïse PREVOST / Raphaël ZYLBERMAN / Max MENTHA	Version complète
2	28/02/2025	Héloïse PREVOST / Raphaël ZYLBERMAN / Max MENTHA	Version révisée suite aux remarques du SM3A

SOMMAIRE

1 PREAMBULE 14

1.1 Note sur la symbologie 14

1.2 Le contexte de l'étude 14

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

1.4 Délimitation de la zone d'étude 17

1.5 Localisation des points de référence et découpage géographique du bassin versant 19

2 OBJECTIFS ET DEFINITIONS PREALABLES 23

2.1 Objectifs 23

2.2 Définitions préalables 24

3 CARACTERISATION DE LA RESSOURCE EN EAU SOUTERRAINE 28

3.1 Contexte hydrogéologique 28

3.2 Unités aquifères présentes sur le bassin versant du Foron Rochois et du Nant de Sion 35

3.2.1 Les masses d'eau souterraines 35

3.2.2 La ressource en eau exploitée sur le territoire 35

3.3 Analyse des chroniques piézométriques disponibles 38

3.3.1 Réseau de suivi piézométrique actuel 38

3.3.2 Analyse comparative des stations piézométriques 40

3.3.3 Synthèse 45

4 CARACTERISATION DE LA RESSOURCE EN EAU SUPERFICIELLE 46

4.1 Principe de la caractérisation de la ressource en eau superficielle 46

4.1.1 Principes généraux 46

4.1.2 Description de la solution de modélisation hydrologique employée 48

4.2 Collecte et traitement des données climatiques 53

4.2.1 Les stations météorologiques retenues 53

4.2.2 Analyse des caractéristiques et tendances climatiques actuelles 60

4.3 Collecte et traitement des données hydrologiques 71

4.3.1 Le réseau de suivi hydrométrique 71

4.3.2 Analyse comparative des stations hydrométriques 73
4.3.3 Recensement des stations de mesures ponctuelles 75
4.3.4 Campagnes de jaugeages réalisées dans le cadre de l'étude 78
4.3.5 Recensement des autres données hydrométriques disponibles 79
4.3.6 Synthèse : les données hydrométriques utilisées 80
4.4 Caractérisation de l'étiage au niveau des points de référence en régime influencé 82
4.4.1 Méthodologie : mise en œuvre de la modélisation hydrologique 82
4.4.2 Estimation des débits caractéristiques d'étiage en régime influencé 94
4.4.3 Bilan des résultats obtenus 102
4.5 Reconstitution de l'hydrologie en régime désinfluencé et caractérisation de l'étiage au niveau des points de référence 106
4.5.1 Méthodologie 106
4.5.2 Estimation des débits caractéristiques d'étiage en régime désinfluencé 107
4.5.3 Bilan des résultats obtenus 115
5 PRISE EN COMPTE DES ZONES HUMIDES JOUANT UN ROLE HYDRAULIQUE 119
6 ESTIMATION DES INCERTITUDES 122
6.1 Identification et caractérisation des incertitudes 122
6.1.1 Incertitudes sur les données utilisées 123
6.1.2 Incertitudes sur le calage 125
6.1.3 Incertitudes liées à l'aspect simplificateur de la modélisation 125
6.1.4 Incertitudes sur le calcul de débits statistiques (chroniques courtes) 125
6.1.5 Incertitudes liées à la transcription du modèle sans ajustement de calage 126
6.2 Calcul de marges d'incertitudes 126
7 ANALYSE DE L'IMPACT DES PRELEVEMENTS ACTUELS SUR LA RESSOURCE 128
7.1 Dynamique de fonctionnement de l'hydrosystème 128
7.2 Impact des prélèvements actuels sur la ressource 131
8 ANALYSE DES PERSPECTIVES D'EVOLUTION DE LA RESSOURCE EN EAU 133
8.1 Prérequis concernant les analyses sur le changement climatique ... 133
8.1.1 Tenants et aboutissants des projections et de leur analyse 133

8.1.2 Scénarios climatiques 133
8.1.3 Modèles climatiques 135
8.1.4 Incertitudes 136
8.1.5 Autres recommandations importantes 138
8.2 Etude Explore 2 140
8.2.1 Présentation du projet 140
8.2.2 Résultats à l'échelle de la France 141
8.3 Perspectives d'évolution de la ressource en eau superficielle 148
8.3.1 Sélection des données climatiques prospectives 148
8.3.2 Analyse de l'effet du changement climatique et de l'évolution des usages sur les débits 151
9 CONCLUSIONS 157
10 ANNEXES 158
10.1 Annexe 1 : Glossaire 158
10.2 Annexe 2 : Analyse comparative des données météorologique réalisée lors de l'étude quantitative de 2018-2020 158
10.3 Annexe 3 : Note préalable aux campagnes de mesures des phases 3 et 4 166
10.4 Annexe 4 : Note de restitution des campagnes de terrain 185
10.1 Annexe 5 : Résultats des campagnes de Jaugeage 2019-2023 229
10.1.1 Cinquième campagne 230
10.1.2 Sixième campagne 232
10.1.1 Septième campagne 234
10.1.2 Huitième campagne 236
10.1.1 Neuvième campagne 238
10.1.1 Dixième campagne 240
10.1.1 Onzième campagne 242
10.1.2 Douzième campagne 244

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 2020) 22

Figure 4 : Carte géologique du secteur d'étude (Source : InfoTerre) 28

Figure 5 : Coupe hydrogéologique interprétative du remplissage du cône du Borne (Sources : Burgeap, CPGF) 32

Figure 6 : Caractérisation des écoulements en période de basses eaux (CCPR, 2017) 33

Figure 7 : Carte piézométrique sur le secteur d 'étude (Source : BEGG 1966) 34

Figure 8 : Carte piézométrique de basses-eaux (Source : ImaGeau pour le SRB, 2018) 34

Figure 9 : Masses d'eau souterraine sur le secteur d'étude (Source : AERMC, BD LISA, SM3A, CCPR, Département 74, SUEZ Consulting, 2019) 37

Figure 10 : Emplacement des piézomètres recensés sur le bassin versant du Foron Rochois et du Nant de Sion (Source : CCPR, Hydro-Terre, SUEZ Consulting, 2025) 39

Figure 11 : Suivis piézométriques disponibles sur le secteur du cône du Borne (Source : Hydro-terre pour le compte de la CCPR, 2024) 40

Figure 12 : Suivis piézométriques disponibles sur le secteur du cône du Borne (centrés-normés sur la chronique de Pierrelongue) (Source : CCPR, SUEZ Consulting, 2024) 41

Figure 13 : Etat du réseau hydrographique lors de la campagne terrain du 2 et 3 août 2018 (Source : GEODEFIS, SUEZ Consulting, 2018) 43

Figure 14 : Profil en long des débits spécifiques par unité de gestion sur le Foron rochois issus des campagnes de jaugeages (Source : GEODEFIS, SM3A, SUEZ Consulting) 44

Figure 15 : Profil en long des débits spécifiques sur le bassin du Foron rochois issus des campagnes de jaugeages (Source : GEODEFIS, SM3A, SUEZ Consulting) 44

Figure 16 : Illustration du grand cycle de l'eau 49

Figure 17 : Illustration des processus pris en compte par la modélisation 49

Figure 18 : Schéma conceptuel de la modélisation hydrologique. (Processus entourés en vert = données d'entrée. Processus en rouge = variables de sortie) 50

Figure 19 : Représentation schématique de l'architecture de Mike Hydro Basin 50

Figure 20 : Stations météorologiques Météo France sur le bassin du Foron Rochois et du Nant de Sion (Sources : IGN, SM3A, Météo France, SUEZ Consulting 2024) 55

Figure 21 : 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).....61

Figure 22 : Cumuls annuels de pluie aux stations d'Ayze et de Pers-Jussy (source : Météo France) 62

Figure 23 : Evolution des précipitations annuelles dans les Alpes du Nord entre 1959 et 2023 (source : AGATE).....63

Figure 24 : Moyenne interannuelle des cumuls mensuels de pluie aux stations d'Ayze et de Pers-Jussy sur la période 2000-2022 (Source : Météo-France) 64

Figure 25 : Evolution des cumuls de précipitations aux stations d'Ayze et de Pers-Jussy entre 2000 et 2023 (Source : Météo France) 64

Figure 26 : Evolution saisonnière des écarts de précipitation (en mm) par rapport à la normale 1961 – 1990de 1959 à 2022 dans les Alpes du Nord (Source : AGATE 2023). 65

Figure 27 : Température moyenne annuelle aux stations d'Ayze et de Meythet sur la période 2000-2023 (Source : Météo-France) 66

Figure 28 : Evolution des températures annuelles dans les Alpes du Nord entre 1959 et 2023 (source : AGATE).....66

Figure 29 : Températures mensuelles moyennes sur la période 2008-2022 (°C) (Source : Météo-France).....67

Figure 30 : Evolution saisonnière des écarts de précipitation (en mm) par rapport à la normale 1961 – 1990de 1959 à 2022 dans les Alpes du Nord (Source : AGATE 2023). 68

Figure 31 : ETP annuelle mesurée aux stations de Meythet et Le Pleney sur la période 2000-2023 (Source : Météo France, Suez Consulting 2024) 69

Figure 32 : ETP moyennes mensuelles calculées sur la période 2000-2022 (Source : Météo-France).....70

Figure 33: Localisation des stations hydrométriques et des jaugeages ponctuels sur le bassin versant du Foron Rochois et du Nant de Sion (Source : SM3A, GEODEFIS, FDAAPPMA74, 2025) 72

Figure 34: Localisation des stations hydrométriques en cours d'équipement sur le bassin versant du Foron Rochois et Nant de Sion, 2024 (Source : SM3A) 73

Figure 35 : Chroniques de débit au pas de temps journalier mesurées à la station du Foron Rochois à Arenthon (haut) et du Nant de Sion à Arenthon (bas) (m^3/s) du 01/01/2019 au 31/12/2023 74

Figure 36 : Chronique de débits journaliers sur le Nant de Sion du 25 juin 2014 au 30 avril 2015 (Source : FDAAPPMA 74) 75

Figure 37 : Présentation des cartographies consensuelles des débits caractéristiques réalisées par l'IRSTEA et l'OFB (Source : IRSTEA) 79

Figure 38 : Comparaison des chroniques de débits journaliers observée et simulée entre 2014 et 2015 (Source : FDAAPPMA 74, SUEZ Consulting 2025) 84

Figure 39 : Comparaison des chroniques de débits mensuels observée et simulée entre 2014 et 2015 (Source : FDAAPPMA 74, SUEZ Consulting 2025) 84

Figure 40 : Comparaison des chroniques de débits journaliers observée et simulée entre 2018 et 2022 (Source : SM3A, SUEZ Consulting 2025) 86

Figure 41 : Comparaison de la chronique de débits (m3/s) journaliers simulés à l'exutoire de l'UG 3 aux jaugeages ponctuels réalisés à l'aval du Nant de Sion87

Figure 42 : Comparaison des niveaux de nappe observés et simulés sur les piézomètres de Inchires et de Pierrelongue de 2008 à 2022 88

Figure 43 : Comparaison des débits moyens mensuels observés et simulés à la station du Foron Rochois à Arenthon sur la période 2019-2022 (Source : SM3A, SUEZ Consulting, 2025) 89

Figure 44 : Comparaison des débits moyens journaliers observés et simulés à la station d'Ambilly, calculés sur la période 2019-2022 (Source : SM3A, SUEZ Consulting, 2025) 90

Figure 45 : Comparaison de la chronique de débits (m3/s) journaliers simulés aux jaugeages ponctuels réalisés aux points de références 91

Figure 46 : Comparaison des niveaux de nappe observés et simulés sur les piézomètres de Inchires et de Pierrelongue de 2008 à 2022) 93

Figure 47 : UG 1 - Régime influencé | Débits mensuels interannuels quinquennaux secs au point de référence 4_01 96

Figure 48 : UG 2 - Régime influencé | Débits mensuels interannuels quinquennaux secs au point de référence 4_02 98

Figure 49 : UG 3 - Régime influencé | Débits mensuels interannuels quinquennaux secs au point de référence 4_03 100

Figure 50 : UG 4 - Régime influencé | Débits mensuels interannuels quinquennaux secs au point de référence 4_04 102

Figure 51 : Régime influencé – Cartographie des débits caractéristiques d'étiage au droit des points de référence (Source : SUEZ Consulting, 2025) 104

Figure 52 : Représentation schématique de l'architecture de Mike Hydro Basin (DHI, SUEZ Consulting, 2019) 106

Figure 53 : UG 1 - Régime désinfluencé | Débits mensuels interannuels quinquennaux secs au point de référence 4_01 108

Figure 54 : UG 2 - Régime désinfluencé | Débits mensuels interannuels quinquennaux secs au point de référence 4_02 110

Figure 55 : UG 3 - Régime désinfluencé | Débits mensuels interannuels quinquennaux secs au point de référence 4_03 112

Figure 56 : UG 4 - Régime désinfluencé | Débits mensuels interannuels quinquennaux secs au point de référence 4_04 114

Figure 57 : Régime désinfluencé – Cartographie des débits caractéristiques d'étiage au droit des points de référence (Source : SUEZ Consulting, 2025) 116

Figure 58 : Zones humides identifiées sur le bassin et note hydrologique associée (Source : SAGE ARVE, 2014, SM3A, SUEZ Consulting) 121

Figure 59 : Mise en évidence des incertitudes affectant la reconstitution de l'hydrologie désinfluencée 123

Figure 60 : Profil en long de quelques débits caractéristiques en régimes influencé et désinfluencé sur le bassin du Foron Rochois (Source : SUEZ Consulting, 2025) 128

Figure 61 : Régimes influencé et désinfluencé – Cartographie des QMNA5 au droit des points de référence (Source : SUEZ Consulting, 2025) 129

Figure 62 : Régimes influencé et désinfluencé – Cartographie des VCN10(5) au droit des points de référence (Source : SUEZ Consulting, 2025) 130

Figure 63 : Evolution des émissions de CO2 d'après les scénarios RCP 134

Figure 64 : Chaine de modélisation du Scénario d'émission à la projection des débits (Source : Explore 2) 136

Figure 65 : Evolution de l'importance relative des différentes sources d'incertitude selon les horizons futurs considérés (source : Explore 2) 136

Figure 66 : Représentation de la cascade d'incertitudes dans le cadre de la modélisation du changement climatique et de ses effets sur la ressource en eau 138

Figure 67 : Changements projetés pour la température moyenne annuelle pour 4 futurs contrastés (narratifs Explore 2) sous scenario de fortes émissions en fin de siècle (référence : 1976-2005) 142

Figure 68 : Changements projetés pour les cumuls annuels de précipitation pour quatre futurs contrastés (narratifs d'Explore2) sous scénario de fortes émissions en fin de siècle (référence : 1976-2005) Explore 2 143

Figure 69 : Changements projetés pour le débit moyen estival pour quatre futurs contrastés (narratifs d'Explore2) sous scénario de fortes émissions en fin de siècle

(référence : 1976-2005) (estimation médiane tous modèles hydrologiques confondus). Rapport Explore 2. 144

Figure 70 : Changements projetés pour le VCN10 pour quatre futurs contrastés (narratifs d'Explore2) sous scénario de fortes émissions en fin de siècle (référence : 1976-2005) (estimation médiane tous modèles hydrologiques confondus). Résultats Explore 2 mise en forme sur le site Méandre (INRAE) 145

Figure 71 : Durée des basses eaux estivales à l'horizon 2070-2099 pour le scenario RCP 8.5 par rapport à la période de référence 1976-2005. Résultats Explore 2 mise en forme sur le site Méandre (INRAE) 146

Figure 72 : Evolution des précipitations et de l'évapotranspiration potentielle annuelles et estivales entre les horizons 1992-2022 et 2055-2085 d'après le scénario RCP8.5 et l'ensemble des modèles climatiques disponibles, en deux points du territoire étudié. 150

Figure 73 : Evolution des cumuls mensuels moyens de précipitations et d'ETP aux horizons 2050 et 2070 en comparaison avec la période de référence 1992-2022 153

Figure 74 : Evolutions des débits moyens mensuels influencés à l'horizon 2050 (en haut) et désinfluencés à l'horizon 2070 pour l'UG4 156

Figure 75 : Stations météorologiques Météo France sur le bassin du Foron Rochois et du Nant de Sion (Sources : IGN, SM3A, Météo France, SUEZ Consulting 2020) 160

Figure 76 : 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) 162

Figure 77 : Comparaison des cumuls mensuels de précipitations aux pluviomètres Météo France, ROMMA et CCPR (Source : Météo-France, ROMMA, CCPR, SUEZ Consulting, 2018) 163

Figure 78 : Débits mesurés lors de la cinquième campagne de jaugeage 231

Figure 79 : Débits mesurés lors de la septième campagne de jaugeage 233

Figure 80 : Débits mesurés lors de la septième campagne de jaugeage 235

Figure 81 : Débits mesurés lors de la huitième campagne de jaugeage 237

Figure 82 : Débits mesurés lors de la neuvième campagne de jaugeage 239

Figure 83 : Débits mesurés lors de la dixième campagne de jaugeage 241

Figure 84 : Débits mesurés lors de la onzième campagne de jaugeage 243

Figure 85 : Débits mesurés lors de la douzième campagne de jaugeage 245

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).....20

Tableau 2 : Récapitulatif des points de référence du bassin-versant du Foron Rochois et du Nant de Sion (Source : SUEZ Consulting, 2020).....21

Tableau 3 : Récapitulatif des différentes masses d'eau souterraines du secteur d'étude.....35

Tableau 4 : Tableau récapitulatif des données piézométriques utilisées.....45

Tableau 6 : Caractéristiques des stations météorologiques (Source : Météo France, 2024).....59

Tableau 8 : Inventaire des jaugeages ponctuels réalisés sur le bassin versant ...76

Tableau 9 : Présentation des campagnes de jaugeages réalisées sur le bassin versant du Foron Rochois et du Nant de Sion dans le cadre de l'étude 78

Tableau 10 : Tableau récapitulatif des données hydrométriques utilisées 81

Tableau 14 : UG 1 – Régime influencé | Indicateurs statistiques 95

Tableau 19 : UG 2 - Régime influencé | Indicateurs statistiques 97

Tableau 24 : UG 3 - Régime influencé | Indicateurs statistiques 99

Tableau 25 : UG 4 - Régime influencé | Indicateurs statistiques 101

Tableau 26 : 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, 2025) 105

Tableau 27 : UG 1 – Régime désinfluencé | Indicateurs statistiques 107

Tableau 28 : UG 2 – Régime désinfluencé | Indicateurs statistiques 109

Tableau 29 : UG 3 – Régime désinfluencé | Indicateurs statistiques 111

Tableau 30 : UG 4 – Régime désinfluencé | Indicateurs statistiques 113

Tableau 31 : 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, 2025).....117

Tableau 32 : Régime désinfluencé – Comparaison avec les débits de référence à l'étiage estimés par l'OFB-IRSTEA en 2012 (Source : IRSTEA, 2012, SUEZ Consulting, 2025) 118

Tableau 33 : Liste des zones humides présentes sur le bassin du Foron Rochois jouant un rôle hydrologique prépondérant (Source : Etude ZH du SAGE Arve, 2013) 119

Tableau 34 : Régimes influencé et désinfluencé - Tableau de synthèse des débits caractéristiques d'étiage et des écarts aux valeurs actuelles (Source : SUEZ Consulting, 2025) 131

Tableau 35 : Evolution des cumuls annuels moyens de précipitation et d'ETP aux horizons 2050 et 2070 avec la période de référence 1992-2022 152

Tableau 36 : Evolution des débits aux horizons futurs 154

Tableau 37 : Caractéristiques des stations météorologiques (Source : Météo France, 2018) 159

Tableau 38 : Tableau récapitulatif des analyses sur les pluviomètres disponibles sur le territoire d'étude en 2020 164

Tableau 39 : Tableau récapitulatif des données climatiques utilisées en 2020 . 165

Tableau 40 : Récapitulatif des campagnes menées sur le secteur 3 depuis 2018 229

Tableau 41 : Tableau des observations, mesures et jaugeages (5ème campagne) 231

Tableau 42 : Tableau des observations, mesures et jaugeages (7ème campagne) 233

Tableau 43 : Tableau des observations, mesures et jaugeages (7ème campagne) 235

Tableau 44 : Tableau des observations, mesures et jaugeages (8ème campagne) 237

Tableau 45 : Tableau des observations, mesures et jaugeages (9ème campagne) 239

Tableau 46 : Tableau des observations, mesures et jaugeages (10ème campagne) 241

Tableau 47 : Tableau des observations, mesures et jaugeages (11ème campagne) 243

Tableau 48 : Tableau des observations, mesures et jaugeages (12ème campagne) 245

LISTE DES SIGLES ET ACRONYMES

AA	Annemasse Agglo
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	Évapotranspiration Potentielle
FDAAPPMA 74	Fédération Départementale des Associations Agréées de Pêche et de Protection des Milieux Aquatiques de Haute-Savoie
Foron CG	Foron du Chablais Genevois
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

Afin d'assurer la meilleure compréhension possible du document par le lecteur, un glossaire est fourni en parallèle du présent rapport. Voir Annexe 1 : Glossaire.

1 PREAMBULE

1.1 NOTE SUR LA SYMBOLOGIE

Le présent rapport constitue une mise à jour des travaux réalisés dans le cadre de l'étude de gestion quantitative réalisée en 2018 sur le bassin du Foron Rochois et du Nant de Sion.

Afin que le lecteur puisse identifier facilement les éléments ayant fait l'objet d'une mise à jour, la symbologie suivante est employée :

- La couleur noire est utilisée pour les éléments qui n'ont pas subi de changements depuis l'étude menée en 2018. Quelques modifications mineures peuvent être appliquées pour améliorer la rédaction, mais le message de fond est inchangé.
- La couleur bleue est utilisée pour les éléments modifiés et/ou ajoutés.

1.2 LE CONTEXTE DE L'ETUDE

La gestion quantitative équilibrée de la ressource en eau repose sur l'équilibre entre la ressource disponible, les volumes prélevés et la préservation des milieux naturels.

C'est le sujet de l'Orientation Fondamentale n°7 du Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) Rhône-Méditerranée depuis sa version 2010-2015. Elle vise à atteindre l'équilibre quantitatif en améliorant le partage de la ressource en eau et en anticipant l'avenir. Or, dès le SDAGE 2010-2015, le sous-bassin de l'Arve comprenant le Foron Rochois et le Nant de Sion est identifié comme un territoire sur lequel des actions de préservation des équilibres quantitatifs sont nécessaires.

C'est dans la perspective de développer les objectifs du SDAGE à l'échelle de l'unité hydrographique de l'Arve que le Syndicat Mixte d'Aménagement de l'Arve et de ses Abords (SM3A) a initié la mise en place d'un Schéma d'Aménagement et de Gestion des eaux (SAGE) en 2009. Ce document finalement approuvé le 23 juin 2018 a pour objectif de définir les priorités, les objectifs et les actions permettant d'aboutir à un partage équilibré de l'eau entre usages et milieux[1].

[1] SAGE de l'Arve (PAGD), Agence de l'eau Rhône-Méditerranée Corse, [2020].

En 2013, dans le cadre de l'élaboration du volet « QUANTITE » du SAGE de l'Arve, le SM3A a mené une étude quantitative globale qui a permis de distinguer quatre bassins versants sous tension quantitative.

- Foron du Chablais genevois,
- Genevois,
- Menoge,
- Nant de Sion et Foron rochois.

Ces secteurs sont ainsi désignés dans la disposition QUANTI-4 du SAGE de l'Arve comme devant faire l'objet d'études quantitatives de type Evaluation des Volumes Prélevables (EVP), dont les objectifs sont de déterminer les volumes prélevables et de proposer un programme d'actions et des scenarii de répartition entre usages.

En application de cette disposition, le SM3A a lancé en janvier 2018 des études quantitatives sur les bassins versants du Foron du Chablais Genevois, de la Menoge, du Foron Rochois et du Nant de Sion (Secteurs 1, 2, 3). Les 4 premières phases ont été validées successivement entre janvier 2018 et avril 2020, date à laquelle le déroulement de la prestation a été stoppé.

Lors de sa séance du 7 mars 2023, le bureau de la CLE a décidé de la relance d'une nouvelle prestation ayant pour but la finalisation des études quantitatives démarrées en 2018.

1.3 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.

Le SM3A dispose aujourd'hui, sur les territoires du bassin versant de la Menoge, du Foron du Chablais genevois, du Foron rochois et du Nant de Sion, d'études quantitatives partielles (validation des phases 1 à 4). Il s'agit dans la présente étude de mettre à jour les documents existants et de mener les analyses jusqu'à leur terme.

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.

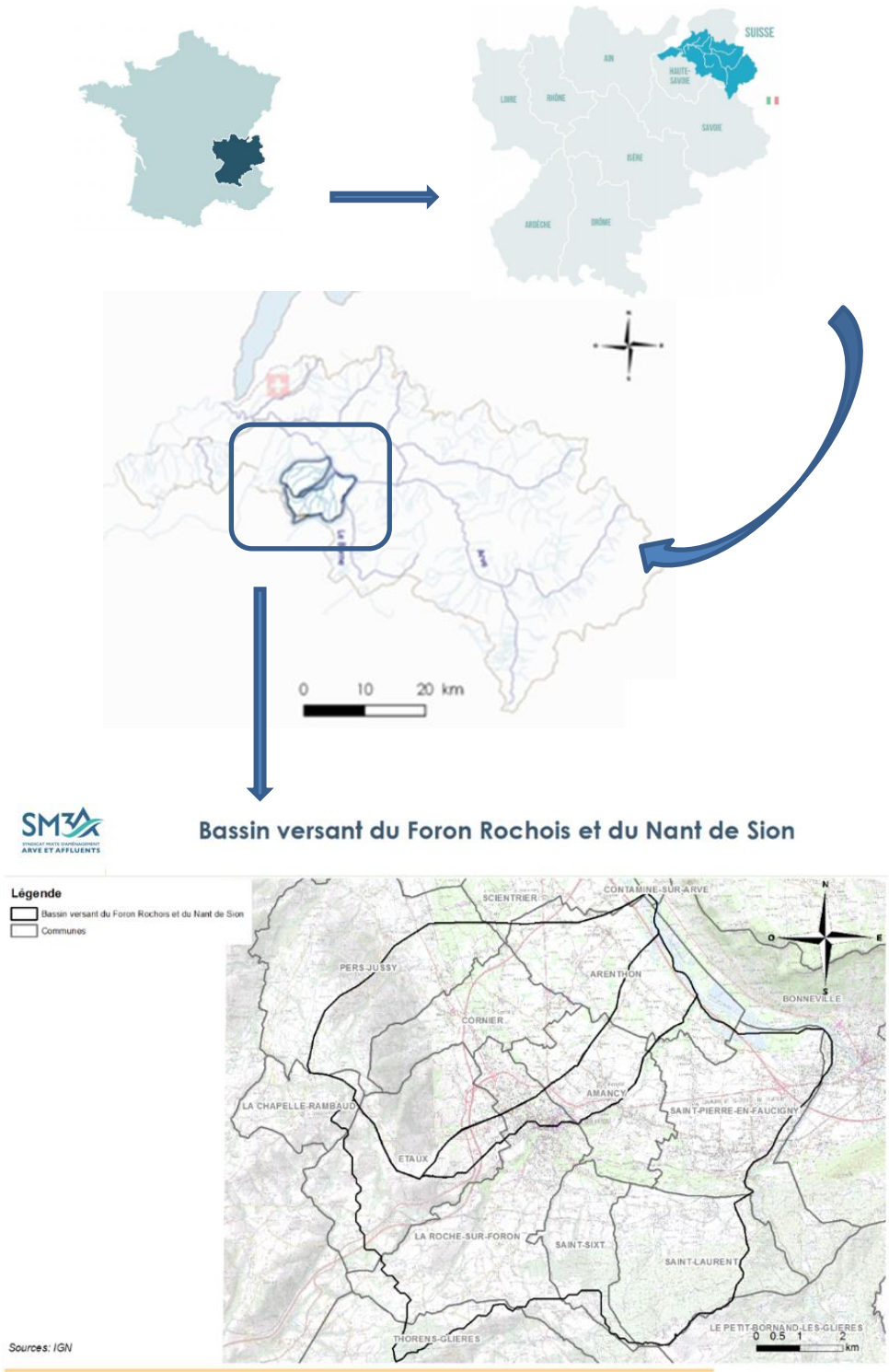
Le présent document constitue le rapport de phase 3 actualisé.

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.

1.4 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, soit une superficie totale de 79 km². 13 communes sont au moins partiellement inclues dans le bassin versant, dont 9 suffisamment conséquentes pour figurer dans les analyses.



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

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

Ces trois bassins versants sont drainés par le Foron de la Roche, le Nant de Sion et le ruisseau de la Mouille.

- Le Foron de la Roche 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. D'une superficie d'environ 41 km², son bassin versant s'étend sur 7 communes.
- 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. D'une superficie d'environ 30 km², son bassin versant s'étend sur 9 communes.
- Enfin le bassin versant du ruisseau de la Mouille est uniquement alimenté par ce cours d'eau. D'une longueur d'environ 4,8 km, ce ruisseau n'est pas classé comme une masse d'eau au sens de la classification de l'Agence de l'Eau. Il draine une superficie d'environ 8 km².

D'un point de vue administratif, le territoire de la Communauté de Communes du Pays Rochois occupe la majeure partie du périmètre du bassin versant. La partie Sud-Ouest du bassin est administrée par la Communauté de Commune Arve & Salève (communes de Pers-Jussy et Scientrier).

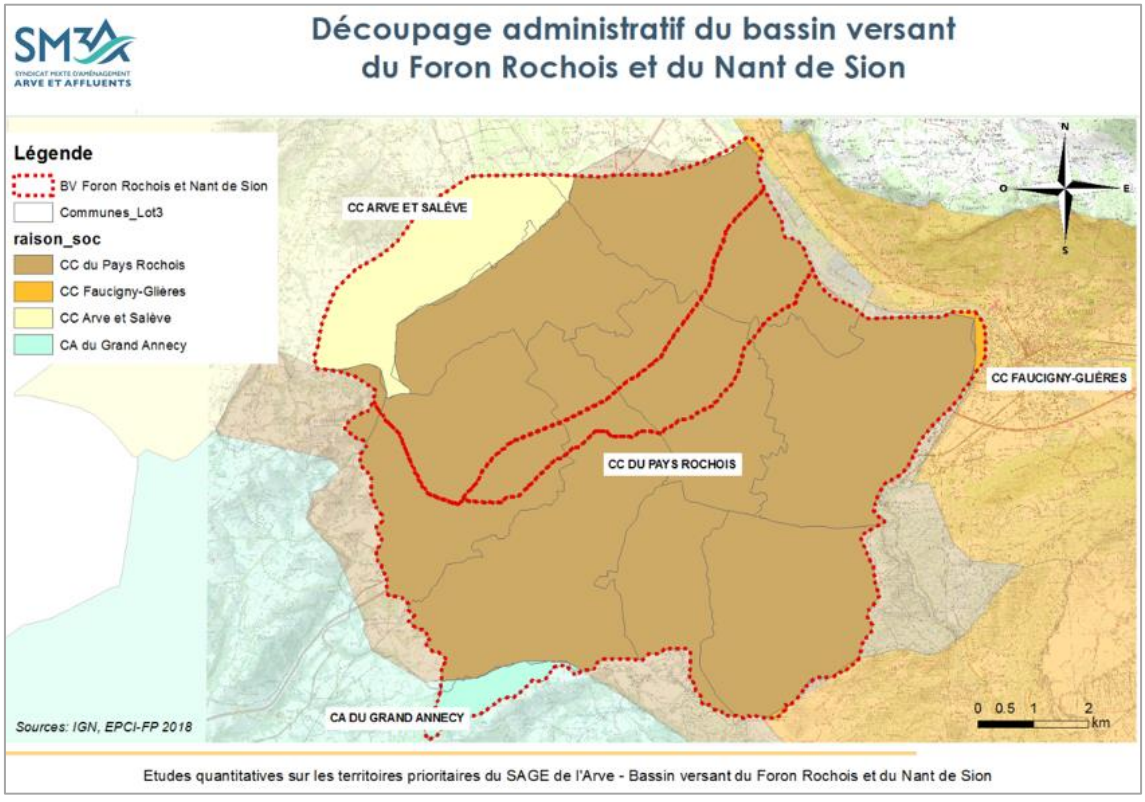


Figure 2 : Découpage administratif des bassins versants du Foron Rochois et du Nant de Sion (Sources : IGN, collectivites-locales.gouv.fr/EPCI-FP 2018)

1.5 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 de la Roche et du Nant de Sion.

Ces points de référence sont repris exactement de la première étude quantitative menée de 2018 à 2020 sur le bassin. La démarche visant à les positionner n'est pas mise à jour.

Le bassin versant du Foron de la Roche et du Nant de Sion 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 3). 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.

Depuis 2021, le SM3A poursuit les campagnes de jaugeage (voir §4.3.4 - Campagnes de jaugeages réalisées dans le cadre de l'étude).

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, 2020)

N° du point de référence	N° de l'unité de gestion correspondante	Désignation	Commune	Sous-unité hydrologique	Superficie (en km²)
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

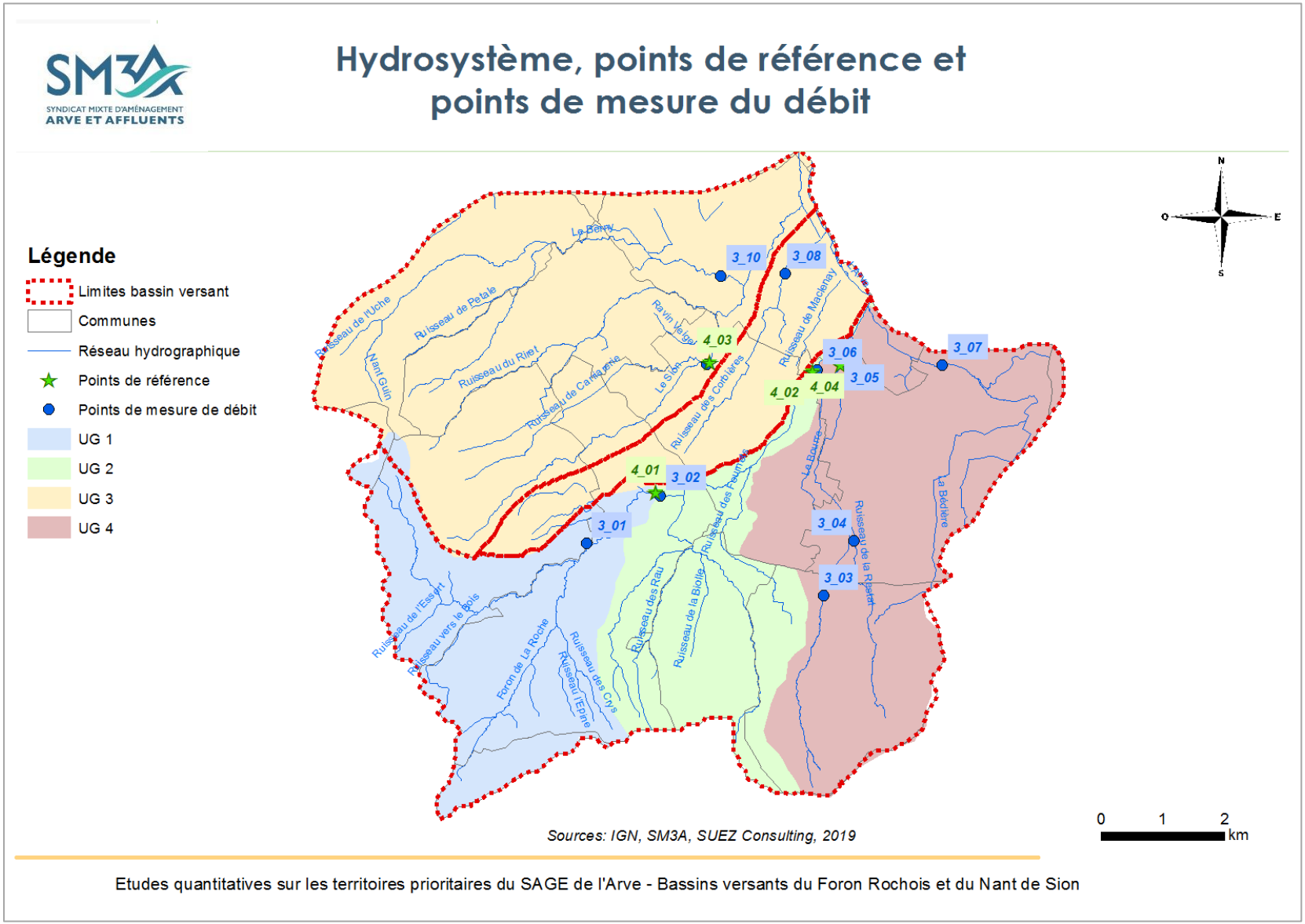


Figure 3 : Points de référence et découpage du bassin versant en unités de gestion (Sources : SM3A, SUEZ Consulting 2020)

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 4.3.1), 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 analysées 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[2]

En complément de ces définitions, un glossaire est proposé pour accompagner la lecture du présent rapport (Voir Annexe 1 : Glossaire).

- **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 ;

[2] 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.

- 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.

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.

- ⇨ 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[3].

- ❖ **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 correspondent 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.

[3] 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.

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).**

3 CARACTERISATION DE LA RESSOURCE EN EAU SOUTERRAINE

3.1 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.

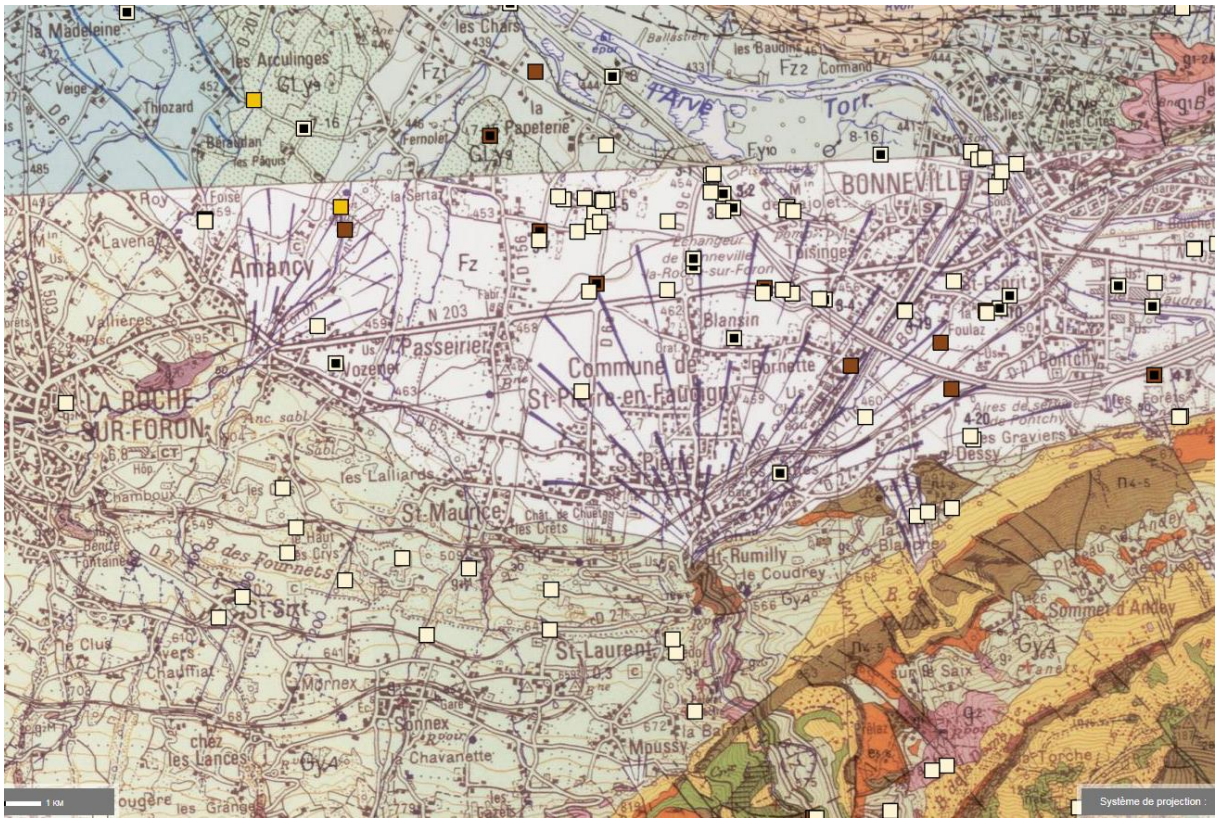


Figure 4 : Carte géologique du secteur d'étude (Source : InfoTerre)

- **Aquifère des Rocailles et nappe de Scientrier**

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 4) puisqu'elle est entièrement recouverte par des dépôts plus récents.

L'étude finalisée en 2021 par ImaGeau pour le compte du SRB a permis de mettre en évidence plusieurs caractéristiques hydrogéologiques et hydrologiques de la nappe du Scientrier.

L'étude indique que la nappe du Scientrier ne présente aucune connexion hydrogéologique avec l'Arve en bordure ouest ni avec les coteaux en bordure est. Cela signifie que la nappe ne bénéficie pas directement d'un apport en eau provenant de ces deux éléments du paysage.

L'analyse hydrologique réalisée a permis de comparer l'évolution des niveaux de la nappe avec celle des cours d'eau instrumentés, notamment le Nant de Sion et l'Arve.

Une synchronicité a été observée entre les niveaux de la nappe et ceux du Nant de Sion, avec un décalage de quelques semaines.

Les niveaux de la nappe commencent à chuter brutalement au moment où l'étiage du Nant de Sion survient, soit à partir du mois de mai. Cela correspond à un régime pluvial, **suggérant que la recharge de la nappe dépend fortement des apports du Nant de Sion.**

En revanche, **les niveaux de la nappe sont décorrélés du comportement de l'Arve**. La recharge de la nappe débute et s'achève alors que l'étiage de l'Arve est toujours en cours, ce qui confirme l'absence de lien hydraulique direct entre la nappe et ce cours d'eau.

Ainsi, ces résultats mettent en évidence que le Nant de Sion joue un rôle majeur dans la recharge de la nappe, tandis que l'Arve ne semble pas influencer significativement son régime hydrodynamique.

- **Le cône de déjection du Borne**

Le cône de déjection du Borne, situé à Saint-Pierre-en-Faucigny, constitue un important réservoir aquifère composé principalement de sables, graviers et galets d'origine fluviatile. Ces matériaux, issus des apports du Borne, se sont sédimentés à la fin du Würm dans un lac progressivement comblé, occupant l'actuelle vallée de l'Arve. L'aquifère est relativement bien protégé par la présence d'une couche d'argile intercalée dans les alluvions grossières.

La structure du réservoir est complexe, avec plusieurs couches superposées alternant entre des niveaux plus ou moins sableux et argileux. Le mur de l'aquifère est constitué de sables fins à très fins, argileux et gris-noirs, saturés en eau mais peu transmissifs. L'épaisseur des niveaux graveleux atteint un maximum de **60 mètres** au niveau du chef-lieu de Saint-Pierre-en-Faucigny, au sud du domaine d'étude. Elle diminue progressivement vers le nord, atteignant une dizaine de mètres en bordure de l'Arve. Cette dépression profonde s'étend également vers le nord-ouest, jusqu'au secteur de Passeirier. Vers l'ouest, les coupes de forage et les mesures géophysiques révèlent une remontée rapide des terrains argileux, constituant le mur imperméable de l'aquifère. Dans le secteur des Inchires et de Pierre-Longue, en bordure du Foron de la Roche, l'épaisseur de l'aquifère ne dépasse plus une vingtaine de mètres. Vers l'est, une extension de la dépression atteint le secteur des Vorziers, au sud de Bonneville, avant que le mur ne remonte rapidement à une vingtaine de mètres sous la surface dans la zone des Mouilles.

Alimentation et circulation des eaux souterraines

La nappe du cône de déjection du Borne est principalement alimentée par les infiltrations du Borne à la sortie des gorges de Rumilly. De manière plus secondaire, les versants de Saint-Laurent et d'Andey ainsi que le Foron participent à l'alimentation du système. Cette recharge génère une crête piézométrique en rive gauche du Borne, qui s'étend de Saint-Pierre jusqu'au Moulin de Bajolet, où se situent d'importantes émergences naturelles.

L'écoulement souterrain suit une direction générale **sud-nord**, avec un axe drainant passant par le puits de Passeirier, influencé par les prélèvements en eau potable. **Les puits de Passeirier et de Blandet sont principalement alimentés depuis le sud et le sud-ouest**, notamment depuis les secteurs des Grands Champs et du hameau de Passeirier, situés sur cet axe drainant. **Le puits de Bajolet, quant à lui, est principalement alimenté par la crête piézométrique issue des infiltrations amont du Borne.**

Au nord-est du Borne, les lignes piézométriques sont quasiment parallèles à l'Arve, indiquant un écoulement homogène dirigé vers cette rivière. En revanche, la bande de terrains située entre le Brachouet et l'Arve recoupe la nappe d'accompagnement de l'Arve. Cette zone, principalement influencée par la rivière et en lien avec les plans d'eau du secteur, ne fait pas partie du système du cône de déjection du Borne.

Exutoires et interactions hydrauliques

Le Brachouet joue le rôle d'exutoire principal de la nappe et constitue une coupure hydraulique avec l'aval. Dans le secteur de Bajolet, où il prend sa source, la terrasse alluviale fonctionne comme un déversoir, évacuant le trop-plein dans le ruisseau qui continue de drainer la nappe jusqu'à sa confluence avec le Foron de la Roche, à l'extrême nord-ouest du domaine.

Le Foron de la Roche, qui constitue la limite ouest du domaine, s'écoule dans une zone de faible transmissivité et impose le niveau de la nappe sur cette frontière. Toutefois, son influence est variable : en amont, dans le secteur de Pierre-Longue et des Inchires, il est « perché » par rapport à la nappe et exerce un contrôle plus indirect sur les niveaux piézométriques.

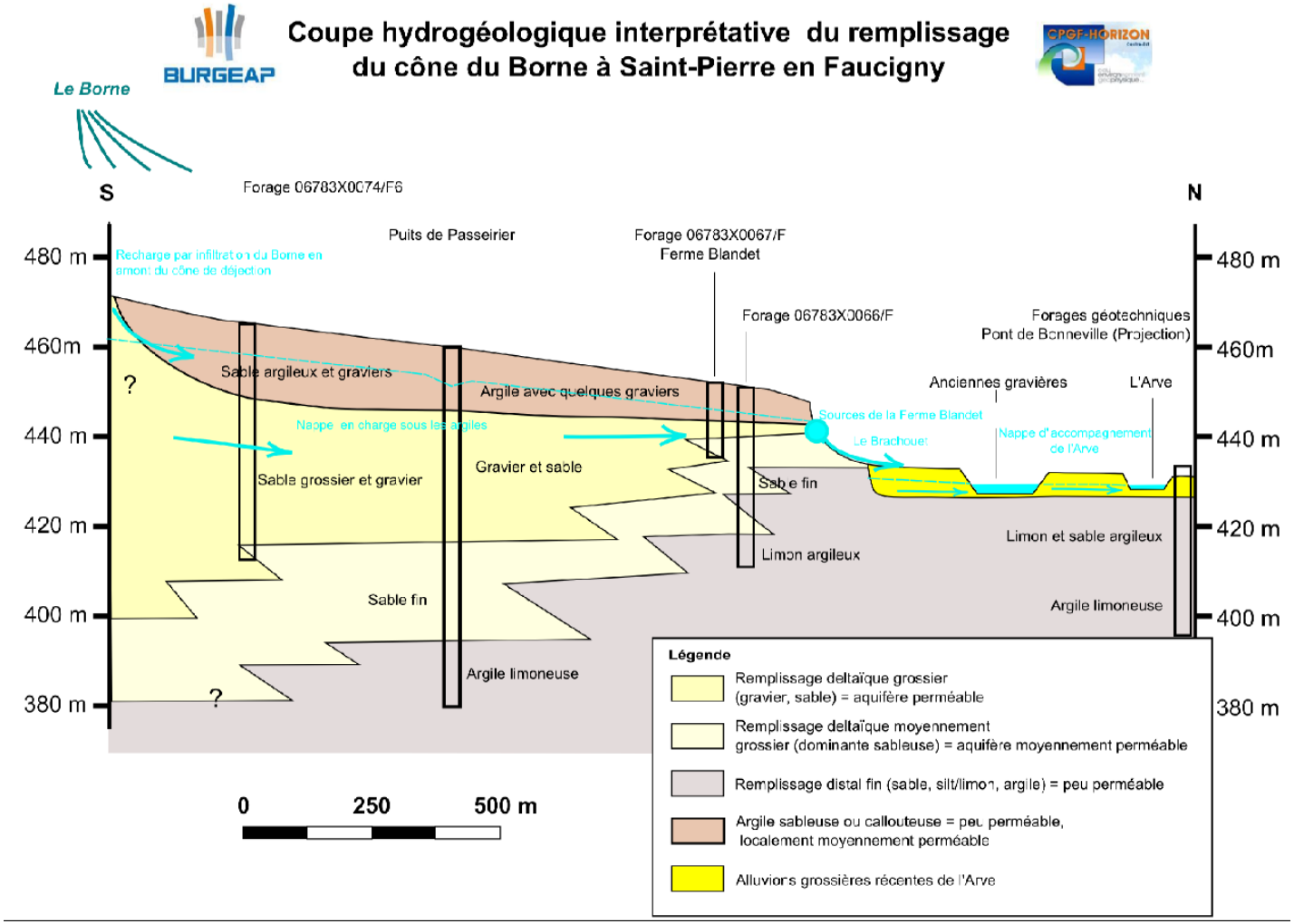


Figure 5 : Coupe hydrogéologique interprétative du remplissage du cône du Borne (Sources : Burgeap, CPGF)

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.

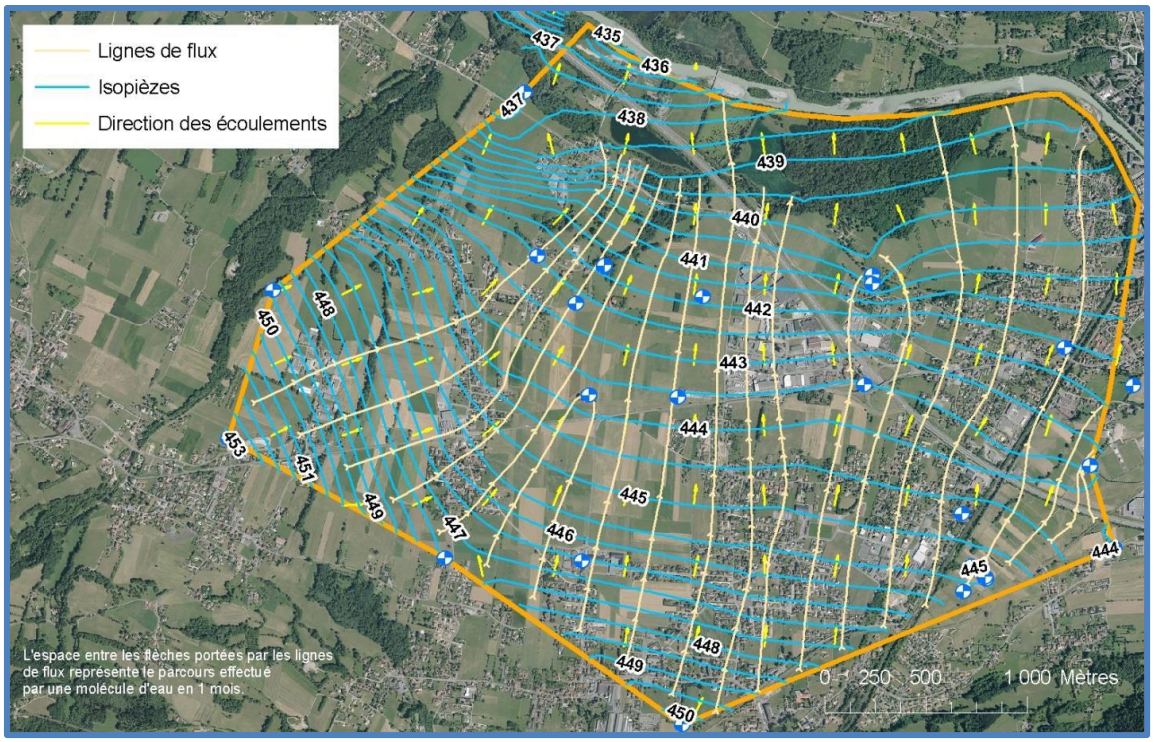


Figure 6 : Caractérisation des écoulements en période de basses eaux (CCPR, 2017)

- **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 du Borne 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. L'étude menée par ImaGeau infirme et montre l'absence de relation avec l'Arve.

Le Cône du Borne et l'aquifère des Rocailles sont liés par des pertes du premier vers le deuxième.

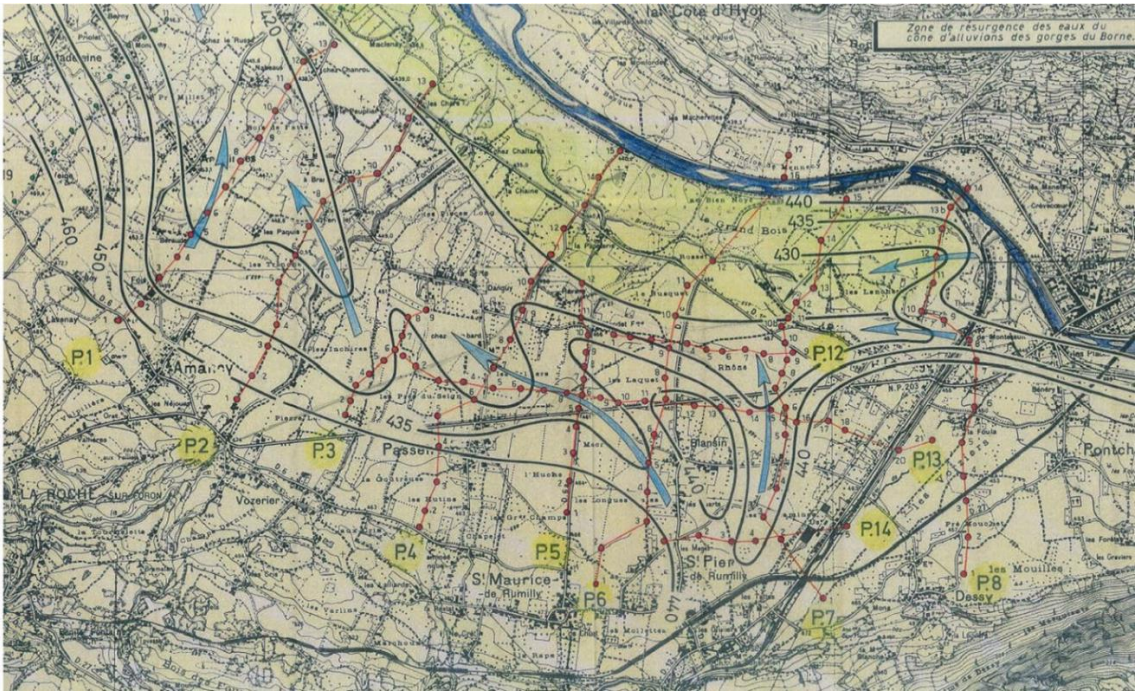


Figure 7 : Carte piézométrique sur le secteur d 'étude (Source : BEGG 1966)

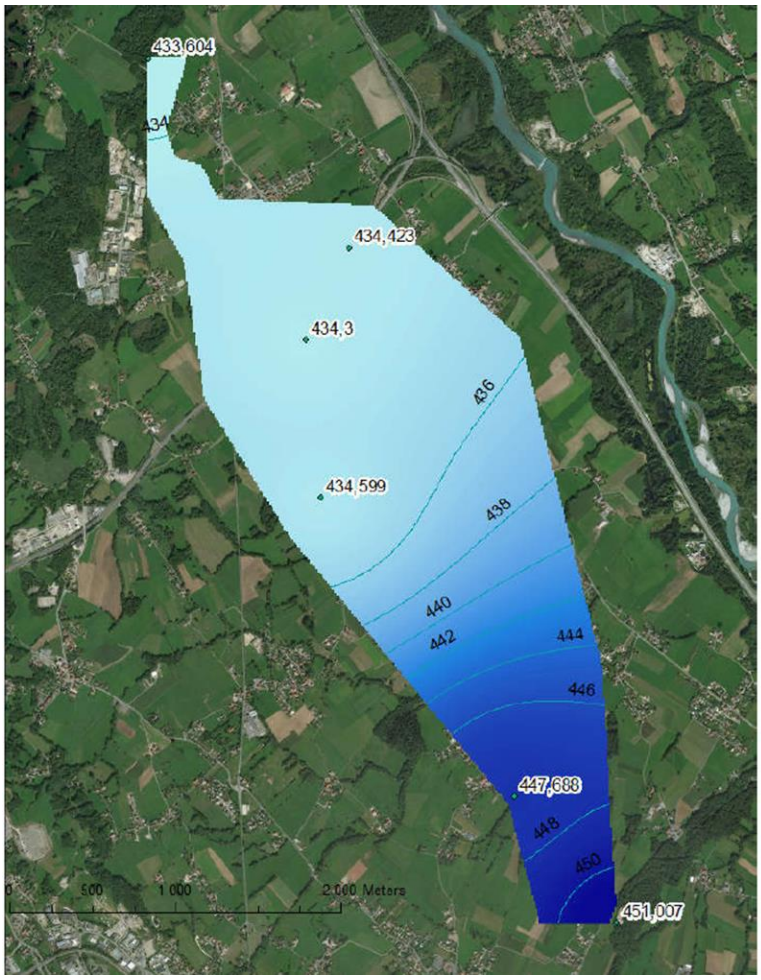


Figure 8 : Carte piézométrique de basses-eaux (Source : ImaGeau pour le SRB, 2018)

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

3.2.1 *LES MASSES D'EAU SOUTERRAINES*

On distingue sur le secteur d'étude 3 masses d'eau souterraines principales (cf. Figure 9) :

- **FRDG364** - Alluvions de l'Arve (superficielles et profondes),
- **FRDG511** - Formations variées de l'Avant-Pays savoyard dans BV du Rhône,
- **FRDG112** – Calcaires et marnes du massif des Bormes et des Aravis

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 3 : 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

3.2.2 *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 9 /05/2018 et rapport d'hydrogéologue agréé du 27/06/2016 ;
- 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, mais elle est principalement alimentée par les infiltrations du Borne à la sortie des gorges de Rumilly.

