

ETUDE DE LA GESTION QUANTITATIVE ET DES DEBITS DU RHONE EN PERIODE DE « BASSES EAUX »



**PHASE 2 - ETUDE DES ETIAGES HISTORIQUES, RECONSTITUTION
DES DEBITS DES INFLUENCES ET EVALUATION DE L'EMPREINTE DES
INFLUENCES ANTHROPIQUES SUR LES DEBITS DU RHONE**

*Document D - Rapport thématique Hydrométrie : Etude
critique des débits mesurés aux stations d'étude*



Edition finale - Octobre 2014

L'étude de la gestion quantitative et des débits du Rhône en période de basses eaux comporte les documents listés ci-dessous. Le présent document constitue le rapport surligné en gris.

Synthèse de l'étude	
Synthèse	Etude de la gestion quantitative du fleuve Rhône à l'étiage : Principaux résultats - Synthèse de l'étude en 100 pages précédée d'un résumé de 6 pages
Phase 1 - Caractérisation du territoire du fleuve Rhône et Bilan des influences anthropiques passées, actuelles et futures possibles	
A	Rapport principal de phase 1
B	Rapport thématique sur l'irrigation dans le bassin du Rhône
C	Rapport thématique sur les nappes en interaction avec le Rhône
D	Fiche de synthèse sur les ouvrages hydroélectriques situés sur la partie française du bassin du Rhône
E	Fiche de synthèse sur l'hydrologie du Rhône alpestre et l'influence des ouvrages hydrauliques suisses
F	Résumé de la phase 1
Phase 2 - Etude des étiages historiques ; Reconstitution des débits désinfluencés et Evaluation de l'empreinte des influences anthropiques sur les débits du Rhône	
A	Rapport principal de mission 1 : Etude des étiages historiques
B	Rapport principal de mission 2 : Reconstitution des débits désinfluencés et évaluation des empreintes des influences anthropiques sur les débits
C	Rapport thématique Hydrogéologie : Estimation des impacts des prélèvements en nappes sur le débit du Rhône
D	Rapport thématique Hydrométrie : Etude critique des débits mesurés aux stations d'étude
E	Résumé de la phase 2
Phase 3 - Détermination des conditions limites (débits et températures) à maintenir dans le fleuve pour l'alimentation en eau potable et le fonctionnement des centres nucléaires de production d'électricité	
A	Rapport principal de phase 3
B	Résumé de la phase 3
C	Impact d'une baisse des débits d'étiage sur la salinisation des hydrosystèmes souterrains en Camargue
D	Impact d'une baisse de débit du fleuve sur les usages préleveurs en nappe alluviale
Phase 4 - Détermination des conditions limites de débits pour les espèces	
A	Rapport principal de phase 4
B	Résumé de la phase 4
Phase 5 - Synthèse des débits limites pouvant être définis dans le Rhône et Approche des volumes prélevables	
A	Rapport principal de phase 5
B	Résumé de la phase 5
Phase 6 - Etude de la sensibilité des étiages du Rhône à des scénarios prospectifs	
A	Rapport principal de phase 6
B	Résumé de la phase 6

	BRL ingénierie 1105 Av Pierre Mendès-France BP 94001 30001 NIMES CEDEX 5
Sous-traitant	HYDROFIS (aspects hydrogéologiques)

Date de création du document	15 juin 2013
Contact	Sébastien Chazot sebastien.chazot@brl.fr

Titre du document	Phase 2 – Document D : Rapport thématique Hydrométrie : Etude critique des débits mesurés aux stations d'étude
Référence du document :	800420_Ph2_D_Critique_Débits
Indice :	Vfb

Date émission	Indice	Observations	Dressé par	Vérfié et Validé par
Mai 2013	1.0	Phase 2 Mission 2	Jeremy Garcia, Mathilde Chauveau, Sébastien Chazot	Sébastien Chazot
Octobre 2013	Vfb		Jeremy Garcia, Mathilde Chauveau, Sébastien Chazot	Sébastien Chazot

ETUDE DE LA GESTION QUANTITATIVE ET DES DEBITS DU RHONE EN PERIODE DE « BASSES EAUX »

Phase 2 – Document D : Rapport thématique Hydrométrie : Etude critique des débits mesurés aux stations d'étude

PREAMBULE	1
1. AVERTISSEMENT	3
2. OPTIONS DE BASE	5
3. DISPONIBILITE ET LACUNES DES SERIES HYDROMETRIQUES	9
4. LES AVIS D'EXPERTS	11
5. RESEAU DE SURVEILLANCE DES ETIAGES (IRSTEA – ONEMA)	11
6. TESTS DE RUPTURE.....	15
7. CONTROLES DE COHERENCE	17
7.1 Méthode	17
7.2 Pougny	18
7.3 Lagnieu	23
7.4 Ternay	26
7.5 Valence	30
7.6 Viviers	36
7.7 Beaucaire	41
7.8 Isère	48
7.9 Saône	53
7.10 Guiers	53
7.11 Le Fier	56
8. LA COHERENCE ENTRE STATIONS EST-ELLE MOINS BONNE EN ETIAGE ?.....	59
9. SYNTHESE	61

10. BIBLIOGRAPHIE	65
ANNEXES	67
Annexe 1 : Fiches-stations pour la critique de la qualité des données hydrométriques	69
Annexe 2 : Avis d'expert recueillis	72
Annexe 3 : Tests de rupture : Resultats	79
Annexe 4 : Courbes de double cumul pour l'analyse complémentaire de cohérence des débits	90

TABLE DES ILLUSTRATIONS

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Cartes des stations hydrométriques étudiées et des ouvrages sur le bassin du Rhône français.....	7
Figure 2 : Disponibilité des données hydrométriques journalières aux stations nodales sur le Rhône.....	9
Figure 3 : Données hydrométriques disponibles et utilisées sur le bassin du Rhône	10
Figure 4 : Résultats des tests de stationnarités d'indices d'étiages (BFI et Amin) pour quelques stations : Extraction des Fiches stations publiées par le Réseau de référence pour la surveillance des étiages (r2se) (Guintoli et Renard, Irstea).....	13
Figure 5 : Ecarts absolus et relatifs moyens interannuels entre les débits à Pougny et à Injout Génissiat, calculés sur la période 1961-2011	19
Figure 6 : Débits mensuels statistiques à Pougny	19
Figure 7 : Présentation des résultats des contrôles entre la stations de Pougny et la station d'Injout-Génissiat: hydrogrammes des débits mensuels (m ³ /s), écarts absolus des débits (m ³ /s) et écarts relatifs des débits (%) et Période 1961-2011.....	21
Figure 8 : Courbes des doubles cumuls mensuels du Rhône à Pougny	23
Figure 9 : Ecarts absolus et relatifs moyens interannuels entre les débits à Lagnieu et à Pougny, Motz et Belmont-Tramonet, calculés sur la période 1994-2011.	24
Figure 10 : Débits mensuels statistiques à Lagnieu	24
Figure 11 : Présentation des résultats des contrôles de la station de Lagnieu par les stations de Pougny/Belmont/Motz : hydrogrammes des débits mensuels (m ³ /s), écarts absolus des débits (m ³ /s) et écarts relatifs des débits (%) et Période 1994-2011.....	25
Figure 12 : Ecarts absolus et relatifs moyens interannuels entre les débits à Ternay et à Couzon et Lyon Perrache, calculés sur la période 1992-2011	27
Figure 13 : Débits mensuels statistiques à Ternay	27
Figure 14 : Présentation des résultats des contrôles de la station de Ternay par les stations de Couzon au Mt d'Or/Lyon Perrache : hydrogrammes des débits mensuels (m ³ /s), écarts absolus des débits (m ³ /s) et écarts relatifs des débits (%) et Période 1992-2011.	29
Figure 15 : Courbes des doubles cumuls mensuels du Rhône à Ternay	29
Figure 16 : Ecarts absolus et relatifs moyens interannuels entre les débits à Valence et Ternay et Beaumont, calculé sur la période 1961-2011	31
Figure 17 : Rappel de l'hydrologie moyenne à Valence.....	31

Figure 18 : Présentation des résultats des contrôles de la station de Valence par les stations de Ternay/Beaumont : hydrogrammes des débits mensuels (m^3/s), écarts absolus des débits (m^3/s) et écarts relatifs des débits (%) et Période 1961-2011.	33
Figure 19 : Rappel des avis d'experts recueillis pour les stations contrôlées et de contrôle pour Viviers	36
Figure 20 : Ecart absolu et relatif moyens interannuels entre les débits à Viviers et Valence et Saillans, calculés sur la période 1992-2011	37
Figure 21 : Débits mensuels statistiques à Viviers.....	37
Figure 22 : Présentation des résultats des contrôles de la station de Viviers par les stations de Valence/Saillans : hydrogrammes des débits mensuels (m^3/s), écarts absolus des débits (m^3/s) et écarts relatifs des débits (%) et Période 1966-2011.	39
Figure 5 : Ecart absolu et relatif moyens interannuels entre les débits à Beaucaire et Viviers, calculés sur la période 1920-2011	42
Figure 6 : Débits mensuels statistiques à Beaucaire	42
Figure 7: Présentation des résultats des contrôles entre la stations de Beaucaire et la station de Viviers: hydrogrammes des débits mensuels (m^3/s), écarts absolus des débits (m^3/s) et écarts relatifs des débits (%) et Période 1920-2011.	45
Figure 23 : Rappel des avis d'experts recueillis pour les stations contrôlées et de contrôle.	48
Figure 24 : Ecart absolu et relatif moyens interannuels entre les débits à Beaumont Montoux et St Gervais et Pont de Manne, calculés sur la période 1972	49
Figure 25 : Débits mensuels statistiques de l'Isère.....	49
Figure 26 : Présentation des résultats des contrôles de la station de Beaumont Montoux par les stations de St Gervais/Pont de Manne : hydrogrammes des débits mensuels (m^3/s), écarts absolus des débits (m^3/s) et écarts relatifs des débits (%) et Période 1972-2011.....	51
Figure 27 : Ecart absolu et relatif moyens interannuels entre les débits à Couzon et Ternay et Lyon Perrache, calculés sur la période 1992-2011	53
Figure 28 : Débits mensuels statistiques à Couzon	53
Figure 29 : Ecart absolu et relatif moyens interannuels entre les débits à Belmont Tramonet et St Laurent et St Christophe, calculés sur la période 1994-2011.	54
Figure 30 : Débits mensuels statistiques à Motz.....	54
Figure 31 : Présentation des résultats des contrôles de la station de Belmont-Tramonet par les stations de St. Laurent et St. Christophe : hydrogrammes des débits mensuels (m^3/s), écarts absolus des débits (m^3/s) et écarts relatifs des débits (%) et Période 1961-2011.....	55
Figure 32 : Ecart absolu et relatif moyens interannuels entre les débits à Motz et Vallière, calculés sur la période 1994-2011	57
Figure 33 : Débits mensuels statistiques à Motz.....	57
Figure 34 : Présentation des résultats des contrôles de la station de Motz par la station de Vallière : hydrogrammes des débits mensuels (m^3/s), écarts absolus des débits (m^3/s) et écarts relatifs des débits (%) et Période 1961-2011.	58
Figure 35 : Mise en regard des écarts relatifs entre stations étudiées avec les valeurs des débits mesurés correspondants.	59
Figure 1 : Exemple de test de Pettitt à la station de Pougny pour les débits moyens de septembre.	70
Figure 2 : Ecart absolu et relatif moyens interannuels entre les débits à Ternay et à Couzon et Lyon Perrache, calculés sur la période 1992-2011.	71

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Stations d'étude possédant plus de 80 ans de données de débits journaliers	9
Tableau 2 : Résultats des tests de stationnarités d'indices d'étiages pour les stations d'études : Extraction des Fiches-stations publiées par le Réseau de référence pour la surveillance des étiages (r2se) (Guintoli et Renard, Irstea).....	12
Tableau 3 : Rappel des avis d'experts recueillis pour les stations contrôlées et de contrôle.	18
Tableau 4 : Identification des périodes présentant des anomalies de débits à Pougny, période 1961 - 2011	18
Tableau 5 : Ecarts absolus (m ³ /s) entre les séries de débits à Pougny et à Injout Génissiat.	20
Tableau 6 : Rappel des avis d'experts recueillis pour les stations contrôlées et de contrôle.	23
Tableau 7 : Identification des périodes présentant des anomalies de chroniques de débits sur le Rhône à Lagnieu, période 1994 – 2011	23
Tableau 8 : Ecarts absolus (m ³ /s) entre les débits à Lagnieu et les débits de [Pougny + Motz + Belmont]	24
Tableau 9 : Rappel des avis d'experts recueillis pour les stations contrôlées et de contrôle.	26
Tableau 10 : Identification des périodes présentant des anomalies de chroniques de débits sur le Rhône à la station de Ternay, période 1992 – 2011	26
Tableau 11 : Identification des mois pour lesquels les débits amont sont plus élevés que les débits de l'aval à Ternay par simple différence des débits	28
Tableau 12 : Rappel des avis d'experts recueillis pour les stations contrôlées et de contrôle.	30
Tableau 13 : Identification des périodes présentant des anomalies de chroniques de débits sur le Rhône à Valence, période 1961 - 2011	30
Tableau 14 : Identification des mois pour lesquels les débits amonts sont plus élevés que les débits de l'aval à Valence par simple différence des débits	32
Tableau 15 : Identification des périodes présentant des anomalies de chroniques de débits sur le Rhône à Viviers, période 1992 - 2011	36
Tableau 16 : Identification des mois pour lesquels les débits amonts sont plus élevés que les débits de l'aval à Viviers par simple différence des débits	38
Tableau 3 : Rappel des avis d'experts recueillis pour les stations contrôlées et de contrôle.	41
Tableau 18 : Identification des périodes présentant des anomalies de débits à Beaucaire, période 1920 - 2011	41
Tableau 19 : Ecarts absolus (m ³ /s) entre les séries de débits à Beaucaire et Viviers	43
Tableau 17 : Identification des périodes présentant des anomalies de chroniques de débits sur l'Isère, période 1972 - 2011	48
Tableau 18 : Identification des mois pour lesquels les débits amont sont plus élevés que les débits de l'aval à Valence par simple différence des débits	50
Tableau 19 : Identification des périodes présentant des anomalies de chroniques de débits sur Le Guiers, période 1994 - 2011	53
Tableau 20 : Identification des périodes présentant des anomalies de chroniques de débits sur Le Fier, période 1994 - 2011	56
Tableau 21 : Synthèse des résultats des tests de rupture	61
Tableau 22 : Synthèse des résultats des tests de cohérence : Ecarts entre les séries étudiées, sur toute la période disponible	61
Tableau 23 : Synthèse des épisodes pour lesquels des écarts relativement forts entre séries hydrométriques sont observés.	62
Tableau 24 : Synthèse des résultats des tests de cohérence : Identification des épisodes pour lesquels Qaval < Qamont sur la période 1980-2011 (quand disponible).....	62
Tableau 25 : Variation des écarts relatifs moyens interannuels au cours de l'année.	63
Tableau 26 : Stations de référence : Avis des gestionnaires sur les stations d'appui	75

PREAMBULE

L'Agence de l'Eau RMC a confié à BRLingénierie, associé à Hydrofis et Hepia (sous-traitants), la réalisation de l'étude de la gestion quantitative et des débits du Rhône en période de basses eaux.

Le Rhône est souvent considéré comme une ressource pléthorique et susceptible de satisfaire de nombreux usages (prélèvements pour l'eau potable, l'industrie ou l'irrigation, production hydroélectrique, refroidissement de centrales nucléaires, navigation, ...). **On peut cependant s'interroger sur l'évolution de sa capacité à satisfaire, à terme, en périodes d'étiage, tous ces usages, conjointement avec une garantie du bon état des milieux aquatiques associés,** compte tenu de plusieurs paramètres, en particulier :

- ▶ des perspectives d'évolution des usages prélevant dans le fleuve ou sa nappe ;
- ▶ des perspectives de modification de son régime hydrologique et de la température de ses eaux sous l'influence du changement climatique ;
- ▶ une émergence de divers projets de substitution ou de développement de ressource pour amener de l'eau du fleuve (eau superficielle ou nappe) vers des bassins voisins ne disposant pas des ressources suffisantes pour satisfaire leurs besoins (AEP, agricole, industriel) ;
- ▶ l'apparition de périodes de tensions, en particulier lors d'épisodes caniculaires et/ou d'étiage prononcé. Certaines années récentes se sont illustrées par des températures d'eau élevées (en particulier 2003 et 2006), qui ont conduit EDF à diminuer la production des CNPE.

Ces différents points soulignent l'importance de la question clé posée par le cahier des charges de l'étude : **quelle est la capacité du fleuve Rhône à répondre à l'ensemble des usages actuels et à venir tout en assurant le fonctionnement des milieux aquatiques ?** Plus précisément, l'étude doit apporter des réponses aux questions suivantes :

- ▶ Est-il pertinent de considérer le Rhône comme une ressource pléthorique ?
- ▶ Quelles sont les composantes du débit du Rhône (contributions des glaciers, du manteau neigeux, du Lac Léman, des affluents, de la pluviométrie...) et les différents leviers influençant les débits d'étiage ?
- ▶ Quels sont les impacts des variations de débits et de température sur les différents usages ?
- ▶ Quels seuils de débit ne faut-il pas dépasser sur le fleuve pour ne compromettre ni la vie biologique, ni les usages prioritaires (eau potable/sécurité civile) ?

L'étude est découpée en six phases chronologiques :

- ▶ La phase 1 caractérise le territoire de l'étude et dresse un bilan des influences anthropiques passées, actuelles et futures possibles, à l'échelle du bassin versant, sur les eaux superficielles et les eaux souterraines : gestion du lac Léman, barrages, transferts hydroélectriques, prélèvements pour l'irrigation, l'eau potable, l'industrie et le refroidissement des centrales nucléaires.
- ▶ La phase 2 reconstitue, au droit des 6 stations hydrométriques de référence, les débits non influencés par les prélèvements et évalue l'empreinte des influences anthropiques sur ces débits.
- ▶ La phase 3 examine les conditions limites (débits et températures) à maintenir dans le fleuve pour l'alimentation en eau potable et le fonctionnement des centres nucléaires de production d'électricité.
- ▶ La phase 4 s'interroge sur les conditions limites de débit à maintenir pour les poissons.
- ▶ Les phases 5 et 6 font la synthèse des débits limites pouvant être définis à ce stade dans le Rhône et évaluent les effets possibles d'une augmentation des prélèvements sur les étiages du Rhône.

Pour mener à bien ces travaux, il est important de caractériser la qualité des données hydrométriques utilisées, et en particulier en période d'étiage.

Le présent rapport expose l'analyse critique et de cohérence des données de débits mesurés aux stations d'étude. Cette analyse est menée au pas de temps mensuel, principal pas de temps considéré dans l'étude.

1. AVERTISSEMENT

Deux types d'informations sont présentés dans ce document :

- ▶ Des avis d'expert sur la précision des données hydrométriques ;
- ▶ Des analyses réalisées par BRLi sur les données : tests de cohérence et de rupture.

Les fiches de l'annexe 1 traduisent les avis d'experts émis lors des deux ateliers consacrés au sujet « incertitude des stations de mesure » les 24/01/2013 et 09/09/2013.

Des discussions complémentaires ont eu lieu dans la suite de l'étude. Elles ont interrogé certaines valeurs concernant les incertitudes. Elles n'ont toutefois pas abouti à un consensus clair sur les valeurs d'incertitude. Les valeurs exprimées lors des deux ateliers ont été conservées dans les fiches contenues dans le présent document.

2. OPTIONS DE BASE

STATIONS HYDROMÉTRIQUES

On présente ci-après les stations hydrométriques utilisées dans la présente étude.

Stations nodales sur le Rhône : L'analyse porte sur les stations SDAGE du Rhône : **Pougny, Lagnieu, Ternay, Viviers, Valence, Beaucaire**. Elles sont nommées « stations nodales » dans la présente étude.

Stations de référence sur les affluents : Les stations de référence sont des stations hydrométriques sur des affluents du Rhône, au droit desquelles la ressource en eau sera estimée. Il s'agit de stations suivantes :

- ▶ l'Arve à Arthaz ;
- ▶ le Fier à Motz ;
- ▶ le Guiers à Belmont ;
- ▶ la Bourbre à Tignieu
- ▶ la Saône à Couzon Mont d'Or ;
- ▶ l'Isère à Beaumont Monteux ;
- ▶ la Durance à Cadarache.

Stations d'appui : Plusieurs stations complémentaires seront utilisées afin de mener à bien la critique des données hydrométriques des stations nodales et de référence. Ces stations ont été choisies après échanges avec les gestionnaires de données, afin d'appréhender leur intérêt et fiabilité.

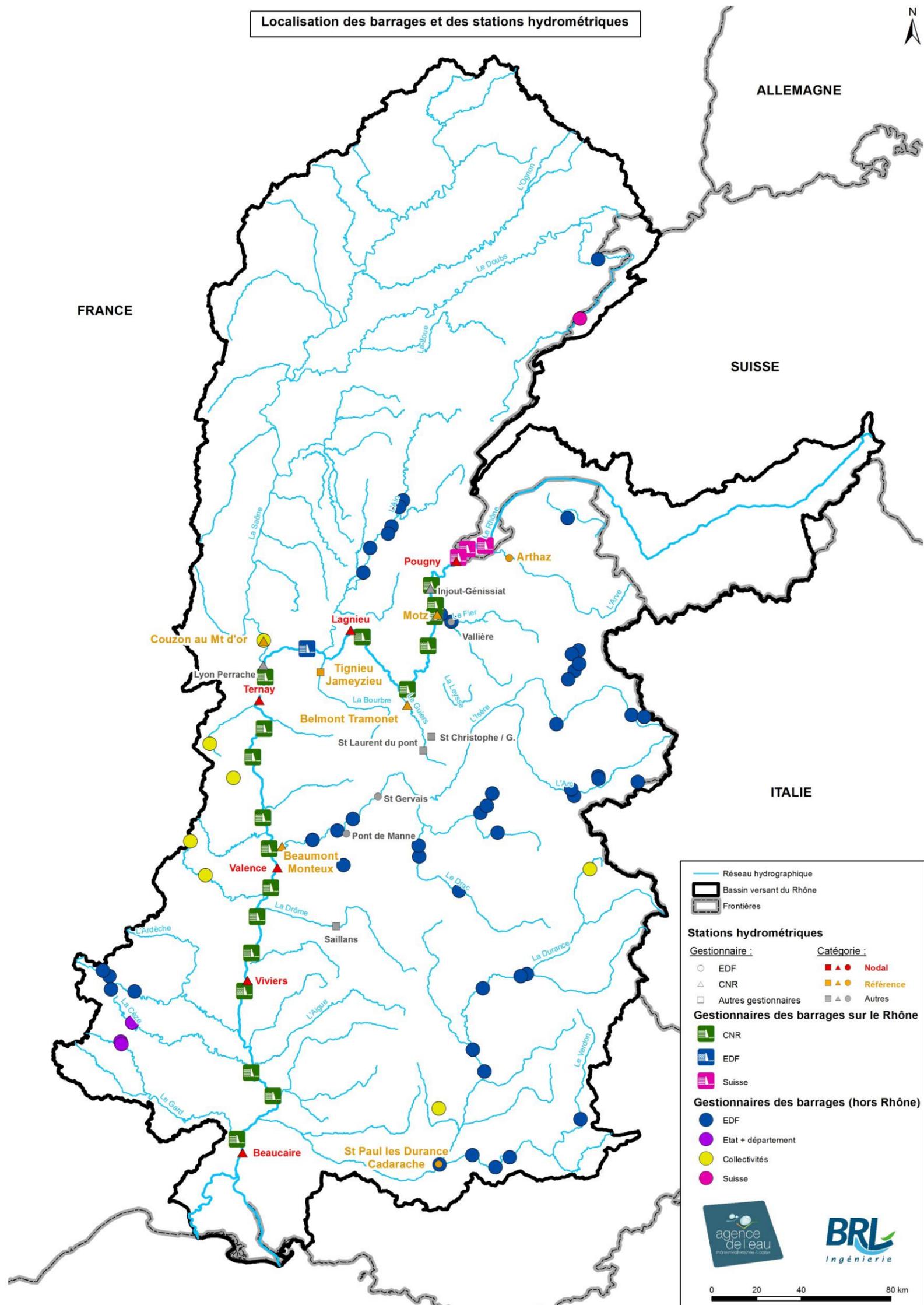
DEMARCHE

L'analyse critique des données portera sur les stations nodales et les stations de référence. Cette analyse comporte plusieurs volets, qui ont ensuite été croisés afin de qualifier la qualité des stations :

- ▶ L'étude des ruptures dans les données hydrométriques (chapitre 5 et Annexe 3) ;
- ▶ L'analyse de cohérence entre stations hydrométriques (chapitre 6 et Annexe 4) ;
- ▶ Des réunions de travail avec les experts (chapitre 3 et Annexe 2) ;
- ▶ Des éléments de bibliographie (chapitre 4) ;

La synthèse de ces résultats est présentée dans le chapitre 8 et par des fiches-stations en Annexe 1.

Figure 1 : Cartes des stations hydrométriques étudiées et des ouvrages sur le bassin du Rhône français



3. DISPONIBILITE ET LACUNES DES SERIES HYDROMETRIQUES

On présente un bilan des données disponibles aux stations évoquées précédemment.

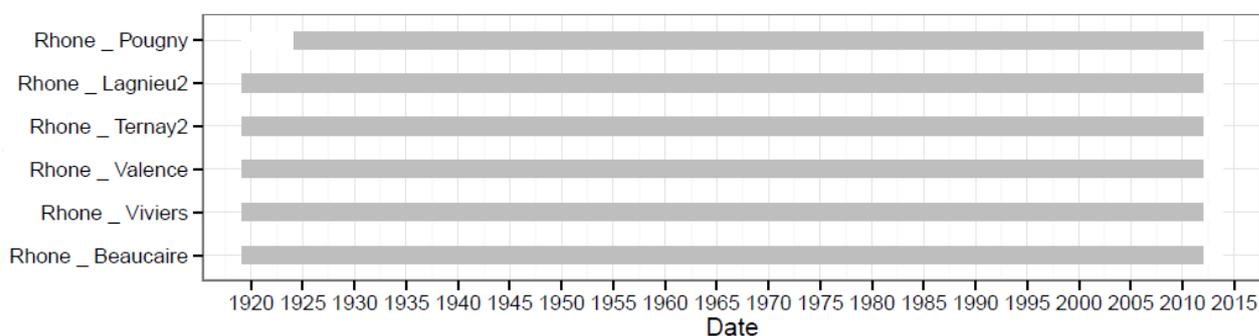
Les tableaux et graphiques ci-dessous présentent :

- ▶ Les stations pour lesquelles on dispose de plus de 80 ans de données de débits journaliers ;
- ▶ Les données disponibles pour les stations d'étude.

Tableau 1 : Stations d'étude possédant plus de 80 ans de données de débits journaliers

Données sur 1920/1930-2011 (80 ans de données de débits journaliers)					
Cours d'eau	Station	Code Hydro			
Rhône	Valence	V4010010			
Rhône	Viviers	V4530010			
Rhône	Beaucaire	V7200010			
Rhône	Injout Génissiat	V1020010			
Rhône	Sault Brénaz	V1630010	Rhône	Lagnieu	V1630020
Rhône	Givors	V3130010	Rhône	Ternay	V3130020
Rhône	Pougny	V1000010			
Fier	Dingy St Clair	V1214010			
Ain	Vouglans	V2322010			
Saône	Couzon au Mont d'or	U4710010			

*Figure 2 : Disponibilité des données hydrométriques journalières aux stations nodales sur le Rhône
(Lagnieu2 : Sault Brénaz puis Lagnieu ; Ternay2 : Givors puis Ternay)*



4. LES AVIS D'EXPERTS

On donne en Annexe 3 le détail des informations recueillies auprès des producteurs de données sur la qualité des stations.

5. RESEAU DE SURVEILLANCE DES ETIAGES (IRSTEA – ONEMA)

Le projet « Réseau de surveillance des étiages » mené par Irstea et l'Onema a permis une analyse d'un jeu de stations pour l'étiage, sur toute la France. Des résultats sont disponibles pour plusieurs stations de notre étude, et sont présentés.

Les éléments ci-après sont directement issus du site « <https://r2se.cemagref.fr/> » et des rapports 2009 et 2010 « Identification des impacts hydrologiques du changement climatique : vers un réseau de référence pour la surveillance des étiages » (Guintoli et Renard, Irstea).

PRÉSENTATION

« Le projet de *Réseau de surveillance des étiages* est une action de la convention liant l'ONEMA et le Cemagref. L'objectif final de cette action est de mettre en place un réseau de référence de surveillance des étiages, regroupant les stations hydrométriques adaptées à l'identification des impacts hydrologiques du changement climatique, ainsi que les outils permettant l'analyse des données issues de ce réseau.

Le site « r2se » mis en place par Irstea a pour vocation de partager les résultats préliminaires avec les producteurs de données, afin de recueillir leurs commentaires. Il présente en particulier les résultats de tests de stationnarités effectués pour le jeu de stations considérés. Ces tests permettent notamment la détection de rupture dans les chroniques de débits, premiers éléments pour la critiques des données.

Le jeu de stations de ce réseau concerne actuellement 236 stations en France métropolitaine, parmi lesquelles plusieurs stations correspondant à la présente étude des basses eaux du Rhône.

Une analyse de stationnarité est effectuée sur 10 indices d'étiage pour l'ensemble des stations étudiées à travers l'application de tests statistiques de tendance et de rupture. »

Les 10 indices d'étiage ont été extraits à partir des séries de débits journaliers :

- ▶ Etiage le plus long : durée en jours de la période d'étiage la plus longue de l'année.
- ▶ Date de début d'étiage.
- ▶ Date de centre d'étiage.
- ▶ Date de fin de l'étiage.
- ▶ Date AMin : Date du débit minimum annuel.
- ▶ Temps de Récession : durée (jours) entre la date de centre et la date de début d'étiage.
- ▶ BFI : Base Flow Index, c'est à dire le rapport entre le débit de base et le débit total. Il mesure la part des apports stockés (apports souterrains et écoulements de fonte) par rapport aux débits issus du ruissellement rapide.
- ▶ AMin : débit minimum annuel.
- ▶ Durée de l'étiage : durée annuelle sous un seuil de bas débit.
- ▶ Volume de l'étiage : déficit de volume calculé par rapport à un seuil de bas débit.

