

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



**PHASE 6 -ETUDE DE LA SENSIBILITE DES ETIAGES DU RHONE A
DES SCENARIOS PROSPECTIFS**

Document A – Rapport principal



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

Date de création du document	Octobre 2014
Contact	Sébastien Chazot

Titre du document	Phase 6 – Document A : Etude de la sensibilité des étiages du Rhône à des scénarios prospectifs
Référence du document :	800420_Ph6_A_Principal
Indice :	Vfb

Date émission	Indice	Observation	Dressé par	Vérfié et Validé par
8 septembre 2014	V1.1	La V1.0 contient les remarques de l'Agence	Sébastien Chazot , Mathilde Chauveau	Sébastien Chazot
30 octobre 2014	Vfb	Prise en compte des remarques du COPIL	Sébastien Chazot , Mathilde Chauveau	Sébastien Chazot

ETUDE DE LA GESTION QUANTITATIVE ET DES DÉBIT DU RHONE EN PÉRIODE DE « BASSES EAUX »

Phase 6 – Document A : Etude de la sensibilité des étiages du Rhône à des scénarios prospectifs

PRÉAMBULE.....	1
1. DÉMARCHE GÉNÉRALE	3
2. INFLUENCE DE SCÉNARIOS D'ÉVOLUTION DES PRÉLÈVEMENTS ET DE LA RESSOURCE SUR LES BASSES EAUX DU RHÔNE	5
2.1 Hypothèses d'évolution des prélèvements	5
2.1.1 Rappel sur les évolutions possibles des prélèvements à court et moyen termes	5
2.1.2 Construction d'hypothèses d'évolution des prélèvements	10
2.2 Hypothèses de changement de la ressource	15
2.3 Constructions de scénarios	16
2.4 Etude de la sensibilité des étiages du Rhône à des modifications des prélèvements et de la ressource	17
2.5 Etude de scénarios spécifiques complémentaires	25
2.5.1 Définitions des scénarios	25
2.5.2 Etude de la sensibilité des étiages du Rhône à ces scénarios	26
2.6 Conclusion pratique sur les marges de manœuvre pour de nouveaux prélèvements sur le Rhône et sa nappe	27
3. DISCUSSION SUR LES MARGES DE MANŒUVRE POTENTIELLES ASSOCIÉES AUX OUVRAGES DE STOCKAGE SUR LE BASSIN DU RHÔNE.....	29
3.1 Le Lac Léman	29
3.1.1 Les effets actuels de la régulation du Léman sur les débits du Rhône	29
3.1.2 Scénarios de régulation du Léman et effets sur les débits	32
3.2 Les ouvrages de stockage sur les bassins affluents français du Rhône	39
3.2.1 Rappel des grands ordres de grandeurs	39
3.2.2 Eléments de discussion sur les marges de manœuvre existantes	39
3.2.3 Marges de manœuvre sur les barrages du Drac	41
ANNEXES	43
Annexe 1 : Fiches résultats – Scénarios	45
Annexe 2 : Détails du scénario de gestion du Léman dans le respect de la consigne actuelle	55

TABLE DES ILLUSTRATIONS

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Tracé du réseau Aqua Domitia	7
Figure 2 : Tracé de la liaison Verdon/Saint-Cassien – Sainte-Maxime.....	8
Figure 3 : Mise en perspective des hausses de prélèvements possibles à court-moyen terme avec les prélèvements actuels (hors influence des ouvrages de stockage)	11
Figure 4 : Mise en perspective des hausses de prélèvements possibles à long terme avec les prélèvements actuels (hors influence des ouvrages de stockage)	14
Figure 5 : Débits mensuels quinquennaux secs au droit des six stations de référence du Rhône pour différents scénarios	19
Figure 6 : Empreintes médianes au droit des six stations de référence du Rhône pour différents scénarios.....	20
Figure 7 : Empreintes maximales au droit des six stations de référence du Rhône pour différents scénarios.....	21
Figure 8 : Débits turbinés par la centrale de Montpezat, transfert d'eau du bassin de la Loire vers le Rhône. Moyenne 1980-2011.....	26
Figure 9 : A/ Consigne de la côte du Léman ; B/ Estimation des débits mensuels entrants et sortants du Léman (moyenne 1980-2011).....	30
Figure 10 : Débits horaires à Genève (sortie Léman) et à Pougny (frontière franco-suisse ; à l'aval de l'Arve).....	31
Figure 11 : Scénario du Léman en 2011	33
Figure 12 : Effet du scénarios en m3/s par mois, par rapport à la référence.....	34
Figure 13 : Scénario de régulation du Léman, au-delà de la courbe de consigne.	35
Figure 14 : Débits moyens mensuels interannuels (1980-2011) à Pougny en référence et sous scénario.	35
Figure 15 : A/ Débits mensuels à Pougny entre 2004 et 2011 B/ Cote du Léman au premier du mois entre 2004 et 2011. – Référence et scénario du Léman	37
Figure 16 : Débits lissés sur 10 jours du Rhône, de Pougny à Beaucaire – année 1989.....	55
Figure 17 : Scénario du Léman pour 1989 – Test A	56
Figure 18 : Scénario du Léman pour 1989 – Test B	56
Figure 19 : Débits lissés sur 10 jours du Rhône, de Pougny à Beaucaire – année 2005.....	57
Figure 20 : Scénario du Léman pour l'année 2005	58
Figure 21 : Débits lissés sur 10 jours du Rhône, de Pougny à Beaucaire – année 2009.....	58
Figure 22 : Scénario du Léman en 2009.....	59
Figure 23 : Débits lissés sur 10 jours du Rhône, de Pougny à Beaucaire – année 2011.....	60
Figure 24 : Scénario du Léman en 2011	61

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Scénario traduisant les projets à court – moyen terme sur le bassin du Rhône : Augmentation absolue des prélèvements pour les différents tronçons en m ³ /s.....	11
Tableau 2 : Surfaces irriguées additionnelles considérées dans le scénario « Long terme » (ha).....	12
Tableau 3 : Surfaces cultivées (dont irriguées) à partir des ressources en eau des différents sous-bassins du Rhône (ha).....	13
Tableau 4 : Proposition d'un scénario d'augmentation des prélèvements à long terme par tronçon (m ³ /s).....	14
Tableau 5 : Résumé des hypothèses d'évolution des prélèvements retenues.....	14
Tableau 6 : Chiffres d'évolution des débits du Rhône à tester – proposés à dire d'expert.....	16
Tableau 7 : Ordres de grandeurs des débits quinquennaux secs en juillet à Beaucaire.....	24
Tableau 8 : Prélèvements en eau opérés par les centres nucléaires – Situation actuelle.....	25
Tableau 9 : Construction du scénario « CNPE en circuit fermé ».....	26

PRÉAMBULE

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.

Le présent document expose les résultats de la phase 6 de l'étude.

1. DÉMARCHE GÉNÉRALE

La phase 6 vise à étudier la sensibilité des étiages du Rhône à des scénarios de changements d'usages ou de modification de la ressource. La démarche conduite est la suivante :

- ▶ **Des scénarios simplifiés d'évolution possibles des prélèvements et de la ressource** sont construits, sur la base de la littérature existante et d'un ensemble d'hypothèses définies ;
- ▶ Le **modèle** mis en place en phase 5 permet d'estimer les débits mensuels du Rhône aux 6 points SDAGE sur 30 ans, et les empreintes des usages sur la ressource, pour la situation de référence (conditions actuelles) et pour ces scénarios. La comparaison entre référence et scénario permet de caractériser **la sensibilité du système Rhône à ces scénarios**, en particulier les débits d'étiage du fleuve et le bilan besoin-ressource sur le bassin.
- ▶ Enfin, des éléments d'analyse sur la gestion des **grands ouvrages de stockage** du bassin sont apportés afin **d'appréhender, en grands ordres de grandeur, quelles marges de manœuvre** représentent potentiellement ces ouvrages pour soutenir les débits du Rhône.

2. INFLUENCE DE SCÉNARIOS D'ÉVOLUTION DES PRÉLÈVEMENTS ET DE LA RESSOURCE SUR LES BASSES EAUX DU RHÔNE

Ce chapitre présente :

- ▶ La construction des hypothèses retenues de changements futurs possibles des prélèvements (2.1) et de la ressource (2.2) ;
- ▶ La construction des scénarios sur la base de ces hypothèses (2.3) ;
- ▶ L'étude de la sensibilité des débits du Rhône à ces scénarios (2.4) ;
- ▶ Les conclusions pratiques sur les marges de manœuvre existantes pour le Rhône en termes de prélèvements (2.5).

2.1 HYPOTHÈSES D'ÉVOLUTION DES PRÉLÈVEMENTS

Dans ce sous-chapitre, on rappelle les éléments collectés en phase 1 sur l'évolution à court terme des prélèvements, et on construit quatre hypothèses d'évolution des prélèvements à tester dans le modèle.

2.1.1 Rappel sur les évolutions possibles des prélèvements à court et moyen termes

Dans le cadre de la phase 1 de l'étude, des éléments prospectifs ont été collectés pour l'horizon 2020-2030, concernant :

- ▶ Les grands projets en cours ou à l'étude (développement des réseaux d'irrigation et multi-usages, notamment),
- ▶ L'évolution possible des prélèvements sur le bassin du Rhône.

On rappelle les principaux éléments, qui sont détaillés dans le rapport de phase 1.

UNE TENDANCE À LA BAISSÉ DES PRÉLÈVEMENTS CES DERNIÈRES ANNÉES

Depuis une **dizaine d'années**, on observe une **tendance à la baisse des prélèvements sur le bassin du Rhône**.

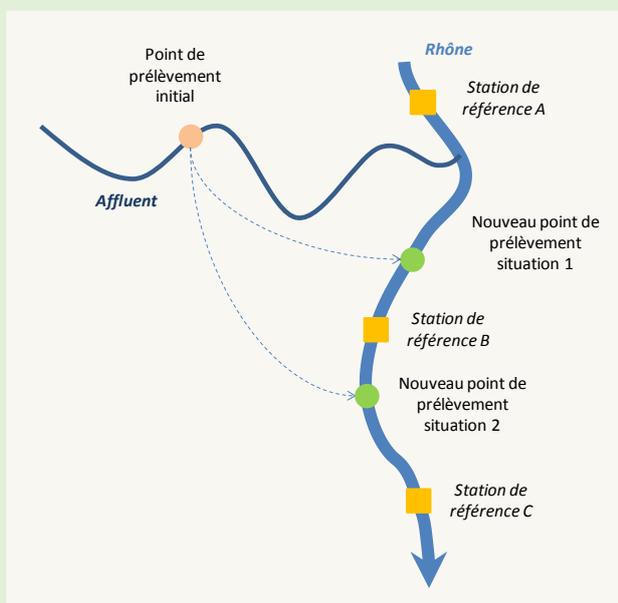
- ▶ Les prélèvements pour l'alimentation en eau potable baisse progressivement depuis 2003 : ils sont passés de 1,26 milliards de m³ en 2003 (1,23 en 2004) à 1,1 milliards de m³ en 2010.
- ▶ Les prélèvements industriels sont également en baisse ces dernières années : depuis 1980, on enregistre une baisse régulière des prélèvements bruts pour l'industrie, au rythme de 2% par an en moyenne.

- L'évolution de l'influence hydroélectrique au cours des trente dernières années a été en particulier marquée par la réduction des rejets du système Durance à l'extérieur du bassin du Rhône, dans l'étang de Berre. Les débits transférés de la Durance vers l'étang de Berre sont passés d'un débit moyen de 100 m³/s sur la période 1980-1993 à un débit moyen actuel de 30 m³/s (moyenne 2007-2011), soit un **gain de 70 m³/s**. Cette réduction est très importante à l'échelle des volumes nets totaux prélevés dans le bassin français du Rhône (débit moyen annuel actuel total prélevé de 92 m³/s pour tous les usages préleveurs, soit une baisse de plus de 40 %) ; **elle est remarquable pour les mois de mai, juin et juillet (gain net moyen pour le Rhône respectif de 90, 80 et 35 m³/s entre l'ancienne gestion et la nouvelle gestion du transfert)** mais quasi nulle en août et septembre.
- L'évolution des prélèvements agricoles est plus difficile à quantifier, car elle dépend des conditions météorologiques de chaque année, et les modes de comptage ont également changé au cours du temps. Cependant, on assiste à une diminution de 13% des surfaces irriguées entre 2000 et 2010 par le bassin du Rhône (source, RGA 2000 et 2010).

LES PROJETS SUR LE BASSIN DU RHÔNE

Sollicitation du Rhône comme ressource de substitution : Suite aux études volumes prélevables, plusieurs **projets de substitution** sollicitant l'eau du Rhône ou sa nappe sont envisagés, afin de compléter les efforts d'économie d'eau réalisés sur les bassins en déficit. Il s'agit de projets portés par l'Association Syndicale d'Irrigation de l'Ain (ASIA), le Syndicat Mixte d'Hydraulique Agricole du Rhône (SMHAR) et le Syndicat d'Irrigation de la Drôme (SID). On peut citer notamment les projets de l'ASIA, de substitution de la nappe de l'Ain par le Rhône, à hauteur de l'ordre de 7.5 Mm³/an, et le projet du SMHAR de substitution de la nappe du couloir de Meyzieu par le Rhône d'un volume de l'ordre de 3 Mm³/an. De tels projets de substitution, s'ils n'induisent pas de développement de nouveau prélèvement, permettraient de soulager les ressources locales, sans modifier les conséquences sur les débits du Rhône lui-même, comme précisé dans l'encadré ci-après¹.

La substitution de prélèvements dans des affluents ou leur nappe par des prélèvements dans le Rhône est neutre pour ce dernier.



Des projets sur le point d'aboutir ou de plus long terme consistent à remplacer des prélèvements dans des affluents du Rhône ou leur nappe par des prélèvements dans le Rhône lui-même.

Ces substitutions permettent de réduire la pression sur les affluents considérés et participent à l'équilibre besoins / ressources des bassins versants concernés

Pour le Rhône lui-même, notons que l'opération est neutre vis-à-vis du débit soustrait à son écoulement. Seule la longueur du tronçon du Rhône impacté peut éventuellement être modifiée, selon où se situe le nouveau point de prélèvement par rapport à l'ancien. En effet, que l'eau soit prélevée sur l'affluent ou sur le fleuve Rhône, il s'agit d'un volume d'eau qui ne contribue plus au débit du fleuve Rhône.

En terme de bilan global calculé à l'échelle des « stations de référence » du SDAGE, l'opération aura un impact ou non selon également où se situera le nouveau point. Ainsi, dans l'exemple présenté, en situation 1 le bilan du prélèvement n'est pas modifié sur le tronçon A-B du Rhône. Dans la situation 2, le prélèvement se reporte sur le tronçon B-C.

¹ Vu du Rhône, la somme des prélèvements reste la même, que le prélèvement s'effectue sur le fleuve ou sur un affluent.

Des projets de modernisation et d'économies d'eau : Par ailleurs, de nombreux canaux mènent des réflexions sur leurs évolutions et leurs modes de gestion. Plusieurs sont engagés dans des démarches de contrats de canaux, et **s'appêtent à mettre en œuvre des actions dont certaines engendreront des économies d'eau**. Les économies d'eau des projets identifiés pourraient représenter de l'ordre de 24.5 Mm³/an sur le bassin du Rhône.

On peut citer notamment les canaux suivants, engagés dans des mesures d'économies d'eau :

- ▶ L'ASA de Beaucaire (contrat de canal) ;
- ▶ Le canal de Nourguier ;
- ▶ Les canaux de Carpentras, l'Isle, Saint-Julien, Cabedan-Neuf et canal mixte (contrat des canaux du Vaucluse) ;
- ▶ Des canaux en rive gauche de la Durance (contrat des canaux Crau-Sud-Alpilles).

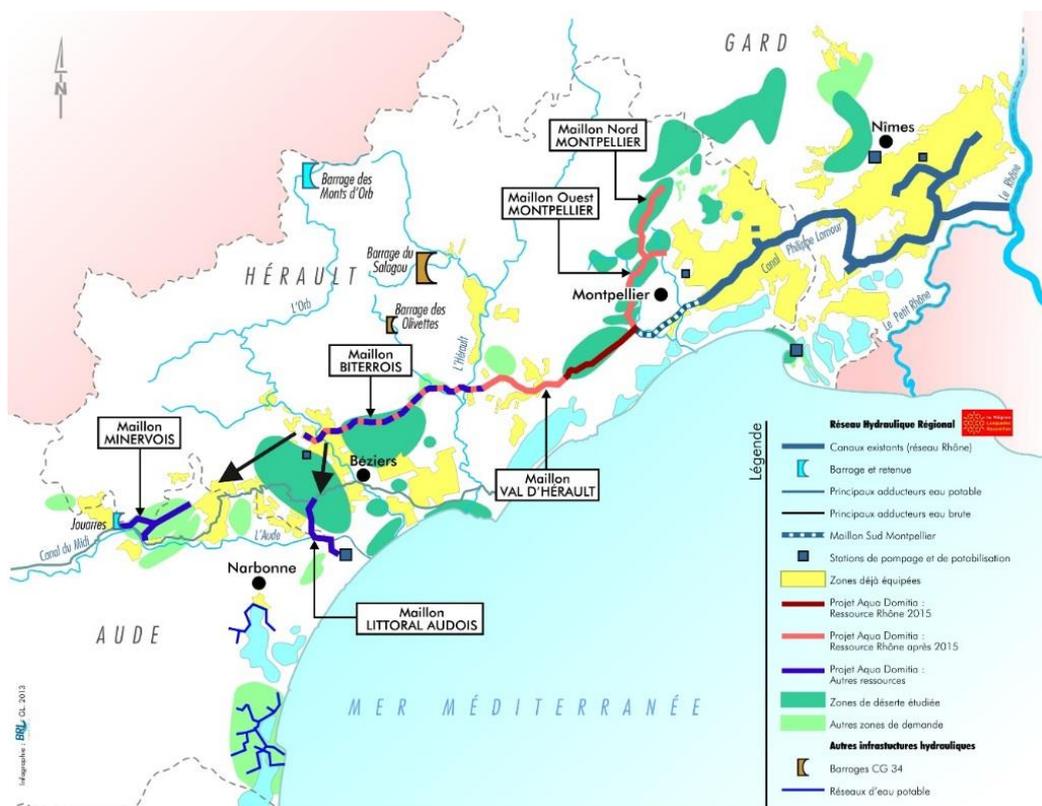
Le développement de périmètres irrigués et projets multi-usages : Plusieurs projets sont en cours ou à l'étude, sur le bassin du Rhône, et hors du bassin.

Deux projets de grande ampleur sont développés actuellement pour amener de l'eau hors du bassin du Rhône :

- ▶ Le projet **Aqua Domitia**, extension du réseau BRL, prévoit la mobilisation du Rhône et de l'Orb via un réseau sous-pression, vers des territoires des départements de **Hérault** et de **Aude** en risque de déséquilibre du fait de ressources déficitaires ou limitées. Le projet vise à garantir la satisfaction des besoins en eau (agricole et AEP) sans nouvelle pression sur les ressources locales (avec même des soulagements comme sur la nappe Astienne) afin de concilier développement économique et protection de l'environnement. (source : Synthèse de présentation du projet au Débat Public)

La figure ci-dessous présente l'organisation prévue pour la conduite principale. Le volume total soustrait au Rhône lié au projet pourra s'élever à terme entre 16 et 29 Mm³ sur la période mai à octobre avec un débit de pointe de 2,5 m³/s.

Figure 1 : Tracé du réseau Aqua Domitia



- L'infrastructure de transfert Verdon/Saint-Cassien – Sainte-Maxime est un programme d'aménagement, de sécurisation des ressources de l'Est du département du Var et de « desserte en route » du centre Var avec un impact attendu sur l'économie et le développement des territoires traversés, sur le maintien des terroirs et des activités agricoles, et sur la protection des espaces naturels contre les risques incendies. C'est aussi un programme à caractère environnemental, soutenu par l'Agence de l'Eau RM&C, qui soulagera les ressources locales les plus fragiles et permettra de combiner les prélèvements locaux avec les ressources de transfert, et globalement, de garantir des prélèvements moindres sur les nappes et les cours d'eau du Var (source : plaquette de présentation du projet).

Rappelons que la **SCP** mobilise l'eau du Verdon stockée dans plusieurs réservoirs, notamment le lac de Sainte-Croix et que ce prélèvement n'aura donc a priori pas d'impact sur les débits d'étiage du Verdon. À terme (2020), il est prévu que la liaison dérive en pointe un débit de l'ordre de **1 m³/s**. Cette liaison desservira divers usages (AEP, industriels, agricoles). La figure ci-après représente le tracé prévu pour cette liaison, en cours de réalisation.

Figure 2 : Tracé de la liaison Verdon/Saint-Cassien - Sainte-Maxime



D'autres **projets d'extension des réseaux pour l'alimentation en eau potable ou de périmètres irrigués** à partir de l'eau du bassin du Rhône sont à l'étude. On peut citer les projets suivants :

- En parallèle du projet de liaison hydraulique, la société d'aménagement régional SCP a également en projet quelques petites **extensions de son réseau agricole**, pour un débit de pointe total de l'ordre de **quelques dizaines de l/s** (source : SCP).
- En parallèle du projet Aqua Domitia, BRL a engagé l'extension du Réseau Hydraulique Régional vers le **Nord Sommiérois**. Ce projet porte sur une surface de l'ordre de **500 ha (essentiellement viticoles)**, nécessitant un débit de pointe de **90 l/s** et représentant un volume supplémentaire annuel de l'ordre de **0,4 Mm³** prélevés sur le Rhône à l'horizon 2016.
- A court terme, d'autres projets d'extension du Réseau Hydraulique Régional BRL sont à l'étude, issus des schémas d'eau brute de Nîmes et Montpellier. Ils sont principalement agricoles et portent **sur 600 ha à 800 ha de vignes**, soit un débit de **150 l/s** et un volume supplémentaire annuel de l'ordre de **0,6 Mm³** prélevés sur le Rhône à l'horizon 2018-2020

- ▶ A moyen terme, des projets d'alimentation du **Nord-Ouest Nîmois et de l'Agglomération d'Ales**, via le réseau BRL (usages agricoles et eau brute à potabiliser), sont aussi étudiés par le Pôle Métropolitain Nîmes-Alès. A ce jour, les hypothèses de débit mobilisé sont de l'ordre de **1 à 2 m³/s**.
- ▶ Des réflexions sont en cours concernant une possibilité de sollicitation de la ressource Rhône pour des demandes agricoles dans le **sud de la Drôme et le nord-ouest du Vaucluse** (notamment le bassin de l'Ouvèze). Ces demandes représentent un **volume annuel d'environ 7 Mm³ et un débit fictif continu de 0,5 m³/s pendant la saison d'irrigation**.

QUELLE EVOLUTION POSSIBLE DES PRÉLÈVEMENTS SUR LE BASSIN ?

L'évolution des prélèvements sur le bassin du Rhône, au-delà des projets cités, reste dépendante de nombreux paramètres :

- ▶ Concernant **l'industrie**, on peut s'attendre dans les années qui viennent à **une baisse des prélèvements**, suivant la **tendance actuelle** et en lien avec l'amélioration des **procédés** ;
- ▶ Pour **l'alimentation en eau potable**, les chiffres de l'INSEE se traduiraient à l'échelle du bassin du Rhône par une **croissance démographique de l'ordre de 6%** à l'horizon 2021. Parallèlement, on peut s'attendre à des **améliorations sur les consommations des ménages, et les réseaux AEP**.
- ▶ Pour **l'agriculture**, les facteurs susceptibles d'influencer l'activité sont nombreux et difficiles à évaluer avec certitude. Le cours mondial des produits agricoles, les conditions climatiques mondiales, les orientations de la nouvelle PAC etc. sont autant de paramètres dont les tendances d'évolution restent incertaines.

- **A court terme** il semble que **la tendance à la diminution des surfaces risque de continuer**, comme cela ressort des entretiens réalisés ou des scénarios d'évolution envisagés dans différentes études. Pour autant, les chiffres des dernières années semblent montrer une stabilisation des souscriptions sur certains territoires, notamment au sud du bassin.

En effet, la décroissance des surfaces irriguées sur ces dernières décennies, provient principalement de l'érosion des surfaces agricoles liée à l'urbanisation et aux grands aménagements (ZAC, routes, LGV ...), et dans une moindre mesure des difficultés économiques de certaines filières irriguées comme les fruits et légumes.

- **À plus long terme**, plusieurs facteurs pourraient entraîner une reprise de l'irrigation et une demande plus importante :
- L'essor d'une demande des consommateurs pour des produits locaux de qualité et des circuits courts, en particuliers en fruits et légumes.
- L'impact du changement climatique qui peut rendre nécessaire l'irrigation de certaines cultures pour lesquelles cette pratique est aujourd'hui « alternative ». Cette évolution est déjà visible en viticulture, où la demande de la profession est déjà à l'origine de la plupart des projets d'extension des réseaux d'irrigation. Elle pourrait concerner demain d'autres cultures comme l'olive ou le blé dur.

