

Dossier réalisé par :

ESPLAN

8 avenue de Saint Maur

34 000 Montpellier

Rédacteur : Eric HAFFNER

Centrale hydroélectrique ARPIN

Hydrologie



CENTRALE HYDROELECTRIQUE ARPIN

COURS D'EAU : LE VERSOYEN

COMMUNES : BOURG SAINT MAURICE ET SEEZ

DEPARTEMENT : LA SAVOIE

CLIENT : **CENTRALE DES BOCHERES**

FEVRIER 2022

Sommaire

Etude hydrologique - Mémoire	3
1. Présentation des projets	4
1.1. Centrale ARPIN actuelle	4
1.2. Centrale des Bochères	6
1.3. Centrale des Bochères prolongée	6
2. Le bassin versant du Versoyen	8
3. Les statistiques disponibles	8
4. Les ruissellements et débits moyens pour les bassins versants étudiés	12
5. La reconstitution des débits au niveau des projets	14
6. Les débits d'étiage du TCC ARPIN	21
7. Les débits classés	22
8. Les conclusions et principaux résultats	24
Tableaux, graphiques et annexe	25

Etude hydrologique - Mémoire

La centrale hydroélectrique ARPIN est localisée sur le Versoyen, immédiatement en aval du projet des Bochères.

Il est envisagé de fusionner les projets ARPIN et des Bochères. Cependant, le débit équipé des Bochères est sensiblement supérieur à celui du projet ARPIN.

L'objectif de cette étude présente l'impact de la fusion des 2 projets sur les débits au niveau du tronçon court-circuité du projet ARPIN.

Pour ce faire, cette étude comporte les parties suivantes :

1. Présentation des projets ARPIN et Bochères ;
2. Une étude hydrologique des bassins versants des 2 projets< ;
3. Une analyse du régime actuel des débits et en cas de fusion des 2 projets.

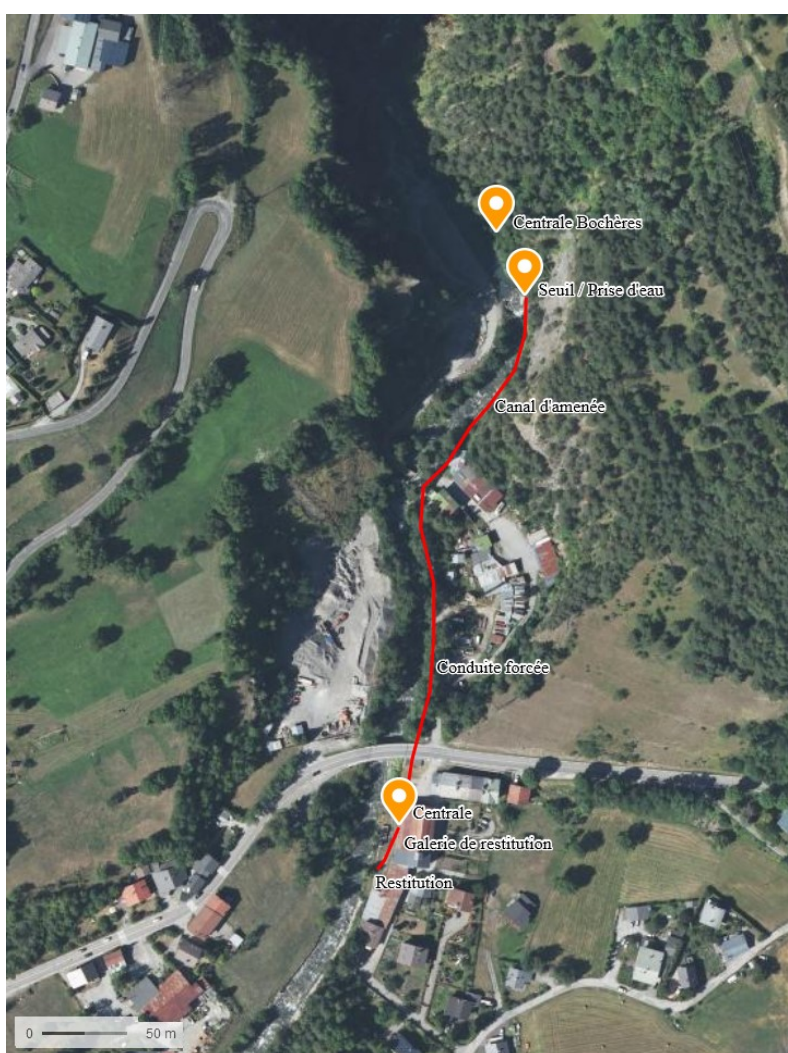
1. Présentation des projets

1.1. Centrale ARPIN actuelle

La centrale Hydroélectrique ARPIN est localisée sur le Versoyen, en aval du projet des Bochères.

Les principales caractéristiques de la centrale ARPIN sont les suivantes :

- Hauteur de chute : 12,5 m
- Débit nominal : $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$
- Débit d'armement : $0,05 \text{ m}^3/\text{s}$
- Débit réservé : $0,6 \text{ m}^3/\text{s}$
- Cote crête seuil : $\sim 844 \text{ m}$



Photographie aérienne – Localisation des ouvrages

La centrale comporte 2 groupes, de $\sim 40 \text{ kW}$ et 20 kW , la puissance maximale de la centrale étant de $\sim 50 \text{ kW}$ nets.



Photographies – Seuil/Prise d'eau et canal ARPIN



Photographies – Conduite et bâtiment centrale (En sous-sol)



Photographies – Turbines



Photographie – Restitution ARPIN

1.2. Centrale des Bochères

La centrale Hydroélectrique des Bochères est localisée sur le Versoyen, en amont du projet ARPIN. La restitution du projet se fait au niveau de la retenue créée par le seuil ARPIN.

Les principales caractéristiques de la centrale des Bochères sont les suivantes :

- Débit nominal : 2,18 m³/s
- Débit d'armement : 0,218 m³/s
- Débit réservé : 0,548 m³/s
- Prise d'eau : Au niveau de la restitution de la centrale de Bonneval

1.3. Centrale des Bochères prolongée

Il est envisagé de fusionner les centrales d'ARPIN et des Bochères. La turbine des Bochères serait alors en lieu et place des turbines ARPIN et le TCC d'ARPIN ferait partie du TCC du nouveau projet des Bochères prolongé.

Le débit d'équipement du projet fusionné serait celui du projet actuel des Bochères :

- Débit nominal : 2,18 m³/s
- Débit d'armement : 0,218 m³/s
- Débit réservé : 0,548 m³/s
- Prise d'eau : Au niveau de la restitution de la centrale de Bonneval
- Restitution : Restitution de la centrale ARPIN actuelle

Le seuil actuel ARPIN pourrait être démantelé.

CENTRALE HYDROELECTRIQUE ARPIN

2. Le bassin versant du Versoyen

Prenant sa source au Plan de Forclaz sous la Pointe des Ouillons (3 110 mètres), cet affluent rive droite de l'Isère à Bourg-Saint-Maurice présente un régime typiquement nival. Le Versoyen se jette dans l'Isère au niveau de Bourg-Saint-Maurice.

Le Versoyen draine un bassin versant de 114,47 km² au niveau du projet ARPIN, composé en grande partie du torrent des Glaciers. Le Versoyen se jette dans l'Isère au niveau de Bourg-Saint-Maurice.

Le bassin versant du Versoyen, en limite du massif du Mont Blanc, culmine à plus de 3 800 mètres. Le bassin versant est principalement exposé au sud et à l'est.