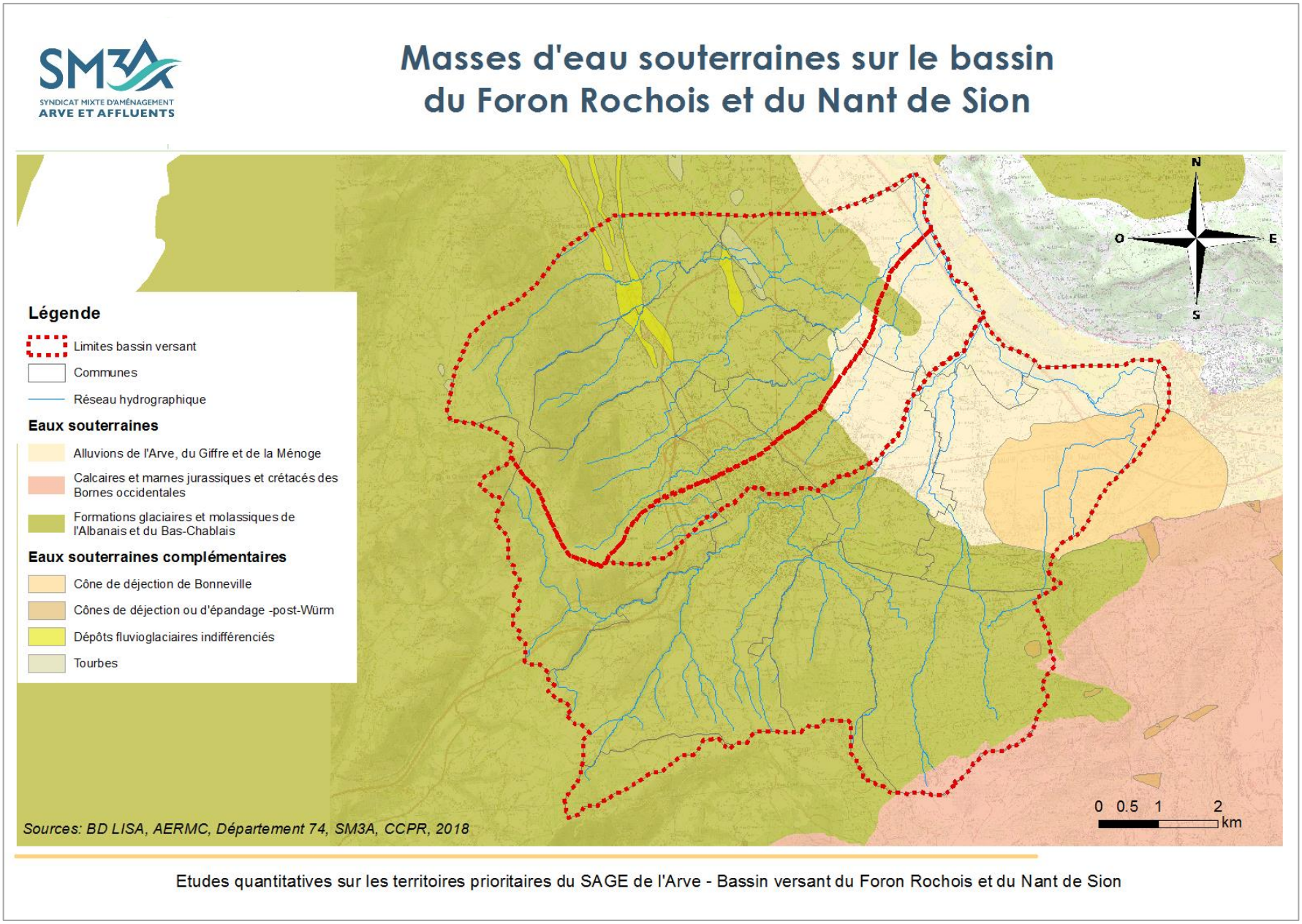


Figure 9 : Masses d'eau souterraine sur le secteur d'étude (Source : AERMC, BD LISA, SM3A, CCPR, Département 74, SUEZ Consulting, 2019)

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 réalisée
Nappe des Rocailles	++(+)	Modalités d'alimentation, caractéristiques hydrodynamiques, Vulnérabilité à la pollution	Etude réalisée
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

3.3 ANALYSE DES CHRONIQUES PIEZOMETRIQUES DISPONIBLES

3.3.1 RESEAU DE SUIVI PIEZOMETRIQUE ACTUEL

Sur le territoire, le réseau de suivi pour les niveaux de nappe est composé de **16 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.

Les chroniques piézométriques associées à ces points de mesure recouvrent toute la période de modélisation (2008-2022). **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).

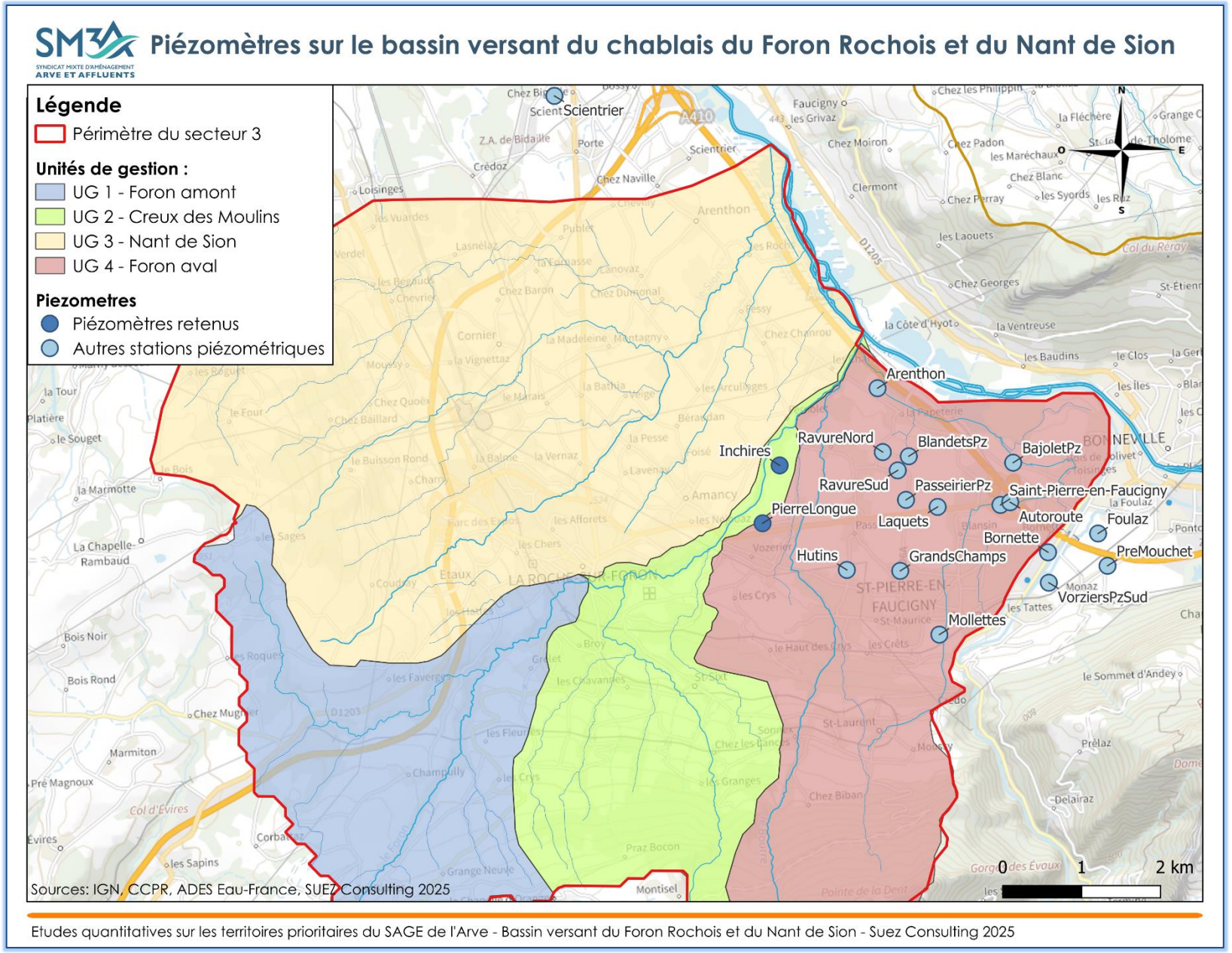


Figure 10 : Emplacement des piézomètres recensés sur le bassin versant du Foron Rochois et du Nant de Sion (Source : CCPR, Hydro-Terre, SUEZ Consulting, 2025)

3.3.2 ANALYSE COMPARATIVE DES STATIONS PIEZOMETRIQUES

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

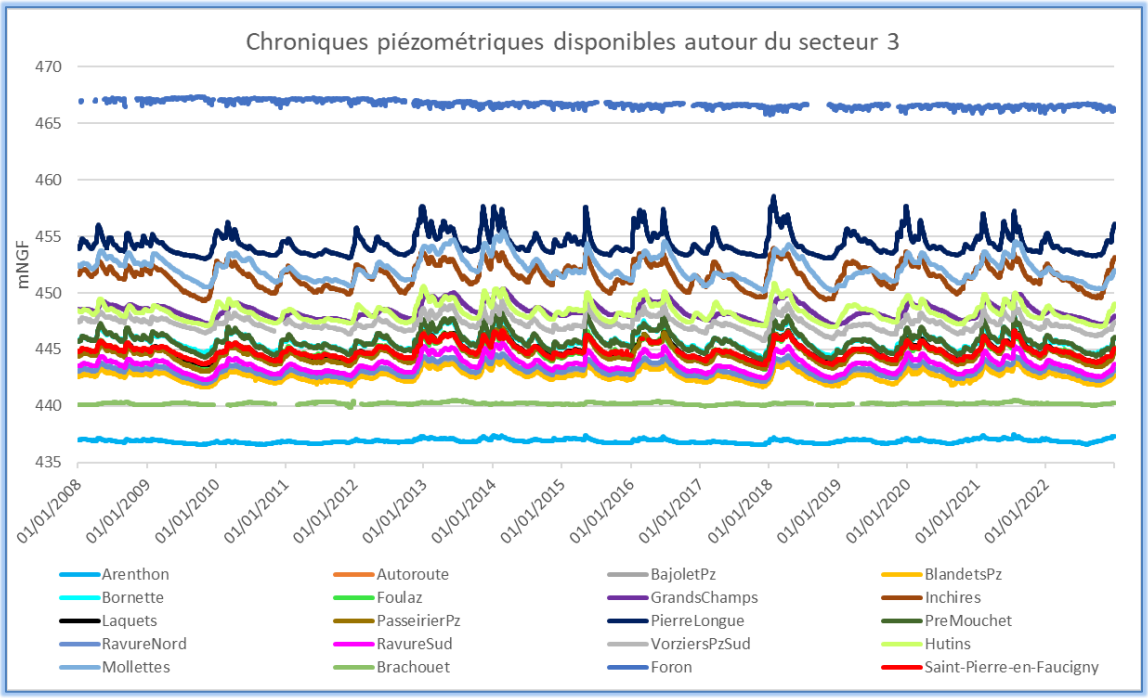


Figure 11 : Suivis piézométriques disponibles sur le secteur du cône du Borne (Source : Hydro-terre pour le compte de la CCPR, 2024)

On observe en premier lieu que l'amplitude diminue d'amont en aval. Les piézomètres d'Arenthon, de Foron et de Brachouet sont probablement tamponnés 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 que tous les piézomètres suivent une tendance très similaire, témoignant d'un fonctionnement relativement homogène de la nappe.

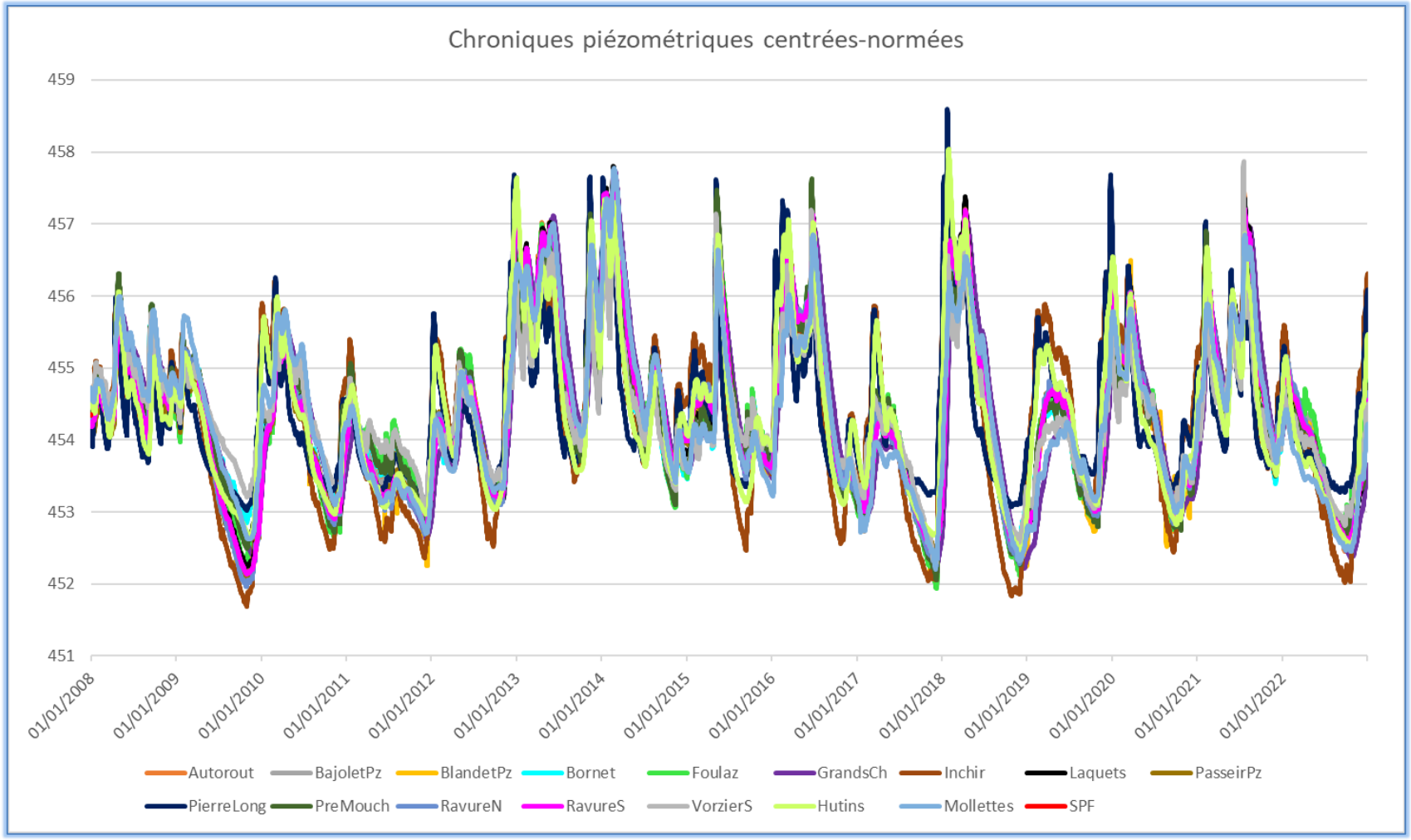


Figure 12 : Suivis piézométriques disponibles sur le secteur du cône du Borne (centrés-normés sur la chronique de Pierrelongue) (Source : CCPR, SUEZ Consulting, 2024)

Les chroniques piézométriques valorisées dans la suite de l'étude sont sélectionnées selon le raisonnement suivant :

1. 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. Également, les piézomètres Autoroute, Laquets, Ravure Sud et Ravure Nord présentent une certaine proximité avec les prélèvements, ce qui est susceptible d'affecter leur chronique.

2. Etant donné la présence de piézomètres de bonne qualité sur le bassin par ailleurs, les chroniques de Foulaz, Vorzier Sud et PreMouchet sont moins bien placées.

3. 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.

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

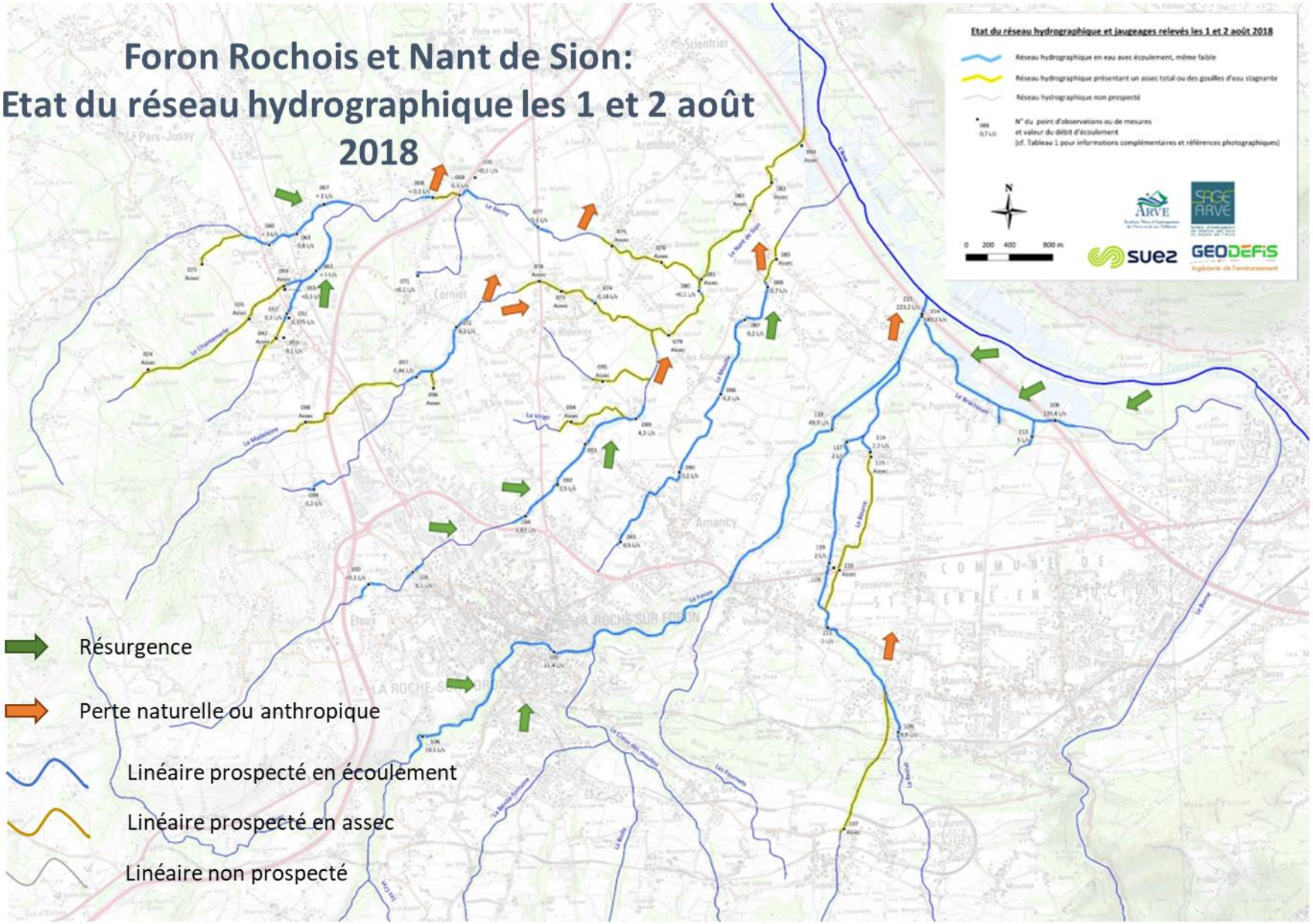


Figure 13 : Etat du réseau hydrographique lors de la campagne terrain du 2 et 3 août 2018 (Source : GEODEFIS, SUEZ Consulting, 2018)

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.

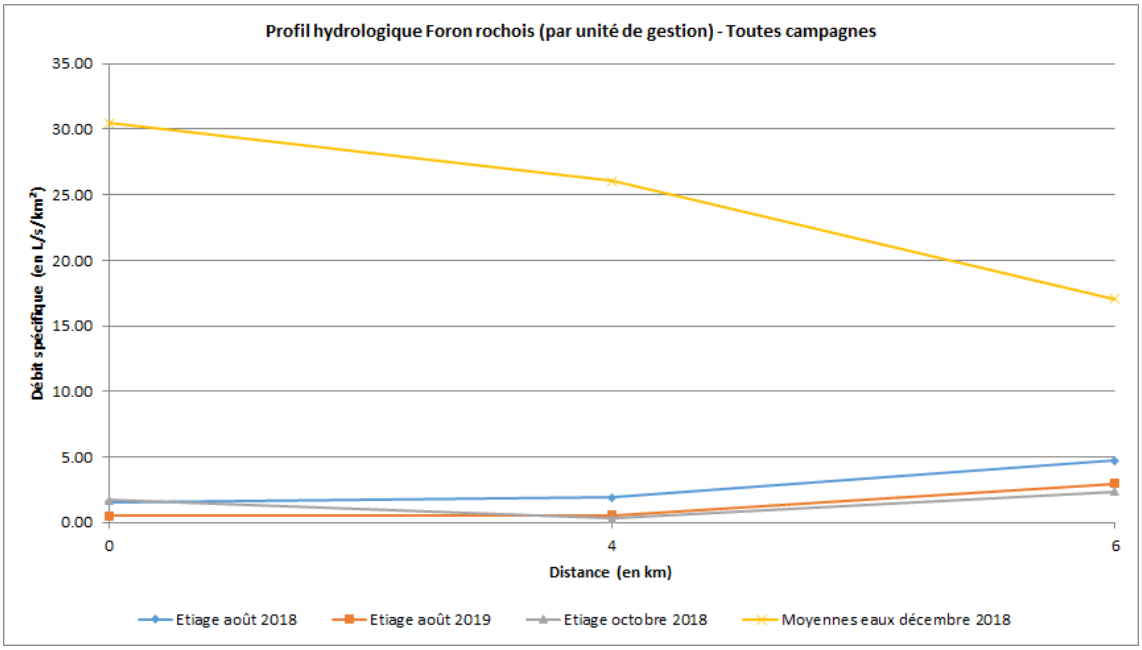


Figure 14 : Profil en long des débits spécifiques par unité de gestion sur le Foron rochois issus des campagnes de jaugeages (Source : GEODEFIS, SM3A, SUEZ Consulting)

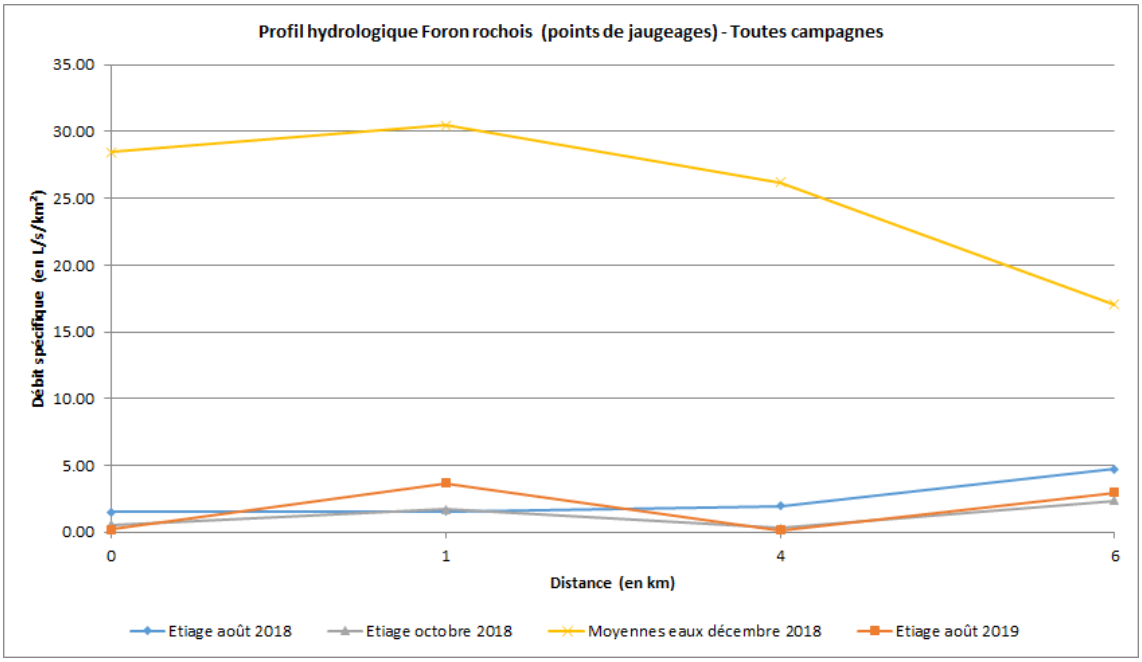


Figure 15 : Profil en long des débits spécifiques sur le bassin du Foron rochois issus des campagnes de jaugeages (Source : GEODEFIS, SM3A, SUEZ Consulting)

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.

3.3.3 SYNTHESE

Deux chroniques piézométriques donnant des mesures de niveau de la nappe du cône du Borne entre 2008 et 2022 sont disponibles et applicables au secteur d'étude. Chacune a été mesurée à distance des prélèvements pour l'eau potable, ce qui les prémunit contre une éventuelle influence (cône d'abattement). Les deux chroniques ont été utilisées pour valider les résultats de la simulation qui se base sur les paramètres de calage du secteur 1.

Tableau 4 : 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 2008-2022 : PierreLongue ✓ + Inchires ✓

4 CARACTERISATION DE LA RESSOURCE EN EAU SUPERFICIELLE

4.1 PRINCIPE DE LA CARACTERISATION DE LA RESSOURCE EN EAU SUPERFICIELLE

4.1.1 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.

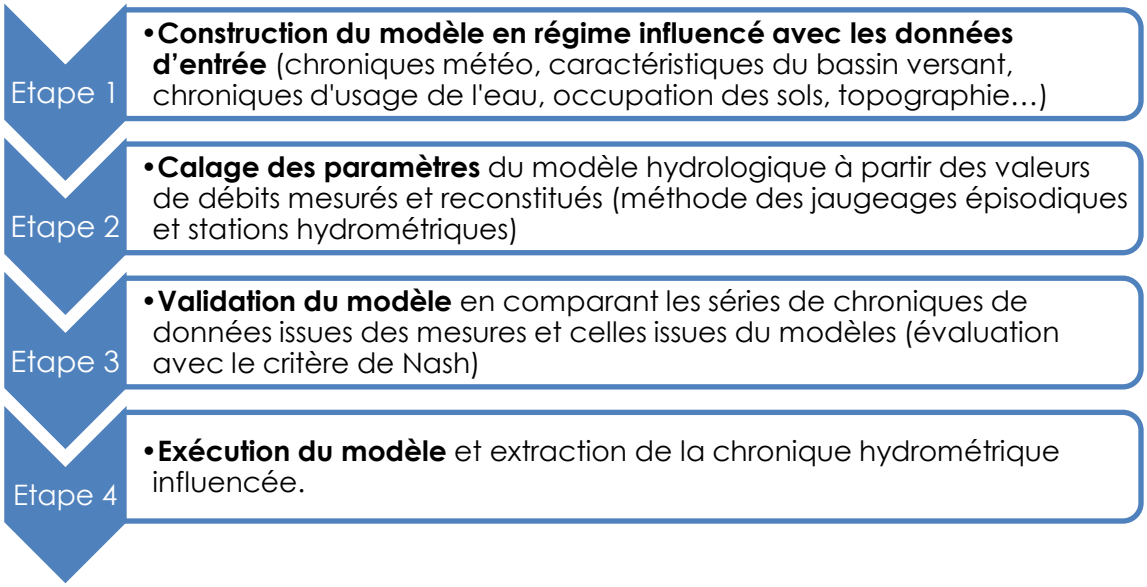
4.1.1.1 Calculs des débits influencés en situation actuelle

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[4]. 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 – 2022) ;
- 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.

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

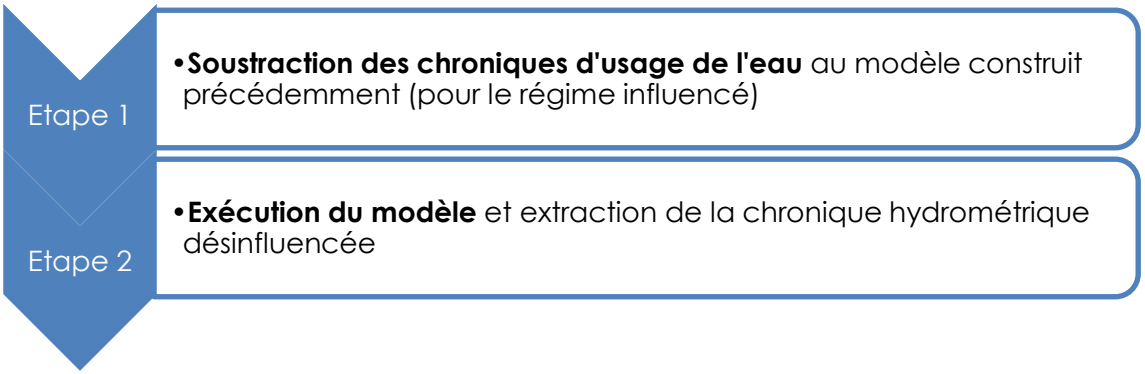


4.1.1.2 Calculs des débits désinfluencés en situation actuelle

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 :



4.1.1.3 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.

4.1.2 DESCRIPTION DE LA SOLUTION DE MODELISATION HYDROLOGIQUE EMPLOYEE

4.1.2.1 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[5] ;
- **Prenant en compte le stockage de nappe et les échanges et relations nappe-rivière,** qui sont particulièrement marqués sur le territoire étudié.

[5] 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.

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).

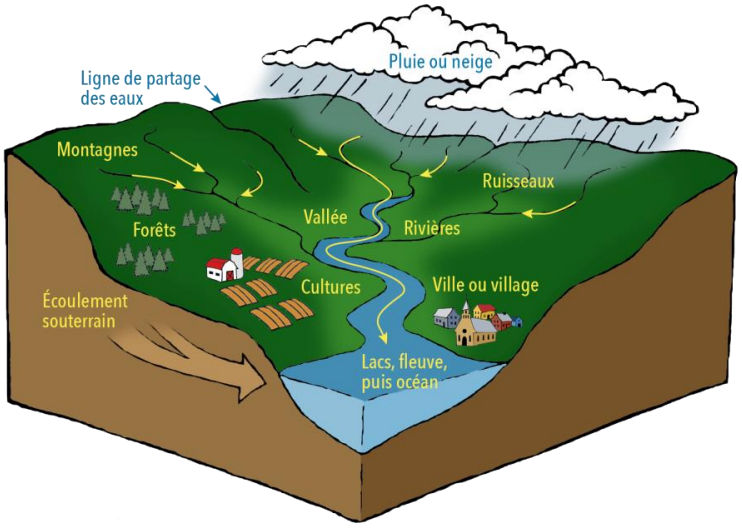


Figure 16 : Illustration du grand cycle de l'eau

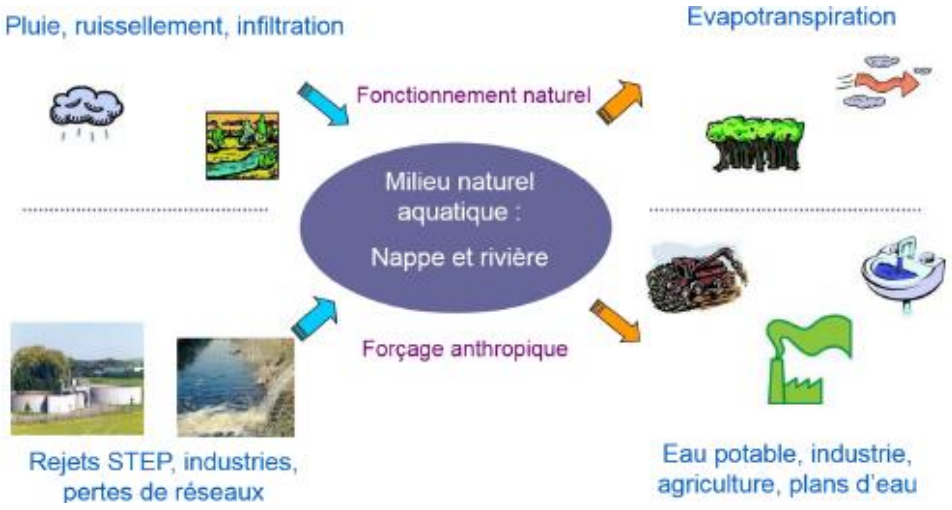


Figure 17 : Illustration des processus pris en compte par la modélisation

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

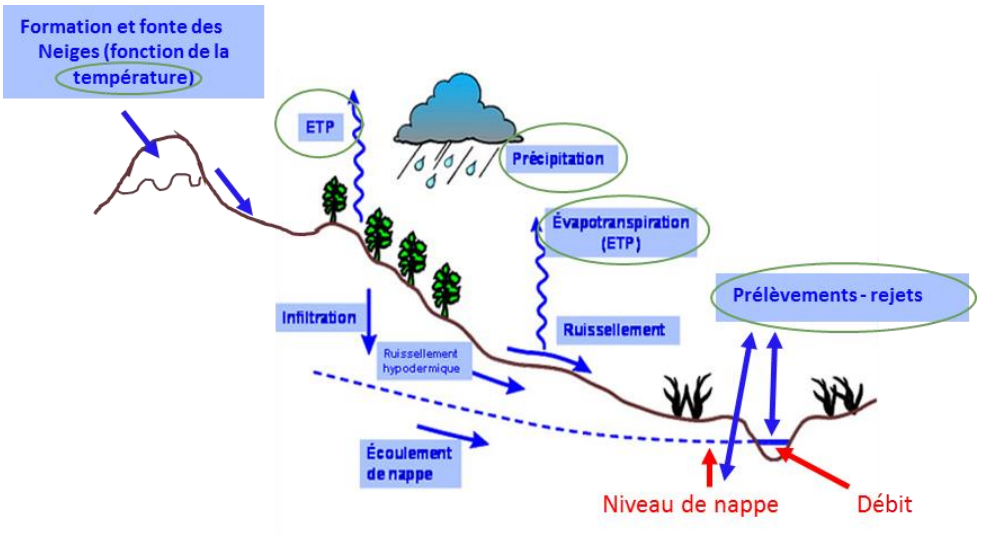


Figure 18 : Schéma conceptuel de la modélisation hydrologique. (Processus entourés en vert = données d'entrée. Processus en rouge = variables de sortie)

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.

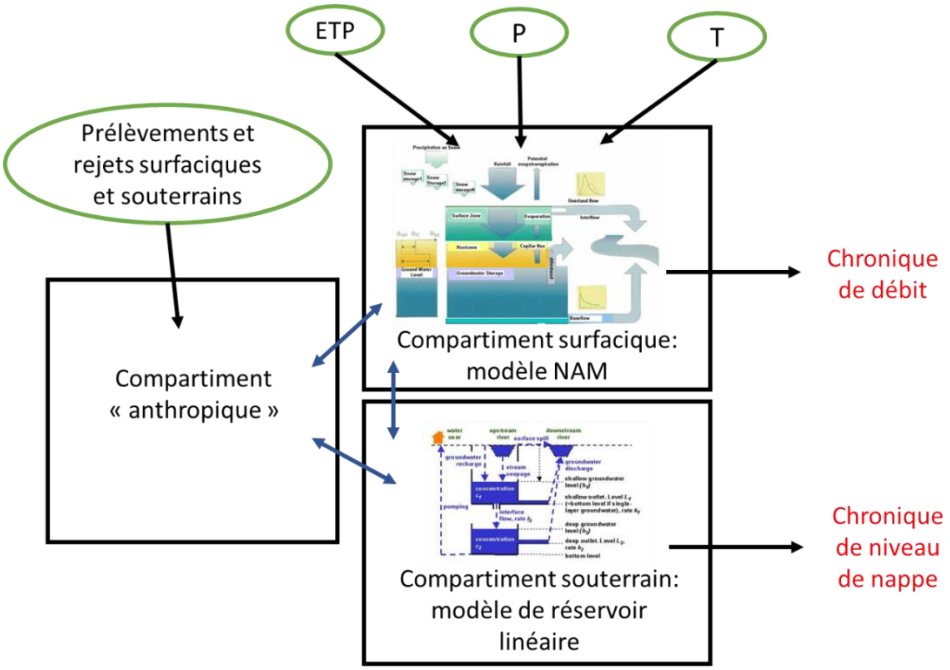


Figure 19 : Représentation schématique de l'architecture de Mike Hydro Basin

4.1.2.2 Calage du modèle : les principes généraux

Le calage du modèle du Foron Rochois et du Nant de Sion reprend celui du Foron du Chablais Genevois. **Plusieurs raisons justifient la reprise du calage du secteur 1 (Foron du Chablais genevois) plutôt que la réalisation d'un nouveau calage :** les deux stations positionnées sur le secteur 3 n'ont pas de chronique suffisamment longue et d'assez bonne qualité pour être utilisées (voir le détail de l'argumentaire $4.3.2 : Analyse comparative des stations hydrométriques).

Le paragraphe suivant décrit les principes généraux de calage, appliqué à la station d'Ambilly (secteur 1).

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** observés ;
- Une reproduction cohérente des **fluctuations de niveau de nappe**[6].
- Un **coefficient de Nash**[7] 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 :

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

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.

[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] 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

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[8].

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.

4.1.2.3 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.

[8] 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.

4.2 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.

Ces chroniques seront utilisées en entrée du modèle hydrologique et seront adaptées pour chaque unité de gestion.

4.2.1 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[9]

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 [10].

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.

Concernant les **stations Météo France**, **les stations utilisées dans la présente étude diffèrent quelquefois de celles du Bilan quantitatif du SAGE Arve qui ont été reprises à l'identique en 2018.** Il avait alors été choisi de s'appuyer sur les données payantes de certaines stations, ayant déjà été récoltées lors de l'étude quantitative globale de 2014. **Or, depuis le 1er janvier 2024, les données Météo France sont libres d'accès.**

Il a donc été possible de comparer avec finesse les chroniques et de prendre en compte l'évolution des caractéristiques des stations depuis 2014. Cela permet également de s'appuyer sur des stations qui existent encore en 2024 et qui ont

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

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

une chance de continuer d'exister. Les démarches et la cohérence en seront facilités lorsque l'étude sera mise à jour.

L'analyse comparative réalisée en 2018 est présentée en annexe au paragraphe $10.2. Les conclusions de ces analyses sont toujours d'actualité, à l'exception près de certaines stations dont les données n'étaient pas encore disponibles au moment de la réalisation de cette étude.

Les emplacements des stations météorologiques considérées sont présentés à la figure suivante.

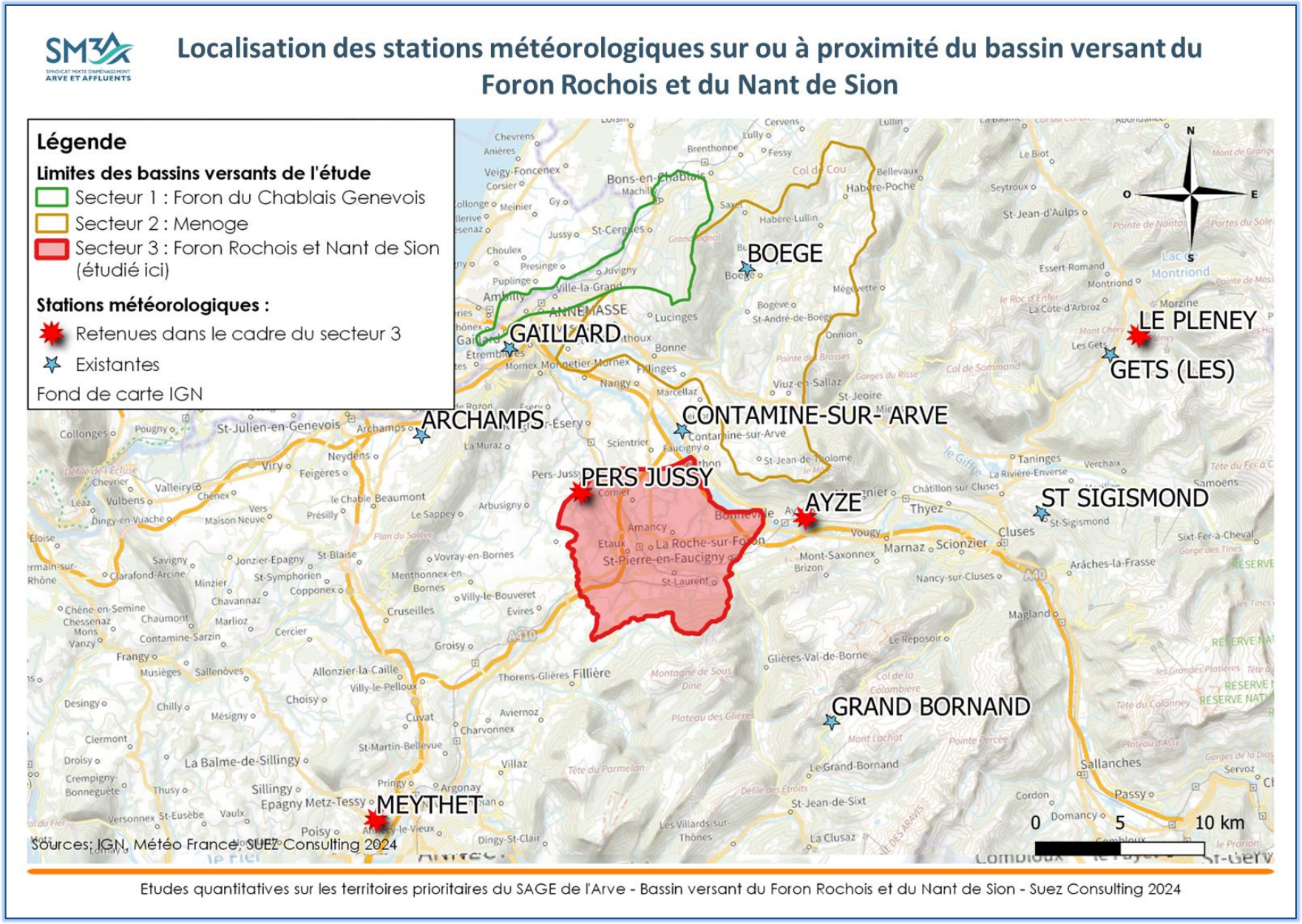


Figure 20 : Stations météorologiques Météo France sur le bassin du Foron Rochois et du Nant de Sion (Sources : IGN, SM3A, Météo France, SUEZ Consulting 2024)

4.2.1.1 Evapotranspiration Potentielle (ETP)

Pour rappel, le calcul de l'ETP tient compte :

- De la température minimale et maximale,
- De la vitesse moyenne du vent,
- De la tension de vapeur moyenne,
- De la durée d'insolation,
- Et du rayonnement global.

Comme lors de l'étude Bilan Quantitatif du SAGE Arve et de la précédente étude quantitative, les données d'évapotranspiration de Meythet (altitude 455m) sont utilisées. Les chroniques réellement mesurées d'ETP de Meythet s'arrêtent en 2016. A partir de cette date, ce sont des valeurs calculées au point de grille le plus proche par Météo France (à partir des autres mesures de la station) qui sont utilisées.

Ce choix est justifié :

- Par le souci de maintenir une comparabilité entre les études qui se succèdent ;
- Car c'est l'une des deux seules stations à posséder des mesures avant 2004 avec Thonon-Inra, et que cette dernière est dans un contexte environnemental totalement différent de celui du bassin versant, sous l'influence du lac Léman ;
- Car bien que les mesures s'arrêtent en 2017, les données d'ETP calculées au point de grille le plus proche sont disponible pour cette même station depuis 2004.

Lors de la précédente étude, les calculs ont été réalisés à partir de l'évapotranspiration décadaire de la station de Meythet. Dans la version actuelle, les valeurs quotidiennes sont utilisées, ce qui induit de légers changements.

L**es valeurs de la station Le Pleney sont elles aussi ajoutées** (altitude 1515 m). Ceci permettra de mettre en perspective les valeurs de Meythet avec celles d'une station en altitude. Ses données sont disponibles sur la période 2004-2023.

Ces deux stations étant chacune relativement éloignées du territoire d'étude et plus ou moins à équidistance, leurs positions ne permettent pas de justifier l'utilisation de la méthode des polygones de Thiessen pour la chronique de modélisation. Une solution plus simple (et donc plus honnête techniquement parlant) pourrait consister à retenir la moyenne des valeurs mesurées au niveau de ces deux stations. C'est ce qui est proposé dans le cadre de la présente étude.

Afin de tenir compte de la corrélation altitude/température, un gradient altitudinal de -0.6°C/100m en temps sec et -0.4°C/100m en temps humide est appliqué aux valeurs de température de la station de Meythet. Ceci permet d'obtenir des valeurs de température plus précises et plus réalistes sur le bassin versant du secteur 3.

Il faut rappeler que les valeurs d'ETP calculées sous-estiment fréquemment l'évapotranspiration réelle.

Les lacunes sont traitées :

- Pour Meythet, en utilisant les valeurs calculées quand il n'y a pas de valeur mesurée. Sinon en utilisant les valeurs de Thonon avant 2004 ; ou celles de Le Pleney après 2004 (4 valeurs utilisées)
- Pour le Pleney en utilisant les valeurs de Meythet.

4.2.1.2 Température

Pour les mêmes raisons que citées précédemment, les chroniques de la station de Meythet sont utilisées dans cette étude comme dans les précédentes. (Comparabilité, chroniques depuis 2000, contexte plus proche de celui du secteur 3 que les deux autres stations aux chroniques complètes).

Cependant contrairement aux précédentes études, **la station d'Archamps ne sera pas conservées car non-seulement ses premières valeurs sont tardives (2009) mais la station a également arrêté de mesurer la température** depuis 2020. Elle n'est donc pas représentative des années récentes et ne permet plus les mises à jour de l'étude.

Elle est remplacée par la station d'Ayze, mieux placée, débutant ses chroniques dès 2007 et toujours en fonctionnement à la date d'aujourd'hui.

Les lacunes sont interpolées lorsqu'elles durent moins de 15 jours. Lorsqu'elles sont plus longues, elles sont comblées par la chronique de la station la plus proche en altitude et en localisation : : Pour Meythet en 2001, Thonon (seule station à avoir des mesures sur cette période). Pour Ayze, Gaillard.

4.2.1.3 Pluviométrie

L'accès libre aux données de Météo-France a permis d'élargir considérablement le choix de stations pour l'étude. Les stations de bonne qualité et représentatives du bassin sont satisfaisantes et suffisantes. Contrairement aux versions précédentes de l'étude, il n'est plus besoin de répéter le processus complexe de comparaison et d'évaluation des chroniques.

La quasi-totalité des stations du territoire présente des chroniques pluviométriques sans lacune sur l'ensemble de la période d'étude.

De plus la pluviométrie présente de forts gradients sur chacun des bassins étudiés (cf. Aurelhy). Pour représenter au mieux cette hétérogénéité, il conviendrait de choisir des stations aux gammes altitudinales variées. La chronique de précipitation finale combinera chacune des stations par la méthode des polygones de Thiessen.

Enfin, il convient d'étudier la pertinence des données d'Archamps dont les mesures se sont arrêtées en 2020. La garder en référence posera un problème lors des mises à jour futures de l'étude. Par ailleurs, Thonon et Meythet sont lointaines comparées aux stations disponibles du territoire.

Il a donc été décidé de :

- Supprimer Archamps qui n'a plus de donnée depuis 2020 ;
- Supprimer Meythet et Boëge qui ne sont pas les mieux placées ;
- Ajouter Ayze (449m) plutôt que La Contamine (452m) (toutes les deux sont très proches et représentant les faibles altitudes mais Ayze est déjà utilisée pour la température. Sa réutilisation permet d'avoir des statistiques plus cohérentes et sa chronique est complète ;
- Ajouter Pers Jussy (750m) qui est sur le territoire et dont la chronique est complète.

4.2.1.4 Synthèse

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

Tableau : Stations météorologiques précédemment utilisées et stations retenues en 2024

	Etude de 2018-2020	Etude de 2024
Evapotranspiration (ETP)	Meythet	Meythet, Le Pleney
Température	Meythet Archamps	Meythet, Ayze
Pluviométrie	Archamps	Pers Jussy Ayze

Pour chaque paramètre, au moins une chronique est disponible sur toute la **période d'analyse (2008-2022)** et toutes proviennent de Météo France. Ces éléments contribuent 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.

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

Tableau 5 : Caractéristiques des stations météorologiques (Source : Météo France, 2024)

Code de la station	Nom	Altitude (m)	Durée totale disponible	Paramètre utilisé dans l'étude	Période utilisée dans l'étude	% de lacunes mesuré sur la période utilisée
74182001	Meythet	455	1970-2024	T	2000-2022	0.7% (63)
				ETP (mesurée et calculée)	2000-2022	0.5% (45 lacunes à la fois dans la chronique mesurée et dans celle calculée)
74191003	Le Pleney	1515	1995 - 2024	ETP calculée	2004-2022	2.4% (166)
74024001	Ayze	449	1938 - 2024	T	2007-2022	0.8% (45)
				P	2000-2022	0%
74211002	Pers-Jussy	740	1998 - 2004	P	2000-2022	0%

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

4.2.2 ANALYSE DES CARACTERISTIQUES ET TENDANCES CLIMATIQUES ACTUELLES

4.2.2.1 La pluviométrie

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.

Elle donne à l'échelle de la France, les précipitations normales sur la période 1971-2000 à la maille du km². Ces données sont représentées sur la figure ci-après pour le bassin versant du Foron Rochois et du Nant de Sion.

A partir de cette carte, plusieurs constats peuvent être faits :

- Un gradient de précipitations Nord-Sud s'observe sur le bassin versant du Foron Rochois et du Nant de Sion.
- La façade Sud du bassin versant est ainsi moins exposée aux précipitations. Ces secteurs reçoivent en moyenne de 600 à 800 mm de pluie par an.
- La façade Nord, reçoit les précipitations les plus importantes. En moyenne, les cumuls pluviométriques atteignent environ 1000 mm par an.

Enfin, il est important de souligner que **la base de données AURELHY a tendance à sous-estimer les valeurs de précipitations en altitude**. Cette carte présente toutefois l'avantage de préciser et localiser les gradients de précipitations.

[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

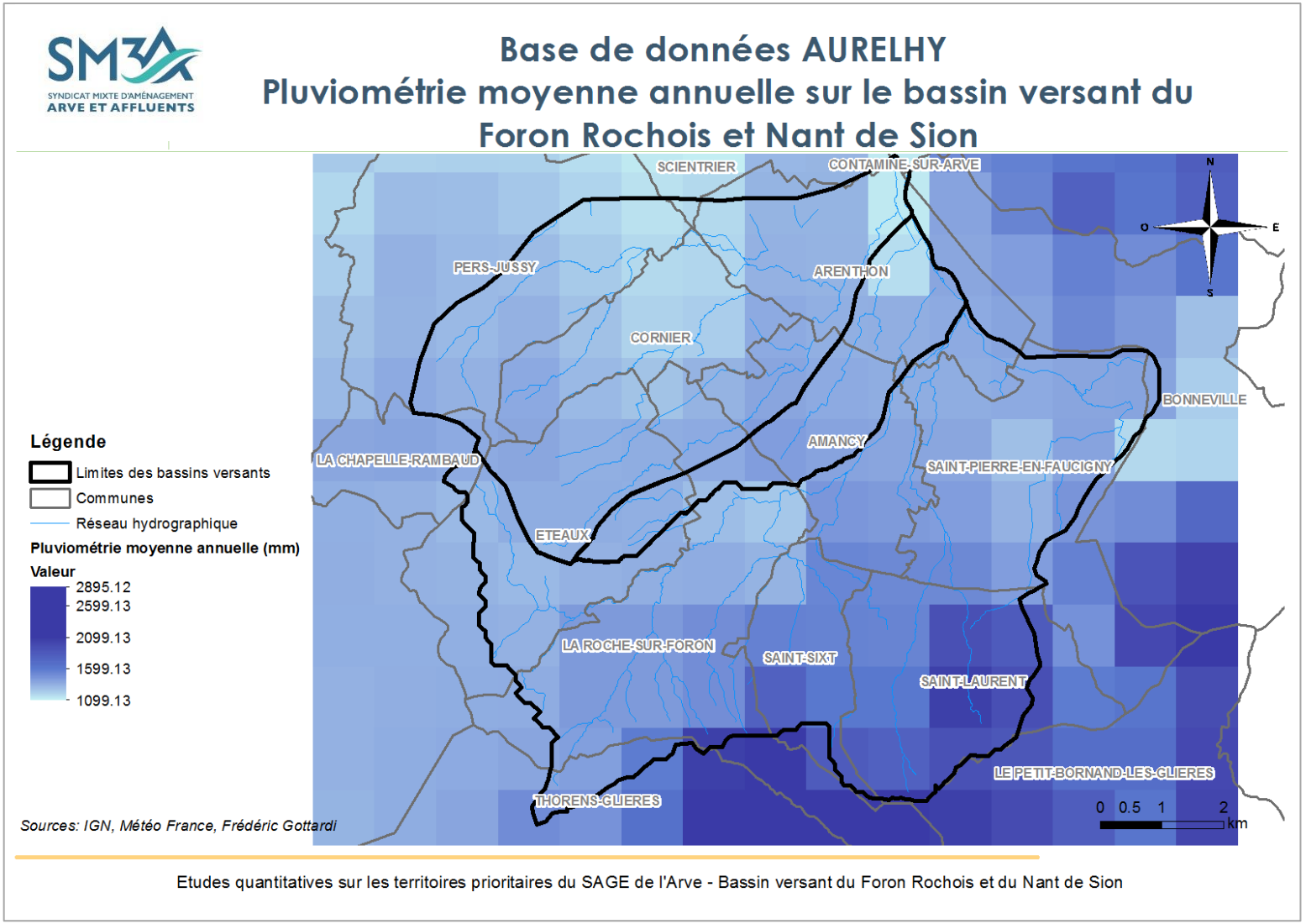


Figure 21 : Pluviométrie moyenne annuelle sur le bassin versant du Foron Rochois et du Nant de Sion (Source : Base de données Aurelhy corrigée, Bilan quantitatif, SAFEGE, 2015)

Les cumuls pluviométriques annuels mesurés aux stations météorologiques de Ayze et Pers-Jussy sont présentés dans le graphique ci-après sur la période 2000-2022.

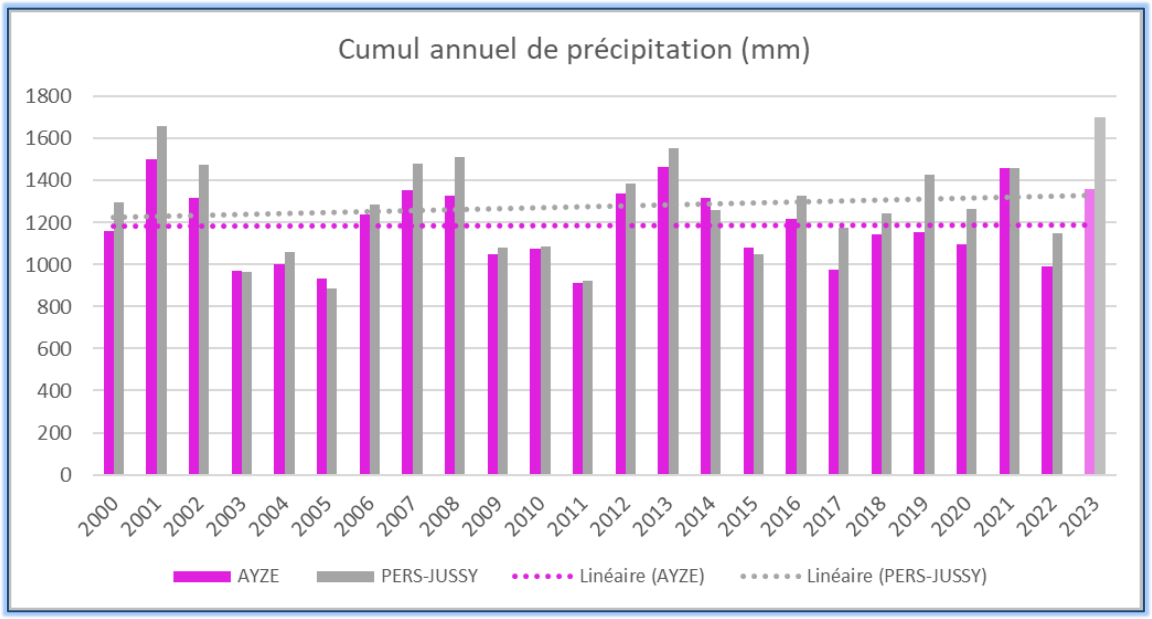


Figure 22 : Cumuls annuels de pluie aux stations d'Ayze et de Pers-Jussy (source : Météo France)

A partir de ces éléments, plusieurs constats peuvent être faits :

- La pluviométrie moyenne annuelle varie entre 888 (Pers-Jussy, 2005) et 1 657 mm (Pers-Jussy, 2001).
- Les années 2003, 2005 et 2011 apparaissent particulièrement sèches avec des cumuls pluviométriques inférieurs à 1 000 mm en moyenne sur les deux stations.
- A l'inverse, les années 2001, 2007, 2008, 2013 et 2021 ressortent comme pluvieuses avec un cumul pluviométrique annuel supérieur à 1 400 mm en moyenne sur les deux stations.

- La station de Pers-Jussy reçoit les précipitations les plus importantes. En effet, elle se situe à 740 m d'altitude contre 450 m pour Ayze.

- Les données de 2023 ne sont pas inclues au calcul des statistiques par souci d'homogénéité avec le volet usage. Le cumul y est de 1 700 mm à Pers Jussy et de 1 359 mm à la station de Ayze.

- Le calcul d'une courbe de tendance sur ces valeurs indique une stabilité voir une légère augmentation au cours de la période analysée.

Le même constat de variabilité interannuel peut être fait à une échelle plus large en considérant l'évolution des précipitations des Alpes du Nord entre 1959 et 2023 telle que présenté ci-dessous par l'Agence Alpine des Territoires (AGATE). Cette tendance doit être considérée avec précaution car elle se base sur des mesures réalisées dans un contexte alpin, qui peut différer de celui des bassins du Foron Rochois et du Nant de Sion.