La reprise de l'irrigation pourrait se traduire par une demande d'extension des réseaux collectifs, comme c'est le cas aujourd'hui, mais aussi par une utilisation plus intensive des réseaux existants, ce qui ne nécessiterait aucun investissement mais influencerait les besoins en prélèvements.

Il est ainsi difficile de quantifier l'évolution des prélèvements sur le bassin. On peut apporter les éléments suivants :

- ▶ Les chiffres disponibles actuellement concernant les projets multi-usages et les économies d'eau des canaux cités précédemment, amèneraient à une augmentation des prélèvements sur le bassin du Rhône de l'ordre de 15 à 40 Mm³/an ; soit de l'ordre de 0.5 à 1.5% des prélèvements actuels.
- ▶ **Une augmentation de 6% des prélèvements AEP (hypothèse haute**, supposant l'absence de baisse de consommation des ménages) conduirait à une hausse de l'ordre de **35 Mm³/an** des prélèvements (soit 1 m³/s).

2.1.2 Construction d'hypothèses d'évolution des prélèvements

Concernant les prélèvements, on propose de définir des **scénarios simples** qui visent à cerner les ordres de grandeur, et la sensibilité du fleuve à des changements d'usage.

Il ne s'agit pas d'une véritable démarche prospective : ces scénarios ne visent pas à projeter l'évolution des usages à venir, mais **plutôt à alimenter l'étude de sensibilité des équilibre usages/ressources sur le Rhône.**

Deux principales hypothèses ont été étudiées en détail :

- ▶ Une hypothèse d'évolution des prélèvements à court terme (2030) calculée sur la base des projets en cours ou à l'étude.
- ▶ Une hypothèse maximaliste à long terme.

Par ailleurs, deux autres hypothèses supplémentaires portant sur des usages spécifiques (centrales nucléaire et transfert de Montpezat) sont également traitées et font l'objet d'un chapitre supplémentaire (chapitre 2.5).

HYPOTHÈSE « PROJETS ET PROSPECTIVE 2030 »

Les éléments de prospective collectés en phase 1 permettent d'obtenir quelques éléments chiffrés :

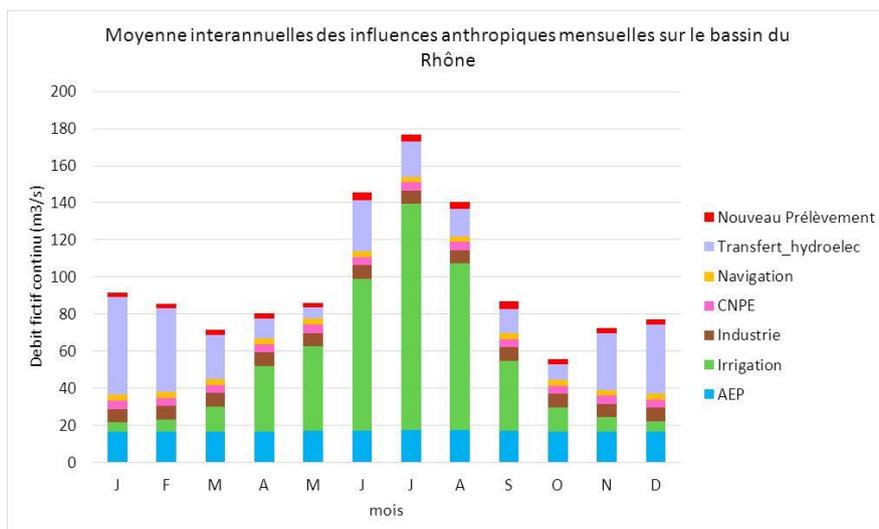
- ▶ Des éléments chiffrés sur les grands projets en cours ou à l'étude, qui concernent l'aval du bassin du Rhône :
 - Divers projets d'économies d'eau en irrigation : -25 Mm³ ; Court terme
 - Extension SCP Liaison Verdon St Cassien ; +1 m³/s en pointe ; Court terme
 - Extension réseau BRL Nord Sommiérois ; 90 l/s en pointe ; 0.4 Mm³
 - Extension réseau BRL Nîmes-Montpellier ; 150 l/s en pointe ; 0.6 Mm³
 - Aqua Domitia ; 2.5 m³/s en pointe, 16 à 29 Mm³; Court à moyen terme
 - Adduction Rhône Ales ; 1.3 m³/s en pointe ; moyen-long terme
 - Autres projets SCP : quelques dizaines de l/s en pointe
 - Création du réseau Nord-Ouest Vaucluse : 0.5 m³/s en pointe ; 7 Mm³
- ▶ Des estimations sur l'évolution des prélèvements AEP, sur la base des données de prospective démographiques : -0.3 à +1.1 m³/s sur le bassin.

Si on retient les hypothèses maximalistes, la hausse possible des prélèvements sur le bassin du Rhône à court-moyen terme pourrait s'élever à environ 5 m³/s. La présentation est faite en débit pour le mois de pointe (juillet) :

- | | |
|---|--------------------------|
| ▶ Somme des projets d'économie d'eau identifiés : | - 2,0 m ³ /s |
| ▶ Somme des nouveaux projets identifiés : | + 5,9 m ³ /s, |
| ▶ Hausse tendancielle des prélèvements AEP : | + 1,1 m ³ /s |
| ▶ Bilan : | 5 m³/s |

Le graphe suivant met en regard cette hausse avec les prélèvements actuels. Il montre qu'elle représente, pour le mois de pointe, une hausse relative de l'ordre de 3 % des prélèvements nets actuels (en prenant en considération les prélèvements liés à l'industrie, le refroidissement des centrales, l'eau potable, l'irrigation et les transferts liés à l'hydroélectricité).

Figure 3 : Mise en perspective des hausses de prélèvements possibles à court-moyen terme avec les prélèvements actuels (hors influence des ouvrages de stockage)



En revanche, il n'est pas proposé dans le cadre de cette étude de projection chiffrée pour les prélèvements agricoles sur l'ensemble du bassin. On testera cependant plus bas des scénarios grossiers sur les prélèvements agricoles à long terme.

Sur la base de ces quelques éléments, on construit un **premier scénario d'évolution des prélèvements à court – moyen terme, en choisissant les hypothèses hautes pour les différents usages**. Le tableau ci-après rend compte du scénario construit résultant de ces éléments.

Tableau 1 : Scénario traduisant les projets à court - moyen terme sur le bassin du Rhône : Augmentation absolue des prélèvements pour les différents tronçons en m³/s.

mois	Amont Pougny	Pougny Lagnieu	Lagnieu Ternay	Ternay Valence	Valence Viviers	Viviers Beaucaire ²	Aval Beaucaire	Total Bassin
janv	0.06	0.06	0.2	0.13	0.03	1.5	0.16	2.1
févr	0.06	0.06	0.2	0.13	0.03	1.5	0.16	2.1
mars	0.06	0.06	0.2	0.13	0.03	1.0	0.16	1.7
avr	0.06	0.06	0.2	0.13	0.03	0.8	0.16	1.5
mai	0.06	0.06	0.2	0.13	0.03	1.8	0.16	2.4
juin	0.06	0.06	0.2	0.13	0.03	2.5	0.16	3.2
juil	0.06	0.06	0.2	0.13	0.03	4.4	0.16	5.0
août	0.06	0.06	0.2	0.13	0.03	3.5	0.16	4.1
sept	0.06	0.06	0.2	0.13	0.03	2.0	0.16	2.7
oct	0.06	0.06	0.2	0.13	0.03	0.5	0.16	1.2
nov	0.06	0.06	0.2	0.13	0.03	1.5	0.16	2.1
déc	0.06	0.06	0.2	0.13	0.03	1.5	0.16	2.1

² NB : Dans le modèle et les scénarios, on comptabilise les prélèvements BRL actuels et futurs (dont Aqua Domitia) sur le tronçon Viviers-Beaucaire, afin de prendre en compte ces prélèvements dans le calcul de l'empreinte des prélèvements sur les débits à Beaucaire. La prise BRL est en fait située à l'aval de Beaucaire.

HYPOTHÈSE MAXIMALISTE À LONG TERME

Dans ce chapitre, nous proposons de simuler l'effet de scénarios d'évolution plus radicale des prélèvements sur le bassin. Nous avons axé la réflexion sur l'usage eau potable et sur l'agriculture irriguée.

Rappelons qu'il ne s'agit pas de scénarios réalistes mais plutôt de scénarios visant à approcher les limites du système.

AEP

Dans le scénario proposé, 1^{000 000} nouveaux habitants du sud de la France (PACA et/ou Languedoc Roussillon), sont alimentés par de la ressource en eau soustraite définitivement au bassin du Rhône par transfert.

Sur la base d'une hypothèse d'une consommation nette de 160 litres par jour et par habitant et d'un rendement de 80 % (soit un prélèvement brut de 200 litres par jour), le débit de prélèvement fictif continu associé au scénario est de 2,3 m³/s.

Agriculture irriguée

Le tableau ci-dessous rappelle, pour information, les données disponibles dans le RGA 2010 concernant les cultures pratiquées actuellement dans le bassin, par grandes zones hydrographiques. Le tableau indique, en hectares, la surface totale cultivée par culture en précisant la surface irriguée.

Pour établir un scénario, nous nous sommes concentrés sur les 2 principales cultures irriguées aujourd'hui dans le bassin ou à partir des eaux du bassin : le maïs et les vergers.

Pour ces deux cultures, nous avons imaginé que l'ensemble des surfaces cultivées aujourd'hui au sud de Lyon étaient irriguées en lien avec une modification du climat. Les surfaces additionnelles ainsi calculées ont été arrondies.

Nous avons par ailleurs inclus, depuis le tronçon Viviers-Beaucaire, une nouvelle surface de vigne irriguée de 15 000 ha.

Les nouvelles surfaces irriguées considérées sont résumées dans le tableau suivant :

Tableau 2 : Surfaces irriguées additionnelles considérées dans le scénario « Long terme » (ha)

ha	Ternay-Valence	Valence-Viviers	Viviers-Beaucaire	Beaucaire-la Mer
Maïs	15 000	3 000		
Maïs fourrage	6 000	100		
Verger	10 000	2 500	10 000	5 000
Vigne			15 000	

Remarque : Ce scénario revient à une hausse d'environ 30 % des surfaces totales irriguées à partir des eaux du bassin avec un passage de 220 000 ha à environ 285 000 ha.

Pour traduire ces surfaces en prélèvements nets, nous avons considéré les besoins théoriques des plantes calculés dans la phase 1 de l'étude pour différentes zones climatiques. Les zones climatiques considérées sont les suivantes selon les tronçons :

ZC10	ZC10	ZC11	ZC14
Ternay-Valence	Valence-Viviers	Viviers-Beaucaire	Beaucaire-la Mer

On se situe ici dans une perspective de long terme. On a donc souhaité intégrer l'impact probable de la hausse des températures (changement climatique) sur les besoins en eau des plantes. Une hausse à dire d'expert de 15 % a été considérée. On a par ailleurs intégré un rendement de 80 % pour passer du besoin théorique des plantes au prélèvement net effectif. Au final, le prélèvement considéré est donc calculé comme suit : prélèvement net effectif = besoin des plantes x 1,15 / 0.80.

Tableau 3 : Surfaces cultivées (dont irriguées) à partir des ressources en eau des différents sous-bassins du Rhône (ha)

ha	Surface totale	Blé tendre	Blé dur	Maïs grain et semence	Autres céréales	Betterave	Soja	Tournesol	Protéagineux	Maïs fourrage	Autres cultures fourragères	Prairies temporaires et artificielles	STH	PdT	Légumes frais, fraise et melon	Vigne	Agrume	Vergers et petits fruits (hors agrumes)	Autres cultures	
0	Tronçon Amont Pougny (BV français)																			
Surface cultivée	76 467	3 300	56	1 294	1 315	0	48	275	41	1 433	0	6 324	57 091	79	194	142	0	89	306	
Surface irriguée	433	0	0	39	0	0	0	0	0	15	0	15	0	26	150	0	0	42	28	
1	Tronçon de Pougny à Lagnieu																			
Surface cultivée	169 660	6 579	62	13 507	6 612	0	637	1 031	91	5 608	3	22 430	98 253	89	161	1 327	0	515	1 806	
Surface irriguée	4 780	147	0	3 135	10	0	45	137	8	244	0	38	0	17	128	5	0	160	40	
2	Tronçon de Lagnieu à Ternay																			
Surface cultivée	1 548 296	212 933	233	121 257	114 916	0	11 410	24 723	3 776	47 441	95	139 930	649 542	1 158	4 680	41 294	0	1 841	112 239	
Surface irriguée	32 908	1 090	0	18 965	243	0	1 203	300	312	1 069	0	147	8	768	4 293	0	0	1 542	204	
3	Tronçon de Ternay à Valence (A) + (B)																			
Surface cultivée	434 498	35 398	1 095	30 556	24 287	0	909	8 171	759	8 871	443	38 235	203 683	584	1 798	5 560	0	22 296	12 455	
Surface irriguée	48 210	1 909	367	18 028	866	6	511	1 228	330	1 962	69	3 145	1 194	278	1 556	30	0	13 338	668	
7	(A) Ternay à Valence sauf Isère																			
Surface cultivée	184 804	23 208	627	15 867	15 053	0	268	5 975	402	5 391	229	17 721	58 485	347	1 066	3 469	0	10 290	9 247	
Surface irriguée	19 097	228	64	8 684	216	0	187	284	67	968	20	100	7	134	786	11	0	6 043	321	
8	(B) Bassin de l'Isère																			
Surface cultivée	249 694	12 190	468	14 689	9 234	0	641	2 197	357	3 480	214	20 513	145 197	237	732	2 091	0	12 005	3 208	
Surface irriguée	29 113	1 681	303	9 344	650	6	324	943	264	995	49	3 044	1 188	145	770	20	0	7 295	346	
4	Tronçon de Valence à Viviers																			
Surface cultivée	154 089	12 203	5 355	8 880	8 104	21	602	4 761	845	352	64	13 044	55 559	211	1 439	3 878	0	5 018	5 929	
Surface irriguée	16 213	544	503	5 682	691	15	262	2 234	302	212	1	238	1	170	1 239	64	0	2 582	616	
5	Tronçon de Viviers à Beaucaire (C) + (D)																			
Surface cultivée	687 489	8 784	52 287	3 915	15 839	151	254	7 942	2 503	462	1 264	46 001	191 826	816	7 772	109 366	0	35 109	41 266	
Surface irriguée	80 713	211	3 734	3 291	5 414	96	218	1 614	605	119	55	4 407	14 006	675	9 985	6 065	2	23 379	1 647	
9	Viviers à Beaucaire sauf Durance (C)																			
Surface cultivée	325 605	4 090	25 250	1 765	5 624	0	9	5 606	630	38	142	10 753	50 272	444	4 642	95 452	0	18 148	20 325	
Surface irriguée	16 751	39	103	1 161	346	0	3	502	20	19	0	156	582	253	3 324	2 926	0	5 351	378	
10	Bassin de la Durance (D)																			
Surface cultivée	361 884	4 694	27 037	2 150	10 214	151	245	2 336	1 874	424	1 123	35 248	141 554	372	3 130	13 914	0	16 961	20 941	
Surface irriguée	63 962	173	3 631	2 131	5 068	96	214	1 111	585	100	55	4 252	13 424	422	6 661	3 140	2	18 028	1 269	
6	Tronçon Aval Beaucaire																			
Surface cultivée	130 686	94	12 770	223	18 801	0	0	1 445	1	0	809	4 180	46 757	26	3 100	7 302	0	13 531	4 434	
Surface irriguée	37 818	0	142	168	14 693	0	0	93	0	0	0	663	6 591	307	3 386	1 926	0	8 009	131	

NB : Les surfaces cultivées indiquées correspondent aux surfaces cultivées sur les territoires / sous bassins indiqués ; les surfaces irriguées indiquées correspondent aux surfaces irriguées à partir de l'eau des sous bassins indiqués, elles intègrent par exemples les surfaces de Languedoc Roussillon irriguées à partir du réseau BRL et les surfaces irriguées à partir des canaux de Durance-Verdon.

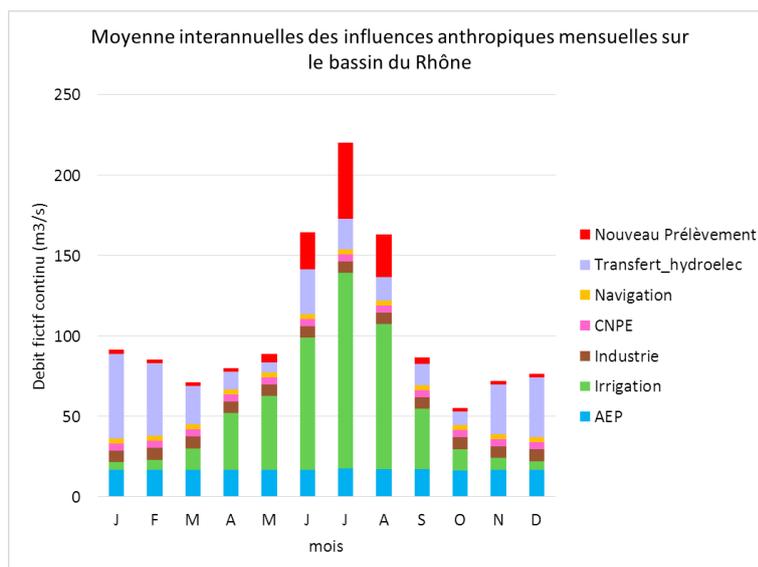
Prélèvement global

Le tableau ci-dessous indique les nouveaux prélèvements calculés

Tableau 4 : Proposition d'un scénario d'augmentation des prélèvements à long terme par tronçon (m³/s)

	Amont Pougny	Pougny Lagnieu	Lagnieu Ternay	Ternay Valence	Valence Viviers	Viviers Beaucaire	Aval Beaucaire	Total Bassin
janv	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.3	0.0	2.3
févr	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.3	0.0	2.3
mars	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.3	0.0	2.3
avr	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.3	0.0	2.3
mai	0.0	0.0	0.0	0.3	0.05	3.6	1.3	5.2
juin	0.0	0.0	0.0	6.6	1.1	10.8	4.4	22.8
juil	0.0	0.0	0.0	21.0	3.8	16.2	6.2	47.3
août	0.0	0.0	0.0	11.5	2.2	10.0	2.7	26.4
sept	0.0	0.0	0.0	0.3	0.07	3.0	0.3	3.7
oct	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.3	0.0	2.3
nov	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.3	0.0	2.3
déc	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.3	0.0	2.3

Figure 4 : Mise en perspective des hausses de prélèvements possibles à long terme avec les prélèvements actuels (hors influence des ouvrages de stockage)



RÉCAPITULATIF DES HYPOTHÈSES PROPOSEES

Le tableau ci-dessus résume en quelques ordres de grandeurs les hypothèses présentées plus haut.

Tableau 5 : Résumé des hypothèses d'évolution des prélèvements retenues

Prélèvements actuels	Prélèvements de référence
« Court terme - Projets 2030 »	Hausse des prélèvements nets sur l'ensemble du bassin de 5 m³/s en juillet , et 2.5 m ³ /s en moyenne annuelle
« Hypothèse maximaliste long terme »	Hausse des prélèvements nets sur l'ensemble du bassin de 47 m³/s en juillet , et 10 m ³ /s en moyenne annuelle

2.2 HYPOTHÈSES DE CHANGEMENT DE LA RESSOURCE

L'état de la science en termes de projections climatiques et hydrologiques permet de définir qualitativement des évolutions probables du régime et des débits du Rhône et de ses affluents mais ne permet pas de les quantifier. Les incertitudes restent très élevées sur les évolutions à attendre.

DESCRIPTION QUALITATIVE DES CHANGEMENTS HYDROLOGIQUES POSSIBLES

Qualitativement, on peut s'attendre aux évolutions suivantes sur le bassin du Rhône :

- ▶ Pour le Rhône alpestre : une hausse des débits au printemps, et une baisse des débits estivaux, en lien avec le décalage de l'onde de fonte. L'évolution des débits sur les autres saisons reste très incertaine. Ces modifications pourraient induire des changements dans la gestion des ouvrages de stockage, dont le lac Léman.
- ▶ Pour l'Ain et la Saône : une baisse des débits estivaux (voire des débits entre mai et novembre), en lien avec la hausse de l'évapotranspiration potentielle et une possible baisse des précipitations estivales. L'évolution des débits hivernaux reste difficile à appréhender.
- ▶ Pour l'Isère : un décalage de l'onde de fonte vers le mois d'avril, qui pourrait induire une baisse des débits de mai-juin. En outre, les débits estivaux, et la ressource moyenne annuelle, pourraient également baisser. Ces changements pourraient également impacter les ouvrages de stockage du bassin.
- ▶ La Durance pourrait également connaître une onde de fonte plus précoce et moins élevée, induisant ainsi une baisse des débits printaniers. On peut également s'attendre à une baisse des débits estivaux. Ces changements pourraient induire une modification dans la gestion des ouvrages de stockage et de transfert.
- ▶ Le Rhône en France pourrait connaître une **baisse marquée de ses débits estivaux**. Cette baisse pourrait s'étendre sur la période de mai-juin à octobre-novembre. Compte tenu des régimes hydrologiques des différents affluents intermédiaires, et de leur sensibilité au changement climatique, il est possible que cette baisse soit plus marquée à l'aval qu'à l'amont du bassin.

On ne peut **pas dégager de tendance sur les débits en hiver** : certaines simulations projettent une hausse, d'autres une baisse des débits. Cela est dû notamment aux **fortes incertitudes sur l'évolution des précipitations**.

Au printemps, la situation est également nuancée :

- Sur le haut Rhône (Pougny-Lagnieu), le décalage et la modification de l'onde de fonte pourrait induire une hausse des débits printaniers.
- Sur le Rhône aval, cet effet se combine à une forte incertitude sur les précipitations. Aussi les apports intermédiaires de l'Ain et la Saône notamment sont très incertains. En outre, les débits de l'Isère pourraient baisser à cette période sous l'effet d'une fonte plus précoce. En conséquence, **il est difficile de dégager une tendance sur les débits du Rhône aval au printemps**.

La plupart des simulations projettent une **baisse de la ressource moyenne annuelle** sur le Rhône.

CHOIX D'UN SCÉNARIO D'ÉTUDE

Comme déjà souligné, la variabilité des résultats des différentes projections existantes est majeure. **Il n'est pas possible aujourd'hui de quantifier ce que sera l'évolution effective des débits du Rhône à l'horizon de 50 ans. On ne dispose que d'images possibles, qui, quantitativement, se contredisent fortement, avec des différences très grandes dans les évolutions possibles annoncées.**

Sur la base de différents travaux existants (Explore 2070, ACQWA, travaux d'EDF), on propose ici de se limiter à quelques chiffres à tester, à dire d'expert, pour l'horizon 2050-60. Ils sont donnés dans le tableau ci-dessous.

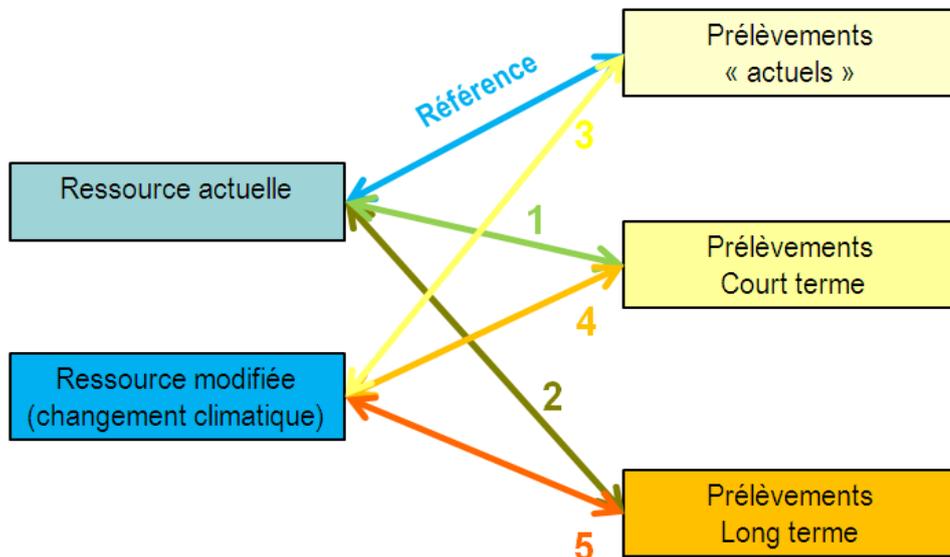
Tableau 6 : Chiffres d'évolution des débits du Rhône à tester – proposés à dire d'expert

	janv.	févr.	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.
Haut Rhône (Pougy - Lagnieu)	-10%	0%	0%	20%	10%	-10%	-30%	-30%	-30%	-10%	-10%	-10%
Rhône aval (Valence - Beaucaire)	-10%	-10%	-10%	-10%	-20%	-20%	-30%	-30%	-30%	-30%	-10%	-10%

Cette hypothèse, parmi les très nombreuses autres possibles, peut être qualifiée de « pessimiste raisonnable ».