Pour chaque station, les résultats de l'analyse ont été regroupés dans des fiches-stations consultables sur le site internet r2se.

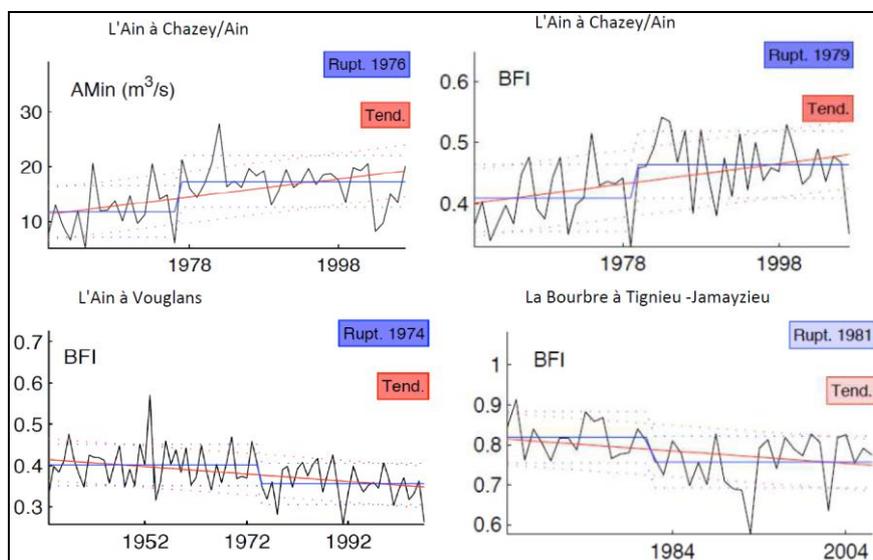
TESTS DE RUPTURE SUR LES INDICATEURS D'ÉTIAGES

Les résultats concernant les stations de la présente étude ont été extraits ; et sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 2 : Résultats des tests de stationnarités d'indices d'étiages pour les stations d'études : Extraction des Fiches-stations publiées par le Réseau de référence pour la surveillance des étiages (r2se) (Guintoli et Renard, Irstea)

Cours d'eau	Station	CodeBV	Résultats préliminaires (site r2se)	Résultats avancés (après échanges avec gestionnaires)
Ain	Chazey	V2942010	nombreuses ruptures aux alentours de 1969, à la fin des années 70, et à la fin des années 80 / début des années 90	Influence barrage ou écluses
Ardeche	Saint_Martin	V5064010	ruptures aux alentours de 1972 et aux alentours de 1984	
Arve	Arthaz	V0222010	RAS	
Bourbre	Tignieu	V1774010	Rupture vers 1981	Problèmes météorologiques avant 1963. Il y a quelque problème de qualité de la donnée en étiage à cause de la végétation, mais assez bonne station.
Drome	Saillans	V4264010	Ruptures aux alentours de 1984 et aux alentours de 1988	Les nombreuses ruptures détectées sont clairement causées par des fuites qui ont eu lieu entre 83 et 88 (commentés sur la fiche BAREME) : un canal dérivait l'eau.
Fier	Dingy_St_Clair	V1214010	Fiabilité à la fin des années 1970 ?	Rien à signaler
Fier	Valliere	V1264010	RAS	Débit désinfluencé des barrages (pour EDF) = Débit usine; ok en étiage. Influence possible a pas de temps infra-journalier. Station plutôt bonne a priori.
Rhône	Ternay	V3130020	Voir 1972-1975	Courbe hauteur débit initialement univoque qui a évolué en courbe à double entrant puis se situant sous l'influence de la retenue de Vaugris depuis 1980 date de mise en service de cet aménagement. De plus en 1972 a été mis en service l'aménagement de pierre bénite, la station de Ternay correspondant au débit total usine+barrage à la restitution. [fichier synthèse CNR pdf]
Rhône	Viviers	V4530010	Rupture en 1971 (date pic étiage). Voir 1990	Echelle aval située dans le canal d'aménée de l'usine hydroélectrique de Bollène. Cote aval influencée par les variations de la retenue.
Rhône	Beaucaire	V7200010	Rupture en 1963 (date centre étiage)	Courbe hauteur débit univoque, influencée à très bas débit (Q<600m3/s) par la marée ou les vents. Sinon courbe fiable.

Figure 4 : Résultats des tests de stationnarités d'indices d'étiages (BFI et Amin) pour quelques stations :
Extraction des Fiches stations publiées par le Réseau de référence pour la surveillance des étiages (r2se)
(Guintoli et Renard, Irstea).



6. TESTS DE RUPTURE

Nous avons effectué le test de rupture de Pettitt pour analyser l'évolution et les ruptures potentielles des données hydrométriques aux points nodaux (Rhône) et aux points de référence (affluents). Ces tests ont été menés sur les débits moyens et des indicateurs de basses d'eau.

Les indicateurs pris en compte sont les suivants,

- ▶ Débits annuels sur les années hydrologiques.
- ▶ QMNA (débit mensuel minimum de chaque année)
- ▶ Débits des mois de juillet, août et septembre

Ces tests de rupture sont présentés sous forme graphique en Annexe 2.

Au pas de temps mensuels et annuels, on repère peu de ruptures à travers le test de Pettitt sur les stations nodales.

Pougny : Les débits de Pougny sont fortement dépendants de la gestion du Léman, et de l'influence des barrages suisses amont. Les causes de rupture de cette série (années 1960) peuvent être dues à ces influences (évolution des modes de gestions, mise en service des barrages de stockage suisses...).

Lagnieu : Rien à signaler

Ternay : Rien à signaler. L'année 1941 ressort pour la plupart des stations sur le Rhône. Cela peut être attribué à plusieurs causes : raisons climatiques ; modification dans les méthodes de relevé/mesures pendant la guerre ; mise en place des limnigraphes à flotteurs dans les années 1940-1950 ; ...

Valence: Rien à signaler

Viviers : Rien à signaler

Beaucaire : Rien à signaler

7. CONTROLES DE COHERENCE

7.1 METHODE

Nous avons également mené des tests de cohérences entre stations, afin de détecter d'éventuelles anomalies dans les mesures, et de caractériser la qualité des données. L'objectif de ce travail était de proposer une vision critique de la cohérence entre données, à travers des méthodes graphiques simples. L'analyse s'est basées sur :

- ▶ L'interprétation des hydrogrammes ;
- ▶ L'étude des écarts en stations, la détection des épisodes du type [débits aval < débit amont] ;
- ▶ Des tests de doubles cumuls, présentés en Annexe 4.

STATIONS PRISES EN COMPTE

Les groupes de stations qui ont fait l'objet des tests de cohérence sont présentés ci-dessous :

Stations nodales	<p>Pougny → Injout-Genissiat</p> <p>Lagnieu → Pougny + Belmont Tramonet + Motz</p> <p>Ternay → Couzont au Mt d'Or + Lyon Perrache</p> <p>Valence → Ternay + Beaumont Monteux</p> <p>Viviers → Valence + Saillans</p>
Stations référence	<p>Motz → Vallière</p> <p>Belmont Tramonet → St Christophe + St Laurent du Pont</p> <p>Couzont au Mt d'Or → Ternay – Lyon Perrache (ci-dessus)</p> <p>Beaumont Monteux → St Gervais + Pont de Manne</p>

(rouge : stations nodales ; orange : stations de référence)

Nous avons calculé et représenté graphiquement l'écart entre les deux chroniques de débits à comparer. Cette analyse nous permet :

- ▶ D'identifier les dates présentant des anomalies importantes, cela fera ensuite l'objet d'une discussion avec les experts ;
- ▶ De quantifier ces anomalies, cela permettant d'estimer, en ordre de grandeur, une part de l'incertitude des données hydrométriques.
- ▶ Identifier des périodes possibles :
 1. Y'a-t-il des mois pour lesquels on observe plus ou moins des écarts importants entre les séries ? Focus sur les mois de basses eaux.
 2. Etant donné que l'ensemble des analyses du projet se centrent sur la période 1980 - 2011, observe-t-on une meilleure cohérence des débits sur cette période?

NB : Toutes les chroniques de débits utilisées sont des débits journaliers mensualisés.

- ▶ En outre, nous représentons également des courbes des doubles-cumuls des débits des deux séries afin de compléter l'analyse [Coron, 2012]. On représente les débits cumulés à la station étudiée par rapport aux débits cumulés des stations de contrôle. On représente également les résidus entre cette courbe et la droite reliant les deux extrémités.

Si les deux séries comparées sont de bonne qualité, le cumul des résidus doit osciller autour de zéro. S'ils sont très élevés, ou que l'on observe des ruptures soudaines, cela peut traduire des problèmes de l'une des séries hydrométriques. Ce type d'analyse permet de détecter les anomalies, et des dates ou périodes affectées par des modifications de la courbe de tarage, des erreurs ou des perturbations.

Ces graphiques sont présentés en Annexe 3.

7.2 PUGNY

On présente ci-après le contrôle de cohérence entre les débits mensuels du Rhône à Pougny et les débits mensuels à la station d'Injout-Génissiat située plus en aval entre 1961 et 2011. La distance entre les deux stations est de 26 km. Le tableau ci-dessous rappelle les informations quant à la précision des stations recueillies auprès des gestionnaires.

Tableau 3 : Rappel des avis d'experts recueillis pour les stations contrôlées et de contrôle.

Rivière	Nom de station	Avis Gestionnaires
Rhône	Pougny	Précision satisfaisante
Rhône	Injout-Génissiat	Bon

La Figure 7 présente au pas de temps mensuel sur la période considérée

- ▶ les hydrogrammes aux deux stations
- ▶ les écarts absolus [Q_{injout-Génissiat} – Q_{pougny}]
- ▶ Les écarts relatifs par rapport à Pougny : [(Q_{injout-Génissiat} – Q_{pougny}) / Q_{injout}]

A partir de ce graphique, quelques écarts importants entre les séries ont été détectés.

- ▶ Entre 1961 et 2011, pour 69 mois on observe des débits mensuels amonts supérieurs aux débits de l'aval ; dont 50 entre 1980 et 2011. L'amplitude moyenne des écarts (Pougny – Injout) pour ces épisodes est faible : de l'ordre de 9 m³/s, le maximum observé est de 50 m³/s.
- ▶ Le Tableau 4 présente les périodes pour lesquelles des écart important entre les deux séries de débits sont détectées.

Tableau 4 : Identification des périodes présentant des anomalies de débits à Pougny, période 1961 - 2011

Périodes identifiées	Observations à Pougny comparativement à Injout	Commentaires
1977-1978	Débits élevés	
1985	Un mois très faible	
1987	Exactement même débits	L'une des séries a-t-elle été reconstituée ?
1992	Débits élevés	
2003 - 2005	Débits faibles	
2009 - 2011	Débits faibles	

On note des pics d'écarts absolus entre Injout-Génissiat et Pougny de plus de 80 m³/s en 1970, 1977, 1982, 1990, 1992, 1993 et 2002 voire 110 m³/s en février 1977 ; qui se traduisent par des écarts relatifs maximums de l'ordre de 20% (écriture bleu dans le Tableau 4).

La moyenne des écarts absolus entre les deux stations est de 24 m³/s. L'écart relatif absolu moyen est de 8%.

Le graphique des écarts absolus et relatifs des débits en moyenne interannuelle (Figure 5) montre que les écarts les plus forts ont principalement lieu de novembre à avril - soit la période de basse eaux du Rhône à Pougny - avec un écart absolu moyen de 28 m³/s pour un écart relatif de l'ordre de 10%. Cependant, l'écart entre stations reste relativement stable dans l'année, passant en moyenne de 6% (août) à 13% (mars).

Figure 5 : Ecart absolu et relatifs moyens interannuels entre les débits à Pougny et à Injout Génissiat, calculés sur la période 1961-2011

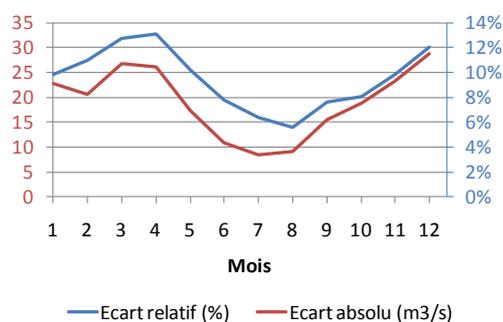
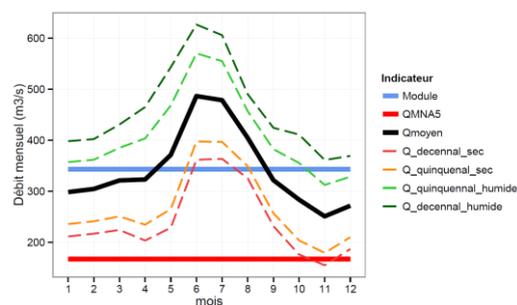


Figure 6 : Débits mensuels statistiques à Pougny (1980-2011)



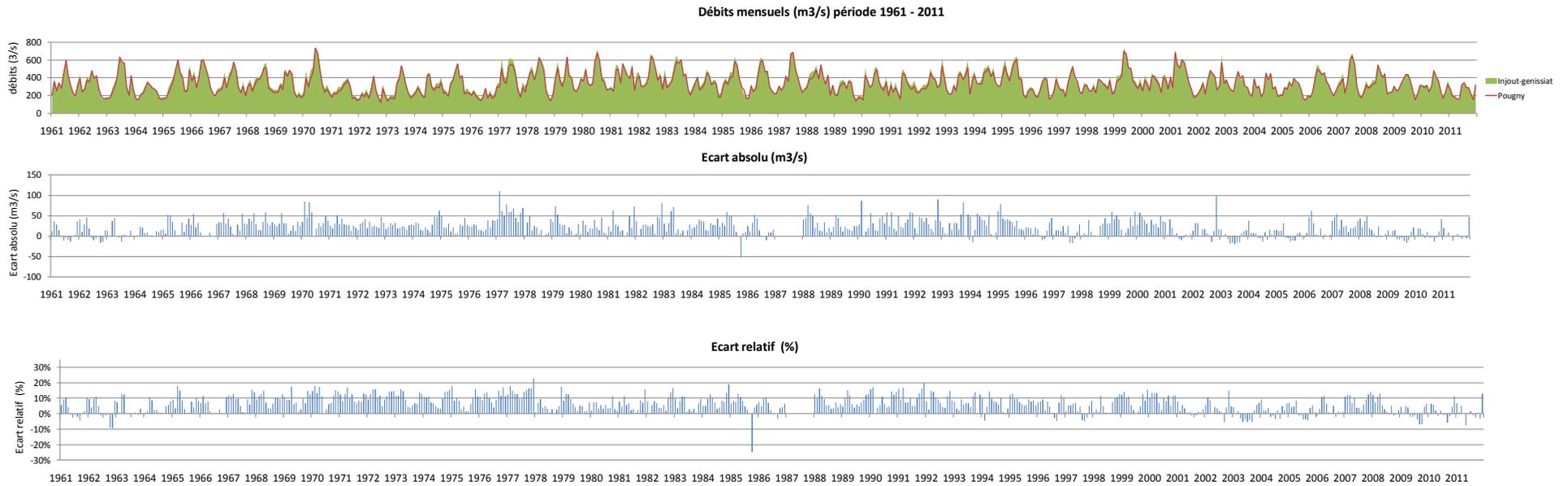
Une bonne cohérence entre les données hydrométriques mensuelles à Pougny et à la station plus en aval d'Injout-Génissiat est observée sur la période 1961-2011 ; avec un écart relatif moyen de l'ordre de 8%. Plusieurs écarts importants sont détectés entre 1979 et 2002.

Tableau 5 : Ecart absolu (m^3/s) entre les séries de débits à Pougny et à Injout Génissiat.

	Janv	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec
1961	12	36	29	15	-2	-11	-4	-9	-14	1	3	35
1962	41	10	29	46	18	-4	-10	-5	-2	-16	-14	15
1963	14	1	36	44	1	-3	-13	3	2	-2	14	-1
1964	-1	2	24	21	7	8	2	2	0	12	10	14
1965	16	6	52	51	35	14	2	3	33	10	29	43
1966	28	54	21	33	9	0	0	0	8	0	0	30
1967	34	34	58	30	43	23	6	4	29	15	55	31
1968	30	43	36	56	30	15	14	34	58	32	27	33
1969	28	23	30	56	31	32	6	13	26	13	35	25
1970	35	85	45	83	59	0	18	32	23	32	49	38
1971	26	20	31	51	29	43	29	27	27	13	26	20
1972	16	31	35	42	19	36	22	25	22	20	47	33
1973	18	22	32	28	33	18	21	24	22	15	27	28
1974	27	34	30	15	13	21	16	10	28	48	47	62
1975	49	21	21	30	11	22	6	6	28	25	45	28
1976	24	23	28	26	15	14	11	17	39	22	39	38
1977	42	110	61	50	77	59	60	67	45	35	57	70
1978	3	33	50	15	24	21	4	15	-1	5	7	42
1979	35	74	53	31	27	28	8	21	13	3	5	29
1980	6	38	26	10	20	19	40	20	14	46	8	5
1981	24	12	63	29	25	13	15	1	10	49	20	72
1982	37	2	18	28	29	24	24	29	7	47	43	81
1983	31	11	31	61	71	7	18	6	13	1	15	29
1984	18	22	28	41	38	36	14	13	32	27	27	43
1985	23	33	26	59	49	51	27	11	0	-52	7	10
1986	25	12	33	52	44	15	-1	0	-10	9	10	15
1987	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1988	41	45	75	55	50	20	32	13	12	33	9	20
1989	10	23	52	45	22	11	22	17	16	14	24	25
1990	29	87	0	12	19	57	32	15	13	44	49	31
1991	59	23	59	18	12	49	23	19	33	41	59	57
1992	19	8	47	44	36	45	29	17	11	39	90	37
1993	21	7	4	31	16	32	32	16	53	82	0	53
1994	47	-15	15	55	48	41	39	26	53	4	1	10
1995	61	79	43	39	41	38	34	23	38	17	16	14
1996	21	22	20	4	21	16	2	-11	-7	13	34	45
1997	6	15	15	13	25	7	25	-16	-17	-6	11	28
1998	3	7	3	40	11	3	1	1	25	31	44	31
1999	32	59	42	51	41	15	0	8	18	46	25	61
2000	28	57	47	39	31	10	40	28	30	22	49	37
2001	34	4	41	20	3	7	-7	-10	-3	4	1	6
2002	13	32	32	1	17	17	7	3	-14	13	98	17
2003	17	2	5	-7	-18	-16	-19	-16	-16	6	13	14
2004	38	7	7	7	-5	-5	-13	9	-9	15	4	14
2005	15	12	13	31	-4	-5	-13	-12	-11	6	8	3
2006	-3	8	46	63	32	4	3	19	-7	4	1	3
2007	38	46	54	16	40	23	26	10	19	19	24	38
2008	43	22	37	49	20	15	6	-3	23	-2	0	6
2009	14	2	13	14	-7	-8	-4	-12	-17	-10	11	21
2010	3	20	18	5	-4	10	-4	-3	-13	-3	11	42
2011	20	1	10	0	-11	-1	6	-2	-7	1	-5	47

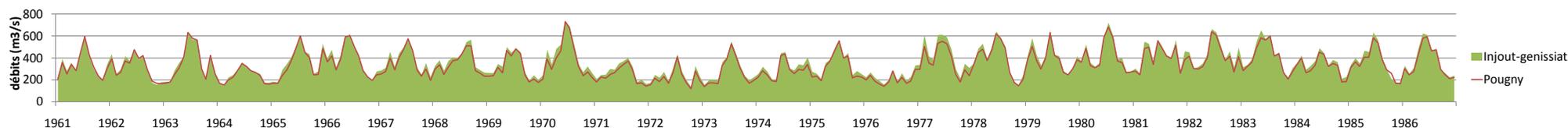
**Ecrit et encadré en rouge : mois où Qamont>Qaval ; En bleu : mois où Qaval-Qamont> 80 m^3/s

Figure 7: Présentation des résultats des contrôles entre la stations de Pougny et la station d'Injout-Génissiat: hydrogrammes des débits mensuels (m^3/s), écarts absolus des débits (m^3/s) et écarts relatifs des débits (%) et Période 1961-2011.

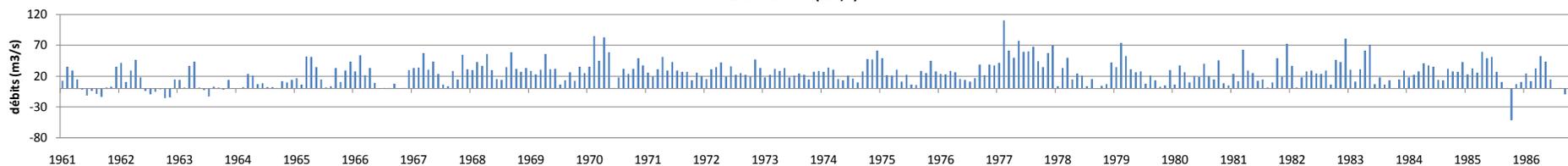


Découpage de la période en deux sous-périodes :

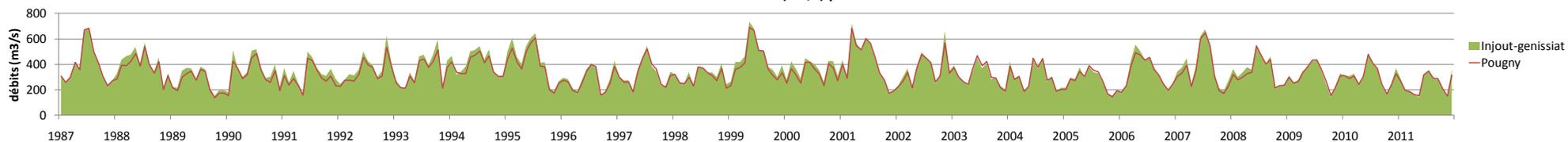
Débits mensuels (m³/s) période 1961 - 1987



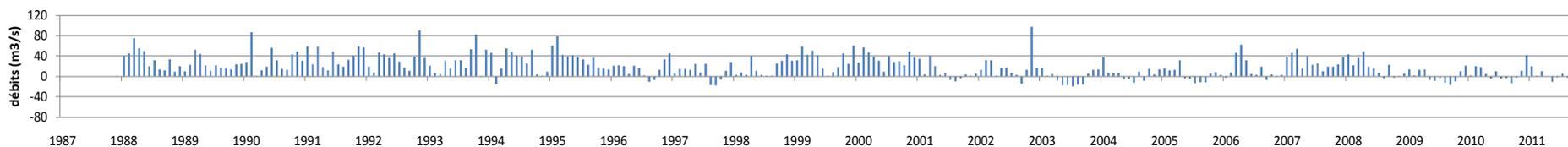
Ecart absolu (m³/s)



Débits mensuels (m³/s) période 1987 - 2011



Ecart absolu (m³/s)



7.3 LAGNIEU

On présente ci-dessous le contrôle de la station de Lagnieu située en aval des stations de contrôle de Pougny (Rhône), Motz (Fier) et Belmont Tramonet (Guiers) entre 1994 et 2011. La distance entre Pougny et Lagnieu est de 130 km, et deux affluents se jettent dans le Rhône, le Fier (Motz) et le Guiers (Belmont). Le tableau ci-dessous rappelle les avis des gestionnaires quant à la précision des stations.

Tableau 6 : Rappel des avis d'experts recueillis pour les stations contrôlées et de contrôle.

Rivière	Nom de station	Avis Gestionnaires
Rhône	Lagnieu	Meilleure station du Rhône pour l'estimation des bas débits. Incertitude de l'ordre de 10% à l'échelle du mois.
Rhône	Pougny	Précision satisfaisante
Fier	Motz	Médiocre pour les débits journaliers, station imprécise pour les bas débits.
Guiers	Belmont-Tramonet	Pour les débits inférieurs à la 10aine de m ³ /s incertitude de l'ordre de 1 m/s. Bonne station pour les débits >>10 m ³ /s

La Figure 11 présente, au pas de temps mensuel pour la période 1994-2011,

- ▶ les hydrogrammes aux quatre stations ;
- ▶ les écarts absolus : [QLagnieu - (QPougny+QMotz+QBelmont)] ;
- ▶ les écarts relatifs par rapport à Lagnieu : [(QLagnieu) – (QPougny+QMotz+QBelmont) / QLagnieu]

Le Tableau 7 présente les périodes pour lesquelles des écarts importants entre les séries de débits sont détectées.

On observe sur cette période 6 mois pour lesquels les débits mensuels de l'aval sont inférieurs aux débits de l'amont. L'amplitude de ces écarts reste cependant inférieur à 5m³/s.

Tableau 7 : Identification des périodes présentant des anomalies de chroniques de débits sur le Rhône à Lagnieu, période 1994 - 2011

Périodes identifiées	Observations à Lagnieu, comparativement aux autres stations	Commentaires
1994 - 1995	Très forts débits	
2001	Très forts débits	
2002	Très forts débits	
2005	Faible débits	

La moyenne des écarts absolus de débits entre les stations est de 70 m³/s. On note au moins un mois par année de dépassement des 100 m³/s, et des pics à 248 m³/s en janvier 1994, 285 m³/s en février 1995, 255 m³/s en mars 2001 et enfin 323 m³/s en novembre 2002.

L'écart relatif moyen par rapport aux débits de Lagnieu est de 14,5%.

Le graphique ci-dessous, représentant les écarts absolus et relatifs des débits en moyenne interannuelle, met en évidence que les écarts les plus forts ont principalement lieu d'octobre à avril, - avec un écart absolu moyen de 93 m³/s et un écart relatif par rapport à Lagnieu de l'ordre de 20%.

Cela est renforcé par l'observation des chroniques (Figure 11) : on observe presque systématiquement de faibles écarts pour les mois de juin-août, et des écarts élevés pour les mois de novembre-avril.

Figure 9 : Ecart absolu et relatifs moyens interannuels entre les débits à Lagnieu et à Pougny, Motz et Belmont-Tramonet, calculés sur la période 1994-2011.

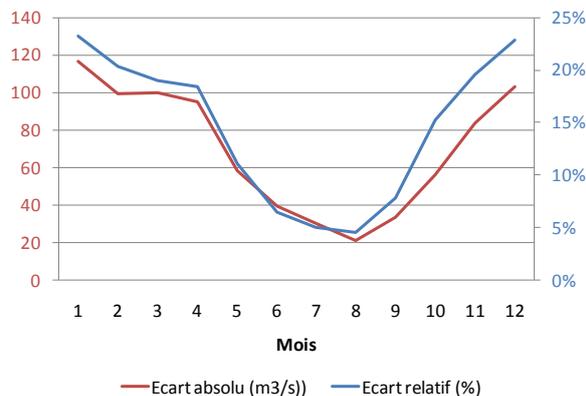
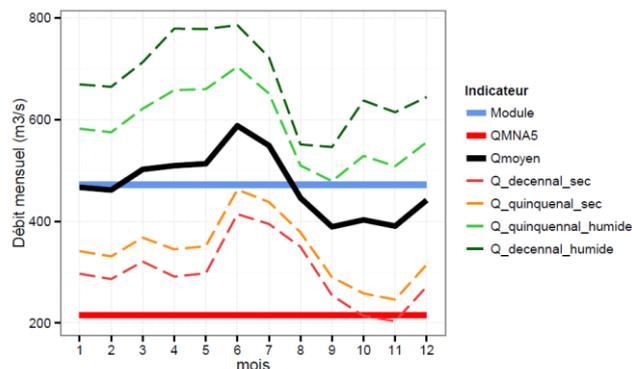


Figure 10 : Débits mensuels statistiques à Lagnieu (1980-2011)



Sur la période 1994-2011, les écarts entre la station de Lagnieu d'une part, et les stations amont de Pougny, Motz et Belmont sont de l'ordre de 70 m³/s. Relativement aux débits de Lagnieu, ils représentent un écart moyen de 15%.

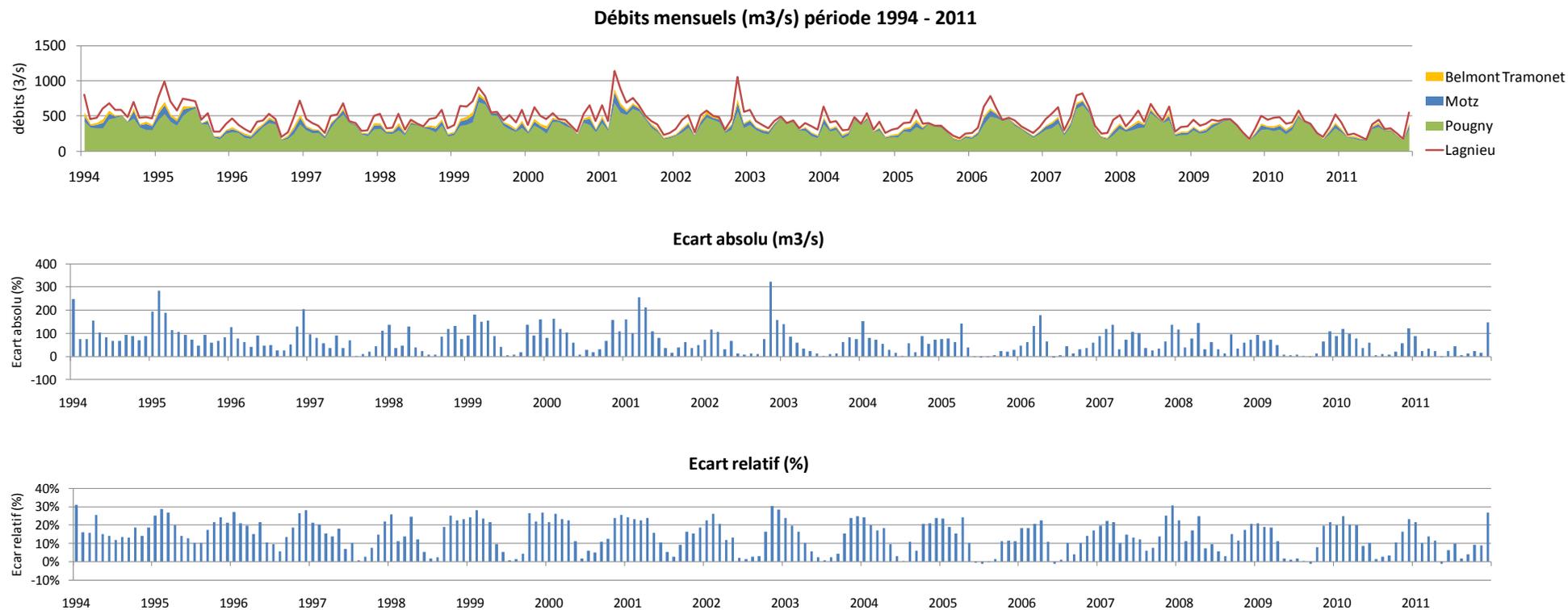
Les écarts importants sont centrés sur les périodes d'octobre à avril principalement.

