

# ÉTUDES D'ESTIMATION DES VOLUMES PRÉLEVABLES GLOBAUX



## Sous bassin versant des 3 Rivières

Rapport de phase 3 – Version finale – Février 2014



RhôneAlpes Région



	<b>BRL ingénierie</b>  <b>1105 Av Pierre Mendès-France BP 94001</b> <b>30001 NIMES CEDEX 5</b>

<b>Date de création du document</b>	<b>Novembre 2012</b>
<b>Contact</b>	<b>Sébastien Chazot, sébastien.chazot@brl.fr</b>

<b>Titre du document</b>	<b>Etude de détermination des volumes maximums prélevables sur le bassin versant des Trois Rivières – Phase 3</b>
<b>Référence du document :</b>	<b>800229</b>
<b>Indice :</b>	<b>V4</b>

Date émission	Indice	Observation	Dressé par	Vérifié et Validé par
Novembre 2012	V1		Thomas Norotte	Sébastien Chazot
Avril 2013	V2		Sébastien Chazot	Sébastien Chazot
Aout 2013	V3		Marion Mahé	Sébastien Chazot
Décembre 2013	V4		Marion Mahé	Sébastien Chazot
Février 2014	V5		Marion Mahé	Sébastien Chazot

# ETUDE DE DETERMINATION DES VOLUMES MAXIMUMS PRELEVABLES SUR LE TERRITOIRE DU SYNDICAT DES TROIS RIVIERES

## Rapport de phase 3

### Impact des prélèvements et quantification des ressources existantes

<b>1. INTRODUCTION.....</b>	<b>3</b>
1.1 Les objectifs de la phase 3	3
1.2 Terminologie	3
1.3 Les hypothèses de calcul	4
1.3.1 Horizon temporel des calculs	4
1.3.2 Changement climatique	4
1.3.3 Cadre général pour la reconstitution des débits naturels	4
<b>2. ANALYSE DES DONNEES CLIMATIQUES .....</b>	<b>6</b>
2.1 Données utilisées et traitement des données	6
2.1.1 Stations disponibles pour caractériser la pluviométrie et l'évapotranspiration (ETP) du bassin versant	6
2.1.2 Compléments des séries de données pluviométriques	8
2.2 Reconstitution et analyse des pluies sur le bassin	9
2.3 Analyse de l'Evapotranspiration (ETP) sur le bassin	11
<b>3. ANALYSE DES DONNEES DEBITMETRIQUES .....</b>	<b>13</b>
3.1 Stations hydrométriques	13
3.2 Analyse des débits mesurés aux stations	14
3.3 Bilan des jaugeages réalisés sur le bassin versant	21
3.3.1 Jaugeages effectués lors de campagnes qualité	21
3.3.2 Campagnes de jaugeages effectuées par BRLi lors de l'étiage 2012	23
3.3.3 Analyse de l'impact hydrologique du barrage du Ternay	27
<b>4. DETERMINATION DES DEBITS NATURELS AU DROIT DES POINTS DE REFERENCE.....</b>	<b>31</b>
4.1 Positionnement des points de référence	31
4.2 Positionnement des points de calcul complémentaires	32
4.3 Estimation de la ressource superficielle : éléments de méthodologie et de contexte	35

4.3.1	Méthodes pour les points de référence coïncidant avec les stations hydrométriques	35
4.3.2	Méthodes pour les points de référence sans stations hydrométriques associées	38
4.3.3	Incertitudes	43
4.3.4	Faire avec l'incertitude ...	44
<b>4.4</b>	<b>Estimation de la ressource superficielle - étapes pour chacun des points de référence</b>	<b>45</b>
4.4.1	Point A2 : la Valencize à Chavanay	45
4.4.2	Points A1, A3, A4, A5, A6, A7 : affluents directs du Rhône non jaugés (sans station de mesure)	50
4.4.3	Point C3 : la Cance aval à Sarras	59
4.4.4	Point D2 : la Deume intermédiaire à St-Marcel-les-Annonay	63
4.4.5	Point D2bis : le Ternay à Savas	68
4.4.6	Point D1 bis : l'Argental à Bourg-Argental	73
4.4.7	Point D1 : la Deume amont à Bourg-Argental	78
4.4.8	Point D3 : la Deume aval à Annonay	83
4.4.9	Point C2 : la Cance intermédiaire à Annonay	87
4.4.10	Point C1 : la Cance amont à Villevocance	91
4.4.11	Point C1 bis : le Malbuisson à Villevocance	95
<b>4.5</b>	<b>Bilan des estimations sur la ressource sur le système Cance-Deume</b>	<b>98</b>
<b>5.</b>	<b>BILAN RESSOURCE NATURELLE /BESOINS AU NIVEAU DES POINTS DE REFERENCE .....</b>	<b>100</b>
5.1	Bilan sur la Deûme amont (D1)	104
5.2	Bilan sur l'Argental (D1 bis)	104
5.3	Bilan sur la Deûme intermédiaire (D2)	105
5.4	Bilan sur le Ternay (D2 bis)	105
5.5	Bilan sur la Deûme aval (D3)	106
5.6	Bilan sur la Cance amont (C1)	107
5.7	Bilan sur le Malbuisson (C1 bis)	107
5.8	Bilan sur la Cance intermédiaire (C2)	108
5.9	Bilan sur la Cance aval (C3)	108
5.10	Bilan sur la Valencize (A2)	109
<b>6.</b>	<b>INFLUENCE POSSIBLE DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LES DEBITS .....</b>	<b>110</b>

## TABLE DES ILLUSTRATIONS

### FIGURES :

Figure 1 : Balance des équilibres entre les ressources en eau et les quantités prélevées. ....	1
Figure 2 : Stations pluviométriques sur le bassin versant des Trois Rivières – source : BRLi .....	7
Figure 3 : Pluies mensuelles moyennes calculées par bassin-versant.....	10
Figure 4 : ETP moyenne, 5 ans haute et 10 ans haute sur le bassin des Trois Rivières .....	11
Figure 5 : Stations hydrométriques sur le bassin versant des Trois Rivières .....	14
Figure 6 : Carte des points de jaugeages réalisés au cours de l'été 2012 par PÖYRY pour l'étude qualité des eaux.....	22
Figure 7 : Progression des débits aux points de jaugeage au cours des trois campagnes menées par BRLi en 2012.....	24
Figure 8 : Campagne de jaugeage menées en Juillet, Août et Septembre 2012 par BRLi .....	25
Figure 9 : Précipitations décennales à la station d'Annonay (moyenne, quantile 5 sec et année 2012) et positionnement des 3 campagnes (C1, C2 et C3) de jaugeages réalisées par BRLi.....	26
Figure 10 : Expression graphique de la consigne de gestion saisonnière de la retenue visant à l'écrêtement des crues d'automne et d'hiver – Barrage du Ternay (axe des ordonnées : mNGF) .....	28
Figure 11 : Evolution interannuelle de la hauteur du barrage du Ternay de l'année 2011 (bleu). Source :SAUR (2011) .....	28
Figure 12 : Courbe hauteur volume du barrage du Ternay .....	29
Tableau 9 et Figure 13 : Variation interannuelle du stock du barrage du Ternay .....	30
Figure 14 : Variation interannuelle du stock du barrage du Ternay .....	30
Figure 15 : Positionnement des points de référence et des points de calcul complémentaires sur le bassin des Trois Rivières.....	34
Figure 16 : Schéma du fonctionnement du modèle GR2M .....	36
Figure 17 : Positionnement du point de référence A2 - la Valencize .....	46
Figure 18 : Calage du modèle GR2M à Chavanay sur la Valencize, sur la période 1999-2009.....	47
Figure 19 : Comparaison des hydrogrammes de débit naturel obtenus par les deux méthodes décrites sur le point de référence de Chavanay .....	49
Figure 20 : Positionnement des points de référence A1, A3, A4, A5, A6, A7 .....	50
Figure 21 : Débits journaliers du mois d'août mesurés sur la Valencize à Chavanay et comparaison avec les débits mensuels.....	52
Figure 22 : Résultats obtenus sur les affluents du Rhône (estimation par analogie avec les débits de la Valencize).....	53
Figure 23 : Comparaison des débits estimés par analogie avec le bassin de la Valencize avec les valeurs de jaugeages.....	55
Figure 24 : Positionnement du point de référence de la Cance à Sarras .....	59
Figure 25 : Calage du modèle GR2M pour la Cance aval à Sarras, sur la période 1999-2009.....	60
Figure 26 : Comparaison des débits naturels obtenus par les deux méthodes décrites sur le point de référence C3 - la Cance à Sarras.....	62
Figure 27 : Positionnement du point de référence D2 - la Deume intermédiaire à St-Marcel-les- Annonay.....	64
Figure 28 : Calage du modèle GR2M pour la Deume à St-Macel-les-Annonay, sur la période 1999-2009.....	65
Figure 29 : Comparaison des hydrogrammes de débit naturel obtenus par les deux méthodes décrites sur le point de référence D2 - la Deume à St-Julien-Molin-Molette.....	67
Figure 30 : Positionnement du point de référence D2bis - le Ternay à Savas.....	69
Figure 31 : Calage du modèle GR2M pour le Ternay à Savas, sur la période 1999-2009 .....	70
Figure 32 : Pluie moyenne à Annonay – Comparaison 1972-2010 et 1995-2010 .....	71
Figure 33 : Comparaison des débits naturels obtenus par les deux méthodes décrites sur le point de référence D2 bis - le Ternay à Savas .....	72

Figure 34 : Positionnement du point de référence D1bis - l'Argental à Bourg-Argental .....	74
Figure 35 : Calage du modèle GR2M pour l'Argental à Bourg-Argental, sur la période 1988-1995.....	75
Figure 36 : Comparaison des hydrogrammes de débit naturel obtenus par les deux méthodes décrites sur le point de calcul D1 bis - l'Argental à Bourg-Argental .....	77
Figure 37 : Positionnement du point de référence de la Deume amont à Bourg-Argental .....	79
Figure 38 : Comparaison des débits naturels obtenus par les méthodes décrites sur le point de référence D1 - la Deume amont à Bourg-Argental.....	81
Figure 39 : Pluie moyenne à Annonay – Comparaison 1972-2010 et 1978-1995.....	82
Figure 40 : Positionnement du point de référence D3 - la Deume aval à Annonay.....	83
Figure 41 : Comparaison des débits naturels obtenus par les méthodes décrites sur le point de référence D3 - la Deume aval à Annonay .....	86
Figure 42 : Positionnement du point de référence C2 - la Cance intermédiaire à Annonay.....	87
Figure 43 : Comparaison des débits naturels obtenus par les méthodes décrites sur le point de référence C2 - la Cance intermédiaire à Annonay .....	90
Figure 44 : Positionnement du point de référence C1 - la Cance amont à Villevoacance.....	91
Figure 45 : Comparaison des des débits naturels obtenus par les méthodes décrites sur le point de référence C1 - la Cance amont à Villevoacance.....	94
Figure 46 : Positionnement du point de référence du point C1bis – le Malbuisson à Villevoacance .....	95
Figure 47 : Comparaison des des débits naturels obtenus par les méthodes décrites sur le point de référence C1bis – le Malbuisson à Villevoacance.....	96
Figure 48 : Evolution de la température moyenne en France métropolitaine sur la période 1900-2011 (écart à la moyenne de la période 1961-1990) .....	110
Figure 49 : Evolutions relatives possibles (en %) du débit moyen annuel entre 1961-90 et 2046-65 : résultats moyens établis sur les 14 simulations (2 modèles hydrologiques x 7 MCG). La couleur des points est fonction de l'intensité du changement et la taille des points est liée à la convergence des 14 simulations .....	112
Figure 50 : Evolutions relatives possibles (en %) du débit mensuel minimal annuel de période de retour 5 ans (QMNA5) entre 1961-90 et 2046-65 : Résultats moyens établis sur les 14 simulations (2 modèles hydrologiques x 7 MCG). La couleur des points est fonction de l'intensité du changement et la taille des points est liée à la convergence des 14 simulations.....	113

## **TABLEAUX :**

Tableau 1 : Caractéristiques des stations climatiques (P et ETP) utilisées.....	7
Tableau 2 : Corrélations utilisées pour le comblement des séries de données.....	9
Tableau 3 : Pluviométrie mensuelle moyenne calculée par point de référence sur la période 1970-2010 (mm).....	10
Tableau 4 : Statistique sur l'ETP depuis 1972 sur le bassin des Trois Rivières .....	11
Tableau 5 : Caractéristiques des stations hydrométriques .....	13
Tableau 6 : Disponibilité des données des stations hydrométriques.....	13
Tableau 7 : Résultats des campagnes de jaugeage réalisées en 2012 .....	23
Tableau 8 : Courbe hauteur volume du barrage du Ternay .....	29
Tableau 9 et Figure 13 : Variation interannuelle du stock du barrage du Ternay.....	30
Tableau 10 : Points de référence et points de calcul complémentaires sur le bassin des Trois Rivières – source : BRLi.....	33
Tableau 11 : Bilan des jaugeages effectués sur les affluents directs du Rhône au cours de l'étude VMP et de l'étude qualité.....	54

# LISTE DES SIGLES ET ACRONYMES

ABA	Captage abandonné, sigle utilisé dans la BDD des captages de l'ARS
ABX	Captage abandonné ayant servi à de l'alimentation en eau potable, sigle utilisé dans la BDD des captage de l'ARS
AEP	Alimentation en Eau Potable
AERMC	Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse
ANC	Assainissement Non Collectif
ASA	Association Syndicale Autorisée
BDD	Base de Données
BRGM	Bureau de Recherches Géologiques et Minières
BV	Bassin Versant
CA	Chambre d'Agriculture
CEMAGREF	Centre National Machinisme Agricole, du Génie Rural, des Eaux et Forêts
CG07	Conseil Général de l'Ardèche
CG42	Conseil Général de la Loire
CNRS	Centre National de la Recherche Scientifique
DCE	Directive Cadre sur l'Eau
DCR	Débit de Crise Renforcé (ou simplement « Débit de crise »)
DDT	Direction Départementale des Territoires
DMB	Débit Minimum Biologique
DOE	Débit Objectif d'Etiage
DRAAF	Direction Régionale de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Forêt
DREAL	Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement
DUP	Déclaration d'Utilité Publique
EDF	Electricité De France
ETP	Evapotranspiration
EVHA	Evaluation de l'habitat
HT	Hors Taxe
ICPE	Installation Classée pour la Protection de l'Environnement
INSEE	Institut National de la Statistique et de Etudes Economiques
MAAPRAT	Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation, de la Pêche, de la Ruralité et de l'Aménagement du Territoire
mNGF	Hauteur (m) par rapport au Niveau Général de la France
ONEMA	Office Nationale de l'Eau et des Milieux Aquatiques
RC	Retenue collinaire
RGA	Recensement Général de l'Agriculture

RMC	Rhône Méditerranée Corse
RU	Réserve Utile du sol
SAU	Surface Agricole Utile
SCOP	Surface en Céréale et Oléo Protéagineux
SIE	Syndicat Intercommunal des Eaux
SIG	Système d'Information Géographique
STEP	Station d'épuration
STH	Surface Toujours en Herbe
S3R	Syndicat des Trois Rivières
VMP	Volumes Maximums Prélevables



# PREAMBULE

## CONTEXTE

Le bassin versant des Trois Rivières est soumis à des étiages sévères. La présente étude doit préciser dans quelle mesure les prélèvements déjà existants sur ce bassin sont compatibles ou non avec cette ressource limitée.

Le rétablissement de l'équilibre entre offre et demande en eau est un objectif affiché par le plan national de gestion de la rareté de l'eau<sup>1</sup>. Cet objectif s'inscrit aussi pleinement dans celui, plus large, de la **mise en œuvre de la DCE**<sup>2</sup>. Cette dernière exige l'atteinte du bon état des ressources en eau à l'horizon 2015, et pour ce faire le rétablissement de l'équilibre offre/demande en eau.

Pour atteindre le bon état des eaux, il est en effet essentiel d'obtenir cet équilibre entre les ressources en eau (l'offre) et les quantités prélevées (la demande), illustré par la Figure 1 ci-contre.

L'adoption de nouveaux comportements est une priorité : ils sont fondés sur le partage de l'eau. C'est pour cela que des études sur les « volumes prélevables » ont été initiées par l'Agence de l'Eau RMC (application de la circulaire du 30 juin 2008), aux côtés des services de l'Etat, dans chaque territoire identifié en déficit quantitatif dans le SDAGE 2009-2015.

La date à laquelle le volume total autorisé sur un bassin ne devra plus dépasser ce « volume prélevable » ne pourra en aucun cas excéder le 31 décembre 2014.<sup>3</sup>

La notion de **volume prélevable** est au cœur de la démarche du rétablissement de l'équilibre offre / demande en eau. Défini de manière simplifiée, le volume prélevable sur un bassin donné est la différence entre la ressource disponible *a priori* (ressource naturelle et volumes de régulations éventuellement disponibles) et ce qu'il faut laisser dans le milieu pour garantir son bon état.<sup>4</sup>

→ La présente étude a ainsi pour premier objectif d'établir un **bilan entre la ressource en eau et les besoins de prélèvement en eau** (agriculture, eau potable, industrie et milieu naturel) afin de caractériser la pression exercée actuellement sur le milieu et de déterminer les volumes prélevables à l'avenir.

Figure 1 : Balance des équilibres entre les ressources en eau et les quantités prélevées.



Source : BRLi.

<sup>1</sup> Voir CGAAER & IGE (2007).

<sup>2</sup> Directive Cadre sur l'Eau : Directive du Parlement européen et du Conseil du 23 octobre 2000 établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau. Voir par exemple la synthèse suivante : [http://europa.eu/legislation\\_summaries/agriculture/environment/128002b\\_fr.htm](http://europa.eu/legislation_summaries/agriculture/environment/128002b_fr.htm).

<sup>3</sup> Voir MEEDDAT (2008).

<sup>4</sup> Extrait de MEEDDAT (2008) : « Le volume prélevable est le volume que le milieu est capable de fournir dans des conditions écologiques satisfaisantes... ».

Pour l'élaboration du Contrat de rivière (2004), le Syndicat des Trois Rivières avait fait réaliser cinq études sur diverses thématiques, en particulier la gestion des risques et la qualité de l'eau. La gestion quantitative de la ressource n'en faisait pas partie. Aujourd'hui, le Contrat de Rivière touche à sa fin ; il doit être renouvelé et prendre en compte de nouveaux territoires : les petits affluents du Rhône du nord de l'Ardèche et du sud de la Loire, nouvellement adhérents au Syndicat.

Les arrêtés départementaux de limitation des usages en situation de sécheresse se sont multipliés ces dernières années sur la Loire et sur l'Ardèche. Conscient des déséquilibres existants sur son territoire, le Syndicat des Trois Rivières a décidé de lancer une étude de détermination des volumes maximum prélevables, qui pourra constituer une base pour le futur contrat de rivière.

→ Dans la présente étude, le traitement des données collectées (y compris via l'utilisation de modèles pluie-ETP-débit) permettra de déterminer des volumes maximum prélevables par sous-bassin versant sur le territoire du syndicat, ainsi que des Débits Objectifs d'Etiage (DOE) associés. Ces volumes prélevables seront à la base de la concertation entre les usagers.

## PHASAGE

L'étude de détermination des volumes prélevables maximum sur le bassin versant des Trois Rivières se décompose en 6 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 des débits minimum biologiques ;
- ▶ Phase 5 : Détermination des volumes prélevables et des Débits Objectif d'Etiage ;
- ▶ Phase 6 : Proposition de répartition des volumes entre les usages et proposition de périmètre d'organisme unique.

Le présent rapport correspond à la phase 3 de l'étude.

### PHASE 3

La phase 3 de l'étude a pour objectif de quantifier la ressource en eau superficielle disponible sur les sous bassins, à un pas de temps suffisamment fin pour établir le calcul intégral des volumes prélevables qui aura lieu en phase 5.

Cette quantification implique d'analyser le fonctionnement hydrologique et hydraulique du bassin versant des Trois Rivières, pour en déterminer d'une part l'hydrologie influencée et d'autre part les débits désinfluencés aux exutoires des sous bassins. Les débits naturels ou non influencés sont les débits en l'absence d'influence anthropique (prélèvements, rejets, ouvrages de régulation).

Les calculs de ressource non influencée sont conduits au droit de chacun des sous bassins, au pas de temps mensuel. Pour mener à bien cette estimation de ressource superficielle et en évaluer la pertinence, une première étape vise à analyser les données d'entrée du bilan hydrologique, c'est-à-dire les données climatiques et hydrométriques, pour en dégager des tendances spatiales et statistiques sur les différents sous bassins ou cours d'eau, ainsi que d'estimer leur fiabilité. Nous présentons ensuite les méthodes adoptées pour les estimations sur chacun des secteurs, avant d'analyser les résultats.

# 1. INTRODUCTION

## 1.1 LES OBJECTIFS DE LA PHASE 3

Les objectifs de cette troisième phase sont :

- ▶ La détermination de la ressource non influencée, dite « naturalisée »,
- ▶ La comparaison des prélèvements avec cette ressource naturalisée.

Dans le présent document, nous nous proposons de caractériser la ressource non influencée grâce à des séries de débits naturels reconstituées au mieux sur la période 1972-2010. La reconstitution des débits naturels s'appuiera sur les données de prélèvements inventoriées en phases 1 et 2, et sur les mesures de débits disponibles aux stations hydrométriques présentes sur le territoire d'étude.

La période de disponibilité des mesures hydrométriques étant limitée dans le temps, nous aurons recours à des méthodes de modélisation ou de reconstitution pour étendre les séries de débits naturalisés. L'utilisation d'une période de 38 ans maximum sur les données hydrologiques permet de cerner statistiquement l'aléa hydrologique pour les temps de retours utilisés dans le cadre de l'étude.

L'exercice sera mené en chacun des 13 points de référence définis en fin de phase 2 (ayant fait l'objet d'une note technique) et des 3 points de calcul complémentaires (voir plus loin), dont le choix a fait l'objet d'une note technique transmise au maître d'ouvrage et aux partenaires techniques. C'est en ces points de référence que va se structurer la réflexion dans la suite de l'étude, au travers notamment de la détermination des volumes prélevables.

## 1.2 TERMINOLOGIE

Dans la suite du rapport, afin de distinguer les observations/mesures des calculs/modélisations, on parlera de :

- ▶ débit **observé** (au niveau d'une station de mesure) = débit mesuré par la station de mesure ;
- ▶ débit **reconstitué** (au niveau d'un point donné du cours d'eau) = débit non nécessairement observé mais résultant de calculs.

De plus, dans la suite du rapport, afin de distinguer les débits influencés des débits non-influencés par l'homme, on parlera de :

- ▶ débit **influencé** (au niveau d'un point donné du cours d'eau) = débit du cours d'eau en ce point ; il est dit « influencé » car il prend en compte les éventuels prélèvements/rejets/régulations humaines amont ; il est égal au débit observé si une station de mesure de qualité se trouve à ce point ;
- ▶ débit **naturel** (au niveau d'un point donné) = débit du cours d'eau en ce point, désinfluencé des prélèvements/régulations humaines amont.

Enfin, on parlera parfois de débit « **simulé** », uniquement pour désigner dans ce rapport les débits résultants de la modélisation GR2M.

## 1.3 LES HYPOTHESES DE CALCUL

Nous présentons ici certains points utiles à la compréhension générale des méthodes mises en œuvre dans ce document .

### 1.3.1 Horizon temporel des calculs

L'hypothèse formulée dans un premier temps est celle de l'invariance climatique : la variabilité observée dans le passé caractérise statistiquement l'aléa hydrologique à venir.

Cette hypothèse est admissible pour le travail sur le court terme et l'horizon pratique de l'étude qui constitue la réflexion sur l'équilibre besoins/ressources.

Nous savons en revanche aujourd'hui que cette hypothèse est fautive lorsque l'on s'intéresse à du plus long terme. En raison du changement climatique, les observations réalisées ces quarante dernières années ne peuvent pas être utilisées pour caractériser ce qui pourrait être observé dans quelques décennies en termes hydrologiques.

### 1.3.2 Changement climatique

Comme explicité ci-avant, pour les calculs de l'étude, nous ferons l'hypothèse d'une invariance climatique. Ce point est explicité au chapitre 6.

Ce chapitre 6 expose également des éléments d'ordre de grandeur sur les impacts possibles du changement climatique sur les débits.

### 1.3.3 Cadre général pour la reconstitution des débits naturels

L'équation de désinfluencement des débits est la suivante :

$$\blacktriangleright Q_{\text{naturel}} = Q_{\text{mesuré}} + \text{Impacts des Prélèvements et Rejets anthropiques}$$

Ce travail est réalisé au niveau des différents points de référence choisis, où seront également déterminés les débits devant garantir le bon état des milieux.

- ▶ **L'équation ci-dessus ne peut être employée que sur une période où les prélèvements sont connus.** Or les prélèvements ne sont pas nécessairement stationnaires (ils varient dans le temps) et une bonne connaissance des prélèvements au-delà des 10 dernières années est difficile. La modélisation pour la reconstitution des débits naturels permettra, à partir d'informations sur les prélèvements des dernières années et de données météorologiques sur toute la période d'étude, de reconstituer les débits naturels sur l'ensemble de la période d'étude (1972-2010).

La modélisation fait par ailleurs **l'hypothèse de l'invariance du fonctionnement hydrologique** : à l'échelle temporelle sur laquelle est estimée la ressource (1972-2010), les bassins versants sont supposés garder les mêmes propriétés générales et les mêmes fonctions de production de ruissellement (capacité à transformer de la pluie en écoulement).

**Nous savons que cette hypothèse est fautive.** Le couvert des bassins a évolué : les têtes de bassin étaient par exemple autrefois entretenues avec une activité agricole plus importante alors qu'aujourd'hui elles ont été gagnées par le couvert forestier. Le remplacement des terres agricoles par des zones urbaines s'est également accentuée.

Si cette hypothèse est fautive, il serait toutefois très compliqué, dans le cadre de l'étude, de tenir compte des changements de couverts du bassin. Cette question est à l'état de recherche dans la modélisation pluie-débit concernant l'estimation de la ressource et il n'apparaît pas possible d'intégrer ces questions de manière pratique dans les calculs.

Les **parties 2 et 3** qui suivent s'intéressent à l'analyse des variables climatiques puis hydrométriques du bassin des Trois Rivières.

Dans la **partie 4**, on procède au calcul du débit naturalisé en chaque point de référence à l'aide de différentes méthodes détaillées au cas par cas.

Enfin en **partie 5**, les résultats obtenus sur la ressource naturelle sont mis en perspective en les confrontant avec les pressions anthropiques quantitatives calculées en phases 1 et 2.

## 2. ANALYSE DES DONNEES CLIMATIQUES

Les deux types de données climatiques qui seront utilisées comme variables d'entrée dans le bilan hydrologique sont **la pluviométrie** et **l'évapotranspiration de référence**.

- ▶ **La pluviométrie** se répartit de manière hétérogène dans le temps et l'espace. Le suivi dans le temps est assuré par des pluviomètres dont la relève des mesures se fait automatiquement à un pas de temps régulier. En revanche la distribution spatiale de la pluie ne peut être donnée directement par cette méthode de mesure, les données de chaque pluviomètre n'étant valables qu'au point exact où il se situe.

Pour spatialiser cette pluie sur le territoire, il a été nécessaire de procéder à un calcul de **pluies de bassins**. Cette étape permet la transformation de données de pluie exprimées sous la forme de valeurs ponctuelles, à des données agrégées valables à l'échelle de l'ensemble du bassin versant ou des sous-bassins constitutifs. La méthode employée est détaillée dans la suite de ce rapport.

- ▶ **L'évapotranspiration de référence** est elle aussi une valeur ponctuelle. Les données utilisées dans cette étude correspondent à l'évaporation de référence calculée par MétéoFrance selon la formule de Penman-Monteith, d'après des paramètres climatiques de la station de Saint Etienne Boutheon, situés à proximité immédiate du bassin.

### 2.1 DONNEES UTILISEES ET TRAITEMENT DES DONNEES

#### 2.1.1 Stations disponibles pour caractériser la pluviométrie et l'évapotranspiration (ETP) du bassin versant

Au total **8 stations pluviométriques** ont été retenues, toutes appartenant au réseau de MétéoFrance.

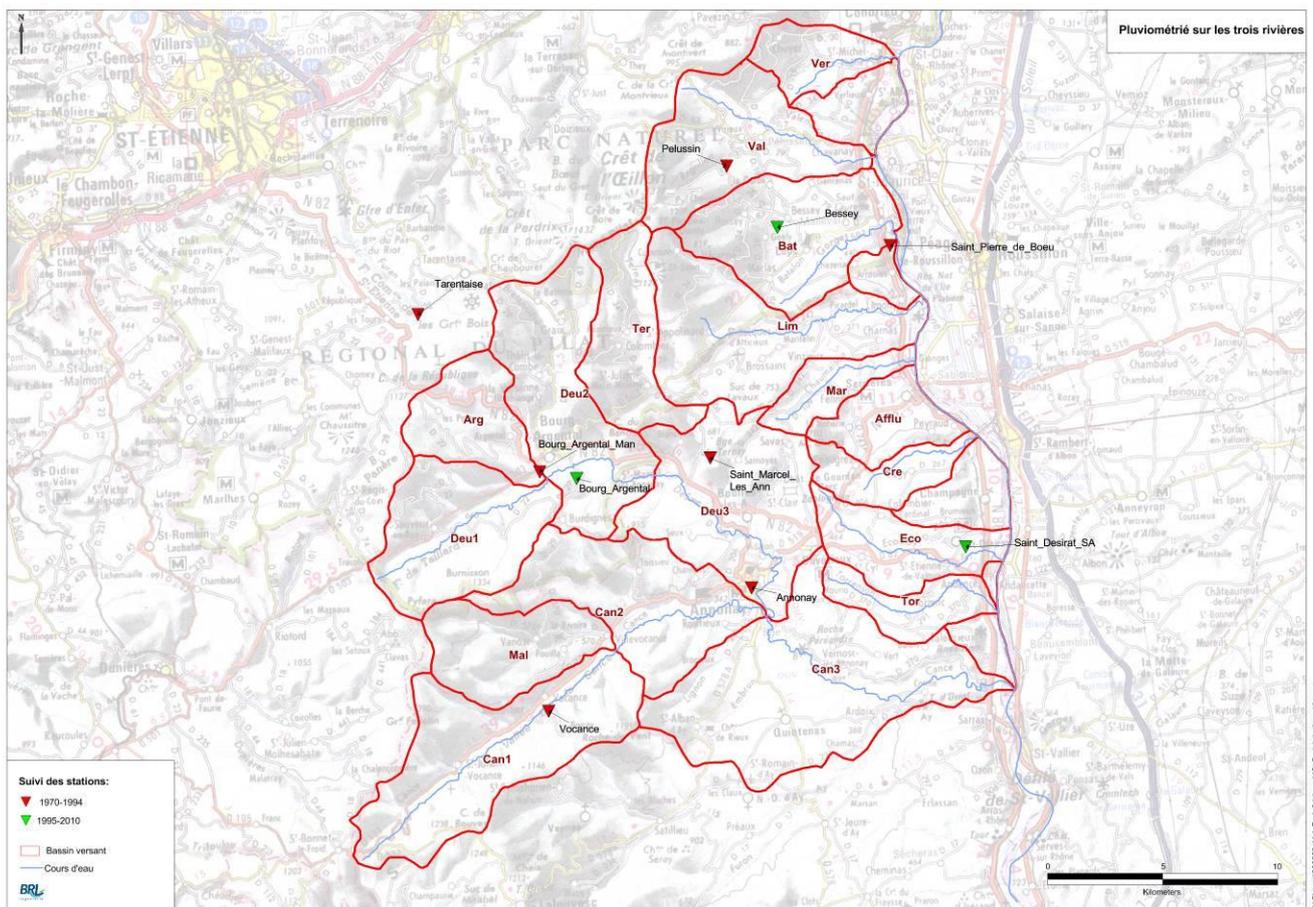
Ces stations ont été sélectionnées en raison de leur localisation et des périodes de mesures disponibles. Leurs principales caractéristiques et leur position sont exposées au Tableau 1 et à la Figure 2 ci-dessous.

**Une station mesurant l'évapotranspiration** se trouve à proximité du bassin versant, la station de Saint-Etienne-Boutheon. Ses caractéristiques figurent également au Tableau 1.

Tableau 1 : Caractéristiques des stations climatiques (P et ETP) utilisées

Données (pas de temps)	Commune	Référence	Source	Période de mesures disponibles		Coordonnées (hm)	
				Date de début	Date de fin	X	Y
Pluie (décadaire)	Pelussin	42168001	Météo France	Mai 1971	Nov 2011	7825	20491
Pluie (décadaire)	Saint-Pierre de Boeuf	42272001	Météo France	Janv 1970	Nov 2011	7890	20451
Pluie (décadaire)	Tarentaise	42306001	Météo France	Janv 1970	Nov 2011	7686	20426
Pluie (décadaire)	Bourg-Argental	42023003	Météo France	Janv 1970	Nov 2011	7741	20353
Pluie (décadaire)	St Marcel-Les-Annonay	07265001	Météo France	Janv 1970	Aout 2010	7812	20358
Pluie (décadaire)	Annonay	07010001	Météo France	Juill 1973	Nov 2011	7829	20301
Pluie (décadaire)	Vocance	07347001	Météo France	Jan 1970	Nov 2011	7742	20246
Pluie (décadaire)	St Desirat	07228001	Météo France	Juin 1994	Nov 2011	7923	20318
ETP (décadaire)	St Etienne-Bouthéon	42005001	Météo France	Mars 1971	Nov 2011	7528	20611

Figure 2 : Stations pluviométriques sur le bassin versant des Trois Rivières - source : BRLi



Au cours de cette phase, ces données brutes seront transformées pour calculer des pluies mensuelles. Le raisonnement sur la ressource et sur les volumes prélevables se fera en effet à cette échelle de temps (unité de mesure = 1 mois).

Au cours de cette phase, on souhaite reconstituer l'hydrologie naturelle sur la période s'étalant entre 1970 et 2010. Sur l'ensemble des stations pluviométriques présentes sur le territoire (18) seules huit d'entre elles couvrent cette période sur plus de 15 ans. Sur ces 8 stations, une station ne couvre cette période que partiellement (station de Saint Désirat). La prise en compte des 7 postes permet déjà de représenter la diversité de l'aléa pluviométrique sur l'ensemble du territoire d'étude de manière satisfaisante. L'ajout d'un poste pluviométrique supplémentaire (station de Saint Désirat) et de l'information des données qu'il contient, permet d'améliorer la représentativité de la pluie de bassin. Ainsi, afin de pouvoir tenir compte de cette station ayant été mise en fonctionnement au cours de la période 1970-2010 et ainsi pouvoir affiner nos résultats, nous avons divisé la période d'étude en deux sous périodes :

- ▶ Une première période : 1970 – 1994 ;
- ▶ Une deuxième période : 1995 – 2010.

### 2.1.2 Compléments des séries de données pluviométriques

Deux des sept postes (station de Pélussin et Saint-Marcel-les-Annonay) qui couvrent globalement la période totale (1970 - 2010) présentent des valeurs manquantes pour un nombre très réduit d'années. En chacun des postes précédemment cités, nous estimons sur la période d'enregistrement le taux de lacunes qui correspond au ratio de valeurs manquantes sur le nombre de données disponibles.

Pour tenter de combler ces lacunes dans les séries pluviométriques, nous avons cherché, lorsque cela était possible, à reconstituer ces séries à partir de données d'une autre station via une régression linéaire simple. En général, cette opération de reconstitution n'est menée que sur les postes présentant un taux de lacune inférieur à 15%. Dans notre cas, le taux de lacune était inférieur ou égal à 5% pour les deux postes concernés dont il fallait compléter la série de données.

Pour chacun des postes où l'on veut tenter de compléter les données pluviométriques, on établit un calcul de corrélation entre les données mensuelles du poste en question et celles d'une autre station pluviométrique où des données sont disponibles sur la période de recouvrement. Les différentes stations disponibles sur cette période sont alors testées. Pour chaque droite de régression établie, on ne retient finalement que celle présentant le meilleur coefficient de corrélation ( $R^2$ ) dans la mesure où celui-ci dépasse 0,80.

Il est à noter que pour un poste donné où sont présentes des lacunes, ce n'est pas systématiquement la station la plus proche géographiquement qui a été retenue.

Les lacunes peuvent alors être complétées à l'aide des relations obtenues qui lient les données de pluviométrie entre elles.

Le Tableau 2 suivant fait la synthèse des corrélations ayant été retenues pour compléter les séries de données incomplètes. Chaque ligne du tableau précise la station qui a été complétée, et lui associe un poste pluviométrique servant pour la reconstitution, ainsi que les coefficients de la droite de régression.

Tableau 2 : Corrélations utilisées pour le comblement des séries de données

Station	Période disponible		Période couverte		Taux de données manquantes	Corrélation			
			1970-1994	1994-2010		Station	a	b	R <sup>2</sup>
Pelussin	juin-71	déc-10	x	x	5%	Bourg-Argental	0,904	4,824	0,81
St_Marcel_Les_Annonay	janv-70	sept-10	x	x	3%	Annonay	0,977	0,595	0,92

A l'issue de cette étape, nous disposons donc de séries pluviométriques, complétées, utilisables pour le calcul d'une pluie de bassins.

## 2.2 RECONSTITUTION ET ANALYSE DES PLUIES SUR LE BASSIN

Les pluies de bassin ont été calculées par la **méthode des polygones de Thiessen** à partir des données des stations présentées au paragraphe précédent. Cette méthode d'interpolation spatiale permet de passer de données ponctuelles sur un nombre limité de station, à une donnée de précipitation continue dans l'espace à l'échelle de chacun des sous bassins versants étudiés.

A travers cette méthode, la lame d'eau  $P_D(t)$  affectant le domaine D pendant une période t est estimée par la moyenne pondérée des précipitations ponctuelles  $P_i(t)$  observées pendant une période de temps t aux n stations pluviométriques situées sur ou à proximité du domaine considéré. La pondération se base sur la discrétisation du domaine considéré par les polygones de Thiessen.

Le tracé de ces polygones pour les stations pluviométriques utilisées pour chacune des deux périodes est présenté en Annexe 1.

Les tableaux suivants présentent les valeurs statistiques de pluie mensuelle pour chacun des sous bassins du territoire utilisés en phase 2 pour le bilan des prélèvements.

Sur l'ensemble du bassin des Trois Rivières, la pluie de bassin calculée représente une lame d'eau annuelle moyenne de **853 mm**. Considérant la superficie du bassin, 629 km<sup>2</sup>, **cette lame d'eau précipitée représente un volume de 536 millions de m3 annuel**.

En termes de saisonnalité, la répartition mensuelle de la pluie calculée par bassin est illustrée dans le graphique ci-contre. Ces données laissent observer deux pics principaux centrés sur le mois de mai (89 mm en moyenne sur l'ensemble du bassin) et octobre (111 mm en moyenne sur l'ensemble du bassin).

Figure 3 : Pluies mensuelles moyennes calculées par bassin-versant

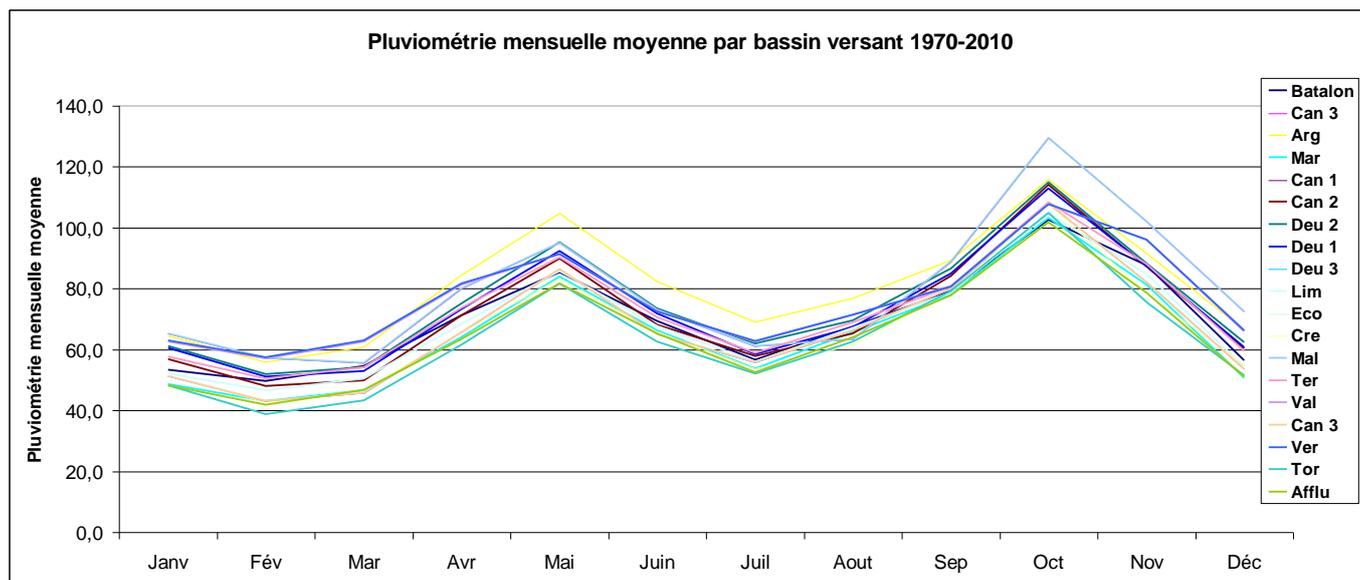


Tableau 3 : Pluviométrie mensuelle moyenne calculée par point de référence sur la période 1970-2010 (mm)

Points de référence	Pluie moyenne (mm)												Annuel (mm)	Surface BV	Volume (Mm3)
	Janv	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc			
A2 - Valencize	63	57	63	81	91	73	63	72	81	108	96	66	912	38	34.7
A3 - Batalon	53	50	55	71	85	69	57	68	79	103	88	56	834	38	31.7
A4 - Limony	52	47	50	68	86	68	56	67	79	105	85	54	817	49	40.0
A5 - Crémieux	52	47	50	68	86	68	56	67	79	105	85	54	817	13	10.6
A - Ecoutay	47	39	43	61	80	62	51	61	78	103	74	51	765	22	16.8
C3 - Cance aval	59	50	52	73	92	70	59	66	85	116	90	62	874	380	332.1
C2 - Cance intermédiaire	62	54	54	77	93	71	60	64	87	124	97	68	913	125	114.1
C1 - Cance amont	65	57	56	80	95	73	61	63	89	130	102	72	944	56	52.8
C1bis - Malbuisson	65	57	56	80	95	73	61	63	89	130	102	72	944	26	24.5
D1 - Deume amont	61	51	53	73	92	72	59	67	85	113	88	61	874	38	33.2
D2 - Deume intermédiaire	55	48	51	70	89	69	58	68	82	109	85	57	842	106	89.3
D3 - Deume aval	58	50	52	73	93	71	60	69	84	112	87	60	868	182	158.0
D2bis - Ternay	58	50	54	74	90	71	59	69	81	108	88	60	861	25	21.5
Ensemble du bassin	56	49	52	72	89	69	58	66	83	111	88	60	<b>853</b>	<b>629</b>	<b>536</b>

## 2.3 ANALYSE DE L'ÉVAPOTRANSPIRATION (ETP) SUR LE BASSIN

L'évapotranspiration est la somme de la transpiration du couvert végétal (sous forme de vapeur d'eau, à travers les stomates des plantes) et de l'évaporation du sol. On désigne comme évapotranspiration réelle (ETR) la valeur effective de ce flux.

Lorsque la disponibilité en eau n'est pas limitative, ce flux tend vers une limite appelée évapotranspiration potentielle (ETP) ou évapotranspiration de référence ( $ET_0$ ), définie pour un couvert végétal de référence (un gazon). L'ETP peut ainsi être définie comme la **quantité maximale d'eau susceptible d'être évaporée sous un climat donné par un couvert végétal continu de référence (gazon) bien alimenté en eau.**

L'ETP (ou  $ET_0$ ) peut être déterminée par un lysimètre (appareil mesurant les pertes d'eau d'une unité de sol couverte d'une couverture végétale continue) ou par des formules théoriques combinant des variables climatiques (température, vitesse du vent, humidité, ...) mesurées en un point donnée. Météo France utilise ainsi la formule de Penman-Monteih.

Contrairement à la pluie, pour laquelle nous disposons de plusieurs sources d'informations, l'ETP n'est décrite que pour une seule station à proximité du bassin, située près de St Etienne.

Bien qu'éloignée du bassin, nous considérerons cette station comme représentative des variations interannuelles de ce paramètre pour notre zone d'étude. Ce choix introduit un biais mais l'incertitude induite semble acceptable au regard des autres incertitudes liées à l'ensemble de la méthode développée dans la présente approche.

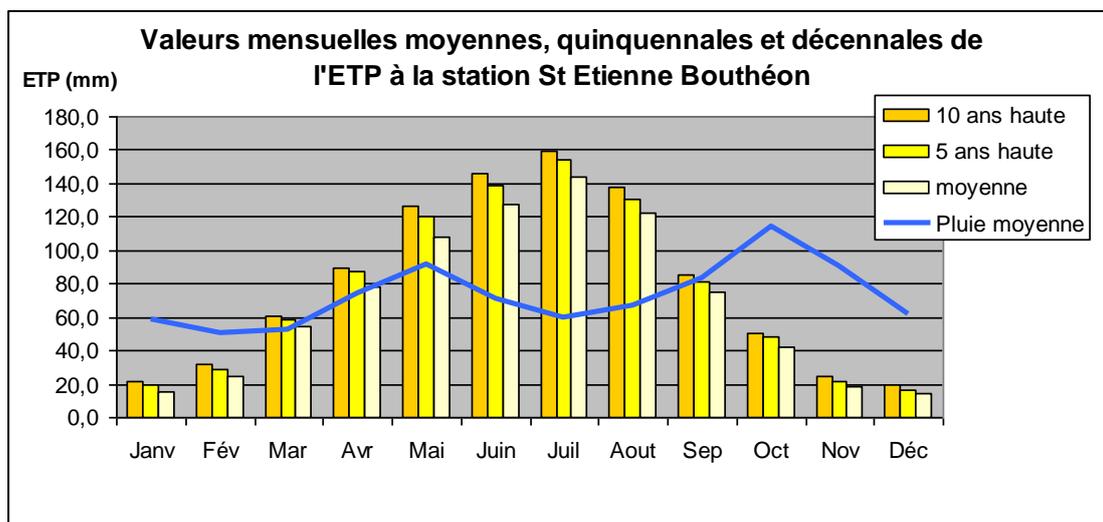
L'analyse statistique des 38 ans de mesures disponibles est présentée ci-après.