2.3 CONSTRUCTIONS DE SCÉNARIOS

Le croisement des hypothèses « prélèvements » et des hypothèses « ressources » conduit aux scénarios suivants :



Ces différents scénarios sont ensuite injectés dans le modèle afin d'étudier la sensibilité du système Rhône aux changements d'usage et de ressources considérés.

2.4 ETUDE DE LA SENSIBILITÉ DES ÉTIAGES DU RHÔNE À DES MODIFICATIONS DES PRÉLÈVEMENTS ET DE LA RESSOURCE

On présente l'effet de ces scénarios sur le système Rhône en termes de :

- ▶ **Débits quinquennaux secs mensuels** au droit des 6 points SDAGE (indicateurs de basses eaux) ;
- ▶ **Empreintes des usages sur la ressource** au droit des 6 points SDAGE (indicateurs du bilan besoins-ressource). L'empreinte est définie dans la présente étude comme le ratio entre ressource mobilisée (somme des influences nettes sur le bassin versant considéré) et la ressource disponible (débits désinfluencés au point étudié). Ce concept est défini en détail dans le rapport de phase 2 mission 2.

On donne en annexe des **fiches-résultats** indiquant les **débits quinquennaux secs mensuels au droit des 6 points SDAGE pour chaque scénario réalisé** :

- ▶ Les débits quinquennaux secs mensuels en situation de référence et avec le scénario considéré ;
- ▶ Le débit satisfait chaque mois 8 années sur 10 (noté Q8/10) en situation de référence, et pour le scénario considéré ;
- ▶ Les écarts, en absolu, de ces indicateurs de basses eaux entre la référence et le scénario ;
- ▶ La représentation graphique de l'amont vers l'aval des débits quinquennaux secs de mai à octobre.

Les graphiques qui suivent donnent une vision synthétique de ces résultats. Les graphes ci-dessous représentent, pour plusieurs scénarios :

- ▶ Les débits quinquennaux secs mensuels du Rhône au droit des six stations de référence ;
- ▶ Les empreintes mensuelles médianes et maximales à Beaucaire.

Figure 5 : Débits mensuels quinquennaux secs au droit des six stations de référence du Rhône pour différents scénarios

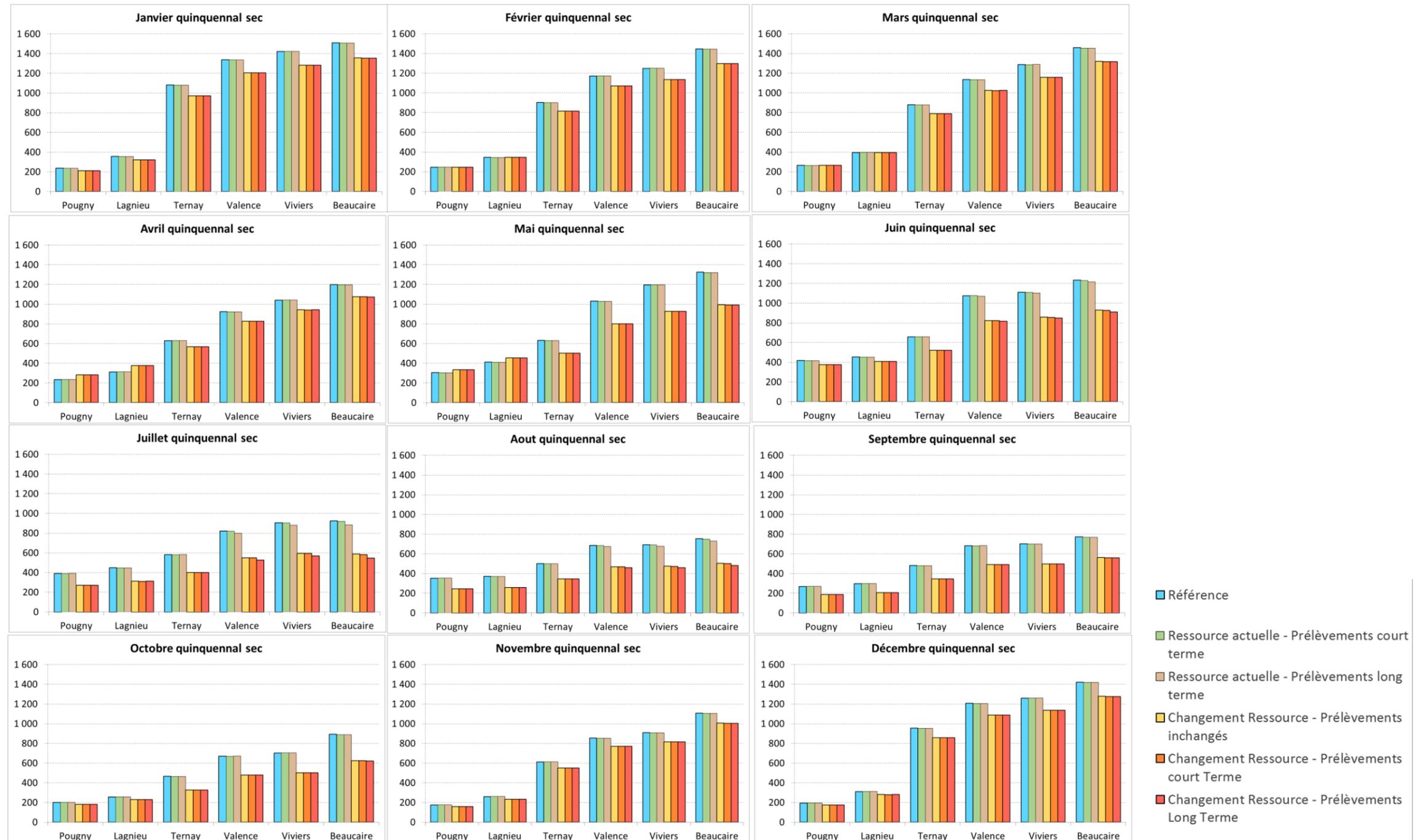


Figure 6 : Empreintes médianes au droit des six stations de référence du Rhône pour différents scénarios

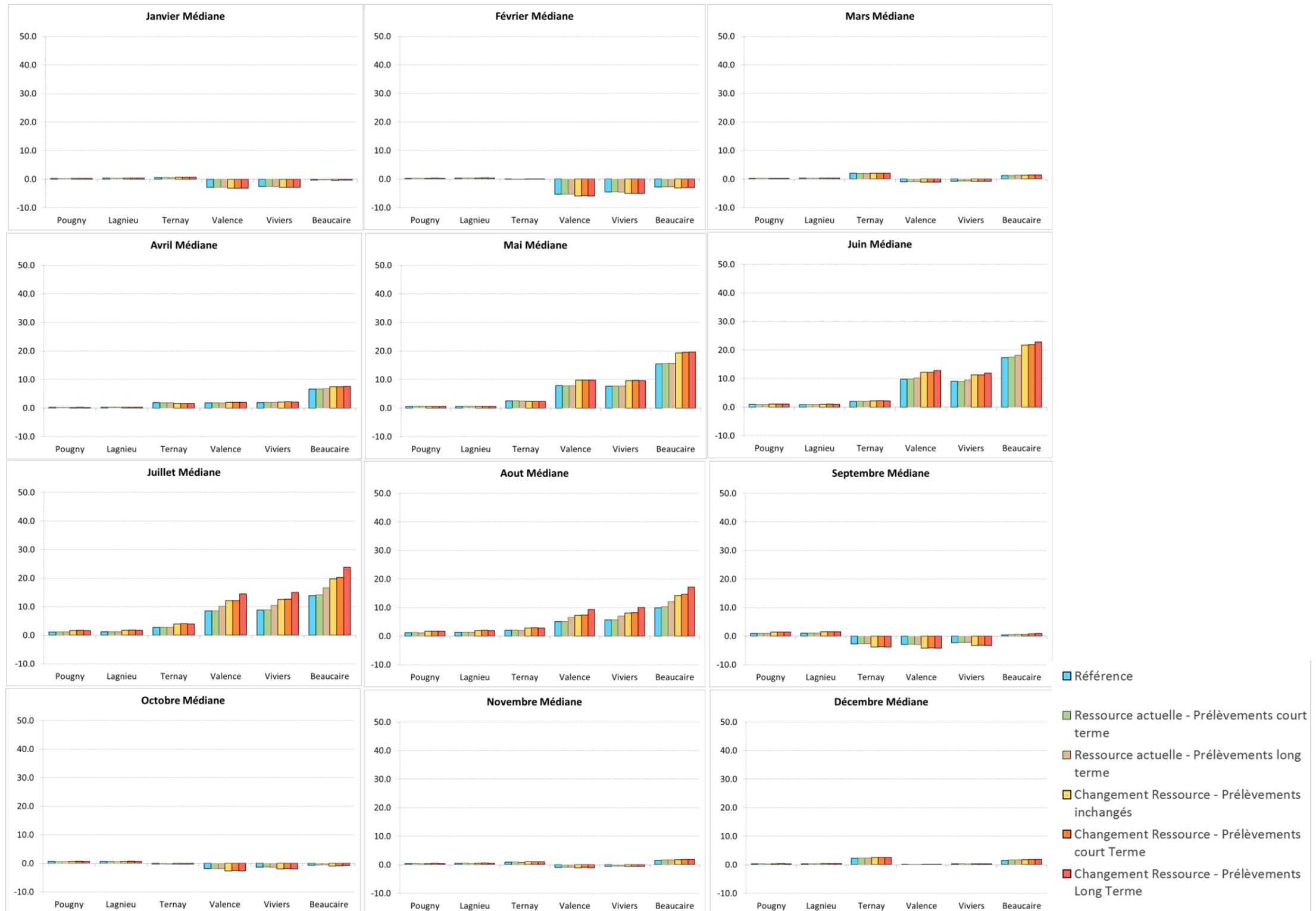
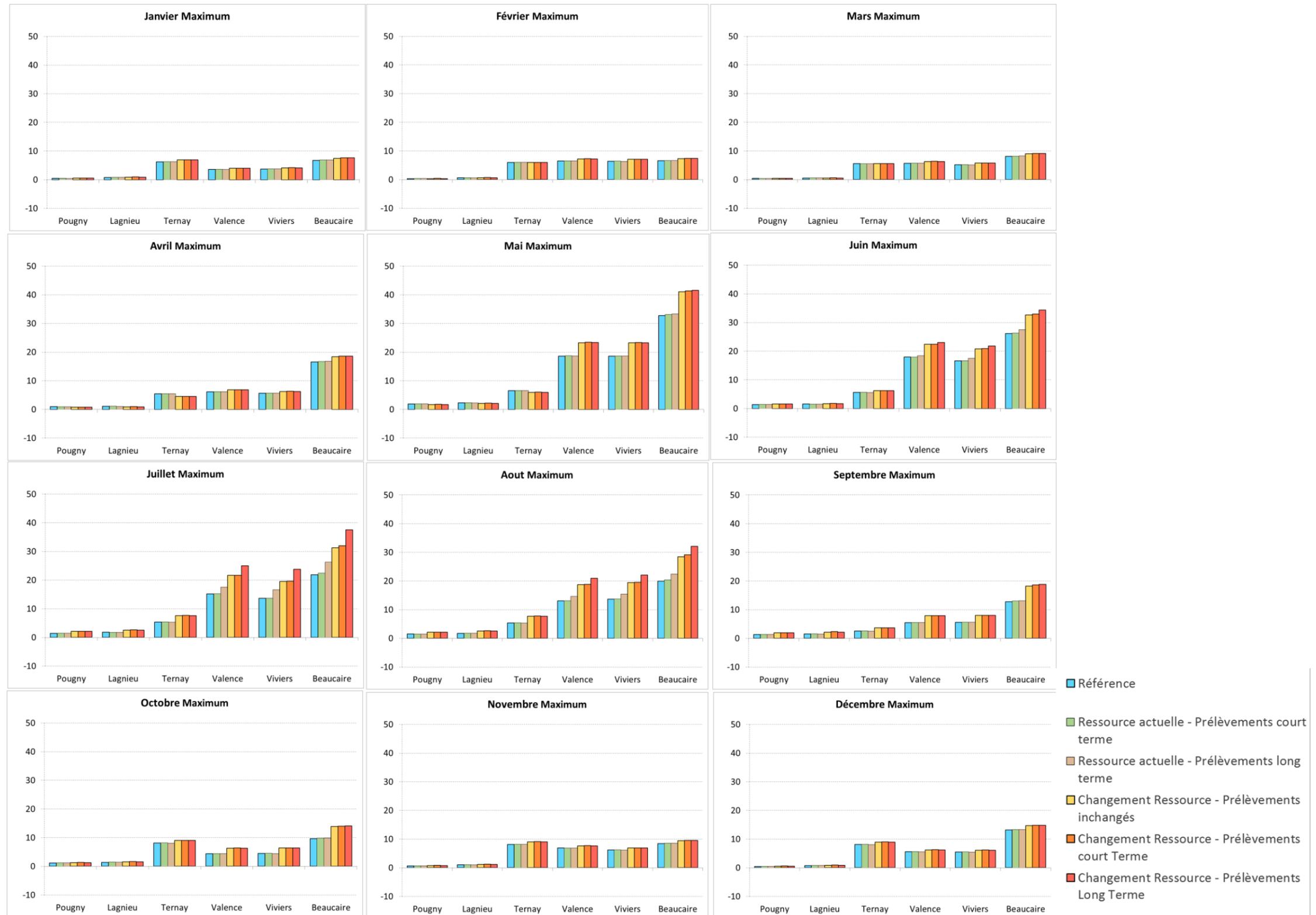


Figure 7 : Empreintes maximales au droit des six stations de référence du Rhône pour différents scénarios



DISCUSSION SUR LA SENSIBILITÉ DU SYSTÈME RHÔNE À DES CHANGEMENTS D'USAGE ET/OU DE RESSOURCE

En climat actuel

Dans les conditions hydrologiques actuelles, le scénario **d'évolution des prélèvements « court-moyen terme »** conduirait à une baisse **des débits mensuels quinquennaux secs du Rhône inférieure à 1%**. En outre, un tel changement n'induirait **pas de modification significative des empreintes sur la ressource**. Ces baisses apparaissent très faibles et confirment les conclusions déjà appréhendées dans les phases ultérieures de l'étude : la ressource en eau disponible dans le fleuve Rhône est telle que les modifications de prélèvement envisagées à court ou moyen terme ne modifient pas de façon conséquente le bilan besoins / ressources.

Le même type de conclusion peut être dressée pour des scénarios particulier du type « passage de toutes les centrales en circuit fermé » ou « arrêt des apports d'eau provenant du bassin de la Loire » (scénarios présentés plus en détail dans le sous-chapitre suivant).

Pour le scénario plus extrême, **de long terme**, scénario correspondant à une hausse de 1 000 000 personnes desservies en eau potable en dehors du bassin et à une hausse de 30 % des surfaces irriguées à partir des eaux du Rhône (les autres prélèvements restant inchangés) et ceci dans l'hypothèse d'une ressource en eau non modifiée par le changement climatique, on note une **baisse relative des débits mensuels quinquennaux secs qui reste inférieure à 5%**. La baisse absolue s'élève à environ 40 m³/s au niveau de Beaucaire au mois de juillet. Cette baisse se traduit par une baisse d'autant du débit mensuel satisfait sans défaillance 8 années sur 10 au droit de Beaucaire mais par aucune baisse de cet indice pour les points nodaux situés plus en amont (car, pour ces points, le mois de pointe des prélèvements n'est pas concomitant avec les mois de plus basses eaux).

Au droit de **Beaucaire** (secteur le plus impacté), dans ce scénario, **l'empreinte médiane au droit de juillet augmente de 3 points** (passage de 14 à 17%).

Dans une hypothèse « pessimiste raisonnable » pour le climat futur

1/ Modification de la ressource ; prélèvements inchangés

Il a été retenu – parmi les scénarios possibles - un **scénario de modification de la ressource sous changement climatique** dit « pessimiste raisonnable » pour dessiner une évolution possible des débits du Rhône à l'horizon 2050-60. Sous cette hypothèse de ressource, le débit du Rhône aval diminuerait de 10 à 30 % selon les mois.

Une **baisse de 30%** de la ressource (au sens de débit désinfluencé) se traduirait à Beaucaire par une baisse des débits quinquennaux secs mensuels de l'ordre de **335 m³/s en juillet et 260 m³/s en août**.

2/ Modification de la ressource ; modification des prélèvements.

Parallèlement, on peut appliquer **l'hypothèse de prélèvements long terme** déjà évoquée : cette hypothèse représente, sur le bassin contributif à **Beaucaire**, **une hausse des prélèvements mensuels de 40 m³/s en juillet**, 25 m³/s en août.

3/ Comparaison des effets « changement climatique » et « changement des prélèvements ».

En conséquence, dans un scénario « long terme » combinant changement climatique et hausse des prélèvements, les débits quinquennaux secs à Beaucaire à juillet baisserait de l'ordre de 375 m³/s : baisse attribuable :

- ▶ A hauteur de 335 m³/s à la partie changement climatique,
- ▶ A hauteur de 40 m³/s à la partie hausse des prélèvements à long terme.

Ainsi, en absolu, l'évolution climatique considérée pèse 8 fois plus que l'évolution des prélèvements en juillet à Beaucaire sur les débits influencés. En août, ce ratio est de 10.

En terme d'empreintes, le tableau ci-dessus et les graphiques d'empreintes présentés plus haut montrent que :

- ▶ L'évolution climatique est le facteur qui implique la plus forte hausse d'empreinte ;
- ▶ Lorsque la ressource baisse fortement, le ratio usages-ressource devient plus sensible à une hausse de prélèvement. En effet, l'augmentation des prélèvements de 40 m³/s en juillet à Beaucaire induit :
 - une hausse de l'empreinte de l'ordre de 3 points pour la ressource actuelle,
 - une hausse de l'empreinte de l'ordre de 6 points pour la ressource modifiée.

Le tableau ci-après permet de cerner les ordres de grandeurs des différents scénarios, pour un mois de juillet quinquennal sec. Il présente une vision simplifiée des résultats, limitée au seul point de référence le plus aval.

Tableau 7 : Ordres de grandeurs des débits quinquennaux secs en juillet à Beaucaire

	Débit désinfluencé (*)	Somme des prélèvements nets sur le bassin à l'amont de Beaucaire (**)	Débit influencé	Empreinte
Référence (Ressource actuelle ; Prélèvements actuels)	1120	200	920	18%
Ressource actuelle ; Prélèvements long terme	1120	240	880	21%
Ressource modifiée ; Prélèvements actuels	785	200	585	25%
Ressource modifiée ; Prélèvements long terme	785	240	545	31%

(*) Débits quinquennaux secs mensuels de juillet - arrondis (valeur référence = 1122 m³/s)

(**) Valeur moyenne de juillet des prélèvements + variations des stocks des barrages - arrondis à la dizaine supérieure (valeur moyenne référence = 193 m³/s)

2.5 ETUDE DE SCENARIOS SPÉCIFIQUES COMPLÉMENTAIRES

Deux scénarios complémentaires ont été testés dans le modèle, relatifs à des usages spécifiques :

- ▶ Un scénario de passage des centrales nucléaires de production d'énergie en circuit fermé pour toutes les tranches ;
- ▶ Un scénario d'arrêt du transfert d'eau du bassin de la Loire vers le bassin du Rhône via le complexe hydroélectrique de Montpezat.

On rappelle que l'étude n'a pas identifié de problème quantitatif sur le Rhône en conditions actuelles, et que ces deux scénarios ne reposent sur aucune réalité à court terme.

2.5.1 Définitions des scénarios

HYPOTHÈSE « CENTRALES EN CIRCUIT FERMÉ »

Ce scénario visant à remplacer des circuits ouverts en circuits fermés ne repose sur aucune étude de faisabilité technico économique ni aucune programmation. Il vise simplement à mieux cerner la sensibilité du système sans préjuger des évolutions à venir sur les CNPE du Rhône.

Actuellement, sur les 4 centrales nucléaires le long du Rhône, on décompte 6 tranches fermées (Bugey et Cruas) et 8 tranches ouvertes (Bugey, St Alban, Tricastin).

Le passage en circuit fermé pour toutes les CNPE le long du Rhône aurait comme conséquence :

- ▶ Des effets pour la thermie du Rhône (non étudiés ici) ;
- ▶ Une augmentation du prélèvement associé aux CNPE.

La consommation en eau pour une tranche de centrale d'une puissance de 900 MW en circuit fermé (ex : Cruas) est de l'ordre de 0.7 m³/s. On peut estimer en première approche que la consommation d'une tranche est proportionnelle à sa puissance.

Tableau 8 : Prélèvements en eau opérés par les centres nucléaires - Situation actuelle

Unités de production	Mise en service	Circuit fermé (aéroréfrigérant)		Circuit ouvert		TOTAL
		Nombre de tranches	Puissance (MW)	Nombre de tranches	Puissance (MW)	Puissance totale (MW)
EDF-CNPE Bugey	1972	2	1 760	2	1 820	3 580
EDF-CNPE St Alban	1985			2	2 600	2 600
EDF-CNPE Cruas	1983	4	3 600			3 600
EDF-CNPE Tricastin ³	1980			4	3 600	3 600

Source : EDF

³ Le prélèvement se fait dans le canal d'aménée de l'aménagement de Donzère-Mondragon

On estime ainsi les nouveaux prélèvements nets associés aux passages en circuit fermé de toutes les CNPE :

Tableau 9 : Construction du scénario « CNPE en circuit fermé »

CNPE	Bugey	St Alban	Cruas	Tricastin
Nombre de tranches en circuit ouvert actuellement	2	2	0	4
Puissance par tranche	0.7	1.0	0.0	0.7
Consommation estimée par tranche équivalente en circuit fermé	1.4	2.0	0.0	2.8
Scénario "circuit fermé" : Nouveaux prélèvements par rapport à la référence (m ³ /s)	1.4	2.0	0.0	2.8

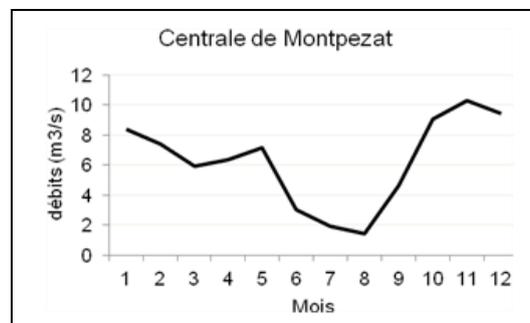
A l'échelle du bassin du Rhône, on peut donc estimer que la consommation des centrales en circuit fermé, pourrait représenter au total, et en ordre de grandeur, un prélèvement net de 11 m³/s, au lieu des 4.5 m³/s actuels soit une hausse de 6.5 m³/s.

HYPOTHÈSE « ARRÊT DES APPORTS D'EAU PROVENANT D'AUTRES BASSINS VERSANTS »

Le principal apport d'eau provenant de l'extérieur du bassin du Rhône est l'apport du bassin de la Loire vers l'Ardèche, via le complexe hydroélectrique de Montpezat. **Cet apport représente en moyenne annuelle 6 m³/s, et de l'ordre de 2-3 m³/s en moyenne en été.**

On propose un scénario pour lequel cet apport n'a plus lieu.

Figure 8 : Débits turbinés par la centrale de Montpezat, transfert d'eau du bassin de la Loire vers le Rhône.
Moyenne 1980-2011.



2.5.2 Etude de la sensibilité des étiages du Rhône à ces scénarios

A nouveau, des fiches-résultats ont été produites pour ces deux scénarios et sont données en Annexe. Il ressort que ces deux scénarios, dans les conditions hydrologiques actuelles, conduiraient à une baisse **des débits mensuels quinquennaux secs du Rhône inférieure à 1%**. En outre, un tel changement n'induirait pas de modification significative des empreintes sur la ressource.

2.6 CONCLUSION PRATIQUE SUR LES MARGES DE MANŒUVRE POUR DE NOUVEAUX PRÉLÈVEMENTS SUR LE RHÔNE ET SA NAPPE

On pourra retenir les points suivants.

