

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



**PHASE 1 - CARACTERISATION DU TERRITOIRE DU FLEUVE RHONE
ET BILAN DES INFLUENCES ANTHROPIQUES PASSEES, ACTUELLES
ET FUTURES POSSIBLES**

Document F – Résumé



Edition finale - Octobre 2014

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

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

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

Date de création du document	Août 2013
Contact	Sébastien Chazot <u>sebastien.chazot@brl.fr</u>

Titre du document	Phase 1 – Document F : Etude de la gestion quantitative des débits du Rhône en période de « basses eaux ». Résumé de la phase 1
Référence du document :	800420_Ph1_F_Résumé
Indice :	VFb

Date émission	Indice	Observation	Dressé par	Vérifié et Validé par
Août 2013	V1.0		Marion Mahé et Sébastien Chazot	Sébastien Chazot
20 déc 2013	V2.0		Marion Mahé, Mathilde Chauveau et Sébastien Chazot	Sébastien Chazot
Octobre 2014	VFb		Marion Mahé, Mathilde Chauveau et Sébastien Chazot	Sébastien Chazot

ETUDE DE LA GESTION QUANTITATIVE ET DES DÉBITS DU RHÔNE EN PÉRIODE DE « BASSES EAUX »

Phase 1 – Document F : Résumé

PRÉAMBULE.....	1
DÉFINITION.....	2
1. CONTEXTE ET SYSTÈME ÉTUDIÉ	3
1.1 Objectifs et contenu de la phase 1	3
1.2 Définition du Système étudié	3
2. PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES DU BASSIN VERSANT DU RHÔNE.....	4
2.1 Un fleuve très aménagé structuré par des ouvrages hydrauliques	4
2.1.1 Ouvrages de production d'hydroélectricité	4
2.1.2 Refroidissement des centrales de production d'énergie : une centrale thermique et quatre centrales nucléaires	4
2.2 Des milieux aquatiques reflet de l'anthropisation du fleuve	5
2.3 Contexte hydrogéologique : une nappe alluviale en relation avec de nombreuses nappes contributives	5
2.4 Quelques grands chiffres d'une hydrologie complexe	5
2.4.1 Les régimes hydrologiques du Rhône	5
2.4.2 Les épisodes d'étiage historiques	6
3. LES PRÉLÈVEMENTS SUR LE BASSIN VERSANT DU RHÔNE.....	9
3.1 Prélèvements actuels	9
3.1.1 De fortes différences entre prélèvements bruts et prélèvements nets	9
3.1.2 Vue d'ensemble des différents usages	9
3.1.3 Détails sur les prélèvements nets	13
3.2 Evolutions historique et futures possibles des prélèvements	17

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 (alimentation en eau potable, usage agricole, usage 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 six 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 est un résumé des résultats obtenus dans le cadre de la Phase 1.

DÉFINITION

Notion de débit fictif continu

On présentera dans le présent document les prélèvements sous la forme de **volumes prélevés mensuels** ou **annuels**. L'unité utilisée sera le million de m³ par mois ou par an, noté respectivement Mm³/mois et Mm³/an. On ramènera également les volumes prélevés à des débits **afin, à terme, de les mettre en parallèle plus facilement avec les débits du Rhône ou de ses affluents**.

On utilisera pour cela la notion de « **débit fictif continu** » (DFC). Un tel débit, exprimé en m³/s, se définit comme suit :

$$DFC = \text{Volume prélevé} / \text{durée de prélèvement.}$$

Un prélèvement de 30 Mm³ sur une année peut ainsi être ramené à un débit de 30 000 000 / (365 x 24 x 60 x 60) = environ 1 m³/s. Cela signifie que, si le volume de 30 Mm³ était prélevé de façon continue sur toute l'année, le débit prélevé instantané serait de 1 m³/s (dans la réalité, le prélèvement n'est certainement pas continu sur l'année, mais il s'agit là d'un débit « imaginaire » qui vise à comparer plus facilement les prélèvements avec la ressource disponible).

De la même manière un prélèvement de 2,5 Mm³ sur un mois est équivalent à un DFC de environ 1 m³/s.

1. CONTEXTE ET SYSTÈME ÉTUDIÉ

1.1 OBJECTIFS ET CONTENU DE LA PHASE 1

Cette phase a pour objectif de faire un bilan des prélèvements actuels et futurs et d'apporter les connaissances nécessaires pour comprendre le contexte et appréhender les pressions anthropiques exercées sur le bassin versant du Rhône. Elle aboutit à une estimation des volumes nets prélevés à destination des différents usages tout au long de l'année (au pas de temps mensuel). Les perspectives d'évolution des différents types de prélèvements sont également abordées.

Les résultats présentés dans le rapport de phase 1 et résumés ici se basent sur de nombreuses sources documentaires (études, bases de données) et des contacts avec différents types d'acteurs du bassin versant (plusieurs réunions avec EDF et la Compagnie nationale du Rhône [CNR], enquêtes auprès des gestionnaires de réseaux d'eau potable, entretiens auprès des chambres d'agriculture et des principales organisations d'irrigants, etc.).

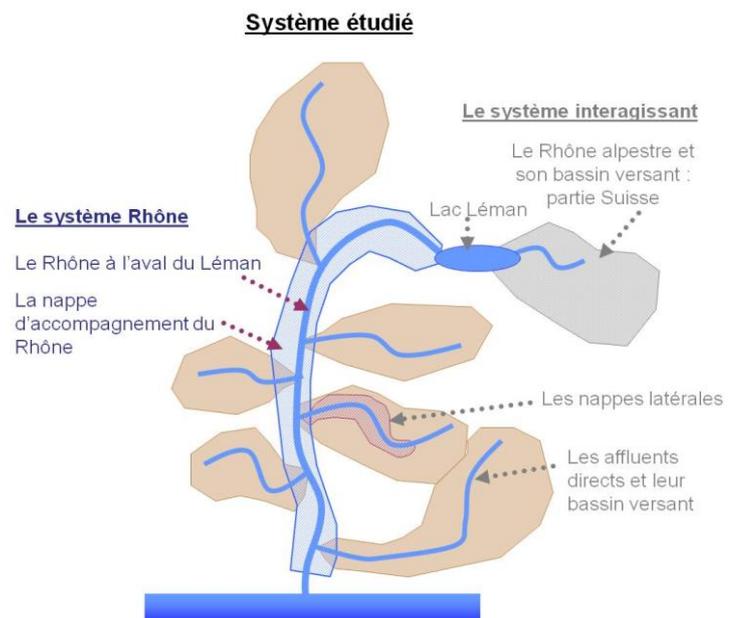
1.2 DÉFINITION DU SYSTÈME ÉTUDIÉ

Le Rhône fait partie des grands fleuves européens avec une longueur de **810 km** et un bassin versant d'une superficie de **98 400 km²**. Il prend sa source en Suisse, à plus de 1750 m d'altitude et parcourt plus de 500 km avant de se jeter dans la mer Méditerranée au niveau du delta de Camargue.

La présente étude porte sur la partie française du fleuve Rhône (bassin versant de 91 700 km² ; linéaire de fleuve de 520 km). Pour connaître l'impact global des prélèvements sur le fleuve, il est nécessaire de s'intéresser non seulement aux prélèvements sur le fleuve lui-même mais également sur ses affluents et sur les nappes souterraines en interaction directe ou indirecte. On a donc distingué deux sous-systèmes pour les besoins de l'étude :

- ▶ Le « système Rhône » : il s'agit du Rhône et de sa nappe alluviale ;
- ▶ Le « système interagissant » : il s'agit de :
 - la partie Suisse du Rhône et son bassin versant ;
 - les bassins des affluents directs du Rhône ;
 - les nappes latérales du Rhône ayant des interactions significatives avec la nappe alluviale du fleuve.