Tableau 8 : Ecart absolu (m³/s) entre les débits à Lagnieu et les débits de [Pougny + Motz + Belmont]

	Janv	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec
1994	248	74	75	154	103	83	68	66	92	89	69	87
1995	194	285	190	115	105	93	71	46	94	59	68	82
1996	127	78	61	40	91	46	50	25	27	51	128	203
1997	96	81	56	35	91	37	70	3	11	22	44	112
1998	138	37	46	130	38	24	7	9	86	118	132	76
1999	90	180	149	154	87	42	4	7	19	137	90	159
2000	79	162	118	104	61	8	27	18	30	67	157	109
2001	160	100	256	213	109	79	35	14	40	62	36	49
2002	72	117	105	32	68	12	7	12	9	76	323	159
2003	140	84	60	33	24	12	3	11	14	62	84	76
2004	153	81	73	54	29	15	2	58	18	87	55	73
2005	76	77	63	143	39	-2	-4	-1	4	24	21	28
2006	47	62	131	178	66	-5	4	45	14	32	36	59
2007	89	118	136	30	71	105	100	37	27	34	65	136
2008	115	40	76	145	31	63	31	13	95	33	59	73
2009	94	68	73	50	7	6	7	1	-3	14	64	108
2010	89	118	98	78	35	59	6	10	9	21	57	122
2011	87	24	35	24	-2	23	44	5	13	23	16	147

**Ecrit et encadré en rouge : mois où Qamont > Qaval ; En bleu : mois où Qaval > Qamont > 100 m³/s

Figure 11 : Présentation des résultats des contrôles de la station de Lagnieu par les stations de Pougny/Belmont/Motz : hydrogrammes des débits mensuels (m^3/s), écarts absolus des débits (m^3/s) et écarts relatifs des débits (%) et Période 1994-2011.



7.4 TERNAY

On présente ci-dessous le contrôle de cohérence entre les débits mensuels du Rhône à Ternay et les débits mensuels à la station de Couzon au Mt d'Or et Lyon Perrache entre 1961 et 2011. Le tableau ci-dessous rappelle les informations quant à la précision des stations recueillies auprès des gestionnaires.

Tableau 9 : Rappel des avis d'experts recueillis pour les stations contrôlées et de contrôle.

Rivière	Nom de station	Avis Gestionnaires
Rhône	Ternay	Station double depuis l'aménagement de Pierre Bénite (1972)
Saône	Couzon au Mont d'Or	Incertitude de l'ordre de 50% en journalier
Rhône	Lyon Perrache	-

La Figure 14 présente, au pas de temps mensuel pour la période 1992-2011,

- ▶ les hydrogrammes aux trois stations ;
- ▶ les écarts absolus : $[Q_{\text{Ternay}} - (Q_{\text{Couzon}} + Q_{\text{Perrache}})]$;
- ▶ les écarts relatifs par rapport à Ternay : $[(Q_{\text{Ternay}} - (Q_{\text{Couzon}} + Q_{\text{Perrache}})) / Q_{\text{Ternay}}]$

A partir de ce graphique, on peut faire les observations suivantes :

- ▶ Le Tableau 10 présente les périodes pour lesquelles des écarts importants entre les séries ont été observés entre la station contrôlée et les stations de contrôle. Les plus forts écarts observés ne dépassent pas 20% des débits mesurés.
- ▶ Sur la période 1992-2011, on observe 94 mois pour lesquels les débits mensuels amont sont supérieurs aux débits mensuels aval, soit 78% du temps. Ces écarts sont cependant faibles, ils valent 18 m³/s en moyenne.

Les écarts absolus et relatif moyens sont respectivement de l'ordre de 20 m³/s et de 2,5%.

Les deux séries étudiées sont donc très proches, avec peu d'écart des débits la plupart du temps, mais souvent des écarts négatifs entre l'amont et l'aval.

Tableau 10 : Identification des périodes présentant des anomalies de chroniques de débits sur le Rhône à la station de Ternay, période 1992 - 2011

Périodes identifiées	Observations à Ternay comparativement à Lyon + Couzon	Commentaires
1993	Ecart moyen de l'ordre de 70 m ³ /s entre février et avril (12% des débits)	
2005-2006	Débits élevés (écart absolu moyen de 60 m ³ /s entre août et avril, soit 10% des débits).	
2009	Débits élevés	
Entre 1992 et 2004	Nombreux mois où les débits sont faibles	

Le graphique ci-dessous, représentant les écarts absolus et relatifs des débits en moyenne interannuelle, montre des écarts relativement stables dans l'année.

Figure 12 : Ecart absolu et relatifs moyens interannuels entre les débits à Ternay et à Couzon et Lyon Perrache, calculés sur la période 1992-2011

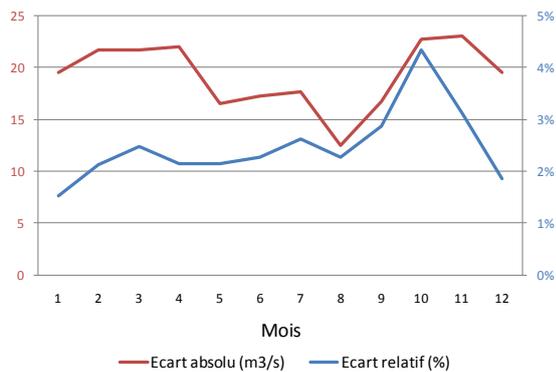
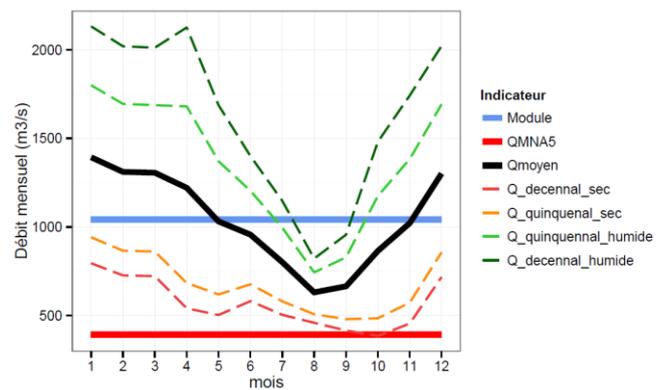


Figure 13 : Débits mensuels statistiques à Ternay (1980-2011)



De manière générale, on note une bonne cohérence entre les débits mensuels à Ternay, et les débits aval (Lyon Perrache + Couzon).

Trois périodes d'écarts importants ont été identifiées, représentant des écarts relatifs moyens de moins de 23%.

Tableau 11 : Identification des mois pour lesquels les débits amont sont plus élevés que les débits de l'aval à Ternay par simple différence des débits

	Janv	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec
1992	10	-11	-41	-32	45	14	-15	1	1	-29	-59	10
1993	23	58	110	47	39	-30	-18	43	-22	-15	-53	-31
1994	23	12	-10	8	-12	1	7	0	-11	-4	-33	-25
1995	-56	0	8	-25	-26	-25	-43	-3	-27	0	-19	-37
1996	-5	-13	-5	-12	-14	-20	-31	6	1	34	-16	15
1997	35	4	13	7	1	-17	-35	2	26	42	8	-23
1998	-18	-1	4	-22	1	-1	0	-1	2	-10	-16	-7
1999	-27	-41	21	22	17	11	5	-5	-3	0	0	2
2000	-22	-18	-24	-24	-22	1	9	20	18	28	13	23
2001	17	-16	-18	-15	-28	13	18	18	3	7	2	-13
2002	-16	-23	16	13	-1	2	1	-1	-14	-12	3	-19
2003	-32	-28	-17	6	6	36	28	6	-8	-12	7	24
2004	2	-12	1	-7	-15	-22	-29	-9	5	0	13	-19
2005	13	32	34	44	29	39	43	63	75	79	86	59
2006	32	54	37	52	1	22	9	2	3	11	22	8
2007	-9	-34	-18	25	8	-3	-9	0	26	38	23	8
2008	-2	19	4	28	16	38	-8	-13	-8	24	28	20
2009	9	25	12	39	28	29	25	33	37	69	35	13
2010	36	4	19	-3	12	6	8	-3	26	36	18	4
2011	5	29	23	9	10	14	11	21	20	1	3	-31

**Ecrit et encadré en rouge : mois où Qamont>Qaval ; En bleu : mois où Qaval-Qamont> 60 m³/s

Figure 14 : Présentation des résultats des contrôles de la station de Ternay par les stations de Couzon au Mt d'Or/Lyon Perrache : hydrogrammes des débits mensuels (m^3/s), écarts absolus des débits (m^3/s) et écarts relatifs des débits (%) et Période 1992-2011.

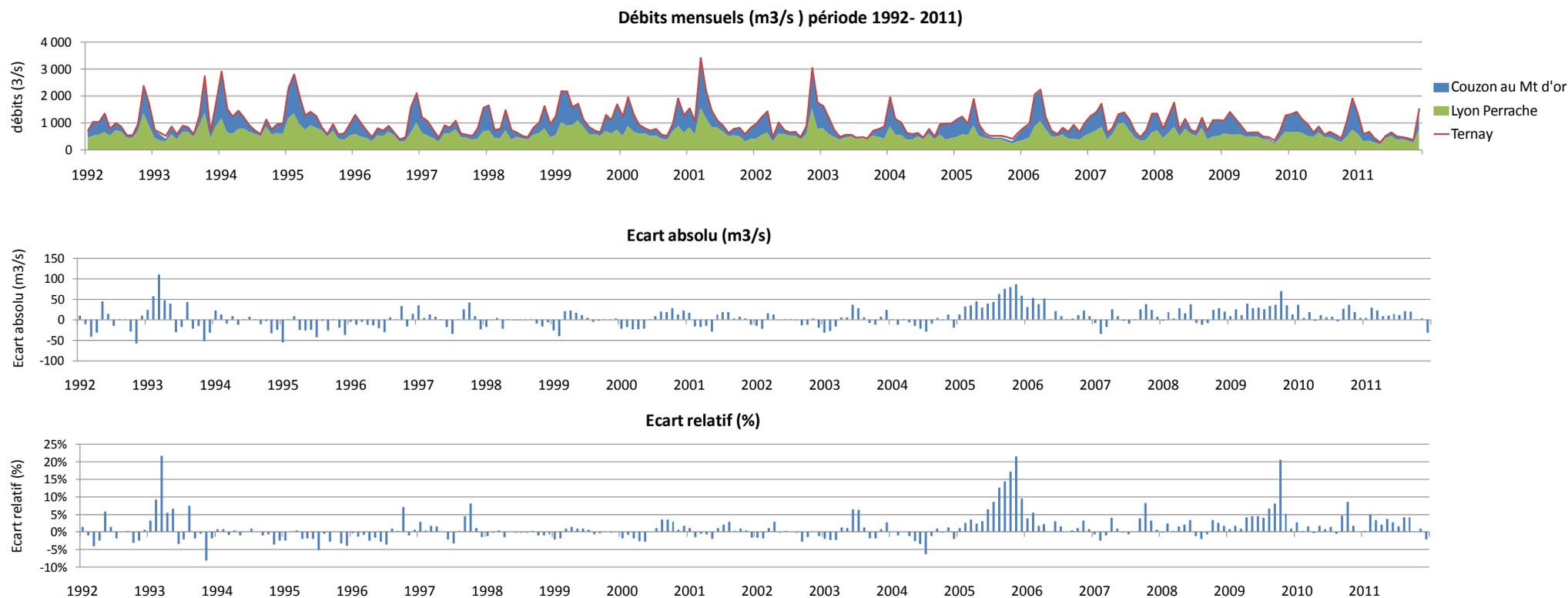


Figure 15 : Courbes des doubles cumuls mensuels du Rhône à Ternay

7.5 VALENCE

On présente dans ce chapitre le contrôle de la station de Valence par les stations plus en amont de Ternay et Beaumont Montoux sur la période 1961 - 2011. Entre les stations de Ternay et Valence, séparées par une distance de 89 km, 5 affluents se jettent dans le Rhône dont l'Isère (station de Beaumont Montoux). On note également la présence CNPE de Saint-Alban sur ce tronçon du Rhône. Le tableau ci-dessous rappelle les avis des gestionnaires quant à la précision des stations prises en compte.

Tableau 12 : Rappel des avis d'experts recueillis pour les stations contrôlées et de contrôle.

Rivière	Nom de station	Avis Gestionnaires
Rhône	Valence	Incertitude de l'ordre de 10%
Rhône	Ternay	Station double depuis l'aménagement de Pierre Bénite (1972)
Isère	Beaumont Montoux	Depuis 5-10 ans, les débits supérieurs à 130 m ³ /s sont bien estimés.

La Figure 18 présente, au pas de temps mensuel pour la période 1961-2011,

- ▶ les hydrogrammes aux trois stations ;
- ▶ les écarts absolus : $[Q_{\text{Valence}} - (Q_{\text{Ternay}} + Q_{\text{Beaumont}})]$;
- ▶ les écarts relatifs aux débits de Valence : $[(Q_{\text{Valence}}) - (Q_{\text{Ternay}} + Q_{\text{Beaumont}}) / Q_{\text{Valence}}]$

Le Tableau 13 présente les périodes pour lesquelles des écarts importants entre les séries de débits sont détectées.

Le Tableau 14 permet d'identifier les 140 mois où les débits de l'aval sont inférieurs aux débits de l'amont (moyenne des écarts absolus de 29 m³/s et un écart maximum de 150 m³/s).

Tableau 13 : Identification des périodes présentant des anomalies de chroniques de débits sur le Rhône à Valence, période 1961 - 2011

Périodes identifiées	Observations à Valence comparativement à Ternay + Beaumont	Commentaires
1983	Débits très élevés Des écarts de 330 m ³ /s sur avril-mai	
1993	Débits très élevés. Des écarts de 295 m ³ /s sur septembre-octobre	
1990 – 1992	Débits à Valence inférieurs aux débits amont.	
1995 – 1997	Débits très élevés. 10 mois présentant des écarts de plus de 100 m ³ /s.	
2002	Débits très élevés. des écarts absolus de plus de 140 m ³ /s	

La moyenne des écarts absolus est de 48 m³/s. L'écart relatif moyen est de 3,6%. Le maximum atteint est de 15% pour un écart absolu de 273 m³/s en septembre 1993.

Le graphique ci-dessous, représentent les écarts absolus et relatifs des débits en moyenne interannuelle. On observe des écarts relatifs relativement stable dans l'année.

Figure 16 : Ecart absolu et relatifs moyens interannuels entre les débits à Valence et Ternay et Beaumont, calculé sur la période 1961-2011

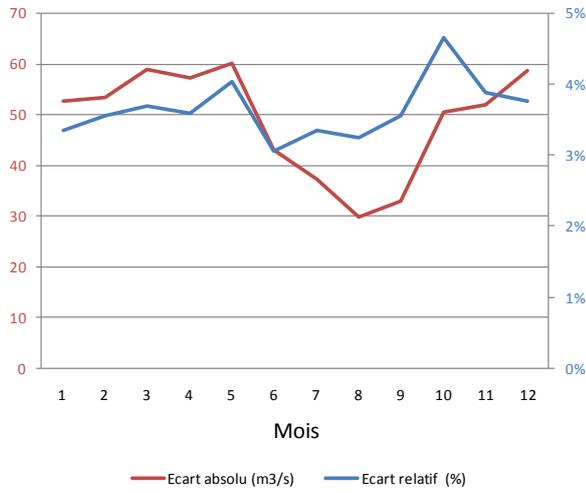
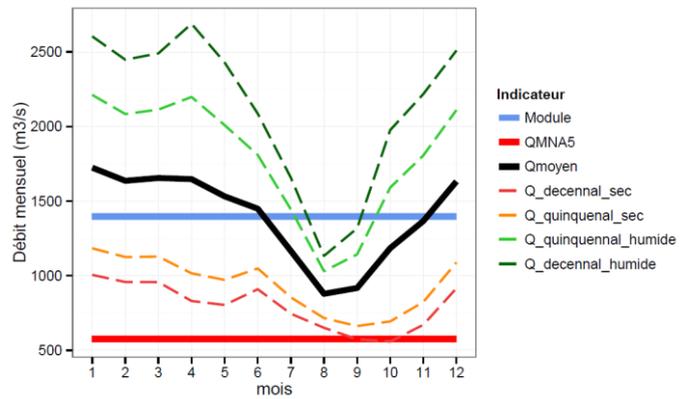


Figure 17 : Rappel de l'hydrologie moyenne à Valence (1980-2011)



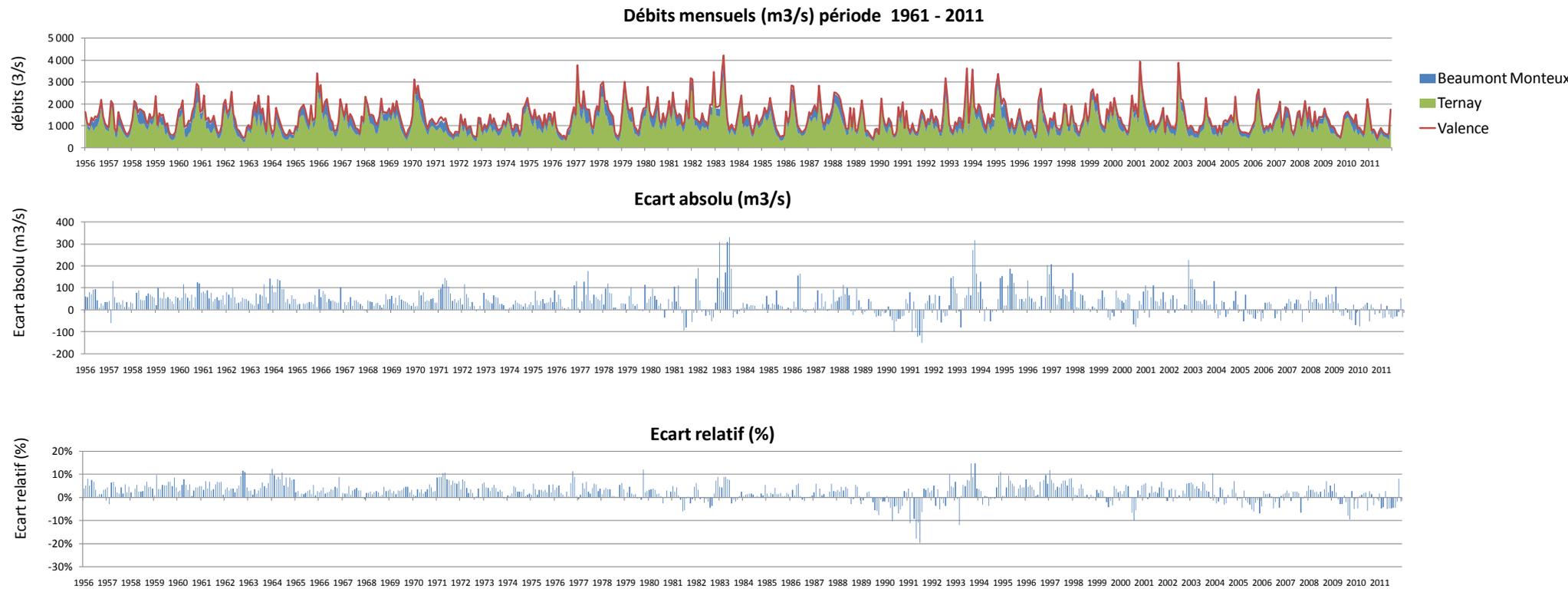
On note, de manière générale, une bonne cohérence des données hydrométriques mensuelles entre Valence et Ternay + Beaumont, avec un écart relatif de l'ordre de 4% en moyenne.

Tableau 14 : Identification des mois pour lesquels les débits amonts sont plus élevés que les débits de l'aval à Valence par simple différence des débits

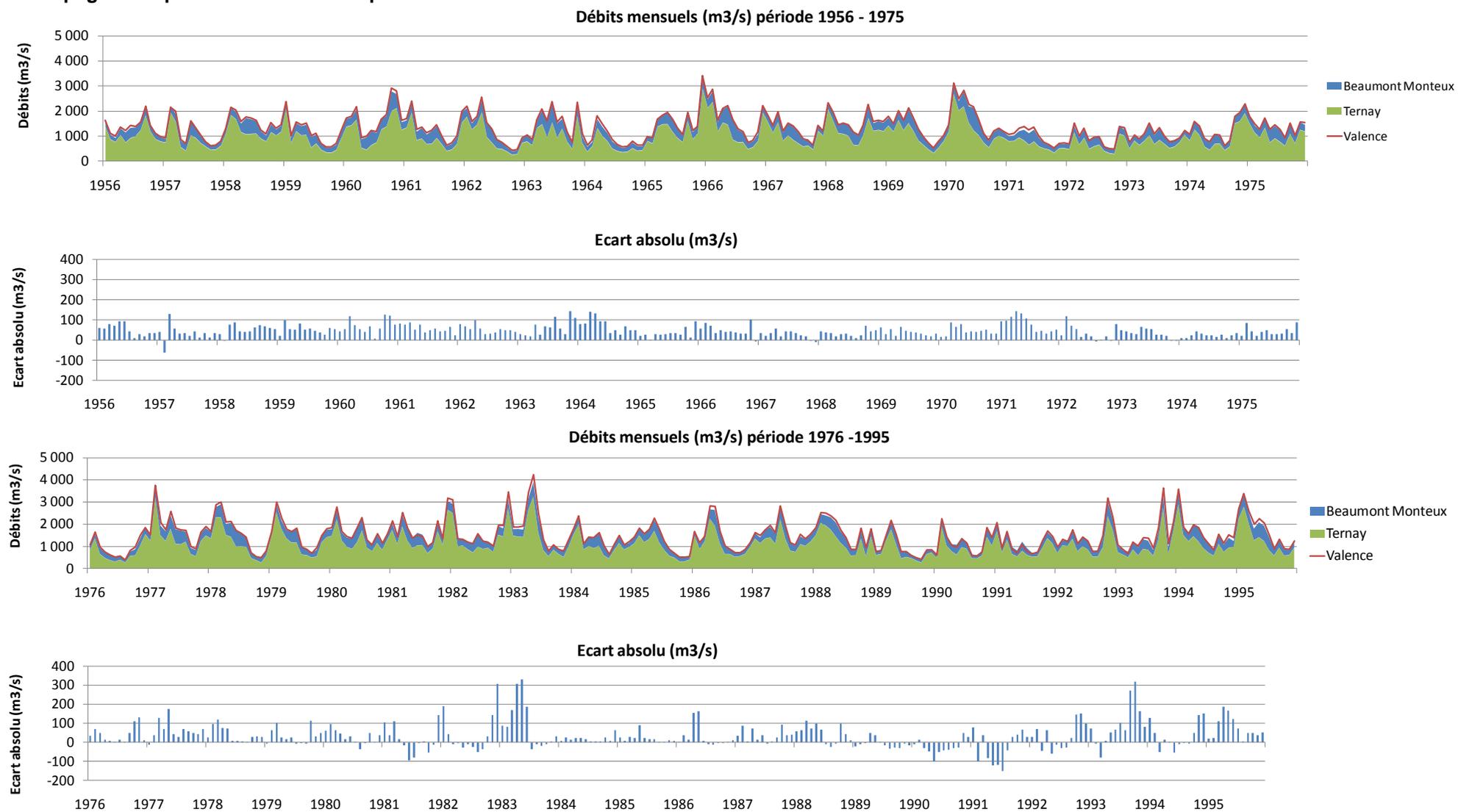
	Janv	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec
1956	60	57	81	70	93	94	44	10	29	18	35	34
1957	41	-61	130	59	32	36	23	45	12	35	14	36
1958	29	0	76	87	45	42	44	64	74	68	61	55
1959	21	99	54	53	81	51	58	48	39	28	61	54
1960	44	54	117	73	53	41	68	9	57	127	121	78
1961	83	76	89	53	78	38	49	58	43	47	67	23
1962	79	69	54	100	59	29	33	38	54	50	50	41
1963	29	25	19	76	27	70	62	117	57	30	143	110
1964	79	81	141	133	93	94	34	49	26	67	48	50
1965	23	26	0	30	27	31	36	35	27	67	12	93
1966	58	85	71	35	50	42	44	37	34	32	103	-5
1967	34	22	35	57	18	43	43	36	26	19	-4	-8
1968	44	38	35	19	30	31	22	9	25	72	45	48
1969	63	30	54	22	66	45	41	39	33	25	18	33
1970	15	19	89	65	79	37	43	40	48	52	31	33
1971	93	97	115	145	133	107	76	40	48	33	43	51
1972	23	118	71	54	15	34	19	-7	2	18	-1	79
1973	49	45	36	31	66	57	54	26	26	21	-4	-1
1974	10	11	24	43	32	25	25	15	28	11	23	35
1975	20	87	44	21	40	49	31	31	34	54	35	89
1976	35	69	50	14	7	1	13	0	50	111	131	10
1977	-13	38	129	68	176	43	30	70	58	50	42	71
1978	25	97	120	76	73	10	9	5	1	29	30	27
1979	-6	63	103	27	17	26	-5	-1	-7	115	31	50
1980	61	97	64	47	18	30	1	-36	-1	48	3	37
1981	105	37	110	16	-15	-94	-80	-5	5	-54	-12	142
1982	191	43	-10	-3	-27	-11	-23	-52	-37	33	144	307
1983	88	80	170	307	331	188	-35	-9	-20	-8	5	33
1984	9	25	15	22	22	17	4	4	4	26	9	64
1985	25	8	29	23	90	24	17	17	2	4	10	8
1986	0	38	13	156	165	8	-10	-12	-2	-2	3	11
1987	35	88	6	73	14	37	-6	5	26	92	38	40
1988	59	63	115	71	99	66	-8	-25	-7	98	44	12
1989	-22	-9	-4	49	38	2	-16	-33	-28	-31	-8	-15
1990	-10	14	-29	-48	-101	-51	-42	-40	-29	-27	49	30
1991	80	-102	39	-82	-122	-118	-150	-42	28	41	67	30
1992	30	69	-46	63	-58	-12	-31	-27	22	146	153	98
1993	73	-7	-81	7	54	67	102	65	273	318	164	81
1994	128	50	-51	13	2	-52	-10	-2	-6	49	144	152
1995	19	22	111	186	165	122	72	5	48	49	38	53
1996	135	61	53	35	38	5	16	63	1	57	205	161
1997	207	108	69	24	63	53	95	69	62	39	90	166
1998	82	12	8	70	65	40	4	8	-9	16	8	-4
1999	48	49	89	58	7	-35	-48	-14	-31	88	55	46
2000	41	33	45	73	69	-3	-66	-77	-38	41	25	84
2001	112	89	-35	57	110	41	37	18	49	81	34	1
2002	-17	48	67	-13	48	-4	8	-3	25	22	228	138
2003	140	94	40	40	38	26	47	43	20	24	-4	130
2004	26	-37	-23	40	35	-31	-17	10	0	41	87	24
2005	-8	-7	-52	68	-15	-21	-23	-37	-42	-16	-8	-53
2006	-38	33	32	35	27	2	-38	-20	-4	-48	5	17
2007	30	49	39	-15	30	47	45	26	-54	-3	4	44
2008	86	34	49	49	33	28	29	-2	58	70	29	73
2009	38	107	31	-11	-28	-27	8	-14	-44	-45	24	-70
2010	-7	-76	7	16	23	33	-51	24	11	-21	-2	-15
2011	27	-37	-35	19	-22	-36	-41	-31	-29	-11	53	-32

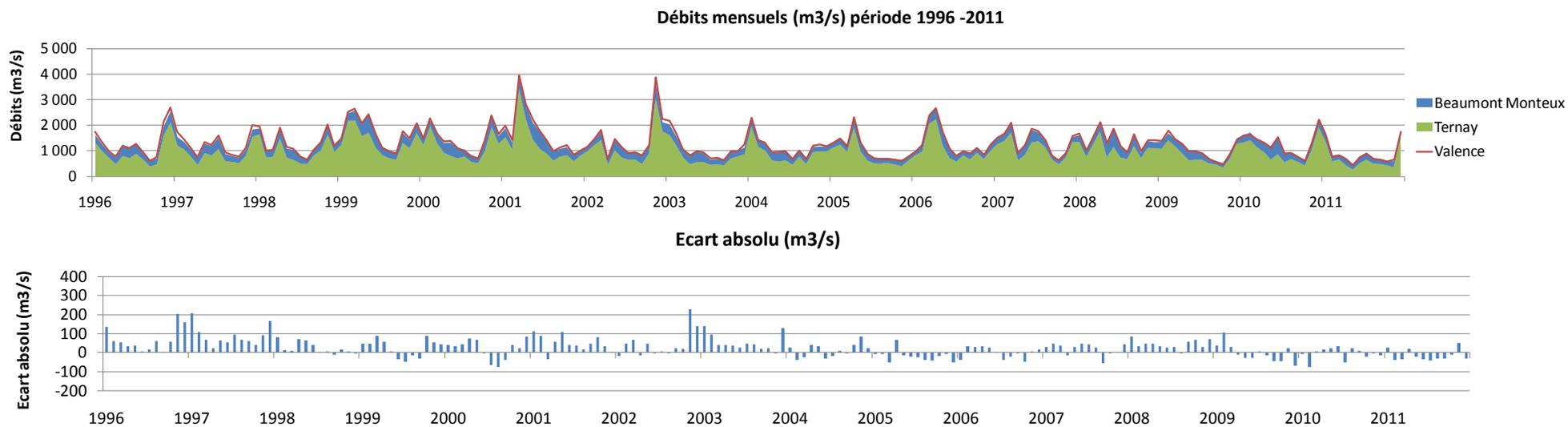
**Ecrit et encadré en rouge : mois où Qamont>Qaval ; En bleu : mois où Qaval-Qamont> 100 m³/s

Figure 18 : Présentation des résultats des contrôles de la station de Valence par les stations de Ternay/Beaumont : hydrogrammes des débits mensuels (m^3/s), écarts absolus des débits (m^3/s) et écarts relatifs des débits (%) et Période 1961-2011.