En climat actuel :

- ▶ En climat actuel, il existe une marge de manœuvre certaine pour augmenter les prélèvements dans le Rhône ou sa nappe, sans mettre en danger les écosystèmes associés.
- ▶ On pourra toutefois être conduit à limiter des hausses de prélèvements en nappe dans certains secteurs, par exemple pour éviter un rabattement qui nuirait à des écosystèmes rivulaires associés (comme des formations végétales alluviales). La raison ne serait pas alors le manque d'eau global dans le Rhône mais un effet local de rabattement du niveau de la nappe.
- ▶ Cette marge de manœuvre n'a pas été définie, à ce stade, de manière absolue (volumes prélevables) étant donné qu'il n'a pas été défini de débits environnementaux sur le Rhône non court-circuité. En effet, de tels débits n'ont pas été jugés pertinents compte tenu du fonctionnement hydrologique du fleuve.
- ▶ Les gestionnaires du fleuve estiment cependant que la marge de manœuvre effective acceptable est supérieure aux évolutions des prélèvements en eau sur le bassin recensées à court - moyen terme (2021).
- ▶ Les évolutions de court – moyen terme recensées intègrent les projets de développement et les projets d'économie d'eau, et représentent une hausse de l'ordre de 5 m³/s en mois de pointe (juillet), hausse qui représente 3 % des prélèvements nets actuels hors influence des barrages. Cette évolution conduirait à une baisse relative des débits mensuels quinquennaux secs inférieure à 1% sur le tronçon le plus impacté (Rhône aval).
- ▶ Il apparaît que des évolutions plus marquées des prélèvements, en l'absence d'une évolution de l'hydrologie naturelle du fleuve, pourraient également être acceptables.
- ▶ Ainsi, dans un scénario de hausse globale de long terme de près de 50 m³/s (mois de pointe), soit une hausse de près de 30 % des prélèvements nets actuels hors influence des barrages (mois de pointe), la baisse relative des débits mensuels quinquennaux secs sur le tronçon le plus impacté (Rhône aval) reste inférieure à 5 % par rapport à la situation actuelle.
- ▶ A la station de référence la plus aval (Beaucaire), dans ce scénario, l'empreinte moyenne (c'est-à-dire le ratio des prélèvements par rapport à ressource désinfluencée) au mois de juillet augmente de 3 points (passage de 14 à 17 %).

Sous scénario de changement climatique « pessimiste raisonnable » :

- ▶ L'état de la science en termes de projections climatiques et hydrologiques permet de définir qualitativement des évolutions possibles du régime et des débits du Rhône et de ses affluents mais ne permet pas de les quantifier. Les incertitudes restent très élevées sur les évolutions à attendre.
- ▶ En croisant l'ensemble des informations disponibles à ce jour, il a été retenu – parmi les scénarios possibles - un scénario « pessimiste raisonnable » pour dessiner une évolution possible des débits du Rhône à l'horizon 2050-60. Sous cette hypothèse de ressource, le débit du Rhône aval diminuerait de 10 à 30 % selon les mois.
- ▶ Si, parallèlement, on applique l'hypothèse de prélèvements long terme déjà évoquée (hausse de près de 50 m³/s des prélèvements au mois de pointe, soit une hausse de près de 30 %), il ressort que l'évolution climatique pèse 5 à 6 fois plus que l'évolution des prélèvements. Par exemple, pour la station de référence la plus aval, la baisse induite pour un mois estival quinquennal sec (juillet ou août) est de l'ordre de 250 m³/s pour la partie « changement climatique », quand la baisse induite par les prélèvements est de l'ordre de 50 m³/s.

Dans tous les cas :

- ▶ C'est bien la baisse absolue de débits qui devra être surveillée de près par les gestionnaires et les conséquences possibles de cette baisse sur l'écosystème et sur certains usages, par exemple les pompages dans l'extrémité aval du fleuve. Ce tronçon est en effet sous influence de la mer Méditerranée et peut connaître des remontées du coin salé (intrusion d'eau marine dans le lit du fleuve). Ces remontées dépendent de différents facteurs (vitesse et direction du vent, niveau de la mer, débit du fleuve, ...). Le débit du fleuve est le plus déterminant, les remontées ayant lieu lors des bas débits.
- ▶ Au final, il ressort que, étant donné les dynamiques en œuvre, aussi bien celles du changement climatique que celle des évolutions relatives aux prélèvements à court-moyen termes, il n'existe pas d'urgence à définir, en particulier dans le SDAGE 2016-2021, des lignes rouges pour limiter les prélèvements sur le Rhône.

Plusieurs points clé de vigilance sont cependant retenus afin de ne pas subir l'avenir mais bien de l'anticiper :

- ▶ Suivre l'évolution, dans les 10 à 20 prochaines années, d'indicateurs clés du régime et des étiages du Rhône et de ses principaux affluents. La surveillance de cette évolution imposera de se donner les moyens (par exemple tous les 5 à 10 ans) de dresser un état des influences sur les débits du Rhône (gestion du lac Léman, gestion des ouvrages EDF et CNR, prélèvements nets, ...)
- ▶ Suivre la somme des débits et volumes des nouveaux prélèvements effectivement autorisés ;
- ▶ Suivre la gestion effective du lac Léman et plus généralement du bassin amont ;
- ▶ Suivre l'évolution des écosystèmes rhodaniens en lien avec les évolutions hydrologiques mais aussi thermiques.

3. DISCUSSION SUR LES MARGES DE MANŒUVRE POTENTIELLES ASSOCIÉES AUX OUVRAGES DE STOCKAGE SUR LE BASSIN DU RHÔNE

Les grands ouvrages de stockage représentent des volumes mobilisés importants sur le bassin du Rhône, et une part notable des influences anthropiques sur les débits du Rhône.

Dans ce chapitre, on se place dans une situation théorique afin **d'appréhender dans quelle mesure la gestion de ces grands ouvrages de stockage pourrait permettre de soutenir des étiages du Rhône aval, et en particulier les débits estivaux du Rhône, à l'échelle mensuelle**. Il s'agit d'évaluer les ordres de grandeur que peuvent représenter les marges de manœuvre liées aux grands ouvrages sur les débits mensuels du Rhône.

Cette réflexion reste ici purement théorique, sachant que l'on n'identifie pas actuellement de problème quantitatif du Rhône à l'échelle mensuelle.

En outre, cette question est **particulièrement complexe** compte tenu du nombre important d'ouvrages sur le bassin, de la gestion multi-usages qui en est faite, et des nombreux facteurs qui sont pris en compte dans la gestion – en particulier les conditions hydrologiques variables. **Aussi, la présente étude n'a pas vocation à simuler d'autres modes de gestion des ouvrages, mais uniquement à proposer une première approche simplifiée en grands ordres de grandeur.**

Cette réflexion aborde successivement :

- ▶ La régulation du lac Léman ;
- ▶ Les grands ouvrages de stockage sur les affluents français du Rhône.

3.1 LE LAC LÉMAN

3.1.1 Les effets actuels de la régulation du Léman sur les débits du Rhône

On rappelle ci-dessous quelques éléments clés concernant les effets du Léman sur les débits du Rhône aval.

Le Léman module les débits du Rhône :

- à l'échelle horaire

Le barrage du Seujet module le niveau du lac Léman à l'échelle infra-journalière, pour la production hydroélectrique. Cette régulation induit des fluctuations importantes des débits du Rhône sortant du Léman à l'échelle de l'heure en particulier. En conséquence, les débits horaires du Rhône à Genève sont caractérisés par :

- ▶ d'importantes fluctuations, qui peuvent être de l'ordre de 200-300 m³/s (l'amplitude est variable) ;
- ▶ des débits moyens plus faibles le week-end que le reste de la semaine ;
- ▶ régulièrement, mais sur quelques heures en général, des débits minimaux correspondants aux minimaux réglementaires de 50 et 100 m³/s [modalités d'application du règlement de 1997]. En revanche, on rencontre assez rarement ces valeurs de débits à l'échelle mensuelle. Cela a été le cas en mai 2011, qui reste un épisode exceptionnel.

Le graphique de la page suivante est extrait de la chronique des débits à Genève et illustre les fluctuations au pas de temps horaire. On présente également les débits à Pougny, c'est-à-dire à l'entrée du territoire français. Les débits du Rhône à Pougny sont la combinaison des débits sortants du Léman et des apports de l'Arve. On rappelle que le QMNA5 de l'Arve est de 20 m³/s environ, cet affluent représente ainsi un apport important lors de faibles lâchers du Léman. On rappelle également que le débit minimum pour la concession de Verbois, située à l'aval de l'Arve et à l'amont de Pougny, est de 60 m³/s.

➤ à l'échelle mensuelle

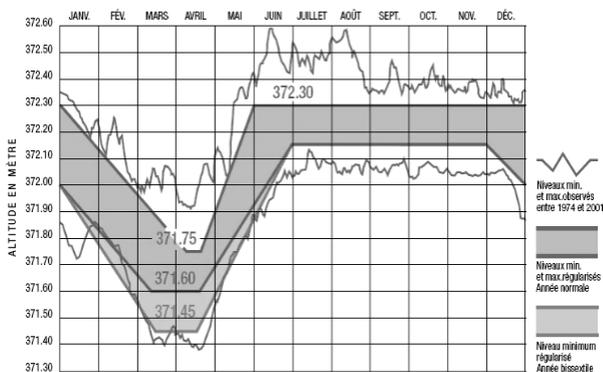
À l'échelle des mois, le niveau du lac Léman est abaissé progressivement de janvier à avril d'environ 70 cm, afin de préparer le stockage printanier de l'onde de fonte et d'écrêter les crues. La cote du lac est rehaussée au cours de mai-juin, et reste relativement stable de juillet à décembre. La variation de volume à l'échelle annuel du lac est de l'ordre de 350 à 500 Mm³/an.

En conséquence, si l'on compare le total des apports au lac et les débits sortants du lac (cf. figure ci-dessous), on peut considérer que le lac Léman, tel qu'il est régulé actuellement, :

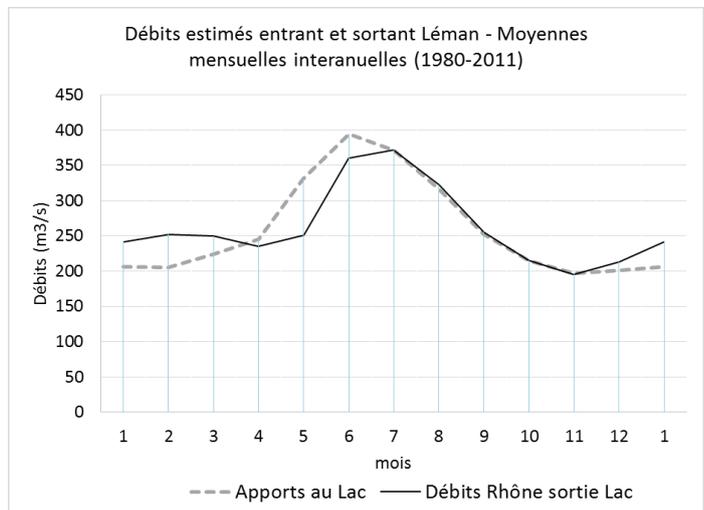
- ▶ soutient des débits de novembre à mars (apport net moyen de 10 à 50 m³/s selon les mois) ;
- ▶ abaisse les débits de avril à juin (stockage assimilable à un abaissement moyen des débits de 10 à 75 m³/s selon les mois) ;
- ▶ est relativement neutre de juillet à novembre.

Figure 9 : A/ Consigne de la cote du Léman ; B/ Estimation des débits mensuels entrants et sortants du Léman (moyenne 1980-2011)

A/

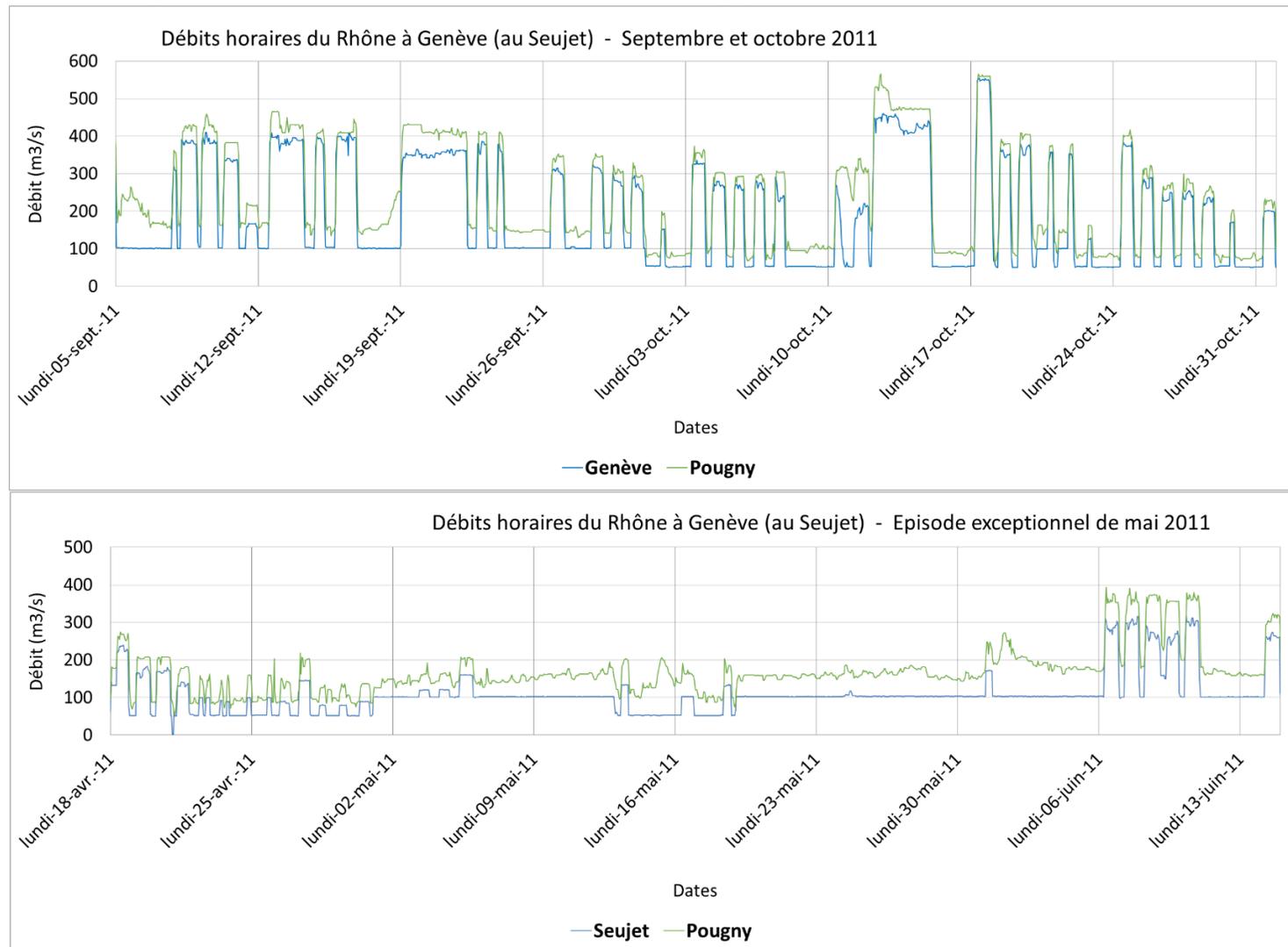


B/



Cette influence du Léman se répercute sur les débits du Rhône plus aval.

Figure 10 : Débits horaires à Genève (sortie Léman) et à Pougny (frontière franco-suisse ; à l'aval de l'Arve).



Dans le cadre de ce document, **on s'intéresse uniquement aux débits mensuels et aux leviers associés à cette échelle de temps**. Il est cependant **important de garder à l'esprit que les effets de la régulation du Léman sur les débits du Rhône à l'échelle journalière et infra-journalière sont très significatifs**. A ce titre, on rappelle qu'un levier pour soutenir les débits du Rhône à l'échelle de quelques jours est déjà en place : il s'agit du **protocole d'Emosson**, qui permet de lâcher un volume total de 87 Mm³ en plusieurs fois dans l'année. Ces lâchers sont souvent sollicités par la France en automne, et notamment le week-end. Ils répondent en général à des demandes d'EDF en lien avec le refroidissement des CNPE.

3.1.2 Scénarios de régulation du Léman et effets sur les débits

Dans ce chapitre, on se place dans une situation théorique afin d'appréhender **dans quelle mesure la régulation du Léman pourrait permettre de soutenir des étiages du Rhône aval, et en particulier les débits estivaux du Rhône, à l'échelle mensuelle**.

Il s'agit d'évaluer **les ordres de grandeur que peuvent représenter les marges de manœuvre liées au Léman sur les débits du Rhône à l'échelle mensuelle**

Cette réflexion reste ici théorique, sachant que l'on n'identifie pas actuellement de problème quantitatif du Rhône à l'échelle mensuelle. Pour alimenter ces réflexions, on propose deux démarches :

- ▶ Dans un premier temps, **on se place dans la plage de consigne des niveaux du lac**, et on cherche à placer la côte du Léman de façon à soutenir davantage les étiages, tout en respectant cette consigne.
- ▶ Dans un second temps, on étudie un **scénario simpliste de côte du Léman qui s'affranchit de la consigne actuelle**, et qui cherche à soutenir les débits estivaux du Rhône aval.

Ces deux démarches, leurs limites, et les effets résultants sur les débits du Rhône aval sont présentés ci-dessous.

CONSTRUCTION DE SCÉNARIOS RESPECTANT DE LA COURBE DE CONSIGNE ACTUELLE

Dans un premier temps, on se place **dans la plage de consigne du Léman**, et on cherche, pour des épisodes d'étiage passés du Rhône, à placer la côte du Léman différemment de l'historique afin de soutenir ces étiages.

Pour construire ces scénarios, on dispose de toute la chronique des débits du Rhône, on est donc capable **de connaître et d'anticiper les étiages des mois** d'une année, et donc **d'optimiser les niveaux du lac** afin de soutenir ces étiages. Dans la pratique, il n'y a pas ou peu de prévisions des étiages du Rhône alpestre à l'échelle saisonnière, il n'est donc pas possible de mettre en œuvre ces scénarios. Ainsi ces scénarios donnent **une valeur maximale du soutien possible, et non réaliste dans la pratique**.

On appelle cela « scénarios en avenir certain », parce qu'il suppose que les débits à venir sont connus. Ce sont donc des scénarios théoriques, qui ont avant tout un **intérêt pédagogique** : il s'agit de fournir des ordres de grandeurs des marges de manœuvre maximales dans le respect de la consigne, et non pas de fournir des scénarios réalistes.

Dans la réalité, ces scénarios pourraient en effet être difficiles à obtenir :

- ▶ Compte tenu de la difficulté de prévoir les apports au Léman à l'échelle saisonnière ;
- ▶ Compte tenu **des aléas hydrologiques à des échelles de temps plus courtes** : crues des apports au Léman, de l'Arve, etc. Cela peut être visible lorsque l'on analyse les débits journaliers des apports et des sorties du Léman.

Sur la question de la prévision, des réflexions débutent actuellement à Genève sur la mise en place **d'un système de prévision saisonnière des débits**. Ce type d'outil pourrait permettre de mieux anticiper des basses eaux de mai-juin, lorsque ces déficits résultent de faibles apports neigeux en particulier. La prévision d'étiage associée à de faibles précipitations (étiages d'août-septembre par exemple) est nettement plus difficile dans la pratique.

On choisit de travailler sur des **épisodes d'étiage sévères du Rhône, identifiés en phase 2** de l'étude, et pour lesquels les débits à Pougny étaient identifiés comme faibles. On fait également le **choix de construire des scénarios orientés vers le soutien des débits estivaux** (période de plus forts prélèvements), **et non nécessairement des plus bas débits (qui surviennent souvent à l'automne)**.

On rappelle **quelques ordres de grandeur** au préalable :

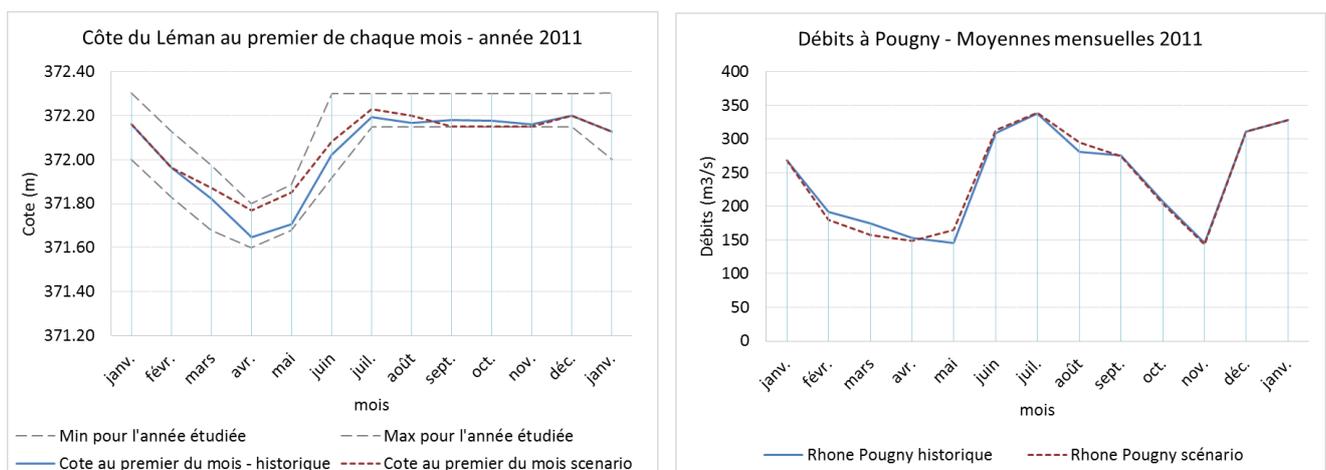
- ▶ Le lac étant d'une superficie de 580 km², une tranche d'**1 cm** du lac représente un volume de 5,8 Mm³.
 - Ce volume déstocké en 4 heures représente un débit continu 400 m³/s ;
 - Sur une journée, cela représente un débit de 67 m³/s ;
 - sur un mois, cela représente 2,2 m³/s.
- ▶ La plage de consigne est, entre juillet et novembre, d'une hauteur de **15 cm** ; ce qui représente un volume de 87 Mm³, soit un débit fictif continu de **33 m³/s sur un mois**.

Ainsi, pour les années sèches 1989, 2005, 2009 et 2011⁴, on construit manuellement des scénarios de gestion de la côte mensuelle du Léman qui induisent un soutien des débits estivaux, tout en respectant la plage de consigne. La construction de ces scénarios repose principalement sur les deux idées suivantes :

- ▶ Abaisser peu la côte en mars-avril (limite hausse de la consigne) peut permettre de réaliser une remontée plus douce du niveau du lac en mai-juin, et donc de soutenir les débits du Rhône en mai-juin.
- ▶ Se placer au 1^{er} juillet dans la partie haute de la plage de consigne de côte du lac, peut permettre d'abaisser la côte pendant juillet et août jusqu'à la limite minimale ; et ainsi soutenir les débits du Rhône en juillet-août.

La figure ci-dessous illustre le scénario construit pour l'année 2011. Ce scénario induit un soutien des débits mensuels du Rhône en mai (+19 m³/s) et en août (+ 14 m³/s) ; et une baisse des débits en février et mars (-12 et -17 m³/s). Les scénarios pour les années 1989, 2005, 2009 et 2011 sont présentés en détails en Annexe.

Figure 11 : Scénario du Léman en 2011



⁴ Années sèches identifiées en phase 2 de l'étude.

mois	Pougny - historique (m3/s)	Pougny - Scénario (m3/s)	Ecart (m3/s)
janv.	268	268	0
févr.	192	180	-12
mars	175	158	-17
avr.	153	149	-5
mai	146	165	19
juin	309	314	5
juil.	338	339	1
août	281	295	14
sept.	276	275	-1
oct.	207	203	-4
nov.	146	143	-2
déc.	311	311	0

Dans la réalité, ces scénarios sont difficiles à obtenir :

- ▶ Compte tenu de la difficulté de prévoir les apports au Léman à l'échelle saisonnière ;
- ▶ Compte tenu des aléas hydrologiques à des échelles de temps plus courtes : crues des apports au Léman, de l'Arve, etc. Cela peut être visible lorsque l'on analyse les débits journaliers des apports et des sorties du Léman.

BILAN

Les scénarios proposés pour les années 1989, 2005, 2009, 2011 amènent aux commentaires suivants :

- ▶ On rappelle qu'ils **maximisent le soutien d'étiage possible** (car ils supposent une connaissance des étiages à venir), et qu'ils concernent 4 années uniquement ;
- ▶ En restant dans la plage de consigne, le **soutien d'étiage** par le Léman pourrait représenter de **l'ordre de + 15 m³/s sur 3 mois ou + 20 à + 30 m³/s sur 2 mois** (jusqu'à +65 m³/s pour juin 1989).
- ▶ Soit de l'ordre de 5-15% des débits à Pougny et de 1-6% des débits à Valence pour ces épisodes.