La figure ci-contre illustre cette définition du système d'étude.



2. PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES DU BASSIN VERSANT DU RHÔNE

2.1 UN FLEUVE TRÈS AMÉNAGÉ STRUCTURÉ PAR DES OUVRAGES HYDRAULIQUES

Le fleuve Rhône a été progressivement et fortement aménagé au cours du XX^e siècle.

2.1.1 Ouvrages de production d'hydroélectricité

LA CHAÎNE HYDROÉLECTRIQUE DU RHÔNE : INFLUENCE À L'ÉCHELLE JOURNALIÈRE ET/OU HEBDOMADAIRE

En plus du barrage du Seujet qui contrôle la sortie du lac Léman, on trouve une série de 22 ouvrages se succédant sur le Rhône, dont 20 le long du Rhône français. Ces ouvrages sont généralement composés d'un ou plusieurs barrages et d'un canal d'amenée conduisant l'eau du fleuve vers une centrale de production d'énergie hydroélectrique. Ils sont associés à un système de contre-canaux assurant le drainage et d'un système d'écluse permettant le passage de bateaux à grand gabarit, pour ceux situés en aval de Lyon.

Les capacités de stockage de ces ouvrages sont faibles au regard des débits du Rhône. Ils permettent une **modulation journalière des débits** pour la plupart d'entre eux, à l'exception de l'ouvrage de Génissiat dont le volume permet une **gestion hebdomadaire** des débits.

DES OUVRAGES DE STOCKAGE SUR LES AFFLUENTS : INFLUENCE DES DÉBITS À L'ÉCHELLE ANNUELLE

Sur les affluents du Rhône se trouvent des barrages de forte capacité (au regard du cours d'eau sur lequel ils sont implantés). Ces barrages exercent une **influence sur les débits à l'échelle annuelle** : les débits sont généralement stockés au printemps et déstockés en hiver.

Sur le bassin du Rhône français, ces barrages peuvent stocker 4,7 milliards de m³, dont 3,3 milliards de m³ utiles. Les barrages de Serre-Ponçon (sur la Durance), de Sainte-Croix (sur le Verdon) et de Vouglans (sur l'Ain) représentent à eux trois plus de la moitié de ce volume. On trouve également des barrages de stockage sur l'amont du bassin du Rhône (partie Suisse), qui représentent environ 1,2 milliards de m³ utiles.

2.1.2 Refroidissement des centrales de production d'énergie : une centrale thermique et quatre centrales nucléaires

L'eau du Rhône est utilisée pour le refroidissement de quatre centrales nucléaires (Bugey, Saint-Alban, Cruas et Tricastin). Deux technologies sont utilisées :

- ▶ les **circuits ouverts** : d'importants volumes d'eau sont dérivés, refroidissent la centrale, puis sont restitués au fleuve à une température de quelques degrés supérieurs à la température initiale ;
- ▶ les **circuits fermés** : le refroidissement se fait grâce à l'évaporation d'eau au niveau d'aéroréfrigérants. Les volumes d'eau nécessaires sont nettement inférieurs mais ne sont pas entièrement restitués au fleuve.

2.2 DES MILIEUX AQUATIQUES REFLET DE L'ANTHROPISATION DU FLEUVE

Les caractéristiques et le fonctionnement des milieux aquatiques seront plus largement étudiés en phase 4 mais on peut dès à présent souligner les points suivants :

- ▶ Sous l'angle de la pollution classique, l'eau du fleuve est de relativement bonne qualité, alors que des préoccupations existent concernant la pollution par des micropolluants toxiques ;
- ▶ L'aménagement du fleuve a considérablement modifié sa géomorphologie, affectant ainsi les populations de poisson et modifiant le cortège des espèces présentes.

2.3 CONTEXTE HYDROGÉOLOGIQUE : UNE NAPPE ALLUVIALE EN RELATION AVEC DE NOMBREUSES NAPPES CONTRIBUTIVES

Le bassin versant du Rhône englobe une **grande variété d'aquifères et de nappes**.

Dans l'amont de son delta, caractérisé par un dispositif sédimentaire complexe qui superpose plusieurs horizons aquifères, le Rhône a érodé un **fossé** dans son sillon qu'il a comblé au Quaternaire **avec des alluvions (sables et graviers) très perméables**. La géométrie de cet aquifère alluvial est relativement variable de la frontière suisse jusqu'au delta.

En dehors de cette nappe alluviale aux échanges évidents avec le fleuve, au vu de la superficie très importante du bassin versant, de nombreuses nappes sont susceptibles de venir contribuer aux écoulements superficiels du Rhône, selon des chemins de l'eau plus ou moins complexes et plus ou moins longs.

2.4 QUELQUES GRANDS CHIFFRES D'UNE HYDROLOGIE COMPLEXE

2.4.1 Les régimes hydrologiques du Rhône

Le bassin du Rhône présente une grande diversité physique et climatique qui lui confère des apports glaciaire, nival et pluvial contribuant à une hydrologie complexe, mais un régime saisonnier régulier.

Les figures suivantes donnent un aperçu des régimes hydrologiques influencés au droit des six points nodaux du Rhône. Sont représentés les débits mensuels statistiques¹ à chaque station, calculés sur la période 1980-2011.

Le Rhône à Pougny, d'un module de 340 m³/s, est caractérisé par un régime nival, avec de hauts débits liés à la fonte en juin et juillet, et des étiages hivernaux, soutenus par la régulation du Léman.

Après la confluence avec l'Ain et la Saône, **le Rhône à Ternay présente un régime pluvial océanique**, avec de hautes eaux hivernales et de bas débits estivaux, dus notamment aux apports de l'Ain et de la Saône. Le module du Rhône à Ternay est de **1 054 m³/s**.

Le Rhône à Beaucaire présente également un régime pluvial, avec un module de 1 700 m³/s, et une période de basses-eaux qui s'étend de l'été au début de l'automne.

Au mois d'août, le Rhône alpestre en amont de Pougny et le sous-bassin de l'Isère apportent environ 60 % des débits du Rhône à Beaucaire.

¹ Les débits statistiques (débits mensuels quinquennaux et décennaux, QMNA_T) ont été calculés à partir d'un ajustement sur la loi log-normale, sur la période 1980-2011.

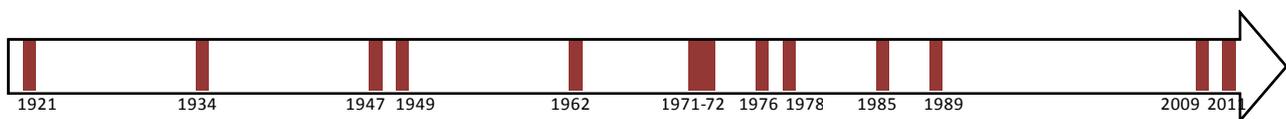
Il est notable que le Rhône alpestre, dont la surface contributive représente seulement **8 % de la surface du bassin total**, constitue un apport majeur des débits du Rhône en période estivale : en moyenne, il apporte **40 % des débits du Rhône au mois d'août à Beaucaire**.

2.4.2 Les épisodes d'étiage historiques

L'analyse historique des débits du Rhône permet d'identifier les épisodes d'**étiages historiques du Rhône, notamment les années 1921, 1934, 1947, 1949, 1962, 1971-72, 1976, 1978, 1989, 2009 et 2011**.