Découpage de la période en trois sous-périodes :





7.6 VIVIERS

On présente ci-dessous, le contrôle de la station de Viviers par les stations plus en amont de Valence et Saillans sur la période 1992 - 2011. Entre Valence et Viviers, séparées par une distance de 65 km ; trois affluents se jettent dans le Rhône : l'Eyrieux, la Drôme (station de Saillans) et le Roubion. Le tableau ci-dessous rappelle les avis des gestionnaires quant à la précision des stations hydrométriques.

Figure 19 : Rappel des avis d'experts recueillis pour les stations contrôlées et de contrôle pour Viviers

Rivière	Nom de station	Avis Gestionnaires
Rhône	Viviers	Incertitude de l'ordre de 10% à partir de 2000
Rhône	Valence	Incertitude de l'ordre de 10%
Drôme	Saillans	-

La Figure 22 présente, au pas de temps mensuel pour la période 1992-2011,

- ▶ les hydrogrammes aux trois stations ;
- ▶ les écarts absolus : $[Q_{\text{Viviers}} - (Q_{\text{Valence}} + Q_{\text{Saillans}})]$;
- ▶ les écarts relatifs, par rapport aux débits de Viviers : $[(Q_{\text{Viviers}}) - (Q_{\text{Valence}} + Q_{\text{Saillans}}) / (Q_{\text{Viviers}})]$

Le tableau ci-dessous présente les périodes pour lesquelles des écarts importants entre les séries de débits sont détectées.

Tableau 15 : Identification des périodes présentant des anomalies de chroniques de débits sur le Rhône à Viviers, période 1992 - 2011

Périodes identifiées	Observations à Viviers	Commentaires
1993	Débit faible	

On observe dans le Tableau 16, sur cette période, 44 mois où les débits de l'aval sont inférieurs aux débits de l'amont, représentant un écart moyen absolu de 11 m³/s (maximum à 100 m³/s).

La valeur moyenne des écarts absolus est de 67 m³/s, et celle des écarts relatifs de 4,6%.

En janvier 1993, on observe un écart absolu de l'ordre de 100 m³/s (écart relatif de 10%).

Le graphique des écarts absolus et relatifs des débits en moyenne interannuelle (Figure 20) montre que les écarts entre stations restent inférieurs à 6% toute l'année en moyenne, avec cependant des écarts légèrement plus important d'octobre à avril en moyenne.

Figure 20 : Ecart absolu et relatifs moyens interannuels entre les débits à Viviers et Valence et Saillans, calculés sur la période 1992-2011

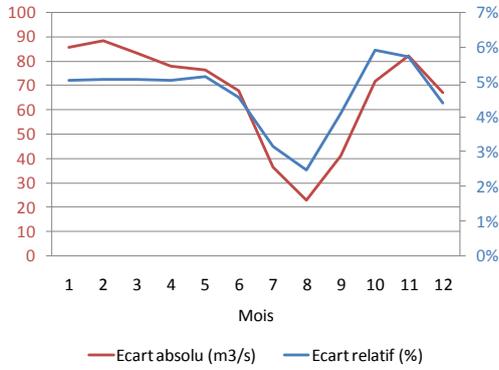
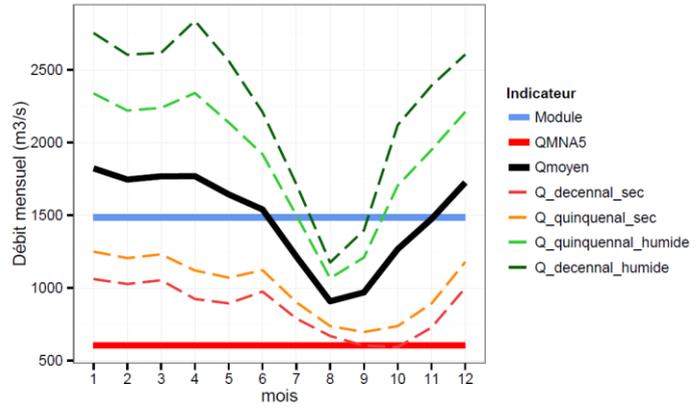


Figure 21 : Débits mensuels statistiques à Viviers (1980 - 2011)



De façon générale les données hydrométriques à la station de Viviers sont bien cohérentes avec les débits des stations plus amont.

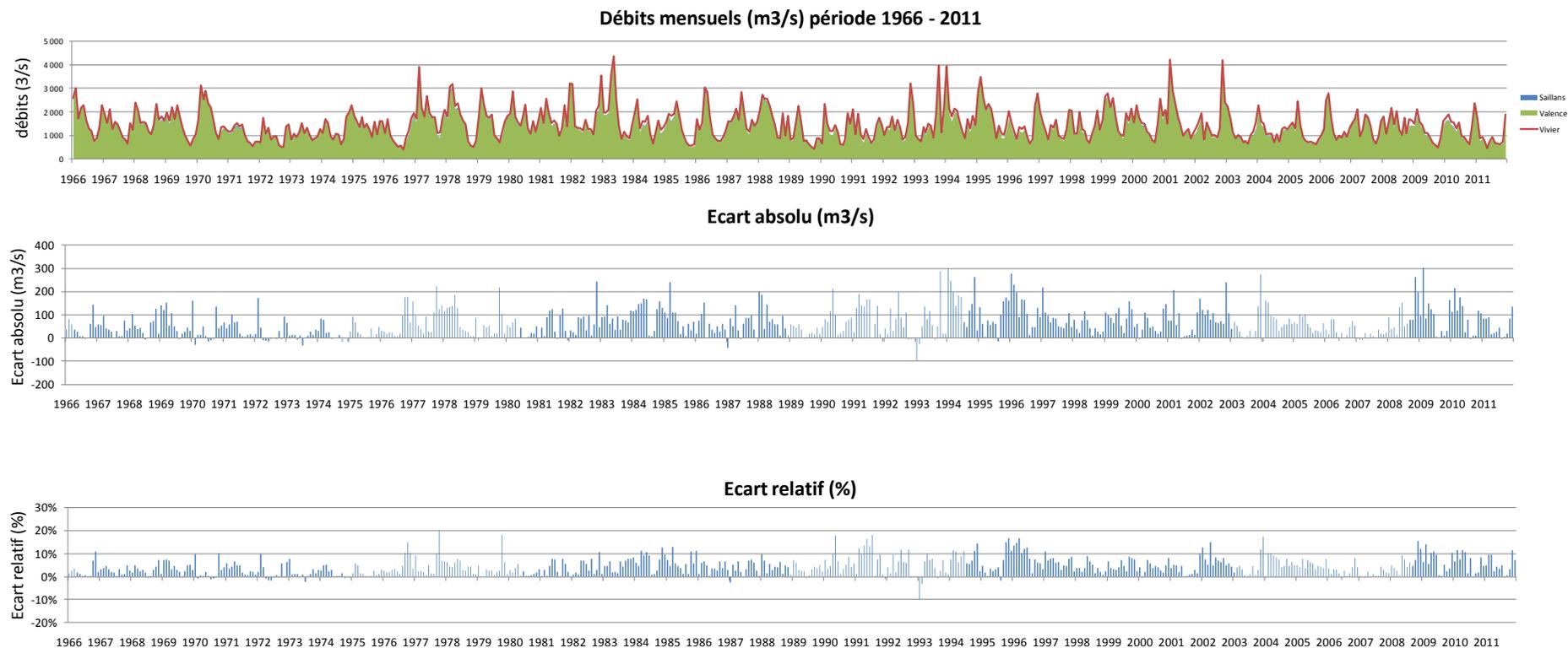
On note un écart absolu moyen de l'ordre de $67 \text{ m}^3/\text{s}$ et un écart relatif de l'ordre de 5%.

Tableau 16 : Identification des mois pour lesquels les débits amonts sont plus élevés que les débits de l'aval à Viviers par simple différence des débits

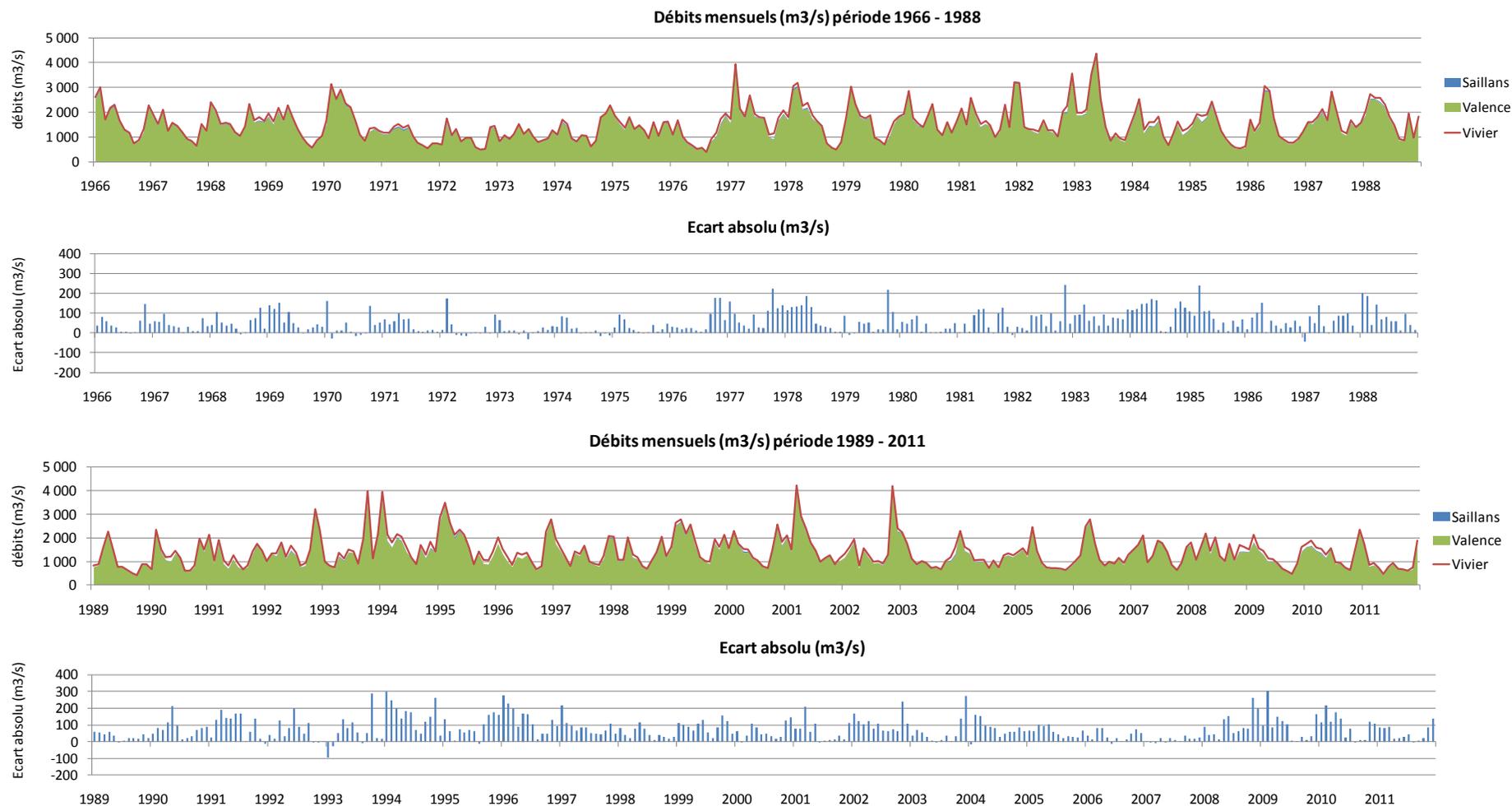
	Janv	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec
1966	37	80	58	36	28	6	7	-2	0	61	145	47
1967	60	57	96	41	35	28	3	30	8	8	74	33
1968	41	105	53	38	46	22	-6	3	66	74	128	20
1969	141	121	152	54	106	50	29	-2	18	28	44	30
1970	161	-28	14	13	51	6	-17	-9	-3	135	41	52
1971	68	42	60	100	68	70	19	8	5	13	16	6
1972	15	173	45	-11	-13	-16	-4	3	-2	29	-1	93
1973	64	10	12	12	-6	11	-31	1	10	29	14	35
1974	30	84	78	22	25	-2	3	1	13	-17	-4	-14
1975	26	93	68	25	16	6	-5	4	40	6	17	47
1976	30	27	20	24	24	12	6	19	95	176	177	66
1977	158	97	54	38	20	93	27	23	111	224	124	141
1978	114	129	133	138	187	129	48	37	32	25	7	7
1979	87	-11	-2	56	47	52	7	18	18	216	104	19
1980	56	48	68	85	5	45	1	2	6	21	20	50
1981	2	46	7	90	118	123	28	0	99	128	30	-10
1982	32	25	13	90	84	92	34	99	12	58	243	47
1983	90	93	142	60	85	36	93	36	79	75	67	117
1984	116	120	147	149	170	166	9	7	30	123	158	129
1985	110	87	239	110	110	73	16	51	8	63	32	69
1986	19	77	103	153	2	63	37	22	50	28	62	35
1987	-43	83	49	141	33	-5	62	87	86	99	37	2
1988	202	186	40	143	69	80	60	58	11	96	41	14
1989	59	54	44	59	35	-4	6	20	21	16	44	20
1990	47	82	70	115	213	98	14	21	32	71	79	87
1991	24	129	190	141	136	167	168	3	60	138	15	-14
1992	41	19	128	31	80	198	87	48	110	-7	-4	2
1993	-97	-27	49	135	82	116	55	-8	50	289	19	18
1994	301	247	199	139	182	177	68	47	117	147	262	35
1995	133	62	5	75	56	70	61	-15	102	159	174	160
1996	277	228	199	89	166	164	105	14	49	48	129	91
1997	216	110	96	66	86	86	50	49	43	65	106	48
1998	79	39	22	76	115	77	42	10	41	28	15	27
1999	110	100	88	65	108	130	53	23	84	158	124	47
2000	61	-4	37	109	87	45	49	31	19	27	126	147
2001	76	77	207	57	108	-5	7	9	13	37	13	111
2002	168	122	102	122	78	108	67	63	73	62	241	106
2003	38	69	53	27	5	-2	8	35	4	31	139	273
2004	-15	160	151	96	89	81	29	48	57	59	85	62
2005	68	62	101	92	102	60	44	22	33	30	24	65
2006	36	15	83	82	26	-14	21	3	13	48	74	53
2007	3	-6	-10	23	-2	20	8	0	37	18	17	24
2008	91	40	44	14	133	152	51	61	79	78	263	197
2009	97	302	85	149	123	105	4	2	30	11	31	164
2010	113	215	118	176	137	24	79	0	10	12	119	107
2011	85	83	89	17	21	28	45	-1	4	19	85	136

**Ecrit et encadré en rouge : mois où Qamont > Qaval.

Figure 22 : Présentation des résultats des contrôles de la station de Viviers par les stations de Valence/Saillans : hydrogrammes des débits mensuels (m^3/s), écarts absolus des débits (m^3/s) et écarts relatifs des débits (%) et Période 1966-2011.



Découpage de la période en deux sous-périodes :



7.7 BEUCAIRE

On présente ci-après le contrôle de cohérence entre les débits mensuels du Rhône à Beaucaire et les débits mensuels à la station de Viviers entre 1920 et 2011. La surface intermédiaire entre ces deux stations est de 24 690 km². Le tableau ci-dessous rappelle les informations quant à la précision des stations recueillies auprès des gestionnaires.

Tableau 17 : Rappel des avis d'experts recueillis pour les stations contrôlées et de contrôle.

Rivière	Nom de station	Avis Gestionnaires
Rhône	Beaucaire	Mesure < 400-600 m ³ /s médiocre Incertitude de l'ordre de 20% sur les bas débits
Rhône	Viviers	Incertitude de l'ordre de 10% à partir de 2000

La Figure 7 présente au pas de temps mensuel sur la période considérée

- ▶ les hydrogrammes aux deux stations
- ▶ les écarts absolus [QBeaucaire – QViviers]
- ▶ Les écarts relatifs par rapport à Pougny : [(QBeaucaire – QViviers) / QBeaucaire]

A partir de ce graphique, quelques écarts importants entre les séries ont été détectés.

- ▶ Entre 1920 et 1932, pour 76 mois on observe des débits mensuels amonts supérieurs aux débits de l'aval ; dont 12 entre 1980 et 2011. L'amplitude moyenne des écarts pour ces épisodes est de l'ordre de 90 m³/s, le maximum observé est de 312 m³/s en septembre 1927. On note également 27 mois où les écarts absolus sont supérieurs à 100 m³/s.
- ▶ Entre 1934 et 1964, on note de forts débits à Beaucaire pendant les périodes de hautes eaux avec des pics à plus de 1000 m³/s en 1933, 1936, 1951, 1955 (1900 m³/s), 1960 (deux mois consécutifs).
- ▶ En 2000 on note de très forts débits à Beaucaire en novembre et décembre, où les écarts absolus sont de l'ordre de 1000 m³/s.

Tableau 18 : Identification des périodes présentant des anomalies de débits à Beaucaire, période 1920 - 2011

Périodes identifiées	Observations à Beaucaire comparativement à Viviers	Commentaires
1920 - 1932	Débits faibles	
1934 - 1964	Forts débits	
1935	Été faibles débits	
1945	Été faibles débits	
1990	Mai très faibles débits	
1993	Été faible débits	
2000	Forts débits	

Le graphique des écarts absolus et relatifs des débits en moyenne interannuelle (Figure 5) montre que les écarts les plus forts ont principalement lieu d'octobre à mai - soit la période de hautes eaux du Rhône à Beaucaire - avec un écart absolu moyen de 243 m³/s pour un écart relatif de l'ordre de 13%.

Figure 23 : Ecart absolu et relatifs moyens interannuels entre les débits à Beaucaire et Viviers, calculés sur la période 1920-2011

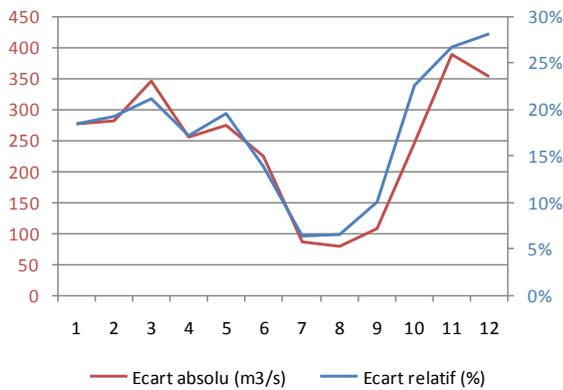
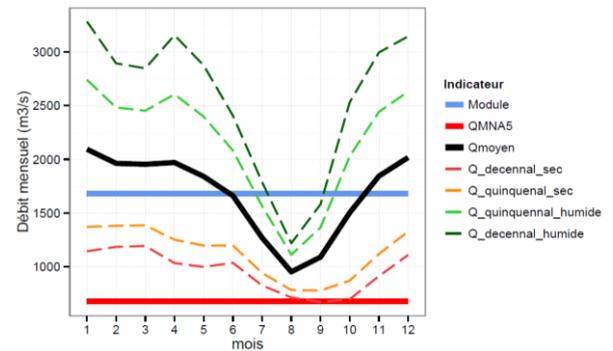


Figure 24 : Débits mensuels statistiques à Beaucaire (1920-2011)



Une bonne cohérence entre les données hydrométriques mensuelles à Beaucaire et à la station plus en amont de Viviers est observée après les années 30. L'écart absolu est de l'ordre de 230 m³/s. Cet écart est peut-être en partie expliqué par le nombre important d'affluents se jetant dans le Rhône à cette hauteur: Ardèche, Cèze, Gard, Aigue, Durance.

Tableau 19 : Ecart absolu (m³/s) entre les séries de débits à Beaucaire et Viviers

	Janv	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec
1920	-29	-41	59	180	34	-77	-141	-86	-44	488	423	180
1921	-7	39	59	119	77	93	-98	-53	-36	-22	-35	149
1922	-130	-109	-62	24	-15	-58	-160	-122	-142	-8	-34	-153
1923	-23	-203	-140	34	37	-62	-98	-137	-65	-244	305	440
1924	45	105	-1	149	-80	-118	-101	-68	-2	558	183	422
1925	127	263	355	261	280	289	89	-32	-114	-3	63	-35
1926	-141	358	-12	38	414	4	-132	-141	-88	31	1251	564
1927	-54	2	481	62	-9	-72	-166	-223	-313	-46	113	519
1928	-43	-19	490	354	279	93	-47	-132	-67	351	666	61
1929	76	217	45	-6	151	-87	-112	-115	-2	209	105	189
1930	437	376	479	174	376	622	-20	-174	-57	-207	-181	-69
1931	-95	-84	308	-18	98	-74	-224	-275	95	218	660	127
1932	214	109	58	196	560	205	46	-82	225	134	-80	484
1933	466	244	501	308	87	57	105	103	325	1006	840	651
1934	230	324	327	765	756	461	202	119	141	156	683	593
1935	304	-81	218	65	336	162	81	208	159	254	1411	942
1936	1172	567	778	644	337	337	-23	-149	95	18	100	186
1937	340	87	459	232	219	133	35	133	164	426	602	359
1938	122	59	160	129	381	163	-10	24	277	227	257	631
1939	443	466	285	540	244	311	180	217	135	33	240	254
1940	364	-6	185	82	434	550	146	65	-43	296	308	83
1941	336	674	431	372	366	667	167	3	42	157	494	270
1942	92	123	76	276	248	49	-12	-36	-36	226	422	520
1943	309	259	290	256	327	78	1	6	149	505	353	804
1944	198	105	129	146	67	67	27	-34	32	247	402	643
1945	115	186	43	6	17	22	-81	-39	5	63	271	410
1946	126	58	403	417	688	331	163	61	168	180	126	150
1947	117	457	827	485	324	176	76	46	80	127	141	228
1948	508	428	238	593	649	398	57	98	294	176	139	252
1949	243	122	280	110	365	180	14	20	38	105	347	420
1950	268	465	339	116	279	240	50	17	43	79	238	305
1951	335	754	935	333	687	739	196	164	158	291	1937	420
1952	183	174	191	394	628	258	21	8	2	67	167	292
1953	213	114	127	89	114	84	67	-1	145	776	357	435
1954	86	250	447	250	504	229	39	38	60	45	222	549
1955	1005	924	327	214	167	420	134	13	8	137	375	381
1956	294	697	757	669	428	209	68	-15	102	88	85	51
1957	183	162	432	289	254	770	168	46	-7	27	139	518
1958	183	88	75	296	121	111	42	-23	-24	595	10	723
1959	180	295	548	228	366	247	25	-14	34	155	173	995
1960	654	657	1220	373	244	285	52	73	220	1645	1336	535
1961	350	328	218	126	208	362	147	67	82	266	625	410
1962	449	234	540	386	254	192	47	25	56	78	293	138
1963	631	442	388	601	272	566	216	236	352	183	1146	574
1964	460	676	931	605	297	185	56	85	124	219	154	147
1965	193	260	307	170	63	49	32	31	248	501	323	387
1966	344	702	392	203	151	70	34	12	37	140	277	47
1967	188	248	382	122	139	59	23	22	20	26	132	55
1968	64	244	142	165	153	122	40	46	193	180	361	98
1969	382	401	541	208	251	145	108	51	104	130	146	79

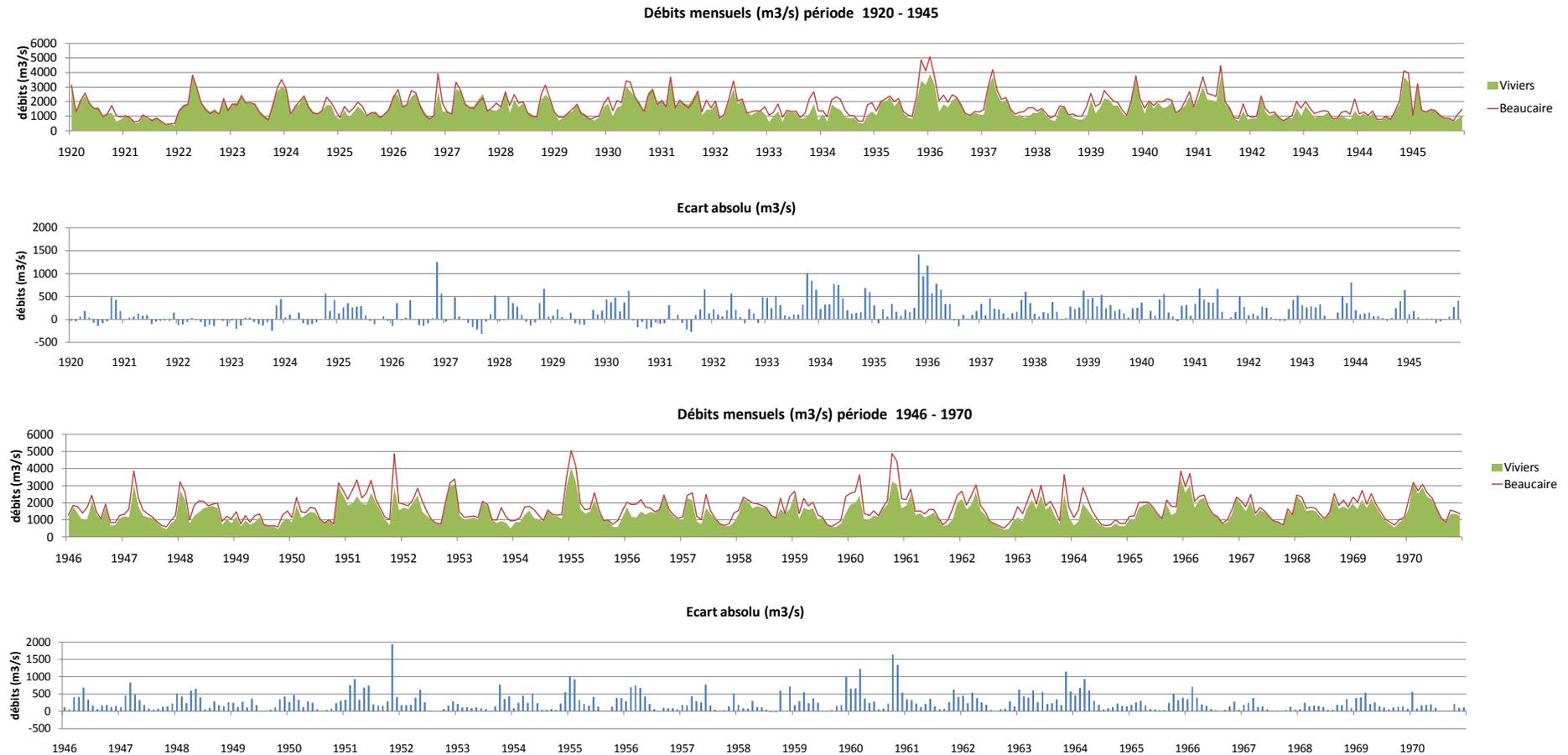
1970	565	72	174	184	203	95	15	13	16	216	101	111
1971	276	285	255	444	431	397	59	24	22	-8	-9	14
1972	419	791	448	209	128	181	64	27	75	268	139	399
1973	392	109	64	48	118	48	55	14	27	159	131	324
1974	298	576	350	230	172	74	61	28	109	77	135	75
1975	209	429	405	196	163	223	121	82	157	129	132	251
1976	84	393	188	193	105	15	4	116	412	922	973	358
1977	791	518	418	183	615	406	178	209	83	635	230	537
1978	363	507	424	263	480	140	47	29	28	40	15	124
1979	253	315	319	219	71	44	30	20	27	851	151	109
1980	99	67	135	153	148	35	62	16	116	102	124	11
1981	76	99	101	243	156	103	140	26	6	129	74	253
1982	294	219	172	123	58	58	75	30	164	162	590	248
1983	65	93	164	247	332	223	64	87	72	122	69	118
1984	70	126	106	154	352	251	67	89	42	180	525	412
1985	139	216	304	167	305	140	81	65	49	21	84	52
1986	151	352	249	736	400	123	72	46	118	179	226	130
1987	189	485	150	418	139	49	121	64	43	608	341	509
1988	451	203	65	179	330	76	67	51	25	354	94	65
1989	36	68	101	308	139	39	3	4	14	19	183	53
1990	31	123	6	27	-81	10	68	54	62	239	116	135
1991	97	106	438	103	53	32	17	45	-7	81	181	100
1992	70	51	35	104	124	283	142	64	214	200	221	208
1993	127	85	55	149	239	-31	-59	-19	243	833	354	168
1994	715	444	287	149	198	54	13	61	366	551	1122	143
1995	173	260	163	310	270	134	-15	87	168	333	250	399
1996	1294	488	385	139	227	109	51	26	89	68	712	836
1997	988	373	190	-5	-15	39	70	2	40	85	358	551
1998	287	159	87	184	321	237	62	49	67	56	66	40
1999	292	75	183	158	383	120	71	102	189	483	291	192
2000	61	89	47	243	237	60	38	54	137	402	1083	911
2001	783	298	704	160	375	162	95	50	56	348	107	-10
2002	-53	14	70	26	60	38	2	26	563	228	899	790
2003	398	219	193	194	87	30	5	-5	90	136	567	923
2004	190	299	165	158	115	27	47	87	47	281	293	65
2005	75	66	56	168	85	58	23	27	201	191	341	166
2006	164	248	42	88	46	58	70	33	117	411	378	380
2007	116	104	91	102	151	157	-1	24	71	96	128	33
2008	337	141	20	285	413	617	47	28	127	181	584	426
2009	291	677	330	402	202	128	32	30	75	146	87	296
2010	335	475	423	387	357	357	104	23	197	225	483	602
2011	337	233	415	160	86	112	54	97	103	113	874	110

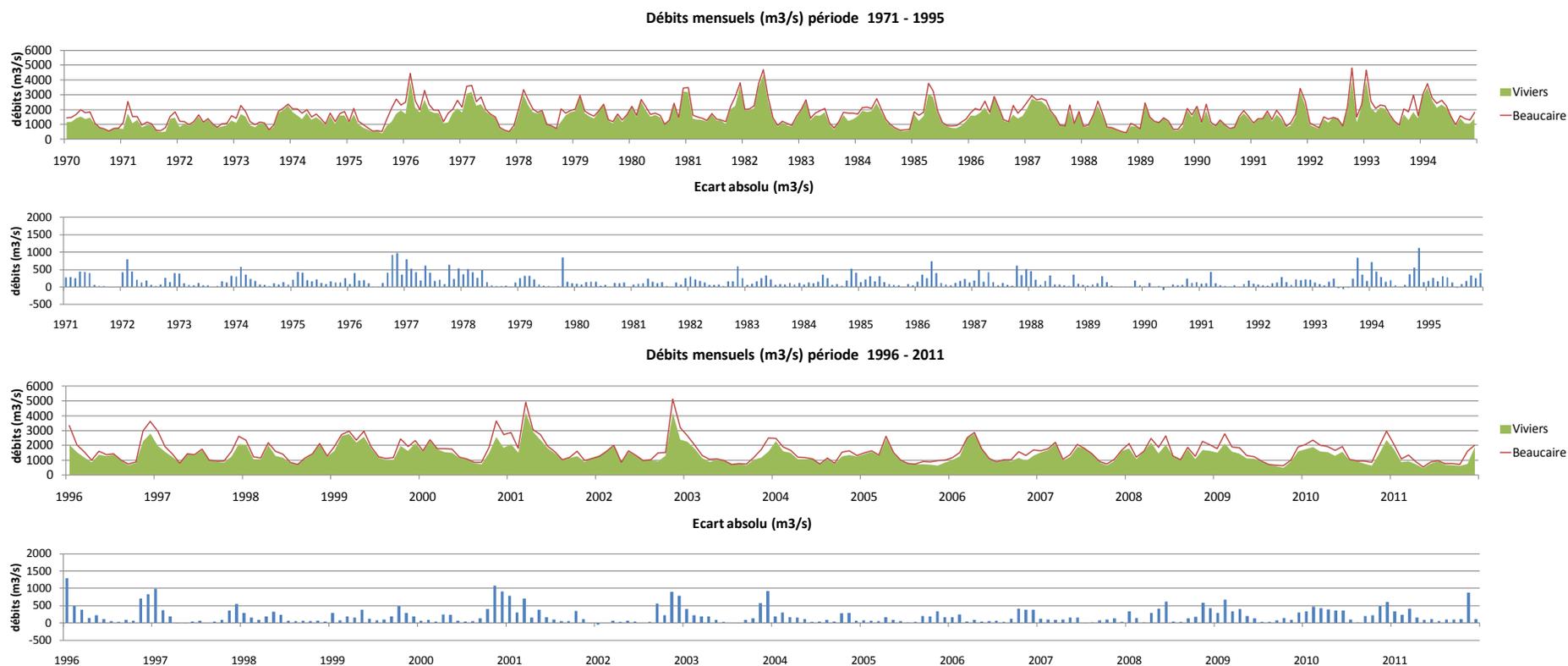
**Ecrit et encadré en rouge mois où Qamont>Qaval

Figure 25: Présentation des résultats des contrôles entre la stations de Beaucaire et la station de Viviers: hydrogrammes des débits mensuels (m^3/s), écarts absolus des débits (m^3/s) et écarts relatifs des débits (%) et Période 1920-2011.



