

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 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	
Synthese	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-traitants	HYDROFIS (aspects hydrogéologiques)

Date de création du document	décembre 2012
Contact	Sébastien Chazot sebastien.chazot@brl.fr

Titre du document	Phase 1 – Document A : Caractérisation du territoire du fleuve Rhône et Bilan des influences anthropiques passées, actuelles et futures possibles
Référence du document :	800420_Ph1_A_Principal
Indice :	VFb

Date émission	Indice	Observation	Dressé par	Vérifié et Validé par
11 déc 2012	1.0	Avancement mission 1	Marion Mahé, Mathilde Chauveau, Thomas Norotte, Frédéric Bergé, Manon Jézéquel, Sébastien Chazot, Pascal Fénart (Hydrofis)	S. Chazot
05 févr 2013	2.0	Mission 1 complète + premiers éléments Mission 2		
12 avril 2013	3.0	Mission 1 + Mission 2		
16 avril 2013	3.1	Mission 1 + Mission 2		
9 août 2013	4.0	Mission 1 + Mission 2		
20 déc 2013	5.0	Mission 1 + Mission 2		
Avril 2014	6.0	Mission 1 + Mission 2		
Octobre 2014	VFb	Mission 1 + Mission 2		

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

Phase 1 – Document A : Rapport principal : Caractérisation du territoire du fleuve Rhône et bilan des influences anthropiques passées, actuelles et futures possibles

PRÉAMBULE.....	1
DÉFINITION.....	3
1. QUELQUES IDÉES CLEFS ET ORDRES DE GRANDEUR SUR LE FLEUVE RHÔNE	5
1.1 Un fleuve très aménagé, structuré par les ouvrages hydrauliques	6
1.1.1 Les aménagements se développent principalement de 1930 à 1970	6
1.1.2 Le Léman et son bassin : une part réduite en surface mais un impact hydrologique majeur	7
1.1.3 Aperçu général de l'ensemble des ouvrages hydroélectriques sur le bassin du Rhône	16
1.1.4 La chaîne hydroélectrique du Rhône	18
1.1.5 Quatre centrales nucléaires et une centrale thermique sont refroidies par les eaux du Rhône	27
1.2 Des milieux aquatiques reflets de l'anthropisation du fleuve	29
1.3 Contexte hydrogéologique : une nappe alluviale du Rhône en interaction avec de nombreuses nappes contributives	31
1.4 Quelques grands chiffres d'une hydrologie complexe	35
1.4.1 Les régimes hydrologiques du Rhône	35
1.4.2 Rétrospective des étiages du Rhône	39
1.4.3 Quels impacts possibles du changement climatique sur l'hydrologie du bassin du Rhône ?	41
2. DÉFINITION DU SYSTÈME D'ÉTUDE	43
2.1 Le fleuve, sa nappe et le système interagissant	43
2.2 Découpage en sous-bassins versants proposé pour l'étude	44
3. PREMIÈRE CARACTÉRISATION DES TENSIONS SUR LE BASSIN DU RHÔNE.....	51
3.1 Contexte réglementaire	51
3.2 Tensions historiques récentes sur le Rhône et sa nappe	51
3.2.1 Episodes connus de tension sur le fleuve	51

3.2.2	Autres tensions quantitatives possibles	54
3.3	Quels sont les dispositifs de gestion en place sur les bassins versants affluents du Rhône ?	56
3.3.1	Les arrêtés cadres pour la préservation de la ressource en eau en période d'étiage	56
3.3.2	Historique des arrêtés préfectoraux de limitation des usages de l'eau	58
4.	QUI PRÉLÈVE QUOI SUR LE BASSIN VERSANT FRANÇAIS DU RHÔNE ?	59
4.1	Les ouvrages de stockage	59
4.2	Les transferts d'eau liés à l'hydroélectricité	66
4.3	L'irrigation : une demande concentrée sur la Durance et le Rhône aval	71
4.3.1	Démarche et méthodologie	71
4.3.2	Les surfaces irriguées à partir du bassin versant du Rhône	72
4.3.3	Les transferts liés à l'irrigation existants sur le bassin versant du Rhône	77
4.3.4	Les prélèvements bruts : 15 préleveurs représentent plus de 50 % des volumes prélevés	82
4.3.5	Estimation du besoin théorique des cultures par sous-bassin : une forte variabilité dans l'espace et dans le temps	84
4.3.6	Les prélèvements nets associés à chaque sous-bassin	87
4.3.7	Mise en parallèle des surfaces irriguées, du besoin théorique, des prélèvements bruts et des prélèvements nets	90
4.4	Les consommations d'eau liées à l'eau potable	91
4.4.1	L'alimentation en eau potable à partir du bassin du Rhône : quels volumes bruts prélevés?	91
4.4.2	Estimation des prélèvements nets liés à l'eau potable sur le bassin du Rhône	97
4.5	L'industrie et la production d'énergie	102
4.5.1	Méthodologie et sources de données	102
4.5.2	Prélèvements bruts liés aux usages industriels sur le bassin du Rhône	102
4.5.3	Evolution historique des prélèvements historiques pour l'industrie	106
4.5.4	Estimation des principaux prélèvements nets liés aux usages industriels pour le bassin du Rhône	107
4.6	Autres prélèvements	112
4.6.1	Canaux de navigation	112
4.6.2	Autres prélèvements	114
4.7	Bilan des prélèvements actuels sur le bassin versant français du Rhône	118
4.7.1	Vue d'ensemble des prélèvements bruts à l'échelle annuelle	118
4.7.2	Vue d'ensemble des prélèvements nets	123
4.8	Perspectives pour le futur : quelles évolutions des besoins ?	131
4.8.1	Evolution possible de la demande en eau agricole	131
4.8.2	Evolution possible de la demande en eau pour l'AEP	137
4.8.3	Evolution possible de la demande pour l'industrie	142
4.8.4	Détails sur les projets multi-usages	144
4.8.5	Bilan sur l'évolution possible des prélèvements	150

ANNEXES	151
Annexe 1 : Plaquette de présentation de l'étude	153
Annexe 2 : Bilan des données récupérées	157
Annexe 3 : Rétrospective des étiages sévères sur le Rhône	173
Annexe 4 : Questionnaire envoyé aux maîtres d'ouvrage AEP prélevant dans le fleuve Rhône ou dans sa nappe d'accompagnement	177
Annexe 5 : Réponses des questionnaires AEP concernant les projets d'augmentation ou de substitution	185
Annexe 6 : Traitement de la base de données des redevances de l'Agence de l'eau	189
Annexe 7 : Compte rendu des échanges avec VNF au sujet des canaux de navigation	205
Annexe 8 : Prise en compte des prélèvements souterrains pour le désinfluencement des débits	209

TABLEAUX ET FIGURES

FIGURES

Figure 1 : Carte physique du bassin versant du Rhône	5
Figure 2 : Bassin versant du Rhône à la frontière franco-suisse. Ouvrages hydroélectriques et stations hydrométriques	8
Figure 3 : Régularisation du Lac Léman. Années normale et bissextile	9
Figure 4 : Schéma simplifié du transfert des eaux d'Emosson	10
Figure 5 : Débits mensuels du Rhône à Branson (Suisse, 30 km à l'amont du Léman).....	13
Figure 6 : A/ Rappel de la consigne de la côte du Léman ; B/ Estimation des débits mensuels entrants et sortants du Léman (moyenne 1980-2011).....	14
Figure 7 : Débits horaires du Rhône à Branson en hiver (Suisse, 30 km à l'amont du Léman)	14
Figure 8 : Exemple de débits horaires à Pougny (août 2011)	14
Figure 9 : Evolutions passée et future possible des volumes d'eau stockés dans les glaciers suisses et du manteau neigeux.	15
Figure 10 : Principaux barrages sur le bassin versant du Rhône.....	17
Figure 11 : Schéma d'un aménagement type de la CNR.....	19
Figure 12 : Evolution historique du volume de stockage sur les affluents du Rhône – graphe BRLi.....	26
Figure 13 : Carte de localisation des centrales thermiques et nucléaires sur le Rhône	28
Figure 14 : Carte simplifiée des grands ensembles aquifères à l'échelle du bassin versant.	31
Figure 15 : Illustrations en coupes des grandes unités aquifères du bassin versant du Rhône. (a) Nappe alluviale du Rhône; (b) nappe fluvio-glaciaire; (c) nappe karstique latérale et bassins molassiques.	33
Figure 16 : Schéma explicatif du phénomène de pénétration de fines particules dans un réservoir alluvial (d'après Lallemand-Barrès, 1985)	34
Figure 17 : Les régimes hydrologiques du Rhône. Hydrologie influencée sur la période 1980-2011 (Données : Banque Hydro et CNR ; cartes et graphes BRLi).....	37
Figure 18 : Apports intermédiaires contributifs aux débits du Rhône. De Pougny à Beaucaire. Hydrologie influencée 1980-2011 (Données : Banque Hydro et CNR ; cartes et graphes BRLi)	38
Figure 19 : Analyse de quelques étiages historiques du Rhône à Valence depuis 1920. (Débits moyens sur 10 jours : débits moyens interannuels calculés sur 1920-2010 ; Débits des années 1921, 1976 et 1989 ; VCN10_10ans).....	40
Figure 20 : Evolution possible des débits moyens du mois d'août et du module entre (1962-1990) et (2046-2065). Résultats du projet Explore 2070.....	42
Figure 21 : Définition du système d'étude	43
Figure 22 : Profil de débit du Rhône	45
Figure 23 : Découpage en sous-bassins versants	46
Figure 24 : Le découpage du bassin du Rhône proposé dans le cadre de l'étude	47
Figure 25 : Découpage du bassin du Rhône en « tronçons »	49
Figure 26 : Débits à Genève en 2011. Baisse momentanée des débits à 50m ³ /s en mai 2011 suite à la dérogation du canton de Genève, puis remontée à 100m ³ /s suite à l'accord avec la France.	52
Figure 27 : Le mécanisme de « coin salé » à l'embouchure du Rhône (source : Le Rhône en 100 questions).....	53
Figure 28 : Influences moyennes des barrages sur les bassins de l'Ain, l'Isère, l'Ardèche et la Durance. (moyennes 1980-2011).	60
Figure 29 : Représentation des influences mensuelles historiques et moyennes des ouvrages sur le bassin de l'Ain	62

Figure 30 : Représentation des influences mensuelles historiques et moyennes des ouvrages sur le bassin de l'Isère	63
Figure 31 : Représentation des débits moyens et débits interannuels moyens des influences sur le bassin de la Durance	63
Figure 32 : Représentation des débits moyens et débits interannuels moyens des influences sur le bassin de l'Ardèche.....	64
Figure 33 : Influence de la période de détermination de la moyenne mensuelle interannuelle des débits influences par les ouvrages sur le bassin de l'Ardèche.....	64
Figure 34 : Bilan des influences mensuelles moyennes des barrages sur le bassin français du Rhône (moyenne 1980-2011).....	65
Figure 35 : Débits turbinés moyens par la centrale de Belleville, transferts d'eau du bassin de l'Arve vers l'Isère. Moyenne 1980-2011.....	67
Figure 36 : Débits dérivés moyens mensuels et interannuels à la centrale de Belleville entre 1980 et 2011 (m3/s).....	67
Figure 37 : Débits turbinés par la centrale de Montpezat, transfert d'eau du bassin de la Loire vers le Rhône. Moyenne 1980-2011.....	68
Figure 38 : Débits dérivés moyens mensuels et interannuels à la centrale de Montpezat entre 1980 et 2011 (m3/s).....	68
Figure 39 : Débits turbinés moyens mensuels et interannuels à la centrale de Saint Chamas entre 1980 et 2011 (m3/s)	69
Figure 40 : Débits turbinés par la centrale de Saint Chamas, transfert d'eau du bassin du Rhône vers l'extérieur.....	70
Figure 41 : Localisation des superficies irriguées par canton – comparaison 2000-2010.....	72
Figure 42 : Evolution des surfaces des principales cultures irriguées entre 1988 et 2010.....	73
Figure 43 : Surfaces irriguées à partir des tronçons associés aux points SDAGE (total système Rhône et système interagissant)	74
Figure 44 : Aperçu des cultures irriguées par le bassin versant du Rhône	75
Figure 45 : Position des transferts identifiés pour l'irrigation sur le bassin versant du Rhône.....	78
Figure 46 : Organisation du réseau BRL alimenté à partir du Rhône	80
Figure 47 : Prélèvements bruts de BRL par type d'usage, de 2003 à 2010	80
Figure 48 : Historique des volumes bruts prélevés par la CED	81
Figure 49 : Prélèvement agricole brut annuel total (Rhône et interagissant) sur les tronçons associés aux points SDAGE.....	83
Figure 50 : Prélèvement agricole brut annuel par type de ressource sollicitée (Superficiel/Souterrain – Rhône/interagissant)	83
Figure 51 : Variation du besoin théorique au cours de l'année Besoin théorique moyen pour quelques unes des cultures pratiquées -exemple de la zone climatique « basse vallée du Rhône », valeurs décennales.....	85
Figure 52 : Variation des besoins théoriques en fonction des zones climatiques pour les 3 principaux types de culture du BV	85
Figure 53 : Variabilité du besoin théorique unitaire (exemple de la culture de maïs dans zone climatique 11).....	86
Figure 54 : Besoin théorique mensuel moyen en eau d'irrigation pour chacun des tronçons associés aux points SDAGE (en Mm ³)	86
Figure 55 : Ressources sollicitées pour satisfaire le besoin théorique sur le bassin du Rhône	86
Figure 56 : Prélèvements nets mensuels sur chaque tronçon (total système Rhône et interagissant)	87
Figure 57 : Prélèvement net avec les superficies irriguées en 2010 en considérant les conditions climatiques de 1980 à 2011 (total bassin versant du Rhône).....	88
Figure 58 : Prélèvements nets moyens pour l'irrigation sur le bassin du Rhône, avec les superficies irriguées en 2010 en considérant les conditions climatiques de 1980 à 2011 (Mm ³ /an)	89
Figure 59 : Prélèvements bruts en eau potable pour le bassin du Rhône, en 2010 (Mm ³ /an) (source : données redevances Agence)	92
Figure 60 : Estimation des prélèvements bruts mensuels (Mm ³) pour l'eau potable à partir du Rhône et sa nappe en 2010.	93

Figure 61 : Evolution historique entre 2000 et 2010 des volumes bruts de prélèvement AEP déclarés à l'Agence de l'eau, détail par milieu de prélèvement et par système d'étude.....	94
Figure 62 : Distribution décroissante du volume de prélèvement brut cumulé de l'AEP, en fonction du nombre de préleveurs (tri du plus gros au plus petit).....	95
Figure 63 : Estimation des populations alimentées en eau potable par le bassin du Rhône, et des populations raccordées à un réseau d'assainissement sur le bassin du Rhône. Année 2010.....	98
Figure 64 : Estimation des prélèvements nets liés à l'alimentation en eau potable sur le bassin du Rhône. Prise en compte des transferts d'eau. Plusieurs hypothèse de taux de retour sont testée (60%, 70%, 80%).....	100
Figure 65 : Estimation des prélèvements nets mensuels pour l'eau potable à partir du Rhône et sa nappe.....	101
Figure 66 : Prélèvements bruts annuels industriels sur le bassin du Rhône français (Mm ³ , 2010)	103
Figure 67 : Volumes bruts industriels déclarés par maîtres d'ouvrage (BDD redevances Agence) Les 20 principaux préleveurs prélèvent 65 % du volume brut déclaré.....	103
Figure 68 : Prélèvements bruts annuels industriels (hors CNPE) sur le bassin du Rhône français, par tronçon d'étude (Mm ³ , 2010) (source : données Redevances de l'Agence).....	104
Figure 69 : Volumes bruts des industriels déclarés sur le bassin du Rhône français, hors CNPE, pour les données Redevances et les données IREP. Volume annuel (Mm ³ , 2010) par tronçon d'étude.....	106
Figure 70 : Prélèvements bruts liés à l'industrie sur le bassin du Rhône d'après les données Redevances.....	106
Figure 71 : Rétrospective de l'évolution des volume prélevés sur le bassin du Rhône pour les CNPE sur la période 1980 - 2011.....	107
Figure 72 : Estimation des prélèvements nets industriels sur le bassin du Rhône en Mm ³ (CNPE incluses).....	110
Figure 73 : Prélèvements nets annuels industriels estimés sur le bassin du Rhône français, par tronçon d'étude (Mm ³ , 2010).....	111
Figure 74 : Classement des prélèvements bruts de la base de données Redevances par usages LEMA, et par catégories d'usage, après traitement et reventilation réalisée par BRLi.....	114
Figure 75 : Répartition mensuelle des prélèvements pour la neige de culture.....	115
Figure 76 : Estimation des prélèvements nets pour les « autres usages » sur le bassin du Rhône, à partir des connaissances des prélèvements bruts. Volumes 2010, en Mm ³	116
Figure 77 : Estimation des prélèvements nets liés aux « autres usages » (hors canaux de navigation) sur le bassin du Rhône par tronçons d'étude. Volumes 2010, Mm ³	117
Figure 78 : Volumes prélevés bruts en 2010 (millions de m ³), d'après la base de données redevances et les données EDF.....	119
Figure 79 : Volumes prélevés bruts en 2010, hors CNPE et hydroélectricité, (millions de m ³) par tronçons, d'après la base de données redevances et les données EDF.....	121
Figure 80: Prélèvements nets mensuels sur la partie française du bassin versant du Rhône.....	124
Figure 81 : Prélèvements nets mensuels sur la partie française du bassin versant du Rhône (m ³ /s) en conditions actuelles.....	125
Figure 82 : Prélèvements nets mensuels sur la partie française du système Rhône (le Rhône et sa nappe d'accompagnement) (m ³ /s) en conditions actuelles.....	126
Figure 83: Prélèvements nets sur la partie française du bassin versant du Rhône différenciés par tronçons et par usages pour les mois de mai et juillet.....	127
Figure 84 : Bilan des prélèvements nets sur le bassin versant du Rhône – prélèvements totaux cumulés de l'amont vers l'aval par mois. Débit fictif continu (m ³ /s).....	128
Figure 85 : Bilan des prélèvements nets sur le bassin versant du Rhône – prélèvements totaux cumulés de l'amont vers l'aval pour les mois de mai et juillet. Présentation par ressource sollicitée. Débit fictif continu (m ³ /s).....	129
Figure 86 : Evolution démographique sur le BV du Rhône (source : données INSEE, graphique BRLi).....	138

Figure 87 : (A gauche) : Populations communales en 2009 ; (A droite) : Projection démographique départementale entre 2009 et 2021 (taux de croissance annuels) – source : données INSEE, cartes BRLi.....	139
Figure 88 : Evolution prospective des prélèvements d'eau pour l'industrie (extrait à l'horizon 2040) (Source : BIPE 2011).....	143
Figure 89 : Evolution prospective des volumes d'eau annuels prélevés par les centrales nucléaires en France	143
Figure 90 : Evolution prospective des volumes d'eau consommés par les centrales nucléaires en France (extrait à 2050) (Source : BIPE 2011)	144
Figure 91 : Tracé du réseau Aqua Domitia	146
Figure 92 : Tracé de la liaison Verdon/Saint-Cassien – Sainte-Maxime.....	147
Figure 93 : Fonctionnement de la desserte de la liaison Verdon/Saint-Cassien – Sainte- Maxime	148
Figure 94 : Bilan des données hydrométriques récupérées sur le bassin du Rhône.	164
Figure 95 : « Sous-passement » des débits seuils (VCN_T et QMNA5) pour les débits moyens 10 jours et mensuels (les débits seuils ont été calculés sur la période 1980-2011). 175	
Figure 96 : Catégories d'usage LEMA utilisées dans la base de donnée redevances depuis 2008. Source : Agence de l'eau RMC	192
Figure 97 : Typologie d'usage utilisée par BRL pour traitée la base de données redevances.....	194
Figure 98 : Comparaison des catégories d'usages avant 2008 (types usages) et après 2008 (usages Lema) de la base de données redevance, en parallèle avec la typologie BRL. Volumes bruts sur le bassin versant du Rhône (hors CNPE) (millions de m ³ , année 2010).	195
Figure 99 : Volumes bruts hors CNPR prélevé sur le bassin du Rhône d'après la base de données redevance (milliers de m ³).	196
Figure 100 : Volumes bruts prélevés pour l'agriculture d'après la base de données redevance. (milliers de m ³). (typologie BRL) et modes de comptage associés.	196
Figure 101 : Volumes bruts prélevés pour l'eau potable d'après la base de données redevance. (milliers de m ³). (typologie BRL).	197
Figure 102 : Volumes bruts prélevés pour l'industrie d'après la base de données redevance. (milliers de m ³). (typologie BRL).	198
Figure 103 : Volumes bruts prélevés pour les centrales nucléaires et thermique d'après la base de données redevance. (milliers de m ³). (typologie BRL).	198
Figure 104 : Répartition des volumes bruts par tronçons et par milieux de prélèvements (milliers de m ³ , hors CNPE, année 2010) à partir de la base de données redevances.	200
Figure 105 : Typologie d'usage mise en place par BRL. Croisement avec les catégories d'usage de la base de donnée redevance pour 2010 (volumes en milliers de m ³).....	201
Figure 106 : Stratégie d'étude des nappes soumises à des prélèvements estivaux significatifs, en interaction avec le système Rhône à l'étiage	212

TABLEAUX

Tableau 1 : Principales caractéristiques des aménagements hydroélectriques au fil de l'eau	20
Tableau 2 : Caractéristiques des barrages présents sur le bassin versant – source : Etude globale Rhône et échanges avec EDF.	23
Tableau 3 : Ouvrages de stockage avec un mode de gestion annuel sur la partie française bassin du Rhône.	25
Tableau 4 : Ouvrages et volumes de transferts moyens calculés sur 2006-2011	26
Tableau 5 : Prélèvements bruts en eau opérés par les centres nucléaires	27
Tableau 6 : Débits VCN et QMNA5 caractéristiques (influencés) au droits des six points SDAGE sur le Rhône.....	39
Tableau 7 : Correspondance entre le découpage en « sous-bassins », les points d'étude et les « tronçons ».....	48
Tableau 8 : Liste des Arrêtés Cadres Préfectoraux en vigueur pour la gestion des situations de sécheresse – source : données DREAL, tableau BRLi	57
Tableau 9 : Niveaux maximums atteints par année et par département en référence aux arrêtés cadres de gestion de la sécheresse : source : données DREAL, tableau et synthèse de BRLi	58
Tableau 10 : Ouvrages de stockage saisonnier sur le bassin de la Durance	60
Tableau 11 : Ouvrages de stockage saisonnier sur le bassin de l'Isère	61
Tableau 12 : Ouvrages de stockage saisonnier sur le bassin de l'Ardèche.....	61
Tableau 13 : Ouvrages et volumes de transferts moyens calculés sur 2006-2011	66
Tableau 14 : Surfaces irriguées par les différents sous-bassins.....	74
Tableau 15 : Liste des transferts identifiés entre sous-bassins du bassin versant du Rhône	77
Tableau 16 : Liste des transferts réalisés vers l'extérieur du bassin versant du Rhône	79
Tableau 17 : Liste des 15 plus gros préleveurs agricoles en 2010 et 2009 (N.B. : pour BRL et SCP, le tableau indique la seule part agricole de leur prélèvement qui est multi-usages).....	82
Tableau 18 : Bilan des principales informations sur l'irrigation par tronçon : surfaces, besoins théoriques, prélèvements bruts, prélèvements nets	90
Tableau 19 : Evolution historique entre 2000 et 2010 des volumes bruts de prélèvement AEP déclarés à l'Agence de l'Eau, détail par milieu de prélèvement et par système d'étude.....	94
Tableau 20 : Tri sur les 27 plus gros préleveurs et volumes de prélèvement associé en 2010 (source : données redevances AERMC, tableau BRLi).....	96
Tableau 21 : Principaux prélèvements AEP pour lesquels les retours ont majoritairement lieu hors du bassin du Rhône (extraction données Redevance).....	98
Tableau 22 : Estimation des prélèvements nets liés à l'alimentation en eau potable sur le bassin du Rhône. Prise en compte des transferts d'eau et du canal de Marseille. Plusieurs hypothèse de taux de retour sont testée (60 % ; 70 % ; 80 %).	101
Tableau 23 : Principaux préleveurs industriels pour les volumes BRUTS sur le bassin du Rhône français.....	105
Tableau 24 : Prélèvements bruts en eau opérés par les centres nucléaires (source : EDF).....	107
Tableau 25 : Industriels du bassin du Rhône, dont la consommation d'eau annuelle dépasse 2 millions de 3, d'après les déclarations IREP, 2010.....	108
Tableau 26 : Prélèvements industriels sur le bassin du Rhône pour lesquels les rejets correspondant sont effectués hors du bassin du Rhône. Volumes bruts annuels (2010), Mm ³ , Données Redevances.	109
Tableau 27 : Estimation des prélèvements nets à l'étiage pour les « autres usages »	115
Tableau 28 : Liste des projets d'irrigation envisagés sur le bassin versant du Rhône	135
Tableau 29 : Evolution historique et projetée de la population sur le bassin du Rhône	138
Tableau 30 : Prospective sur les prélèvements nets liés à l'eau potable sur le bassin du Rhône, à partir des projections démographiques INSEE et de plusieurs hypothèse d'évolution des consommations.....	141

Tableau 31 : Bilan de l'évolution possible des prélèvements AEP et irrigation (à court et moyen terme).....	150
Tableau 32 : Liste des réunions de travaux réalisées	159
Tableau 33 : Liste des bases de données recueillies	161
Tableau 34: Liste des bases de données restant à recueillir (données nécessaires aux phases ultérieures, notamment phases 3 et 4 et)	162
Tableau 35: Liste des études bibliographiques récupérées.....	169
Tableau 36 : Répartition des prélèvements sur le bassin du Rhône par milieu de prise, suite au travail d'attribution réalisés. Volumes bruts pour l'année 2010, hors CNPE (milliers de m ³).....	199

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 fait le bilan des travaux menés dans le cadre de la Phase 1. En particulier, les premiers éléments décrits sur l'hydrologie seront très largement complétés dans le rapport de Phase 2.