Sur la séquence étudiée, l'année 1921 est l'épisode d'étiage le plus exceptionnel enregistré sur le Rhône, provoqué par une forte sécheresse climatique. Des bas débits ont été enregistrés sur tout le bassin, pendant une période exceptionnellement longue. La très longue durée des basses eaux 2011 est également remarquable.

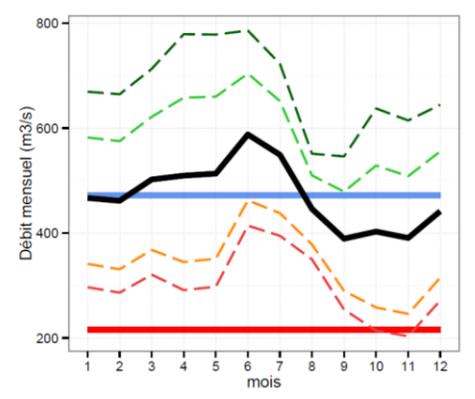
Figure 1 : Rétrospective des périodes historiques de étiages sévères du Rhône (1921-2011)



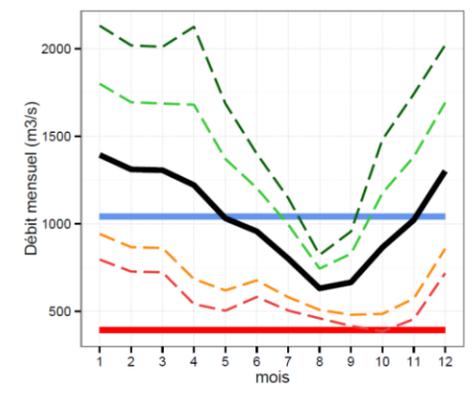
- Ville principale
- Réseau hydrographique
- Limite de sous bassin versant
- Gestionnaire :**
 - EDF
 - △ CNR
 - Autres gestionnaires
- Catégorie :**
 - ▲ ● Nodal
 - ▲ ● Référence
- Indicateur**
 - Module
 - QMNA5
 - Qmoyen
 - Q_decennal_sec
 - Q_quinquenal_sec
 - Q_quinquennal_humide
 - Q_decennal_humide



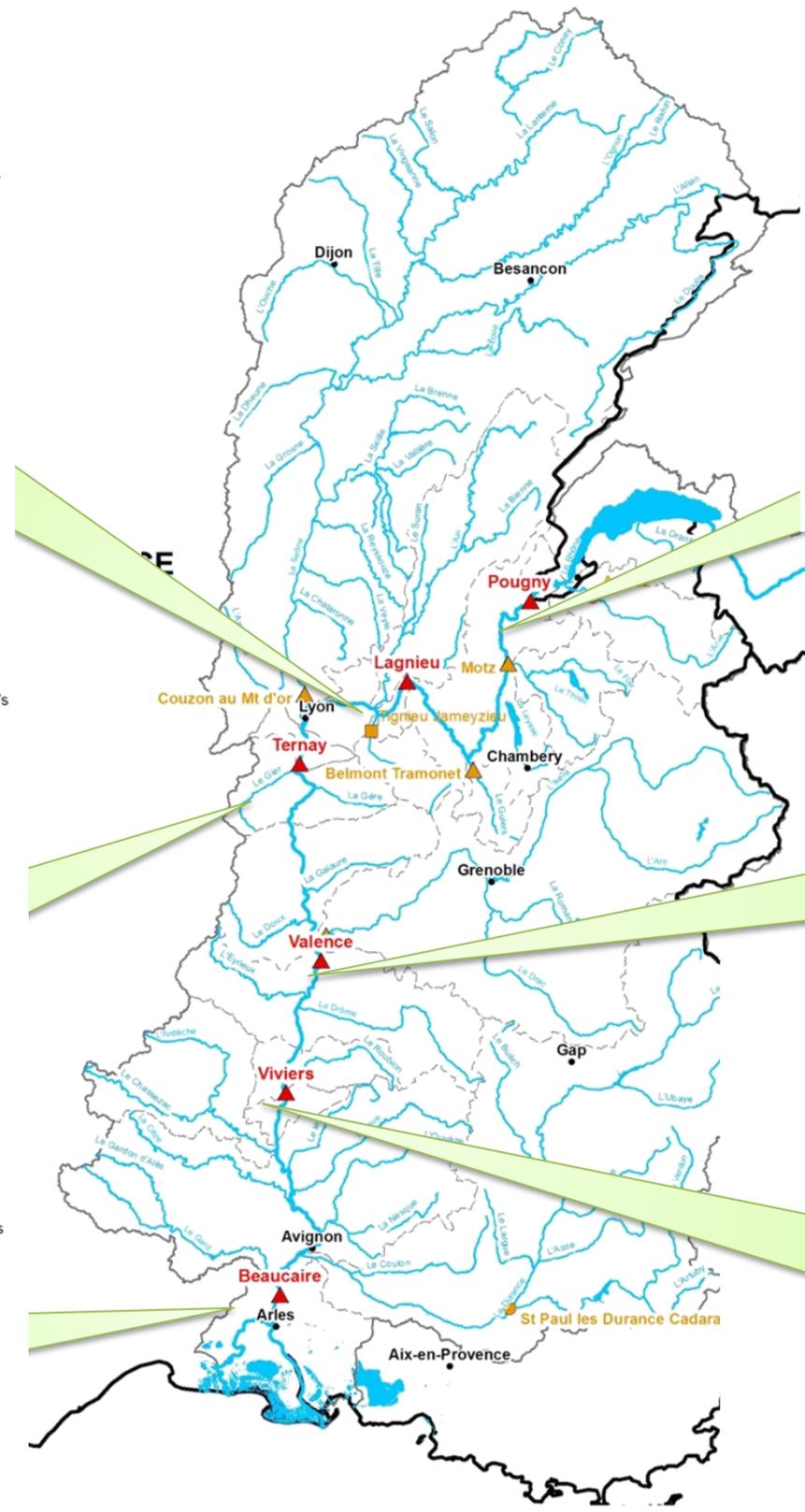
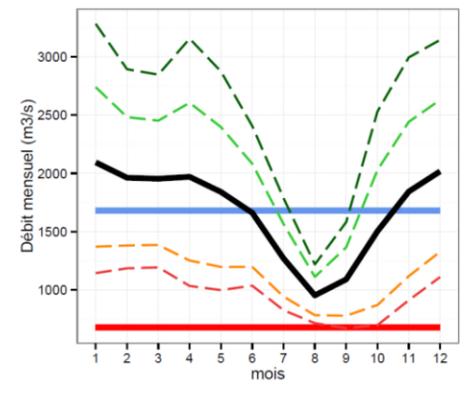
Rhone à Lagnieu2
 Superficie BV : 15380 km2
 Module : 472 m3/s (% Rhône à Beaucaire : 28 %)
 Module spécifique : 31 l/s/km2
 QMNA5 : 216 m3/s
 Q_août moyen : 446 m3/s (% Rhône à Beaucaire : 47 %)
 VCN10_2 : 210 m3/s ; VCN10_5 : 170 m3/s ; VCN10_10 : 152 m3/s



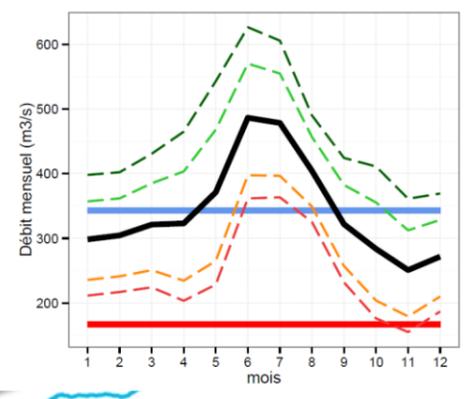
Rhone à Ternay2
 Superficie BV : 50560 km2
 Module : 1041 m3/s (% Rhône à Beaucaire : 62 %)
 Module spécifique : 21 l/s/km2
 QMNA5 : 392 m3/s
 Q_août moyen : 631 m3/s (% Rhône à Beaucaire : 66 %)
 VCN10_2 : 387 m3/s ; VCN10_5 : 313 m3/s ; VCN10_10 : 280 m3/s