Découpage de la période en quatre sous-périodes :





7.8 ISERE

On présente ci-dessous le contrôle de la station de Beaumont-Montoux sur l'Isère par les stations plus en amont de St Gervais et Pont de Manne sur la période 1972 - 2011.

Figure 26 : Rappel des avis d'experts recueillis pour les stations contrôlées et de contrôle.

Rivière	Nom de station	Avis Gestionnaires
Isère	Beaumont-Montoux	Depuis 5-10 ans débits supérieurs à 130 m ³ /s sont bien estimés.
Isère	St Gervais	Bon
Isère	Pont de Manne	Bon

La Figure 29 présente au pas de temps mensuel sur la période considérée :

- ▶ les hydrogrammes aux deux stations ;
- ▶ les écarts absolus [QBeaumont – (QGervais+QManne)] ;
- ▶ et les écarts relatifs à la station de Beaumont [(QBeaumont – (QGervais+QManne)) / QBeaumont]

Le tableau ci-dessous présente les différentes périodes présentant des écarts importants entre les séries de débits. On note 250 mois pour lesquels les débits de l'aval sont inférieurs aux débits de l'amont. Cependant, ces écarts restent faibles : l'écart absolu moyen pour ces mois est de 15 m³/s (Tableau 21).

Tableau 20 : Identification des périodes présentant des anomalies de chroniques de débits sur l'Isère, période 1972 - 2011

Périodes identifiées	Observations de l'Isère à Beaumont	Commentaires
1972 - 1973	Débits faibles	
1983 - 1986	Débits très faibles	
1990	Débits très forts	
1993 - 1994	Débits très forts	
2008 - 2010	Débits très forts	

La moyenne des écarts absolus est de 14 m³/s. L'écart relatif moyen est de 4,5 %.

- ▶ On note en 1972 de faibles débits à Beaumont-Montoux, représentés par des écarts absolus de l'ordre de 26 m³/s entre avril et juillet 1972. Ils sont de l'ordre de 40 m³/s entre mai et juillet 1973 et un écart relatif relativement faible de 10%.
- ▶ Entre février 1983 et septembre 1986 les débits de la station aval sont plus faibles que les débits amont de l'ordre de 20 m³/s (certains mois à plus de 40 m³/s) mais ils ne représentent que 6% en terme d'écart relatif.
- ▶ Entre mars et mai 1990, on observe un écart absolu moyen de l'ordre de 56 m³/s, correspondant à un écart relatif des débits de 15%.
- ▶ Entre septembre et décembre 1993 on note des écarts absolus de l'ordre de 38 m³/s pour des écarts relatifs de 10%. Le même constat est fait en juin/juillet 2008 et septembre 2010.

Le graphique ci-dessous, représentant les écarts absolus et relatifs des débits en moyenne interannuelle. Les écarts relatifs restent inférieurs à 6% en moyenne pour tous les mois de l'année.

Figure 27 : Ecart absolu et relatifs moyens interannuels entre les débits à Beaumont Montoux et St Gervais et Pont de Manne, calculés sur la période 1972

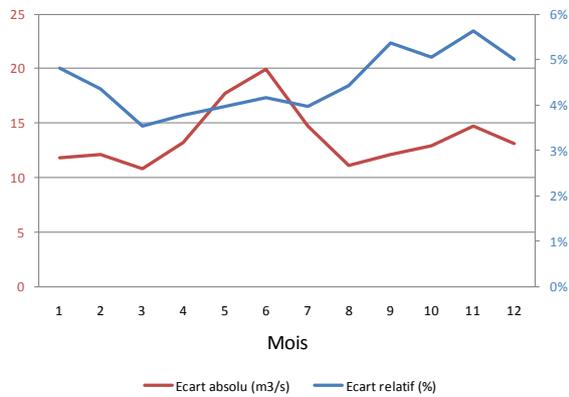
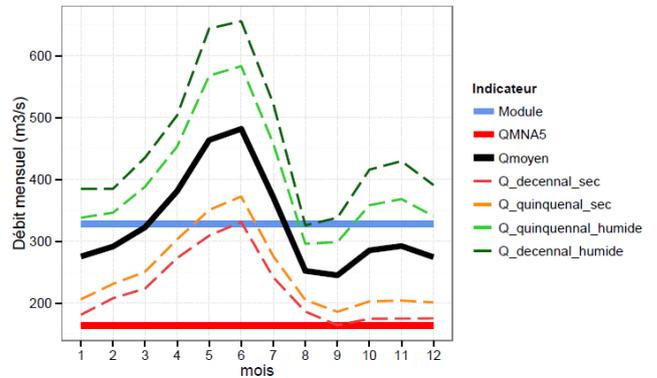


Figure 28 : Débits mensuels statistiques de l'Isère (1980 - 2011)



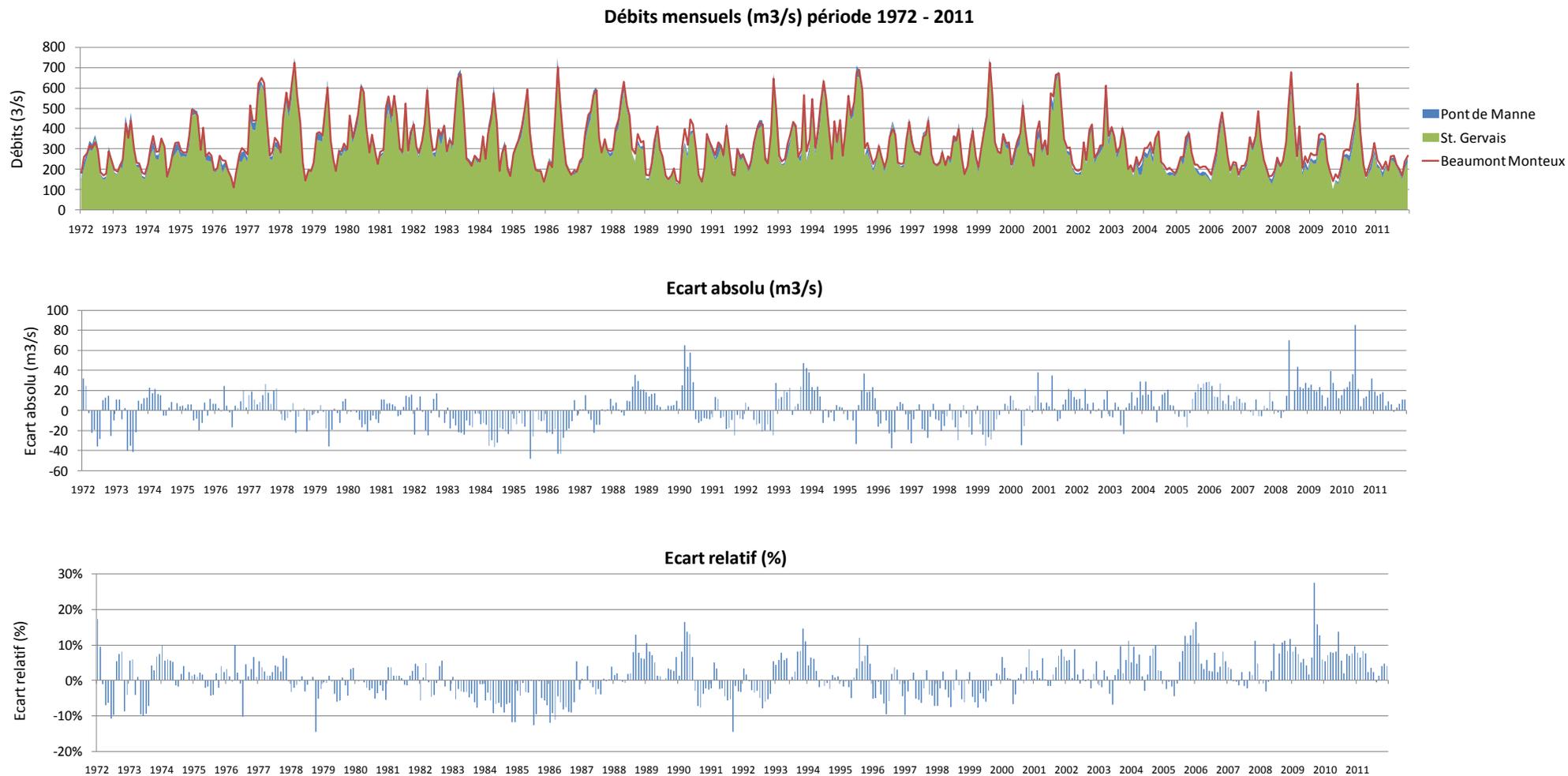
On observe de nombreuses périodes où les débits à Beaumont Montoux sont plus faibles que sur les stations situées plus en amont sur l'Isère. La moyenne des écarts absolus est de l'ordre de $14 \text{ m}^3/\text{s}$ et l'écart relatif est de 4.5%.

Tableau 21 : Identification des mois pour lesquels les débits amont sont plus élevés que les débits de l'aval à Valence par simple différence des débits

	Janv	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec
1972	32	25	-3	-22	-19	-36	-28	10	13	15	-25	-10
1973	11	11	-9	2	-40	-35	-41	-21	10	7	12	13
1974	23	17	22	16	15	-5	-5	3	9	0	8	4
1975	5	3	6	6	-10	-8	-20	-12	8	-5	12	6
1976	6	2	-1	24	5	-2	-17	5	2	9	20	3
1977	15	19	11	6	9	15	26	18	7	20	22	-1
1978	-9	-10	-8	-1	7	-22	-6	0	2	-21	-10	-5
1979	-1	-2	5	-2	-18	-36	-19	2	-3	-12	9	11
1980	-1	-1	1	-2	-10	-17	-13	-21	-10	-5	-9	-12
1981	11	11	7	7	6	4	-6	-4	4	14	14	16
1982	-24	3	14	-2	-20	-25	-2	12	17	-7	0	-12
1983	3	-18	-8	-15	-21	-22	-24	-10	-15	-17	-3	-3
1984	-13	-13	-14	-35	-30	-36	-32	-17	-19	-20	-23	-20
1985	-8	-13	-3	-13	-16	-2	-48	-26	0	-9	-11	-10
1986	-22	-22	-23	-19	-43	-43	-27	-20	-18	-11	11	-5
1987	1	1	15	-3	-9	-22	-14	-14	1	-1	1	11
1988	5	8	1	-2	-5	10	9	24	35	29	21	21
1989	18	14	17	17	5	4	0	1	5	5	5	10
1990	2	25	65	44	58	28	-9	-12	-11	-8	-8	-8
1991	-7	13	11	-7	-6	-18	-17	-9	-25	-4	-8	-9
1992	8	3	0	-9	-14	-13	-21	-20	-14	-20	-25	27
1993	12	14	20	18	23	-4	4	6	24	47	42	38
1994	23	20	24	14	-12	1	-7	-2	-10	5	4	3
1995	0	-10	0	-10	-34	5	20	37	18	19	23	12
1996	-16	-13	-1	-10	-23	-38	-21	4	8	7	-4	-19
1997	-33	-9	1	6	-18	-20	-27	-6	6	-9	-10	-20
1998	-16	-6	6	-9	-17	-30	-7	5	-3	-17	-24	1
1999	5	-14	-24	-35	-26	-29	-20	-8	-5	0	7	5
2000	15	10	2	2	-35	-15	2	5	-2	14	38	8
2001	2	8	4	35	2	-11	-8	6	11	21	20	13
2002	11	11	2	22	7	-3	8	-1	2	-7	11	20
2003	-6	-7	8	3	-15	-24	3	7	18	5	13	29
2004	15	29	16	20	4	-12	4	16	18	21	6	5
2005	1	-6	-1	-6	-17	-2	12	18	26	22	27	28
2006	29	25	14	13	27	10	6	15	6	9	14	12
2007	8	8	0	-1	-5	11	-5	-6	5	2	19	9
2008	1	-2	-8	-1	14	70	0	20	44	23	22	27
2009	23	25	20	19	23	15	4	13	39	28	20	12
2010	15	21	23	29	36	85	21	4	12	14	20	32
2011	19	15	17	18	5	9	6	-1	3	7	11	11

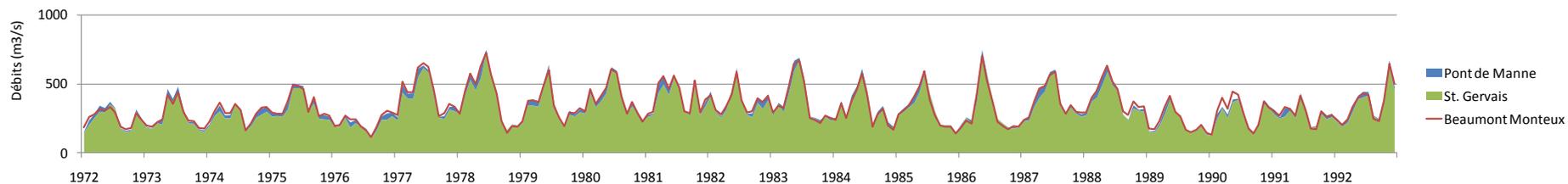
**Ecrit et encadré en rouge : mois où Qamont > Qaval.

Figure 29 : Présentation des résultats des contrôles de la station de Beaumont Monteux par les stations de St Gervais/Pont de Manne : hydrogrammes des débits mensuels (m^3/s), écarts absolus des débits (m^3/s) et écarts relatifs des débits (%) et Période 1972-2011.

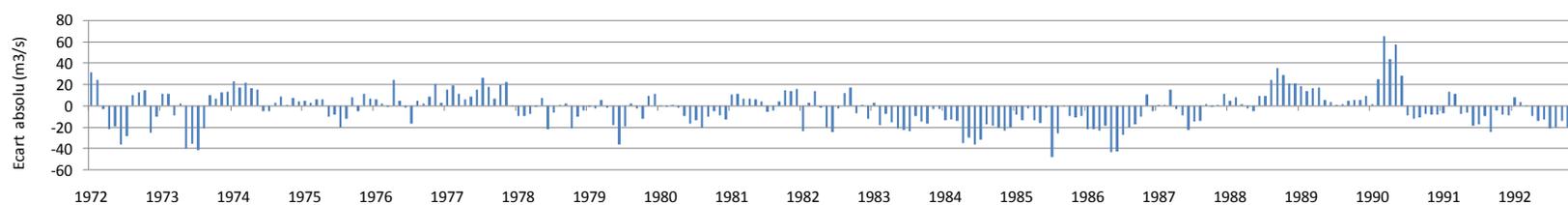


Découpage de la période en deux sous-périodes :

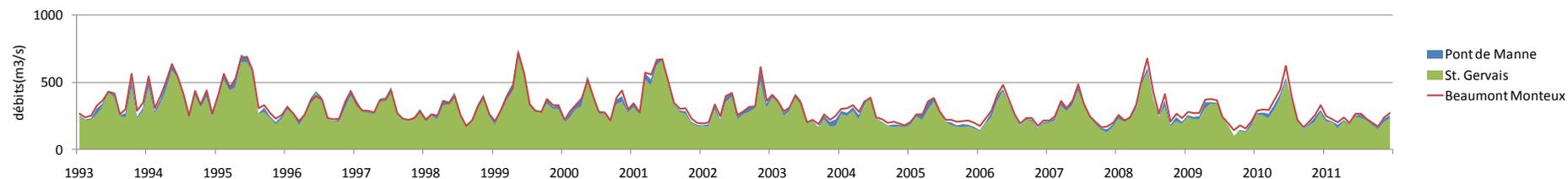
Débits mensuels (m³/s) période 1972 - 1992



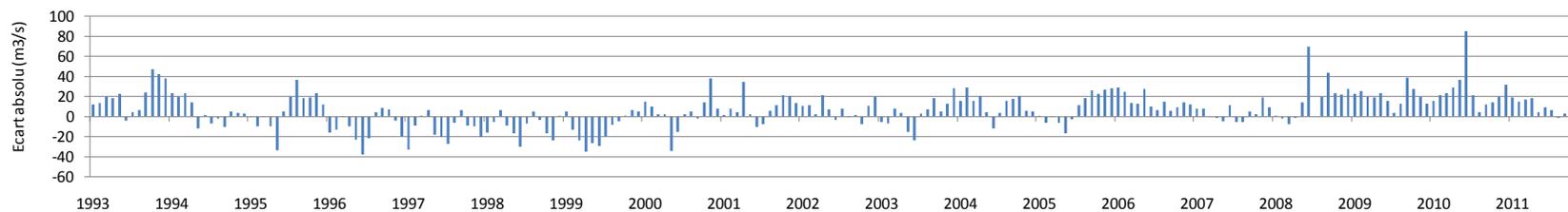
Ecart absolu (m³/s)



Débits mensuels (m³/s) période 1993 - 2011



Ecart absolu (m³/s)



7.9 SAONE

Pour la station de Couzon au Mt d'Or sur la Saône, on pourra se référer au chapitre sur la station de Ternay. Il s'agit de la comparaison des débits de Ternay et des débits de Lyon Perrache + Couzon.

La moyenne des écarts absolus est de 19 m³/s et de 11% pour les écarts relatifs.

Figure 30 : Ecart absolu et relatifs moyens interannuels entre les débits à Couzon et Ternay et Lyon Perrache, calculés sur la période 1992-2011

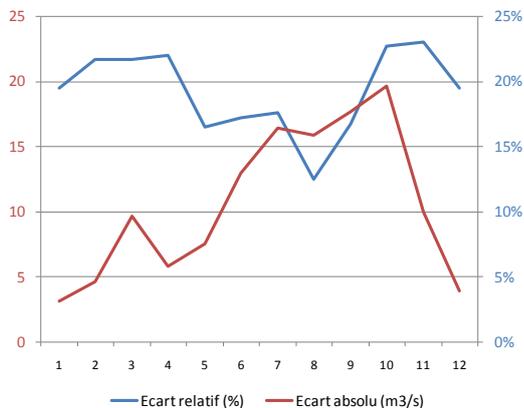
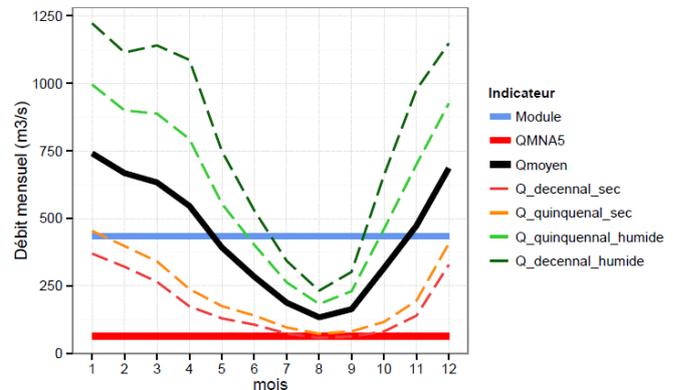


Figure 31 : Débits mensuels statistiques à Couzon (1980 - 2011)



7.10 GUIERS

On présente ci-dessous le contrôle de la station de Belmont-Tramonet sur Le Guiers en aval des stations de St. Laurent et St. Christophe.

La Figure 34 présente, au pas de temps mensuel pour la période 1994-2011,

- ▶ les hydrogrammes aux trois stations ;
- ▶ les écarts absolus : $[Q_{\text{Belmont}} - (Q_{\text{StLaurent}} + Q_{\text{StChristophe}})]$;
- ▶ les écarts relatifs : $[(Q_{\text{Belmont}} - (Q_{\text{StLaurent}} + Q_{\text{StChristophe}})) / Q_{\text{Belmont}}]$

Le tableau ci-dessous présente les différentes périodes présentant des écarts importants entre les séries.

Tableau 22 : Identification des périodes présentant des anomalies de chroniques de débits sur Le Guiers, période 1994 - 2011

Périodes identifiées	Observations du Guiers à Belmont-Tramonet	Commentaires
1995	Débits très faibles	Débits faibles en général
2003	Débits très faibles	Débits faibles en général

Les écarts absolus et relatifs moyens sont respectivement de l'ordre de $10 \text{ m}^3/\text{s}$ et de 50%.

On note deux épisodes où les débits de l'aval sont plus faibles que les débits amont. Ce sont les deux mois d'août de 1995 et 2003 où les débits étaient très faibles (inférieurs à $2 \text{ m}^3/\text{s}$).

Le graphique ci-dessous, représentant les écarts absolus et relatifs des débits en moyenne interannuelle. En valeurs relatives, les écarts moyens restent relativement stables tout au long de l'année.

Figure 32 : Ecart absolu et relatifs moyens interannuels entre les débits à Belmont Tramonet et St Laurent et St Christophe, calculés sur la période 1994-2011.

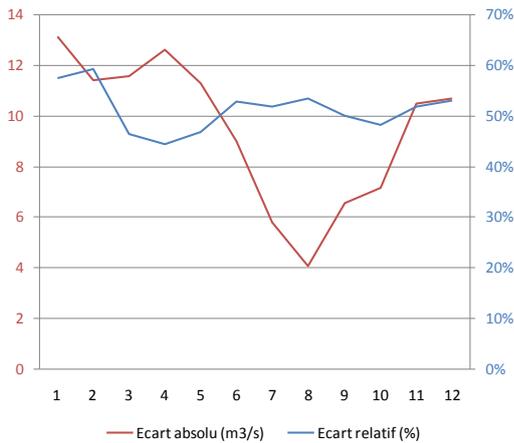
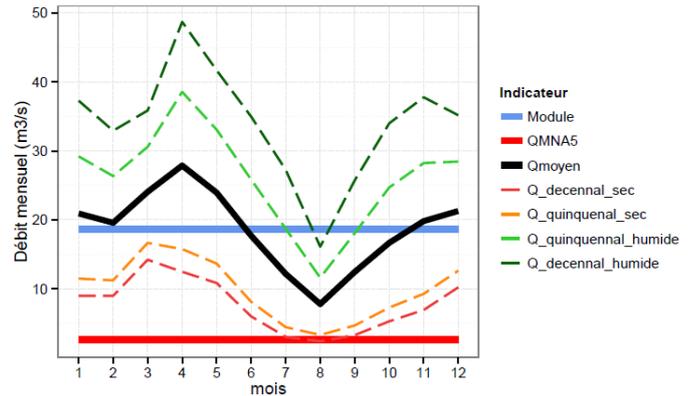
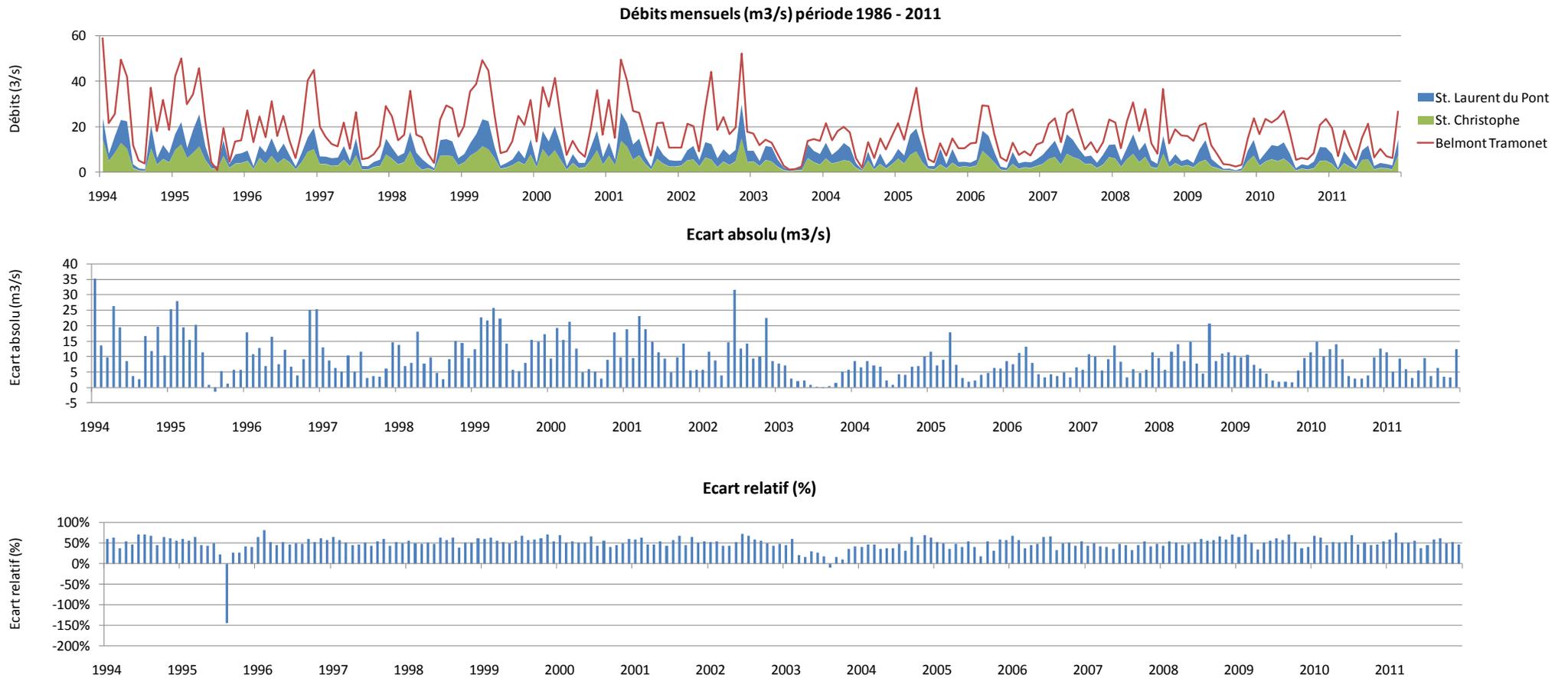


Figure 33 : Débits mensuels statistiques à Motz (1980 - 2011)



Les séries de débits sur le Guier à Belmont Tramonet présentent des écarts importants. On peut s'interroger sur l'impact de la distance entre les stations amont et aval prises en compte pour l'étude mais également sur la qualité de la mesure.

Figure 34 : Présentation des résultats des contrôles de la station de Belmont-Tramonet par les stations de St. Laurent et St. Christophe : hydrogrammes des débits mensuels (m³/s), écarts absolus des débits (m³/s) et écarts relatifs des débits (%) et Période 1961-2011.