Tableau 4 : Statistique sur l'ETP depuis 1972 sur le bassin des Trois Rivières

ETP (mm)	Janv	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc	Annuel (mm)
10 ans basse	9	18	47	66	90	112	126	110	65	35	14	10	749
5 ans basse	11	19	50	69	94	114	133	111	67	37	15	10	777
moyenne	16	24	54	78	108	128	144	123	75	42	19	14	825
5 ans haute	20	29	59	87	120	139	154	131	82	48	22	17	863
10 ans haute	21	32	61	89	127	146	160	138	85	51	25	19	889

Source : Météo France, station Saint Etienne Bouthéon (1972-2010)

Figure 4 : ETP moyenne, 5 ans haute et 10 ans haute sur le bassin des Trois Rivières



Source : Météo France, station St Etienne Bouthéon 1972-2010

L'ETP calculée à proximité de St Etienne selon la formule de Penman-Monteith représente **825 mm en moyenne sur l'année**. Le profil de répartition mensuelle présente **un pic en juillet** avec une valeur d'ETP ce mois-ci de **144 mm (18% de l'ETP annuelle)**. Sur les 4 mois d'été (juin, juillet, août et septembre), l'ETP moyenne représente 470 mm soit 57 % de l'ETP annuelle.

La demande évaporatoire apparaît supérieure aux précipitations moyennes pendant au moins 5 mois de l'année.

Précipitation et évapotranspiration de référence sont des données d'entrée du modèle GR2M utilisé pour la modélisation des débits (voir [§ 4.3](#)).

### 3. ANALYSE DES DONNEES DEBIMETRIQUES

#### 3.1 STATIONS HYDROMETRIQUES

Pour notre étude, nous avons choisi de retenir cinq des six stations hydrométriques présentes sur le territoire du syndicat des Trois Rivières.

En effet, les données débimétriques de la station sur la Cance à Annonay ne sont disponibles qu'à partir de 2010. Seules les hauteurs d'eau sont connues avant cette date. Avant 2010, les débits étaient calculés à l'aide d'un modèle numérique. Les données n'ont pas été enregistrées et il n'existe pas de courbe de tarage associée. En raison de l'absence de données disponibles sur la période 1970 – 2010, nous ne retiendrons pas cette station. Les cinq autres stations utilisées sont repérées sur la Figure 5 et décrites dans le Tableau 5 et le Tableau 6 suivants.

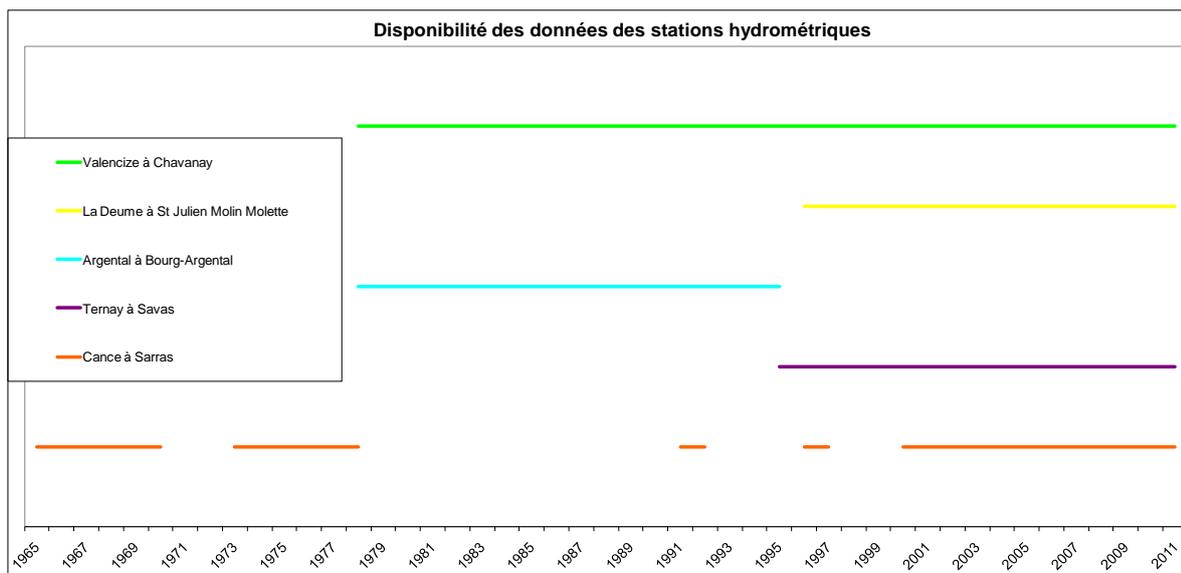
Tableau 5 : Caractéristiques des stations hydrométriques

code station	cours d'eau	commune	Surf BV (km <sup>2</sup> )	Ouverture	Fermeture	Nb d'années validées bonnes *	gestionnaire
V3315010	La Valencize	Chavanay	36	28/12/1977		35	DIREN Rhône-Alpes
V3515010	La Deume	Saint-Julien-Molin-Molette	109	14/04/1994		19	
V3515610	L'Argental	Bourg-Argental	22	26/12/1977	04/01/1996	14	
V3517010	Le Ternay	Savas	26	21/12/1993		19	
V3524010	La Cance	Sarras	380	31/12/1964		14	

\* source: banque hydro ([www.hydro.eaufrance.fr](http://www.hydro.eaufrance.fr))

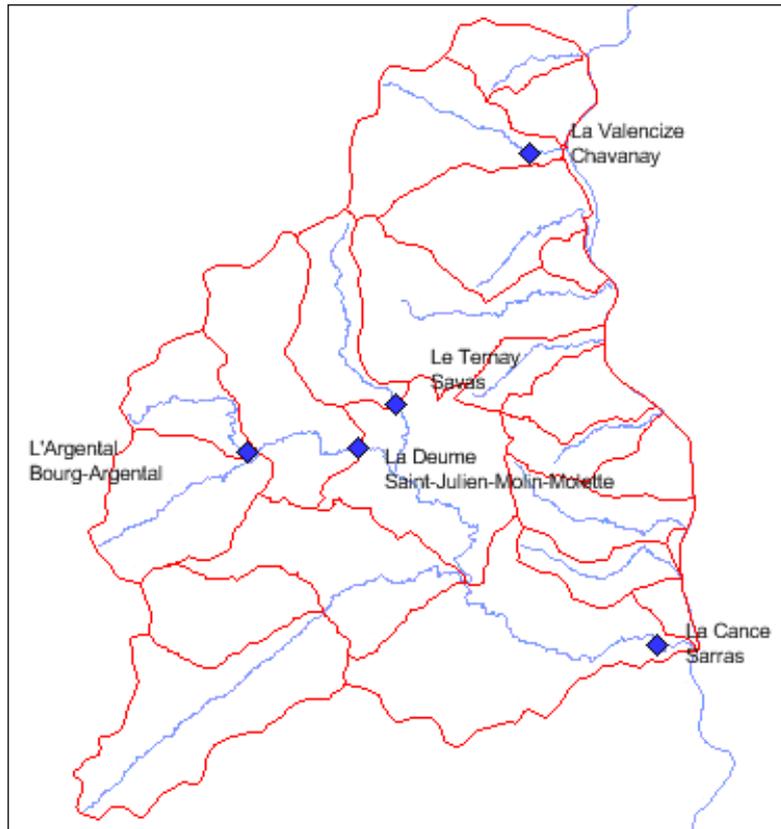
L'ensemble des stations retenues disposent de données validées bonnes (au moins 14 années) ce qui est suffisant pour les utiliser pour le calage et la validation d'un modèle pluie-débit. Ces données permettent également de réaliser des calculs statistiques sur les débits (voir § 3.2), cependant le nombre total d'années disponibles est à garder en tête lors de l'analyse des valeurs obtenues pour les fréquences de retours 10 ans.

Tableau 6 : Disponibilité des données des stations hydrométriques



Source : <http://www.hydro.eaufrance.fr>

Figure 5 : Stations hydrométriques sur le bassin versant des Trois Rivières



Remarque : Lors d'épisodes de crue, l'incertitude sur les mesures fournies par certaines stations est augmentée. En effet, lors des crues plusieurs d'entre elles (notamment celles sur la Deume et le Ternay) sont partiellement contournées et ne mesurent pas la totalité des débits.

### 3.2 ANALYSE DES DEBITS MESURES AUX STATIONS

Les données des stations hydrométriques des cinq stations hydrométriques retenues ont été récupérées auprès de la banque Hydro (<http://www.hydro.eaufrance.fr>) puis analysées. Les valeurs clés sont présentées dans les tableaux qui suivent.

La lecture de ces tableaux permet de fournir quelques premiers chiffres clés sur la ressource influencée observée en ces sites.

On peut retenir en particulier les points suivants.

- Les débits spécifiques moyens annuels apparaissent relativement homogènes (compris pour 4 des 5 stations entre 10 et 13 l/s/km<sup>2</sup>) sauf pour l'Argental à Bourg Argental où il atteint 19 l/s/km<sup>2</sup>. Ce débit plus élevé s'explique par le fait qu'on se trouve en tête de bassin, sur des zones plus arrosées.

Il est par contre étonnant qu'on ne retrouve pas un tel débit pour la station située sur le Ternay, qui contrôle également une tête de bassin avec une surface du même ordre de grandeur (25,5 km<sup>2</sup>, 22,1 km<sup>2</sup> dans le cas de la station sur l'Argental). Les périodes de mesure ne correspondent certes pas (1978-95 contre 1994-2011) mais le nombre d'années de mesure rend acceptable la comparaison des débits moyens.

Une pluviométrie annuelle supérieure sur le bassin de l'Argental (973 mm contre 868 mm sur le Ternay, en lame moyenne annuelle précipitée sur la période 1972-2010) donne une partie de l'explication (12 % de précipitation en plus sur l'Argental).

- Le régime hydrologique observé sur les différentes stations traduit le régime des pluies et de l'évaporation : on retrouve deux pics de débits correspondant à deux pics de pluie, un au printemps et un en fin d'automne, avec, entre les deux, un étiage estival très marqué, correspondant à une période de moindre précipitations mais aussi d'évaporation beaucoup plus élevée. La faible puissance des nappes conduit à un tarissement important au plus fort de l'étiage.

Les plus faibles débits apparaissent généralement en août, mais les 4 mois de juin à septembre peuvent être particulièrement secs. Il ressort que les étiages peuvent également se prolonger en octobre, mois pour lequel les débits quinquennaux secs apparaissent le plus souvent inférieurs à ceux de juin.

- Les tableaux confirment les très faibles valeurs des débits en période d'étiage. En débit spécifique, pour 4 des 5 stations, le QMNA5 se situe ainsi entre 0,6 et 1,3 l/s/km<sup>2</sup>. La station à Bourg Argental sur l'Argental fait exception avec un débit spécifique de 2,8 l/s/km<sup>2</sup> pour ce même indicateur. On retrouve là la différence déjà notée pour le module spécifique.

Les débits quinquennaux secs des mois les plus secs se situent sous la valeur du 1/10<sup>ème</sup> du module pour trois des cinq stations (de juillet à septembre pour le Ternay, août pour la Cance, août à septembre pour la Valencize) et viennent même parfois tangenter le 1/20<sup>ème</sup> (cas du Ternay).

## Analyse statistique sur la période 1994 - 2011 (18 années de mesures utilisables)

Point : LE TERNAY à SAVAS

superficie contrôlée : 25,50 km<sup>2</sup>

Type de débit : Observé

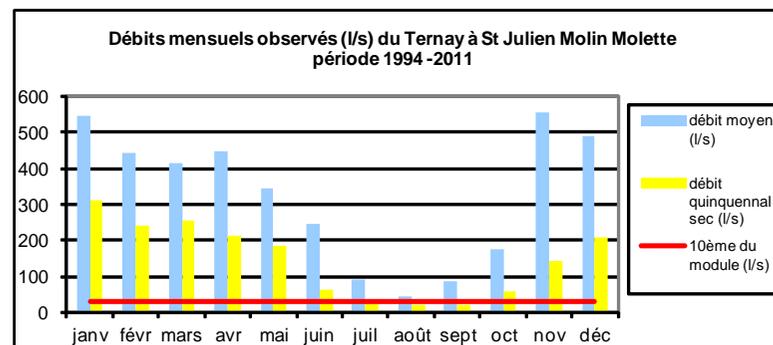
(fréquences expérimentales)													annuel		1/10ème module	1/20ème module
	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	l/s	l/s/km2	l/s	l/s
Moyenne (l/s)	548	445	417	449	345	246	93	45	88	174	556	492	324	13	32	16
T=10 ans sec (l/s)	240	218	226	104	94	54	22	15	16	44	102	189	225	9		
T=5 ans sec (l/s)	313	241	256	212	183	65	26	20	19	58	144	211	242	9		
T=2 ans (l/s)	503	438	374	423	347	134	97	41	52	117	373	437	301	12		
T= 5 ans humide (l/s)	643	582	575	545	498	301	136	60	158	242	921	706	424	17		
T=10 ans humide (l/s)	756	674	621	701	567	542	163	81	233	437	1 196	849	457	18		

## VCN et QMNA

en l/s

en l/s/km<sup>2</sup>

(quantiles expérimentaux)	VCN 3	VCN 10	VCN 30	QMNA	VCN 3	VCN 10	VCN 30	QMNA
Moyenne (l/s)	20	24	33	39	0,8	0,9	1,3	1,5
T=10 ans sec (l/s)	8	10	12	15	0,3	0,4	0,5	0,6
T=5 ans sec (l/s)	9	11	15	16	0,3	0,4	0,6	0,6
T=2 ans (l/s)	16	18	29	34	0,6	0,7	1,1	1,3
T= 5 ans humide (l/s)	35	43	52	60	1,4	1,7	2,0	2,4
T=10 ans humide (l/s)	39	47	70	72	1,5	1,9	2,7	2,8



## Analyse statistique sur la période 1965-1970; 1973-1978; 2000-2011 (24 années de mesure utilisables)

Point : LA CANCE à SARRAS

superficie contrôlée : 380 km<sup>2</sup>

Type de débit : observé

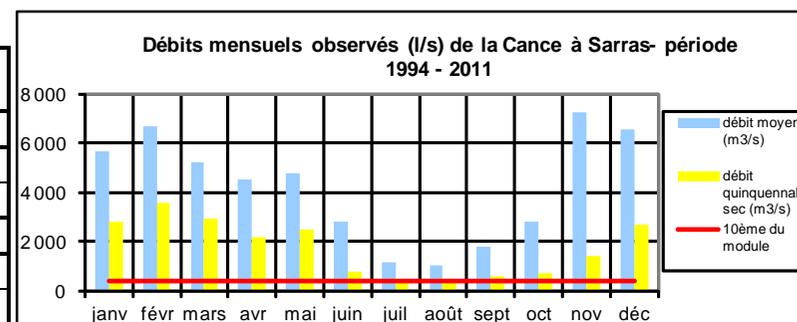
(fréquences expérimentales)	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	annuel		1/10ème module	1/20ème module
													l/s	l/s/km2	l/s	l/s
Moyenne (l/s)	5 647	6 673	5 221	4 534	4 778	2 846	1 182	1 019	1 792	2 829	7 269	6 541	4 175	11	417	209
T=10 ans sec (l/s)	1 929	2 615	2 419	1 724	1 268	609	395	278	421	674	1 189	1 588	2 828	7		
T=5 ans sec (l/s)	2 835	3 552	2 961	2 202	2 498	812	436	410	581	713	1 453	2 707	3 173	8		
T=2 ans (l/s)	5 396	4 849	4 978	4 503	3 762	1 749	938	668	1 075	2 127	4 735	5 450	3 848	10		
T= 5 ans humide (l/s)	7 528	10 667	7 693	5 786	6 693	4 675	1 580	1 145	2 336	3 974	12 017	9 949	5 099	13		
T=10 ans humide (l/s)	9 639	13 196	8 183	6 065	9 738	5 376	2 517	1 687	3 983	6 407	16 641	11 653	6 234	16		

## VCN et QMNA

en m3/s

en l/s/km<sup>2</sup>

(quantiles expérimentaux)	VNC 3	VCN 10	VCN 30	QMNA	VNC 3	VCN 10	VCN 30	QMNA
Moyenne (l/s)	376	452	600	713	1,0	1,2	1,6	1,9
T=10 ans sec (l/s)	134	179	231	278	0,4	0,5	0,6	0,7
T=5 ans sec (l/s)	151	204	338	394	0,4	0,5	0,9	1,0
T=2 ans (l/s)	287	400	482	584	0,8	1,1	1,3	1,5
T= 5 ans humide (l/s)	575	651	917	1 089	1,5	1,7	2,4	2,9
T=10 ans humide (l/s)	673	775	1 019	1 107	1,8	2,0	2,7	2,9



## Analyse statistique sur la période 1978 - 2011 (21 années de mesure utilisables)

Point : LA VALENCIZE à CHAVANAY

superficie contrôlée : 36,00 km<sup>2</sup>

Type de débit : Observé

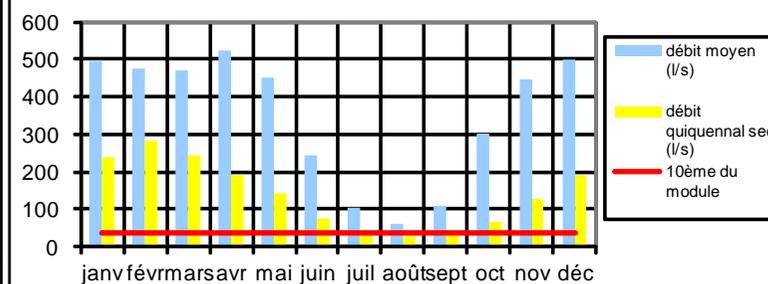
(fréquences expérimentales)													annuel		1/10ème module	1/20ème module
	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	l/s	l/s/km2	l/s	l/s
Moyenne (l/s)	492	475	469	522	452	243	103	59	106	300	447	498	346	10	35	17
T=10 ans sec (l/s)	189	239	152	140	113	65	30	19	24	53	99	165	208	6		
T=5 ans sec (l/s)	241	283	245	192	143	73	38	28	31	64	130	189	259	7		
T=2 ans (l/s)	453	404	373	419	295	195	79	48	52	170	350	443	335	9		
T= 5 ans humide (l/s)	661	593	717	659	778	460	150	77	174	385	648	717	440	12		
T=10 ans humide (l/s)	809	673	908	895	1 122	529	195	99	271	607	966	969	476	13		

## VCN et QMNA

(m3/s) (quantiles expérimentaux)

	en m3/s				en l/s/km <sup>2</sup>			
	VNC 3	VCN 10	VCN 30	QMNA	VNC 3	VCN 10	VCN 30	QMNA
Moyenne (l/s)	19	24	35	43	0,5	0,7	1,0	1,2
T=10 ans sec (l/s)	6	8	12	17	0,2	0,2	0,3	0,5
T=5 ans sec (l/s)	9	13	19	22	0,3	0,4	0,5	0,6
T=2 ans (l/s)	16	21	31	39	0,5	0,6	0,8	1,1
T= 5 ans humide (l/s)	26	27	40	53	0,7	0,8	1,1	1,5
T=10 ans humide (l/s)	30	42	63	85	0,8	1,2	1,7	2,4

Débits mensuels observés (l/s) de la Valencize à Chavanay - période 1978 - 2011



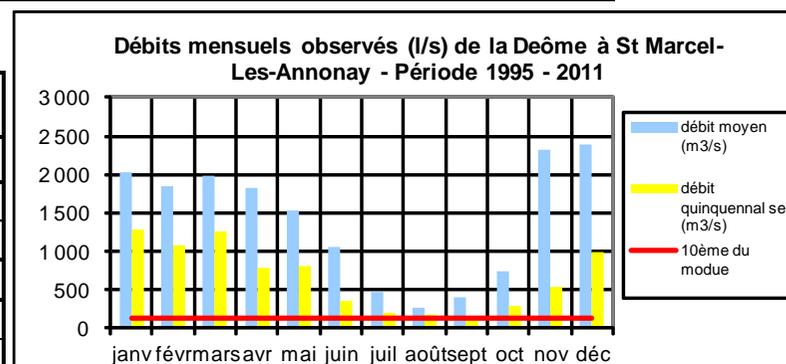
## Analyse statistique sur la période 1995-2011 (17 années de mesures utilisables)

Point : LA DEUME à ST JULIEN MOLIN MOLETTE superficie contrôlée : 109 km<sup>2</sup>

(fréquences expérimentales)	Type de débit : observé												annuel		1/10ème module	1/20ème module
	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	l/s	l/s/km <sup>2</sup>	l/s	l/s
<b>Moyenne (l/s)</b>	2 024	1 844	1 974	1 824	1 544	1 067	465	266	396	739	2 325	2 393	1 406	13	141	70
<b>T=10 ans sec (l/s)</b>	938	914	940	676	519	246	154	130	123	222	477	760	1 076	10		
<b>T=5 ans sec (l/s)</b>	1 293	1 077	1 255	800	805	359	205	183	162	303	547	990	1 162	11		
<b>T=2 ans (l/s)</b>	1 908	1 983	1 924	1 811	1 755	735	404	231	294	538	1 414	1 484	1 359	12		
<b>T= 5 ans humide (l/s)</b>	2 367	2 398	2 320	2 226	2 176	1 593	662	339	550	1 082	3 336	2 984	1 600	15		
<b>T=10 ans humide (l/s)</b>	2 767	2 562	2 586	2 600	2 424	2 320	879	450	1 012	1 401	6 002	4 564	1 800	17		

## VCN et QMNA

(m <sup>3</sup> /s) (quantiles expérimentaux)	en m <sup>3</sup> /s				en l/s/km <sup>2</sup>			
	VCN 3	VCN 10	VCN 30	QMNA	VCN 3	VCN 10	VCN 30	QMNA
<b>Moyenne (l/s)</b>	131	149	196	240	1,2	1,4	1,8	2,2
<b>T=10 ans sec (l/s)</b>	55	63	95	122	0,5	0,6	0,9	1,1
<b>T=5 ans sec (l/s)</b>	<b>77</b>	<b>93</b>	<b>106</b>	<b>140</b>	0,7	0,9	1,0	1,3
<b>T=2 ans (l/s)</b>	104	126	161	194	1,0	1,2	1,5	1,8
<b>T= 5 ans humide (l/s)</b>	185	191	232	321	1,7	1,7	2,1	2,9
<b>T=10 ans humide (l/s)</b>	247	278	376	437	2,3	2,5	3,4	4,0



## Analyse statistique sur la période 1978 - 1995 (18 années de mesures utilisables)

Point : L'ARGENTAL à BOURG ARGENTAL

superficie contrôlée : 22,1 km<sup>2</sup>

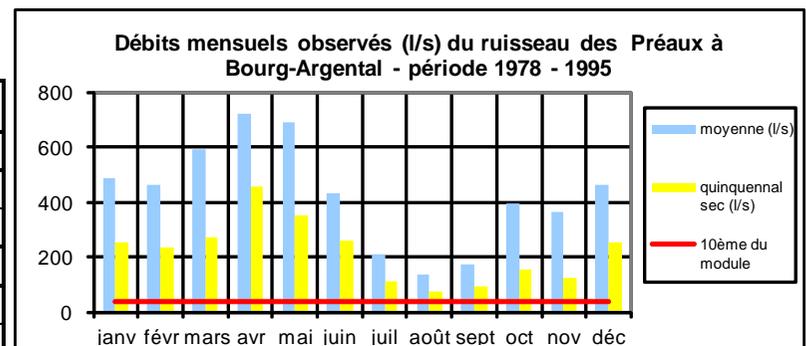
Type de débit : Observé

(fréquences expérimentales)													annuel		1/10ème module	1/20ème module
	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	l/s	l/s/km <sup>2</sup>	l/s	l/s
Moyenne (l/s)	486	463	590	721	689	434	212	136	172	398	366	461	427	19	43	21
T=10 ans sec (l/s)	168	170	188	340	334	189	85	67	70	91	87	144	305	14		
T=5 ans sec (l/s)	254	235	273	457	356	261	116	78	93	157	128	254	370	17		
T=2 ans (l/s)	479	489	523	726	577	419	171	128	156	287	296	375	425	19		
T= 5 ans humide (l/s)	736	607	1 045	928	1 013	624	317	197	287	473	643	576	505	23		
T=10 ans humide (l/s)	861	733	1 146	1 129	1 175	679	379	238	303	801	696	696	554	25		

## VCN et QMNA

(quantiles expérimentaux)

	en l/s				en l/s/km <sup>2</sup>			
	VCN 3	VCN 10	VCN 30	QMNA	VCN 3	VCN 10	VCN 30	QMNA
Moyenne (l/s)	60	66	86	100	2,7	3,0	3,9	4,5
T=10 ans sec (l/s)	21	27	39	43	1,0	1,2	1,8	1,9
T=5 ans sec (l/s)	38	40	52	61	1,7	1,8	2,3	2,8
T=2 ans (l/s)	62	65	92	97	2,8	2,9	4,2	4,4
T= 5 ans humide (l/s)	80	90	124	138	3,6	4,1	5,6	6,2
T=10 ans humide (l/s)	97	109	134	166	4,4	4,9	6,1	7,5



### 3.3 BILAN DES JAUGEAGES REALISES SUR LE BASSIN VERSANT

#### 3.3.1 Jaugeages effectués lors de campagnes qualité

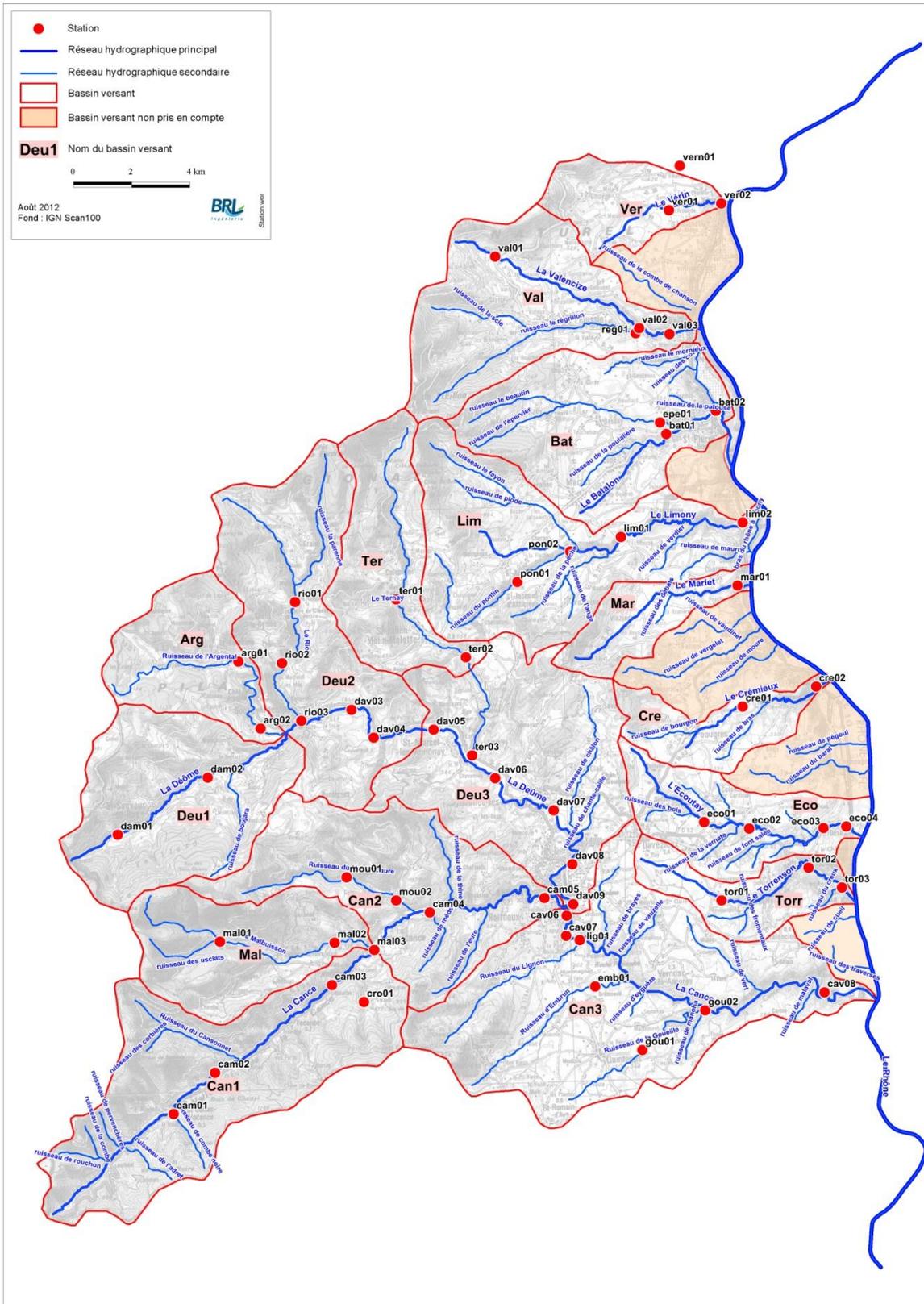
Une étude qualité et hydrobiologie est en cours sur le territoire d'étude (PÖYRY). Elle a pour but de dresser un état des lieux vis-vis des résultats des mesures prises dans le cadre du contrat de rivière. Quatre campagnes de mesures ont été réalisées au cours de l'été 2012. En complément des analyses physico-chimiques et IBGN, des jaugeages ont été effectués en plusieurs sites de mesure. La carte ci-dessous présente la localisation de ces sites.

Le bilan de ces mesures de débits n'a pas été conclu à l'heure actuelle par PÖYRY. Des premiers résultats nous ont été transmis pour les sites de mesure coïncidant avec ceux choisis par BRLi pour sa propre campagne. Ils nous ont permis de nous assurer de la validité de nos mesures.

Deux campagnes qualité ont également donné lieu à des jaugeages, mais les résultats n'ont finalement pas été utilisés car ils ne correspondaient pas avec les points étudiés dans la présente étude :

- ▶ la campagne qualité réalisée dans le cadre du contrat de rivière en 2000 ;
- ▶ une 2<sup>ème</sup> campagne qualité sur le territoire ardéchois de la zone d'étude en 2002 par le bureau d'étude Iris.

Figure 6 : Carte des points de jaugeages réalisés au cours de l'été 2012 par PÖYRY pour l'étude qualité des eaux



### 3.3.2 Campagnes de jaugeages effectuées par BRLi lors de l'été 2012

Afin de mieux appréhender le fonctionnement des cours d'eau sur le bassin versant en période d'été, en particulier sur les cours d'eau non jaugés pour lesquels nous ne disposons d'aucune données hydrométriques, trois campagnes de jaugeage ont été réalisées en Juillet, Aout et Septembre 2012.

A l'occasion de ces campagnes de jaugeages, des mesures de débit ont été réalisées en 13 points de jaugeage. Ces mesures ont été réalisées avec un courantomètre portable Son TEK Flow Tracker à transmetteur acoustique. Cet appareil permet de mesurer des vitesses de 0,001 m/s à 4,5 m/s, indépendamment de toute perturbation provoquée par l'engin de mesure. Il possède par ailleurs une unité de calcul réalisant en direct l'intégration des vitesses sur la section de mesure et permettant ainsi de réagir en temps réel aux observations faites.

Pour les débits très faibles (de l'ordre du litre/s), la mesure comporte une incertitude importante (du fait de l'utilisation du débitmètre en conditions limites vis-à-vis de la hauteur d'eau) mais l'ordre de grandeur reste valable et a été confirmé visuellement.

L'emplacement des sites de jaugeage figure à la Figure 8 suivante. Le Tableau 7 ci-dessous précise les résultats obtenus en chacun des points de mesure. **Notons qu'il s'agit là de débits mesurés, donc influencés.**

Tableau 7 : Résultats des campagnes de jaugeage réalisées en 2012

	Nom du point	Surface BV (km <sup>2</sup> )	C1 - jaugeage du 17-18/07/2012		C2 - jaugeage du 13-14/08/2012		C3 - jaugeage du 10-11/09/2012	
			l / s	l / s / km <sup>2</sup>	l / s	l / s / km <sup>2</sup>	l / s	l / s / km <sup>2</sup>
<b>A1</b>	Le Vérin à Vérin	14	11	0,76	1	0,06	0	0,03
<b>A3</b>	Le Bâtalon à St Pierre de Bœuf	27	57	2,14	5	0,17	3	0,10
<b>A4</b>	Le Limony à Limony	45	79	1,74	0	0,01	0	0,00
<b>A5</b>	Le Crémieux à Peyraud	13	19	1,52	2	0,16	0	0,00
<b>A6</b>	L'écoutay à St Désirat	17	11	0,67	1	0,04	1	0,05
<b>A7</b>	Le Torrenson à Andance	12	6	0,50	2	0,20	2	0,18
<b>C1</b>	La Cance amont à Villevocance	56	156	2,79	45	0,80	40	0,71
<b>C1bis</b>	Le Malbuisson à Villevocance	26	80	3,08	41	1,58	26	0,98
<b>D1ter</b>	Le Riotet à Bourg-Argental	29	148	5,10	108	3,72	63	2,16
<b>D1bis</b>	L'argental à Bourg-Argental	21	180	8,57	75	3,57	51	2,43
<b>D1</b>	La Deûme amont à Bourg-Argental	38	177	4,66	100	2,62	50	1,33
<b>D3</b>	La Deûme aval à Annonay	182	780	4,29	288	1,58	216	1,19
<b>C3a</b>	La Cance aval à Annonay	182	1 000	5,49	405	2,23	277	1,52

Figure 7 : Progression des débits aux points de jaugeage au cours des trois campagnes menées par BRLi en 2012

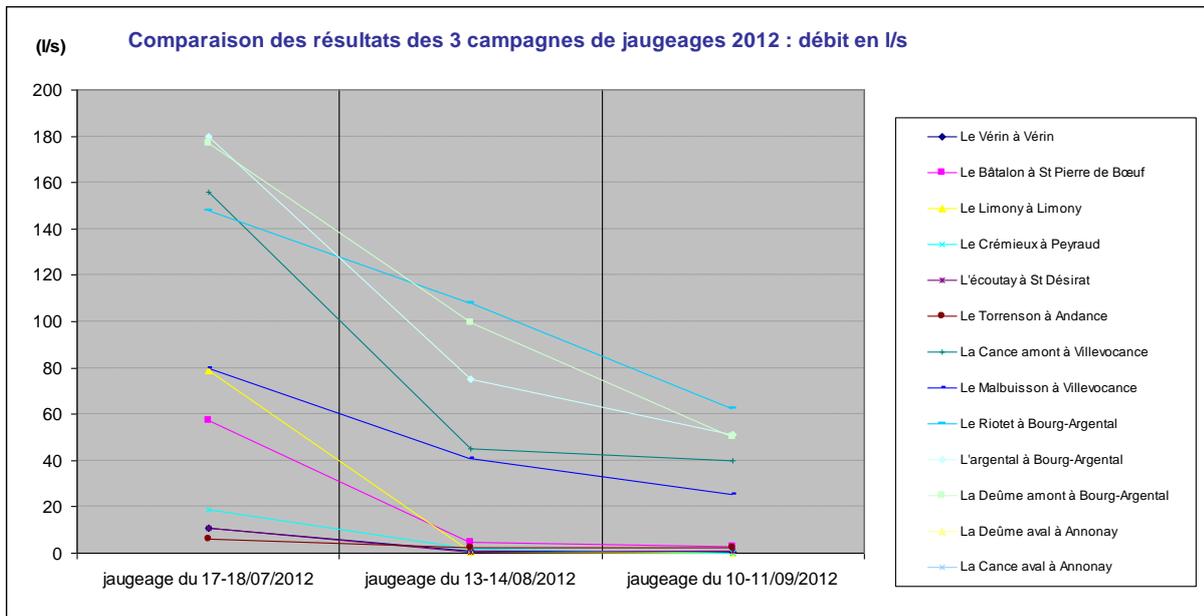
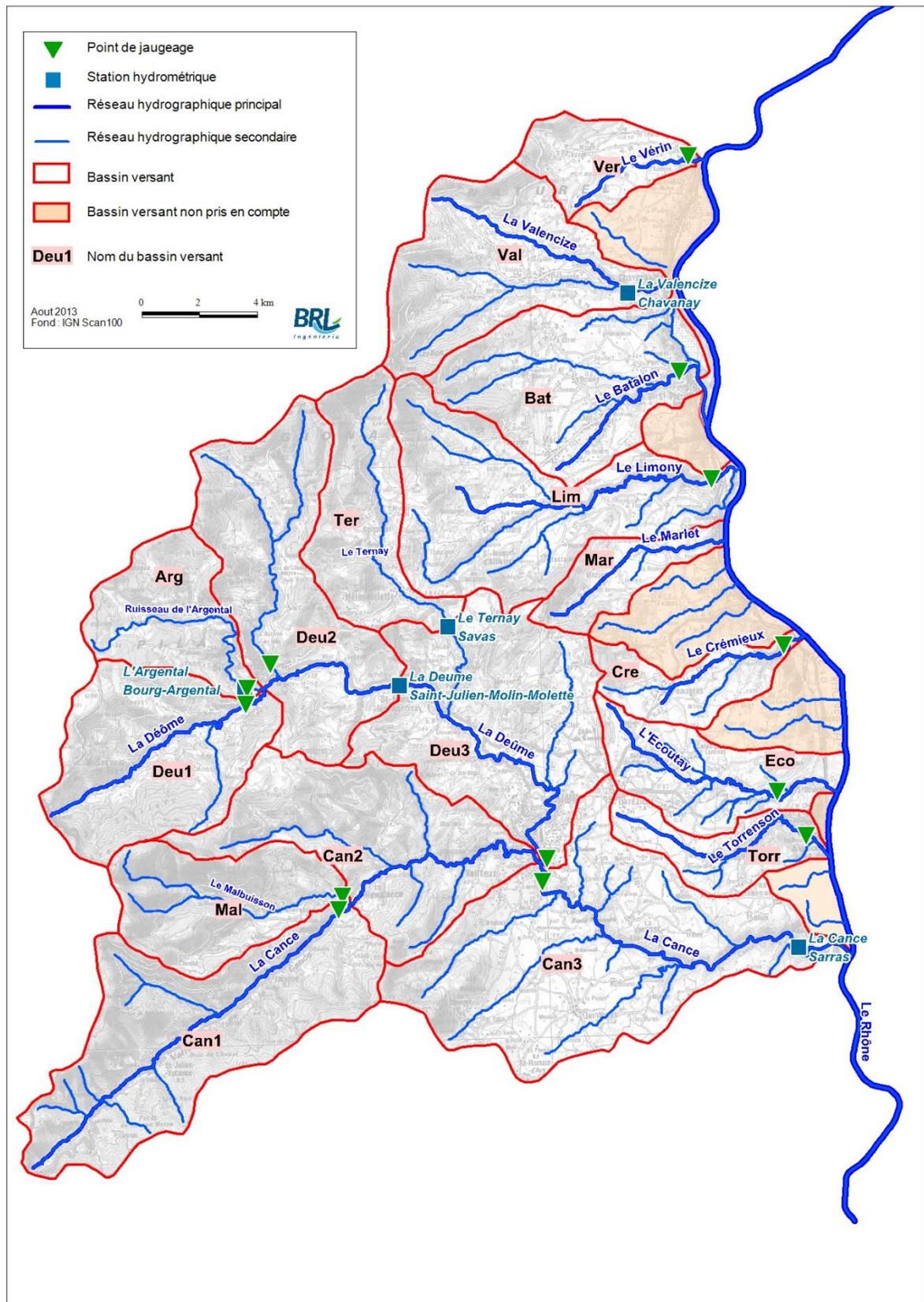
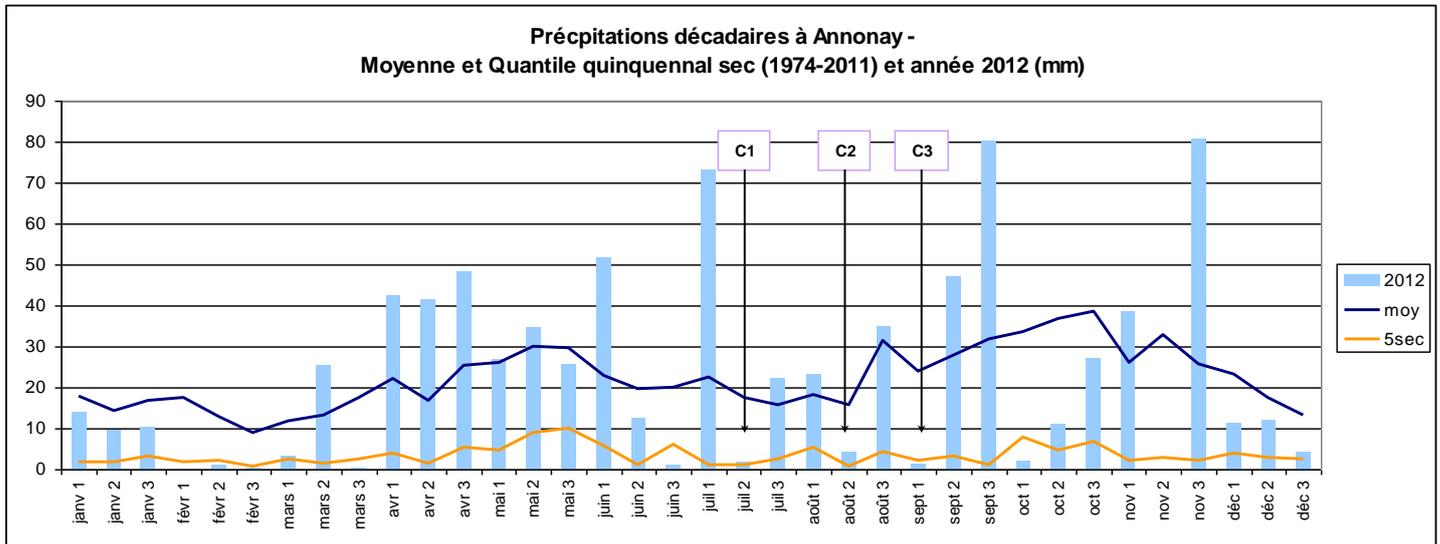


Figure 8 : Campagne de jaugeage menées en Juillet, Août et Septembre 2012 par BRLi



Le graphe suivant permet de mettre les campagnes de jaugeages réalisées en regard des précipitations sur le bassin versant. Pour cette mise en perspective, nous avons retenu la station d'Annonay, relativement centrale dans le bassin.

**Figure 9 : Précipitations décadaires à la station d'Annonay (moyenne, quantile 5 sec et année 2012) et positionnement des 3 campagnes (C1, C2 et C3) de jaugeages réalisées par BRLi**



Il ressort que :

- ▶ les trois campagnes ont été réalisées durant la période la plus sèche de l'été 2012, la première ayant lieu après une décade particulièrement pluvieuse (très au dessus de la moyenne des précipitations observées durant cette première décade de juillet) et la dernière avant la reprise des précipitations dans la deuxième moitié du mois de septembre (là aussi supérieures aux précipitations moyennes).
- ▶ En dehors des décades entourant les trois campagnes (1ère de juillet et deuxième de septembre), les précipitations durant la période des jaugeages ont été inférieures à celle observées en moyenne.

#### **Bilan campagnes 1, 2 et 3 :**

Les fortes précipitations durant la décade de juillet précédant la campagne conduisent à des débits assez élevés pour plusieurs des points pour la première campagne. On observe ensuite une diminution générale du débit au cours des deux campagnes suivantes. Les pluies ayant lieu entre les campagnes de jaugeages ne suffisent pas à faire remonter les débits. Les jaugeages réalisés illustrent le tarissement progressif des nappes et la forte évaporation ayant lieu pendant cette période estivale.

Les cours d'eau présentant une forte, voire très forte, diminution (60 à 99%) du débit sont les affluents directs du Rhône (points Ax sur les cours d'eau du Vérin, Bâton, Limony, Crémieux, Ecoutay et Torrenson). On peut attribuer cette forte diminution à l'absence de pluies conséquentes sur cette partie du territoire. Les précipitations entre les deux campagnes ont dû arroser davantage les parties plus hautes de la zone d'étude.

Outre ce gradient est-ouest dont la principale composante est l'altitude, le gradient nord-sud de répartition des pluies se retrouve légèrement dans les mesures de débit. En effet le système Deûme (points D1, D1bis, D1ter et D3) est globalement davantage productif que le système Cance (points C1, C1bis) situé plus au Sud.

L'importance de la contribution des affluents amont (Malbuisson pour la Cance, Argental et Riotet pour la Deûme) à ces deux cours d'eau est loin d'être négligeable. Leurs apports sont proportionnellement plus importants au cœur de l'étiage.

**Remarques plus spécifiques aux affluents directs du Rhône :**

Les débits mesurés sur les affluents directs du Rhône sont très faibles (au cours des deux dernières campagnes de jaugeage, le débit maximum mesurée est de 5 l/s, sur le Bâtalon), alors que l'été 2012 n'était pas une année particulièrement sèche. Sur le Bâtalon et le Torrenson, indiqués comme régulièrement à sec par le syndicat des Trois Rivières, on a mesuré lors de la 2<sup>ème</sup> campagne de jaugeage des débits très faibles (quelques litres par seconde). Sur les autres affluents directs ayant fait l'objet de mesures on retrouve des débits plus faibles encore (nul à 1 ou 2 litres par seconde).

Lors de cette 2<sup>ème</sup> campagne également, le Limony était à sec au niveau du site de mesure. Les infiltrations dans la nappe du Rhône sont censées se situer en aval du point de mesure. Le débit mesuré 100 m à l'amont du point de mesure, à l'entrée des gorges était de 0,3 l/s, ce qui explique l'assec observé au point de mesure habituel.

### 3.3.3 Analyse de l'impact hydrologique du barrage du Ternay

Les résultats de cette analyse sont utilisés plus bas pour le désinfluencement des débits au droit des points influencés potentiellement par le barrage.