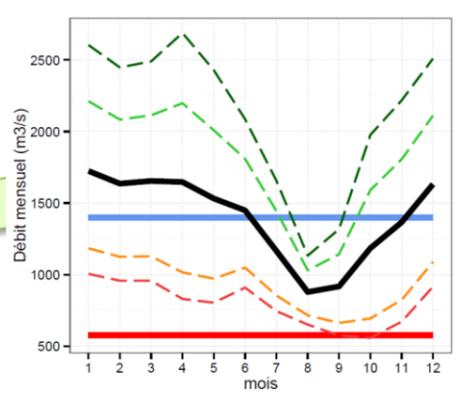
Rhone à Beaucaire
 Superficie BV : 95590 km2
 Module : 1678 m3/s (% Rhône à Beaucaire : 100 %)
 Module spécifique : 18 l/s/km2
 QMNA5 : 680 m3/s
 Q_août moyen : 953 m3/s (% Rhône à Beaucaire : 100 %)
 VCN10_2 : 670 m3/s ; VCN10_5 : 553 m3/s ; VCN10_10 : 500 m3/s



Rhone à Pougny
 Superficie BV : 10320 km2
 Module : 343 m3/s (% Rhône à Beaucaire : 20 %)
 Module spécifique : 33 l/s/km2
 QMNA5 : 167 m3/s
 Q_août moyen : 404 m3/s (% Rhône à Beaucaire : 42 %)
 VCN10_2 : 148 m3/s ; VCN10_5 : 119 m3/s ; VCN10_10 : 106 m3/s



Rhone à Valence
 Superficie BV : 66450 km2
 Module : 1398 m3/s (% Rhône à Beaucaire : 83 %)
 Module spécifique : 21 l/s/km2
 QMNA5 : 577 m3/s
 Q_août moyen : 879 m3/s (% Rhône à Beaucaire : 92 %)
 VCN10_2 : 564 m3/s ; VCN10_5 : 465 m3/s ; VCN10_10 : 421 m3/s



Rhone à Viviers
 Superficie BV : 70900 km2
 Module : 1486 m3/s (% Rhône à Beaucaire : 89 %)
 Module spécifique : 21 l/s/km2
 QMNA5 : 605 m3/s
 Q_août moyen : 908 m3/s (% Rhône à Beaucaire : 95 %)
 VCN10_2 : 604 m3/s ; VCN10_5 : 498 m3/s ; VCN10_10 : 450 m3/s

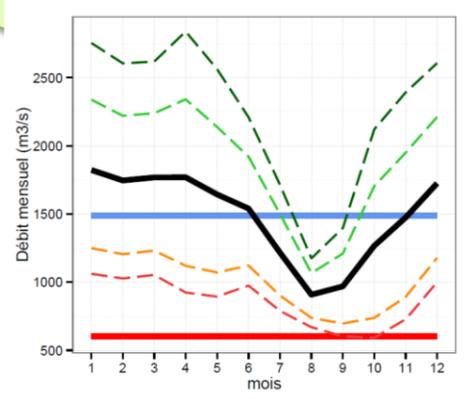
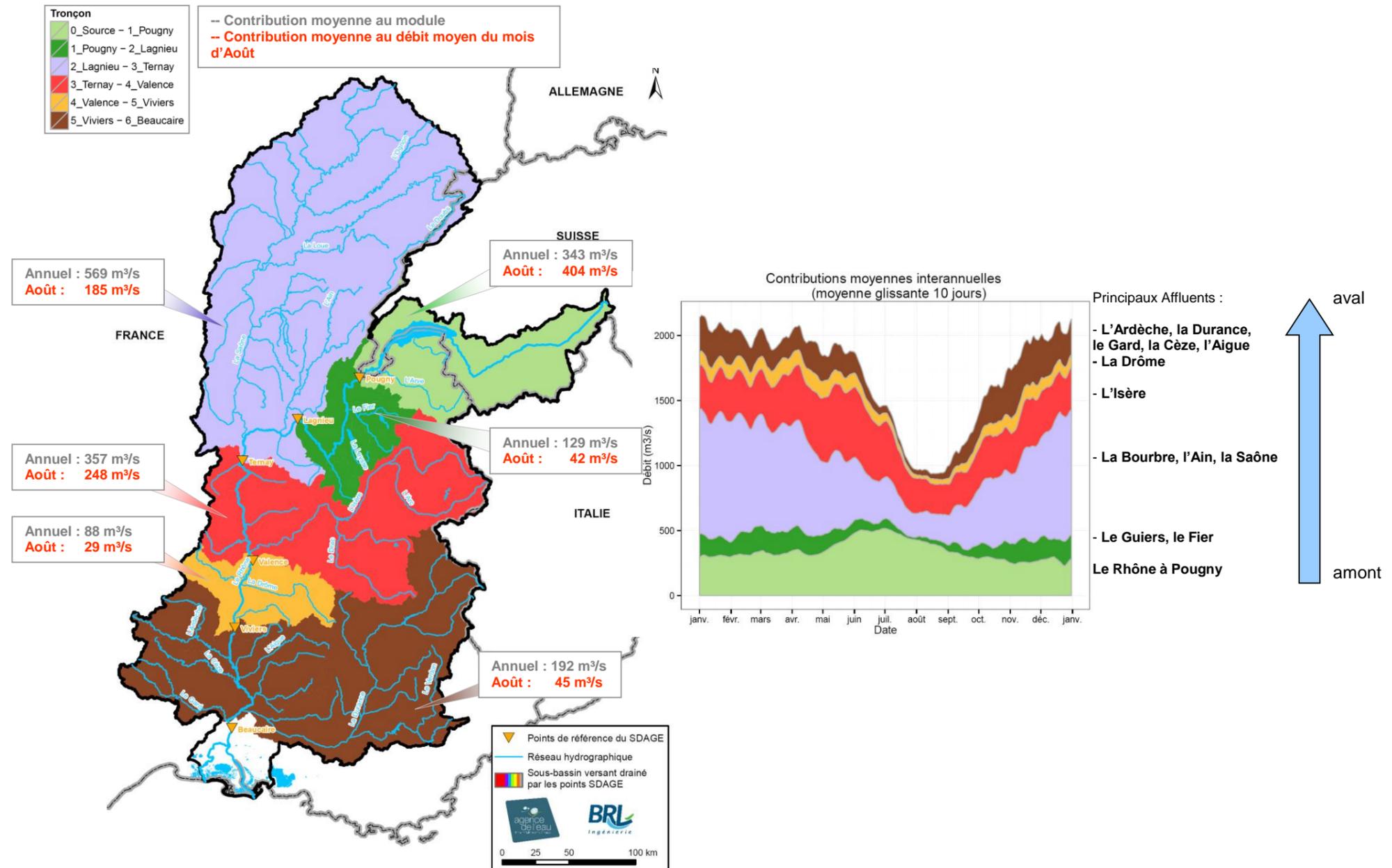


Figure 2 : Les régimes hydrologiques du Rhône. Hydrologie influencée sur la période 1980-2011 (Données : Banque Hydro et CNR ; cartes et graphes BRLi)



Figure 3 : Apports intermédiaires contributifs aux débits du Rhône. De Pougny à Beaucaire. Hydrologie influencée 1980-2011 (Données : Banque Hydro et CNR ; cartes et graphes BRLi)



3. LES PRÉLÈVEMENTS SUR LE BASSIN VERSANT DU RHÔNE

3.1 PRÉLÈVEMENTS ACTUELS

3.1.1 De fortes différences entre prélèvements bruts et prélèvements nets

On comptabilise, sur le bassin versant du Rhône (partie française), un **prélèvement brut total de l'ordre de 18 milliards de m³/an**. Il est de **5,2 milliards de m³/an** si on exclut les centrales de production d'énergie.

