



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

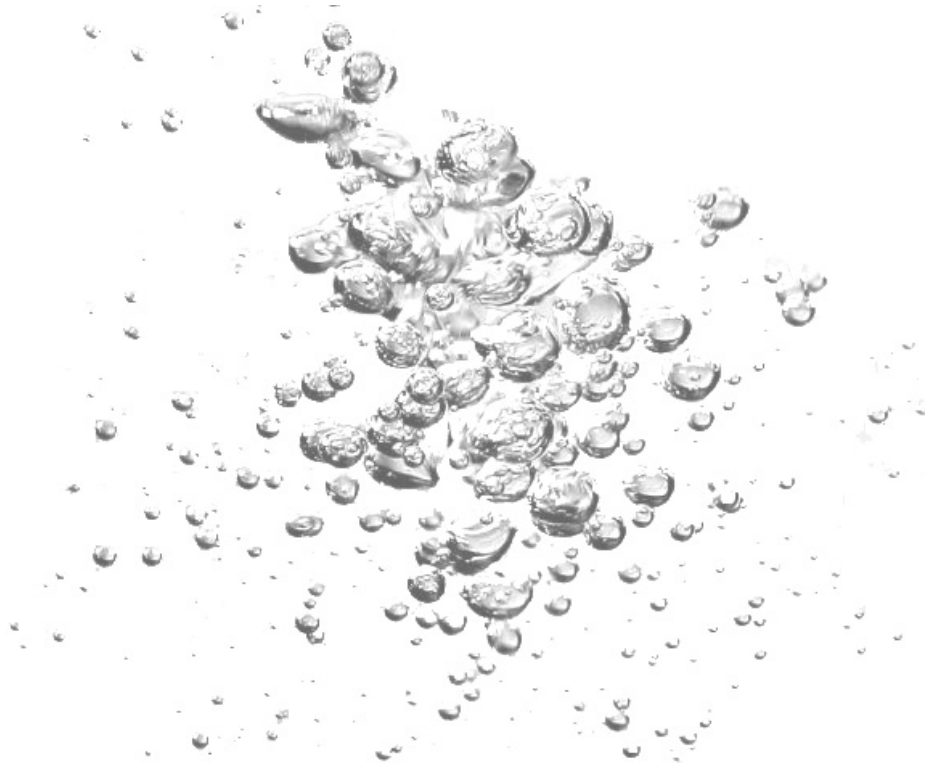
PAPI 2012-2017 : Action n°1A-01 Etudes hydrauliques sur bassins versants orphelins et exposés

Etude hydraulique et géomorphologique

Bassin du Borne (74)

Volet 2

Définition d'une hydrologie



Marché n°2014-PI-16

D640-09-14 – Ind 2 – Mars 2017



32 chemin de Bier
38110 SAINTE-BLANDINE
Tél/Fax : 04.74.83.39.12
Port. : 06.08.41.65.62
Email : contact.htv@orange.fr



Versions	Commentaires
Ind 2	Prise en compte des demandes de corrections du 21-10-2016
Ind 1	Reprise du rapport d'étude en dossier distinct par volet d'étude
Ind 0	Première rédaction

TABLE DES MATIERES

Chapitre 1 Contexte et objectif de l'étude	1
Chapitre 2 Analyse hydrologique	2
2.1 Définition des bassins versants.....	2
2.1.1 Description générale.....	2
2.1.2 Superficie et morphologie.....	3
2.2 Pluviométrie.....	9
2.2.1 Postes disponibles	9
2.2.2 Analyse fréquentielle de la pluviométrie journalière	11
2.2.3 Analyse fréquentielle de la pluviométrie infra-journalière.....	12
2.3 Estimation des débits du Borne.....	13
2.3.1 Rappel des notions de jaugeage et de courbe de tarage.....	13
2.3.2 Stations hydrométriques.....	13
2.3.3 Débits d'étiage - module	15
2.3.4 Courbe des débits classés	16
2.3.5 Régime hydrologique	18
2.3.6 Débits de crue	19
2.4 Estimation des débits des affluents	20
2.4.1 Méthodologie.....	20
2.4.2 Estimation des temps de concentration.....	21
2.4.3 Estimation des coefficients de ruissellement	22
2.4.4 Estimation des débits de crue	23
2.4.5 Débits de crue retenus sur les affluents.....	24
2.5 Synthèse	25

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Tableau 2-1 :	Caractéristiques du bassin versant du Borne	3
Tableau 2-2 :	Caractéristiques des bassins versants des affluents Borne	4
Tableau 2-3 :	Compacité des bassins versants	8
Tableau 2-4 :	Caractéristiques des postes pluviométriques.....	9
Tableau 2-5 :	Pluies journalières de référence	11
Tableau 2-6 :	Paramètres de Montana à Genève	12
Tableau 2-7 :	Paramètres de Montana transposés sur la zone d'étude.....	12
Tableau 2-8 :	Stations hydrométriques sur le Borne	13
Tableau 2-9 :	Stations hydrométriques	14
Tableau 2-10 :	Stations hydrométriques	15
Tableau 2-11 :	Débits d'étiage et de moyennes eaux sur le bassin du Borne	16
Tableau 2-12 :	Débits classés sur le bassin du Borne au droit des points de contrôle... 16	
Tableau 2-13 :	Ecoulements mensuels du Borne	18
Tableau 2-14 :	Répartition annuelle des crues du Borne	18
Tableau 2-15 :	Estimations antérieures des débits de crue	19
Tableau 2-16 :	Estimations des débits de crue décennale aux stations hydrométriques voisines	19
Tableau 2-17 :	Débits de référence du Borne retenus.....	20
Tableau 2-18 :	Estimation des temps de concentration	21
Tableau 2-19 :	Estimation des coefficients de ruissellement	22
Tableau 2-20 :	Estimation des débits de crue décennale.....	23
Tableau 2-21 :	Débits de crue des affluents.....	24

Figure 2-1 :	Plan du bassin versant du Borne et de ses principaux affluents	5
Figure 2-2 :	Plan des bassins versants des principaux affluents du Borne (Amont)	6
Figure 2-3 :	Influence de la forme du bassin versant sur la forme des hydrogrammes de crue	7
Figure 2-4 :	Exemple de compacité de bassin versant	7
Figure 2-5 :	Pluviométrie régionale de fréquence décennale et centennale (Source : Météo France 1999)	10
Figure 2-6 :	Courbes des débits classés.....	17
Figure 2-7 :	Répartition des débits au cours de l'année	18

Chapitre 1

Contexte et objectif de l'étude

Le bassin versant du Borne, sous bassin de l'Arve, et de ses affluents subit depuis plusieurs années, des pressions qui conduisent à sa dégradation. La morphologie des cours d'eau évolue rapidement et leur qualité tend à se dégrader ou est menacée.

Les risques d'inondation sont présents, et des érosions marquées sur certaines portions favorisent des glissements de terrain en connexion plus ou moins directe avec les cours d'eau. Les ouvrages en place, non suivis ou non entretenus, nécessitent un diagnostic qui s'avère indispensable à leur contrôle et leur gestion.

Dans ce cadre, le SM3A à qui le Syndicat du Borne a délégué la maîtrise d'ouvrage des études et travaux a souhaité voir réalisé une étude hydraulique et géomorphologique. Les résultats de cette étude doivent permettre de mieux organiser la protection contre les crues des enjeux existants, de mieux penser l'aménagement du territoire, et de mieux appréhender les cours d'eau dans leurs fonctionnalités naturelles d'écrêtement de crues, de dynamique hydro morphologique, et de réservoirs biologiques.

Cette étude doit permettre - de comprendre le fonctionnement hydraulique et morpho dynamique du Borne et de ses affluents et son évolution en fonction des aménagements réalisés, - de réaliser un inventaire précis des enjeux exposés aux inondations (socio-économiques et environnementaux). Grâce à ce diagnostic, il s'agit d'établir à un programme de gestion hydraulique et géomorphologique visant la prévention des inondations et la protection des personnes et des biens en intégrant au mieux la restauration des fonctionnalités naturelles des cours d'eau à l'échelle du bassin versant, dans la durée (orientation fondamentale du SDAGE Rhône-Méditerranée).

A noter que cette étude est également inscrite au Programme d'Action pour la Prévention des Inondations (PAPI) du territoire du SAGE de l'Arve, piloté par le SM3A, et labellisé en avril 2013.

Le rapport d'hydromorphologie fluviale est organisé en six rapports :

- ✓ **Volet 1 : Synthèse des données hydrologiques et hydrauliques**
- ✓ **Volet 2 : Hydrologie**
- ✓ **Volet 3 : Diagnostic géomorphologique**
- ✓ **Volet 4 : Inventaires des ouvrages**
- ✓ **Volet 5 : Modélisation hydraulique**
- ✓ **Volet 6 : Définition des enjeux, objectifs et programme d'actions**

Le présent rapport concernant le Volet 2 Hydrologie.