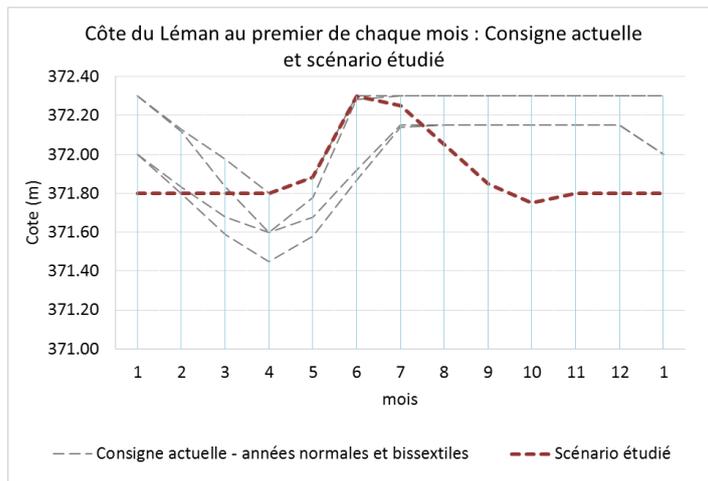
Figure 12 : Effet du scénarios en m3/s par mois, par rapport à la référence.

	1989	2005	2009	2011
janv.	0	0	0	0
févr.	-5	0	0	-12
mars	-13	0	-7	-17
avr.	-28	-8	-8	-5
mai	-18	-13	-28	19
juin	65	11	24	5
juil.	0	15	2	1
août	0	17	35	14
sept.	0	-13	-13	-1
oct.	0	12	-3	-4
nov.	0	-3	-2	-2
déc.	0	-18	0	0

MARGES DE MANŒUVRE AU-DELÀ DE LA CONSIGNE ACTUELLE

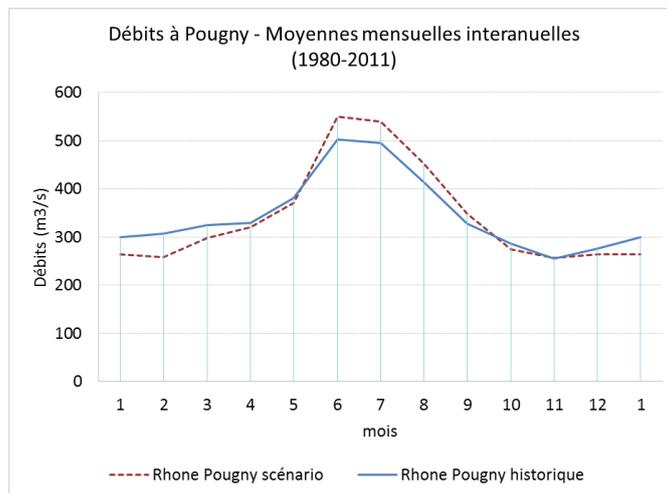
Dans ce chapitre, on teste un **scénario théorique de régulation du lac sans respecter la consigne actuelle**. Le scénario proposé consiste à **abaisser la cote du Léman de 45 cm au cours de l'été (entre le 1^{er} juin et le 1^{er} octobre), en vue de rehausser les débits estivaux pendant cette période**. On se place dans une approche systématique, où la cote du Léman suit chaque année la courbe représentée ci-après.

Figure 13 : Scénario de régulation du Léman, au-delà de la courbe de consigne.



Un tel scénario induit, en **moyenne**, une **hausse des débits estivaux de l'ordre de 40 m³/s**. La figure ci-dessous représente les débits moyens mensuels interannuels à Pougny en référence et avec ce scénario. Cependant, cette situation moyenne ne rend pas compte de la variabilité hydrologique et des limites et nuances associées, évoquées ci-après.

Figure 14 : Débits moyens mensuels interannuels (1980-2011) à Pougny en référence et sous scénario.

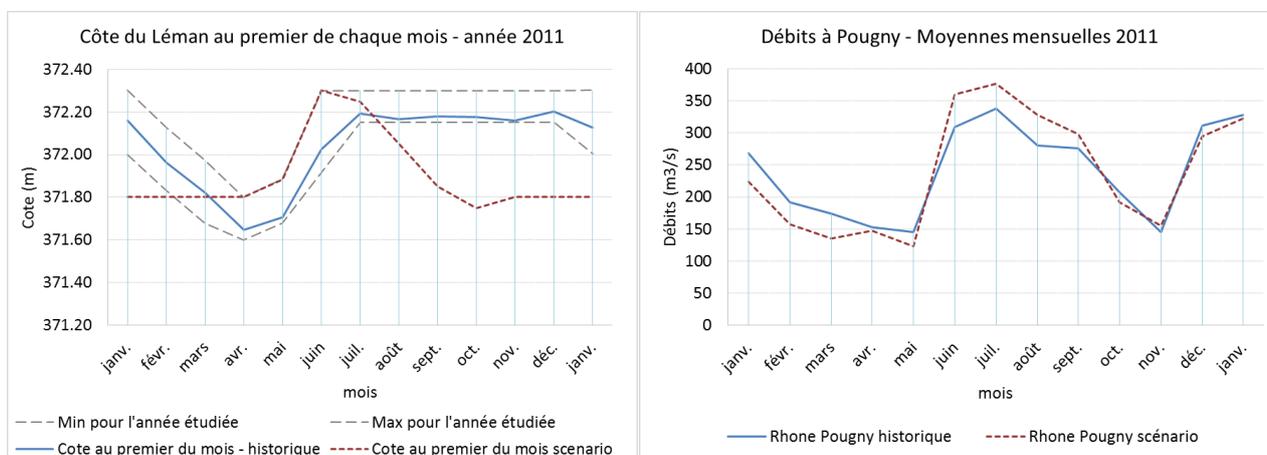


Limites méthodologiques et hydrologiques

On construit ici un **scénario simpliste** qui impose, à chaque premier jour de mois, une cote précise du Léman. Cette consigne permet **d'appréhender les ordres de grandeurs** associés à la gestion des niveaux du Léman, mais pas n'est pas réaliste sur le plan pratique. Dans la **pratique**, il n'est en effet pas possible d'imposer cela, compte tenu des **aléas hydrologiques (la gestion du la cote du Léman dépend des crues amont, des apports de l'Arve, des débits turbinables à Verbois, etc.)**.

De plus, l'effet de ce scénario en moyenne ne représente pas l'effet de ce scénario chaque année ; et un tel scénario simpliste pourrait avoir des effets non souhaitables sur l'hydrologie du Rhône dans certains cas. On peut prendre l'exemple de 2011, marqué par un étiage exceptionnel en mai pour illustrer cela.

En mai, le scénario proposé suit la cote maximale réglementaire du Léman : cela correspond à une remontée assez rapide du niveau du lac pendant le mois de mai. Historiquement, en mai 2011, la remontée du niveau du lac a été moins rapide. En conséquence, le débit mensuel historique de mai 2011 en sortie du Léman est supérieur au débit de mai 2011 issu du scénario. Ainsi, de ce cas précis, le scénario induit une accentuation de l'étiage de mai 2011.



Impacts socio-économiques

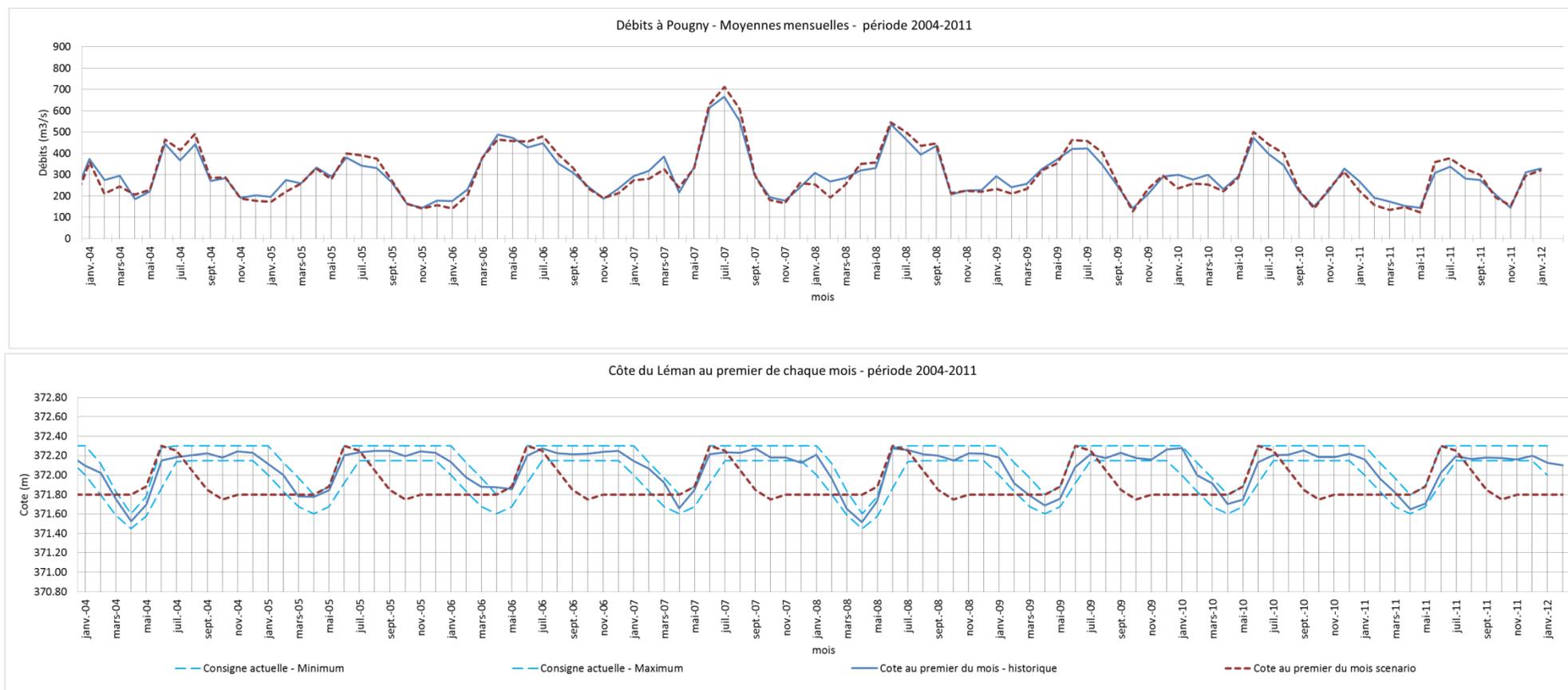
Il est à noter que le scénario proposé ne dépasse pas les côtes maximales de la courbe de consigne actuelle, afin de s'assurer de **garantir la première fonction de la régulation du lac : l'écrêtement des crues et l'évitement des inondations de ses rives**.

Ce scénario induit une baisse de 45 cm du Léman au cours de la période estivale, entre juin et septembre. Ainsi au 1er septembre, le niveau du Léman se trouve à 38 cm sous la médiane de la plage de consigne actuelle. Cette baisse estivale **affecterait principalement la navigation et le tourisme**. En outre, toute la **société riveraine du Léman** s'est organisée sur la base de l'enveloppe actuelle de la cote du Léman. Aussi, se placer au-delà de cette enveloppe pourrait avoir d'importantes **conséquences économiques** et demanderait une importante adaptation.

Intérêt du scénario

Ce scénario a pour seul objectif de donner des ordres de grandeurs de ce que pourrait représenter un abaissement du lac en été de 45 cm, sur les débits mensuels du Rhône. Il ne s'agit pas de construire un scénario réaliste de gestion mais plutôt de fournir des clefs de compréhension pour appréhender quels peuvent être les leviers sur les débits du Rhône.

Figure 15 : A/ Débits mensuels à Pougny entre 2004 et 2011 B/ Cote du Léman au premier du mois entre 2004 et 2011. - Référence et scénario du Léman



Effets sur les débits du Rhône - Fiche-résultat

Une fiche annexée présente les débits quinquennaux secs du Rhône aux 6 points SDAGE, en situation de référence, et avec le scénario décrit précédemment. On peut en tirer les commentaires suivants :

Abaisser la cote du Léman de 45 cm au cours de l'été peut induire, statistiquement :

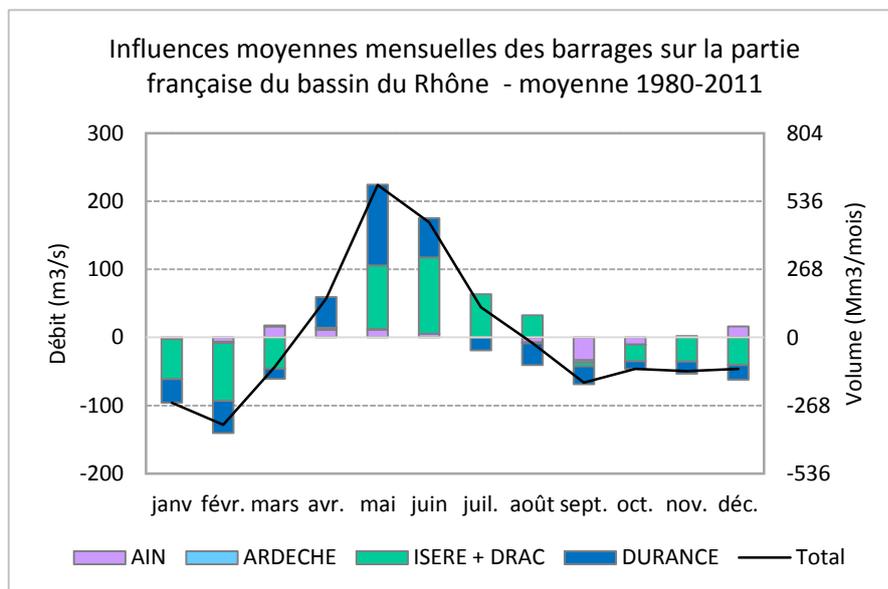
- ▶ Une hausse des débits du Rhône quinquennaux secs d'environ 35 à 50 m³/s de juin à août, et de 10 à 20 m³/s en septembre.
- ▶ Cela représente, pour le mois de juillet : +13% du débit quinquennal sec à Pougny ; +6% à Ternay, +4-5% à Beaucaire.
- ▶ Une baisse des débits quinquennaux secs de l'ordre de 5 à 30 m³/s le reste de l'année ; excepté pour janvier-février où cette baisse atteint 40 à 60 m³/s. Dans la chronique sur 30 ans, on observe :
 - Une baisse systématique des débits de janvier à mars ;
 - Des effets variables sur les autres mois, avec le plus souvent une baisse.
- ▶ Cela représente des baisses d'amplitude :
 - De 5% (automne) à 20% (janvier-février) des débits à Pougny ;
 - Inférieures à 6% des débits à l'aval.

3.2 LES OUVRAGES DE STOCKAGE SUR LES BASSINS AFFLUENTS FRANÇAIS DU RHÔNE

3.2.1 Rappel des grands ordres de grandeurs

Sur la partie française du bassin du Rhône, les plus grands volumes de stockage sont situés sur le bassin de la Durance et sur le bassin de l'Isère. Sur ces bassins alpins, les ouvrages stockent principalement pendant l'onde de fonte, **d'avril à juillet. Au 1^{er} juillet, environ 1 260 Mm³ sont stockés en moyenne sur les ouvrages des bassins de l'Isère et la Durance.** Ce volume stocké est variable selon les années : il varie entre 760 à 1 820 Mm³ ces trente dernières années. Les variations de stocks dépendent de la gestion et de l'hydrologie des cours d'eau.

La figure ci-dessous représente la moyenne des influences mensuelles des ouvrages de stockage, par grand bassin versant.



Ainsi, si l'on imaginait, dans un cadre purement **théorique**, déstocker brutalement les stocks des barrages des bassins de l'Isère et la Durance sur les mois de juin à août, afin de soutenir les débits estivaux, ces lâchers représenteraient un **débit fictif continu de 95 à 230 m³/s pendant trois mois (160 m³/s en moyenne).**

3.2.2 Eléments de discussion sur les marges de manœuvre existantes

L'étude n'a pas identifié de problème quantitatif du Rhône à l'échelle mensuelle. Cependant, dans une démarche similaire à celle proposée sur le lac Léman, on se place ici dans un cadre théorique de réflexion sur la question suivante : quelles pourraient être les marges de manœuvre sur les volumes stockés et déstockés par les ouvrages de stockage du bassin, dans la perspective d'atténuer les étiages du Rhône ?

Des discussions avec EDF ont été menées afin d'appréhender ces marges de manœuvre sur la gestion des ouvrages de stockage. Ces échanges amènent les commentaires suivants de la part du gestionnaire.

SUR LE BASSIN DE L'AIN, LE BARRAGE DE VOUGLANS ASSURE ACTUELLEMENT UN SOUTIEN D'ÉTIAGE. LES MARGES DE MANŒUVRE SONT TRÈS LIMITÉES.

Sur le bassin de l'Ain, le lac de Vouglans est géré par EDF, afin de produire de l'hydroélectricité. Cela étant, de façon volontaire et selon le niveau de remplissage de la retenue, EDF peut assurer un écrêtement des crues ou faire du soutien d'étiage.

Des volumes sont stockés de mars à juin, représentant de l'ordre de 70 à 250 Mm³ selon les années, pour la plupart des années. Ces volumes sont déstockés entre août et octobre en général, afin d'assurer un soutien d'étiage, une production hydroélectrique, et en prévision des crues de fin d'année.

Pour assurer le soutien d'étiage en période estivale, EDF maintient à l'aval de l'usine de l'Allement un débit de 12,3 m³/s, dans la mesure du possible vis-à-vis des conditions hydroclimatiques et du maintien de la côte touristique de la retenue de Vouglans. En outre, la cellule d'alerte peut demander des lâchers d'eau spécifiques de courtes durées visant à améliorer l'état des milieux aquatiques de la rivière de l'Ain.

La gestion du barrage du Vouglans est fortement contrainte par le multi-usages.

LES OUVRAGES SUR LE BASSIN DE L'ARDÈCHE ONT ACTUELLEMENT UNE FORTE VOCATION DE SOUTIEN D'ÉTIAGE MULTI-USAGE.

Les barrages de Villefort, Puylaurent et Roujanel assurent un stockage et déstockage saisonniers sur le haut bassin de l'Ardèche⁵. Les ouvrages de stockage et déstockage du haut bassin de l'Ardèche ont une forte vocation de soutien d'étiage multi-usages sur le bassin.

Le soutien d'étiage a notamment pour objectifs la compensation des prélèvements pour l'AEP et l'irrigation, la compensation des pertes karstiques, la réalimentation de l'Ardèche aval et la sécurisation des usages sur ce secteur (prélèvements, navigation, tourisme)⁶. Les déstockages ont lieu de juillet à septembre. Les déstockages en période estivale représentent des débits fictifs continus de l'ordre de 1 à 6 m³/s.

On n'identifie pas, sur ce bassin, de marge de manœuvre permettant d'augmenter le soutien d'étiage, au-delà des déstockages déjà réalisés actuellement.

SUR LE BASSIN DU DRAC, LES APPORTS AU BARRAGE SONT IMPORTANTS, ET POURRAIENT PERMETTRE UN SOUTIEN D'ÉTIAGE NOUVEAU

Le bassin du Drac est influencé par les variations des réserves du Sautet, de St Pierre, de Monteynard et de Notre Dame et par la dérivation du canal de Gap. Le volume utile des ouvrages de stockage saisonnier de Monteynard et Sautet représente 280 Mm³. **Ces barrages sont à vocation de production hydroélectrique. Sur une année, plusieurs stockages et déstockages peuvent avoir lieu.**

EDF indique disposer d'une certaine **souplesse hydraulique** sur ce bassin, à la différence de tous les autres bassins affluents du Rhône concernés par des ouvrages de stockage. En effet, sur ce bassin, **les apports représentent un volume nettement plus important que les volumes des retenues :**

- ▶ Le débit moyen du Drac au Sautet est de 33 m³/s, soit de l'ordre d'un milliard de m³/an. En mai et juin, les débits mensuels moyens sont de l'ordre de 65 m³/s, en moyenne interannuelle.
- ▶ Les volumes utiles des ouvrages de stockage saisonnier sont de l'ordre de 350 Mm³/an.

⁵ L'aménagement hydroélectrique du bassin comprend également le barrage de Montpezat, qui assure le transfert d'eau du bassin de la Loire vers le bassin de l'Ardèche.

⁶ D'après l'étude volumes prélevables de l'Ardèche

Il est donc envisageable de gérer des lâchers supplémentaires pour des objectifs de soutien d'étiage, tout en assurant le bon remplissage des retenues et le bon fonctionnement des ouvrages. Actuellement, en période estivale, de juin à septembre, les ouvrages stockent ou déstockent selon les années considérées. Le chapitre suivant apporte des éléments complémentaires sur les volumes mobilisables sur le Drac.

SUR LE BASSIN DE L'ISÈRE (HORS DRAC), LA GESTION DES OUVRAGES EST DÉJÀ TRÈS CONTRAINTE

Le bassin de l'Isère (hors bassin du Drac) est influencé, à l'échelle saisonnière, par de nombreux ouvrages de stockage. Les volumes utiles de ces ouvrages pris individuellement sont inférieurs à 270 Mm³ ; ils totalisent sur le bassin versant un volume utile de l'ordre de 990 Mm³. La somme des influences de ces ouvrages, à l'échelle du bassin de l'Isère, représente un stockage de mai à août, d'un volume total de l'ordre de 400 à 800 Mm³ en général.

D'après EDF, les marges de manœuvre sont inexistantes sur ce bassin, car la gestion des ouvrages est fortement contrainte par l'équilibre offre/demande en électricité.

LA GESTION DES OUVRAGES SUR LE BASSIN DE LA DURANCE EST UNE GESTION MULTI-USAGES, AVEC UNE FORTE VOCATION DE SOUTIEN POUR L'IRRIGATION

Les ouvrages de stockage sur le bassin de la Durance sont les barrages de Serre-Ponçon (Durance amont), Sainte Croix (Verdon) et Castillon (Verdon). Ils stockent pendant la période de hautes eaux de ces cours d'eau, correspondant à l'onde de fonte.

En moyenne, le stockage s'effectue principalement de mars à juin. Les volumes stockés sur cette période sont de l'ordre de 480 à 900 Mm³. En mai, le stockage moyen de ces ouvrages (calculé sur 1980-2011) correspond à un débit fictif continu de 120 m³/s environ. De juillet à septembre, les barrages déstockent un volume de l'ordre de 70 à 290 Mm³.

Ces ouvrages ont une double vocation hydroélectrique et agricole. Les réserves d'eau sont également utilisées pour des usages AEP et industriels.

Les volumes réservés à l'irrigation sont de 200 Mm³ pour le barrage de Serre-Ponçon, 140 Mm³ pour le barrage de Sainte Croix et 85 Mm³ pour le barrage de Castillon. Lors des épisodes de sécheresse, EDF indique ne disposer d'aucune marge de manœuvre sur les volumes déstockés.

3.2.3 Marges de manœuvre sur les barrages du Drac

Les principaux volumes de stockage sur le bassin du Drac sont ceux des **barrages du Sautet et de Monteynard**. L'étude de données sur la gestion de ces barrages, nous amène aux estimations suivantes :

Parmi les ouvrages de stockage présents sur les affluents du Rhône (partie française), **les barrages pour lesquels on dispose d'une plus grande marge de manœuvre en termes de modification de la gestion sont les barrages du Drac**, d'après EDF. En effet, ces barrages reçoivent des apports importants, relativement à leur volume de stockage, il est ainsi possible, comme déjà indiqué, d'effectuer plusieurs remplissages au cours d'une année. En outre, ces ouvrages sont moins contraints que les barrages de l'Ain, de la Durance et du Verdon, en terme de demandes multi-usages. De plus, un volume d'eau déstocké des barrages du Drac permet une production énergétique nettement moins importante que celle des ouvrages du haut bassin de l'Isère.

Dans le cadre de la présente étude, et dans une démarche similaire à celle proposée pour le lac Léman, on cherche à **appréhender, en grands ordres de grandeur, les volumes mobilisés par les ouvrages du Drac, et les marges de manœuvre potentielles de soutien des débits du Rhône à l'échelle mensuelle. Autrement dit, on se place dans une situation théorique, dans laquelle on se demande dans quelle mesure la gestion des barrages du Drac pourraient permettre de soutenir les étiages du Rhône aval, en particulier en été.** Cette réflexion reste ici théorique, sachant que l'on n'identifie pas actuellement de problème quantitatif du Rhône à l'échelle mensuelle.

Les deux principaux barrages sur le bassin du Drac sont, en volume, les barrages de **Monteynard** et du **Sautet**. On considère uniquement ces deux ouvrages dans cette première approche. Pour ces deux ouvrages, on cherche à estimer **les volumes moyens disponibles au 1^{er} juillet**, par rapport à la côte minimale d'une part, et par rapport à la côte touristique d'autre part.

1/ Barrage de Monteynard :

D'après les données EDF, au 1^{er} juillet, le volume moyen du lac est de 150 Mm³ au-dessus de la côte minimale, (entre 120 et 180 Mm³ selon les années). On estime que cela correspond à une côte d'environ 485 m, soit 5 m au-dessus de la cote touristique (fixée à 480 m du 01/07 au 15/09), et 35 m au-dessus de la cote minimale d'exploitation.