#### 3.3.3.1 Localisation du barrage

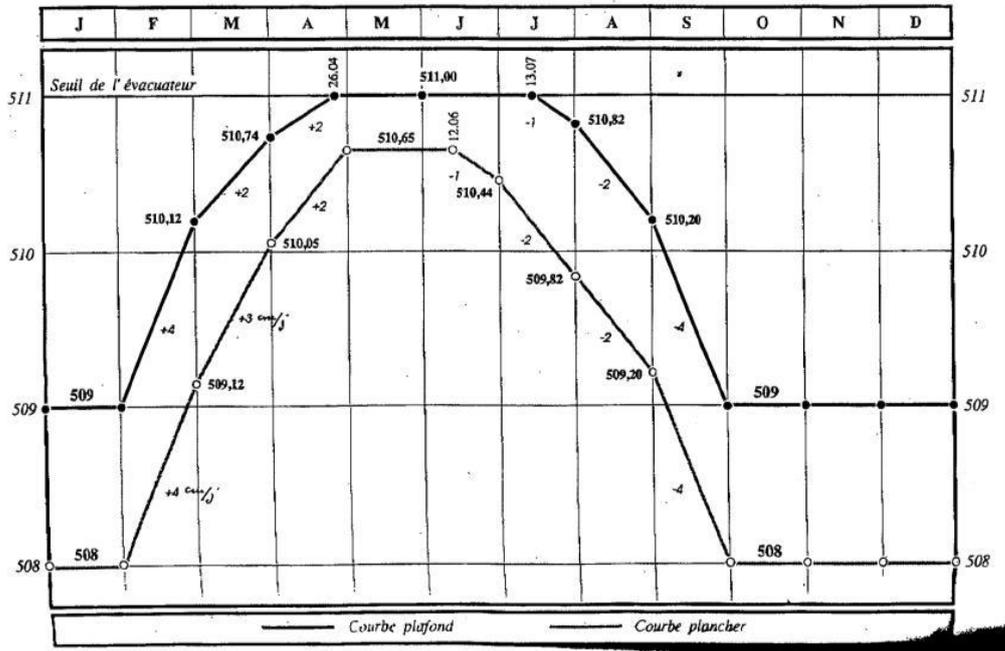
Le barrage du Ternay est situé sur le cours d'eau du Ternay en aval de St Julien-Molin-Molette. Le barrage impacte les sous bassins versant Deu 3 et Can 3, donc les points de référence D3 et C3.

On cherche à savoir quelle serait la ressource en aval du barrage si celui-ci n'existait pas. Pour ce faire, il faut connaître comment le barrage régule la ressource.

La fonction principale de ce barrage est la fourniture en eau potable à la ville d'Annonay. De part sa position, il est également susceptible d'écarter en partie les crues du bassin qu'il contrôle.

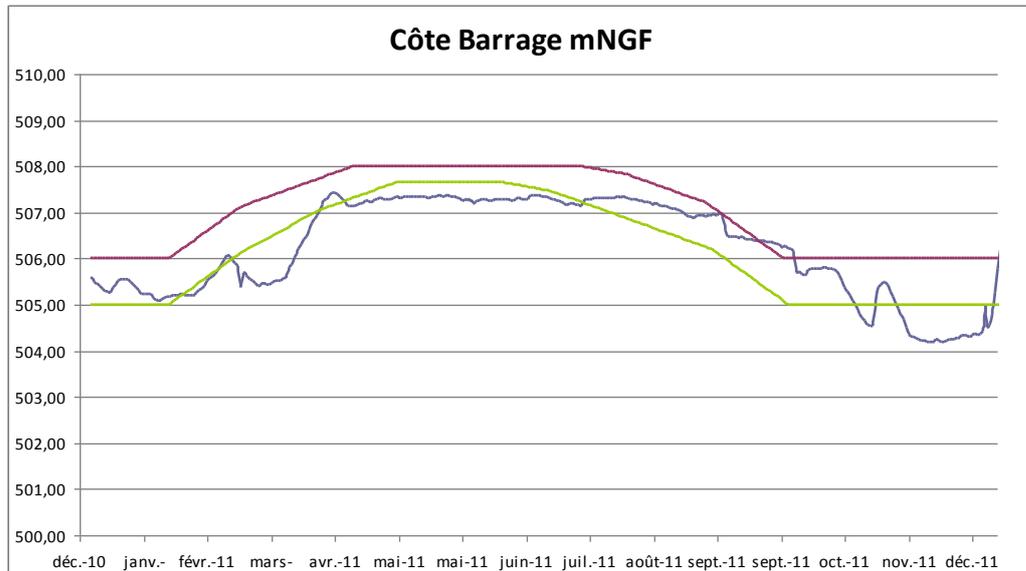
La stratégie du gestionnaire consiste donc à maintenir un niveau bas en hiver pour que le barrage puisse assurer une fonction d'écarter de crues et haut en été de manière à assurer un stock d'eau disponible pour l'eau potable. Les règles de gestion du barrage (Figure 20) traduisent ces objectifs : la variation interannuelle de la hauteur d'eau doit être comprise entre deux courbes maîtresses, une courbe plancher et une courbe plafond.

Figure 10 : Expression graphique de la consigne de gestion saisonnière de la retenue visant à l'écrêtement des crues d'automne et d'hiver - Barrage du Ternay (axe des ordonnées : mNGF)



Nous disposons uniquement de la variation interannuelle de la hauteur d'eau du barrage des années 2011 et 2012. La figure ci-dessous montre la variation interannuelle de la hauteur d'eau du barrage pour l'année 2011. On remarque que cette variation oscille globalement entre la courbe plancher (vert) et la courbe plafond (violet).

Figure 11 : Evolution interannuelle de la hauteur du barrage du Ternay de l'année 2011 (bleu). Source : SAUR (2011)



En effet, depuis 2010, le barrage est géré par la SAUR et les relevés de hauteurs ont été automatisés au cours de cette année. Auparavant, le gestionnaire était la ville d'Annonay. Un gardien relevait quotidiennement la hauteur du barrage et régula l'eau stockée en fonction des entrées d'eau et de leur prévision, des besoins en eau potable et du risque de crue. Ces données de hauteurs et manœuvres ont été consignées dans un cahier mais n'ont pas été numérisées.

Nous avons donc reconstruit la variation interannuelle **moyenne** de la hauteur d'eau pendant la période d'étude (1972 – 2010) à l'aide des règles de gestion et des indications du gestionnaire actuel.

A cette variation interannuelle moyenne de hauteur, on associe une variation du volume d'eau stocké dans le barrage à l'aide de l'équation hauteur-volume du barrage.

Cette équation a été établie à l'aide du tableau de correspondance hauteur-volume ci-dessous (ce tableau a dû être actualisé en raison d'une réévaluation à la baisse de la hauteur d'eau du barrage mesurée jusqu'à lors : -2,85 m NGF).

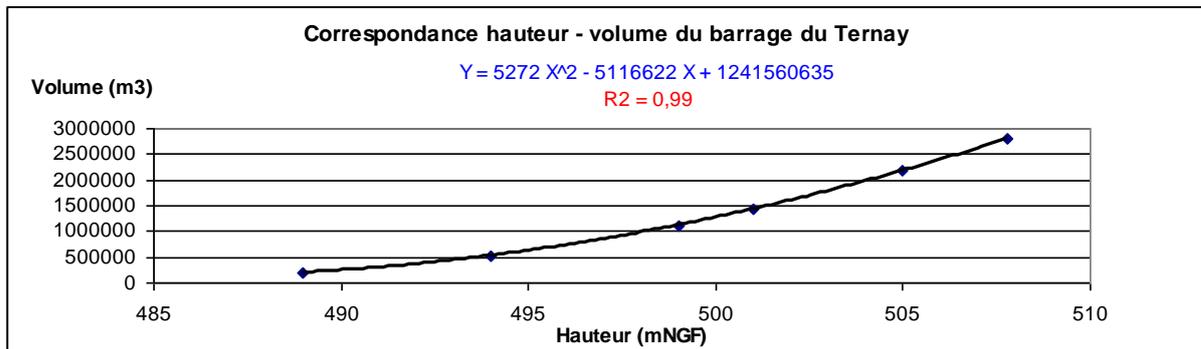
Tableau 8 : Courbe hauteur volume du barrage du Ternay

H actualisée (mNGF)	V (m3)
489.00	190 000
494.00	540 000
499.00	1 120 000
501.00	1 420 000
505.00	2 170 000
507.80	2 810 000

A l'aide d'une régression, on trouve l'équation hauteur-volume du barrage suivante :

$$V(m3) = 5272 * H(mNGF)^2 - 5116622 * H(mNGF) + 1241560635$$

Figure 12 : Courbe hauteur volume du barrage du Ternay

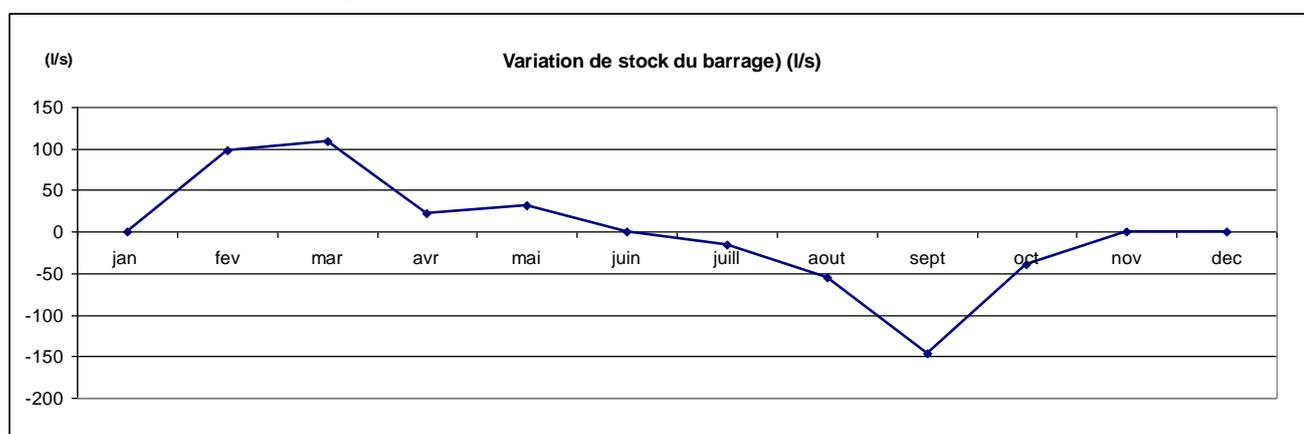


On en déduit la variation interannuelle du stock du barrage :

Tableau 9 et Figure 13 : Variation interannuelle du stock du barrage du Ternay

mois	H (mNGF) fin de mois	V (m3) fin de mois	Variation de stock (m3)	débit mensuel correspondant (l/s)
jan	505.00	2 177 757	0	0.0
fev	506.12	2 417 526	239 770	98.2
mar	507.41	2 708 912	291 386	108.8
avr	507.65	2 766 444	57 532	22.2
mai	508.00	2 849 731	83 287	31.1
juin	508.00	2 849 731	0	0.0
juill	507.82	2 806 737	-42 995	-16.1
aout	507.20	2 661 259	-145 477	-54.3
sept	505.50	2 283 162	-378 097	-145.9
oct	505.00	2 177 757	-105 406	-39.4
nov	505.00	2 177 757	0	0.0
dec	505.00	2 177 757	0	0.0

Figure 14 : Variation interannuelle du stock du barrage du Ternay



On peut ainsi désinfluencer la ressource en aval du barrage grâce à l'équation suivante :

$$Q_{nat} = Q_{observé} + Q_{prélèvements} + Q_{variation\ de\ stock\ du\ barrage}$$

**Ce calcul de régulation sera pris en compte pour tous les points de référence et points de calcul complémentaires situés en aval du barrage et drainés, même partiellement, par les eaux du Ternay.**

## 4. DETERMINATION DES DEBITS NATURELS AU DROIT DES POINTS DE REFERENCE

### 4.1 POSITIONNEMENT DES POINTS DE REFERENCE

Conformément à la note technique transmise en fin de phase 2 de l'étude par BRLi, **treize points de référence ont été choisis**. En ces points, nous tenterons de déterminer la ressource naturelle existante, considérant les prélèvements mis en évidence dans les phases précédentes. Au cours de la phase 4, nous déterminerons également un débit biologique valable pour les tronçons hydrographiques contrôlés par chacun de ces points. Le calcul des trois termes du bilan (prélèvement, ressource et débit biologique) permettra enfin, en phase 5, la détermination des volumes maximums prélevables au droit de ces points de référence.

Les treize points de référence retenus sont les suivants (les raisons du choix sont rappelés en abrégé entre parenthèses – pour plus de détail se référer à la note) :

- ▶ D1 : La Déôme amont (prélèvements déjà nombreux sur cette partie amont du bassin versant) ;
- ▶ D2 : La Déôme intermédiaire (contrôle de la Déôme intermédiaire et de l'Argental (Arg), cours d'eau lui-même renseigné par la station hydrométrique de Bourg Argental, pas de données récentes) ;
- ▶ D2bis : Le Ternay (avant le lac, au niveau de la station hydrométrique du Ternay) ;
- ▶ D3 : La Deûme aval (prélèvements et contrôle de la Deûme aval) ;
- ▶ C1 : La Cance amont (nombreux prélèvements directement sur le cours d'eau) ;
- ▶ C1bis : Le Malbuisson (nombreux prélèvements directement sur le cours d'eau) ;
- ▶ C2 : La Cance intermédiaire (station hydrométrique sur la Cance à Annonay) ;
- ▶ C3 : La Cance aval (point de référence du SDAGE Rhône Méditerranée, station de Sarras sur la Cance, positionné sur la masse d'eau DCE Cance-Ay (AG\_14\_02)) ;
- ▶ A2 : La Valencize (enjeux piscicoles, nombreux prélèvements directement sur le cours d'eau, station hydrométrique sur la Valencize à Chavanay) ;
- ▶ A3 : Le Batalon (nombreux prélèvements par retenues, quelques prélèvements domestiques, et quelques rejets de STEP) ;
- ▶ A4 : Le Limony (plusieurs sources et retenues, pas d'assec systématique en étiage) ;
- ▶ A5 : Le Crémieux (pas de données hydrométriques mais des enjeux écologiques) ;
- ▶ A6 : L'Écoutay (nombreux prélèvements par retenues, quelques prélèvements domestiques, pas d'assec systématique en étiage).

L'emplacement des treize points de référence, ainsi que la localisation des prélèvements associés et les stations hydrométriques, sont présentés plus bas dans la carte et le tableau. Les caractéristiques des points, notamment les bassins versants captés (bassins utilisés pour le bilan des prélèvements en phase 2) sont également détaillées dans le tableau qui suit.

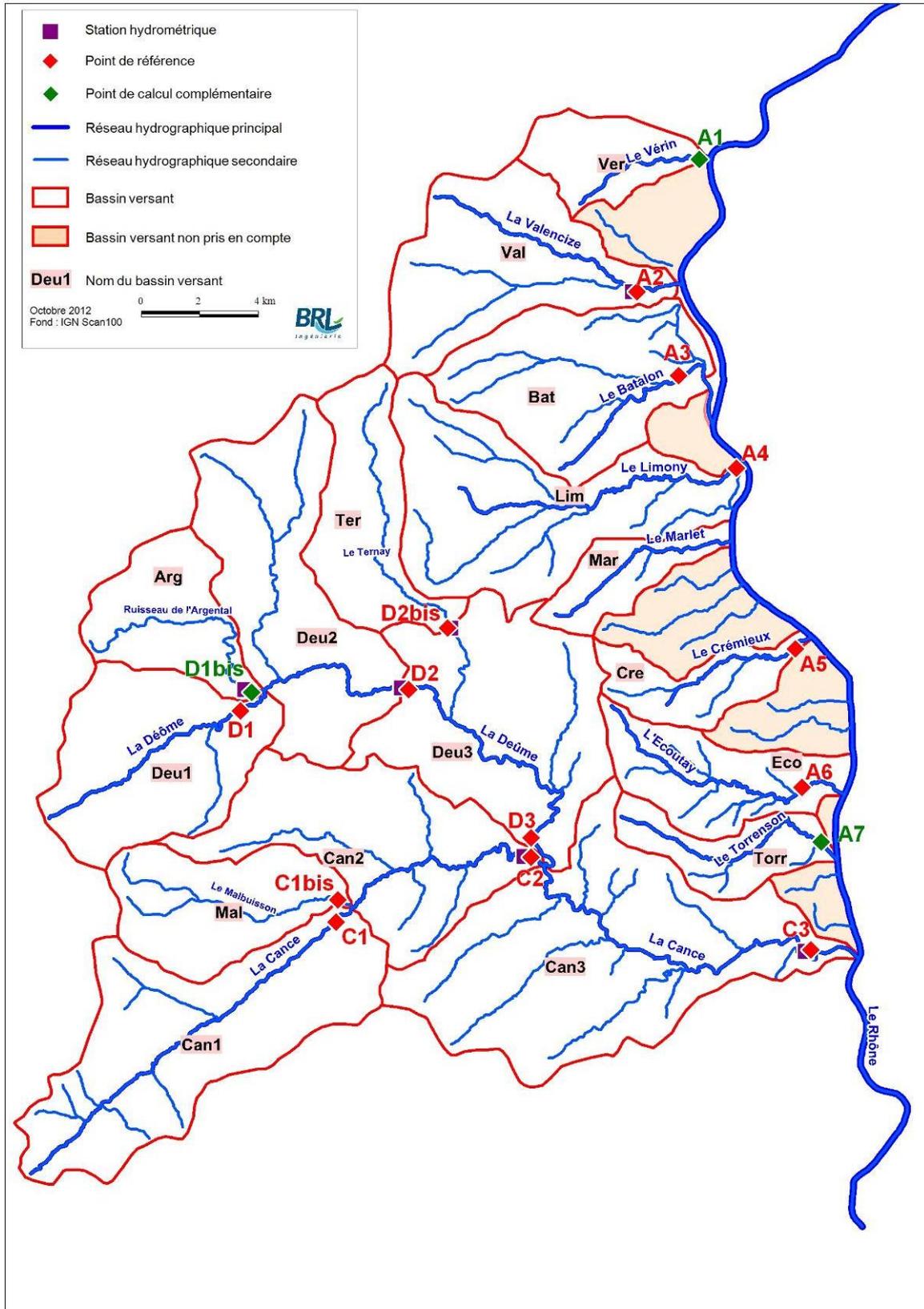
## 4.2 POSITIONNEMENT DES POINTS DE CALCUL COMPLEMENTAIRES

- ▶ En plus des points de référence définis précédemment, et après concertation avec le maître d'ouvrage, nous proposons d'effectuer un calcul de la ressource disponible au droit de **3 points complémentaires**.
- ▶ Il ne nous semble pas judicieux cependant de poursuivre l'étude des volumes prélevables en ces points, c'est pourquoi nous ne considérerons pas ces points complémentaires comme étant des points de référence.
- ▶ Les points de calcul complémentaires considérés sont les suivants :
  - D1bis : L'Argental ;
  - A1 : Le Vérin (pas de données hydrométriques disponibles, peu de prélèvements recensés) ;
  - A7 : Le Torrenson (à sec en période d'étiage jusqu'à Thorenc et souvent jusqu'à Andance, pas de données hydrométriques disponibles, présence d'une retenue en amont ne disposant pas de débit réservé).

Tableau 10 : Points de référence et points de calcul complémentaires sur le bassin des Trois Rivières -  
source : BRLi

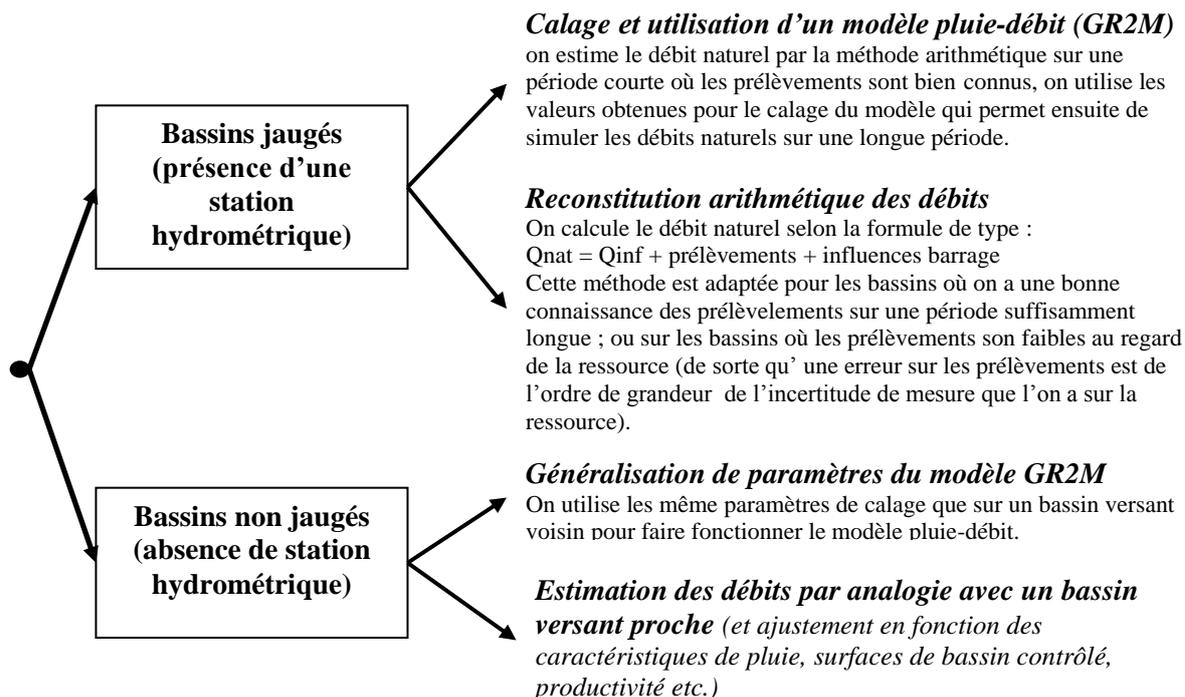
<b>Points de référence</b>	<b>Nom du point de référence</b>	<b>Surface du bassin contrôlé (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Sous-bassins concernés</b>
<b>A2</b>	La Valencize à Chavanay	36	Val
<b>A3</b>	Le Bâtalon à St Pierre de Bœuf	26,8	Bat
<b>A4</b>	Le Limony à Limony	45,4	Lim
<b>A5</b>	Le Crémieux à Peyraud	12,5	Cre
<b>A6</b>	L'écoutay à St Désirat	16,5	Eco
<b>D1</b>	La Deûme amont à Bourg-Argental	38	Deu1
<b>D2</b>	La Deûme intermédiaire à St Marcel-les-Annonay	109	Deu2, Deu1, Arg
<b>D2bis</b>	Le Ternay en amont du barrage	25,5	Ter
<b>D3</b>	La Deûme aval à Annonay	182	Deu3, Ter, Deu2, Deu1, Arg
<b>C1</b>	La Cance amont à Villevocance	56	Can1
<b>C1bis</b>	Le Malbuisson à Villevocance	26	Mal
<b>C2</b>	La Cance intermédiaire à Annonay	125	Can2, Can1, Mal
<b>C3</b>	La Cance aval à Sarras	380	Can3, Can2, Mal, Can1, Deu3, Ter, Deu2, Deu1, Arg
<b>Points de calcul supplémentaires</b>	<b>Nom du point de calcul</b>	<b>Surface du bassin contrôlé (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Sous-bassins concernés</b>
<b>A1</b>	La Vérin à Vérin	14	Ver
<b>A7</b>	Le Torrenson à Andance	12,1	Tor
<b>D1bis</b>	L'Argental (Ruisseau des Préaux) à Bourg-Argental	21	Arg

Figure 15 : Positionnement des points de référence et des points de calcul complémentaires sur le bassin des Trois Rivières



### 4.3 ESTIMATION DE LA RESSOURCE SUPERFICIELLE : ELEMENTS DE METHODOLOGIE ET DE CONTEXTE

Les méthodes qu'il est possible d'utiliser pour désinfluencer des débits varient suivant différents facteurs, notamment la présence d'une station hydrométrique à proximité. Le schéma ci-dessous résume les méthodes utilisées. Les différentes méthodes possibles pour chaque type de situation sont ensuite exposées plus en détail dans les paragraphes 4.3.1 à 4.3.3.



#### 4.3.1 Méthodes pour les points de référence coïncidant avec les stations hydrométriques

Sur les 13 points de référence et 3 points de calcul supplémentaires, seuls 6 d'entre eux coïncident avec des stations hydrométriques équipées par la DREAL Rhône-Alpes ou la DREAL Centre, dont une station dont les données ne sont disponibles qu'à partir de 2010 (La Cance à Annonay).

Pour ces 5 points (4 points de référence : D2 la Deûme à St Marcel-les-Annonay, D2bis le Ternay à St Julien-Molin-Molette, C3 la Cance à Sarras et A2 la Valencize à Chavanay ; et un point de calcul : D1bis le Ruisseau des Préaux à Bourg-Argental), nous disposons donc de séries de débits observés, c'est-à-dire influencés.

## METHODE A : APPROCHE PAR MODELISATION PLUIE - DEBIT.

### Principe

Nous aurons ici recours au modèle hydrologique GR2M, de type pluie-débit. Le calcul se fera en 2 étapes :

- **Calage des paramètres du modèle** Pluie-ETP-Débit sur une période pour laquelle nous avons pu calculer, pour au moins quelques années, le débit naturel avec une approche de type "Méthode B" (voir ci-après).

Le calage d'un modèle consiste à rechercher les paramètres qui permettront de reproduire au mieux le fonctionnement d'une variable mesurée. Des indices tels que le critère de Nash permettent de déterminer mathématiquement les paramètres pour lesquels les séries de données mesurées et simulées sont les plus proches.

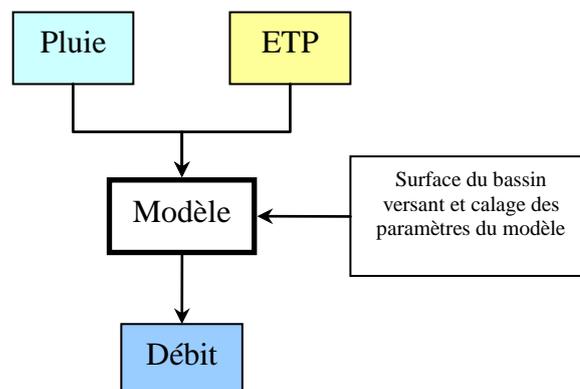
- **Mise en routine du modèle** sur l'intégralité de la période d'étude (1972-2010) avec les paramètres validés. Le modèle permet alors de simuler une série de débits naturalisés sur l'intégralité de la période citée, ce à partir des données météorologiques historiques récupérées.

### Description du modèle GR2M

Le modèle **GR2M (modèle du Génie Rural à 2 paramètres Mensuel)** est un modèle pluie-ETP-débit global à deux paramètres. Son développement a été initié au CEMAGREF à la fin des années 1980, avec des objectifs d'applications dans le domaine des ressources en eau et des étiages. Il a depuis été repris et amélioré dans de nombreux travaux de recherche. La version utilisée ici est celle présentée par Mouelhi (2003) et Moulehi et al. (2006)<sup>5</sup>.

Comme tout modèle pluie-ETP-débit, GR2M calcule, à partir de séries de données pluviométriques et d'évapotranspiration, une série de données de débit.

Figure 16 : Schéma du fonctionnement du modèle GR2M



<sup>5</sup> **Mouelhi, S., 2003.** Vers une chaîne cohérente de modèles pluie-débit conceptuels globaux aux pas de temps pluriannuel, annuel, mensuel et journalier. Thèse de Doctorat, ENGREF, Cemagref Antony, France, 323 pp.

**Mouelhi, S., C. Michel, C. Perrin, and V. Andréassian (2006),** Stepwise development of a two-parameter monthly water balance model, J. Hydrol., 318, 200-214, doi:10.1016/j.jhydrol.2005.1006.1014.

## Calage du modèle

Dans un premier temps, on doit avoir recours au **calage du modèle**. Ce calage se fait sur les 2 paramètres du modèle (paramètres S et R), dans l'objectif de maximiser certains critères. Il doit permettre d'ajuster au mieux la relation entre l'aléa climatique (pluie et évaporation) et la réponse hydrologique (débit).

- Le premier critère est le **critère de Nash** (Nash et Sutcliffe, 1970). Ce critère est sans dimension et est défini par :

$$Nash = \left[ 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Q_i - \hat{Q}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (Q_i - \bar{Q})^2} \right] \times 100$$

où  $Q_i$  et  $\hat{Q}_i$  sont respectivement les débits observés et simulés durant la période de calage; et où  $\bar{Q}$  est la moyenne des débits simulés. Si le critère de Nash est de 100%, l'ajustement est parfait, par contre s'il est négatif, le débit calculé par le modèle est une plus mauvaise estimation que le simple débit moyen.

Un calage cherchant à maximiser Nash ( $\sqrt{Q}$ ) ou Nash(ln(Q)) permet de diminuer l'influence des forts débits et d'obtenir ainsi un meilleur calage des faibles débits. Les estimations faites sur les forts débits (hors étiage) sont alors moins précises.

Pour la présente étude, afin de l'optimiser, le calage a donc été réalisé en maximisant soit le Nash(Q), soit le Nash( $\sqrt{Q}$ ), soit le Nash(lnQ). Le choix final de la solution optimale se fait par la comparaison des différents résultats de calage et l'observation visuelle des débits modélisés.

- Le second critère étudié est le **critère de bilan** (noté  $R_{bilan}$ ), qui représente la mesure sur l'erreur du volume global écoulé. Il est de la forme :

$$R_{bilan} = \frac{\sum_{i=1}^N Q_{cal,i}}{\sum_{i=1}^N Q_{obs,i}} \times 100$$

Où :  $Q_{cal,i}$  est le débit simulé au pas de temps  $i$ ,  $Q_{obs,i}$  est le débit observé au pas de temps  $i$ , et  $N$  le nombre total de pas de temps de la période de simulation. Ici le pas de temps est le mois. Les paramètres seront optimisés de manière à ce que le critère de bilan se rapproche de 100.

La détermination des deux paramètres du modèle, **en un point donné**, permet finalement de fixer la relation au pas de temps mensuel entre l'aléa climatique (pluie et évaporation) et la réponse hydrologique (débit). Ces paramètres représentent la meilleure combinaison possible entre les deux sources de données susmentionnées.

## Validation

La validité du calage obtenu est contrôlée de façon visuelle. Les débits simulés et les débits reconstitués sont comparés sur une période autre que la période de calage.

## Simulation

A l'aide de la relation établie et en utilisant les données de pluie et d'ETP calculées entre 1970 et 2010 pour le point de référence, on est alors capable de **simuler par modélisation** les débits naturels sur cette même période.

### **METHODE B : RECONSTITUTION ARITHMETIQUE DES DEBITS**

Cette méthode consiste à reconstituer les influences anthropiques (prélèvements, rejets, influence des barrages) sur une période passée et à les soustraire/ajouter à des débits influencés pour reconstituer un débit « naturel ».

$$Q_{\text{naturel}} = Q_{\text{mesuré}} + \text{Prélèvements} - \text{Rejets} + \text{entrée barrages} - \text{sortie barrages}$$

Selon que cette méthode est utilisée en tant que telle, ou comme première étape de la méthode A décrite ci-avant, la période pour laquelle on reconstituera les débits sera plus ou moins longue.

### **Quels termes de prélèvements utiliser ? Quantification de l'effet des prélèvements sur les cours d'eau ?**

Les prélèvements et rejets anthropiques ont été inventoriés et quantifiés en phases 1 et 2 de l'étude. L'impact de ces usages quantitatifs sur le débit du cours d'eau doit maintenant être étudié afin de pouvoir reconstituer les débits naturels.

Dans le rapport de phase 2, BRLi estime quantitativement ce que représentent les **prélèvements superficiels** et chiffre leur impact probable sur les cours d'eau en étiage. En ce qui concerne ces prélèvements superficiels, **nous avons fait l'hypothèse que leur impact hydrologique s'avérait direct dès que l'intégralité des prélèvements qu'ils représentaient était effectivement retirée au cours d'eau**. C'est le cas des prélèvements par pompage, mais aussi des retenues collinaires pour lesquelles l'impact a été abordé sous l'angle du remplissage estival par les eaux de ruissellement ou de dérivation. Pour une partie de l'AEP, les prélèvements sur le bassin versant des Trois Rivières se font de manière gravitaire au niveau des résurgences de sources. La quantité prélevée sur ces sources représente autant de volume d'eau qui s'écoulerait en plus en rivière en l'absence de prélèvement.

En ce qui concerne les **prélèvements souterrains**, l'impact provoqué par une sollicitation de la nappe n'est pas aussi direct. Compte tenu de la faiblesse des nappes de la zone d'étude, la plus grande partie des prélèvements souterrains s'effectuent dans la nappe du Rhône, n'impactant pas le territoire des Trois Rivières en termes de prélèvements. En revanche les rejets de ces prélèvements réalisés dans la nappe du Rhône peuvent se faire dans les cours d'eau de la partie aval du bassin (c'est principalement le cas pour l'AEP). Ce sont ces termes de soutien d'étiage qui seront utilisés pour le désinfluencement de la ressource superficielle.

### **4.3.2 Méthodes pour les points de référence sans stations hydrométriques associées**

Pour tous les autres points de référence et autres points de calcul, nous ne disposons pas de séries de débits permettant la reconstitution directe d'un débit naturel.

Les stratégies que l'on privilégiera sont décrites ci-dessous. Ces deux méthodes supposent une similarité entre d'une part le bassin dont on cherche à reconstituer la ressource, et d'autre part celui qui lui sert de modèle. Cette similarité se traduit par un comportement hydrogéologique et hydrologique proche, comparable en termes de ruissellement et de soutien d'étiage par les nappes par exemple. Pour un bassin dépourvu de données hydrométriques, les méthodes seront choisies parmi les suivantes :

- ▶ **Généralisation des paramètres du modèle GR2M au point recherché.** Nous aurons à nouveau recours au modèle GR2M décrit plus bas. Ne disposant pas cette fois-ci de données hydrométriques pour le calage du modèle, **on fait l'hypothèse forte que ce dernier peut être ajusté avec les mêmes paramètres qu'un autre bassin servant de modèle** (un bassin contrôlé par une station hydrométrique, et pour lequel on a effectué le calage). De fait on ne recours pas au calage, mais on procède directement à la simulation de la ressource naturalisée en utilisant les données climatiques récupérées. Si les paramètres sont pris égaux à ceux d'un autre bassin, les variables de pluie et d'ETP sont elles calculées spécifiquement pour le point de référence qui nous intéresse.
- ▶ **Interpolation des surfaces, des pluies et éventuellement des débits spécifiques:** On utilise la chronique de débit naturel d'un bassin proche géographiquement ou dans ses caractéristiques (en termes de morphologie, de couverture du sol, de pluviométrie) que l'on multiplie par le rapport de surface des deux bassins comparés, le rapport des pluies, et, quand la données est disponible, le rapport des débits spécifiques calculés à partir des mesures effectuées lors des campagnes de jaugeage.

La localisation des stations de mesure, la disponibilité des données de base et la facilité d'utilisation de GR2M permettront de décider au cas par cas de l'utilisation d'une des méthodes.

Le tableau ci-dessous présente les méthodes testées pour chaque point de référence et de calcul.

Les cellules en bleu indiquent les points liés à la Cance, les cellules en vert les points liés à la Deûme et les cellules en saumon les points sur les affluents directs du Rhône.

Les méthodes finalement retenues ont indiquées en fond jaune.



Points de référence / de calculs		Nom du point	Surface du BV (km2)	Sous-bassins contrôlés	Station Hydro	Jaugeage	Méthode A	Méthode B	Méthode C
Point de référence	A2	La Valencize à Chavanay	36	Val	○	n	modélisation GR2M calage sur les données de la station sur la période 1999-2009	reconstitution à partir des prélèvements et du débit influencé disponible	
Point de référence	C3	La Cance aval à Sarras	380	Can3, Can2, Mal, Can1, Deu3, Ter, Deu2, Deu1, Arg	○	○			
Point de référence	D2bis	Le Ternay en amont du barrage	25	Ter	○	n			
Point de calcul	D1bis	L'Argental à Bourg-Argental	21	Arg	○	○			
Point de référence	D2	La Deûme intermédiaire à St Marcel-les-Annonay	109	Deu2, Deu1, Arg	○	n			
Point de référence	D1	La Deûme amont à Bourg-Argental	38	Deu1	N	○	Qnat Argental modélisé avec GR2M multiplié par 1a) le rapport des surfaces et rapport des pluies mobiles <b>1 b) le rapport des surfaces, et une pondération entre le rapport des pluies mobiles et le rapport des débits spécifiques jaugeages</b>	Qnat Ternay modélisé avec GR2M multiplié par le rapport des surfaces et rapport des pluies mobiles	Qnat Deume intermédiaire modélisé avec GR2M multiplié par a) le rapport des surfaces et rapport des pluies mobiles
Point de référence	D3	La Deûme aval à Annonay	182	Deu3, Ter, Deu2, Deu1, Arg	N	○	Somme des débits naturels du Ternay, de la Deume intermédiaire et de ce qui peut couler sur Deu3	Qnat D3 = Qnat C3 * rapport des pluies ^2* rapport des surfaces	
Point de référence	C1	La Cance amont à Villevoisance	56	Can1	N	○	Qnat C1 = 0,55 * Qnat C2	2a) Qnat C1 = Qnat C2 * rapport des pluies ^2* rapport des surfaces 2b) Qnat C1 = Qnat C2 * (pondération rapport des pluies; rapport des débits spécifiques) ^2* rapport des surfaces	
Point de référence	C1bis	Le Malbuisson à Villevoisance	26	Mal	N	○	Qnat C1bis = 0,35 * Qnat C2	2a) Qnat C1bis = Qnat C2 * rapport des pluies ^2* rapport des surfaces 2b) Qnat C1bis = Qnat C2 * (pondération rapport des pluies; rapport des débits spécifiques) ^2* rapport des surfaces	
Point de référence	C2	La Cance intermédiaire à Annonay	125	Can2, Can1, Mal	○ mais que 2010 et 2011	n	modélisation GR2M sur la base du calage de C3	sur base coef de régression C3-C2 sur 2010-2011 en période d'étiage Qnat C2 = 0,22 * Qnat C3	Qnat D2 * (pondération rapport des pluies; rapport des débits spécifiques) ^2* rapport des surfaces
Point de calcul	A1	Le Vérin à Vérin	14	Ver	N	○	Interpolation des surfaces et des pluies à partir de la chronique naturelle de la Valencize obtenue par la méthode B	Estimation basée sur des jaugeages ponctuels et le ressenti de terrain du syndicat et de la DREAL	
Point de référence	A3	Le Bâtalou à St Pierre de Bœuf	27	Bat	N	○			
Point de référence	A4	Le Limony à Limony	45	Lim	N	○			
Point de référence	A5	Le Crémieux à Peyraud	12	Cre	N	○			
Point de référence	A6	L'écoutay à St Désirat	16	Eco	N	○			
Point de calcul	A7	Le Torrenson à Andance	12	Tor	N	○			



### 4.3.3 Incertitudes

L'approche conduite ici présente des incertitudes, inhérentes à toute approche quantitative en hydrologie.

#### 4.3.3.1 Sources des incertitudes

Selon les points considérés, les sources d'incertitude seront différentes.

Pour les points pour lesquels nous avons utilisé **une station de mesure existante ou ayant existé**, ces incertitudes sont :

- ▶ Incertitudes sur la connaissance des débits mesurés : l'analyse de ce point a été présentée en détail au paragraphe 3.
- ▶ Incertitudes sur les éléments de désinfluencement pour calculer les débits naturels :
  - Les connaissances sur l'usage liés aux plans d'eau et retenues sont restreintes, la quantification des volumes en jeu est donc marquée par une certaine imprécision. Par ailleurs, en l'absence des courbes hauteur-volume établies pour chaque retenue, l'estimation de l'évaporation à la surface des plans d'eau reste approximative. Nous estimons que la marge d'erreur liée à l'évaluation des prélèvements est d'au moins 20 à 30 %.
- ▶ Incertitudes sur les données d'entrée climatiques du modèle pluie-ETP-débit  
Les lames d'eau sont des données spatialisées à partir de données ponctuelles, parfois obtenues à partir de régression linéaires avec d'autres stations. Sans que l'on puisse estimer le degré d'imprécision de ces données, il est certain qu'elles contiennent une part d'incertitude.
- ▶ Incertitudes sur le calage du modèle pluie-ETP-débit  
Le modèle est calé sur quelques années. Les calages observés dans le cas du bassin des Trois Rivières sont globalement bons, cependant il demeure toujours une imprécision. Le point de référence pour lequel le calage est le moins bon est le point D1bis, L'Argental à Bourg-Argental pour lequel le critère de calage  $Nash(\ln(Q)) = 65$ .
- ▶ Incertitudes sur le calcul des valeurs statistiques pour la ressource  
L'approche retenue ici est un calcul en quantile expérimental. Nous considérons que les séries sont assez longues pour fournir de bons indicateurs des quantiles dans les temps de retour peu rares qui sont manipulés (5 à 10 ans). Ces indicateurs sont purement statistiques.

Pour les **points de référence qui ne sont pas attachés à une station hydrométrique**, il y a des sources d'incertitudes supplémentaires : les méthodes employées (homothétie, répartition à dire d'expert de la ressource entre sous-bassins contributeurs, ...) , en l'absence de points de calage par des mesures répétées, restent approximatives.

#### 4.3.3.2 Ordre de grandeur global de l'incertitude

Il est très délicat de quantifier chaque source d'incertitude ou même l'incertitude globale associée au calcul de la ressource naturalisée. Néanmoins quelques observations générales peuvent être apportées :

- ▶ Plus on va zoomer dans l'espace (plus les bassins étudiés seront de taille réduite) plus l'incertitude sera élevée (en particulier dans l'approche des précipitations),
- ▶ Plus les valeurs manipulées vont être petites, plus les erreurs relatives vont être importantes : nous avons ainsi des erreurs relatives plus importantes pour les débits des mois d'étiage que pour les débits des mois moyens (néanmoins des erreurs importantes peuvent également être trouvées sur les débits très élevés).

Sur les bassins jaugés, la connaissance des modules reste certainement très correcte et l'erreur relative inférieure à 15 - 20 % . Pour les débits d'étiage, étant donné les incertitudes sur les mesures des débits influencés, les prélèvements, etc ... , l'erreur pourrait atteindre 30 % ou plus.

Sur les bassins non jaugés, les ordres de grandeur des modules restent certainement corrects quand la mise en parallèle avec un bassin jaugé est possible (bassins de taille, de géologie ou de couverture proches). Sur les débits d'étiage, les erreurs relatives peuvent être très élevées si aucune mesure non influencée n'est disponible.

#### 4.3.4 Faire avec l'incertitude ...

L'étude a été l'occasion d'un gros travail de collecte de données, sur la ressource, les prélèvements et sur les données climatiques. L'essentiel de l'information disponible, pour les aspects quantitatifs, sur la ressource ou ses usages a été collecté et intégré dans l'étude en cours. Nous disposons ainsi d'éléments suffisants pour nous permettre d'avoir une connaissance approfondie du fonctionnement du bassin versant des Trois Rivières.

Pour autant nous venons de voir que certaines lacunes ou imprécisions persistent. Bien que cela nous oblige à prendre une certaine distance avec les résultats obtenus, ces incertitudes ne doivent pas représenter un frein à la mise en place des volumes prélevables.

Pour l'heure nous retiendrons que :

- ▶ les ordres de grandeurs sont relativement bien connus,
- ▶ les moyens de contrôle restent aussi soumis à des incertitudes : une mesure de débit en étiage restera toujours entachée d'une erreur d'au moins 10 à 15 %,
- ▶ les décisions prises à l'avenir pourront être « confrontées au réel » en procédant à des suivis réguliers et de ce fait éventuellement réajustées.

## 4.4 ESTIMATION DE LA RESSOURCE SUPERFICIELLE - ETAPES POUR CHACUN DES POINTS DE REFERENCE

Pour mémoire, la localisation des 13 points de référence et des 3 points de calcul complémentaires est présentée à la Figure 15 dans les paragraphes précédents.

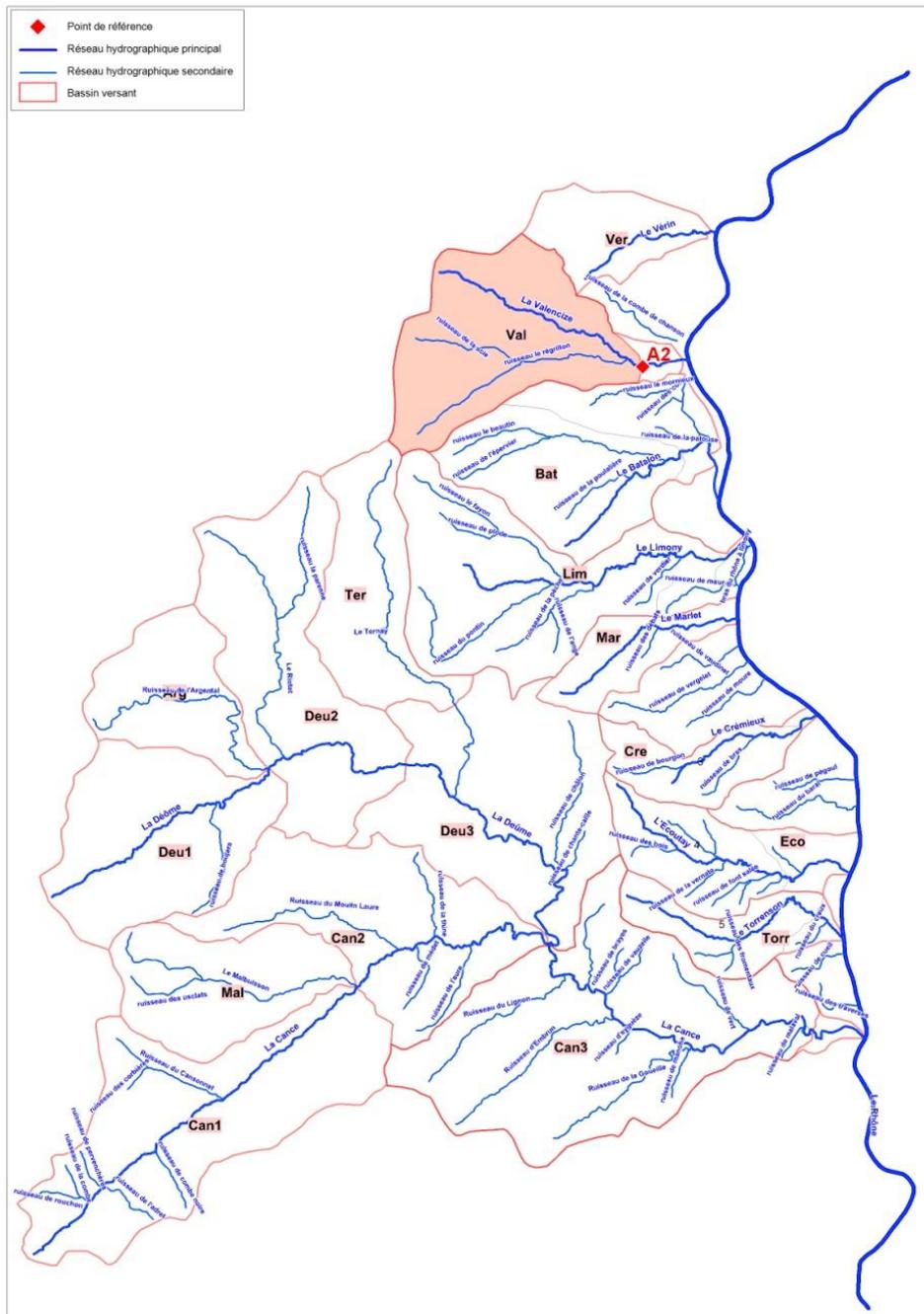
Nous présenterons successivement ci-après les éléments détaillés pour chacun des 16 points.