Chapitre 2

Analyse hydrologique

L'analyse hydrologique a pour objectif de définir les débits de référence du Borne et de ses affluents. La méthodologie mise en œuvre repose sur les étapes suivantes :

- Définition du bassin versant avec découpage en sous bassins versants selon les points de concentrations remarquables ou singulier du réseau hydrographique
- Définition de la pluviométrie de la zone d'étude
- Description du régime hydrologique
- Estimation des débits de crue

2.1 Définition des bassins versants

Les paragraphes vont s'attacher à décrire les caractéristiques physiques du bassin versant du Borne et de ses sous-bassins principaux. Il s'agit au travers de ces différents paramètres de chercher à qualifier l'hydrologie du bassin versant et surtout à distinguer les sous-bassins entre eux.

2.1.1 Description générale

Le bassin versant du Borne est, après celui du Giffre, l'un des principaux sous-bassins de l'Arve. Il s'étend sur 158 km². Le Borne est le principal affluent rive gauche de l'Arve avec un linéaire de 34km. Il prend sa source dans le massif des Aravis à 1925m (Col de l'Oulettaz) - commune du Grand-Bornand et conflue avec l'Arve à 440m d'altitude au niveau des communes de Bonneville et Saint Pierre en Faucigny.

D'un point de vue structurale, le bassin versant du Borne se présente sous 6 sous-ensembles distincts et ce d'un point de vue hydrologique comme d'un point de vue morphologique :

- ✓ Le haut bassin (Vallée du Bouchet)
- ✓ Le Grand Bornand (Au niveau de la confluence avec le Chinaillon)
- ✓ Le défilé des Etroits (Au pont – Station hydro)
- ✓ L'ombilic d'Entremont et les Gorges du Petit Bornand jusqu'à Haut Rouilly (Au barrage de Beffay)
- ✓ Le cône de déjection (Lieu dit Rumilly à Saint-Pierre-en-Faucigny)
- ✓ Les principaux affluents

Les plans en figure 3-1 et 3-2 représentent le bassin versant du Borne ainsi que ses principaux sous bassin versant.

Le Haut-Bassin

Le premier sous-bassin versant est celui représenté par la vallée du Bouchet drainé par le Borne. D'une superficie de 38,2 km² en amont de la confluence avec le Chinaillon, il se caractérise par une pente relativement forte mais sans encaissement. Il reçoit plusieurs affluents à savoir (de l'amont

vers l'aval) : le ruisseau du Déluge, le ruisseau de la Duche, le ruisseau du Tavaillon ainsi que plusieurs combes provenant du versant nord de la chaîne des Aravis.

Le second sous-bassin versant est celui du Chinaillon. Il présente une forte pente.

Le défilé des Etroits

Le Borne s'écoule sur plus de 2 km dans une zone très encaissée entre des versants montagneux très abrupts. Le substrat du lit devient grossier car il est constitué essentiellement de pierres de toutes tailles mêlées de blocs. Malgré des versants rocheux, ce secteur reçoit très peu d'apports latéraux liquides ou solides. A la sortie du défilé des Etroits le Borne débouche dans le bassin d'Entremont.

Le bassin d'Entremont et les Gorges du Petit Bornand jusqu'à Haut Rouilly

Au niveau du bassin d'Entremont, la vallée s'élargit sur un linéaire restreint et offre au Borne un lit majeur plus étendu.

Puis au départ du Pont des Esserts, le Borne s'enfoncé progressivement dans une gorge très encaissée en dessous du Petit-Bornand. Les versants boisés sont entrecoupés de quelques prairies. En rive droite, le village du Petit-Bornand est implanté sur un plateau intermédiaire, surplombé par des falaises rocheuses. Les versants de la rive gauche, très boisés, sont ponctués de barres rocheuses. Sur ce secteur, le transit des crues ne pose pas de problèmes particuliers. En aval du barrage (prise d'eau EDF de Beffay) le lit du Borne devient encore plus sauvage en s'enfonçant d'avantage dans des gorges difficilement accessibles. Au niveau des Evaux, il s'écoule dans un corridor très étroit où de hautes falaises rocheuses constituent ses berges.

Le cône de déjection

Le Borne débouche des gorges des Evaux par le pont du Diable, pour s'écouler dans la plaine de Saint Pierre en Faucigny entre des endiguements rectilignes et rejoindre l'Arve. L'adoucissement de sa pente (en moyenne de 1 %), la simplification de son faciès en succession de radiers, la maîtrise de son cours lui font perdre son caractère naturel si caractérisé sur les séquences supérieures de son cours. Sur ce secteur la ripisylve est réduite à une simple frange rivulaire arbustive ou arborée. Le substrat reste toujours grossier, constitué de pierres et galets dominant, mais sans blocs rocheux. La largeur du chenal en U est régulière.

2.1.2 Superficie et morphologie

Les caractéristiques géométriques sont résumées dans le tableau suivant.

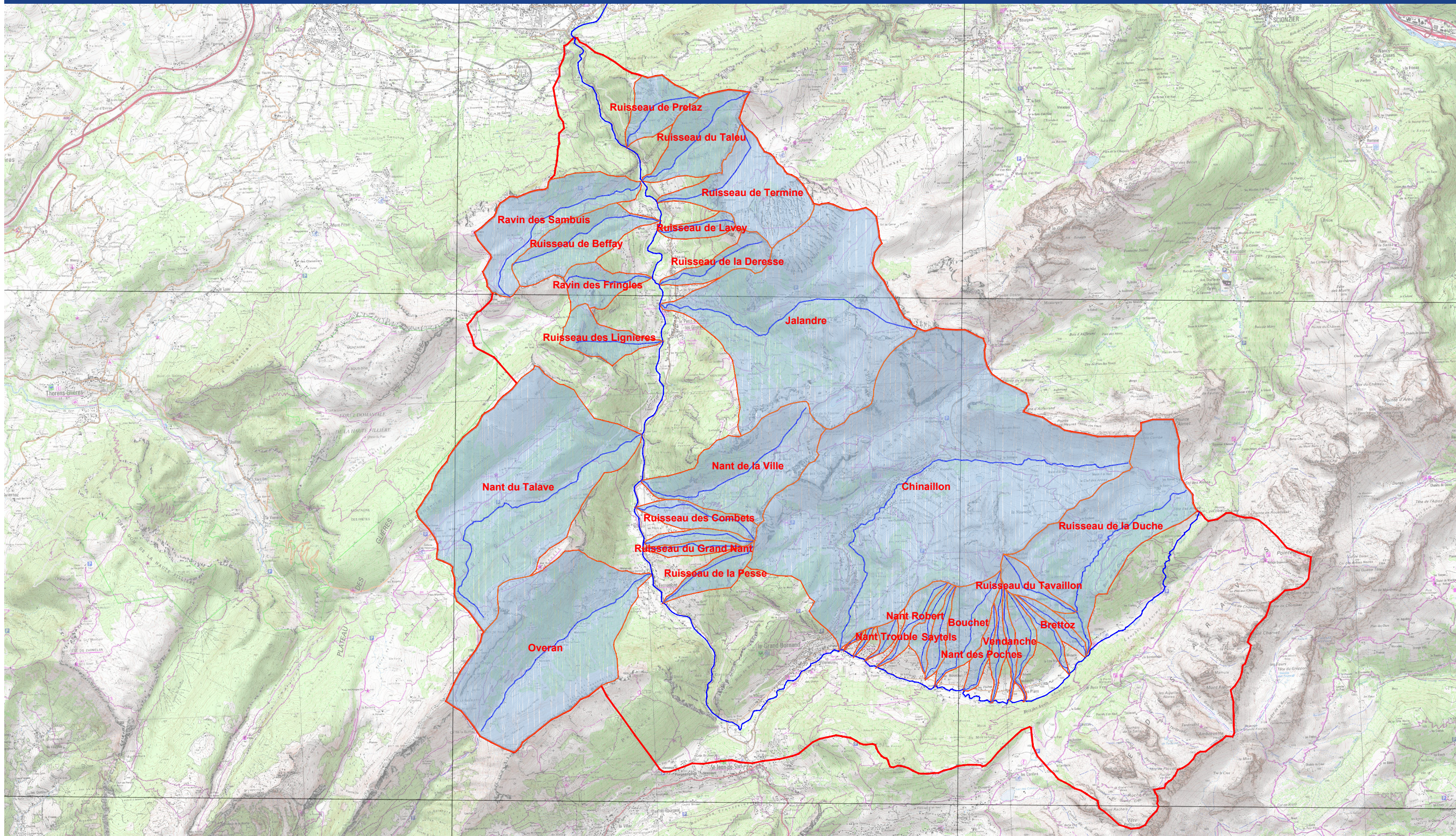
Tableau 2-1 : Caractéristiques du bassin versant du Borne

Cours d'eau	Superficie (km ²)	Longueur (km)	Périmètre (km)	Pente moyenne de l'axe hydraulique
Borne (Le Bouchet)	38,18	10	30,209	9,4 %
Borne (Aval Chinaillon)	62,30	10	36,957	9,4 %
Borne (Station hydro)	66,30	11,95	37,685	8,21 %
Borne (Beffay)	140,04	25,19	58,986	5,03 %
Borne (Rumilly)	150,71	29,31	62,905	4,7 %