Une part importante de ce prélèvement est restituée. Sur ce total prélevé, environ **85 % retourne au milieu (environ 50 % si on exclut la part des centrales de production d'énergie et des transferts hydroélectriques)**.

Le prélèvement net total moyen sur le bassin est estimé à 3 milliards de m³/an, soit un débit fictif continu de 94 m³/s, en considérant la situation 2010 (population, surfaces irriguées, gestion des ouvrages existants, etc.) et la période climatique 1980-2011 pour le calcul des besoins en irrigation.

3.1.2 Vue d'ensemble des différents usages

Les prélèvements sur le bassin versant du Rhône se distribuent entre de nombreux usages. **Les deux principaux en termes d'influence hydrologique sont l'irrigation et la production d'hydroélectricité.**

L'IRRIGATION

On estime à environ **221 000 ha les surfaces irriguées** à partir du bassin versant du Rhône. Ces surfaces sont présentes sur l'ensemble du bassin versant mais se concentrent dans sa partie sud.

Le prélèvement brut pour les alimenter est de l'ordre 2,5 milliards de m³ mais une partie non négligeable est restituée au milieu.

Le prélèvement net total pour l'irrigation sur le bassin versant du Rhône s'élève à environ 1 230 Mm³/an, soit un débit fictif continu de 39 m³/s en année moyenne (moyenne calculée en considérant les surfaces irriguées 2010 et la période climatique 1980-2011). Sur cette période climatique, on calcule un prélèvement minimum d'environ 1060 Mm³ (en 1996), un maximum d'environ 1 536 Mm³ (en 2003) et un prélèvement quinquennal haut de 1317 Mm³. Le prélèvement net est principalement localisé sur **les bassins versants de la Durance** (835 Mm³) et du **delta du Rhône** (254 Mm³ dont 250 Mm³ pour la riziculture). L'eau du bassin du Rhône sert également à irriguer des surfaces extérieures au bassin (que l'on estime à 15 000 ha), qui sont alimentées par le réseau du Bas-Rhône-Languedoc (BRL) (surfaces irriguées dans le Gard et l'Hérault) et par la Société du canal de Provence (SCP) et les canaux de la Durance (surfaces irriguées dans le Var et les Bouches-du-Rhône).

En juillet, mois de plus fort prélèvement agricole, le prélèvement net pour l'irrigation **s'élève en année moyenne à environ 360 Mm³, soit un débit fictif continu de l'ordre de 134 m³/s, et à 413 Mm³ pour le temps de retour cinq ans haut (débit fictif continu de 154 m³/s).**

Les ressources sollicitées pour l'irrigation sont à 93 % de l'eau de surface. Les prélèvements dans le système Rhône (le fleuve lui-même et sa nappe) représentent 26 % des prélèvements totaux.

L'HYDROÉLECTRICITÉ

Sur le Rhône lui-même, depuis la sortie du lac Léman jusqu'à la Méditerranée, 21 ouvrages de production d'hydroélectricité se succèdent. A l'exception de l'ouvrage de Génissiat, dont la gestion est hebdomadaire, ces ouvrages n'ont pas une capacité de régulation significative comparée aux débits du Rhône, ils sont gérés à l'échelle journalière.

La production des grands ouvrages de stockage des affluents du Rhône entraîne un décalage de l'écoulement des débits dans le temps, mais n'entraîne pas un prélèvement net pour le Rhône à l'échelle annuelle (c'est exact à une échelle de plusieurs années mais pas totalement d'une année sur l'autre : à une date donnée, le stock des ouvrages n'est en effet pas toujours le même d'une année sur l'autre).

Au pas de temps mensuel, cet usage induit cependant des modifications importantes du régime hydrologique du Rhône et de ses affluents. **Au mois de mai, le volume stocké sur la partie française du bassin du Rhône, et donc soustrait à son débit, est ainsi estimé à un débit fictif de l'ordre de 225 m³/s environ.** Les plus grands volumes de régulation sont situés sur le bassin de l'Isère et de la Durance.

Sur la partie Suisse du bassin du Rhône, les ouvrages de stockage hydroélectriques et la régulation du Léman influencent également fortement l'hydrologie du Rhône au pas de temps saisonnier, avec un volume utile de l'ordre de 1,6 milliards de m³.

Par ailleurs, il existe des transferts d'eau entre le bassin du Rhône et d'autres bassins, pour l'usage hydroélectrique. Ces transferts représentent des apports ou des pertes pour le bassin du Rhône, selon les ouvrages. On peut citer notamment la déviation d'une part des débits de la Durance vers l'étang de Berre, pour alimenter la centrale de Saint Chamas. La somme de ces transferts d'eau représente, sur l'ensemble du bassin du Rhône et en l'état actuel de leur gestion (qui a pu évoluer fortement au cours du temps), une **perte en eau annuelle totale de l'ordre de 700 Mm³/an, soit un débit fictif continu sur l'année de 22 m³/s.**

L'ALIMENTATION EN EAU POTABLE

L'alimentation en eau potable à partir du bassin du Rhône représente, en 2010, un volume brut d'environ **1,1 milliards de m³, soit un débit fictif continu sur l'année de 35 m³/s** et dessert **10,5 millions de personnes.**

Le prélèvement net associé à l'usage eau potable (y compris les volumes techniques du canal de Marseille) **est estimé à 535 Mm³/an, soit un débit fictif continu sur l'année de 17 m³/s.**

Les prélèvements dans le système Rhône représentent 16 % du prélèvement net total pour l'alimentation en eau potable. Dans certains cas, le bassin versant du Rhône alimente des populations extérieures au bassin, notamment sur le bassin versant de la Durance où de l'eau est prélevée pour alimenter la côte Méditerranéenne (Marseille notamment), via le réseau de la SCP et les canaux de la Durance.

LES CENTRALES DE PRODUCTION D'ÉNERGIE

Comme déjà évoqué plus haut, le Rhône est utilisé pour le refroidissement de quatre centrales nucléaires de production d'énergie (CNPE) et d'une centrale thermique (CPT).

Les volumes bruts prélevés sur le Rhône pour ces centrales sont très importants, près de **13 milliards de m³ par an, soit un débit fictif continu sur l'année de 410 m³/s**, mais 99 % sont restitués au fleuve.

Au final, le prélèvement net pour le refroidissement des cinq centrales est estimé à **140 Mm³/an, soit l'équivalent d'un débit fictif continu de 4,4 m³/s**, prélevé en totalité sur le fleuve Rhône.

LES ACTIVITÉS INDUSTRIELLES (HORS CNPE ET CPT)

Les principaux préleveurs industriels sur le bassin versant du Rhône sont des établissements du secteur de la chimie. **720 Mm³** sont prélevés pour l'alimentation des industries du bassin, cependant les taux de restitution de l'eau prélevée sont généralement assez élevés (de 85 % à 100 %). Certains établissements prélèvent de l'eau au sein du bassin du Rhône mais la rejettent à l'extérieur, entraînant ainsi un prélèvement net plus important pour le bassin. Il s'agit d'établissements localisés dans les Bouches-du-Rhône, qui utilisent de l'eau du Rhône aval ou de la Durance.