**Les résultats finalement retenus sont synthétisés dans un tableau de synthèse au chapitre 5.**

### 4.4.1 Point A2 : la Valencize à Chavanay

La station de la Valencize dispose de séries complètes journalières des débits sur la période 1978-2010. Cette station se place à l'exutoire du sous- bassin Val, et coïncide avec le point de référence A2.

Figure 17 : Positionnement du point de référence A2 - la Valencize



#### 4.4.1.1 Méthode A : Simulation du débit naturel avec GR2M

##### PRINCIPE

Les débits observés, influencés, sont **naturalisés sur la période 1999-2009** en utilisant la base de prélèvements construite par BRLi.

Les débits obtenus servent à **caler le modèle pluie-débit GR2M**. Le calage est effectué sur la sous-période 1999-2009 en utilisant comme critère d'optimisation le Nash (In Q). Ce dernier atteint alors 89,1%.

Le modèle calé permet de **simuler par modélisation sur la période 1972-2010**, le débit naturel à Chavanay.

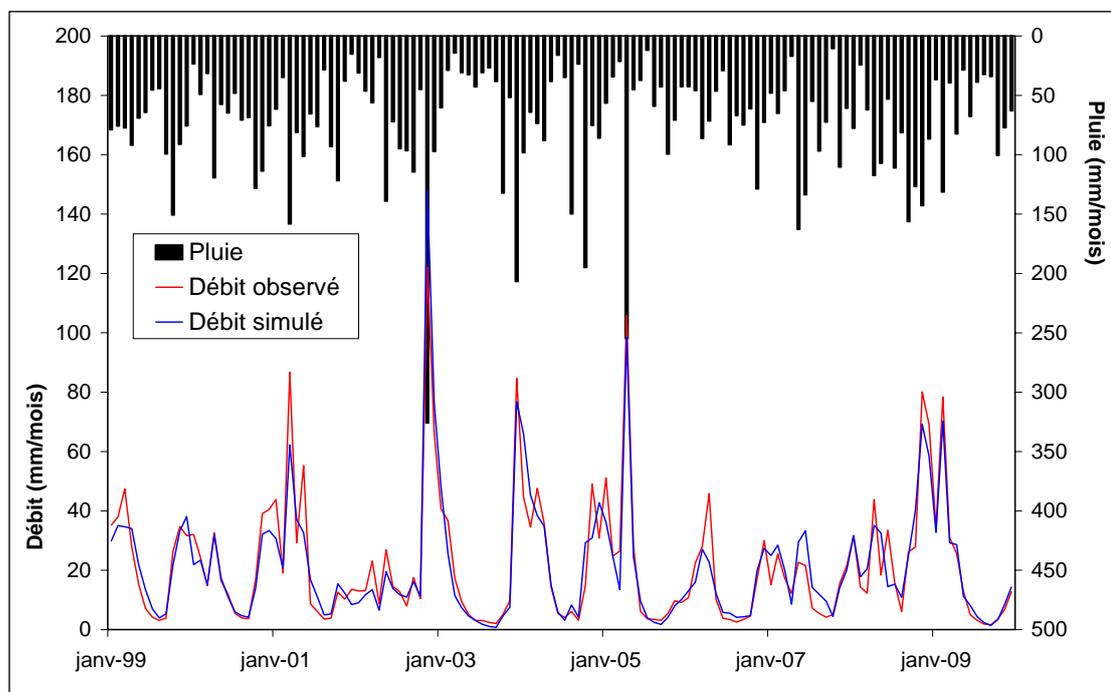
## RESULTATS

Sur le graphique ci-dessous, on présente les résultats du calage réalisé sur la période 1999-2009. Ce calage vise à optimiser le critère Nash ( $\ln Q$ ), c'est-à-dire à représenter au mieux les faibles débits. Dans le cadre de cette étude volumes prélevables, on cherche avant tout à être le plus précis sur cette période. Pour cette raison l'hydrogramme de débit simulé tend à être le plus proche possible de l'observé (naturel reconstitué) en étiage, mais peut en revanche être très éloigné en hautes eaux. De façon générale, sur ce calage, on a tendance à sous-estimer en hautes eaux le débit par rapport à l'observé.

**Le domaine de validité de la courbe simulée se situe en étiage. En dehors de cette période l'hydrogramme simulé est en deçà de ce que l'on observerait.**

Seuls les débits d'étiage du tableau « Méthode A » présenté plus bas doivent donc être considérés.

Figure 18 : Calage du modèle GR2M à Chavanay sur la Valencize, sur la période 1999-2009



A l'aide des paramètres ajustés obtenus, on simule ensuite l'intégralité de la série naturelle à Chavanay sur la période 1972-2010. Les valeurs obtenues sont traitées statistiquement. On présentera l'analyse statistique sur la période 1978-2010 de manière à ce que la comparaison entre les méthodes de calcul se fasse sur une période commune.

#### 4.4.1.2 Méthode B : Reconstitution arithmétique du débit naturel

Dans la méthode A décrite précédemment, on faisait l'hypothèse que les prélèvements étaient bien connus sur la période 1999-2009. Ceci nous servait à calculer un débit naturel « arithmétique » servant ensuite pour le calage de GR2M. La simulation avec le modèle pluie-débit se faisait ensuite à l'aide des variables climatiques et du débit naturel, sans se préoccuper des prélèvements sur le reste de la période.

Une autre méthode, que nous décrivons ici, consiste à faire des hypothèses sur l'historique des prélèvements depuis 1978, date à partir de laquelle les données de débits influencés de la station hydrométrique de la Valencize à Chavanay sont disponibles. On reconstitue alors l'intégralité des prélèvements sur la période 1978-2010. Pour ce faire nous avons considéré les prélèvements connus, étalés sur la période 1999-2009. Nous les avons étendu et extrapolés en considérant un **taux de croissance démographique** estimé à l'aide des données de l'INSEE. Ce taux de croissance est choisi constant et égal à **1,32%**. Ce taux de croissance est utilisé pour la reconstitution des prélèvements servant pour l'AEP, des pompages et forages domestiques et pour les rejets de l'assainissement.

Le remplissage des retenues, déjà considéré comme constant d'une année sur l'autre, sera pris égal à la période 1999-2009. De même, les prélèvements pour l'irrigation sont pris égal à une année moyenne de la période 1999-2009.

Disposant finalement d'une base de prélèvements reconstituée sur la période 1978-2010, nous calculons le débit naturel à Chavanay sur cette même période à partir de la formule suivante (et qui n'était utilisé dans la méthode A que pour servir au calage du modèle pluie-débit sur 1999-2009) :

$$Q_{\text{naturel}} = Q_{\text{mesuré}} + \text{Impacts des Prélèvements et Rejets anthropiques}$$

### 4.4.1.3 Comparaison des deux méthodes pour la Valencize à Chavanay

Dans les tableaux et graphiques suivants, on indique les résultats obtenus pour la ressource naturalisée, via l'une ou l'autre des deux méthodes précédemment décrites.

Figure 19 : Comparaison des hydrogrammes de débit naturel obtenus par les deux méthodes décrites sur le point de référence de Chavanay

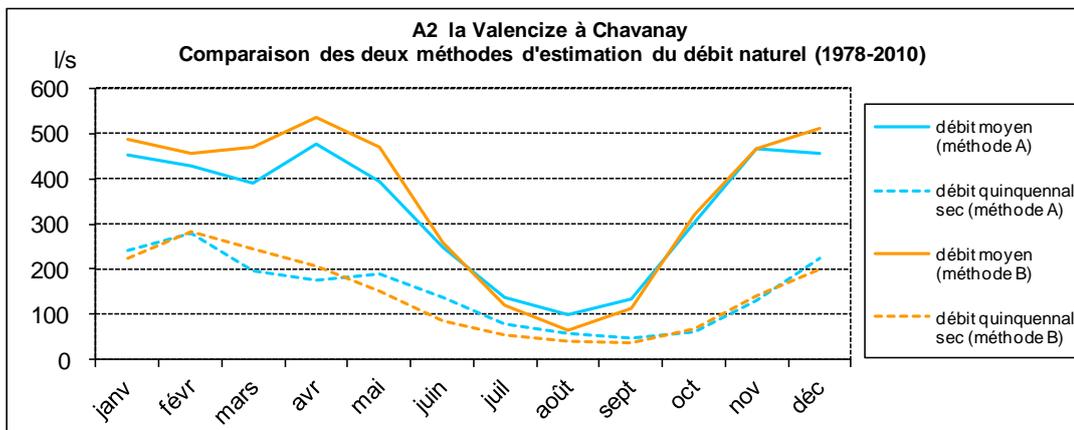
Analyse statistique sur la période 1978 - 2010

Point : Valencize à Chavanay superficie contrôlée : 36,00 km<sup>2</sup>

Méthode A - Naturel simulé avec GR2M																		
(quantiles expérimentaux)	l/s												l/s/km <sup>2</sup>					
	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	QMNA	Module	1/10ème module	1/20ème module	QMNA	Module
Moyenne (l/s)	454	435	396	481	397	248	138	101	133	298	455	445	70	332	33	17	1,9	9,2
T=10 ans sec (l/s)	194	251	163	114	139	101	63	39	29	43	80	114	22	233	23	12	0,6	6,5
T=5 ans sec (l/s)	249	281	203	178	196	139	80	58	49	61	120	211	43	250	25	13	1,2	6,9

Méthode B - Q Naturel à partir des données de prélèvements																		
(quantiles expérimentaux)	l/s												l/s/km <sup>2</sup>					
	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	QMNA	Module	1/10ème module	1/20ème module	QMNA	Module
Moyenne (l/s)	488	455	470	537	470	259	121	65	115	320	465	510	54	356	36	18	1,5	9,9
T=10 ans sec (l/s)	186	228	153	142	121	74	47	34	30	59	99	167	27	222	22	11	0,7	6,2
T=5 ans sec (l/s)	225	284	245	206	151	86	55	42	37	70	142	200	30	270	27	14	0,8	7,5



Les résultats des deux méthodes sont globalement comparables, surtout concernant la période d'été. La méthode B s'avère plus sévère que la méthode A en été. En effet, la différence entre les hydrogrammes moyens varie entre 20 et 30 l/s entre le mois de juillet et le mois de septembre. Cette différence en été est atténuée pour ce qui est des débits quinquennaux secs.

Le méthode A s'avère moins performante à reproduire les hautes eaux. Ceci peut être lié à deux facteurs : l'imprécision des stations pour la mesure des débits en crue, ainsi que, comme cela a été expliqué dans le descriptif de la méthode GR2M le fait que l'on cale le modèle pluie-débit sur les basses-eaux. Cependant, l'enjeu des volumes prélevables étant centré sur l'été, ce constat n'est pas discriminant pour le choix d'une méthode ou d'une autre.

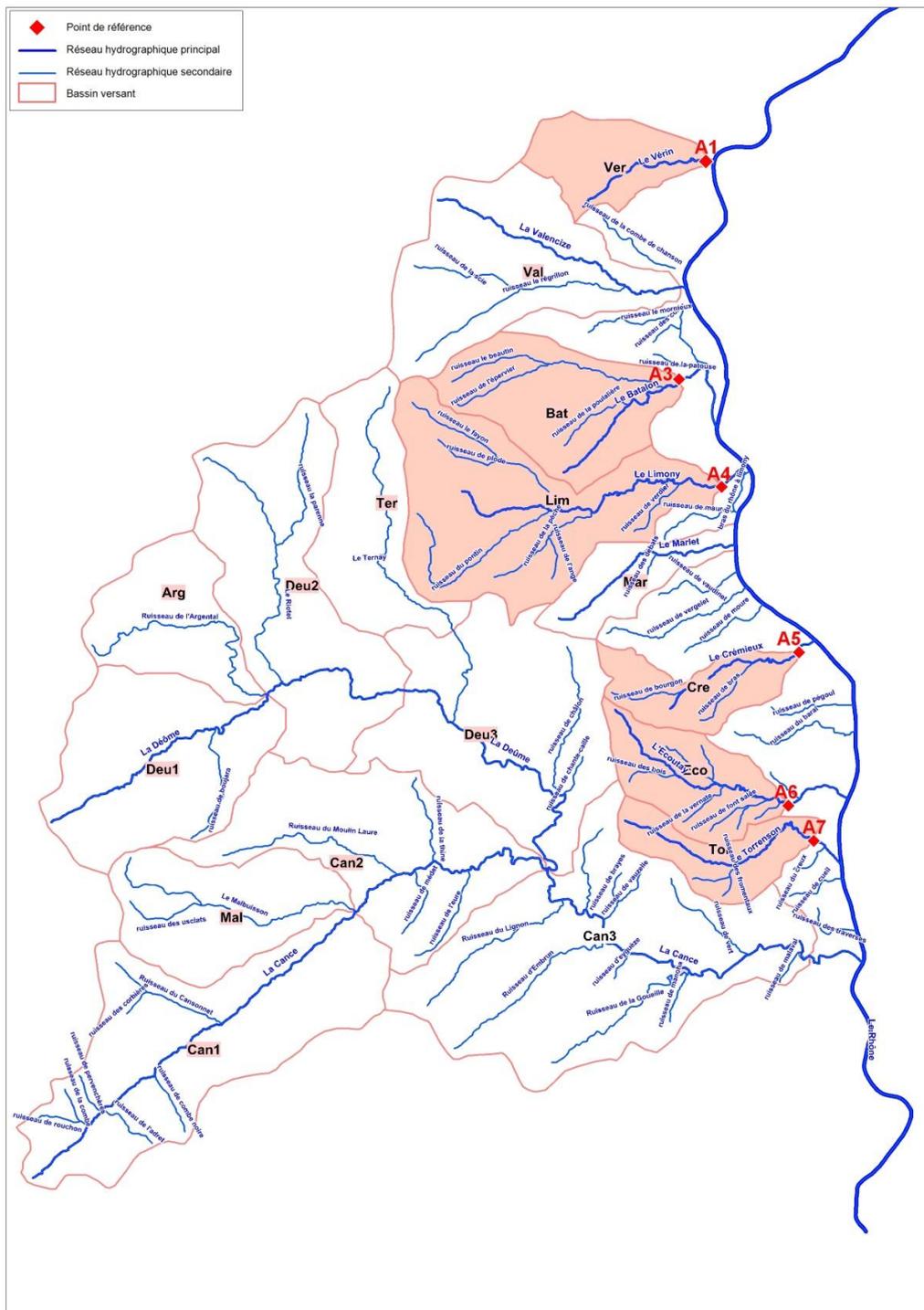
### 4.4.1.4 Choix de la méthode

Le ratio des prélèvements passés supposés sur les débits mesurés reste faible, même en été. Nous privilégierons donc ici la méthode arithmétique.

En conclusion, on propose de retenir la méthode B, dite « arithmétique », pour le point de référence de A2 la Valencize à Chavanay.

#### 4.4.2 Points A1, A3, A4, A5, A6, A7 : affluents directs du Rhône non jaugés (sans station de mesure)

Figure 20 : Positionnement des points de référence A1, A3, A4, A5, A6, A7



#### 4.4.2.1 Considération méthodologique et forte incertitude sur les sous-bassins affluents directs du Rhône

Les paragraphes ci-dessous décrivent les facteurs influençant la fiabilité des estimations de débits sur les affluents directs du Rhône.

##### TAILLE REDUITE DES SOUS-BASSINS

En plus d'être non jaugés, les bassins versant des affluents directs du Rhône sont de très petite taille (moins de 15 km<sup>2</sup> pour certains). Cette taille réduite rend difficile l'estimation de la ressource et une approche par modélisation ou généralisation des résultats obtenus sur un bassin voisin jaugé peut donner des résultats non satisfaisants. En dessous d'une certaine surface drainée, lors pluies faibles ou modérées, la concentration des écoulements est insuffisante pour générer un débit significatif dans les cours d'eau. Dans ces conditions, l'application de méthodes classiques, basées sur la modélisation des écoulements est difficilement applicable.

Le tableau ci-dessous rappelle les surfaces des bassin-versants de chaque affluent.

Code	Nom du point	Surfaces du bassin versant capté (km <sup>2</sup> )
A1	Le Vérin à Vérin	14
A2	La Valencize à Chavanay	36
A3	Le Bâtalon à St Pierre de Boeuf	26,8
A4	Le Limony à Limony	45,4
A5	Le Crémieux à Peyraud	12,5
A6	L'Ecoutay à St Désirat	16,5
A7	Le Torrenson à Andance	12,1

##### FORTE VARIABILITE DES DEBITS

Les bassins versants de petite taille sont généralement très réactifs, le temps qui s'écoule entre un évènement pluvieux et son impact sur les débits du cours d'eau est relativement courts, et le temps que prend la baisse des débits en l'absence de précipitation également. Plus un bassin est réactif, moins une approche mensuelle est pertinente car les valeurs de débit mensuel peuvent masquer des variations importantes.

Le graphique ci-dessous (élaboré à partir des données mesurées sur la Valencize au mois d'août) illustre cette variabilité. Le débit moyen du mois d'août calculé sur la période 1978-2011 est de 59 l/s (pointillé noir), suivant les années (ici août 2009, plutôt sec, et août 2010, plutôt humide) le débit mensuel moyen peut varier fortement (le débit moyen du mois d'août 2009 est de moins de 20 l/s (pointillé bleu), celui de 2010 est de près de 70 l/s (pointillé rouge)). Les débits journaliers observés peuvent être très différents de la moyenne mensuelle de l'année en cours ainsi que de la moyenne mensuelle interannuelle.

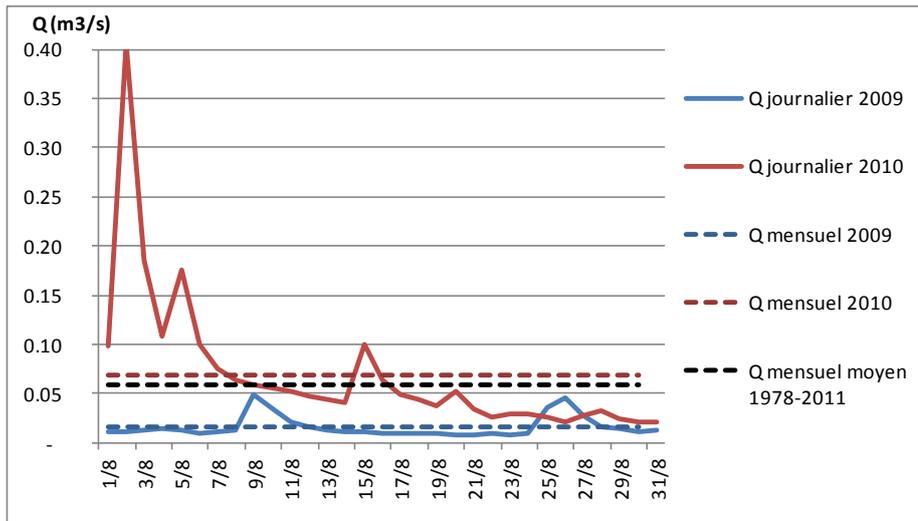


Figure 21 : Débits journaliers du mois d'août mesurés sur la Valencize à Chavanay et comparaison avec les débits mensuels

#### PERTINENCE D'UTILISATION DES DONNÉES DE JAUGEAGES PONCTUELS

Des jaugeages ponctuels ont été réalisés sur ces affluents (voir § 3.3) et apportent des indications sur les débits des cours d'eau. Il faut cependant souligner que ces valeurs ponctuelles sont à considérer avec précaution et ne sont pas forcément représentatives des débits mensuels que l'on cherche à déterminer dans cette étude en raison de :

- ▶ l'incertitude des mesures de débits lors des jaugeages
- ▶ leur caractère ponctuel : si la mesure est intervenue au moment d'un prélèvement en rivière en amont (par pompage par exemple), le débit mesuré sera fortement influencé par ce pompage, alors que le jour suivant, en l'absence de pompage en amont, le débit mesuré aurait pu être significativement supérieur.
- ▶ la forte variabilité des débits sur ces cours d'eau (évoquée au paragraphe précédent) contribue également à la difficulté d'utilisation des données de jaugeages. Dans l'exemple présenté en Figure 21, un débit mesuré le 26/09/2010 aurait été de l'ordre de 20 l/s, soit plus de trois fois inférieur à la moyenne d'août de cette année là, et plus de 2 fois inférieur à la moyenne interannuelle.

En conclusion, on peut retenir que **les données de jaugeages peuvent être utiles mais doivent être utilisées avec précaution et mises en parallèle avec les connaissances des acteurs de terrain.**

#### **4.4.2.2 Approche proposée pour l'estimation de la ressource en eau des affluents directs du Rhône**

##### ESTIMATION PAR ANALOGIE AVEC LES DEBITS MESURES SUR LA VALENCIZE

Dans un premier temps, les débits des affluents directs du Rhône ont été estimés par analogie avec les débits de la Valencize sur laquelle des données de mesures de débits sont disponibles. Plusieurs méthodes ont été testées (généralisation des paramètres du modèle GR2M, interpolation des surfaces, interpolation des surfaces et des pluies).

On a finalement retenu une estimation par interpolation des surfaces et des pluies<sup>6</sup>. On fait l'hypothèse que le débit naturel d'un affluent donné est égal au débit naturel obtenu par simulation à l'aide de la méthode B (reconstitution arithmétique) sur la Valencize, multiplié par le rapport des surfaces des sous bassins versant bassins de la Valencize et de l'affluent considéré et par le rapport moyen des pluies élevé au carré.

$$Q_{\text{nat affluent (mois i, année n)}} = Q_{\text{nat Valencize (mois i, année n)}} * (S_{\text{Affluent}} / S_{\text{Valencize}}) * (P_{\text{Affluent}} / P_{\text{Valencize}})^2$$

Le tableau ci-dessous présente les résultats ainsi obtenus.

		Débit naturels estimés, en l/s														Débit spécifique en l/s/km <sup>2</sup>			
		janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	QMNA	mod.	1/10	1/20	QMNA	module
A1 - Le Vérin à Vérin	moy	190	178	184	209	183	101	47	26	45	125	181	199	21	139	14	7	1	10
	10 ans sec	72	89	60	55	47	29	18	13	12	23	39	65	11	86	9	4	1	6
	5 ans sec	88	111	96	80	59	34	21	17	15	27	55	78	12	105	11	5	1	8
A3 - Le Bâton à St Pierre de Bœuf	moy	299	279	288	329	288	158	74	40	70	196	285	312	33	218	22	11	1	8
	10 ans sec	114	140	94	87	74	45	29	21	18	36	61	102	16	136	14	7	1	5
	5 ans sec	138	174	150	126	92	53	34	26	23	43	87	123	19	165	17	8	1	6
A4 - le Limony à Limony	moy	479	448	462	527	462	254	119	64	113	314	457	501	53	350	35	18	1	8
	10 ans sec	182	224	150	139	119	72	46	33	30	58	98	164	26	218	22	11	1	5
	5 ans sec	221	280	241	203	148	85	54	42	37	68	140	197	30	265	27	13	1	6
A5 - le Crémieux à Peyraud	moy	126	118	122	139	122	67	31	17	30	83	120	132	14	92	9	5	1	7
	10 ans sec	48	59	40	37	31	19	12	9	8	15	26	43	7	57	6	3	1	5
	5 ans sec	58	74	64	53	39	22	14	11	10	18	37	52	8	70	7	4	1	6
A6 - l'Ecoutay à St Désirat	moy	153	143	148	168	147	81	38	21	36	100	146	160	17	112	11	6	1	7
	10 ans sec	58	71	48	44	38	23	15	11	9	18	31	52	8	69	7	3	1	4
	5 ans sec	71	89	77	65	47	27	17	13	12	22	45	63	9	85	8	4	1	5
A7 - Le Torrenson à Andance	moy	112	105	108	124	108	60	28	15	26	74	107	117	12	82	8	4	1	7
	10 ans sec	43	53	35	33	28	17	11	8	7	14	23	39	6	51	5	3	1	4
	5 ans sec	52	66	57	48	35	20	13	10	9	16	33	46	7	62	6	3	1	5

**Figure 22 : Résultats obtenus sur les affluents du Rhône (estimation par analogie avec les débits de la Valencize)**

### CONFRONTATION AU RESSENTI SUR LE TERRAIN

Les résultats fournis par la méthode précédente ne semblent pas satisfaisants une fois comparés à l'expérience de terrain du syndicat des trois rivières et de la DREAL. En effet, comme mentionné plus haut, l'incertitude propre à tout exercice d'estimation hydrologique est encore plus élevée sur ces bassins de faible taille, et les méthodes de reconstitution par analogie avec un bassin jaugé de taille supérieure ne sont pas toujours applicables.

Les tableaux et les graphiques suivants comparent les estimations faites par analogie avec le bassin de la Valencize, avec les données des jaugeages réalisés dans le cadre de cette étude et de l'étude qualité.

<sup>6</sup> Les résultats des différentes méthodes proposées donnent en étiage des résultats différents mais restant du même ordre de grandeur. La méthode retenue est celle qui prend en compte à la fois les critères de surface et de pluie. Elle correspond également à celle pour laquelle les débits estimés en étiage sont les plus faibles et donc les plus proches des jaugeages ponctuels réalisés, et du ressenti du syndicat et de la DREAL.

**Tableau 11 : Bilan des jaugeages effectués sur les affluents directs du Rhône au cours de l'étude VMP et de l'étude qualité**

Nom du point		Jaugeages étude Volumes Maximum Prélevables (l/s)			Jaugeage étude qualité (l/s)					
		17-18 juil 2012	13-14 aout 2012	10-11 sept. 2012	Nom du point équivalent		6, 13 ou 14 juin 2012	23 au 26 juillet 2012	1 au 3 octobre 2012	13, 14, 15 ou 18 février 2013
A1	Le Vérin à Vérin	11	1	0	VER02	Vérin - Vérin - Clos Bouche	142	6	20	597
A2	La Valencize à Chavanay				VAL03	Valencize - Péluassin -	400	70	56	1123
A3	Le Bâton à St Pierre de Bœuf	57	5	3	BAT02	Bâton - Saint-Pierre-de-Bœuf - La Bascule	165			483
A4	Le Limony à Limony	79	0	0	LIM02	Limony - Limony				
A5	Le Crémieux à Peyraud	19	2	0	CRE02	Crémieux - Peyraud	9	7	24	141
A6	L'écoutay à St Désirat	11	1	1	ECO04	Écoutay - Saint-Désirat - aval village	70	pas de jaugeage, débit trop faible	19	158
A7	Le Torrenson à Andance	6	2	2	TOR03	Torrenson - aval Andance	27	2	13	42

Les graphiques ci-dessous présentent pour chacun des affluents directs du Rhône :

- ▶ Le débit influencé reconstitué (c'est-à-dire le débit naturel estimé par analogie avec la Valencize, auquel on a soustrait l'impact des prélèvements estimés, en période de pointe), en année moyenne (barres bleues) et en année quinquennale sèche (barres rouges) ;
- ▶ Les valeurs mesurées lors des campagnes de jaugeages réalisées au cours de l'étude Volumes prélevables (points verts) et au cours de l'étude qualité (points jaunes) ;
- ▶ Dans le cas de la Valencize sur laquelle une station hydrométrique existe, on présente également les débits influencés mesurés en année moyenne (barres bleu-vertes) et quinquennale sèches (barres orangées)

On s'aperçoit que les jaugeages réalisés en étiage (aout et septembre notamment) semblent nettement inférieurs aux estimations faites. Soulignons que ces jaugeages sont des mesures ponctuelles et ne sont donc pas directement comparables aux estimations qui sont des débits moyens mensuels. L'expérience de terrain du syndicat des Trois Rivières et les analyses de la DREAL Rhône-Alpes semblent cependant confirmer que les estimations surestiment la ressource réellement disponible pour certains des affluents directs du Rhône.

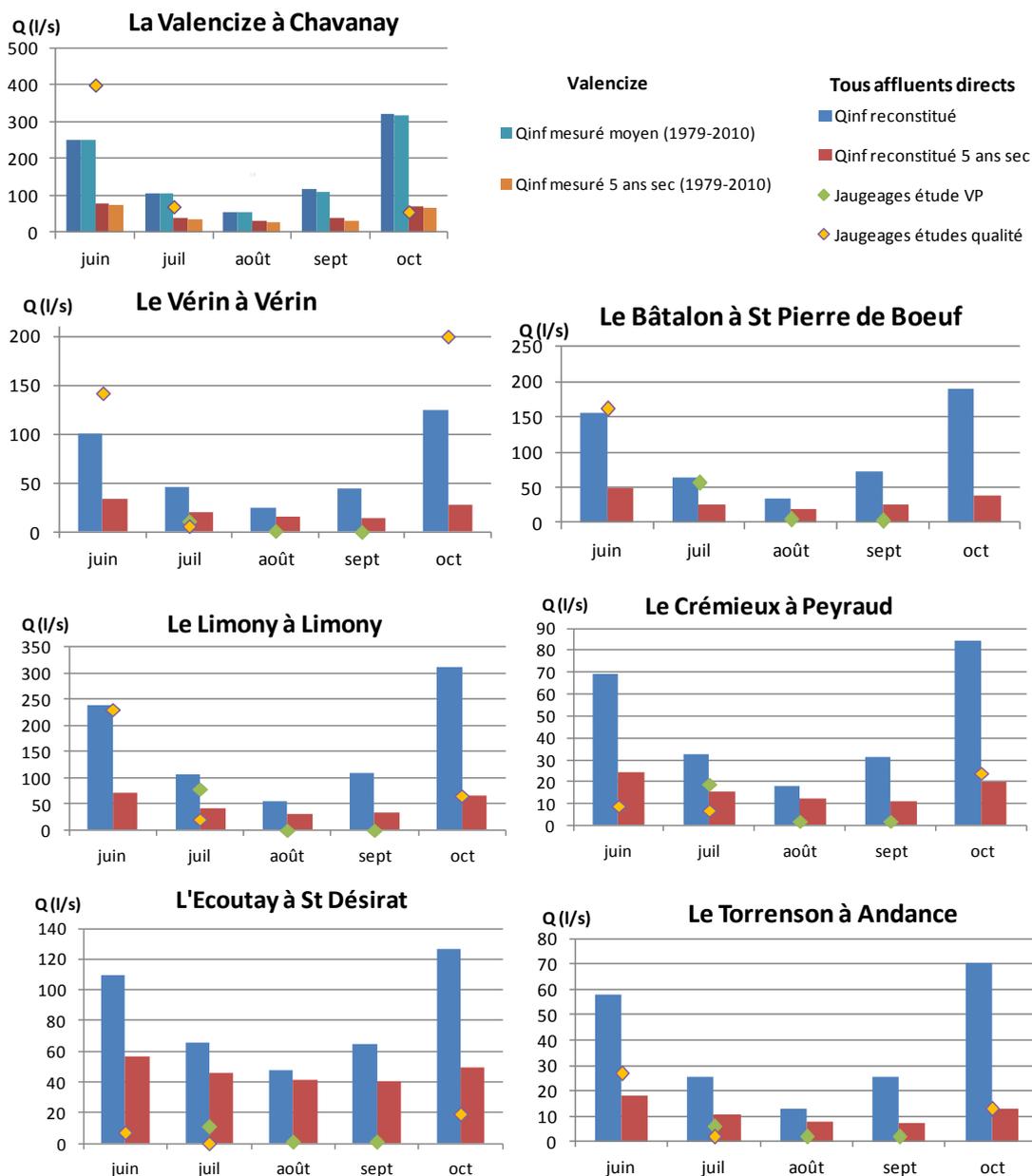


Figure 23 : Comparaison des débits estimés par analogie avec le bassin de la Valencize avec les valeurs de jaugeages

Le tableau ci-dessous présente les QMNA calculés par analogie avec la station de la Valencize, ainsi que les estimations faites par la DREAL des QMNA5 à partir des données de jaugeages et des estimations du syndicat.

débits en l/s		Estimation BRL par analogie avec la station hydrométrique sur la Valencize		Estimation DREAL et syndicat des trois rivières			
Code	Stations	Qmna5 naturel	Qmna5 reconstitué	DREAL 2013 QMNA5 reconstitué (à partir des données de jaugeages)	Avis DREAL sur valeur BRL influencée	Estimation syndicat (QMNA5 "ressenti")	Propositions QMNA5 reconstitué
A1	Vérin	12	11	0-5 l/s	un peu fort	0-5 l/s	0-8 l/s
A3	Batalon	19	11	1-5 l/s	un peu fort	5 l/s	1-8 l/s
A4	Limony	30	19	1-8 l/s	trop élevé par rapport aux observations	5-10 l/s	1-10 l/s ?
A5	Crémieux	8	9	0-4 l/s	Un peut fort, mais à la limite	2-5 l/s	0-6 l/s
A6	Ecoutay	9	37	0-5 l/s		2-5 l/s	0-10 l/s ?
A7	Torrenson	7	5	2-4 l/s	OK	2-5 l/s	2-5 l/s

### PROPOSITION D'UNE SECONDE ESTIMATION

Compte tenu de l'ensemble de ces constatations, une seconde estimation de débit naturel est proposée pour certains des affluents directs du Rhône.

Code	Stations	Degré d'incertitude	Révision des estimations
A1	Vérin	Très forte	La faible surface du bassin versant du Verin explique que les résultats obtenus par analogie avec la Valencize ne soient pas entièrement satisfaisants. Une seconde estimation est proposée.
A3	Batalon	Très forte	La faible surface du bassin versant du Batalon explique que les résultats obtenus par analogie avec la Valencize ne soient pas entièrement satisfaisants. Ce cours d'eau a été identifié comme étant régulièrement à sec en étiage (voir rapport de phase 1-2). Une seconde estimation est proposée.
A4	Limony	Très forte	Le bassin versant du Limony a une surface du même ordre de grandeur que le bassin de la Valencize. Contrairement à d'autres bassins comme le Torrenson ou le Batâlon, il ne fait pas partie des cours d'eau régulièrement à sec en période d'étiage. Une révision des débits est proposée pour se rapprocher du ressenti de terrain. Cependant, compte tenu de la taille du bassin et du fait que le Limony n'a pas été signalé comme régulièrement à sec en étiage (voir rapport de phase 1-2), les jaugeages réalisés semblent faibles (Q=0 en juillet et août). Cela peut s'expliquer par des prélèvements temporaires en amont du point de mesure (dans ce cas, les débits mesurés donnent une fausse idée des étiages que connaît le cours d'eau); ou bien par l'infiltrations du cours d'eau dans des alluvions et des écoulements de sub-surface à l'approche de la confluence avec le Rhône.
A5	Crémieux	Très forte	La faible surface du bassin versant du Crémieux explique que les résultats obtenus par analogie avec la Valencize ne soient pas entièrement satisfaisants. Une seconde estimation est proposée.
A6	Ecoutay	Très forte	Lors de la phase d'estimation des prélèvements, un rejet industriel significatif a été attribué au bassin de l'Ecoutay, et explique que son débit influencé reconstitué soit supérieur à son débit naturel. Au vu du ressenti de terrain du syndicat, il semble que ce rejet n'était pas en activité le jour des mesures, ou bien qu'il a été mal estimé. Pour ce point, une seconde estimation est proposée, de façon à obtenir des débits naturels du même ordre que ceux du Crémieux (bassin voisin et de taille équivalente)
A7	Torrenson	Très forte	Les estimations faites sur le Torrenson sont en accord avec le ressenti de terrain, On ne propose pas de seconde estimation pour ce point. Soulignons tout de même que ce cours d'eau est identifié comme étant régulièrement à sec en étiage (voir rapport de phase 1-2), contrairement à d'autres sous-bassins comme le Crémieux ou le Vérin.

Le tableau ci-dessous présente la seconde estimation faite pour les différents sous-bassins. Cette seconde estimation a été réalisée en considérant que l'erreur d'estimation faite sur les QMNA en travaillant par analogie avec la station de la Valencize se retrouvait également sur les débits de juin à octobre, on a suivi les étapes ci-dessous.

- ▶ A partir des QMNA5 reconstitués estimés d'après le ressenti terrain, on calcule des QMNA5 naturalisés (=QMNA reconstitué + influence des prélèvements)
- ▶ On calcule le rapport entre les QMNA5 naturalisés de la première estimation et de la seconde estimation (ressenti terrain), pour les fourchettes basses et hautes.
- ▶ On suppose que ces rapports restent les mêmes sur l'ensemble des mois de la période d'étiage.

Dans le cas de l'Ecoutay, si on prend en compte les rejets liés aux prélèvements estimés en phase 1 on obtient un QMNA5 naturel adhérent (négatif) (voir commentaires dans le tableau ci-dessus). La seconde estimation des débits de l'Ecoutay a été réalisée par analogie le Crémieux, bassin versant proche et de taille équivalente (simple rapport de surface).

	l/s	Débit naturel (2nd estimation)					
		juin	juil	août	sept	oct	QMNA
<b>A1 - Le Vérin à Vérin</b>	moy	10 à 75	0 à 35	0 à 20	5 à 30	10 à 90	1 à 16
	10 ans sec	0 à 20	0 à 15	0 à 10	0 à 10	0 à 20	1 à 8
	5 ans sec	0 à 25	0 à 15	0 à 10	0 à 10	0 à 20	1 à 9
<b>A3 - Le Bâton à St Pierre de Bœuf</b>	moy	70 à 130	35 à 60	20 à 35	30 à 60	90 à 165	15 à 28
	10 ans sec	20 à 40	10 à 25	10 à 20	10 à 15	20 à 30	8 à 14
	5 ans sec	25 à 45	15 à 30	10 à 20	10 à 20	20 à 35	9 à 16
<b>A4 - le Limony à Limony</b>	moy	120 à 180	55 à 80	30 à 45	50 à 80	145 à 220	21 à 37
	10 ans sec	30 à 50	20 à 30	15 à 20	15 à 20	30 à 40	10 à 14
	5 ans sec	40 à 60	25 à 40	20 à 30	20 à 25	30 à 50	12 à 21
<b>A5 - le Crémieux à Peyraud</b>	moy	10 à 40	5 à 20	5 à 10	5 à 20	20 à 50	3 à 9
	10 ans sec	5 à 10	0 à 10	0 à 5	0 à 5	0 à 10	1 à 4
	5 ans sec	5 à 15	0 à 10	0 à 10	0 à 5	5 à 10	2 à 5
<b>A6 - l'Ecoutay à St Désirat</b>	moy	20 à 55	10 à 25	5 à 15	10 à 25	20 à 70	4 à 11
	10 ans sec	5 à 15	0 à 10	0 à 10	0 à 5	5 à 10	2 à 6
	5 ans sec	5 à 20	5 à 10	0 à 10	0 à 10	5 à 15	2 à 6

#### 4.4.2.3 Conclusion sur la pertinence de l'application d'une méthodologie volume prélevable sur les affluents directs du Rhône.

L'incertitude sur l'estimation des débits existe pour l'ensemble des bassins-versants, qu'il soient jaugés ou non. Dans les cas des affluents directs du Rhône, (à l'exception de la Valencize sur laquelle des données de débits sont disponibles) cette incertitude est encore plus forte en raison de la petite taille des bassins versants (pour certains moins de 20 km<sup>2</sup>) et de l'interruption des écoulements en période d'étiage. **Il n'est pas possible de donner une estimation suffisamment fiable de la ressource en eau sur ces affluents.**

Comme mentionné au paragraphe 4.2, les points sur le Vérin et le Torrenson sont des points de calcul et non des points de référence, ils ne feront donc pas l'objet d'une estimation de volumes maximums prélevables. **Compte tenu de l'ensemble des éléments présentés plus haut, mener une réflexion sur l'équilibre besoin/ressource et les volumes prélevables des bassins versant du Bâton, du Limony, du Crémieux et de l'Ecoutay, risque d'aboutir à des résultats difficilement utilisables. Il a été convenu avec le comité technique de l'étude, qu'une approche basée sur les ordres de grandeur disponibles pour les QMNA5 (plutôt que sur les débits mensuels) serait toutefois menée.**

Il est difficile de choisir l'une ou l'autre des estimations présentées dans la mesure où l'on ne dispose pas de données fiables permettant de trancher. La première estimation est de 16 à 38% supérieure à la fourchette haute de la seconde estimation. On propose de retenir les fourchettes présentées dans le tableau ci-dessous, encadrant les estimations faites.

	QMNA5 naturel				
	1ère estimation	2nd estimation	Différence relative	Différence absolue	Fourchette retenue
A1 - Le Vérin à Vérin	12	1 à 9	25%	3	1 à 12
A3 - Le Bâton à Saint Pierre de Bœuf	19	9 à 16	16%	3	9 à 19
A4 - Le Limony à Limony	30	12 à 21	30%	9	12 à 30
A5 - Le Crémieux à Peyraud	8	2 à 5	38%	3	2 à 8
A6 - L'Ecoutay à St Désirat	9	2 à 6	33%	3	2 à 9
A7 - Le Torrenson à Andance	7	-	-	-	5 à 7



méthode A : modélisation à l'aide du modèle GR2M

méthode B : reconstitution arithmétique du débit naturel à l'aide du débit observé et de l'historique des prélèvements.

#### 4.4.3.2 Méthode A : Simulation du débit naturel avec GR2M

##### PRINCIPE

- ▶ Les débits observés, influencés, sont **naturalisés sur la période 1999-2009** en utilisant la base de prélèvements construite par BRLi.
- ▶ Les débits obtenus servent à **caler le modèle pluie-débit GR2M**. Le calage est effectué sur la sous-période 1999-2009 en utilisant comme critère d'optimisation Nash In (Q). Ce dernier atteint alors **87 %**.
- ▶ Le modèle calé permet de **simuler par modélisation sur la période 1972-2010**, le débit naturel à Sarras.

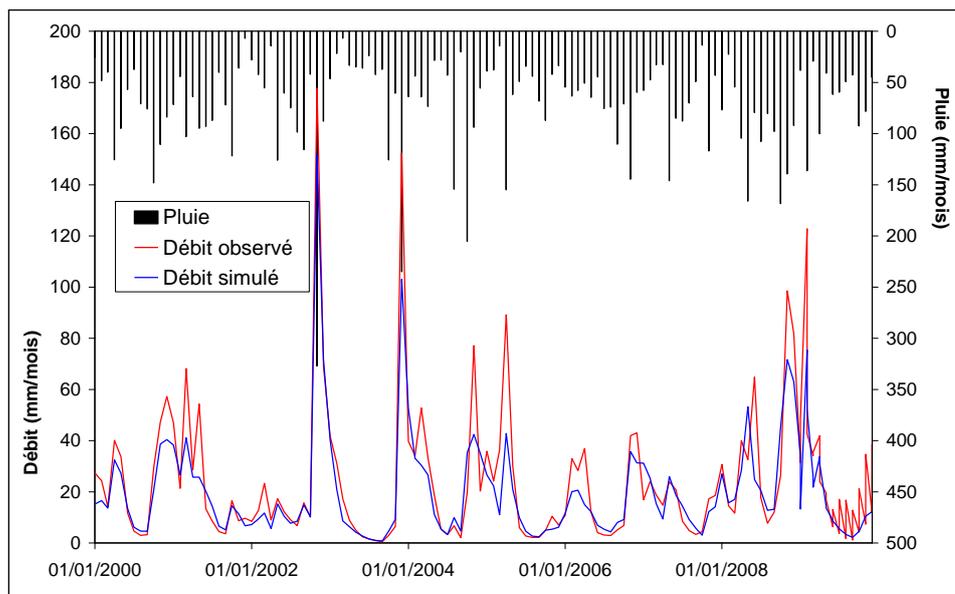
##### RESULTATS

Sur le graphique ci-dessous, on présente les résultats du calage réalisé sur la période 1999-2009. Ce calage vise à optimiser le critère Nash (In Q), c'est-à-dire à représenter au mieux les faibles débits. Dans le cadre de cette étude volumes prélevables, on cherche avant tout à être le plus précis sur cette période. Pour cette raison l'hydrogramme de débit simulé tend à être le plus proche possible de l'observé (naturel reconstitué) en étiage, mais peut en revanche être très éloigné en hautes eaux. De façon générale, sur ce calage, on a tendance à sous-estimer en hautes eaux le débit par rapport à l'observé.

**Le domaine de validité de la courbe simulée se situe en étiage. En dehors de cette période l'hydrogramme simulé est en deçà de ce que l'on observerait**

Seuls les débits d'étiage du tableau « Méthode A » présenté plus bas doivent donc être considérés.

Figure 25 : Calage du modèle GR2M pour la Cance aval à Sarras, sur la période 1999-2009



A l'aide des paramètres ajustés obtenus, on simule ensuite l'intégralité de la série naturelle à Sarras sur la période 1972-2010. Les valeurs obtenues sont traitées statistiquement. On présentera ici l'analyse statistique sur la période 1973-1978 ; 2000-2010 de manière à ce que la comparaison avec la méthode arithmétique se fasse sur une période commune.

#### 4.4.3.3 Méthode B : Reconstitution arithmétique du débit naturel

##### PRINCIPE

Dans la méthode A décrite précédemment, on faisait l'hypothèse que les prélèvements étaient bien connus sur la période 1999-2009. Ceci nous servait à calculer un débit naturel « arithmétique » servant ensuite pour le calage de GR2M. La simulation avec le modèle pluie-débit se faisait ensuite à l'aide des variables climatiques et du débit naturel, sans se préoccuper des prélèvements sur le reste de la période.

Une autre méthode, que nous décrivons ici, consiste à faire des hypothèses sur l'historique des prélèvements sur la période de 1973 à 1978, et sur l'année 2010, date pour lesquelles les données de débits influencés de la station hydrométrique de la Cance à Sarras sont disponibles. On reconstitue alors l'intégralité des prélèvements sur la période 1973-1978 ; 2000-2010. Pour ce faire nous avons considéré les prélèvements connus, étalés sur la période 1999-2009. Nous les avons étendus et extrapolés en considérant un **taux de croissance démographique** estimé à l'aide des données de l'INSEE. Ce taux de croissance est choisi constant et égal à **1,006%**. Ce taux de croissance est utilisé pour la reconstitution des prélèvements servant pour l'AEP, des pompages et forages domestiques et pour les rejets de l'assainissement.

Le remplissage des retenues, déjà considéré comme constant d'une année sur l'autre, sera pris égal à une année de la période 1999-2009. De même, les prélèvements pour l'irrigation sont pris égal à une année moyenne de la période 1999-2009.

Concernant les prélèvements industriels, il est difficile d'estimer leur valeur entre 1973 et 1978, n'ayant pas les informations correspondantes. Entre 1999 et 2009, ces prélèvements déclinent nettement. Connaissant le passé industriel du bassin (notamment sur la Deume aval), on prendra les valeurs de l'année 1999, qui sont les plus élevées de la période 1999-2009.