Pour l'étude des débits, le bassin versant ARPIN est séparé en 3, le bassin versant des prises d'eau EDF, la partie du bassin versant en aval des prises d'eau EDF et en amont de la prise d'eau de Bonneval/Bochères et la partie entre les prises d'eau de Bonneval/Bochères et ARPIN.

74,48 km² sont captés par des prises d'eau du système hydroélectrique de Roselend – La Bâthie.

34,28 km² se situent en aval des prises d'eau EDF et en amont du seuil de Bonneval.

La superficie du bassin versant en aval de la prise d'eau de Bonneval/Bochères et en amont d'ARPIN est de 5,71 km².

Voir : Figures 1 « Carte du bassin versant »

3. Les statistiques disponibles

3.1. Les stations hydrométriques

Pour déterminer les régimes de la rivière sont utilisées les données des stations hydrométriques, qui sont transposées au local du projet. Les données pluviométriques sont également une source précieuse d'information, pour vérifier la qualité des données hydrométriques par corrélation.

Toutes les données hydrométriques ont été recueillies sur la base Hydro, gérée par le Service Central d'Hydrométéorologie et d'Appui à la Prévision des Inondations (service du Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable) implanté à Toulouse.

Aucune station hydrométrique en activité n'est localisée au niveau de la centrale.

Les données hydrométriques disponibles pour le bassin versant du Versoyen sont rares. Des mesures de débits ont été entreprises de 1951 à 1957 sur le Versoyen, en amont de la confluence avec le torrent des Glaciers, à une cote de ~1500 m.

Les seules données disponibles sont les débits moyens mensuels. Les données disponibles sont jointes à ce document.

Les stations hydrométriques, figurant sur la base HYDRO, les plus proches du projet et ayant un bassin versant assez similaire au projet figurent au Tableau 2 joint.

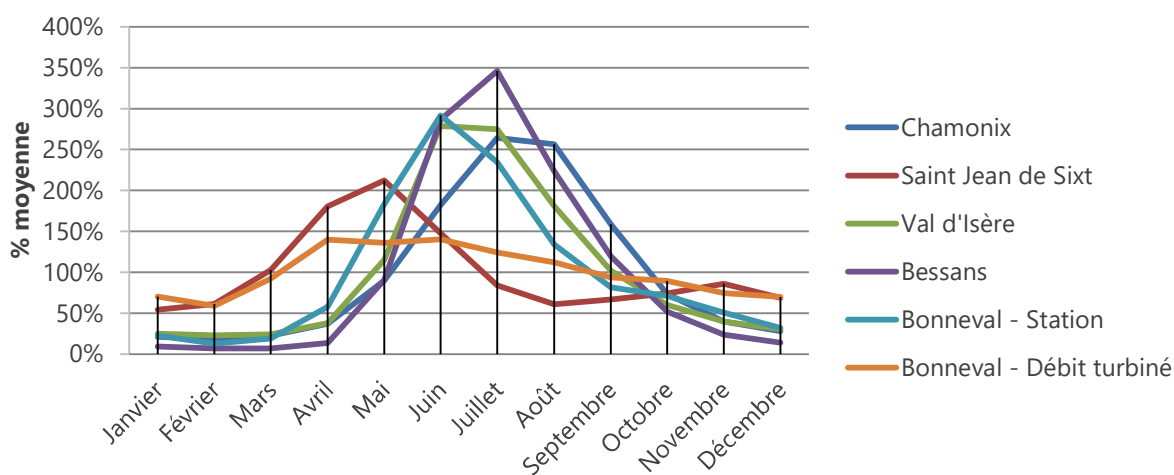
Huit stations ont été identifiées.

Afin de sélectionner les stations susceptibles d'être représentatives du régime des débits du Versoyen, la distribution des débits moyens mensuels de chaque station est comparée à la distribution des débits moyens mensuels turbinés.

Les débits moyens mensuels turbinés sont estimés en considérant la production mensuelle facturée, divisée par le nombre d'heures du mois, divisée par une chute nette moyenne considérée de 74 m et un rendement moyen des équipements multiplié par la gravité de 8,1 m/s². Les productions mensuelles facturées, ainsi que le calcul des puissances moyennes mensuelles et les débits moyens mensuels, figurent au Tableau 3 joint. Le Tableau 4 joint reprend les débits moyens mensuels des différentes stations (source base Hydro), des débits turbinés et des débits de la station sur le Versoyen (données disponibles joint à ce document).

La station de Bonneval, avec un bassin versant de 27,7 km² et une altitude de 1500 m, est sans doute assez représentative du régime des débits au niveau des prises d'eau d'EDF.

Le Graphique 1 joint, repris ci-après, montre la distribution des débits mensuels en pourcentage du débit modulaire.



Graphique 1 - Débits moyens mensuels en % du débit moyen annuel

On note que :

- La courbe du débit moyen turbiné est plus plate – Cela tient du fait que le débit turbiné est plafonné au débit nominal de la centrale ;
- La courbe des débits moyens de Bessans et Chamonix présentent un pic en juillet alors que la courbe des débits moyens turbinés présente un pic sur la période d'avril à juin - La raison de ce décalage du pic dans l'année est liée à une altitude supérieure des bassins versants de ces stations et surtout l'orientation au Nord ou à l'Est des bassins versants - Ces deux stations ne sont pas considérées dans la suite de l'étude ;

- La courbe de la station de Val d'Isère est celle la plus proche de celle de la station de Bonneval – La station de Val d'Isère est retenue ;
- La courbe de la station de Saint Jean de Sixt est celle la plus proche de la courbe des débits mensuels turbinés – La station de Saint Jean de Sixt est retenue.

De cette comparaison, on conclut que la partie supérieure du bassin versant (altitude supérieure à 1750 m – bassin versant capté par les prises d'eau d'EDF) a un régime des débits sans doute assez similaire est à celui de Val d'Isère.

Le bassin versant du Versoyen au niveau du projet, et non affecté par les captages d'EDF, est principalement localisé entre 1750 et 1000 mètres d'altitude. Ce sous bassin versant, non affecté par les prises d'EDF, et dont le comportement est connu grâce aux débits moyens turbinés, semble avoir un régime des débits assez similaire à celui de la station de Saint Jean de Sixt.

En conclusion, les stations de Val d'Isère et de Saint Jean de Sixt sont retenues pour la suite de l'étude. La période considérée pour les données hydrométriques est la période 2008/2017. Cette période a été retenue compte tenu du fait que les données sont complètes sur cette période et qu'il s'agit d'une période récente prenant en compte les éventuelles modifications récentes du climat.

Voir : Tableau 2 « Stations hydrométriques disponibles »
 Tableau 3 « Historique de la production de Bonneval »
 Tableau 4 « Débits moyens mensuels – Stations considérées »
 Graphique 1 « Débits moyens mensuels – Stations considérées »

Débits moyens annuels

Les débits moyens annuels figurent au Tableau 5 joint.

Voir : Tableau 5 « Débits moyens annuels »

3.2. Les stations pluviométriques

Les données de précipitations sont plus faciles à mesurer que les débits et sont à priori de meilleure qualité. La comparaison entre les données de précipitations et les ruissellements permet de vérifier la qualité des données hydrométriques.

De plus, les données pluviométriques, connues sur des périodes plus longues que les données hydrométriques, permettent de compléter ces dernières. Elles permettent notamment de vérifier si la période retenue pour les données hydrométriques correspond à une pluviométrie moyenne ou s'il y a lieu d'introduire un coefficient historique au niveau des données hydrométriques.