Tableau 2-2 : Caractéristiques des bassins versants des affluents Borne

Cours d'eau	Superficie (km ²)	Longueur (km)	Périmètre (km)	Pente moyenne de l'axe hydraulique (m/m)
Ruisseau de la Duché	6.10	4.717	14.25	0.132
Ruisseau du Tavaillon	0.64	1.908	4.11	0.391
Chinaillon	24.12	9.05	22.71	0.097
Ruisseau de la Pesse	0.78	2.135	4.69	0.454
Overan	8.79	4.763	12.52	0.15
Ruisseau du Grand Nant	0.38	2.004	4.01	0.433
Ruisseau de la Joux	0.45	2.259	4.55	0.454
Ruisseau des Combets	0.92	2.652	5.38	0.394
Nant de la Ville	4.08	4.123	9.66	0.265
Nant du Talave	11.07	6.41	14.74	0.148
Ruisseau des Lignièrès	1.06	1.712	5.15	0.556
Jalandre	12.03	5.784	16.43	0.279
Ruisseau de la Deresse	0.96	2.338	5.47	0.504
Ravin des Fringles	0.92	1.804	4.61	0.517
Ruisseau de Lavey	0.46	1.57	3.46	0.705
Ruisseau de Beffay	2.03	3.204	7.13	0.273
Ruisseau de Termine	3.04	2.795	8.72	0.383
Ravin des Sambuis	3.02	4.175	9.56	0.264
Ruisseau du Taleu	2.10	2.895	6.49	0.409
Ruisseau de Prêlâz	1.13	1.948	4.59	0.448
Terret-1	0.030	0.569	1.18	0.381
Terret-2	0.064	0.75	1.53	0.383
Nant Trouble	0.20	1.115	2.48	0.351
Nant Robert	0.53	2.288	4.79	0.328
Crêt	0.44	1.94	4.29	0.393
Saytels	0.44	2.02	4.09	0.382
Bouchet	1.31	2.8	5.87	0.339
Nant des Poches	0.38	1.97	3.91	0.32
Grand Nant	0.39	2.46	5.07	0.333
Vendanche	0.28	2.278	4.61	0.324
Covagnet	0.53	2.503	4.94	0.292
Cote Braudet	0.37	2.12	4.10	0.302
Brettoz	0.39	1.915	3.86	0.298

Etude hydraulique et géomorphologique - Bassin du Borne



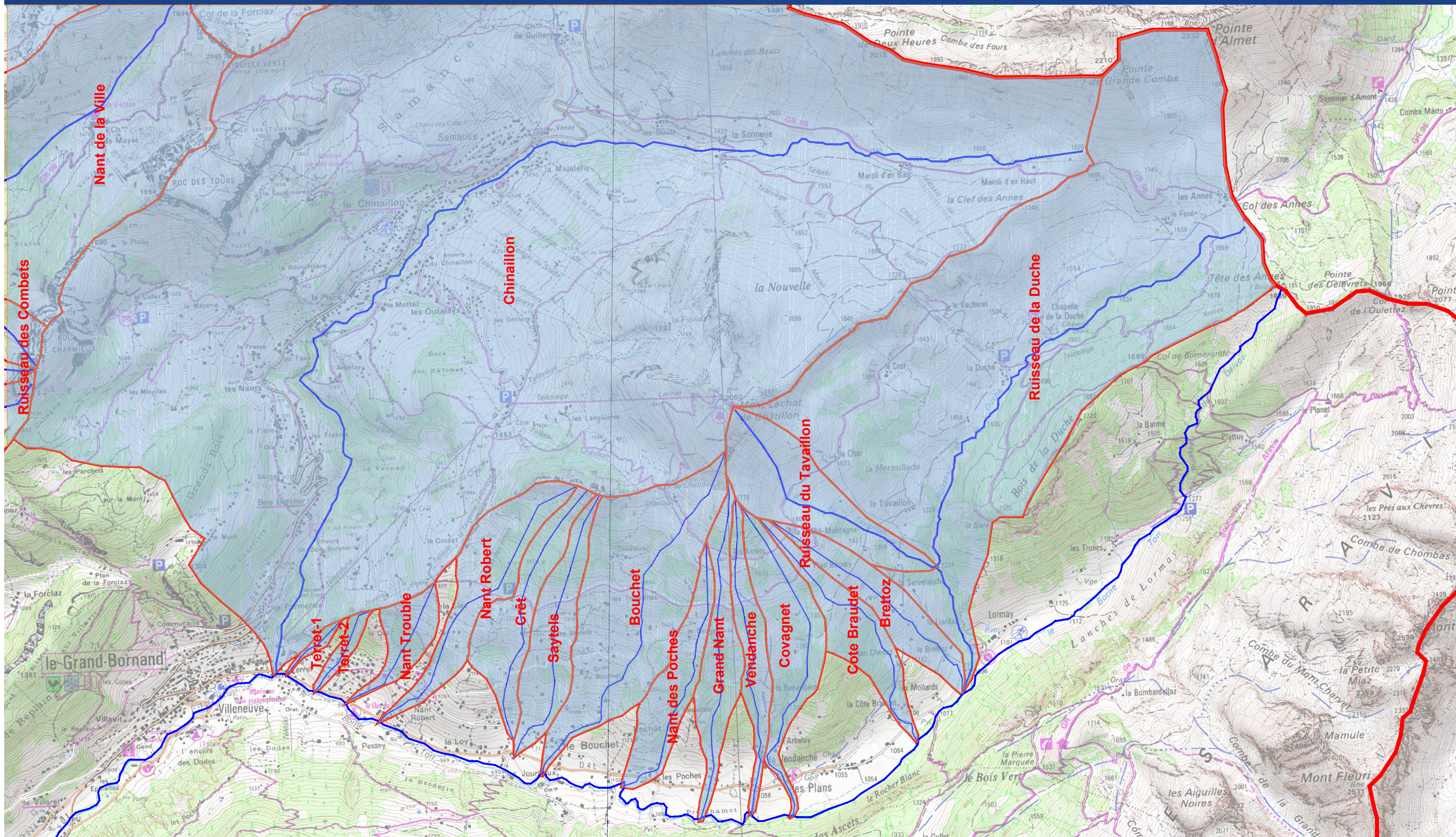
Echelle : 1/70 000



Figure 3-1 - Bassin versant du Borne et de ses principaux affluents



Etude hydraulique et géomorphologique - Bassin du Borne



Echelle : 1/70 000



Figure 3-2 Bassins versants des principaux affluents du Borne (Amont)



La forme d'un bassin versant influence considérablement le fonctionnement hydrologique en crue du bassin versant. Par exemple, une forme allongée favorise, pour une même pluie, les faibles débits de pointe de crue, ceci en raison des temps d'acheminement de l'eau à l'exutoire plus importants. Ce phénomène est également lié à la notion de *temps de concentration*.

En revanche, les bassins en forme d'éventail (bv₁), présentant un temps de concentration plus court (t_{c1}), auront les plus forts débits de pointe, comme le montre la figure en page suivante.

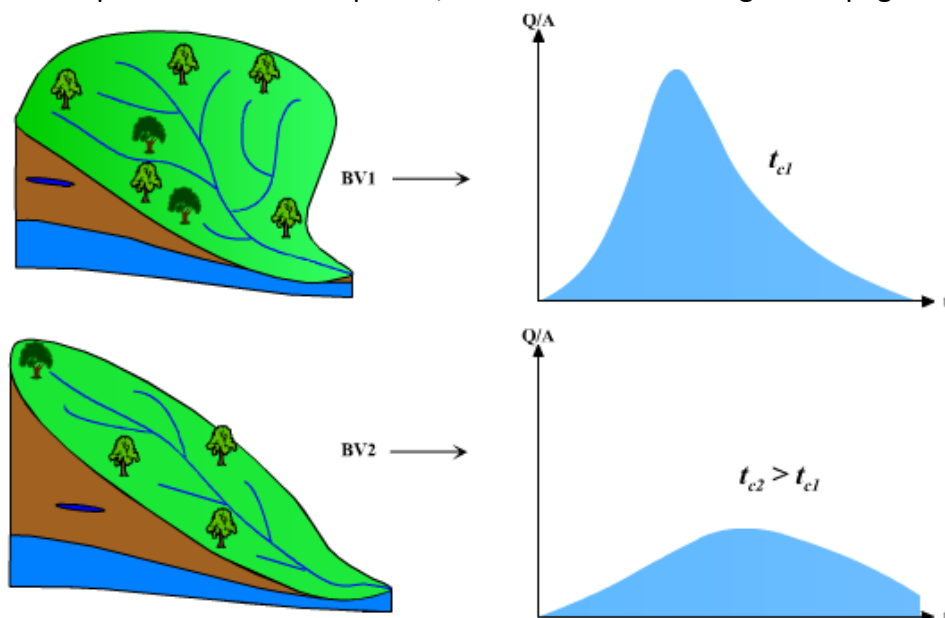


Figure 2-3 : Influence de la forme du bassin versant sur la forme des hydrogrammes de crue

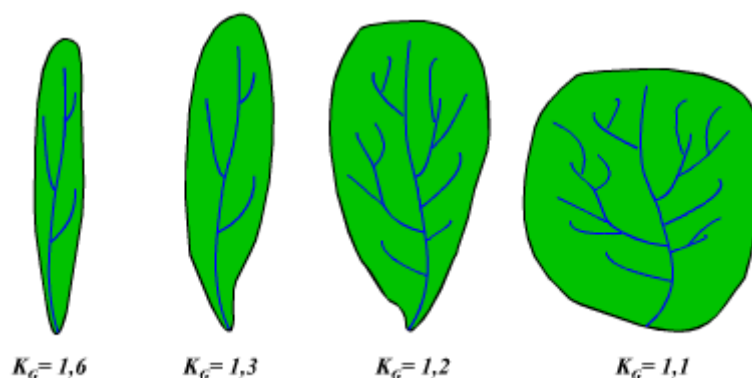


Figure 2-4 : Exemple de compacité de bassin versant

Pour apprécier son comportement hydrologique et notamment sa capacité à concentrer les ruissellements, on peut calculer l'indice de compacité du bassin versant considéré.