Les prélèvements domestiques étant proches de zéro sur la période 1999-2009, on suppose que c'est également le cas pour la période 1973-1978.

Le point de référence C3 se situant à l'aval du barrage du Ternay, il convient de prendre l'influence du barrage en compte pour désinfluencer le débit à Sarras. On prend le débit mensuel calculé plus haut et correspondant à la variation de stock moyenne du barrage.

Disposant finalement d'une base de prélèvements reconstituée sur la période 1973-1978 ; 2000-2010, nous calculons le débit naturel à Sarras sur cette même période à partir de la formule suivante :

$$Q_{\text{naturel}} = Q_{\text{mesuré}} + \text{Impacts des Prélèvements et Rejets anthropiques} + \text{régulation du barrage du Ternay}$$

#### 4.4.3.4 Comparaison des deux méthodes

Dans les tableaux et graphiques suivants, on indique les résultats obtenus pour la ressource naturalisée via les deux méthodes précédemment décrites.

Figure 26 : Comparaison des débits naturels obtenus par les deux méthodes décrites sur le point de référence C3 - la Cance à Sarras

Analyse statistique sur la période 1973-1978; 2000-2010

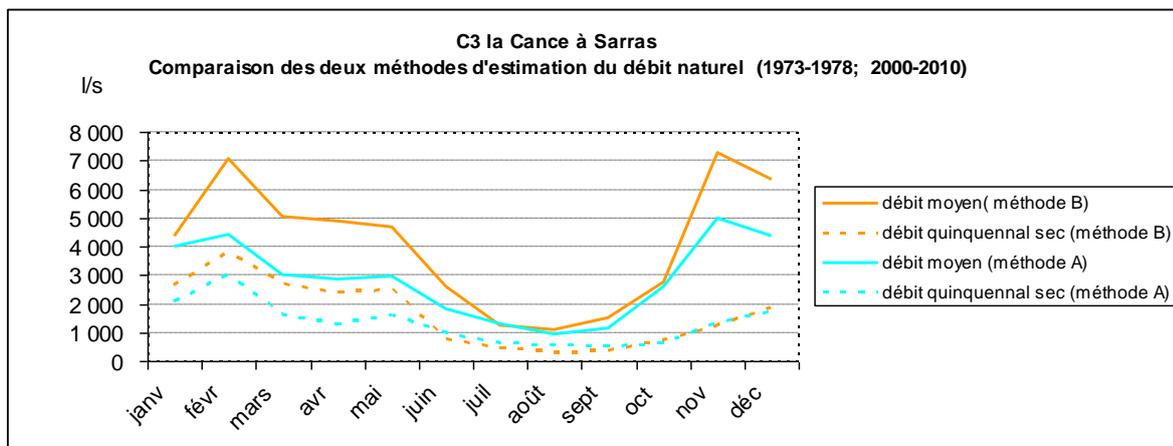
Point : Cance à Sarras superficie contrôlée : 380,00 km<sup>2</sup>

Type de débit : Méthode A - GR2M

(quantiles expérimentaux)	l/s														l/s/km <sup>2</sup>			
	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	QMNA	Module	1/10ème module	1/20ème module	QMNA	Module
Moyenne (l/s)	3 982	4 390	3 015	2 834	2 981	1 816	1 311	927	1 155	2 615	4 972	4 351	608	2 862	286	143	1,6	7,5
T=10 ans sec (l/s)	1 706	2 592	1 352	900	1 115	575	327	390	301	506	911	858	193	2 097	210	105	0,5	5,5
T=5 ans sec (l/s)	2 102	3 023	1 593	1 313	1 635	982	613	562	505	637	1 354	1 702	288	2 309	231	115	0,8	6,1

Méthode B - Désinfluencement arithmétique

(quantiles expérimentaux)	l/s														l/s/km <sup>2</sup>			
	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	QMNA	Module	1/10ème module	1/20ème module	QMNA	Module
Moyenne (l/s)	4 388	7 085	5 054	4 890	4 688	2 609	1 232	1 100	1 492	2 736	7 294	6 319	674	4 074	407	204	1,8	10,7
T=10 ans sec (l/s)	2 047	2 924	2 266	1 655	1 479	541	416	268	240	617	1 021	1 440	234	2 930	293	146	0,6	7,7
T=5 ans sec (l/s)	2 667	3 781	2 706	2 388	2 494	800	454	329	350	747	1 260	1 858	296	3 284	328	164	0,8	8,6



Les résultats des deux méthodes sont globalement comparables, surtout concernant la période d'étiage. La méthode A s'avère plus sévère que la méthode B sur la fin de l'étiage.

Le méthode A s'avère moins performante à reproduire les hautes eaux. Ceci peut être lié à deux facteurs : l'imprécision des stations pour la mesure des débits en crue, ainsi que, comme cela été expliqué dans le descriptif de la méthode GR2M le fait que l'on cale le modèle pluie-débit sur les basses-eaux. Cependant, l'enjeu des volumes prélevables étant centré sur l'étiage, ce constat n'est pas discriminant pour le choix d'une méthode ou d'une autre.

#### 4.4.3.5 Choix de la méthode

Le ratio des prélèvements passés supposés sur les débits mesurés reste faible, même en étiage. Nous privilégierons donc ici la méthode arithmétique.

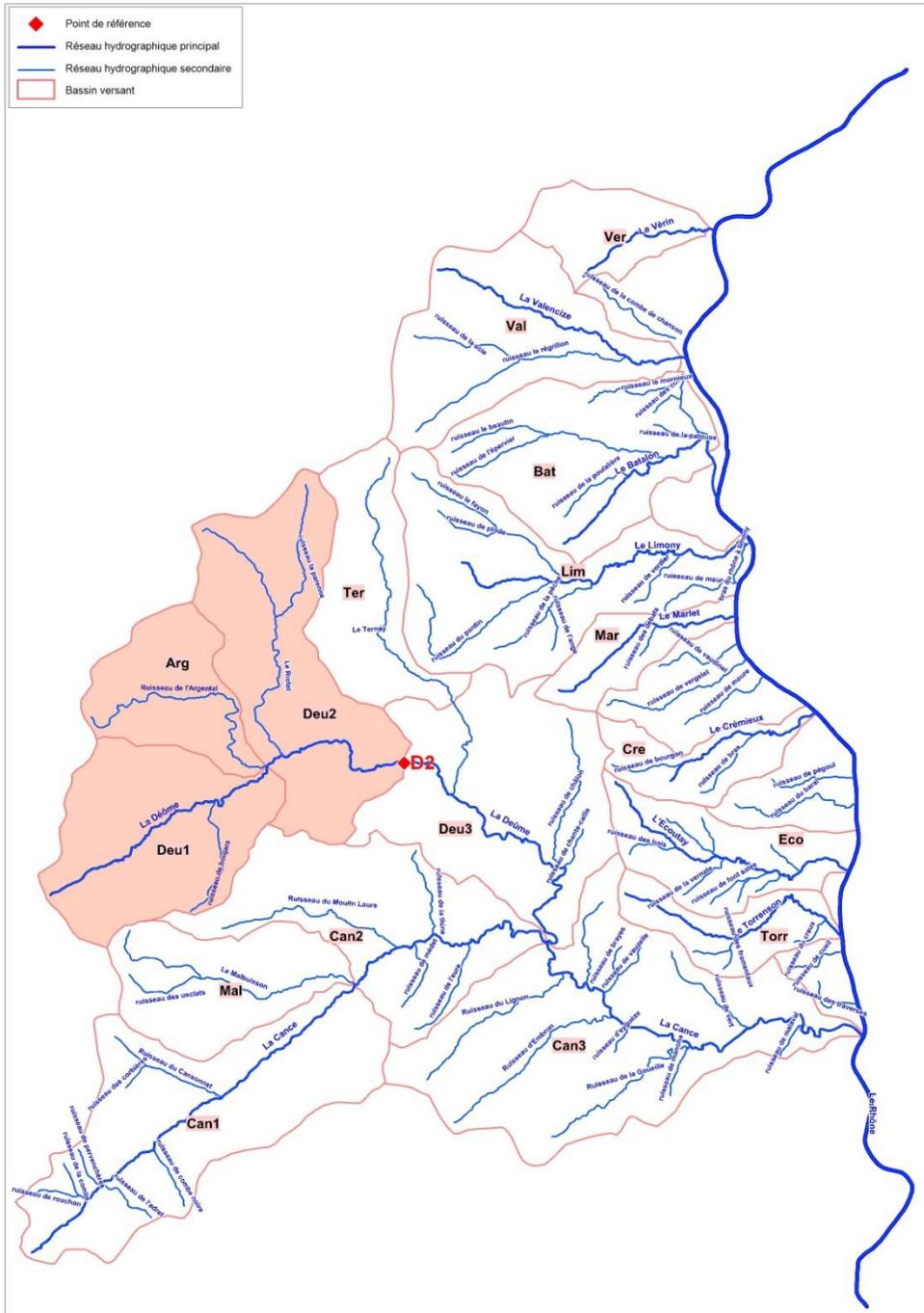
**En conclusion, on propose de retenir la méthode B, dite « arithmétique », pour le point de référence de C3 de la Cance à Sarras.**

#### **4.4.4 Point D2 : la Deume intermédiaire à St-Marcel-les-Annonay**

##### **4.4.4.1 Localisation du point**

Il s'agit d'un point de référence pour lequel des données débitométriques sont disponibles sur les périodes 1995-2011. Cette station se place à l'exutoire du sous-bassin Deu 2, et coïncide avec le point de référence situé à cet emplacement.

Figure 27 : Positionnement du point de référence D2 - la Deume intermédiaire à St-Marcel-les-Annonay



Pour reconstituer le débit naturel, nous procéderons donc de la même manière que pour la Valencize à Chavanay ou la Cance à Sarras. Les deux méthodes employées sont donc la méthode A : modélisation à l'aide du modèle GR2M et la méthode B : reconstitution arithmétique du débit naturel à l'aide du débit observé et de l'historique des prélèvements.

#### 4.4.4.2 Méthode A : Simulation du débit naturel avec GR2M

##### PRINCIPE

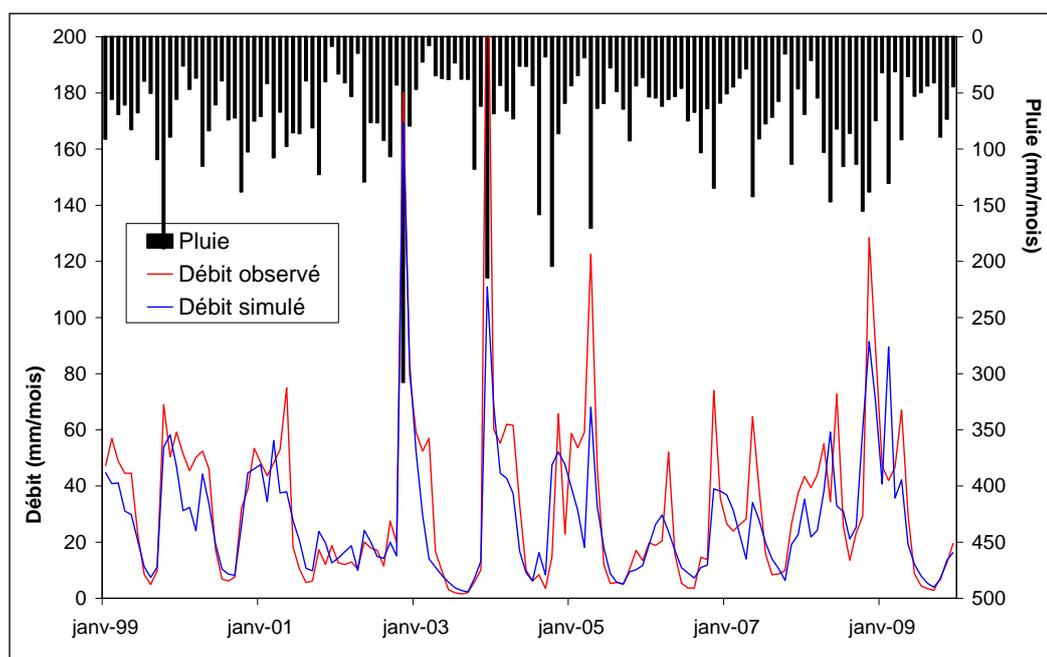
- ▶ Les débits observés, influencés, sont **naturalisés sur la période 1999-2009** en utilisant les bases de prélèvements construite par BRLi.
- ▶ Les débits obtenus servent à **caler le modèle pluie-débit GR2M**. Le calage est effectué sur la sous-période 1999-2009 en utilisant comme critère d'optimisation le Nash In (Q). Ce dernier atteint alors 78,9 %.
- ▶ Le modèle calé permet de **simuler par modélisation sur la période 1972-2010**, le débit naturel à St-Marcel-les-Annonay.

##### RESULTATS

Sur le graphique ci-dessous, on présente les **résultats du calage** réalisé sur la période 1999-2009. **Le domaine de validité de la courbe simulée se situe en étiage. En dehors de cette période, l'hydrogramme simulé est en deçà de ce que l'on observerait.**

Seuls les débits d'étiage du tableau « Méthode A » présenté plus bas doivent donc être considérés.

Figure 28 : Calage du modèle GR2M pour la Deume à St-Marcel-les-Annonay, sur la période 1999-2009



A l'aide des paramètres ajustés obtenus, on simule ensuite l'intégralité de la série naturelle à St-Marcel-les-Annonay sur la période 1972-2010. Les valeurs obtenues sont traitées statistiquement pour tirer les débits caractéristiques affichés dans le tableau suivant. On présentera ici l'analyse statistique sur la période 1995-2010, de manière à ce que la comparaison avec la méthode arithmétique se fasse sur une période commune.

#### 4.4.4.3 Méthode B : Reconstitution arithmétique du débit naturel

##### PRINCIPE

La deuxième méthode, que nous décrivons ici, consiste à faire des hypothèses sur l'historique des prélèvements sur la période de 1995 à 1998, et sur l'année 2010, date pour lesquelles les données de débits influencés de la station hydrométrique de la Deume à St-Marcel-les-Annonay sont disponibles. On reconstitue alors l'intégralité des prélèvements sur la période 1995-2010. Pour ce faire nous avons considéré les prélèvements connus, étalés sur la période 1999-2009. Nous les avons étendus et extrapolés.

Compte tenu de l'importance relative des prélèvements pour l'AEP par rapport au débit de la Deume à St-Marcel, on a considéré que les prélèvements entre 1995 et 1998 étaient semblables à ceux de 1999, le taux de croissance démographique estimé à l'aide des données de l'INSEE pendant cette période étant négligeable. Les prélèvements de 2010 sont pris égaux à ceux de 2009.

Le remplissage des retenues étant déjà considéré comme proche de zéro de 1999 à 2009, on suppose que c'est également le cas pour 2010 et de 1995 à 1998.

On suit le même raisonnement pour les prélèvements d'irrigation, les prélèvements industriels, et les prélèvements domestiques.

Disposant finalement d'une base de prélèvements reconstituée sur la période 1995-2010, nous calculons le débit naturel à St-Marcel-les-Annonay sur cette même période à partir de la formule suivante (qui n'était utilisé dans la méthode A que pour servir au calage du modèle pluie-débit sur 1999-2009) :

$$Q_{\text{naturel}} = Q_{\text{mesuré}} + \text{Impacts des Prélèvements et Rejets anthropiques}$$

#### 4.4.4.4 Comparaison des deux méthodes

Dans les tableaux et graphiques suivants, on indique les résultats obtenus pour la ressource naturalisée via les deux méthodes précédemment décrites.

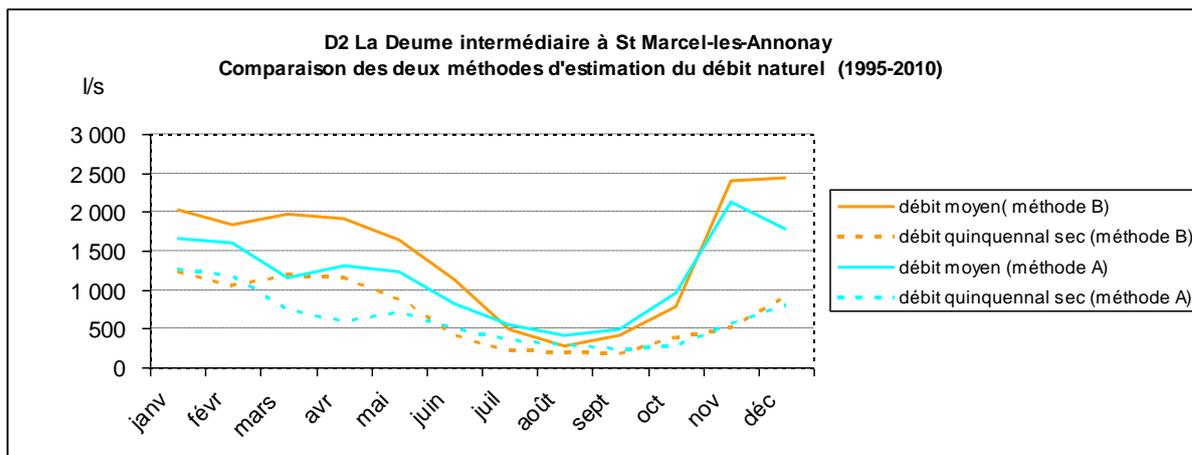
Figure 29 : Comparaison des hydrogrammes de débit naturel obtenus par les deux méthodes décrites sur le point de référence D2 - la Deume à St-Julien-Molin-Molette

Analyse statistique sur la période 1995 - 2010

Point : Deume intermédiaire à St Marcel-les-Annonay																superficie contrôlée : 109,00 km <sup>2</sup>			
Méthode A - GR2M																			
I/s																I/s/km <sup>2</sup>			
(quantiles expérimentaux)	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	QMNA	Module	1/10ème module	1/20ème module	QMNA	Module	
Moyenne (I/s)	1 656	1 601	1 143	1 302	1 228	825	554	409	482	962	2 126	1 764	327	1 171	117	59	3,0	10,7	
T=10 ans sec (I/s)	786	967	667	442	561	421	287	226	191	256	542	588	191	868	87	43	1,7	8,0	
T=5 ans sec (I/s)	1 267	1 172	737	586	692	512	358	292	243	276	567	792	226	897	90	45	2,1	8,2	

Méthode B - Désinfluencement arithmétique																		
I/s																I/s/km <sup>2</sup>		
(quantiles expérimentaux)	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	QMNA	Module	1/10ème module	1/20ème module	QMNA	Module
Moyenne (I/s)	2 016	1 828	1 971	1 899	1 631	1 125	487	281	415	777	2 395	2 439	252	1 439	144	72	2,3	13,2
T=10 ans sec (I/s)	915	899	922	682	706	288	159	139	128	259	479	760	128	1 021	102	51	1,2	9,4
T=5 ans sec (I/s)	1 230	1 048	1 190	1 154	878	409	208	192	169	384	514	905	142	1 174	117	59	1,3	10,8



Les résultats des deux méthodes sont globalement comparables surtout concernant la période d'étiage. La méthode B s'avère plus sévère que la méthode A en étiage.

Le méthode A s'avère moins performante à reproduire les hautes eaux. Ceci peut être lié à deux facteurs : l'imprécision des stations pour la mesure des débits en crue, ainsi que, comme cela a été expliqué dans le descriptif de la méthode GR2M le fait que l'on cale le modèle pluie-débit sur les basses-eaux. Cependant, l'enjeu des volumes prélevables étant centré sur l'étiage, ce constat n'est pas discriminant pour le choix d'une méthode ou d'une autre.

#### 4.4.4.5 Choix de la méthode

Le ratio des prélèvements passés supposés sur les débits mesurés reste faible, même en étiage. Nous privilégierons donc ici la méthode arithmétique.

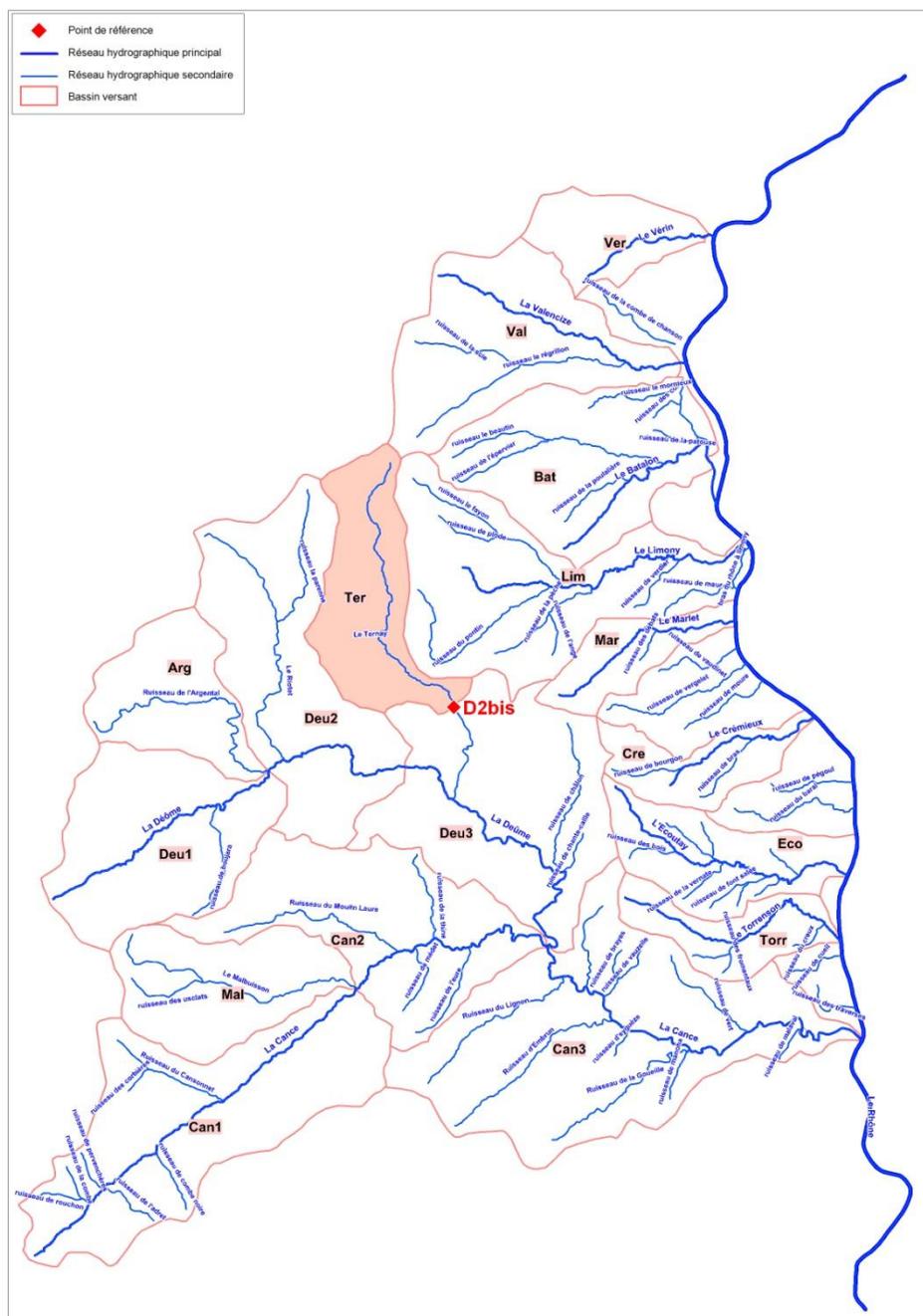
**En conclusion, on propose de retenir la méthode B, dite « arithmétique », pour le point de référence de D2 de la Deume à St-Marcel-les-Annonay**

## **4.4.5 Point D2bis : le Ternay à Savas**

### **4.4.5.1 Localisation du point**

Il s'agit d'un point de référence pour lequel des données débitométriques sont disponibles sur les périodes 1994-2011. Cette station se place à l'exutoire du sous-bassin Ter, et coïncide avec le point de référence situé à cet emplacement en accord avec le maître d'ouvrage.

Figure 30 : Positionnement du point de référence D2bis - le Ternay à Savas



Pour reconstituer le débit naturel, nous procéderons donc de la même manière que pour la Valencize à Chavanay ou la Cance à Sarras ou la Deume à St-Marcel-les-Annonay. Les deux méthodes employées sont donc la méthode A : modélisation à l'aide du modèle GR2M et la méthode B : reconstitution arithmétique du débit naturel à l'aide du débit observé et de l'historique des prélèvements.

#### 4.4.5.2 Méthode A : Simulation du débit naturel avec GR2M

##### PRINCIPE

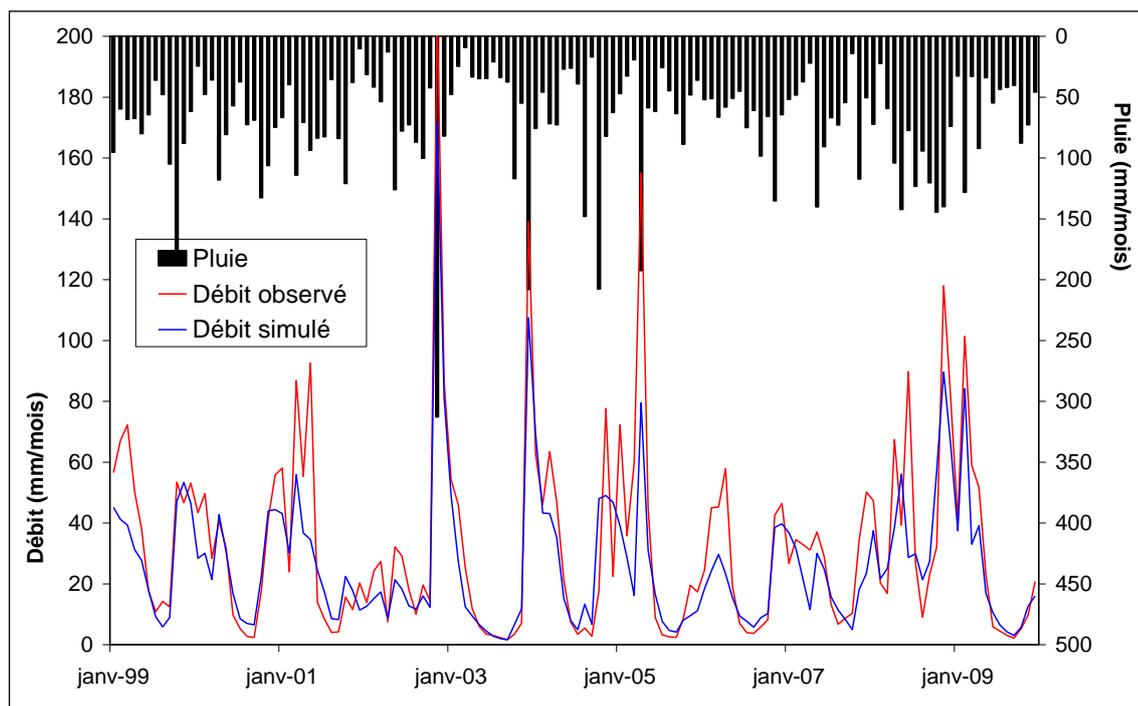
- ▶ Les débits observés, influencés, sont **naturalisés sur la période 1999-2009** en utilisant la base de prélèvements construite par BRLi.
- ▶ Les débits obtenus servent à **caler le modèle pluie-débit GR2M**. Le calage est effectué sur la sous-période 1999-2009 en utilisant comme critère d'optimisation le Nash In (Q). Ce dernier atteint alors 80,7%.
- ▶ Le modèle calé permet de **simuler par modélisation sur la période 1972-2010**, le débit naturel à Savas

##### RESULTATS

Sur le graphique ci-dessous, on présente les **résultats du calage** réalisé sur la période 1999-2009. **Le domaine de validité de la courbe simulée se situe en étiage. En dehors de cette période l'hydrogramme simulé est en deçà de ce que l'on observerait**

Seuls les débits d'étiage du tableau « Méthode A » présenté plus bas doivent donc être considérés.

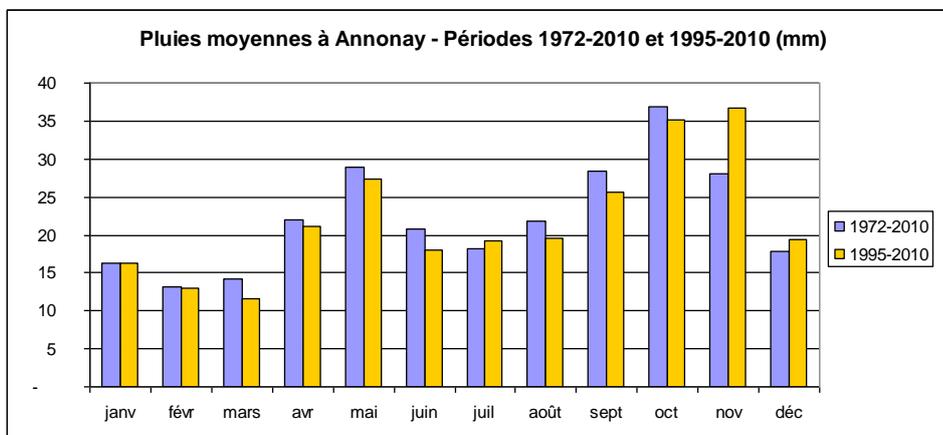
Figure 31 : Calage du modèle GR2M pour le Ternay à Savas, sur la période 1999-2009



A l'aide des paramètres ajustés obtenus, on simule ensuite l'intégralité de la série naturelle à St-Marcel-les-Annonay sur la période 1972-2010. Les valeurs obtenues sont traitées statistiquement pour tirer les débits caractéristiques affichés dans le tableau suivant. On présente ici l'analyse statistique sur la période 1995-2010 de manière à ce que la comparaison avec la méthode arithmétique se fasse sur une période commune.

NB : Pour information, la période 1995-2010 est légèrement plus sèche que la période 1972-2010 comme indiqué sur le graphe ci-dessous.

Figure 32 : Pluie moyenne à Annonay - Comparaison 1972-2010 et 1995-2010



#### 4.4.5.3 Méthode B : Reconstitution arithmétique du débit naturel

##### PRINCIPE

La deuxième méthode, que nous décrivons ici, consiste à faire des hypothèses sur l'historique des prélèvements sur la période de 1994 à 1998, et sur l'année 2010, date pour lesquelles les données de débits influencés de la station hydrométrique du Ternay à Savas sont disponibles. On reconstitue alors l'intégralité des prélèvements sur la période 1994-2010. Pour ce faire nous avons considéré les prélèvements connus, étalés sur la période 1999-2009. Nous les avons étendus et extrapolés.

Compte tenu de l'importance relative des prélèvements pour l'AEP par rapport au débit du Ternay à Savas, on a considéré que les prélèvements entre 1994 et 1998 étaient relativement égaux à la période 1999-2009, le taux de croissance démographique estimé à l'aide des données de l'INSEE pendant cette période étant négligeable. Entre 1999 et 2009, les prélèvements mensuels sont assez variables d'une année sur l'autre. On a donc calculé la moyenne mensuelle des prélèvements pour cette période et on a étendu cette moyenne à la période 1994-1999. Les prélèvements de 2010 sont pris égaux à ceux de 2009.

Le remplissage des retenues, déjà considéré comme proche de zéro de 1999 à 2009, on suppose que c'est également le cas pour 2010 et de 1994 à 1998.

On suit le même raisonnement pour les prélèvements d'irrigation, les prélèvements industriels, et les prélèvements domestiques.

Disposant finalement d'une base de prélèvements reconstituée sur la période 1994-2010, nous calculons le débit naturel à Savas en amont du barrage du Ternay sur cette même période à partir de la formule suivante (qui n'était utilisée dans la méthode A que pour servir au calage du modèle pluie-débit sur 1999-2009) :

$$Q_{\text{naturel}} = Q_{\text{mesuré}} + \text{Impacts des Prélèvements et Rejets anthropiques}$$

#### 4.4.5.4 Comparaison des deux méthodes

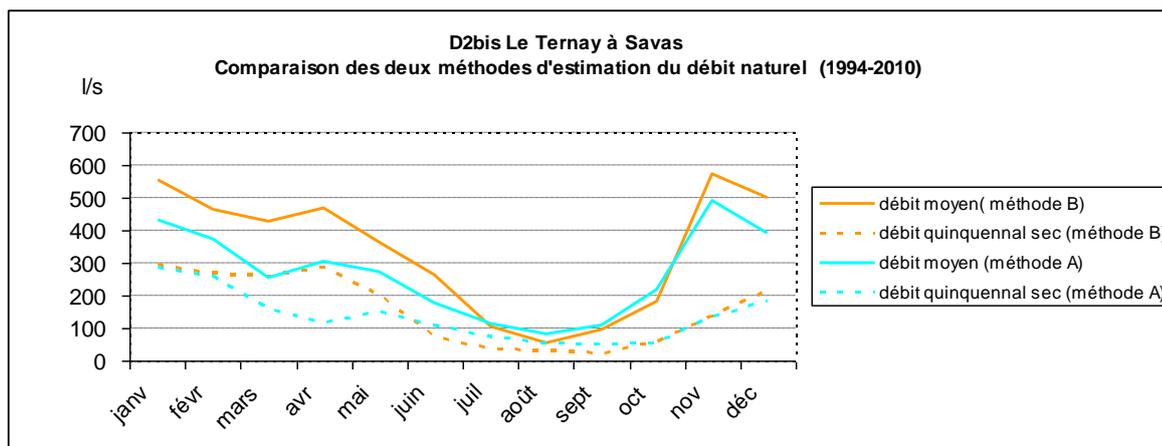
Figure 33 : Comparaison des débits naturels obtenus par les deux méthodes décrites sur le point de référence D2 bis - le Ternay à Savas

Analyse statistique sur la période 1994 - 2010

Point : Le ternay à Savas superficie contrôlée : 25.50 km<sup>2</sup>

Méthode A - GR2M																		
(quantiles expérimentaux)	l/s												l/s/km2					
	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	QMNA	Module	1/10ème module	1/20ème module	QMNA	Module
Moyenne (l/s)	434	373	255	304	271	177	116	82	109	217	492	392	66	268	27	13	2.6	10.5
T=10 ans sec (l/s)	184	223	145	89	125	87	55	42	36	45	118	134	36	191	19	10	1.4	7.5
T=5 ans sec (l/s)	286	260	159	118	149	108	73	55	50	56	135	181	43	197	20	10	1.7	7.7

Méthode B - Désinfluencement arithmétique																		
(quantiles expérimentaux)	l/s												l/s/km2					
	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	QMNA	Module	1/10ème module	1/20ème module	QMNA	Module
Moyenne (l/s)	554	462	426	468	365	263	105	54	94	184	572	498	47	337	34	17	1.8	13.2
T=10 ans sec (l/s)	241	230	226	104	151	63	31	25	22	48	104	192	22	243	24	12	0.9	9.5
T=5 ans sec (l/s)	296	269	257	288	200	74	38	30	24	60	134	211	24	253	25	13	0.9	9.9



Les résultats des deux méthodes sont globalement comparables, surtout concernant la période d'étiage. La méthode B s'avère plus sévère que la méthode A en étiage.

Le méthode A s'avère moins performante à reproduire les hautes eaux. Ceci peut être lié à deux facteurs : l'imprécision des stations pour la mesure des débits en crue, ainsi que, comme cela a été expliqué dans le descriptif de la méthode GR2M, le fait que l'on cale le modèle pluie-débit sur les basses-eaux. Cependant, l'enjeu des volumes prélevables étant centré sur l'étiage, ce constat n'est pas discriminant pour le choix d'une méthode ou d'une autre.

#### 4.4.5.5 Choix de la méthode

Le ratio des prélèvements passés supposés sur les débits mesurés reste faible, même en étiage. Nous privilégierons donc ici la méthode arithmétique.

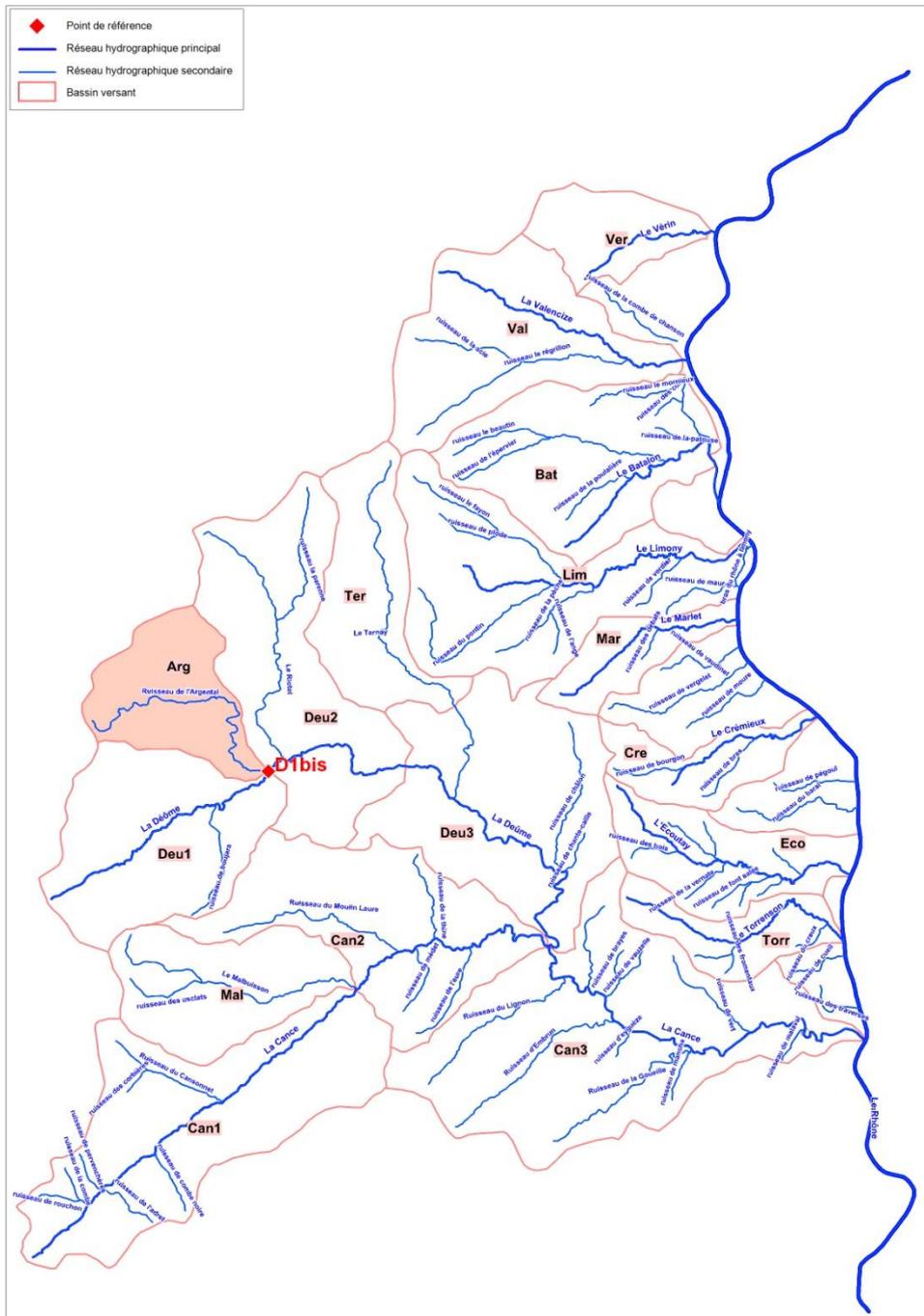
**En conclusion, on propose de retenir la méthode B, dite « arithmétique », pour le point de référence de D2 bis du Ternay à Savas.**

#### **4.4.6 Point D1 bis : l'Argental à Bourg-Argental**

##### **4.4.6.1 Localisation du point**

Il s'agit d'un point de calcul pour lequel des données débimétriques sont disponibles sur les périodes 1978-1995. Cette station se place à l'exutoire du sous-bassin Arg, et coïncide avec le point de calcul situé à cet emplacement en accord avec le maître d'ouvrage.

Figure 34 : Positionnement du point de référence D1bis - l'Argental à Bourg-Argental



Pour reconstituer le débit naturel, nous procéderons donc de la même manière que pour la Valencize à Chavanay, la Cance à Sarras, la Deume à St-Marcel-les-Annonay ou le Ternay à Savas. Les deux méthodes employées sont donc la méthode A : modélisation à l'aide du modèle GR2M et la méthode B : reconstitution arithmétique du débit naturel à l'aide du débit observé et de l'historique des prélèvements.

#### 4.4.6.2 Méthode A : Simulation du débit naturel avec GR2M

##### PRINCIPE

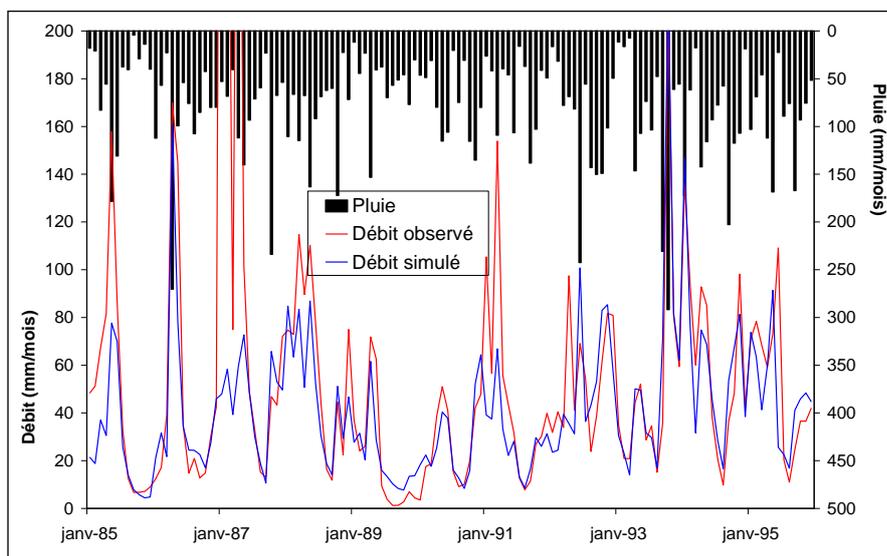
- ▶ Les débits observés, influencés, sont **naturalisés sur la période 1999-2009** en utilisant la base de prélèvements construite par BRLi. Or la série de débits observés à Bourg-Argental se situe sur une période non concomitante 1978-1995. On a donc du faire des hypothèses quant à l'historique des prélèvements sur cette dernière période.
- ▶ Les prélèvements AEP représentent 0,5 l/s au maximum. Entre 1978 et 2009 le taux de croissance total est de 9%.
- ▶ Les prélèvements effectués à travers les retenues représentent 0,1 l/s au maximum.
- ▶ On conclut que les prélèvements pour l'AEP et les retenues sont négligeables au regard du débit, même en étiage, de l'Argental. Les prélèvements industriels, d'irrigation et domestiques sont encore plus proches de zéro. On étend donc les prélèvements de la période 1999-2009 à la période 1978-1995.
- ▶ Les débits obtenus servent à **caler le modèle pluie-débit GR2M**. Le calage est effectué sur la sous-période 1978-1995 en utilisant comme critère d'optimisation le Nash  $\ln(Q)$ . Ce dernier atteint alors 65,4%.
- ▶ Le modèle calé permet de **simuler par modélisation sur la période 1972-2010**, le débit naturel à Bourg-Argental

##### RESULTATS

Sur le graphique ci-dessous, on présente les résultats du calage réalisé sur la période 1988-1995. **Le domaine de validité de la courbe simulée se situe en étiage. En dehors de cette période l'hydrogramme simulé est en deçà de ce que l'on observerait.**

Seuls les débits d'étiage du tableau « Méthode A » présenté plus bas doivent donc être considérés.

Figure 35 : Calage du modèle GR2M pour l'Argental à Bourg-Argental, sur la période 1988-1995



A l'aide des paramètres ajustés obtenus, on simule ensuite l'intégralité de la série naturelle à Bourg-Argental sur la période 1972-2010. Les valeurs obtenues sont traitées statistiquement. On présentera ici l'analyse statistique sur la période 1978-1995 de manière à ce que la comparaison avec la méthode arithmétique se fasse sur une période commune.

#### 4.4.6.3 Méthode B : Reconstitution arithmétique du débit naturel

##### PRINCIPE

La deuxième méthode, que nous décrivons ici, consiste à faire des hypothèses sur l'historique des prélèvements sur la période de 1978 à 1995, date pour lesquelles les données de débits influencés de la station hydrométrique de l'Argental à Bourg-Argental sont disponibles. On reconstitue alors l'intégralité des prélèvements sur la période 1978-1995. Cette étape ayant déjà été réalisée pour le calage du modèle GR2M, on se reportera au paragraphe correspondant pour les hypothèses utilisées pour reconstituer la chronique des prélèvements.

Disposant d'une base de prélèvements reconstituée sur la période 1978-1995, nous calculons le débit naturel à Bourg-Argental sur cette même période à partir de la formule décrite au paragraphe 4.4.1 (et qui n'était utilisé dans la méthode A que pour servir au calage du modèle pluie-débit sur 1978-1995). Ce calcul s'écrit :

$$Q_{\text{naturel}} = Q_{\text{mesuré}} + \text{Impacts des Prélèvements et Rejets anthropiques}$$

#### 4.4.6.4 Comparaison des deux méthodes

Dans les tableaux et graphiques suivants, on indique les résultats obtenus pour la ressource naturalisée via l'une ou l'autre des deux méthodes précédemment décrites.