Les stations pluviométriques de Chamonix et Bourg-Saint-Maurice sont considérées. Ces données figurent aux Tableaux 6 et 7 joints. Les histogrammes des précipitations, figurant aux Graphiques 6 et 7 joints, ne montrent pas de décroissance sur le long terme.

La Figure 2 jointe représente les précipitations moyennes dans la région Rhône Alpes. Les précipitations moyennes annuelles sont estimées à 2000 mm/an sur la partie supérieure du bassin versant (partie affectée par les captages EDF) et 1600 mm/an sur la partie inférieure du bassin versant (partie comprise majoritairement entre les altitudes de 1750 m et 1000 m et non affectée par les prises d'eau EDF).

La station pluviométrique de Bourg-Saint-Maurice est retenue, celle-ci étant la plus proche du projet.

La période considérée pour les données hydrométriques est la période 2008 à 2017. La pluviométrie est moyenne sur cette période (voir Tableau 9 : moyenne de ~950 mm/an sur cette période contre 970 mm/an sur le long terme). Il n'y a pas lieu d'introduire de coefficient historique dans le traitement des données hydrométriques.

Voir :	Tableau 6 « Précipitations mensuelles Bourg-Saint-Maurice »
	Tableau 7 « Corrélation ruissellement s/ précipitations »
	Tableau 8 et Graphiques 7 à 10 « Corrélation ruissellements / précipitations »

4. Les ruissellements et débits moyens pour les bassins versants étudiés

Les données utilisées pour déterminer le ruissellement moyen sur le bassin versant du projet sont :

- les données de la station de Bonneval sur la période 1951/52 à 1955/56 (voir Document joint) ;
- les précipitations moyennes sur le bassin versant estimées à partir de la Figure 2 jointe ;
- les données moyennes des différents bassins versants des stations hydrométriques étudiées.

4.1. La station de Bonneval

Sur la période 1951/52 à 1955/56, les débits moyens mesurés sont de 60 l/s/km². Les données disponibles figurent sur le document joint.

Sur la période considérée, les précipitations moyennes à Bourg-Saint-Maurice étaient de 1 054 mm/an contre 970 mm/an sur le long terme. En utilisant un coefficient historique égal au ratio des précipitations, le ruissellement moyen sur le long terme est de ~56 l/s/km², soit ~1 800 mm/an. Les précipitations annuelles estimées sont de 2 000 mm/an, ce qui donne une évapotranspiration de 200 mm/an. Cette valeur est conforme aux attentes compte tenu de l'altitude du bassin versant.

Le Tableau 10 joint détaille le calcul du ruissellement moyen.

4.2. La station de Val d'Isère

Sur la période 2008-2017 correspondant à une hydrologie moyenne, le débit moyen est de 37 l/s/km², soit 1174 mm/an. Cette valeur est à comparer aux précipitations moyennes estimées de 1350 mm/an. L'évapotranspiration moyenne est estimée à 200 mm/an pour le bassin versant considéré. Cette valeur est conforme aux attentes.

Le Tableau 10 joint détaille le calcul du ruissellement moyen.

4.3. La station de Saint Jean de Sixt

Sur la période 2008-2017 correspondant à une hydrologie moyenne, le débit moyen est de 25 l/s/km², soit 792 mm/an. Cette valeur est à comparer aux précipitations moyennes estimées de 1500 mm/an. L'évapotranspiration moyenne est estimée à 700 mm/an pour le bassin versant considéré. Cette valeur est conforme aux attentes compte tenu de l'altitude du bassin versant (principalement entre 1 500 et 900 m d'altitude).

Le Tableau 10 joint détaille le calcul du ruissellement moyen.

4.4. Le bassin versant des prises d'eau EDF

Il est estimé dans cette étude que ces bassins versants ont des caractéristiques proches de celui de la station de Bonneval. Le débit moyen considéré est de 57 l/s/km². Cette valeur conduit à un débit moyen de 1,80 m³/s à la prise d'eau EDF de Séloge, soit une valeur très proche du module retenu de 1,90 m³/s dans l'arrêté préfectoral du 23 décembre 2011 fixant le débit réservé au niveau de cette prise.

Le Tableau 10 joint détaille le calcul du ruissellement moyen. Le module estimé est de 4,25 m³/s pour le sous bassin versant affecté par les prises d'EDF.

4.5. Le bassin versant du projet en aval des prises d'eau EDF et en amont du seuil de Bonneval

Ce bassin versant a une altitude comprise entre 1750 m et 1000 m.

Le débit considéré, compte tenu de l'altitude, est de 36 l/s/km², soit un ruissellement moyen de ~1140 mm/an. En considérant des précipitations moyennes de 1600 mm/an, l'évapotranspiration qui en découle est de ~400 mm/an. Cette valeur est conforme aux attentes compte tenu de l'altitude du bassin versant, comprise entre 1750 m et 1000 m.

Le module de ce bassin versant est de 1,23 m³/s.

4.6. Le bassin versant du projet en aval du seuil de Bonneval et en amont du seuil ARPIN

Ce bassin versant a une altitude principalement comprise entre 1500 m et 850 m.

Le débit considéré, compte tenu de l'altitude, est de 22 l/s/km², soit un ruissellement moyen de ~700 mm/an. En considérant des précipitations moyennes de 1200 mm/an, l'évapotranspiration qui en découle est de ~500 mm/an. Cette valeur est conforme aux attentes compte tenu de l'altitude du bassin versant, comprise entre 1500 m et 850 m.

Le module de ce bassin versant est de 0,13 m³/s.

4.7. Le bassin versant total

Le bassin versant de Bonneval/Bochères est égal à la somme des bassins versants des prises d'eau EDF et du bassin versant en aval des prises d'eau EDF, soit 5,48 m³/s. Ce débit comprend les débits prélevés par EDF.

Le bassin versant d'ARPIN est égal à la somme des bassins versants des prises d'eau EDF et du bassin versant en aval des prises d'eau EDF, et du bassin versant en aval du seuil de Bonneval soit 5,61 m³/s. Ce débit comprend les débits prélevés par EDF.

5. La reconstitution des débits au niveau des projets

5.1. La méthode choisie

Le bassin versant du projet est décomposé en 3 sous bassins versants, le bassin versant affecté par les prises EDF, le bassin versant en aval des prises EDF et en amont de Bonneval et le bassin versant entre Bonneval et ARPIN.

Pour chacun de ces sous bassins versants, le débit modulable a été déterminé au paragraphe 3.4. Une série des débits journaliers est simulée pour chacun des sous bassins versants. Les débits prélevés par EDF sont estimés (voir paragraphe 3.5.2) et retranchés des débits du sous bassin versant en amont des prises d'eau d'EDF. Le débit parvenant au niveau du projet est alors calculé en ajoutant le débit du sous bassin versant en aval des prises d'eau d'EDF et le débit non prélevé par EDF du sous bassin versant en amont des prises d'eau d'EDF.

Une combinaison des données journalières des stations de Saint Jean de Sixt et Val d'Isère permet d'obtenir une série représentative des débits journaliers (Val d'Isère pour les parties du bassin versant en altitude et exposées à l'Est ou Nord, Saint Jean de Sixt pour les parties du bassin versant plus basse en altitude et/ou exposées au Sud ou à l'Ouest).

La combinaison des coefficients de pondération de ces deux stations sont considérés, pour chaque sous bassin.