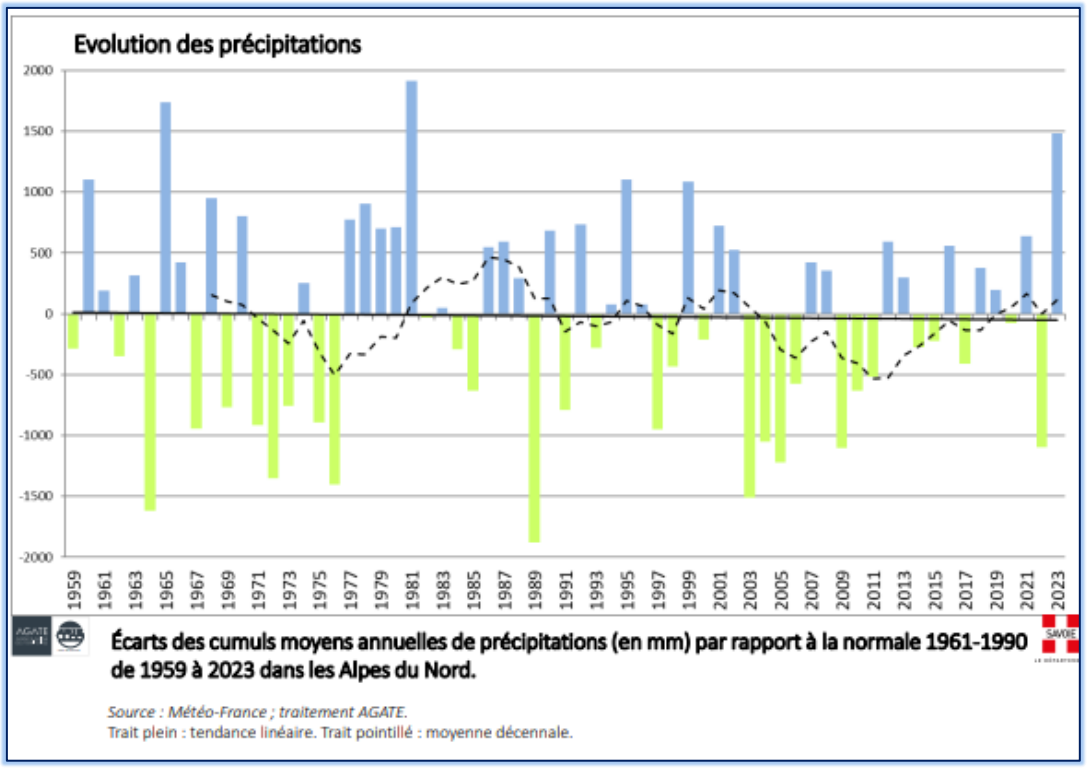


Figure 23 : Evolution des précipitations annuelles dans les Alpes du Nord entre 1959 et 2023 (source : AGATE[12])

De la même manière que précédemment, il ressort du graphique suivant que :

- Les variations mensuelles sont semblables pour les deux stations ;
- Les précipitations moyennes mensuelles sont supérieures à la station de Pers-Jussy par rapport à celles mesurées à Ayze.
- Les précipitations varient mensuellement en moyenne entre 80 mm et 120 mm pour les deux stations sur la période d'étude ;
- En moyenne les précipitations sont plutôt stables à l'année, avec des hivers légèrement plus pluvieux pour la station de Pers-Jussy, et un printemps plus sec pour Ayze.

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

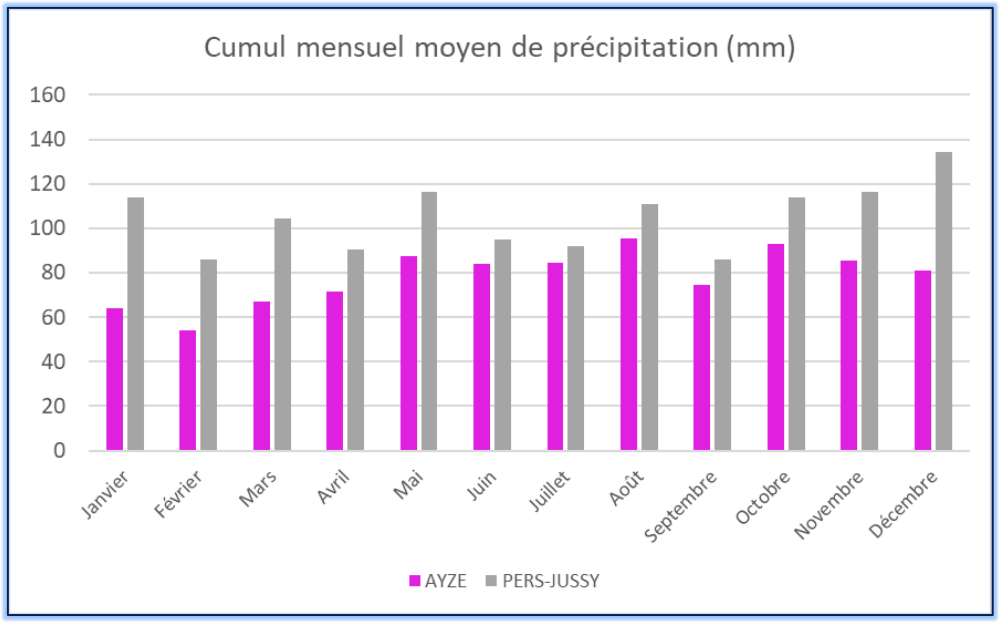


Figure 24 : Moyenne interannuelle des cumuls mensuels de pluie aux stations d'Ayze et de Pers-Jussy sur la période 2000-2022 (Source : Météo-France)

L'analyse des cumuls pluviométriques resserrée sur la période estivale (juillet-septembre) montre une **tendance à la baisse sur la période 2000-2023** (cf. graphique ci-dessous).

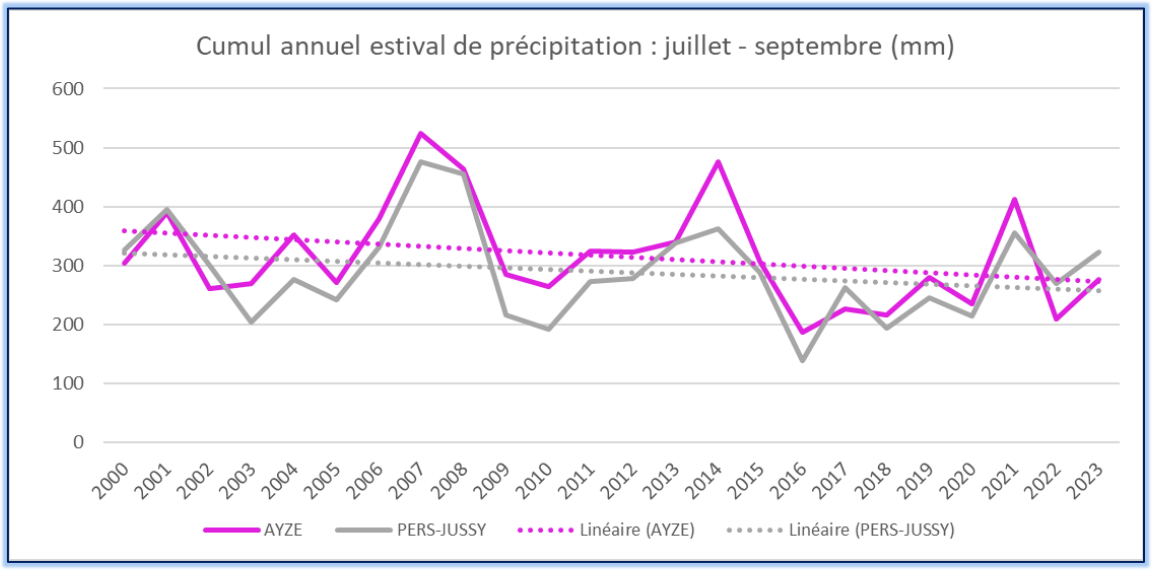


Figure 25 : Evolution des cumuls de précipitations aux stations d'Ayze et de Pers-Jussy entre 2000 et 2023 (Source : Météo France)

Les analyses d'AGATE à l'échelle des alpes du Nord font également ressortir une légère tendance à la baisse pour les précipitations estivales. Cette même tendance est observable pour la période hivernale tandis que les précipitations printanières augmentent. Agate met également en lumière la très forte variabilité interannuelle et infra-annuelle des pluies saisonnières.

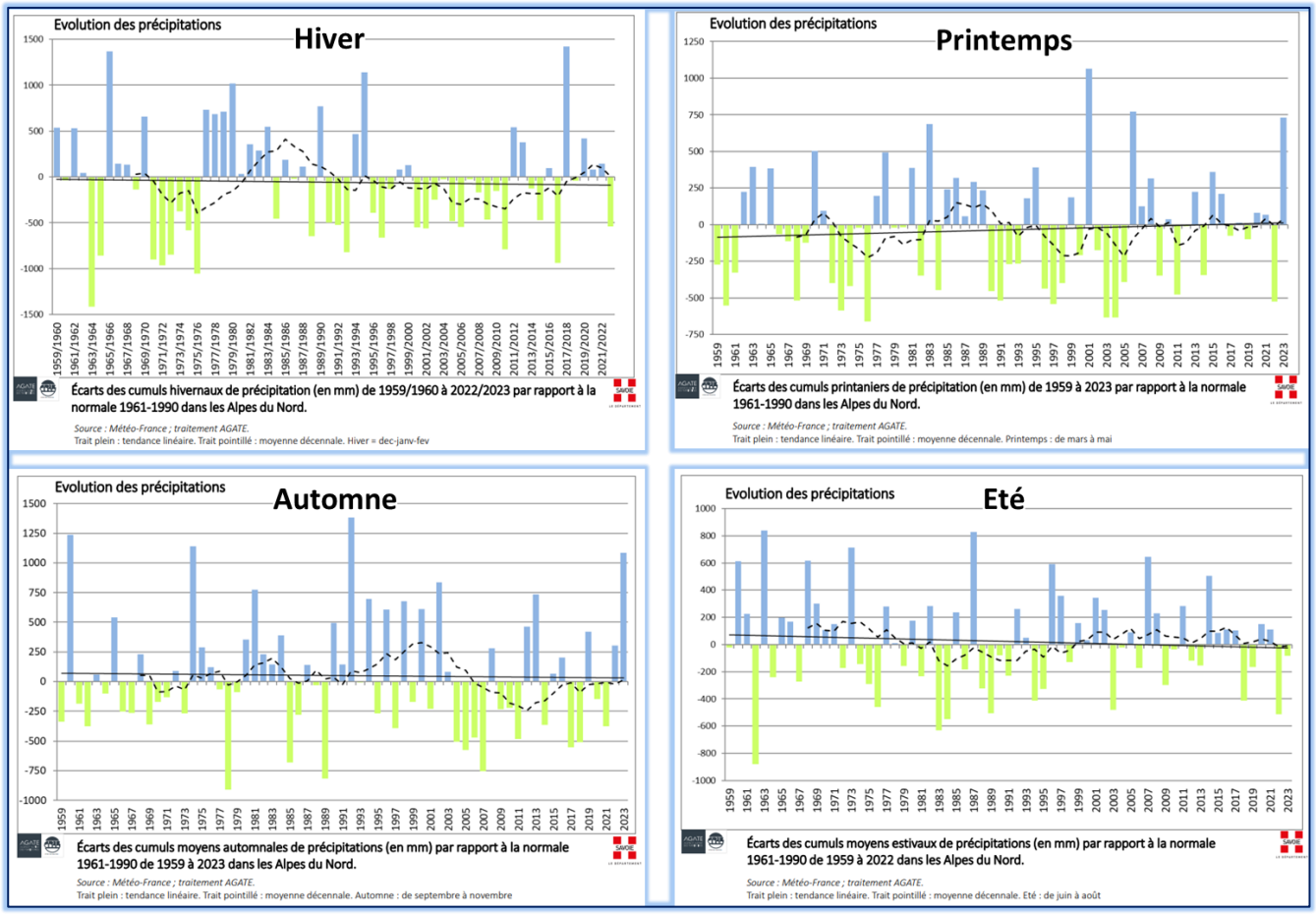


Figure 26 : Evolution saisonnière des écarts de précipitation (en mm) par rapport à la normale 1961 – 1990de 1959 à 2022 dans les Alpes du Nord (Source : AGATE 2023).

Hiver : décembre, janvier, février

Printemps : mars, avril, mai

Automne : septembre, octobre, novembre

Eté : juin, juillet, août

4.2.2.2 La température

Les données de températures ont été appréhendées à partir des stations météorologiques de Meythet sur la période 2000-2022 et Ayze à partir de 2007.

Les températures moyennes annuelles sont représentées sur le graphique de la Figure 27). Elles oscillent entre **9.5 et 12.7** °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 **tendance à la hausse** s'observe sur la période analysée.

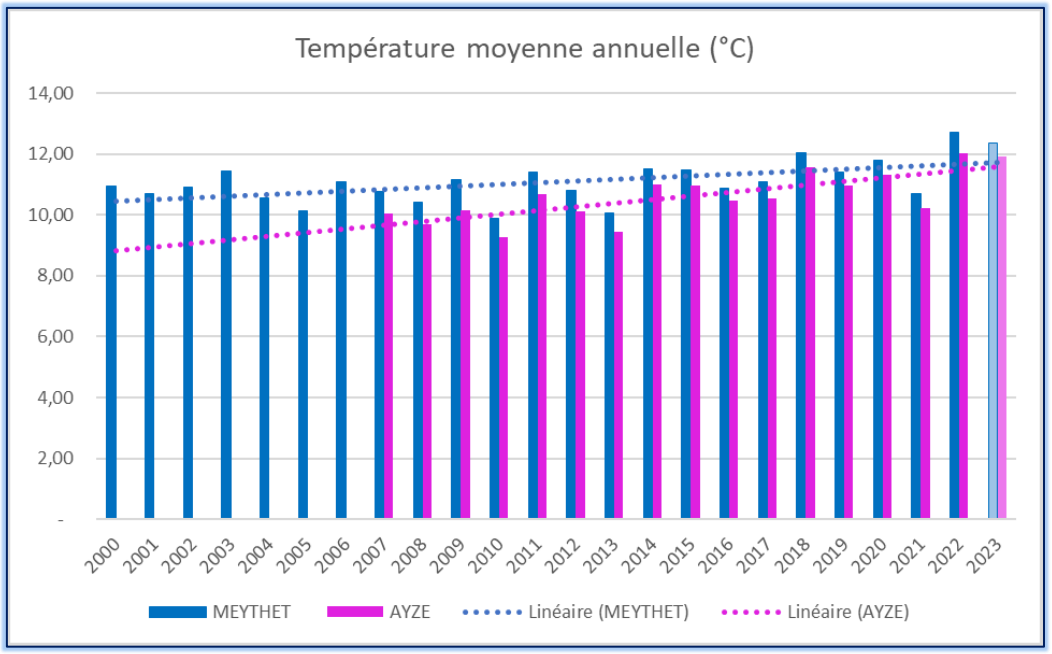


Figure 27 : Température moyenne annuelle aux stations d'Ayze et de Meythet sur la période 2000-2023 (Source : Météo-France)

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 28), 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 : bien que la tendance à la hausse s'applique également, le coefficient d'augmentation peut différer.

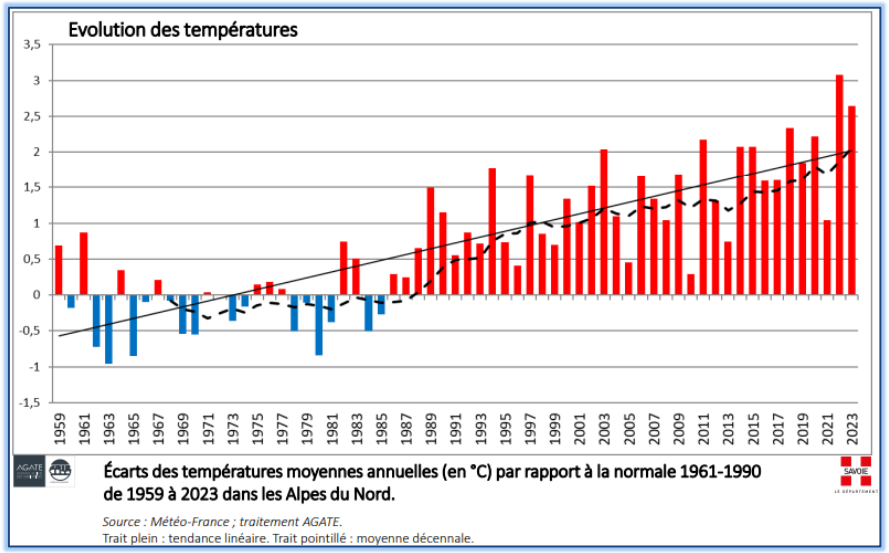


Figure 28 : Evolution des températures annuelles dans les Alpes du Nord entre 1959 et 2023 (source : AGATE[13])

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 figurent ci-dessous. Elles augmentent progressivement à partir du mois de janvier (1,3 C en moyenne sur les deux stations) pour atteindre un maximum en juillet (20,5 en moyenne sur les deux stations).

L'année 2023 n'est pas inclue au calcul des statistiques par souci d'homogénéité avec les autres volets analysés.

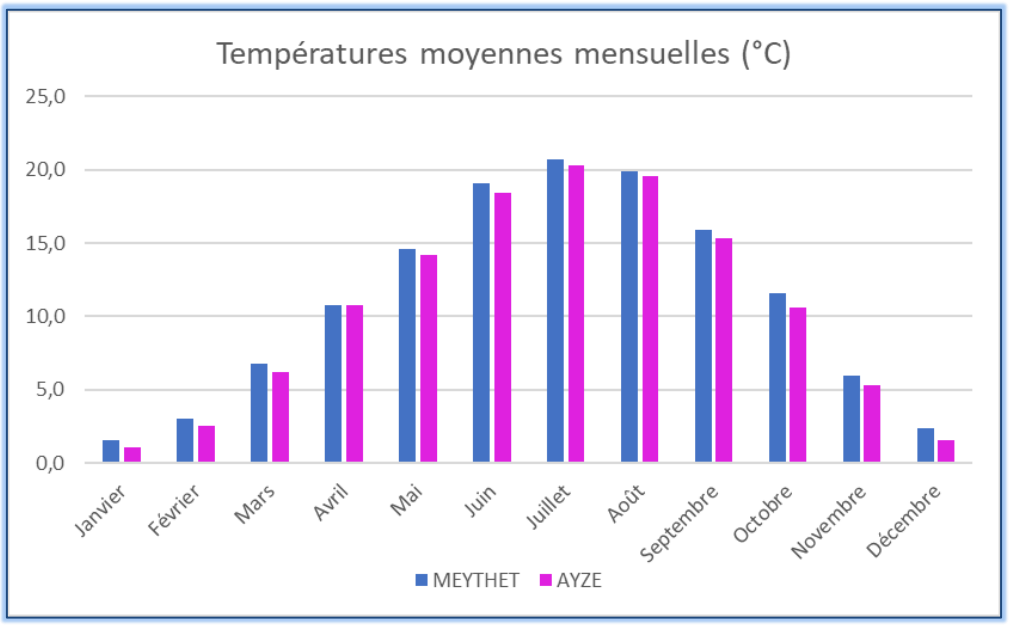


Figure 29 : Températures mensuelles moyennes sur la période 2008-2022 (°C) (Source : Météo-France)

Les analyses saisonnières d'AGATE étayent les conclusions précédentes en justifiant une augmentation marquée des températures quelle que soit la saison, mais d'autant plus forte au printemps et en été.

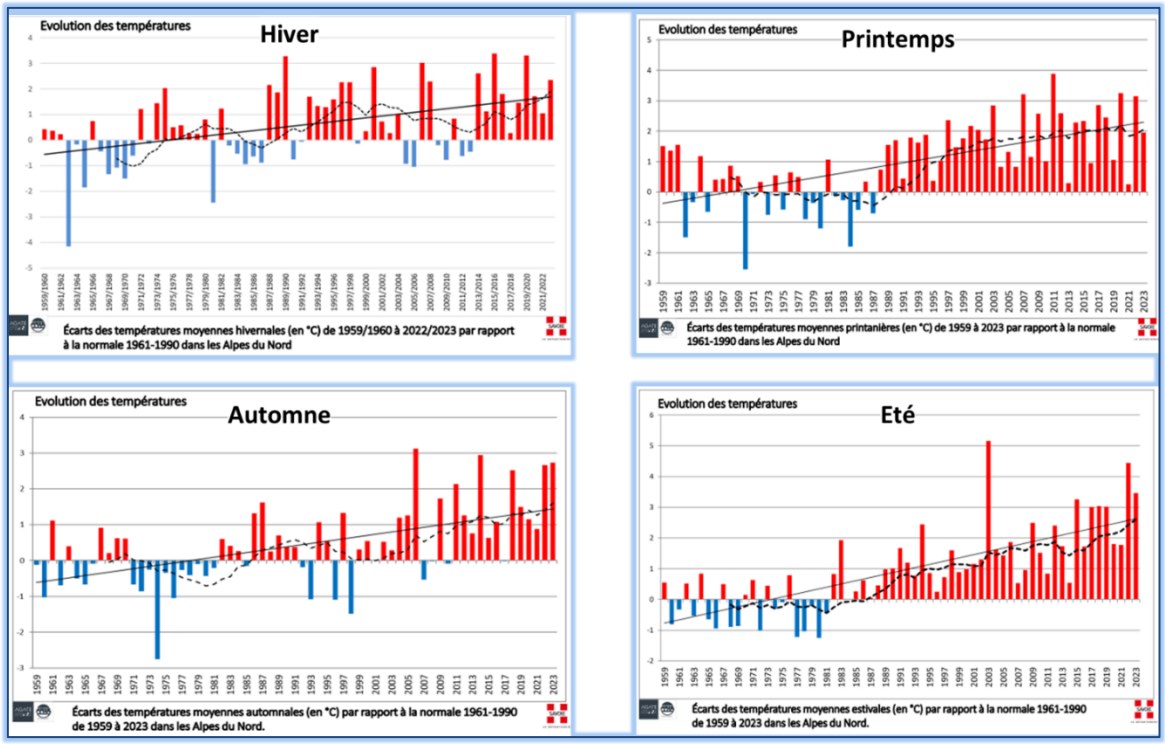


Figure 30 : Evolution saisonnière des écarts de précipitation (en mm) par rapport à la normale 1961 – 1990de 1959 à 2022 dans les Alpes du Nord (Source : AGATE 2023).

Hiver : décembre, janvier, février

Printemps : mars, avril, mai

Automne : septembre, octobre, novembre

Eté : juin, juillet, août

4.2.2.3 L'évapotranspiration potentielle (ETP)

Les données relatives à l'évapotranspiration potentielle (ETP) ont été collectées aux stations Météo France de Meythet et de Le Pleney sur la période 2000-2023. Pour rappel, le calcul de l'ETP tient compte :

- De la température minimale et maximale,
- De la vitesse moyenne du vent,
- De la tension de vapeur d'eau moyenne,
- De la durée d'insolation,
- Et du rayonnement global.

Lors de la précédente étude, les calculs ont été réalisés à partir de l'évapotranspiration décadaire de la station de Meythet. Dans la version actuelle, les valeurs quotidiennes sont utilisées, ce qui induit de légers changements.

Par ailleurs en plus de l'ETP mesurée, l'étude actuelle s'appuie sur l'ETP calculée de Météo France. En particulier les chroniques mesurées de Meythet s'arrêtent en 2016, date à partir de laquelle les valeurs calculées sont utilisées. Les chroniques de Le Pleney sont quant à elles calculées sur toute la période

étudiée. Il faut rappeler que **les valeurs d'ETP calculées sous-estiment fréquemment l'évapotranspiration réelle, par rapport aux données mesurées.**

Enfin, des lacunes sont ponctuellement présentes dans les données des deux stations. Elles sont comblées par les données de la station météorologique la plus proche en distance et en altitude.

Le graphique ci-après présente l'ETP annuelle de 2000-2023 pour les stations météorologiques de Meythet et du Pleney. On observe une tendance à la hausse de ce paramètre. A l'instar de l'évolution des précipitations, cette tendance à la hausse pourrait impacter les débits des cours d'eau.

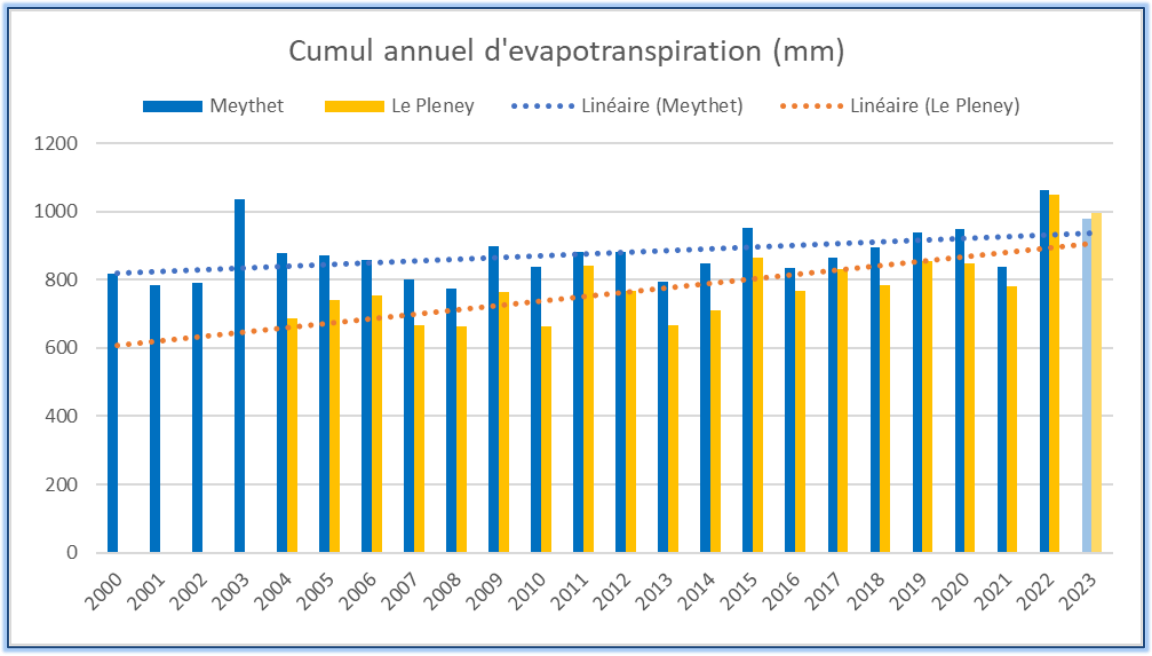


Figure 31 : ETP annuelle mesurée aux stations de Meythet et Le Pleney sur la période 2000-2023 (Source : Météo France, Suez Consulting 2024)

Les valeurs d'ETP-oscillent en moyenne entre 660 (Le Pleney, 2008) et 1060 (Meythet, 2022). Les années 2003 et 2022 se caractérisent par une valeur d'ETP élevée, franchissant 1000 mm.

L'année 2023 n'est pas inclue au calcul des statistiques par souci d'homogénéité avec les autres volets analysés. L'ETP y est de 979 mm au Meythet et de 997 à le Pleney. Ces valeurs sont comparables à celle obtenues les autres années.

Les valeurs d'ETP mensuelles moyennes calculées sur la période 2000-2022 figurent sur le graphique suivant :

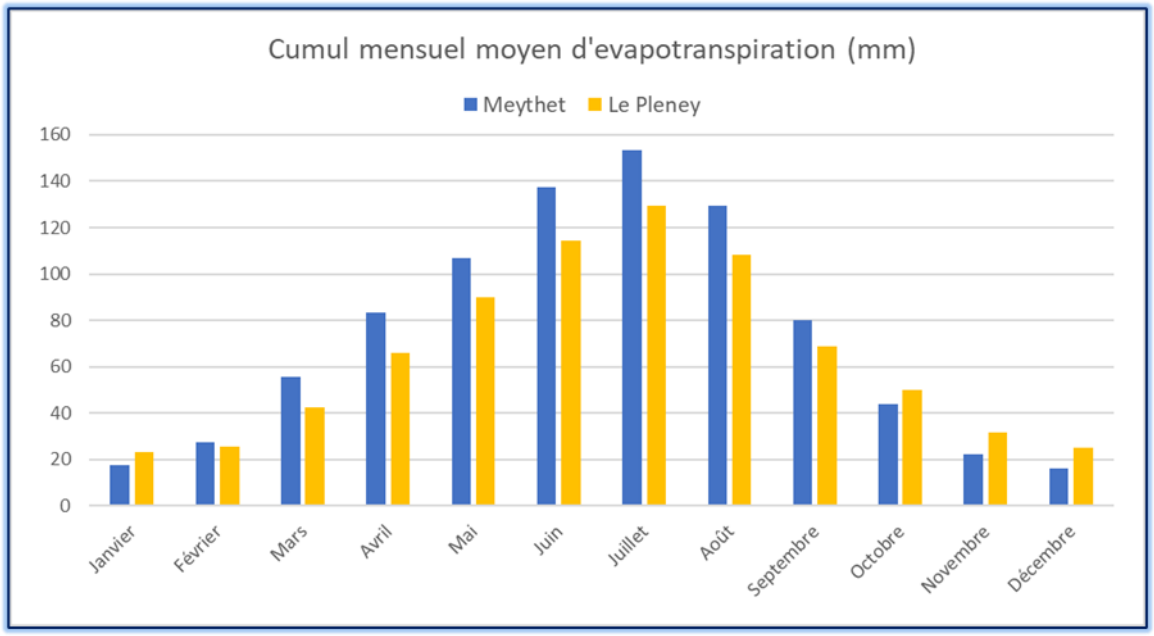


Figure 32 : ETP moyennes mensuelles calculées sur la période 2000-2022 (Source : Météo-France)

Les valeurs d'ETP augmentent à partir du mois de janvier à partir de 18 mm (Meythet) jusqu'à atteindre un maximum en juillet à 153 mm (Meythet). Elles décroissent ensuite sur le reste de l'année avec une rupture nette en septembre et en novembre.

4.3 COLLECTE ET TRAITEMENT DES DONNEES HYDROLOGIQUES

4.3.1 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 (2015) identifie 3 secteurs d'assecs sur le territoire du Foron Rochois et du Nant de Sion (cf. Figure 33).

- 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**.

Depuis 2018, le SM3A et ses partenaires mènent chaque année au moins une campagne de jaugeages ponctuels sur les cours d'eau du secteur 3. Les assecs observés viennent compléter la cartographie issue du Bilan quantitatif.

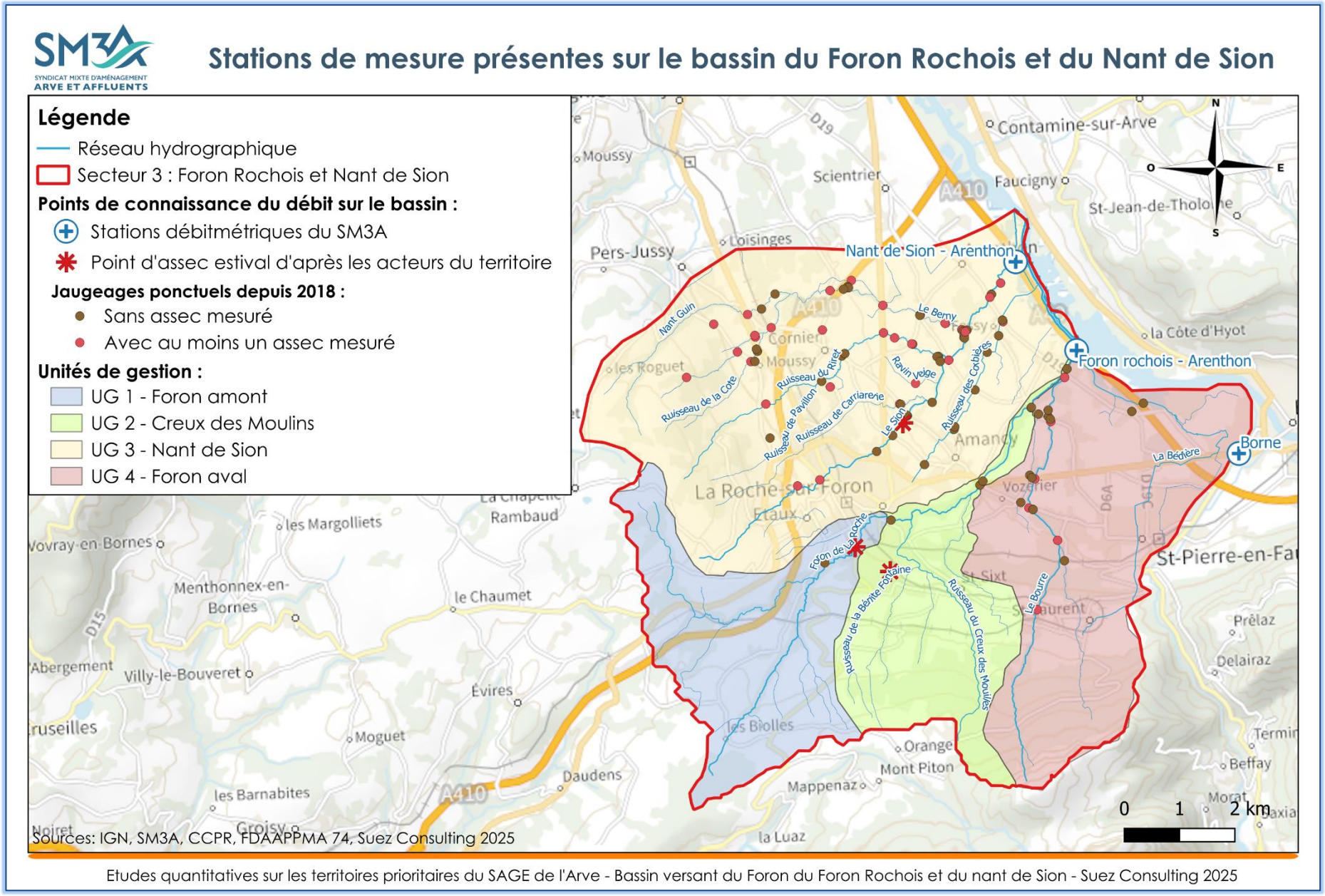


Figure 33: Localisation des stations hydrométriques et des jaugeages ponctuels sur le bassin versant du Foron Rochois et du Nant de Sion (Source : SM3A, GEODEFIS, FDAAPPMA74, 2025)

4.3.2 ANALYSE COMPARATIVE DES STATIONS HYDROMETRIQUES

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.

- La première station se situe **sur le Foron de la Roche** au niveau du lieu-dit Les Chars sur la commune d'Arenthon. Elle se trouve au niveau du pont de l'A40, en amont de la confluence du Foron de la Roche avec l'Arve.
- La deuxième station se trouve **sur le Nant de Sion** au niveau du lieu-dit « Les Sablons » sur la commune d'Arenthon. Elle se situe également au niveau du pont de l'A40, en amont de la confluence du Nant de Sion avec l'Arve.

Ces stations permanentes ont pour objectif d'améliorer les connaissances des cours d'eau, notamment des débits à l'étiage.

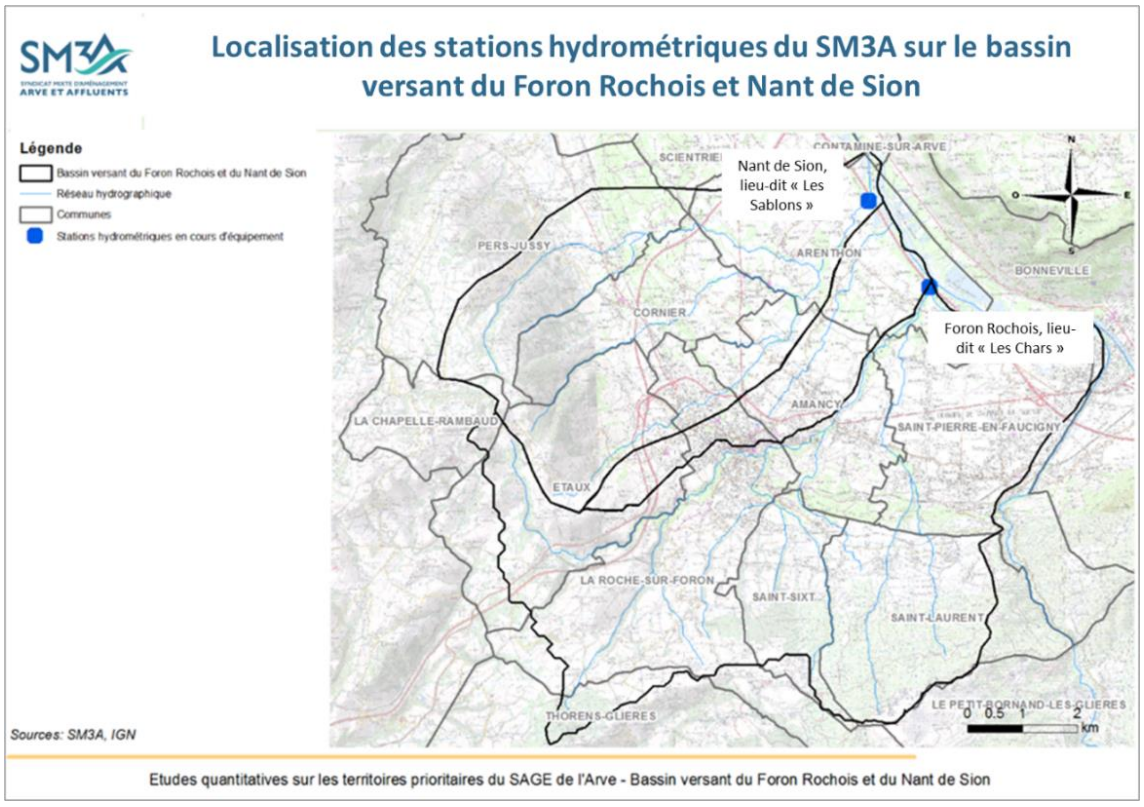


Figure 34: Localisation des stations hydrométriques en cours d'équipement sur le bassin versant du Foron Rochois et Nant de Sion, 2024 (Source : SM3A)

Depuis le 21 avril 2023, des travaux ont modifié la géométrie du Foron Rochois à Arenthon. A partir de cette date, les débits ne seront pas analysés. Actuellement, de nouvelles mesures sont en cours pour définir une nouvelle équation reliant la hauteur et le débit.

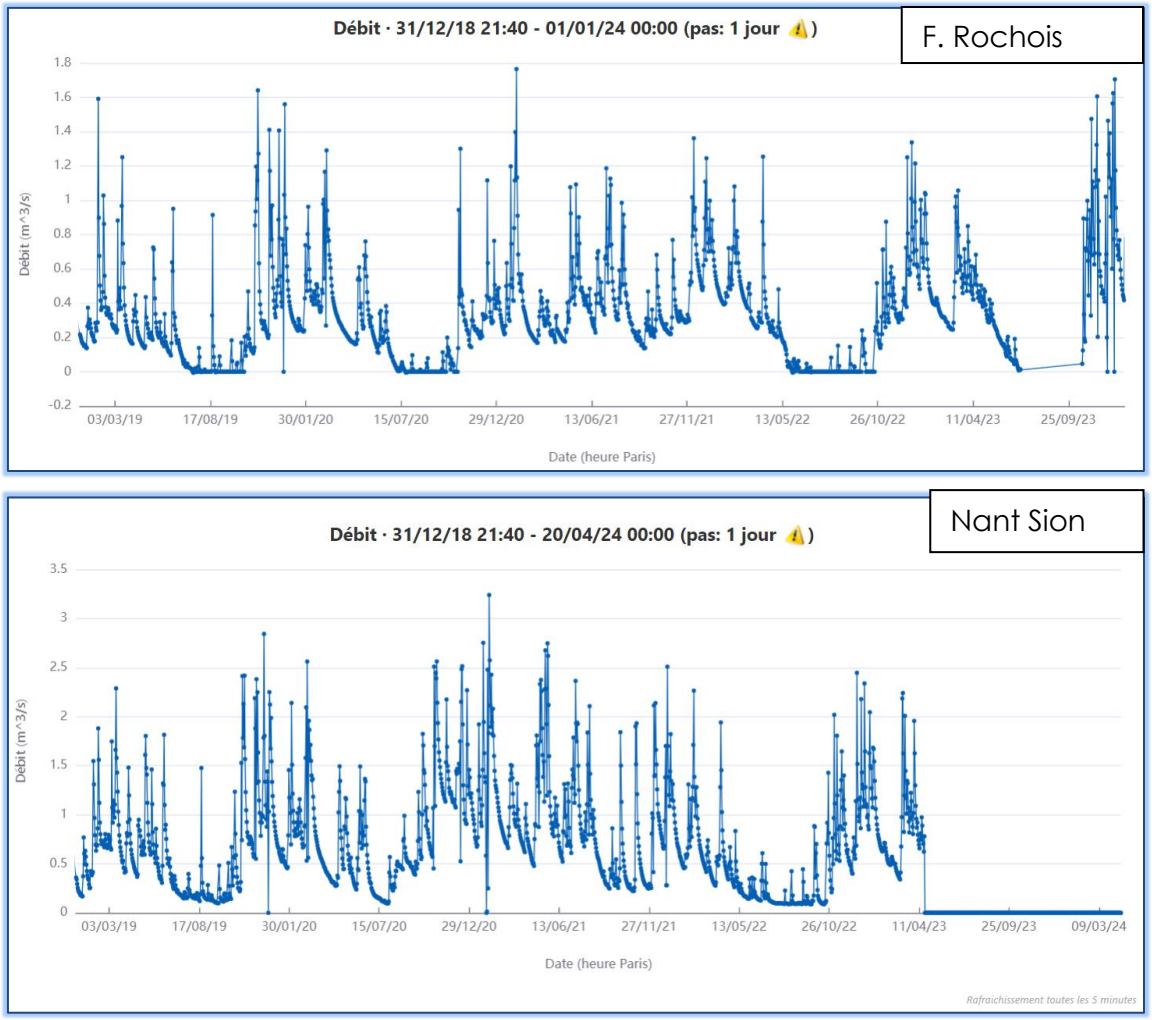


Figure 35 : Chroniques de débit au pas de temps journalier mesurées à la station du Foron Rochois à Arenthon (haut) et du Nant de Sion à Arenthon (bas) (m^3/s) du 01/01/2019 au 31/12/2023

Plusieurs raisons justifient la reprise du calage du secteur 1 (Foron du Chablais genevois) plutôt que la réalisation d'un calage à partir de ces deux stations :

- Les données de la station positionnée sur le Nant de Sion ne sont pas fiables : la station a des soucis de transport solide qui gênent l'acquisition de donnée, et la chronique comporte de très nombreuses lacunes (plus de 100 en 2018) ;
- La chronique pour le Foron de la Roche reste courte : 2018-2022 ;
- La fiabilité de la transformation hauteur/débit est critiquable sur cette période ;
- La station du Foron est située en aval de la confluence Foron/Brachouet, cours d'eau ayant un fonctionnement très différent : en été le Foron a un débit très faible, voire des assecs tandis que le Brachouet, alimenté par la Nappe du Cône du Borne, a des écoulements soutenus. En conséquence elle n'est vraiment représentative ni du bassin de l'un, ni de celui de l'autre.

Leur valorisation se limitera donc à la validation du modèle hydrologique et 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 station était donc située à environ 1 kilomètre en amont de la station actuelle du SM3A. 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.

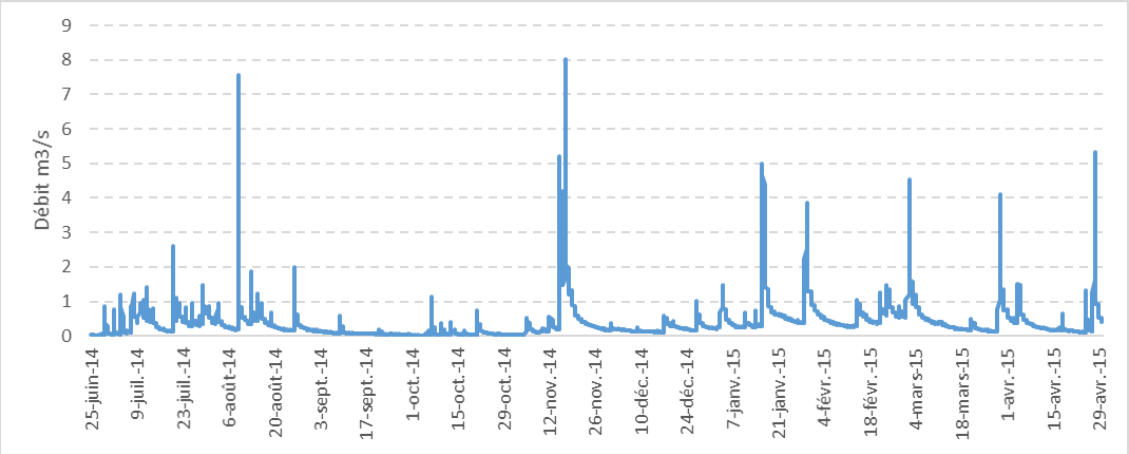


Figure 36 : Chronique de débits journaliers sur le Nant de Sion du 25 juin 2014 au 30 avril 2015 (Source : FDAAPPMA 74)

4.3.3 *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.

Le tableau ci-dessous récapitule les Jaugeages menés par le SM3A et ses partenaires (Geodefis, ATEAU, Gestion Hydro) depuis 2018.

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

Code du SM3A	Libellé du jaugeage	Nombres de jaugeages entre 2008 et 2023	Premier jaugeage	Dernier jaugeage	UG associable
3_01	Foron Rochois amont	8	02/08/2018	01/08/2023	UG 1 - Foron amont
3_02	ZU de la Roche sur Foron	8	01/08/2018	01/08/2023	UG 2 - Creux des Moulins
3_03	le Bourre_1 amont	8	02/08/2018	01/08/2023	UG 4 - Foron aval
3_04	Ruisseau de la Restat	8	02/08/2018	01/08/2023	UG 4 - Foron aval
3_05	Le Bourre_2 aval	7	02/08/2018	01/08/2023	UG 4 - Foron aval
3_06	Foron Rochois aval	9	02/08/2018	01/08/2023	UG 2 - Creux des Moulins
3_07	Franchissement de l'A40 Brachouet	4	02/08/2018	19/07/2019	UG 4 - Foron aval
3_08	Ruisseau de la Mouille	6	01/08/2018	28/07/2023	UG 3 - Nant de Sion
3_09	Nant de Sion amont	12	01/08/2018	28/07/2023	UG 3 - Nant de Sion
3_10	Berny aval	14	01/08/2018	28/07/2023	UG 3 - Nant de Sion
3_11	Madeleine aval	11	01/08/2018	28/07/2023	UG 3 - Nant de Sion
3_12	Le Bourre_3 médian RD6 Amancy	8	02/08/2018	01/08/2023	UG 4 - Foron aval
3_13	Nant Sion amont (Thiozard amont)	6	01/08/2018	28/07/2023	UG 3 - Nant de Sion
3_14	Ruisseau le Chantemerle	5	01/08/2018	28/07/2023	UG 3 - Nant de Sion
3_15	Le Berny	6	01/08/2018	28/07/2023	UG 3 - Nant de Sion
4_03	Nant Sion amont (Thiozard aval)	1	01/08/2018	01/08/2018	UG 3 - Nant de Sion
4_05	Madeleine avant conf Nant Sion	2	12/07/2019	10/10/2020	UG 3 - Nant de Sion
4_07	Brachouet avant conf Foron	3	02/08/2018	09/09/2020	UG 2 - Creux des Moulins
Aval 3_11	Madeleine (aval)	2	01/08/2018	01/08/2018	UG 3 - Nant de Sion
C1	C1	1	03/10/2018	03/10/2018	UG 3 - Nant de Sion
C2	C2	1	03/10/2018	03/10/2018	UG 4 - Foron aval
C3	C3	1	03/10/2018	03/10/2018	UG 4 - Foron aval
C5	C5	1	03/10/2018	03/10/2018	UG 4 - Foron aval
C6	C6	2	03/10/2018	12/12/2018	UG 4 - Foron aval
C7	C7	1	03/10/2018	03/10/2018	UG 2 - Creux des Moulins
C8	C8	2	03/10/2018	12/12/2018	UG 2 - Creux des Moulins
	affluent Berny (amont)	1	01/08/2018	01/08/2018	UG 3 - Nant de Sion
	affluent Berny (médian)	2	01/08/2018	01/08/2018	UG 3 - Nant de Sion
	affluent Brachouet	1	02/08/2018	02/08/2018	UG 4 - Foron aval
	affluent Chantemerle	4	01/08/2018	01/08/2018	UG 3 - Nant de Sion
	affluent Madeleine	2	01/08/2018	01/08/2018	UG 3 - Nant de Sion
	affluent Thiozard	1	01/08/2018	01/08/2018	UG 3 - Nant de Sion
	Berny amont	5	01/08/2018	23/06/2020	UG 3 - Nant de Sion
	Berny médian	4	01/08/2018	21/07/2020	UG 3 - Nant de Sion
	Bourre amont	2	30/01/2020	26/05/2020	UG 4 - Foron aval

Code du SM3A	Libellé du jaugeage	Nombres de jaugeages entre 2008 et 2023	Premier jaugeage	Dernier jaugeage	UG associable
	Bourre aval	3	30/01/2020	21/07/2020	UG 4 - Foron aval
	Brachouet aval	1	21/07/2020	21/07/2020	UG 4 - Foron aval
	Chantemerle (amont)	4	01/08/2018	01/08/2018	UG 3 - Nant de Sion
	Foron amont	3	30/01/2020	21/07/2020	UG 2 - Creux des Moulins
	Foron aval	4	30/01/2020	21/07/2020	UG 2 - Creux des Moulins
	Foron aval station SM3A	1	26/05/2020	26/05/2020	UG 2 - Creux des Moulins
	Foron Rochois point RD1203	1	20/04/2021	20/04/2021	UG 2 - Creux des Moulins
	Foron Rochois pont Fernolay	1	20/04/2021	20/04/2021	UG 2 - Creux des Moulins
	Foron station SM3A	18	21/07/2020	04/09/2023	UG 2 - Creux des Moulins
	le Bourre aval (branche Est)	1	02/08/2018	02/08/2018	UG 4 - Foron aval
	le Bourre aval (branche ouest)	1	02/08/2018	02/08/2018	UG 4 - Foron aval
	le Bourre médian (branche est)	1	02/08/2018	02/08/2018	UG 4 - Foron aval
	le Bourre médian (branche ouest)	1	02/08/2018	02/08/2018	UG 4 - Foron aval
	Madeleine (médian)	1	01/08/2018	01/08/2018	UG 3 - Nant de Sion
	Madeleine amont	5	01/08/2018	21/07/2020	UG 3 - Nant de Sion
	Madeleine médian	1	01/08/2018	01/08/2018	UG 3 - Nant de Sion
	Mouille amont	5	01/08/2018	21/07/2020	UG 3 - Nant de Sion
	Mouille aval	4	01/08/2018	21/07/2020	UG 3 - Nant de Sion
	Mouille médian	2	01/08/2018	01/08/2018	UG 3 - Nant de Sion
	Nant de Sion amont Berny	2	23/06/2020	21/07/2020	UG 3 - Nant de Sion
	Nant de Sion aval	5	01/08/2018	21/07/2020	UG 3 - Nant de Sion
	Nant de Sion aval Berny	1	23/06/2020	23/06/2020	UG 3 - Nant de Sion
	Nant de Sion médian	3	01/08/2018	21/07/2020	UG 3 - Nant de Sion
	Nant de Sion station SM3A	21	26/05/2020	30/08/2023	UG 3 - Nant de Sion
	Thiozard amont	1	01/08/2018	01/08/2018	UG 3 - Nant de Sion
	Thiozard aval	2	01/08/2018	01/08/2018	UG 3 - Nant de Sion
	Thiozard médian	1	01/08/2018	01/08/2018	UG 3 - Nant de Sion
	Veige	4	01/08/2018	21/07/2020	UG 3 - Nant de Sion
		0	00/01/1900	00/01/1900	UG 4 - Foron aval

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.

On observe cependant que la plupart des **jaugeages du SM3A** ont été réalisés de manière simultanée sur l'ensemble du bassin versant au cours de 12 campagnes. Ils peuvent être valorisés en tant que **jaugeages différentiels** dans le cadre d'une analyse des relations nappe-rivière[14].

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

Dans le cadre de la présente étude, 12 campagnes de jaugeages ont été réalisées 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	Nb de mesures
1	Basses eaux (début été)	1et 2 août 2018	GEODEFIS	61
2	Basses eaux (fin été)	3 octobre 2018	GEODEFIS	19
3	Moyennes eaux	12 et 13 décembre 2018	GEODEFIS	14
4	Basses eaux (début été)	18-19 juillet 2019	SM3A	8
5	Hautes eaux (milieu hivers)	30 janvier 2020	GEODEFIS, SM3A	12
6		26 mai 2020	GEODEFIS, SM3A	15
7		23 juin 2020		7
8	Basses eaux (début été)	21 juillet 2020	GEODEFIS, SM3A	18
9		9 et 10 septembre 2020	SM3A	12
10		9 septembre 2021	SM3A	14
11	Basses eaux	28 juillet 2022	SM3A	14
12	Basses eaux	28 juillet et 01 août 2023	SM3A	14

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 détaillées dans une note spécifique annexée au présent rapport

[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.

(cf. Annexe 3, 4 et 5) et ont notamment servi à appréhender les relations nappe/rivière du bassin versant.

4.3.5 RECENSEMENT DES AUTRES DONNEES HYDROMETRIQUES DISPONIBLES

4.3.5.1 Cartographie des débits caractéristiques[15]

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[16] en 2012.

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.

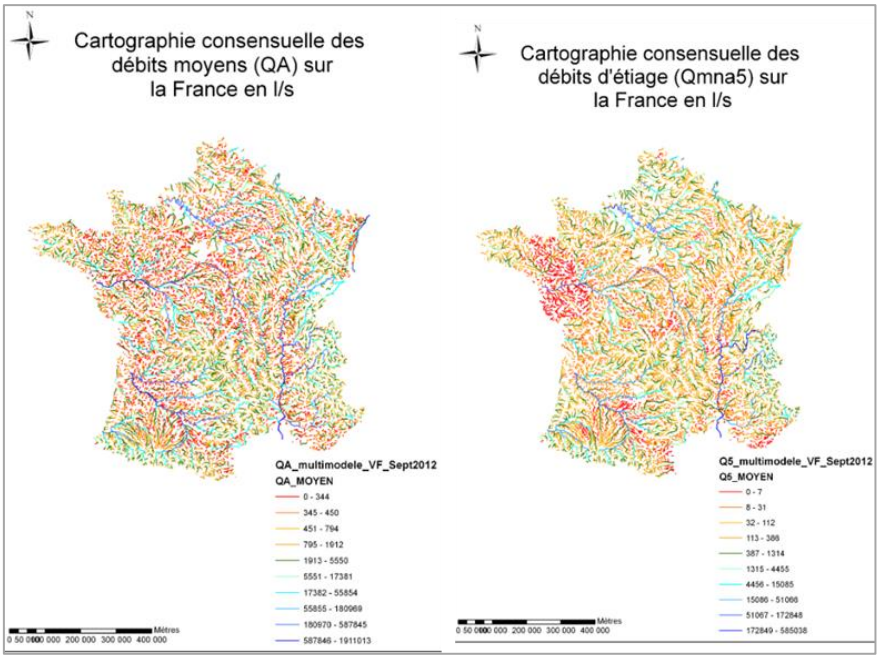


Figure 37 : Présentation des cartographies consensuelles des débits caractéristiques réalisées par l'IRSTEA et l'OFB (Source : IRSTEA)

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

[16] 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

4.3.6 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 2022, **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 2022 ✓	Influencé	Utilisé pour le calage du secteur 1, repris ici
SM3A	Débits journaliers aux stations Nant de Sion et Foron Rochois à Arenthon (pont A40) de 13/07/2018 à 2022 ✓	Influencé	Pour comparaison
	Campagne de jaugeages 2019-2023✓	Influencé	Pour comparaison
	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	Pour comparaison
IRSTEA	Cartographie des débits caractéristiques reconstitués (QMNA5 et module) ✓	Désinfluencé	Pour comparaison
FD Pêche 74	Chronique hydrométrique sur la partie aval du Nant de Sion de 2014 à 2015	Influencé	Pour comparaison

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

4.4.1 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 2022, 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.

4.4.1.1 Introduction

Comme indiqué au paragraphe 4.3.6, **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 **modèle 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. Les unités de gestion correspondant à des bassins versants se cumulant, les usages de l'UG 2 englobent ceux de l'UG 1 située en amont, tout comme les usages de l'UG 4 comprennent ceux des UG 1 et 2.
- 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.

La chronique d'usage utilisée ne doit comprendre que ceux exerçant une influence sur l'hydrologie des cours d'eau. En conséquence, le bilan des usages de phase 2 est **trié pour exclure les prélèvements en nappe profonde**, liés à des ressources indépendantes du territoire. Un arbitrage mené entre le SM3A et le bureau d'étude a conduit à exclure du bilan des usages les forages puisant dans la nappe du Cône du Borne, alimentée par infiltration du Borne sans avoir d'impact sur le cours d'eau. Les volumes de la source de Bajolet, du forage Passeirier et de La Ferme Blandet sont donc supprimés.

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.

4.4.1.2 Utilisation du modèle calé sur le Foron du Chablais Genevois

4.4.1.2.1 Nant de Sion

Le modèle calé sur le Foron du Chablais Genevois à Ambilly a été repris pour modéliser l'unité de gestion 3 (en ajustant la surface et les usages pour bien représenter le bassin versant).

Les résultats du modèle pour l'UG 3 peuvent être évalués qualitativement grâce :

- Aux chroniques de la fédération de pêche de Haute-Savoie sur l'année 2014 ;
- Aux chroniques de la station SM3A du Nant de Sion à Arenthon ;
- Aux jaugeages ponctuels compilés depuis 2018.

Aucune de ces deux chroniques ne comprennent les débits du Ruisseau de la Mouille, pourtant inclus dans l'UG3. Une partie des différences entre les sorties du modèle et les chroniques examinées proviennent donc de la prise en compte d'un bassin versant plus grand dans le modèle.

Comparaison du modèle avec les chroniques de débit de la fédération de pêche de Haute-Savoie en 2014

Les figures suivantes permettent de comparer la chronique modélisée de l'UG 3 à celle de la Fédération de pêche de la Haute-Savoie entre 2014 et 2015.

On observe que les débits les plus faibles semblent surestimés par le modèle.