Figure 36 : Comparaison des hydrogrammes de débit naturel obtenus par les deux méthodes décrites sur le point de calcul D1 bis - l'Argental à Bourg-Argental

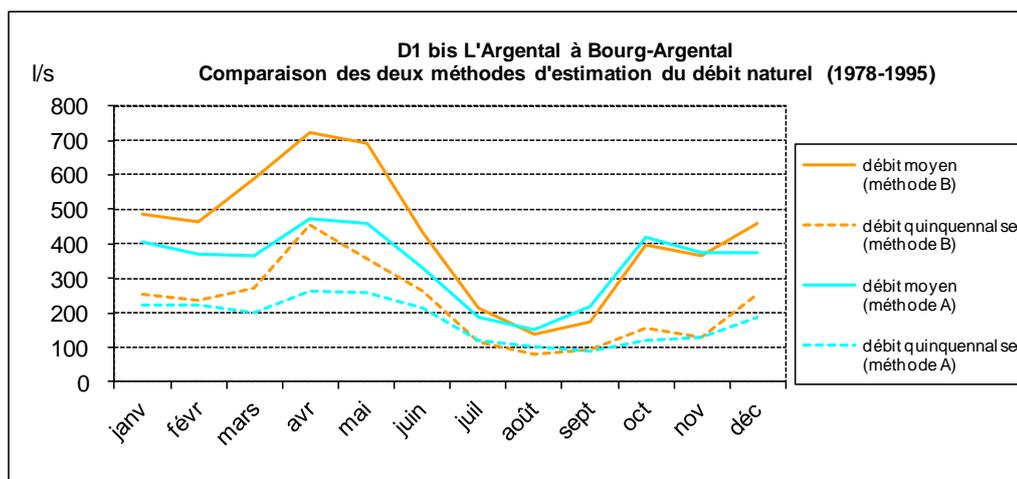
Analyse statistique sur la période 1978 - 1995

Point : Argental à Bourg-argental superficie contrôlée : 21,00 km<sup>2</sup>

Méthode A - GR2M																		
l/s														l/s/km <sup>2</sup>				
(quantiles expérimentaux)	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	QMNA	Module	1/10ème module	1/20ème module	QMNA	Module
Moyenne (l/s)	404	371	366	474	459	328	186	152	216	421	373	373	114	344	34	17	5,4	16,4
T=10 ans sec (l/s)	179	207	153	191	210	197	107	86	68	83	90	123	65	227	23	11	3,1	10,8
T=5 ans sec (l/s)	221	224	201	264	260	213	120	104	87	123	131	186	75	243	24	12	3,6	11,6

Méthode B - Désinfluencement arithmétique																		
l/s														l/s/km <sup>2</sup>				
(quantiles expérimentaux)	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	QMNA	Module	1/10ème module	1/20ème module	QMNA	Module
Moyenne (l/s)	486	463	591	722	689	434	213	137	173	398	366	461	100	428	43	21	4,8	20,4
T=10 ans sec (l/s)	168	170	188	340	334	189	85	68	70	91	87	144	43	305	31	15	2,0	14,5
T=5 ans sec (l/s)	254	235	274	457	356	262	117	79	93	158	128	254	62	371	37	19	2,9	17,6



Les résultats des deux méthodes sont globalement comparables surtout concernant la période d'étiage. La méthode B s'avère plus sévère que la méthode A en fin d'étiage.

Le méthode A s'avère moins performante à reproduire les hautes eaux. Ceci peut être lié à deux facteurs : l'imprécision des stations pour la mesure des débits en crue, ainsi que, comme cela a été expliqué dans le descriptif de la méthode GR2M, le fait que l'on cale le modèle pluie-débit sur les basses-eaux. Cependant, l'enjeu des volumes prélevables étant centré sur l'étiage, ce constat n'est pas discriminant pour le choix d'une méthode ou d'une autre.

#### 4.4.6.5 Choix de la méthode

Le ratio des prélèvements passés supposés sur les débits mesurés reste faible, même en étiage. Nous privilégierons donc ici la méthode arithmétique.

**En conclusion, on propose de retenir la méthode B, dite « arithmétique », pour le point de calcul D1 bis - l'Argental à Bourg-Argental.**

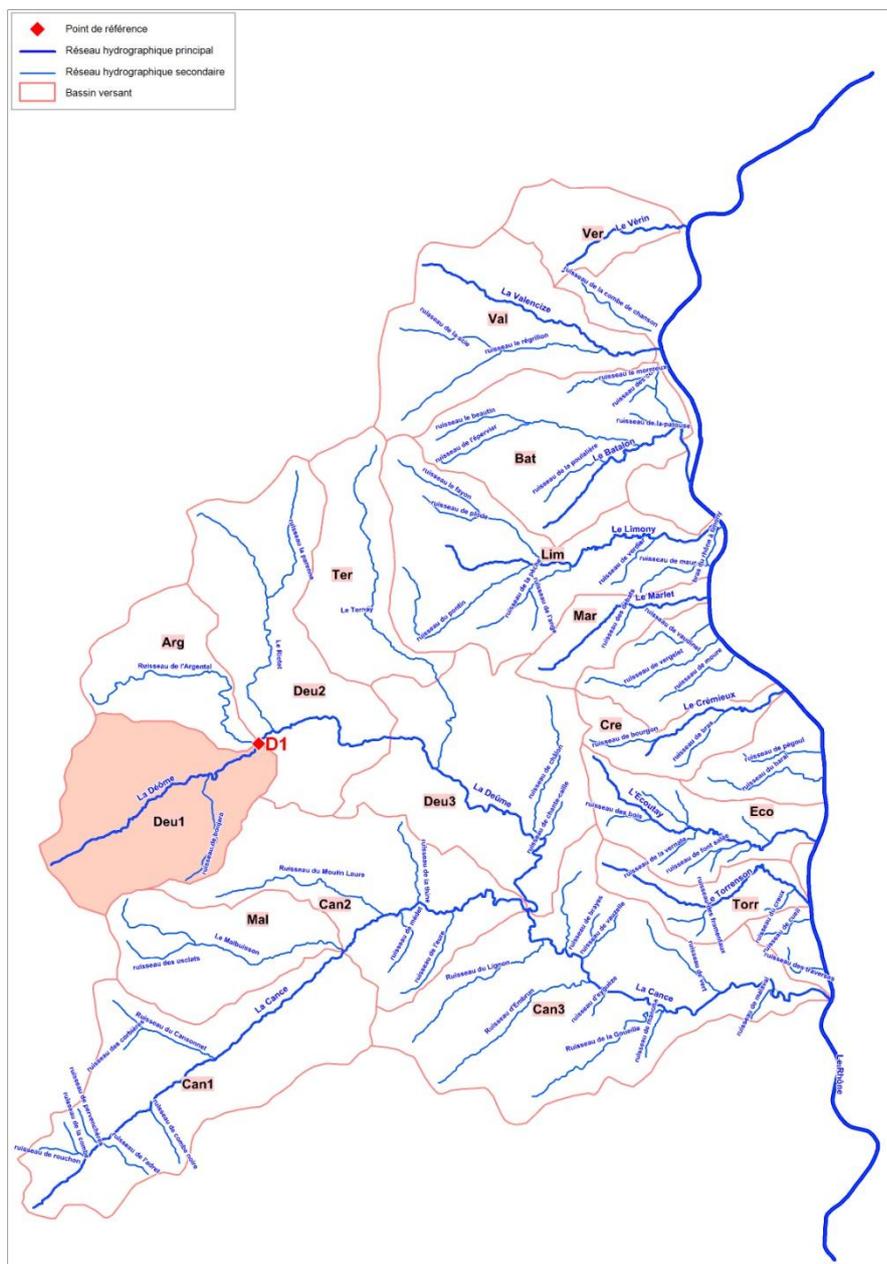
#### **4.4.7 Point D1 : la Deume amont à Bourg-Argental**

##### **4.4.7.1 Localisation du point**

Le point de référence D1 est situé à l'exutoire du sous-bassin Deu1.

Il s'agit d'un point de référence pour lequel nous ne disposons pas de chroniques de débits en raison de l'absence de station hydrométrique.

Figure 37 : Positionnement du point de référence de la Deume amont à Bourg-Argental



#### 4.4.7.2 Méthodologie

Pour reconstituer le débit naturel, nous faisons l'hypothèse que le comportement hydrologique du bassin versant de la Deume amont est assimilable à un bassin versant proche ou aux caractéristiques similaires, duquel nous avons déjà reconstitué la ressource naturelle.

Nous avons identifié trois bassins versants répondant à ces critères :

- ▶ Le bassin de l'Argental ;
- ▶ Le bassin du Ternay ;
- ▶ Le bassin de la Deume intermédiaire.

L'hypothèse de similarité de fonctionnement hydrologique entre deux bassins versants voisins doit permettre de tenir compte des différences de surfaces, de pluviométries et des débits spécifiques respectifs de ces deux bassins. Ainsi, on estime le débit naturel au point D1 grâce à la formule algébrique suivante :

$$\blacktriangleright Q_{D1} = Q_{BV \text{ voisin}} * A$$

Où :

- ▶  $Q_{D1}$  : débit naturalisé au point de référence situé à l'exutoire du bassin Deu 1
- ▶  $Q_{BV \text{ voisin}}$  : débit naturalisé au point de référence du bassin voisin qui coïncide avec une station hydrométrique
- ▶ A est le facteur intégrant :
  - Le ratio des surfaces ;
  - Et un second facteur B, résultant de la moyenne entre le ratio des pluies et le ratio des débits spécifiques en étiage, quand nous disposons de cette dernière information.
 Ce n'est pas le cas du Ternay et de la Deume intermédiaire puisque les campagnes de jaugeages ne concernaient pas ces points.

$$A = S_{D1} / S_{BV \text{ voisin}} * B$$

- ▶  $S_{D1}$  : Surface de bassin versant captée par le point de référence à l'exutoire du bassin de la Deume amont
- ▶  $S_{BV \text{ voisin}}$  : Surface de bassin versant captée par la station située à l'exutoire du bassin versant voisin
- ▶  $B = ( \text{moyenne} ( \text{Pluie } D1 / \text{Pluie } BV \text{ voisin} ; Qs_{D1} / Qs_{BV \text{ voisin}} ) ) ^2$
- ▶  $\text{Pluie } D1 / \text{pluie } BV \text{ voisin}$  : Moyenne du ratio des pluies mensuelles de D1 sur les pluies mensuelles du bassin voisin sur la période 1972-2010 Les pluies mensuelles sont issues des calculs réalisés en partie 2.2 du présent rapport.
- ▶  $Qs_{D1} / Qs_{BV \text{ voisin}}$  : Moyenne du ratio des débits spécifiques calculés à l'aide des données des trois campagnes de jaugeage effectuées par BRL i au cours de l'étiage 2012.

Les méthodes employées sont donc :

- ▶ la méthode 1 : reconstitution du débit naturel à l'aide de la série calculée au point D1 bis, de l'Argental à Bourg-Argental et de la formule algébrique présentée ci-dessus. Disposant pour ce dernier point du ratio des débits spécifiques calculés à l'aide des données des campagnes de jaugeage, deux versions de la méthode 1 sont utilisées :
- ▶ Méthode 1a : sans les débits spécifiques (pour avoir un élément de comparaison avec les méthodes 2 et 3) ;
- ▶ Méthode 1b : avec les débits spécifiques.
- ▶ la méthode 2 : reconstitution du débit naturel à l'aide de la série calculée au point D2 bis, du Ternay à Savas, et de la formule algébrique présentée ci-dessus ;
- ▶ la méthode 3 : reconstitution du débit naturel à l'aide de la série calculée au point D2, de la Deume à St-Marcel-les-Annonay et de la formule algébrique présentée ci-dessus.

Dans les tableaux et graphiques suivants, on indique les résultats obtenus pour la ressource naturalisée pour les différentes méthodes précédemment décrites.

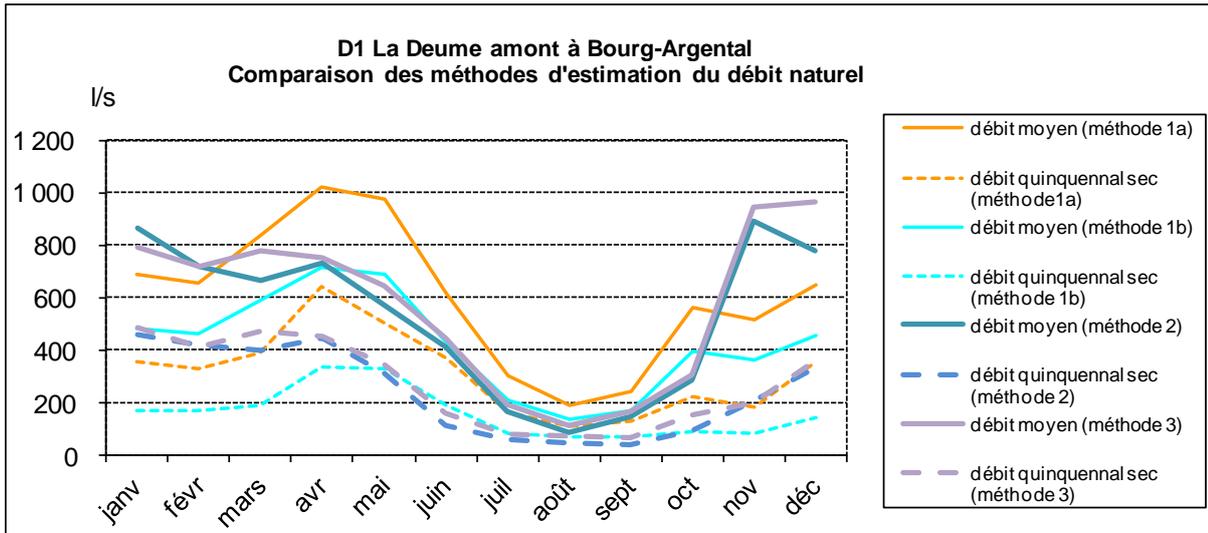
Figure 38 : Comparaison des débits naturels obtenus par les méthodes décrites sur le point de référence D1 - la Deume amont à Bourg-Argental

Analyse statistique sur la période 1978 - 1995

Point : La Deume amont à Bourg-Argental

superficie contrôlée : 38,00 km<sup>2</sup>

Méthode 1a : à partir de Q Argental à Bourg-Argental (sans Qsp)																		
l/s														l/s/km <sup>2</sup>				
(quantiles expérimentaux)	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	QMNA	Module	1/10ème module	1/20ème module	QMNA	Module
Moyenne (l/s)	686	654	834	1 019	973	613	300	193	244	562	517	651	141	604	60	30	3,7	15,9
T=10 ans sec (l/s)	237	240	265	480	471	267	120	95	100	129	122	203	60	431	43	22	1,6	11,3
T=5 ans sec (l/s)	359	332	386	645	503	369	165	111	132	222	181	359	87	523	52	26	2,3	13,8
Méthode 1b : à partir de Q Argental à Bourg-Argental (avec Qsp)																		
l/s														l/s/km <sup>2</sup>				
(quantiles expérimentaux)	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	QMNA	Module	1/10ème module	1/20ème module	QMNA	Module
Moyenne (l/s)	483	461	588	718	686	432	212	136	172	396	364	459	99	426	43	21	2,6	11,2
T=10 ans sec (l/s)	167	169	187	338	332	188	85	67	70	91	86	143	43	304	30	15	1,1	8,0
T=5 ans sec (l/s)	253	234	272	455	354	260	116	78	93	157	128	253	61	369	37	18	1,6	9,7
Méthode 2 : à partir de Q Ternay à Savas																		
l/s														l/s/km <sup>2</sup>				
(quantiles expérimentaux)	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	QMNA	Module	1/10ème module	1/20ème module	QMNA	Module
Moyenne (l/s)	865	721	666	731	570	410	164	84	147	287	893	778	74	526	53	26	1,9	13,9
T=10 ans sec (l/s)	376	359	353	163	236	98	48	39	34	74	162	300	34	380	38	19	0,9	10,0
T=5 ans sec (l/s)	462	420	402	449	313	115	60	46	37	93	210	330	37	394	39	20	1,0	10,4
Méthode 3 : à partir de Q Deume à St Marcel-les-Annonay																		
l/s														l/s/km <sup>2</sup>				
(quantiles expérimentaux)	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	QMNA	Module	1/10ème module	1/20ème module	QMNA	Module
Moyenne (l/s)	795	721	777	749	643	444	192	111	164	306	945	962	99	567	57	28	2,6	14,9
T=10 ans sec (l/s)	361	355	364	269	278	114	63	55	50	102	189	300	50	403	40	20	1,3	10,6
T=5 ans sec (l/s)	485	413	469	455	346	161	82	76	67	151	203	357	56	463	46	23	1,5	12,2

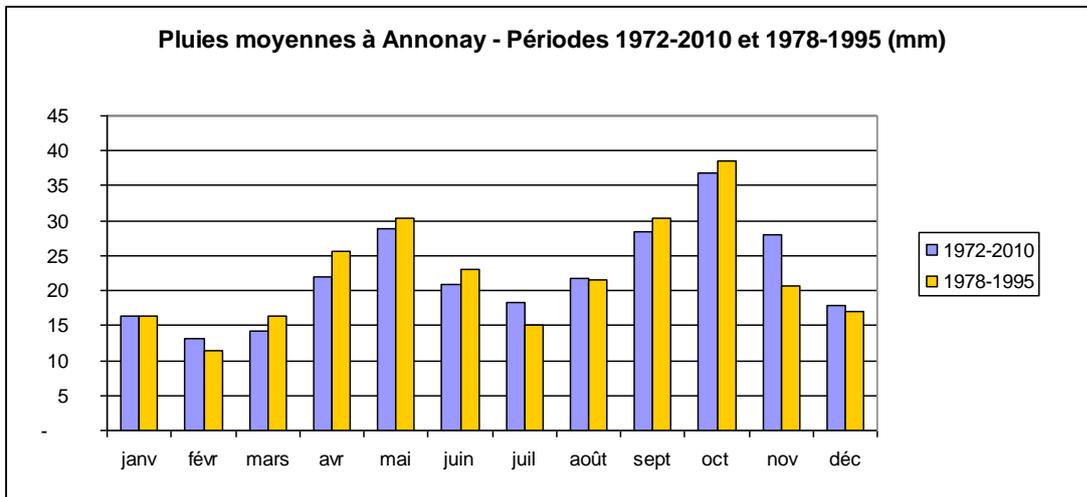


Le bassin versant de l'Argental semble être le bassin le plus proche de celui de la Deume amont, de part sa morphologie, l'occupation du sol et sa proximité immédiate. La comparaison des débits d'étiage obtenus par ces quatre méthodes avec les débits observés au cours de l'étiage 2012 renforce cette hypothèse.

**Nous retenons donc la méthode 1, et plus particulièrement la version 1b, car elle permet de tenir compte de la productivité respective des deux bassins comparés.**

NB : Pour information, dans la mesure où les résultats sont présentés pour la période 1978-1995 : cette période est très proche (pour les mois d'étiage) de la période 1972-2010 comme indiqué sur le graphe ci-dessous.

Figure 39 : Pluie moyenne à Annonay - Comparaison 1972-2010 et 1978-1995

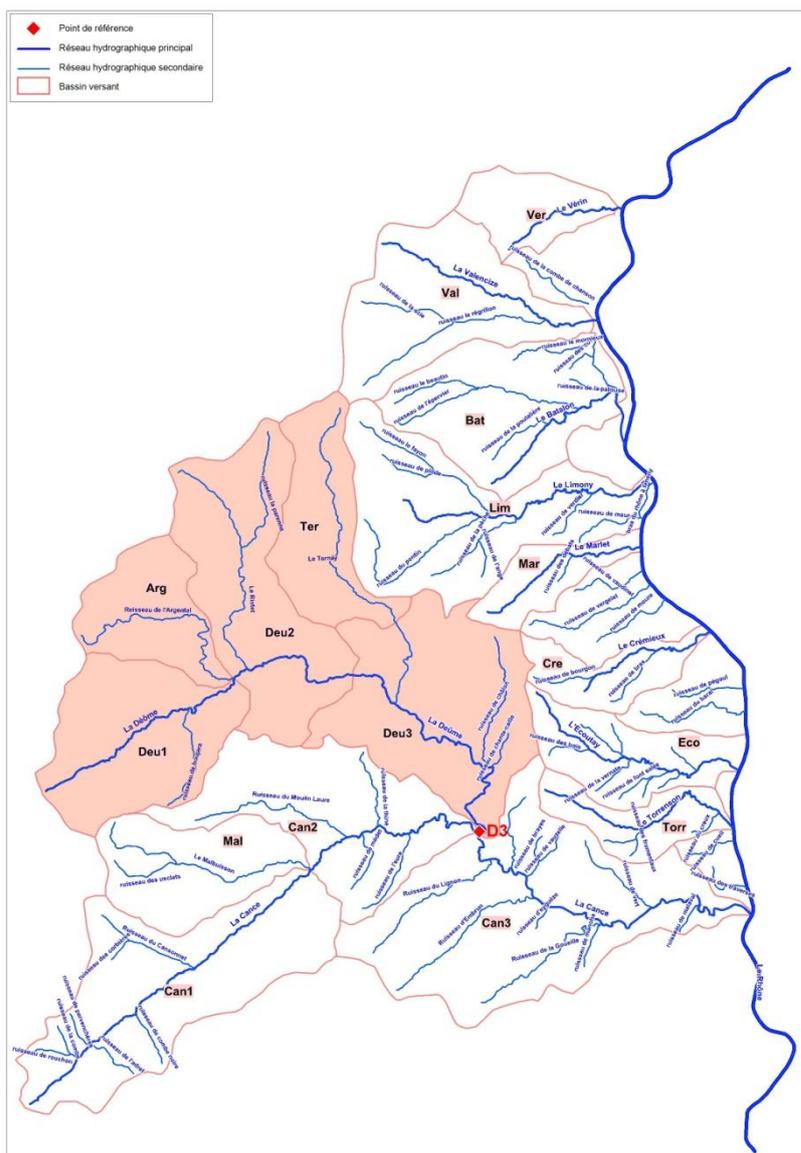


## 4.4.8 Point D3 : la Deume aval à Annonay

### 4.4.8.1 Localisation du point

Le point de référence D3 est situé à l'exutoire du sous-bassin Deu 3. Il s'agit d'un point de référence pour lequel nous ne disposons pas de chroniques de débits en raison de l'absence de station hydrométrique.

Figure 40 : Positionnement du point de référence D3 - la Deume aval à Annonay



Pour estimer la ressource au niveau du point D3, nous disposons soit des données de débits naturels estimés en C3 à partir de la station hydrométrique d'Annonay à Sarras ; soit des données de débits naturels estimés en D2 et D2bis, à partir des stations hydrométrique sur la Deume intermédiaire à St-Marcel-mes-Annonay et sur le Ternay en amont du barrage. Deux méthodes sont proposées ci-dessous, utilisant l'une ou l'autre de ces sources d'information.

#### 4.4.8.2 Méthode 1

Pour reconstituer le débit naturel de la Deume aval à Annonay, nous nous basons sur les deux séries de débits naturels calculés pour les points de référence D2 de la Deume intermédiaire à St-Marcel-les-Annonay et D2 bis du Ternay à Savas.

Le débit du bassin versant de la Deume aval est assimilable à la somme des débits suivants :

- ▶ Débit du bassin contrôlé par D2,
- ▶ Débit du bassin contrôlé par D2bis,
- ▶ Débit du bassin Deu 3.

Nous disposons des deux premiers. Pour estimer la contribution du dernier, nous établissons le ratio des surfaces entre le bassin contrôlé par D2 et le bassin contrôlé par D3 multiplié par le ratio des pluies sur les sous-bassins D2+D2bis (pluie moyenne des deux sous-bassins) et Deu3.

Ainsi, on estime le débit naturel au point D3 grâce à la formule algébrique suivante :

- ▶  $Q_{D3} = Q_{D2bis} + Q_{D2} + Q_{Deu3}$  ; et
- ▶  $Q_{Deu3} =$  \_\_\_\_\_

Où :

- ▶  $Q_{D3}$  : débit naturalisé au point de référence situé à l'exutoire du bassin Deu 3,
- ▶  $Q_{D2}$  : débit naturalisé au point de référence D2 de la Deume à St-Marcel-les-Annonay,
- ▶  $Q_{D2 bis}$  : débit naturalisé au point de référence D2 bis du Ternay à Savas.

Etant donné les surfaces respectives des sous-bassins et les pluies reçues par chacun, on a en moyenne

#### 4.4.8.3 Méthode 2

Une deuxième méthode consiste à faire l'hypothèse que le comportement hydrologique du bassin versant de la Deume aval est assimilable à un bassin versant proche ou aux caractéristiques similaires, duquel nous avons déjà reconstitué la ressource naturelle.

Le bassin susceptible de répondre à ces critères est le bassin contrôlé par le point de référence C3 de la Cance aval à Annonay.

L'hypothèse de similarité de fonctionnement hydrologique entre deux bassins versants voisins doit permettre de tenir compte des différences de surfaces, de pluviométries et des débits spécifiques respectifs de ces deux bassins. Ainsi, on estime le débit naturel au point D3 grâce à la formule algébrique suivante :

- ▶  $Q_{D1} = Q_{BV \text{ voisin}} * A$

Où :

- ▶  $Q_{Exutoire Deume amont}$  : débit naturalisé au point de référence situé à l'exutoire du bassin Deu 1
- ▶  $Q_{BV \text{ voisin}}$  : débit naturalisé au point de référence du bassin voisin qui coïncide avec une station hydrométrique
- ▶ A est le facteur intégrant :
  - le ratio des surfaces ;

- et un second facteur B, résultant de la moyenne entre le ratio des pluies et le ratio des débits spécifiques en étiage, quand nous disposons de cette dernière information.

Ce n'est pas le cas du Ternay et de la Deume intermédiaire puisque les campagnes de jaugeages ne concernaient pas ces points.

- ▶  $A = S_{D1} / S_{BV \text{ voisin}} * B$ 
  - $S_{D1}$  : Surface de bassin versant captée par le point de référence à l'exutoire du bassin de la Deume amont
  - $S_{BV \text{ voisin}}$  : Surface de bassin versant captée par la station située à l'exutoire du bassin versant voisin
- ▶ Le facteur B est le ratio des pluies entre ces deux bassins, élevé au carré.

$$B = ( \text{Pluie } D1 / \text{Pluie } BV \text{ voisin} ) ^2$$

- Pluie D1 / pluie BV voisin : Moyenne du ratio des pluies mensuelles de D1 sur les pluies mensuelles du bassin voisin sur la période 1972-2010. Les pluies mensuelles sont issues des calculs réalisés en partie 2.2 du présent rapport.

#### 4.4.8.4 Comparaison des deux méthodes

Les valeurs obtenues à l'aide de chacune de ces méthodes sont traitées statistiquement. On donne quelques unes de leurs caractéristiques dans les tableaux et graphiques suivants :

Figure 41 : Comparaison des débits naturels obtenus par les méthodes décrites sur le point de référence D3 - la Deume aval à Annonay

Analyse statistique sur la période 1995-2010

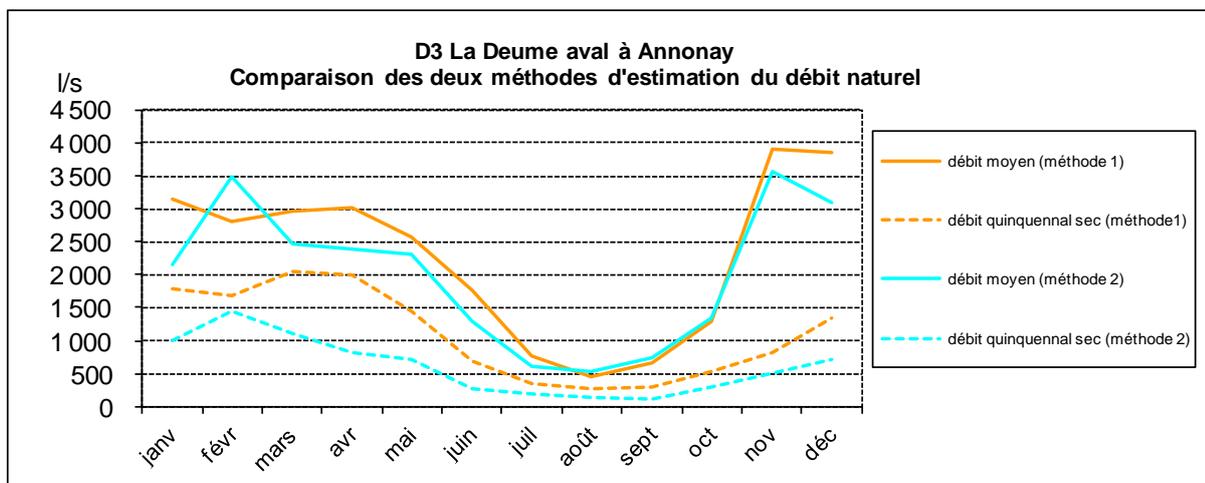
Point : La Deume aval à Annonay superficie contrôlée : 182,00 km<sup>2</sup>

Méthode 1 :  $Q = f(QD2 ; QD2bis ; bassin\ Deu3)$

(quantiles expérimentaux)	l/s												l/s/km <sup>2</sup>					
	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	QMNA	Module	1/10ème module	1/20ème module	QMNA	Module
Moyenne (l/s)	3 150	2 814	2 966	3 022	2 577	1 768	778	440	659	1 282	3 915	3 840	394	2 268	227	113	2,2	12,5
T=10 ans sec (l/s)	1 484	1 514	1 570	975	1 165	451	259	227	197	396	775	1 141	197	1 638	164	82	1,1	9,0
T=5 ans sec (l/s)	1 774	1 683	2 040	1 988	1 449	677	358	281	283	543	811	1 337	229	1 831	183	92	1,3	10,1

Méthode :  $Q = f(Q\ C3)$  avec prise en compte des pluies

(quantiles expérimentaux)	l/s												l/s/km <sup>2</sup>					
	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	QMNA	Module	1/10ème module	1/20ème module	QMNA	Module
Moyenne (l/s)	2 152	3 475	2 479	2 399	2 299	1 280	604	539	732	1 342	3 578	3 099	331	1 998	200	100	1,8	11,0
T=10 ans sec (l/s)	1 004	1 434	1 111	812	725	265	204	131	118	303	501	706	115	1 437	144	72	0,6	7,9
T=5 ans sec (l/s)	1 308	1 855	1 327	1 171	1 223	392	223	162	172	367	618	911	145	1 611	161	81	0,8	8,9



Les deux méthodes donnent des résultats relativement proches à l'étiage. Compte tenu des observations faites lors des jaugeages, notamment le constat de la différence de productivité entre le système Deume et le système Cance à l'amont de la confluence (voir §3.3.2) ; il semble préférable de retenir la méthode 1.

**Nous retenons donc la méthode 1 qui s'appuie sur les débits naturels calculés aux points D2 et D2 bis.**

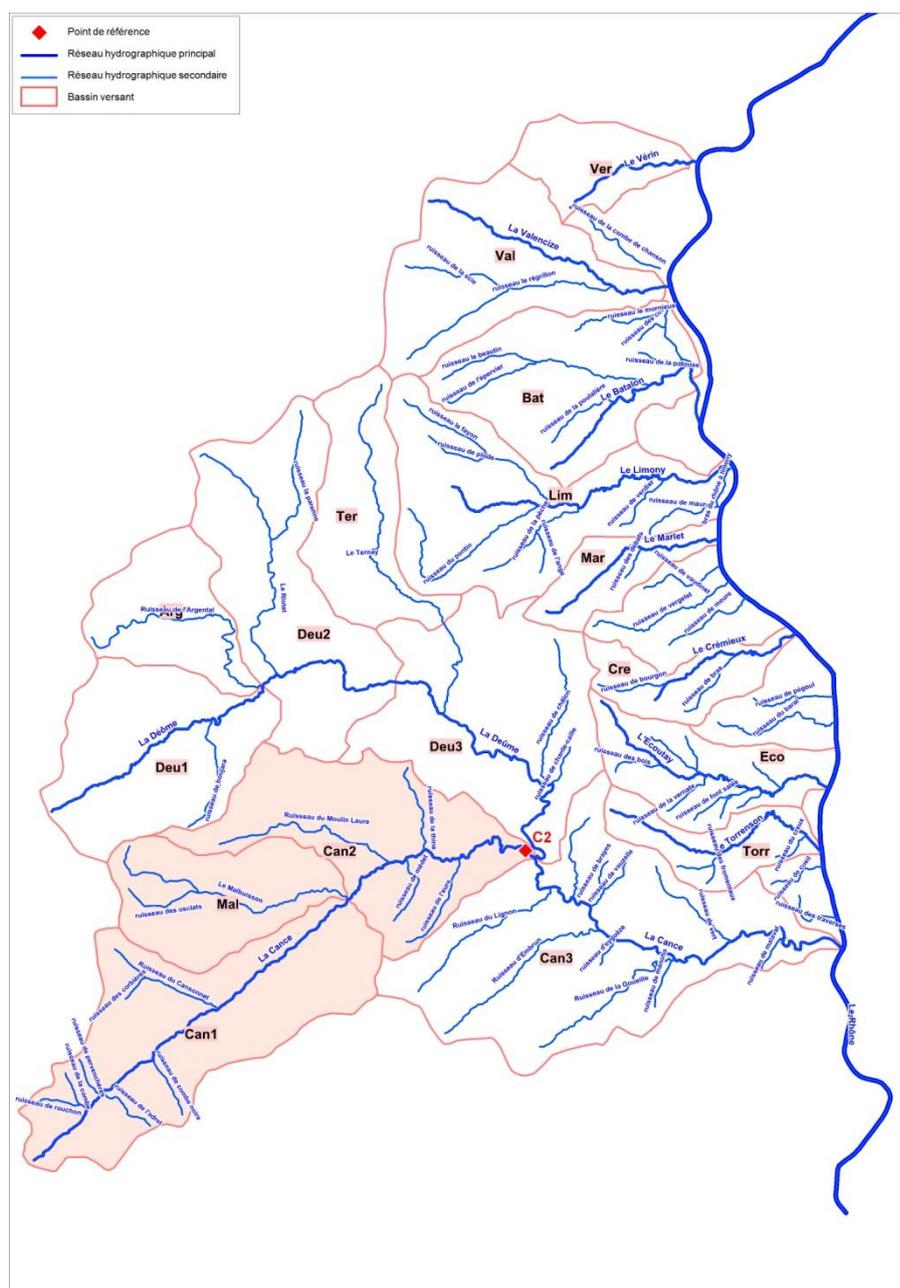
## 4.4.9 Point C2 : la Cance intermédiaire à Annonay

### 4.4.9.1 Localisation du point

Le point de référence C2 est situé à l'exutoire du sous-bassin Can 2.

Il s'agit d'un point de référence pour lequel nous ne disposons pas de chroniques de débits suffisamment longues pour reconstituer la ressource de la même manière que pour les autres points de références situés sur des bassins jaugés. En effet, nous ne disposons que des débits observés pour les années 2010 et 2011.

Figure 42 : Positionnement du point de référence C2 - la Cance intermédiaire à Annonay



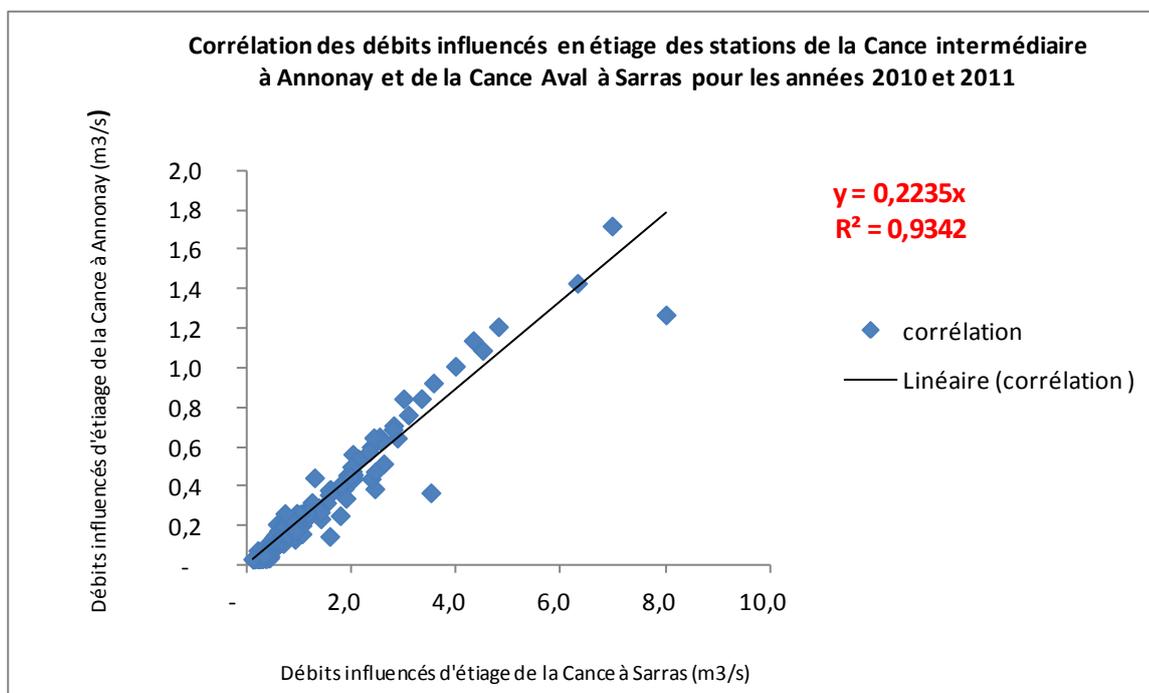
#### 4.4.9.2 Méthode 1

Une première méthode pour reconstituer le débit naturel de la Cance intermédiaire à Annonay, consiste à modéliser le débit à l'aide du modèle pluie-débit GR2M au point C2. Ne disposant pas de chronique de débit observé en ce point, on utilise les paramètres de calage du modèle pluie-débit du point de référence de la Cance aval à Sarras. A l'aide des pluies calculées sur le bassin contrôlé par C2, on génère ainsi le débit naturel en C2 sur la période 1970-2010.

*Remarque : on choisit les paramètres de calage de la Cance à Sarras plutôt que celle de la station sur la Deume, car les quelques années de données disponibles sur la Cance à Sarras montre une meilleure corrélation avec les données de la Cance à Annonay qu'avec celles de la Deume à St Marcel les Annonay.*

#### 4.4.9.3 Méthode 2

Sur la base des chroniques des années 2010 et 2011 de débits observés au niveau de la station hydrométrique de la Cance à Annonay, nous déterminons la corrélation à l'étiage entre les stations de la Cance intermédiaire à Annonay et de la Cance Aval à Sarras. Le coefficient de corrélation obtenu est bon. Il s'élève à 0,93.



Le débit naturel au point C2 est obtenu grâce à la formule algébrique suivante :

►  $Q_{C2} = Q_{C3} * 0,2235$

où :

- $Q_{C2}$  : débit naturalisé au point de référence situé à l'exutoire du bassin Can 2
- $Q_{C3}$  : débit naturalisé au point de référence C3 de la Cance aval à Sarras

#### 4.4.9.4 Méthode 3

Une troisième méthode consiste à faire l'hypothèse que le comportement hydrologique du bassin versant de la Cance intermédiaire est celui d'un bassin versant proche ou aux caractéristiques similaires, duquel nous avons déjà reconstitué la ressource naturelle.

Le bassin susceptible de répondre à ces critères est le bassin contrôlé par le point de référence D2 de la Deume intermédiaire à St-Marcel-les-Annonay (couvertures et pentes comparables).

L'hypothèse de similarité de fonctionnement hydrologique entre deux bassins versants voisins doit permettre de tenir compte des différences de surfaces, de pluviométries et des débits spécifiques respectifs de ces deux bassins. Ainsi, on estime le débit naturel au point C2 grâce à la formule algébrique suivante :

$$\blacktriangleright Q_{C2} = Q_{D2} * A$$

Où :

- ▶ Q C2 : débit naturalisé au point de référence situé à l'exutoire du bassin Can 2
- ▶ Q D2 : débit naturalisé au point de référence D2 qui coïncide avec une station hydrométrique
- ▶ A est le facteur intégrant :
- ▶ Le ratio des surfaces ;
- ▶ Et un second facteur B, résultant de la moyenne entre le ratio des pluies et le ratio des débits spécifiques en étiage.
- ▶  $A = S_{C2} / S_{D2} * B$
- ▶ S C2 : Surface de bassin versant captée par le point de référence à l'exutoire du bassin de la Cance intermédiaire
- ▶ S D2 : Surface de bassin versant captée par la station située à l'exutoire du bassin de la Deume intermédiaire
- ▶ Le facteur B est ici la moyenne du ratio des pluies entre ces deux bassins et du ratio des débits spécifiques calculés suite aux mesures des campagnes de jaugeages, élevé au carré.

$$B = ( \text{moyenne} ( \text{Pluie C2} / \text{Pluie D2} ; Q_s \text{ C2} / Q_s \text{ D2} ) ) ^2$$

- ▶ Pluie C2 / pluie D2 : Moyenne du ratio des pluies mensuelles de C2 sur les pluies mensuelles du bassin D2 sur la période 1972-2010 Les pluies mensuelles sont issues des calculs réalisés en partie 2.2 du présent rapport.
- ▶ Qs C2 / Qs D2 : Moyenne du ratio des débits spécifiques calculés à l'aide des données des trois campagnes de jaugeage effectuées par BRL i au cours de l'étiage 2012.

#### 4.4.9.5 Comparaison des trois méthodes

Les valeurs obtenues à l'aide de chacune de ces méthodes sont traitées statistiquement. On donne quelques unes de leurs caractéristiques dans les tableaux et graphiques suivants :

Figure 43 : Comparaison des débits naturels obtenus par les méthodes décrites sur le point de référence C2 - la Cance intermédiaire à Annonay

Point : La Cance intermédiaire à Annonay superficie contrôlée : 125.00 km<sup>2</sup>

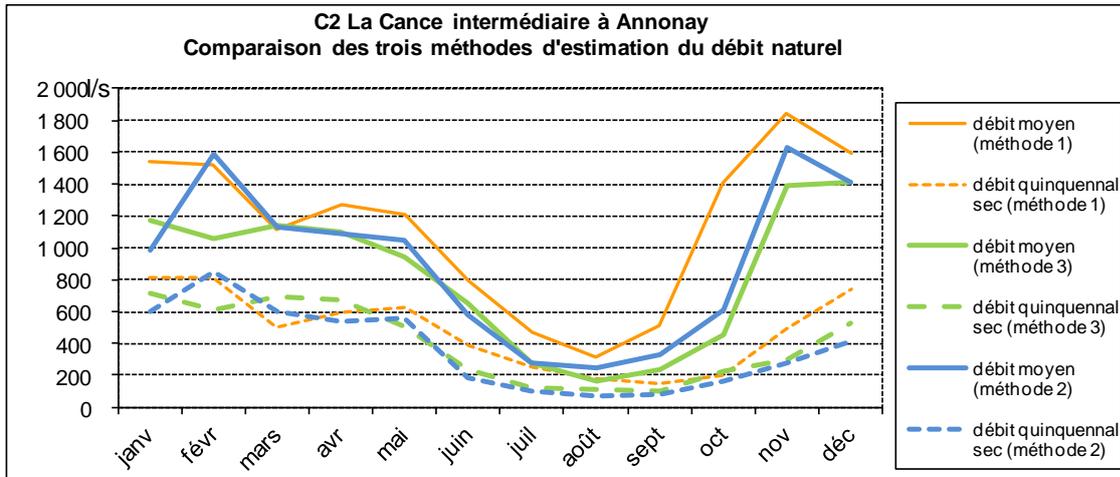
Méthode 1 : GR2M (C2)																		
(quantiles expérimentaux)	l/s														l/s/km <sup>2</sup>			
	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	QMNA	Module	1/10ème module	1/20ème module	QMNA	Module
Moyenne (l/s)	1 543	1 523	1 111	1 272	1 212	793	470	314	516	1 404	1 847	1 594	205	1 133	113	57	1.6	9.1
T=10 ans sec (l/s)	573	703	433	363	436	337	184	139	99	131	324	509	72	783	78	39	0.6	6.3
T=5 ans sec (l/s)	814	810	501	597	628	389	253	179	151	200	496	738	110	860	86	43	0.9	6.9

Méthode 2 : corrélation avec Cance aval à Serras																		
(quantiles expérimentaux)	l/s														l/s/km <sup>2</sup>			
	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	QMNA	Module	1/10ème module	1/20ème module	QMNA	Module
Moyenne (l/s)	981	1 583	1 130	1 093	1 048	583	275	246	334	611	1 630	1 412	151	911	91	46	1.2	7.3
T=10 ans sec (l/s)	457	653	506	370	331	121	93	60	54	138	228	322	52	655	65	33	0.4	5.2
T=5 ans sec (l/s)	596	845	605	534	557	179	102	74	78	167	282	415	66	734	73	37	0.5	5.9

Méthode 3 : Q = f (Q D2)																		
(quantiles expérimentaux)	l/s														l/s/km <sup>2</sup>			
	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	QMNA	Module	1/10ème module	1/20ème module	QMNA	Module
Moyenne (l/s)	1 169	1 060	1 142	1 101	945	652	283	163	241	450	1 388	1 414	146	834	83	42	1.2	6.7
T=10 ans sec (l/s)	530	521	534	395	409	167	92	81	74	150	278	441	74	592	59	30	0.6	4.7
T=5 ans sec (l/s)	713	607	690	669	509	237	120	111	98	223	298	525	82	681	68	34	0.7	5.4



La méthode 2 semble le mieux approcher le fonctionnement du bassin versant contrôlé par le point C2. La comparaison des débits d'étiage obtenus par ces trois méthodes avec les débits observés au cours de l'étiage 2012 renforce cette hypothèse.

**Nous retenons donc la méthode 2 qui s'appuie sur la corrélation des débits influencés en étiage entre les stations de la Cance intermédiaire à Annonay et de la Cance aval à Serras pour les années 2010-2011.**

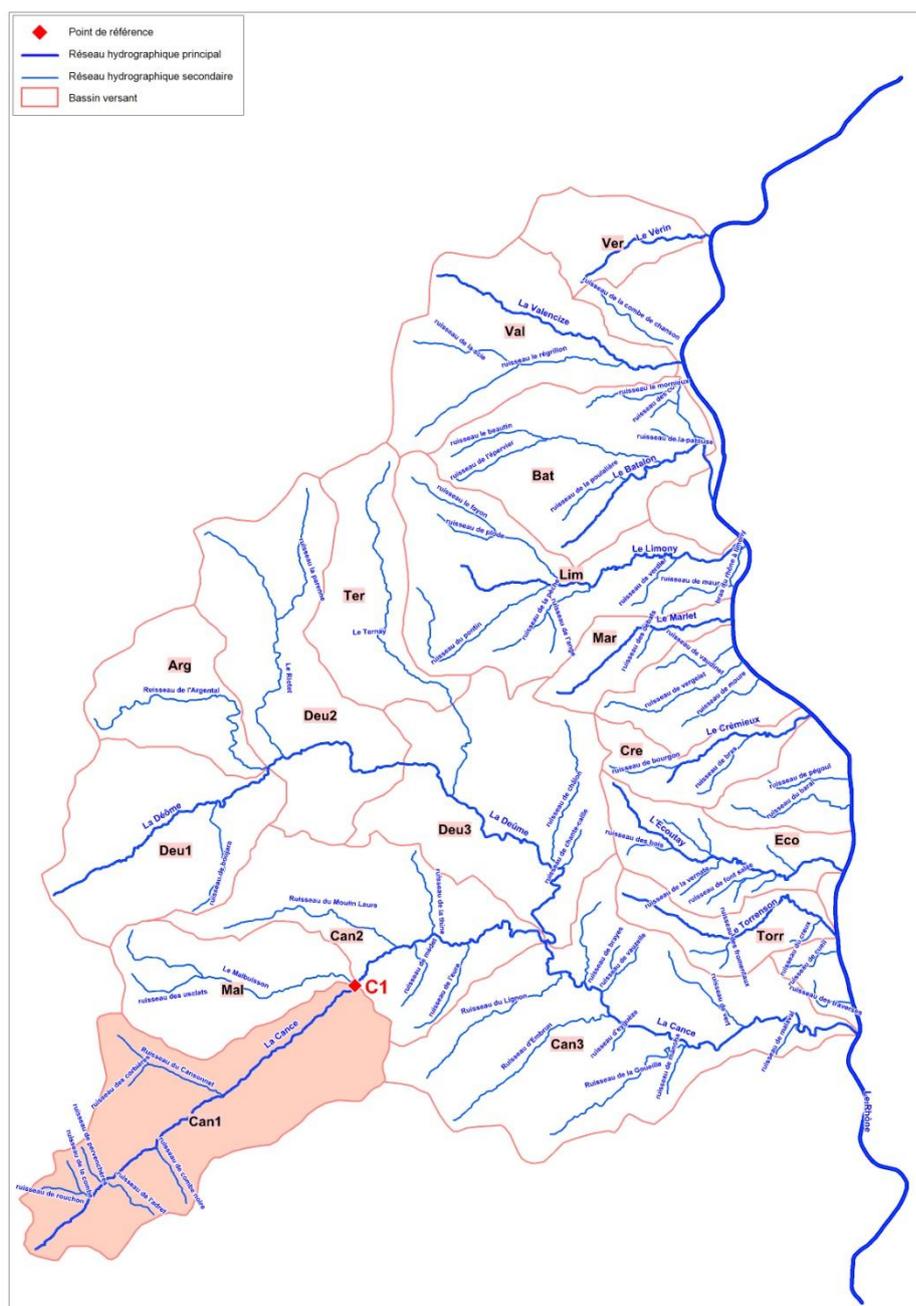
#### 4.4.10 Point C1 : la Cance amont à Villevocance

##### 4.4.10.1 Localisation du point

Le point de référence C1 est situé à l'exutoire du sous-bassin Can 1.