Dans une première partie, le présent rapport expose des éléments de contexte sur le Rhône et son bassin. Dans un second temps, il présente la définition des systèmes objets de l'étude. Il expose ensuite, dans le chapitre 3, les éléments recueillis à ce stade sur les tensions déjà survenues sur la gestion du fleuve et ses usages. La partie 4 détaille, par type d'usage, la méthodologie et les résultats obtenus pour l'estimation des prélèvements bruts et nets mensuels sur les différents tronçons du Rhône.

Les prélèvements pour l'irrigation agricole font l'objet de développements plus détaillés dans un rapport thématique spécifique « Phase 1 - Rapport thématique sur l'irrigation ». Le présent rapport en reprend les principales conclusions.

Le CCTP prévoyait en mission 1 de la phase 1 un bilan des données collectées, ce bilan est présenté en annexe du présent rapport.

DÉFINITION

Notion de débit fictif continu

On présentera dans le rapport les prélèvements sous la forme de **volumes prélevés mensuels** ou **annuels**. L'unité utilisée sera le plus souvent 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 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 :

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

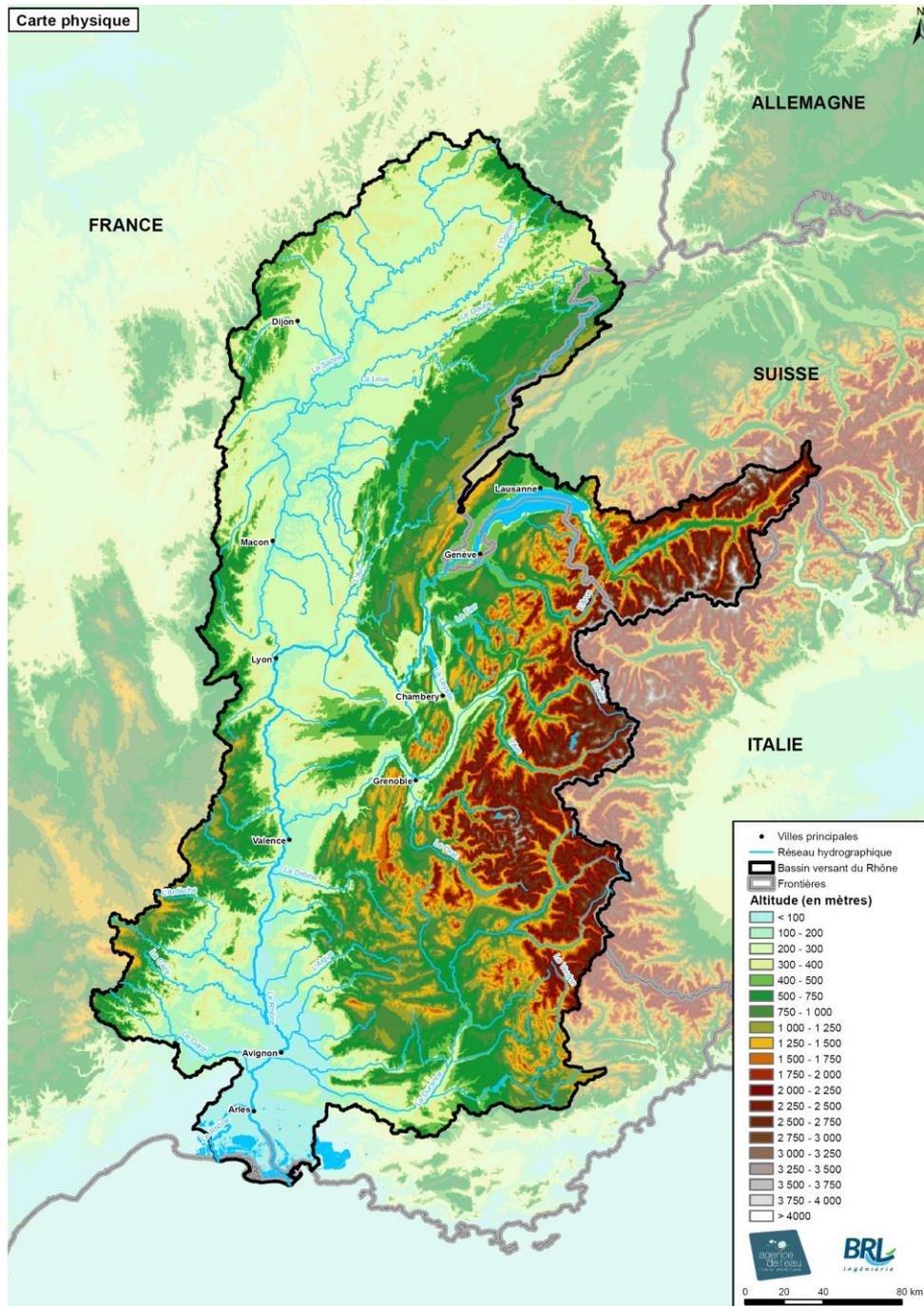
Un prélèvement de 30 Mm³ sur une année peut ainsi être ramené à un débit de 30 000 000 / (365 x 24 x 60 x 60) = environ 1 m³/s. Cela signifie que, si le volume de 30 Mm³ était prélevé de façon continue sur toute l'année, le débit prélevé instantané serait de 1 m³/s (dans la réalité, le prélèvement n'est 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 d'environ 1 m³/s.

1. QUELQUES IDÉES CLEFS ET ORDRES DE GRANDEUR SUR LE FLEUVE RHÔNE

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** (Figure 1).

Figure 1 : Carte physique du bassin versant du Rhône



Il prend sa source en Suisse, à **1 753 m d'altitude**, au Glacier de la Furka, dans le massif alpin du Saint-Gothard. La partie suisse du bassin couvre 6700 km², elle est marquée par un relief élevé et accidenté, d'une altitude médiane supérieure à 2 100 m. Le lac Léman est la plus grande masse d'eau douce d'Europe avec un volume de 89 km³ et une surface de 582 km².

Le bassin versant du Rhône en France présente une grande diversité physique, de sa traversée des massifs du Jura et des Préalpes à l'aval du Léman jusqu'à la plaine Camarguaise du delta. La partie française du bassin du Rhône – d'une superficie d'environ 91 700 km² - peut être divisée en quatre entités hydrographiques aux reliefs et aux climats distincts :

- ▶ Le **Haut Rhône français**, du Léman à la Saône, dans un parcours sinueux de 210 km, traverse les massifs du Jura et des Préalpes avant de rejoindre la plaine de l'Ain. Son bassin est de 12 300 km² et sa pente moyenne de 0,1 %. Le Lac du Bourget, plus grand lac naturel français, draine un bassin de 560 km² et se déverse dans le Rhône par le canal de Savières ;
- ▶ Le **Rhône Moyen**, de la Saône à l'Isère, parcourt 110 km et draine un bassin de 46 150 km². Dans ce tronçon, la pente moyenne s'abaisse à 0,05 % ;
- ▶ Le **Rhône Inférieur**, de l'Isère à l'amont du delta, draine un bassin de 29 150 km² soumis au climat méditerranéen. Son cours, orienté Nord-Sud, long de 160 km, est une suite de défilés et de plaines alluviales. La pente moyenne est de 0,06 % ;
- ▶ Le **delta à hauteur d'Arles**, où le fleuve se sépare en deux bras qui enserrant la plaine de la Camargue. Le petit Rhône, de direction Sud-Ouest, rejoint la Méditerranée 40 km plus loin dans le golfe de Beauduc. Le Grand Rhône s'oriente au Sud-Est pour déboucher dans la mer près de Fos. Ces deux bras présentent des pentes très faibles de l'ordre de 0,004 %.

Par son module interannuel (débit moyen de **1 700 m³/s à l'embouchure¹**), le Rhône est le fleuve français le plus puissant. Sur la partie française, quatre affluents majeurs (Ain, Saône, Isère et Durance) contribuent à cette abondance à hauteur de 55 % et drainent 60 % du bassin rhodanien. L'apport moyen annuel de la composante suisse est de 15 % avec un module interannuel de 250 m³/s à Genève.

L'intégralité de la portion française du bassin versant du Rhône, affluents compris, chevauche au total sept régions et 23 départements. L'axe du seul fleuve Rhône, entre le Léman et la Méditerranée, ne recoupe en revanche que trois régions et onze départements.

1.1 UN FLEUVE TRÈS AMÉNAGÉ, STRUCTURÉ PAR LES OUVRAGES HYDRAULIQUES

1.1.1 Les aménagements se développent principalement de 1930 à 1970

Le Rhône a été progressivement et fortement aménagé au cours du XX^e siècle. L'aménagement du fleuve commence en 1888, avec la régulation du lac Léman.

La grande période d'aménagement hydroélectrique et hydraulique du Rhône et de ses affluents s'étend des années 1930-40 aux années 1970. **La capacité utile des grands réservoirs actuels représente près de cinq milliards de mètres cubes**, répartis comme suit :

- ▶ 1,2 milliards de m³ pour les ouvrages hydrauliques en amont du Léman ;
- ▶ 0,5 milliard de m³ pour le lac Léman² ;
- ▶ 3,2 milliards de m³ à l'aval du Léman : Ces volumes de stockages se concentrent sur les bassins de la Durance, de l'Isère et de l'Ain.

Le régime du Rhône a également été modifié par les aménagements de transferts interbassins dont le principal est le transfert de la Durance vers l'étang de Berre (1966).

¹ Module à Beaucaire calculé sur la période 1980-2010

² La notion de volume utile pour le lac Léman correspond ici au marnage annuel maximum du Lac réalisé selon la gestion actuelle ; le volume total du Lac est très nettement supérieur. Ce point est détaillé dans le chapitre suivant.

L'histoire de l'aménagement du Rhône au XX^e siècle peut se décomposer en trois périodes :

- ▶ avant 1948, le régime du Rhône est impacté par la régulation du Léman uniquement ;
- ▶ de 1948 à 1975, le bassin du Rhône connaît une période de constructions hydroélectriques successives ;
- ▶ à partir de 1976, l'aménagement hydraulique du Rhône reste relativement stable. 95 % de la capacité des retenues française a été mise en service avant cette date.

Sur le linéaire du fleuve Rhône dans sa partie française, les gestionnaires du fleuve et des aménagements hydroélectriques sont la Compagnie Nationale du Rhône (CNR) et les Voies Navigables de France (VNF), ainsi qu'EDF pour le barrage de Cusset. Ces gestionnaires sont répartis suivant un découpage du Rhône en tronçons.

1.1.2 Le Léman et son bassin : une part réduite en surface mais un impact hydrologique majeur

1.1.2.1 Les ouvrages suisses

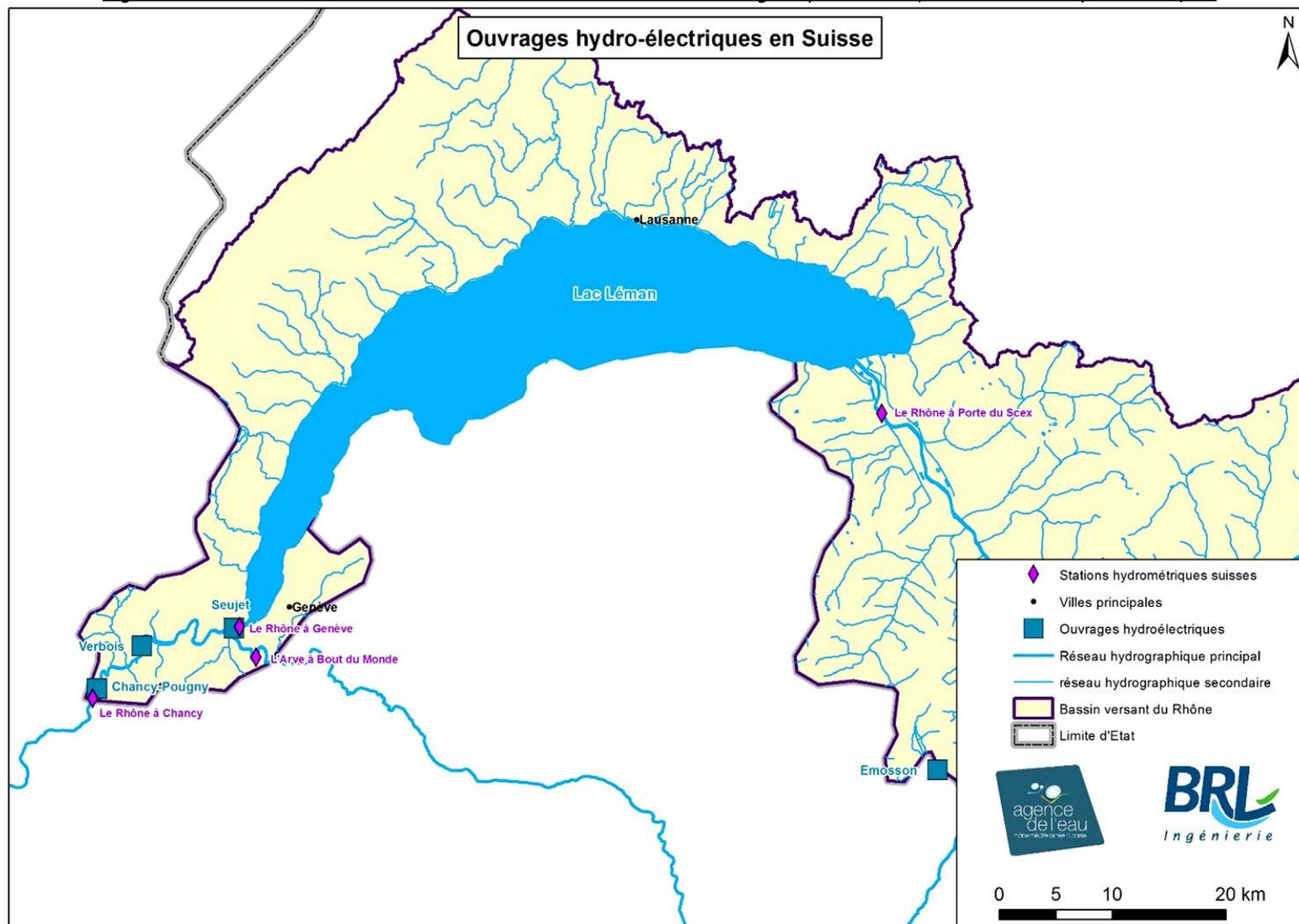
Si le Rhône alpestre (à Pougny) ne représente que 20 % du module à Beaucaire en moyenne, sa contribution au débit moyen du Rhône au mois d'août à Beaucaire atteint 43 %. **Il constitue donc un apport quantitatif majeur aux débits estivaux du Rhône.**

Le Rhône alpestre est fortement aménagé par des ouvrages hydroélectriques :

- ▶ De nombreux ouvrages de stockage hydroélectriques sont présents sur les affluents du Rhône à l'amont du Léman (canton du Valais principalement) ;
- ▶ Le lac Léman, contrôlé par le barrage du Seujet, module également les débits du Rhône ;
- ▶ A l'aval du lac, les barrages suisses et franco-suisse de Verbois et Chancy-Pougny turbinent l'eau du Rhône mais ne réalisent pas de stockage (barrages au fil de l'eau).

La figure de la page suivante situe les barrages du Seujet, de Verbois et de Chancy-Pougny, à la frontière franco-suisse. L'Arve se jette dans le Rhône après le barrage du Seujet et à l'amont du barrage de Verbois. La régulation du Léman doit donc tenir compte des apports de l'Arve pour optimiser les débits entrant dans le barrage du Verbois. Par ailleurs, une partie des eaux du bassin versant de l'Arve est captée par le barrage d'Emosson et vient alimenter le bassin du Rhône en Suisse, et donc le Léman.

Figure 2 : Bassin versant du Rhône à la frontière franco-suisse. Ouvrages hydroélectriques et stations hydrométriques



LÉ RÉGULATION DU LAC LÉMAN

Le lac Léman reçoit l'eau du Rhône amont (traversant les cantons de Vaud et du Valais) et d'autres cours d'eau suisses et français. Il constitue la plus grande masse d'eau douce d'Europe. Le lac Léman, d'une superficie de 582 km², présente un volume de 89 milliards de m³. **En sortie du lac, les niveaux et débits sont régulés par le barrage de Seujet. Le débit moyen du Rhône à la sortie du Léman est de 240 m³/s.**

Le Léman est régularisé depuis 1884, d'abord avec la construction du Pont de Machine, puis avec la mise en service, en 1994, du barrage de Seujet situé à Genève. **L'objectif premier est de diminuer les risques de crues. Il s'agit d'abaisser la cote du Léman au début du printemps, afin de stocker sans dommage la crue de fonte estivale**, dont les débits dépassent souvent la capacité d'évacuation du Rhône à Genève, égale à 560 m³/s au niveau du barrage de Seujet.

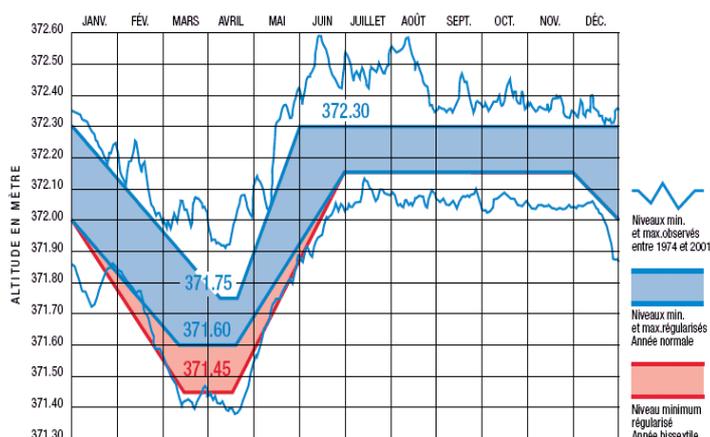
Le Léman a des influences majeures sur le Rhône. D'une part, il est responsable de la décantation des eaux alpêtres chargées en sédiments ; d'autre part, il induit une modulation des débits du Rhône à différentes échelles de temps (horaire, journalière, hebdomadaire, mensuelle).

Le processus de régulation du lac est encadré essentiellement par des textes suisses (dont la France n'est donc pas signataire) :

- ▶ *L'acte intercantonal de 1984.* Il concerne la correction et la régularisation de l'écoulement des eaux du lac entre les cantons de Genève, de Vaud et du Valais. Il fixe les niveaux minimum et maximum du Léman à 371,70 msm et 372,30 msm ;
- ▶ *Le Règlement de 1997 sur la manœuvre de l'ouvrage de régularisation du niveau du lac Léman à Genève.* Il fixe des niveaux cibles pour chaque période de l'année afin en particulier d'abaisser le niveau du lac en hiver, pour qu'il puisse recevoir les eaux de fonte estivale sans rehaussement excessif ;
- ▶ *Les modalités d'application de ce texte.* Elles fixent le domaine de régularisation des niveaux du lac ainsi que le débit minimum sortant du lac : 100 m³/s du 1er mai au 30 septembre, 50 m³/s du 1er octobre au 30 avril.

Ce règlement et ces modalités aboutissent à la courbe de consigne de régularisation du Léman, représentée ci-après. Le marnage maximal annuel du Lac représente un volume de 500 millions de m³.

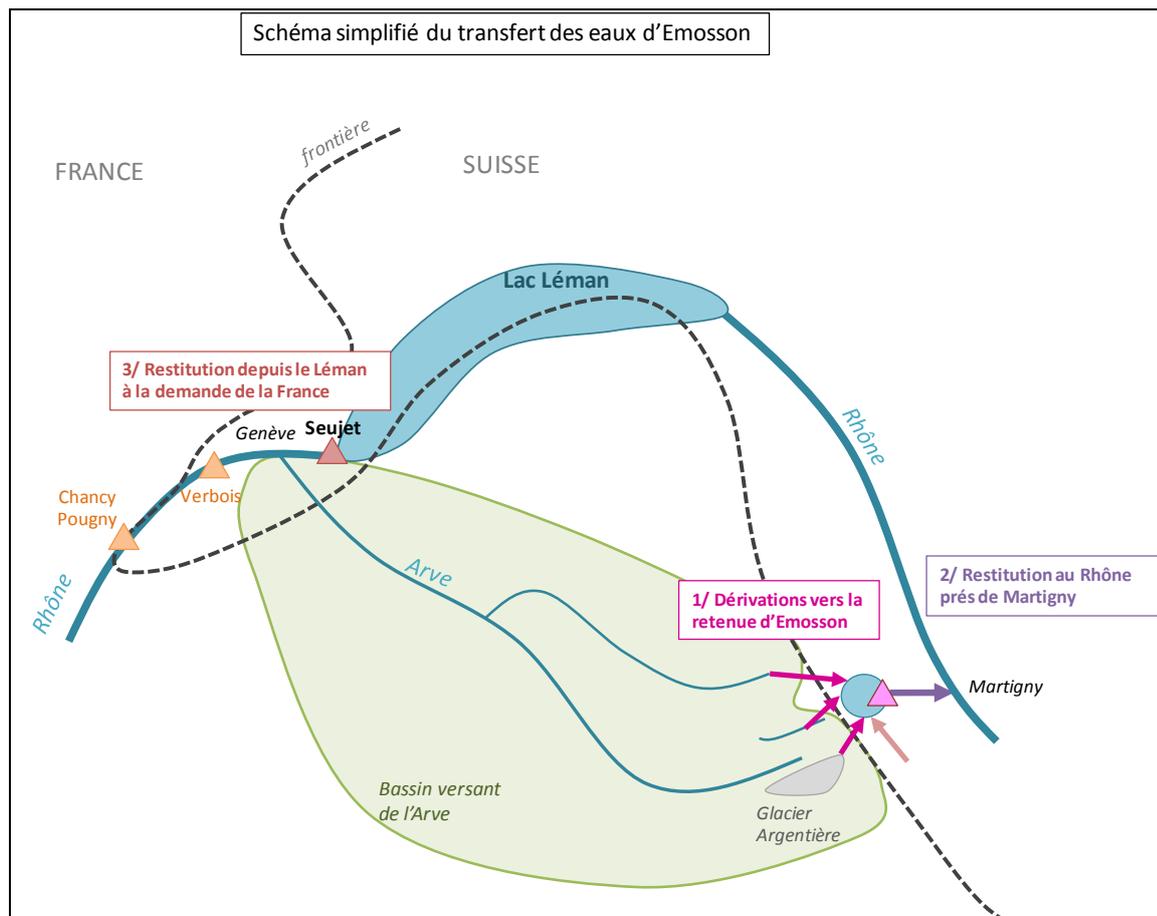
Figure 3 : Régularisation du Lac Léman. Années normale et bissextile



Un accord international, *le protocole d'Emosson*, permet à la France de demander des lâchers en provenance du lac correspondants aux « eaux d'Emosson ». Notons qu'il n'existe pas, en dehors de ce protocole portant sur un volume, de convention internationale entre la France et la Suisse pour la gestion des débits à la frontière entre les deux pays (débits sortie Suisse, entrée France).