5.2. Le sous bassin versant des prises EDF : débits prélevés par EDF

Les débits au niveau des prises d'eau d'EDF sont déterminés à partir de la formule suivante :

$$\begin{aligned} \text{Débit} = & \\ & \text{Module sous bassin} \\ & \times (\text{Coefficient Val d'Isère/Module Val d'Isère} \times \text{débit Val d'Isère} \\ & + \text{Coefficient Le Borne/Module Le Borne} \times \text{débit Le Borne}) \end{aligned}$$

avec coefficient Val d'Isère : 51% et coefficient le Borne : 49%.

Ces coefficients ont été déterminés de manière empirique de manière à optimiser la corrélation entre la productible réel de la centrale et le productible simulé à partir de la série reconstituée des débits.

Les Tableaux 11 et 12 joints correspondent aux débits journaliers des stations de Saint Jean de Sixt sur le Borne et Val d'Isère sur l'Isère.

Il a été estimé que les prises d'eau d'EDF laissent un débit réservé de $\sim 1/20^{\text{ème}}$ du module (voir Tableau 6), que le débit maximum prélevé est de $10 \text{ m}^3/\text{s}$ et que le pourcentage de prélèvement (taux de disponibilité des prises d'eau) est de 98%.

Ce taux de 98% prend en compte le fait que compte tenu du colmatage de certaines prises d'eau, des opérations de maintenance sur les prises et/ou de l'indisponibilité des captages d'EDF. L'efficacité des captages d'EDF est ainsi de 98%.

Le détail des débits réservés par prise d'eau figure au Tableau 9 joint.

Le débit prélevé par EDF est donné par la formule suivante :

$$\text{Débit prélevé} = \text{Minimum} [(\text{Débit arrivant} - \text{Débit réservé}) \& 10,0 \text{ m}^3/\text{s}] \times 98\%$$

Les Tableaux 13 joints correspondent à la simulation des débits journaliers prélevés par EDF.

Le débit moyen des prélèvements EDF est de 3,75 m³/s.

Voir : Tableau 9 « Débits prélevés et réservés - Prise d'eau EDF »
 Tableaux 11 « Débits journaliers station de Saint Jean de Sixt »
 Tableaux 12 « Débits journaliers station de Val d'Isère »
 Tableaux 13 « Débits journaliers prélevés par EDF »

5.3. Les débits au niveau du seuil de Bonneval

Les débits au niveau du bassin versant en aval des prises EDF sont déterminés à partir de la formule suivante :

$$\text{Débit} = \text{Module} \times (\text{Coefficient Val d'Isère/Module Val d'Isère} + \text{Coefficient Le Borne/Module Le Borne})$$

Avec coefficient Val d'Isère : 42% et coefficient le Borne : 58%.

Ces coefficients ont été déterminés de manière empirique de manière à optimiser la corrélation entre la productible réel de la centrale et le productible simulé à partir de la série reconstituée des débits.

Pour estimer le débit au niveau du projet, la formule suivante est utilisée :

$$\begin{aligned} \text{Débit projet} = & \\ & \text{Débit arrivant au niveau des prises EDF} \\ & - \text{Débit prélevé par EDF} \\ & + \text{Débit bassin versant en aval des prises d'EDF} \end{aligned}$$

Les Tableaux 14 joints correspondent aux débits journaliers reconstitués.

Le débit moyen au niveau de Bonneval, en réintégrant les débits prélevés par EDF, est de 5,48 m³/s.
 Le débit moyen après les prélèvements d'EDF est de 1,73 m³/s.

Voir : Tableaux 14 « Débits journaliers – Prise d'eau Bonneval »

5.4. Les débits entre Bonneval et ARPIN

Les débits au niveau du bassin versant en aval de Bonneval sont déterminés à partir de la formule suivante :

$$\text{Débits journaliers} = \text{Module bassin versant} \times \text{Module Le Borne} \times \text{Débits journaliers Le Borne}$$

Le module du bassin versant est de 0,13 m³/s (Voir Tableau 10 joint).

Les Tableaux 15 joints correspondent aux débits journaliers reconstitués.

Voir : Tableaux 15 « Débits journaliers – Aval Bonneval et amont ARPIN »

5.5. Les débits au niveau du seuil ARPIN

Les débits au niveau du seuil ARPIN sont le total des débits au niveau de Bonneval (Tableaux 14) et entre Bonneval et ARPIN (Tableaux 15).

Les Tableaux 16 joints correspondent aux débits journaliers reconstitués.

Le débit moyen au niveau de Bonneval, en réintégrant les débits prélevés par EDF, est de 5,61 m³/s. Le débit moyen après les prélèvements d'EDF est de 1,85 m³/s.

Voir Tableaux 16 « Débits journaliers –ARPIN »

5.6. Les débits dans le TCC ARPIN – Situation actuelle

Le débit dans le tronçon court-circuité dépend des caractéristiques actuelles de la centrale ARPIN :

- Débit réservé : 0,60 m³/s
- Débit équipé : 0,50 m³/s
- Débit armement : 0,05 m³/s

Le calcul des débits journaliers dans le TCC avec la centrale ARPIN actuelle est fait aux Tableaux 17 joints.

Le débit moyen au niveau de la prise ARPIN est de 1,85 m³/s. Le débit moyen dérivé par ARPIN est de 0,37 m³/s, ce qui laisse un débit de 1,49 m³/s dans le TCC ARPIN.

Voir : Tableaux 17 « Débits journaliers –TCC ARPIN actuel »

5.7. Les débits dans le TCC ARPIN – Projet Bochères prolongé

Le débit turbiné par la centrale des Bochères dépend des caractéristiques de la centrale:

- Débit réservé : 0,548 m³/s
- Débit équipé : 2,18 m³/s
- Débit armement : 0,218 m³/s

Il est envisagé de fusionner les centrales d'ARPIN et des Bochères. La turbine des Bochères serait alors en lieu et place des turbines ARPIN.

Le débit dans le TTC ARPIN serait alors égal à :

Débit TCC ARPIN =

Débit arrivant à Bonneval

- Débit turbiné Bochères

+ Débit du bassin versant en amont d'ARPIN et en aval de Bonneval

Le calcul des débits journaliers dans le TCC avec un projet Bochères prolongé est fait aux Tableaux 18 joints.