Il s'agit d'un point de référence pour lequel nous ne disposons pas de chroniques de débits pour reconstituer la ressource de la même manière que pour les autres points de références situés sur des bassins jaugés, en raison de l'absence de stations hydrométriques à l'exutoire de ce bassin.

**Figure 44 : Positionnement du point de référence C1 - la Cance amont à Villevocance**



#### 4.4.10.2 Méthode 1

Une première méthode pour reconstituer le débit naturel de la Cance amont à Villevocance, consiste à s'appuyer sur la série de débits naturalisée au point de référence C2 à l'exutoire du bassin versant de la Cance intermédiaire à Annonay. On estime la contribution relative de la Cance amont au point C2 grâce au ratio des mesures de débits effectuées au cours des campagnes de jaugeage de l'étiage 2012. Ainsi, on estime le débit naturel au point C1 grâce à la formule algébrique suivante :

$$\blacktriangleright Q_{nat\ C1} = 0,55 * Q_{nat\ C2}$$

#### 4.4.10.3 Méthode 2

Une deuxième méthode consiste à faire l'hypothèse que le comportement hydrologique du bassin versant de la Cance amont est assimilable à un bassin versant à proximité directe du bassin de la Cance amont ou aux caractéristiques similaires, pour lequel la ressource naturelle a déjà été reconstituée.

Le bassin susceptible de répondre à ces critères est le bassin contrôlé par le point de référence C2 de la Cance intermédiaire à Annonay (couvertures et pentes comparables).

L'hypothèse de similarité de fonctionnement hydrologique entre deux bassins versants voisins doit permettre de tenir compte des différences de surfaces, de pluviométries et des débits spécifiques respectifs de ces deux bassins. Ainsi, on estime le débit naturel au point C1 grâce à la formule algébrique suivante :

$$\blacktriangleright Q_{C1} = Q_{C2} * A$$

Où :

- ▶ Q C1 : débit naturalisé au point de référence situé à l'exutoire du bassin Can 1
- ▶ Q C2 : débit naturalisé au point de référence C2
- ▶ A est le facteur intégrant :
  - Le ratio des surfaces ;
  - Et un second facteur B, résultant de la moyenne entre le ratio des pluies et le ratio des débits spécifiques en étiage.

$$A = S_{C1} / S_{C2} * B$$

- ▶ S C1 : Surface de bassin versant captée par le point de référence à l'exutoire du bassin de la Cance amont
- ▶ S C2 : Surface de bassin versant captée par la station située à l'exutoire du bassin de la Cance intermédiaire
- ▶ Dans le cas de la variante 2a, le facteur B est le ratio des pluies entre ces deux bassins, élevé au carré.

$$B = ( Pluie\ C1 / Pluie\ C2 ) ^2$$

- ▶ Dans le cas de la variante 2b, le facteur B est la moyenne du ratio des pluies entre ces deux bassins et du ratio des débits spécifiques calculés suite aux mesures des campagnes de jaugeages, élevé au carré.

$$B = ( moyenne ( Pluie\ C1 / Pluie\ C2 ; Qs\ C1 / Qs\ C2 ) ) ^2$$

- ▶ Pluie C1 / pluie C2 : Moyenne du ratio des pluies mensuelles de C1 sur les pluies mensuelles du bassin voisin sur la période 1972-2010 Les pluies mensuelles sont issues des calculs réalisés en partie 2.2 du présent rapport.

- ▶ Qs C1/ Qs C2 voisin : Moyenne du ratio des débits spécifiques calculés à l'aide des données des trois campagnes de jaugeage effectuées par BRL i au cours de l'été 2012.
- ▶ Le facteur B est ici la moyenne du ratio des pluies entre ces deux bassins et du ratio des débits spécifiques calculés suite aux mesures des campagnes de jaugeages, élevé au carré.

$$B = ( \text{moyenne} ( \text{Pluie C1} / \text{Pluie C2} ; \text{Qs C1} / \text{Qs C2} ) ) ^2$$

- ▶ Pluie C1 / pluie C2 : Moyenne du ratio des pluies mensuelles de C1 sur les pluies mensuelles du bassin C2 sur la période 1972-2010 Les pluies mensuelles sont issues des calculs réalisés en partie 2.2 du présent rapport.
- ▶ Qs C1 / Qs C2 : Moyenne du ratio des débits spécifiques calculés à l'aide des données des trois campagnes de jaugeage effectuées par BRL i au cours de l'été 2012.

### 4.4.10.4 Comparaison des trois méthodes

Les valeurs obtenues à l'aide de chacune de ces méthodes sont traitées statistiquement. On donne quelques unes de leurs caractéristiques dans les tableaux et graphiques suivants :

Figure 45 : Comparaison des des débits naturels obtenus par les méthodes décrites sur le point de référence C1 - la Cance amont à Villevocance

Analyse statistique sur la période 1973-1978; 2000-2010

Point : La Cance amont à Villevocance

superficie contrôlée : 56.00 km<sup>2</sup>

#### Méthode 1 : Q f (Q C2) avec Qsp

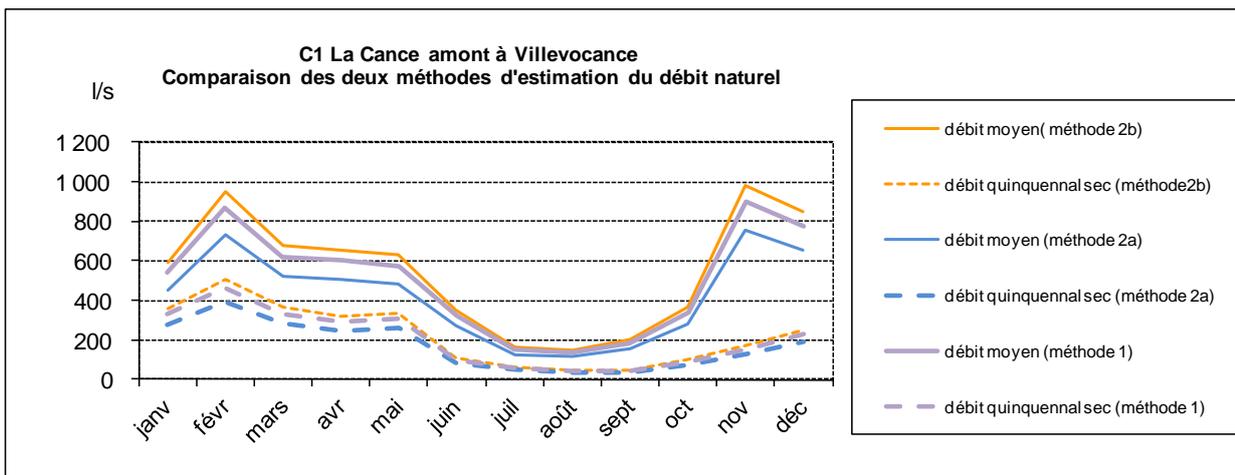
(quantiles expérimentaux)	l/s												l/s/km <sup>2</sup>					
	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	QMNA	Module	1/10ème module	1/20ème module	QMNA	Module
Moyenne (l/s)	539	871	621	601	576	321	151	135	183	336	897	777	83	501	50	25	1.5	8.9
T=10 ans sec (l/s)	252	359	279	203	182	66	51	33	30	76	125	177	29	360	36	18	0.5	6.4
T=5 ans sec (l/s)	328	465	333	294	307	98	56	40	43	92	155	228	36	404	40	20	0.7	7.2

#### Méthode 2a : Q f (Q C2) avec pluies

(quantiles expérimentaux)	l/s												l/s/km <sup>2</sup>					
	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	QMNA	Module	1/10ème module	1/20ème module	QMNA	Module
Moyenne (l/s)	455	735	524	507	486	271	128	114	155	284	757	656	70	423	42	21	1.2	7.5
T=10 ans sec (l/s)	212	303	235	172	153	56	43	28	25	64	106	149	24	304	30	15	0.4	5.4
T=5 ans sec (l/s)	277	392	281	248	259	83	47	34	36	78	131	193	31	341	34	17	0.5	6.1

#### Méthode 2b : Q f (Q C2) avec pluies et Qsp

(quantiles expérimentaux)	l/s												l/s/km <sup>2</sup>					
	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	QMNA	Module	1/10ème module	1/20ème module	QMNA	Module
Moyenne (l/s)	590	953	680	658	631	351	166	148	201	368	981	850	91	548	55	27	1.6	9.8
T=10 ans sec (l/s)	275	393	305	223	199	73	56	36	32	83	137	194	31	394	39	20	0.6	7.0
T=5 ans sec (l/s)	359	509	364	321	335	108	61	44	47	101	169	250	40	442	44	22	0.7	7.9



La méthode 1 semble le mieux approcher le fonctionnement du bassin versant contrôlé par le point C1. La comparaison des débits d'étiage obtenus par ces trois méthodes avec les débits observés au cours de l'étiage 2012 renforce cette impression.

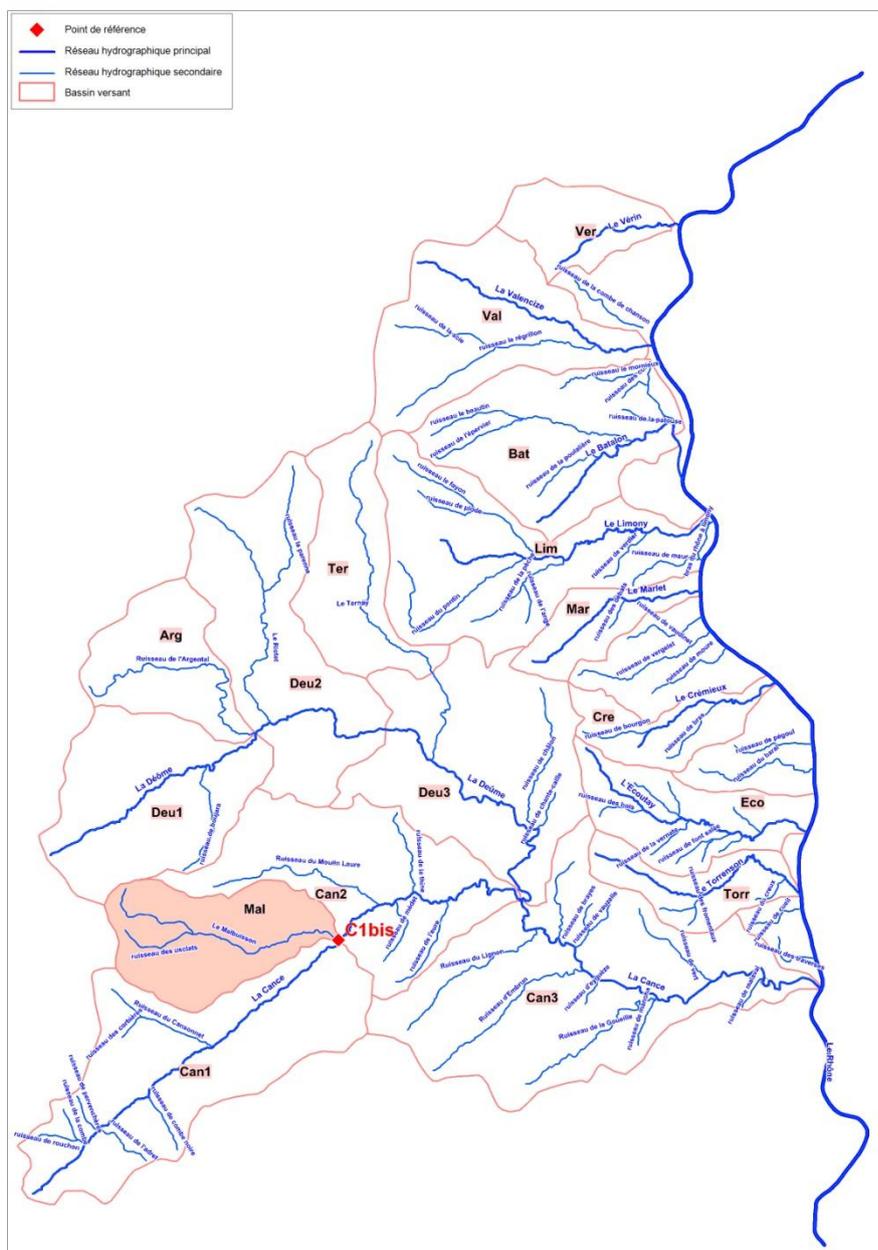
Nous **proposons de retenir la méthode 1** qui s'appuie sur un coefficient de contribution relative du bassin de la Cance amont vis-à-vis de la Cance intermédiaire au point C2, pour lequel la ressource naturelle a été reconstituée sur la période 1973-1978 ; 2000-2010.

### 4.4.11 Point C1 bis : le Malbuisson à Villevoiance

#### 4.4.11.1 Localisation du point

Le point de référence C1 bis est situé à l'exutoire du sous-bassin Mal.

Figure 46 : Positionnement du point de référence du point C1bis - le Malbuisson à Villevoiance



Il s'agit d'un point de référence pour lequel nous ne disposons pas de chroniques de débits pour reconstituer la ressource de la même manière que pour les autres points de références situés sur des bassins jaugés, en raison de l'absence de stations hydrométriques à l'exutoire de ce bassin.

Pour reconstituer le débit naturel au point de référence C1 bis, on procédera de la même manière que pour le point C1 (voir partie précédente).

#### 4.4.11.2 Méthode 1

Une première méthode pour reconstituer le débit naturel du Malbuisson à Villevocance, consiste à s'appuyer sur la série de débits naturalisée au point de référence C2 à l'exutoire du bassin versant de la Cance intermédiaire à Annonay (couvertures et pentes comparables). On estime la contribution relative du Malbuisson vis-à-vis du point C2 grâce au ratio des mesures de débits effectuées au cours des campagnes de jaugeage de l'étiage 2012. Ainsi, on estime le débit naturel au point C1 bis grâce à la formule algébrique suivante :

$$\blacktriangleright Q_{nat} C1 \text{ bis} = 0,35 * Q_{nat} C2$$

#### 4.4.11.3 Méthode 2

On se réfère aux méthodes 2a et 2b employées pour la détermination du débit naturel au point C1.

#### 4.4.11.4 Comparaison des trois méthodes

Les valeurs obtenues à l'aide de chacune de ces méthodes sont traitées statistiquement. On donne quelques unes de leurs caractéristiques dans les tableaux et graphiques suivants :

Figure 47 : Comparaison des des débits naturels obtenus par les méthodes décrites sur le point de référence C1bis - le Malbuisson à Villevocance

Analyse statistique sur la période 1973-1978; 2000-2010

Point : Le Malbuisson à Villevocance

superficie contrôlée : 26.00 km<sup>2</sup>

##### Méthode 1 : Q = f (Q C2) avec Qsp

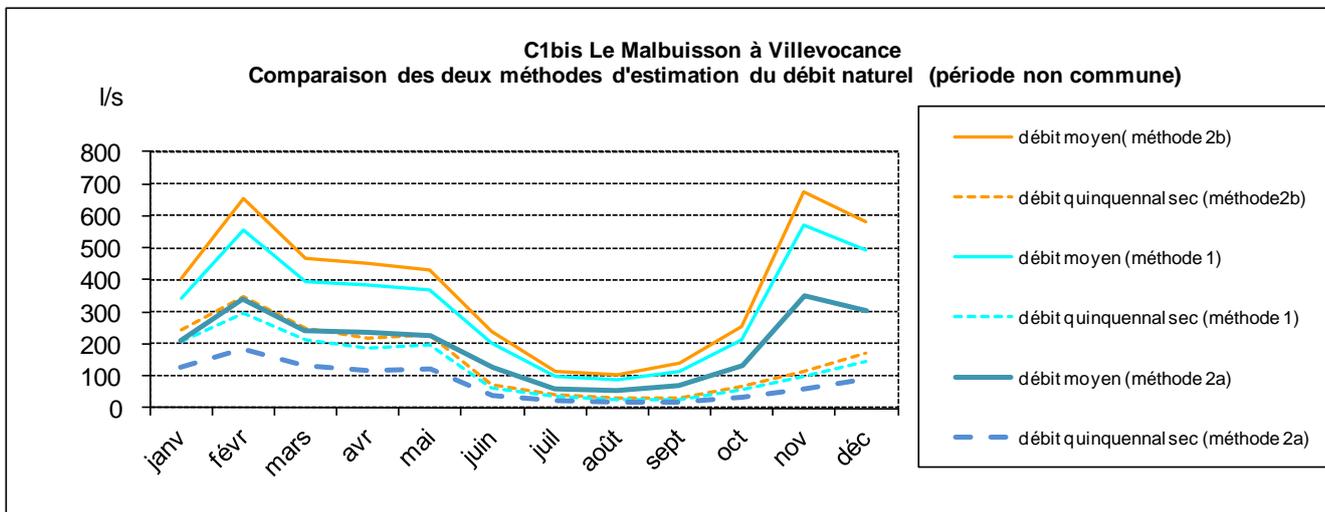
(quantiles expérimentaux)	l/s														l/s/km <sup>2</sup>			
	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	QMNA	Module	1/10ème module	1/20ème module	QMNA	Module
Moyenne (l/s)	343	554	395	383	367	204	96	86	117	214	571	494	53	319	32	16	2.0	12.3
T=10 ans sec (l/s)	160	229	177	129	116	42	33	21	19	48	80	113	18	229	23	11	0.7	8.8
T=5 ans sec (l/s)	209	296	212	187	195	63	36	26	27	58	99	145	23	257	26	13	0.9	9.9

##### Méthode 2a : Q = f (Q C2) avec pluies

(quantiles expérimentaux)	l/s														l/s/km <sup>2</sup>			
	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	QMNA	Module	1/10ème module	1/20ème module	QMNA	Module
Moyenne (l/s)	211	341	243	236	226	126	59	53	72	132	351	304	32	196	20	10	1.2	7.5
T=10 ans sec (l/s)	99	141	109	80	71	26	20	13	12	30	49	69	11	141	14	7	0.4	5.4
T=5 ans sec (l/s)	128	182	130	115	120	39	22	16	17	36	61	89	14	158	16	8	0.5	6.1

Méthode 2a :  $Q = f(Q C2)$  avec pluies et Qsp

(quantiles expérimentaux)	l/s												l/s/km2					
	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	QMNA	Module	1/10ème module	1/20ème module	QMNA	Module
Moyenne (l/s)	405	654	466	451	433	241	114	101	138	252	673	583	62	376	38	19	2.4	14.5
T=10 ans sec (l/s)	189	270	209	153	137	50	38	25	22	57	94	133	22	270	27	14	0.8	10.4
T=5 ans sec (l/s)	246	349	250	220	230	74	42	30	32	69	116	171	27	303	30	15	1.1	11.7



La méthode 1 semble le mieux approcher le fonctionnement du bassin versant contrôlé par le point C1 bis. La comparaison des débits d'étiage obtenus par ces trois méthodes avec les débits observés au cours de l'étiage 2012 renforce cette hypothèse.

Nous retenons donc la **méthode 1** qui s'appuie sur un coefficient de contribution relative du bassin de la Cance amont vis-à-vis de la Cance intermédiaire au point C2, pour lequel la ressource naturelle a été reconstituée sur la période 1973-1978 ; 2000-2010.

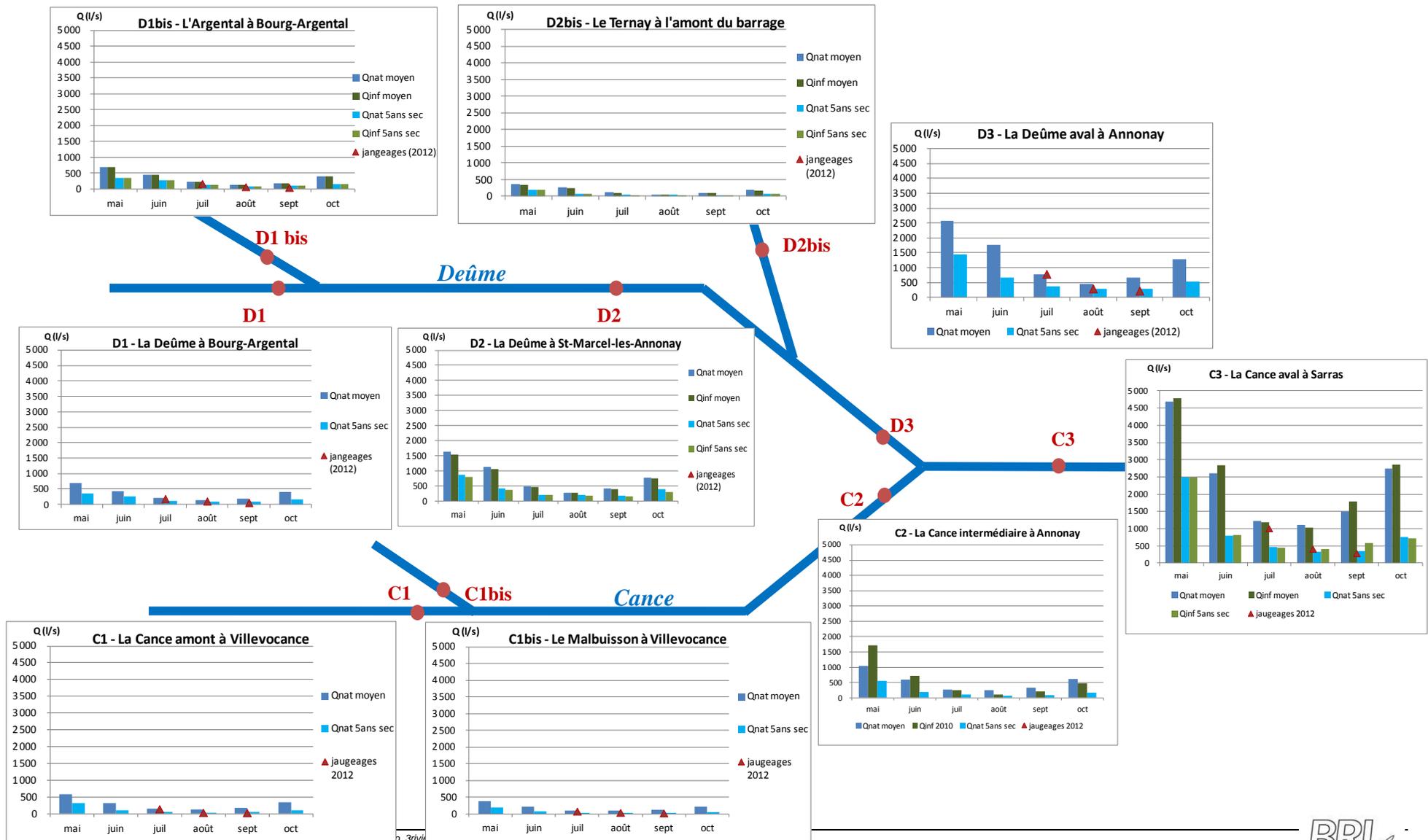
## 4.5 BILAN DES ESTIMATIONS SUR LA RESSOURCE SUR LE SYSTEME CANCE-DEUME

Les graphiques ci-dessous synthétisent les résultats obtenus et présentent pour chacun des points de référence étudiés :

- ▶ les estimations de débit naturel (valeurs mensuelles moyennes et quinquennales sèches) ;
- ▶ les débits influencés mesurés aux stations, pour les points proches d'une station hydrométriques (valeurs mensuelles moyenne et quinquennales sèches) ;
- ▶ les jaugeages réalisés lors des 3 campagnes réalisées 2012, pour les points au niveau desquels des mesures ont été réalisées.

Ces trois termes sont donnés à titre indicatif mais ne sont pas directement comparables. Les valeurs de jaugeages notamment correspondent à une mesure du débit instantané en rivière, qu'il peut être difficile de comparer avec les valeurs mensuelles de débit influencé ou naturel.

*Remarque : Les périodes sur lesquelles sont calculées les moyennes et fréquences quinquennales sèches sont celles utilisées pour le reste du rapport et ne sont pas forcément homogènes pour l'ensemble des points. De plus, sur la Cance à Annonay, on ne dispose pas d'une chronique de mesure suffisamment grande, les valeurs présentées sont celles de l'année 2010.*



## 5. BILAN RESSOURCE NATURELLE /BESOINS AU NIVEAU DES POINTS DE REFERENCE

Dans les paragraphes qui suivent, nous comparons mensuellement les débits naturels estimés en chacun des 16 points de calcul (13 points de référence et 3 points de calcul complémentaires) avec les prélèvements actuels. La part de ressource mobilisée est alors exprimée en pourcentage.

Un tableau récapitulatif ci-dessous précise ces valeurs mensuelles par point de calcul. On donne a titre indicatif un « QMNA réinfluencé » ; en toute rigueur pour calculer une telle valeur, il serait nécessaire de connaître le prélèvement effectif réalisé chaque année pour chacun des différents mois correspondant à un QMNA. Afin de donner un ordre de grandeur, on a calculé ce QMNA tel que QMNA réinfluencé = QMNA naturel – prélèvements du mois d'août.

Ces résultats sont résumés en quelques lignes dans les paragraphes qui suivent ce tableau de synthèse, point de calcul par point de calcul. Pour chacun de ces points, un graphique illustre le bilan besoin / ressources qui est décrit dans le paragraphe et dont les valeurs sont données dans le tableau de synthèse.

- ▶ La **ressource** est donnée à travers le débit naturel 5 ans sec (en l/s) de chaque mois compris entre mai et octobre. Sur le graphique, cette variable figure en bleu sous la forme d'une courbe.
- ▶ Les **prélèvements** sont donnés mensuellement (en l/s), entre mai et octobre, et figurent sous forme d'aires colorées. On distingue 4 catégories de prélèvements : irrigation (hors retenues), AEP (bilan eau potable / assainissement), industrie, retenues. Les prélèvements domestiques ne sont pas mentionnés car comme vu en phase 2, leur trace à l'échelle mensuelle est infime. Lorsque la valeur de prélèvement est négative, c'est qu'il s'agit d'un rejet. Dans le tableau, les données sont arrondies au litre près, pour différencier les cas où un prélèvement est nul, et celui où il est très faible, on note dans ce dernier cas un prélèvement « >0 ».

Les prélèvements présentés dans le tableau ci-dessous correspondent aux prélèvements de 2009. Cette année a été choisie pour différentes raisons :

- C'est l'année la plus récente de la chronique étudiée. Pour ce qui concerne l'usage AEP, il semble opportun de considérer l'année la plus récente, car l'évolution des volumes prélevés pour cette usage est fortement lié à l'évolution démographique, ainsi qu'à l'efficacité du réseau.
- C'est une année plutôt sèche, et où l'ETP a été forte au cours des mois d'été. La pluie annuelle de 2009 est équivalente à celle d'une année quinquennale sèche, la somme de l'ETP sur les mois de juin à août, est également proche d'une année quinquennale de forte ETP (ETP légèrement supérieure à cette valeur). Elle semble donc bien représenter les conditions rencontrées lors d'été secs quinquennaux.
- ▶ Enfin, **le taux de ressource consommée** (exprimé en %) pour permettre la satisfaction des usages anthropiques actuels est indiqué sous la forme d'une courbe discontinue rouge. Sa lecture se fait sur un second axe d'ordonnées situé à droite et exprimé en pourcentage. Lorsque ce pourcentage est négatif, alors c'est que l'influence anthropique est au rejet plus qu'au prélèvement.

*Remarque : entre l'estimation des prélèvements faite dans le cadre de la phase 1-2 et les chiffres présentés dans ce tableau, deux modifications ont été apportées et seront considérées dans les phases suivantes de proposition de volumes prélevables. Il s'agit de :*

- *la prise en compte d'un prélèvement agricole supplémentaire, et*
- *la modification de la localisation des rejets des STEP de Villevocance et Saint-Julien-Molin-Molette.*

*Pour davantage d'information sur ces modifications, on se reportera à l'annexe 2.*

Débits naturels reconstitués et mise en perspective avec les prélèvements nets

Point	Surface (km <sup>2</sup> )	Paramètre	Type	Débit (L/s)												Débit spécifique (l/s/km <sup>2</sup> )					
				janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	QMNA	module	1/10 mod	1/20 mod	QMNA	module
D1 - La Deume amont à Bourg-Argental	38	Débit naturel (1)	moy	483	461	588	718	686	432	212	136	172	396	364	459	99	426	43	21	3	11
			5 ans sec	253	234	272	455	354	260	116	78	93	157	128	253	61				2	
			10 ans sec	167	169	187	338	332	188	85	67	70	91	86	143	43				1	
		Prélèvements 2009 (2)	Irrig net	0	0	0	0	0	>0	>0	>0	>0	0	0	0						
			AEP net	2	2	2	2	2	3	3	3	3	2	1	1						
			Industrie net	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
			Retenues net	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
			Total net	2	2	2	2	2	3	3	3	3	2	1	1						
		(2)/(1)	Prélèvements / débit 5 ans sec	1%	1%	1%	1%	1%	1%	3%	4%	3%	1%	1%	1%						
		Débit influencé reconstitué (3)	moy	482	459	586	716	684	429	208	133	169	394	363	458	96					
5 ans sec	252		232	270	453	352	257	113	75	90	155	126	251	58							
10 ans sec	165		167	185	336	330	185	82	64	67	88	85	142	39							
D1bis - L'Argental à Bourg-Argental	21	Débit naturel (1)	moy	486	463	591	722	689	434	213	137	173	398	366	461	100	428	43	21	5	20
			5 ans sec	254	235	274	457	356	262	117	79	93	158	128	254	62				3	
			10 ans sec	168	170	188	340	334	189	85	68	70	91	87	144	43				2	
		Prélèvements 2009 (2)	Irrig net	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
			AEP net	>0	>0	>0	>0	>0	>0	>0	>0	>0	>0	>0	>0						
			Industrie net	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
			Retenues net	>0	>0	>0	>0	>0	>0	>0	>0	>0	>0	>0	>0						
			Total net	>0	>0	>0	>0	>0	>0	>0	>0	>0	>0	>0	>0						
		(2)/(1)	Prélèvements / débit 5 ans sec	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%						
		Débit influencé reconstitué (3)	moy	486	463	590	721	689	434	212	136	172	398	366	461	99					
5 ans sec	254		235	273	457	356	261	116	78	93	157	128	254	61							
10 ans sec	168		170	188	340	333	189	85	67	70	91	86	144	42							
D2 - La Deume intermédiaire à St-Marcel-les-Annonay	109	Débit naturel (1)	moy	2 016	1 828	1 971	1 899	1 631	1 125	487	281	415	777	2 395	2 439	252	1 439	144	72	2	13
			5 ans sec	1 230	1 048	1 190	1 154	878	409	208	192	169	384	514	905	142				1	
			10 ans sec	915	899	922	682	706	288	159	139	128	259	479	760	128				1	
		Prélèvements 2009 (2)	Irrig net	0	0	0	0	0	>0	>0	>0	>0	0	0	0						
			AEP net	4	4	4	6	4	8	9	10	8	5	3	2						
			Industrie net	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
			Retenues net	>0	>0	>0	>0	>0	>0	>0	>0	>0	>0	>0	>0						
			Total net	4	4	5	6	4	8	9	10	8	5	4	3						
		(2)/(1)	Prélèvements / débit 5 ans sec	0%	0%	0%	1%	0%	2%	4%	5%	5%	1%	1%	0%						
		Débit influencé reconstitué (3)	moy	2 012	1 824	1 966	1 893	1 626	1 117	478	270	407	772	2 391	2 436	242					
5 ans sec	1 226		1 043	1 185	1 148	874	402	199	182	162	379	510	902	132							
10 ans sec	911		895	917	676	702	280	150	129	120	254	475	757	117							
D2bis - Le Ternay en amont du barrage	26	Débit naturel (1)	moy	554	462	426	468	365	263	105	54	94	184	572	498	47	337	34	17	2	13
			5 ans sec	296	269	257	288	200	74	38	30	24	60	134	211	24				1	
			10 ans sec	241	230	226	104	151	63	31	25	22	48	104	192	22				1	
		Prélèvements 2009 (2)	Irrig net	0	0	0	0	>0	3	9	7	1	0	0	0						
			AEP net	2	2	2	3	2	4	5	4	4	3	3	2						
			Industrie net	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
			Retenues net	>0	>0	>0	>0	>0	>0	>0	>0	>0	>0	>0	>0						
			Total net	2	2	2	3	2	7	14	11	5	3	4	2						
		(2)/(1)	Prélèvements / débit 5 ans sec	1%	1%	1%	1%	1%	10%	36%	38%	21%	5%	3%	1%						
		Débit influencé reconstitué (3)	moy	552	460	424	466	363	255	91	43	89	181	568	496	36					
5 ans sec	294		267	255	285	198	67	24	19	19	56	131	209	13							
10 ans sec	238		228	225	102	149	55	17	14	17	44	100	190	11							
D3 - La Deume aval à Annonay	182	Débit naturel (1)	moy	3 150	2 814	2 966	3 022	2 577	1 768	778	440	659	1 282	3 915	3 840	394	2 268	227	113	2.2	12
			5 ans sec	1 774	1 683	2 040	1 988	1 449	677	358	281	283	543	811	1 337	229				1.3	
			10 ans sec	1 484	1 514	1 570	975	1 165	451	259	227	197	396	775	1 141	197				1.1	
		Prélèvements 2009 (2)	Irrig net	0	0	0	0	>0	4	9	7	1	0	0	0						
			AEP net	59	65	54	63	54	73	71	68	70	59	56	56						
			Industrie net	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4						
			Retenues net	4	4	5	6	7	9	11	8	>0	4	4	4						
			Total net	67	72	62	73	64	89	96	86	75	67	64	63						
		(2)/(1)	Prélèvements / débit 5 ans sec	4%	4%	3%	4%	4%	13%	27%	31%	27%	12%	8%	5%						
		Régulation	barrage du Ternay (Qe-Qs)	0	98	109	22	31	0	-16	-54	-146	-39	0	0						
Débit influencé reconstitué (3)	moy	3 084	2 644	2 795	2 927	2 482	1 679	699	408	729	1 255	3 852	3 777	362							
	5 ans sec	1 707	1 513	1 869	1 893	1 354	588	278	249	354	516	747	1 274	198							
	10 ans sec	1 417	1 344	1 399	880	1 070	362	179	195	267	369	711	1 078	165							

Point	Surface (km²)	Paramètre	Type	Débit (L/s)												Débit spécifique (l/s/km²)					
				janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	QMNA	module	1/10 mod	1/20 mod	QMNA	module
C1 - La Cance amont à Villevocance	56	Débit naturel (1)	moy	539	871	621	601	576	321	151	135	183	336	897	777	83	501	50	25	1	9
			5 ans sec	328	465	333	294	307	98	56	40	43	92	155	228	36				1	
			10 ans sec	252	359	279	203	182	66	51	33	30	76	125	177	29				1	
		Prélèvements 2009 (2)	Irrig net	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
			AEP net	1	1	1	1	1	2	2	2	1	1	1	1						
			Industrie net	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
			Retenues net	>0	>0	>0	>0	>0	>0	>0	>0	>0	>0	>0	>0						
			Total net	1	1	1	1	2	2	2	2	1	1	1	1						
		(2)/(1)	Prélèvements / débit 5 ans sec	0%	0%	0%	0%	0%	2%	4%	5%	3%	1%	1%	0%						
		Débit influencé reconstitué (3)	moy	538	870	620	600	575	319	149	133	182	335	896	776	81					
			5 ans sec	327	464	331	292	305	96	54	39	42	91	154	227	35					
			10 ans sec	251	358	277	202	180	65	49	31	28	75	124	176	27					
		C1bis - Le Malbuisson à Villevocance	26	Débit naturel (1)	moy	343	554	395	383	367	204	96	86	117	214	571				494	53
5 ans sec	209				296	212	187	195	63	36	26	27	58	99	145	23	1				
10 ans sec	160				229	177	129	116	42	33	21	19	48	80	113	18	1				
Prélèvements 2009 (2)	Irrig net			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
	AEP net			1	1	1	1	1	2	2	2	2	1	1	1						
	Industrie net			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
	Retenues net			1	1	1	1	1	1	1	>0	>0	1	1	1						
	Total net			2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2						
(2)/(1)	Prélèvements / débit 5 ans sec			1%	1%	1%	1%	1%	3%	6%	8%	7%	3%	2%	1%						
Débit influencé reconstitué (3)	moy			341	552	394	380	365	202	94	84	115	212	568	492	51					
	5 ans sec			207	294	210	185	193	61	33	24	25	56	96	143	21					
	10 ans sec			158	227	176	127	114	40	30	19	17	46	78	111	16					
C2 - La Cance intermédiaire à Annonay	125			Débit naturel (1)	moy	981	1 583	1 130	1 093	1 048	583	275	246	334	611	1 630	1 412	151	911	91	46
		5 ans sec	457		653	506	370	331	121	93	60	54	138	228	322	66	1				
		10 ans sec	596		845	605	534	557	179	102	74	78	167	282	415	52	>0				
		Prélèvements 2009 (2)	Irrig net	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
			AEP net	2	2	2	2	2	3	3	3	3	2	2	2						
			Industrie net	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2						
			Retenues net	1	1	1	1	1	1	1	1	>0	1	1	1						
			Total net	5	5	5	5	5	6	6	6	5	5	5	5						
		(2)/(1)	Prélèvements / débit 5 ans sec	1%	1%	1%	1%	2%	5%	7%	10%	10%	4%	2%	1%						
		Débit influencé reconstitué (3)	moy	976	1 579	1 125	1 088	1 043	578	269	240	328	606	1 625	1 408	145					
			5 ans sec	453	649	501	365	325	115	87	54	48	133	223	317	60					
			10 ans sec	591	840	600	528	552	173	96	68	73	162	277	410	47					
		C3 - La Cance aval à Sarras	380	Débit naturel (1)	moy	4 388	7 085	5 054	4 890	4 688	2 609	1 232	1 100	1 492	2 736	7 294	6 319	674			
5 ans sec	2 667				3 781	2 706	2 388	2 494	800	454	329	350	747	1 260	1 858	296	1				
10 ans sec	2 047				2 924	2 266	1 655	1 479	541	416	268	240	617	1 021	1 440	234	1				
Prélèvements 2009 (2)	Irrig net			0	0	0	0	>0	6	14	12	2	0	0	0						
	AEP net			-57	-67	-46	-37	-60	-34	-8	5	-8	-37	-83	-79						
	Industrie net			4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4						
	Retenues net			8	8	10	11	13	34	38	32	19	8	8	8						
	Total net			-45	-55	-32	-22	-43	10	48	52	17	-26	-71	-67						
(2)/(1)	Prélèvements / débit 5 ans sec			-2%	-1%	-1%	-1%	-2%	1%	11%	16%	5%	-3%	-6%	-4%						
Régulation	barrage du Ternay (Qe-Qs)			0	98	109	22	31	0	-16	-54	-146	-39	0	0						
Débit influencé reconstitué (3)	moy			4 433	7 041	4 977	4 890	4 700	2 599	1 200	1 102	1 621	2 801	7 365	6 387	677					
	5 ans sec			2 712	3 738	2 629	2 388	2 506	790	423	332	479	812	1 331	1 925	298					
	10 ans sec			2 091	2 880	2 189	1 655	1 491	531	384	270	369	682	1 092	1 507	236					
A2 - La Valencize à Chavanay	36	Débit naturel (1)	moy	488	455	470	537	470	259	121	65	115	320	465	510	54	356	36	18	1.5	9.9
			5 ans sec	225	284	245	206	151	86	55	42	37	70	142	200	30				0.8	
			10 ans sec	186	228	153	142	121	74	47	34	30	59	99	167	27				0.7	
		Prélèvements 2009 (2)	Irrig net	0	0	0	0	>0	4	13	10	2	0	0	0						
			AEP net	-2	-11	-1	>0	2	3	1	-1	-4	-4	-1	-3						
			Industrie net	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
			Retenues net	2	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2						
			Total net	0	-9	1	2	4	9	15	10	-1	-3	1	-1						
		(2)/(1)	Prélèvements / débit 5 ans sec	0%	-3%	0%	1%	3%	10%	28%	23%	-3%	-4%	0%	0%						
		Débit influencé reconstitué (3)	moy	488	464	469	535	466	250	105	56	116	322	464	511	44					
			5 ans sec	225	293	244	204	146	78	40	32	38	72	141	201	20					
			10 ans sec	186	237	152	140	117	65	32	24	31	61	99	168	17					

Comme cela a été souligné au chapitre 4.4.2, l'estimation de la ressource naturelle des affluents directs du Rhône pose problème (à l'exception de la Valencize qui est équipée d'une station hydrométrique). L'incertitude, présente pour l'ensemble des points, est encore plus forte pour ces petits affluents (y compris le Torrenson).

Compte tenu des fortes incertitudes sur les débits, il a été convenu avec le Comité technique que les phases ultérieures de bilan besoin / ressource seraient menées à partir des valeurs de QMNA5, plutôt que des débits mensuels. Le tableau ci-dessous met en regard l'ordre de grandeur des QMNA5 avec les prélèvements estimés en phase 2.

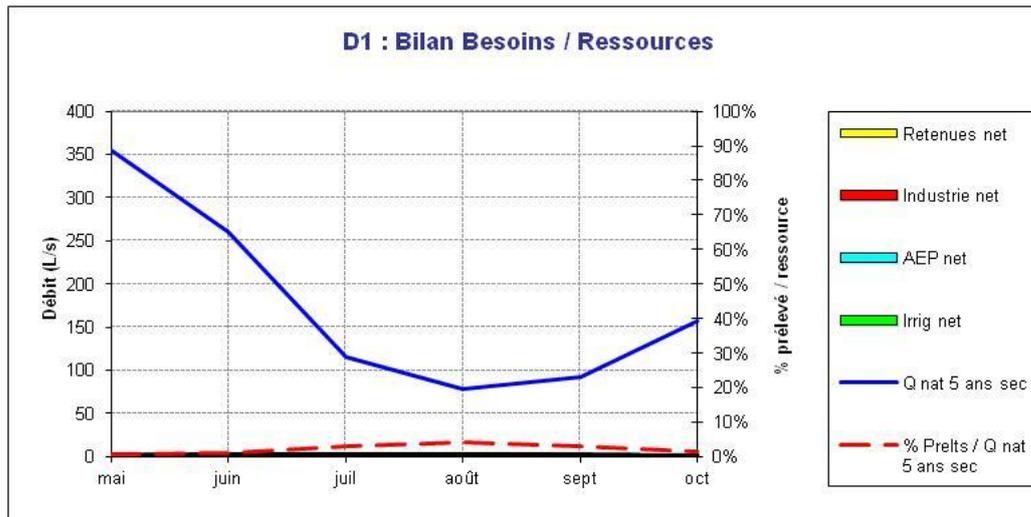
Point	Surface (km <sup>2</sup> )	Paramètre	Type	juin	juil	août	sept	oct
A1 - Le Vérin à Vérin	14	Prélèvements 2009 (l/s)	Irrig net	0	0	0	0	0
			AEP net	-1	-1	-1	-1	-1
			Industrie net	0	0	0	0	0
			Retenues net	1	1	1	1	1
			Total net	>0	1	1	>0	0
		QMNA 5 (l/s)	1 à 12					
Prélèvement août / QMNA5			5 à 65%					
A3 - Le Bâton à St-Pierre-de-Bœuf	36	Prélèvements 2009	Irrig net	5	9	7	1	0
			AEP net	-4	-3	-3	-3	-4
			Industrie net	0	0	0	0	0
			Retenues net	3	3	2	1	10
			Total net	3	9	7	-2	5
		QMNA 5 (l/s)	9 à 19					
Prélèvement août / QMNA5			37 à 78%					
A4 - La Limony à Limony	45	Prélèvements 2009	Irrig net	3	6	5	>0	0
			AEP net	10	4	4	2	1
			Industrie net	0	0	0	0	0
			Retenues net	2	2	2	1	3
			Total net	14	12	10	4	3
		QMNA 5 (l/s)	12 à 30					
Prélèvement août / QMNA5			34 à 49 %					
A5 - Le Crémieux à Peyraud	13	Prélèvements 2009	Irrig net	0	0	0	0	0
			AEP net	-2	-2	-1	-1	-2
			Industrie net	0	0	0	0	0
			Retenues net	>0	>0	>0	0	>0
			Total net	-2	-1	-1	-1	-2
		QMNA 5 (l/s)	2 à 8					
Prélèvement août / QMNA5			<0					
A6 - L'Ecoutay à St Désirat	17	Prélèvements 2009	Irrig net	0	0	0	0	0
			AEP net	-2	-1	-1	-1	-2
			Industrie net	-28	-28	-28	-28	-28
			Retenues net	2	2	1	1	3
			Total net	-28	-27	-27	-28	-27
		QMNA 5 (l/s)	2 à 9					
Prélèvement août / QMNA5			<0					
Prélèvement août (sauf retours prélèvements industriels) / QMNA 5			4 à 19 %					
A7 - Le Torrenson à Andance	12	Prélèvements 2009	Irrig net	0	0	0	0	0
			AEP net	0	0	0	0	0
			Industrie net	0	0	0	0	0
			Retenues net	2	2	2	1	3
			Total net	2	2	2	1	3
		QMNA 5 (l/s)	5 à 7					
Prélèvement août / QMNA5			28 à 39 %					

Remarque : Sachant que l'on constate généralement des étiages tardifs sur ces affluents (en août ou septembre), on a choisi de présenter le rapport entre les prélèvements du mois d'août et le QMNA5. Il est cependant possible que des débits mensuels équivalents au QMNA5 soient rencontrés pour d'autres mois de l'année.