7.11 LE FIER

Contrôle de la station de Motz par la station amont Vallière sur le Fier.

La Figure 37 présente, au pas de temps mensuel pour la période 1994-2011,

- ▶ les hydrogrammes aux deux stations ;
- ▶ les écarts absolus : $[Q_{\text{Motz}} - Q_{\text{Valliere}}]$;
- ▶ les écarts relatifs : $[(Q_{\text{Motz}} - Q_{\text{Valliere}}) / Q_{\text{Motz}}]$

Le tableau ci-dessous présente les différentes périodes présentant des écarts importants entre les séries de débits.

Tableau 23 : Identification des périodes présentant des anomalies de chroniques de débits sur Le Fier, période 1994 - 2011

Périodes identifiées	Observations du Fier à Motz	Commentaires
1994	Débits forts	
1999 - 2001 - 2003	Débits relatifs importants	Période de basses eaux
2008	Débits très faibles	Période de basses eaux
2009	Débits faibles	Période de très basses eaux
2010	Débits faibles	Période de basses eaux

Par ailleurs, on note 132 mois où les débits de l'aval sont plus faibles que ceux de l'amont, avec un écart moyen de $3,8 \text{ m}^3/\text{s}$.

Sur l'ensemble de la période, les écarts absolus et relatifs moyens sont respectivement de $4 \text{ m}^3/\text{s}$ et de 16 %.

- ▶ On note en 1994 de très forts débits en aval de l'ordre de $30 \text{ m}^3/\text{s}$ représentant un écart relatif de 40%.
- ▶ On observe également une alternance de débits de petits épisodes entre 1999 et 2002 où pour les mois d'été les débits de l'aval sont plus faibles que les débits amont, entraînant des variations de plus de 40 % en écart relatif.
- ▶ Ensuite à partir de 2004, toutes les mesures de débits de l'aval sont plus faibles que les débits amont avec un pic exceptionnel en juin 2008 où l'écart absolu est de $50 \text{ m}^3/\text{s}$ (et l'écart relatif de 120 %).

Le graphique ci-dessous met en évidence que les écarts les plus forts ont principalement lieu de mai à octobre - période de basses eaux du Fier - avec un écart absolu moyen de $5 \text{ m}^3/\text{s}$ et un écart relatif de l'ordre de 26 %.

Figure 35 : Ecart absolu et relatifs moyens interannuels entre les débits à Motz et Vallière, calculés sur la période 1994-2011

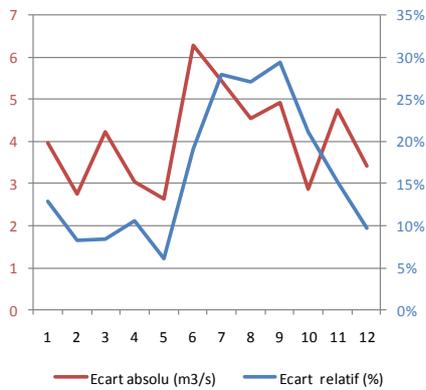
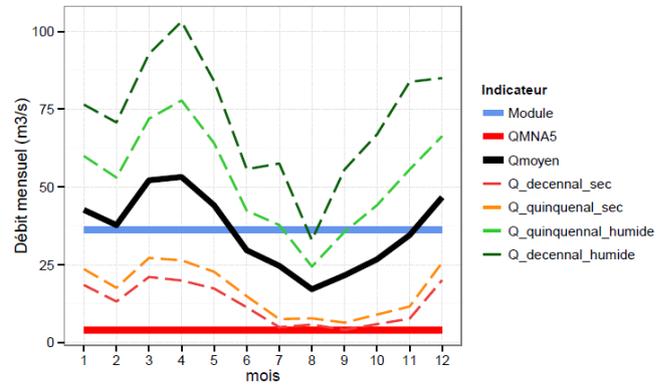
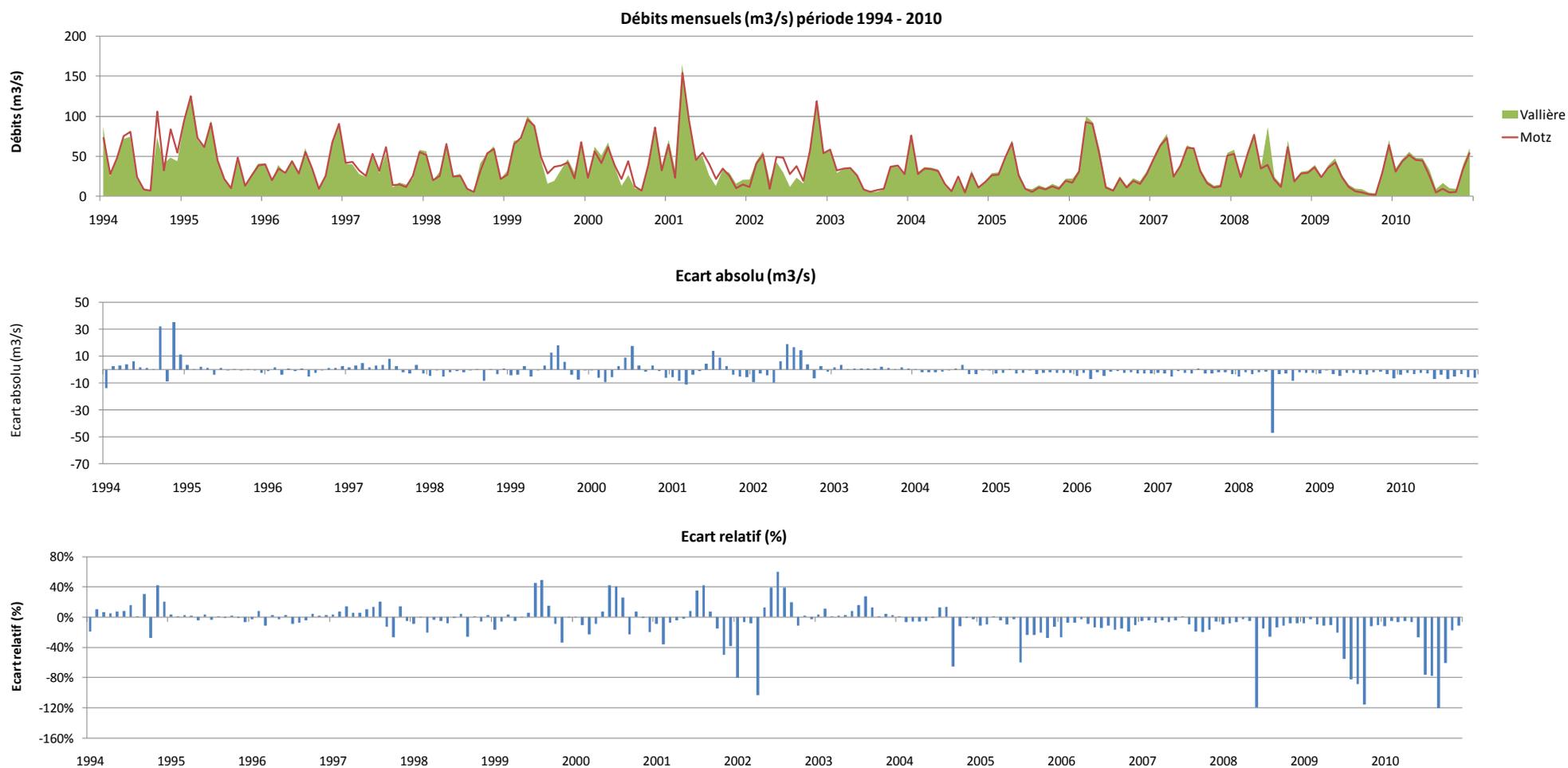


Figure 36 : Débits mensuels statistiques à Motz (1980-2011)



Les écarts absolus et relatifs moyens sont respectivement de 4 m³/s et de 16 %.

Figure 37 : Présentation des résultats des contrôles de la station de Motz par la station de Vallière : hydrogrammes des débits mensuels (m^3/s), écarts absolus des débits (m^3/s) et écarts relatifs des débits (%) et Période 1961-2011.

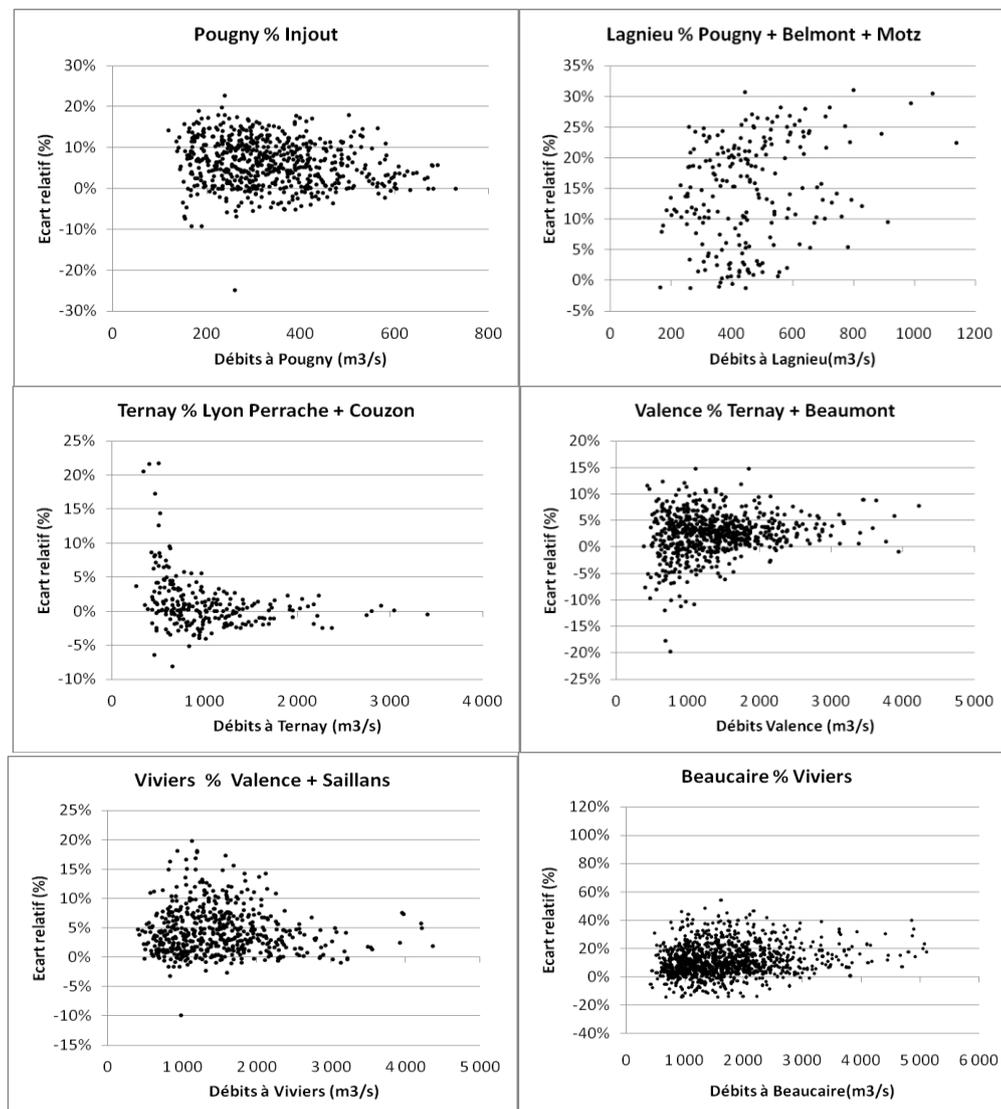


8. LA COHERENCE ENTRE STATIONS EST-ELLE MOINS BONNE EN ETIAGE ?

La Figure 38 compare les écarts relatifs et les débits des stations, sur toutes les périodes d'étude, et pour les points SDAGE du Rhône. Il en ressort les observations suivantes :

- Pour le test de Lagnieu, on observe les moins bons résultats, parmi les cinq tests ci-dessous. Les écarts les plus importants sont observés plutôt pour les débits assez élevés, mais on n'observe pas de tendance nette.
- Pour les autres stations (test de Pougny, Ternay, Valence et Viviers), les écarts relatifs dépassent rarement 15% des débits. Les écarts les plus forts sont souvent observés pour les bas débits.

Figure 38 : Mise en regard des écarts relatifs entre stations étudiées avec les valeurs des débits mesurés correspondants.



9. SYNTHÈSE

Ce chapitre fait le point des **résultats** des tests de rupture et de cohérence des débits.

TESTS DE RUPTURE

Au pas de temps mensuels et annuels, **on repère peu de fortes ruptures à travers le test de Pettitt sur les stations nodales.**

Tableau 24 : Synthèse des résultats des tests de rupture

Indicateur utilisé	Débit Mensuel	Débit Annuel	QMNA	Débit Juillet	Débit Août	Débit Septembre
Pougny	-	-	1979	1961	1963	1960
Lagnieu	11/1976	-	-	1941	1970	1956
Ternay	-	-	-	1941	1941	-
Valence	-	-	-	1941	1970	-
Viviers	-	-	-	1941	1970	-
Beaucaire	-	-	-	-	1970	-

L'année 1941 ressort pour la plupart des stations sur le Rhône. Cela peut être attribué à plusieurs causes : raisons climatiques ; modification dans les méthodes de relevé/mesures pendant la guerre ; mise en place des limnigraphes à flotteurs dans les années 1940-1950...

TESTS DE COHERENCE

Les résultats des tests de cohérence des stations hydrométriques sont résumés dans le Tableau 25. Outre la station de Belmont-Tramonet sur le Guiers, la cohérence des stations est relativement bonne (moyenne des écarts relatifs inférieure à 15%). NB : pour la station de Belmont, l'écart calculé peut être dû à la fois à la distance qui sépare les stations étudiées, et à la qualité des mesures.

Tableau 25 : Synthèse des résultats des tests de cohérence : Ecart entre les séries étudiées, sur toute la période disponible

Stations contrôlées	Cours d'eau	Stations de contrôle	Début	Fin	Moyenne des écarts absolus (m ³ /s)	Moyenne des écarts relatifs (%)
Pougny	Rhône	Injout-Génissiat	1961	2011	24	8
Lagnieu	Rhône	Pougny + Motz + Belmont Tramonet	1994	2011	70	15
Ternay	Rhône	Couzon au Mt d'Or + Lyon Perrache	1992	2011	22	3
Valence	Rhône	Ternay + Beaumont Monteux	1961	2011	48	4
Viviers	Rhône	Valence + Saillans	1966	2011	67	5
Beaucaire	Rhône	Viviers	1920	2011	225	13
Beaumont Monteux	Isère	St Gervais + Pont de Manne	1972	2011	14	5
Couzon au Mt d'Or	Saône	Ternay + Lyon Perrache	1992	2011	19	11
Motz	Fier	Vallière	1994	2011	4	16
Belmont-Tramonet	Guiers	St. Laurent + St. Christophe	1994	2011	10	50

Tableau 26 : Synthèse des épisodes pour lesquels des écarts relativement forts entre séries hydrométriques sont observés.

Stations contrôlées	Cours d'eau	Stations de contrôle	Début	Fin	Episodes particuliers d'écarts importants
Pouigny	Rhône	Injout-Génissiat	1961	2011	1987 : même débits
Lagnieu	Rhône	Pouigny + Motz + Belmont Tramonet	1994	2011	/
Ternay	Rhône	Couzon au Mt d'Or + Lyon Perrache	1992	2011	1993, 2005, 2009
Valence	Rhône	Ternay + Beaumont Monteux	1961	2011	1983, 1991 , 1993, 1995-97
Viviers	Rhône	Valence + Saillans	1966	2011	/
Beucaire	Rhône	Viviers	1920	2011	1920/1932, 1933 -1964 , 1935, 1945, 1990, 1993, 2000
Beaumont Monteux	Isère	St Gervais + Pont de Manne	1972	2011	1972-73, 1983-86 , 1990, 1993-94, 2008-2011
Couzon au Mt d'Or	Saône	Ternay + Lyon Perrache	1992	2011	1993, 2005, 2009
Motz	Fier	Vallière	1994	2011	1994, 2000-2002, 2008, 2010
Belmont-Tramonet	Guiers	St. Laurent + St. Christophe	1994	2011	/

Par ailleurs, les épisodes pour lesquels les débits aval mesurés sont inférieurs aux débits amont mesurés ont été détectés et quantifiés. Pour certaines stations, ces épisodes sont fréquents mais représentent un faible écart de débits entre les séries.

Tableau 27 : Synthèse des résultats des tests de cohérence : Identification des épisodes pour lesquels $Q_{aval} < Q_{amont}$ sur la période 1980-2011 (quand disponible)

Station 1	Début	Fin	Nombre de mois où $Q_{aval} < Q_{amont}$	Moyenne des écarts absolus pour ces épisodes (m^3/s)	Moyenne des écarts relatifs pour ces épisodes (%)
Pouigny	1961	2011	50	9.4	3
Lagnieu	1994	2011	6	3	1
Ternay	1992	2011	94	18	2
Valence	1961	2011	126	30	3
Viviers	1966	2011	22	13	1
Beucaire	1920	2011	108	72	5
Beaumont Monteux	1972	2011	213	15	5
Couzon au Mt d'Or	1992	2011	146	20	14
Motz	1994	2011	132	3.8	18
Belmont-Tramonet	1994	2011	2	0.8	78

Nous avons également regardé si certaines périodes de l'année sont davantage soumises à des écarts/incohérences importantes, en moyenne interannuelle. L'analyse a porté sur les écarts relatifs entre les stations contrôlées et de contrôle.

Tableau 28 : Variation des écarts relatifs moyens interannuels au cours de l'année.

Station de contrôle	Cours d'eau	Variation des écarts relatifs moyens interannuels au cours de l'année. Les écarts relatifs sont calculés par rapport à la station de contrôle.
Pouigny	Rhône	Assez stable. De 6 à 12%. Plus élevé de novembre à avril (basses eaux)
Lagnieu	Rhône	Systématiquement plus élevé de novembre à avril. De 5 à 22% selon le mois de l'année.
Ternay	Rhône	Stable : 1.5 à 4%
Valence	Rhône	Stable : inférieur à 4%
Viviers	Rhône	Stable : inférieur à 6% (plus élevé d'octobre à avril)
Beaucaire		Systématiquement plus élevé d'octobre à avril. De 6 à 28% selon le mois de l'année.
Beaumont Montoux	Isère	Stable : 3.5 à 6%
Couzon	Saône	De 12 à 22% Plus élevé de mai à septembre (basses eaux de la Saône).
Motz	Fier	Stable : 45 à 50%
Belmont Tramonet	Guiers	Plus élevé de juillet à octobre (basses eaux). De 5 à 30% au cours de l'année.

Pour la plupart des stations, l'écart moyen entre stations semble relativement stable d'un mois sur l'autre. Pour certaines stations, on observe des écarts relatifs moyens plus importants pendant les mois de basses eaux : c'est le cas de Pouigny (Rhône), Couzon (Saône) et Belmont (Guiers). Pour Lagnieu, on observe des écarts plus élevés pour les mois de novembre à avril.

En outre, les tests de cohérence de Pouigny, Ternay, Valence, Viviers et Beaucaire montrent que les écarts relatifs les plus forts sont souvent observés pour les bas débits (voir chapitre précédent).

10. BIBLIOGRAPHIE

Catalogne, C. (2012), Amélioration des méthodes de prédétermination des débits de référence d'étiage en sites peu ou pas jaugés. Irstea. Thèse de doctorat. Pp 285.

Giuntoli, I. et Renard, B. (2011), Identification des impacts hydrologiques du changement climatique : vers un réseau de référence pour la surveillance des étiages. Irstea Lyon.

Coron, L. (2013), Les modèles hydrologiques conceptuels sont-ils robustes face à un climat en évolution ? Irstea – EDF. Thèse de doctorat. Pp 364. Chatou.

Irstea. Réseau de surveillance des étiages.

ANNEXES

Annexe 1 : Fiches-stations pour la critique de la qualité des données hydrométriques

Les fiches-stations ci-après synthétisent les conclusions sur la fiabilité et la précision des données hydrométriques aux points SDAGE sur le Rhône, issues de l'étude de Gestion quantitative et des débits du Rhône en périodes de basses eaux.

AVERTISSEMENT

Les fiches de l'annexe 1 traduisent les avis d'experts émis lors des deux ateliers consacrés au sujet « incertitude des stations de mesure » les 24/01/2013 et 09/09/2013.

Des discussions complémentaires ont eu lieu dans la suite de l'étude. Elles ont interrogé certaines valeurs concernant les incertitudes. Elles n'ont toutefois pas abouti à un consensus clair sur les valeurs d'incertitude. Les valeurs exprimées lors des deux ateliers ont été conservées dans les fiches contenues dans le présent document.

TYPOLOGIE ET VOCATION DE LA STATION

La qualité des données hydrométriques est directement liée à la typologie et la vocation de la station de mesure. En particulier, les caractéristiques suivantes sont à considérer :

- ▶ Station simple ou double ;
- ▶ Influence de la station par des ouvrages ;
- ▶ Suivi de la station ; Enjeux de gestion sur la station.

INCERTITUDE À DIRE D'EXPERT

Les avis des gestionnaires sur la qualité des stations ont été collectés et sont présentés. Il s'agit principalement des éléments fournis par la CNR et EDF. Ces avis fournissent **une première quantification de l'incertitude**, issues de la connaissance des stations par les experts, et des travaux réalisés par les gestionnaires.

La **valeur palier d'une station** est la valeur seuil de débit au dessus de laquelle les débits mesurés sont jugés de bonne précision par le gestionnaire. En dessous de la valeur palier, les débits devront être considérés avec précaution.

Compte tenu des travaux existants actuellement, la quantification précise de l'incertitude des données de débits du Rhône reste un sujet de recherche, et n'est pas réalisable dans le cadre de la présente étude.

TEST DE RUPTURE DE PETTITT

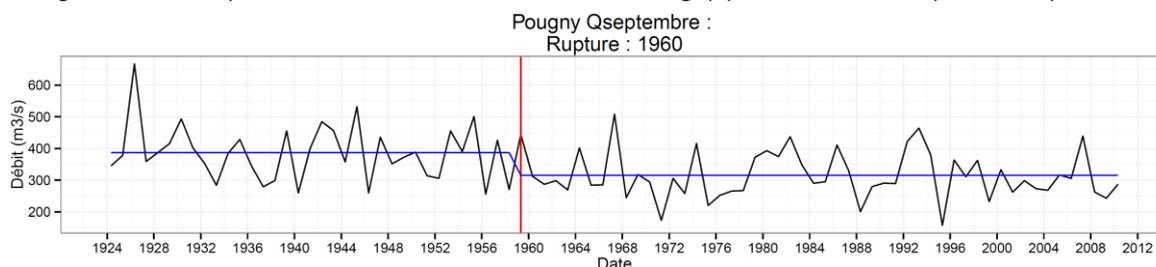
Afin de détecter d'éventuelles ruptures dans les chroniques de débit, nous avons effectué des tests de Pettitt sur les indicateurs suivants : [Débits mensuels](#) ; [Débits annuels](#) ; [QMNA](#) ; [Débits moyens de juillet](#) ; [Débits moyens d'août](#) ; [Débits moyens de septembre](#).

Le test de Pettitt [1979] est un test non paramétrique de détection d'une rupture unique à date inconnue. Il a été utilisé avec un seuil de significativité à 10%.

Il permet de détecter une rupture dans les chroniques hydrométriques. Il identifie également une date de rupture de façon approximative : la date de rupture n'est pas déterminée avec précision, mais à quelques années près. Un exemple est présenté ci-dessous. Pour chaque indicateur hydrologique, la date de rupture éventuelle est présentée dans les fiches-stations.

Les causes possibles de ces ruptures sont multiples : elles peuvent être d'ordre météorologique (changement d'échelle, de contrôle hydraulique, de capteur, de courbe de tarage...), anthropique (construction d'ouvrage, augmentation des prélèvements,...), climatique, etc. Ces causes restent difficiles à identifier. Des éléments d'explication sont donnés lorsque cela est possible.

Figure 39 : Exemple de test de Pettitt à la station de Pougny pour les débits moyens de septembre.



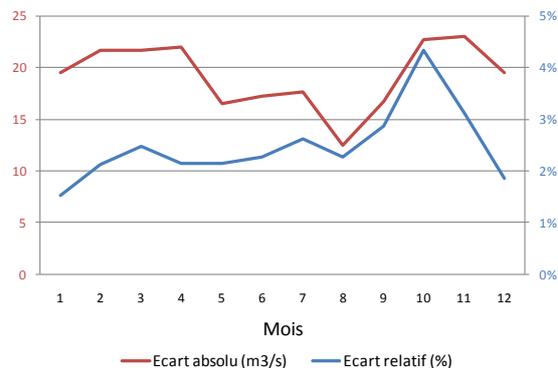
TEST DE COHÉRENCE SUR LES DÉBITS MENSUELS

Afin de mieux appréhender la qualité des données hydrométriques, et de détecter d'éventuelles anomalies, nous avons analysé la cohérence des débits mesurés entre stations hydrométriques proches.

Nous comparons deux séries hydrométriques censées représenter des débits du même ordre. Par exemple, les débits à Ternay (Q1) sont comparés avec la somme (Q2) des débits de la Saône à Couzon et du Rhône à Perrache. Nous présentons les éléments suivants :

- ▶ **Moyenne des écarts absolus (m³/s)** : il s'agit de la moyenne, sur toute la période d'étude, des valeurs absolues des écarts entre les deux séries.
- ▶ **Moyenne des écarts relatifs (%)** : A chaque date est calculé l'écart relatif en valeur absolue : $\frac{abs(Q2-Q1)}{Q1}$. On affiche la moyenne de ces écarts relatifs, calculée sur toute la période d'étude.
- ▶ **Episodes particuliers** : On identifie les épisodes pour lesquels des écarts particulièrement élevés ont été relevés entre les deux séries, ainsi que d'éventuelles autres anomalies.
- ▶ **Episodes pour lesquels Qaval < Qamont** : On identifie le nombre d'épisodes pour lesquels les débits aval enregistrés sont inférieurs aux débits amont. La plupart du temps, ce cas de figure est lié à l'incertitude sur des séries de débits très proches. Pour ces épisodes, on quantifie la moyenne des écarts absolus et la moyenne des écarts relatifs.
- ▶ **Variation moyenne des écarts relatifs au cours de l'année** : On calcule la moyenne des écarts relatifs pour chaque mois de l'année. On identifie ainsi si les écarts entre stations restent stables au cours de l'année, ou s'ils sont plus importants sur certaines périodes. On présente ci-après un exemple pour la station de Ternay, comparée à Couzon et Perrache.

Figure 40 : Écarts absolus et relatifs moyens interannuels entre les débits à Ternay et à Couzon et Lyon Perrache, calculés sur la période 1992-2011.



Les écarts relatifs sont stables dans l'année.

Outre ces éléments, des analyses de doubles cumuls sont également réalisées, et présentée dans l'Annexe 2.

NB : Cette analyse permet de vérifier la bonne cohérence entre station hydrométrique, mais ne quantifie pas l'incertitude des données hydrométriques.

Critique de la fiabilité des données hydrométriques

Cours d'eau : **Rhône**
 Station : **Pougny** Superficie contrôlée : 10 320 km²
 Code : V1000010 Période de disponibilité des données : 1925-2011

Typologie et vocation de la station

Station simple

Incertitude à dire d'expert (CNR)

Station de très bonne qualité
 Incertitude estimée à 10% sur les débits mensuels

Test de rupture de Pettitt

Débit Mensuel	Débit Annuel	QMNA	Débit Juillet	Débit Aout	Débit Septembre
-	-	1979	1961	1963	1960

Commentaires : Des causes de rupture possibles sont la mise en service des barrages de stockage suisses à l'amont du Léman, ou la modification de gestion du Léman

Test de cohérence sur les débits mensuels

Station de contrôle : Bognes (Rhône)
 Période d'étude : 1961-2011

Ecart de débits entre la station contrôlée et les stations de contrôles			Périodes pour lesquelles on observe Qaval < Qamont		
Moyenne des écarts absolus (m ³ /s)	Moyenne des écarts relatifs (%)	Episodes particuliers d'écarts importants	Nombre de mois où Qaval < Qamont	Moyenne des écarts absolus pour ces épisodes (m ³ /s)	Moyenne des écarts relatifs pour ces épisodes (%)
24	8	1987 : même débits	50 mois, soit 8% de la période	9.4	3
Variation moyenne des écarts relatifs au cours de l'année : Assez stable (6 à 12%). Plus élevé de novembre à avril (basses eaux)					

Commentaires :

La Valserine (affluent intermédiaire) apporte de l'ordre de 10 m³/s.
 Les débits de 1987 sont les débits mesurés à Pougny (absence de mesure à Bognes en 1987).
 Bonne cohérence

Critique de la fiabilité des données hydrométriques

Cours d'eau : **Rhône**
 Station : **Lagnieu** Superficie contrôlée : 15 380 km²
 Code : V1630020 Période de disponibilité des données : 1920-2011

Typologie et vocation de la station

Station simple
 Enjeux de suivi importants (dont : CNPE de Bugey)
 Historiquement : station de Saut Brénaz

Incertitude à dire d'expert (CNR)

Station d'excellente qualité, très fiable, très suivie par les gestionnaires
 Incertitude estimée à 10% sur les débits mensuels
 Bonne fiabilité à l'étiage
 Très bonne précision au dessus de la valeur palier de : **130 m³/s**

Test de rupture de Pettitt

Débit Mensuel	Débit Annuel	QMNA	Débit Juillet	Débit Aout	Débit Septembre
nov-76	-	-	1941	1970	1956

Commentaires : aucun

Test de cohérence sur les débits mensuels

Stations de contrôle : Pougny (Rhône) + Motz (Fier) + Belmont Tramonet (Guiers)
 Période d'étude : 1994 - 2011

Ecart de débits entre la station contrôlée et les stations de contrôles			Périodes pour lesquelles on observe Qaval < Qamont		
Moyenne des écarts absolus (m ³ /s)	Moyenne des écarts relatifs (%)	Episodes particuliers d'écarts importants	Nombre de mois où Qaval < Qamont	Moyenne des écarts absolus pour ces épisodes (m ³ /s)	Moyenne des écarts relatifs pour ces épisodes (%)
70	15	/	6 mois soit 3% de la période	3	1

Variation moyenne des écarts relatifs au cours de l'année :

Systématiquement plus élevé de novembre à avril. De 5 à 22% selon le mois de l'année.