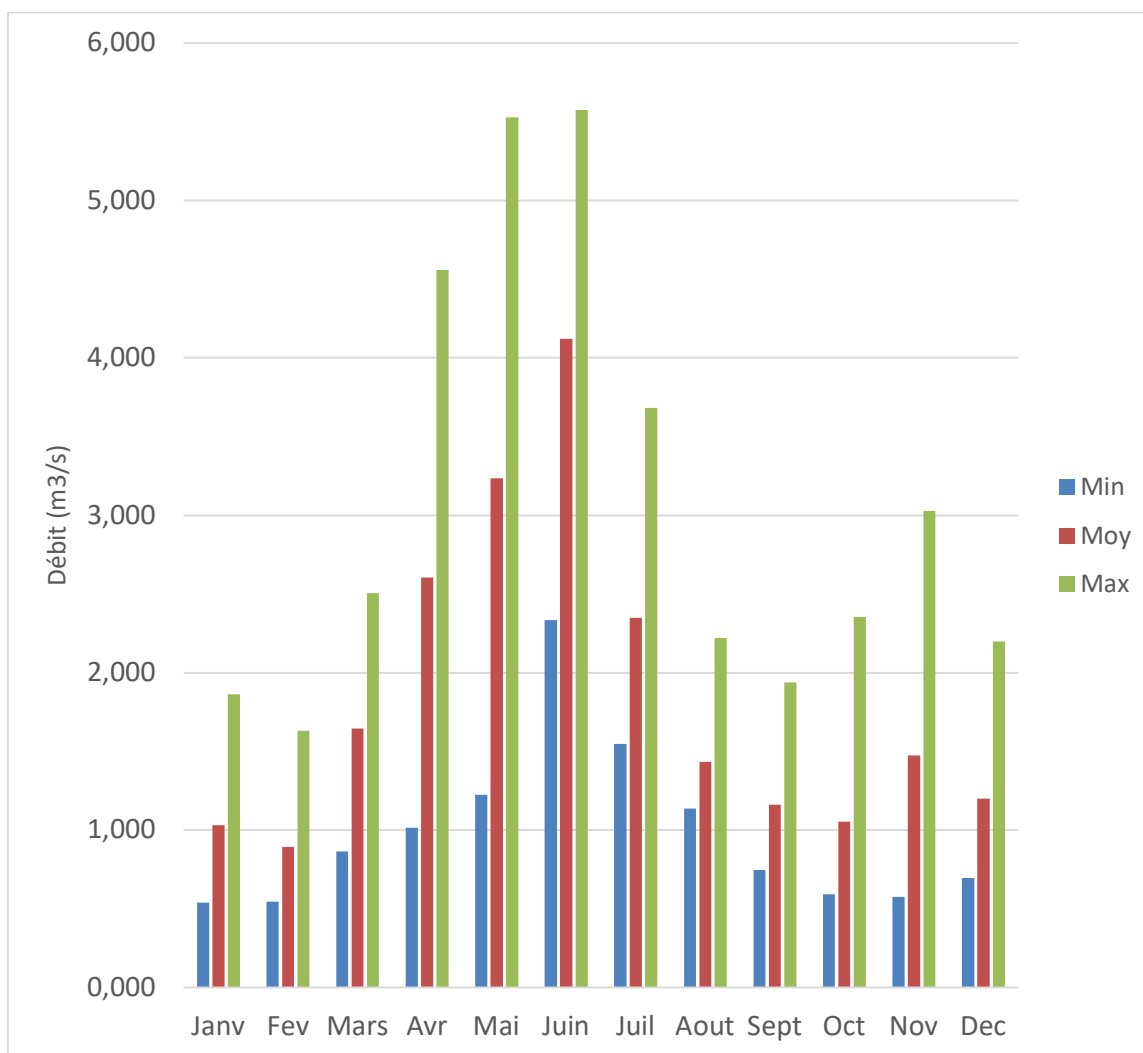
Le débit moyen sans débit turbiné est de 1,85 m³/s. Le débit moyen dérivé par le projet des Bochères prolongé est de 0,84 m³/s, ce qui laisse un débit de 1,01 m³/s dans le TCC ARPIN.

Voir : Tableaux 18 « Débits journaliers –TCC ARPIN – Bochères prolongé »

5.8. Les débit moyens mensuels

Les débits moyens mensuels sont calculés, pour les différents bassins versants et scénarios, à partir des débits journaliers figurant aux Tableaux 11 à 18 joints.

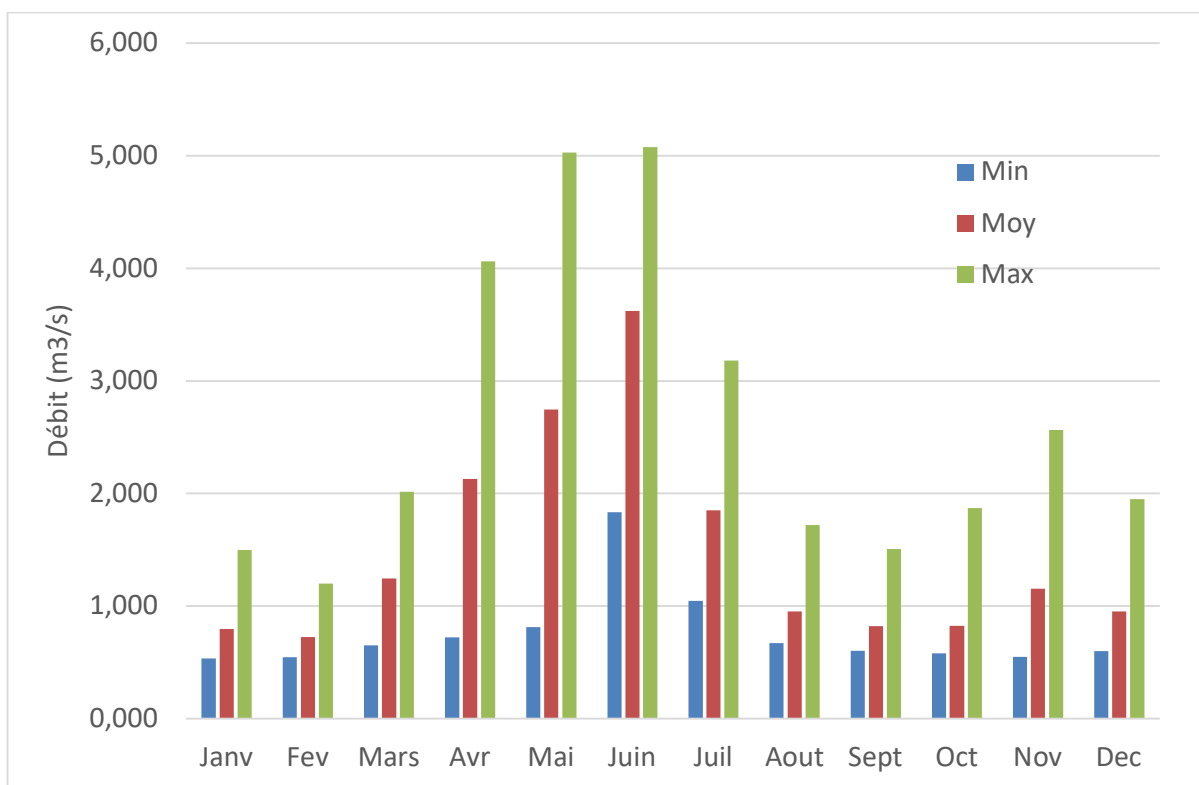
Les débits mensuels calculés figurent aux Tableaux 19 joints. Les graphiques à suivre reprennent la distribution des débits moyens mensuels