## 5.1 BILAN SUR LA DEUME AMONT (D1)

Sur la Deûme amont, les prélèvements ne représentent qu'une très faible part de la ressource disponible. Le débit naturel 5 ans sec du mois d'août représente 80 l/s environ (mois de pointe), dont seulement 4% (3 l/s) est prélevé actuellement pour ce même mois. Les prélèvements sont essentiellement dédiés à l'AEP.

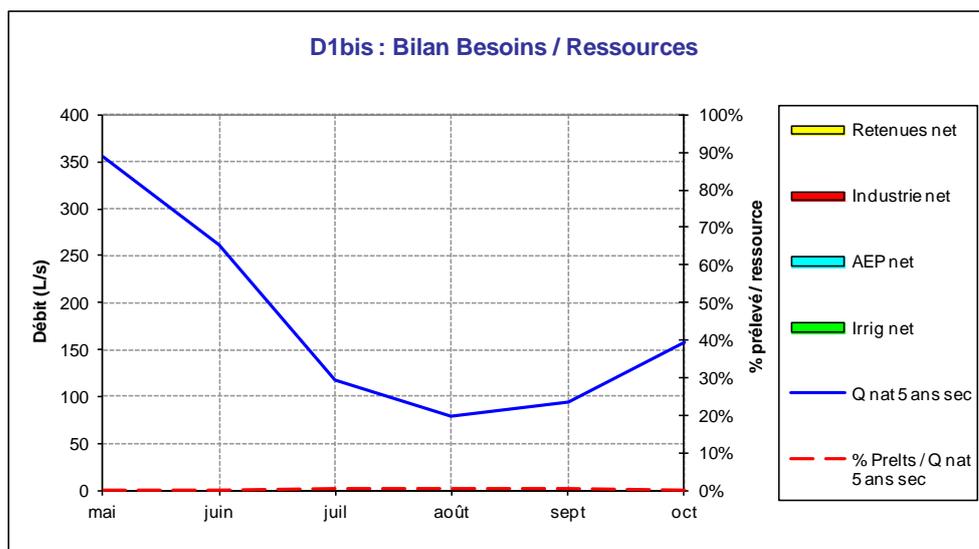
Entre mai et octobre, ce taux de sollicitation de la ressource varie entre 1 et 4%.



## 5.2 BILAN SUR L'ARGENTAL (D1 BIS)

Sur l'Argental, les prélèvements inventoriés en phase 2 sont quasi inexistant. Sur l'intégralité de l'année 2009, leur influence mensuelle est inférieure à 1 l/s. La part de ressource sollicitée est extrêmement faible, proche de 1% du débit quinquennal sec au mois d'août (80 l/s).

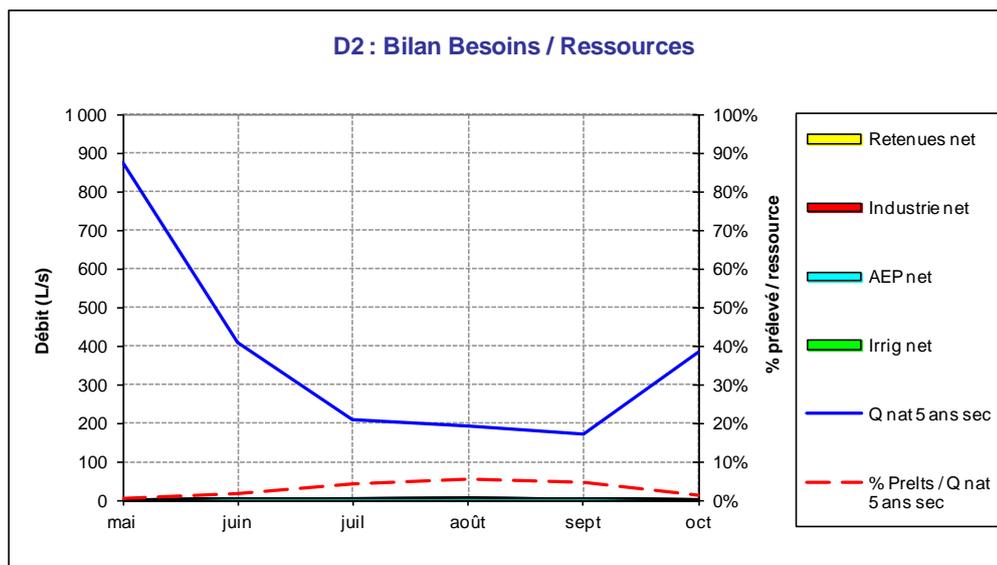
Entre mai et octobre, ce taux de sollicitation reste inférieur à 1.



### 5.3 BILAN SUR LA DEUME INTERMEDIAIRE (D2)

Au niveau du point de référence D2 situé sur la Deûme intermédiaire (au niveau de la station limnimétrique et en aval des confluences entre Deûme, Argental et Riotet), le débit naturel 5 ans sec représente 190 l/s en août et 170 l/s en septembre. Ce débit est sollicité par les prélèvements actuels à hauteur de 5% en août (10 l/s) et 4% en septembre (8 l/s). Cette sollicitation est donc faible. Les prélèvements correspondants servent principalement à l'AEP.

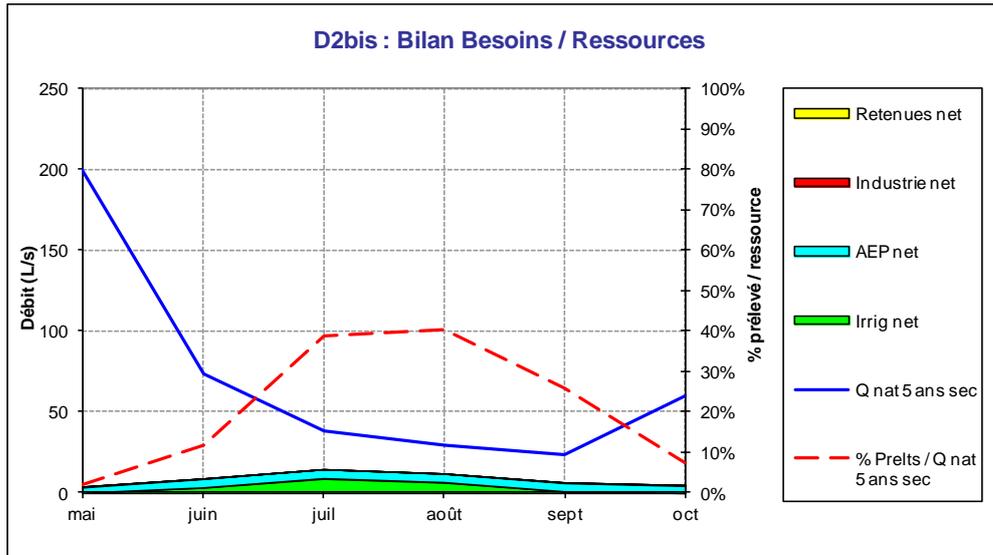
Entre juin et septembre cette sollicitation varie de 2% à 5%.



### 5.4 BILAN SUR LE TERNAY (D2 BIS)

Au niveau du point de référence D2bis situé sur le Ternay (au niveau de la station hydrométrique, en amont de la retenue), le débit naturel 5 ans sec représente 30 l/s en août et 24 l/s en septembre. Ce débit est sollicité par les prélèvements actuels à hauteur de 40% en juillet et en août (respectivement 15 et 12 l/s) et 26% en septembre (6 l/s). Il s'agit donc d'une sollicitation modérément élevée et qui consiste principalement en des captages AEP et en de l'irrigation par prélèvements directs.

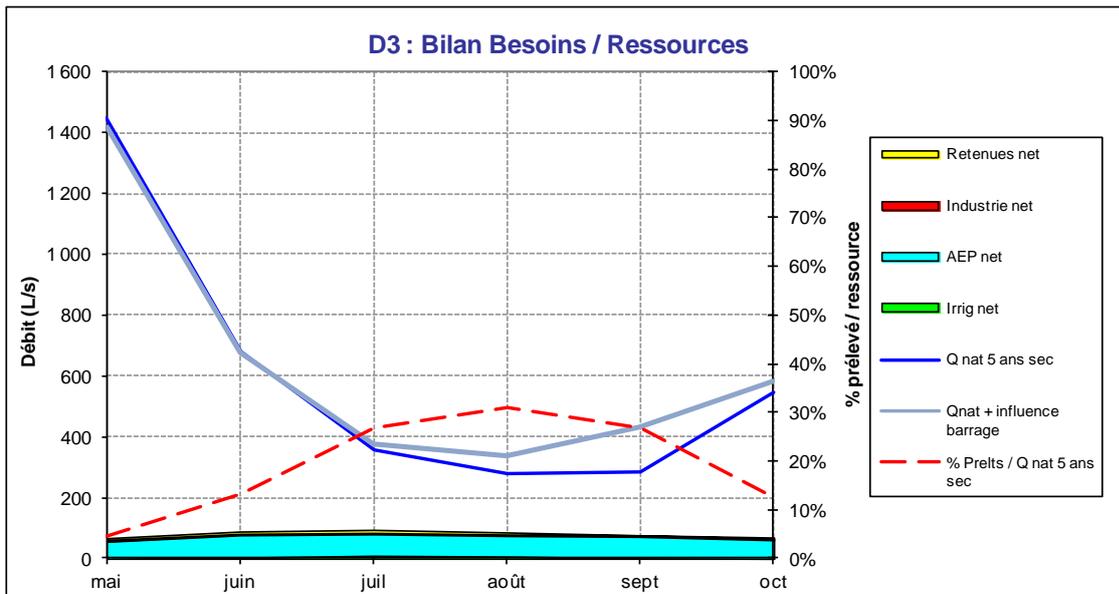
Entre juin et septembre, le taux de sollicitation varie entre 12% et 40%.



### 5.5 BILAN SUR LA DEUME AVAL (D3)

Au niveau du point de référence D3 situé sur la Deûme aval, le débit naturel 5 ans sec représente 290 l/s en juillet et août, puis 250 l/s en septembre. Ce débit est sollicité par les prélèvements actuels à hauteur de 34% en juillet (96 l/s), 30% en août (87 l/s) et 30% en septembre (76 l/s). Il s'agit donc d'une sollicitation modérément élevée et qui consiste principalement en des captages AEP (notamment dans les eaux de la retenue de Ternay pour desservir Annonay). On retrouve dans une moindre mesure des prélèvements en retenue, de l'industrie (entreprise Canson) et de l'irrigation par prélèvement direct.

Le barrage du Ternay a également une influence non négligeable sur les débits. La ressource naturelle à laquelle on a ajouté l'effet du stockage/déstockage au niveau du barrage a été représentée sur le graphique ci-dessous. Sous l'effet de l'action du barrage, la ressource disponible pour des prélèvements en été est supérieure à la ressource naturelle (en contrepartie, elle est inférieure en hiver, en période de remplissage du barrage).

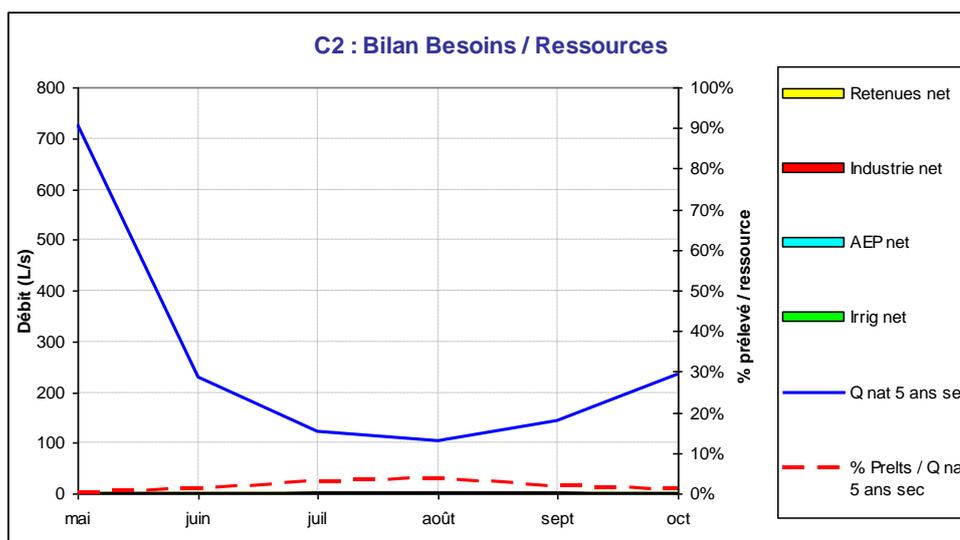




## 5.8 BILAN SUR LA CANCE INTERMEDIAIRE (C2)

Au niveau du point de référence C2 situé sur la Cance intermédiaire, le débit naturel 5 ans sec représente au mois d'août environ 100 l/s. Ce débit est assez peu sollicité par les prélèvements actuels, avec un taux proche de 4% pour ce même mois d'août (4 l/s de prélèvements nets environ). Les prélèvements AEP sont en partie compensés par les rejets de l'assainissement. S'ajoutent quelques prélèvements en retenues ainsi que des prélèvements industriels.

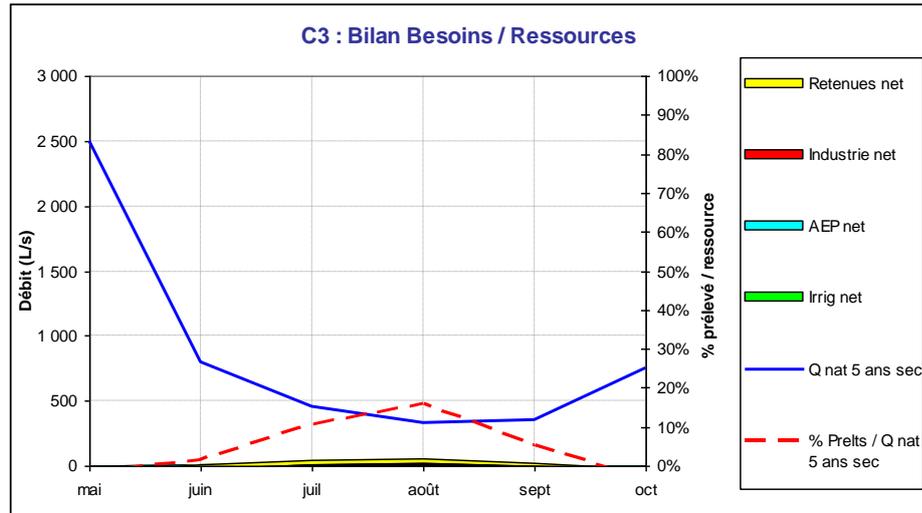
Entre juin et septembre, le taux de sollicitation varie entre 1% et 4%.



## 5.9 BILAN SUR LA CANCE AVAL (C3)

Au niveau du point de référence C3 situé sur la Cance aval à Sarras, le débit naturel 5 ans sec représente au mois d'août environ 330 l/s. Ce débit est sollicité par les prélèvements actuels à hauteur de 16% pour ce même mois d'août (53 l/s de prélèvements nets environ). Remarquons, que la sollicitation par les prélèvements bruts est bien supérieure à ce qui est chiffré ici : dans notre bilan nous intégrons les différents rejets vers la rivière, à l'image de l'assainissement par exemple (station Acantia à Annonay notamment) avec des débits d'effluents qui compensent pour beaucoup les prélèvements AEP faits dans la ressource. Les débits captés sont également liés aux retenues, plus faiblement à l'irrigation directe et à l'industrie (les rejets industriels sont également comptés ici).

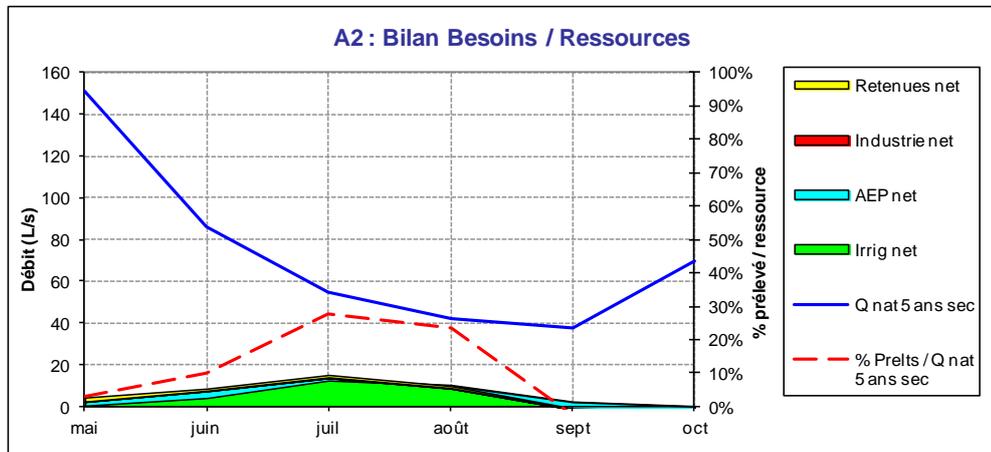
Entre juin et septembre, le taux de sollicitation varie entre 1% et 16%.



## 5.10 BILAN SUR LA VALENCIZE (A2)

Au niveau du point A2 situé sur la Valencize, le débit naturel 5 ans sec représente près de 40 l/s aux mois d'août et de septembre. Ce débit est modérément sollicité en juillet (27 %, soit 15 l/s de prélèvements) et en août (23 % soit 10 l/s de prélèvements). Dès septembre, cette influence n'est plus perceptible avec des rejets qui compensent les pressions de prélèvements. Les prélèvements consistent principalement en de l'irrigation réalisée directement par captage, quelques retenues, ainsi qu'en des prélèvements AEP compensés par quelques retours de STEP.

Entre juin et septembre, le taux de sollicitation varie entre -3% et 27%.



## 6. INFLUENCE POSSIBLE DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LES DEBITS

IL NE SEMBLE PAS INDISPENSABLE DE CONSIDERER CETTE QUESTION A L'HORIZON PRATIQUE DES RESULTATS DE L'ETUDE

L'hypothèse formulée dans les chapitres précédents est que les variabilités climatique et hydrologique observées dans le passé caractérisent statistiquement les aléas climatiques et hydrologique à venir : hypothèse d'invariance climatique.

**Cette hypothèse est admissible pour le travail sur le court terme et nous semble admissible pour l'horizon pratique de l'étude** qui constitue la réflexion sur l'équilibre besoins/ressources. Dans de précédentes études volumes prélevables, il nous avait ainsi été demandé de supprimer les développements sur l'impact du changement climatique sur la ressource en eau dans la mesure où il venait brouiller le message associé à l'étude concernant la révision à court terme des autorisations de prélèvements.

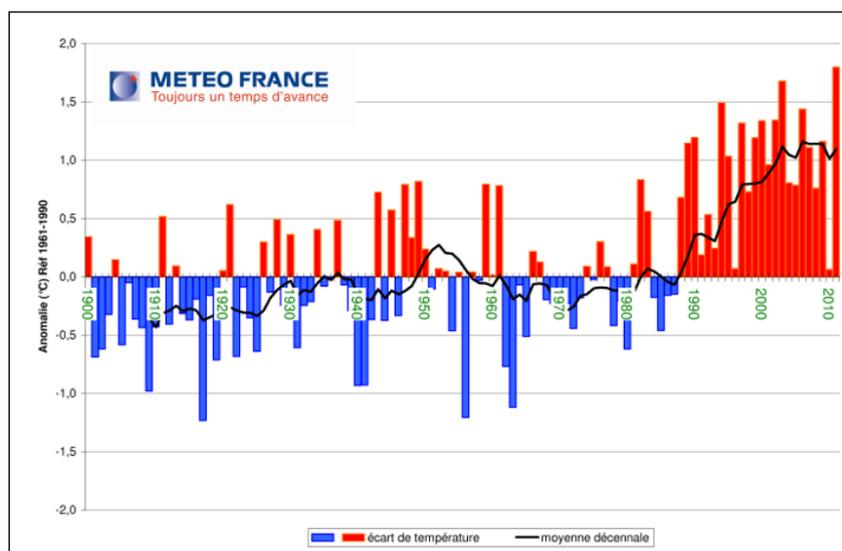
**LE CHANGEMENT CLIMATIQUE RESTE CEPENDANT UNE PREOCCUPATION MAJEURE DE MOYEN ET LONG TERME**

On sait aujourd'hui que l'hypothèse d'invariance climatique est fautive quand on s'intéresse à du plus long terme. **Le climat change et ce qui s'est passé les quarante dernières années ne peut pas être utilisé pour caractériser ce qui pourrait être observé dans quelques décennies en termes hydrologique.**

On peut ainsi noter que :

- Le changement climatique est déjà observable : à l'échelle du XX<sup>ème</sup> siècle, et particulièrement des trois ou quatre dernières décennies, à l'échelle du globe on note une hausse de la température moyenne globale, remarquable en terme de dynamique par comparaison aux changements recensés dans les temps historiques ou géologiques. Cette hausse se retrouve sur le territoire national comme le montre le graphe suivant extrait du site de l'ONERC (Observatoire National sur les Effets du Changement Climatique)

Figure 48 : Evolution de la température moyenne en France métropolitaine sur la période 1900-2011 (écart à la moyenne de la période 1961-1990)



- Les changements devraient se poursuivre, en terme de température, mais également en terme de précipitations. La dynamique et l'intensité des changements à venir restent soumises à des incertitudes liées en particulier aux différents scénarios d'émission de gaz à effet de serre et à l'imprécision des modélisations climatiques.

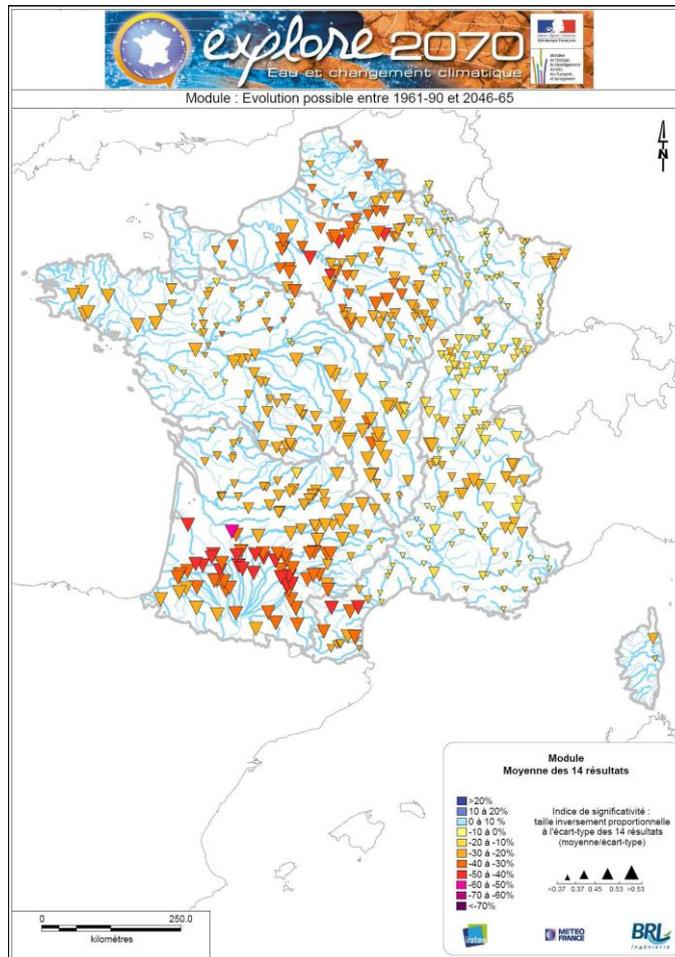
BRLi a été attributaire, en association avec l'Irstea et Météo France, du lot "Ressources superficielles" du projet Explore 2070 conduit par le Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et des Transports, projet qui s'est achevé en 2013. L'étude menée par BRLi, Irstea et Météo France a consisté à modéliser à l'échelle d'environ 1500 bassins versants français les impacts possibles du changement climatique sur les débits des cours d'eau. Un seul scénario d'émission de gaz à effet de serre à été envisagé (scénario A1B). Sept modèles climatiques globaux, une seule méthode de descente d'échelle et deux modèles hydrologiques (GR4J et Isba-Modcou) ont été utilisés, soit au final 14 projections par points de calcul.

Afin d'illustrer les effets possibles à moyen et long terme du changement climatique sur la ressource en eau, nous présentons ci-après quelques résultats issus de ce projet.

Les cartes ci-après indiquent les baisses possibles des débits moyens annuels (modules) et des QMNA5.

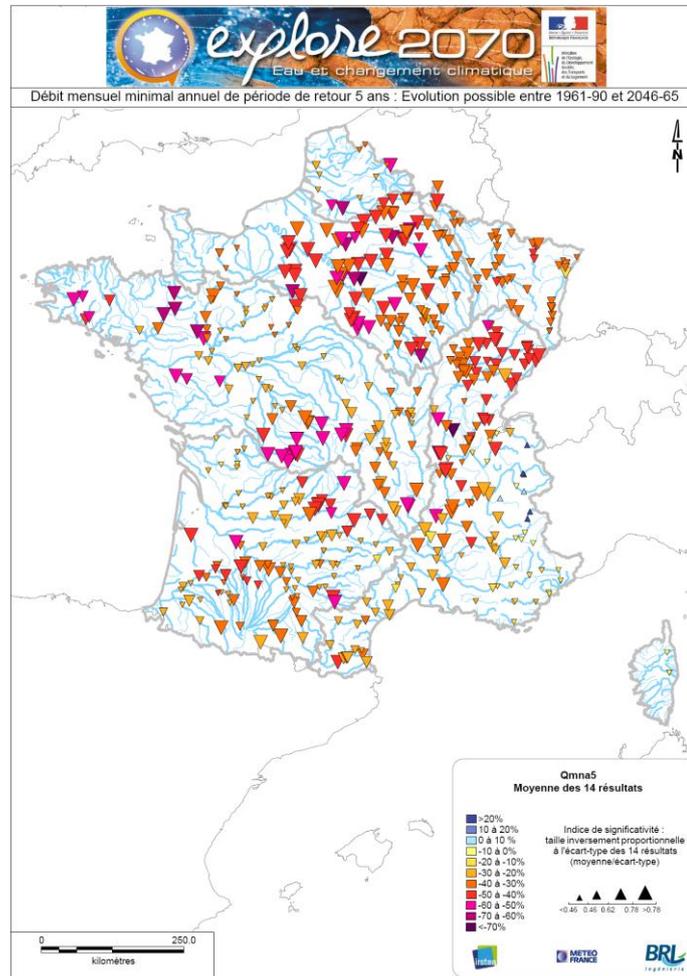
Concernant les débits moyens annuels, les résultats, donnés sous forme d'anomalies calculées entre les simulations futures (2046-65) et les simulations passées (1961-90), indiquent une **baisse globale du débit moyen annuel des cours d'eau sur pratiquement toute la métropole**. Cette baisse pourrait atteindre entre 10 et 40 %. Cette baisse s'explique principalement par l'**augmentation significative de l'évapotranspiration potentielle**. Cette hausse, couplée à une diminution des précipitations annuelles, induit une hausse de l'aridité des bassins versants et une baisse générale de leur productivité.

Figure 49 : Evolutions relatives possibles (en %) du débit moyen annuel entre 1961-90 et 2046-65 : résultats moyens établis sur les 14 simulations (2 modèles hydrologiques x 7 MCG). La couleur des points est fonction de l'intensité du changement et la taille des points est liée à la convergence des 14 simulations



Concernant les débits d'étiage, les résultats d'Explore 2070 s'accordent sur une **baisse générale des débits pour la majorité des bassins de la métropole**. Les conclusions précisent que cette baisse serait plus importante que celle des débits moyens annuels. **Les résultats indiquent des baisses de 5% à 65% des débits mensuel minimaux quinquennaux secs et des baisses**, pour une majorité de bassins de régime pluvial-océanique, de 10 à 70 % des débits des mois d'août et septembre. Dans le cas des bassins de montagne, les projections s'accordent sur les étiages plus sévères en été et divergent pour ce qui concerne les étiages en hiver. La dispersion des résultats apparaît plus forte que pour les ressources moyennes annuelles.

**Figure 50 : Evolutions relatives possibles (en %) du débit mensuel minimal annuel de période de retour 5 ans (QMNA5) entre 1961-90 et 2046-65 : Résultats moyens établis sur les 14 simulations (2 modèles hydrologiques x 7 MCG). La couleur des points est fonction de l'intensité du changement et la taille des points est liée à la convergence des 14 simulations.**



Pour plus d'information on se reportera aux documents de projet d'Explore 2070.

Référence : *EXPLORE 2070 – Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et des Transports - Lot « Hydrologie de surface » – BRLi, Irtsea, Météo France – Rapport de synthèse – septembre 2012*



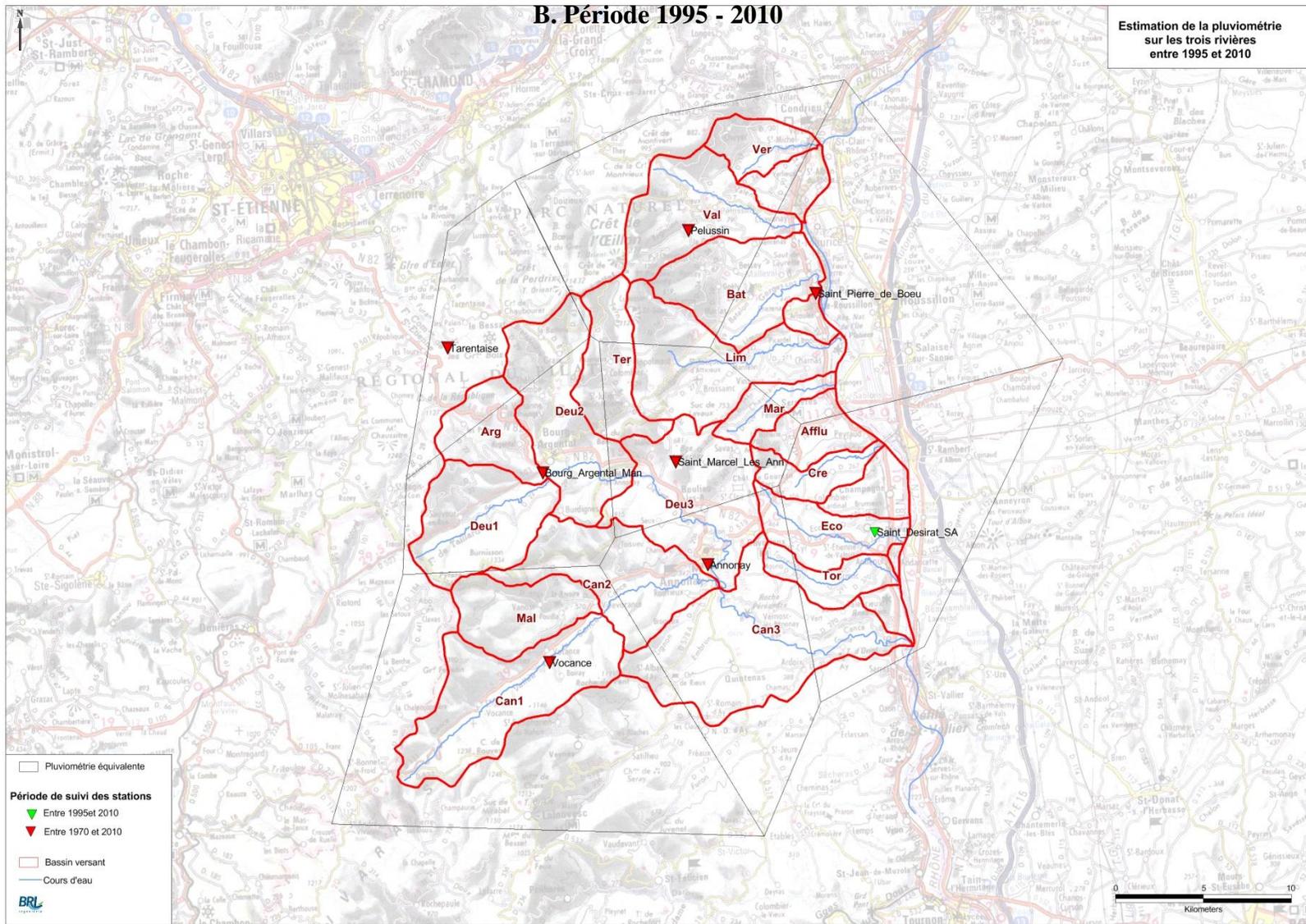
# ANNEXES



# **Annexe 1 : Représentation spatiale des polygones de Thiessen**







P:\Chasseur\00229\_Vol\_Prel\_Siviere\40\_Carcloibessen\_95-2010.docx

## **Annexe 2 : Table de correspondance entre points de calcul et bassins versants**



BV	Arg	Can1	Can2	Can3	Deu1	Deu2	Deu3	Mal	Ter	Bat	Cre	Eco	Lim	Mar	Tor	Val	Ver	Afflu	Surface totale (km <sup>2</sup> )
<b>Surface (km<sup>2</sup>)</b>	21	56	43	73	38	47	51	26	25	27	13	17	45	11	12	36	14	50	<b>604</b>

<b>D1</b>	Deume amont				100%															<b>38</b>
<b>D1bis</b>	Argental	100%																		<b>21</b>
<b>D2</b>	Deume intermédiaire	100%			100%	100%														<b>106</b>
<b>D2bis</b>	Ternay								100%											<b>25</b>
<b>D3</b>	Deume aval	100%			100%	100%	100%		100%											<b>182</b>
<b>C1</b>	Cance amont		100%																	<b>56</b>
<b>C1bis</b>	Malbuisson							100%												<b>26</b>
<b>C2</b>	Cance intermédiaire		100%	100%				100%												<b>125</b>
<b>C3</b>	Cance aval	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%											<b>380</b>
<b>A1</b>	Vérin																100%			<b>14</b>
<b>A2</b>	Valencize															100%				<b>36</b>
<b>A3</b>	Batalon									100%										<b>27</b>
<b>A4</b>	Limony												100%							<b>45</b>
<b>A5</b>	Crémieux										100%									<b>13</b>
<b>A6</b>	Ecoutay											100%								<b>17</b>
<b>A7</b>	Torrenson														100%					<b>12</b>



## **Annexe 3 : Bilan net des prélèvements impactant la ressource de surface (détail par point de calcul)**



AEP		Prélèvements 2009 (en l/s)											
		janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc
D1	Deume amont	2	2	2	2	2	3	3	3	3	2	1	1
D1bis	Argental	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D2	Deume intermédiaire	4	4	4	6	4	8	9	10	8	5	3	2
D2bis	Ternay	4	3	3	4	3	5	6	5	5	4	5	4
D3	Deume aval	61	66	55	65	55	75	72	69	71	61	58	57
C1	Cance amont	1	1	1	1	1	2	2	2	1	1	1	1
C1bis	Malbuisson	1	1	1	1	1	2	2	2	2	1	1	1
C2	Cance intermédiaire	-2	-2	-1	-1	-2	-1	1	1	0	-1	-2	-2
C3	Cance aval	-55	-65	-44	-36	-59	-33	-7	5	-7	-36	-81	-77
A1	Vérin	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
A2	Valencize	-2	-11	-1	0	2	3	1	-1	-4	-4	-1	-3
A3	Batalon	-4	-5	-4	-4	-4	-4	-3	-3	-3	-4	-6	-6
A4	Limony	6	4	8	6	5	8	3	3	1	-1	-3	0
A5	Crémieux	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-1	-1	-2	-3	-2
A6	Ecoutay	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-1	-1	-1	-2	-2	-2
A7	Torrenson	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

IRRIGATION		Prélèvements 2009 (en l/s)											
		janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc
D1	Deume amont	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D1bis	Argental	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D2	Deume intermédiaire	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D2bis	Ternay	0	0	0	0	0	3	9	7	1	0	0	0
D3	Deume aval	0	0	0	0	0	3	9	7	1	0	0	0
C1	Cance amont	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C1bis	Malbuisson	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C2	Cance intermédiaire	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C3	Cance aval	0	0	0	0	0	6	14	12	2	0	0	0
A1	Vérin	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A2	Valencize	0	0	0	0	0	4	13	10	2	0	0	0
A3	Batalon	0	0	0	0	0	5	9	7	1	0	0	0
A4	Limony	0	0	0	0	0	3	6	5	0	0	0	0
A5	Crémieux	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A6	Ecoutay	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A7	Torrenson	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

INDUSTRIE		Prélèvements 2009 (en l/s)											
		janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc
D1	Deume amont	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D1bis	Argental	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D2	Deume intermédiaire	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D2bis	Ternay	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D3	Deume aval	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
C1	Cance amont	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C1bis	Malbuisson	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C2	Cance intermédiaire	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
C3	Cance aval	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
A1	Vérin	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A2	Valencize	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A3	Batalon	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A4	Limony	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A5	Crémieux	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A6	Ecoutay	-28	-28	-28	-28	-28	-28	-28	-28	-28	-28	-28	-28
A7	Torrenson	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

RETENUES		Prélèvements 2009 (en l/s)											
		janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc
D1	Deume amont	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D1bis	Argental	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D2	Deume intermédiaire	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D2bis	Ternay	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D3	Deume aval	4	4	5	6	7	9	11	8	0	4	4	4
C1	Cance amont	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C1bis	Malbuisson	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1
C2	Cance intermédiaire	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
C3	Cance aval	8	8	10	11	13	34	38	32	19	8	8	8
A1	Vérin	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
A2	Valencize	2	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2
A3	Batalon	10	10	10	10	10	3	3	2	1	10	10	10
A4	Limony	3	3	3	3	3	2	2	2	1	3	3	3
A5	Crémieux	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A6	Ecoutay	3	3	3	3	3	2	2	1	1	3	3	3
A7	Torrenson	3	3	3	3	4	2	2	2	1	3	3	3

TOTAL		Prélèvements 2009 (en l/s)											
		janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc
D1	Deume amont	2	2	2	2	2	3	3	3	3	2	1	1
D1bis	Argental	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D2	Deume intermédiaire	4	4	5	6	4	8	9	10	8	5	4	3
D2bis	Ternay	4	3	3	4	4	9	15	12	6	4	5	4
D3	Deume aval	68	74	64	74	65	90	96	87	76	68	65	65
C1	Cance amont	1	1	1	1	2	2	2	2	1	1	1	1
C1bis	Malbuisson	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
C2	Cance intermédiaire	1	1	2	2	2	2	4	4	3	2	1	1
C3	Cance aval	-43	-53	-31	-21	-41	11	49	53	18	-24	-69	-65
A1	Vérin	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
A2	Valencize	0	-9	1	2	4	9	15	10	-1	-3	1	-1
A3	Batalon	5	5	6	6	6	3	9	7	-2	5	4	4
A4	Limony	9	7	11	9	8	13	11	9	3	2	0	3
A5	Crémieux	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-1	-1	-1	-2	-2	-2
A6	Ecoutay	-27	-27	-26	-26	-27	-28	-27	-27	-28	-27	-27	-27
A7	Torrenson	3	3	3	3	3	2	2	2	1	3	3	3



## **Annexe 4 : Ajustement des prélèvements estimés en phase 1**



## PRELEVEMENT AGRICOLE SUR LA DEUME AMONT

Comme explicité dans le rapport de phase 1-2, les prélèvements agricoles sur les eaux superficielles ont été estimés à partir des données de surfaces irriguées du RGA 2010 et d'un calcul de besoin théorique en eau d'irrigation. Ces données sont soumises à des incertitudes, notamment en lien avec le secret statistique appliqué aux données (si sur une commune il existe un nombre trop faible d'exploitation réalisant de l'irrigation pour une culture donnée, les données ne sont pas publiées, voir le rapport de phase 1-2 pour davantage de détails).

Sur le sous-bassin Deume 1, les membres du comité technique ont signalé l'existence d'irrigation de maïs sur plusieurs hectares à partir d'un prélèvement d'eau de surface. Le prélèvement correspondant a été recherché dans la base de données des prélèvements de l'Agence de l'eau. Ce prélèvement a été ajouté aux prélèvements recensés dans les phases précédentes car il est bien connu des services de l'état et des acteurs locaux.

Il représente un prélèvement annuel de 8000 m<sup>3</sup>/an (moyenne 2009-2011, base de données agence de l'eau), ce prélèvement était de 1300 m<sup>3</sup> en 2009. Le prélèvement annuel maximal atteint selon les informations disponibles à la DDT est de l'ordre de 15 000 m<sup>3</sup>.

On considère que ce prélèvement est réparti dans l'année de la façon suivante : juin : 10% ; juillet 40%, août 35% ; septembre 15%. On obtient la répartition suivante :

		janv	fev	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	dec
<b>répartition du prélèvement</b>		0%	0%	0%	0%	0%	15%	40%	35%	10%	0%	0%	0%
<b>prélèvement moyen 2009-2011 réparti sur l'année</b>	<b>m3</b>	0	0	0	0	0	1200	3200	2800	800	0	0	0
	<b>l/s</b>	0	0	0	0	0	>0	>0	>0	>0	0	0	0
<b>prélèvement max (15000 m3) réparti sur l'année</b>	<b>m3</b>	0	0	0	0	0	2250	6000	5250	1500	0	0	0
	<b>l/s</b>	0	0	0	0	0	1	2	2	1	0	0	0
<b>prélèvement 2009 réparti sur l'année</b>	<b>m3</b>	0	0	0	0	0	195	520	455	130	0	0	0
	<b>l/s</b>	0	0	0	0	0	>0	>0	>0	>0	0	0	0

Dans le tableau bilan présenté dans ce rapport, ces prélèvements ont été ajoutés aux prélèvements estimés précédemment (pour des raisons de cohérence avec les autres données présentées, on a considéré les prélèvements de l'année 2009).

## MODIFICATION DE LA LOCALISATION DES REJETS DES STEP

Les données de prélèvement estimées en phase 1-2 et utilisées pour la naturalisation des débits en phase 3 étaient une chronique de données allant jusqu'à 2009. Depuis, certaines stations d'épurations ont été supprimées, modifiant ainsi les retours des STEP. Ces modifications seront prises en compte en phase 5 au moment de réaliser le bilan besoin-ressource et la proposition de volumes prélevables.

L'ancienne station intercommunale de Villevocance traitant les eaux usées de Vanoscs, Vocance et Villevocance a été supprimée en 2011. Les rejets de ces communes rejoignent maintenant la station Acantia d'Annonay (le rejet se faisait donc anciennement dans le sous-bassin Can2, et se fait maintenant dans le sous-bassin Can3).

De même, la commune de Saint Julien Molin Molette a achevé la construction d'une nouvelle station d'épuration en 2011, son rejet rejoint maintenant la bassin versant du Limony, alors qu'il se jetait auparavant dans le Ternay.

Débit rejeté par les STEP (L/s, situation AVANT modification des rejets des STEP de Villevoacance et Saint Julien Molin Molette)													
Nom_BV	Janv	Févr	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	TOTAL
Arg	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
Can1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Can2	4	4	3	3	4	4	3	2	3	3	5	5	4
Can3	114	129	98	100	112	107	80	64	79	96	137	132	104
Deu1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1
Deu2	4	4	3	3	4	4	3	2	3	3	5	5	4
Deu3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ter	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bat	5	6	5	5	5	5	4	3	4	5	6	6	5
Cre	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	3	2	2
Eco	2	2	2	2	2	2	1	1	1	2	2	2	2
Lim	5	5	4	4	5	4	3	3	3	4	6	5	4
Mar	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
Torr	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Val	13	22	10	11	9	8	6	6	7	8	10	11	10
Ver	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Afflu	16	19	15	14	14	12	9	8	9	11	18	21	14
<b>TOTAL</b>	<b>169</b>	<b>200</b>	<b>146</b>	<b>147</b>	<b>161</b>	<b>151</b>	<b>113</b>	<b>93</b>	<b>113</b>	<b>137</b>	<b>195</b>	<b>195</b>	<b>151</b>

Débit rejeté par les STEP (L/s, situation ARRES modification des rejets des STEP de Villevoacance et Saint Julien Molin Molette (2011))													
Nom_BV	Janv	Févr	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	TOTAL
Arg	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
Can1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Can2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
Can3	118	133	101	103	116	110	83	66	81	99	141	136	107
Deu1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1
Deu2	4	4	3	3	4	4	3	2	3	3	5	5	4
Deu3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ter	2	2	2	2	2	2	1	1	1	2	2	2	2
Bat	5	6	5	5	5	5	4	3	4	5	6	6	5
Cre	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	3	2	2
Eco	2	2	2	2	2	2	1	1	1	2	2	2	2
Lim	3	4	3	3	3	3	2	2	2	3	4	4	3
Mar	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
Torr	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Val	13	22	10	11	9	8	6	6	7	8	10	11	10
Ver	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Afflu	16	19	15	14	14	12	9	8	9	11	18	21	14
<b>TOTAL</b>	<b>169</b>	<b>200</b>	<b>146</b>	<b>147</b>	<b>161</b>	<b>151</b>	<b>113</b>	<b>93</b>	<b>113</b>	<b>137</b>	<b>195</b>	<b>195</b>	<b>151</b>

Remarque : ces modifications n'ont pas à être prises en compte dans l'étape de naturalisation des débits, étant donné qu'elles interviennent à partir de 2011 et que les chroniques de débit utilisées pour la naturalisation s'arrêtent avant leur mise en service.





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

## **ÉTUDES D'ESTIMATION DES VOLUMES PRÉLEVABLES GLOBAUX**

Les études volumes prélevables visent à améliorer la connaissance des ressources en eau locale dans les territoires en déficit de ressource.

Elles doivent aboutir à la détermination d'un volume prélevable global sur chaque territoire. Ce dernier servira par la suite à un ajustement des autorisations de prélèvement dans les rivières ou nappes concernées, en conformité avec les ressources disponibles et sans perturber le fonctionnement des milieux naturels.

Ces études sont également la première étape pour la définition de plans de gestion de la ressource et des étiages, intégrant des règles de partage de l'eau et des actions de réduction des prélèvements.

Les études volumes prélevables constituent une déclinaison opérationnelle du SDAGE et répondent aux objectifs de l'Orientation fondamentale 7 « Atteindre l'équilibre quantitatif en améliorant le partage de la ressource en eau et en anticipant l'avenir ».

Elles sont menées par des bureaux d'études sur 70 territoires en déficit du bassin Rhône-Méditerranée.

**Maître d'ouvrage :**  
Syndicat des Trois Rivières  
Cance, Deûme et Torrenson

**Financeurs :**  
Agence de l'eau  
Rhône-Méditerranée & Corse  
Région Rhône-Alpes

**Bureau d'études :**  
BRL ingénierie