En conséquence, on estime que le volume disponible au 1^{er} juillet est, en moyenne, de :

- ▶ 150 Mm³ au-dessus de la côte minimale - (entre 120 et 180 Mm³ selon les années) ;
- ▶ 30 Mm³ au-dessus de la côte touristique - (entre 0 et 60 Mm³ selon les années) ;

2/ Barrage du Sautet :

D'après les données EDF, au 1^{er} juillet, le volume moyen du lac est de 70 Mm³ au-dessus de la côte minimale, compris entre 40 et 90 Mm³ selon les années. On estime que cela correspond à une côte d'environ 758 m, soit quasiment à la côte touristique.

3/ Bilan :

En conséquence, on estime que les volumes stockés dans les barrages du Drac représentent :

- ▶ Un volume total au-dessus des côtes minimales de 220 Mm³ en moyenne (compris entre 180 et 280 Mm³ selon les années). Cela représente des lâchers potentiels (théoriques) sur 3 mois compris entre 22 et 34 m³/s (28 m³/s pour la moyenne).
- ▶ Un volume total au-dessus des côtes touristiques de 30 Mm³ en moyenne. Cela représente un lâcher potentiel (théorique) sur 3 mois de l'ordre de 3,7 m³/s.

EFFETS SUR LES DÉBITS DU RHÔNE

Dans le cadre de la gestion actuelle des barrages du Drac, et dans le respect des côtes touristiques existantes, les volumes mobilisés pourraient permettre un soutien d'étiage de l'ordre de grandeur de 3 - 4 m³/s pendant 3 mois entre le 1^{er} juillet et le 1^{er} octobre.

Un tel soutien concernerait le Rhône à l'aval de Valence, et représenterait **moins de 1% des débits mensuels quinquennaux sec** à Valence, Viviers et Beaucaire. En outre, cela n'induirait pas de modification significative des empreintes.

Si l'on imagine un scénario sans le respect des côtes touristiques, les volumes mobilisés par les barrages du Drac pourraient permettre un soutien d'étiage de l'ordre de grandeur de 20 à 35 m³/s pendant 3 mois, entre le 1^{er} juillet et le 1^{er} octobre.

Un tel volume déstocké représenterait une hausse de l'ordre de **3 à 4% des débits mensuels quinquennaux secs estivaux** à Valence, Viviers et Beaucaire. Cela pourrait induire une baisse de l'empreinte estivale en ces points de l'ordre de 3 points. Un tel scénario induirait par ailleurs une baisse des débits à d'autres périodes de l'année.

ANNEXES

Annexe 1 : Fiches résultats – Scénarios

Scénario : Scénario d'augmentation des prélèvements à court terme

Description du scénario :

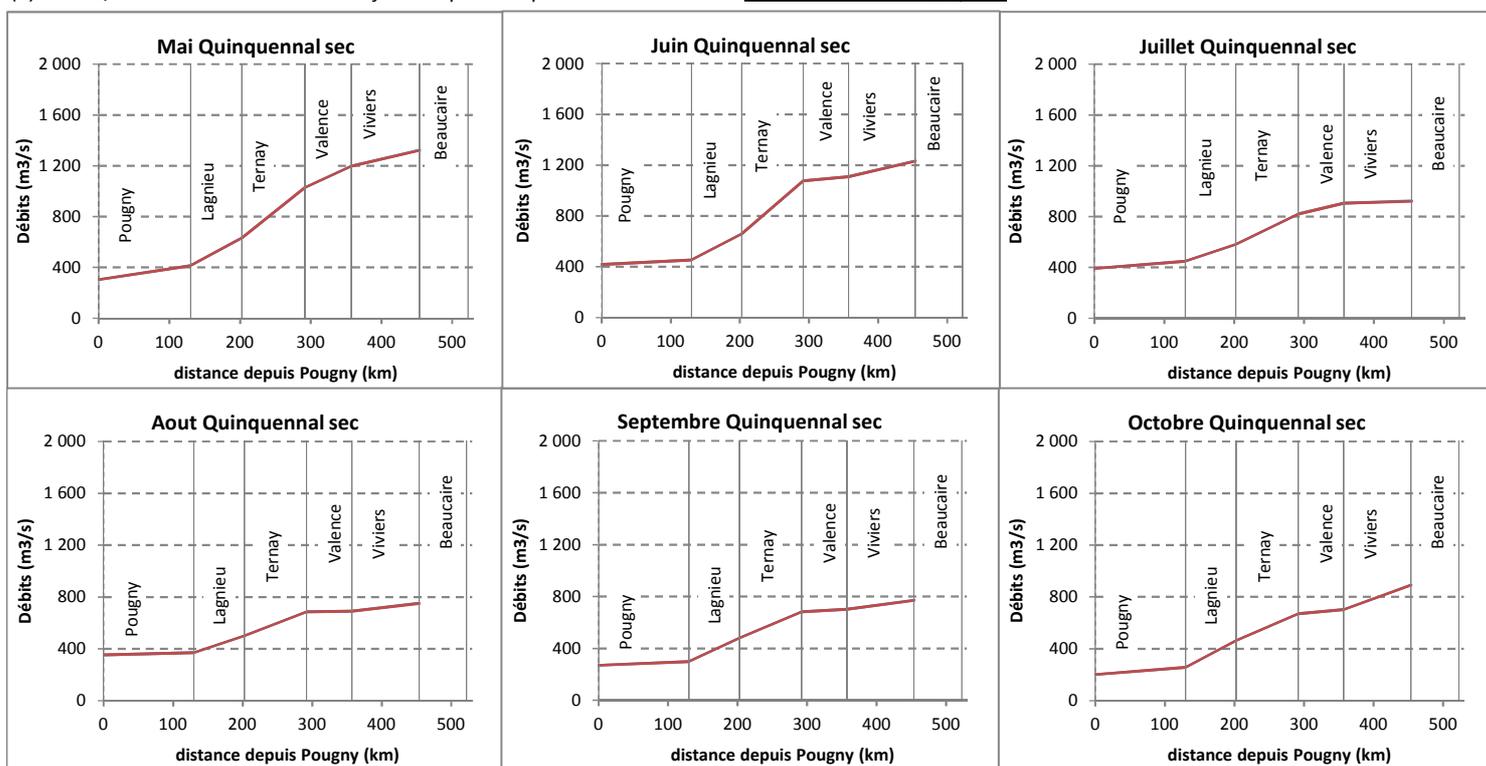
Ce scénario inclut

- une évolution possible des prélèvements nets AEP à court terme ;
- la prise en compte des projets multi-usages en cours ou à l'étude (Liaison SCP Verdon St-Cassien ; Aqua Domitia ; Extensions du réseau BRL ; Adduction Rhône Alès ; Autres projets SCP ; Réseau Nord-Ouest Vaucluse ; Projets d'économies d'eau de canaux agricoles).

Résultats :

		Débit quinquennal sec mensuel (m3/s)												Q8/10 (m3/s) *
		Janv.	Févr.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	
Pougny	Référence	236	247	264	235	304	418	391	353	269	202	175	195	150
	Scénario	236	247	264	235	304	418	390	353	269	201	175	195	150
	Différence	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lagnieu	Référence	356	345	395	313	412	453	447	371	298	257	261	311	190
	Scénario	356	345	395	312	412	453	447	371	297	257	260	311	190
	Différence	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ternay	Référence	1 080	902	879	630	632	659	582	500	481	465	613	954	420
	Scénario	1 080	901	879	630	631	659	581	500	480	464	613	954	420
	Différence	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Valence	Référence	1 336	1 173	1 134	923	1 030	1 077	820	685	683	670	853	1 207	600
	Scénario	1 336	1 172	1 134	923	1 029	1 076	819	685	682	670	853	1 206	600
	Différence	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Viviers	Référence	1 423	1 251	1 288	1 041	1 197	1 110	904	691	701	704	909	1 260	630
	Scénario	1 423	1 250	1 288	1 041	1 196	1 109	904	691	701	703	909	1 259	630
	Différence	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Beaucaire	Référence	1 509	1 447	1 458	1 199	1 324	1 234	924	753	773	892	1 108	1 421	690
	Scénario	1 507	1 445	1 457	1 198	1 322	1 231	919	749	770	891	1 106	1 419	690
	Différence	-2	-2	-2	-1	-2	-3	-5	-4	-3	-1	-2	-2	0

(*) : Le Q8/10 est le débit mensuel satisfait chaque mois pour 8 années sur 10. Il est calculé à 10 m3/s près.



A retenir : Ce scénario conduirait à une baisse des débits mensuels quinquennaux secs du Rhône inférieure à 1%.

Scénario : Scénario extrême d'augmentation des prélèvements à long terme

Description du scénario :

Dans ce scénario, on suppose que :

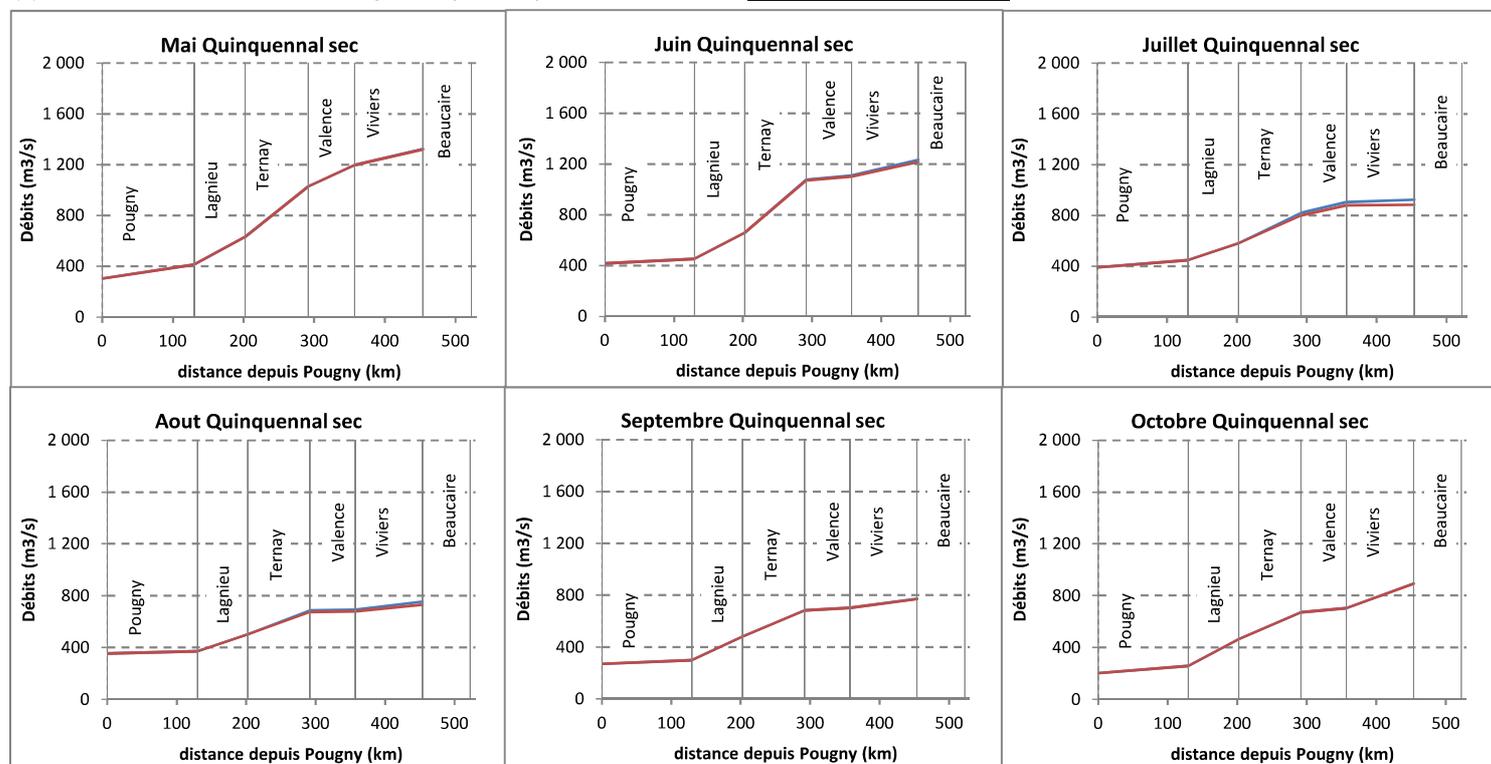
- 1 000 000 nouveaux habitants du sud de la France (PACA / Languedoc Roussillon), sont alimentés par de la ressource en eau soustraite définitivement du bassin du Rhône ;
- toutes les surfaces cultivées aujourd'hui en maïs et verger au sud de Lyon seront irriguées ;
- 15 000 ha de vignes seront également irriguées à partir des eaux du bassin.

Cela revient à une hausse de 30% des surfaces irriguées actuelles.

Résultats :

		Débit quinquennal sec mensuel (m3/s)												Q8/10 (m3/s) *
		Janv.	Févr.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	
Pougy	Référence	236	247	264	235	304	418	391	353	269	202	175	195	150
	Scénario	236	247	264	235	304	418	391	353	269	202	175	195	150
	Différence	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lagnieu	Référence	356	345	395	313	412	453	447	371	298	257	261	311	190
	Scénario	356	345	395	313	412	453	447	371	298	257	261	311	190
	Différence	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ternay	Référence	1 080	902	879	630	632	659	582	500	481	465	613	954	420
	Scénario	1 080	902	879	630	632	659	582	500	481	465	613	954	420
	Différence	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Valence	Référence	1 336	1 173	1 134	923	1 030	1 077	820	685	683	670	853	1 207	600
	Scénario	1 336	1 173	1 134	923	1 030	1 070	799	674	682	670	853	1 207	600
	Différence	0	0	0	0	0	-7	-21	-11	0	0	0	0	0
Viviers	Référence	1 423	1 251	1 288	1 041	1 197	1 110	904	691	701	704	909	1 260	630
	Scénario	1 423	1 251	1 288	1 041	1 196	1 102	880	678	701	704	909	1 260	630
	Différence	0	0	0	0	0	-8	-25	-14	0	0	0	0	0
Beaucaire	Référence	1 509	1 447	1 458	1 199	1 324	1 234	924	753	773	892	1 108	1 421	690
	Scénario	1 507	1 444	1 456	1 197	1 320	1 215	883	730	769	890	1 106	1 419	650
	Différence	-2	-2	-2	-2	-4	-18	-41	-24	-3	-2	-2	-2	-40

(*) : Le Q8/10 est le débit mensuel satisfait chaque mois pour 8 années sur 10. Il est calculé à 10 m3/s près.



A retenir : Ce scénario induit une baisse des débits estivaux quinquennaux secs de l'ordre de 10 à 25 m³/s à Valence et Viviers ; et de 20 à 40 m³/s à Beaucaire. Soit **1 à 4% des débits estivaux quinquennaux secs**.

En outre, ce scénario induit une baisse du Q8/10 à Beaucaire de l'ordre de 40 m³/s. En revanche, les Q8/10 des autres points SDAGE, plus à l'amont, restent inchangés.

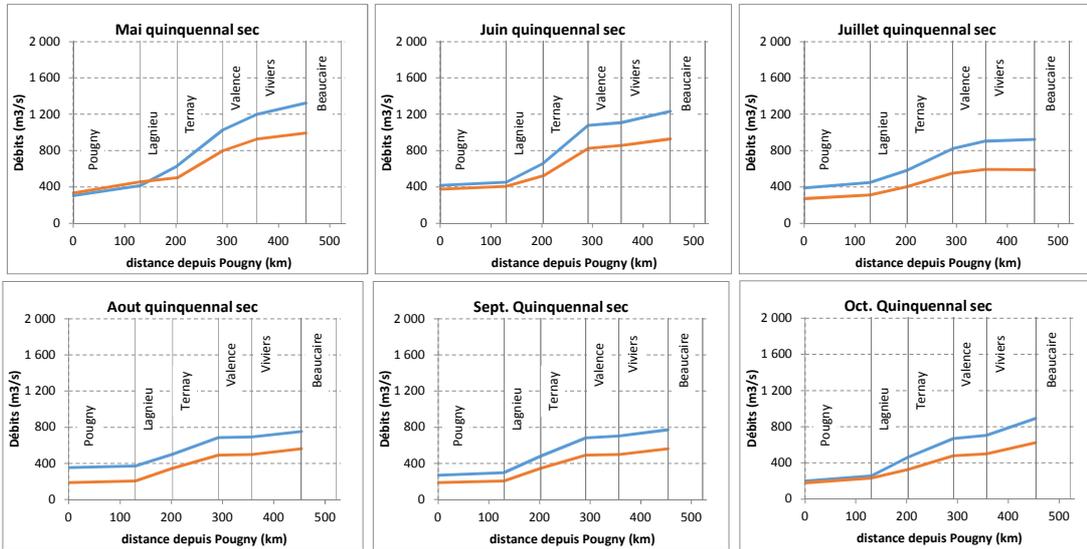
Enfin, ce scénario induit une **augmentation des empreintes des usages en été de 1 à 4 points** au maximum, par rapport à la référence. Par exemple, l'empreinte médiane des usages à Beaucaire en juillet passe de 14% (référence) à 17%.

Scénario de changement de la ressource - Usages actuels

Résultats :

		Débit quinquennal sec mensuel (m3/s)												Q8/10 (m3/s) *
		Janv.	Févr.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	
Pouigny	Référence	236	247	264	235	304	418	391	353	269	202	175	195	150
	Scénario	213	247	264	282	335	375	272	246	188	181	158	176	140
	Différence	-24	0	0	47	31	-42	-119	-107	-81	-20	-18	-20	-10
Lagnieu	Référence	356	345	395	313	412	453	447	371	298	257	261	311	190
	Scénario	320	345	395	375	454	407	311	258	207	231	234	280	170
	Différence	-36	0	0	63	41	-46	-136	-113	-91	-26	-26	-31	-20
Ternay	Référence	1 080	902	879	630	632	659	582	500	481	465	613	954	420
	Scénario	972	816	789	567	502	522	401	346	347	328	552	858	300
	Différence	-109	-86	-90	-64	-129	-137	-180	-155	-134	-137	-61	-97	-120
Valence	Référence	1 336	1 173	1 134	923	1 030	1 077	820	685	683	670	853	1 207	600
	Scénario	1 205	1 070	1 024	828	801	824	549	470	490	479	770	1 087	430
	Différence	-131	-102	-110	-95	-229	-253	-271	-216	-192	-192	-83	-120	-170
Viviers	Référence	1 423	1 251	1 288	1 041	1 197	1 110	904	691	701	704	909	1 260	630
	Scénario	1 283	1 137	1 160	942	926	857	594	474	499	501	815	1 136	430
	Différence	-140	-113	-129	-100	-270	-253	-311	-218	-203	-203	-94	-124	-200
Beaucaire	Référence	1 509	1 447	1 458	1 199	1 324	1 234	924	753	773	892	1 108	1 421	690
	Scénario	1 356	1 299	1 319	1 077	995	929	588	504	563	625	1 005	1 277	450
	Différence	-153	-147	-139	-122	-329	-304	-336	-250	-209	-267	-103	-143	-240

(*) : Le Q8/10 est le débit mensuel satisfait chaque mois pour 8 années sur 10. Il est calculé à 10 m3/s près.

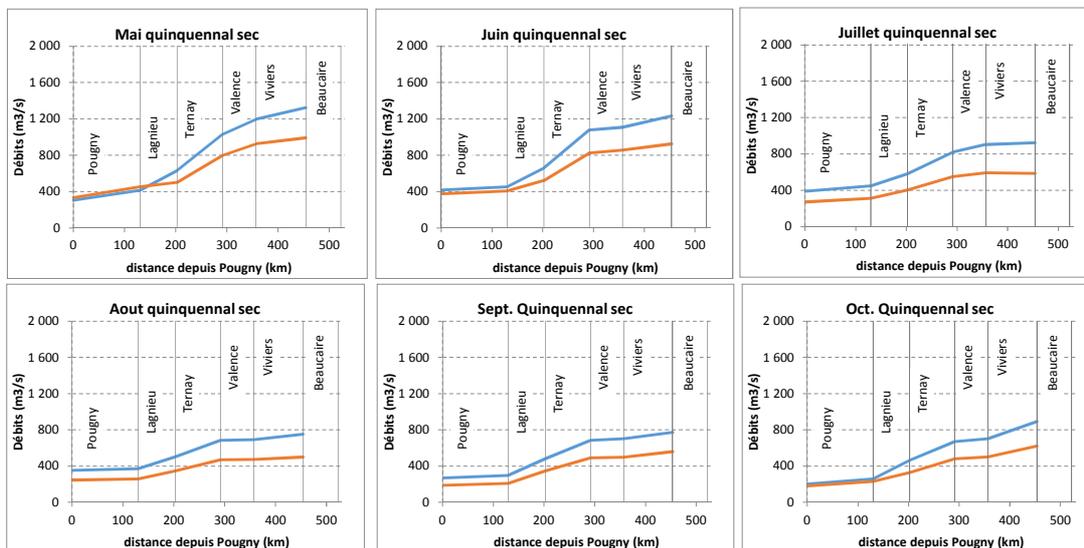


Scénario de changement de la ressource Et Scénario d'augmentation des usages à court terme

Résultats :

		Débit quinquennal sec mensuel (m3/s)												Q8/10 (m3/s) *
		Janv.	Févr.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	
Pouigny	Référence	236	247	264	235	304	418	391	353	269	202	175	195	150
	Scénario	212	247	264	282	335	375	272	246	188	181	158	175	140
	Différence	-24	0	0	47	31	-42	-119	-108	-81	-20	-18	-20	-10
Lagnieu	Référence	356	345	395	313	412	453	447	371	298	257	261	311	190
	Scénario	320	345	395	375	453	407	311	258	207	231	234	280	170
	Différence	-36	0	0	63	41	-46	-136	-113	-91	-26	-26	-31	-20
Ternay	Référence	1 080	902	879	630	632	659	582	500	481	465	613	954	420
	Scénario	971	815	789	566	502	521	401	345	346	328	551	857	300
	Différence	-109	-86	-90	-64	-130	-138	-181	-155	-134	-137	-62	-97	-120
Valence	Référence	1 336	1 173	1 134	923	1 030	1 077	820	685	683	670	853	1 207	600
	Scénario	1 205	1 070	1 024	827	800	824	549	469	490	478	769	1 086	430
	Différence	-131	-103	-111	-96	-230	-253	-271	-216	-193	-192	-84	-121	-170
Viviers	Référence	1 423	1 251	1 288	1 041	1 197	1 110	904	691	701	704	909	1 260	630
	Scénario	1 283	1 137	1 159	941	926	857	593	473	498	500	815	1 135	430
	Différence	-140	-114	-129	-100	-271	-253	-311	-218	-203	-203	-94	-125	-200
Beaucaire	Référence	1 509	1 447	1 458	1 199	1 324	1 234	924	753	773	892	1 108	1 421	690
	Scénario	1 354	1 297	1 317	1 074	992	926	584	500	560	623	1 003	1 275	440
	Différence	-156	-150	-141	-125	-332	-308	-340	-253	-213	-269	-105	-146	-250

(*) : Le Q8/10 est le débit mensuel satisfait chaque mois pour 8 années sur 10. Il est calculé à 10 m3/s près.