Il existe différents indices morphologiques permettant de caractériser le milieu, mais aussi de comparer les bassins versants entre eux. Citons à titre d'exemple l'indice de compacité de Gravelius (1914) K_G , défini comme le rapport du périmètre du bassin au périmètre du cercle ayant la même surface.

$$K_G = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}}$$

Avec :

P le périmètre du bassin en km

A l'aire du bassin en km²

Tableau 2-3 : Compacité des bassins versants

Bassin versant	Compacité
Borne (Bouchet)	1,38
Borne (Aval Chinaillon)	1,32
Borne (Station hydro)	1,31
Borne (Beffay)	1,41
Borne (Rumilly)	1,45
Ruisseau de la Duché	1,63
Ruisseau du Tavaillon	1,45
Chinaillon	1,30
Ruisseau de la Pesse	1,50
Overan	1,19
Ruisseau du Grand Nant	1,84
Ruisseau de la Joux	1,92
Ruisseau des Combets	1,58
Nant de la Ville	1,35
Nant du Talave	1,25
Ruisseau des Lignièrès	1,41
Jalandre	1,34
Ruisseau de la Deresse	1,57
Ravin des Fringlès	1,36
Ruisseau de Lavey	1,43
Ruisseau de Beffay	1,41
Ruisseau de Termine	1,41
Ravin des Sambuis	1,55
Ruisseau du Taleu	1,26
Ruisseau de Prêláz	1,22
Terret-1	1.92
Terret-2	1.71
Nant Trouble	1.57
Nant Robert	1.85
Crêt	1.84
Saytels	1.73
Bouchet	1.45
Nant des Poches	1.79
Grand Nant	2.31
Vendanche	2.45
Covagnet	1.92
Cote Braudet	1.89
Brettoz	1.76

Pour le Borne, on obtient des indices de compacité K_G de l'ordre de 1,3 à 1,45 révélant un bassin versant peu compact. Il présente un allongement important qui induit une réaction hydrologique assez longue de ce point de vue. On notera que les bassins versants du Chinaillon et de l'Overan présente des indices de compacité la plus faible ce qui traduit une réactivité hydrologique plus forte que les autres bassins versants.

On devra néanmoins nuancer cette approche par l'examen du contexte topographique, la géologie, et de l'occupation des sols.

2.2 Pluviométrie

2.2.1 Postes disponibles

Au niveau de la zone d'étude, Météo-France dispose de plusieurs postes d'observations sur le bassin versant. En ces postes, seule la pluie journalière est enregistrée.

Le tableau qui suit rend compte des caractéristiques principales des postes à proximité du site d'étude.

Tableau 2-4 : Caractéristiques des postes pluviométriques

Station	Code	Date d'ouverture	Date de fermeture	Nombre d'années d'observation	Altitude
Bonneville (La Foulaz)	74042003	01/05/2003	-	11	450 m
Entremont (La Pesse)	74110001	01/03/1998	-	16	830 m
Le Grand-Bornand (Le Chinaillon) 1300 m	74136003	01/05/1968	-	46	1300 m
Le Grand-Bornand (Chinaillon La Nouvelle) 1430 m	74136005	20/07/2005	-	9	1430 m

Ces postes sont situés à différentes altitudes sur le bassin versant ce qui permettra d'appréhender la variation orographiques de la pluviométrie. Néanmoins, seul le poste du Grand Bornand 1300 m présente un nombre d'années d'observation suffisant pour permettre une analyse statistique fiable.

En page suivante, la figure présente la pluviométrie régionale qui a été établie par Météo France sur l'examen de 3000 postes pluviométriques en 1999. Il semblerait que la zone d'étude soit concernée par une pluviométrie journalière décennale de l'ordre de 80 mm à 90 et 110 mm à 120 mm pour une fréquence centennale.

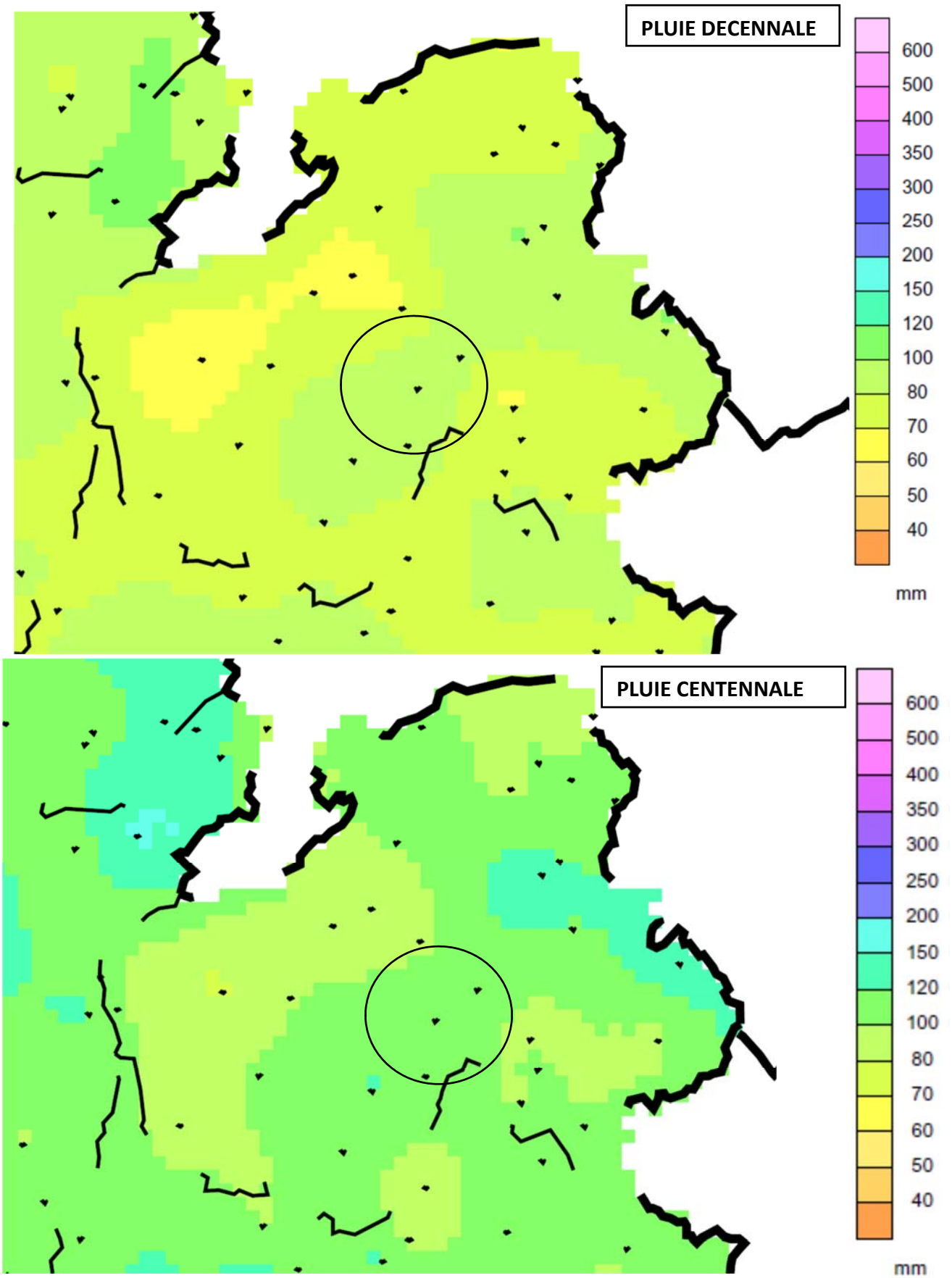


Figure 2-5 : Pluviométrie régionale de fréquence décennale et centennale (Source : Météo France 1999)

2.2.2 Analyse fréquentielle de la pluviométrie journalière

L'analyse fréquentielle est une méthode statistique de prédiction consistant à étudier les événements passés afin de définir les probabilités d'apparition d'événements futurs. En d'autres termes, concernant la pluviométrie, il s'agit à partir de l'analyse statistique des observations des pluies passées, de prédire les pluies rares (pluies décennale, centennale...) pouvant survenir.

Cette prédiction repose sur la définition et la mise en œuvre d'un modèle fréquentiel, qui est une loi mathématique décrivant le comportement statistique d'un processus. Ces modèles décrivent la probabilité d'apparition d'un événement de valeur donnée.

Ajustement de Gumbel

La première loi à partir de laquelle nous proposons d'étudier les pluies des postes d'observations Météo-France est la loi de Gumbel. C'est la loi la plus couramment utilisée pour ce type d'approche.