Concernant le protocole d'Emosson, l'explication technique est la suivante (cf. également le schéma ci-après). Le barrage franco-suisse d'Emosson exploite des eaux issues du bassin de l'Arve, un affluent dont le point de confluence avec le Rhône est situé juste à l'aval du lac Léman. Ce barrage dévie des eaux de l'Arve qu'il transfère en amont du Léman, dans la partie Suisse du bassin rhodanien. Ce déficit d'écoulement vers le Rhône français est restitué à la France en sortie du lac Léman suivant le protocole d'Emosson. Les modalités pratiques d'application résultent d'un compromis entre les demandes de la France, qui souhaite accéder sans restriction à cette eau, et de la Suisse, qui souhaite préserver la régularisation du Léman. Selon l'accord, l'Etat français, et, par son intermédiaire, EDF, peuvent réclamer à tout moment une tranche d'eau de 5 cm du Léman, soit un volume de 29 millions de m³, dans la limite d'un volume total annuel de 87 millions de m³.

Figure 4 : Schéma simplifié du transfert des eaux d'Emosson



Le canton de Genève est garant de la bonne exécution de l'acte intercantonal et des règlements concernant la régulation du Léman. Dans la plage de variation autorisée, les Services industriels genevois (SIG) effectuent une **modulation horaire et journalière des débits pour assurer une production hydroélectrique**. Cette modulation journalière des débits est contrainte par plusieurs facteurs externes : les apports de l'Arve à l'aval du Léman, les débits turbinables au barrage de Verbois (barrage situé à l'aval du lac Léman), la restitution des eaux d'Emosson, etc.

Compte tenu des règles de régularisation du lac, le volume sur lequel les SIG peuvent jouer pour la gestion du Seujet peut être estimé à 30 à 45 millions de m³ selon la période de l'année.

La plupart des cas de dépassement du niveau maximum du « domaine de régularisation » du Léman ont lieu lors d'événements de fortes précipitations en période de fonte (avril à août). Dans ces cas, les apports d'eau au Léman deviennent plus importants que les débits maximaux évacuables à Genève avec le barrage du Seujet, et la montée des eaux peut provoquer un dépassement de la plage de régulation.

Une étude de vulnérabilité des rives du Léman menée par la Commission internationale pour la protection des eaux du Léman³ (*Étude des rives du Léman et de leur potentiel de renaturation*) cherche notamment à mieux définir les niveaux hauts du Léman, sous l'angle d'un meilleur respect des besoins biologiques ; cela n'a cependant pas abouti jusqu'à présent. En outre, les infrastructures générales de tourisme et navigation se sont mises en place sur la base de cette régulation du Léman.

LA RÉGULATION DU RHÔNE GENEVOIS

A l'aval du Léman, **les ouvrages hydroélectriques de Verbois et de Chancy-Pougny**, gérés par les SIG et la Société des forces motrices de Chancy-Pougny (SFMCP), sont des ouvrages au fil de l'eau.

Inauguré en 1943, le barrage de Verbois utilise la chute entre la jonction du Rhône et de l'Arve et le défilé des coteaux de Russin. La retenue de Verbois (21 m de chute) produit en moyenne 460 GWh. Le débit équipé de Verbois est actuellement de 630 m³/s.

Inauguré en 1925, l'aménagement de Chancy-Pougny (10 m de chute) s'insère dans la chaîne de centrales hydroélectriques du Rhône genevois, avec une production hydroélectrique deux fois moins importante que Verbois. La convention franco-suisse incluait un partage de l'énergie mais, depuis 1965, toute la production hydraulique de Chancy-Pougny est reprise par les Services Industriels Genevois.

Les SIG gèrent les ouvrages afin de respecter les réglementations relatives à leurs concessions cantonales, lesquelles fixent notamment les débits résiduels, et afin d'optimiser la production hydroélectrique. Pour le barrage de Verbois, le débit de dotation est celui du Seujet, sommé avec 10 m³/s, associés à l'apport de l'Arve.

Les ouvrages de Verbois et de Chancy-Pougny sont des ouvrages au fil de l'eau : ils n'ont pas de volume de stockage et il n'y a pas de modulation amont. La gestion des ouvrages de Verbois et de Chancy-Pougny fonctionne de manière quasi-identique, avec quelques minutes de décalage entre les deux ouvrages. Ces barrages n'ont pas de contrainte d'exploitation forte, ils peuvent s'adapter à quasiment tous les débits supérieurs à 50 – 60 m³/s.

Les manœuvres du barrage du Seujet pour la gestion du niveau du Léman permettent, dans le respect du domaine de régularisation, une modulation horaire des débits du Rhône pour optimiser la production électrique de ces deux ouvrages.

Le futur barrage de Conflan, actuellement en projet, constituera un troisième ouvrage au fil de l'eau, d'une hauteur de chute de 6 m. Il aura une gestion équivalente à celle des ouvrages de Verbois et Chancy-Pougny. Son seul impact sera donc d'ordre environnemental.

LES OUVRAGES VALAISANS

Le Rhône genevois est également influencé par les barrages suisses situés sur son bassin à l'amont du Léman. **Le volume utile des retenues valaisannes représente environ 1,2 milliards de m³**. Il s'agit principalement d'aménagements hydro-électriques, assurant un stockage du printemps jusqu'au début de l'été et un déstockage en hiver. Ils influent sur les débits du Rhône, en particulier sur le régime annuel (baisse des débits estivaux, hausse des débits hivernaux), et sur le régime hebdomadaire (débits moindres le week-end).

³ CIPEL

QUELLE COORDINATION AMONT-AVAL DES DÉBITS ?

Du Valais à Genève

Il n'y a pas de coordination identifiée entre les gestionnaires des retenues valaisannes sur le bassin du Rhône d'une part, et le canton de Genève et les SIG d'autre part. Genève et les SIG sont tenus de gérer le Léman et le Rhône genevois et d'anticiper les crues, compte tenu des débits reçus de l'amont, sans solliciter les gestionnaires valaisans.

De Genève (Genève, SIG) à la France (EDF, CNR, DREAL)

- ▶ Les SIG transmettent leurs programmes de production à la CNR, qui assure le relais d'information vis-à-vis d'EDF et de l'Etat, ce qui permet aux gestionnaires français de mieux anticiper les apports d'eau et de faire les demandes éventuelles de restitutions des eaux de l'Arve ;
- ▶ La CNR est substituée à EDF comme interlocuteur des SIG pour exprimer la demande française et suivre le stock disponible. Mais l'utilisation des eaux de l'Arve demeure actuellement prioritaire pour le fonctionnement des Centres nucléaires de production d'électricité (CNPE) d'EDF sous le contrôle des autorités françaises compétentes qui pourront y faire appel en cas d'urgence, pour des besoins autres que ceux relatifs aux CNPE ;
- ▶ Si la CNR dispose d'assez d'eau, elle peut décider de différer la demande d'EDF et de l'approvisionner directement ;
- ▶ La seule procédure formalisée entre les gestionnaires français et les SIG est la restitution des eaux de l'Arve, à travers la convention d'Emosson et les « mesures d'exécution 2000 » (mesures précisant les conditions d'octroi des eaux d'Emosson).

En dehors de ces échanges, il n'y a pas de gouvernance transfrontalière formalisée. En particulier, aucun cadre institutionnel n'existe pour une coordination transfrontalière entre les acteurs publics.

Quels leviers sur la ressource en eau ?

Actuellement, l'unique levier formalisé à travers la régulation du Léman pour la gestion de la ressource en eau en France est la restitution des eaux d'Emosson, prévue par la convention d'Emosson et les modalités d'application 2000.

L'expérience de 2011 a montré qu'il avait été possible, de façon informelle et réactive, de mettre en œuvre une coopération franco-suisse ponctuelle impliquant une modification du programme du Léman, afin d'assurer la sûreté de la centrale de Bugey.

Aucun cadre de coordination n'est cependant prévu et la France n'est pas signataire de la convention intercantonale du Léman. On peut donc questionner les capacités d'adaptation d'arrangements transfrontaliers en l'absence de coordination formelle existante, dans des conditions où les tensions sur la ressource en eau pourraient s'accroître.

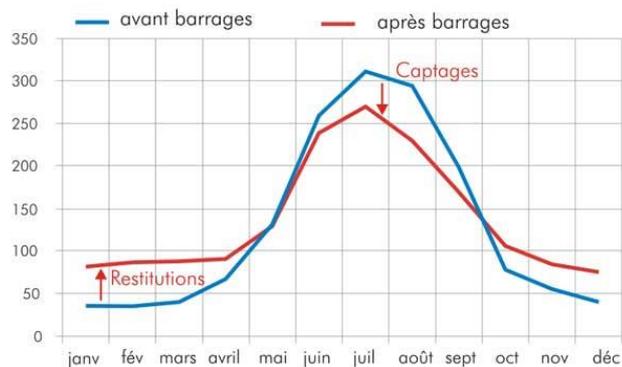
Un travail de recherche, le projet « GouvRhône », est en cours sur ce sujet.

1.1.2.2 Quelles sont les influences des ouvrages suisses sur l'hydrologie du Rhône ?

Les ouvrages à l'amont du lac Léman stockent en été et déstockent l'hiver

Sur la partie alpestre du bassin du Rhône, dans le Valais (Suisse), de **nombreuses retenues stockent une part des débits de fonte des cours d'eau en été**. La somme de ces stockages représente de l'ordre d'un **milliard de m³ sur l'été**. Le mois de plus fort stockage est le mois de **juillet**, pendant lequel l'équivalent de **100-120 m³/s** environ sont stockés. Ces volumes sont déstockés le reste de l'année.

Figure 5 : Débits mensuels du Rhône à Branson (Suisse, 30 km à l'amont du Léman)



Source : Canton du Valais

La gestion des ouvrages hydroélectriques sur le bassin du Rhône alpestre suit la demande en électricité sur le réseau au cours d'une journée. En conséquence, des lâchers plus importants sont effectués à la mi-journée et le soir, provoquant des **fluctuations importantes des débits des affluents du Rhône, et donc du Rhône lui-même, à l'échelle de quelques heures**. Les variations les plus sensibles se situent à l'aval de Riddes où se trouvent les restitutions des installations de Mauvoisin et de la Grande-Dixence.

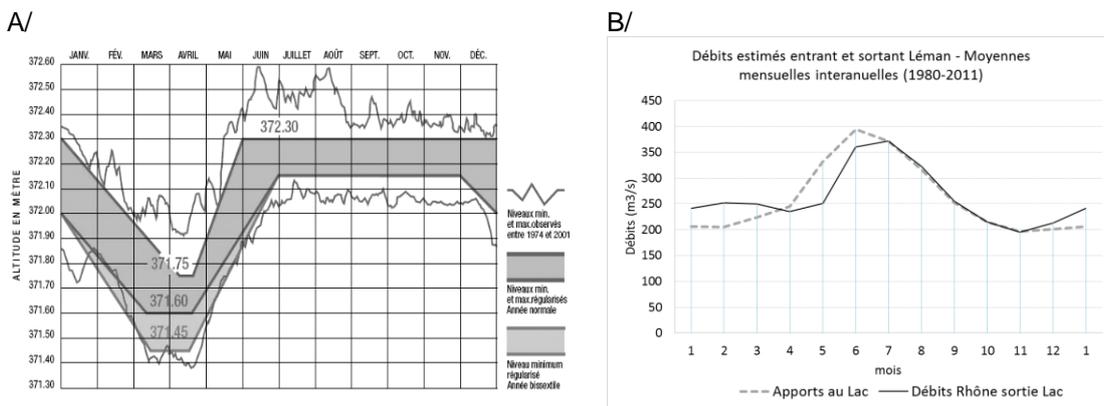
La régulation saisonnière du lac Léman influence le régime hydrologique du Rhône

A l'échelle mensuelle : En application des textes présentés au sous-chapitre précédent, 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'écarter 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 annuelle du lac est de l'ordre de 350 à 500 Mm³/an.

En conséquence, si l'on compare les apports au lac et les débits sortants du lac (voir Figure 6b), 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 6 : A/ Rappel de la consigne de la côte du Léman ; B/ Estimation des débits mensuels entrants et sortants du Léman (moyenne 1980-2011)



Les barrages de Verbois et Chancy Pougny n'ont pas d'effet sur le régime hydrologique mensuel du Rhône car ils ne réalisent pas de stockage.

Des effets également à l'échelle horaire

Les retenues valaisannes et le lac Léman régulés induisent également des fluctuations horaires des débits du Rhône. Les figures ci-après représentent les débits horaires du Rhône à l'amont du Léman et à l'aval du Léman, et rendent compte de ces fluctuations.

Figure 7 : Débits horaires du Rhône à Branson en hiver (Suisse, 30 km à l'amont du Léman)

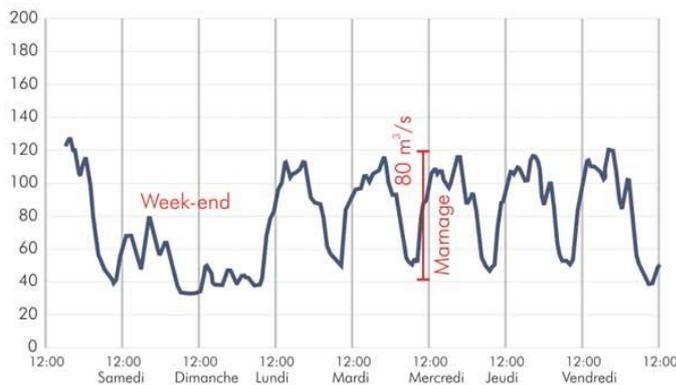
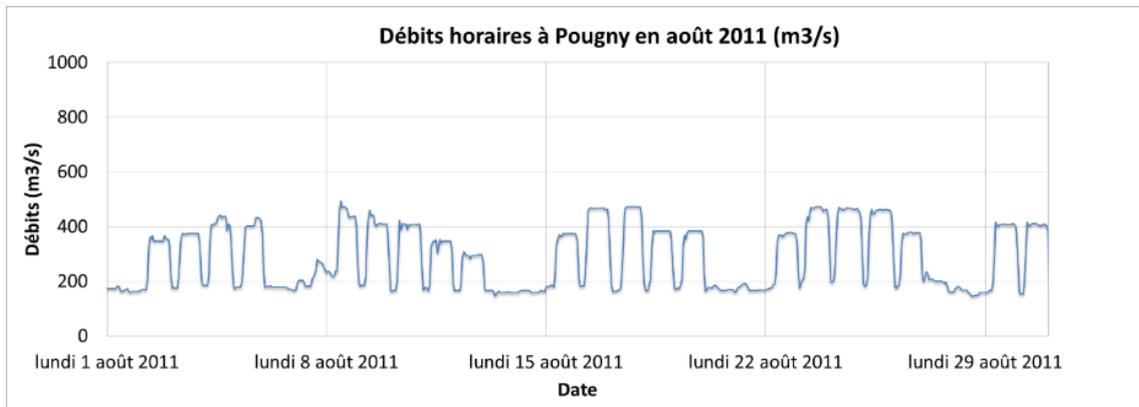


Figure 8 : Exemple de débits horaires à Pougny (août 2011)



En outre, et comme le montre l'hydrogramme des débits à Pougny, ces ouvrages de stockage induisent également une influence à l'échelle hebdomadaire, avec des débits plus bas les week-ends.

1.1.2.3 Changement climatique : quels impacts hydrologiques possibles ?

Dans le cadre du projet « *Changement climatique et hydrologie en Suisse* » porté par l'Office fédéral de l'environnement (OFEV), plusieurs instituts étudient les impacts possibles du changement climatique sur l'hydrologie en Suisse, d'ici à la fin du siècle. Les éléments ci-après sont extraits de cette étude. Ces résultats sont issus de travaux de modélisations climatiques, glaciologiques et hydrologiques, soumis à d'importantes incertitudes du fait des hypothèses faites sur le futur et des limites des modèles. Ils doivent donc être considérés avec prudence.

Compte tenu des différents processus en jeu, qui présentent des temps de réponse plus ou moins long (glaciers, fonte des neiges, précipitations), on peut s'attendre à des changements relativement peu marqués à court terme (2035) mais beaucoup plus importants à long terme (2085), avec en particulier une forte baisse des débits estivaux.

Glaciers : Selon les modèles et les scénarios climatiques utilisés, **il faut s'attendre, d'ici à la fin du siècle, à une diminution de 60 à 80 % de la surface glaciaire subsistant actuellement en Suisse.** Le bassin du Rhône pourrait être fortement impacté par cette évolution.

Neige : Les simulations sous changement climatique projettent une **diminution de 40 % environ des réserves d'eau stockées sous forme de neige d'ici à la fin du siècle.** Actuellement, le volume d'eau provenant de la fonte des neiges dans le bassin du Rhône à Genève est de l'ordre de 5 km³ (moyenne sur 1980-2009). Pour le bassin du Rhône à Genève, les simulations projettent une baisse de ce volume d'eau de l'ordre de 10 % à l'horizon 2035, et de l'ordre de 30 % à l'horizon 2085 (Zappa et al, 2012).

Débits : Ces changements pourraient causer d'importantes perturbations des débits, et en particulier de la distribution saisonnière des hautes et basses-eaux.

Les simulations projettent **des changements faibles à court terme (2035)**, mais particulièrement marqués pour la fin du siècle. Pour le bassin versant du Rhône aval en Suisse, **les modèles utilisés ne projettent pas de baisse de la ressource moyenne annuelle marquée (elle pourrait même augmenter à court terme), mais ils simulent une modification de la distribution saisonnière des débits.** Pour le bassin du Rhône en Valais, les maxima de l'été pourraient augmenter de manière provisoire, avant de décroître vers la fin du siècle, pour survenir plus tôt dans l'année. Outre le minimum hivernal, un deuxième minimum apparaîtra en août, avec des débits comparables à ceux observés aujourd'hui en hiver.

Figure 9 : Evolutions passée et future possible des volumes d'eau stockés dans les glaciers suisses et du manteau neigeux.

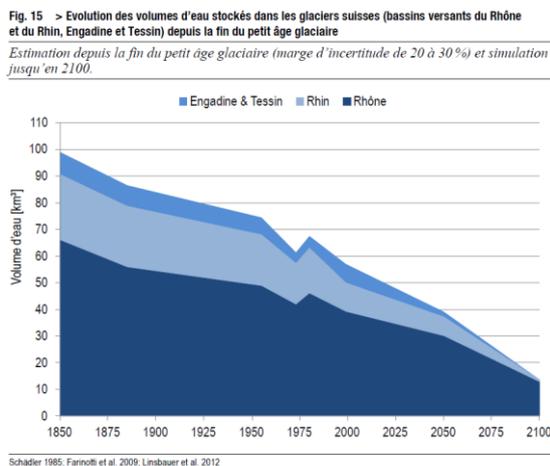
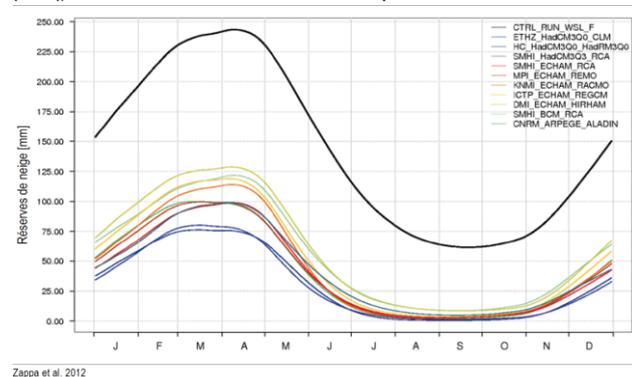


Fig. 17 > Evolution sur l'année des équivalents en eau du manteau neigeux (lignes de couleur, en mm) estimés en Suisse pour la période 2070-2099 par rapport à la moyenne établie sur la période 1980-2009 (en noir), sur la base des différentes chaînes de modèles climatiques



Source : Projet CCHydro, OFEV, 2012) (scénario d'émission de gaz à effet de serre A1B (GIEC 2008)

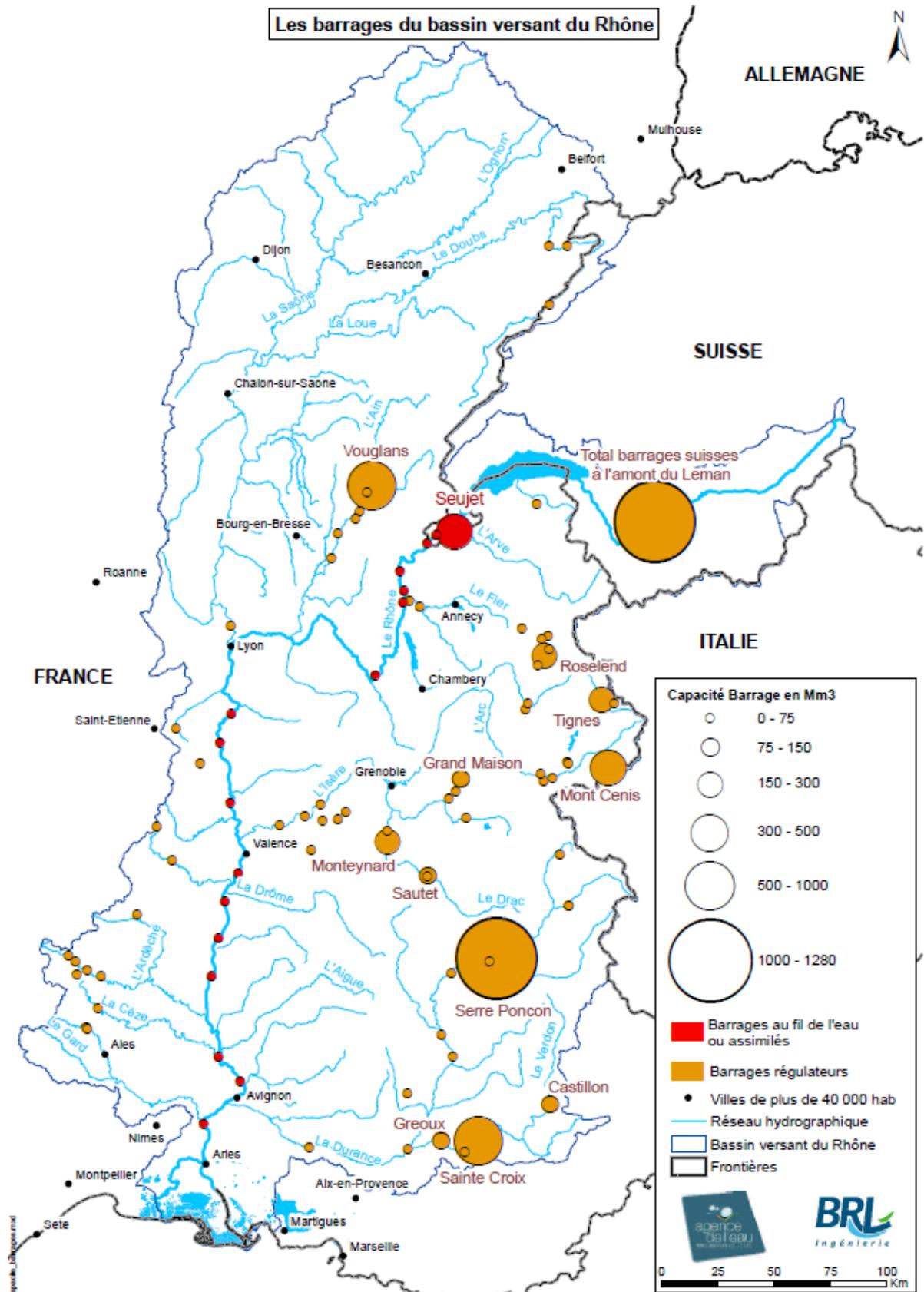
1.1.3 Aperçu général de l'ensemble des ouvrages hydroélectriques sur le bassin du Rhône

Parmis les nombreux aménagements hydroélectriques sur le bassin du Rhône, on dénombre :

- ▶ **Les barrages hydroélectriques suisses à l'amont du Léman**, qui réalisent un stockage et un déstockage saisonnier (présentés plus haut), et représentent un volume total de stockage de **1,2 milliards de m³** ;
- ▶ Le lac Léman ;
- ▶ **Les barrages sur le linéaire du Rhône français**, décrits ci-après, qui présentent des modes de gestion infra-journalière pour la plupart (hebdomadaire pour Génissiat) ;
- ▶ **Les barrages sur les affluents français du Rhône**, de mode de gestion variés. Ces barrages sont présentés plus bas. Le volume utile de stockage pour les barrage de mode de gestion annuel est de l'ordre de **3,2 milliards de m³**.