Le prélèvement net total pour les usages industriels est estimé à **228 Mm³/an, soit un débit fictif continu de l'ordre de 7 m³/s,** dont 45 % prélevé sur le système Rhône.

LES AUTRES ACTIVITÉS (Y COMPRIS NAVIGATION)

Le Rhône est utilisé par divers autres usages : navigation, production de neige de culture, arrosage de golfs ou d'espaces verts. **Le prélèvement brut annuel associé à ces usages est de l'ordre de 550 Mm³ et on estime à 126 Mm³ leur prélèvement net annuel, soit un débit fictif continu d'environ 4 m³/s.**

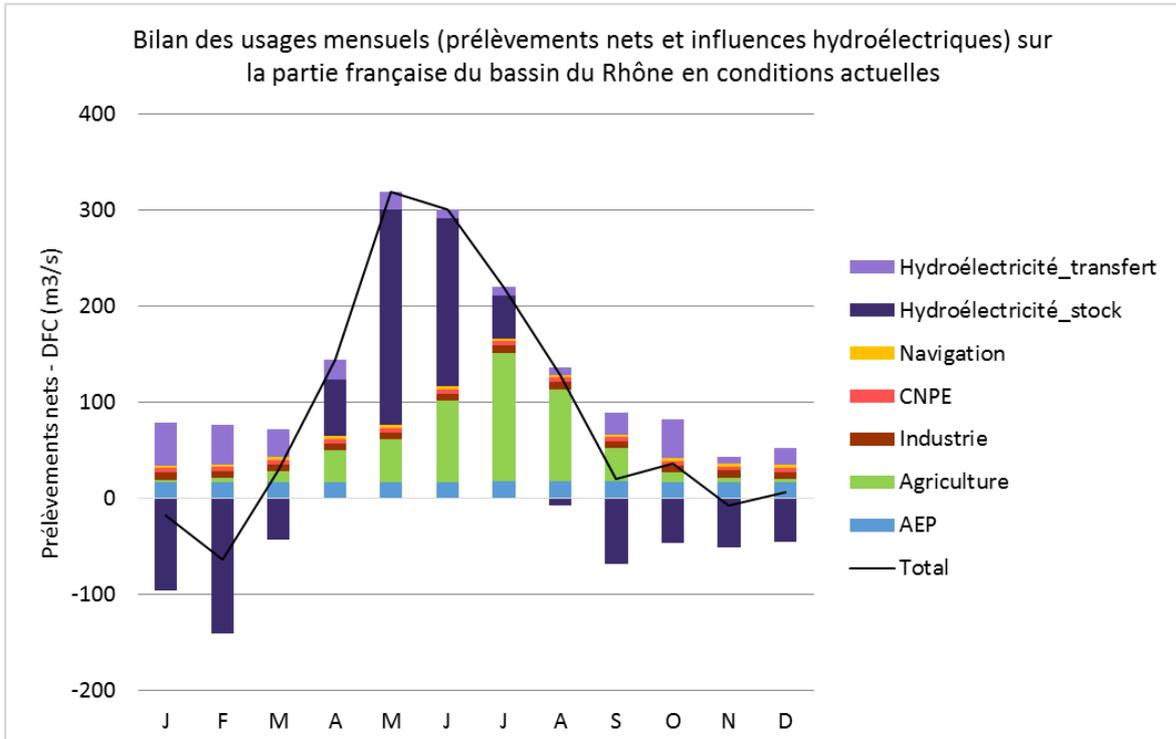
Le graphique ci-dessous présente l'évolution au cours de l'année du prélèvement net sur la partie française du bassin versant du Rhône (tous systèmes confondus).

N.B. : Sur ces graphique, on représente :

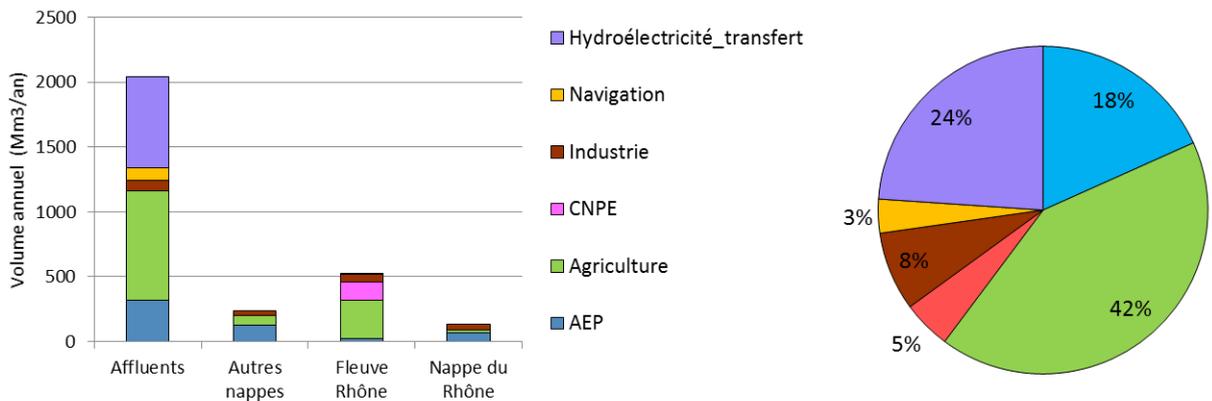
- ▶ Les moyennes 1980-2011 des stockages/déstockages ;
- ▶ Les moyennes 2006-2011 des transferts hydroélectriques ;
- ▶ Les valeurs 2010 pour les prélèvements Navigation, AEP, Industrie, CNPE ;
- ▶ Les prélèvements agricoles moyens obtenus pour les surfaces irriguées 2010 et les conditions climatique 1980-2011.

Figure 4 : Bilan des usages (prélèvements nets vus du Rhône et influences hydroélectriques) sur la partie française du bassin versant du Rhône, dans les conditions actuelles.

Bilan des usages à l'échelle mensuelle



Bilan annuel – Répartition des usages



Bilan mensuel, tous usages confondus

Somme des usages mensuels sur l'ensemble du bassin du Rhône, en conditions actuelle. Volumes en Mm3/mois.
 Rq : les valeurs positives correspondent à des prélèvements ; les valeurs négatives correspondent à des restitutions

Janv	Févr.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
-47	-156	78	375	856	779	589	344	52	97	-20	15

3.1.3 Détails sur les prélèvements nets

L'évolution des prélèvements, cumulée dans l'espace au droit des points SDAGE et CNPE sur l'axe du Rhône français, pour chacun des mois de janvier à décembre, depuis la sortie du Léman jusqu'au delta et par usage, est présentée sur les graphiques suivants.

LE POIDS DES USAGES EST TRÈS VARIABLE AU COURS DE L'ANNÉE

Ces graphiques illustrent la très forte variabilité des niveaux de prélèvement suivant les périodes de l'année :

- ▶ Pour les mois de septembre, octobre, janvier et février, soit les usages représentent une pression faible, soit ils constituent un apport aux débits du Rhône (alimentation). En effet, ces mois sont marqués par l'absence de forts prélèvements agricoles et par le déstockage des plus grands barrages, notamment sur le bassin de l'Isère et de la Durance. A l'échelle du bassin (au niveau de Beaucaire), le déstockage des barrages compense en moyenne les différents prélèvements et les transferts d'eau de la Durance vers l'étang de Berre ;
- ▶ Les mois de mars, ainsi que novembre et décembre sont marqués par une pression modérée des usages sur le bassin ;
- ▶ Les mois d'avril à juin sont marqués par :
 - Le stockage des plus grands barrages, principalement sur les bassins de l'Isère et de la Durance, jusqu'à un stockage total représentant un débit fictif continu de 225 m³/s au mois de mai ;
 - Des prélèvements agricoles, à l'aval du bassin principalement, de 30 à 90 m³/s ;
 - Le mois de mai est le mois de plus forte influence anthropique en moyenne, avec un prélèvement en eau moyen équivalent à 320 m³/s (soit 855 Mm³) ;
- ▶ Les mois de juillet et août sont principalement marqués par les prélèvements agricoles, atteignant 135 m³/s à l'échelle du bassin en juillet. Une part importante de ces prélèvements sont réalisés à l'aval du bassin.