E.-J Gumbel postule que la loi double exponentielle, ou loi de Gumbel, est la forme limite de la distribution de la valeur maximale d'un échantillon de valeurs. Le maximum annuel d'une variable étant considéré comme le maximum de 365 valeurs journalières, cette loi doit ainsi être capable de décrire les séries de maxima annuels.

La valeur particulière de la méthode de Gumbel est la variable réduite notée u .

Par convention, la distribution statistique est transformée en une variable réduite notée u qui est donnée par la formule suivante :

$$u = -\ln(-\ln(F(x)))$$

avec $F(x)$ la fréquence d'apparition de l'événement égal à l'inverse du temps de retour T d'un événement, soit $T = 1 / (1-F(x))$.

Comparaison des résultats obtenus

Tableau 2-5 : Pluies journalières de référence

Station	Alt.	Nb d'année	P ₁₀ (mm)	P ₁₀₀ (mm)	Gradex (mm/ug)
Bonneville (La Foulaz)	450 m	11	50	80	9,23
Entremont (La Pesse)	830 m	16	99	134	14,9
Le Grand-Bornand (Le Chinaillon)	1300 m	46	88	116	12,02
Le Grand-Bornand (Chinaillon La Nouvelle)	1430 m	9	83	109	10,76

Seules les estimations sur le poste du Grand Bornand 1300 m sont fiables avec 46 années d'observations. On retiendra donc une pluie décennale de 88 mm et une pluie centennale de 116 mm.

La pluviométrie moyenne interannuelle au Grand-Bornand est 1934 mm.

2.2.3 Analyse fréquentielle de la pluviométrie infra-journalière

Concernant maintenant, la pluviométrie infra-journalière (offrant une bonne description statistique des pluies de fréquences rares), nous avons interrogé Météo-France qui propose l'utilisation des postes de Bourg-Saint-Maurice (situé à 58 km), Chambéry (situé à 60 km) ou encore Ambérieu-en-Bugey (situé à 81 km) qui est le poste de référence selon le zonage 51. Compte tenu du contexte géographique, l'emploi de ces postes n'est pas satisfaisant. Cependant, plus à proximité, le poste de Genève (situé à 29 km seulement) permet d'obtenir des données statistiques fiables. Pour ce type de durée, la pluie est décrite par la loi dite de Montana. La hauteur de pluie tombée pendant une durée t , correspondant à une période de retour T , est donnée par la loi de Montana suivante :

$$I(t, T) = a(T) \cdot t^{-b(T)}$$

a et b étant les paramètres de Montana données dans le tableau ci-dessous.

Tableau 2-6 : Paramètres de Montana à Genève

T = 10 ans		
	a	b
5 min 30 min	499.30	0.6611
30 min – 6 h	563.80	0.6993
6h 24 h	560.76	0.698

Concernant les pluies infra-journalières sur la zone d'étude, on utilisera la formule de transfert suivante basée sur la comparaison des pluies journalières :

$$I_{Zone_d'étude} = \frac{P_{j-T-BV_Borne}}{P_{j-T-Genève}} \cdot a_{T-Genève} \cdot t^{-b(Genève)}$$

Nous pouvons alors formuler les égalités suivantes :

$$a(T, Zone_étude) = a(T, Genève) \cdot \frac{P_{j-T-BV_Borne}}{P_{j-T-Genève}}$$

$$b(T, Zone_étude) = b(T, Genève)$$

Les paramètres de Montana retenus pour l'étude sont les suivants.

Tableau 2-7 : Paramètres de Montana transposés sur la zone d'étude

T = 10 ans		
	a	b
5 min 30 min	596.30	0.6611
30 min – 6 h	673.34	0.6993
6h 24 h	669.71	0.698

2.3 Estimation des débits du Borne

2.3.1 Rappel des notions de jaugeage et de courbe de tarage

Pour rappel, les débits de crue sont déterminés au droit d'une station hydrométrique à l'aide :

- ❑ D'un enregistrement continu des hauteurs d'eau atteintes appelé limnigramme,
- ❑ D'une transformation des hauteurs en débits par une courbe de tarage. La courbe de tarage est déterminée à partir de jaugeages, opération qui consiste à mesurer simultanément une hauteur d'eau et le débit associé. Généralement, le débit est estimé par exploration du champ de vitesses. Les valeurs de débits des jaugeages présentent une incertitude de l'ordre de 5% pour les débits faible à moyen et environ 10% pour les débits de crue.

Les dysfonctionnements des limnimètres sont relativement faciles à détecter. La principale indétermination réside dans l'évaluation des débits à l'aide de la courbe de tarage ; les deux principales sources d'incertitude associées à ces courbes sont rappelées ci-après :

- ❑ Pour la partie de la courbe de tarage qui est définie par des jaugeages, les conditions d'écoulement peuvent évoluer (abaissement des fonds, végétalisation du lit, ...). La courbe de tarage n'est alors plus représentative : on dit qu'il y a détarage. Une nouvelle courbe de tarage est alors reconstruite. Lorsqu'une courbe de tarage change peu au cours du temps, on parle de « stabilité » de la courbe de tarage ; la qualité des mesures est alors plutôt bonne. A l'inverse, lorsqu'il est nécessaire de reprendre régulièrement la courbe de tarage, on parle « d'instabilité » de la courbe de tarage ; la qualité des débits estimés est réduite.
- ❑ Au-delà du plus fort jaugeage, la courbe de tarage doit être extrapolée. Dans cette partie de la courbe de tarage, l'estimation du débit ne repose plus sur des mesures. En conséquence, l'incertitude est d'autant plus grande que l'extrapolation couvre une plage de débit importante.

2.3.2 Stations hydrométriques

2.3.2.1 Sur le Borne

L'hydrologie du Borne est suivie par la station hydrométrique de la DREAL à Saint-Jean-de-Sixt en amont du pont des Etroit. EDF a géré également un suivi des débits du Borne à Saint-Pierre-en-Faucigny à Rumilly entre 1948 et 1968.

Tableau 2-8 : Stations hydrométriques sur le Borne

Station	Bassin versant	Date d'ouverture et de fermeture	Nombre d'année de données
Le Borne à Saint-Jean-de-Sixt (DREAL RA)	66,3 km ²	1964 – tjrs ouverte	52 ans
Le Borne à Saint-Pierre-en-Faucigny (Rumilly) (EDF)	142 km ²	1948 - 1968	19 ans

Cette station a été installée le 1 février 1964 au pont des Etroits. Elle a été par la suite déplacée 2,2 km plus en amont au pont de la RD4 le 27 octobre 1988, suite à la crue de juillet 1987. Les effets de la crue de juillet 1987 puis les travaux postérieurs rendent les données de débits discutables tant en basses eaux qu'en hautes eaux.

De plus, en période de hautes eaux, cette station pâtit d'un manque de jaugeage en crue et d'un transport solide qui complexifie notablement la relation entre la hauteur d'eau mesurée à la station et le débit réel du Borne. Le jaugeage le plus fort ayant été réalisé correspond à un débit de 13 m³/s en 2014. Ainsi la fiabilité de la courbe de tarage n'excède pas 16 m³/s environ. Sans certitude, mais il se pourrait également que le capteur de mesure ne mesure pas correctement les grandes hauteurs d'eau et plafonne les mesures à partir d'un débit de 40 m³/s. Une analyse hydraulique au droit de la station permettrait d'améliorer la fiabilité de la courbe de tarage et offrir une meilleure description de l'hydrologie de crue du Borne. En outre, il semble nécessaire de renforcer la fréquence des jaugeages sur cette station.

Concernant la station de Saint-Pierre (EDF), seules des données statistiques d'étiage et de moyennes eaux sont disponibles auprès de la DREAL RA. Aucune information sur les crues, les débits classés ou la répartition annuelle n'est disponible.

2.3.2.2 Sur les bassins versants voisins

Afin d'élargir l'analyse et porté un regard plus régional sur l'appréciation de l'hydrologie du Borne, nous avons également examiné les valeurs de débits obtenus sur les stations des cours d'eau environnants drainant notamment les chaînes des Bornes et des Aravis.

Nous avons identifié les stations se situant dans un périmètre de 25 km autour du bassin versant du Borne. La liste des stations obtenue figure dans le tableau suivant.

Tableau 2-9 : Stations hydrométriques

Station	Bassin versant	Date d'ouverture	Nombre d'année de données
Le Giffre à Taninges	325 km ²	1942	64 ans
Le Risse à Saint-Jeoire	57,5 km ²	1973	42 ans
Le Bronze à Bonneville	28 km ²	1968	48 ans
Le Fier à Dingy-Saint-Clair	222 km ²	1906	110 ans
La Filière à Argonay	140 km ²	1973	41 ans
L'Arly à Ugine	225 km ²	1974	41 ans
La Chaise à Ugine	79 km ²	2001	13 ans

On remarquera les particularités suivantes :

- ✓ Le Giffre à Taninges qui présente un caractère glaciaire marqué
- ✓ L'Arly à Ugine dont les débits sont influencés par la prise d'eau EDF. La station se trouve sur le tronçon court-circuité.
- ✓ La Chaise à Ugine présente un nombre d'observation relativement faible.