La carte ci-après présente la plupart de ces barrages.

Figure 10 : Principaux barrages sur le bassin versant du Rhône



1.1.4 La chaîne hydroélectrique du Rhône⁴

LES AMÉNAGEMENTS HYDROÉLECTRIQUES DU RHÔNE

A la sortie du lac Lemman, une série d'aménagements ayant entre autres pour vocation la production d'hydroélectricité se succèdent sur le Rhône.

La stratégie d'aménagement choisie a été motivée par la volonté de satisfaire à la fois les besoins de la production d'hydroélectricité, de la navigation à grand gabarit à l'aval de Lyon et de l'irrigation.

Un aménagement type est composé des différents éléments listés ci-dessous :

- ▶ Un **barrage** construit sur le cours naturel du fleuve, dont le rôle est de relever le niveau du Rhône et de créer une chute sur laquelle est installée la centrale. **Tous les aménagements ont un volume utile très faible comparé aux débits du Rhône.** L'ouvrage le plus important, Génissiat, présente une forte hauteur de chute, mais pour un débit semi-permanent du Rhône d'environ 315 m³/s, le volume de stockage utile (14 Mm³) est rempli en une douzaine d'heures. A l'exception de l'aménagement de Génissiat, dont la gestion est hebdomadaire, les différents ouvrages ont une gestion journalière des niveaux ;
- ▶ Un **canal de dérivation**, qui conduit les eaux jusqu'à la centrale ;
- ▶ Une **centrale** fonctionnant au fil de l'eau qui convertit la puissance motrice du fleuve en électricité.

A partir de Pierre Bénite, et jusqu'à la Méditerranée, les aménagements sont associés à des écluses afin de permettre la navigation à grand gabarit. Des contre-canaux sont également associés aux aménagements pour drainer les terres agricoles, assurer l'équilibre piézométrique des nappes et collecter les eaux percolant à travers les digues, qui par choix technique ne sont pas étanches.

De petites et mini-centrales électriques ont été associées à certains des aménagements et turbinent les débits réservés (voir ci-dessous le Tableau 1).

Un schéma d'aménagement type est présenté sur la Figure 11.

Seuls quelques ouvrages font exception et présentent une structure légèrement différente :

- ▶ l'aménagement de Génissiat, pour lequel l'usine est intégrée au barrage ;
- ▶ les aménagements de Chancy-Pougny, Seyssel et Vaugris pour lesquels l'usine est accolée au barrage.

⁴ Les informations contenues dans les paragraphes suivants ont pour principales sources : l'ouvrage « *Le Rhône en 100 questions* » (ZABR, 2008), l'étude globale des crues du Rhône, les données disponibles sur ainsi que plusieurs rencontres ou entretiens téléphoniques avec des représentants de la CNR (réunion AERMC, DREAL, BRLi, CNR du 11/09/2012, entretien téléphonique du 31/01/2013).

Figure 11 : Schéma d'un aménagement type de la CNR



Aménagement type du Rhône (© Photothèque CNR).

Les différents aménagements et leurs principales caractéristiques sont présentés dans le tableau ci-dessous. La carte présentée plus bas permet de les localiser.

Tableau 1 : Principales caractéristiques des aménagements hydroélectriques au fil de l'eau ⁵⁶

Aménagement	Composition	Gestion	Année de mise en service	Production annuelle moyenne (GWh)	Débit max turbinable (m3/s)	Hauteur de chute max	Puissance installée (MW)	Volume utile (Mm3)	Débit réservé (m3/s)	Petite centrale associée (<10MW)	Mini centrale associée (0.5<P<2 MW)	
1	Verbois	Barrage et usine avec dérivation	SIGe	1943	466	620	21	100	13 (à confirmer)			
2	Chancy-Pougny	Barrage-usine	SIGe - CNR	1924	210	490 m3/s doit être rehaussé à 620 m3/s	10			Le débit turbiné est restitué à l'aval de l'ouvrage	Non	Non
3	Genissiat	Barrage-usine	CNR	1948	1700	750	67	420	15.4	5	Oui	Non
4	Seyssel	Barrage et usine accolés	CNR	1951	165	600	8.25	45	3.6	Le débit turbiné est restitué à l'aval de l'ouvrage	Non	Non
5	Chautagne	Barrage et usine avec dérivation	CNR	1981	454	700	17	90	1.2	70 (mai-août) 50 (autres)	5.8 MW (inauguré en	1.6 MW
6	Belley	2 Barrages et usine avec dérivation	CNR	1981	449	700	17	90	1.4	60 (sept-fév) 80 (juin-août) 90 (mars et mai) 100 (avril)	En projet (2014)	0.675 MW
7	Brégner-Cordon	Barrage et usine avec dérivation	CNR	1984	324	700	13.7	70	2	80 (Nov-mars) 150 (juin-Août) 100 (autres)	Oui	Non
8	Sault-Brenaz	Barrage et usine avec dérivation	CNR	1986	245	700	9.7	75	1.8	60 (15 juin-15 sept) 20 (autres)	Non	1.23 MW
9	Cusset	2 Barrages et usine avec dérivation	EDF	1899	415	600	12	63	?	30 à 60 m3/s (fonction du niveau dans la retenue de Jons)		
10	Pierre Bénite	Barrage et usine avec dérivation	CNR	1966	535	1400	9	80	2.2	100	7.4 MW	oui
11	Vaugris	Barrage et usine avec dérivation	CNR	1980	335	1400	6.7	72	2.7	Le débit turbiné est restitué à l'aval de l'ouvrage	Non	Non
12	Péage de Roussillon	Barrage et usine avec dérivation	CNR	1977	850	1600	15.1	160	3.1	20 (Avr-Août) 10 (autres)	à l'étude	
13	Saint-Vallier	Barrage et usine avec dérivation	CNR	1971	700	1650	11.5	120	3.2	10 (Avr-Août) 5 (autres)	Non	Oui
14	Bourg-lès-Valence	2 Barrages et usine avec dérivation	CNR	1968	1100	2200	11.7	186	2.9	20 (Avr-Août) 10 (autres)	Non	Non
15	Beauchastel	Barrage et usine avec dérivation	CNR	1963	1200	2100	11.8	192	1.4	20 (Avr-Août) 10 (autres)	à l'étude	0.75 MW
16	Baix - Le Logis Neuf	Barrage et usine avec dérivation	CNR	1960	1220	2230	14.75	210	1.2	20 (Avr-Août) 10 (autres)	En projet (lancement travaux en 2012)	Oui
17	Montélimar	Barrage et usine avec dérivation	CNR	1957	1600	1850	16.5	270	2.7	15 si QRhône <560 15+4(Q-560)/100 entre 560 et 1660 60 si QRhône > 1660	En projet (2013)	Non
18	Donzère-Mondragon	2 Barrages et usine avec dérivation	CNR	1952	2140	1840	22.5	354	1.4	60	Non	Non
19	Caderousse	Barrage et usine avec dérivation	CNR	1975	860	2280	9.5	156	4.7	5	Non	Non
20	Avignon	2 Barrages et 2 usines avec dérivation	CNR	1973	835	2400	10	180	3.6	400 à l'aval du barrage-usine de Sauveterre, 5 à l'aval du barrage de Villeneuve	Non	Non
21	Vallabrègues	Barrage et usine avec dérivation	CNR	1970-1974	1300	2200	13.5	210	7.2	10	à l'étude	Non

Au total, la production annuelle de ces ouvrages s'élève à plus de 17 000 GWh, équivalent au besoin annuel en électricité de près de 2,3 millions de personnes.

Les usines de la CNR fournissent un quart de l'hydroélectricité nationale et représentent 3 % de la production électrique française.

⁵ Sources diverses, notamment l'étude globale des crues du Rhône et entretien avec la CNR

⁶ Les valeurs de débit réservé seront amenées à évoluer d'ici le 1^{er} janvier 2014 pour être conformes à la réglementation et seront au moins égales au 20ème du module (notamment sur le Rhône aval).

MODES DE GESTION ET RÉGULATION DES NIVEAUX D'EAU

Le principe fondateur de l'aménagement du Rhône et de sa gestion, fixé conjointement par l'Etat, est la neutralité vis-à-vis des crues. Pour mettre en œuvre ce principe, le cahier des charges général de la concession soumet les aménagements à des consignes d'exploitation, approuvées par les services de l'Etat en charge du contrôle.

Les contraintes fondamentales pour l'exploitation des aménagements hydro-électriques sont au nombre de deux et se traduisent par la garantie de :

- ▶ la sécurité publique associée à celle des ouvrages ;
- ▶ la non-aggravation par rapport à ce qui se passerait à l'état naturel (situation préexistante immédiatement avant aménagement), en particulier la non-aggravation des niveaux des crues et de leurs conséquences.

Outre ces contraintes, les objectifs définis dans les consignes d'exploitation visent à :

- ▶ Assurer la navigation aux conditions du cahier des charges général (les niveaux d'eau entre les PBEN et les PHEN⁷ doivent être compatibles avec les mouillages et hauteurs libres à garantir) ;
- ▶ Optimiser la production énergétique ;
- ▶ Contribuer aux objectifs de Réseau de transport d'électricité (RTE) d'équilibre du réseau électrique.

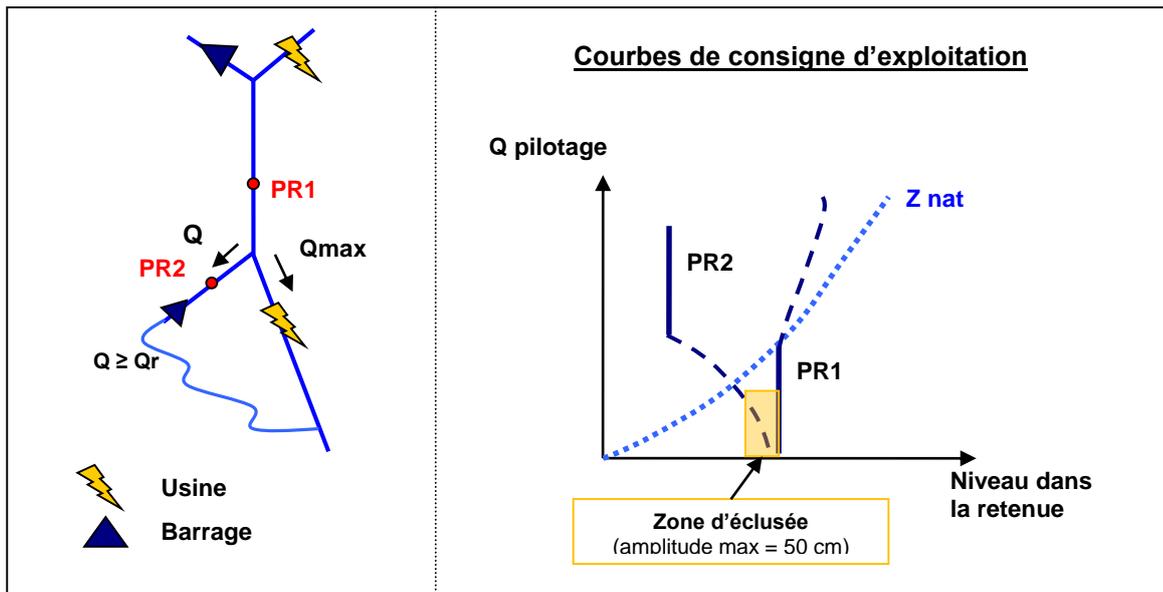
D'une manière générale, les aménagements hydroélectriques dans leur ensemble permettent d'ajuster leur production, plus ou moins en fonction de leur volume, et de répondre aux variations inhérentes à la demande électrique. On appelle *modulation* les variations de débits au sein d'une journée sous l'effet de l'activité hydroélectrique.

Sur le Haut-Rhône, l'amplitude des modulations de débit (écart entre le minimum et le maximum) est typiquement de l'ordre de 300 à 350 m³/s en sortie des aménagements suisses des SIG puis de l'ordre de 550 à 600 m³/s en sortie de Génissiat. Les aménagements CNR situés en aval (Seysssel, Chautagne, Belley, Brégnier-Cordon et Sault-Brénaz) démodulent ces variations suisses et françaises ainsi que celles générées par les ouvrages EDF situés sur les affluents (Fier et Ain notamment). En définitive, cette démodulation, associée à l'atténuation naturelle, ne conduit plus qu'à des variations d'une amplitude de l'ordre de 200 m³/s au niveau de l'agglomération lyonnaise (inférieures à 15 cm au Pont Morand). (source CNR).

Les courbes de conduite des consignes d'exploitation des aménagements CNR sont construites de manière à répondre aux contraintes et objectifs évoqués ci-avant. La conduite se fait en observant et maintenant les niveaux au droit de un ou deux points de la retenue, nommés points de réglage (PR). Le premier (PR1) situé en amont de la retenue et le second (PR2) juste en amont du barrage (voir schéma ci-dessous).

De façon générale, tant que le débit de pilotage (débit entrant dans la retenue propagé au point de réglage) est faible et reste inférieur à la somme du débit réservé et du débit maximum turbinable, le débit est principalement orienté vers la centrale et le barrage restitue le débit réservé. Lorsque le débit devient supérieur (à saturation de l'usine), le barrage est ouvert progressivement de façon à maintenir les niveaux suivant la consigne d'exploitation. Lorsque le débit de pilotage augmente, le suivi des niveaux se fait ensuite au PR2 afin d'être plus près du barrage (l'organe réglant). En crue, le niveau à l'aval remonte, la hauteur de chute au niveau de l'usine diminue et la capacité de production diminue en conséquence (source : réunion CNR-BRLi-AERMC-DREAL, septembre 2012).

⁷ PBEN : Plus Basses Eaux Navigables. Le niveau des PBEN est celui atteint ou dépassé statistiquement 355 jours/an.
PHEN : Plus Hautes Eaux Navigables. Le niveau des PHEN est celui atteint ou dépassé statistiquement 10 jours/an.



L'eau arrivant au niveau des aménagements est turbinée au fil de l'eau. Lors des pointes de demande en énergie, des éclusées énergétiques sont réalisées : le niveau du plan d'eau est abaissé de façon à exploiter un débit le plus proche possible du débit maximum turbinable. En période de plus faible demande (la nuit), une partie de l'eau arrivant au niveau de l'aménagement permet de rehausser le niveau de la retenue.

Sur les ouvrages à l'aval de Seyssel, des éclusées énergétiques d'une amplitude maximale de l'ordre de 50 cm (cf. zone orangée sur le graphique ci-dessus) sont autorisées et pratiquées généralement deux fois par jour (pour répondre aux pointes de consommation). Sur l'aménagement de Seyssel, conçu comme bassin de compensation de Génissiat, les niveaux varient de 3,5 m. L'aménagement de Génissiat est le seul dont la gestion des niveaux est hebdomadaire (en lien avec sa capacité utile plus importante), le niveau de sa retenue varie avec une amplitude de 5,7 m.

Les ouvrages sur les affluents du Rhône peuvent stocker 4,7 milliards de m³ (3,2 milliards de m³ utiles).

L'ENSEMBLE DES OUVRAGES SUR LES AFFLUENTS

Le tableau suivant dresse la liste des ouvrages de stockage présents sur la partie française du bassin du Rhône en dehors du fleuve (source : *Etude globale du Rhône*).

Contrairement à la majorité des barrages présents sur le Rhône au fil de l'eau, les barrages sur les affluents du Rhône sont des barrages « stockeurs ». On donne dans le tableau ci-dessous et la carte qui suit, la liste des barrages dont le volume de stockage est supérieur à 4 millions de m³. Le volume utile est le volume évacuable maximum au cours d'une année, c'est-à-dire la variation maximale du volume de la retenue.

Tableau 2 : Caractéristiques des barrages présents sur le bassin versant - source : *Etude globale Rhône et échanges avec EDF.*

Nom du barrage	Code AERMC	Date	Cours d'eau	Surface drainée par le barrage (km ²)	Volume de stockage (Mm ³)	Volume utile (Mm ³)	Mode de gestion	Hauteur (m)	Maître d'ouvrage
Serre Poncon	10 400 001	1960	Durance	3 580	1 270	1 030	Annuel	129	EDF
Sainte Croix	10 400 026	1974	Verdon	1 590	767	301	Annuel	95	EDF
Vouglans	19 933 401	1968	Ain	1 120	605	420	Annuel	130	EDF
Mont Cenis	19 924 213	1968	Arc	51	332	264	Annuel	120	EDF
Monteynard	19 909 601	1962	Drac	2 050	275	185	Annuel	155	EDF
Tignes	19 923 410	1952	Isère	171	230	224	Annuel	180	EDF
Roselend	19 922 903	1961	Doron de Roselend	44	187	181	Annuel	150	EDF
Castillon	10 400 024	1948	Verdon	655	149	113	Annuel	101	EDF
Grand Maison	19 907 602	1985	Eau d'Oïl	50	140	135	Annuel	160	EDF
Sautet	19 913 803	1934	Drac	990	130	95	Annuel	130	EDF
Greoux	10 400 028	1967	Verdon	1 820	80	5	Journalier	64	EDF
Chambon	19 913 102	1934	Romanche	256	54	49	Annuel	136	EDF
Girotte (La)	19 903 807	1948	Dorinet	5	50	49	Annuel	48	EDF
Bissorte	19 923 803	1936	Bissorte	24	40	39	Annuel	63	EDF
Villefort	19 928 502	1965	Altier	126	36	27	Annuel	72	EDF
Coiselet	19 924 601	1971	Ain		36	4	Journalier	37	EDF
N. Dame De Commiers	19 906 001	1964	Drac	2 070	34	18	Hebdomadaire	40	EDF
St Pierre Cognet	28 300 165	1957	Drac	1 541	29	11	Hebdomadaire	76	EDF
Chatelot	12 500 020	1953	Doubs		20	13	Hebdomadaire		Suisse
Quinson	10 400 027	1974	Verdon	1 660	20	8	Journalier	54	EDF
Allement	19 925 001	1960	Ain		19	3	Journalier	36	EDF
Chaudane	19 903 808	1952	Verdon	685	16	6	Hebdomadaire	71	EDF
Verney	19 907 601	1984	Eau d'Oïlle	162	16	15	Hebdomadaire	42	EDF
Escale	10 400 007	1962	Durance	6 760	15	0	Journalier	29	EDF
Cize - Bolozon	19 925 101	1931	Ain	2 560	15	4	Journalier	26	EDF
Pizancon	19 929 701	1931	Isère		14	0	Fil	19	EDF
Gittaz (La)	19 922 902	1967	Gittaz	20	13	14	Annuel	66	EDF
St Guerin	19 922 905	1961		19	13	13	Annuel	68	EDF
Beauvoir	19 904 501	1963	Isère		12	0	Fil	21	EDF
Senechas	23 000 176	1976	Cèze		12			62	CG30
Ste Cecile D'Andorge	23 000 057	1967	Gardon		11			42	CG30
Puylaurent	19 940 401	1996	Chassezac	80	13	10	Annuel	73	EDF
Sassiere (La)	19 923 413	1959		11	11	10	Annuel	39	EDF

Nom du barrage	Code AERMC	Date	Cours d'eau	Surface drainée par le barrage (km ²)	Volume de stockage (millions m ³)	Volume utile (millions m ³)	Mode de gestion	Hauteur (m)	Maître d'ouvrage
Villegusien		1905	Vingeanne		8			12	Etat
Plan D'Amont	19 924 101	1957		21	8	8	Annuel	49	EDF
Roujanel						6	Annuel		
Saint Lazare	10 400 006	1976	Durance	6 326	6	0	Journalier	28	EDF
Espinasse	10 400 002	1960	Durance		6	0	Journalier	19	EDF
Saint Hilaire	19 913 201	1958	Isère		6	0	Fil	22	EDF
Flumet	19 914 805	1979	Allevard		5	3	Journalier	20	EDF
Charmine (Moux)	19 924 701	1949	Oignin	305	5	4	Hebdomadaire	22	EDF
Bouvante	19 929 801	1925	Lyonne		4	1	Fil	41	EDF
Plan D'Aval	19 923 302	1950	Rau de Saint-Benoît	23	4	4	Annuel	43/41	EDF
Malarce	19928507	1968	Chassezac	485	4	2	Journalier		EDF
Cadarache	11300008	1959	Durance	11 700	3	1	Journalier	21	EDF
Coche (La)	19922007	1975			2	2	Journalier	35	EDF
Saut Mortier	19933701	1966	Ain		2	1	Journalier	38	EDF
Saulce (La)	10400005	1975	Durance	4 250	2	0	Journalier	17	EDF
Rachas	19928501	1964	Chassezac		2	1	Journalier		EDF
Pont Des Chèvres	19922501	1970	Arc	950	2	1	Journalier		EDF
Grosbois	12500017	1927	Doubs		2		Fil	20	EDF
Jotty (Le)	19903001	1949		195	1	1	Fil	57	EDF
Vallieres	19900401	1927	Fier	1 350	1	1	Fil	21	EDF
Motz Val De Fier	19900501	1920	Fier	1 376	1	1	Fil	57	EDF
Choranche	19911601	1950	Bourne	446	1		Fil	30	EDF
Malemort	11300009	1966	Durance		1	0		12	EDF
Dampjoux	12500015	1943	Doubs		1		Fil	16	EDF
Saint Marguerite	19928506	1966	Chassezac	416	1	0	Journalier		EDF
Aigueblanche	19921701	1954	Isère	1 582	0	0	Fil	28	EDF
Maison Du Roy	10500022	1982		580	0		Journalier	33	EDF
Maison Du Roy	10500022	1982			0			33	EDF
Mottet (Les)	19922702	1950			0			20	EDF
Freney	19923901	1971	Arc		0	0	Journalier	22	EDF
Balme De Rencurel	19905001	1912	Bournes		0		Fil	27	EDF
Cordeac	19913802	1946	Drac		0		Journalier	40	EDF
Vanelle (La)	19929901	1949	Isère				Fil	23	EDF
Vaufrey	12500018	1949	Doubs					26	EDF
Sept Laux						2	Annuel		

LES OUVRAGES AVEC UN MODE DE GESTION ANNUEL

Sur la partie française du bassin du Rhône, on comptabilise 22 ouvrages de stockage hydroélectriques ou mixtes dont le mode de gestion est annuel (stockage et déstockage saisonnier) et qui influencent ainsi les débits du Rhône au pas de temps mensuel, et donc le régime hydrologique. Ces ouvrages représentent un volume utile total de l'ordre de 3 300 Mm³. Ils sont positionnés sur les bassins de l'Ain, l'Isère, l'Ardèche et la Durance.

Tableau 3 : Ouvrages de stockage avec un mode de gestion annuel sur la partie française bassin du Rhône.