L'HYDROÉLECTRICITÉ SUR LES AFFLUENTS EST LE PRINCIPAL PRÉLEVEUR PENDANT LES MOIS DE PRINTEMPS, MAIS RESTITUE CES VOLUMES À PARTIR DE LA FIN DE L'ÉTÉ

Concernant l'hydroélectricité, deux aspects sont différenciés :

- ▶ le décalage dans le temps de la ressource disponible, du fait des stockages et déstockages par les ouvrages de stockage. L'influence est globalement nulle à l'échelle annuelle mais très significative à l'échelle mensuelle ;
- ▶ Un transfert d'eau vers des bassins extérieurs, dont la majeure partie est le transfert de la Durance vers l'étang de Berre.

Vis-à-vis du régime hydrologique du système Rhône, l'influence des grands réservoirs hydroélectriques des affluents est très importante, en particulier pendant les trois mois d'avril, mai et juin, mois pendant lesquels les barrages (bassins de la Durance et de l'Isère) stockent les eaux de fonte. Par exemple, au mois de mai, le volume stocké moyen correspond à un « manque à gagner » de plus de 200 m³/s pour le Rhône.

Ces volumes stockés sont restitués à partir de la fin de l'été, permettant ainsi un soutien des débits d'automne et d'hiver, jusqu'en mars.

L'IRRIGATION EST LE PRINCIPAL PRÉLEVEUR PENDANT LES MOIS DE JUILLET ET AOÛT

D'après les estimations conduites dans la présente étude, le prélèvement net total sur le bassin versant du Rhône s'élève à 3 milliards de m³/an, soit un débit fictif continu sur l'année de 94 m³/s.

A l'échelle d'une année, et sur l'ensemble du bassin versant du Rhône en France, l'irrigation représente 42 % du prélèvement net, les transferts pour l'hydroélectricité, 24 %, l'AEP 18 %, l'industrie (y compris les centrales de production d'énergie) 13 %, et l'ensemble des autres prélèvements 3 %.

Environ 16 % du prélèvement annuel total, 470 Mm³, sont prélevés au mois de juillet, soit un débit fictif continu de 175 m³/s. Pendant ce mois de juillet, l'agriculture est le principal usage et représente alors plus de 75 % des prélèvements totaux.

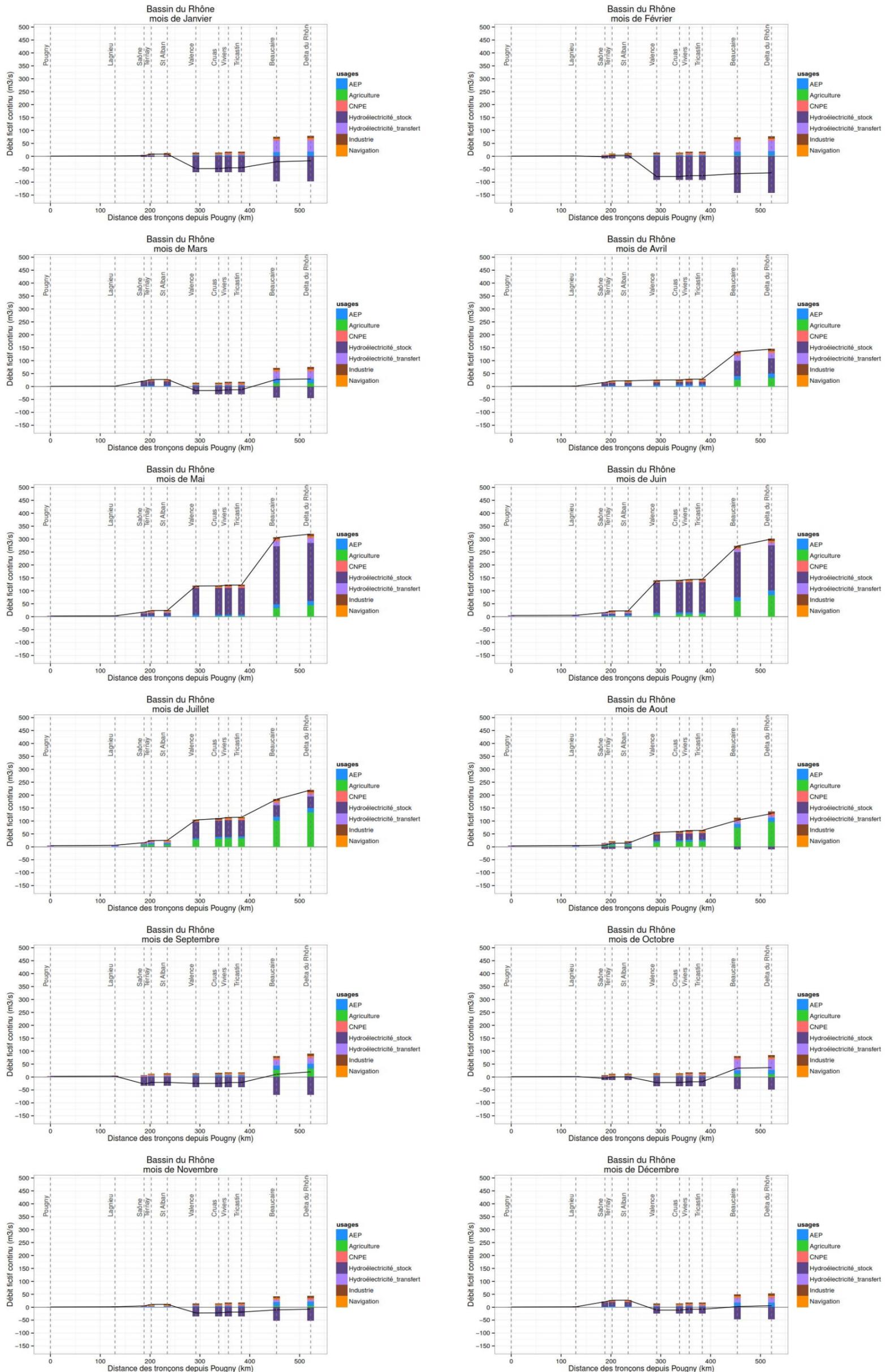
LES PRÉLÈVEMENTS SONT PRINCIPALEMENT CONCENTRÉS SUR LES TRONÇONS LES PLUS AVAL DU BASSIN

A l'amont de Ternay, les impacts sont relativement faibles comparativement au reste du bassin. En juillet, les prélèvements moyens sur cette zone totalisent 25 m³/s. Les impacts des barrages sur le bassin de l'Ain sont de l'ordre de 10 à 20 m³/s.

De Ternay à Viviers, les barrages du bassin de l'Isère impactent fortement les débits, avec un stockage de l'ordre de 90 m³/s – 110 m³/s en mai et juin. De plus, l'agriculture représente sur cette zone un prélèvement de 24 m³/s en juillet.