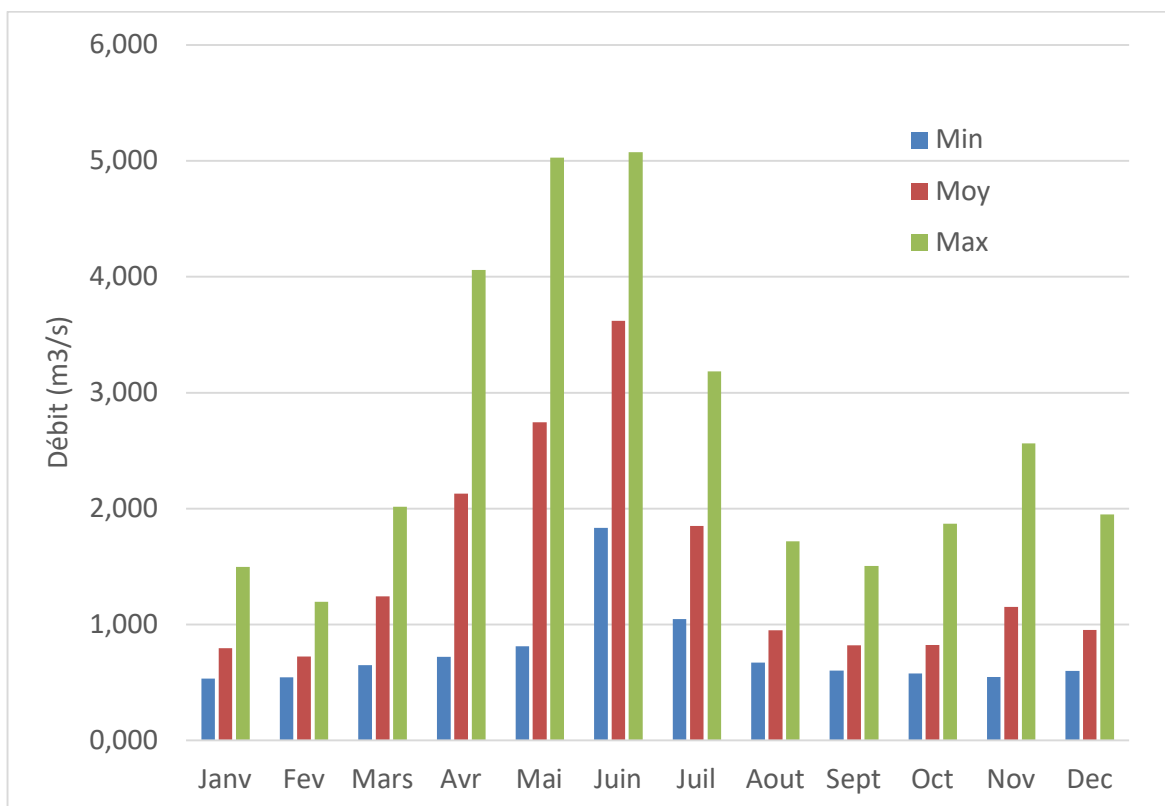
Graphique - Débit arrivant à la prise d'eau ARPIN (Débit prélevés par EDF déduits)(Tableaux 16)

5.9. Les débit moyens mensuels – Situations actuelle et future

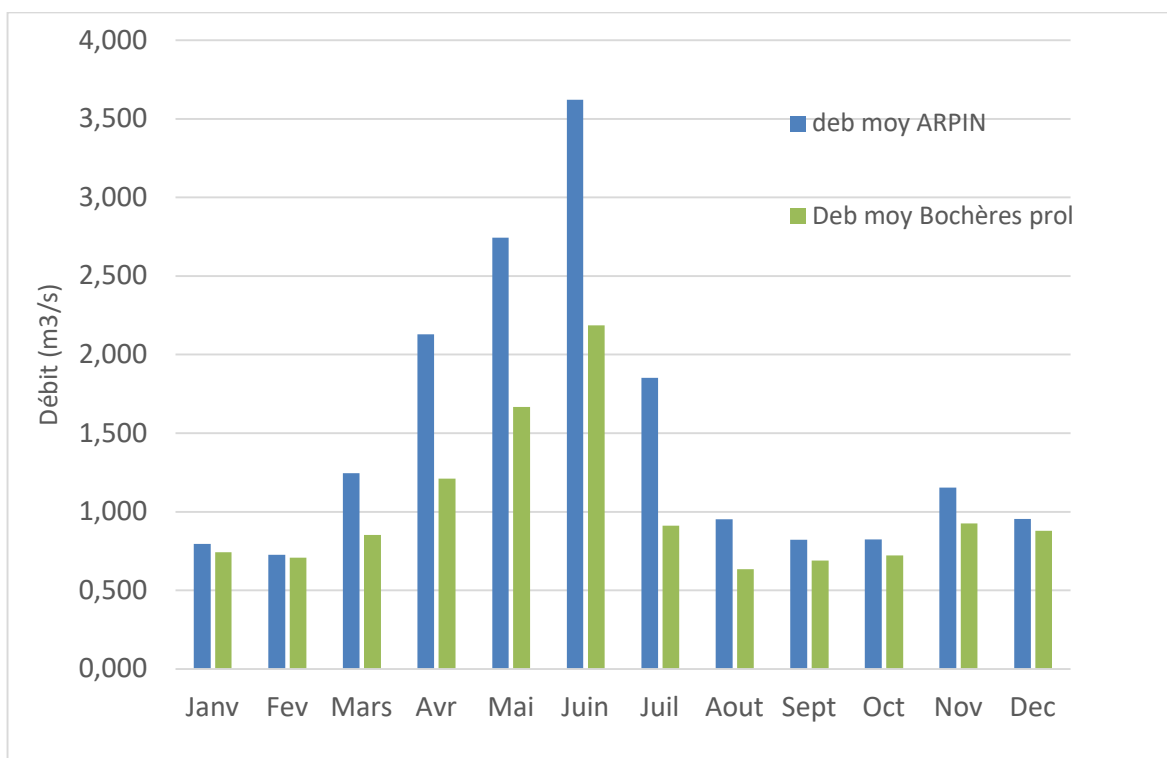
Les graphiques à suivre correspondant à la distribution des débits moyens mensuels au niveau du TCC ARPIN dans la situation actuelle (Centrale de 0,5 m³/s) et en cas de fusion des projets ARPIN et Boières (Projet Boières prolongé -Centrale de 2,18 m³/s – Apports en aval du seuil de Bonneval non turbinés)



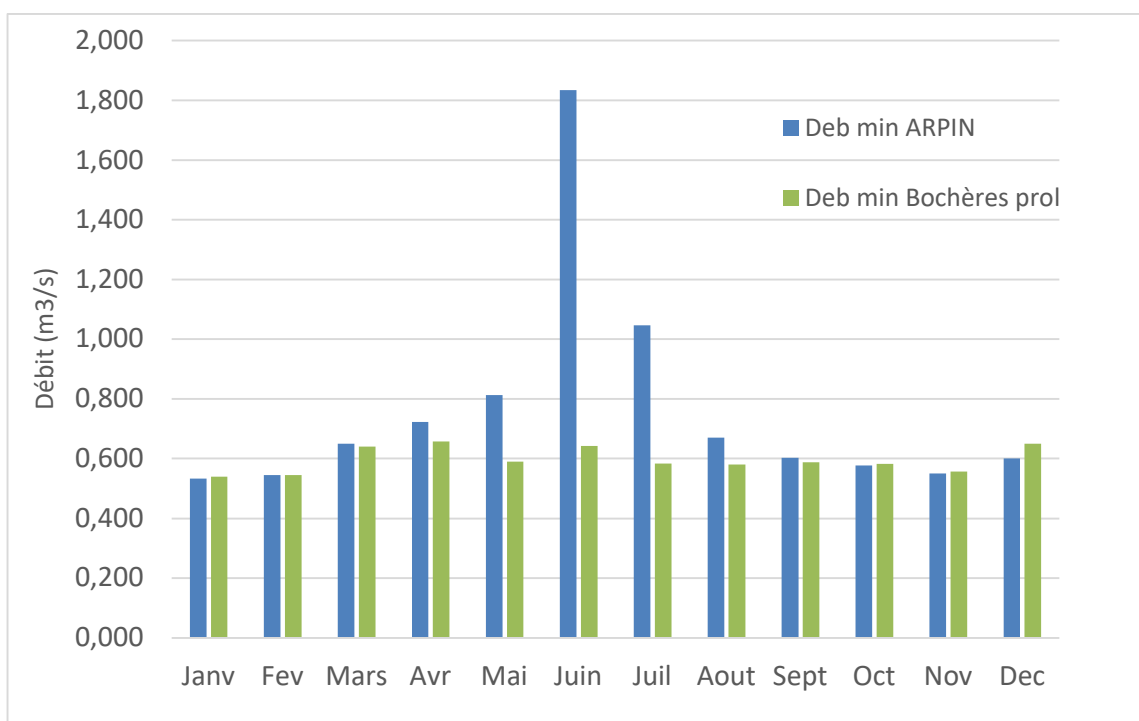
Graphique - Débit TCC ARPIN - Situation actuelle (Tableaux 17)



Graphique - Débit TCC ARPIN - Projet Boières prolongé (Tableaux 18)



Graphique - Débit TCC ARPIN - Débits moyens mensuels



Graphique - Débit TCC ARPIN - Débits minimum mensuels

On note que les débits minimums ne sont pas inférieurs en cas de mise du projet de Bochères prolongé. L'impact de la fusion des 2 projets au niveau du débit du TCC est faible de septembre à février.