Nom du barrage	Sous-Bassin	Volume de stockage (Mm ³)	Volume utile (Mm ³)
Vouglans	Ain	605	420
Villefort	Ardèche	36	27
Puylaurent		13	10
Roujanel			6
Serre Ponçon	Durance	1 270	1 030
Sainte Croix		767	301
Castillon		149	113
Mont Cenis	Isère	332	264
Monteynard		275	185
Tignes		230	224
Roselend		187	181
Grand Maison		140	135
Sautet		130	95
Chambon		54	49
Girotte (La)		50	49
Bissorte		40	39
Gittaz (La)		13	14
St Guerin		13	13
Sassiere (La)		11	10
Plan D'Amont		8	8
Plan D'Aval		4	4
Sept Laux			

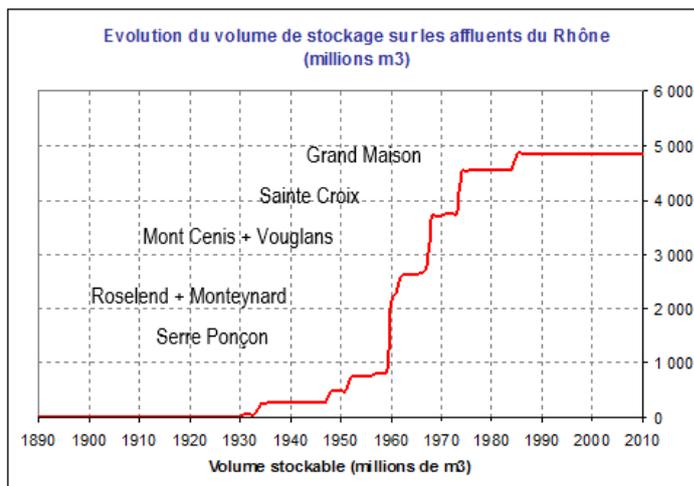
Les barrages les plus importants sont :

- Le **barrage de Serre-Ponçon** positionné sur la Durance, 2 km en aval de sa confluence avec l'Ubaye. Il est le deuxième lac artificiel d'Europe par sa capacité (1 272 Mm³ d'eau stockée) et le troisième par sa superficie (2 820 ha). Le barrage a été mis en service en 1960 et répond aujourd'hui à des besoins hydroélectriques (700 GWh produits annuellement et 380 MW installés) mais également d'irrigation (100 000 ha irrigués). Il est géré par EDF ;
- Le **barrage de Vouglans** sur l'Ain dont le volume représente 605 Mm³ et la surface de retenue couvre 1 600 ha. Ce barrage a été conçu à des fins de production électrique. Les travaux de construction ont été mis en œuvre dès 1962, et le barrage est finalement mis en service en 1970. Le barrage assure une production annuelle de 235 GWh, compte tenu d'une puissance installée de 262 MW. Sa gestion est assurée par EDF.
Notons qu'au cours du XX^e siècle, une dizaine de plus petits barrages ont été construits le long de la vallée de l'Ain dans le but de produire l'électricité nécessaire aux cités environnantes ;
- Le **barrage de Sainte-Croix** situé sur le Verdon, mis en service par EDF en 1974. Sa capacité de stockage atteint 761 Mm³ et sa surface couverte atteint 2 180 ha. L'eau stockée sert pour l'irrigation et la production d'hydroélectricité (142 GWh/an).

- ▶ Le **barrage du Mont Cenis**, est situé en Savoie à proximité du col éponyme. Il sert principalement pour la production d'hydroélectricité. Sa capacité de stockage est de 315 Mm³. Sa mise en service remonte à 1969 ;
- ▶ Le **barrage du Chevril (également appelé Barrage de Tignes)** est situé en Tarentaise (Savoie), dans la haute vallée de l'Isère. Il contrôle un lac artificiel de 235 Mm³ recouvrant 300 ha. Le barrage géré par EDF et mis en service en 1952 se trouve au cœur d'un important ensemble hydro-électrique composé de plusieurs autres barrages (Sassièrre, Sautet, etc.), de centrales électriques (les Brévières, Malgovert) et de conduites forcées. L'ensemble produit annuellement près de 1 000 GWh (source EDF) ;
- ▶ Le **barrage de Sautet sur le Drac**, avec un volume stockable de 108 Mm³. Il sert pour la production d'hydroélectricité ;
- ▶ Le **barrage de Grand'Maison**. Il est situé dans le département de l'Isère entre les massifs de Belledonne et des Grandes Rousses. Sa capacité de stockage atteint 137 Mm³ pour une surface de 219 ha. Mis en service en 1988 pour de la production hydroélectrique, le productible atteint annuellement 1 420 GWh, avec une puissance installée de 1 820 MW ;
- ▶ Le **barrage de Roselend** est situé en Savoie dans le Beaufortin. Il stocke jusqu'à 185 Mm³ répartis sur 320 ha. Mis en service en 1962, il sert à produire de l'électricité.

Dans le graphique ci-dessous, nous avons représenté l'évolution historique du volume de stockage compte tenu des dates de début d'exploitation des ouvrages que nous avons inventoriés. On constate que l'essentiel des travaux d'aménagement se concentre entre 1958 et 1985.

Figure 12 : Evolution historique du volume de stockage sur les affluents du Rhône - graphe BRLi



TRANSFERTS D'EAU ENTRE BASSINS VERSANTS

En outre, plusieurs ouvrages hydroélectriques induisent des transferts d'eau entre bassins versants. Cinq transferts inter ou intra bassin du Rhône, liés à l'usage hydroélectrique, sont recensés sur le bassin du Rhône. Il sont présentés dans le tableau ci-après.

Tableau 4 : Ouvrages et volumes de transferts moyens calculés sur 2006-2011

Ouvrage	Bassin donneur	Bassin receveur	Type de transfert	Débit dévié moyen annuel (Mm ³ /an)	Débit dévié moyen mensuel en pointe (m ³ /s)
Emosson	Arve	Rhône (Genève)	BV Rhône => BV Rhône	94	
Belleville	Arve	Isère	BV Rhône => BV Rhône	46	4
Montpezat	Loire	Ardèche	Ext. => BV Rhône	191	12
St Chamas	Durance	Étang Berre	BV Rhône => Ext.	893	53

1.1.5 Quatre centrales nucléaires et une centrale thermique sont refroidies par les eaux du Rhône

1.1.5.1 Contexte

L'eau du fleuve est utilisée comme source froide pour le refroidissement de la centrale de production thermique (CPT) d'Aramon et des quatre centrales nucléaires de production d'électricité (CNPE) de Bugey, Saint-Alban, Cruas et Tricastin, totalisant **16 tranches**.

Deux technologies sont utilisées :

- ▶ le **circuit ouvert** qui sollicite de forts volumes pour un échange direct avec le fleuve ;
- ▶ le **circuit fermé** qui utilise un faible volume pour compléter la quantité évaporée par les aéroréfrigérants.

Dans l'avenir, le problème essentiel tiendra au renouvellement des centrales nucléaires dont la durée de vie est de l'ordre de 40 à 50 ans, de sorte que le système nucléaire rhodanien devra être remplacé entre 2020 et 2030. À ces dates, les centrales du type EPR (*European Pressurised Reactor*, réacteur pressurisé européen) devraient être opérationnelles, mais il demeure aujourd'hui une incertitude quant à leur mise en place effective, qui dépendra de choix politiques énergétiques et environnementaux.

A l'heure actuelle, le productible annuel avec le nucléaire et le thermique sur le Rhône s'élève à 82 900 GWh, avec une puissance de 14 800 MW.

1.1.5.2 Prélèvements bruts et rejets

Le tableau ci-dessous rappelle les prélèvements bruts nécessaires pour le refroidissement des centrales nucléaires et la centrale thermique d'Aramon.

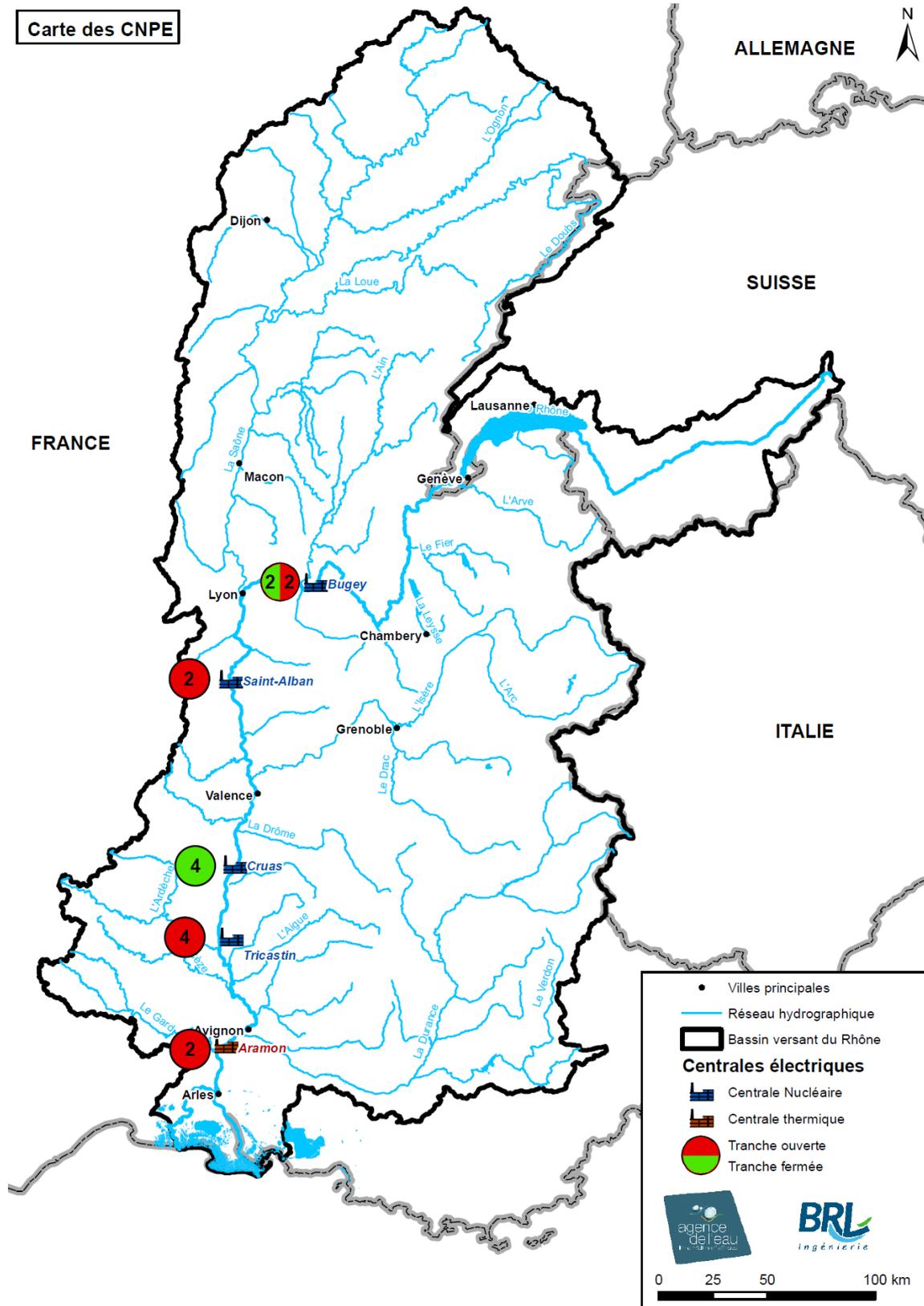
Tableau 5 : Prélèvements bruts en eau opérés par les centres nucléaires

Unités de production	Mise en service	Circuit fermé (aéroréfrigérant)		Circuit ouvert		TOTAL	Prélèvement brut		Prélèvement net	
		Nombre de tranches	Puissance (MW)	Nombre de tranches	Puissance (MW)	Puissance totale (MW)	Volume annuel (Mm ³)	Débit brut (m ³ /s)	Volume consommé (Mm ³)	Débit consommé (m ³ /s)
EDF-CNPE Bugey	1972	2	1 760	2	1 820	3 580	3 100	98	47	1,5
EDF-CNPE St Alban	1985			2	2 600	2 600	4 100	130	0	0
EDF-CNPE Cruas	1983	4	3 600			3 600	500	16	95	3
EDF-CNPE Tricastin ⁸	1980			4	3 600	3 600	5 000	158	0	0
EDF-CPT Aramon	1905			2	1 400	1 400	90	3	0	0
Total		6	5 360	10	9 420	14 780	12 790	405,3	142	4,5

Source : EDF

⁸ Le prélèvement se fait dans le canal d'aménée de l'aménagement de Donzère-Mondragon

Figure 13 : Carte de localisation des centrales thermiques et nucléaires sur le Rhône



Source : BRLi

Le **volume d'eau du Rhône détourné** par les activités thermiques et nucléaires s'élève à environ **12 800 millions de m³**, ce qui représente la part la plus importante des prélèvements d'eau bruts dans le Rhône.

Cependant, la totalité du volume détourné n'est pas consommée, et seule une faible partie n'est pas restituée au fleuve. En effet, la part essentielle des volumes prélevés correspond à des circuits ouverts (10 tranches) dans lesquels l'eau prélevée en amont des sites de production est rejetée immédiatement en aval après échauffement dans les condenseurs. Une plus faible partie correspond à des circuits fermés (6 tranches) qui rejettent une partie de l'eau réchauffée dans le fleuve par le dispositif de purge et évaporent dans des tours de refroidissement des débits évalués à **0,75 m³/s par tranche nucléaire**, soit un débit fictif continu de **4,5 m³/s sur l'ensemble du cours du Rhône**.

Globalement, la restitution des prélèvements énergétiques est donc de l'ordre de 99 %.

Si le prélèvement net perdu pour le milieu est faible par rapport au prélèvement brut détourné, notons que les activités énergétiques liées au CNPE représentent en revanche **une contrainte importante en termes d'échauffement de l'eau rejetée**.

Dans la phase 3 de la présente étude, nous aborderons ces questions de thermie en identifiant et discutant les conditions limites de température et de débit à partir desquelles le fonctionnement des CNPE risque d'être contraint pour la sûreté.

1.2 DES MILIEUX AQUATIQUES REFLETS DE L'ANTHROPISATION DU FLEUVE

Le linéaire de Rhône non court-circuité entre la confluence avec l'Arve et la mer Méditerranée représente environ 375 kilomètres. Ce linéaire est caractérisé par la présence d'aménagements (production d'électricité et navigation) qui influencent l'hydrologie aussi bien en intensité, qu'en durée et en fréquence.

La distribution spatiale et l'importance numérique des populations piscicoles, considérées comme intégratrices du système, dépendent en premier lieu d'une qualité physico-chimique minimale des eaux et de la diversité et de la disponibilité des habitats nécessaires à l'accomplissement des cycles vitaux.

UNE QUALITÉ DES EAUX GLOBALEMENT BONNE

Du fait de son débit, le Rhône possède une forte capacité de dilution vis-à-vis des rejets d'eaux usées. Doté au cours des ans d'un équipement d'épuration urbaine et industrielle de plus en plus complet, **il présente aujourd'hui une bonne qualité sous l'angle de la pollution classique.**

La situation est plus contrastée pour les micropolluants toxiques, sous leurs diverses formes : métaux (mercure, zinc...), pesticides et autres micropolluants organiques (PCB par exemple), avec pour ces derniers des préoccupations locales et plus ou moins conjoncturelles, ou générales et permanentes (HAP liés aux résidus divers de combustion, notamment). Les radionucléides, apparus avec l'utilisation de l'énergie nucléaire au cours du dernier siècle (retombées atmosphériques ou rejets liquides) présentent une forte toxicité radioactive mais ils se retrouvent en quantité infinitésimale dans les eaux du Rhône par rapport à la plupart des polluants. Les incidences sur les compartiments biologiques restent encore difficiles à appréhender vis-à-vis des autres facteurs environnementaux.

Comme de nombreux fleuves des pays développés, des perturbateurs endocriniens (hormones) sont mesurés dans les eaux du Rhône, notamment en aval des grandes agglomérations. Ces éléments chimiques peuvent affecter les cycles biologiques des espèces.

MODIFICATION DES CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES

En dehors des tronçons court-circuités, **le potentiel habitat est conditionné par la configuration du chenal, celle des rives** (dont le linéaire est variable en fonction de la présence de chenaux latéraux) **et la présence d'annexes fluviales**. Ces dernières sont beaucoup moins fréquentes que sur les tronçons des Vieux-Rhône et peuvent inclure, notamment en aval de Lyon, les « annexes anthropiques » liées à la présence d'aménagements (type Girardon par exemple).

Ces derniers, associés à la construction de la chaîne de barrages sur le Rhône, ont considérablement modifié la géomorphologie du fleuve et les conditions d'écoulement et fragmenté l'espace aquatique, affectant ainsi les populations de poissons.

ESPÈCES PISCICOLES PRÉSENTES⁹

On comptait au début du XX^e siècle plus de 50 espèces de poissons sur le Rhône français (zone estuarienne comprise). Parmi les espèces emblématiques, on distinguait l'esturgeon, l'apron du Rhône ou l'ombre commun. La pente du fleuve du Rhône jusqu'à Arles classe historiquement la majorité du linéaire dans la zone « à barbeau » (cyprinidés d'eau vive).

Le cortège des espèces du Rhône français a été modifié par les activités et les aménagements anthropiques depuis plus d'un siècle mais est soumis également aux différents affluents du fleuve.

L'arrivée de la Saône, affluent « chaud », la traversée de Lyon, du « couloir de la chimie » et l'aménagement intensif sont les principaux facteurs du changement structurel du peuplement piscicole par rapport au Haut-Rhône. La confluence avec l'Isère, affluent alpin qui refroidit les eaux du Rhône, favorise le maintien des espèces rhéophiles.

On distingue les peuplements du Haut-Rhône, en amont de la confluence avec la Saône, caractérisés par une faune rhéophile : la truite de rivière et l'ombre commun se maintiennent localement avec le cortège de cyprinidés d'eaux vives tels que la vandoise, le hotu, le spirilin, le barbeau fluviatile, le vairon, le blageon ou le goujon.

En aval de Lyon et de la confluence avec la Saône, le peuplement est dominé par les espèces lénitophiles et thermophiles comme le gardon, l'ablette, la chevaine, la brème, la perche commune, la perche soleil, le poisson chat, le silure glane, le carassin argenté ou le pseudorasbora.

Globalement, depuis le début du siècle dernier, la faune piscicole du Rhône évolue et peut se caractériser par deux phénomènes :

- 1) une **homogénéisation**, qui se traduit par une moindre différence en terme de composition faunistique entre le Haut (amont de Lyon - Genève) et le Bas-Rhône (en aval de Lyon) ;
- 2) une **banalisation faunistique**, avec une dominance d'espèces eurytopes, peu exigeantes, présentes sur l'ensemble du linéaire (ex. : chevaine, gardon), au détriment d'espèces sténotopes, exigeantes (ex. : salmonidés, truite fario et ombre commun). De plus, la colonisation et la progression d'espèces « exotiques » sont également à mentionner (ex : pseudorasbora, classé nuisible à l'échelle mondiale).

Seul l'esturgeon a complètement disparu du Rhône. L'apron se maintient avec difficulté dans quelques affluents mais sa présence dans le Rhône demande à être confirmée. Les migrateurs amphihalins tels que l'anguille, la lamproie marine ou l'alose feinte du Rhône se maintiennent avec plus ou moins de succès.

⁹ Sources : Le Rhône en 100 questions et d'expert

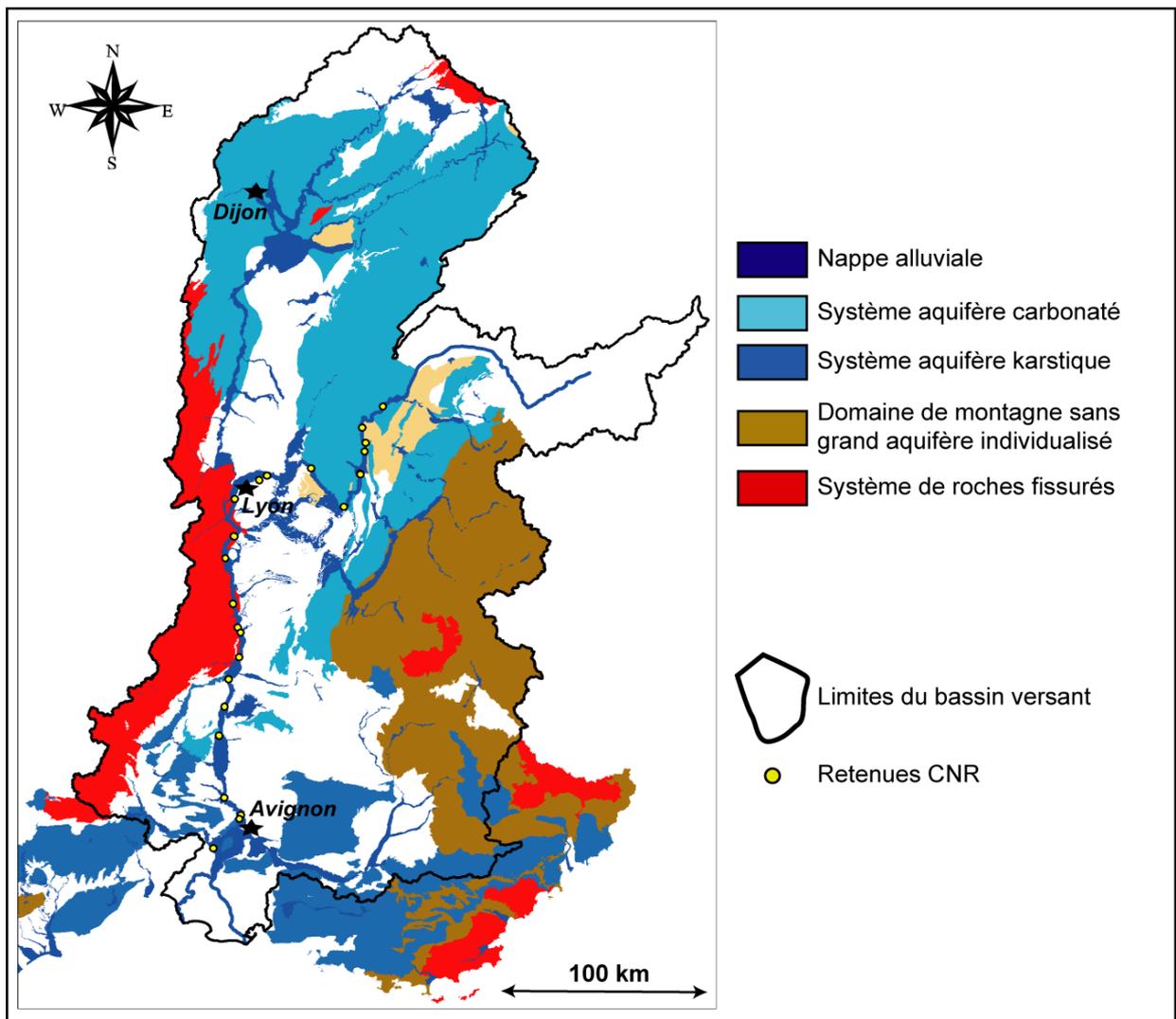
1.3 CONTEXTE HYDROGÉOLOGIQUE : UNE NAPPE ALLUVIALE DU RHÔNE EN INTERACTION AVEC DE NOMBREUSES NAPPE CONTRIBUTIVES

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 depuis le delta jusqu'à la frontière suisse.

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.