2.3.3 Débits d'étiage - module

Les débits d'étiage (QMNA5) et de module ont été collectés auprès de la banque Hydro (DREAL RA). Le tableau suivant présente ces débits en valeurs spécifiques, c'est-à-dire le débit rapporté à la superficie du bassin versant. Nous avons également reporté le nombre d'année d'observation qui ont permis le calcul de ce débit afin de juger de la pertinence statistique des valeurs proposées.

Tableau 2-10 : Stations hydrométriques

Station	Nombre d'années	QMNA5 (L/s/km ²)	Module (L/s/km ²)
Le Borne à Saint-Jean-de-Sixt	52 ans	6,94	46,15
Le Borne à Saint-Pierre-en-Rumiily	19 ans	6,89	43,31
Le Giffre à Taninges	64 ans	7,08	57,23
Le Risse à Saint-Jeoire	42 ans	6,78	34,78
Le Bronze à Bonneville	48 ans	2,86	24,54
Le Fier à Dingy-Saint-Clair	110 ans	6,31	42,39
La Filière à Argonay	41 ans	2,86	32,50
L'Arly à Ugine	41 ans	1,69	11,02
La Chaise à Ugine	13 ans	6,33	28,48

On observe une assez bonne homogénéité des débits d'étiage sur les stations sur le Borne, le Giffre, le Risse, le Fier et la Chaise avec un QMNA5 en valeur spécifique comprise entre 6 et 7 L/s/km².

Trois stations se distinguent nettement à savoir l'Arly à Ugine dont le débit est influencé par la prise d'eau EDF, la Filière à Argonay et le Bronze à Bonneville.

Concernant les valeurs du module (débit moyen interannuel), les valeurs obtenues appellent les remarques suivantes :

- ✓ L'Arly à Ugine étant influencé par la prise d'eau EDF, on observe un module faible.
- ✓ Le module important du Giffre à Taninge s'explique par les apports glaciaires du haut bassin versant.
- ✓ Le module du Borne à Saint-Jean-de-Sixt se situe plutôt parmi les valeurs hautes de l'échantillon. Il est comparable à celui du Fier.
- ✓ Le module du Bronze à Bonneville semble particulièrement peu élevé (problème de jaugeage ?).

Les estimations de débits de la station sur le Borne à Saint-Jean-de-Sixt et à Saint-Pierre-en-Rumilly semblent cohérentes avec les valeurs obtenues sur d'autres cours d'eau voisin. En conséquence, nous validons ces valeurs et proposons de les transférer sur l'ensemble du bassin versant grâce à la formule d'extrapolation de Myer :

$$\frac{Q1}{Q2} = \left(\frac{S1}{S2} \right)^a$$

Pour les débits d'étiage et le module, on retiendra une valeur du coefficient égale à 1.

Tableau 2-11 : Débits d'étiage et de moyennes eaux sur le bassin du Borne

Bassin versant	QMNA5 (m ³ /s)	Module (m ³ /s)
Le Borne (vallée du Bouchet)	0,265	1,76
Le Borne (Station hydro)	0,460	3,06
Le Borne (Beffay)	0,972	6,46
Le Borne (Rumilly)	1,046	6,96

2.3.4 Courbe des débits classés

Le tableau suivant présente les débits classés aux différents points de contrôle du bassin versant. Ces débits sont issus des données de la station du Borne à Saint-Jean-de-Sixt car c'est la seule station sur le bassin versant permettant une fiabilité statistique suffisante.

Tableau 2-12 : Débits classés sur le bassin du Borne au droit des points de contrôle

Débit classé %	Le Borne (vallée du Bouchet)	Le Borne (station hydro)	Le Borne (Beffay)	Le Borne (Rumilly)
0	0.078	0.135	0.285	0.307
0.1	0.091	0.158	0.334	0.359
0.2	0.102	0.177	0.374	0.402
0.5	0.122	0.211	0.446	0.480
1	0.145	0.252	0.532	0.573
2	0.177	0.307	0.648	0.698
2.74	0.195	0.339	0.716	0.771
5	0.233	0.404	0.853	0.918
10	0.311	0.54	1.141	1.228
15	0.386	0.67	1.415	1.523
20	0.456	0.792	1.673	1.800
25	0.530	0.92	1.943	2.091
30	0.628	1.09	2.302	2.478
35	0.714	1.24	2.619	2.819
40	0.818	1.42	2.999	3.228
45	0.933	1.62	3.422	3.683
50	1.060	1.84	3.886	4.183
55	1.204	2.09	4.415	4.751
60	1.405	2.44	5.154	5.546
65	1.612	2.8	5.914	6.365
70	1.877	3.26	6.886	7.410
75	2.223	3.86	8.153	8.774
85	2.712	4.71	9.949	10.707
85	3.317	5.76	12.166	13.093
90	4.198	7.29	15.398	16.571
95	5.667	9.84	20.784	22.368
97.26	7.371	12.8	27.036	29.096
98	8.177	14.2	29.993	32.279
99	9.444	16.4	34.640	37.280
99.5	10.654	18.5	39.076	42.053
99.8	13.360	23.2	49.003	52.737
99.9	15.894	27.6	58.297	62.739
100	24.877	43.2	91.248	98.200

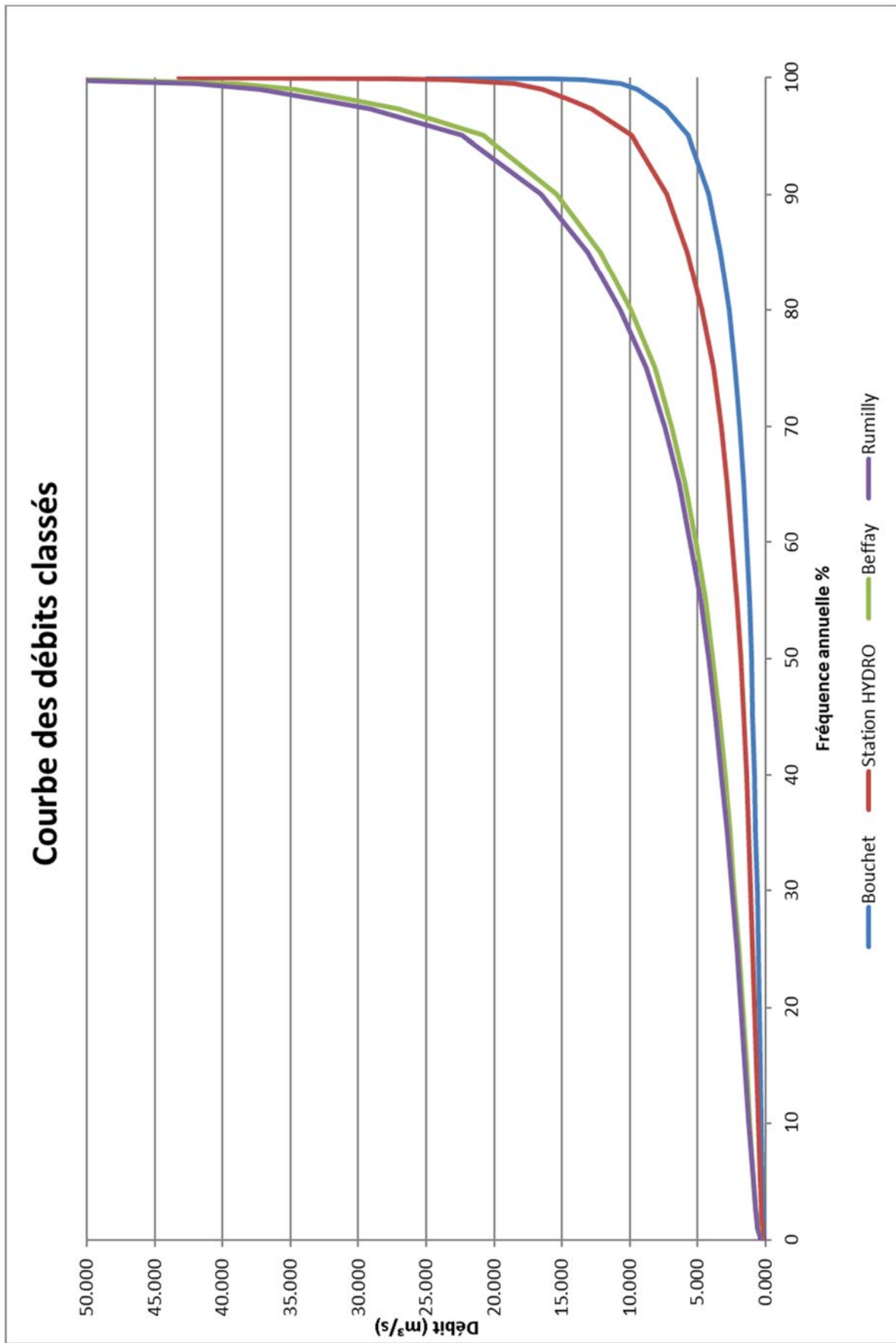


Figure 2-6 : Courbes des débits classés

2.3.5 Régime hydrologique

Le tableau et le graphique suivant rend compte de la répartition mensuelle des écoulements du Borne à la station hydrométrique.