6. Les débits d'étiage du TCC ARPIN

Le débit d'étiage souvent considéré est le débit d'étiage mensuel quinquennal : moyenne des débits journaliers du mois d'étiage (QMN5). Ce débit constitue le débit d'étiage de référence pour l'application de la police de l'eau.

Il se calcule, par définition, à partir d'un mois calendaire à la différence de VCN30 (débit minimal sur 30 jours consécutifs) qui peut être à cheval sur 2 mois (exemple du 9 septembre au 8 octobre).

Le QMN5 est la valeur du débit mensuel minimal ayant la probabilité 1/5 de ne pas être dépassée une année donnée.

Les Tableaux 20 joints correspondent au calcul des débits QMN, à partir des débits mensuels figurant aux Tableaux 19 joints.

Le QMN5 est la valeur de QMN avec une probabilité d'occurrence de 20%. De même, les valeurs de VCN30 et VCN3 pour une année quinquennale sèche (probabilité d'occurrence de 20%) sont déterminées.

Le débit d'étiage du TCC ARPIN est de 0,545 m³/s, que ce soit sans turbinage, avec la centrale ARPIN ou en cas de prolongement du projet des Bochères. Ces valeurs sont identiques compte tenu des débits réservés élevés.

Voir : Tableau 20 « Débits d'étiage TCC ARPIN »

7. Les débits classés

Les Tableaux 21 à 23 joints correspondent aux débits classés calculés à partir des données journalières des Tableaux 11 à 18 joints.

La courbe des débits classés est reprise à suivre :

Tableau 21 et graphique 12 - Débits classés - ARPIN actuel

% temps	Débit ARPIN actuel (m3/s)		
	Versoyen	Dérivé	TCC
0%	42,23	0,50	41,73
5%	4,48	0,50	3,98
10%	3,18	0,50	2,68
15%	2,78	0,50	2,28
20%	2,45	0,50	1,95
25%	2,21	0,50	1,71
30%	1,96	0,50	1,46
35%	1,74	0,50	1,24
40%	1,53	0,50	1,03
45%	1,38	0,50	0,88
50%	1,25	0,50	0,75
55%	1,14	0,50	0,65
60%	1,04	0,44	0,61
65%	0,95	0,35	0,60
70%	0,88	0,28	0,60
75%	0,81	0,21	0,60
80%	0,76	0,16	0,60
85%	0,71	0,11	0,60
90%	0,66	0,06	0,60
95%	0,60	0,00	0,60
100%	0,46	0,00	0,46
Moyenne	1,85	0,37	1,49

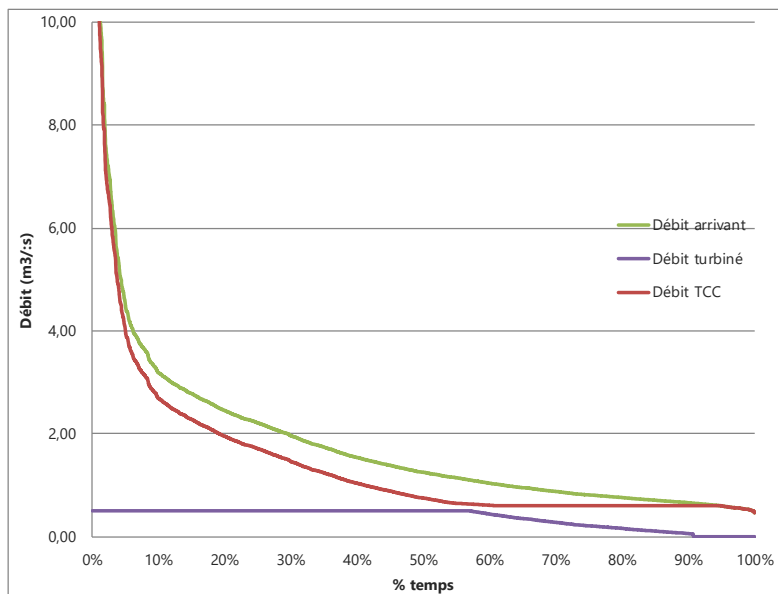


Tableau 22 et graphique 13 - Débits classés - Boières prolongé

% temps	Débit Boières prolongé (m3/s)		
	Versoyen	Dérivé	TCC
0%	42,23	2,18	0,67
5%	4,48	2,18	2,32
10%	3,18	2,18	1,01
15%	2,78	2,02	0,84
20%	2,45	1,71	0,80
25%	2,21	1,48	0,77
30%	1,96	1,27	0,75
35%	1,74	1,05	0,72
40%	1,53	0,88	0,70
45%	1,38	0,73	0,69
50%	1,25	0,62	0,67
55%	1,14	0,52	0,65
60%	1,04	0,42	0,64
65%	0,95	0,34	0,63
70%	0,88	0,27	0,62
75%	0,81	0,00	0,61
80%	0,76	0,00	0,60
85%	0,71	0,00	0,59
90%	0,66	0,00	0,58
95%	0,60	0,00	0,57
100%	0,46	0,00	0,46
Moyenne	1,85	0,84	1,01