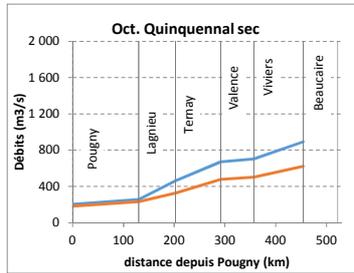
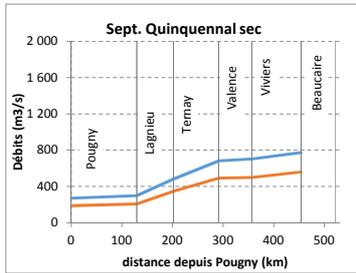
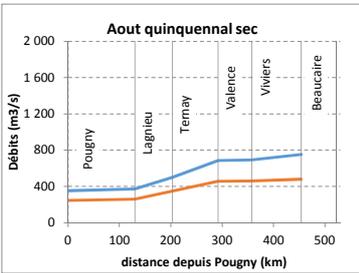
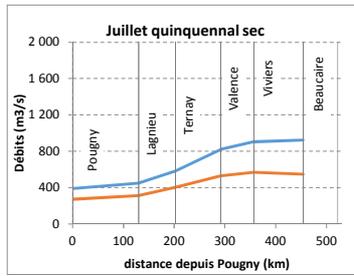
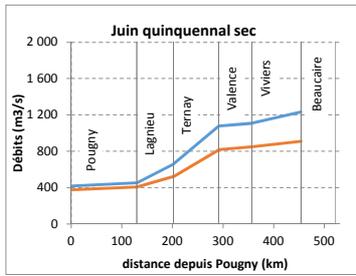
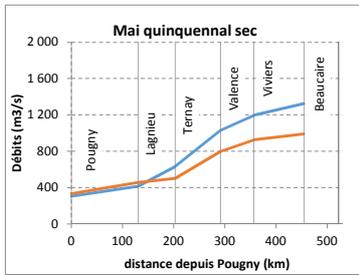


Scénario de changement de la ressource Et Scénario d'augmentation des usages à long terme

Résultats :

		Débit quinquennal sec mensuel (m3/s)												Q8/10 (m3/s) *
		Janv.	Févr.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	
Pouigny	Référence	236	247	264	235	304	418	391	353	269	202	175	195	150
	Scénario	213	247	264	282	335	375	272	246	188	181	158	176	140
	Différence	-24	0	0	47	31	-42	-119	-107	-81	-20	-18	-20	-10
Lagnieu	Référence	356	345	395	313	412	453	447	371	298	257	261	311	190
	Scénario	320	345	395	375	454	407	311	258	207	231	234	280	170
	Différence	-36	0	0	63	41	-46	-136	-113	-91	-26	-26	-31	-20
Ternay	Référence	1 080	902	879	630	632	659	582	500	481	465	613	954	420
	Scénario	972	816	789	567	502	522	401	346	347	328	552	858	300
	Différence	-109	-86	-90	-64	-129	-137	-180	-155	-134	-137	-61	-97	-120
Valence	Référence	1 336	1 173	1 134	923	1 030	1 077	820	685	683	670	853	1 207	600
	Scénario	1 205	1 070	1 024	828	800	817	528	458	490	479	770	1 087	420
	Différence	-131	-102	-110	-95	-229	-259	-292	-227	-192	-192	-83	-120	-180
Viviers	Référence	1 423	1 251	1 288	1 041	1 197	1 110	904	691	701	704	909	1 260	630
	Scénario	1 283	1 137	1 160	942	926	850	569	460	498	501	815	1 136	420
	Différence	-140	-113	-129	-100	-271	-260	-336	-232	-203	-203	-94	-124	-210
Beaucaire	Référence	1 509	1 447	1 458	1 199	1 324	1 234	924	753	773	892	1 108	1 421	690
	Scénario	1 354	1 297	1 317	1 074	991	911	547	480	560	623	1 003	1 275	440
	Différence	-156	-150	-141	-125	-333	-323	-378	-273	-213	-269	-105	-146	-250

(*) : Le Q8/10 est le débit mensuel satisfait chaque mois pour 8 années sur 10. Il est calculé à 10 m3/s près.



Scénario : Les 4 CNPE fonctionnent intégralement en circuit fermé

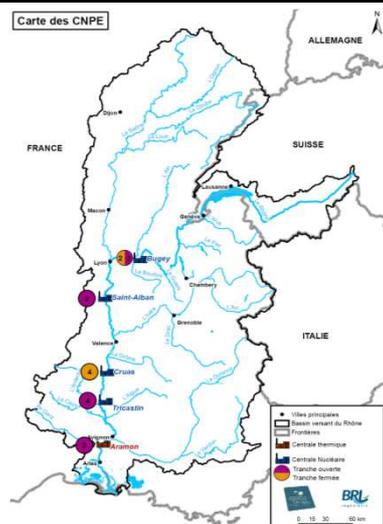
Description du scénario :

On suppose que toutes les centrales d'énergie (nucléaires et thermique) fonctionnent en circuit fermé, ce qui induit :

- un impact beaucoup plus faible pour la thermie du Rhône ;
- un prélèvement net plus élevé.

En ordre de grandeur, une tranche de centrale de puissance 900 MW consomme environ 0.7 m3/s.

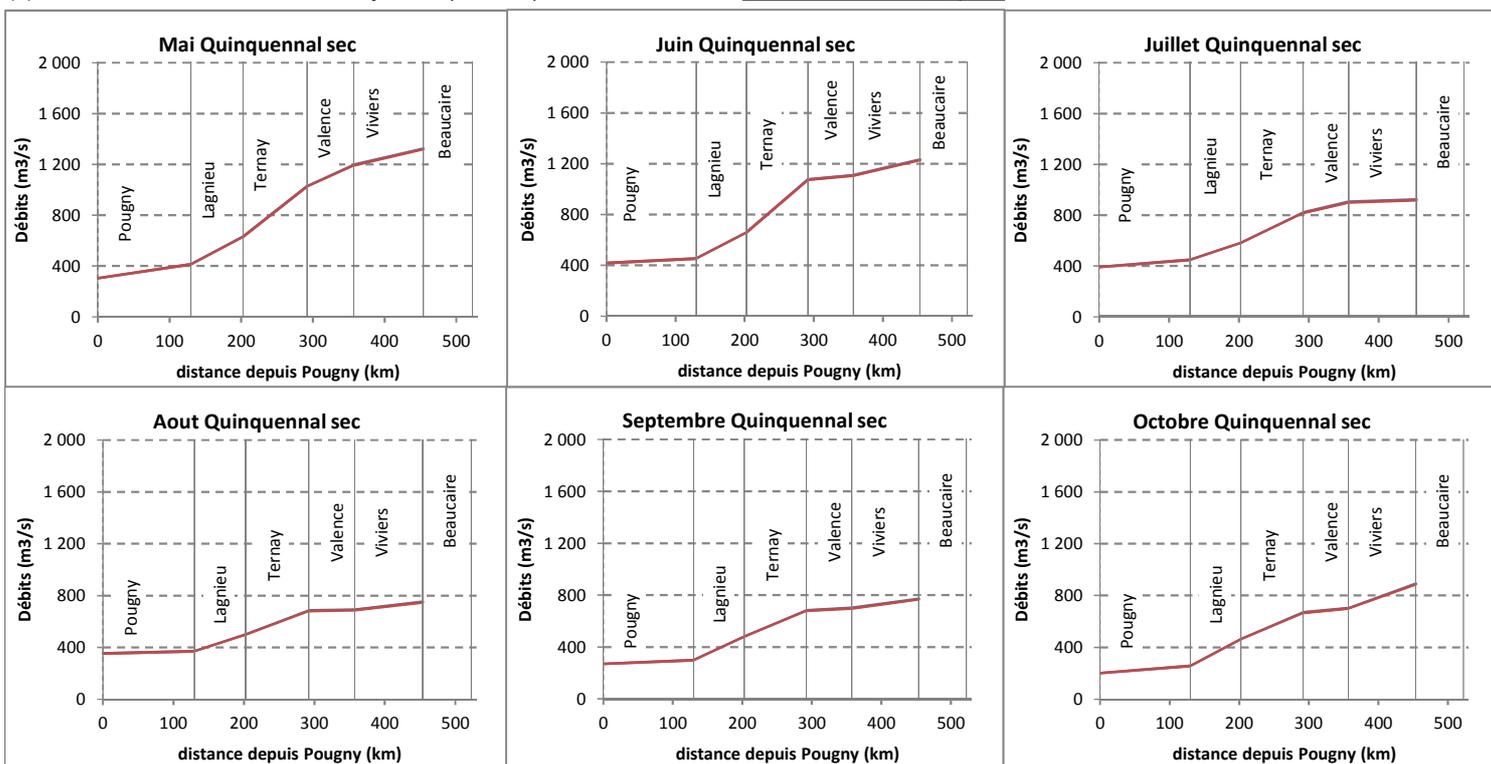
Le scénario induit un passage à 12 tranches fermées au lieu de 6 actuellement, et une **augmentation du prélèvement de l'ordre de 6.3 m3/s** sur le bassin du Rhône.



Résultats :

		Débit quinquennal sec mensuel (m3/s)												Q8/10 (m3/s) *
		Janv.	Févr.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	
Pouigny	Référence	236	247	264	235	304	418	391	353	269	202	175	195	150
	Scénario	236	247	264	235	304	418	391	353	269	202	175	195	150
	Différence	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lagnieu	Référence	356	345	395	313	412	453	447	371	298	257	261	311	190
	Scénario	356	345	395	313	412	453	447	371	298	257	261	311	190
	Différence	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ternay	Référence	1 080	902	879	630	632	659	582	500	481	465	613	954	420
	Scénario	1 079	900	877	629	630	658	580	499	479	463	612	953	420
	Différence	-1.5	-1.5	-1.5	-1.5	-1.5	-1.5	-1.5	-1.5	-1.5	-1.5	-1.5	-1.5	0
Valence	Référence	1 336	1 173	1 134	923	1 030	1 077	820	685	683	670	853	1 207	600
	Scénario	1 333	1 169	1 131	920	1 026	1 073	816	682	679	667	849	1 203	600
	Différence	-3.5	-3.5	-3.5	-3.5	-3.5	-3.5	-3.5	-3.5	-3.5	-3.5	-3.5	-3.5	0
Viviers	Référence	1 423	1 251	1 288	1 041	1 197	1 110	904	691	701	704	909	1 260	630
	Scénario	1 420	1 247	1 285	1 038	1 193	1 106	901	688	698	700	906	1 256	620
	Différence	-3.5	-3.5	-3.5	-3.5	-3.5	-3.5	-3.5	-3.5	-3.5	-3.5	-3.5	-3.5	-10
Beaucaire	Référence	1 509	1 447	1 458	1 199	1 324	1 234	924	753	773	892	1 108	1 421	690
	Scénario	1 503	1 440	1 452	1 193	1 318	1 227	918	747	766	886	1 102	1 415	690
	Différence	-6.3	-6.3	-6.3	-6.3	-6.3	-6.3	-6.3	-6.3	-6.3	-6.3	-6.3	-6.3	0

(*) : Le Q8/10 est le débit mensuel satisfait chaque mois pour 8 années sur 10. Il est calculé à 10 m3/s près.



A retenir : Ce scénario induit une baisse des débits d'environ 1.5 m3/s à Ternay, 3.5 m3/s à Valence, 6.3 m3/s à Beaucaire. Soit moins de 2% des débits mensuels d'étiage du Rhône.

Les empreintes augmentent de 0 à 1 point (exemple : l'empreinte maximale à Beaucaire en juillet passe de 22 à 23%)

Scénario : Arrêt des apports d'eau provenant du bassin de la Loire (via l'Ardèche)

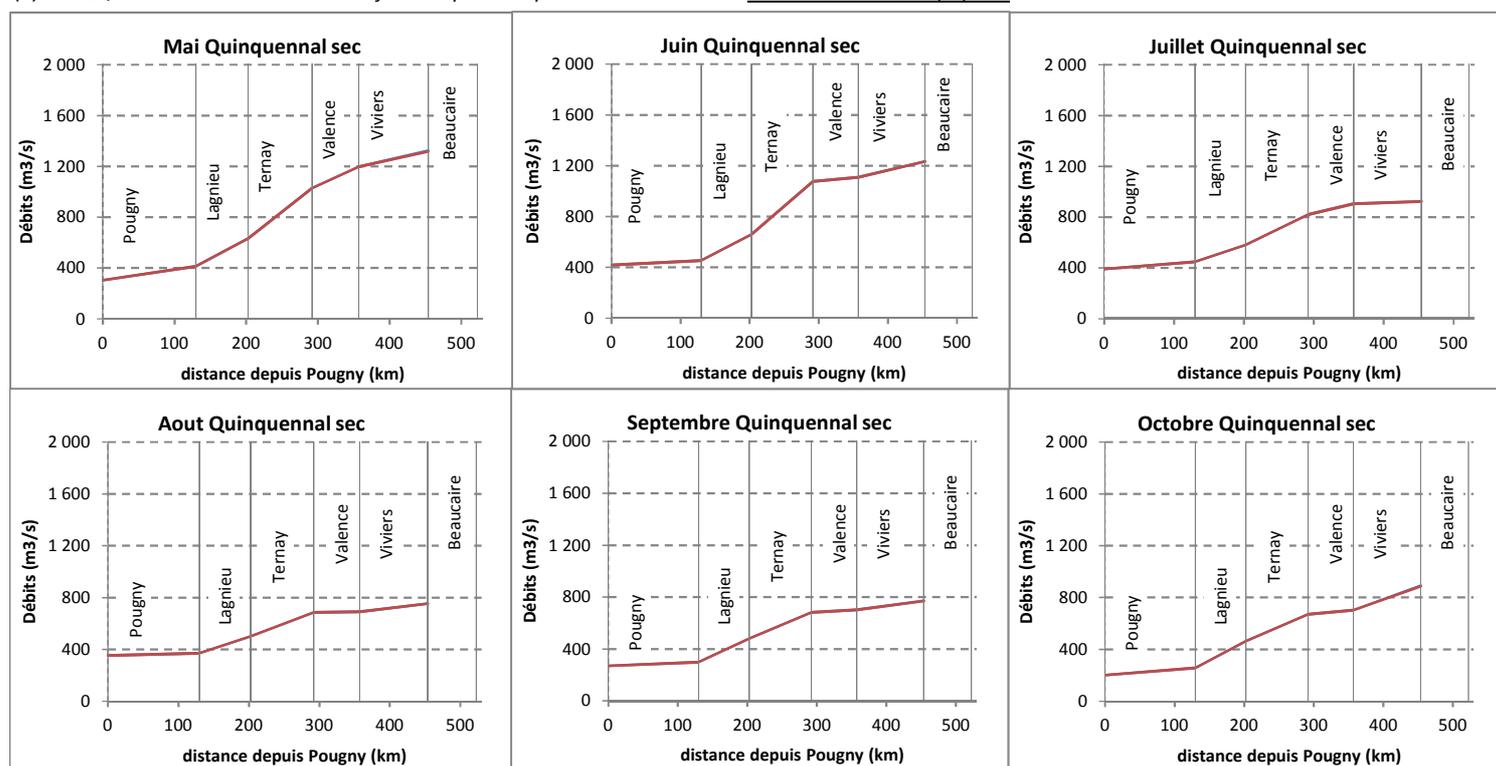
Description du scénario :

Dans ce scénario, on suppose que le transfert d'eau du bassin de la Loire vers le bassin du Rhône, via le complexe de Montpezat sur l'Ardèche est arrêté.

Résultats :

		Débit quinquennal sec mensuel (m3/s)												Q8/10 (m3/s) *
		Janv.	Févr.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	
Pouigny	Référence	236	247	264	235	304	418	391	353	269	202	175	195	150
	Scénario	236	247	264	235	304	418	391	353	269	202	175	195	150
	Différence	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lagnieu	Référence	356	345	395	313	412	453	447	371	298	257	261	311	190
	Scénario	356	345	395	313	412	453	447	371	298	257	261	311	190
	Différence	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ternay	Référence	1 080	902	879	630	632	659	582	500	481	465	613	954	420
	Scénario	1 080	902	879	630	632	659	582	500	481	465	613	954	420
	Différence	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
Valence	Référence	1 336	1 173	1 134	923	1 030	1 077	820	685	683	670	853	1 207	600
	Scénario	1 336	1 173	1 134	923	1 030	1 077	820	685	683	670	853	1 207	600
	Différence	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
Viviers	Référence	1 423	1 251	1 288	1 041	1 197	1 110	904	691	701	704	909	1 260	630
	Scénario	1 423	1 251	1 288	1 041	1 197	1 110	904	691	701	704	909	1 260	630
	Différence	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
Beaucaire	Référence	1 509	1 447	1 458	1 199	1 324	1 234	924	753	773	892	1 108	1 421	690
	Scénario	1 503	1 443	1 455	1 192	1 317	1 233	922	753	769	885	1 103	1 413	690
	Différence	-6.6	-3.8	-3.7	-7.1	-7.0	-0.9	-1.8	-0.3	-3.5	-7.1	-5.4	-8.3	0

(*) : Le Q8/10 est le débit mensuel satisfait chaque mois pour 8 années sur 10. Il est calculé à 10 m3/s près.



A retenir : Ce changement concerne uniquement l'aval du bassin. Il induit une baisse des débits quinquennaux sec de l'ordre de 1 à 2 m3/s en été ; et de l'ordre de 5 à 8 m3/s en hiver à Beaucaire. Soit moins de 1% des débits du Rhône.

Scénario :

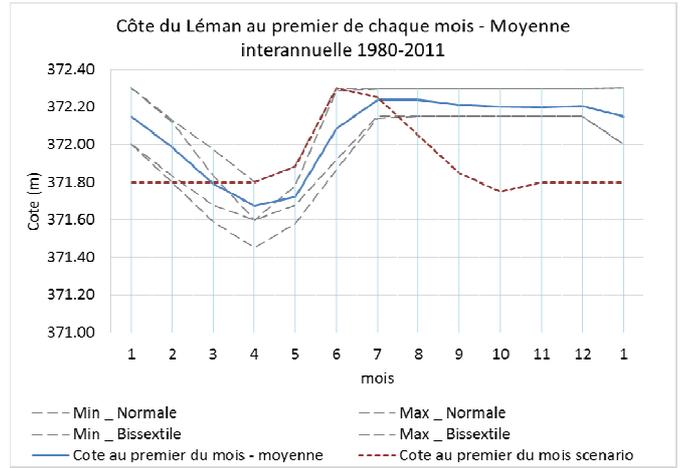
Abaissement de la côte du Léman de 40 cm de juin à septembre

Description du scénario :

Dans ce scénario simplifié de gestion du niveau du Léman, on simule pour toutes les années une côte du Léman au premier jour du mois, telle que représentée sur le graphique ci-contre. Cela correspond, par rapport à la consigne actuelle, à un abaissement de la côte du Léman de 40 cm entre juin et septembre.

Cela a pour effets :

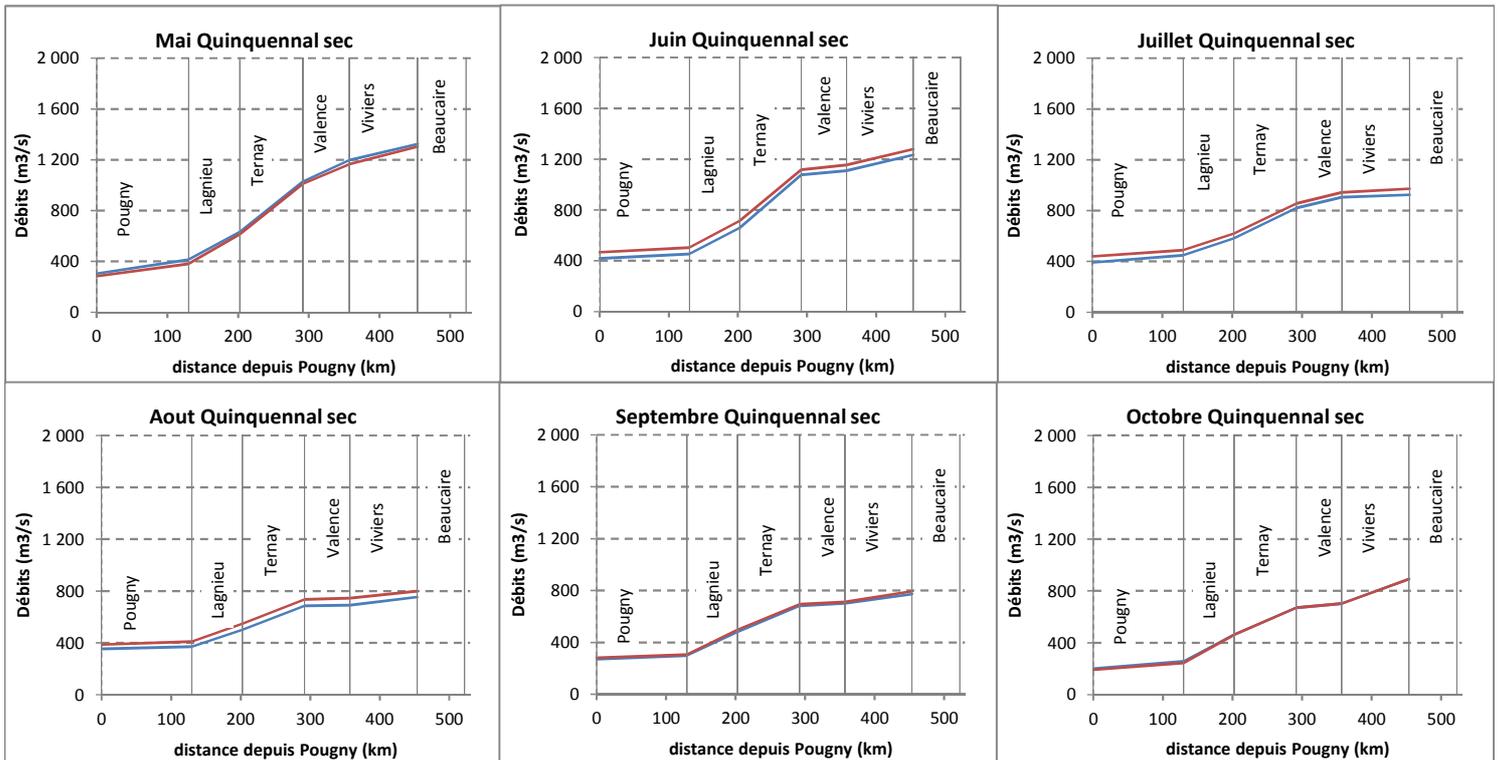
- de réhausser les débits estivaux du Rhône (juin-septembre) ;
- d'abaisser les débits hivernaux (décembre à mars) du Rhône ;
- de modifier les débits automne et printemps de façon variable, souvent à la baisse ;
- d'abaisser fortement la côte du Léman une grande partie de l'année, et ainsi d'affecter fortement l'économie et la navigation sur le Léman et ses rives.



Résultats :

		Débit quinquennal sec mensuel (m3/s)												Q8/10 (m3/s) *
		Janv.	Févr.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	
Pougny	Référence	236	247	264	235	304	418	391	353	269	202	175	195	150
	Scénario	195	197	240	237	283	467	439	386	282	191	189	182	140
	Différence	-41	-50	-25	2	-21	49	49	33	13	-11	13	-13	-10
Lagnieu	Référence	356	345	395	313	412	453	447	371	298	257	261	311	190
	Scénario	314	292	371	322	379	504	489	410	306	244	258	306	190
	Différence	-42	-53	-24	9	-33	51	42	39	8	-13	-3	-5	0
Ternay	Référence	1 080	902	879	630	632	659	582	500	481	465	613	954	420
	Scénario	1 028	851	859	647	614	715	618	548	497	461	619	935	410
	Différence	-53	-50	-20	17	-18	56	36	47	16	-4	5	-19	-10
Valence	Référence	1 336	1 173	1 134	923	1 030	1 077	820	685	683	670	853	1 207	600
	Scénario	1 304	1 126	1 114	946	1 012	1 116	855	734	695	670	855	1 190	600
	Différence	-32	-47	-20	23	-18	39	35	49	12	-1	2	-17	0
Viviers	Référence	1 423	1 251	1 288	1 041	1 197	1 110	904	691	701	704	909	1 260	630
	Scénario	1 391	1 204	1 275	1 014	1 164	1 155	942	744	711	703	919	1 234	630
	Différence	-32	-47	-14	-27	-33	45	38	53	10	-1	10	-25	0
Beaucaire	Référence	1 509	1 447	1 458	1 199	1 324	1 234	924	753	773	892	1 108	1 421	690
	Scénario	1 482	1 382	1 438	1 161	1 305	1 279	972	799	794	892	1 101	1 415	730
	Différence	-27	-64	-21	-38	-19	45	47	46	22	-1	-7	-6	40

(*) : Le Q8/10 est le débit mensuel satisfait chaque mois pour 8 années sur 10. Il est calculé à 10 m3/s près.



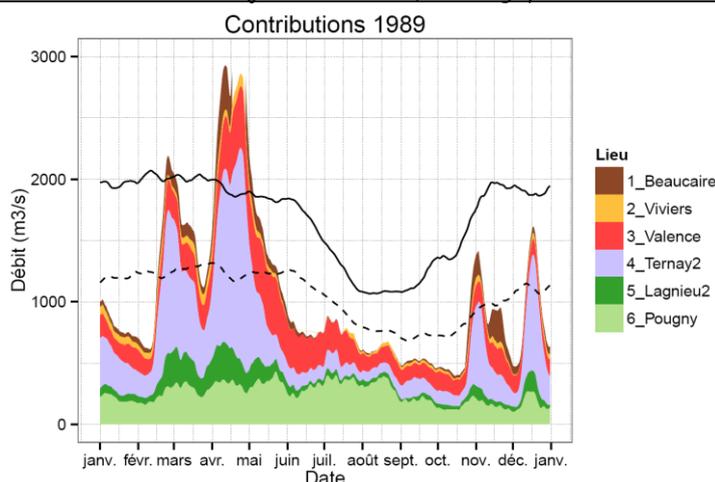
Annexe 2 : Détails du scénario de gestion du Léman dans le respect de la consigne actuelle

Le chapitre 3.1 du rapport principale de phase 6 présente la construction d'un scénario de gestion du Léman **théorique**, qui viserait à soutenir les débits estivaux du Rhône, dans le respect de la courbe de consigne actuelle. Ce scénario, dont le principe et les limites sont présentées dans le corps du texte principale, est tracés pour 4 années d'étiage : 1989 ; 2005 ; 2009 ; 2011. La présente annexe détaille les scénarios testés pour ces 4 années.