Tableau 2-13 : Ecoulements mensuels du Borne

Mois	Jan.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Débits moyen (m ³ /s)	1,610	1,830	3,1	5,36	6,17	4,27	2,34	1,72	2,02	2,18	2,66	2,18

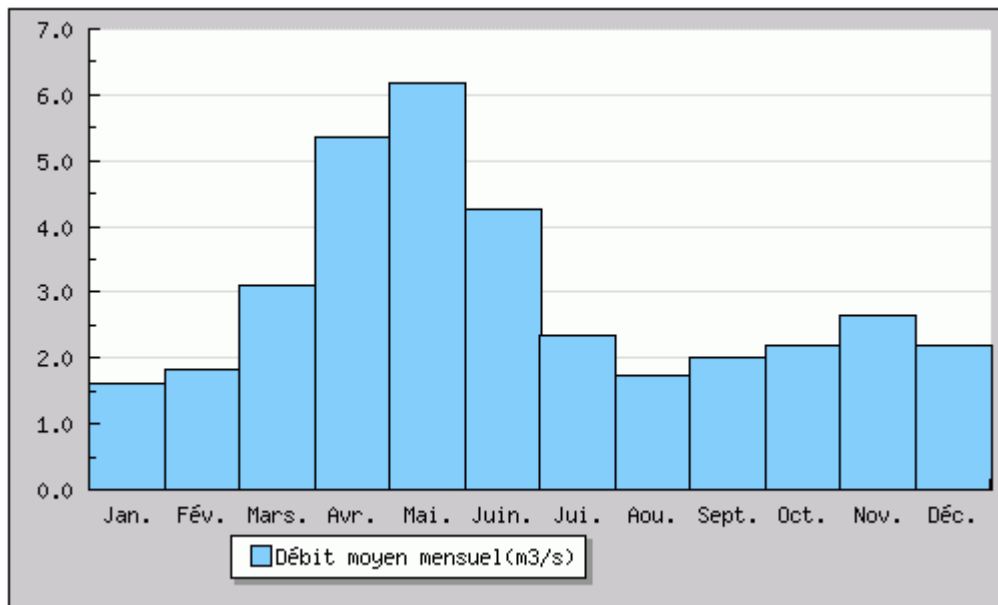


Figure 2-7 : Répartition des débits au cours de l'année

Cette répartition permet de classer le Borne dans la rivière à comportement nivo-pluvial.

Ce régime se caractérise par :

- ✓ Deux maxima nets, l'un assez prononcé vers avril-mai à la fonte des neiges, et l'autre en automne (vers novembre) plus modéré. Ce second maximum, dépendant des pluies tombées en automne, peut être faible (de coefficient inférieur à 1).
- ✓ Un étiage principal en octobre et un étiage secondaire en janvier, tous deux de l'ordre de 0,6 à 0,8.
- ✓ L'amplitude (rapport entre les coefficients mensuels extrêmes) est comprise entre 2 et 5.
- ✓ Variations d'une année à l'autre pouvant être importantes.

Tableau 2-14 : Répartition annuelle des crues du Borne

Mois	Jan.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
%	0	5	5	5	11	11	9	5	9	14	11	16

On constate une assez bonne répartition du risque de crue tout au long de l'année même si les périodes de mai à juin-Juillet et septembre à décembre restent privilégiées.

2.3.6 Débits de crue

2.3.6.1 Estimations antérieures

Le tableau suivant rend compte des estimations de débits de crue proposées dans les études antérieures.

Tableau 2-15 : Estimations antérieures des débits de crue

Etude et site	Superficie (km ²)	Q ₁₀ (m ³ /s)	Q ₁₀₀ (m ³ /s)
Etude SOGREAH 1989			
Pont des Etroits	69	75 à 90	130 à 155
Saint-Pierre de Rumilly	142	120 à 155	180 à 230
Etude SOGREAH 1998			
Haut – bassin	?	75	155
Bonneville	?	170	180

Ces estimations ont été estimées sur la base des données du pont des Etroits et par l'application de la méthode du Gradex pour estimer la crue centennale.

2.3.6.2 Analyse des données hydrométriques

L'analyse statistique des débits maximum instantanés des stations hydrométriques selon une loi de Gumbel permet l'estimation des débits de crue suivants.

Tableau 2-16 : Estimations des débits de crue décennale aux stations hydrométriques voisines

Station	Nombre d'années	Superficie (km ²)	Q10 (m ³ /s)	Débit spécifique Q10/S (m ³ /s/km ²)	Débit pseudo-spécifique Q10/S (m ³ /s/(km ²) ^{0,75})
Le Borne à Saint-Jean-de-Sixt	43 ans	66,3	56	0,84	2,41
La Risse à Saint-Jeoire	22 ans	57,5	50	0,87	2,39
Le Bronze à Bonneville	48 ans	28	15	0,54	1,23
Le Fier à Dingy-Saint-Clair	79 ans	222	283	1,27	4,92
La Filière à Argonay	29 ans	140	100	0,71	2,46
L'Arly à Ugine	21 ans	225	153	0,68	2,63
La Chaise à Ugine	12 ans	79	39	0,49	1,47

On observe 3 tendances. Les stations sur le Borne, la Risse, la Filière et l'Arly conduisent à valeurs de débits pseudo-spécifiques assez proche. La Chaise et le Bronze se distinguent avec des débits de crue décennale très faibles. A l'opposé, le débit de crue décennal du Fier est nettement plus important que ceux des autres cours d'eau.

Ces débits hormis pour le Fier restent largement inférieurs à l'estimation réalisée lors des études antérieures (SOGREAH). Seule, une analyse hydraulique complémentaire au droit de la station à Saint-Jean-de-Sixt pourrait éventuellement permettre d'améliorer la fiabilité de la courbe de tarage.

2.3.6.3 Débits de référence retenus

A l'absence d'éléments de connaissance probants supplémentaires, nous proposons de conserver les estimations hydrologiques antérieures (Etudes SOGREAH). Les débits de temps de retour 30 ans et 50 ans ont été estimés par interpolation selon une loi statistique de Gumbel entre les bornes décennal et centennal. Pour les temps de retour biennal et quinquennal, les débits ont été estimés par application du ratio statistique à la valeur de Q_{10} calculé sur la base des données de la station HYDRO de Saint-Jean-de-Sixt : 0.6 en biennal et 0.8 en quinquennal.

Les débits de référence retenus sont les suivants :

Tableau 2-17 : Débits de référence du Borne retenus

Point de contrôle	Superficie (km ²)	Q ₂ (m ³ /s)	Q ₅ (m ³ /s)	Q ₁₀ (m ³ /s)	Q ₃₀ (m ³ /s)	Q ₅₀ (m ³ /s)	Q ₁₀₀ (m ³ /s)
Le Borne en amont du Chinaillon	38	29	38	48	73	84	99
Le Borne en aval du Chinaillon	62	42	55	69	105	121	143
Le Borne à Saint-Jean-de-Sixt	69	45	60	75	114	131	155
Le Borne à Entremont (Aval Overan)	86.25	46	61	77	115	133	156
Le Borne en amont du Petit Bornand (Aval Talave)	107.06	47	63	79	117	134	157
Le Borne au Petit Bornand (Aval Jalandre)	129.03	48	64	80	118	135	158
Le Borne à Saint-Pierre	142	72	96	120	149	162	180

Les débits de crue à un autre point du linéaire du Borne est obtenu par application de la formule de Myer (Cf. paragraphe 2.4).

2.4 Estimation des débits des affluents

2.4.1 Méthodologie

Le calcul des débits de crue de fréquence **décennale** a été effectué selon les méthodes suivantes

☐ Méthode rationnelle :

La formule de calcul s'écrit de la manière suivante :

$$Q_{10} = \frac{1}{3,6} \cdot C_m \cdot I_{10} \cdot A$$

$$I_{10} = a \cdot t^{-b} \text{ (Montana)}$$

Avec :

Q_{10} : débit décennal (m³/s) C_m : coefficient de ruissellement moyen I_{10} : Intensité de pluie décennale (mm/h) A : Aire du bassin versant (km²)

Cette méthode est généralement employée pour $A < 10$ km². Le temps de concentration (t en minutes dans la formule de Montana) du bassin versant est estimé par la formule de Passini et Ventura.

❑ **Transfert des estimations des débits du Borne (formule de Myer)**

$$\frac{Q1}{Q2} = \left(\frac{S1}{S2} \right)^a$$

On retiendra une valeur du coefficient égale à 0,75.

2.4.2 Estimation des temps de concentration

Le temps de concentration a été apprécié à partir des formules de Passini et de Ventura dont les domaines de validité permettent de les appliquer dans le cas du bassin versant du Borne.

Tableau 2-18 : Estimation des temps de concentration

Cours d'eau	Superficie (km ²)	Temps de concentration (heures)	
		Passini	Ventura
Ruisseau de la Duche	6.10	55	53
Ruisseau du Tavaillon	0.64	11	10
Chinaillon	24.12	126	123
Ruisseau de la Pesse	0.78	11	10
Overan	8.79	58	60
Ruisseau du Grand Nant	0.38	9	7
Ruisseau de la Joux	0.45	10	8
Ruisseau des Combets	0.92	14	12
Nant de la Ville	4.08	32	31
Nant du Talave	11.07	70	67
Ruisseau des Lignièrès	1.06	11	11
Jalandre	12.03	51	51
Ruisseau de la Deresse	0.96	12	11
Ravin des Fringles	0.92	11	10
Ruisseau de Lavey	0.46	7	6
Ruisseau de Beffay	2.03	23	21
Ruisseau de Termine	3.04	21	22
Ravin des Sambuis	3.02	29	26
Ruisseau du Taleu	2.10	19	18
Ruisseau de Prêlâz	1.13	13	12
Terret-1	0.030	3	2
Terret-2	0.064	4	3
Nant Trouble	0.20	7	6
Nant Robert	0.53	12	10
Crêt	0.44	10	8
Saytels	0.44	10	8
Bouchet	1.31	17	15
Nant des Poches	0.38	10	8
Grand Nant	0.39	11	8
Vendanche	0.28	10	7
Covagnet	0.53	13	10
Cote Braudet	0.37	11	9
Brettoz	0.39	11	9

2.4.3 Estimation des coefficients de ruissellement

Les coefficients de ruissellements ont été estimés sur la base de l'occupation des sols telle qu'étudiée au chapitre 4.1.2.