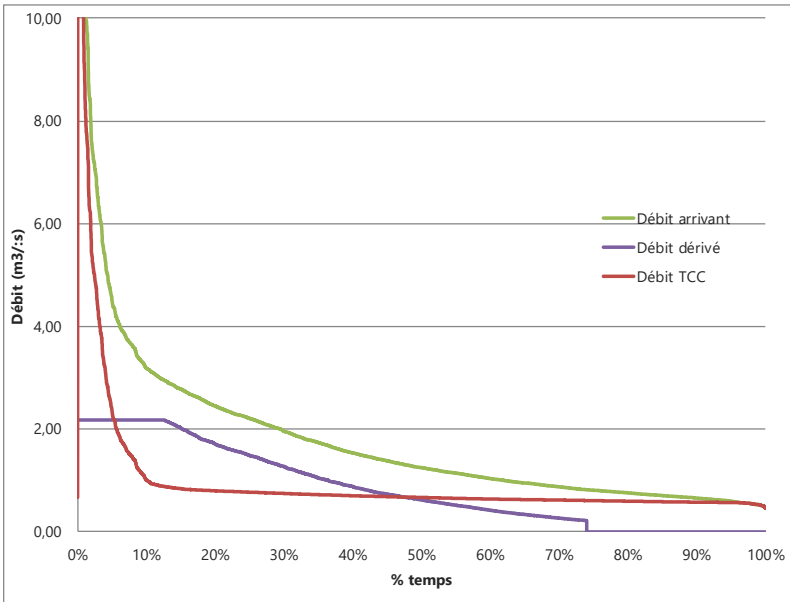
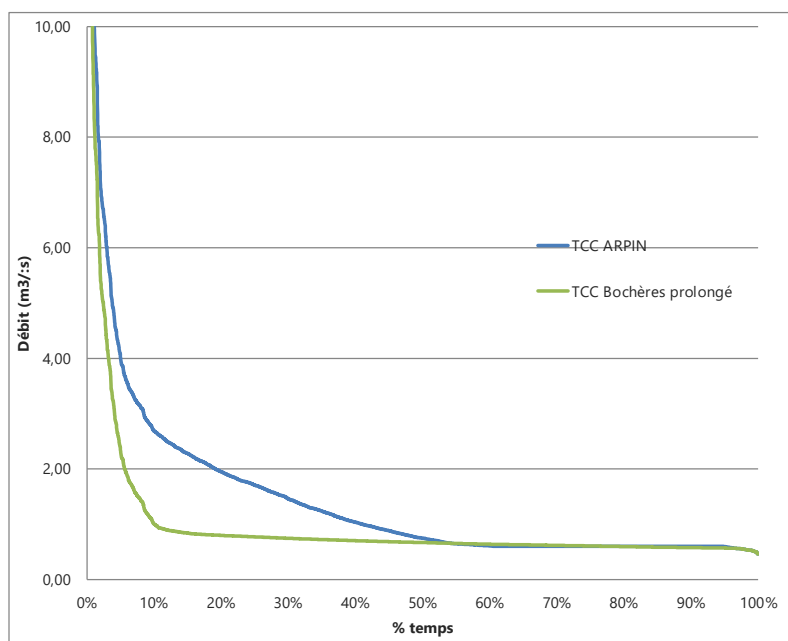


Tableau 23 et graphique 14 - Débits classés - TCC ARPIN

% temps	Débit TCC (m ³ /s)	
	ARPIN actuel	Bochères prolongé
0%	41,73	0,67
5%	3,98	2,32
10%	2,68	1,01
15%	2,28	0,84
20%	1,95	0,80
25%	1,71	0,77
30%	1,46	0,75
35%	1,24	0,72
40%	1,03	0,70
45%	0,88	0,69
50%	0,75	0,67
55%	0,65	0,65
60%	0,61	0,64
65%	0,60	0,63
70%	0,60	0,62
75%	0,60	0,61
80%	0,60	0,60
85%	0,60	0,59
90%	0,60	0,58
95%	0,60	0,57
100%	0,46	0,46
Moyenne	1,49	1,01



Le débit moyen dans le TCC ARPIN est de 1,49 m³/s dans la situation actuelle et de 1,01 m³/s en cas de fusion des 2 projets. On note que 46% du temps, la fusion des 2 projets est sans impact .

Voir : Tableaux 21 à 22 « Débits classés »

8. Les conclusions et principaux résultats

La centrale ARPIN est localisée sur le Versoyen immédiatement en aval du projet des Bochères

Le bassin versant du projet ARPIN a une superficie de 114 km². Sur ce bassin versant, 74 km² sont affectés par des prises d'eau d'EDF appartenant au système La Bâthie-Roselend.

Cette étude comporte une reconstitution des débits arrivant au niveau des prises d'eau d'EDF, du débit dérivé par les prises d'eau EDF et du débit du bassin versant en aval des prises d'eau EDF, à partir des données journalières des stations de Val d'Isère et de Saint Jean de Sixt, respectivement sur l'Isère et le Borne.

Les principaux résultats, pour le projet ARPIN, sont :

- débit moyen total du bassin versant : 5,61 m³/s ;
- débit moyen prélevé par les prises d'EDF : 3,75 m³/s ;
- débit moyen arrivant au niveau de la prise d'eau du projet : 1,85 m³/s ;
- débit d'étiage (QMNA5) : 0,545 m³/s.

La centrale ARPIN actuelle a un débit équipé de 0,5 m³/s. Le débit moyen dérivé est de 0,37 m³/s, ce qui laisse un débit de 1,49 m³/s dans le TCC ARPIN.

Le débit équipé de la centrale des Bochères est de 2,18 m³/s. Ce débit est sensiblement supérieur à celui de la centrale ARPIN.

En cas de fusion des projets ARPIN et Bochères, le débit moyen dérivé est de 0,84 m³/s, ce qui laisse un débit de 1,01 m³/s dans le TCC ARPIN.

La comparaison entre les débits actuels dans le TCC ARPIN et en cas de fusion des 2 projets montre que :

- L'impact de la fusion des 2 projets au niveau du débit du TCC est faible de septembre à février ;
- Le débit d'étiage du TCC ARPIN est de 0,545 m³/s, que ce soit sans turbinage, avec la centrale ARPIN ou en cas de prolongement du projet des Bochères ;
- On note que 46% du temps, la fusion des 2 projets est sans impact .

Tableaux, graphiques et annexe

Tableaux et graphiques :

Tableau 1 - Bassin versant projet

Figure 1.1 - Bassin versant projet

Figure 1.2 - Bassin versant en aval du seuil de Bonneval

Tableau 2 - Stations disponibles - Base Hydro

Tableaux 3 - Historique de la production de la centrale de Bonneval

Tableau 4 - Débits moyens mensuels stations sélectionnées

Graphique 1 - Débits moyens mensuels

Tableau 5 - Débit moyens annuels stations

Graphique 2 - Histogramme Chamonix

Graphique 3 - Histogramme Val d'Isère

Graphique 4 - Histogramme Le Borne

Tableau 6 - Précipitations annuelles et mensuelles - Station de Chamonix

Graphique 5 - Histogramme Chamonix

Tableau 7 - Précipitations annuelles et mensuelles - Station de Bourg St Maurice

Graphique 6 - Histogramme Bourg St Maurice

Tableau 8 - Précipitations annuelles et mensuelles - Station de Bourg St Maurice

Graphique 7 - Corrélation Précipitations Bourg St Maurice / Ruissellements Val d'Isère

Graphique 8 - Histogramme précipitations Bourg St Maurice / Ruissellements Val d'Isère

Graphique 9 - Corrélation Précipitations Bourg St Maurice / Ruissellements St Jean de Sixt

Graphique 10 - Histogramme précipitations Bourg St Maurice / Ruissellements St Jean de Sixt

Tableau 9 - Débits prélevés et réservés - Prise d'eau EDF

Tableaux 10 - Ruissellements et débits moyens - Stations étudiées et projet

Tableaux 11 - Débits journaliers station de Saint Jean de Sixt

Tableaux 12 - Débits journaliers station de Val d'Isère

Tableaux 13 - Débits journaliers prélevés par EDF

Tableaux 14 - Débits journaliers - Prise d'eau Bonneval/Bochères

Tableaux 15 - Débits journaliers - Apports en aval de la prise des Bochères et en amont du seuil Arpin

Tableaux 16 - Débits journaliers arrivant à la prise d'eau ARPIN

Tableaux 17 - Débits journaliers - TCC ARPIN actuel

Tableaux 18 - Débits journaliers - TCC Bochères prolongé

Tableaux 19 - Débits moyens mensuels

Graphiques 11 - Débits moyens mensuels

Tableaux 20 - Débits d'étiage TCC ARPIN

Tableau 21 et graphique 12 - Débits classés - ARPIN actuel

Tableau 22 et graphique 13 - Débits classés - Bochères prolongé

Tableau 23 et graphique 14 - Débits classés - TCC ARPIN

Annexe – Données de la station de Bonneval