JUIN 1989

Hydrologie de 1989 : L'année 1989 est marquée par des débits du Rhône à Pougny particulièrement bas à l'automne (137 m³/s moyen en octobre, plus basse valeur enregistrée sur 30 ans) et en été (275 m³/s en moyenne en juin, plus basse valeur enregistrée au mois de juin depuis 30 ans). L'étiage de l'été et de l'automne du Rhône à Pougny se propage vers l'aval du bassin, en raison des faibles apports des affluents français (notamment la Saône). A noter qu'en 1989, le niveau du Léman était régulé manuellement à l'aide de l'ancien barrage du pont de la Machine

Figure 16 : Débits lissés sur 10 jours du Rhône, de Pougny à Beaucaire - année 1989

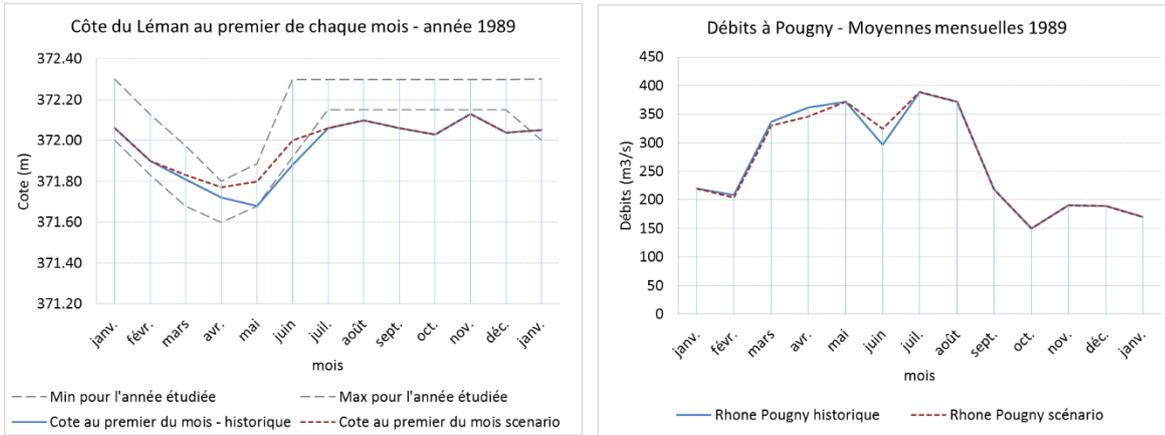


Niveaux du lac en 1989 – Marges de manœuvre ? Cette année-là, le niveau de lac en été est resté plus bas que le minimum de la courbe de consigne entre juin et novembre. **Dans le respect de la courbe de consigne, on ne dispose donc pas de marge de manœuvre supplémentaire pour augmenter les débits du Rhône entre juillet et novembre.**

- ▶ Une légère marge de manœuvre possible serait de remonter plus tôt le niveau du lac en avril et mai, afin de pouvoir lâcher plus d'eau en juin. La construction d'un scénario constitue un choix sur les mois à privilégier dans l'année : à quels mois souhaite-t-on soutenir les débits, à quels mois est-on prêt à abaisser les débits en contrepartie ? De combien est-on prêt à abaisser les débits de certains mois, afin de soutenir d'autres périodes ? Les deux scénarios proposés (voir
- ▶ Figure 17) illustrent ces possibilités.
- ▶ Dans le scénario A, le débit moyen de juin 1989 passe de 296 à 324 m³/s à Pougny. Cela reste le plus bas débit du mois de juin sur la chronique 1980-2011. Pour cela, les débits de février et mars ont été abaissés, de 5 et 16 m³/s respectivement.

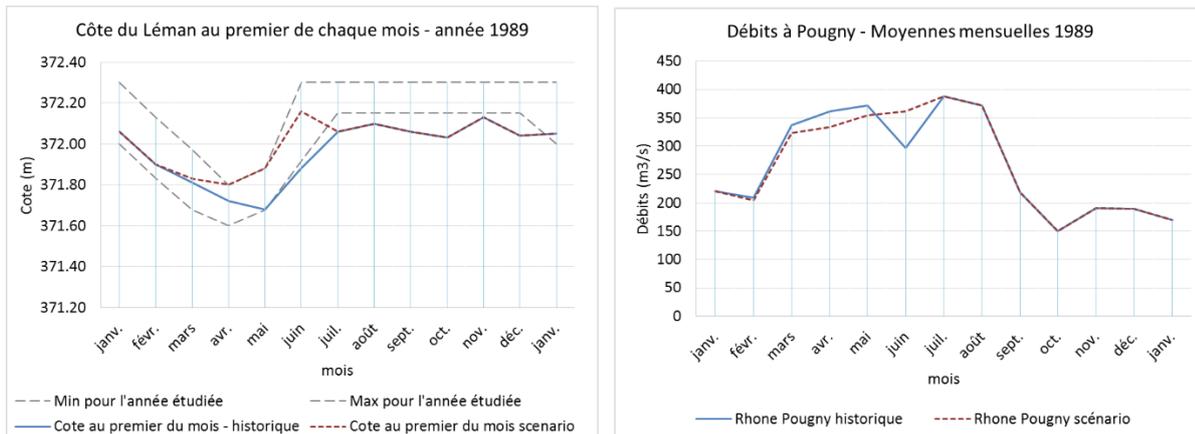
- Dans le scénario B, le débit moyen de juin de 1989 est rehaussé à 361 m³/s à Pougny (gain de 65 m³/s sur un mois). Pour cela, les débits de février à mars ont été abaissés de 13 et 28 m³/s respectivement.

Figure 17 : Scénario du Léman pour 1989 - Test A



mois	Pougny - historique (m3/s)	Pougny - Scénario (m3/s)	Ecart (m3/s)
janv.	220	220	0
févr.	209	204	-5
mars	337	330	-7
avr.	362	346	-16
mai	372	372	0
juin	296	324	28
juil.	388	388	0
août	371	371	0
sept.	218	218	0
oct.	150	150	0
nov.	190	190	0
déc.	190	190	0

Figure 18 : Scénario du Léman pour 1989 - Test B

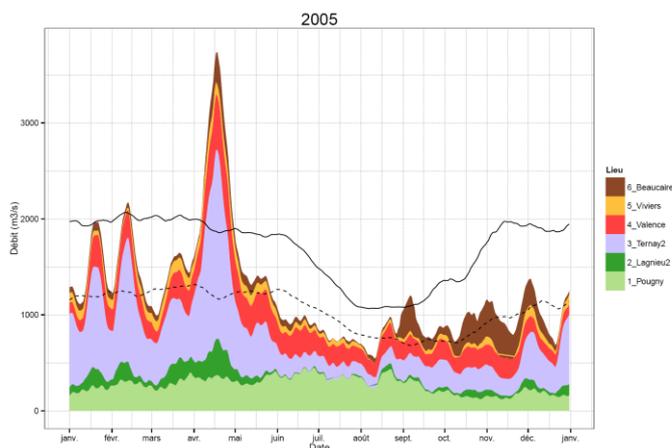


mois	Pougny - historique (m3/s)	Pougny - Scénario (m3/s)	Ecart (m3/s)
janv.	220	220	0
févr.	209	204	-5
mars	337	324	-13
avr.	362	334	-28
mai	372	354	-18
juin	296	361	65
juil.	388	388	0
août	371	371	0
sept.	218	218	0
oct.	150	150	0
nov.	190	190	0
déc.	190	190	0

ÉTÉ 2005

Hydrologie de 2005 : L'année 2005 est marquée par de bas débits à Pougny de juin à novembre (débits inférieurs aux débits décennaux secs enregistrés). L'étiage se propage vers l'aval du bassin du Rhône. En particulier de juin à septembre, le déficit des affluents aval (Saône, Isère) accentue l'étiage du Rhône.

Figure 19 : Débits lissés sur 10 jours du Rhône, de Pougny à Beaucaire - année 2005



Niveaux du Léman en 2005 - marges de manœuvre ? : En 2005, la cote du Léman reste proche de la médiane de la plage de consigne la majeure partie de l'année, elle s'approche de la limite haute d'avril à juin 2005. Un scénario envisageable (établi en avenir certain) est représenté par la figure ci-dessous. Il consiste à :

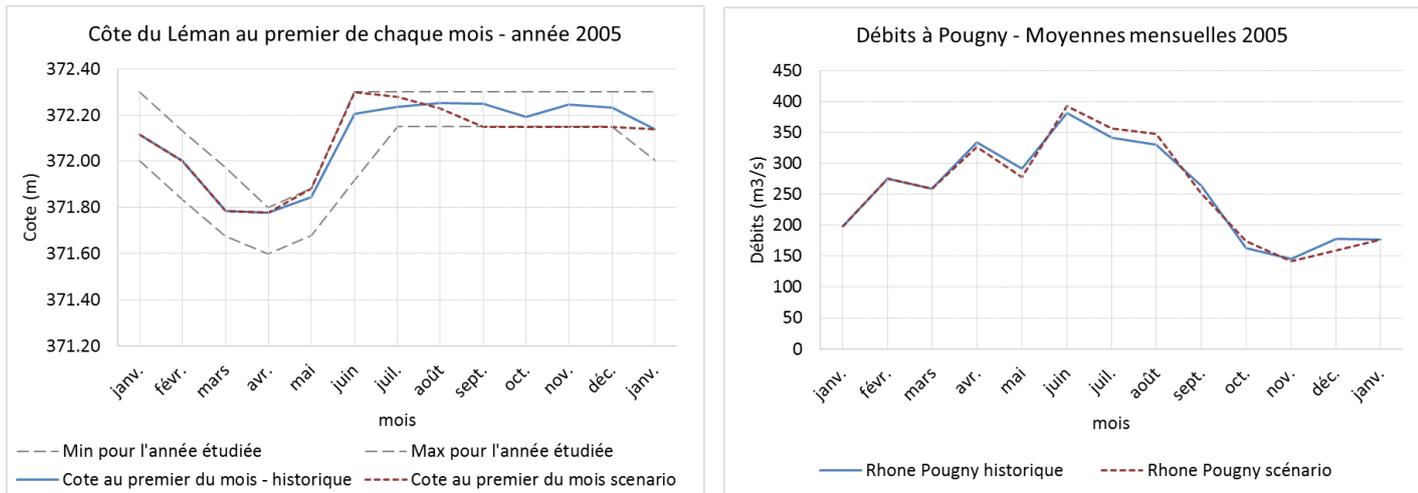
- ▶ Se placer à la limite haute de la consigne début mai et début juin ;
- ▶ De juin à août, déstocker jusqu'à atteindre la limite basse de la consigne, en vue de soutenir l'étiage du Rhône ;
- ▶ A partir de septembre, maintenir stable la côte du Léman.

Ce scénario fait le choix de soutenir les débits estivaux (juin- août), au détriment des débits printaniers et automnaux en particulier. Ce scénario induit :

- ▶ Une hausse des débits à Pougny de juin à août, de +11 à +15 m³/s par rapport à l'historique ;
- ▶ Une baisse des débits à Pougny en avril-mai de -8 à -13 m³/s, et en septembre et décembre.

Comme déjà souligné, ce scénario est théorique et **donne des valeurs des maxima possibles de soutien des débits, en avenir certain. Dans la pratique, les débits de soutien ne pourraient pas être aussi élevés** compte tenu des aléas hydrologiques et de la difficulté à prévoir les basses eaux du mois d'août.

Figure 20 : Scénario du Léman pour l'année 2005

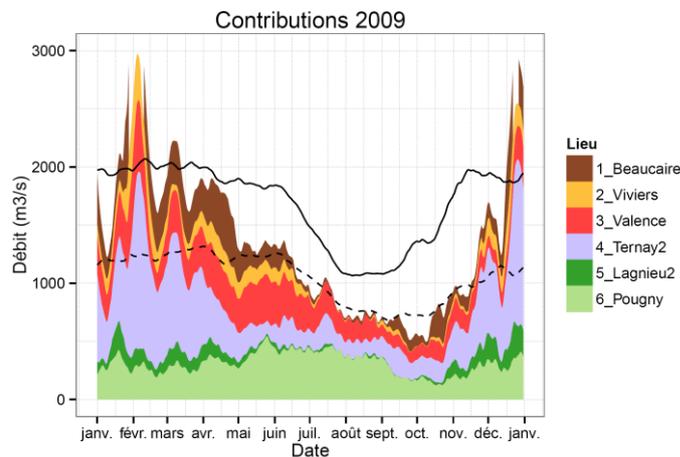


mois	Pougny - historique (m3/s)	Pougny - Scénario (m3/s)	Ecart (m3/s)
janv.	197	197	0
févr.	275	275	0
mars	259	259	0
avr.	334	326	-8
mai	291	278	-13
juin	381	392	11
juil.	341	356	15
août	331	348	17
sept.	264	252	-13
oct.	163	174	12
nov.	145	142	-3
déc.	177	159	-18

ÉTÉ 2009

Hydrologie de 2009 : L'année 2009 a été marquée par de basses eaux du Rhône alpestre en août (débit de l'ordre du quinquennal sec), septembre (débit de l'ordre du quinquennal sec), et octobre (inférieur au décennal sec). L'étiage s'est propagé jusqu'à l'aval du bassin du Rhône, car les apports des affluents français sont restés bas à la fin de l'été et à l'automne 2009.

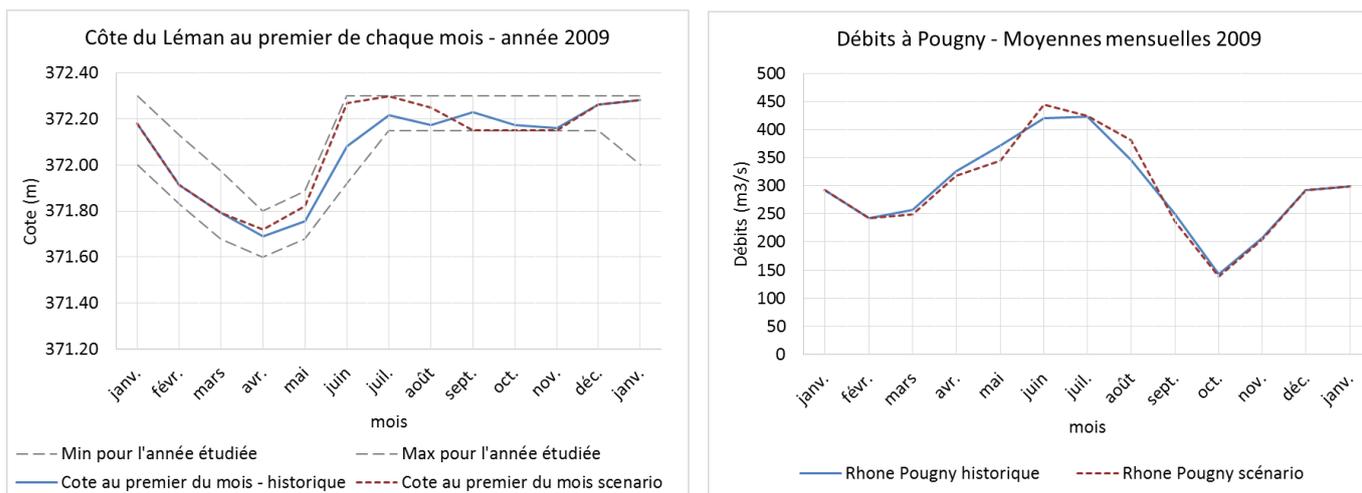
Figure 21 : Débits lissés sur 10 jours du Rhône, de Pougny à Beaucaire - année 2009



Niveaux du Léman en 2009 – marges de manœuvre ? Lors de l'été 2009, la cote du Léman a été assez basse, aussi la marge de manœuvre est limitée. On peut construire un scénario théorique, en se plaçant début juillet au maximum de la plage de consigne, et en abaissant le niveau du lac jusqu'à son minimum de consigne pendant juillet et août. Ce scénario est représenté ci-dessous. Il induit :

- ▶ Une baisse des débits à Pougny de mars à avril, de 7 à 28 m³/s par rapport à l'historique, ainsi qu'une baisse en septembre de 13 m³/s ;
- ▶ Une hausse des débits de juin et août de 24 et 35 m³/s par rapport à l'historique.

Figure 22 : Scénario du Léman en 2009



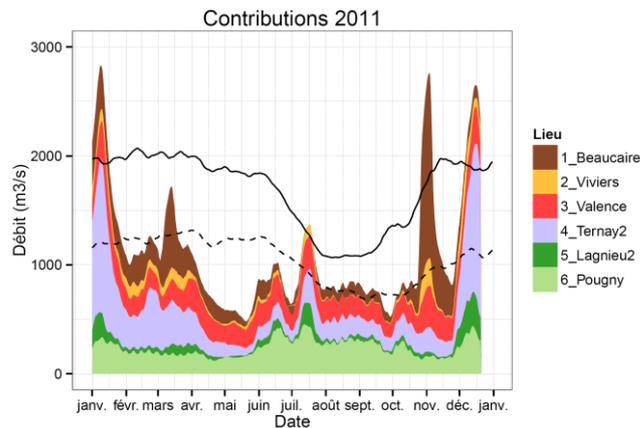
mois	Pougny - historique (m ³ /s)	Pougny - Scénario (m ³ /s)	Ecart (m ³ /s)
janv.	292	292	0
févr.	242	242	0
mars	257	250	-7
avr.	326	318	-8
mai	372	344	-28
juin	420	444	24
juil.	423	425	2
août	346	382	35
sept.	249	236	-13
oct.	142	139	-3
nov.	207	205	-2
déc.	292	292	0

A nouveau, ce scénario est théorique et donne des valeurs des maxima possibles de soutien des débits, en avenir certain. Dans la pratique, les débits de soutien ne pourraient pas être aussi élevés compte tenu des aléas hydrologiques.

ANNÉE 2011

Hydrologie de 2011 : L'année 2011 est marquée par de bas débits du Rhône à Pougny sur une grande partie de l'année. Pour 8 mois de l'année sur 12, les débits mensuels sont inférieurs aux débits mensuels quinquennaux secs. La situation d'étiage du Rhône 2011 se propage vers l'aval du bassin. Les débits du Rhône aval restent bas d'avril à octobre. Pour le mois de mai, l'étiage s'accroît vers l'aval du bassin en raison des faibles apports des affluents français (en particulier l'Ain et la Saône).

Figure 23 : Débits lissés sur 10 jours du Rhône, de Pougny à Beaucaire - année 2011

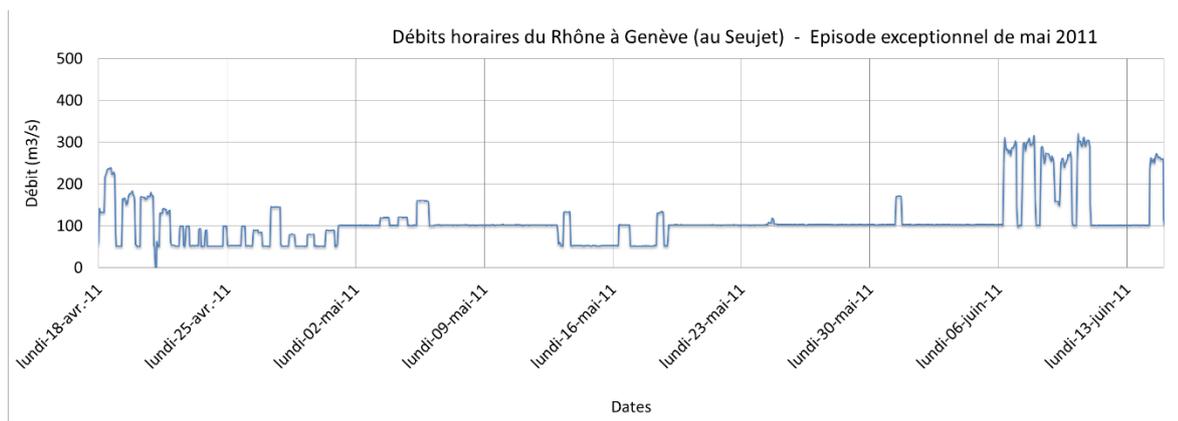


Niveaux du Léman en 2011 – Marges de manœuvre ? D'avril à octobre 2011, la cote du Léman reste proche de la limite basse de la consigne. En mai 2011, la cote est au minimum de la consigne. On propose un scénario théorique dont le but est de soutenir les débits mensuel des mois de mai et août 2011, en avenir certain.

Une marge de manœuvre envisageable pour soutenir le débit mensuel de mai 2011, dans le respect des courbes de consignes, serait d'abaisser moins fortement la cote du Léman en février-mars, afin de stocker moins d'eau en mai et de soutenir l'étiage de mai 2011. Afin de soutenir également les débits d'août, on se place au début juillet proche de la médiane de la plage de consigne. Ainsi, on dispose encore d'une marge de 15 cm à déstocker. Ce scénario, représenté ci-dessous, conduit à :

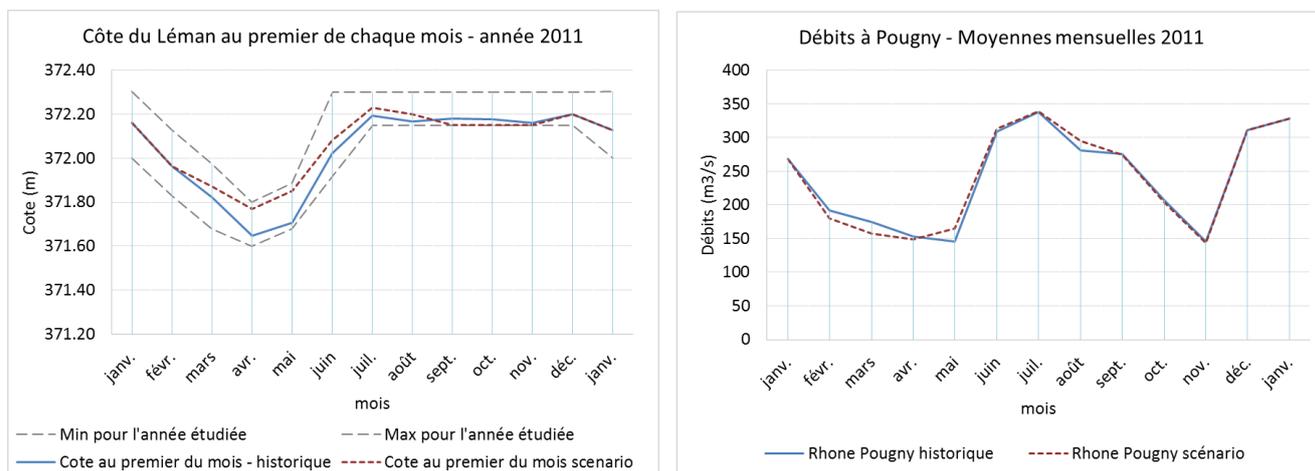
- ▶ Une baisse des débits mensuels de février-mars de 12 et 17 m³/s ;
- ▶ Une hausse des débits de mai et août de 19 et 14 m³/s respectivement.

A noter qu'au premier **mai 2011**, la cote historique du lac était particulièrement basse. Ce bas niveau, et les faibles apports au Léman en mai 2011, avait conduit Genève à **lâcher de bas débits** (de l'ordre de 50 m³/s) en sortie du lac pendant 6 jours, **en vue de remonter le niveau du lac** (à une période de l'année où le minimum réglementaire est de 100 m³/s). Cela avait conduit à une demande de la part d'EDF de rehausser les débits de sortie du Léman, pour le refroidissement de la centrale nucléaire de Bugey. Cela n'est pas visible à l'échelle des débits mensuels, mais s'observe sur une échelle de temps plus courte (voir ci-dessous).



Lorsque l'on construit le scénario a posteriori, on dispose de la connaissance des débits pour toute l'année. On peut alors **anticiper les basses eaux de mai 2011, en plaçant le niveau du Léman en avril et début mai suffisamment haut**. Ainsi, il est possible de lâchers des débits plus importants, tout en atteignant un niveau du Léman règlementaire pour le mois de juin. Dans ce scénario, on évite donc, au moins partiellement, l'épisode de tension de mai 2011. Comme déjà souligné, cela nécessite une prévision saisonnière des étiages et ne prend pas en compte les aléas de faible durée ; ce scénario reste théorique.

Figure 24 : Scénario du Léman en 2011



mois	Pougny - historique (m³/s)	Pougny - Scénario (m³/s)	Ecart (m³/s)
janv.	268	268	0
févr.	192	180	-12
mars	175	158	-17
avr.	153	149	-5
mai	146	165	19
juin	309	314	5
juil.	338	339	1
août	281	295	14
sept.	276	275	-1
oct.	207	203	-4
nov.	146	143	-2
déc.	311	311	0