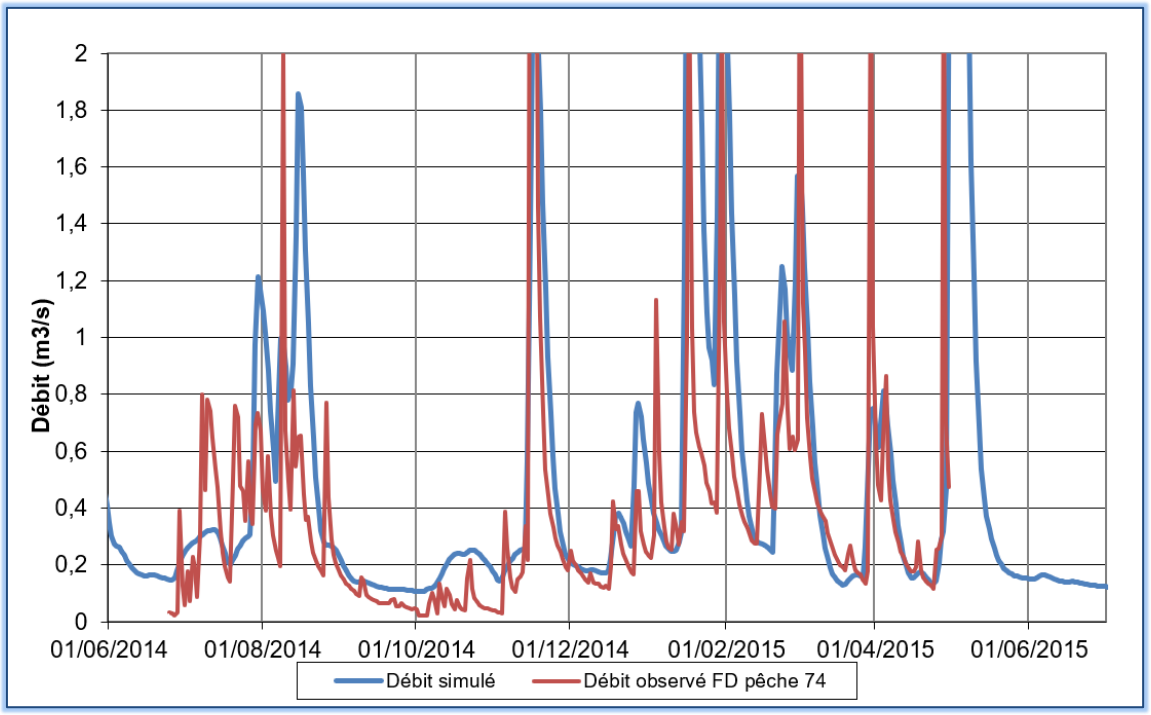


Figure 38 : Comparaison des chroniques de débits journaliers observée et simulée entre 2014 et 2015 (Source : FDAAPPMA 74, SUEZ Consulting 2025)

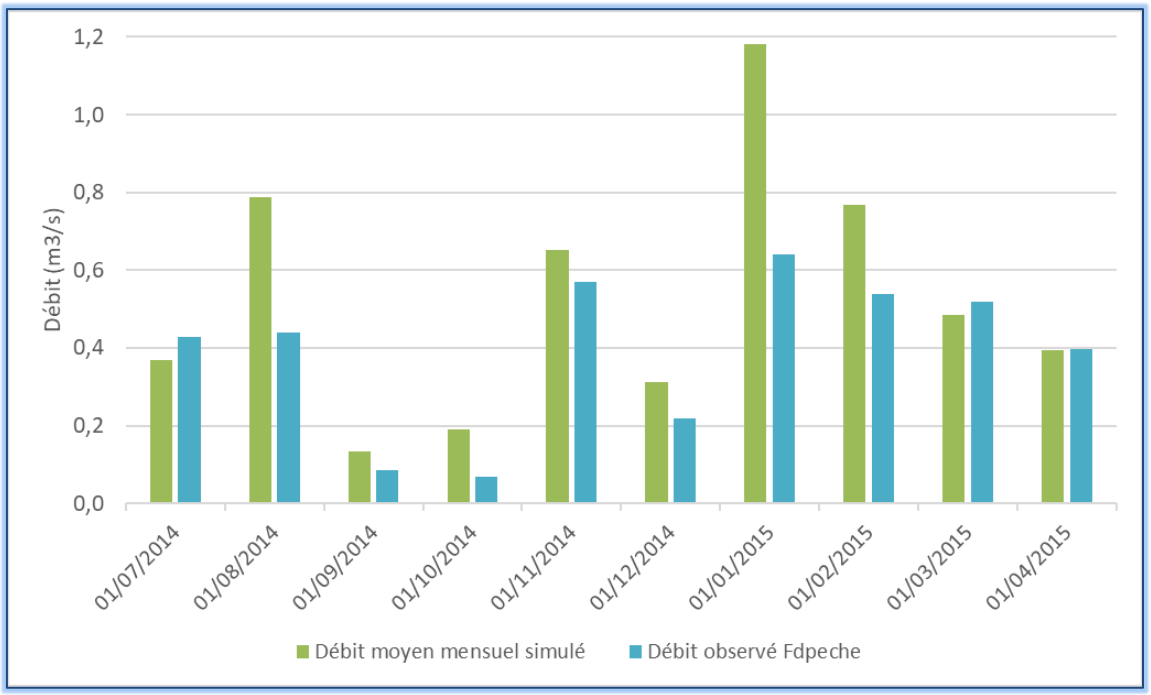


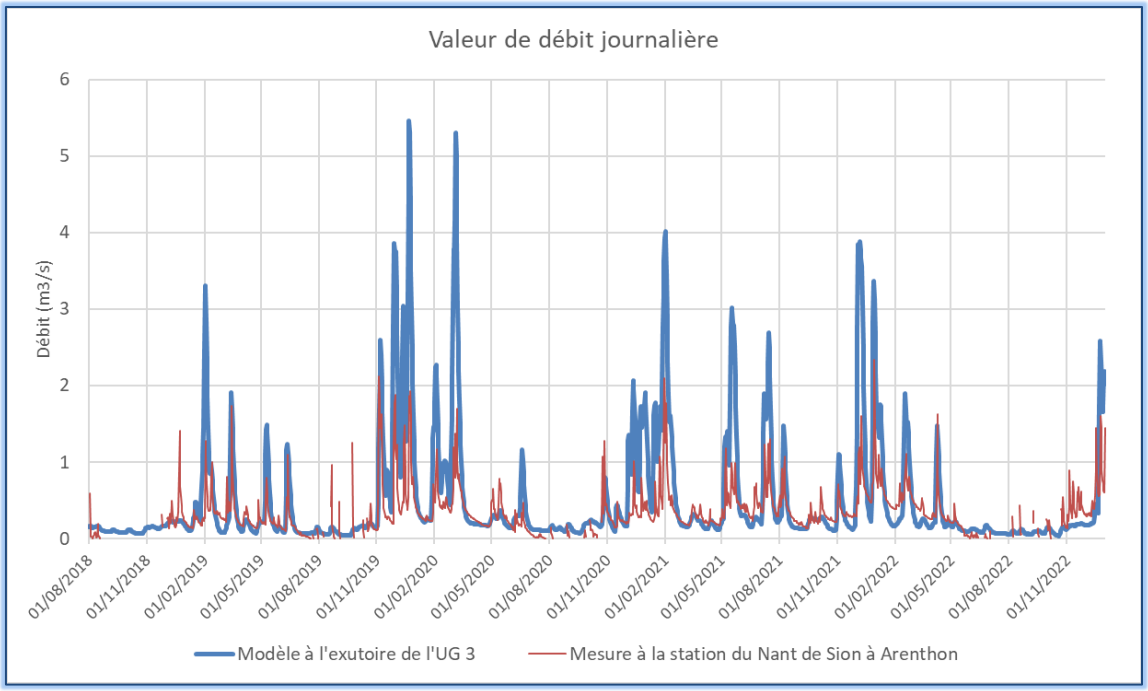
Figure 39 : Comparaison des chroniques de débits mensuels observée et simulée entre 2014 et 2015 (Source : FDAAPPMA 74, SUEZ Consulting 2025)

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 :

- La chronique simulée comprend et le Nant de Sion et la surface du bassin versant du ruisseau de la Mouille, elle est par conséquence plus élevée que celle du Nant de Sion isolée ;
- 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).

Comparaison du modèle avec les chroniques de débit de la station du Nant de Sion à Arenthon du SM3A, depuis 2019

La figure suivante permet de comparer la chronique modélisée de l'UG 3 à celle de la station hydrométrique du Nant de Sion à Arenthon de 2018 à 2022.l



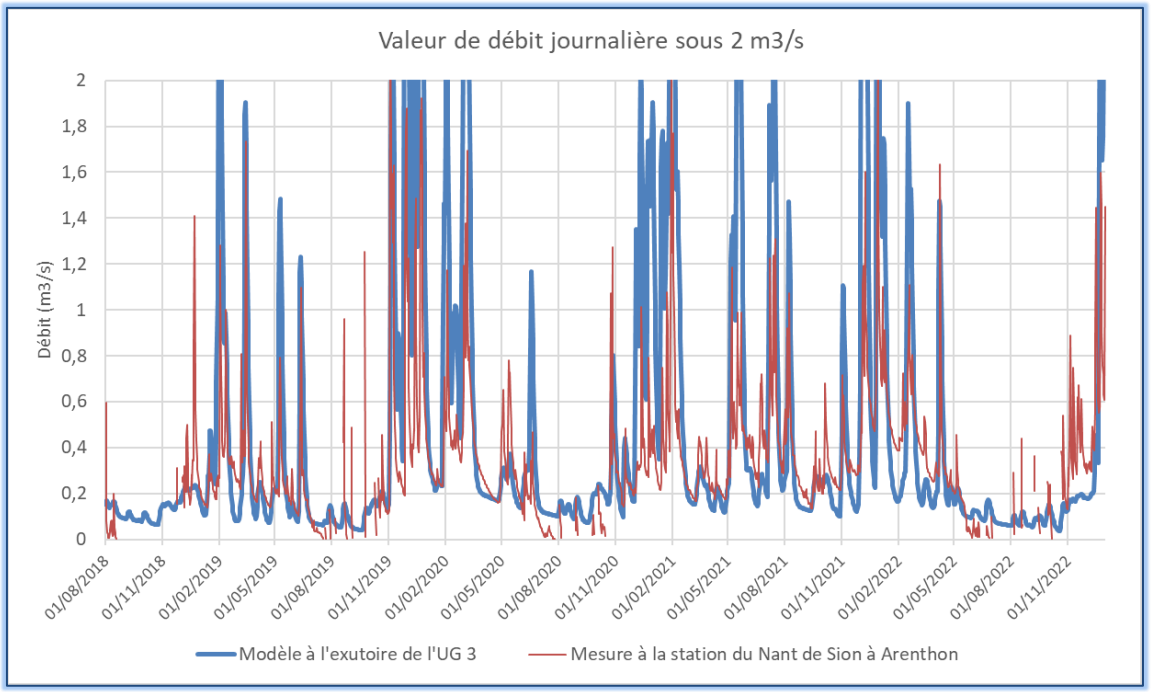


Figure 40 : Comparaison des chroniques de débits journaliers observée et simulée entre 2018 et 2022 (Source : SM3A, SUEZ Consulting 2025)

Il est rappelé que la chronique de la station du Nant de Sion à Arenthon comporte de très nombreuses lacunes et est sujette à des difficultés de mesure liées à l'important transport solide au niveau de la station.

Il est aussi rappelé que le modèle combine les bassins du Nant de Sion et du Ruisseau de la Mouille tandis que la station ne mesure que les volumes du Nant de Sion.

Cependant, la mise en parallèle des mesures fait ressortir :

- Une assez bonne adéquation entre la chronique simulée et celle observée ;
- L'exagération des forts débits par le modèle ;
- La fiabilité du modèle sur les débits moyens et faibles.

❖ Comparaison du modèle avec les jaugeages ponctuels

La figure suivante compare les valeurs des jaugeages ponctuels sur le Nant de Sion à la chronique modélisée à l'exutoire de l'UG3.

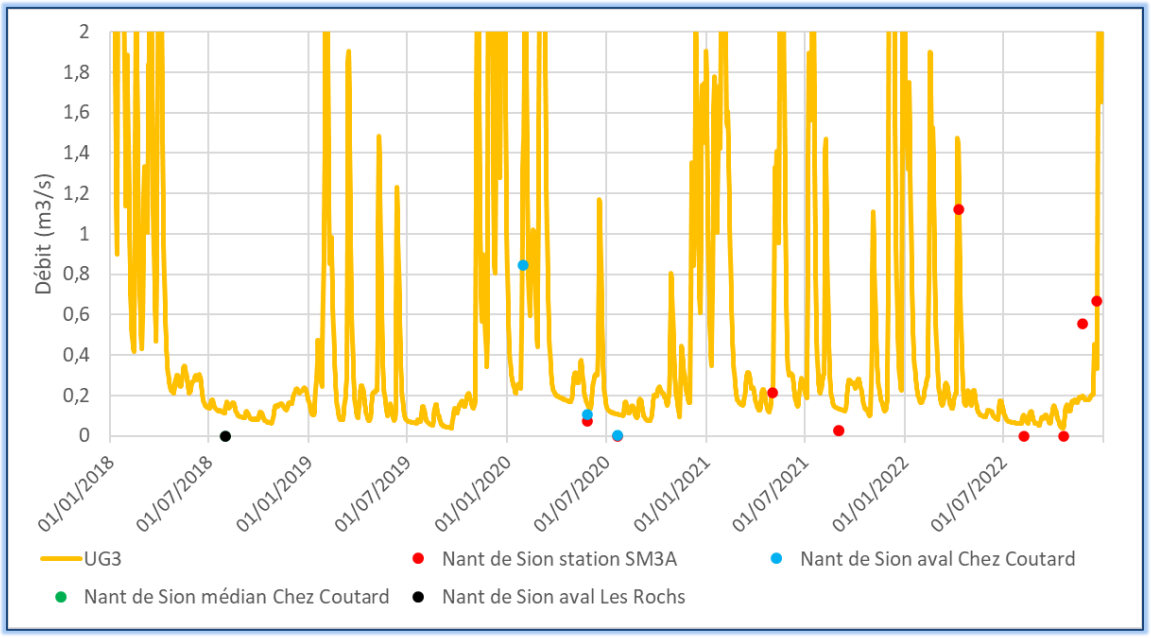


Figure 41 : Comparaison de la chronique de débits (m3/s) journaliers simulés à l'exutoire de l'UG 3 aux jaugeages ponctuels réalisés à l'aval du Nant de Sion

Comme pour les débits, la comparaison avec les jaugeages montre une plutôt bonne représentation des moyens débits par le modèle, et **une surestimation des débits en basse eau** : Les assecs mesurés lors des jaugeages n'apparaissent pas sur la modélisation. En effet le modèle est construit sur la base des mesures de débits du Foron CG (secteur 1). Le présent secteur ne dispose pas de chronique de débits suffisamment longue et robuste pour caler le modèle dessus.

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. Comme en témoigne la figure suivante, la concordance est bonne. Il est toutefois 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.

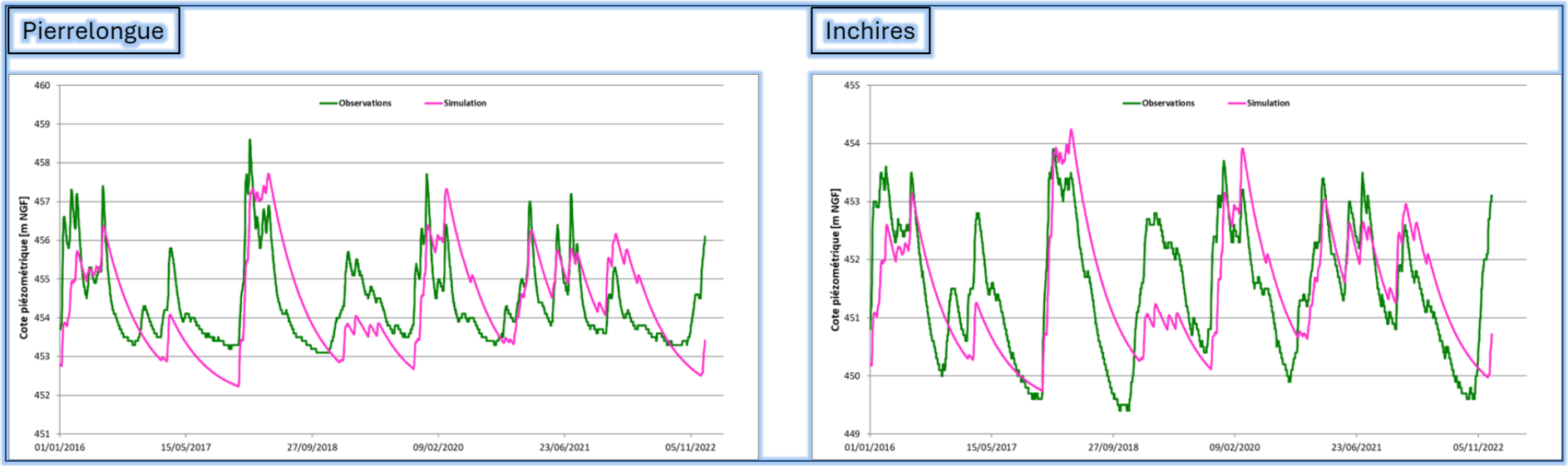


Figure 42 : Comparaison des niveaux de nappe observés et simulés sur les piézomètres de Inchires et de Pierrelongue de 2008 à 2022

4.4.1.2.2 Foron Rochois

Comparaison avec les chroniques de débit de la station du Foron Rochois à Arenthon, après la confluence du Foron et du Brachouet

Le modèle calé sur le Foron du Chablais Genevois à Ambilly a été repris pour modéliser le Foron Rochois au niveau de la station hydrométrique du SM3A à Arenthon.

Les **comparaisons** sont présentées aux figures et tableaux ci-après.

On observe que le **modèle respecte l'équilibre du système** : il reproduit correctement l'évolution des débits mensuels. On note toutefois une **sous-estimation des débits qui résulte d'un module (débit moyen du cours d'eau) simulé inférieur à ce qui est réellement observé**.

En effet, on observe que les débits moyens mensuels simulés sont fréquemment plus bas que ceux observés, y compris en période de basse eau. Cet écart peut s'expliquer par l'emplacement de la station hydrométrique du Foron à Arenthon, en aval de la confluence avec le Brachouet. Or le Brachouet est productif à l'étiage tandis que les débits du Foron s'amenuisent (voir pour illustration les Annexes 4 et 5 : Restitution des campagnes de jaugeage).

En conséquence, les débits observés sont supérieurs aux débits simulés calés sur le modèle du Foron du Chablais Genevois. Malgré une bonne corrélation générale, l'écart entre la simulation et les mesures est parfois important.

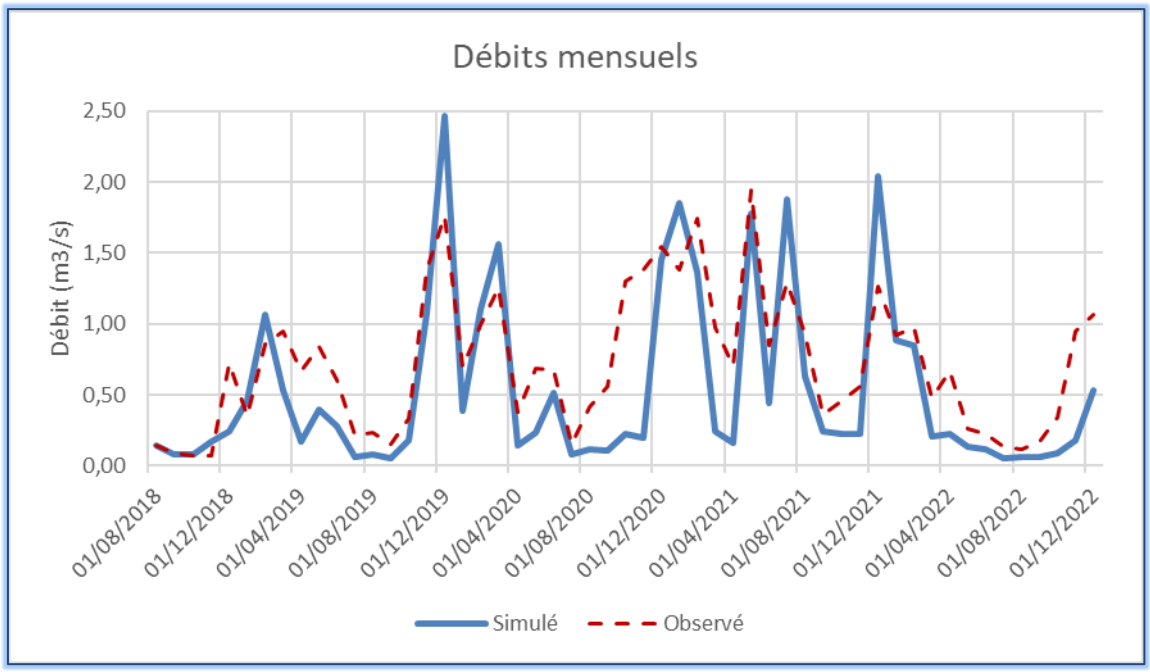


Figure 43 : Comparaison des débits moyens mensuels observés et simulés à la station du Foron Rochois à Arenthon sur la période 2019-2022 (Source : SM3A, SUEZ Consulting, 2025)

En débit journalier, on peut observer qu'en période de bas débits, le modèle :

- Omet quelques événements ponctuels de hausse de débit. Ces différences s'expliquent principalement par les données pluviométriques en entrée du modèle qui présentent des écarts de représentativité à un pas de temps fin. En effet, le modèle est plus inertiel que ce qui est réellement observé et donc les effets des orages sont gommés ;
- Accentue en intensité et en durée les périodes de très bas débits, comme observé sur les débits mensuels.

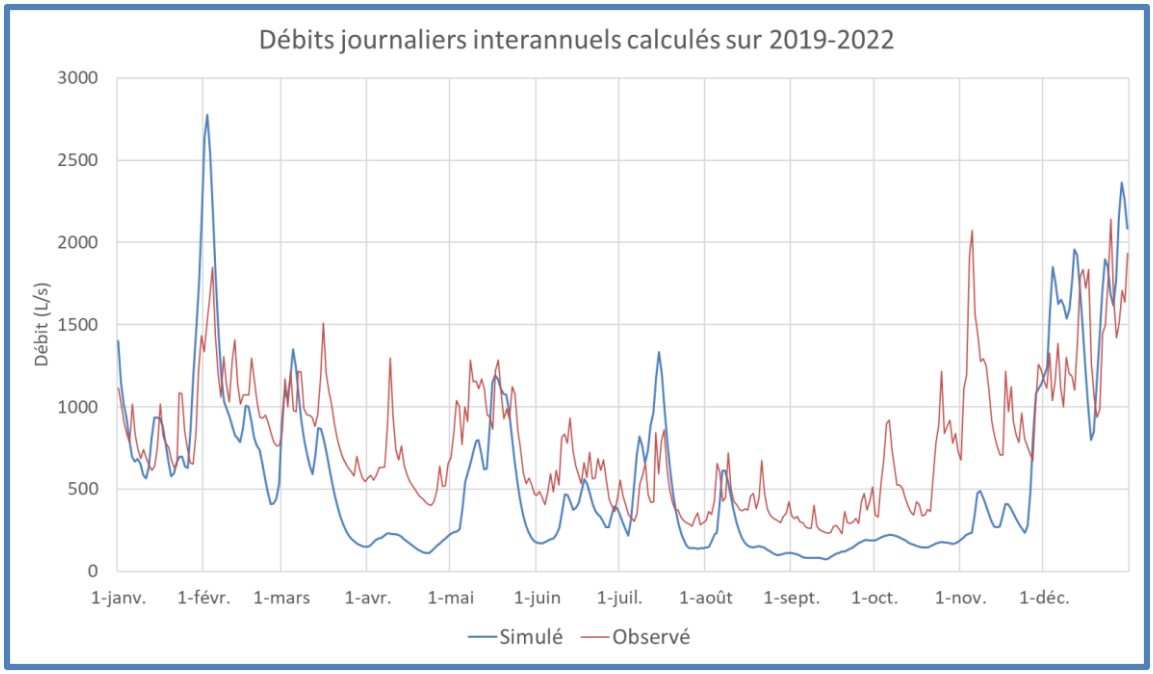


Figure 44 : Comparaison des débits moyens journaliers observés et simulés à la station d'Ambilly, calculés sur la période 2019-2022 (Source : SM3A, SUEZ Consulting, 2025)

Modèle appliqué à l'exutoire de chaque unité de gestion : comparaison avec les jaugeages ponctuels

La station hydrométrique du Foron à Arenthon mesure à la fois les débits du Brachouet et ceux du Foron, cours d'eau ayant des comportements radicalement différents à l'étiage. Elle ne les représente finement ni l'un ni l'autre. Cela résulte en la surestimation des débits d'étiage comme vu ci-dessus.

La valorisation des nombreuses campagnes de jaugeage ponctuel est donc précieuse pour confirmer ou non la capacité du modèle à représenter les différentes unités de gestion.

Les mesures sont comparées à la chronique de débit simulée sur trois des unités de gestion, afin de vérifier la validité du modèle.

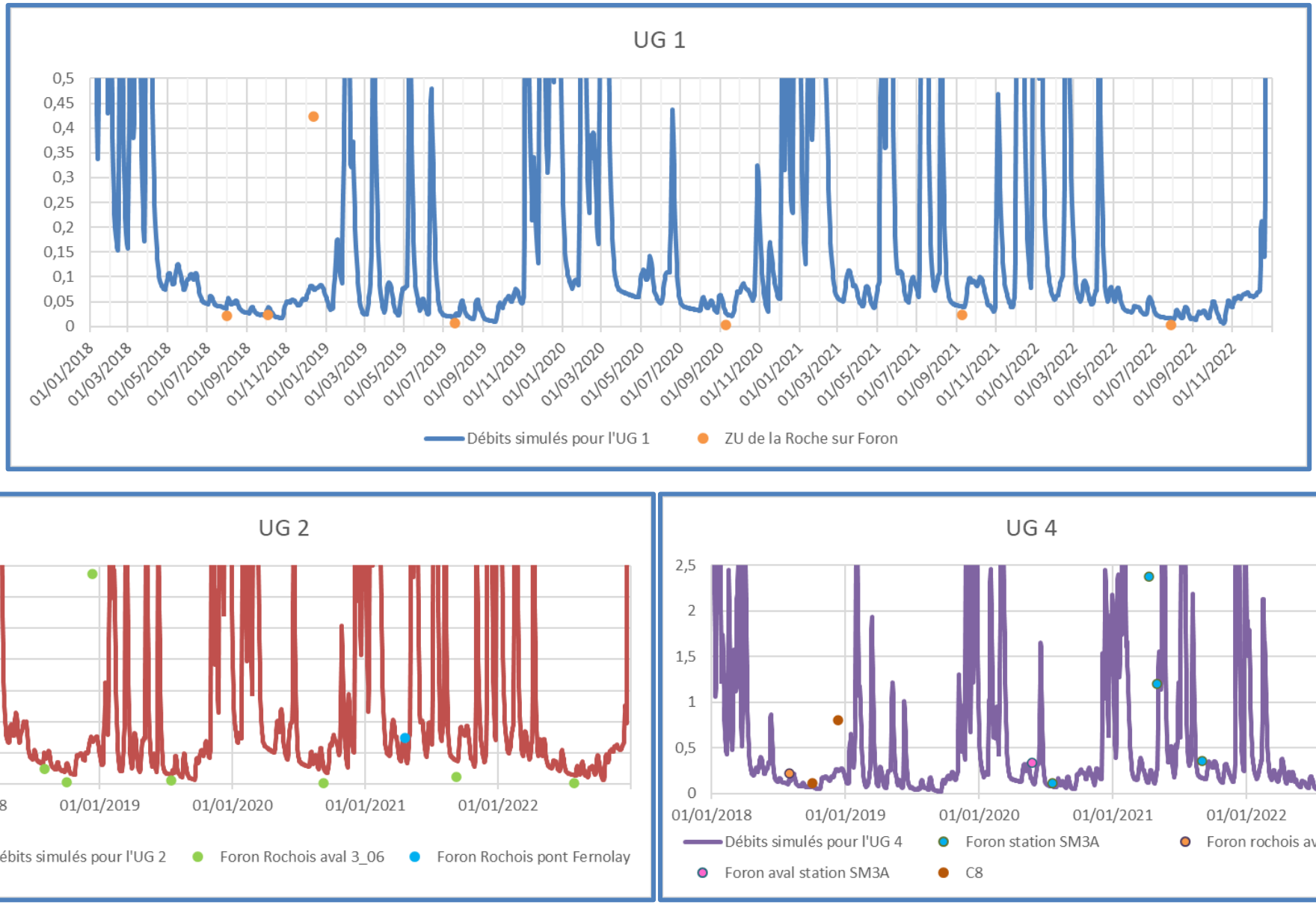


Figure 45 : Comparaison de la chronique de débits (m3/s) journaliers simulés aux jaugeages ponctuels réalisés aux points de références

L'analyse de ces graphiques mène aux observations suivantes :

- Les débits moyens sont globalement bien représentés ;
- **Les bas débits sont surestimés sur les secteurs des UG 1 et 2.** Ceci est concordant avec l'analyse du calage, qui a mené **à favoriser la représentation des processus à un pas de temps mensuel** tandis que les assecs sont des phénomènes ponctuels – Pour rappel le modèle est ici calé sur le cours d'eau du Foron du Chablais Genevois qui présente un comportement distinct de celui des cours d'eau du secteur 3 ;
- Il est important de noter que les jaugeages ne sont pas tous réalisés au droit des points de simulation, ce qui est de nature à expliquer une part des écarts constatés. Sur les UG 1 et 2, aucune discordance majeure ne s'observe entre les jaugeages et les simulations. Les écarts constatés font partie des marges d'erreur du modèle ;
- Finalement, les jaugeages montrent que, contrairement à ce que l'on observait en comparant le modèle à la station hydrométrique**, les débits de l'unité de gestion 4** (exutoire du Foron Rochois incluant le Brachouet et le Bourre) **sont représentés de manière satisfaisante** par le modèle, y compris en faibles débits. Cette observation confirme le choix de ne pas baser le modèle sur les chroniques de la station du Foron Rochois à Arenthon, détaillé au $4.3.2 (robustesse en faible débit remis en cause par le producteur de données, chronique trop courte pour bien représenter le comportement du cours d'eau et emplacement en confluence de deux cours d'eau au fonctionnement hydrologique très différent).

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 :

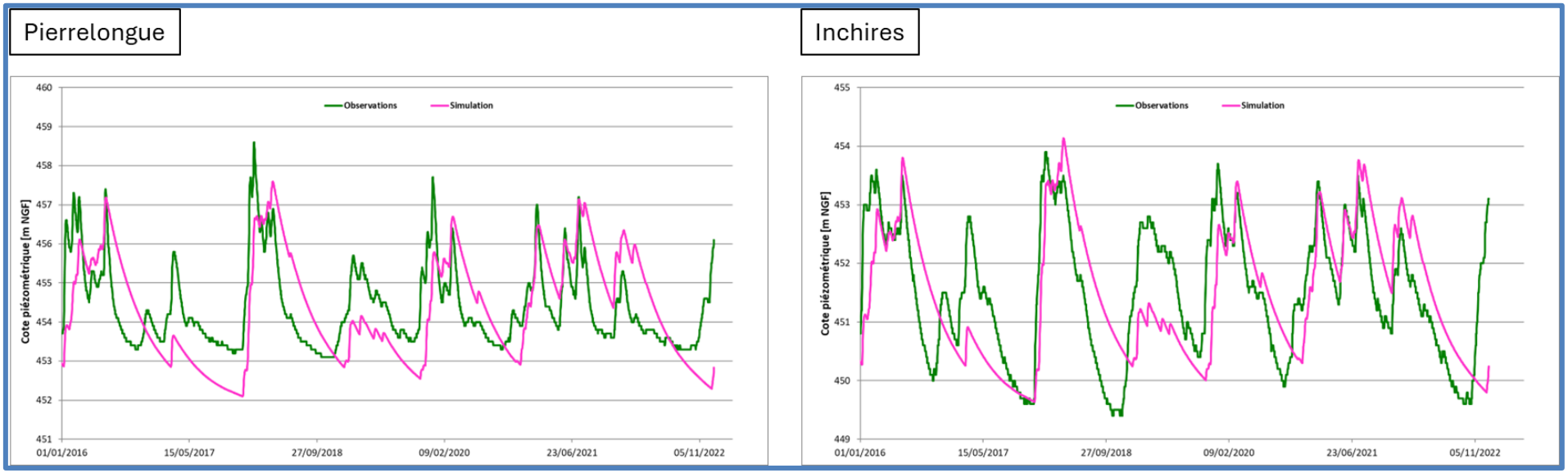


Figure 46 : Comparaison des niveaux de nappe observés et simulés sur les piézomètres de Inchires et de Pierrelongue de 2008 à 2022)

4.4.1.3 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.

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.

4.4.2 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 (secteur 1) est reprise pour caractériser le débit sortant au niveau de **l'exutoire de chaque unité de gestion du présent secteur (Foron rochois et Nant de Sion)**. Seuls les éléments suivants sont modifiés :

- Chroniques de prélèvements-rejets
- Surface des bassins versants

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.

4.4.2.1 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 usages les plus importants de l'UG sont les prélèvements AEP de la source de l'épine et de Sapin le pain blanc, avec 17% des volumes totaux du secteur en moyenne sur 2008-2022.

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

Tableau 9 : UG 1 – Régime influencé | Indicateurs statistiques

	QMNA moyen	QMNA2	QMNA5
L/s	33 [33; 34]	28 [26; 30]	16 [14; 18]
L/s/km²	2.4 [2.4; 2.4]	2 [1.8; 2.2]	1.1 [1; 1.3]

	VCN10	VCN10 (2)	VCN10 (5)
L/s	21 [13; 30]	13 [7; 19]	4 [2; 6]
L/s/km²	1,5 [1; 2,1]	1 [0,5; 1,4]	0,3 [0,1; 0,4]

	VCN3	VCN3 (2)	VCN3 (5)
L/s	19 [10; 28]	11 [5; 17]	3 [1; 5]
L/s/km²	1,4 [0,7; 2]	0,8 [0,4; 1,3]	0,2 [0,1; 0,4]

	1/10 module	1/20 module
L/s	21 [19; 22]	10 [10; 11]
L/s/km²	1.5 [1.4; 1.6]	0.7 [0.7; 0.8]

Le graphique suivant présente les **débits mensuels interannuels quinquennaux secs** calculés en ce point de référence en régime influencé.

Les débits moyens mensuels sont également représentés et mis en perspective avec le module du cours d'eau en ce point de référence.

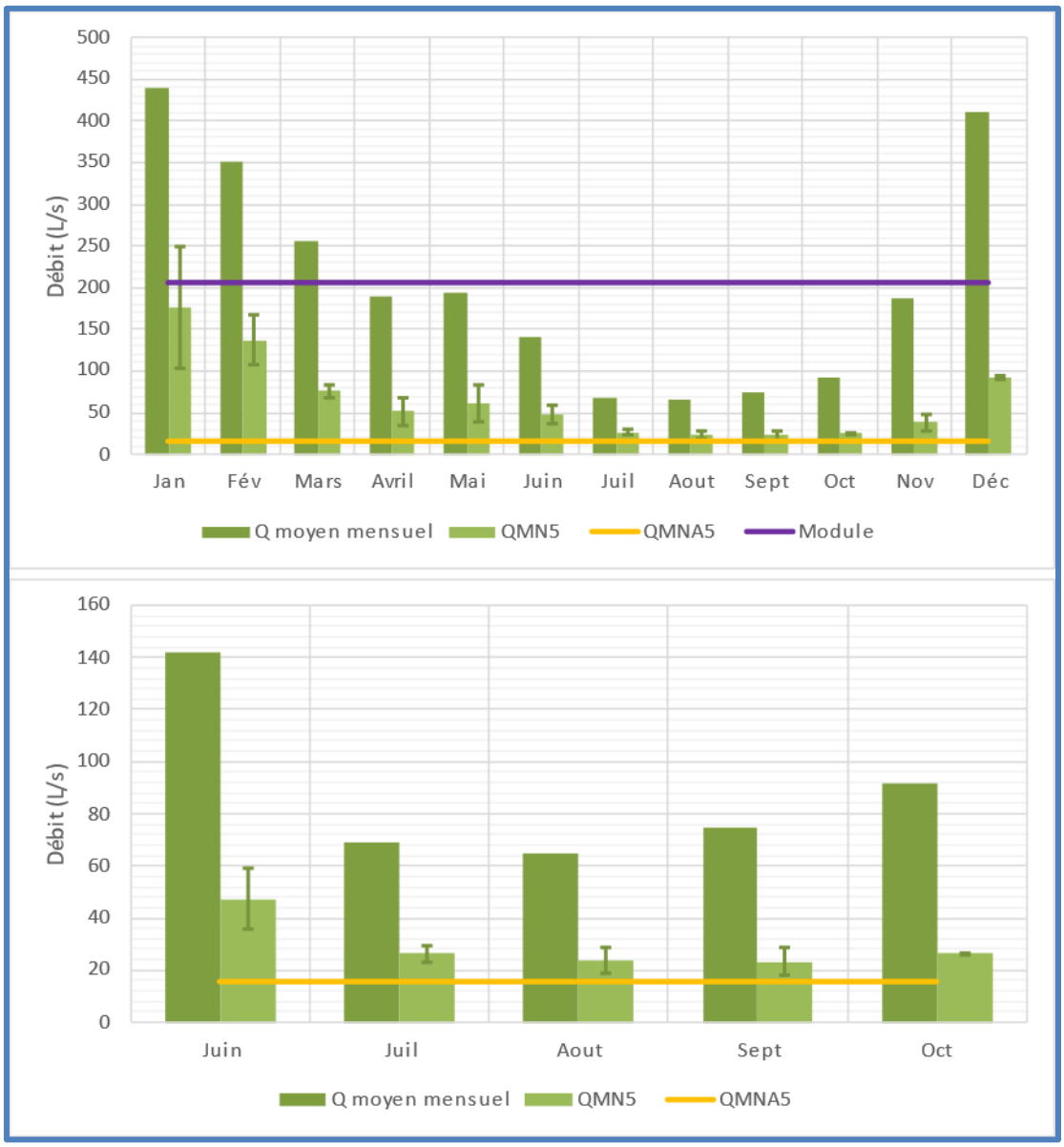


Figure 47 : UG 1 - Régime influencé | Débits mensuels interannuels quinquennaux secs au point de référence 4_01

L'Unité de gestion « **Foron Rochois Amont** » présente des **débits caractéristiques d'étiage en régime influencé** d'environ **16 L/s pour le QMNA5**, et de l'ordre de **21 L/s pour le 1/10ème du module**.

En moyenne, sur la période 2008-2022, les débits mensuels minimaux sur une année (QMNA moyen) sont de l'ordre de 33 L/s. D'après les graphiques, les mois ayant les plus faibles débits en moyenne sont septembre, août et juillet.

4.4.2.2 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).

L'exutoire de cette unité de gestion se trouve le long du Foron Rochois au niveau de Fernolet.

Les prélèvements et les rejets sont tous deux faibles sur cette zone.

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

Tableau 10 : UG 2 - Régime influencé | Indicateurs statistiques

	QMNA moyen	QMNA2	QMNA5
L/s	60 [60; 61]	50 [46; 55]	28 [25; 32]
L/s/km²	2.3 [2.3; 2.4]	1.9 [1.8; 2.1]	1.1 [1; 1.2]

	VCN10	VCN10 (2)	VCN10 (5)
L/s	38 [23; 53]	22 [12; 32]	6 [3; 9]
L/s/km²	1,5 [0,9; 2]	0,9 [0,5; 1,3]	0,2 [0,1; 0,3]

	VCN3	VCN3 (2)	VCN3 (5)
L/s	34 [17; 50]	19 [9; 29]	5 [2; 7]
L/s/km²	1,3 [0,7; 1,9]	0,7 [0,3; 1,1]	0,2 [0,1; 0,3]

	1/10 module	1/20 module
L/s	38 [36; 40]	19 [18; 20]
L/s/km²	1.5 [1.4; 1.5]	0.7 [0.7; 0.8]

Le graphique suivant présente les **débits mensuels interannuels quinquennaux secs** calculés en ce point de référence en régime influencé.

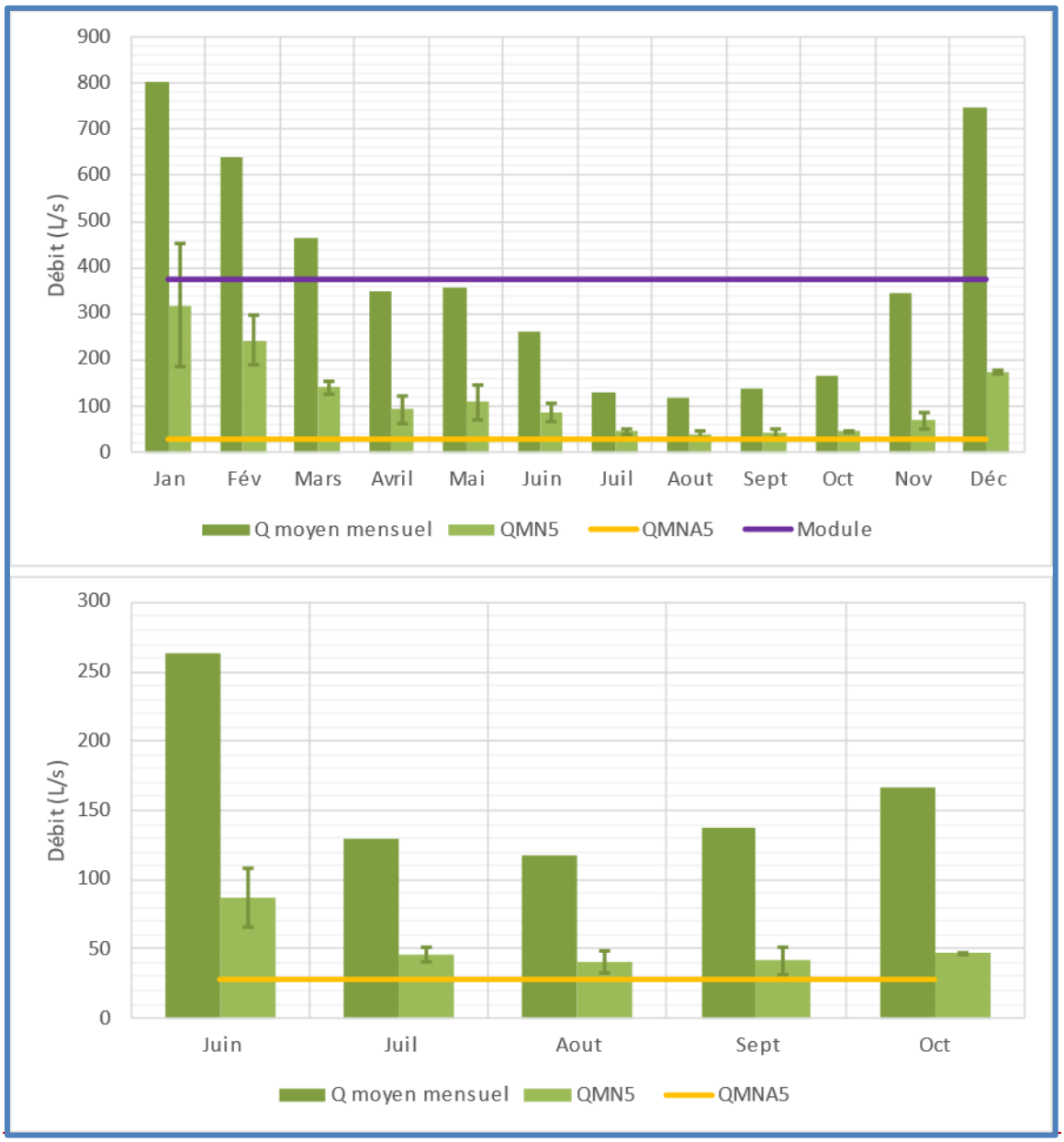


Figure 48 : UG 2 - Régime influencé | Débits mensuels interannuels quinquennaux secs au point de référence 4_02

L'Unité de gestion « **Foron Rochois Médian** » présente des **débits caractéristiques d'étiage en régime influencé** de l'ordre de **28 -L/s pour le QMNA5**, et de l'ordre de **38 L/s pour le 1/10ème du module**.

En moyenne, sur la période 2008-2022, les débits mensuels minimaux sur une année (QMNA moyen) sont de l'ordre de 60 L/s. D'après les graphiques, le mois ayant le plus faible débit en moyenne est août.

4.4.2.3 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 très 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 11 : UG 3 - Régime influencé | Indicateurs statistiques

	QMNA moyen	QMNA2	QMNA5
L/s	105 [104; 106]	92 [85; 100]	57 [50; 64]
L/s/km²	2.9 [2.9; 2.9]	2.5 [2.3; 2.8]	1.6 [1.4; 1.8]

	VCN10	VCN10 (2)	VCN10 (5)
L/s	73 [45; 100]	59 [32; 86]	32 [15; 48]
L/s/km²	2 [1,2; 2,8]	1,6 [0,9; 2,4]	0,9 [0,4; 1,3]

	VCN3	VCN3 (2)	VCN3 (5)
L/s	67 [35; 99]	53 [24; 82]	28 [12; 43]
L/s/km²	1,8 [1; 2,7]	1,5 [0,7; 2,3]	0,8 [0,3; 1,2]

	1/10 module	1/20 module
L/s	55 [52; 58]	28 [26; 29]
L/s/km²	1.5 [1.4; 1.6]	0.8 [0.7; 0.8]

Le graphique suivant présente les **débits mensuels interannuels quinquennaux secs** calculés en ce point de référence en régime influencé.

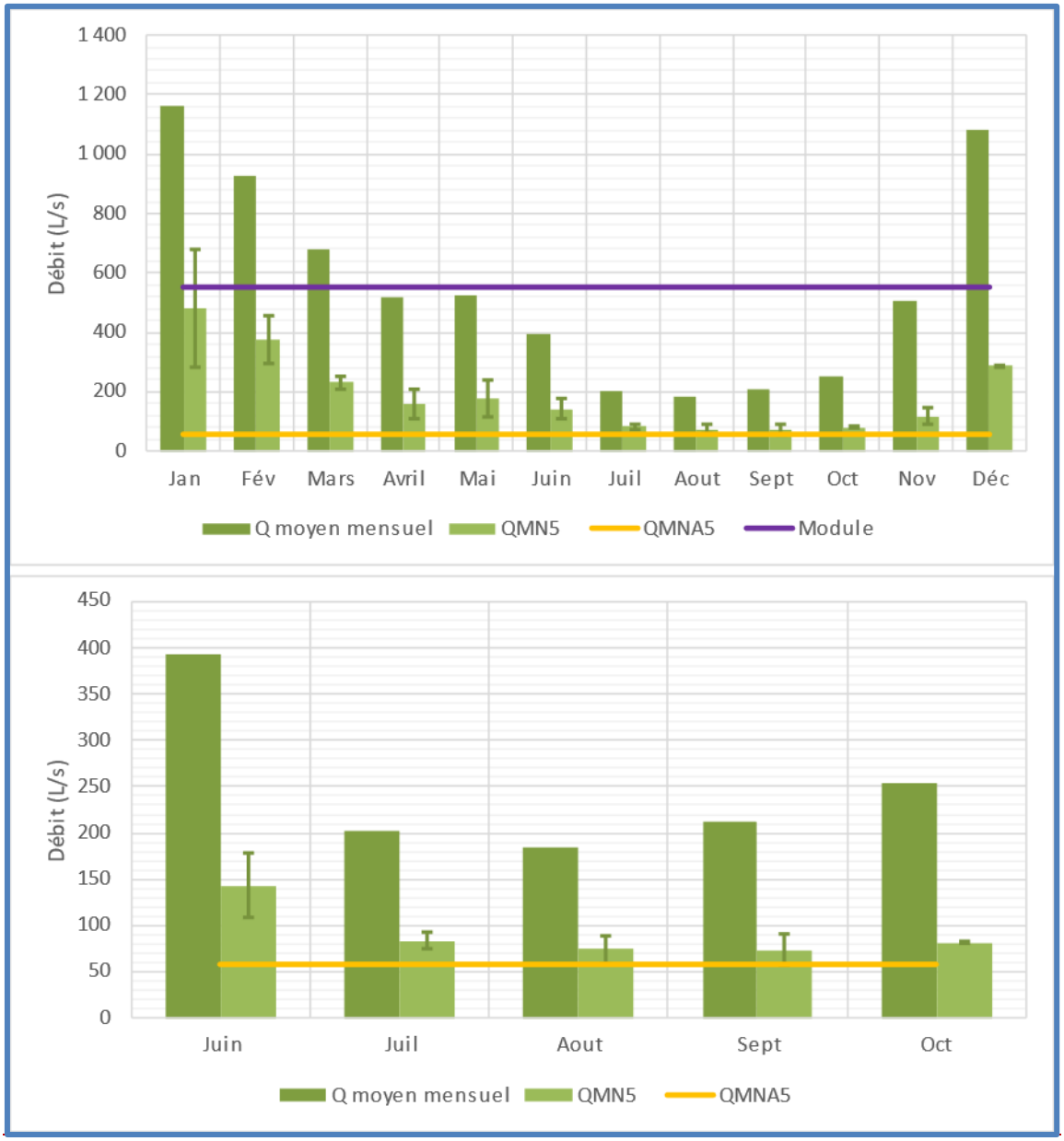


Figure 49 : UG 3 - Régime influencé | Débits mensuels interannuels quinquennaux secs au point de référence 4_03

L'Unité de gestion « **Nant de Sion** » présente des **débits caractéristiques d'étiage en régime influencé** de l'ordre de **57 L/s pour le QMNA5**, et de l'ordre de **55 L/s pour le 1/10ème du module**.

En moyenne, sur la période 2008-2022, les débits mensuels minimaux sur une année (QMNA moyen) sont de l'ordre de 105 L/s. D'après les graphiques, le mois ayant le plus faible débit en moyenne est août.

4.4.2.4 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 d'importants prélèvements AEP et par la présence du Brachouet, un affluent principalement alimenté par la nappe du cône du Borne.

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

Tableau 12 : UG 4 - Régime influencé | Indicateurs statistiques

	QMNA moyen	QMNA2	QMNA5
L/s	106 [105; 108]	93 [85; 101]	51 [45; 58]
L/s/km²	2.3 [2.2; 2.3]	2 [1.8; 2.2]	1.1 [1; 1.2]

	VCN10	VCN10 (2)	VCN10 (5)
L/s	64 [40; 89]	35 [19; 51]	8 [4; 12]
L/s/km²	1,4 [0,8; 1,9]	0,7 [0,4; 1,1]	0,2 [0,1; 0,2]

	VCN3	VCN3 (2)	VCN3 (5)
L/s	57 [29; 84]	24 [11; 37]	4 [2; 6]
L/s/km²	1,2 [0,6; 1,8]	0,5 [0,2; 0,8]	0,1 [0; 0,1]

	1/10 module	1/20 module
L/s	63 [59; 66]	31 [30; 33]
L/s/km²	1.3 [1.3; 1.4]	0.7 [0.6; 0.7]

Le graphique suivant présente les **débits mensuels interannuels quinquennaux secs** calculés en ce point de référence en régime influencé.

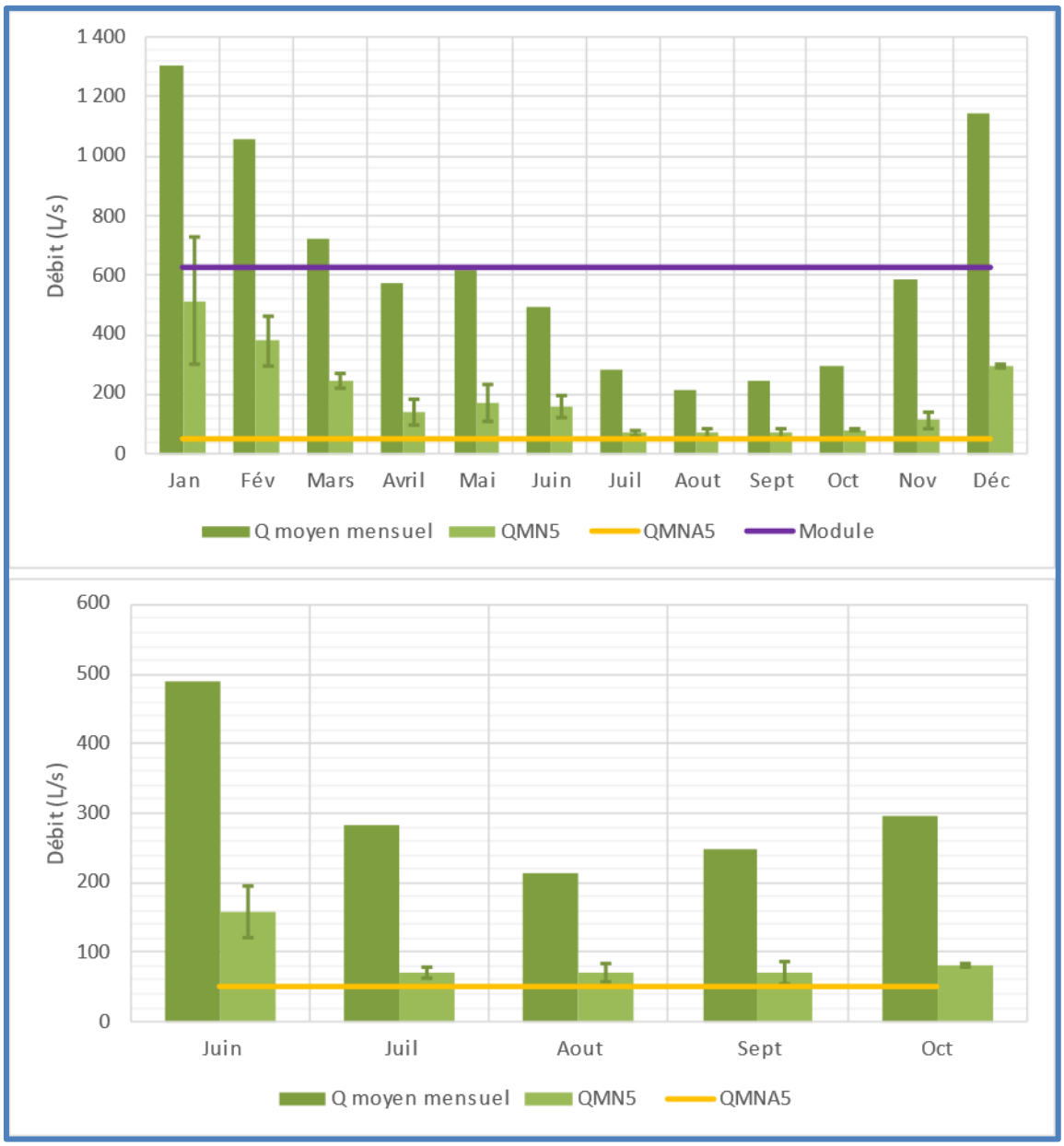


Figure 50 : UG 4 - Régime influencé | Débits mensuels interannuels quinquennaux secs au point de référence 4_04

L'Unité de gestion « **Foron Rochois aval** » présente des **débits caractéristiques d'étiage en régime influencé** de l'ordre de **51 L/s pour le QMNA5**, et de l'ordre de **63 L/s pour le 1/10ème du module**.

En moyenne, sur la période 2008-2022, les débits mensuels minimaux sur une année (QMNA moyen) sont de l'ordre de 105 L/s. D'après les graphiques, les mois ayant les plus faibles débits, en moyenne, sont juillet, août et septembre.

4.4.3 BILAN DES RESULTATS OBTENUS

D'après les analyses du paragraphe précédent, les valeurs spécifiques des différents indicateurs d'étiage (i.e. rapportées à la surface de bassin versant) sont stables entre l'UG1 et l'UG2, puis diminuent 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 et avec la présence de pertes entre l'UG 2 et l'UG 4, à moins de 2 km de l'exutoire (Voir $**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).

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 13.

A l'échelle du secteur 3, au vu des résultats présentés, **une période de plus faibles débits semble s'étendre du mois d'avril au mois de novembre.** C'est en effet sur ces mois que les débits moyens mensuels interannuels sont inférieurs au module interannuel.

Ces résultats seront à mettre en perspective avec les besoins des milieux aquatiques en phase 4 de la présente étude.

Ces résultats permettront également de définir, en phase 5, une période sur laquelle les débits objectifs d'étiage et les volumes prélevables seront fixés et calculés.

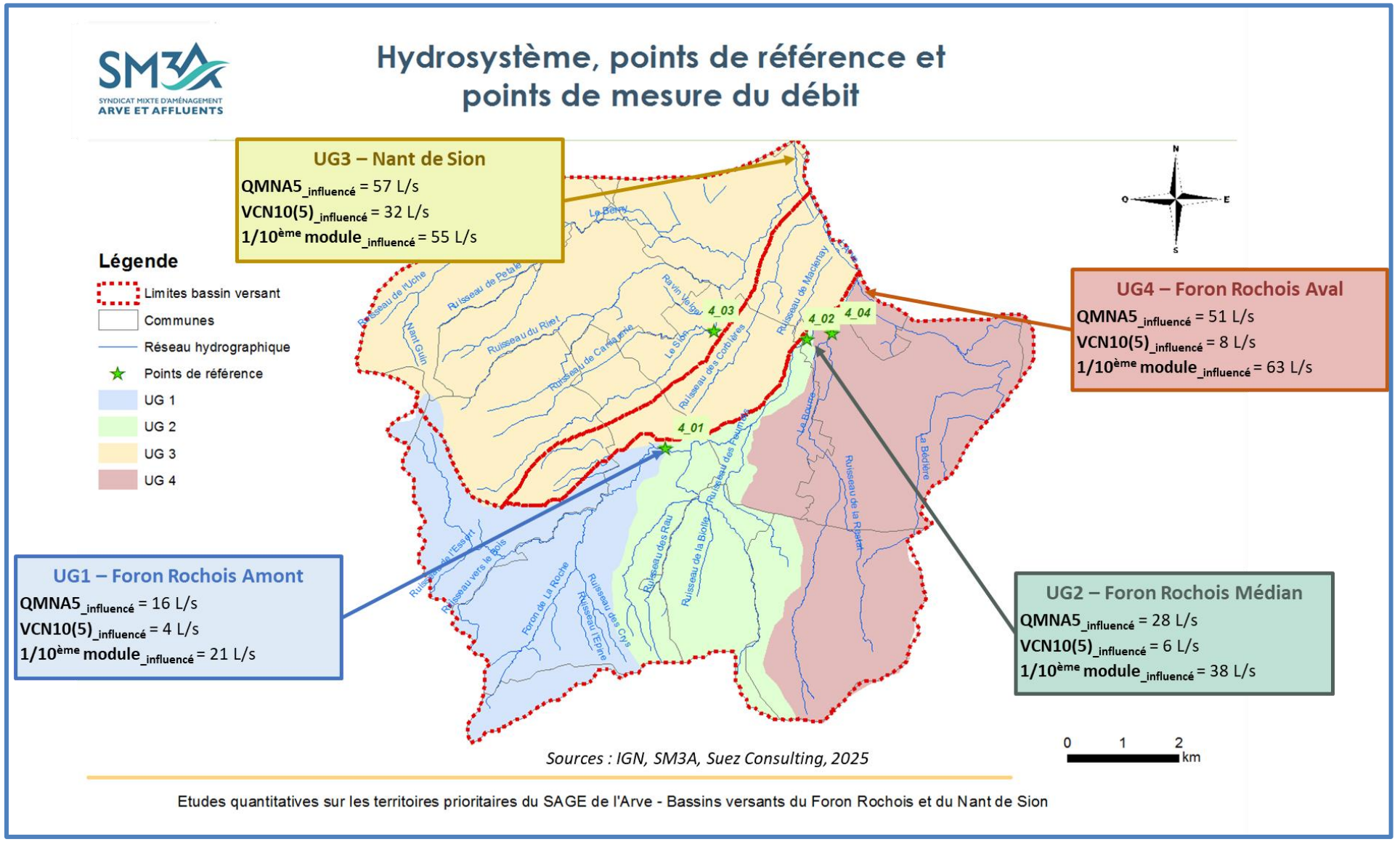


Figure 51 : Régime influencé – Cartographie des débits caractéristiques d'étiage au droit des points de référence (Source : SUEZ Consulting, 2025)

Tableau 13 : 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, 2025)

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)	205 [194; 216]	376 [356; 396]	552 [523; 582]	627 [594; 661]
1/10 module (L/s)	21 [19; 22]	38 [36; 40]	55 [52; 58]	63 [59; 66]
1/20 module (L/s)	10 [10; 11]	19 [18; 20]	28 [26; 29]	31 [30; 33]
QMNA2 (L/s)	28 [26; 30]	50 [46; 55]	92 [85; 100]	93 [85; 101]
QMNA5 (L/s)	16 [14; 18]	28 [25; 32]	57 [50; 64]	51 [45; 58]
VCN3 2 (L/s)	11 [5; 17]	19 [9; 29]	53 [24; 82]	24 [11; 37]
VCN3 5 (L/s)	3 [1; 5]	5 [2; 7]	28 [12; 43]	4 [2; 6]
VCN10 2 (L/s)	13 [7; 19]	22 [12; 32]	59 [32; 86]	35 [19; 51]
VCN10 5 (L/s)	4 [2; 6]	6 [3; 9]	32 [15; 48]	8 [4; 12]
Q spécifique moyen (l/s/km²)	15 [14;16]	8 [8;8]	15 [14;16]	29 [28;31]
Q spécifique QMNA5 (l/s/km²)	1,14 [1;1,28]	0,6 [0,53;0,67]	1,58 [1,39;1,77]	2,42 [2,12;2,71]

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

4.5.1 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.