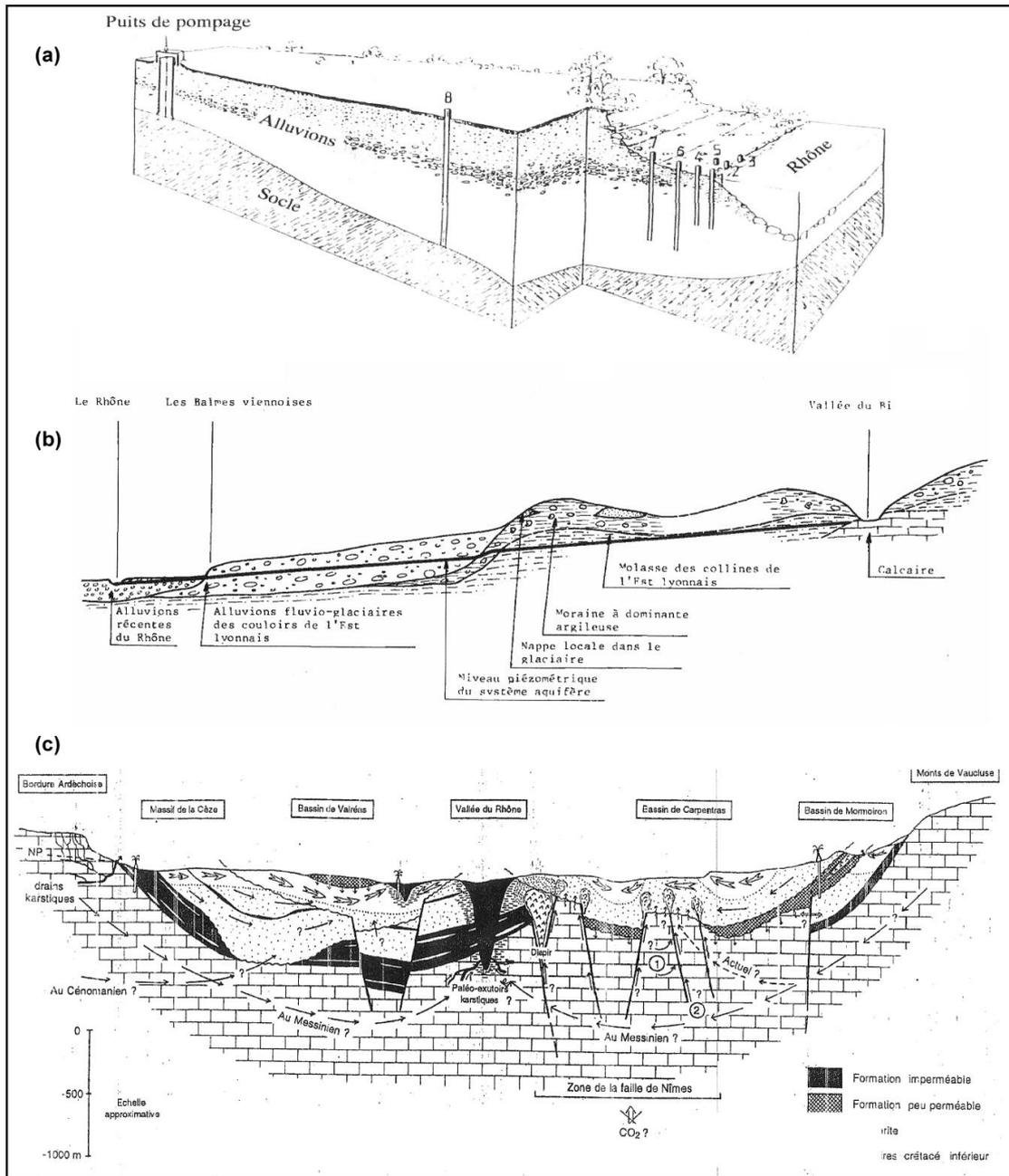
Figure 14 : Vision simplifiée des grands ensembles aquifères à l'échelle du bassin versant.



Citons en grandes catégories pour les grandes masses d'eau potentiellement contributives :

- ▶ **Les nappes alluviales des affluents du Rhône**, depuis les grands cours d'eau comme l'Isère, la Saône ou la Durance, jusqu'à des appareils plus modestes (Gardons, Asse et Bléone, Drac, l'Ouche,...) ;
- ▶ **Les nappes fluvio-glaciaires** qui correspondent à d'anciens couloirs d'érosion comblés par des matériaux graveleux perméables. Parmi les plus importants, citons sans souci d'exhaustivité les couloirs de l'Est Lyonnais, celui du Garon, celui de Bièvre Valloire, etc. ;
- ▶ **Les nappes karstiques** : système de la Montagne de Lure et karsts ardéchois pour le Bas Rhône, terminaison méridionale du Jura et Ile Crémieu pour le Haut Rhône ;
- ▶ **Des systèmes complexes de type multicouche ou des aquifères de montagne** de dimension plus réduite. Il peut s'agir d'aquifères de type poreux (terrasses alluviales, moraines, grès et molasses, etc.) comme de systèmes karstiques de petite dimension ou d'aquifères fissurés (roches de socle, volcaniques, métamorphiques ou roches carbonatées non karstifiées). Parmi ces systèmes, citons en particulier les grands bassins molassiques qui, de par leur proximité avec le système Rhône, sont susceptibles d'interactions significatives : bassins de Carpentras et de Valréas dans le Bas Rhône, bassins du Dauphiné en Moyen Rhône.

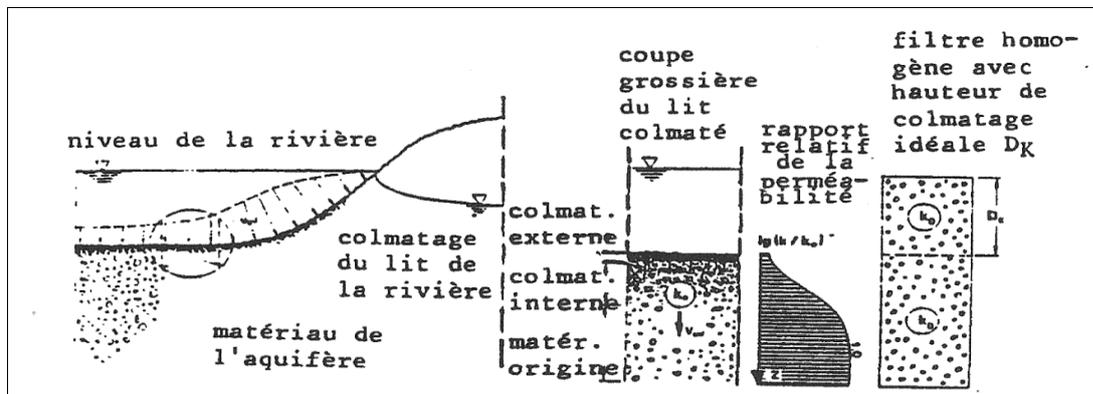
Figure 15 : Illustrations en coupes des grandes unités aquifères du bassin versant du Rhône. (a) Nappe alluviale du Rhône; (b) nappe fluvio-glaciaire; (c) nappe karstique latérale et bassins molassiques.



Concernant les données collectées, notons les éléments suivants :

- ▶ **La géométrie et le comportement hydrogéologique sont globalement bien décrits pour la nappe alluviale du Rhône.** Cette nappe a fait l'objet de multiples investigations et ses caractéristiques sont reportées dans plusieurs synthèses et référentiels. Une lacune de synthèse avait été identifiée pour la nappe en région PACA ; des approches spécifiques ont donc été mises en œuvre pour bien appréhender la géométrie des réservoirs dans cette zone ;
- ▶ **Une des problématiques majeures est celle de la relation aux encaissements pour la nappe alluviale du Rhône.** Certaines nappes latérales sont susceptibles de venir suralimenter les alluvions de manière significative. Les données disponibles permettent une bonne identification et une bonne caractérisation de ces encaissements ;
- ▶ **Les échanges nappes-rivière peuvent être partiellement contrôlés par les phénomènes de colmatage.** Un point particulier a été réalisé sur cette problématique : états des connaissances en général et en particulier sur le Rhône. Sur la base des éléments consultés, il apparaît qu'aujourd'hui le Rhône se distingue par la faiblesse du transport sableux grossier ou graveleux par charriage. Les dépôts de fond ou de berge sont majoritairement des sables fins, remobilisés régulièrement lors des épisodes de crues. Les limons sont majoritairement rapportés à la mer ; leur dépôt se limite aux avants-ports des écluses, à certains bras morts ou plans d'eau et à l'amont immédiat des ouvrages de retenue. Les études consultées montrent aussi que la problématique du colmatage correspond principalement à la pénétration des fines dans le cas de forts gradients hydrauliques dans le sens rivière-nappe (cas des canaux d'amenée et de la proximité de champs captants). C'est dans ces secteurs que le colmatage est fort et permanent.

Figure 16 : Schéma explicatif du phénomène de pénétration de fines particules dans un réservoir alluvial (d'après Lallemand-Barrès, 1985)



À la fin de cette première phase de l'étude, on peut donc considérer que les données disponibles sont suffisantes pour appliquer la méthodologie proposée (cf. annexe spécifique).

1.4 QUELQUES GRANDS CHIFFRES D'UNE HYDROLOGIE COMPLEXE

On présente dans ce paragraphe les grands chiffres de l'hydrologie du Rhône sous influence anthropique. Ces chiffres sont issus d'une première analyse des données hydrométriques de la Banque Hydro. Une analyse plus fine des données hydrométriques sera menée en phase 2. Elle portera notamment sur la qualité et la précision des données, sur la caractérisation statistique des étiages et enfin sur le désinfluencement des débits.

1.4.1 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.

La figure suivante donne un aperçu des **régimes hydrologiques influencés** au droit des six points nodaux du Rhône. Sont représentés les débits mensuels statistiques¹⁰ à chaque station, **calculés sur la période 1980-2011**.

Le Rhône à Pouigny 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**. D'un module de **340 m³/s**, il présente une assez grande amplitude mensuelle, avec des débits mensuels moyens compris entre 250 et 500 m³/s.

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**, dûs notamment aux apports de l'Ain et de la Saône. La Figure 18 met en évidence la forte saisonnalité des débits contributifs de ces deux affluents, soumis à des pluies océaniques à l'automne et en hiver. 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 située de la fin de l'été au début de l'automne**. L'analyse des débits moyens mensuels quinquennaux secs et humides met en évidence une assez forte variabilité inter-annuelle de l'hydrologie du Rhône.

La Figure 18 illustre les contributions des sous-bassins intermédiaires, et donc des principaux affluents aux débits du Rhône. Elle met en évidence **une forte saisonnalité des contributions des principaux affluents** : en particulier, les débits de la Saône et l'Ain, sous influence pluviale-océanique, apportent de très faibles débits pendant la période estivale avec des débits trois fois plus faibles que la moyenne annuelle. On observe également une nette variabilité saisonnière des contributions de la Drôme et des affluents sud du bassin (Durance, Ardèche, Gard, Cèze, Aigue). L'Isère apporte une contribution plus régulière aux débits du Rhône, de l'ordre de 360 m³/s en moyenne annuelle, et 250 m³/s en août.

Au mois d'août, le Rhône alpestre en amont de Pouigny et le sous-bassin de Ternay à Valence (apport principal de l'Isère) apportent environ 60% des débits du Rhône (Rhône à Beaucaire).

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 à l'étiage : en moyenne, il apporte **40% des débits du Rhône au mois d'août à Beaucaire**.

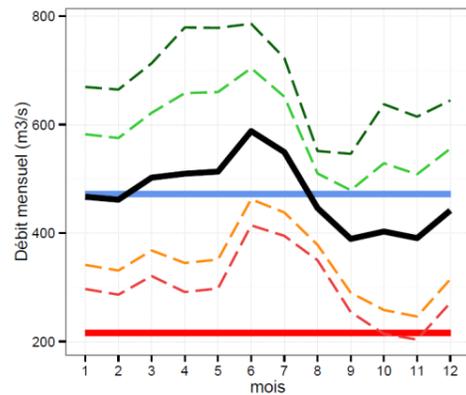
¹⁰ Les débits statistiques (débits mensuels quinquennaux et décennaux, QMNA_T) ont été calculés à partir d'un ajustement sur la loi log-normale.

- 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



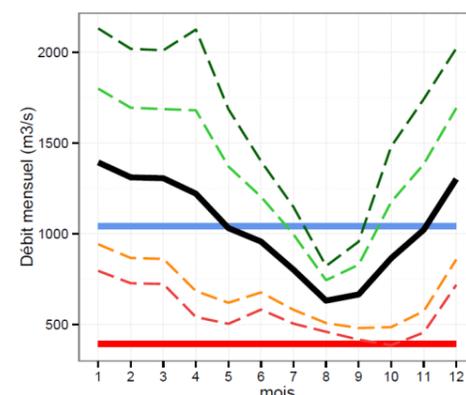
Rhone à Lagnieu2
 Superficie BV : 15380 km2
 Module : 472 m3/s (% Rhône à Beaucaire : 28 %)
 Module spécifique : 31 l/s/km2
 QMNA5 : 216 m3/s

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



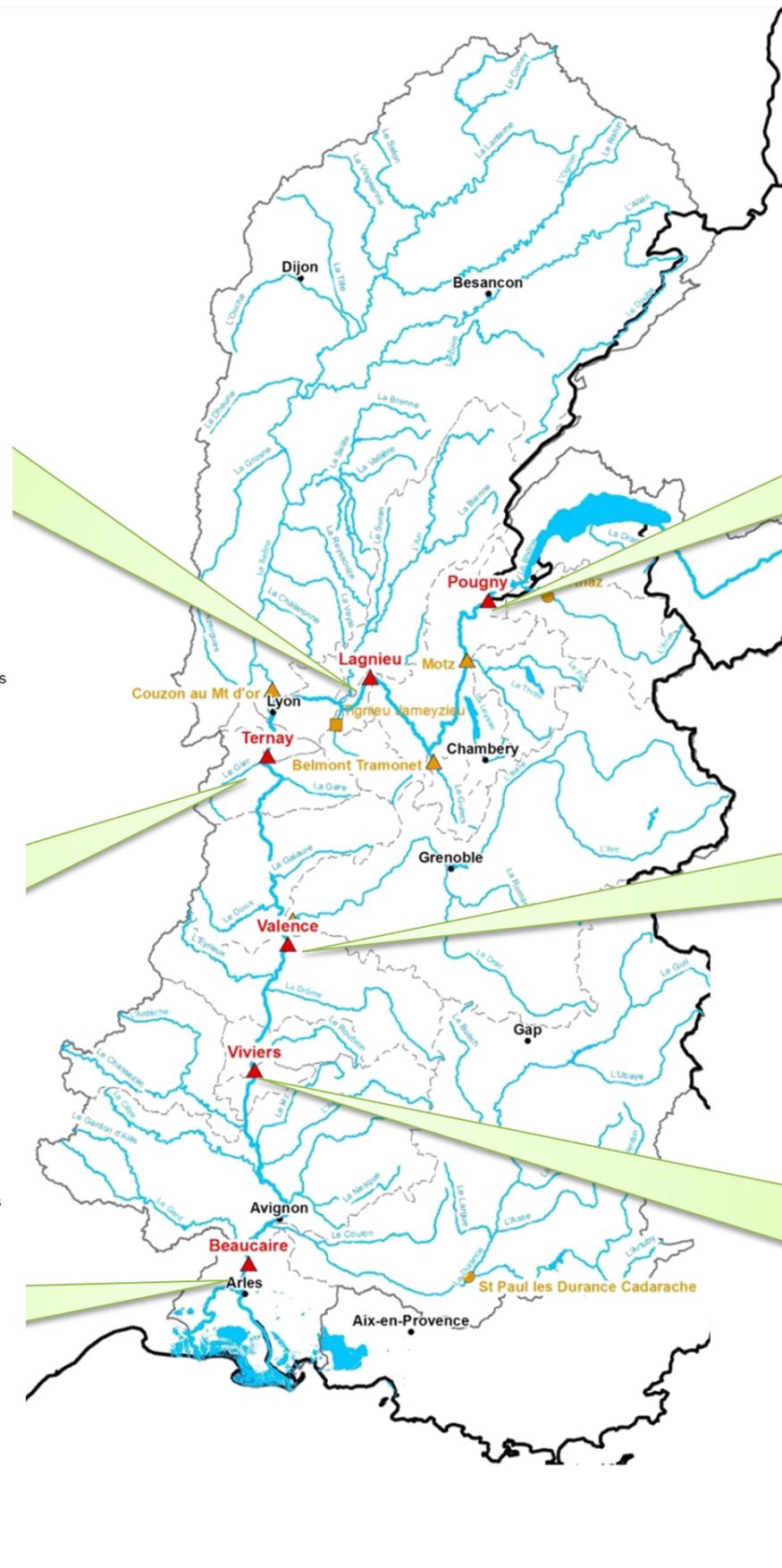
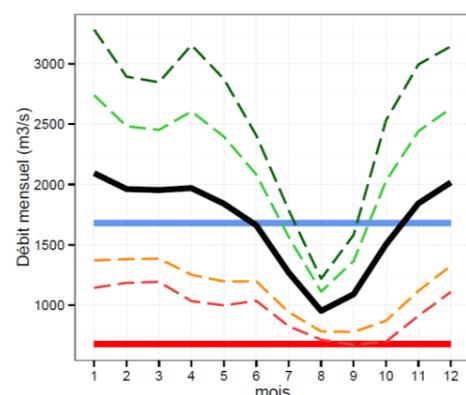
Rhone à Ternay2
 Superficie BV : 50560 km2
 Module : 1041 m3/s (% Rhône à Beaucaire : 62 %)
 Module spécifique : 21 l/s/km2
 QMNA5 : 392 m3/s

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



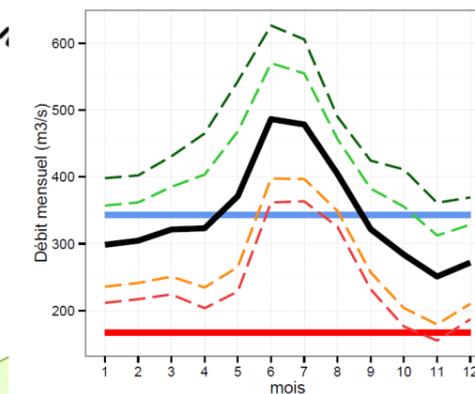
Rhone à Beaucaire
 Superficie BV : 95590 km2
 Module : 1678 m3/s (% Rhône à Beaucaire : 100 %)
 Module spécifique : 18 l/s/km2
 QMNA5 : 680 m3/s

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



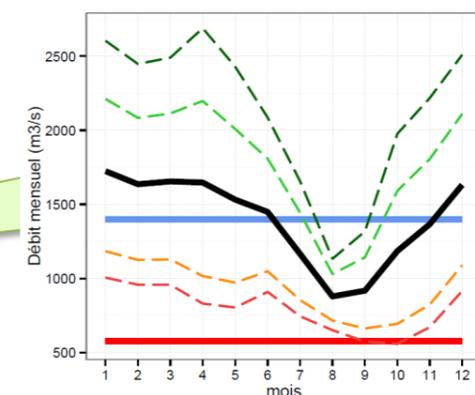
Rhone à Pouigny
 Superficie BV : 10320 km2
 Module : 343 m3/s (% Rhône à Beaucaire : 20 %)
 Module spécifique : 33 l/s/km2
 QMNA5 : 167 m3/s

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

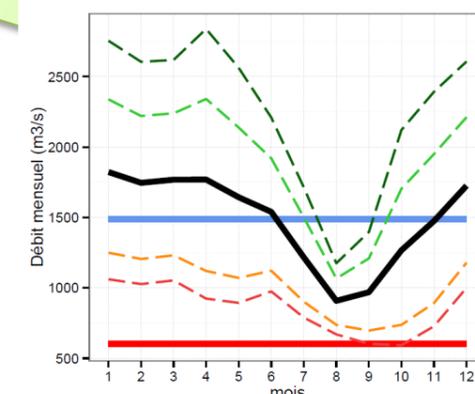
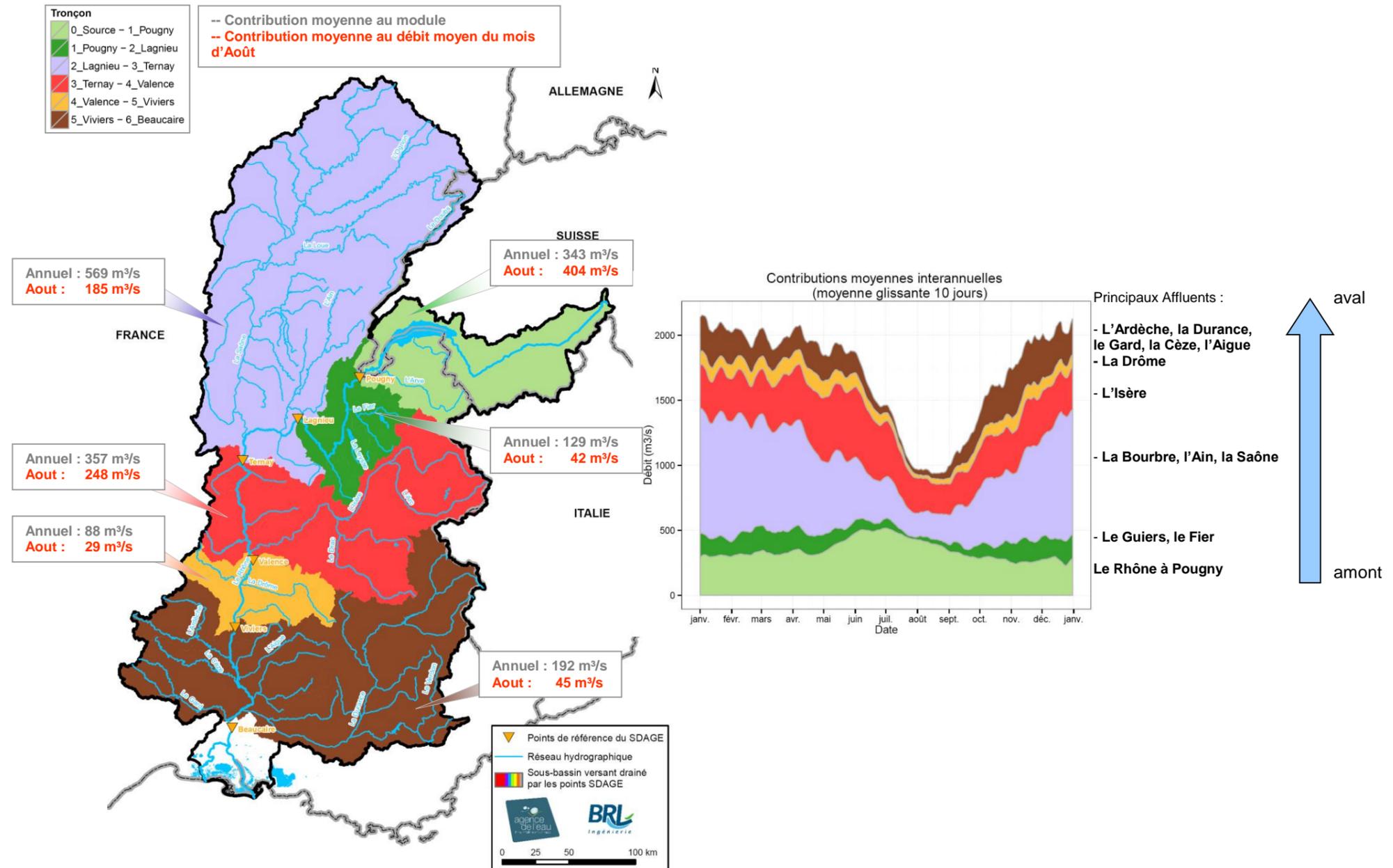


Figure 17 : Les régimes hydrologiques du Rhône. Hydrologie influencée sur la période 1980-2011 (Données : Banque Hydro et CNR ; cartes et graphes BRLi)

p:\bri\chazot\800420_etiages_rhone\100_bri_etude_etiage_rhone_aermc_rendu_fina\rapports\phase1\800420_pn1_a_principal_tmb.docx / Sébastien Chazot

Figure 18 : Apports intermédiaires contributifs aux débits du Rhône. De Pougny à Beaucaire. Hydrologie influencée 1980-2011 (Données : Banque Hydro et CNR ; cartes et graphes BRLi)



1.4.2 Rétrospective des étiages du Rhône

Afin d'identifier les périodes d'étiages sévères ayant marqué l'histoire du Rhône, on représente, au droit des six points de référence, les passages sous des seuils de bas débits caractéristiques (notion de « sous-passement ». Cette analyse porte sur les débits influencés.

L'analyse présentée ci-après porte sur des débits moyens sur dix jours et sur les débits mensuels. Cette double échelle de temps permet d'identifier avec plus de précision les étiages marquants, caractérisés par de bas débits extrêmes sur des périodes suffisamment longues.

Pour les temps courts, les débits seuils considérés sont les VCN10¹¹ de périodes de retour 2 ans, 5 ans et 10 ans. Au pas mensuel, le débit seuil choisi est le QMNA5¹². Les valeurs de ces débits seuils sont données dans le Tableau 6.