L'aval du bassin est marqué par le fort impact des ouvrages hydroélectriques sur le bassin de la Durance, représentant un impact de 120 m³/s en mai. Cela se cumule à d'importants prélèvements agricoles, sur les bassins de la Durance et dans le delta du Rhône principalement. A l'aval de Viviers, au mois de juillet, on comptabilise un prélèvement agricole équivalent à 100 m³/s en moyenne.

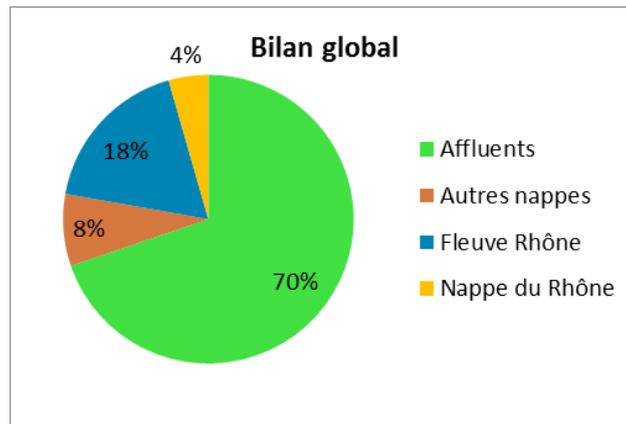
Figure 5 : Evolution des prélèvements, cumulée au droit des points SDAGE et CNPE sur l'axe du Rhône français, pour chacun des mois de janvier à décembre, depuis la sortie du Léman jusqu'au delta et par usage



DES PRÉLÈVEMENTS NETS PRINCIPALEMENT RÉALISÉS SUR LES AFFLUENTS DU RHÔNE

Comme le montre la figure ci-dessous, à l'échelle de l'année, plus de 70 % du prélèvement net (vu du Rhône) a lieu sur le système interagissant (nappes latérales ou affluents du Rhône), et à peine 25 % sur le Rhône ou sa nappe.

Figure 6 : Répartition des prélèvements nets annuels (vus du Rhône) sur le bassin versant du Rhône par type de ressource prélevée



3.2 EVOLUTIONS HISTORIQUE ET FUTURES POSSIBLES DES PRÉLÈVEMENTS

RÉTROSPECTIVE

Depuis 2003, le prélèvement brut tend à diminuer et cette diminution se retrouve notamment pour les usages industriels.

Le prélèvement brut pour l'alimentation en eau potable sur le bassin du Rhône était de 1,15 milliards de m³ en 2000, puis il a augmenté jusqu'en 2003 pour atteindre 1,26 milliards de m³. **Depuis 2003 il décroît, avec une valeur en 2010 de 1,11 milliards de m³.**

Pour l'agriculture, on retrouve, d'après la base de données de l'Agence de l'Eau, une nette augmentation des prélèvements entre 1997 et 2003. De 2003 à 2010 on remarque une tendance globale à la diminution. Ces tendances sont à considérer avec précaution et à mettre en regard de l'évolution des modes de comptage et des seuils utilisés pour l'estimation des prélèvements dans la base de données (voir Annexe 5 du rapport de phase 1). Ce qui est cependant certain, c'est qu'on assiste à **une diminution de 13 % des surfaces irriguées entre 2000 et 2010** (source : RGA 2000 et 2010).

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** (moyenne annuelle de 100 m³/s pour la période 1980-1993, passant à 60 m³/s pour la période 1994-2005 et à 30 m³/s pour 2006-2011).

PROSPECTIVE

L'évolution des usages et de leur demande en eau sur le bassin versant du Rhône dépend de nombreux paramètres.

En ce qui concerne l'industrie, les travaux menés dans le cadre du projet Explore 2070 indiquent que **la diminution des prélèvements industriels va se poursuivre**, et même s'accélérer à partir de 2020, notamment sous l'effet de l'amélioration des procédés.

Pour l'alimentation en eau potable, l'augmentation de population attendue à l'échelle du bassin à l'horizon 2021 est de l'ordre de +6 %. Si elle n'est pas assortie d'une diminution de la consommation unitaire par habitant, cette croissance de la population aboutira à une **augmentation des prélèvements de 35 Mm³ à l'échelle du bassin versant du Rhône, soit un débit fictif continu de 1,1 m³/s**. Différents scénarios de diminution de la consommation par habitant ont été testés : pour une diminution de 8 % de ce ratio, **les prélèvements diminueraient de 7 Mm³, soit un débit fictif continu de 0,2 m³/s**.

Pour l'irrigation, l'évolution du besoin est en partie liée aux surfaces irriguées. **A court terme, ces surfaces devraient continuer à diminuer**, notamment en raison de la forte pression foncière qui frappe certaines régions. A plus long terme, une reprise de l'activité est possible, sous l'effet d'une demande des consommateurs en produits de qualité et locaux. Le changement climatique pourrait également influencer la demande en eau agricole. En ce qui concerne la ressource Rhône, le **prélèvement pourrait ainsi être amené à augmenter dans les années à venir**, en raison de projets d'extension de réseau (notamment le projet Aqua Domitia) et également en raison de différents projets de substitution qui sont envisagés pour répondre aux demandes de réduction des prélèvements sur les bassins identifiés en déficit par les différentes études volumes prélevables menées sur le territoire.

Le tableau ci-dessous présente l'évolution possible des prélèvements pour l'AEP (hypothèse haute : croissance de 6 % de la population, pas d'évolution de la consommation par habitant, et hypothèse basse : croissance de 6 % de la population, diminution de 8 % de la consommation par habitant) et les prélèvements associés aux projets identifiés à court et moyen termes pour l'irrigation sur chacun des tronçons.

Tableau 1 : Bilan de l'évolution possible des prélèvements AEP et irrigation (court à moyen terme)

	AEP hypothèse	AEP hypothèse	Irrigation	Irrigation - projets sur la
	haute	basse	système Rhône	Durance
0_Amont Léman	1	0	0	
1_Du Léman à Pougny	1	0	0	
2_De Pougny à Lagnieu	2	0	0	
3_De Lagnieu à la Saône	3	-1	5	
4_De la Saône à Ternay	3	-2	0	
5_De Ternay à St Alban	0	0	0	
6_De St Alban à Valence	4	0	0	
7_De Valence à Cruas	1	0	1	
8_De Cruas à Viviers	0	0	0	
9_De Viviers à l'Ardèche	0	0	-1	
10_De l'Ardèche à Beaucaire				-15 (économies d'eau sur les canaux) et prélèvement projet de liaison Verdon-St Cassien de l'ordre de 5 Mm ³
	16	-5	9	
11_Delta du Rhône	5	0	12 à 22	
Total BV Rhône (Mm3)	35,5	-7	25.5 à 35.5	-10 à +5
Total BV Rhône (m3/s)	1,1	-0,2	0.8 à 1.1	-0,3 à +0,1
Total BV Rhône AEP et Irrigation (Mm3)	8.4 à 76			
Total BV Rhône AEP et Irrigation (m3/s)	0,3 à 2,4 m ³ /s			

Suivant les hypothèses considérées, l'évolution du prélèvement net global sur le bassin versant du Rhône va de +8,5 à +76 Mm³/an, soit une évolution de 0,3 % à +2,5 % du prélèvement net actuel.

Si on considère que 30 % du prélèvement agricole a lieu au mois de juillet et que les prélèvements AEP sont répartis de façon égale sur l'ensemble de l'année, **l'évolution correspondante du prélèvement net au mois de juillet serait de +4,1 Mm³ à +13,6 Mm³, soit une évolution de +0,8 % à +2,8 % du prélèvement net actuel.**