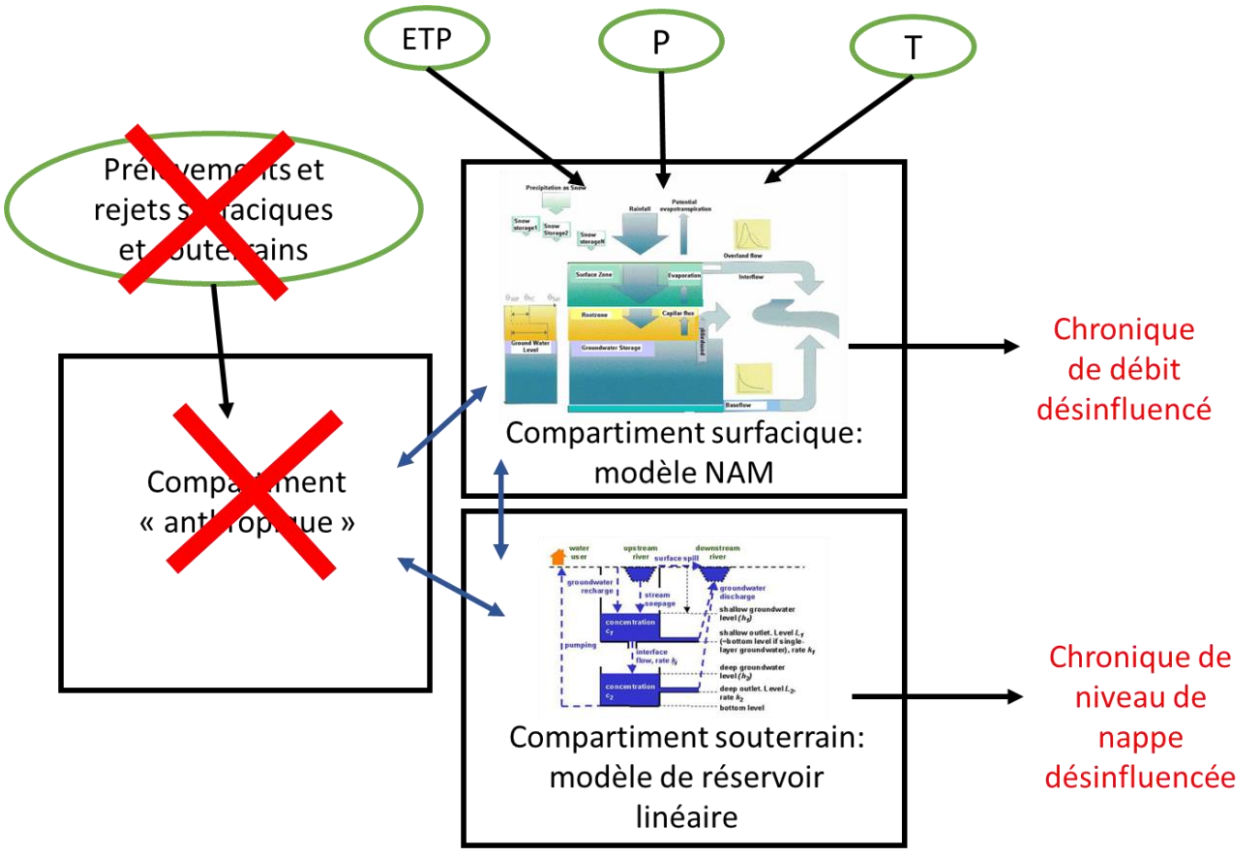


Figure 52 : Représentation schématique de l'architecture de Mike Hydro Basin (DHI, SUEZ Consulting, 2019)

Les unités de gestion correspondant à des bassins versants se cumulant, les usages de l'UG 2 englobent ceux de l'UG 1 située en amont, tout comme les usages de l'UG 4 comprennent ceux des UG 1 et 2. Voir la Figure 3 pour le découpage des Unités de Gestion.

4.5.2 ESTIMATION DES DEBITS CARACTERISTIQUES D'ETIAGE EN REGIME DESINFLUENCE

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

4.5.2.1 Point 4_01 : Foron Rochois Amont

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

Tableau 14 : UG 1 – Régime désinfluencé | Indicateurs statistiques

	QMNA moyen	QMNA2	QMNA5
L/s	43 [38; 47]	38 [33; 43]	24 [20; 29]
L/s/km²	3.1 [2.7; 3.4]	2.7 [2.3; 3.1]	1.7 [1.4; 2.1]

	VCN10	VCN10 (2)	VCN10 (5)
L/s	30 [16; 45]	26 [13; 39]	15 [6; 24]
L/s/km²	2,2 [1,2; 3,2]	1,9 [0,9; 2,8]	1,1 [0,5; 1,7]

	VCN3	VCN3 (2)	VCN3 (5)
L/s	28 [12; 44]	24 [9; 38]	14 [5; 22]
L/s/km²	2 [0,9; 3,2]	1,7 [0,7; 2,7]	1 [0,3; 1,6]

	1/10 module	1/20 module
L/s	22 [19; 24]	11 [10; 12]
L/s/km²	1.5 [1.4; 1.7]	0.8 [0.7; 0.9]

Le graphique suivant présente les débits mensuels interannuels quinquennaux secs calculés en ce point de référence en régime désinfluencé.

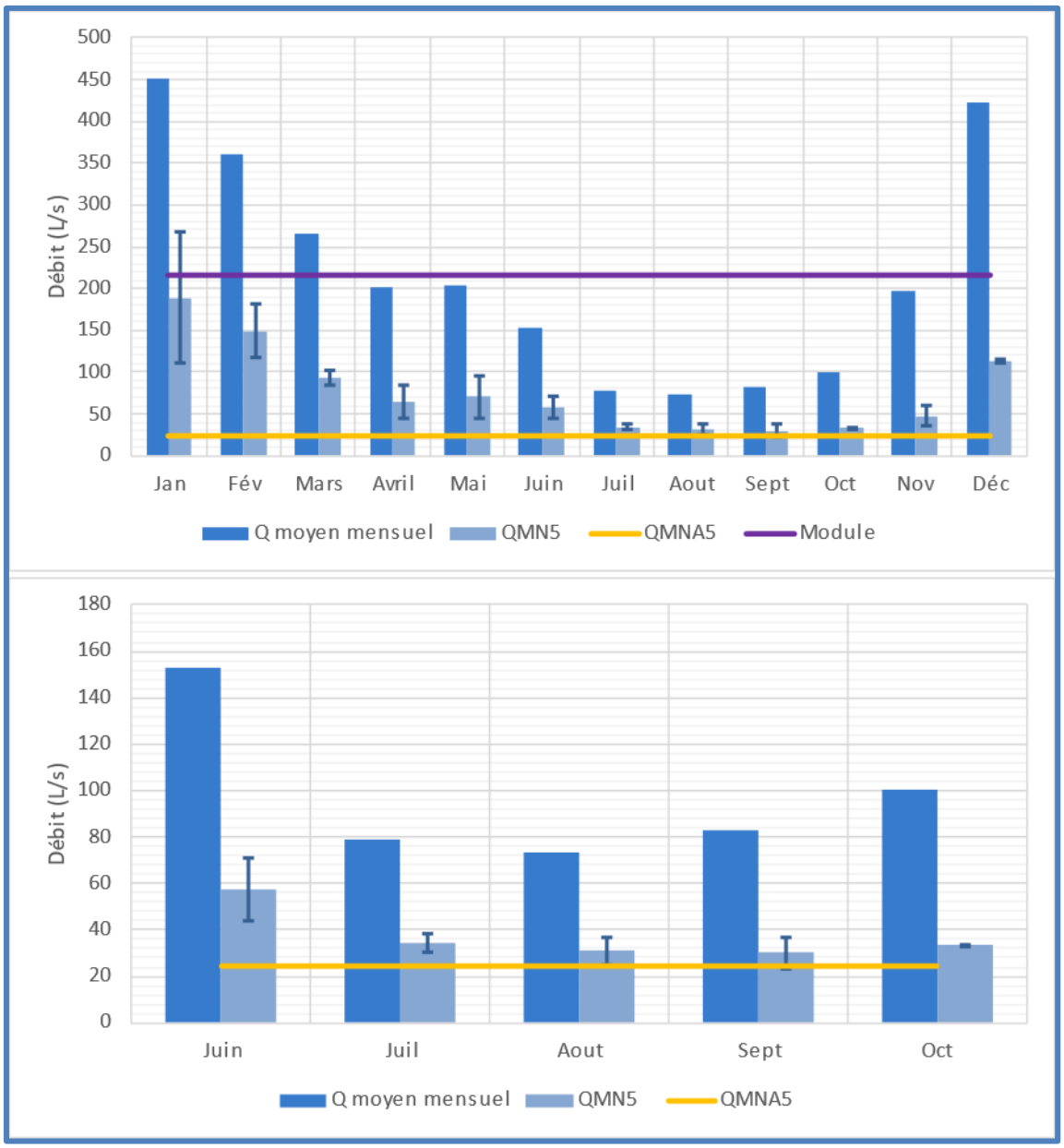


Figure 53 : UG 1 - Régime désinfluencé | Débits mensuels interannuels quinquennaux secs au point de référence 4_01

L'Unité de gestion « **Foron Rochois Amont** » présente des **débits caractéristiques d'étiage en régime désinfluencé** d'environ **24 L/s pour le QMNA5**, et de l'ordre de **22 L/s pour le 1/10ème du module**.

En moyenne, sur la période 2008-2022, les débits mensuels minimaux sur une année (QMNA moyen) sont de l'ordre de 45 L/s. D'après les graphiques, les mois ayant les plus faibles débits en moyenne sont août et juillet.

4.5.2.2 Point 4_02 : Foron Rochois Médian

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

Tableau 15 : UG 2 – Régime désinfluencé | Indicateurs statistiques

	QMNA moyen	QMNA2	QMNA5
L/s	79 [71; 88]	71 [61; 81]	45 [37; 54]
L/s/km²	3.1 [2.7; 3.4]	2.7 [2.4; 3.1]	1.7 [1.4; 2.1]

	VCN10	VCN10 (2)	VCN10 (5)
L/s	56 [30; 83]	48 [23; 72]	28 [12; 44]
L/s/km²	2,2 [1,1; 3,2]	1,8 [0,9; 2,8]	1,1 [0,4; 1,7]

	VCN3	VCN3 (2)	VCN3 (5)
L/s	52 [23; 81]	44 [17; 70]	25 [9; 41]
L/s/km²	2 [0,9; 3,1]	1,7 [0,7; 2,7]	1 [0,3; 1,6]

	1/10 module	1/20 module
L/s	40 [35; 44]	20 [18; 22]
L/s/km²	1.5 [1.4; 1.7]	0.8 [0.7; 0.9]

Le graphique suivant présente les **débits mensuels interannuels quinquennaux secs** calculés en ce point de référence en régime désinfluencé.

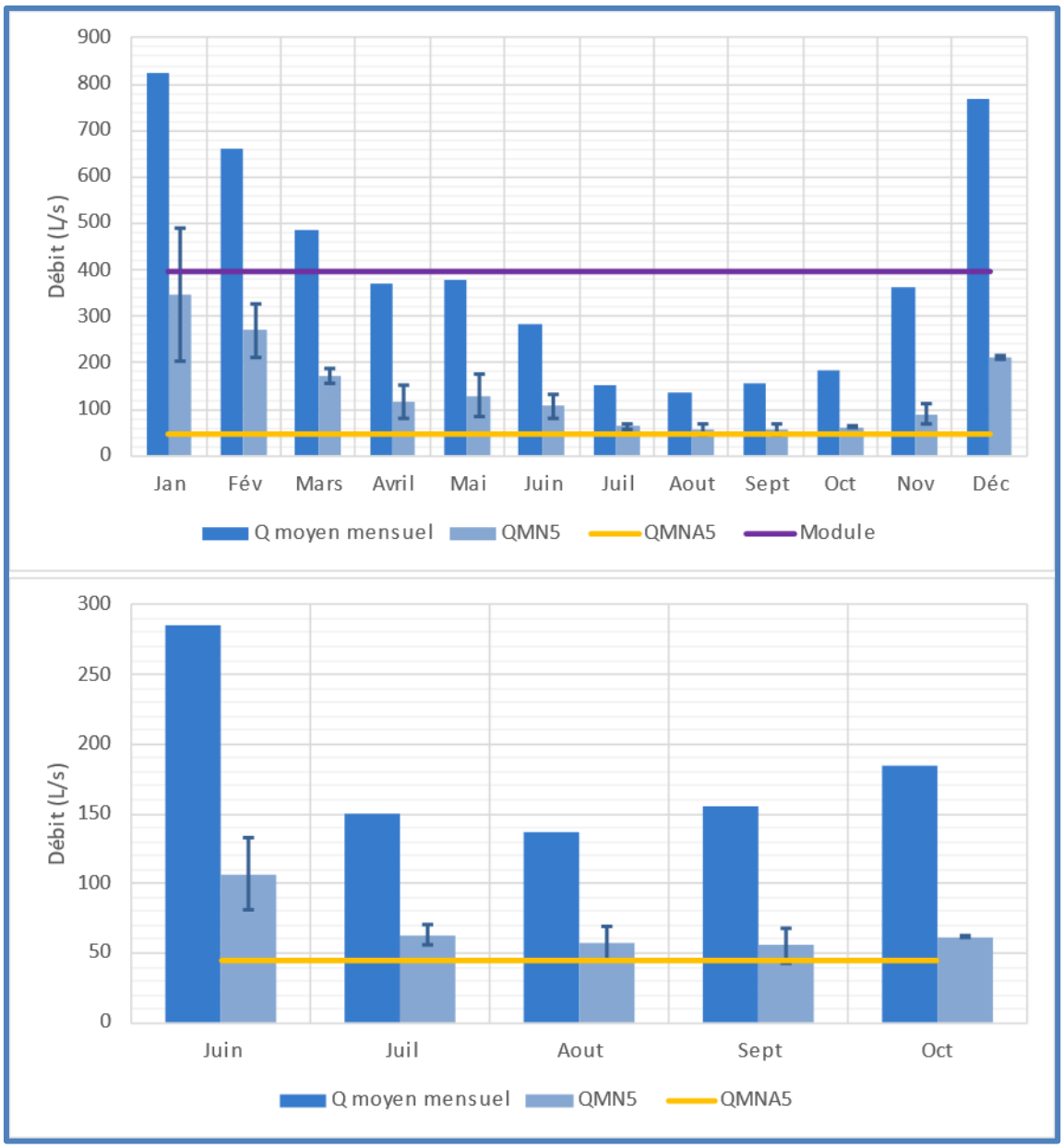


Figure 54 : UG 2 - Régime désinfluencé | Débits mensuels interannuels quinquennaux secs au point de référence 4_02

L'Unité de gestion « **Foron Rochois Médian** » présente des débits caractéristiques d'étiage en régime désinfluencé de l'ordre de 45 **L/s pour le QMNA5**, et de l'ordre de 40 **L/s pour le 1/10ème du module**.

En moyenne, sur la période 2008-2022, les débits mensuels minimaux sur une année (QMNA moyen) sont de l'ordre de 79 L/s. D'après les graphiques, le mois ayant le plus faible débit en moyenne est août.

4.5.2.3 Point 4_03 : Nant de Sion

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

Tableau 16 : UG 3 – Régime désinfluencé | Indicateurs statistiques

	QMNA moyen	QMNA2	QMNA5
L/s	112 [100; 124]	99 [85; 114]	63 [51; 75]
L/s/km²	3.1 [2.7; 3.4]	2.7 [2.3; 3.1]	1.7 [1.4; 2.1]

	VCN10	VCN10 (2)	VCN10 (5)
L/s	79 [42; 117]	67 [33; 102]	39 [16; 62]
L/s/km²	2,2 [1,1; 3,2]	1,8 [0,9; 2,8]	1,1 [0,4; 1,7]

	VCN3	VCN3 (2)	VCN3 (5)
L/s	73 [32; 115]	62 [25; 99]	35 [12; 58]
L/s/km²	2 [0,9; 3,2]	1,7 [0,7; 2,7]	1 [0,3; 1,6]

	1/10 module	1/20 module
L/s	56 [50; 62]	28 [25; 31]
L/s/km²	1.5 [1.4; 1.7]	0.8 [0.7; 0.9]

Le graphique suivant présente les **débits mensuels interannuels quinquennaux secs** calculés en ce point de référence en régime désinfluencé.

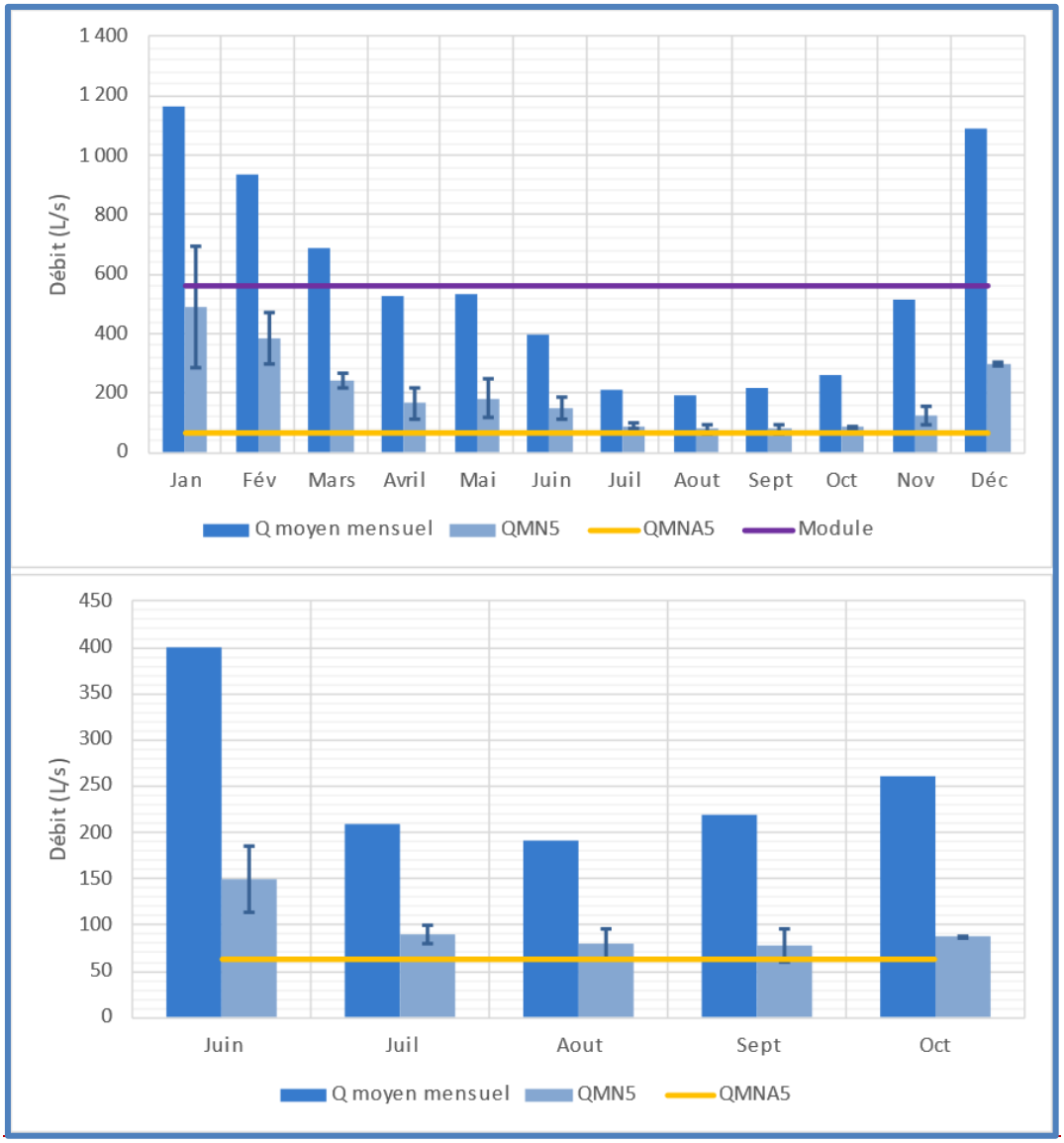


Figure 55 : UG 3 - Régime désinfluencé | Débits mensuels interannuels quinquennaux secs au point de référence 4_03

L'Unité de gestion « **Nant de Sion** » présente des **débits caractéristiques d'étiage en régime désinfluencé** de l'ordre de 63 **L/s pour le QMNA5**, et de l'ordre de 56 **L/s pour le 1/10ème du module**.

En moyenne, sur la période 2008-2022, les débits mensuels minimaux sur une année (QMNA moyen) sont de l'ordre de 110 L/s. D'après les graphiques, le mois ayant le plus faible débit en moyenne est août.

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

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

Tableau 17 : UG 4 – Régime désinfluencé | Indicateurs statistiques

	QMNA moyen	QMNA2	QMNA5
L/s	140 [125; 155]	130 [112; 149]	82 [66; 97]
L/s/km²	3 [2.7; 3.3]	2.8 [2.4; 3.2]	1.7 [1.4; 2.1]

	VCN10	VCN10 (2)	VCN10 (5)
L/s	97 [51; 142]	81 [39; 122]	46 [19; 73]
L/s/km²	2 [1,1; 3]	1,7 [0,8; 2,6]	1 [0,4; 1,6]

	VCN3	VCN3 (2)	VCN3 (5)
L/s	89 [39; 139]	73 [29; 117]	41 [14; 67]
L/s/km²	1,9 [0,8; 2,9]	1,6 [0,6; 2,5]	0,9 [0,3; 1,4]

	1/10 module	1/20 module
L/s	66 [59; 74]	33 [29; 37]
L/s/km²	1.4 [1.2; 1.6]	0.7 [0.6; 0.8]

Le graphique suivant présente les débits mensuels interannuels quinquennaux secs calculés en ce point de référence en régime désinfluencé.

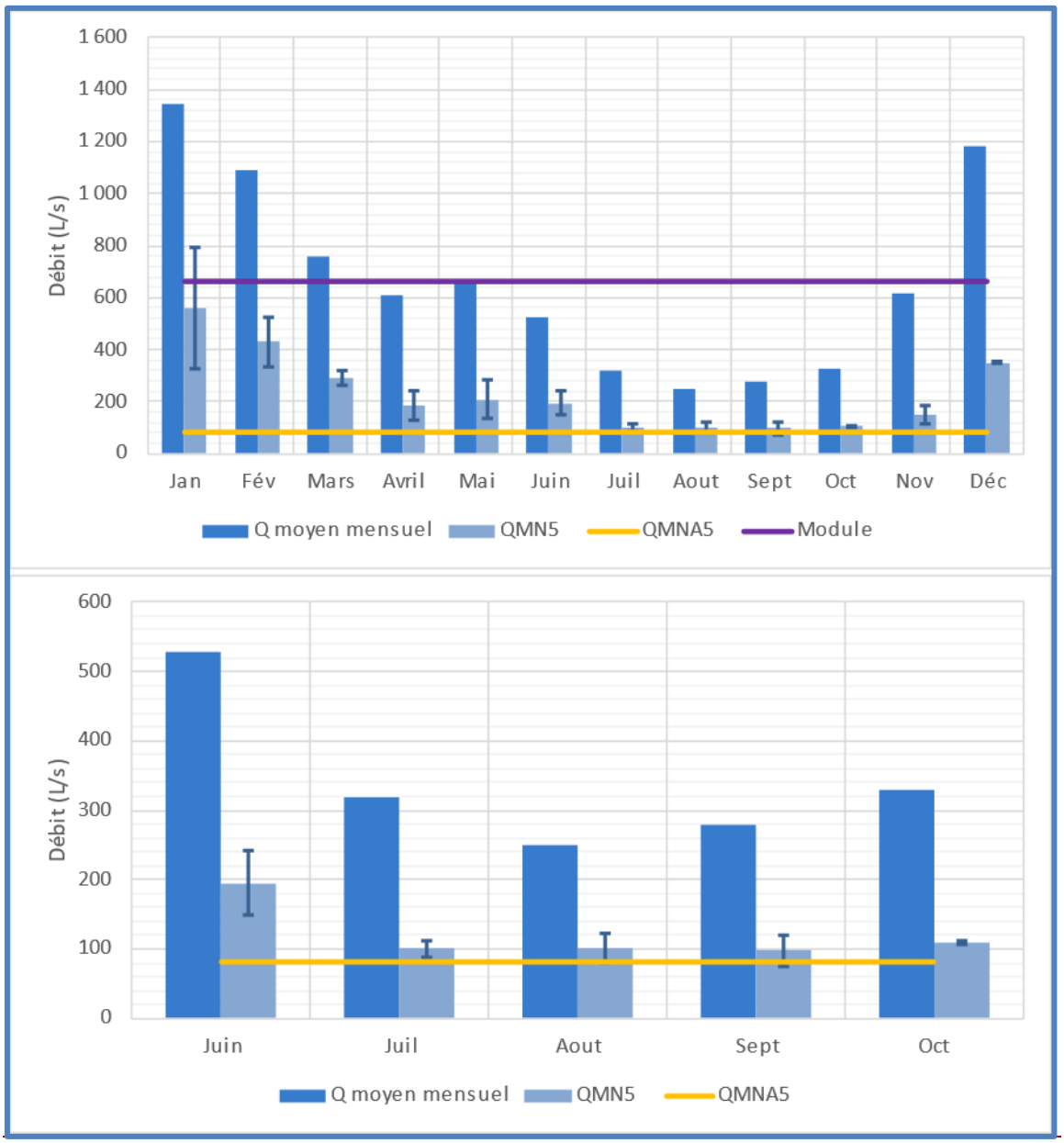


Figure 56 : UG 4 - Régime désinfluencé | Débits mensuels interannuels quinquennaux secs au point de référence 4_04

L'Unité de gestion « **Foron Rochois Aval** » présente des **débits caractéristiques d'étiage en régime désinfluencé** de l'ordre de 82 **L/s pour le QMNA5**, et de l'ordre de 66 **L/s pour le 1/10ème du module**.

En moyenne, sur la période 2008-2022, les débits mensuels minimaux sur une année (QMNA moyen) sont de l'ordre de 140 L/s. D'après les graphiques, le mois ayant le plus faible débit en moyenne est août.

4.5.3 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) restent stables de l'UG 1 à l'UG2 mais diminuent de l'UG 2 à l'UG 4.

L'ensemble des indicateurs de débit en régime désinfluencé pour chaque unité de gestion est présenté Tableau 18.

A l'échelle du secteur 3, au vu des résultats présentés, **une période de plus faibles débits semble s'étendre du mois d'avril au mois de novembre.** C'est en effet sur ces mois que les débits moyens mensuels interannuels sont inférieurs au module interannuel.

Ces résultats seront à mettre en perspective avec les besoins des milieux aquatiques en phase 4 de la présente étude.

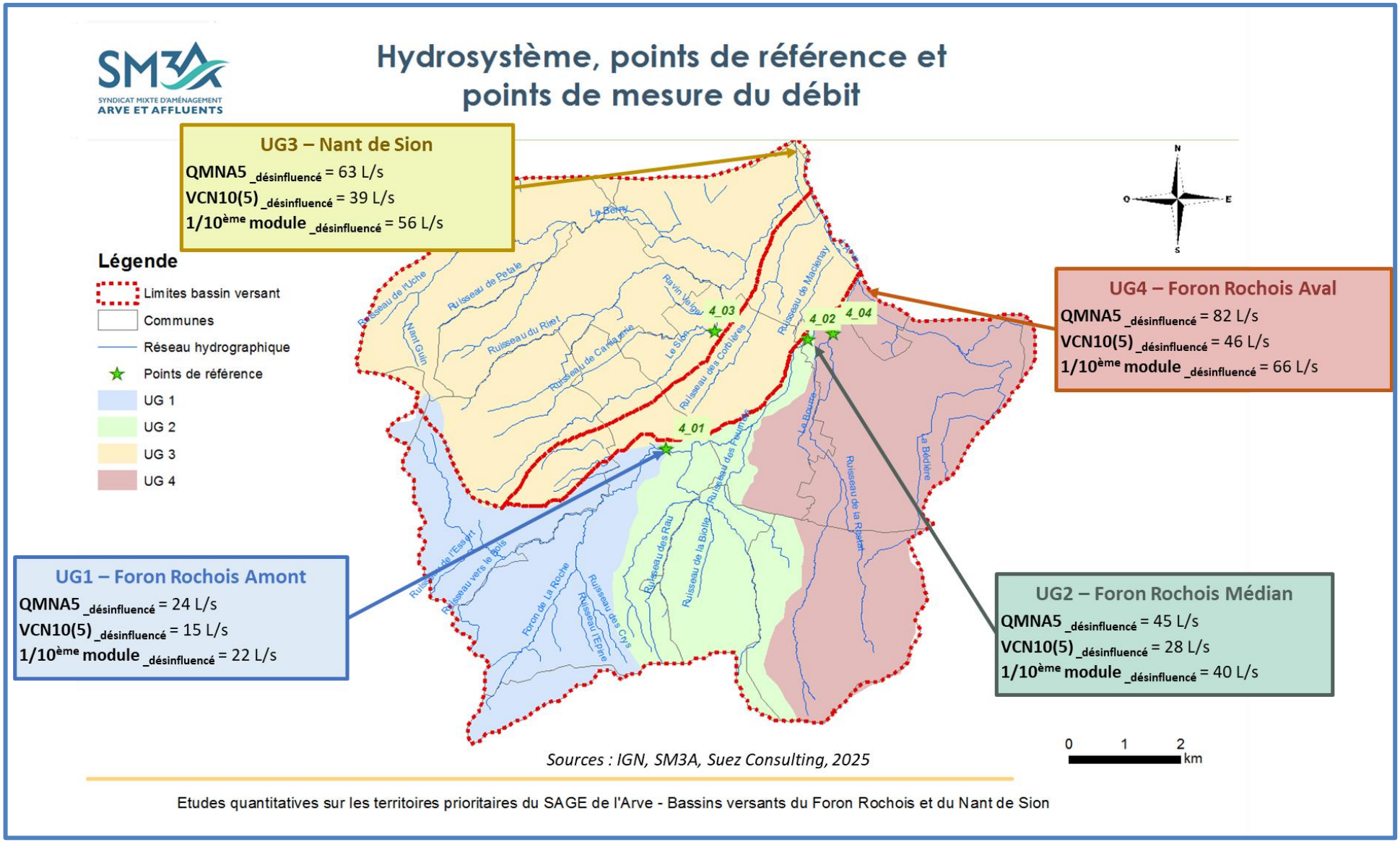


Figure 57 : Régime désinfluencé – Cartographie des débits caractéristiques d'étiage au droit des points de référence (Source : SUEZ Consulting, 2025)

Tableau 18 : 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, 2025)

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)	215 [191; 240]	396 [351; 441]	559 [495; 623]	662 [586; 738]
1/10 module (L/s)	22 [19; 24]	40 [35; 44]	56 [50; 62]	66 [59; 74]
1/20 module (L/s)	11 [10; 12]	20 [18; 22]	28 [25; 31]	33 [29; 37]
QMNA2 (L/s)	38 [33; 43]	71 [61; 81]	99 [85; 114]	130 [112; 149]
QMNA5 (L/s)	24 [20; 29]	45 [37; 54]	63 [51; 75]	82 [66; 97]
VCN3 2 (L/s)	24 [9; 38]	44 [17; 70]	62 [25; 99]	73 [29; 117]
VCN3 5 (L/s)	14 [5; 22]	25 [9; 41]	35 [12; 58]	41 [14; 67]
VCN10 2 (L/s)	26 [13; 39]	48 [23; 72]	67 [33; 102]	81 [39; 122]
VCN10 5 (L/s)	15 [6; 24]	28 [12; 44]	39 [16; 62]	46 [19; 73]
Q spécifique moyen (l/s/km²)	15 [14;17]	8 [7;9]	15 [14;17]	31 [28;35]
Q spécifique QMNA5 (l/s/km²)	1,74 [1,41;2,07]	0,96 [0,77;1,14]	1,74 [1,41;2,07]	3,84 [3,11;4,58]

Les valeurs de QMNA5 peuvent être comparées aux valeurs issues de l'étude OFB/IRSTEA (cf. §4.3.5.1).

Tableau 19 : Régime désinfluencé – Comparaison avec les débits de référence à l'étiage estimés par l'OFB-IRSTEA en 2012 (Source : IRSTEA, 2012, SUEZ Consulting, 2025)

	QMNA5 Cartographie étude OFB-IRSTEA				QMNA5 simulé
	Bas	Moyen	Haut	Robustesse	
UG1	0.014	0.029	0.05	Prudence	0.024
UG2	0.029	0.06	0.102	Prudence	0.045
UG3	0.037	0.074	0.122	Fragile	0.063
UG4	0.051	0.103	0.172	Prudence	0.082

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 basse 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.

5 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[17].

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) jouent 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 20 : 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

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).

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

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.

Le SAGE a validé sa stratégie « zones humides » en juin 2023. Elle définit les zones humides prioritaires sur le plan fonctionnel au niveau du bassin versant. En parallèle, le SM3A a validé un plan d'intervention à 10 ans sur son territoire, en définissant des priorités d'action.

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

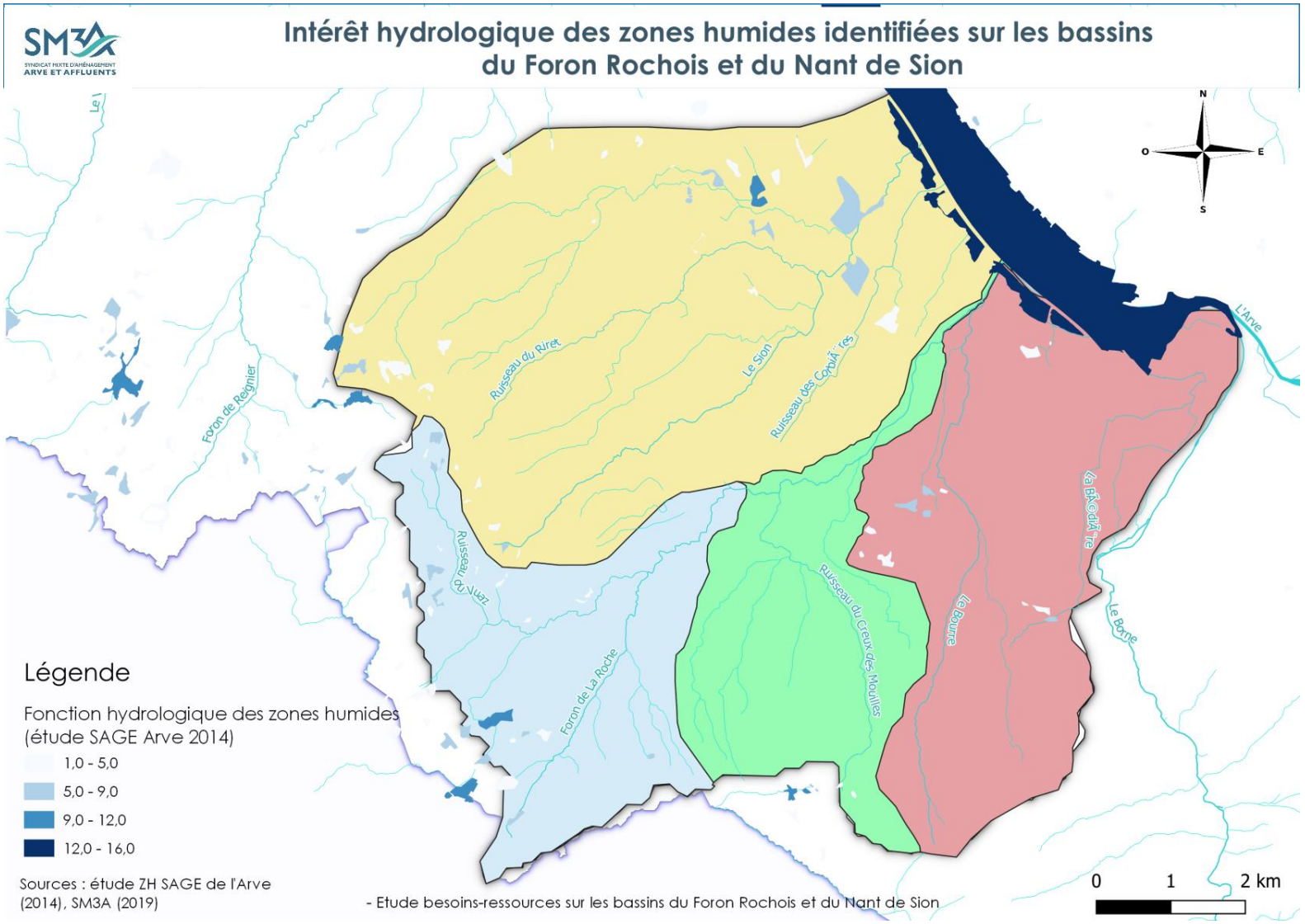


Figure 58 : Zones humides identifiées sur le bassin et note hydrologique associée (Source : SAGE ARVE, 2014, SM3A, SUEZ Consulting)

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

Comme toute analyse réalisée dans le domaine des sciences environnementales, la modélisation de l'hydrologie désinfluencée est affectée par des incertitudes. Ces dernières sont recensées dans la figure suivante.

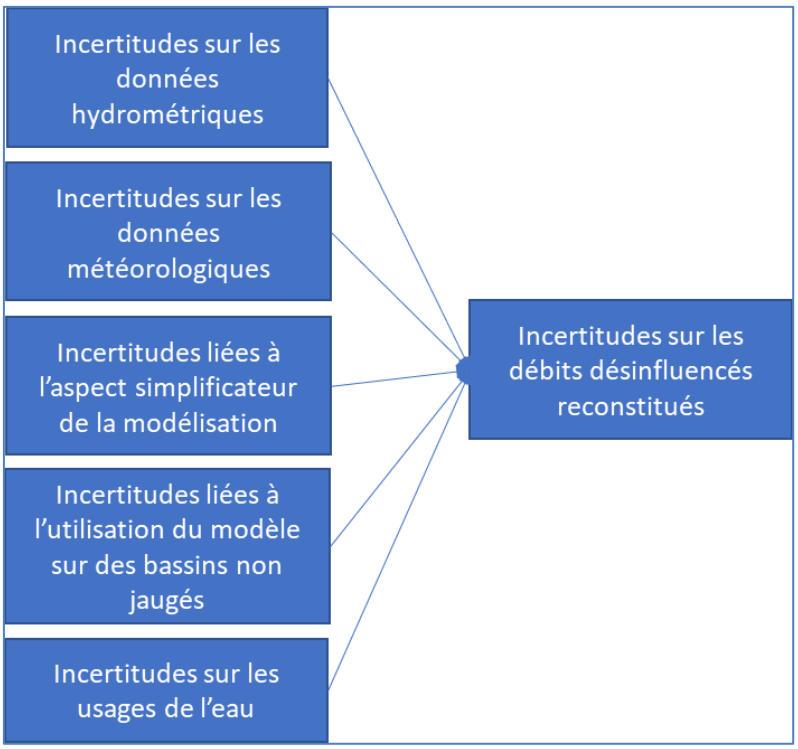


Figure 59 : Mise en évidence des incertitudes affectant la reconstitution de l'hydrologie désinfluencée

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. 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 4.2).

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.

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. En particulier sur ce secteur les incertitudes annuelles des ECPP ont été majorées pour la mensualisation, en raison du manque de données sur la répartition annuelle des volumes mensuels.

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 : Agriculture, Evaporation, Pertes ANC par exemple) ;
- De l'ETP, d'interpolation des données météorologiques… L'ensemble de ces données sont obtenues par des calculs appliqués à d'autres données d'entrée. Ces calculs étant systématiquement simplificateurs des phénomènes et processus qu'ils représentent, il en résulte un résultat naturellement imparfait

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 est imparfaite 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 (9 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 9 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. Toutefois, des incertitudes subsistent quant à l'impact des prélèvements souterrains sur les débits des cours d'eau, cet impact étant modulé par plusieurs facteurs, notamment la profondeur des nappes, la distance par rapport au cours d'eau et la nature du substrat géologique, qui influent sur le délai et la diffusion de l'effet.

Dans le cas d'une reconstitution des débits désinfluencés des impacts anthropiques, il est à noter que **les altérations morphologiques des cours d'eau n'ont pas été pris en compte.**

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

La période de modélisation de la présente étude est de 14 ans (2008-2022). 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 (située sur le secteur 1) au niveau de chaque unité de gestion du bassin versant du secteur 3**, 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 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 2013-2022 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 (QMNA5 et VCN10(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 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.

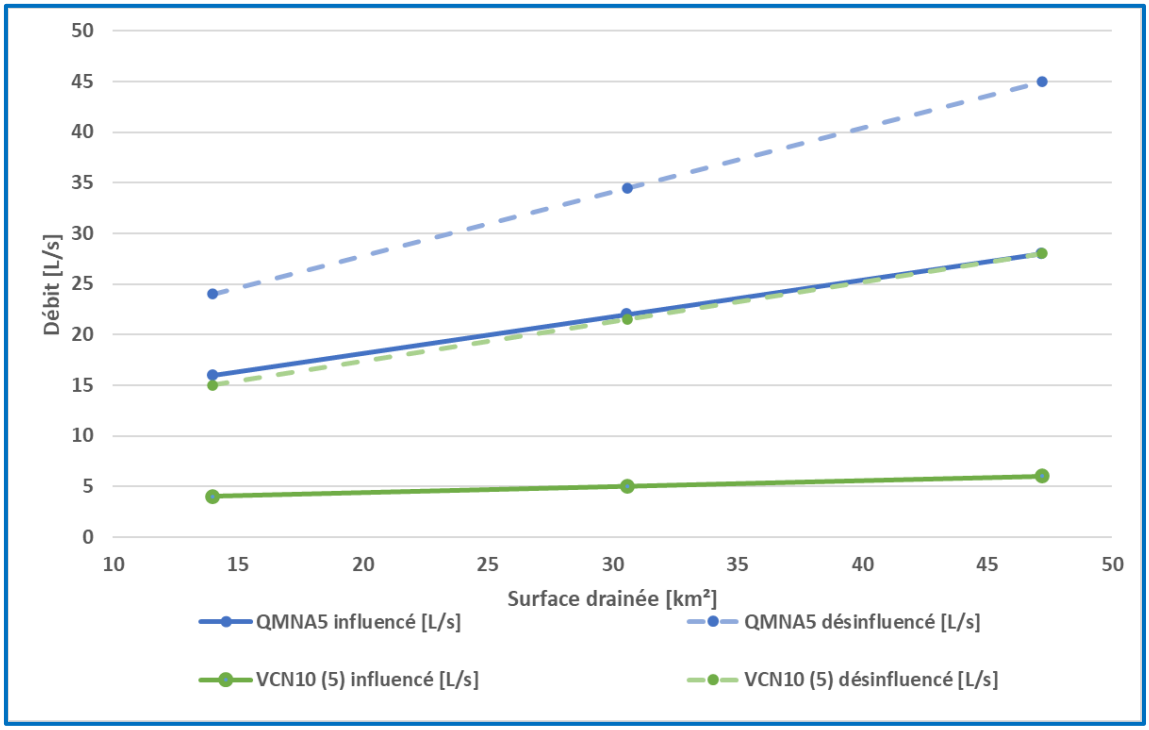


Figure 60 : Profil en long de quelques débits caractéristiques en régimes influencé et désinfluencé sur le bassin du Foron Rochois (Source : SUEZ Consulting, 2025)

Les deux cartes suivantes permettent de comparer les écarts entre débits influencés et désinfluencés par unité de gestion.

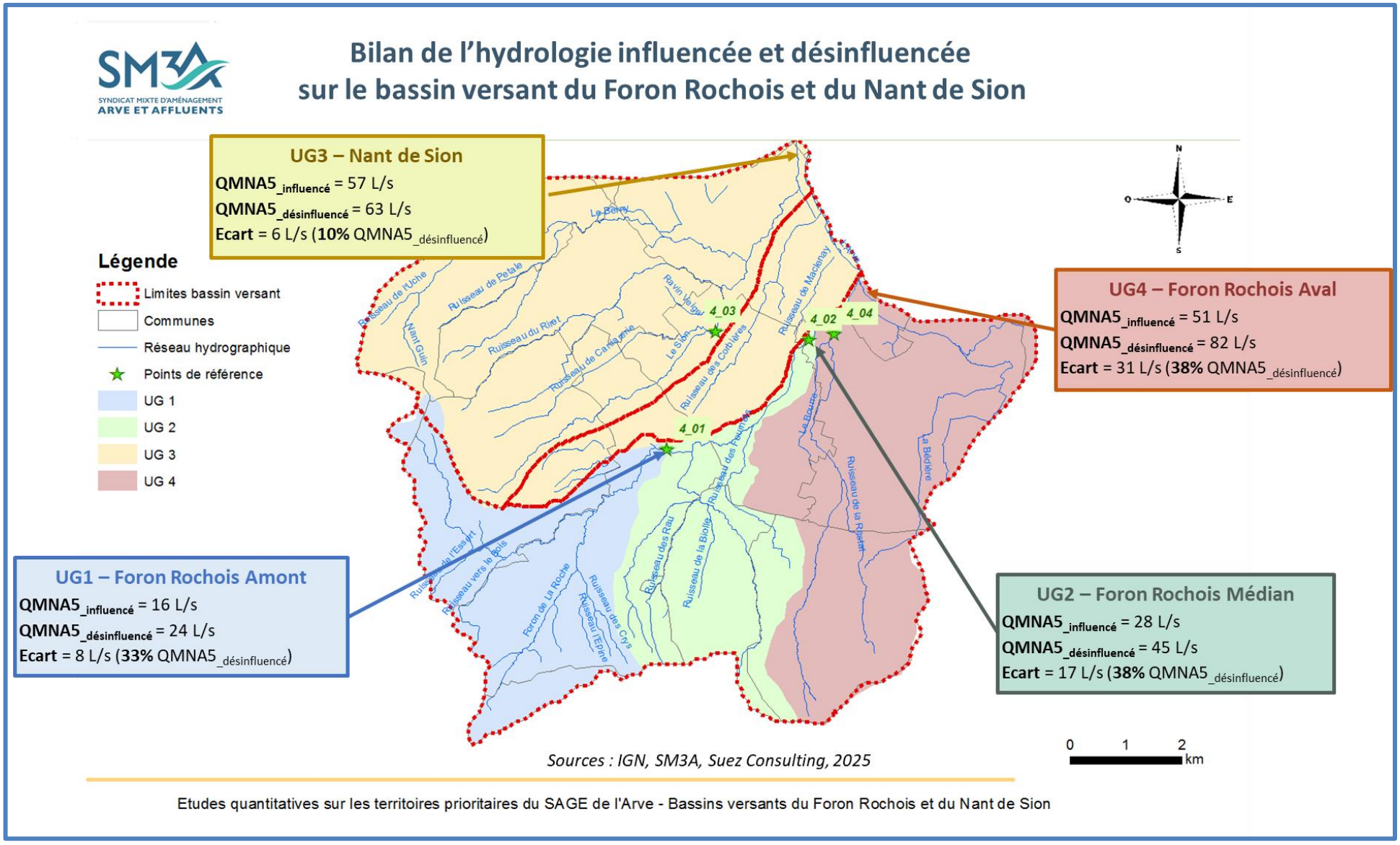


Figure 61 : Régimes influencé et désinfluencé – Cartographie des QMNA5 au droit des points de référence (Source : SUEZ Consulting, 2025)

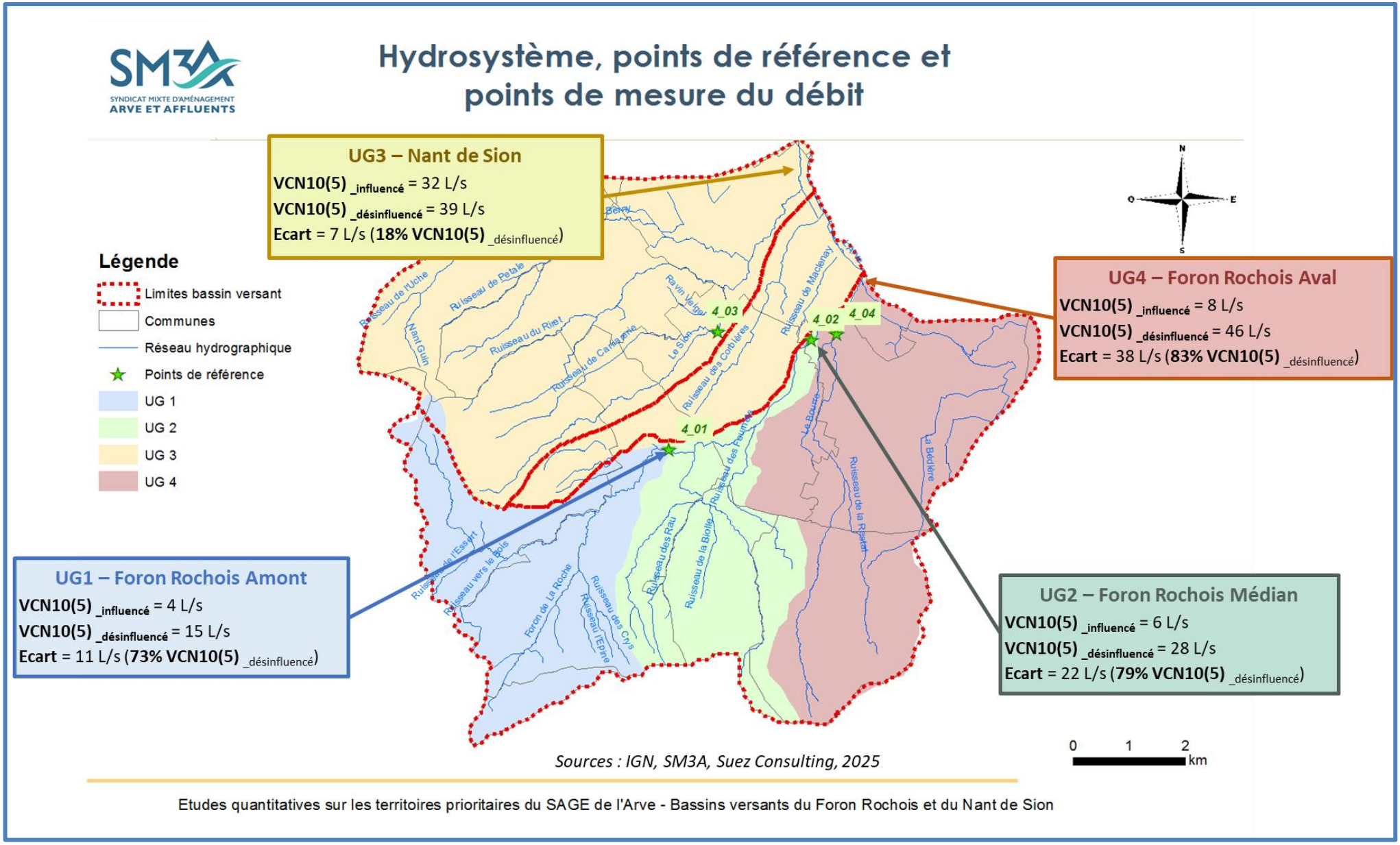


Figure 62 : Régimes influencé et désinfluencé – Cartographie des VCN10(5) au droit des points de référence (Source : SUEZ Consulting, 2025)

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 des UG1, 2 et 4 avec 33 à 38 % de différence** par rapport à la valeur influencée. Cet écart est lié aux substantiels volumes prélevés en cours d'eau ou en nappe alluviale sur ces UG, combinés à des rejets quasi-nuls. Sur l'UG3, l'écart est plus modéré (10%) ; les prélèvements y sont relativement plus faibles et les rejets plus importants que sur les autres unités de gestions.

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 situation d'étiage 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 21 : Régimes influencé et désinfluencé - Tableau de synthèse des débits caractéristiques d'étiage et des écarts aux valeurs actuelles (Source : SUEZ Consulting, 2025)

Débits caractéristiques d'étiage		QMNA5	VCN10(5)
UG1 - Foron Rochois Amont	Débits influencés [L/s]	16 [14; 18]	4 [2; 6]
	Débits désinfluencés [L/s]	24 [20; 29]	15 [6; 24]
	Différence [L/s]	8	11
	Ecart relatif [%]	33%	73%
UG2 - Foron Rochois Médian	Débits influencés [L/s]	28 [25; 32]	6 [3; 9]
	Débits désinfluencés [L/s]	45 [37; 54]	28 [12; 44]
	Différence [L/s]	17	22
	Ecart relatif [%]	38%	79%
UG3 - Nant de Sion	Débits influencés [L/s]	57 [50; 64]	32 [15; 48]
	Débits désinfluencés [L/s]	63 [51; 75]	39 [16; 62]
	Différence [L/s]	6	7
	Ecart relatif [%]	10%	18%
UG4 - Foron Rochois Aval	Débits influencés [L/s]	51 [45; 58]	8 [4; 12]
	Débits désinfluencés [L/s]	82 [66; 97]	46 [19; 73]
	Différence [L/s]	31	38
	Ecart relatif [%]	38%	83%

En situation actuelle, seule l'UG 3 présente un écart relatif inférieur à 20% pour chacun des débits caractéristiques d'étiage (QMNA5, VCN10(5)).

Les UG 1,2 et 4 présentent, quant à elles, un écart relatif compris entre 30 et 40 % pour le QMNA5 et 70 à 85 % pour le VCN10(5).

Ces analyses permettent de confirmer que les débits caractéristiques d'étiage sur l'ensemble du territoire d'étude sont largement 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 (UG4 et UG1) ;
- Un important volume d'eaux claires parasites (UG 2 et UG4).

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 PREREQUIS CONCERNANT LES ANALYSES SUR LE CHANGEMENT CLIMATIQUE

8.1.1 *TENANTS ET ABOUTISSANTS DES PROJECTIONS ET DE LEUR ANALYSE*

Avant tout, il paraît important et nécessaire de préciser l'esprit dans lequel les projections climatiques et hydrologiques doivent être analysées. En raison des nombreuses incertitudes affectant ces dernières :

- Elles seront :
  - Des éléments pour comprendre et anticiper la manière dont la ressource en eau sera le plus probablement amenée à évoluer ;
  - Des points de repère à avoir en tête lors de la définition des seuils réglementaires, qui s'appuieront principalement sur les données passées --> dans ce contexte, les projections sont des éléments d'aide à la décision.
- Elles ne seront pas :
  - Une préfiguration précise de l'avenir qui nous attend (qu'il s'agisse du climat, de l'hydrologie ou des usages) ;
  - Des éléments à prendre en compte quantitativement pour établir les seuils réglementaires.

L'impact des choix qui devront être réalisés dans le cadre des analyses approfondies est donc à relativiser. Ces choix seront **importants** pour que la connaissance qui en découlera soit la plus intéressante possible, mais ils ne seront **pas particulièrement déterminants**, relativement aux seuils de gestion à définir par exemple.

8.1.2 *SCENARIOS CLIMATIQUES*

Pour estimer l'évolution future des paramètres climatiques, tels que les températures, les précipitations ou l'évapotranspiration potentielle, les climatologues s'appuient sur des trajectoires décrivant l'évolution du forçage radiatif. Ce forçage, qui dépend des activités humaines, pourrait évoluer de diverses manières dans les prochaines décennies. Étant donné les incertitudes liées à ces évolutions, des scénarios variés ont été élaborés afin d'illustrer les différents futurs climatiques possibles en fonction des choix et des tendances de l'activité humaine.

Aujourd'hui, ces sont les scénarios RCP qui sont valorisés dans le cadre des travaux climatologiques réalisés à l'échelle de la France.

Ces scenarios sont détaillés ci-dessous et représentés dans la figure suivante :

- RCP2.6 : correspond à un scénario avec une politique climatique visant à faire baisser les concentrations en CO2 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). C'est le seul parmi les quatre scénarios qui respecterait l'accord international de Paris sur le changement climatique approuvé en décembre 2015 ;
- RCP4.5 : correspond à un scénario avec une politique climatique visant à stabiliser les concentrations en CO2 avant 2100 (stabilisation sans dépassement) ;
- RCP6.0 : correspond à un scénario avec une politique climatique visant à stabiliser les concentrations en CO2 après 2100 (stabilisation sans dépassement) ;
- RCP8.5 : Scénario sans politique climatique (concentration en CO2 croissante), menant à environ 5°C de réchauffement global d'ici la fin du siècle[18].