Tableau 6 : Débits VCN et QMNA5 caractéristiques (influencés) au droits des six points SDAGE sur le Rhône

Station	codeBV	Débits caractéristiques (m³/s) calculés sur la période 1980-2011			
		VCN10_2	VCN10_5	VCN10_10	QMNA5
Pougy	V1000010	148	119	106	167
Lagnieu	V1630020	210	170	152	216
Ternay	V3130020	387	313	280	392
Valence	V4010010	564	465	421	577
Viviers	V4530010	604	498	450	605
Beaucaire	V7200010	670	553	500	680

Les « sous-passements » de ces seuils sur la période 1920-2011 sont représentés en Annexe 3.

Ils permettent d'identifier les étiages historiques du Rhône, notamment les années 1921, 1934, 1947, 1949, 1962, 1971-72, 1976, 1978, 1989, 2009 et 2011 (Annexe 2 et Figure 5). La détection de ces années extrêmes est cohérente avec la bibliographie (Sauquet and Haond, 2003).

Pour les quatre années extrêmes de 1921, 1976, 1989 et 2011, on donne ci-dessous les hydrogrammes sur dix jours à la station de référence de Valence (Figure 19).

¹¹ Le VCNx est le débit moyen minimal annuel calculé sur x jours consécutifs. Le VCN10_5 est le VCN10 (calculé sur 10 jours consécutifs) de période de retour 5 ans, il est tel que, statistiquement, en moyenne, une année sur 5 le VCN10 est plus faible que le VCN10_5, et 4 années sur 5, il est plus élevé. Ces débits statistiques ont été calculés par ajustement de la distribution sur la loi log-normale, sur toute la période de disponibilité des données hydrométriques.

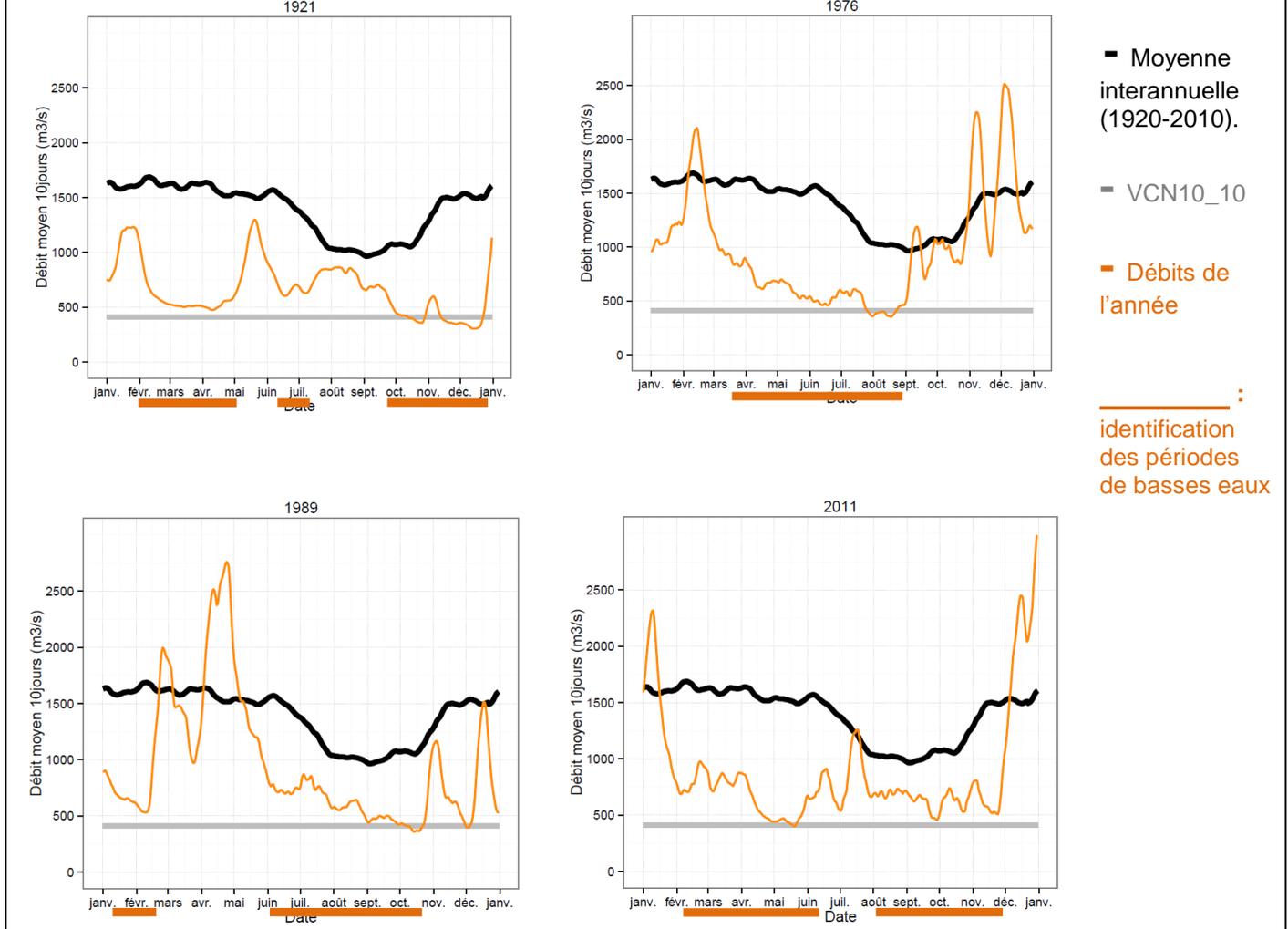
¹² Le QMNA désigne le débit mensuel minimal d'une année. On utilise en particulier le QMNA5 qui est le QMNA de temps de retour 5 ans. Le QMNA5 est tel que, 1 année que 5, le QMNA est plus faible que le QMNA5. Ces débits statistiques ont été calculés par ajustement de la distribution sur la loi log-normale, sur toute la période de disponibilité des données hydrométriques.

Figure 19 : Analyse de quelques étiages historiques du Rhône à Valence depuis 1920. (Débits moyens sur 10 jours : débits moyens interannuels calculés sur 1920-2010 ; Débits des années 1921, 1976 et 1989 ; VCN10_10ans).

Rétrospective des périodes historiques de basses eaux du Rhône (1921-2011)



Débits 10 jours à Valence, pour les années historiques de basses-eaux



Source : banque Hydro – Graphes : BRLi

Les débits mesurés sont marqués par une **forte variabilité temporelle de l'hydrologie du Rhône, combinée à une anthropisation progressive dans le temps**. On note d'une part un fort écart au débit moyen pour ces années sèches, et, d'autre part, des périodes de très bas débits possibles étalées sur l'année (printemps 1921, été 1976, début automne 1989, 2011).

Cette analyse sera approfondie en phase 2 mission 1 pour la caractérisation de l'étiage sur le bassin du Rhône. Les basses eaux des affluents seront également étudiées. Une analyse des durées, fréquences et intensités des étiages pourra être alors intégrée.

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 longue durée des basses eaux 2011 est également remarquable.



p:\bril\chazot\800420_etiages_rhone\100_brii_etude_etiage_rhone_aermc_rendu_finale_rapports\phase1\800420_ph1_a_principal_finb.docx / Sebastien Chazot

1.4.3 Quels impacts possibles du changement climatique sur l'hydrologie du bassin du Rhône ?

Le changement climatique en cours et à venir pourrait fortement affecter l'hydrologie du bassin du Rhône, et en particulier les ressources en eau disponibles en période estivale.

Sur la partie française du bassin du Rhône, la plupart des modèles climatiques projettent une hausse des températures, conjuguée à une possible baisse des précipitations pendant la période estivale.

Le projet national Explore 2070 propose une évaluation des changements possibles sur les eaux de surface à l'horizon 2046-2065 (on simplifiera par la suite en indiquant l' « horizon 2050 ») par rapport à un état de référence (1961-1990) en France sur la base du scénario d'émission de gaz à effet de serre médian A1B, de sept modèles climatiques et deux modèles hydrologiques.

On présente ci-après quelques résultats issus des travaux du Lot 3 de ce projet conduit par le groupement BRLi (mandataire) - Irstea - Météo France pour le ministère de l'Ecologie, du Développement durable et de l'Energie et en cours de publication (article à venir dans la Houille Blanche).

Les simulations climatiques utilisées dans ce projet projettent une hausse des températures moyennes de juillet de l'ordre +1,3 à +2,8°C, conjuguée à une baisse des précipitations de juillet comprise entre 3 % et 47 % suivant les modèles utilisés, entre 2050 et l'état de référence (1961-1990), en moyenne, sur la partie française du bassin versant du Rhône à Beaucaire.

Il est important de noter que la traduction en termes hydrologiques, et notamment pour le Rhône, doit être **reçue avec une grande prudence**, du fait notamment des limites suivantes de cette étude :

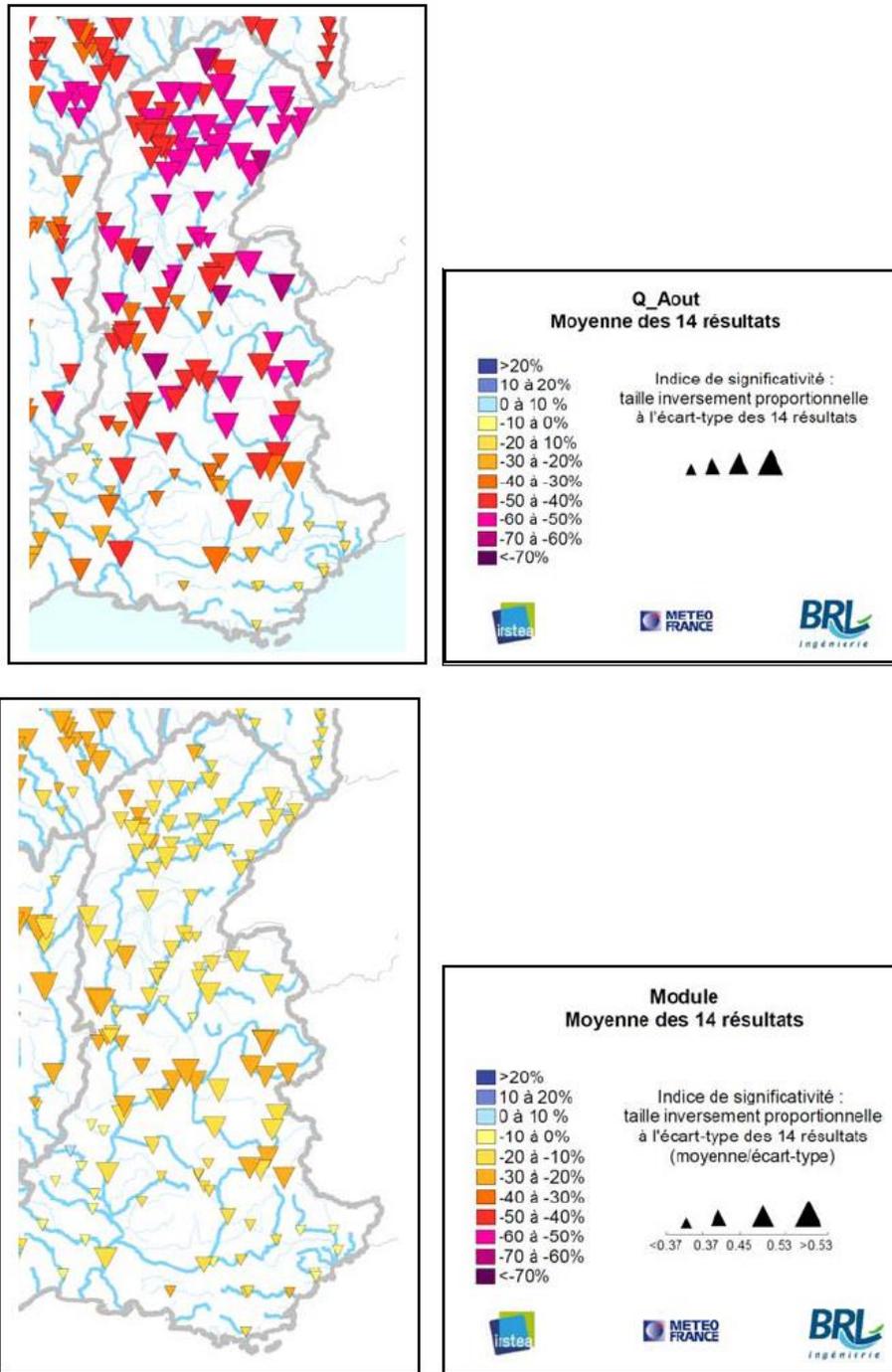
- ▶ Les simulations climatiques sur la Suisse pour cette étude étaient d'une résolution très peu précise, et sont donc l'objet de très fortes incertitudes ;
- ▶ Les ouvrages hydrauliques, et notamment la gestion du Léman et des barrages de stockage sur les affluents, n'ont pas été pris en compte dans ces simulations ;
- ▶ Les résultats sont soumis à des incertitudes très importantes du fait des hypothèses faites sur les conditions futures et les limites des modèles climatiques et hydrologiques.

Sur la partie française du bassin du Rhône, les modèles hydrologiques mobilisés dans cette étude projettent une baisse du débit moyen annuel du Rhône et de ses affluents, qui pourrait être de l'ordre de 10 à 40 % à l'horizon 2050. La baisse des débits estivaux pourrait être encore plus marquée. Les modèles projettent une baisse des débits du mois d'août qui pourrait dépasser 50 % sur la Saône et l'Isère notamment (Figure 20).

Sur la partie suisse du bassin du Rhône, l'étude CCHydro menée en Suisse, déjà présentée plus haut, projette peu d'évolution à court terme (2035), et une modification marquée du régime hydrologique à long terme (fin du siècle). Pour le bassin du Rhône en Valais, les maxima de l'été pourraient augmenter de manière provisoire, avant de décroître vers la fin du siècle, pour survenir plus tôt dans l'année.

Globalement, les projections s'accordent sur **une baisse de la ressource moyenne annuelle et une tendance d'accentuation des étiages**, et invitent à se préparer à une situation globalement plus sèche en période estivale.

Figure 20 : Evolution possible des débits moyens du mois d'août et du module entre (1962-1990) et (2046-2065). Résultats du projet Explore 2070..



La couleur des points est fonction de l'intensité du changement et la taille des points est liée à la convergence des 14 simulations, et donc à la significativité des résultats

2. DÉFINITION DU SYSTÈME D'ÉTUDE

2.1 LE FLEUVE, SA NAPPE ET LE SYSTÈME INTERAGISSANT

La présente étude porte sur la partie française du fleuve Rhône. Le « **système objet** », ou encore « **système Rhône** », de l'étude est ainsi constitué par la partie canalisée du linéaire du Rhône de l'aval du Léman à la mer, et les aquifères alluvionnaires liés au fleuve dans cette partie (Figure 21).

L'hydrologie des « vieux Rhône » ne sera pas étudiée dans la présente étude, considérant que les débits dans les Rhône court-circuités à l'étiage sont fixés par les débits réservés auxquels sont soumis les barrages.

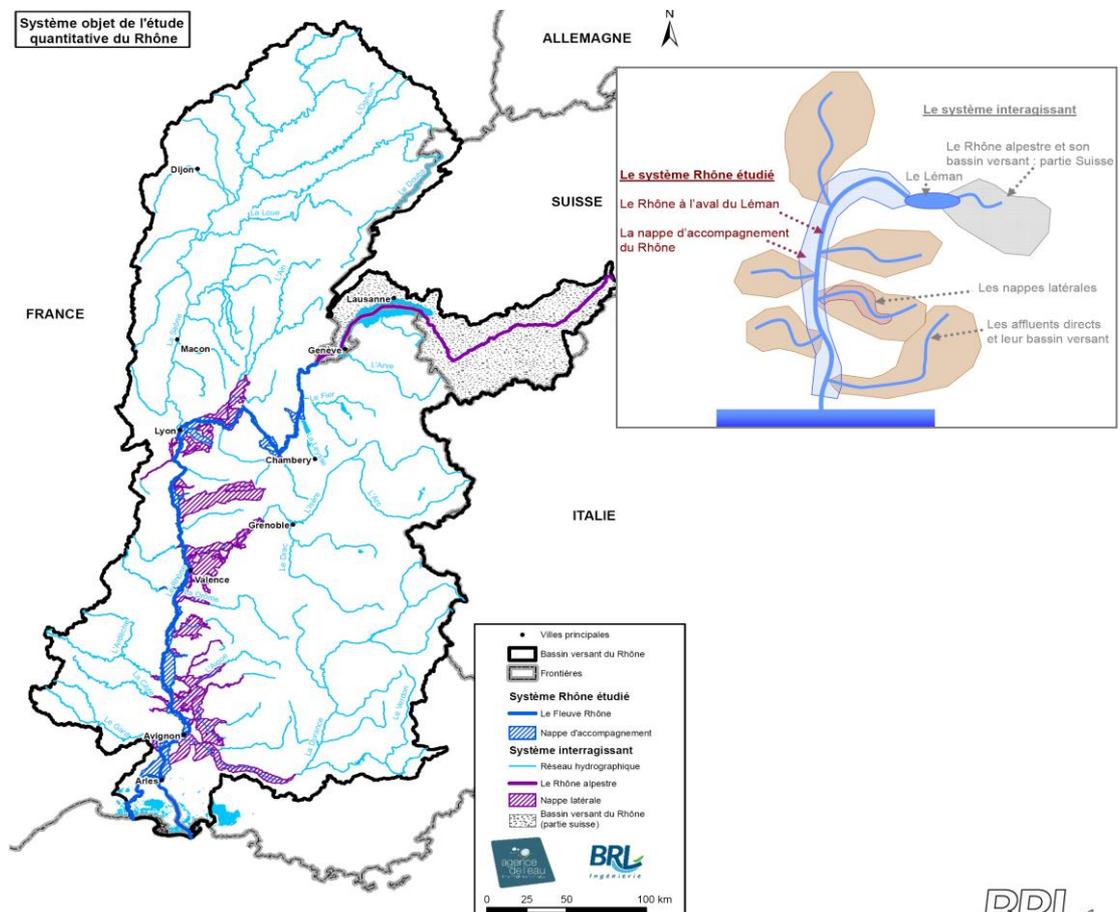
Pour répondre à son objectif, l'étude devra bien sûr considérer la contribution à ce système, d'une part des apports amont (quantité d'eau sortant du Lac Léman) et d'autre part des apports latéraux via les affluents directs. L'eau qui peut être prélevée sur l'axe Rhône dépend en effet de ces apports. L'étude devra donc considérer, en termes d'apports, l'ensemble des surfaces contributives du bassin du Rhône. On définit ainsi le « **système interagissant** », constitué par :

- ▶ 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 21 illustre cette définition du système d'étude.

Dans la suite de l'étude on emploiera ainsi les deux expressions « système Rhône » et « système interagissant ».

Figure 21 : Définition du système d'étude



Nota 1 : Bilan des prélèvements sur la zone d'étude. Sur le système Rhône étudié, le travail conduit visera à établir un recensement détaillé des prélèvements dans l'objectif de renseigner la base de données demandée dans le CCTP.

Ce seul inventaire ne suffira pas pour conduire les travaux de désinfluencement des débits qui seront établis en phase 2 et pour cerner l'ensemble des éléments qui influencent les étiages du Rhône. Cette question demandera en effet de disposer d'une connaissance des influences historiques (sur une période suffisante pour caler les modèles pluie-débit – cf. méthodologie de la phase 2) sur l'ensemble des bassins versants de chacun des points où sera conduite l'analyse hydrologique.

D'où un travail d'inventaire de prélèvements que nous réaliserons également sur le reste du bassin, c'est-à-dire le « système interagissant ». Sur cette seconde zone, le travail réalisé sera moins fouillé et ne donnera pas lieu à une formalisation dans une base de données.

Nota 2 : Hydrologie et volumes prélevables. Des nuances seront à apporter selon qu'on s'intéressera à des situations « naturelles » ou à des situations influencées. En situation naturelle, l'ensemble de la surface contributive sera considérée de manière équivalente.

Pour le calcul de volume prélevable, deux cas se présentent :

- ▶ Cas des affluents directs du Rhône faisant l'objet d'une étude volume prélevable. On considérera les résultats de l'étude pour les apports au Rhône : valeurs des débits objectifs au point le plus aval de ces affluents ;
- ▶ Cas des autres affluents directs. On intégrera leurs apports potentiels par une analyse hydrologique propre à l'étude.

Nous n'intégrerons donc pas dans notre analyse les résultats des études volumes prélevables des affluents indirects du Rhône. **Nous avons également bien noté l'attention à porter aux liens existants entre le bassin du Rhône et les bassins voisins**, notamment en ce qui concerne les transferts d'eau (usages préleveurs, retours des stations d'épuration, etc.).

2.2 DÉCOUPAGE EN SOUS-BASSINS VERSANTS PROPOSÉ POUR L'ÉTUDE

RAPPEL DES OBJECTIFS DU DÉCOUPAGE

Le découpage en sous-bassins proposé ici sera utilisé tout au long de l'étude. C'est à l'échelle de ces sous-bassins qu'aura lieu le bilan des prélèvements. Ces unités serviront également au calcul des débits qui doit se faire au niveau des sept points de référence définis sur les affluents, ainsi que des six points de référence définis sur le Rhône.

LE DÉCOUPAGE PROPOSÉ

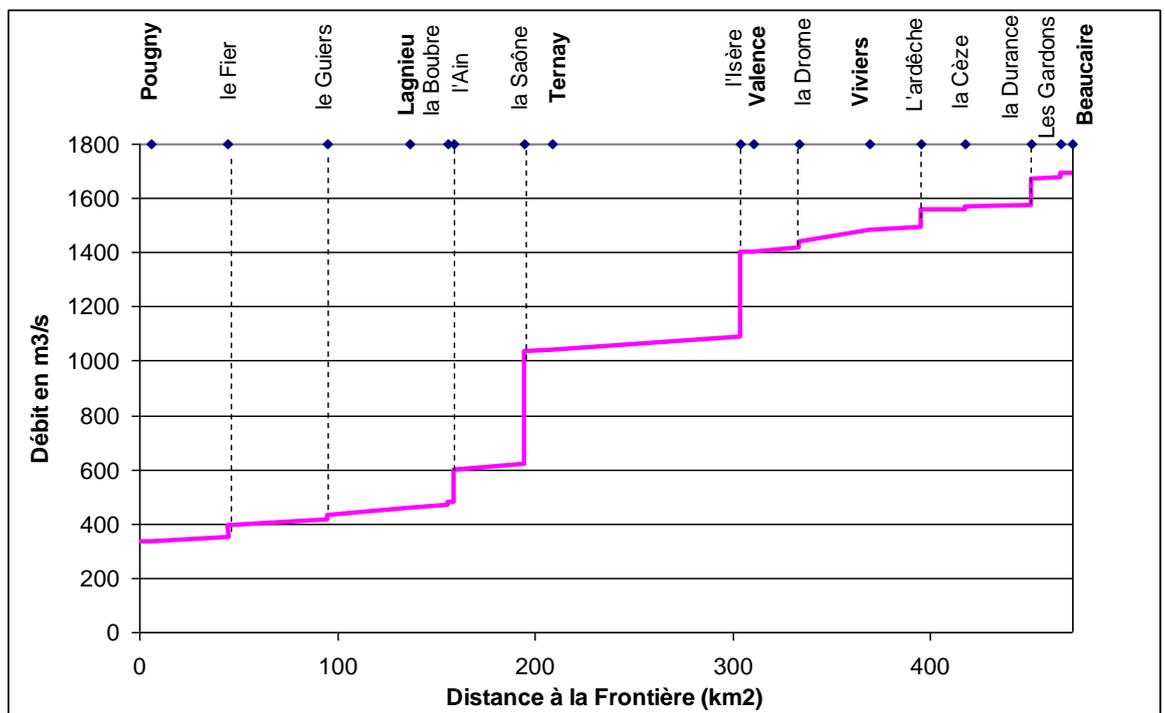
Plusieurs propositions et allers-retours avec le maître d'ouvrage ont été réalisés avant d'aboutir au découpage exposé ici, qui se base sur les éléments suivants :

- ▶ La localisation des points de référence à étudier.
On a individualisé les affluents du Rhône sur lesquels était placé un point de référence. Le cours principal du Rhône a également été découpé au niveau de chacun des six points de référence placés sur le Rhône ;
- ▶ Le **positionnement des zones de tension potentielles**, notamment des centrales nucléaires de production d'énergie. Les périodes de tension expérimentées sur le Rhône ont pour l'instant principalement concerné les centrales nucléaires dont l'activité peut être limitée par des températures trop élevées sur le Rhône. Après discussion avec l'Agence, il a été décidé de délimiter des sous-bassins à l'amont des principales centrales :

- La centrale de Bugey étant très proche du point de référence de Lagnieu, on ne délimite pas de sous-bassin spécifique à l'amont de cette station ;
 - Des sous-bassins ont été délimités à l'amont des centrales de Saint-Alban, Cruas et Tricastin (cette dernière est située à quelques centaines de mètres de la confluence du Rhône avec l'Ardèche) ;
- L'évolution des débits du Rhône et l'importance des contributions des différents affluents.
- L'Ain, la Saône, ainsi que l'Ardèche, même s'ils ne correspondent pas à des points de référence (l'Ardèche et l'Ain font déjà l'objet d'étude volumes prélevables) ont également été individualisés en raison de l'importance de leur contribution aux débits du Rhône.