Commentaires :

Contribution du sous bassin versant intermédiaire de l'ordre de 30 m³/s
 Les écarts observés entre stations en période de basses eaux sont principalement attribuables aux incertitudes importantes sur les débits de Belmont et Motz
 Bonne cohérence ; avec des écarts plutôt attribuables aux stations sur les affluents, moins fiables

Critique de la fiabilité des données hydrométriques

Cours d'eau : **Rhône**
 Station : **Ternay** Superficie contrôlée : 39 291 km²
 Code : V3130020 Période de disponibilité des données : 1920-2011

Typologie et vocation de la station

Station double depuis l'aménagement de Pierre Bénite (1972).
 Post-traitement de cohérence depuis 10 ans

Incertitude à dire d'expert (CNR)

Station de très bonne qualité
 Incertitude estimée à 10% sur les débits mensuels

Très bonne précision au dessus de la valeur palier de : 400 m³/s

Test de rupture de Pettitt

Débit Mensuel	Débit Annuel	QMNA	Débit Juillet	Débit Aout	Débit Septembre
-	-	-	1941	1941	-

Commentaires : aucun

Test de cohérence sur les débits mensuels

Stations comparées : Lyon Perrache (Rhône) + Couzon (Saône)
 Période d'étude : 1992-2011

Ecart de débits entre la station contrôlée et les stations de contrôles			Périodes pour lesquelles on observe Qaval < Qamont		
Moyenne des écarts absolus (m ³ /s)	Moyenne des écarts relatifs (%)	Episodes particuliers d'écarts importants	Nombre de mois où Qaval < Qamont	Moyenne des écarts absolus pour ces épisodes (m ³ /s)	Moyenne des écarts relatifs pour ces épisodes (%)
22	3	1993, 2005, 2009	94 mois, soit 41% de la période	18	2
Variation moyenne des écarts relatifs au cours de l'année : Stable : 1.5 à 4%					

Commentaires :

La station de Couzon étant moins précise que les deux autres, on peut penser que les écarts observés sont majoritairement attribuables à des erreurs à cette station

La CNR pense qu'il y a des erreurs systématiques sur les débits avant les années 2000

Les débits de 2003 doivent être revus par la CNR

Bonne cohérence

Critique de la fiabilité des données hydrométriques

Cours d'eau : **Rhône**
 Station : **Valence** Superficie contrôlée : 55 181 km²
 Code : V4010010 Période de disponibilité des données : 1920-2011

Typologie et vocation de la station

Station double depuis l'aménagement de Bourg-Lès-Valence en 1986
 Post traitement intégrant les débits de l'usine depuis 10 ans

Incertitude à dire d'expert (CNR)

Station de très bonne qualité
 Incertitude à l'étiage de l'ordre de 10% au pas de temps mensuel
 Incertitude sur les débits journaliers estimés à 10% depuis une dizaine d'années

Test de rupture de Pettitt

Débit Mensuel	Débit Annuel	QMNA	Débit Juillet	Débit Aout	Débit Septembre
-	-	-	1941	1970	-

Commentaires : aucun

Test de cohérence sur les débits mensuels

Stations de contrôle : Ternay (Rhône) + Beaumont Montoux (Isère)
 Période d'étude : 1961-2011

Ecart de débits entre la station contrôlée et les stations de contrôles			Périodes pour lesquelles on observe		
			Qaval < Qamont		
Moyenne des écarts absolus (m ³ /s)	Moyenne des écarts relatifs (%)	Episodes particuliers d'écarts importants	Nombre de mois où Qaval < Qamont	Moyenne des écarts absolus pour ces épisodes (m ³ /s)	Moyenne des écarts relatifs pour ces épisodes (%)
48	4	1983, 1991, 1993, 1995-97	126 mois, soit 21% de la période	30	3
Variation moyenne des écarts relatifs au cours de l'année : Stable : inférieur à 4%					

Commentaires :

Les écarts entre 1993 et 2002 correspondent à des pics de hautes eaux
 Bonne cohérence

Critique de la fiabilité des données hydrométriques

Cours d'eau : **Rhône**
 Station : **Viviers** Superficie contrôlée : 59 631 km²
 Code : V4530010 Période de disponibilité des données : 1920-2011

Typologie et vocation de la station

Station double depuis l'aménagement de Donzère-Mondragon en 1952

Incertitude à dire d'expert (CNR)

Depuis les années 2000 l'incertitude est estimée à 10% au pas de temps mensuel
 Station de bonne qualité

Test de rupture de Pettitt

Débit Mensuel	Débit Annuel	QMNA	Débit Juillet	Débit Aout	Débit Septembre
-	-	-	1941	1970	-

Commentaires : aucun

Test de cohérence sur les débits mensuels

Stations de contrôle : Valence (Rhône) + Saillans (Drôme)
 Période d'étude : 1966-2011

Ecart de débits entre la station contrôlée et les stations de contrôles			Périodes pour lesquelles on observe Qaval < Qamont		
Moyenne des écarts absolus (m ³ /s)	Moyenne des écarts relatifs (%)	Episodes particuliers d'écarts importants	Nombre de mois où Qaval < Qamont	Moyenne des écarts absolus pour ces épisodes (m ³ /s)	Moyenne des écarts relatifs pour ces épisodes (%)
67	5	/	22 mois, soit 4% de la période	13	1
Variation moyenne des écarts relatifs au cours de l'année : Stable : inférieur à 6% (plus élevé d'octobre à avril)					

Commentaires :
 Bonne cohérence

Critique de la fiabilité des données hydrométriques

Cours d'eau : **Rhône**
 Station : **Beaucaire** Superficie contrôlée : 84 321 km²
 Code : V7200010 Période de disponibilité des données : 1920-2011

Typologie et vocation de la station

Station simple
 Peu d'enjeux pour la CNR

Incertitude à dire d'expert (CNR)

Station très influencée par la marée, le vent...
 Incertitude estimée à 20% sur les débits en été

Très bonne précision au dessus de la valeur palier de : 500 - 600 m³/s

Test de rupture de Pettitt

Débit Mensuel	Débit Annuel	QMNA	Débit Juillet	Débit Aout	Débit Septembre
-	-	-	-	1970	-

Commentaires : aucun

Test de cohérence sur les débits mensuels

Stations de contrôle : Viviers (Rhône)
 Période d'étude : 1920-2011

Ecart de débits entre la station contrôlée et les stations de contrôles			Périodes pour lesquelles on observe Qaval < Qamont		
Moyenne des écarts absolus (m ³ /s)	Moyenne des écarts relatifs (%)	Episodes particuliers d'écarts importants	Nombre de mois où Qaval < Qamont	Moyenne des écarts absolus pour ces épisodes (m ³ /s)	Moyenne des écarts relatifs pour ces épisodes (%)
225	13	1920/1932, 1933/1964, 1935, 1945, 1990, 1993, 2000	108 mois, soit 10% de la période	72	5
Variation moyenne des écarts relatifs au cours de l'année : Systématiquement plus élevé d'octobre à avril. De 6 à 28% selon le mois de l'année					

Commentaires :

Les écarts observés entre stations sont principalement attribuables au fait que les affluents du Rhône entre ces deux stations n'ont pas été intégrés à l'analyse: Cèze, Gard, Ardèche, Durance...

Annexe 2 : Avis d'expert recueillis

Historique Station Type 1 :

Relevé de hauteur manuel, quelques fois par jour. Relation Q/H. Le débit du jour ne correspond pas forcément à un débit moyen journalier. Station Simple

Equipement d'un appareil de mesure : mesure du niveau aux pas de temps horaire (ou minutes). Station Simple

Station double à partir de la construction d'un ouvrage. => Très imprécis pour les bas débits.

Depuis 5-10 ans, les séries de bas débits sont validées avec séries de débits turbinées par les aménagements, ce qui permet une bien meilleure qualité.

LE RHÔNE À POUIGNY

Un travail de cohérence est effectué par la CNR avec les séries de débits des stations suisses des SIG.

La station de Pougny est une station simple dont la précision est très satisfaisante. Elle donne de meilleures mesures que Beaucaire y compris pour les bas débits.

LE RHÔNE À LAGNIEU

Station simple. Très bonne station, même à l'étiage. L'incertitude estimée sur les bas débits est de l'ordre de 10% à l'échelle du mois (incertitude à dire d'expert CNR G. Pierrefeu).

Il s'agit d'une station très suivie par la CNR (nombreux jaugeages) car elle représente un enjeu important pour la CNR et en raison de la proximité de la centrale de Bugey.

Cette station peut être considérée comme la meilleure des stations du Rhône pour l'estimation des bas débits.

LE RHÔNE À TERNAY

Type 1.

Station double depuis l'aménagement de Pierre Bénite. La CNR traite actuellement les mesures grâce à des comparaisons (tests de cohérence) avec les débits du barrage et les débits des stations amont (le Rhône à Lagnieu, la Saône à Couzon et l'Ain)

LE RHÔNE À VALENCE :

Type 1.

Une fois effectués les contrôles de cohérence nécessaires, l'incertitude à l'étiage est de 10% au pas de temps mensuel.

En journalier l'incertitude était largement supérieure, mais depuis l'intégration des débits de l'aménagement de Bourg-les-Valences (depuis une dizaine d'années) l'incertitude sur les débits moyens journaliers est également de l'ordre de 10%.

LE RHÔNE À VIVIERS.

Type 1.

On ne peut pas donner d'estimation de l'incertitude pour les données ayant plus de 10 ans sur cette station.

A partir des années 2000, l'incertitude des débits mensuels est estimée à 10% (incertitude à dire d'expert CNR G. Pierrefeu).

LE RHÔNE À BEUCAIRE

Station simple : courbe débit/hauteur univoque.

Mais mesure des bas débits (<400-600m³/s) est médiocre car fortement influencée par la marée, le vent, etc... et la CNR y a peu d'enjeu (comparativement à d'autres stations comme Lagnieu). A bas débit, l'incertitude sur les débits mensuels est de l'ordre de 20%.

L'ISÈRE À BEAUMONT MONTEUX

Station double. On ne peut pas donner d'estimation de l'incertitude pour les débits inférieurs à 130m³/s.

Depuis 5-10 ans, les débits supérieurs à 130m³/s sont bien estimés. Au-delà de 10 ans en arrière les données sont à manipuler avec précaution.

Attention, il est possible que, pour certains débits inférieurs à 130m³/s, la valeur effectivement donnée dans la chronique soit automatiquement le seuil de 130m³/s.

Il sera intéressant de contrôler cette chronique avec les débits à St Gervais et à Pont de Manne.

LE GUIERS À BELMONT TRAMONET

Station simple.

Pour les très bas débits, inférieurs à la dizaine de m³/s, l'incertitude peut être de l'ordre de 1m³/s. Soit une incertitude très élevée en relatif pour le Guiers, mais négligeable vis-à-vis des débits du Rhône, car cela représente une très petite contribution aux débits du Rhône.

Bonne station pour la CNR, pour les débits suffisamment élevés (>>10m³/s).

LE FIER À MOTZ

Station double depuis l'aménagement de Chautagne. Très bonne pour les débits mensuels, médiocre pour les débits journaliers, mauvaise pour les débits instantanés.

Station très fortement influencées par l'hydroélectricité.

Station très imprécise pour les bas débits.

Depuis quelques années, le débit est estimé par la somme des débits-usines et des débits des gorges.

Au pas de temps mensuel, il faudra utiliser les données des stations amont pour faire une analyse de cohérence.

LA BOURBRE À TIGNIEU JAMEYZIEU

Station simple. On dispose d'une courbe de tarage bien suivie.

On ne peut pas estimer l'incertitude sur les bas débits pour cette station. Mais les apports de la Bourbre sont très faibles à l'étiage, relativement aux débits du Rhône.

Cette station est sensible à la végétation en étiage. Les détarages semblent cependant moins fréquents depuis la création d'une station d'épuration à l'amont.

LA SAÔNE À COUZON AU MONT D'OR

Station double.

Au pas de temps mensuel, un traitement de cohérence est effectué par la CNR (Lagnieu + l'Ain => Couzon puis Couzon + Lyon => Ternay), qui permet d'avoir une incertitude estimée de l'ordre de 10%.

Au pas de temps journalier, l'incertitude est nettement plus forte (de l'ordre de 50%).

LA DURANCE À CADARACHE

Depuis la mise en service de Serre-Ponçon en 1959, on a les moyens d'avoir les débits réels de la Durance à Cadarache :

Qreels = Qturbinés + Qdéchargés + Qdéversés + Variation_réserve du barrage de Cadarache.

Les débits mensuels désinfluencés des aménagements EDF à Cadarache (ANR) sont disponibles dans la Banque Hydro. Ces débits ne sont pas désinfluencés des prélèvements agricoles.

Cette station est un très bon témoin de la Durance à l'étiage.

Un équipement ultrason a été mis en place en 2012.

Avant la mise en service de Serre-Ponçon, la station était Pont de Mirabeau (depuis 1903). On ne connaît pas l'incertitude sur ces débits.

Christian Perret (EDF) et Eric Sauquet sont d'accord pour fournir les débits naturalisés à Cadarache qui seront produits par le projet R2D2 2050. (prochaine réunion de R2D2 prévue en février 2013).

NB : A l'étiage: les débits mesurés à Mallemort ne sont pas très fiables et les débits à Cavaillon ne sont absolument pas utilisables ni fiables..

L'ARVE À ARTHAZ

Excellente station. L'incertitude est estimée à 5% au seuil de confiance de 70%, et à 9-10% au seuil de confiance de 95% pour les débits journaliers à l'étiage (Christian Perret, EDF).

Tableau 29 : Stations de référence : Avis des gestionnaires sur les stations d'appui

Rivière	Commune	Code_station	X	Y	Catégorie	Gestionnaire	Typologie	Debut	Fin
Rhône	Pougy	V1000010	880126	2133549	Nodal	CNR	Simple	1925	2012*
Rhône	Lagnieu	V1630020	833134	2102355	Nodal	CNR	Simple	1987	2012*
Rhône	Ternay	V3130020	792431	2070637	Nodal	CNR	Double. Post-traitement de cohérence depuis 10 ans	1966	2012*
Rhône	Caluire	V3000010	795324	2090252	Nodal	CNR			
Rhône	Valence	V4010010	801177	1995614	Nodal	CNR	Double dep. Bourg-les-Valence (1968). Post-traitement intégrant Q_usine depuis 10 ans	1920	2012*
Rhône	Viviers	V4530010	788197	1945087	Nodal	CNR	Double dep. Donzere-Mondragon (1952) Bonne station depuis 10 ans	1920	2012*
Rhône	Beaucaire	V7200010	786647	1867863	Nodal	CNR	Station simple, très influencée par la marée, le vent, ...	1920	2012*
Arve	Arthaz	V0222010	903809	2135428	Reference	EDF	Simple	1961	2012
Fier	Motz	V1264021	871710	2109680	Reference	CNR	Double depuis Chautagne (1980)	2011	2012*
Guiers	Belmont Tramonet	V1534021	858750	2069000	Reference	CNR	Simple	2011	2012*
Bourbre	Tignieu Jameyzieu	V1774010	819733	2083381	Reference	DREAL RA	Simple	1964	2012
Saône	Couzon au Mt d'or	U4710010	794081	2097170	Reference	CNR	Double	1972	1984
Isère	Beaumont Monteux	W3540010	803153	2005166	Référence	CNR	Double	1956	2012*
Durance	St Paul les Durance Cadarache* ou Cavaillon*	X3000010	874504	1863500	Reference	EDF	Simple	1969	2009

Position % Point Rhône	Rivière	Commune	Nom station si différent	Avis Gestionnaire	Code	X	Y	Catégorie	Gestionnaire	Début	Fin
Amont Pougy	Rhone	Pougy		Voir 2.	V1000010	880126	2133549	Nodal	CNR	1925	2012*
	Arve	Arthaz		Voir 2.	V0222010	903809	2135428	Reference	EDF	1961	2012
	Arve	Sallanche		Non prioritaire car Arthaz est très bon	V0032010	933699	2113607	Autre	DREAL	1965	2012
	Arve	Chamonix			V0002010	950687	2111823	Autre	DREAL	1941	2012
Amont Lagnieu	Rhone	Lagnieu		Voir 2.	V1630020	833134	2102355	Nodal	CNR	1987	2012*
	Rhone	Sault-Brénaz		Voir 2. Eq. Lagnieu	V1630010	837942	2100053	Nodal_historique	CNR	1920	1992
	Fier	Motz		Voir 2.	V1264021	871710	2109680	Reference	CNR	2011	2012*
	Guiers	Belmont Tramonet		Voir 2.	V1534021	858750	2069000	Reference	CNR	2011	2012*
	Fier	Dingy-St-Clair		Bon dep. 10 ans	V1214010	900188	2107921	Autre	DREAL	1921	2012
	Fier	Vallière		Bon dep. 10 ans. A utiliser pour contrôler Motz.	V1264010	878026	2106486	Autre	EDF	1954	2012
	Guiers	Romagnieu		?	V1534010	859507	2068298	Autre	DREAL	1963	1982
	Guiers	St Christophe / G.		Leur somme donne le Guiers à Belmont Tramonet.	V1515010	869570	2055000	Autre	DREAL	1970	2012
	Guiers	St Laurent du pont			V1504010			Autre	DREAL	1971	2012
	Guiers	St Pierre d'Entremont		Récent. Mesure les débits d'une source	V1515000			Autre	DREAL	2010	2012
	Rhone	Injout-Génissiat		Bon	V1020010	868677	2121212	Autre	CNR	1920	2012*
	Rhone	Brens		Bon depuis 10 ans	V1440020	861786	2084517	Autre	CNR	1969	2012*
	Rhone	la Balme (Ruffieux)	Pont de la Loi	Pas fiable avant 2000.	V1440010	869310	2100200	Autre	CNR	1969	1978
	Rhone	Surjoux		Bon. influencée par la retenue de Seyssel à l'étiage.	V1020020	868970	2119350	Autre	DREAL	1999	2011

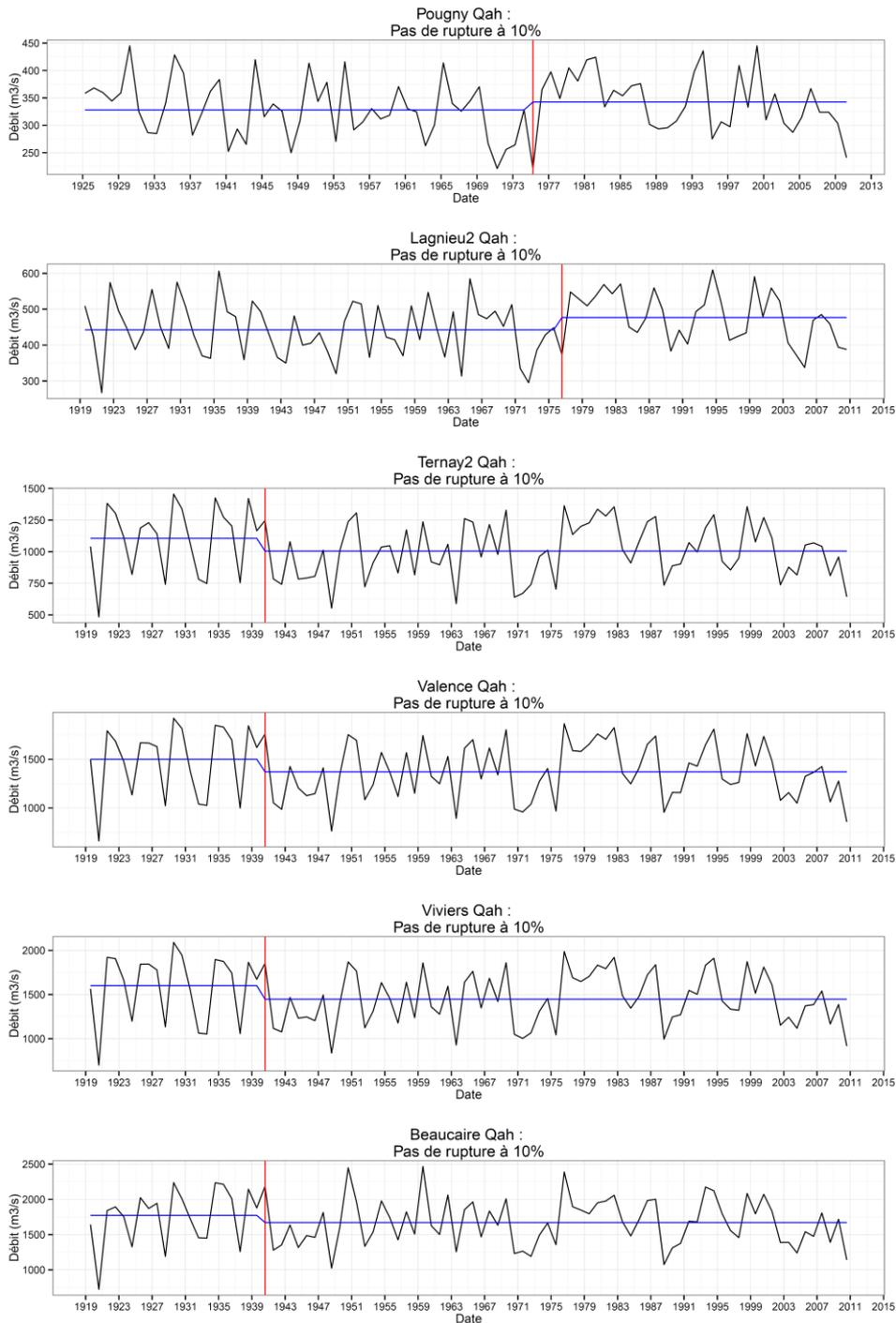
Position % Point Rhône	Rivière	Commune	Nom station si différent	Avis Gestionnaire	Code	X	Y	Catégorie	Gestionnaire	Début	Fin
Amont Lyon	Rhone	Caluire-et-Cuire			V3000010	795324	2090252	Autre	CNR	1920	1992
	Bourbre	Tignieu Jameyzieu		Voir 2.	V1774010	819733	2083381	Reference	DREAL RA	1964	2012
	Ain	Pont d'Ain		Station très suivie. Jaugeages en étiages	V2712010	868924	2323717	Autre	DREAL RA	1959	2012
	Ain	Chazey / A.		Station très suivie. Jaugeages en étiages	V2942010	824776	2104822	Autre	DREAL RA	1959	2012
	Ain	Cernon	Vouglans	Bon (débits usine)	V2322010	855930	2160689	Autre	EDF	1933	2009
	Ain	Marigny	Chalain	Déconseillée	V2202010	862295	2193035	Autre	EDF	1963	2009
	Bourbre	Bourgouin jallieu		Moins bonne que la station de Tignieu	V1714010			Autre	DREAL RA	1969	1974
Bourbre	Cessieu		Déconseillée	V1714010	837200	2067482	Autre	DREAL RA	1969	1974	
Amont Ternay	Rhone	Ternay		Voir 2.	V3130020	792431	2070637	Nodal	CNR	1966	2012*
	Rhone	Givors		Voir 2. Eq. Ternay	V3130010	790670	2067300	Nodal_historique	CNR	1920	1993
	Saône	Couzon au Mt d'or		Voir 2.	U4710010	794081	2097170	Reference	CNR	1972	1984
	Rhone	Lyon Perrache			V3000015	794077	2086167	Autre	CNR	1992	2012*
	Saône	Lyon		Hauteurs uniquement	U4720010	793200	2087680				
	Saône	Cendrecourt			U0230010			Autre	DREAL FC	1964	2012
	Saône	Ray sur Saone			U0610010	862445	2292153	Autre	DREAL FC	1964	2012
	Saône	Monthureux			U0020010	871508	2343884	Autre	DREAL FC	1987	2012
	Saône	Gray			U0820010	845350	2277295	Autre	DREAL FC	1995	2012
	Saône	Lechâtelet			U1420010	813510	2232730	Autre	DREAL BOU	1965	2012
Doubs	Neublans			U2722010	829497	2218021	Autre	DREAL FC	1967	2012	
Amont Valence	Rhone	Valence		Voir 2.	V4010010	801177	1995614	Nodal	CNR	1920	2012*
	Isère	Beaumont Monteux		Voir 2.	W3540010	803153	2005166	Reference	CNR	1956	2012*
	Isère	Beaumont Monteux			W3540011	803279	2005095	Autre	DDE Isère	2003	2007
	Isère	Moutiers		Pas utile pour l'étude	W0110010	927808	2062483	Autre	DREAL RA	1936	2012
	Isère	Grenoble		Pas utile pour l'étude	W1410010	866186	2027160	Autre	DREAL RA	1960	2012
	Isère	Montmélian		Pas utile pour l'étude	W1110010	890689	2061978	Autre	DREAL RA	1988	2012
	Isère	Val d'Isère		Pas utile pour l'étude	W0000010	963731	2060410	Autre	EDF	1948	2009
	Isère	Aigueblanche		Pas utile pour l'étude	W0300010	926340	2063780	Autre	EDF	1955	2009

Position % Point Rhône	Rivière	Commune	Nom station si différent	Avis Gestionnaire	Code	X	Y	Catégorie	Gestionnaire	Début	Fin	
	Isère	Verey-Voroize		Pas utile pour l'étude	W3020010	857838	2035627	Autre	EDF	1957	? plus en service	
	Isère	St Gervais		Bon	W3200010	845922	2027960	Autre	EDF	1969	2012	
	Isère	Chamousset		Pas utile pour l'étude	W1100010	901494	2069883	Autre	EDF	1969	2009	
	Isère	Barraux		Pas utile pour l'étude	W1300010			Autre	EDF	2006	2009	
	Isère	le Cheylas		Pas utile pour l'étude	W1310010	885440	2047300	Autre	EDF	2006	2008	
	Drac	Fontaine			W2832020	863649	2027879	Autre	EDF	1984	2008	
	Bourne	Pont de Manne		Bon	W3344010	831916	2011279	Autre	EDF	1969	2012	
Amont Viviers	Rhone	Viviers		Voir 2.	V4530010	788197	1945087	Nodal	CNR	1920	2012*	
	Drôme	Saillans			V426410	827754	1969630	Autre	DREAL RA	1930	2012	
Amont Beaucaire	Rhone	Beaucaire		Voir 2.	V7200010	786647	1867863	Nodal	CNR	1920	2012*	
	Durance	St Paul les Durance Cadarache		Voir 2.	X3000010	874504	1863500	Reference	EDF	1969	2009	
	Durance	Cavaillon		Ne pas utiliser	X3310010	817027	1873244		DIREN PACA			
	Ardèche	Saint-Martin- d'Ardèche	Sauze	Bon	V5064010	776696	1926247	Autre	CNR ?	1955	2012	
	Durance	Val des Prés			X0010020	942519	2000180	Autre	DIREN PACA	1954	1973	
	Durance	L'argentière-la- Bessée			X0130010	934251	1984067	Autre	DREAL PACA	1952	2012	
	Durance	Val des Prés			X0010010	942	2000994	Autre	DREAL PACA	1976	2012	
	Durance	Espinasses			X0500010	913894	1948917	Autre	EDF	1948	2009	
	Durance	Briançon			X0100010	939116	1997268	Autre	EDF	1955	2009	
	Durance	Embrun			X0310010	929808	1958813	Autre	EDF	1960	2012	
	Durance	Oraison			X1130010	894591	1905234	Autre	EDF	1973	2009	
	Durance	Centrale de Jouques Cadarache							EDF	1969	2012	
	Durance	Meyrargues			X3200010	854954	1856717	Autre	DIREN PACA			
	Durance	Mallemort			Ne pas utiliser	X3100020	828790	1863610	Autre			

Annexe 3 : Tests de rupture : Resultats

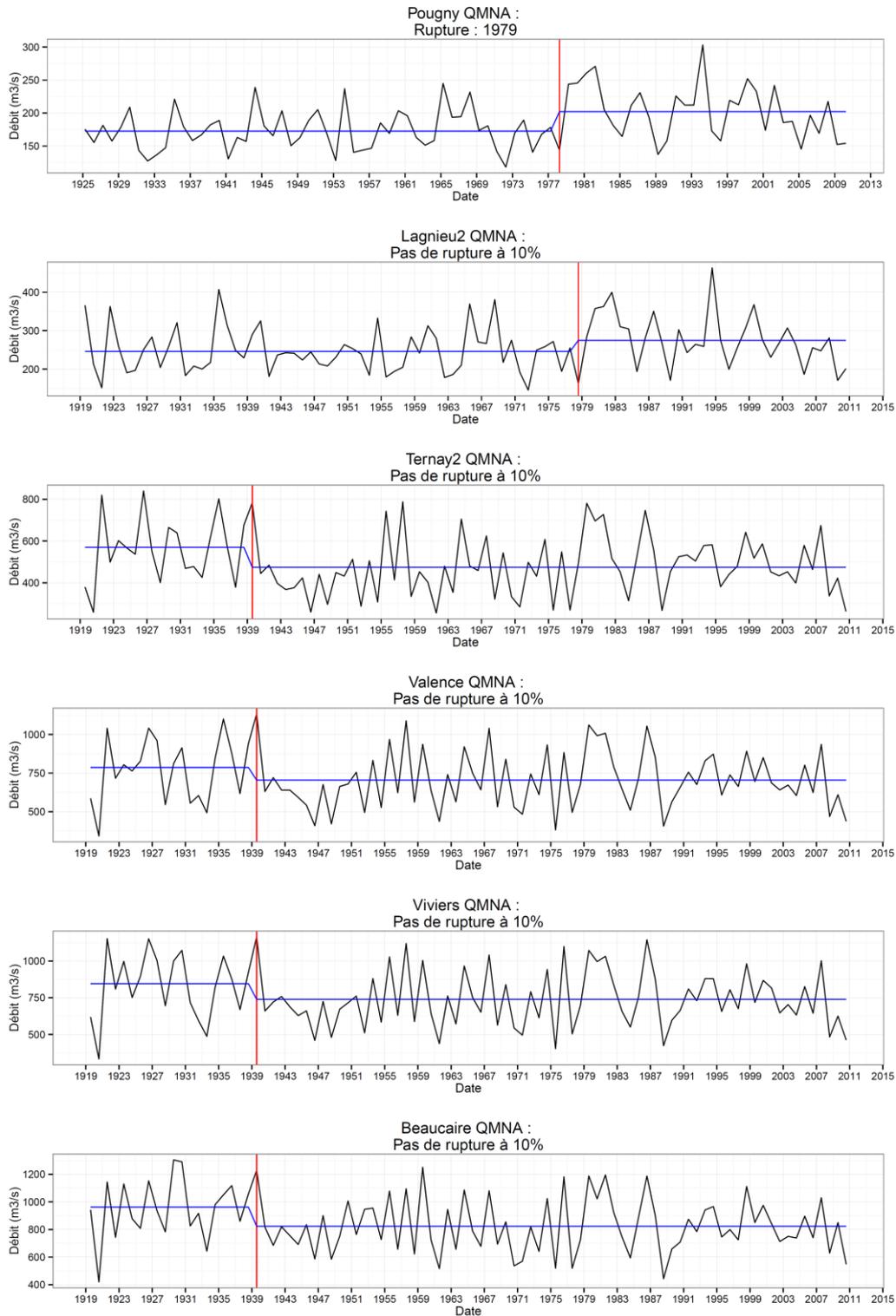
DÉBITS ANNUELS

Test de Pettitt sur les débits annuels moyens (calculés sur les années hydrologiques) au droit des stations nodales entre 1920 et 2011.