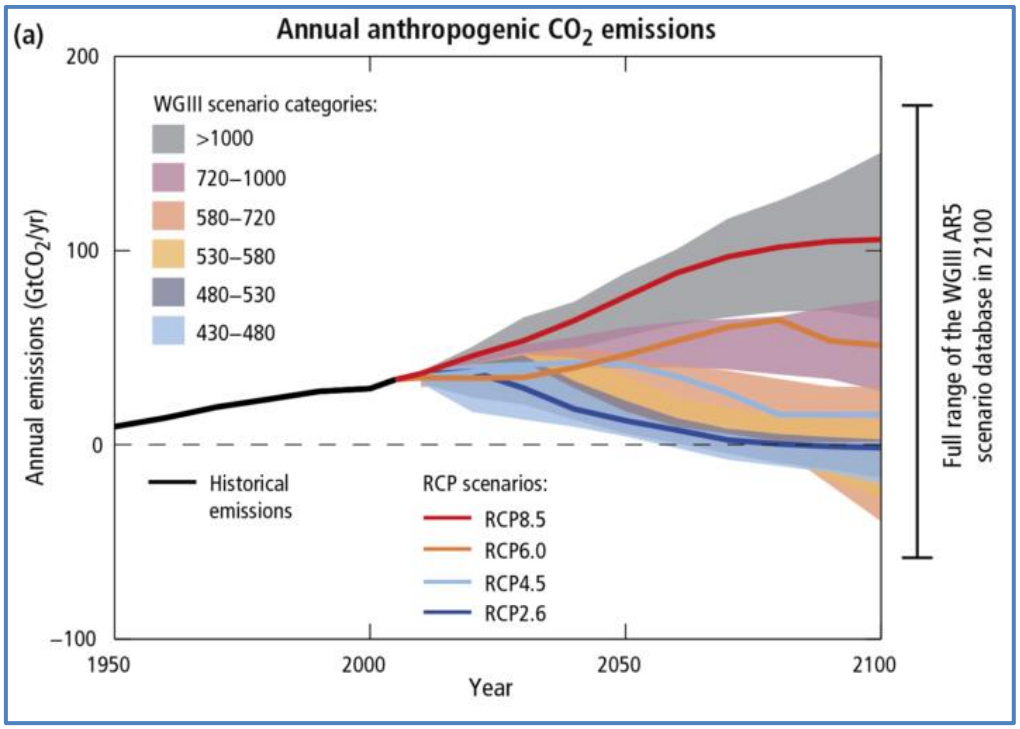


Figure 63 : Evolution des émissions de CO2 d'après les scénarios RCP

[18] YOANN, R. et al. (2023). « Projections climatiques régionalisées : correction de biais et changements futurs »

Il peut être noté que les projections démarrent en 2006, bien que cette date soit aujourd'hui dépassée. Les tendances d'émissions vécues depuis 2006 se rapprochent des scénarios les plus pessimistes (RCP 6.0 et RCP 8.5).

8.1.3 MODELES CLIMATIQUES

A partir de la connaissance :

- De l'évolution du forçage radiatif associé aux différents scénarios,
- De différentes données d'entrée décrivant le système Terre,

les climatologues sont en mesure de reconstituer les différentes configurations de changement climatique que l'on pourrait observer dans les prochaines décennies.

Pour ce faire, ils ont recours à la modélisation. Il existe différents types de modèles climatiques :

- Modèles climatiques globaux (GCM) : Grande échelle, résolution de 100 à 300 km : Ce sont les modèles « de base », qui représentent l'ensemble du système Terre.
- Modèles climatiques régionaux (RCM) : Résolution élevée, 10 à 50 km, obtenus par désagrégation dynamique ou statistique (ou combinée) : Ces modèles découlent des modèles climatiques globaux et permettent d'affiner les projections sur une région du globe donnée. Différentes méthodes sont mises en place pour les obtenir.
- Modèles d'impact : Variés, visent à représenter les effets du changement climatique sur divers systèmes. Par exemple, on peut citer les modèles hydrologiques permettant de déduire l'évolution des débits à partir de celle du climat. Ces différents modèles sont liés, les derniers étant dépendants des premiers, avec un niveau de précision croissant des résultats restitués.

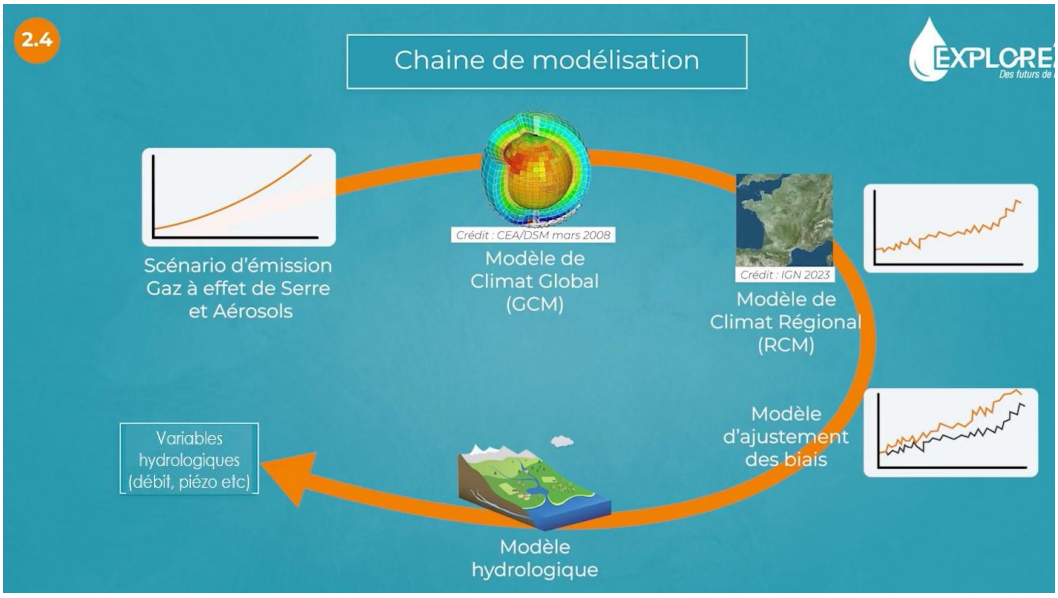


Figure 64 : Chaine de modélisation du Scénario d'émission à la projection des débits (Source : Explore 2)

8.1.4 INCERTITUDES

L'analyse du changement climatique est affectée par de nombreuses incertitudes de provenances variées (scénario, modèle, variabilité interne du climat). Ces dernières interviennent à chaque étape de la modélisation. En effet, tout modèle constituant une simplification de la réalité, aucun n'est parfait. Chaque échelon de calcul est donc de nature à introduire de nouvelles incertitudes aux analyses réalisées.

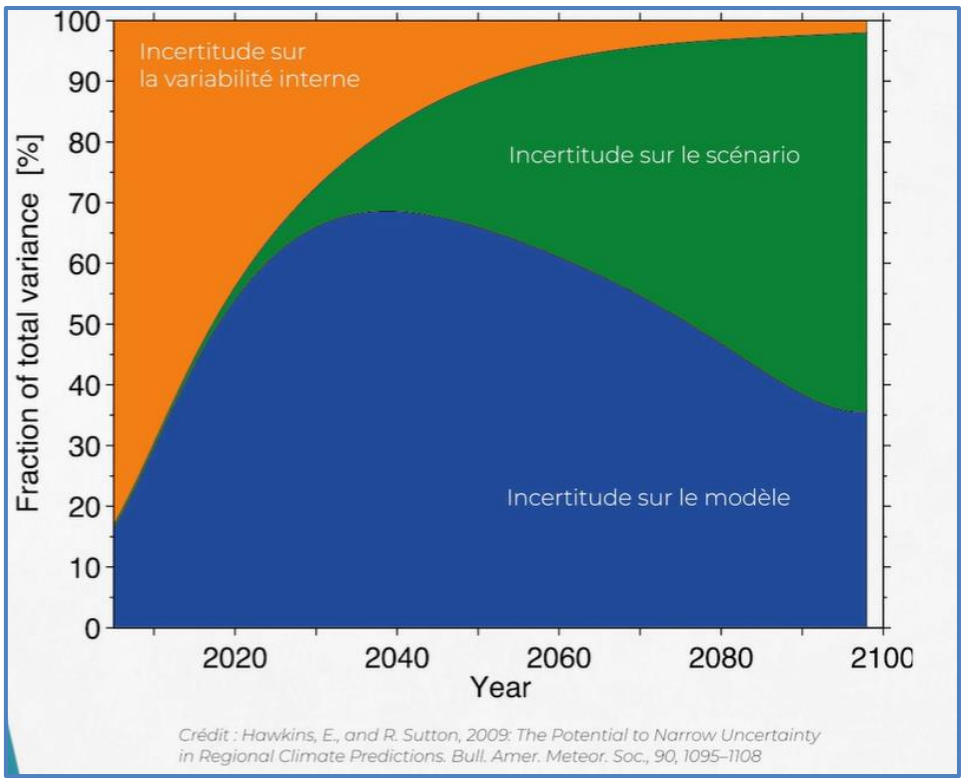


Figure 65 : Evolution de l'importance relative des différentes sources d'incertitude selon les horizons futurs considérés (source : Explore 2)

Ces incertitudes ne doivent cependant pas être vues comme une fatalité. Aujourd'hui, les (hydro-)climatologues sont à même de décrire ces dernières à l'aide d'approches multi-scénarios et multi-modèles. Le principe consiste à réaliser des calculs basés sur une multitude de modèles et de scénarios, puis de réaliser des analyses statistiques sur les multiples résultats obtenus.

Ainsi, plutôt que d'aboutir à une unique description de l'évolution future des variables analysées, on peut disposer de différents types de représentations, comme :

- La représentation « spaghettis », consistant à mettre en évidence sur un même graphique tous les résultats obtenus afin d'en appréhender directement la dispersion et les grandes tendances. Cette démarche est très simple, mais limitée. En effet, par sa nature purement visuelle, il n'est pas possible d'en inférer des métriques-clé, ce qui est pourtant un enjeu d'ampleur dans le cadre de telles analyses ;

- L'approche "probabiliste" décrit les changements futurs à l'aide de statistiques (moyenne ou médiane des simulations, quantiles, etc.)[19]. Cette dernière présente l'avantage de faire parler tout l'ensemble des simulations, mais c'est aussi le mode de représentation qui est le plus fréquemment mal interprété. En effet, il est fréquent que seule la médiane soit observée et « prise pour argent comptant » ;

- Pour faciliter l'utilisation des projections dans le cadre d'études d'impact, une alternative dite approche « narrative » peut être proposée. La représentation par « narratifs » consiste à isoler un petit ensemble de résultats, représentatif de différentes configurations contrastées pouvant être rencontrées dans l'ensemble de base. **Ce mode de restitution est plus directement évocateur de la diversité des futurs possibles que l'approche probabiliste.**

[19] https://www.drias-climat.fr/accompagnement/sections/426

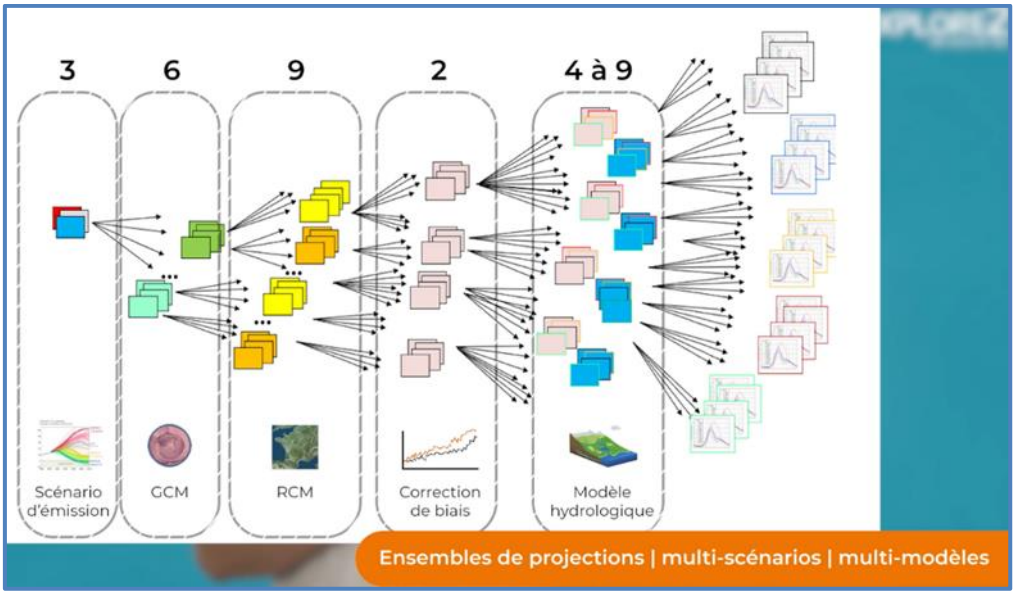


Figure 66 : Représentation de la cascade d'incertitudes dans le cadre de la modélisation du changement climatique et de ses effets sur la ressource en eau

8.1.5 AUTRES RECOMMANDATIONS IMPORTANTES

Note : les recommandations suivantes sont directement issues de DRIAS - Climat

- **Ne pas comparer les données des simulations climatiques à une date particulière**

Il est important de comprendre que les situations météorologiques simulées sont virtuelles et n'ont pas pour objectif, pour une date de validité donnée, de reproduire la situation correspondante réellement observée (ou qui sera observée). Les données de référence, datées, ne doivent pas être comparées aux valeurs observées à la même date. Mais l'ensemble d'une simulation de référence a les caractéristiques du climat de la période de simulation (1950-2000 par exemple). On proposera donc de préférence des valeurs moyennes sur plusieurs années (classiquement 30 ans) ou des fréquences de phénomènes.

Par ailleurs, les projections climatiques débutent généralement en 2006. Les premières années de simulation relèvent aujourd'hui du passé récent.

- **Attention à l'interprétation des résultats pour les horizons proches (période 2021-2030)**

En effet, pour cette période, on ne peut distinguer la variabilité climatique naturelle d'un signal qui serait dû au changement climatique. Pour cette période, il est recommandé notamment de s'orienter vers des prévisions décennales, aujourd'hui produites dans le cadre de l'Organisation Mondiale de la Météorologie.

- **Utiliser systématiquement plusieurs scénarios et des produits de distribution ou plusieurs modèles**

Il existe principalement deux sources d'incertitude : l'incertitude « modèle » liée à la représentation des processus physiques et l'incertitude associée aux scénarios d'émission des gaz à effet de serre. La première incertitude peut être analysée en utilisant des produits de distribution issus d'un ensemble de modèles (par exemple les modèles DRIAS-2020). La deuxième peut être approchée en proposant des simulations obtenues pour plusieurs scénarios d'émission (RCP).

On proposera donc systématiquement plusieurs scénarios et des produits de distribution ou **plusieurs modèles**, de manière à intégrer au moins une source principale d'incertitude.

- **Ne pas pondérer les simulations climatiques**

Les simulations climatiques ne sont pas des prévisions et aucune échelle de probabilité ne leur est attachée (aucun scénario n'est plus probable qu'un autre). Elles représentent à priori des évolutions plausibles du climat de la France sur le 21e siècle, basées sur les connaissances actuelles.

- **Les données de la période de référence ne sont pas des observations**

Il est important de garder à l'esprit que les simulations de référence sont des simulations numériques et non des observations. Si ces simulations n'ont pas été débiaisées par une méthode de correction (comme la méthode de correction quantile-quantile), alors il subsiste un biais par rapport aux observations. Il ne faut donc pas utiliser ces simulations en les considérant comme une climatologie du passé proche.

Complément SUEZ Consulting : Malgré les méthodes de correction de biais mises en place, de légers biais peuvent subsister. Ainsi, il paraît préférable de valoriser les données de projection par approche comparative plutôt que par l'analyse directe des valeurs absolues qui en découlent.

Pour les débits en particulier :

- **Privilégier les analyses en valeur relative (écart par rapport à la période historique) plutôt qu'en valeur absolue.**

Les modèles hydrologiques ne sont pas tous systématiquement recalés sur les observations (voir modèle SIM2 par exemple) et des écarts peuvent persister entre les moyennes des observations et des données simulées de débit sur la période historique.

Pour ces modèles, il convient de privilégier les analyses des évolutions relatives de débit (écart relatif de la moyenne future par rapport à la moyenne de la période historique) plutôt que les analyses en valeur absolue.

De manière générale, les écarts relatifs sont plus robustes dans les simulations hydrologiques que les valeurs absolues futures.

8.2 ETUDE EXPLORE 2

8.2.1 *PRESENTATION DU PROJET*

Les contributeurs du projet national Explore 2 le présentent comme ceci[20] :

« Le projet Explore 2, porté par INRAE et l'Office International de l'eau (OiEau), s'inscrit dans la suite de l'étude Explore 2070 (2010-2012) grâce à laquelle les acteurs de la recherche, autour du ministère de l'Écologie, avaient établi des premiers scénarios prospectifs de disponibilités des ressources en eau à l'échelle de la France à horizon 2070. (…)

Explore2 a pour objectif d'actualiser les connaissances de l'impact du changement climatique sur l'hydrologie à partir de publications du GIEC (CMIP5), mais aussi d'accompagner les acteurs des territoires dans la compréhension et l'utilisation de ces résultats pour adapter leurs stratégies de gestion de la ressource en eau. »

Le projet Explore2 a permis de mettre à disposition du public les résultats de très nombreuses projections climatiques et hydrologiques adaptées au territoire métropolitain Français.

Il se base sur un large ensemble de projections hydroclimatiques multi-scénarios (RCP) et multi-modèles.

Les chaines de modélisations sont forcées par les 3 scénarios d'émissions de Gaz à effet de serre et d'aérosol RCP 2.6, 4.5 et 8.5. 17 chaines de modélisations climatiques GCM-RCM sont utilisées sur la base des projections climatiques régionales (RCM) du programme international EURO-CORDEX. 2 modèles de correction de biais et 4 à 9 modèles hydrologiques sont également utilisés, ce qui aboutit à un ensemble de 648 projections disponibles.

Le projet Explore 2 porte également une attention accrue à la représentation des incertitudes. Les résultats des projections sont tributaires de différents types d'incertitudes qui se propagent et s'amplifient dans la chaîne de modélisation, et donc du choix des scenario d'émission et des successions de modèle. Le futur des émissions de gaz à effet de serre ne sera vraisemblablement identique à

[20] Sauquet, Éric; Thirel, Guillaume; Vergnes, Jean-Pierre; Habets, Florence, 2024, "Étude d'impact du changement climatique sur le régime hydrologique en France métropolitaine – synthèse bibliographique", https://doi.org/10.57745/XKMLMG, Recherche Data Gouv, V1

aucun des scénarios RCP et les modèles sont tous des représentations simplifiées et imparfaites des systèmes physiques réels.

C'est pour représenter au mieux les incertitudes et les multiples futurs possible que le projet a choisi de valoriser une très grande gamme de modèles et de scenarios et qu'il recommande d'en présenter plusieurs selon l'approche narrative (voir ci-dessous).

8.2.2 RESULTATS A L'ECHELLE DE LA FRANCE

Les résultats d'Explore 2 sont fréquemment présentés pour 4 « narratifs », c'est-à-dire pour 4 déroulements futurs physiquement cohérents d'évènement, choisis contrastés pour représenter la diversité des situations possibles. L'approche ne cherche pas à sélectionner un futur plus probable face aux nombreuses incertitudes, mais à préparer les acteurs de l'eau à la diversité des évolutions qui peuvent être considérées possibles aujourd'hui.

Selon deux scénarios RCP (4.5 et 8.5), quatre narratifs sont présentés avec Explore 2 :

- **Le narratif orange** (EC-EARTH HadREM3-GA7 ADAMONT) : fort réchauffement et fort assèchement en été (et en annuel)
- **Le narratif jaune** (CNRM-CM5 ALADIN63 ADAMONT) : changements futurs relativement peu marqués
- **Le narratif violet** (HadGEM2-ES CCLM4-8-17 ADAMONT) : fort réchauffement et forts contrastes saisonniers en précipitations
- **Le narratif vert** (HadGEM2-ES ALADIN63 ADAMONT) : réchauffement marqué et augmentation des précipitations.

8.2.2.1 Paramètres climatiques

Le rapport sur les changements moyens et les incertitudes associées d'Explore 2 affirme que, s'il est une certitude, c'est que la température de l'air en France va augmenter dans les prochaines décennies, et l'intensité de la hausse va dépendre de la trajectoire en émission de gaz à effet de serre. Le réchauffement sera plus important en été (changements moyens projetés de [+3.5°C, +6°C] sur la France avec le RCP8.5) qu'en hiver ([+2.5°C, +4.5°C] avec le même scénario). En été, le réchauffement sera plus important dans le sud de la France et en hiver, sur les massifs montagneux.

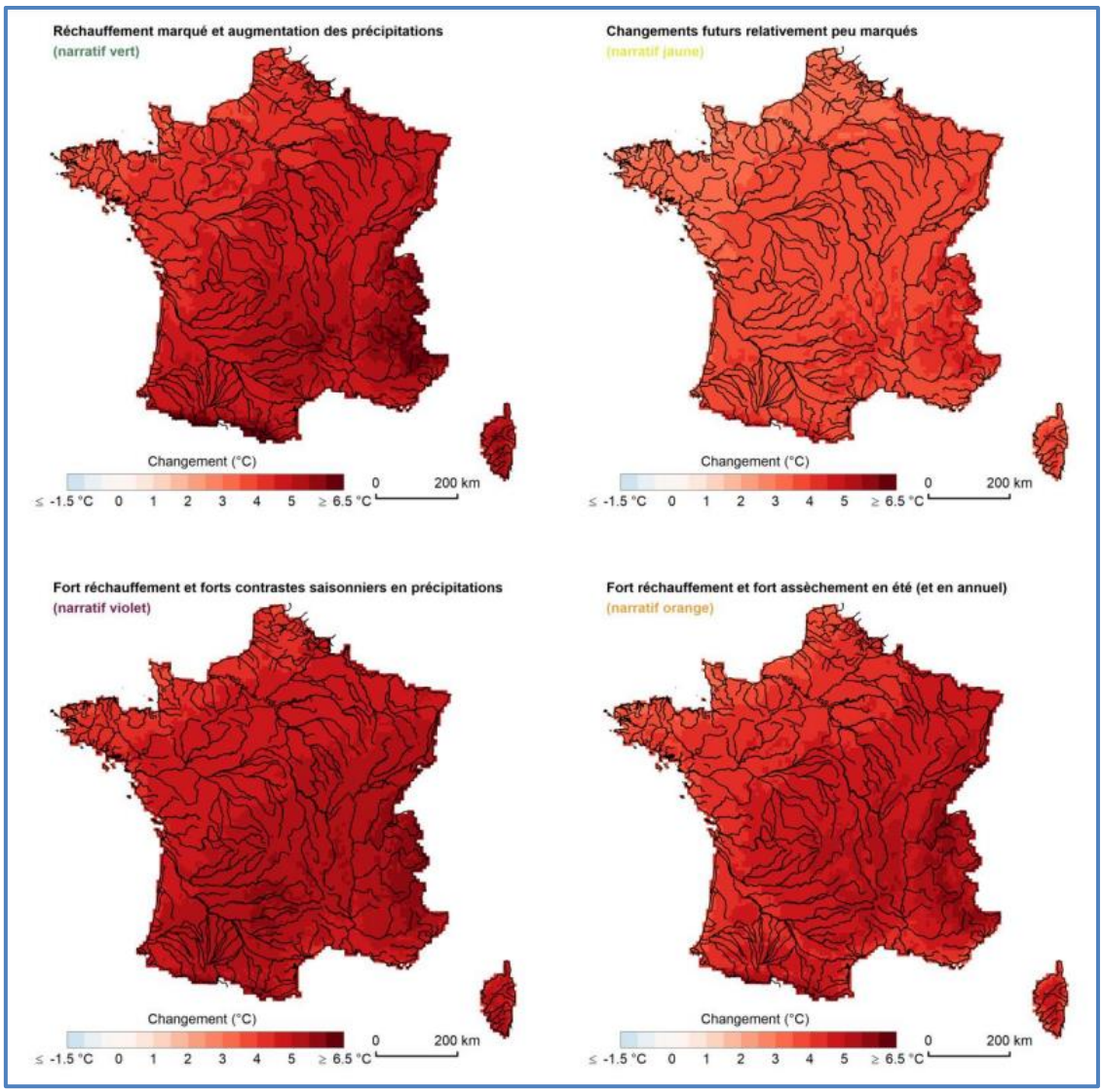


Figure 67 : Changements projetés pour la température moyenne annuelle pour 4 futurs contrastés (narratifs Explore 2) sous scenario de fortes émissions en fin de siècle (référence : 1976-2005)

La conséquence directe du réchauffement projeté est une hausse projetée de l'ETP en été et en hiver, relativement uniformes en intensité quelle que soit la zone géographique considérée (augmentation moyenne de [+10%, +30%] sur la France avec le RCP8.5) et une diminution projetée des cumuls de neige de novembre à avril.

Concernant les cumuls de précipitations annuelles, les incertitudes sont importantes et le signe des changements projetés n'est pas certain.

En revanche :

- La majorité des projections s'accorde sur une hausse de la pluviométrie en hiver pour les deux scénarios d'émissions (modéré : RCP 4.5 et fortes émissions : RCP 8.5)

- L'été se caractérise par une tendance à la diminution des précipitations à l'échelle de la France. Cette diminution est particulièrement prononcée dans le sud-ouest en fin de siècle pour les deux scénarios d'émissions.

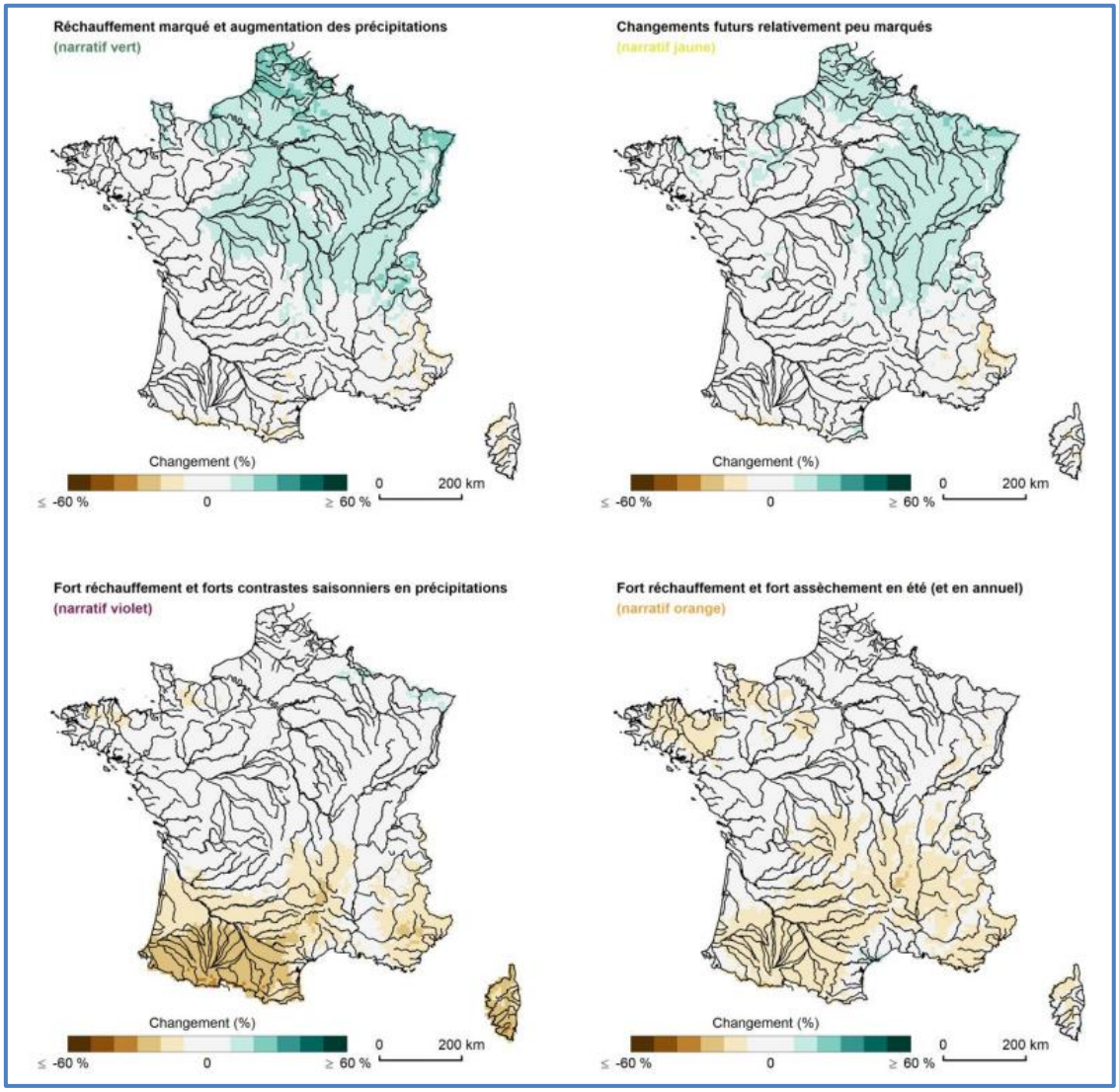


Figure 68 : Changements projetés pour les cumuls annuels de précipitation pour quatre futurs contrastés (narratifs d'Explore2) sous scénario de fortes émissions en fin de siècle (référence : 1976-2005) Explore 2[21]

8.2.2.2 Paramètres hydrologiques

Les changements projetés sur le climat entraînent évidemment des conséquences directes sur les changements hydrologiques projetés en France.

Pour le débit annuel moyen, l'incertitude sur l'évolution des précipitations totales conduit à des tendances très incertaines sur la France. La majorité des projections s'accorde sur une hausse des débits en hiver et sur une baisse des débits en été pour les deux scénarios d'émissions. Ces baisses estivales découlent

[21] Sauquet et al. « Messages et enseignements du projet Explore 2 », 28/06/2024

de la hausse de l'évapotranspiration de référence, de la diminution des précipitations estivales et de la diminution du manteau neigeux, selon les régions.

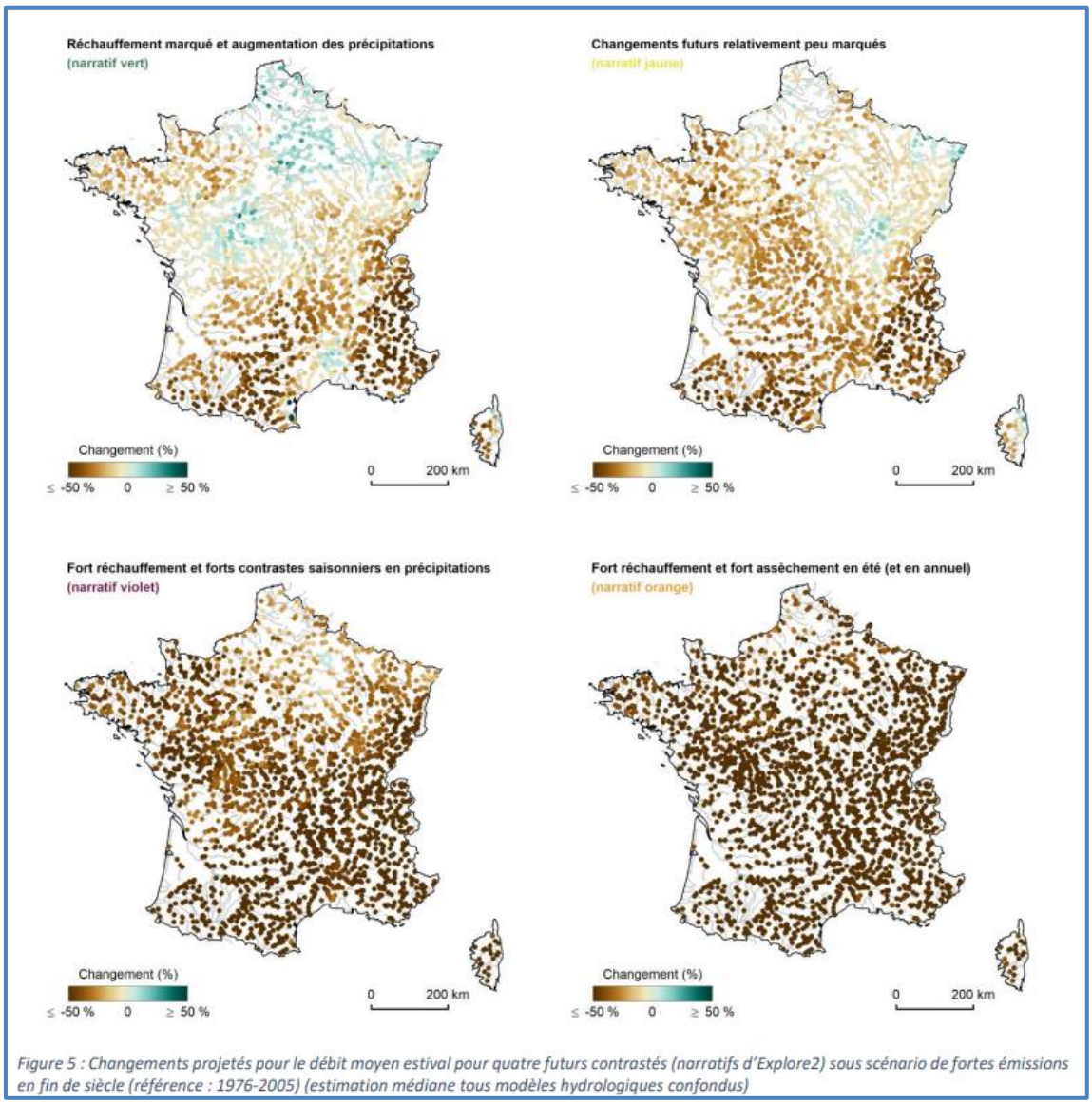


Figure 5 : Changements projetés pour le débit moyen estival pour quatre futurs contrastés (narratifs d'Explore2) sous scénario de fortes émissions en fin de siècle (référence : 1976-2005) (estimation médiane tous modèles hydrologiques confondus)

Figure 69 : Changements projetés pour le débit moyen estival pour quatre futurs contrastés (narratifs d'Explore2) sous scénario de fortes émissions en fin de siècle (référence : 1976-2005) (estimation médiane tous modèles hydrologiques confondus). Rapport Explore 2.

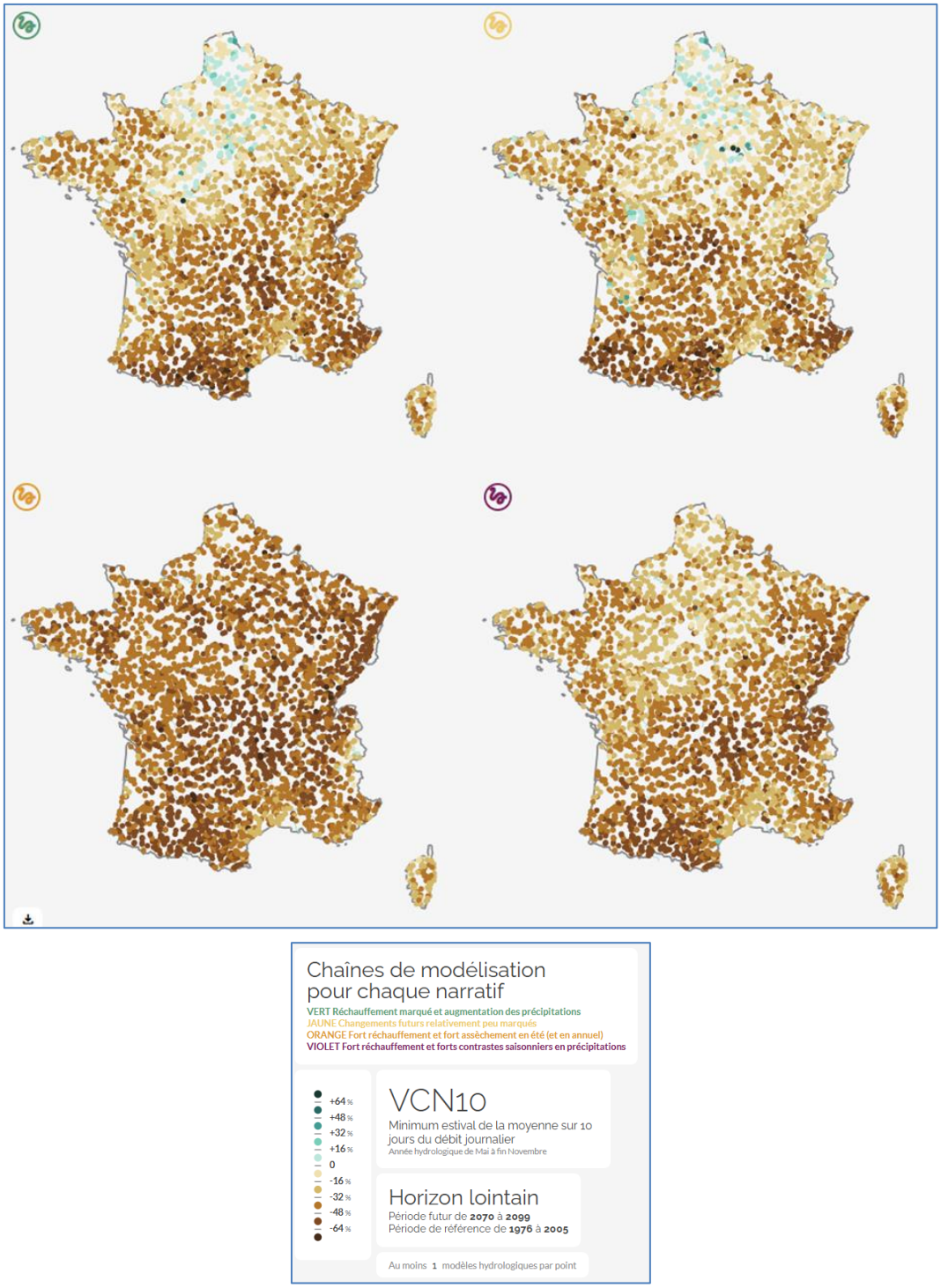


Figure 70 : Changements projetés pour le VCN10 pour quatre futurs contrastés (narratifs d'Explore2) sous scénario de fortes émissions en fin de siècle (référence : 1976-2005) (estimation médiane tous modèles hydrologiques confondus). Résultats Explore 2 mise en forme sur le site Méandre[22] (INRAE)

[22] Méandre est une plateforme gérée par l'INRAE mettant à disposition les résultats des projections hydrologiques Explore 2 cartographiées accompagnées d'interprétations et des informations utiles à leur utilisation.
Consultable à l'adresse : https://meandre.explore2.inrae.fr/

L'ensemble de projections du projet Explore 2 s'accorde sur une sévérité accrue des étiage l'été : tendance nette à la baisse du QMNA (débit minimum annuel) dans le sud de la France avec le scénario RCP8.5 et diminution marquée du VCN 10 (Minimum estival de la moyenne sur 10 jours du débit journalier) presque partout en France quel que soit le narratif. La durée des basses eaux estivales devrait augmenter de manière généralisée en France, avec une forte variabilité naturelle d'une année sur l'autre.

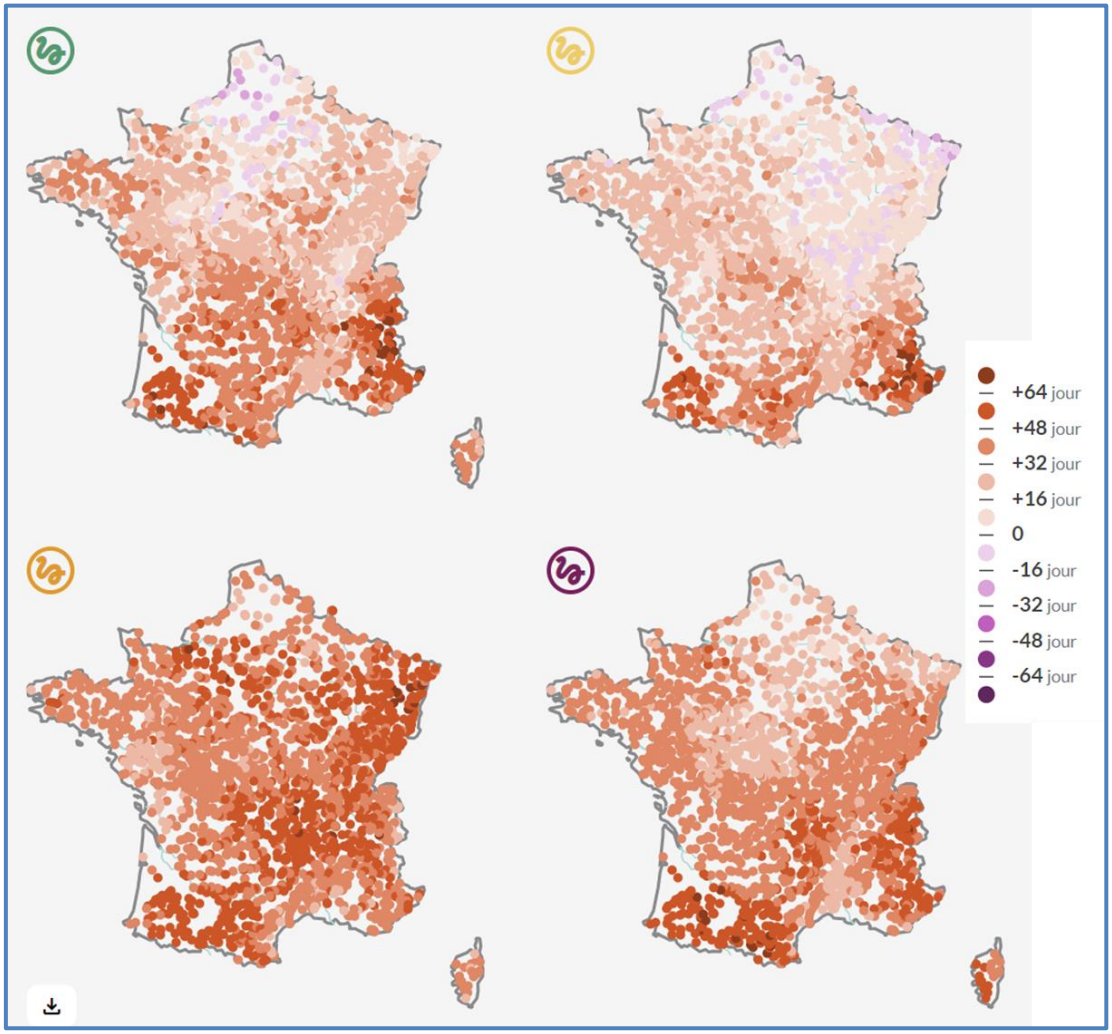


Figure 71 : Durée des basses eaux estivales à l'horizon 2070-2099 pour le scenario RCP 8.5 par rapport à la période de référence 1976-2005. Résultats Explore 2 mise en forme sur le site Méandre[23] (INRAE)

Enfin, les changements de régime hydrologique sont notables sous les deux scénarios d'émissions. Pour les régimes pluviaux, les contrastes seront plus affirmés entre hautes et basses eaux (hiver et été). En moyenne montagne, les

[23] Méandre est une plateforme gérée par l'INRAE mettant à disposition les résultats des projections hydrologiques Explore 2 cartographiées accompagnées d'interprétations et des informations utiles à leur utilisation.
Consultable à l'adresse : https://meandre.explore2.inrae.fr/

régimes nivaux de transition évoluent vers des régimes à dominante pluviale. Après une phase d'apports estivaux accrus, due au retrait des glaciers (et donc à leur fonte), les bassins au régime glaciaire voient leurs débits estivaux (en particulier en août) fortement baisser.

8.2.2.3 Les aléas hydroclimatiques

Pour les deux scénarios d'émission et les deux horizons temporels, la fréquence et l'extension spatiale des sécheresses météorologiques estivales ont tendance à augmenter. Un signal plus fort est observé pour la sécheresse du sol (agronomique), que ce soit en termes de surface touchée ou d'intensité.

Les assecs quant à eux devraient progresser en tête de bassin versant. Ils seront plus précoces et plus longs.

Les résultats des scenarios sur les crues sont peu robustes et soumis à de fortes incertitudes.

8.2.2.4 Application au territoire d'étude

A l'heure actuelle, l'étude Explore 2 peut être vue comme la source d'informations la plus pertinente et intéressante concernant les analyses prospectives d'évolution du climat et de la ressource en France hexagonale.

Cependant, si cette dernière est prolifique en termes de données de résultats, elle est plus modeste que les autres en termes d'analyses à proprement parler de ces derniers. Aussi, le choix des modèles représentatifs des 4 narratifs Explore 2 a été fait en s'appuyant sur les résultats obtenus sur l'ensemble de la France. En s'intéressant à une sous-région particulière, il est possible que les modèles correspondant le mieux à la description des différents scénarios soient différents.

Ainsi, dans la suite du travail de la présente étude, des analyses spécifiques au périmètre étudié seront réalisées à l'aide des données accessibles via les portails DRIAS-Climat et DRIAS-Eau.

Comme les données permettant ce travail sont très nombreuses, la section suivante pose les bases d'un échantillonnage permettant de ramener leur volume à un ensemble appréhendable dans le cadre de la présente étude, tout en restant représentatif de la diversité des configurations possibles du climat de demain.

8.3 PERSPECTIVES D'EVOLUTION DE LA RESSOURCE EN EAU SUPERFICIELLE

8.3.1 SELECTION DES DONNEES CLIMATIQUES PROSPECTIVES

Dans l'objectif d'alimenter les modélisations hydrologiques prospectives en régime influencé et désinfluencé qui doivent faire l'objet de la présente étude, il est nécessaire d'identifier, d'acquérir et d'analyser des données de projection climatique. Les prochains paragraphes posent les bases des choix à réaliser sur les données climatiques à valoriser.

Comme détaillé au paragraphe 8.1.4, l'analyse du changement climatique est affectée par de nombreuses incertitudes et les climatologues ont recours à des approches multi-modèles et parfois également multi-scénarios pour les appréhender. L'ambition de la présente étude est de s'inscrire dans cette logique de travail.

Lors du bureau de la CLE du **22 novembre 2024**, un arbitrage a été rendu en faveur d'une approche narrative, similaire à celle adoptée dans l'étude Explore 2. Il a également été décidé, par consensus, de retenir un seul scénario climatique : le RCP8.5.

Le présent paragraphe a pour objectif de présenter la typologie des différentes modélisations climatiques disponibles sur le portail DRIAS-Climat, afin d'orienter le choix des simulations qui seront analysées. Pour ce faire, l'ensemble des simulations disponibles existantes a été analysé en se calquant sur la logique des fiches d'aide à la sélection[24] proposées sur le site DRIAS-Climat. L'intérêt d'une telle démarche est de personnaliser l'aide à la sélection au territoire d'étude. S'appuyer sur les fiches d'aide à la sélection proposées directement sur le portail reviendrait à prendre le risque de choisir des modèles pour des caractéristiques qu'ils présentent bien au niveau national, mais pas forcément au niveau local.

Un autre intérêt de la démarche proposée ici est qu'elle s'appuie sur l'ETP au lieu des températures, et est en ce sens plus représentative des phénomènes climatiques influençant la ressource en eau. Les graphiques suivants mettent en évidence la typologie des différents modèles disponibles :

- En termes d'évolution de précipitations et d'évapotranspiration potentielle ;
- Entre les horizons 1992-2022 et 2055-2085 ;
- Pour le scénario RCP8.5 ;
- A l'année et sur la période estivale (juillet-septembre) ;

[24] https://drias-climat.fr/serveur/simulations_climatiques/Aide_modeles/20201214_DRIAS-ScenarioRCP8.5_support_selection_modeles_v3.pdf

- En deux points du territoire d'étude présentant une typologie pluviométrique et d'altitude contrastée.
- **Applicable aux 3 secteurs : Foron CG, Menoge et Foron Rochois**

Note : les modèles IPSL/WRF et CNRM/RAMCO présentent des résultats estivaux de fin de siècle situés hors des intervalles de confiance à 95% de l'ensemble CMIP6 (les modélisations climatiques globales les plus récentes disponibles). Ils sont donc écartés d'office des analyses[25].

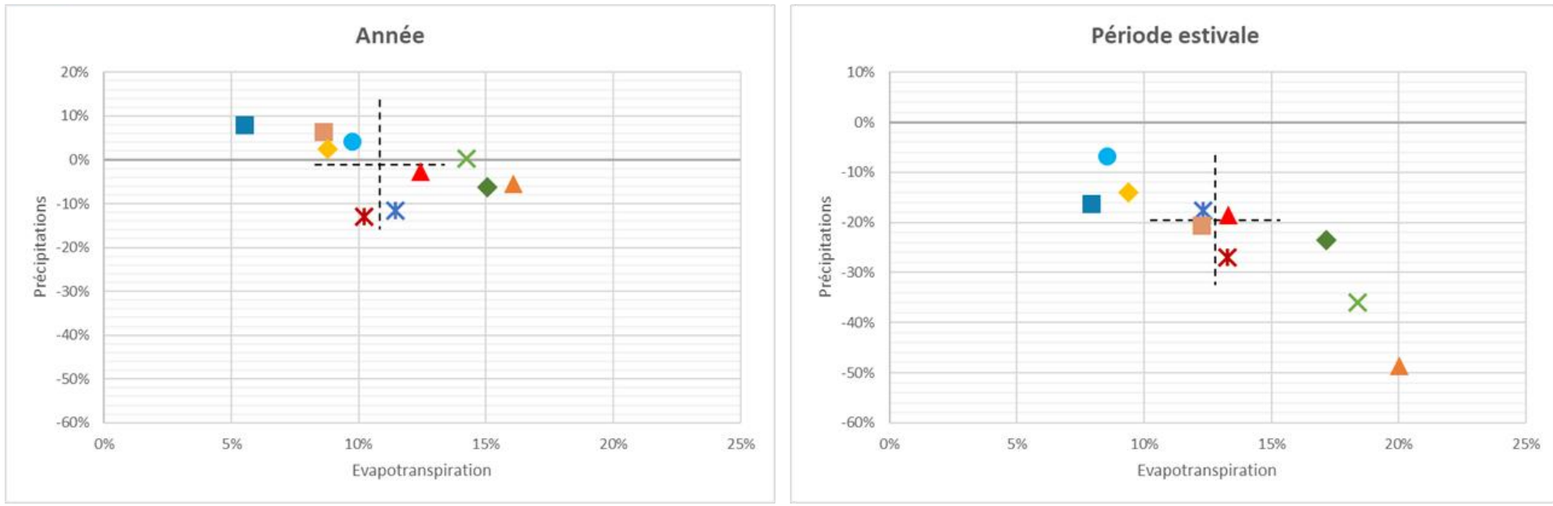
En réalisant une analyse orientée « narratifs » de la figure suivante, on peut établir que :

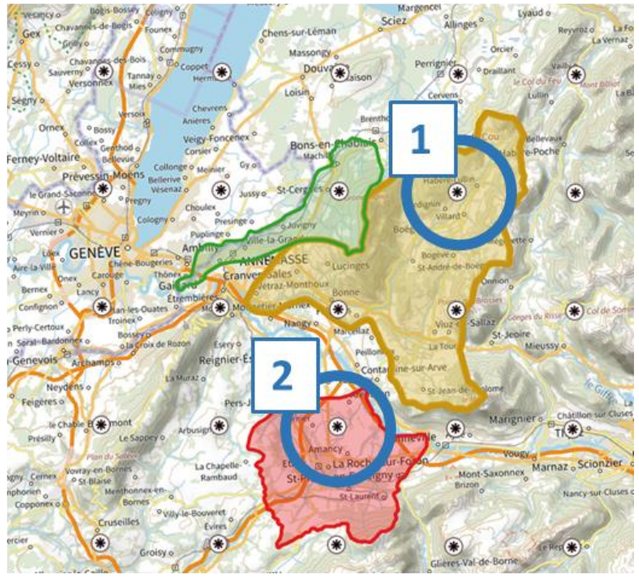
- Les projections du couple MOHC-HadGEM2-ES / CLMcom-CCLM4-8-17 sont systématiquement celles qui aboutissent aux diminutions de précipitations et aux augmentations d'évapotranspiration les plus intenses. Par rapport aux narratifs Explore 2, les projections tendent à montrer un **fort réchauffement et fort assèchement** (narratif **orange**) ;
- La modélisation CNRM-CERFACS-CNRM-CM5 - CNRM-ALADIN63_v2 semble être un bon candidat pour représenter un narratif de **changements peu marqués** (narratif **jaune** d'Explore 2) ;
- En considérant un narratif de **fort réchauffement de de forts contrastes saisonniers en précipitations** (narratif **violet** d'Explore 2), c'est la simulation du couple IPSL-IPSL-CM5A-MR - SMHI-RCA4_v1 qui est la plus représentative ;
- Finalement, en recherchant un narratif de **réchauffement marqué et d'augmentation des précipitations** (narratif **vert** d'Explore 2), c'est la modélisation MPI-M-MPI-ESM-LR - CLMcom-CCLM4-8-17_v1 qui serait la plus pertinente.

Cette sélection s'applique aux trois secteurs étudiés. Les analyses dans les paragraphes qui suivent, spécifiques aux deux autres secteurs, sont disponibles dans les rapports correspondants.

[25] Source: https://www.drias-climat.fr/accompagnement/sections/354

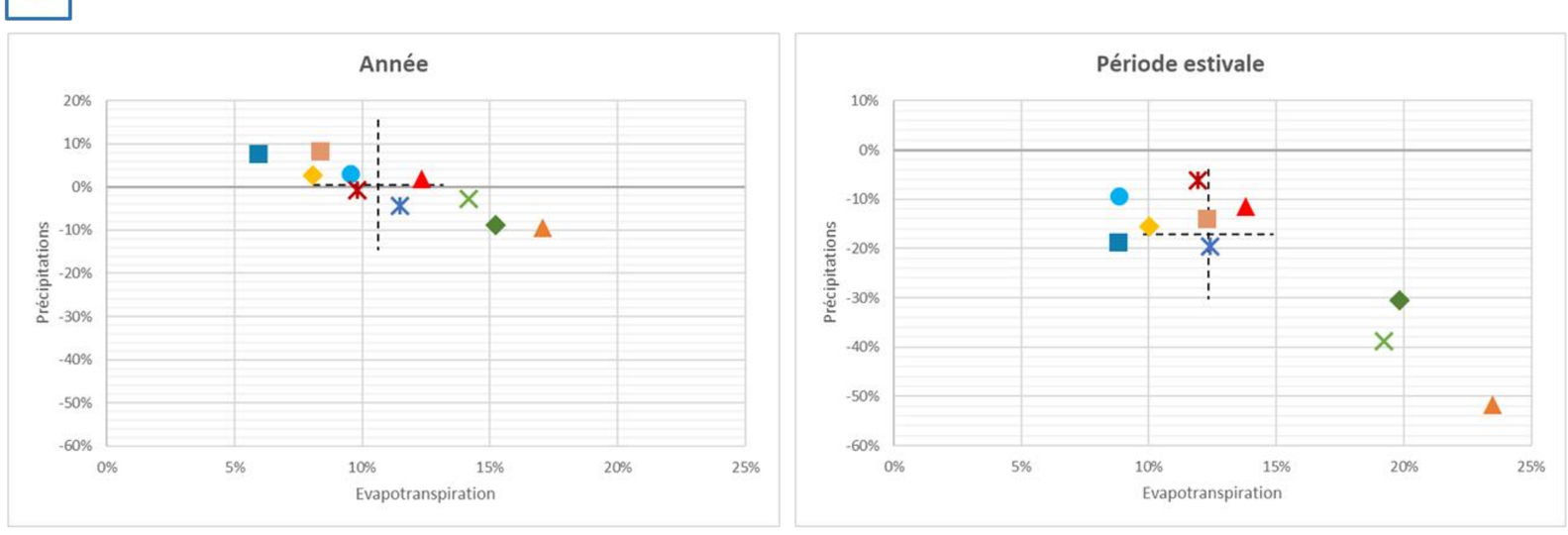
1 BOËGE





Grille DRIAS 8 km x 8 km

2 LA ROCHE SUR FORON



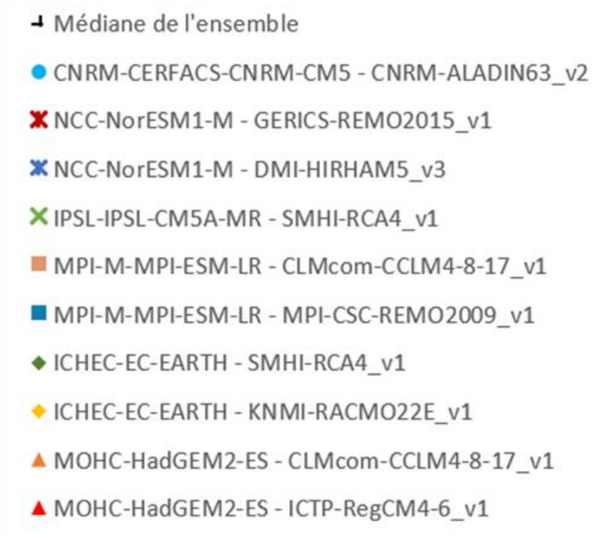


Figure 72 : Evolution des précipitations et de l'évapotranspiration potentielle annuelles et estivales entre les horizons 1992-2022 et 2055-2085 d'après le scénario RCP8.5 et l'ensemble des modèles climatiques disponibles, en deux points du territoire étudié.

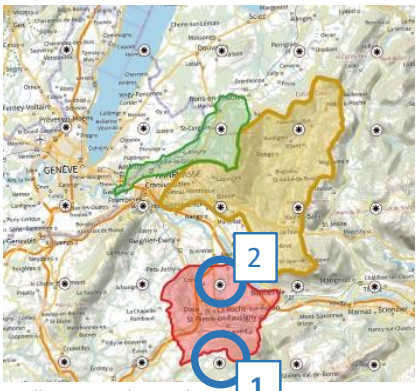
8.3.2 ANALYSE DE L'EFFET DU CHANGEMENT CLIMATIQUE ET DE L'EVOLUTION DES USAGES SUR LES DEBITS

Les modèles hydrologiques développés (§4.4.1) sont ici valorisés pour évaluer les effets du changement climatique et de l'évolution des usages de l'eau sur les débits des cours d'eau. Ainsi, pour ces analyses prospectives les données d'entrée des modèles hydrologiques sont :

- Les **chroniques climatiques issues du portail DRIAS représentatives de 4 narratifs contrastés** (le §8.3.1décrit la sélection de 4 modélisations parmi un ensemble disponible sur le portail) ;

  Pour rendre compte de la diversité des altitudes des secteurs, il est proposé de réaliser la moyenne de 2 chroniques de données extraites pour 2 points distincts de chaque secteur.

  Dans le cadre du présent secteur, les deux points sélectionnés sont situés en amont (1) et en aval (2) du secteur.



Grille DRIAS 8 km x 8 km

- Les **chroniques d'usages de l'eau prolongés jusqu'à l'horizon 2050** d'après les perspectives d'évolution de ces derniers, estimées en phase 2 de la présente étude.

Les analyses présentées ci-après incluent l'évaluation des effets du changement climatique à l'horizon 2070. Il est recommandé d'élargir l'analyse de **l'hydrologie désinfluencée** à un horizon plus lointain, comme l'horizon 2070, afin de mieux cerner les effets du changement climatique. En incluant cet horizon dans les analyses, il devient possible de dégager un signal plus net, moins perturbé par les incertitudes liées à la variabilité climatique. En effet, à des horizons plus proches, la variabilité naturelle du climat tend à masquer les impacts réels du changement climatique, ce qui peut conduire à des résultats inattendus ou peu significatifs.

La modélisation de l'évolution de la ressource en eau est ainsi réalisée au niveau de chaque unité de gestion selon les 4 narratifs sélectionnés (§8.3.1), pour :

- Une situation influencée par les usages de l'eau et désinfluencée à l'horizon 2050
- Une situation désinfluencée des usages de l'eau à l'horizon 2070

Conformément aux analyses sur la période actuelle ($4.4.2, **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**), des indicateurs d'étiage sont calculés à partir de chacune de ces chroniques. Ce travail permet d'apprécier, concernant la ressource en

eau, les impacts strictement liés aux effets du changement climatique (horizon 2050 et 2070) et les impacts cumulés du changement climatique et de l'évolution des usages (horizon 2050 seulement).