Tableau 2-19 : Estimation des coefficients de ruissellement

Cours d'eau	Coefficient de ruissellement moyen
Ruisseau de la Duché	0.22
Ruisseau du Tavaillon	0.25
Chinaillon	0.26
Ruisseau de la Pesse	0.13
Overan	0.19
Ruisseau du Grand Nant	0.15
Ruisseau de la Joux	0.16
Ruisseau des Combets	0.17
Nant de la Ville	0.19
Nant du Talave	0.17
Ruisseau des Lignièrès	0.13
Jalandre	0.23
Ruisseau de la Deresse	0.17
Ravin des Fringles	0.13
Ruisseau de Lavey	0.16
Ruisseau de Beffay	0.13
Ruisseau de Termine	0.27
Ravin des Sambuis	0.18
Ruisseau du Taleu	0.13
Ruisseau de Prêlâz	0.13
Terret-1	0.32
Terret-2	0.41
Nant Trouble	0.23
Nant Robert	0.24
Crêt	0.21
Saytels	0.22
Bouchet	0.22
Nant des Poches	0.20
Grand Nant	0.16
Vendanche	0.20
Covagnet	0.15
Cote Braudet	0.19
Brettoz	0.25

2.4.4 Estimation des débits de crue

Les tableaux suivants rendent compte de l'application de la méthodologie hydrologique présentée ci-avant. Les débits sont calculés à l'extrémité aval du bassin versant considéré au niveau de la confluence dans le Borne.

Tableau 2-20 : Estimation des débits de crue décennale

Cours d'eau	Surface (km ²)	Q10 – Formule rationnelle	Q10 – Extrapolation à partir du débit du Borne
Ruisseau de la Duche	6.10	15.26	12.15
Ruisseau du Tavaillon	0.64	5.42	2.25
Chinaillon	24.12	42.54	34.09
Ruisseau de la Pesse	0.78	3.35	2.59
Overan	8.79	18.83	15.99
Ruisseau du Grand Nant	0.38	2.19	1.51
Ruisseau de la Joux	0.45	2.64	1.71
Ruisseau des Combets	0.92	4.55	2.95
Nant de la Ville	4.08	12.90	8.99
Nant du Talave	11.07	18.80	19.01
Ruisseau des Lignièrès	1.06	4.78	3.27
Jalandre	12.03	34.23	20.23
Ruisseau de la Deresse	0.96	5.24	3.04
Ravin des Fringles	0.92	4.13	2.94
Ruisseau de Lavey	0.46	3.41	1.76
Ruisseau de Beffay	2.03	5.46	5.32
Ruisseau de Termine	3.04	17.92	7.21
Ravin des Sambuis	3.02	9.61	7.17
Ruisseau du Taleu	2.10	6.56	5.46
Ruisseau de Prêlaz	1.13	4.54	3.43
Terret-1	0.030	0.82	0.23
Terret-2	0.064	1.79	0.40
Nant Trouble	0.20	2.16	0.93
Nant Robert	0.53	4.07	1.96
Crêt	0.44	3.35	1.68
Saytels	0.44	3.49	1.70
Bouchet	1.31	7.08	3.84
Nant des Poches	0.38	2.67	1.52
Grand Nant	0.39	2.08	1.53
Vendanche	0.28	2.06	1.21
Covagnet	0.53	2.38	1.94
Cote Braudet	0.37	2.42	1.50
Brettoz	0.39	3.32	1.53

Les 2 méthodes conduisent à des résultats relativement proches pour la plupart des cours d'eau, hormis quelques-uns pour lesquels l'analyse de l'occupation des sols a conduit à des coefficients de ruissellement relativement élevés et par conséquent à un débit décennal par la formule rationnelle assez important. Nous proposons de retenir les résultats de la méthode rationnelle pour les bassins versants dont la surface est inférieure à 10 km² et l'extrapolation des débits du Borne pour les autres.

2.4.5 Débits de crue retenus sur les affluents

Par similitude hydrologique, le débit centennal est obtenu par l'application du rapport Q_{100}/Q_{10} calculé sur le bassin versant du Borne. Le tableau suivant présente les débits retenus sur les affluents du Borne.

Tableau 2-21 : Débits de crue des affluents

Cours d'eau	Surface (km ²)	Q2	Q5	Q10	Q30	Q50	Q100
Ruisseau de la Duché	6.10	9.16	12.21	15.26	23.11	26.70	31.53
Ruisseau du Tavaillon	0.64	3.25	4.34	5.42	8.20	9.48	11.19
Chinaillon	24.12	20.45	27.27	34.09	51.64	59.65	70.46
Ruisseau de la Pesse	0.78	2.01	2.68	3.35	5.07	5.86	6.92
Overan	8.79	11.30	15.06	18.83	28.52	32.94	38.91
Ruisseau du Grand Nant	0.38	1.31	1.75	2.19	3.32	3.83	4.53
Ruisseau de la Joux	0.45	1.58	2.11	2.64	4.00	4.62	5.45
Ruisseau des Combets	0.92	2.73	3.64	4.55	6.89	7.96	9.40
Nant de la Ville	4.08	7.74	10.32	12.90	19.54	22.56	26.65
Nant du Talave	11.07	11.41	15.21	19.01	28.80	33.26	39.29
Ruisseau des Lignièrès	1.06	2.87	3.82	4.78	7.25	8.37	9.89
Jalandre	12.03	12.14	16.18	20.23	30.64	35.40	41.81
Ruisseau de la Deresse	0.96	3.14	4.19	5.24	7.94	9.17	10.83
Ravin des Fringles	0.92	2.48	3.30	4.13	6.25	7.22	8.53
Ruisseau de Lavey	0.46	2.05	2.73	3.41	5.16	5.96	7.04
Ruisseau de Beffay	2.03	3.28	4.37	5.46	8.27	9.55	11.28
Ruisseau de Termine	3.04	10.75	14.34	17.92	27.14	31.35	37.03
Ravin des Sambuis	3.02	5.77	7.69	9.61	14.56	16.82	19.87
Ruisseau du Taleu	2.10	3.94	5.25	6.56	9.94	11.48	13.56
Ruisseau de Prêlaz	1.13	2.72	3.63	4.54	6.88	7.95	9.39
Terret-1	0.030	0.49	0.66	0.82	1.24	1.44	1.70
Terret-2	0.064	1.07	1.43	1.79	2.72	3.14	3.71
Nant Trouble	0.20	1.30	1.73	2.16	3.27	3.78	4.47
Nant Robert	0.53	2.44	3.26	4.07	6.17	7.13	8.43
Crêt	0.44	2.01	2.68	3.35	5.08	5.87	6.94
Saytels	0.44	2.09	2.79	3.49	5.29	6.12	7.23
Bouchet	1.31	4.25	5.66	7.08	10.73	12.40	14.65
Nant des Poches	0.38	1.60	2.14	2.67	4.05	4.68	5.53
Grand Nant	0.39	1.25	1.66	2.08	3.16	3.65	4.31
Vendanche	0.28	1.24	1.65	2.06	3.12	3.61	4.26
Covagnet	0.53	1.43	1.90	2.38	3.62	4.18	4.94
Cote Braudet	0.37	1.45	1.94	2.42	3.67	4.24	5.01
Brettoz	0.39	1.99	2.66	3.32	5.03	5.82	6.87

2.5 Synthèse

L'examen cartographique du bassin du Borne montre une forme de « poire » allongé. A la sortie du Grand-Bornand, le Borne draine déjà presque la moitié du son bassin versant.

En terme de structure hydrographique, le Borne présente seulement quelques affluents importants. Au niveau du Grand Bornand, Chinaillon est l'affluent le plus important de tout le bassin versant. La confluence Chinaillon-Borne constitue un point de concentration hydrologique remarquable.

Plus loin en aval, on pourra noter les affluents suivants d'importance similaire : l'Overan, le Nant du Talave et le Jalandre. Les points de confluence entre ces affluents et le Borne peuvent constituer également des points de concentration hydrologique dans une moindre mesure.

Concernant l'appréciation des débits de crue du Borne, comme évoqué au chapitre 2.3.2.1, la station hydrométrique de Saint-Jean-de-Sixt n'est pas fiable dès les débits supérieurs à 40 m³/s soit l'équivalent d'une crue biennale. Il est donc nécessaire de renforcer les jaugeages sur cette station et de mener une étude de modélisation hydraulique pour permettre une extrapolation fiable de la courbe de tarage.