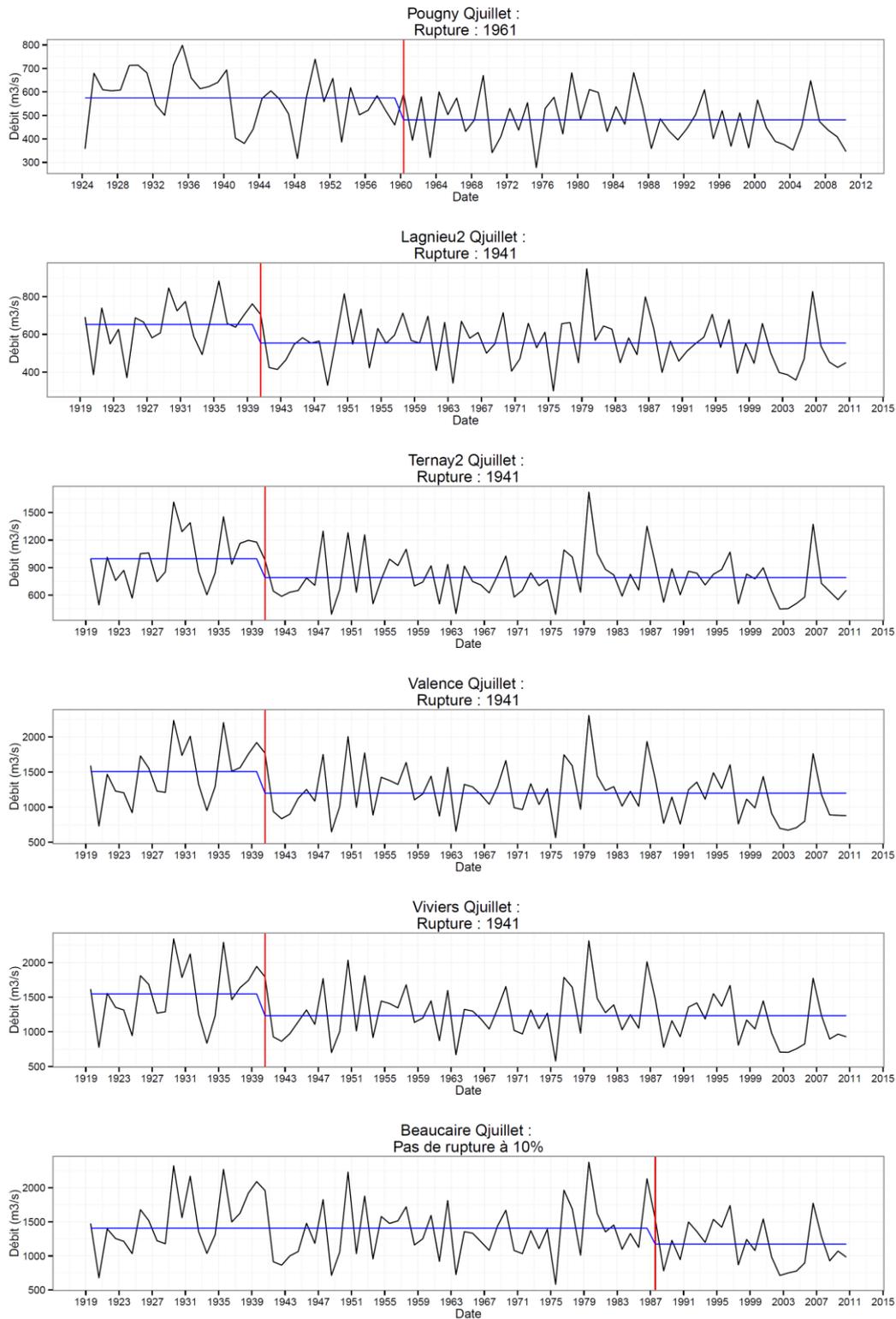
QMNA (DÉBIT MENSUEL MINIMUM DE CHAQUE ANNÉE)

Test de Pettitt sur les QMNA (calculés sur les années hydrologiques) au droit des stations nodales entre 1920 et 2011.

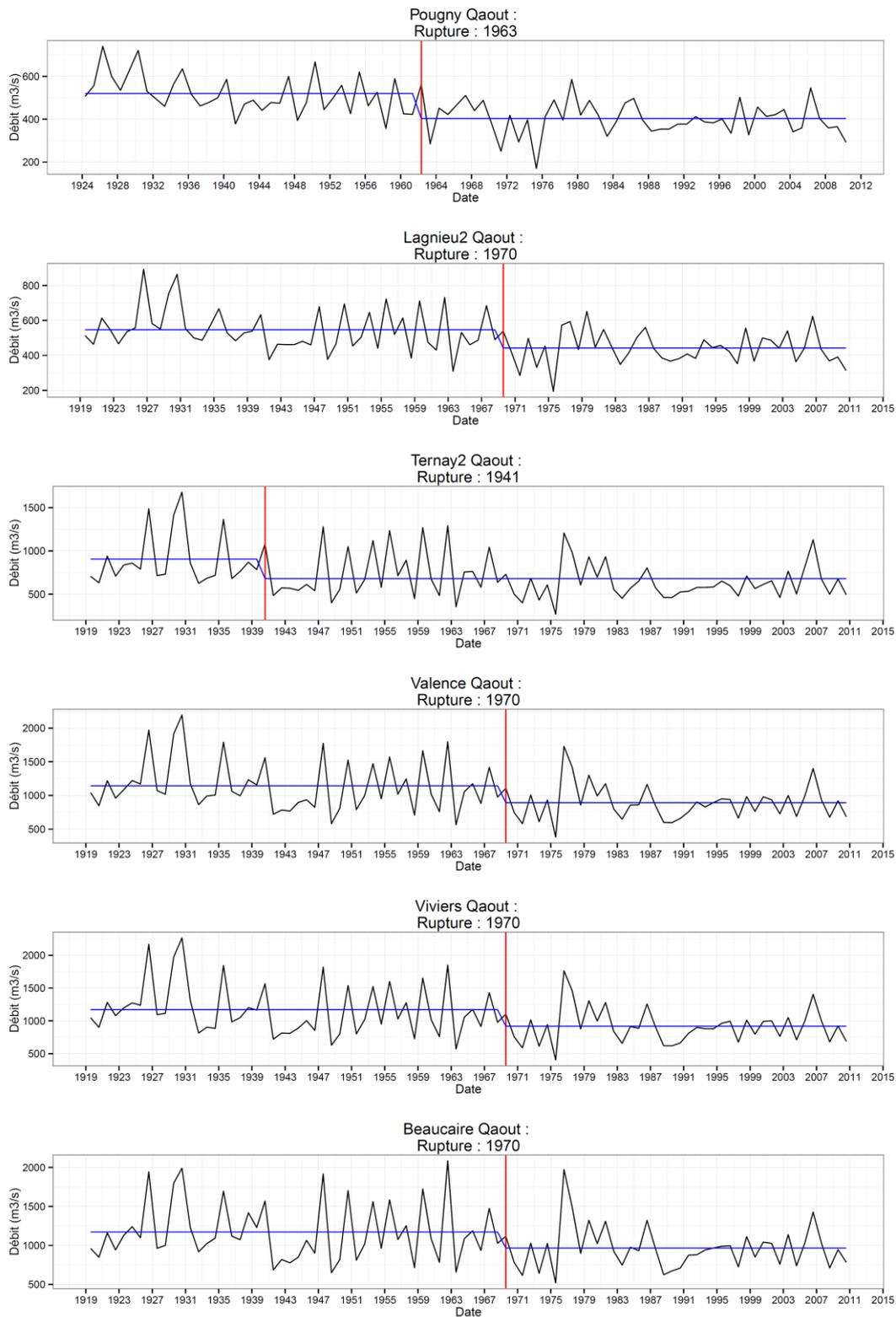


DÉBITS DES MOIS DE JUILLET, AOÛT ET SEPTEMBRE

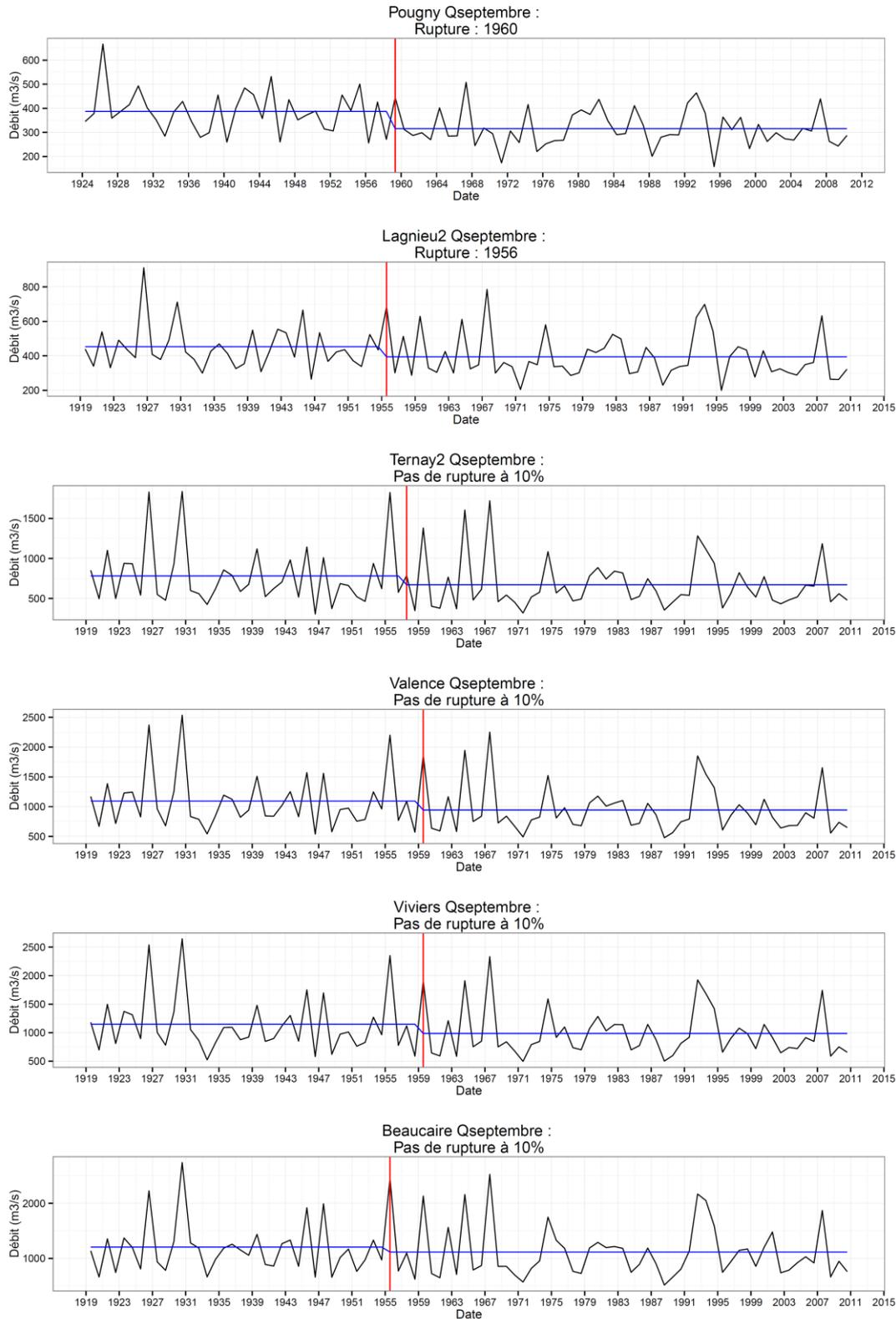
Test de Pettitt sur les débits de juillet au droit des stations nodales entre 1920 et 2011.



Test de Pettitt sur les débits d'août au droit des stations nodales entre 1920 et 2011.



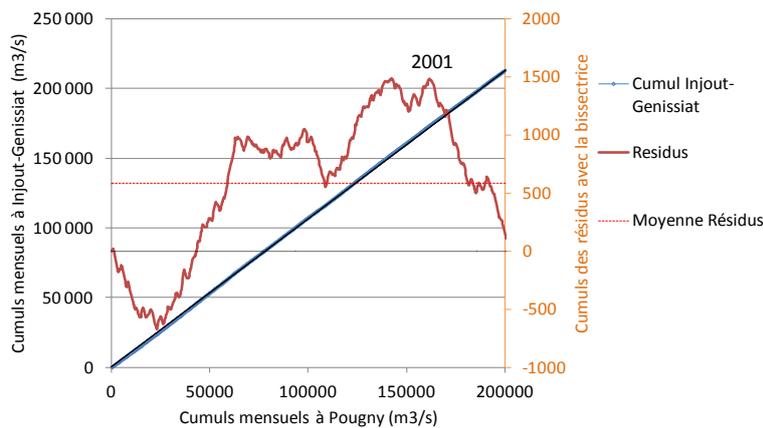
Test de Pettitt sur les débits de septembre au droit des stations nodales entre 1920 et 2011.



Annexe 4 : Courbes de double cumul pour l'analyse complémentaire de cohérence des débits

POUGNY

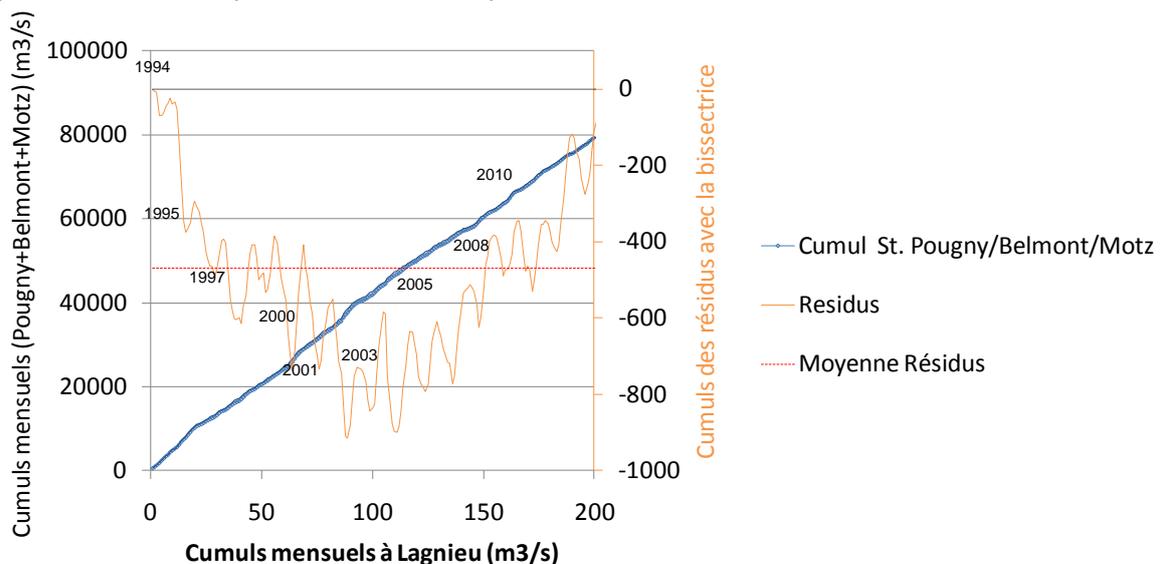
On n'observe aucune rupture nette dans la courbe des résidus, signe qu'aucune perturbation majeure dans les chroniques n'est détectée. En outre, on observe une tendance à la diminution des écarts entre les deux chroniques à partir de 2001.



LAGNIEU

On n'observe aucune rupture nette dans la courbe des résidus, signe qu'aucune perturbation majeure dans les chroniques n'est détectée. En outre, on observe une tendance à la diminution des écarts entre les deux chroniques à partir de 2003.

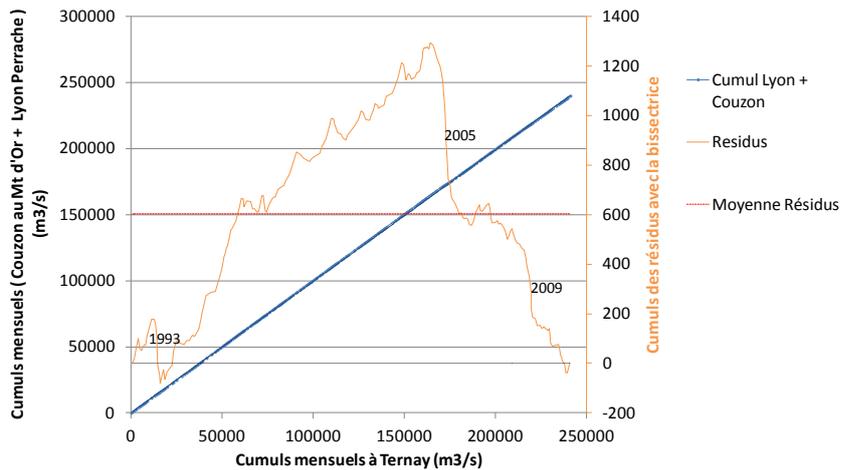
En outre, on retrouve la « périodicité » déjà observée précédemment : avec des écarts faibles en été, importants en hivers, qui donne cette allure particulière à la courbe des doubles cumuls.



TERNAY

La visualisation de la courbe de doubles-cumuls de débits permet de réaliser un résumé l'historique de l'évolution des écarts entre les deux séries hydrométriques :

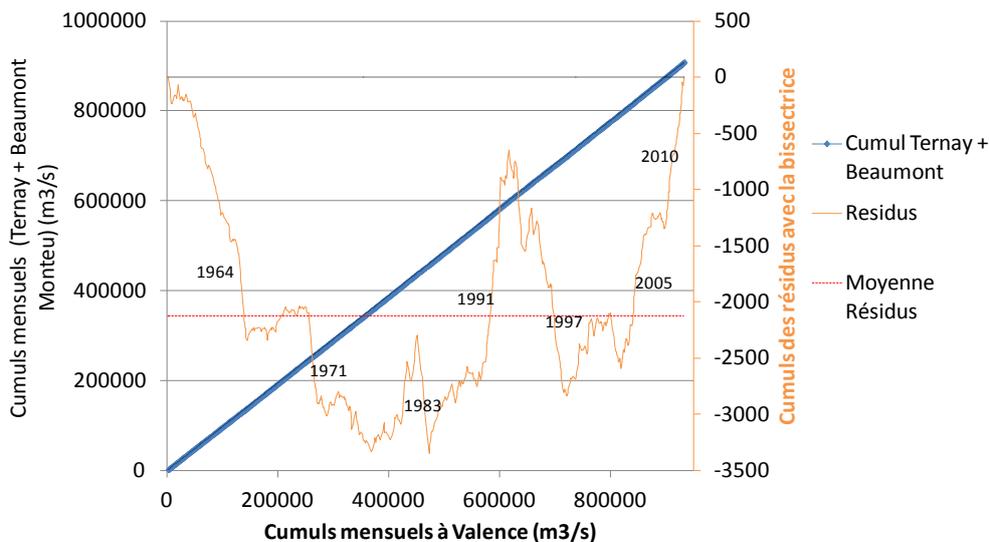
- ▶ En 1993, 2005 et 2009 : ruptures : écarts importants entre les deux séries ;
- ▶ Le reste de la période de 1992 à 2005, on observe souvent des écarts négatifs ($Q_{\text{aval}} < Q_{\text{amont}}$).



VALENCE

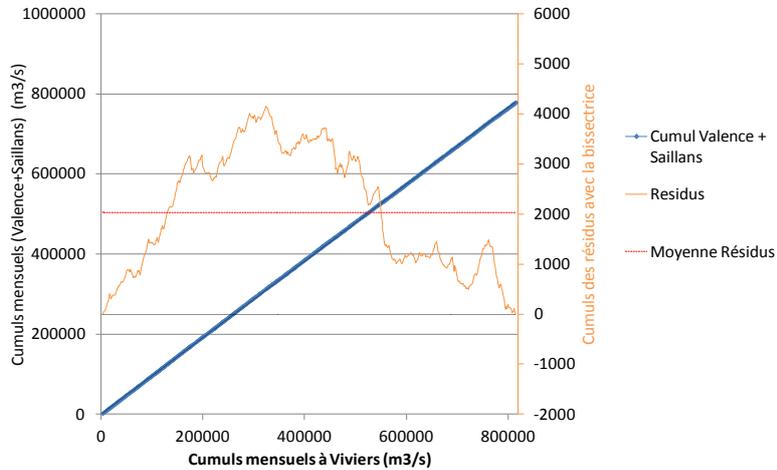
La visualisation de la courbe de doubles-cumuls de débits permet de réaliser un résumé l'historique de l'évolution des écarts entre les deux séries hydrométriques :

- ▶ 1964, 1971, 1983, 1991, 1997 : écarts importants entre les deux séries de débits ;
- ▶ 1991, 2005 et 2010 : des écarts négatifs ($Q_{\text{aval}} < Q_{\text{amont}}$) ;
- ▶ Pas de perturbation majeure détectée.

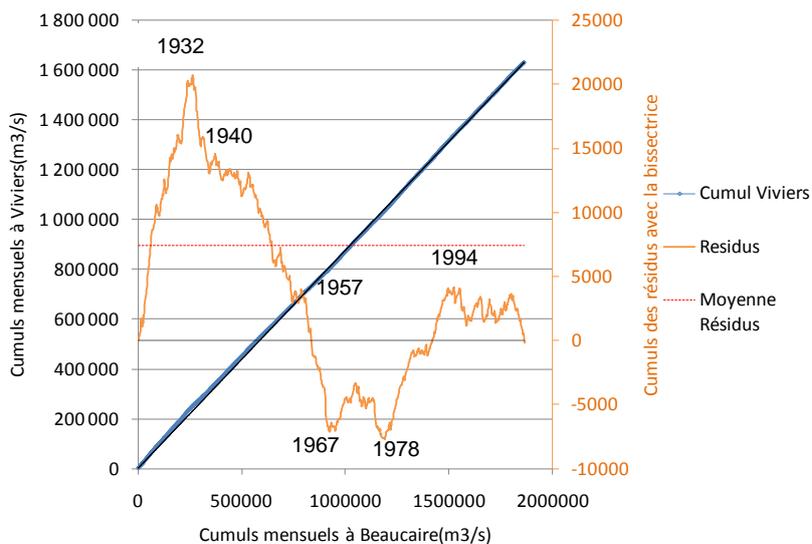


VIVIERS

La visualisation de la courbe de doubles-cumuls de débits donne une autre représentation graphique de l'évolution des écarts entre les deux séries hydrométriques. Ici, on n'observe aucune rupture nette dans la courbe des résidus, signe qu'aucune perturbation majeure dans les chroniques n'est détectée.



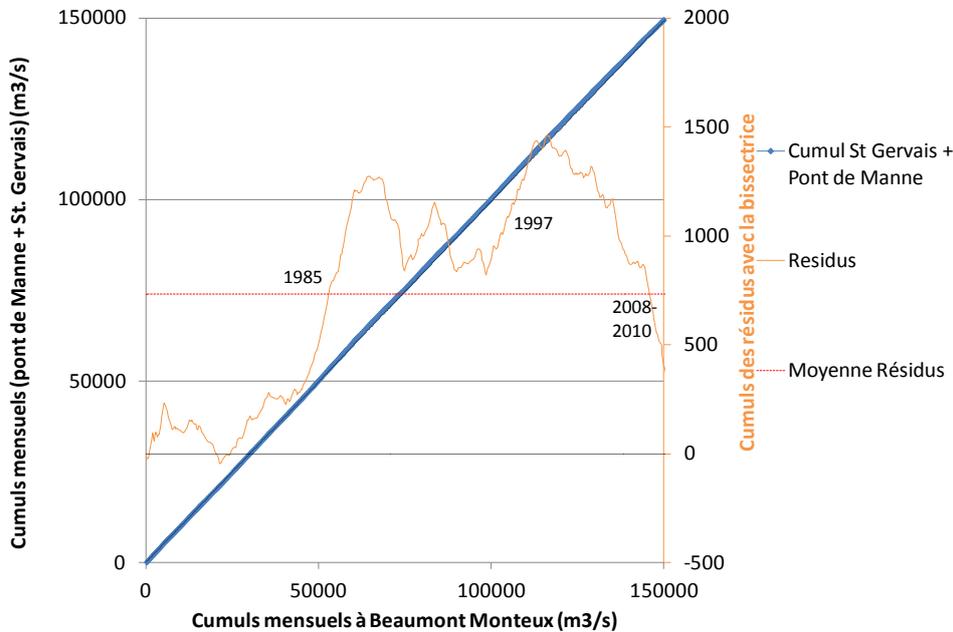
BEUCAIRE



ISÈRE

La visualisation de la courbe de doubles-cumuls de débits permet de réaliser un résumé l'historique de l'évolution des écarts entre les deux séries hydrométriques :

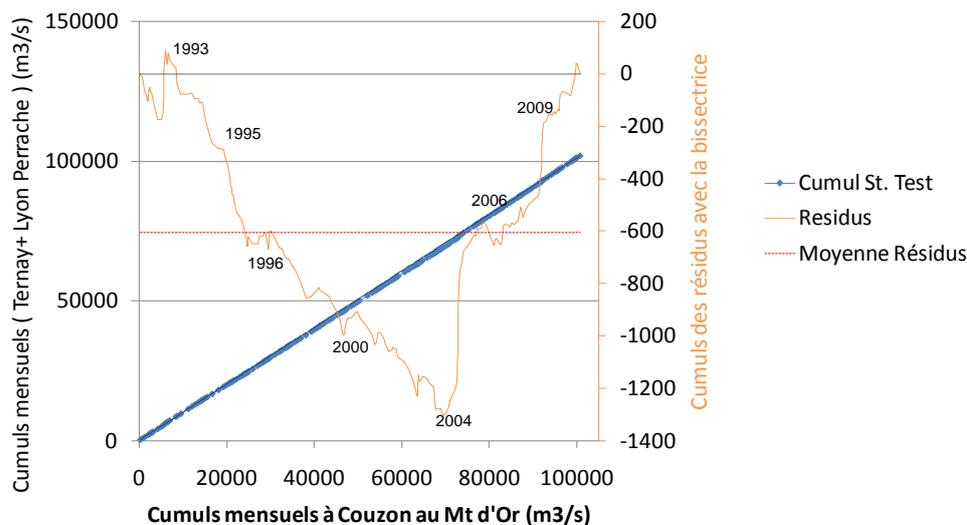
- ▶ Des écarts négatifs en 1985 et 1997
- ▶ Des écarts importants en 2008-2010.



SAONE

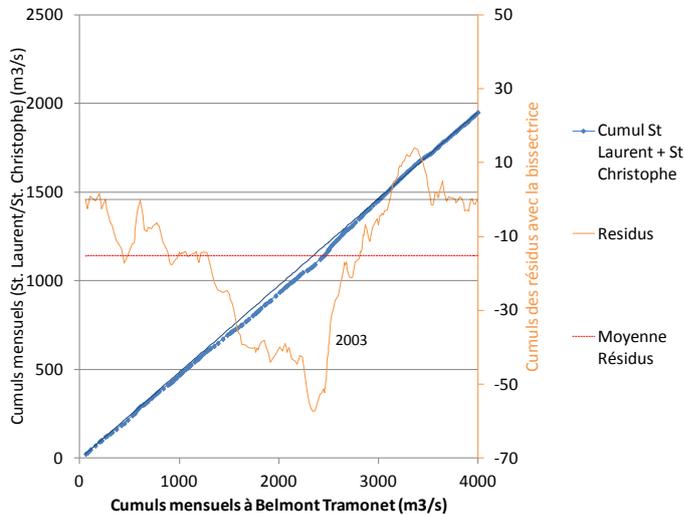
La visualisation de la courbe de doubles-cumuls de débits permet de réaliser un résumé l'historique de l'évolution des écarts entre les deux séries hydrométriques :

- ▶ Des ruptures en 1993, 2005, 2009 ;
- ▶ Des écarts souvent négatifs de 1992 à 2004.



LE GUIERS

Pour cette station on ne note pas de perturbation majeure dans l'historique des trois stations. On note une rupture en 2003, marquée par un écart particulièrement faible entre les deux séries, qui est corrélée aux faibles valeurs des débits du Guiers cette année là.



LE FIER

La visualisation de la courbe de doubles-cumuls de débits permet de réaliser un résumé l'historique de l'évolution des écarts entre les deux séries hydrométriques :

- ▶ Des ruptures liées à des écarts importants en : 1994, de 2000 à 2002, 2008, 2010 ;
- ▶ Des écarts assez stables mais souvent négatifs entre 2003 et 2008.