8.3.2.1 Perspectives d'évolutions du climat

Dans un premier temps, les analyses qui suivent présentent l'évolution de deux paramètres climatiques déterminants pour la ressource en eau sur deux horizons temporels successifs, selon les projections retenues dans le cadre de l'étude : les précipitations, et l'évapotranspiration.

Les analyses sont réalisées à l'échelle du secteur 3 entier. Ici sont exploités les données de précipitations et d'ETP moyennées pour les périodes 1992-2022, 2035-2065 pour l'horizon 2050 et 2055-2085 pour l'horizon 2070.

Plus précisément, on s'intéresse aux indicateurs suivants :

- Evolution des cumuls annuels ;
- Evolution des cumuls mensuels.

Le tableau ci-dessous présente, pour chaque narratif et chaque horizon, l'évolution des cumuls annuels moyens par rapport à la période de référence (1992-2022).

Pour l'ensemble du secteur 3, les précipitations ne montrent pas de tendances significatives pour la majorité des narratifs, à l'exception du narratif orange, qui indique une diminution d'environ 10 %.

En ce qui concerne l'évapotranspiration, les modélisations convergent vers une augmentation des cumuls annuels.

Tableau 22 : Evolution des cumuls annuels moyens de précipitation et d'ETP aux horizons 2050 et 2070 avec la période de référence 1992-2022

	Narratif jaune		Narratif violet		Narratif vert		Narratif orange	
	P	ETP	P	ETP	P	ETP	P	ETP
Horizon 2050	3%	4%	-8%	4%	3%	2%	-14%	8%
Horizon 2070	-2%	10%	-12%	14%	6%	8%	-9%	16%

Les figures suivantes illustrent l'évolution mensuelle de ces paramètres climatiques aux deux horizons considérés. On observe une baisse généralisée des précipitations estivales à l'horizon 2050, cette dernière s'accentue à l'horizon plus lointain. On observe également que l'ETP augmente de manière globale.

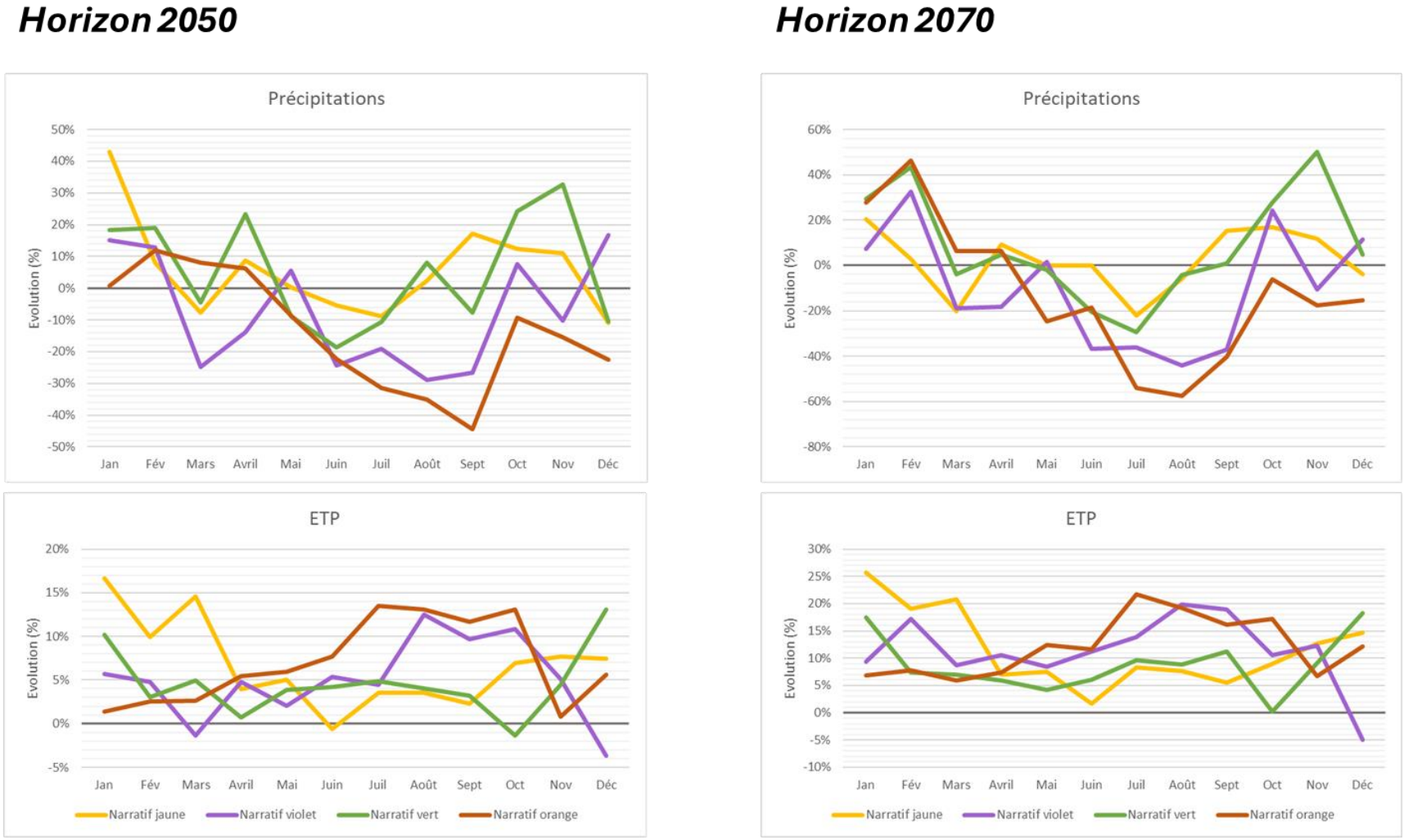


Figure 73 : Evolution des cumuls mensuels moyens de précipitations et d'ETP aux horizons 2050 et 2070 en comparaison avec la période de référence 1992-2022

8.3.2.2 Evolution de la ressource en eau

Ces résultats sont produits à l'aide de modélisations hydrologiques réalisées sur la période **2008-2085**.

Les simulations révèlent des tendances similaires pour l'ensemble des unités de gestion. En lien avec les évolutions climatiques, le narratif orange se distingue par une forte diminution des débits, tant pour les débits moyens (module) que pour les débits caractéristiques d'étiage.

Les évolutions des débits moyens, selon les narratifs jaune et vert, peuvent être considérées comme non significatives. Néanmoins, lorsque l'on s'intéresse aux débits les plus faibles, sur chaque unité de gestion, le narratif jaune présente une baisse du QMNA5 tandis que le vert montre une augmentation (jusque +26% en situation désinfluencée).

Ainsi l'ensemble des simulations, à l'exception du narratif vert, présentent des baisses de débits d'étiage.

Tableau 23 : Evolution des débits aux horizons futurs

UG1		Module		QMNA5		VCN10 (5)	
Modèle	**Horizon**	Infl	Desinfl	Infl	Desinfl	Infl	Desinfl
Narratif jaune	2050	5%	5%	-15%	-10%	-26%	-16%
	2070		5%		-15%		-17%
Narratif violet	2050	-17%	-16%	-33%	-28%	-35%	-26%
	2070		-16%		-40%		-36%
Narratif vert	2050	6%	6%	4%	8%	17%	20%
	2070		6%		6%		16%
Narratif orange	2050	-24%	-23%	-48%	-39%	-45%	-34%
	2070		-23%		-42%		-36%

UG2		Module		QMNA5		VCN10 (5)	
Modèle	**Horizon**	Infl	Desinfl	Infl	Desinfl	Infl	Desinfl
Narratif jaune	2050	6%	5%	-13%	-10%	-23%	-16%
	2070		5%		-15%		-17%
Narratif violet	2050	-17%	-16%	-33%	-28%	-35%	-26%
	2070		-16%		-40%		-36%
Narratif vert	2050	6%	6%	9%	8%	24%	20%
	2070		6%		6%		16%
Narratif orange	2050	-24%	-23%	-48%	-39%	-45%	-34%
	2070		-23%		-42%		-36%

UG3		Module		QMNA5		VCN10 (5)	
Modèle	Horizon	Infl	Desinfl	Infl	Desinfl	Infl	Desinfl
Narratif jaune	2050	5%	5%	-11%	-10%	-18%	-16%
	2070		5%		-15%		-17%
Narratif violet	2050	-17%	-16%	-30%	-28%	-28%	-26%
	2070		-16%		-40%		-36%
Narratif vert	2050	6%	6%	7%	8%	20%	20%
	2070		6%		6%		16%
Narratif orange	2050	-24%	-23%	-42%	-39%	-37%	-34%
	2070		-23%		-42%		-36%

UG4		Module		QMNA5		VCN10 (5)	
Modèle	Horizon	Infl	Desinfl	Infl	Desinfl	Infl	Desinfl
Narratif jaune	2050	5%	5%	-13%	-10%	-23%	-16%
	2070		5%		-15%		-17%
Narratif violet	2050	-17%	-16%	-33%	-28%	-35%	-26%
	2070		-16%		-40%		-36%
Narratif vert	2050	6%	6%	9%	8%	26%	20%
	2070		6%		6%		16%
Narratif orange	2050	-24%	-23%	-48%	-39%	-45%	-34%
	2070		-23%		-42%		-36%

Les graphiques présentés ci-après illustrent l'évolution des débits moyens mensuels projetés pour les horizons 2050 et 2070. Ces courbes permettent de comparer les débits futurs avec la période de référence, en tenant compte des impacts du changement climatique.

Les conclusions suivantes sont valables pour les deux horizons considérés :

- Les tendances observées sur **ces graphiques montrent une forte variabilité saisonnière des évolutions de débits**. En hiver et au début du printemps, les projections indiquent généralement une augmentation, voire une stabilisation, des débits.
- **Les écarts entre scénarios sont particulièrement marqués en fin de période estivale**. De manière globale, on observe des débits stables pour les narratifs jaune et vert tandis que les narratifs violet et orange tendent vers une forte diminution des débits estivaux et automnaux.

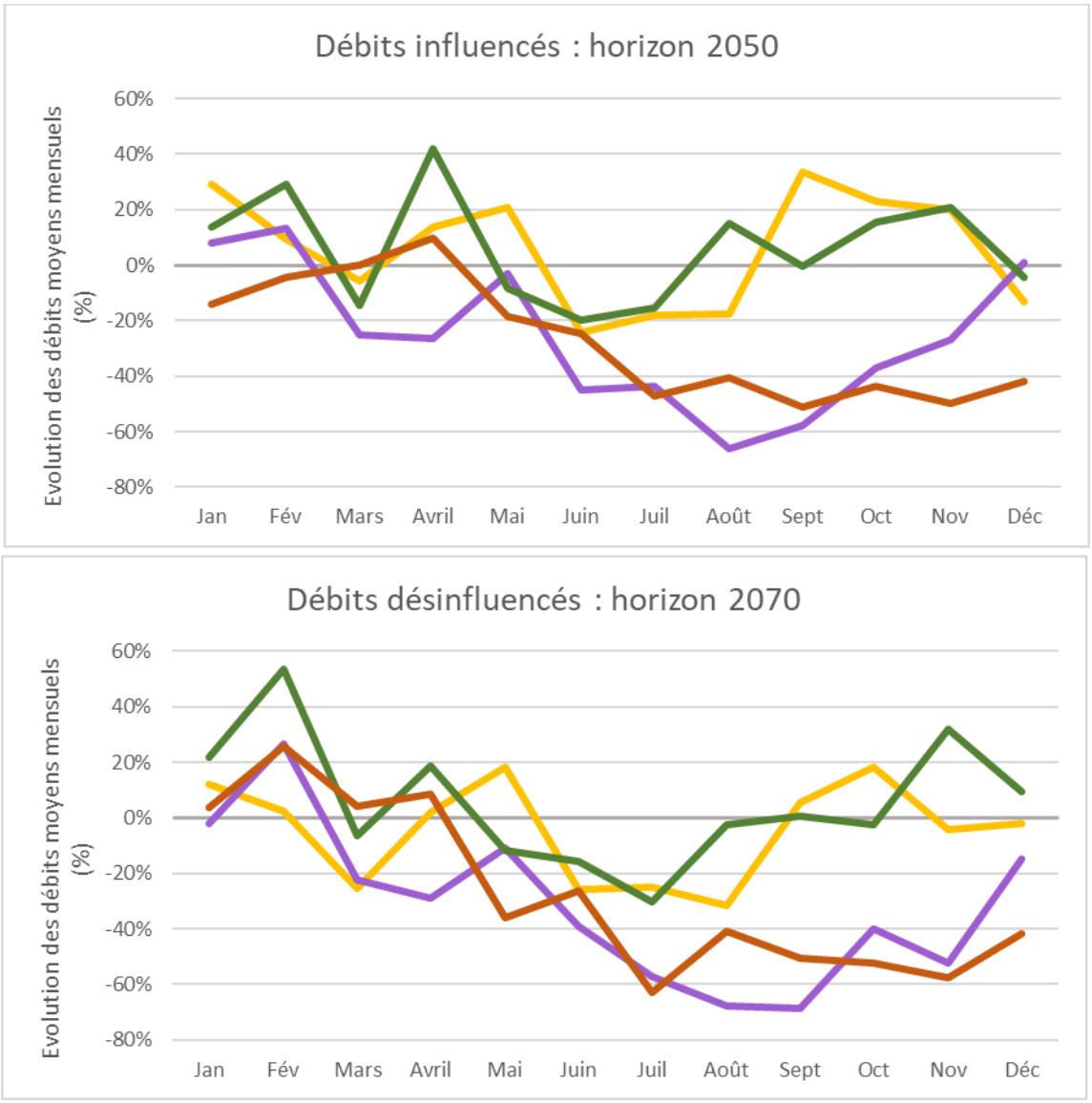


Figure 74 : Evolutions des débits moyens mensuels influencés à l'horizon 2050 (en haut) et désinfluencés à l'horizon 2070 pour l'UG4

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 jusqu'à l'horizon 2070. 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 (2008-2022) et aux horizons futurs 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 2022), 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.
- À l'avenir, l'évolution des débits apparaît plus incertaine. Les projections climatiques aux horizons 2050 et 2070 montrent des contrastes importants, traduisant la diversité des scénarios envisagés et l'amplitude des transformations possibles. Cette variabilité reflète à la fois les incertitudes liées aux modèles climatiques et hydrologiques, ainsi que la difficulté à anticiper les interactions entre les évolutions climatiques et les dynamiques anthropiques. Malgré ces incertitudes, **une tendance générale se dégage : l'accentuation des contrastes saisonniers**, avec une hausse des débits en hiver et une diminution plus marquée en été.

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 : GLOSSAIRE

Un document annexe est fourni au lecteur en parallèle du présent rapport : « EVP_SM3A_glossaire.pdf »

10.2 ANNEXE 2 : ANALYSE COMPARATIVE DES DONNEES METEOROLOGIQUE REALISEE LORS DE L'ETUDE QUANTITATIVE DE 2018-2020

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[26]

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[27].

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.

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 :

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

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

Tableau 24 : 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)[28]	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.

[28] 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)

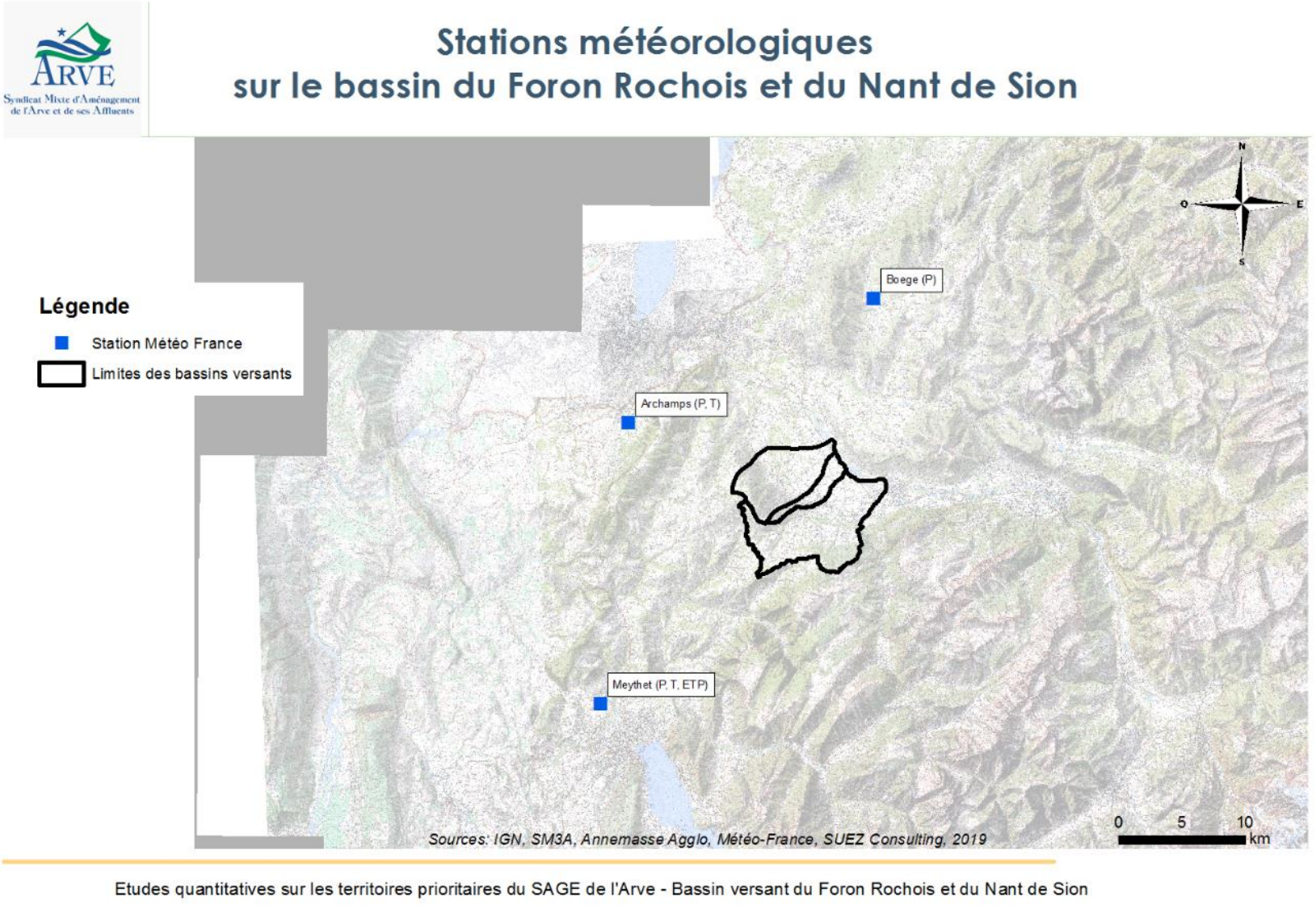


Figure 75 : Stations météorologiques Météo France sur le bassin du Foron Rochois et du Nant de Sion (Sources : IGN, SM3A, Météo France, SUEZ Consulting 2020)

10.2.1.1 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).

10.2.1.2 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.

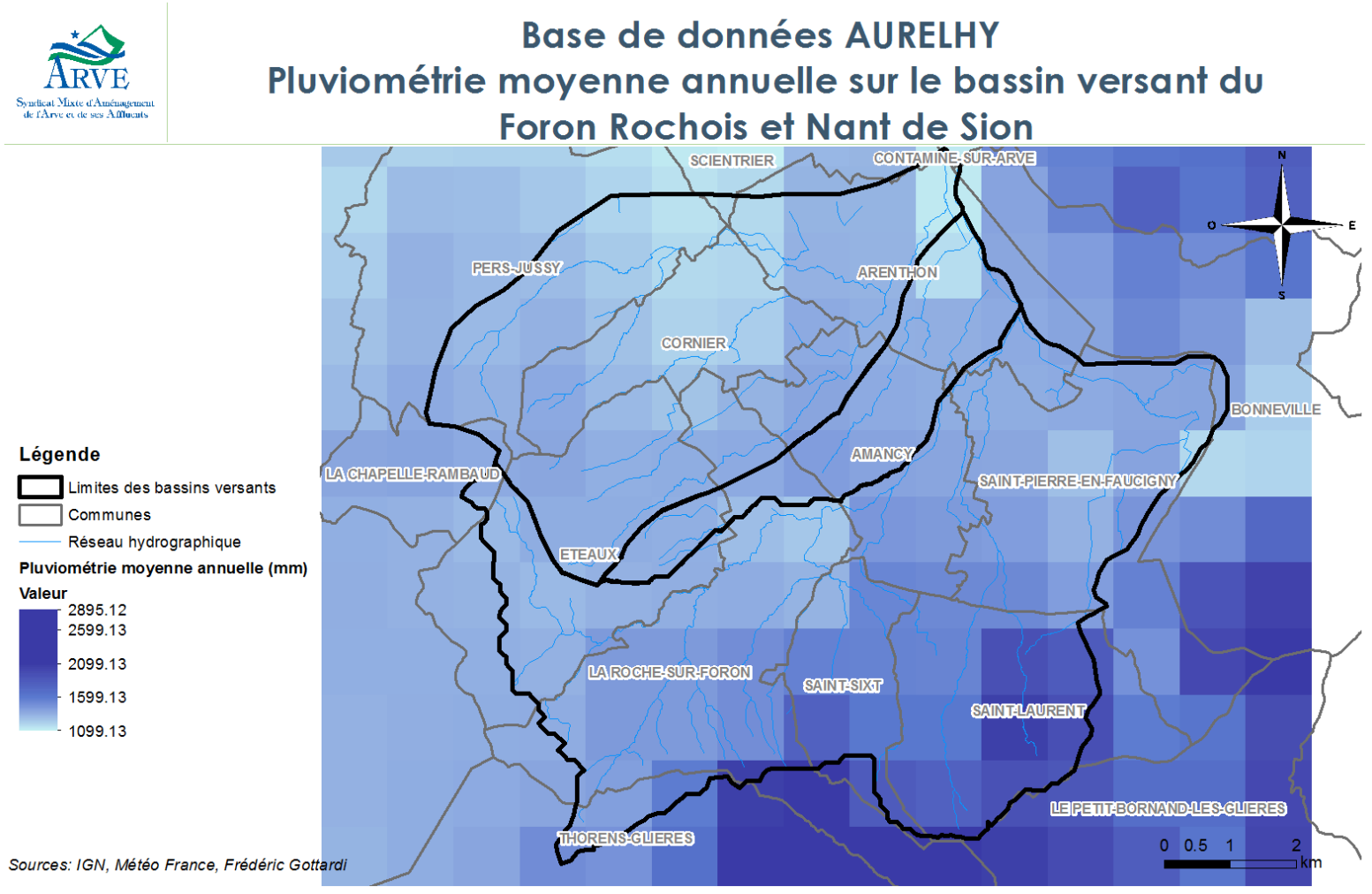
Malheureusement, le nombre de pluviomètres décrivant le territoire étudié et ses abords est insuffisant pour mettre en œuvre une telle démarche. Il s'agit donc d'identifier, parmi les pluviomètres d'Archamps et de Boëge, lequel est le plus représentatif des précipitations ayant lieu sur le Foron Rochois 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[29] 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.

[29] 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



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

Figure 76 : 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)

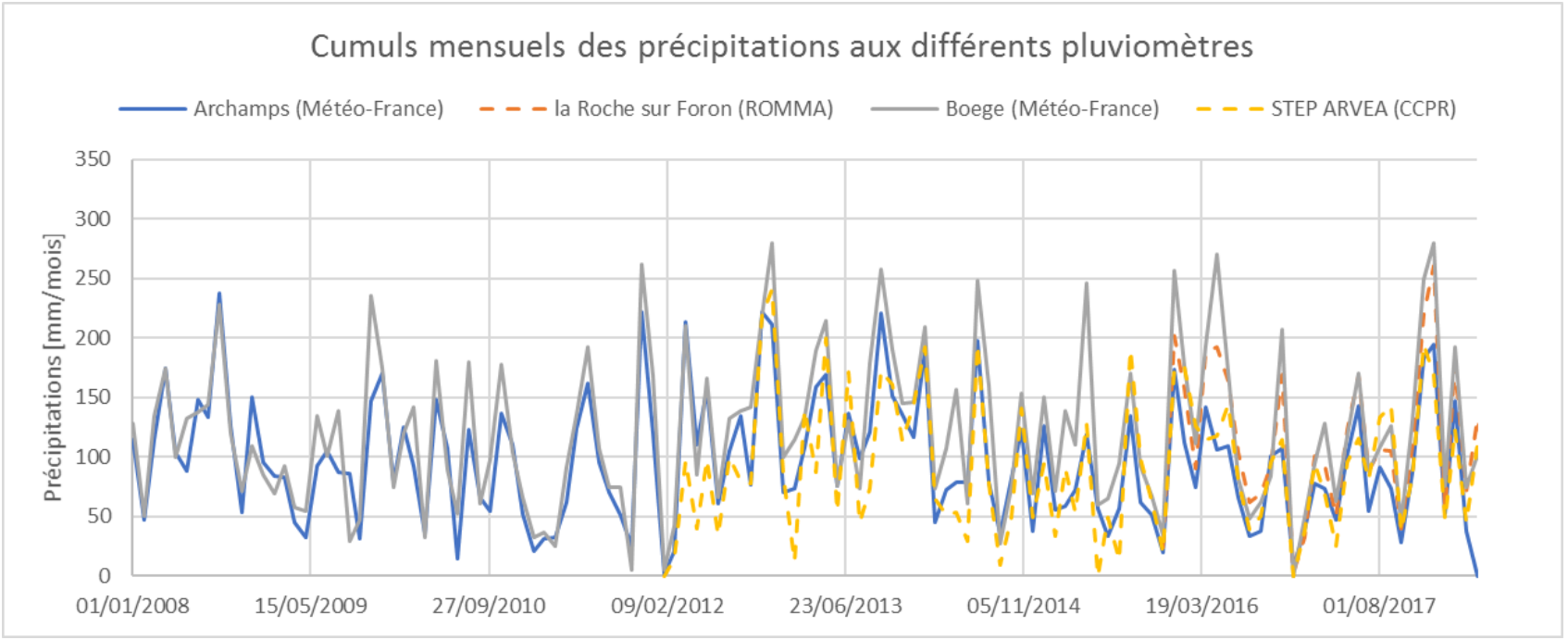


Figure 77 : Comparaison des cumuls mensuels de précipitations aux pluviomètres Météo France, ROMMA et CCPR (Source : Météo-France, ROMMA, CCPR, SUEZ Consulting, 2018)

Tableau 25 : Tableau récapitulatif des analyses sur les pluviomètres disponibles sur le territoire d'étude en 2020

	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**

10.2.1.3 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 26 : Tableau récapitulatif des données climatiques utilisées en 2020

✓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

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

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.

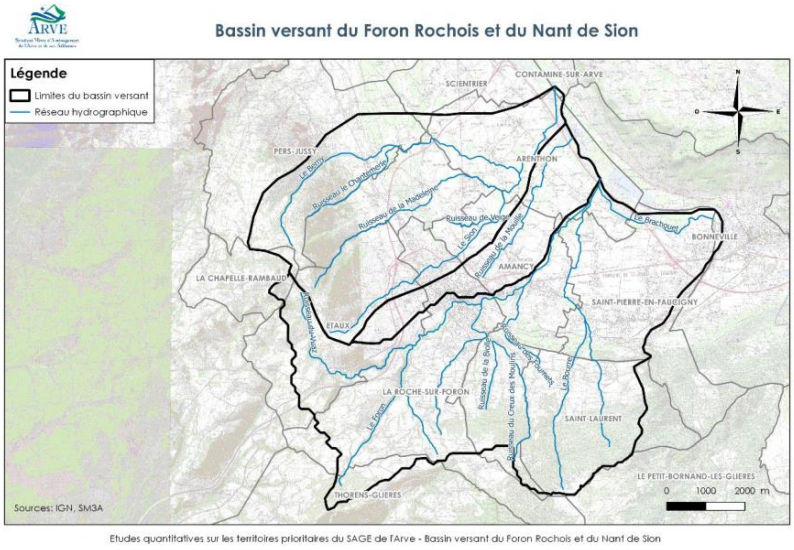


Figure 1: Bassin versant du Foron Rochois et du Nant de Sion

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		

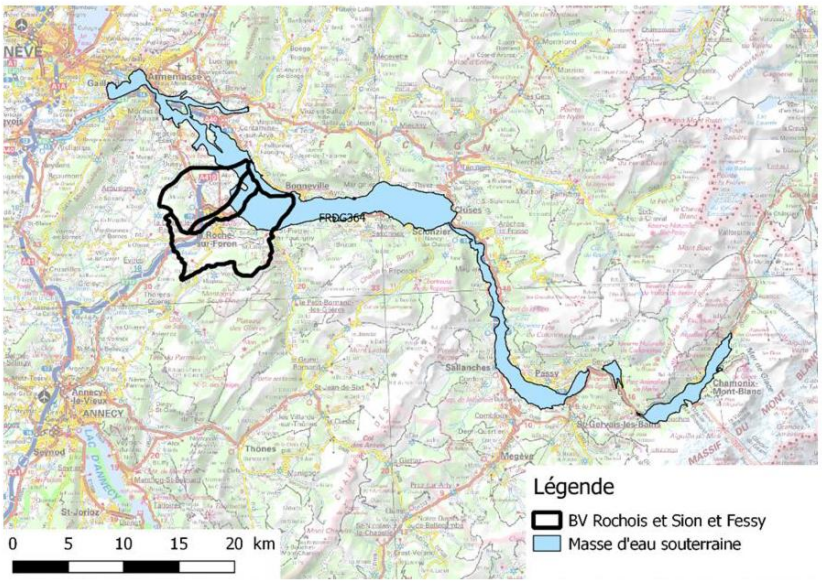


Figure 2 : Extension de la masse d'eau souterraine FRDG364 des Alluvions de l'Arve

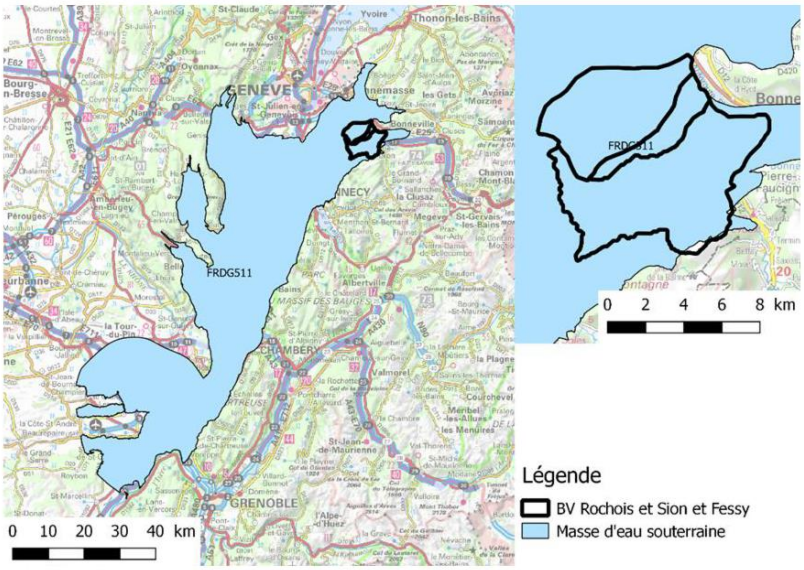


Figure 3 : Extension de la masse d'eau souterraine FRDG511 Formations variées de l'Avant-Pays savoyard dans le BV du Rhône

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.

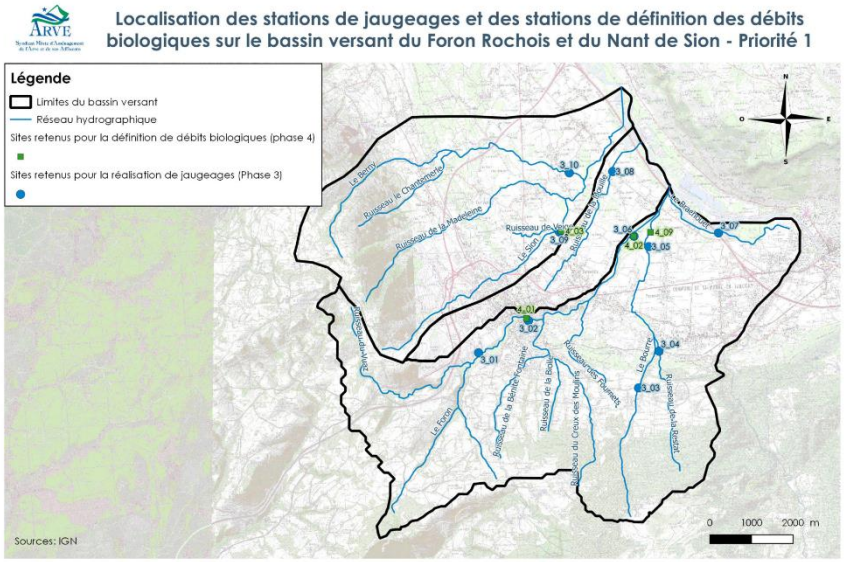
Les bénéfices apportés par le choix de la priorité 2 sont :

- 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.

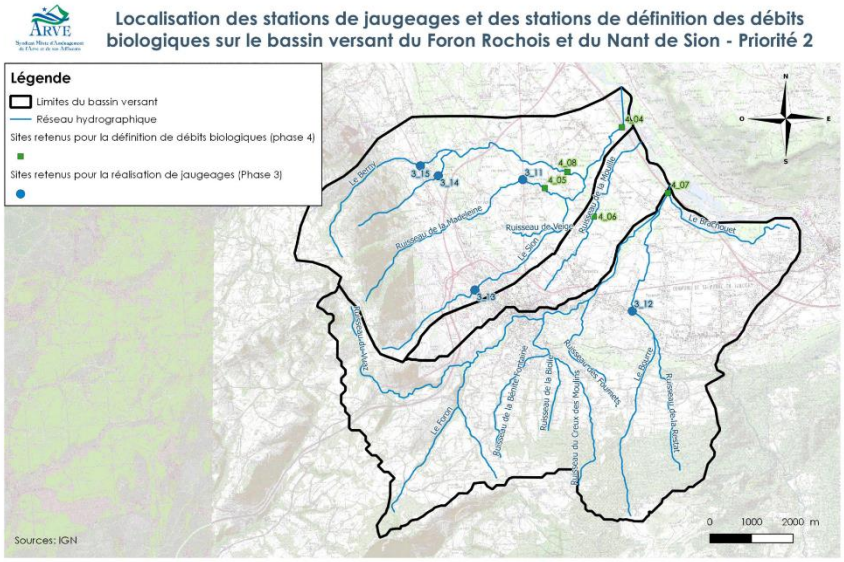
Stations non retenues :

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

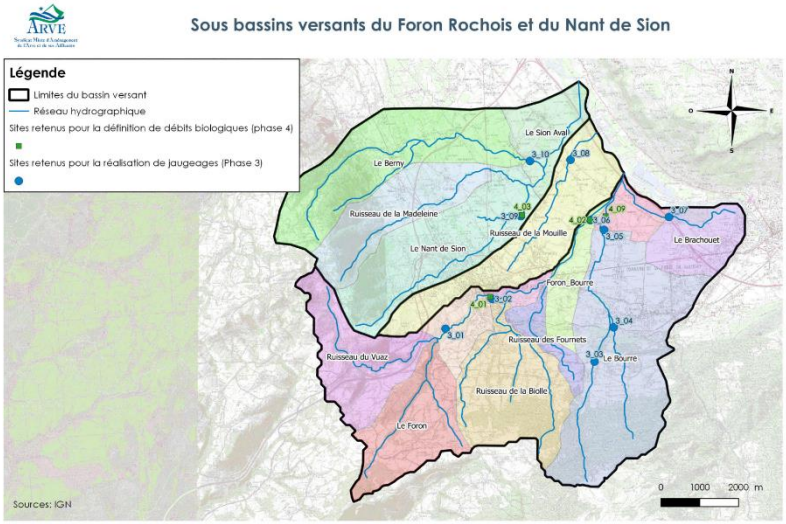
Figure 5 : Localisation des stations de jaugeages et des stations de définition des débits biologiques de priorité 2 sur le bassin versant du Foron Rochois et du Nant de Sion

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	ZU 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

10.4 ANNEXE 4 : 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

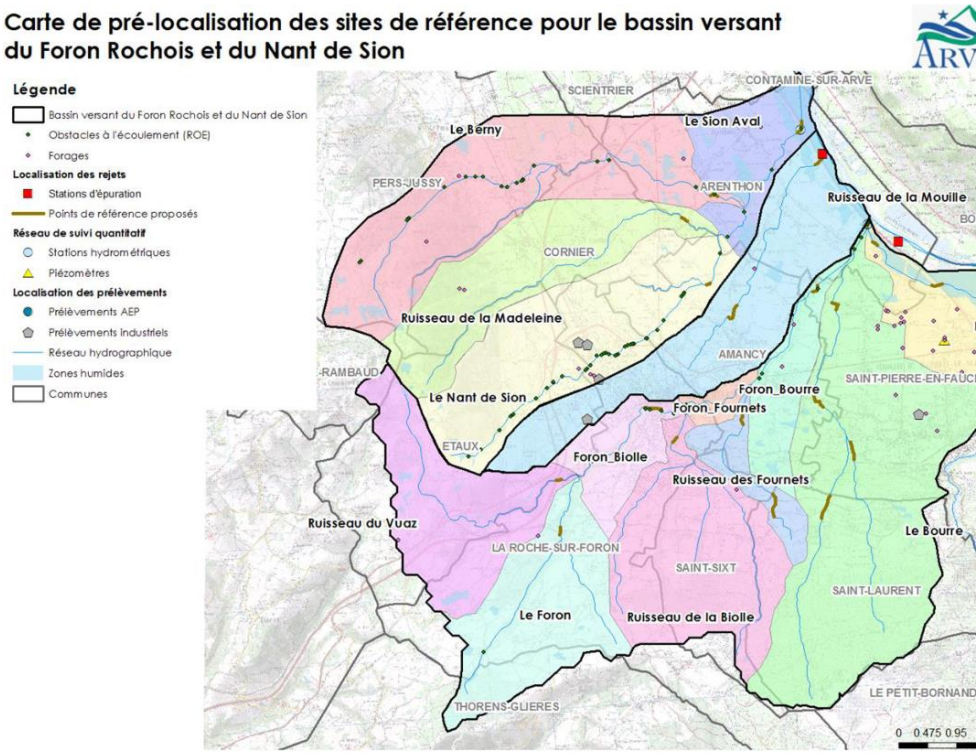


Figure 1.

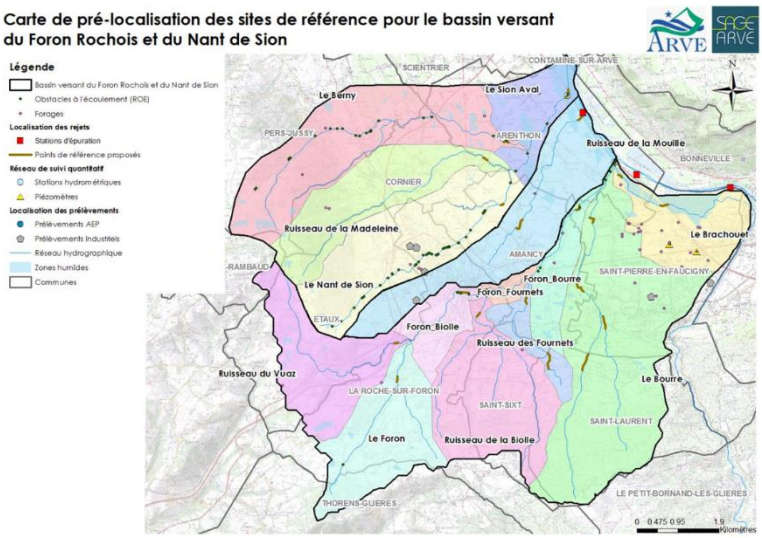
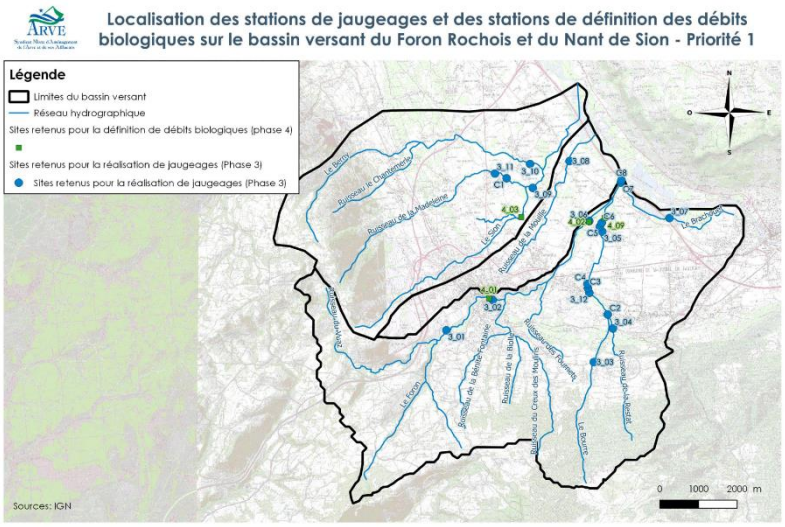


Figure 1 – Contexte géographique, hydrographique et des usages de l'eau du site d'étude

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.

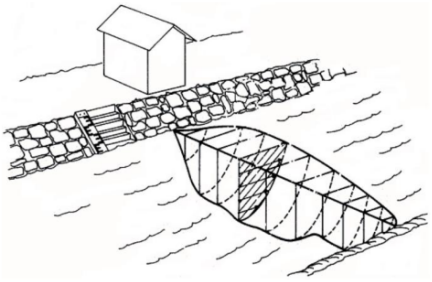


Figure 3 – Schéma d'une exploration du champ des vitesses d'écoulement dans une section transversale

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.

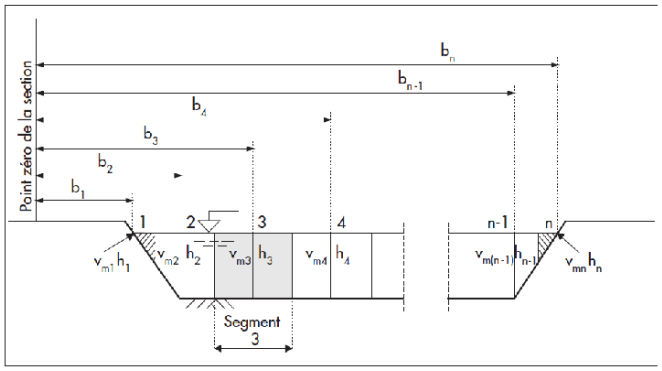
Caractéristique	Détails
Mesure de la vitesse	
Méthode	Électromagnétique
Plage de mesures	0 à 6,09 m/s (0 à 20 pi/s)
Profondeur minimale de l'eau	3,18 cm (1,25 po)
Précision	±2% de la lecture ±0,015 m/s (±0,05 pi/s) 0 à 3,04 m/s (0 à 10 pi/s) ; ± 4% de la lecture de 3,04 à 4,87 m/s (10 à 16 pi/s)
Résolution	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.

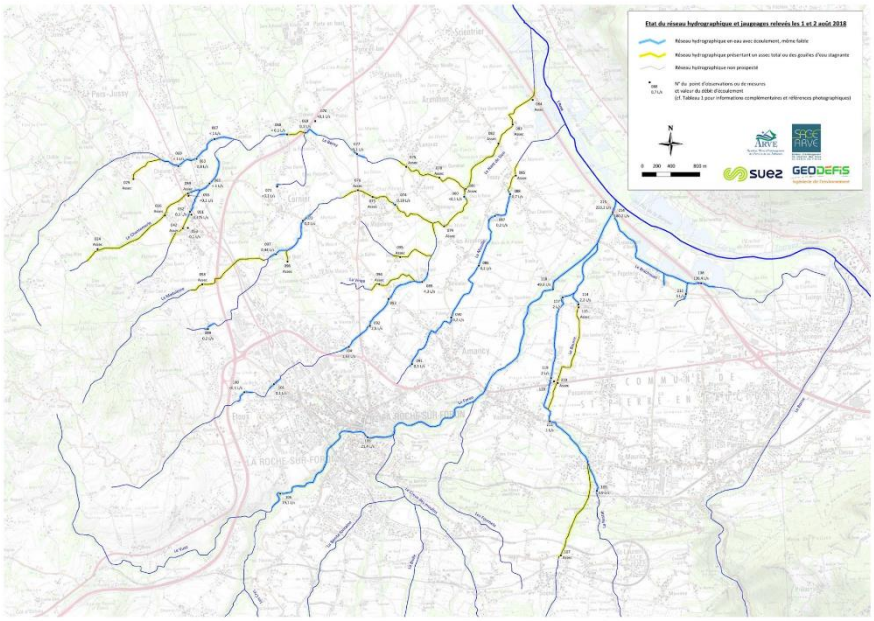


Figure 5 – Carte de synthèse des résultats des jaugeages et de l'état du réseau hydrographique.

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	6 510 559	4.7004	48.0901	Lot 3		02/08/2018	08:40	Assec						
025	952 869	6 510 561	4.7052	48.0906	Lot 3		02/08/2018	08:48	Assec						
026	953 299	6 510 019	4.7095	48.0859	Lot 3		02/08/2018	08:55	Assec						
042	953 166	6 509 866	4.7096	48.0823	Lot 3		02/08/2018	09:05	Assec						
051	953 661	6 509 870	4.7152	48.0839	Lot 3		02/08/2018	09:08	0,375 L/s		17,2	565	582		
052	953 643	6 510 139	4.7153	48.0943	Lot 3		02/08/2018	07:00	0,1 L/s				583	Estimation visuelle du débit car eau non accessible au laser (fermé par grille cadenassée).	
053	953 651	6 509 888	4.7145	48.0823	Lot 3		02/08/2018	07:07	0,1 L/s				585 - 586	Très faible écoulement issu d'un regard sans doute relié aux habitations à proximité.	
055	953 677	6 510 128	4.7148	48.0952	Lot 3		02/08/2018	07:25	<0,1 L/s		17,0	817	588	Très faible écoulement quasi-nul.	
059	953 614	6 510 339	4.7148	48.0951	Lot 3		02/08/2018	07:30	Assec				589 - 590		
060	953 482	6 510 736	4.7133	48.0999	Lot 3	3_15	02/08/2018	07:36	< 1 L/s		18,2	515	591 - 592		
061	953 910	6 510 439	4.7197	48.0976	Lot 3	3_14	02/08/2018	08:20	< 1 L/s		18,8	468	593 - 594		
063	950 726	6 510 836	4.7496	48.1007	Lot 3		02/08/2018	08:27	0,8 L/s		17,5	590	595		
067	953 080	6 511 107	4.7099	48.1011	Lot 3		02/08/2018	08:40	< 1 L/s				597 - 598	Continuité hydraulique depuis le point 063.	
068	954 971	6 501 149	4.8218	48.1016	Lot 3		02/08/2018	08:46	<0,1 L/s				599		
069	955 718	6 501 198	4.8310	48.1016	Lot 3		02/08/2018	08:56	0,1 L/s		17,5	1030	600 - 601 - 602 - 603 - 604	Ferme amont Avec, mais rejet (buse) en rive droite à faible débit. Ce rejet est pollué par hydrocarbures (graisses et odeur).	
070	955 360	6 501 153	4.8274	48.1016	Lot 3		02/08/2018	09:12	<0,1 L/s		18,7	529	605 - 606		
071	954 836	6 500 436	4.8206	48.0909	Lot 3		02/08/2018	09:25	<0,1 L/s				607	Très faible hauteur d'eau, débit quasi-nul.	
072	955 188	6 559 985	4.8249	48.0835	Lot 3		02/08/2018	09:30	0,2 L/s				608		
073	956 142	6 560 315	4.8374	48.0861	Lot 3	Aval 3_11	02/08/2018	09:40	Assec				609 - 610		3_11
074	956 452	6 560 205	4.8214	48.0848	Lot 3		02/08/2018	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	4.8247	48.0987	Lot 3		02/08/2018	10:06	Assec				614		
076	955 941	6 560 405	4.8149	48.0868	Lot 3	3_11	02/08/2018	10:15	Assec						3_11
077	955 930	6 560 961	4.8193	48.1001	Lot 3		02/08/2018	10:36	<0,1 L/s					Ecoulement très faible.	
078	957 057	6 560 577	4.8264	48.0972	Lot 3	3_10	02/08/2018	10:26	Assec				615 - 616		3_10
079	957 123	6 559 912	4.8299	48.0911	Lot 3		02/08/2018	10:38	Assec				617 - 618	Assec avec trous d'eau stagnante.	3_09
080	957 398	6 560 318	4.8337	48.0967	Lot 3		02/08/2018	10:52	<0,1 L/s		21,5	470	619 - 620	Ecoulement très faible.	
081	957 425	6 560 426	4.8343	48.0958	Lot 3		02/08/2018	11:02	Assec				621	Les deux biefs confluent sont entièrement secs. Il subsiste une flaque d'eau résiduelle et stagnante.	
082	957 866	6 561 048	4.8401	48.1011	Lot 3		02/08/2018	11:14	Assec				622 - 623		
083	958 061	6 561 305	4.8428	48.1033	Lot 3		02/08/2018	11:23	Assec				624		
084	958 136	6 561 649	4.8435	48.1063	Lot 3		02/08/2018	11:34	Assec				625 - 626 - 627		
85	958 183	6 560 606	4.8429	48.0978	Lot 3		02/08/2018	11:46	Assec				628 - 629		3_08
086	957 598	6 559 375	4.8357	48.0861	Lot 3	4_06	02/08/2018	11:47	0,2 L/s		16,3	595	630 - 631		
087	957 817	6 560 013	4.8389	48.0922	Lot 3		02/08/2018	11:56	0,2 L/s				632 - 633		
088	958 026	6 560 333	4.8418	48.0949	Lot 3		02/08/2018	12:00	0,7 L/s		21,6	533	634 - 635		
089	958 823	6 559 148	4.8536	48.0844	Lot 3	4_03	02/08/2018	12:15	4,3 L/s	+/- 0,3 L/s	19,5	515	636 - 637 - 638	Jaugeage réalisé en aval du point en pierre.	
090	957 220	6 558 661	4.8305	48.0799	Lot 3		02/08/2018	12:38	0,2 L/s				639 - 640	Débit incouru en sortie de buse. Vue une écrevisse active (probablement Pacifastacus leniusculus ou Ecrevisse "Signal").	
091	956 684	6 558 023	4.8247	48.0751	Lot 3		02/08/2018	12:46	0,5 L/s				641		
092	956 188	6 558 548	4.8183	48.0796	Lot 3		02/08/2018	12:46	2,5 L/s		20,5	580	642 - 643	Débit de 2,5 L/s complété par 1 rejet bâché en rive droite de 0,1 L/s à 538 µS/cm. A noter aussi une base en rive gauche : sèche.	
093	956 362	6 558 910	4.8195	48.0871	Lot 3		02/08/2018	14:03	---				644 - 645	Continuité hydraulique depuis le point 092.	
094	956 234	6 559 139	4.8183	48.0894	Lot 3		02/08/2018	14:07	Assec				646 - 647 - 648	Long passage bâché de cours d'eau sous les installations du stade municipal d'Amancy en travaux.	
095	956 325	6 559 490	4.8219	48.0876	Lot 3		02/08/2018	14:18	Assec				649		
096	956 579	6 559 626	4.8259	48.0876	Lot 3		02/08/2018	14:28	Assec				650	Petit effluent rive droite du ruisseau de la Madeleine : à sec.	
097	956 827	6 559 529	4.8299	48.0886	Lot 3		02/08/2018	14:40	0,44 L/s		19,0	545	651 - 652		
098	953 813	6 559 137	4.8267	48.0852	Lot 3		02/08/2018	15:40	Assec				653		
099	953 889	6 558 501	4.8273	48.0797	Lot 3		02/08/2018	15:46	0,2 L/s		20,0	490	654 - 655	Petit tuyau de prise d'eau (matériel) dans le cours (eau). Vue une couleuvre (écrevisse active à la sortie de la base en eau.	
100	954 188	6 557 637	4.8253	48.0717	Lot 3		02/08/2018	16:05	<0,1 L/s		23,0°C	906	657 - 658	Ecoulement avec odeur et aspect caractéristique d'eaux usées non traitées. Conductivité électrique anormalement élevée.	
101	954 790	6 557 746	4.8285	48.0726	Lot 3	3_13	02/08/2018	16:07	0,1 L/s		15,4	675	659 - 660 - 661	Eau encore légèrement marquée par une conductivité électrique anormalement élevée depuis le point 100.	
104	955 819	6 558 260	4.8411	48.0768	Lot 3		02/08/2018	16:22	1,83 L/s		20,2°C	600	662 - 663 - 664	Débit amont (0,83 L/s à 501 µS/cm) cumulété par 1 rejet bâché en rive droite (1,33 L/s à 585 µS/cm) et 1 rejet bâché en rive gauche (0,64 L/s à 690 µS/cm).	
105	956 078	6 557 018	4.8348	48.0656	Lot 3	3_02	02/08/2018	17:00	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	4.7999	48.0590	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	4.8491	48.0548	Lot 3	3_03	02/08/2018	09:25	Assec				674 - 675		3_03
108	960 644	6 559 132	4.9753	48.0878	Lot 3	3_07	02/08/2018	14:45	120,4 L/s	+/- 3,6 L/s	14,6	456	684 - 685 - 686	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 cm.	3_07
109	959 215	6 556 285	4.9049	48.0627	Lot 3	3_04	02/08/2018	10:40	9,9 L/s	+/- 0,3 L/s	16,0	396	676 - 677 - 678	Marques de 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	6 558 846	4.8531	48.0869	Lot 3		02/08/2018	13:05	2,2 L/s		20,8	391	679	Rejet en rive droite qui donne le débit à la branche E de Bourre (assec en amont).	
115	958 967	6 558 802	4.8531	48.0864	Lot 3	3_05	02/08/2018	13:00	Assec				680	Branche E du Bourre à sec en amont du rejet au point 114.	3_05
117	958 747	6 558 936	4.8503	48.0878	Lot 3		02/08/2018	13:15	2 L/s		18,0	462	681	Branche W du Bourre en rive au point de sortie de son passage buse sous la route.	
118	958 614	6 559 032	4.8487	48.0828	Lot 3	3_06	02/08/2018	13:45	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	4.8477	48.0716	Lot 3		02/08/2018	13:55	2 L/s		17,9	460	689	Branche W du Bourre en aval.	
120	958 679	6 557 785	4.8482	48.0714	Lot 3		02/08/2018	13:50	---				690	Tension d'eaux pluviales de la route RD203, remplissant à l'orage de la veille au soir (exutoire de vidange non visualisé).	
210	958 688	6 557 765	4.8488	48.0712	Lot 3		02/08/2018	12:58	Assec				691	Branche E du Bourre à sec.	
211	958 537	6 557 739	4.8472	48.0696	Lot 3	3_12	02/08/2018	12:41	1 L/s				692 - 693	Le Bourre avant sa défluence sous la route 506.	3_12
213	960 435	6 558 985	4.8722	48.0811	Lot 3		02/08/2018	15:25	5 L/s				697 - 698	Petit effluent en rive gauche du Brachaust : en écoulement significatif.	
214	959 430	6 560 084	4.8598	48.0918	Lot 3	4_07	02/08/2018	15:45	180,2 L/s	+/- 5,4 L/s	16,3	516	699 - 703	Le Brachaust avant sa confluence au Foron.	
215	958 433	6 560 106	4.8499	48.0919	Lot 3		02/08/2018	16:30	203,2 L/s	+/- 6,7 L/s	20,2	468	700 - 701 - 702 - 704	Le Foron en aval de la confluence du Brachaust à la station limnimétrique du SMBA. H=0,42 m à l'échelle. Foron amont : 26,3 °C ; 385 µS/cm ; env. 45 L/s.	C6

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 gradue
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 flourre 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 flourre 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 conductivite 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

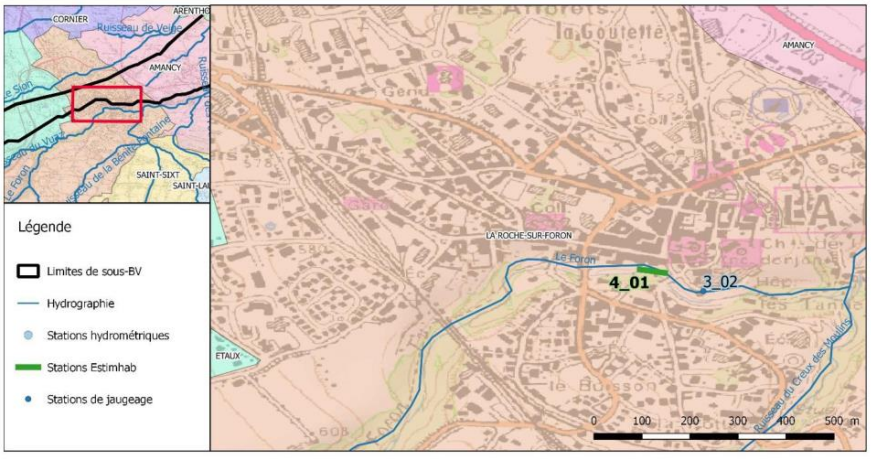


Description générale du site

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



Etudes quantitatives sur les territoires du SAGE de l'Arve - Bassin versants du Foron Chablais Genevois, du Foron Rochois et du Nant de Sion

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

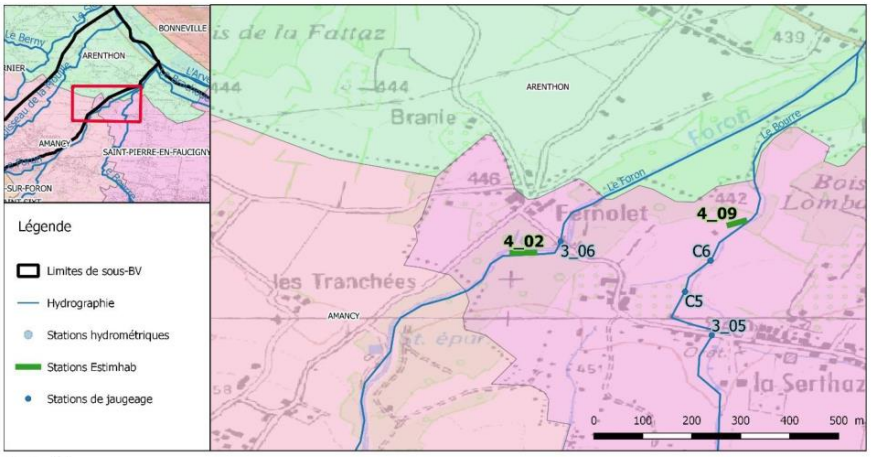


Description générale du site

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

35

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

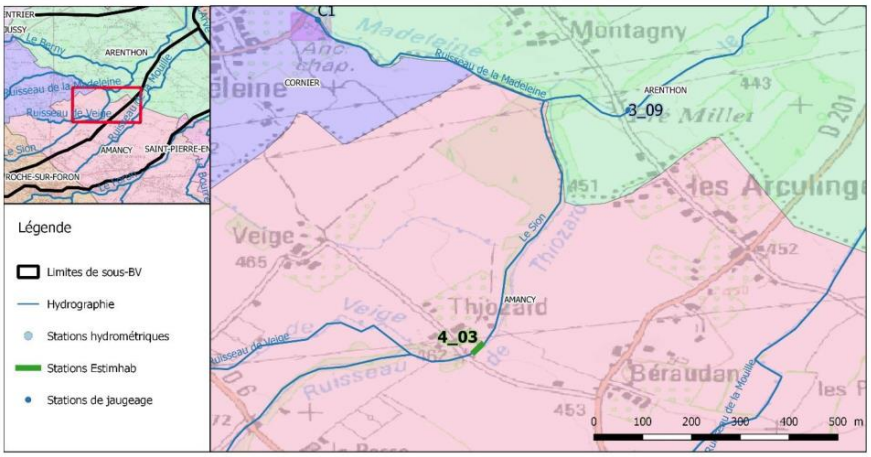


Description générale du site

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

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

39

				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

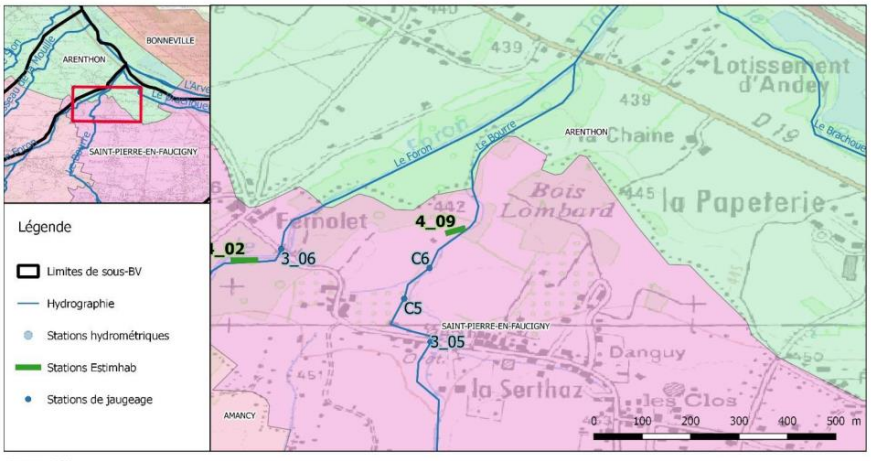


Description générale du site

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

	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

10.1 ANNEXE 5 : RESULTATS DES CAMPAGNES DE JAUGEAGE 2019-2023

Dans la continuité des campagnes de jaugeage mises en place en 2018, le SM3A a poursuivi les mesures ponctuelles. Les 8 campagnes principales réalisées depuis sont présentées ci-dessous.

Le nombre de station, leur localisation et l'opérateur varient d'année en année jusqu'à la 9ème campagne (9 septembre 2021).

Tableau 27 : Récapitulatif des campagnes menées sur le secteur 3 depuis 2018

N° campagne	Dates de réalisation	Réalisation	Nombre de points de mesure
1	1et 2 août 2018	GEODEFIS	61
2	3 octobre 2018	GEODEFIS	19
3	12 et 13 décembre 2018	GEODEFIS	14
4	18 ~~7~~ 19 juillet 2019	SM3A	8
5	30 janvier 2020	GEODEFIS, SM3A	12
6	26 mai 2020	GEODEFIS, SM3A	15
7	23 juin 2020		7
8	21 juillet 2020	GEODEFIS, SM3A	18
9	9 et 10 septembre 2020	SM3A	12
10	9 septembre 2021	SM3A	14
11	28 juillet 2022	SM3A	14
12	28 juillet et 01 août 2023	SM3A	14

Les résultats de ces jaugeages réaffirment les conclusions de Geodefis $**Erreur ! Source du renvoi introuvable.** en identifiant 3 zones de pertes de débit :

- Tout au long du Bourre, avant et après la confluence avec le Ruisseau de la Restat ;
- Le Long du Berny
- Le long du Foron Rochois, entre La Roche sur Foron et Arenthon.

Les zones de pertes sont également les plus fréquemment en assec ou en rupture d'écoulement.

Cette perte peut être liée à des infiltrations naturelles du cours d'eau, mais plus certainement ici à l'incidence des prélèvements d'eau anthropiques effectués sur le cours d'eau.

A l'inverse, le Ruisseau de la Restat et le Brachouet apportent les débits les plus importants du secteur.

10.1.1 CINQUIEME CAMPAGNE

Une cinquième campagne de mesure est réalisée le 30 janvier 2020.

Lors de cette campagne hivernale, les écoulements sont visibles sur chacun des points de jaugeage et les débits augmentent d'amont en aval.

Les températures les plus fraiches sont relevées sur le Foron : 2.9 à l'amont et te 3.5°C à l'aval. A l'inverse des températures plus chaudes sont mesurées sur la Mouille à 7°C. Pour le Berry, le Nant de Sion et le Madeleine, elles sont entre 5 et 6°C.

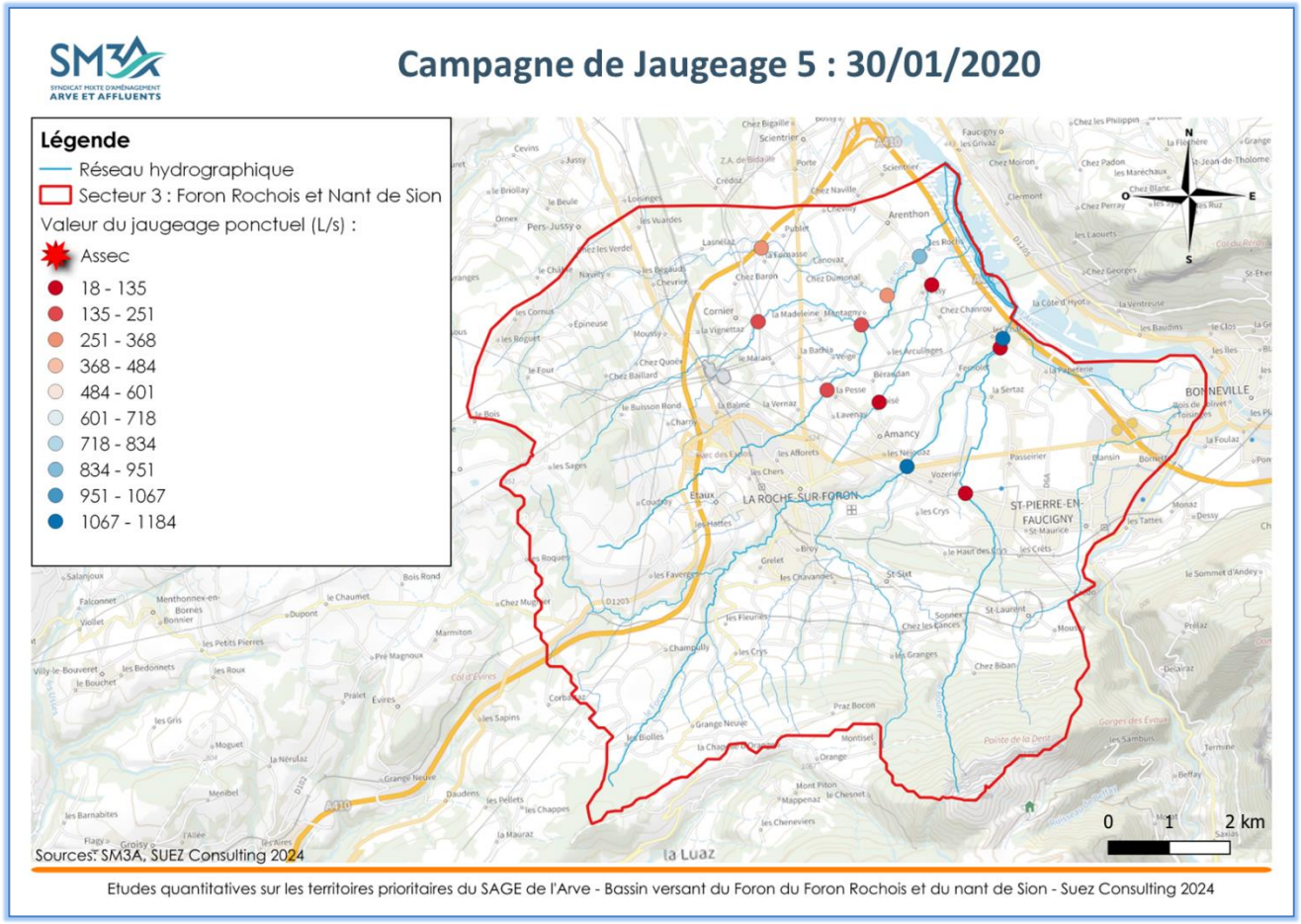


Figure 78 : Débits mesurés lors de la cinquième campagne de jaugeage

Tableau 28 : Tableau des observations, mesures et jaugeages (5ème campagne)

Station de référence	Localisation	X_L93 (m)	Y_L93 (m)	Date	Heure	Débit L/s	Incertitude sur le débit L/s	Température (°C)	Conductivité (µS/cm à 25 °C)	pH	Observations particulières	opérateur
	Berny amont	955292,43	6561239,9	30/01/2020	13:15	**304**	**+/-9**	**5,5**	**501**			GEODEFIS
	Berny aval	957359,02	6560461,7	30/01/2020	13:45	**363**	**+/-10**	**5,1**	**515**		valeur brute du débit corrigée par coefficient d'étalonnage	SM3A (CC)
	Bourre amont	958647,37	6557210,6	30/01/2020	16:00	48	+/-2	6,5	457		diachronisme possible : point mesuré plus tardivement en journée que ceux du réseau Foron	GEODEFIS
	Bourre aval	959218,08	6559599,3	30/01/2020	12:00	70	+/-3	4,7	515		valeur brute du débit corrigée par coefficient d'étalonnage	SM3A (CC)
	Foron amont	957687,6	6557651,6	30/01/2020	9:00	1146	+/-28	2,9	480			GEODEFIS
	Foron aval	959261,31	6559752,7	30/01/2020	10:45	1184	+/-24	3,5	483			GEODEFIS
	Madeleine amont	955240,69	6560029,4	30/01/2020	**12:30**	**232**	**+/-7**	**5,6**	510			GEODEFIS
	Madeleine aval	956935,24	6559977,5	30/01/2020	**13:00**	**247**	**+/-9**	**5,3**	514		valeur brute du débit corrigée par coefficient d'étalonnage	SM3A (CC)
	Mouille amont	957229,22	6558706,4	30/01/2020	15:45	18	+/-2	7	607		Jaugeage par capacité au seau gradué 15L. Anomalie conductivité et thermie : rejets urbains ?	GEODEFIS
	Mouille aval	958094,02	6560634,7	30/01/2020	15:20	70	+/-2	6,6	521			GEODEFIS
	Nant de Sion amont	956373,26	6558905,3	30/01/2020	11:50	**193**	**+/-6**	**5,2**	500			GEODEFIS
	Nant de Sion aval	957895,12	6561101,6	30/01/2020	14:45	**845**	**+/-17**	**5,8**	521			GEODEFIS

10.1.2 SIXIEME CAMPAGNE

La sixième campagne a été menée le 26 mai 2020 .

Contrairement à la campagne de hautes eaux, plusieurs linéaires de perte de débit ont été mis en évidence (voir carte ci-dessous).

- Sur le Berny ;
- Le Bourre
- Le Nant de Sion

Aucune zone d'assec ou de rupture d'écoulement n'est relevée.

Les températures mesurées sont comprises entre 11 (Bourre) et 17,8°C (Mouille).

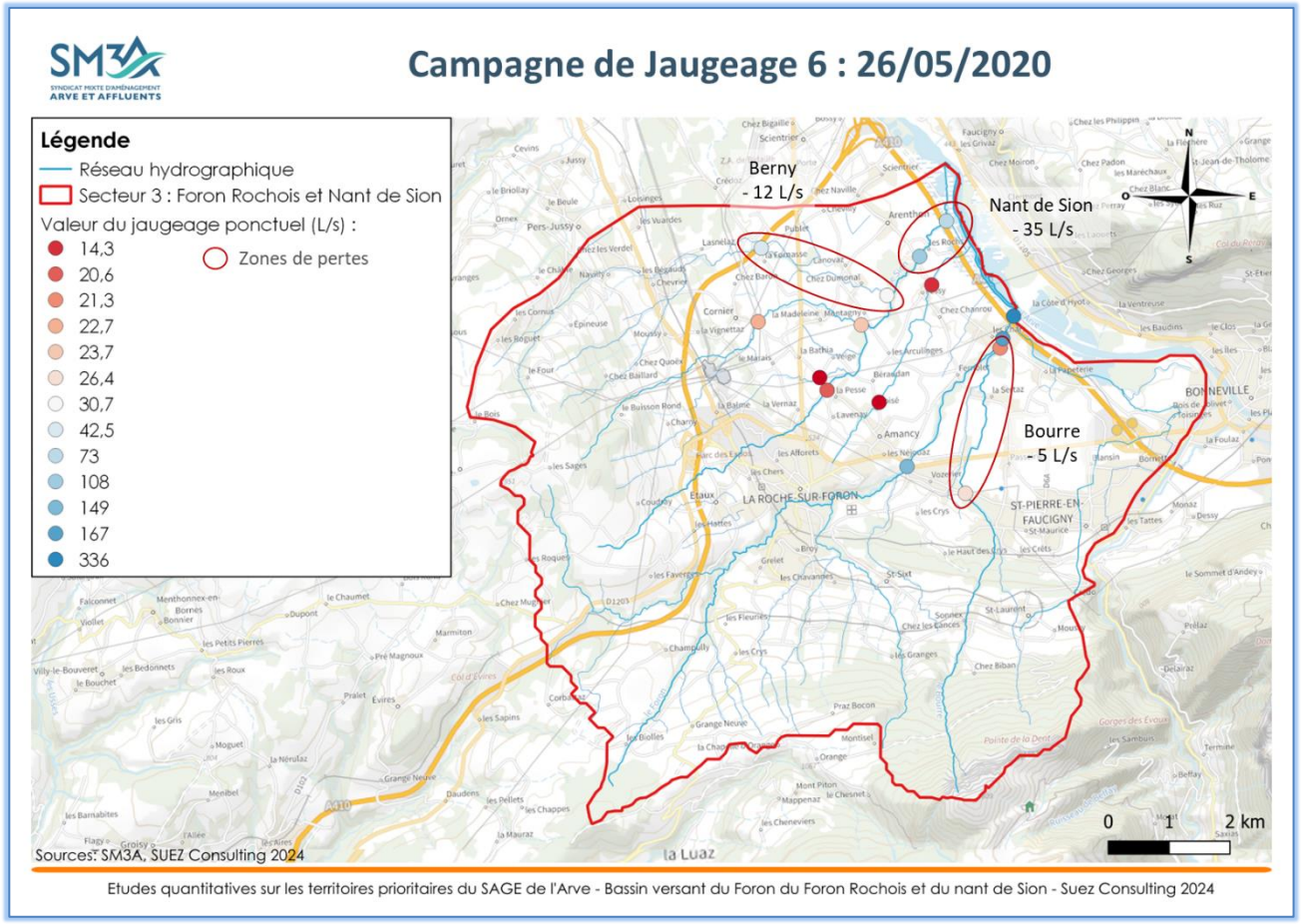


Figure 79 : Débits mesurés lors de la septième campagne de jaugeage

Tableau 29 : Tableau des observations, mesures et jaugeages (7ème campagne)

Station de référence	Localisation	X_L93 (m)	Y_L93 (m)	Date	Heure	Débit L/s	Incertitude sur le débit L/s	Température (°C)	Conductivité (µS/cm à 25 °C)	pH	Observations particulières	opérateur
	Berny amont	955292,43	6561239,9	26/05/2020	14:22	42,5	+/-1,3	13,7	591		eaux polluées par une turbidité laiteuse	GEODEFIS
	Berny aval	957359,02	6560461,7	26/05/2020	14:50	30,7	+/-2,4	14,5	600	8	valeur brute du débit corrigée par coefficient d'étalonnage	SM3A (CC)
	Bourre amont	958647,37	6557210,6	26/05/2020	8:50	26,4	+/-0,8	11	407	8,5		GEODEFIS
	Bourre aval	959218,08	6559599,3	26/05/2020	11:02	21,3	+/-1,1	12,8	490	7,9	valeur brute du débit corrigée par coefficient d'étalonnage	SM3A (CC)
	Foron amont	957687,6	6557651,6	26/05/2020	10:07	149	+/-3	12,1	484			GEODEFIS
	Foron aval	959261,31	6559752,7	26/05/2020	11:25	167	+/-4	13,5	480			GEODEFIS
	Foron aval station SM3A	959438,2	6560121,5	26/05/2020	12:17	336	+/-10	13	555	7,7	valeur brute du débit corrigée par coefficient d'étalonnage. Point supplémentaire. Intègre les débits du Brachouet (apports importants, non jaugés)	SM3A (CC)
	Madeleine amont	955240,69	6560029,4	26/05/2020	13:37	22,7	+/-1,1	13,6	562			GEODEFIS
	Madeleine aval	956935,24	6559977,5	26/05/2020	13:51	23,7	+/-1	14,5	560	7,75	valeur brute du débit corrigée par coefficient d'étalonnage	SM3A (CC)
	Mouille amont	957229,22	6558706,4	26/05/2020	16:20	6	+/-1	17,8	607		jaugeage par capacité au seau gradué 10L	GEODEFIS
	Mouille aval	958094,02	6560634,7	26/05/2020	15:56	14,3	+/-0,6	16,3	598			GEODEFIS
	Nant de Sion amont	956373,26	6558905,3	26/05/2020	12:27	20,6	+/-0,6	13,8	586			GEODEFIS
	Nant de Sion aval	957895,12	6561101,6	26/05/2020	15:13	108	+/-3	14,8	583			GEODEFIS
	Nant de Sion station SM3A	958334,67	6561683,4	26/05/2020	16:15	73	+/-3	16,8	588	7,94	valeur brute du débit corrigée par coefficient d'étalonnage. Point supplémentaire	SM3A (CC)
	Veige	956252,2	6559112,9	26/05/2020	12:40	6	+/-1	16,8	589			GEODEFIS

10.1.1 SEPTIEME CAMPAGNE

Une septième campagne de jaugeages ponctuels a été menée par Géodefis le 23 juin 2020 sur 7 points de mesure.

Aucun assec n'est relevé, les débits les plus bas (7 L/s) sont mesurés sur la Veige tandis que le maximum est mesuré sur le Nant de Sion à l'aval de Berny, pour 244 L/s.

Une zone de perte est mise en évidence sur Le Berny.

Les températures de l'eau sont comprises entre 13.9 et 15.1 °C.

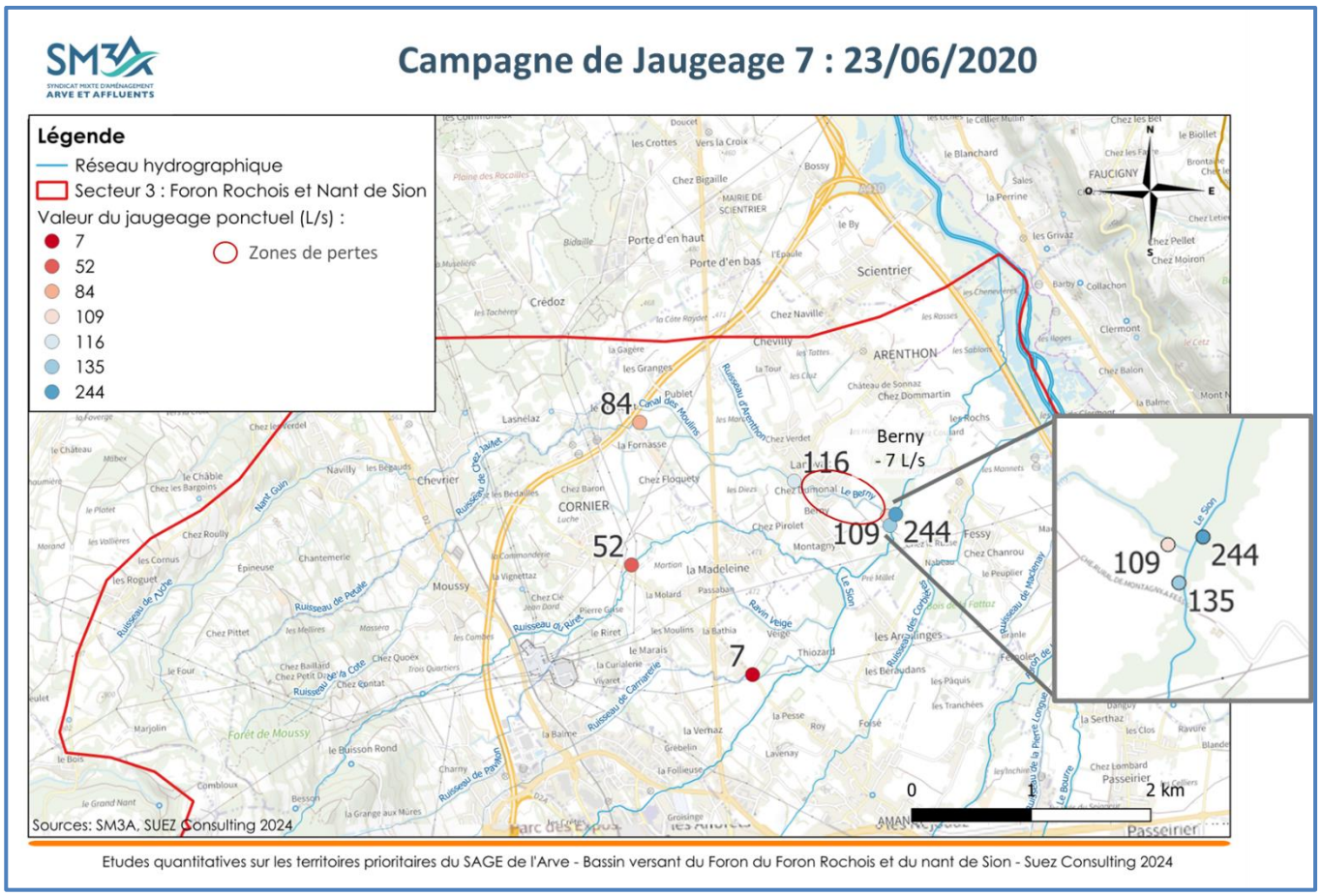


Figure 80 : Débits mesurés lors de la septième campagne de jaugeage

Tableau 30 : Tableau des observations, mesures et jaugeages (7ème campagne)

Station de référence	Localisation	X_L93 (m)	Y_L93 (m)	Date	Heure	Débit L/s	Incertitude sur le débit L/s	Température (°C)	Conductivité (µS/cm à 25 °C)	pH	Observations particulières	opérateur
	Berny amont	955309,68	6561221,42	23/06/2020	09:30	84	+/-2,5	13,9	590			GEODEFIS
	Berny aval	957379,21	6560437,40	23/06/2020	10:45	109	+/-3,3	14,7	613		constance du débit et de la conductivité : pas d'échange significatif avec les eaux souterraines depuis Berny médian	GEODEFIS
	Berny médian	956601,55	6560730,81	23/06/2020	09:00	116	+/-3,5	14,4	615		croissance du débit et de la conductivité depuis Berny amont : drainage des eaux souterraines	GEODEFIS
	Madeleine amont	955240,69	6560029,39	23/06/2020	12:15	52	+/-1,6	15,1	547			GEODEFIS
	Nant de Sion amont Berny	957401,11	6560359,79	23/06/2020	11:25	135	+/-4,1	14,8	568			GEODEFIS
	Nant de Sion aval Berny	957449,79	6560452,94	23/06/2020	11:40	244	+/-8	14,8	589		débit calculé (somme Sion + Berny). Conductivité calculée également (ratio débit)	GEODEFIS
	Veige	956252,20	6559112,85	23/06/2020	07:50	7	+/-1	14,3	630			GEODEFIS

10.1.2 HUITIEME CAMPAGNE

La huitième campagne de jaugeage a lieu en basses eaux en juillet 2020.

3 assecs sont relevés sur les cours d'eau :

- L'aval du Berny ;
- L'aval du Nant de Sion (rupture des écoulements) ;
- L'aval du Bourre.

Le débit du Brachouet et par conséquence du Foron à sa mesure la plus avale sont les plus élevées du territoire.

Les températures de l'eau sont comprises entre 14 (Nant de Sion) et 20 °C (Foron aval).

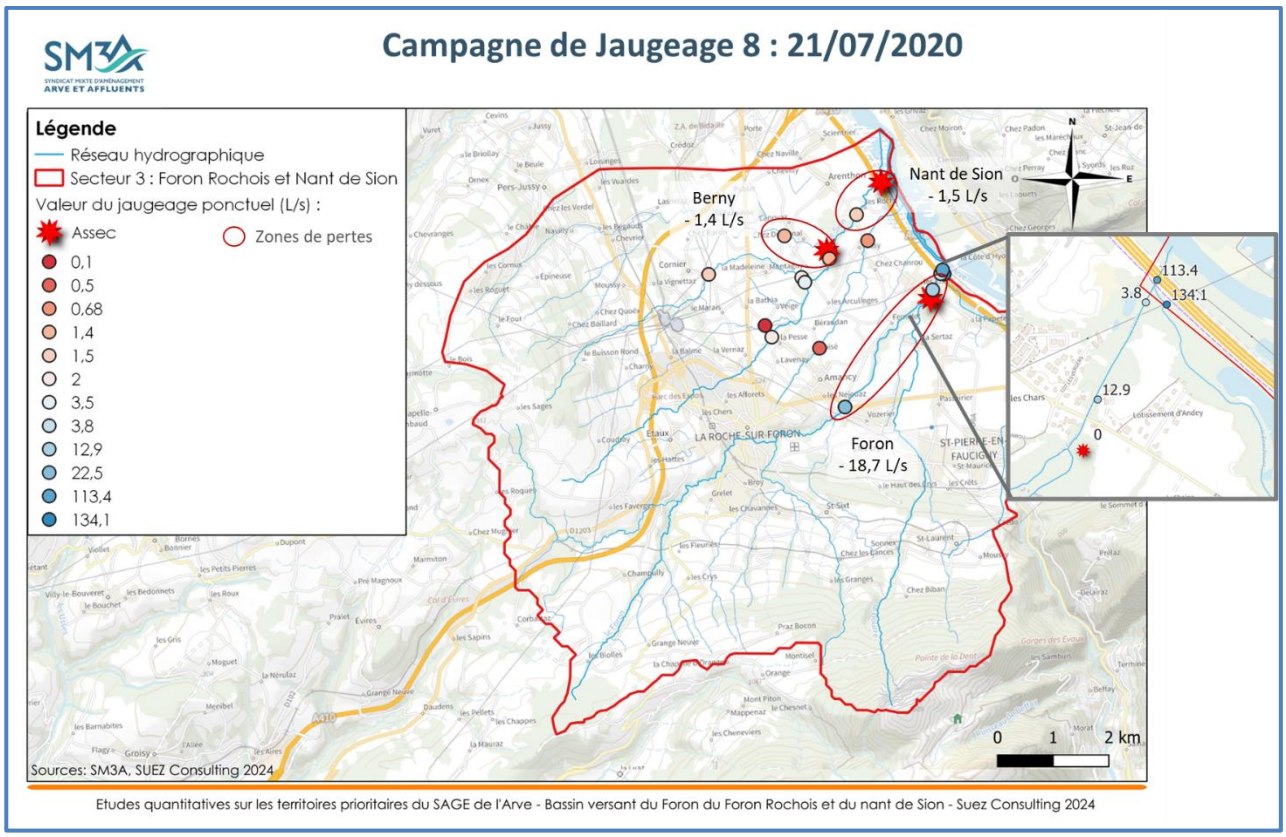


Figure 81 : Débits mesurés lors de la huitième campagne de jaugeage

Tableau 31 : Tableau des observations, mesures et jaugeages (8ème campagne)

Station de référence	Localisation	X_L93 (m)	Y_L93 (m)	Date	Heure	Débit (L/s)	Incertitude sur le débit	Température (°C)	Conductivité (µS/cm à 25	pH	Observations particulières	opérateur
	Berny aval	957359,02	6560461,7	21/07/2020	9:20	0					assec	GEODEFIS
	Berny médian	956599,73	6560720,3	21/07/2020	8:25	1,4	+/-0,14	17,2	540		jaugage par capacité au seau gradué	GEODEFIS
	Bourre aval	959218,08	6559599,3	21/07/2020	11:20	0					assec	GEODEFIS
	Brachouet aval	959467,92	6560036,7	21/07/2020	12:00	134,1		14,8	471	7,63		SM3A (CC)
	Foron amont	957687,6	6557651,6	21/07/2020	12:30	22,5	+/-0,7	18,6	462			GEODEFIS
	Foron aval	959261,31	6559752,7	21/07/2020	11:00	12,9	+/-0,8	17,9	460			GEODEFIS
	Foron aval	959405,18	6560042,3	21/07/2020	12:15	3,8		20,1	401	8,58		SM3A (CC)
	Foron station SM3A	959439	6560110	21/07/2020	11:30	113,4		14,8	474	7,7		SM3A (CC)
	Madeleine amont	955240,69	6560029,4	21/07/2020	8:00	1,5	+/-0,15	16,2	593		jaugage par capacité au seau gradué	GEODEFIS
	Madeleine aval	956910,28	6559973,8	21/07/2020	10:00	2	+/-0,2	16,9	577		jaugage par capacité au seau gradué	GEODEFIS
	Mouille amont	957229,22	6558706,4	21/07/2020	10:20	0,5		20,1	557	7,98		SM3A (CC)
	Mouille aval	958094,02	6560634,7	21/07/2020	9:45	0,68		18,1	593	7,96		SM3A (CC)
	Nant de Sion amont	956373,26	6558905,3	21/07/2020	7:40	2	+/-0,2	17,4	605		jaugage par capacité au seau gradué, en amont immédiat d'un pompage - campement gens du voyage	GEODEFIS
	Nant de Sion amont Berny	957407,01	6560310,7	21/07/2020	9:30	1,4	+/-1,4	18,2	541		jaugage par capacité au seau gradué	GEODEFIS
	Nant de Sion aval	957895,12	6561101,6	21/07/2020	9:00	1,5	+/-0,15	14,1	684		jaugage par capacité au seau gradué	GEODEFIS
	Nant de Sion médian	956967,35	6559888,1	21/07/2020	10:10	3,5	+/-0,3	17,1	586			GEODEFIS
	Nant de Sion station SM3A	958334,67	6561683,4	21/07/2020	9:15	0					débit nul, eau stagnante, aspect irisé (pollution aux hydrocarbures A40 ?)	SM3A (CC)
	Veige	956252,2	6559112,9	21/07/2020	7:22	0,1	+/-0,01	17,1	601		jaugage par capacité au seau gradué	GEODEFIS

10.1.1 NEUVIEME CAMPAGNE

En septembre 2020, quelques points de jaugeages sont situés à l'amont de ceux de juillet ce qui donne une indication des longueurs d'assecs et de très basses eaux.

L'aval du Berny est toujours en assec. Une mesure en amont mesure un très faible écoulement (< 1 L/s).

3 mesures sur le Bourre affinent la connaissance de ce dernier : Le linéaire principal est en assec bien qu'un de ses affluents principal, le ruisseau de la Restat, apporte 7.4 L/s.

Les débits du Foron sont très faibles (< 5 L/s) jusqu'à la confluence avec le Brachouet qui apporte 75 L/s.

Les températures sont comprises entre 14 et 16,5 °C.

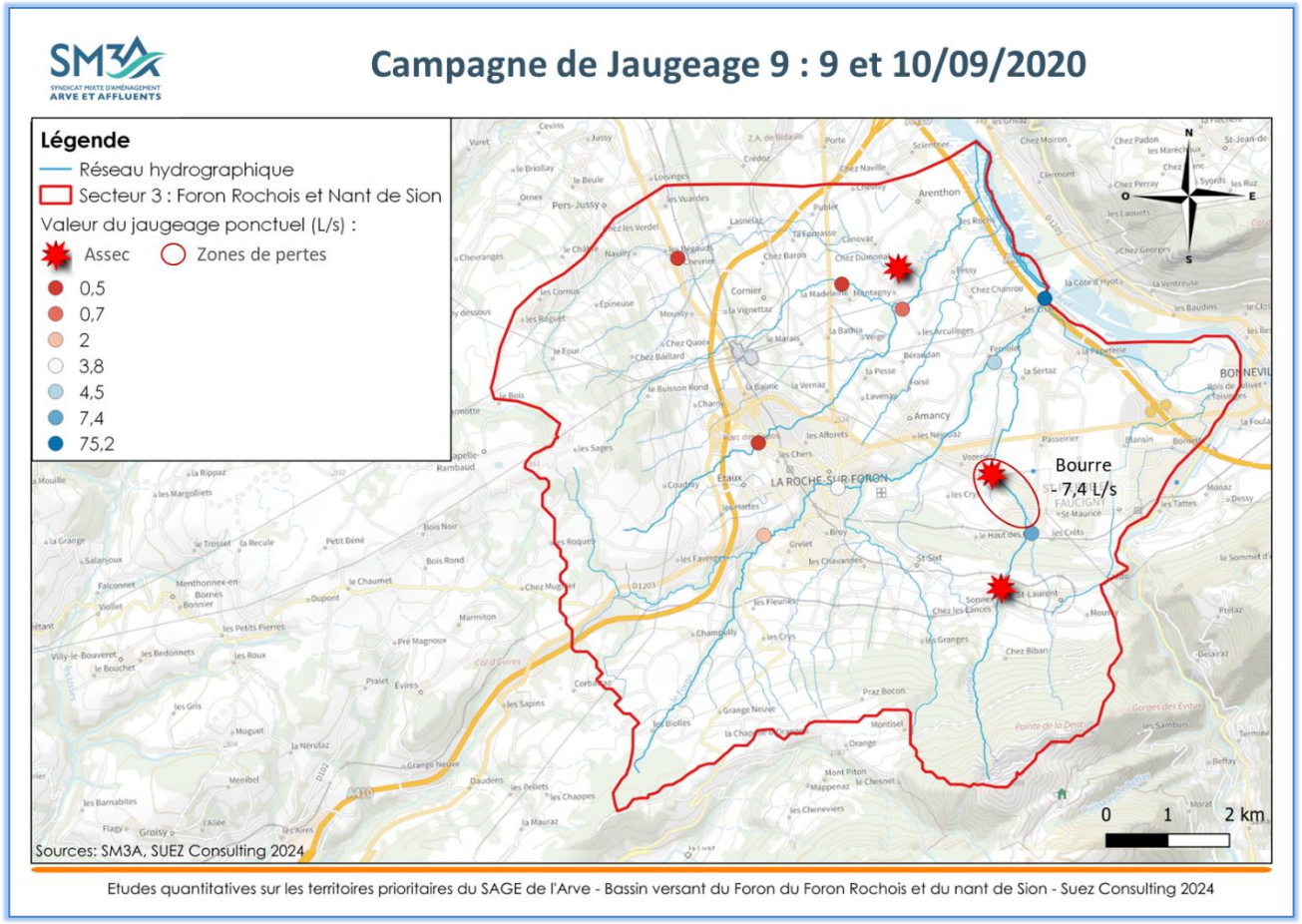


Figure 82 : Débits mesurés lors de la neuvième campagne de jaugeage

Tableau 32 : Tableau des observations, mesures et jaugeages (9ème campagne)

Station de référence	Localisation	X_L93 (m)	Y_L93 (m)	Date	Heure	Débit L/s	Incertitude sur le débit L/s	Température (°C)	Conductivité (µS/cm à 25 °C)	pH	Observations particulières	opérateur
3_01	Foron Rochois amont	954 879	6 556 246	09/09/2020	16:30	2		14,5	522	8,12		SM3A (CC)
3_02	ZU de la Roche sur Foron	956 078	6 557 018	09/09/2020	16:00	3,8		16,5	556	8,15		SM3A (CC)
3_03	le Bourre_1 amont	958 722	6 555 401	09/09/2020	16:00	0						SM3A (CC)
3_04	Ruisseau de la Restat	959 215	6 556 285	09/09/2020	14:50	7,4		16,4	376	8,25	Toute la ripisylve a été déboisée, le cours d'eau est mis à nu et apparition d'un développement d'algues vertes	SM3A (CC)
3_06	Foron Rochois aval	958 614	6 559 050	09/09/2020	09:50	4,5		14,1	472	8,28		SM3A (CC)
3_09	Nant de Sion amont	957 123	6 559 912	10/09/2020	10:50	0,7		15,2	543	8,15		SM3A (CC)
3_10	Berny aval	957 057	6 560 577	10/09/2020	11:00	0						SM3A (CC)
3_11	Madeleine aval	956 142	6 560 315	10/09/2020	10:30	0,5					< 1 L/s	SM3A (CC)
3_12	Le Bourre_3 médian RD6 Amancy	958 572	6 557 239	10/09/2020	10:30	0						SM3A (CC)
3_13	Nant Sion amont (Thiozard amont)	954 790	6 557 746	10/09/2020	08:45	0,5					< 1 L/s	SM3A (CC)
3_15	Le Berny	953 482	6 560 736	10/09/2020	09:30	0,5					< 1 L/s	SM3A (CC)
4_07	Brachouet avant conf Foron	959 430	6 560 084	09/09/2020	12:30	75,2		14,7	567	7,54		SM3A (CC)

10.1.1 DIXIEME CAMPAGNE

Les débits de la dixième campagne de mesure de septembre 2021 ne relève que deux assecs en amont et en aval du Bourre. Le linéaire intermédiaire est donc une zone de perte puisque les 24 L/s du ruisseau de la Restat s'y perdent.

Le ruisseau de la mouille et le ruisseau de la Restat sont parmi les plus productifs avec 24 à 25 L/s. En comparaison, les débits de la Madeleine (7,6 L/s), du Berny (10 L/s) et du nant de Sion dans sa partie amont (2 L/s) sont faibles.

Les températures sont comprises entre 14 et 17 °C.

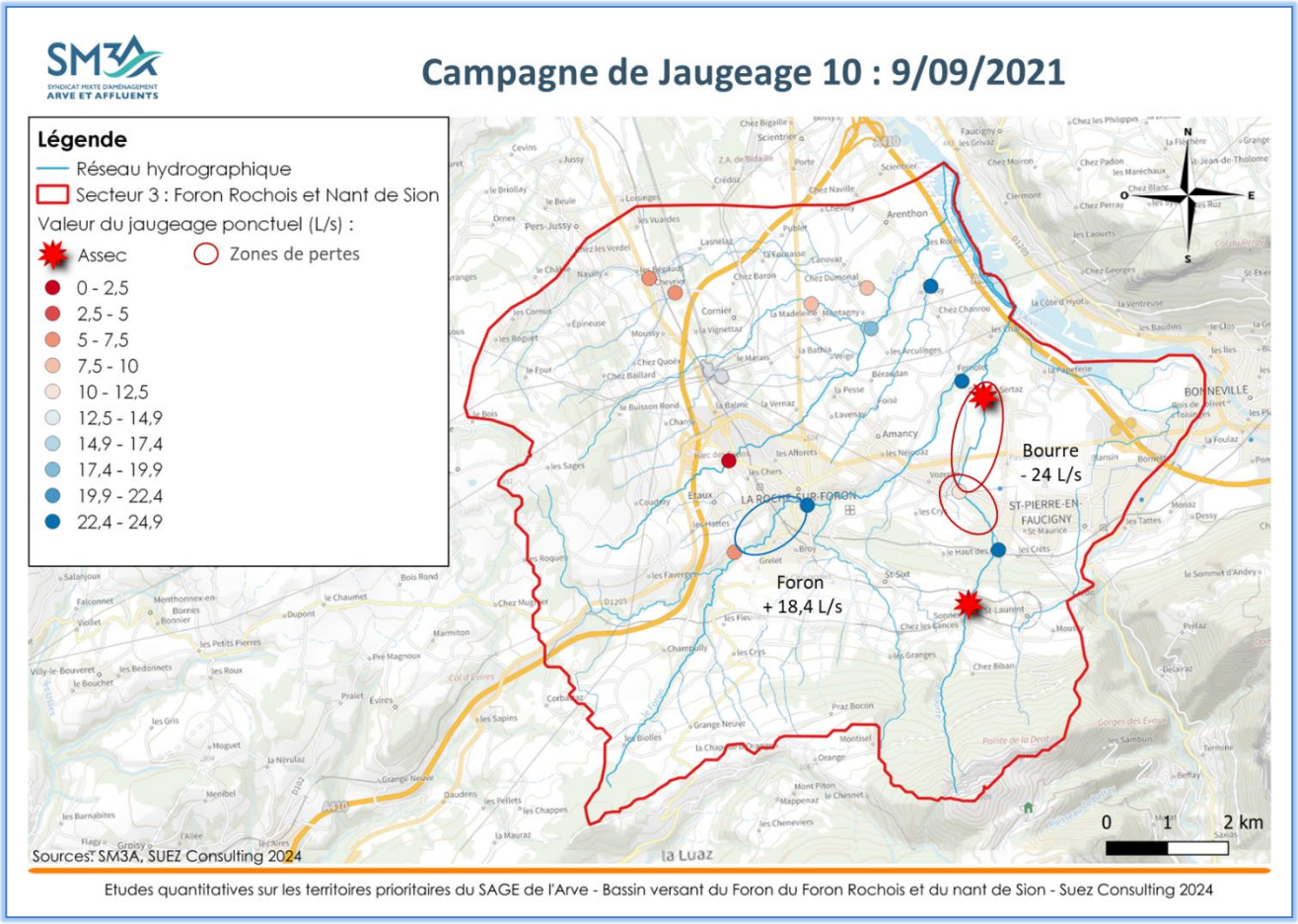


Figure 83 : Débits mesurés lors de la dixième campagne de jaugeage

Tableau 33 : Tableau des observations, mesures et jaugeages (10ème campagne)

Station de référence	Localisation	X_L93 (m)	Y_L93 (m)	Date	Heure	Débit L/s	Incertitude sur le débit L/s	Température (°C)	Conductivité (µS/cm à 25 °C)	pH	Observations particulières	opérateur
3_01	Foron Rochois amont	954879,29	6556245,98	09/09/2021	8:15	5,08		14,1	503	8,16	courantomètre	SM3A (MB)
3_02	ZU de la Roche sur Foron	956078,03	6557018,33	09/09/2021	9:15	23,47		15	523	8,1	courantomètre - odeur eaux usées	SM3A (MB)
3_03	le Bourre_1 amont	958721,7	6555401,08	09/09/2021	10:35	0					assec	SM3A (MB)
3_04	Ruisseau de la Restat	959214,89	6556284,73	09/09/2021	11:00	24,74		14,2	394	8,25	mesure au sel (500 g injectés)	SM3A (MB)
3_05	Le Bourre_2 aval	958967,17	6558800,07	09/09/2021	11:45	0					sec au niveau du pont - apport de 5 L/s par une buse à 20 m en aval (jaugeage au seau)	SM3A (MB)
3_06	Foron Rochois aval	958613,82	6559050,22	09/09/2021	9:50	24,91		15,6	443	8,27	courantomètre	SM3A (MB)
3_08	Ruisseau de la Mouille	958103,05	6560606,47	09/09/2021	12:45	22,93		16,1	624	7,85	mesure au sel (200 g injectés) - eau très trouble	SM3A (MB)
3_09	Nant de Sion amont	957122,52	6559911,5	09/09/2021	13:45	19,22		16,8	564	8,25	mesure au sel (200 g injectés)	SM3A (MB)
3_10	Berny aval	957057,31	6560576,78	09/09/2021	14:05	9,76		16,6	525	8,45	mesure au sel (200 g injectés) - pompe dans le lit du cours d'eau	SM3A (MB)
3_11	Madeleine aval	956142,23	6560314,58	09/09/2021	14:30	7,63		17,1	519	8,14	mesure au sel (100 g injectés) - eau très trouble	SM3A (MB)
3_12	Le Bourre_3 médian RD6 Amancy	958572,11	6557238,66	09/09/2021	11:25	12,35		15,4	414	8,15	mesure au sel (200 g injectés) - travaux de création d'un bassin (EP ? Crue ?) juste à l'amont du point de mesure	SM3A (MB)
3_13	Nant Sion amont (Thiozard amont)	954789,93	6557746,23	09/09/2021	13:05	2		15,5	666	8	mesure au sel (100 g injectés)	SM3A (MB)
3_14	Ruisseau le Chantemerle	953910,14	6560499,19	09/09/2021	14:50	5,59		15,6	492	8,44	mesure au sel (100 g injectés)	SM3A (MB)
3_15	Le Berny	953482,44	6560736,04	09/09/2021	15:20	5,86		15,2	608	8,79	mesure au sel (100 g injectés)	SM3A (MB)

10.1.1 ONZIEME CAMPAGNE

La onzième campagne de jaugeage a lieu durant une période d'étiage sévère, en juillet 2022. Qu'ils soient à l'amont ou à l'aval des cours d'eau, la majorité des points de jaugeage sont en assec ou en rupture d'écoulement.

Le Foron Rochois est toujours en eau mais les écoulements sont inférieurs à 4 L/s. Seul autre écoulement mesuré sur le territoire, le ruisseau de la Restat est à 5,4 L/s.

Lorsque de l'eau est présente, les températures mesurées sont comprises entre 15,7 °C (Foron Rochois amont) et 20°C (écoulements très faibles au niveau du ruisseau le Chantemerle).

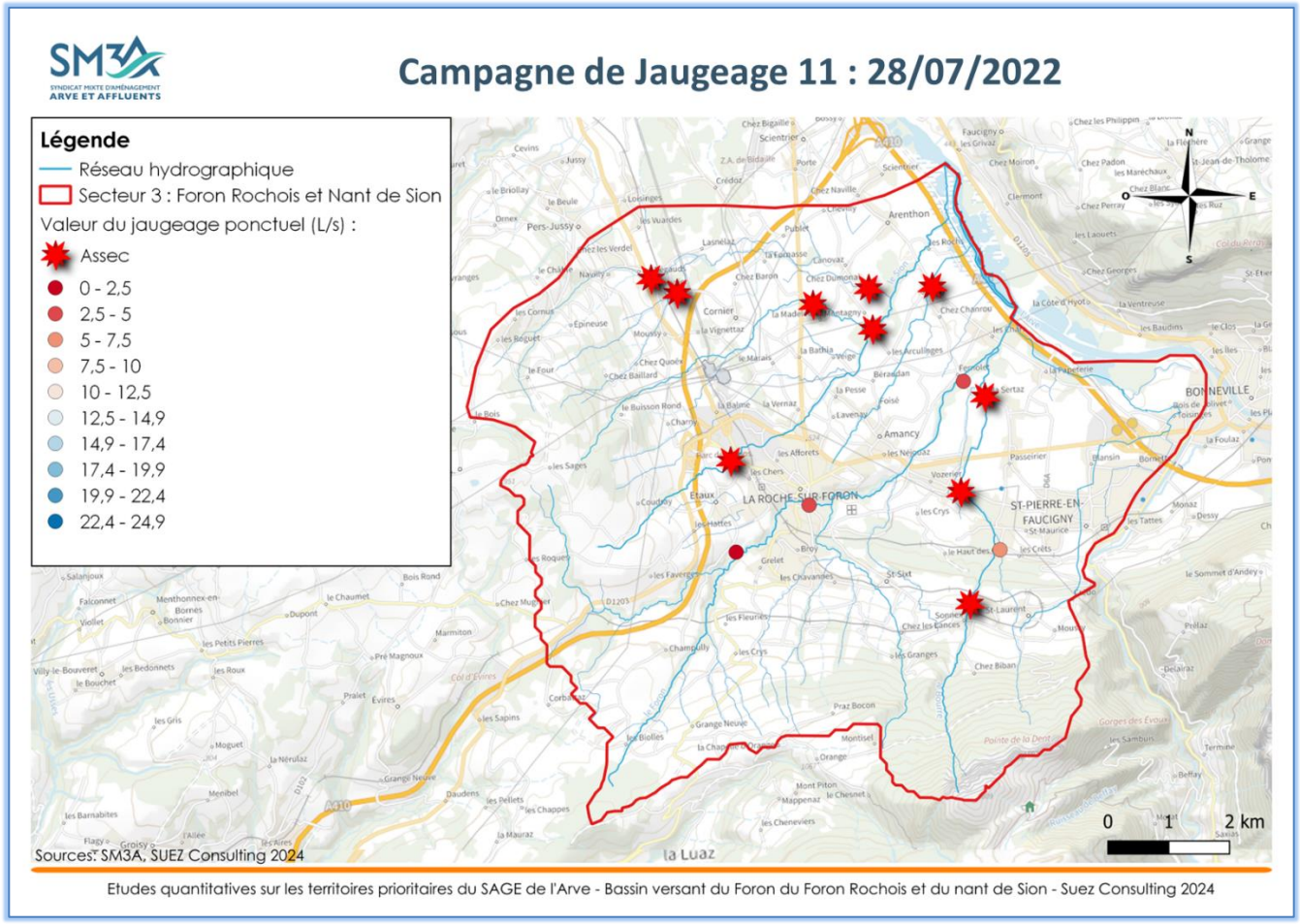


Figure 84 : Débits mesurés lors de la onzième campagne de jaugeage

Tableau 34 : Tableau des observations, mesures et jaugeages (11ème campagne)

Station de référence	Localisation	X_L93 (m)	Y_L93 (m)	Date	Heure	Débit L/s	Incertitude sur le débit L/s	Température (°C)	Conductivité (µS/cm à 25 °C)	pH	Observations particulières	opérateur
3_01	Foron Rochois amont	954879,29	6556245,98	28/07/2022	9:00	1,78		15,7	557	8,11	courantomètre	SM3A (MB)
3_02	ZU de la Roche sur Foron	956078,03	6557018,33	28/07/2022	10:00	3,86		16,9	631	8,2	courantomètre - odeur eaux usées	SM3A (MB)
3_03	le Bourre_1 amont	958721,7	6555401,08	28/07/2022	11:00	0					assec	SM3A (MB)
3_04	Ruisseau de la Restat	959214,89	6556284,73	28/07/2022	11:20	5,4		16,5	372	8,03	mesure au sel (20 g injectés)	SM3A (MB)
3_05	Le Bourre_2 aval	958967,17	6558800,07	28/07/2022	11:45	0					assec	SM3A (MB)
3_06	Foron Rochois aval	958613,82	6559050,22	28/07/2022	12:15	3,32		19,8	422	7,98	mesure au sel (50 g injectés)	SM3A (MB)
3_08	Ruisseau de la Mouille	958103,05	6560606,47	28/07/2022	14:00	0					assec	SM3A (MB)
3_09	Nant de Sion amont	957122,52	6559911,5	28/07/2022	13:15	0		19,5	581	7,71	écoulement très faible <1L/s	SM3A (MB)
3_10	Berny aval	957057,31	6560576,78	28/07/2022	13:50	0					assec	SM3A (MB)
3_11	Madeleine aval	956142,23	6560314,58	28/07/2022	13:25	0					assec	SM3A (MB)
3_12	Le Bourre_3 médian RD6 Amancy	958572,11	6557238,66	28/07/2022	11:35	0					assec - quelques flaques / écoulement mineur à l'amont du bassin SM3A	SM3A (MB)
3_13	Nant Sion amont (Thiozard amont)	954789,93	6557746,23	28/07/2022	10:40	0					assec - quelques flaques	SM3A (MB)
3_14	Ruisseau le Chantemerle	953910,14	6560499,19	28/07/2022	13:35	0		20	493	7,98	écoulement très faible <1L/s	SM3A (MB)
3_15	Le Berny	953482,44	6560736,04	28/07/2022	13:40	0					assec - quelques flaques	SM3A (MB)

10.1.2 DOUZIEME CAMPAGNE

La douzième campagne de jaugeage de fin juillet / début août 2023 présente de nouveau plusieurs assecs :

- Le Bourre est en assec sur les trois stations malgré un apport du Ruisseau de la Restat de 10,4 L/s ;
- Le Berny aval est en rupture d'écoulement, tandis que les mesures sur le Chantemerle et le Berny amont sont de 1 à 2 L/s ;
- En revanche les écoulements sont mesurés tout le long du Foron sans perte ;

Les températures de l'eau vont de 15 à 20 °C environ.

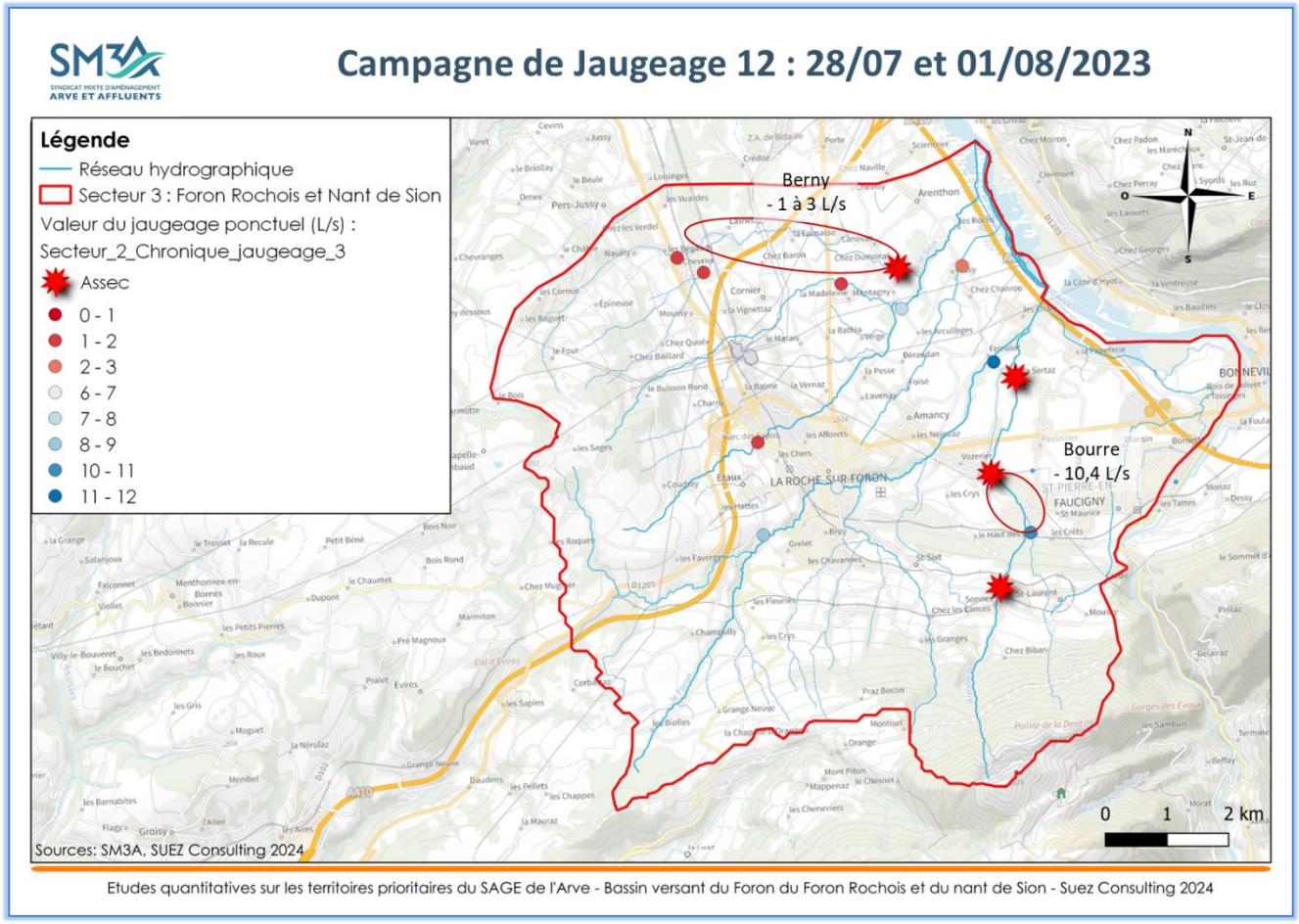


Figure 85 : Débits mesurés lors de la douzième campagne de jaugeage

Tableau 35 : Tableau des observations, mesures et jaugeages (12ème campagne)

Station de référence	Localisation	X_L93 (m)	Y_L93 (m)	Date	Heure	Débit L/s	Incertitude sur le débit L/s	Température (°C)	Conductivité (µS/cm à 25 °C)	pH	Observations particulières	opérateur
3_01	Foron Rochois amont	954879,29	6556245,98	01/08/2023	8:15	8,41		15,2	574	7,99	courantomètre	SM3A (MB MR)
3_02	ZU de la Roche sur Foron	956078,03	6557018,33	01/08/2023	9:15	6,08		16,6	690	7,97	courantomètre	SM3A (MB MR)
3_03	le Bourre_1 amont	958721,7	6555401,08	01/08/2023	9:30	0					assec	SM3A (MB MR)
3_04	Ruisseau de la Restat	959214,89	6556284,73	01/08/2023	9:45	10,39		15,5	397	7,92	mesure au sel (200 g injectés)	SM3A (MB MR)
3_05	Le Bourre_2 aval	958967,17	6558800,07	01/08/2023	10:05	0					assec	SM3A (MB MR)
3_06	Foron Rochois aval	958613,82	6559050,22	01/08/2023	10:30	11,41		17,8	508	7,84	courantomètre	SM3A (MB MR)
3_08	Ruisseau de la Mouille	958103,05	6560606,47	28/07/2023	15:35	2,3		19,6	611	7,45	mesure au sel (20g injectés)	SM3A (MB)
3_09	Nant de Sion amont	957122,52	6559911,5	28/07/2023	15:20	7,19		19,9	590	7,31	mesure au sel (100 g injectés)	SM3A (MB)
3_10	Berny aval	957057,31	6560576,78	28/07/2023	15:05	0					flaques mais plus d'écoulement	SM3A (MB)
3_11	Madeleine aval	956142,23	6560314,58	28/07/2023	14:50	1,9		18,8	596	7,19	mesure au sel (10g injectés)	SM3A (MB)
3_12	Le Bourre_3 médian RD6 Amancy	958572,11	6557238,66	01/08/2023	10:00	0					assec	SM3A (MB MR)
3_13	Nant Sion amont (Thiozard amont)	954789,93	6557746,23	28/07/2023	14:10	1,12		16,8	660	7,35	mesure au sel (20g injectés)	SM3A (MB)
3_14	Ruisseau le Chantemerle	953910,14	6560499,19	28/07/2023	14:30	1,3		18,7	552	7,8	mesure au sel (10g injectés)	SM3A (MB)
3_15	Le Berny	953482,44	6560736,04	28/07/2023	13:50	1,19		18,7	588	7,99	mesure au sel (20g injectés)	SM3A (MB)