Le graphique ci-dessous présente le profil de débit moyen annuel du Rhône depuis le Léman jusqu'à la Méditerranée (tracé par BRLi à partir des données mesurées aux stations). **On s'aperçoit que la Saône, l'Isère, l'Ain et l'Ardèche sont d'importants contributeurs.** Les affluents aux contributions plus modestes comme la Drôme, les Gardons ou encore la Cèze n'ont pas été individualisés.

Figure 22 : Profil de débit du Rhône



Source : BDD hydro, graphique BRLi, réalisé à partir de débits moyens interannuels

La carte suivante présente les différents sous-bassins distingués. Ces sous-bassins correspondent aux différents apports transversaux que reçoit le fleuve. Le découpage en sous-bassins induit également le découpage du Rhône en tronçons.

Figure 23 : Découpage en sous-bassins versants

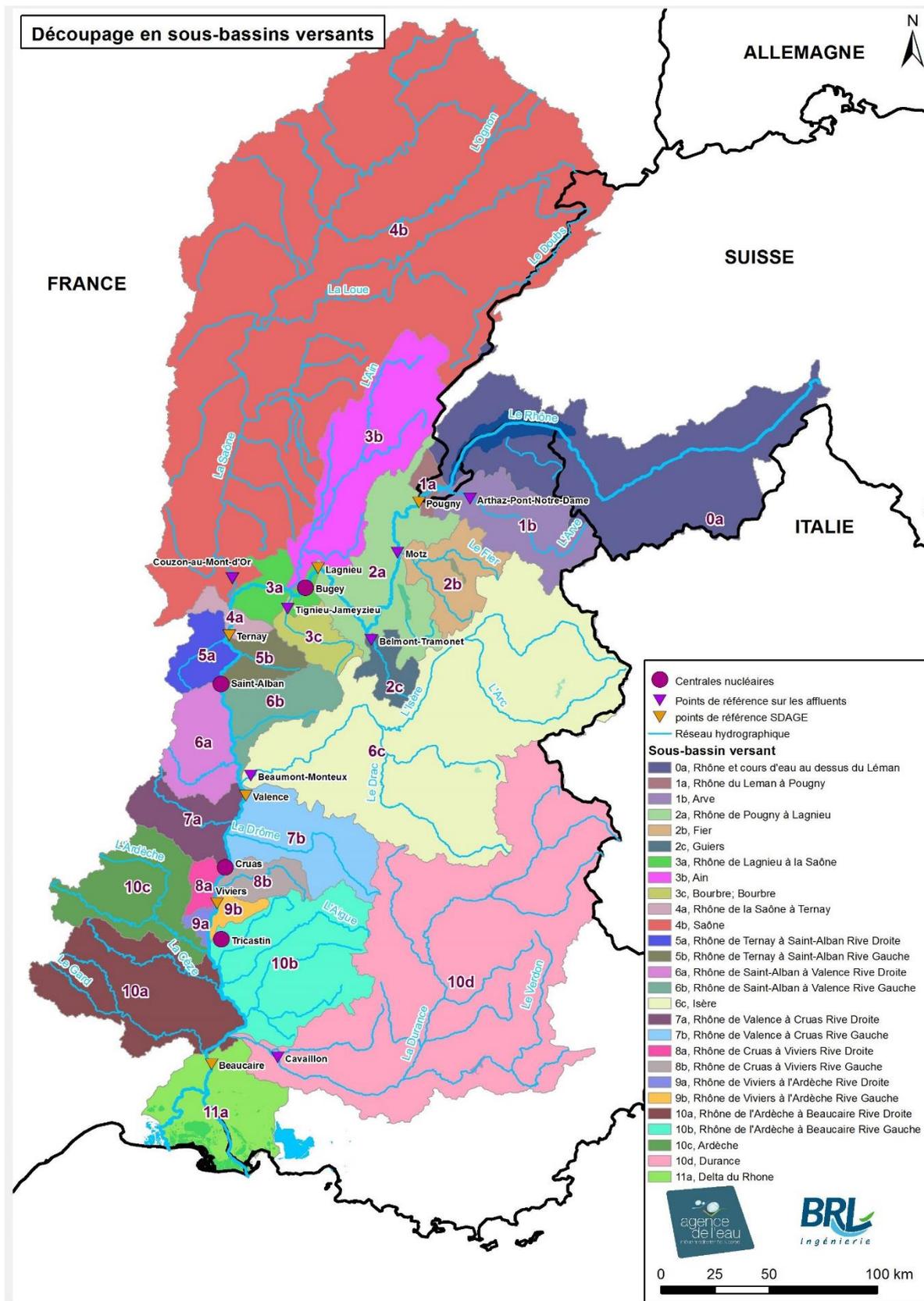


Figure 24 : Le découpage du bassin du Rhône proposé dans le cadre de l'étude

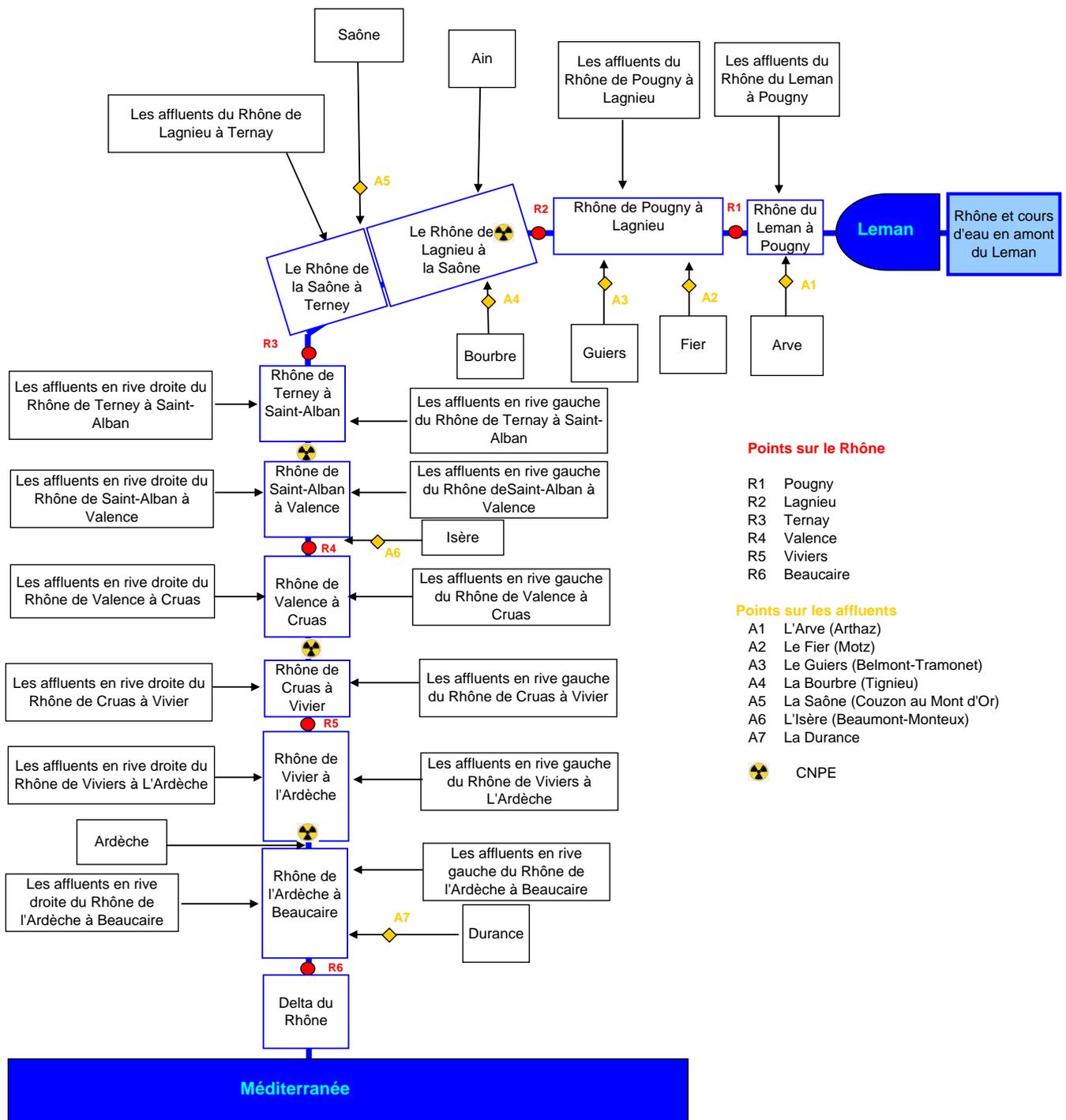


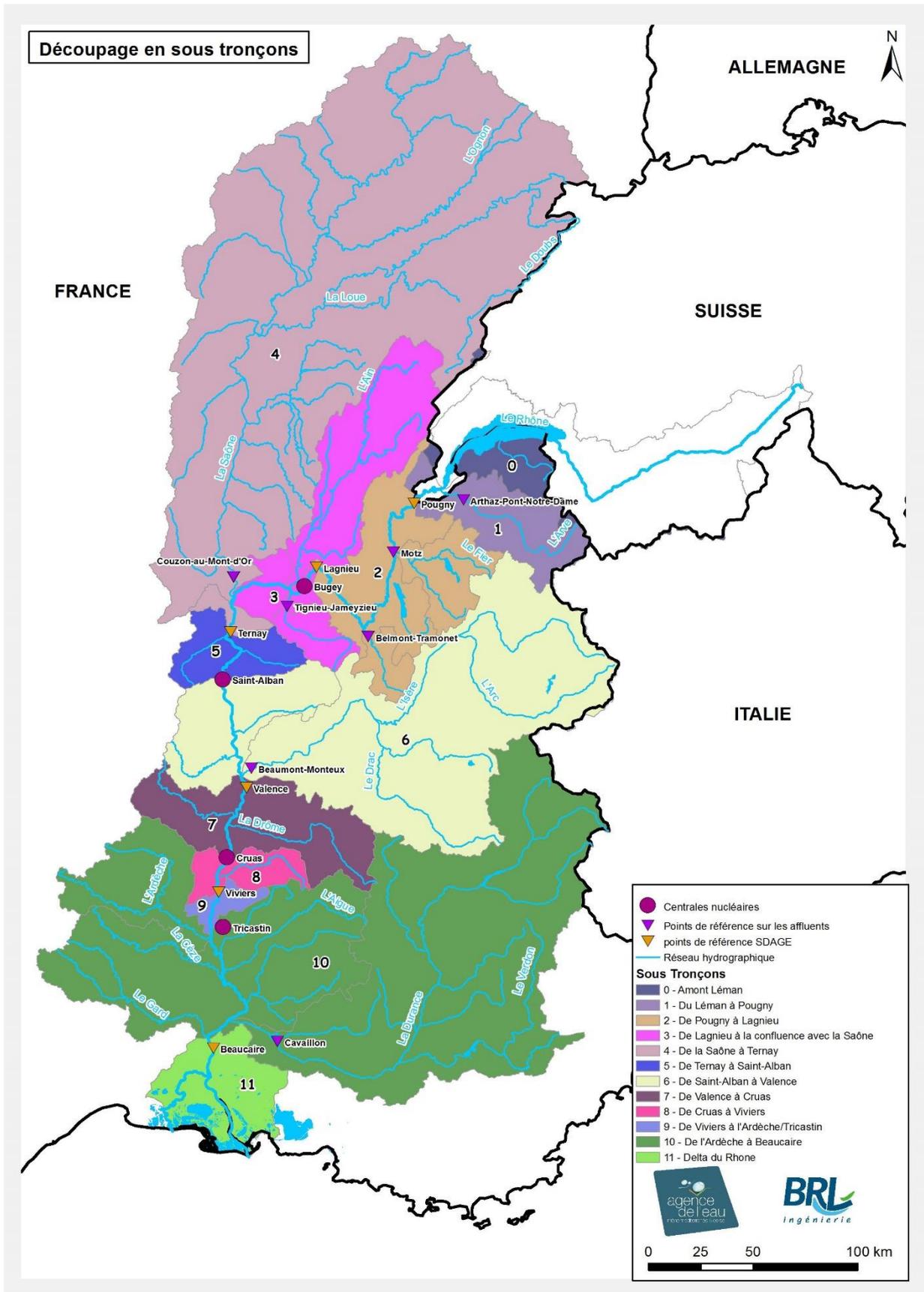
Tableau 7 : Correspondance entre le découpage en « sous-bassins », les points d'étude et les « tronçons ».

N°	Nom SOUS-BV	Point d'étude	Nom Tronçon	N° TR.	L cumulée (km)	L (km)
0a	Rhône et cours d'eau au dessus du Léman		Amont Léman	0		<i>Pas calculé</i>
1a	Rhône du Léman a Pougny	Station Pougny	Du Léman à Pougny	1	0	Comptage démarré à Pougny
1b	Arve					
2a	Rhône de Pougny a Lagnieu	Station Lagnieu	De Pougny à Lagnieu	2	130	130
2b	Fier					
2c	Guiers					
3a	Rhône de Lagnieu a la Saône	Station Lyon	De Lagnieu à la Saône	3	188	58
3b	Ain					
3c	Bourbre					
4a	Rhône de la Saône a Ternay	Station Ternay	De la Saône à Ternay	4	203	15
4b	Saône					
5a	Rhône de Ternay au Saint-Alban Rive Droite	CNPE St Alban	De Ternay à Saint Alban	5	235	32
5b	Rhône de Ternay au Saint-Alban Rive Gauche					
6a	Rhône de Saint-Alban au Valence Rive Droite	Station Valence	De Saint Alban à Valence	6	292	57
6b	Rhône de Saint-Alban au Valence Rive Gauche					
6c	Isère					
7a	Rhône de Valence a Cruas Rive Droite	CNPE Cruas	De Valence à Cruas	7	338	46
7b	Rhône de Valence a Cruas Rive Gauche					
8a	Rhône de Cruas a Viviers Rive Droite	Station Viviers	De Cruas à Viviers	8	357	19
8b	Rhône de Cruas a Viviers Rive Gauche					
9a	Rhône de Viviers a l'Ardèche Rive Droite	CNPE Tricastin	De Viviers à Tricastin/l'Ardèche	9	383	26
9b	Rhône de Viviers a l'Ardèche Rive Gauche					
10a	Rhône de l'Ardèche a Beaucaire Rive Droite	Station Beaucaire	De Tricastin à Beaucaire	10	454	71
10b	Rhône de l'Ardèche a Beaucaire Rive Gauche					
10c	Ardèche					
10d	Durance					
11a	Delta du Rhône		Delta du Rhône	11	585	31

Les tronçons présentés ci-dessus correspondent au découpage proposé pour mener la réflexion de cette étude : il s'agit des points de référence (indiqués en rouge), équipés de stations hydrométriques, ainsi que des points ajoutés lors des discussions de phase 1, compte tenu de leur position stratégique (indiqués en bleu ou noir).

Chacun de ces tronçons est redécoupé plus finement afin d'individualiser les principaux affluents du Rhône (sachant que certains d'entre eux doivent faire l'objet d'une estimation de la ressource en phase 2). Bien qu'ils soient appelés « sous-bassin », il ne s'agit pas toujours de sous-bassin au sens hydrologique du terme.

Figure 25 : Découpage du bassin du Rhône en « tronçons »



3. PREMIÈRE CARACTÉRISATION DES TENSIONS SUR LE BASSIN DU RHÔNE

3.1 CONTEXTE RÉGLEMENTAIRE

Pour le moment, il n'existe aucun document coordonnateur à l'échelle du bassin du Rhône pour gérer les périodes d'étiages ; les arrêtés sont générés à l'échelle départementale.

Les arrêtés cadres départementaux, portant sur les mesures de préservation de la ressource en eau en période d'étiage, ne se basent pas sur des stations hydrologiques positionnées sur le Rhône car l'échelon départemental n'est pas adapté à la gestion de crise sur le fleuve. Il n'existe pas actuellement de plan de gestion du Rhône en période d'étiage.

3.2 TENSIONS HISTORIQUES RÉCENTES SUR LE RHÔNE ET SA NAPPE

Jusque très récemment, on n'avait pas connaissance de limitations des usages liées à la ressource en eau du fleuve. Ces dernières années, les gestionnaires ont été témoins de quelques épisodes de tension quantitative. Il est possible de citer les **exemples** de tensions suivants et déjà vécus sur le Rhône.

3.2.1 Episodes connus de tension sur le fleuve

A- CNPE DE BUGEY : ÉPISODE DE MAI ET JUIN 2011

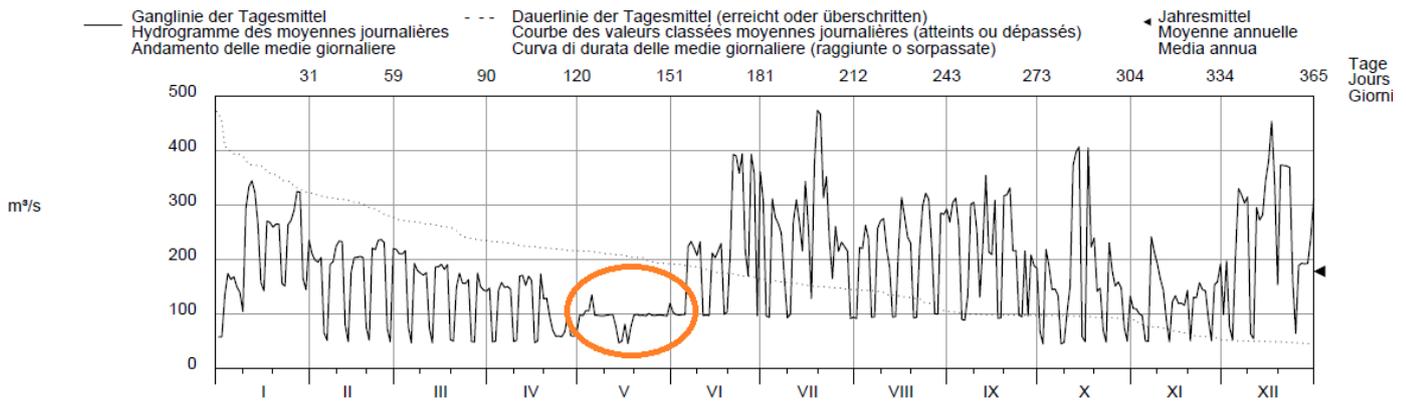
L'année 2011 ayant été particulièrement sèche (faibles neiges et longues périodes sans précipitations importantes, sur toute la Suisse), il y a eu une difficulté à relever le niveau du Léman en avril-mai. En conséquence, la DGeau a proposé exceptionnellement une dérogation pour réduire les débits de sortie à 50 m³/s début mai afin de remonter le niveau du Léman, au lieu des 100 m³/s réglementaires.

Cette décision a provoqué, coté français, la réaction d'EDF et de la DREAL de bassin, face à la difficulté pour assurer le fonctionnement de la centrale de Bugey tout en garantissant les seuils de débit et température réglementaires, dans de telles conditions.

Il est alors convenu, pour 2011, entre la DREAL et le canton de Genève, que les débits minimums au Seujet peuvent passer sous le seuil 100 m³/s dans la limite du respect d'un débit minimum de 150 m³/s à Bugey. Compte tenu de la priorité que représente la sécurité du refroidissement de la CNPE de Bugey, cet accord est trouvé rapidement. Cette dérogation implique un retard pour la remontée du niveau du Léman et la navigation de plaisance estivale.

Lors de cet épisode de tension, on a pu constater que la coopération franco-suisse peut être suffisamment réactive en cas de crise. Comme déjà souligné, il n'existe cependant pas de cadre formel qui établisse les accords ou les procédures internationales pour la gestion des eaux du Léman.

Figure 26 : Débits à Genève en 2011. Baisse momentanée des débits à 50m³/s en mai 2011 suite à la dérogation du canton de Genève, puis remontée à 100m³/s suite à l'accord avec la France.



B- CNPE EN CIRCUITS OUVERTS (CAS DE TRICASTIN) : BAISSÉ DE PRODUCTION EN CAS DE TENSION THERMIQUE

Le fonctionnement du **CNPE de Tricastin sur le Rhône aval se fait en circuit ouvert**. L'eau nécessaire au refroidissement de la centrale est prélevée dans un contre-canal dérivant une partie des eaux du fleuve. Les contraintes de fonctionnement de la centrale et les contraintes liées au rejet thermique (limites sur le delta de température autorisé) imposent, lors des épisodes de tension thermique, des **limitations de l'activité nucléaire comme par exemple lors des étiages de 2003 et 2007**. Ces pauses sur la production ont eu lieu principalement au mois d'août. Nous n'avons pu obtenir d'informations quantitatives sur la durée de ces baisses de production, ni sur les conséquences en termes de perte de production.

EDF doit en effet surveiller la **température** du Rhône avant prélèvement et également la température après rejet des eaux de refroidissement. L'entreprise doit respecter des limites réglementaires sur les températures après rejet avec des échauffements maximums par tranche horaire. De plus, il existe des quotas d'autorisation de dépassement sur lesquels les exploitants jouent pour tenter d'optimiser la production. **Lors de l'étiage 2003, les tensions sur le fonctionnement des centrales ont été à l'origine de négociations entre EDF et l'Etat, qui se sont traduites par l'obtention de quotas supplémentaires pour EDF dans le but de ne pas trop diminuer la production énergétique.**

La dernière phase de l'étude thermique lancée en 2010-2012 par EDF et pilotée par la DREAL de bassin a permis notamment d'étudier le couple débit/température sur le Rhône. EDF tente en particulier de traduire quels sont les gains potentiels en effectuant des lâchers vers le Rhône à partir d'affluents froids (ex : Isère, lac Léman¹³). Les résultats définitifs de l'étude thermique seront publiés courant 2013 et exploités pour les phases 3 et 6 de la présente étude.

C- REMONTÉE DU COIN SALÉ

Rappel : précisions sur « coin salé » et « biseau salé »

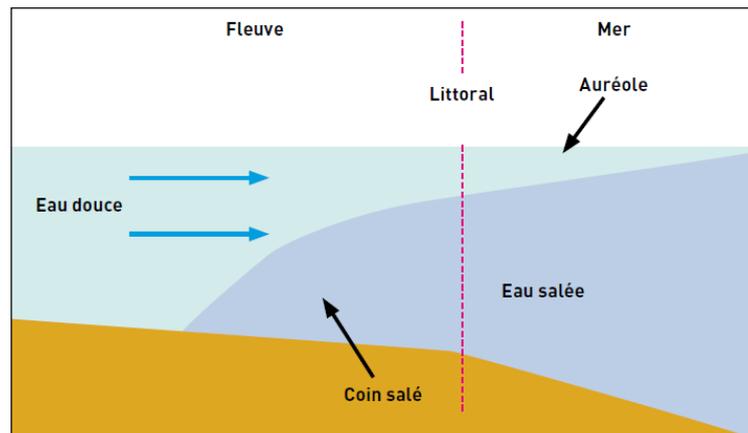
L'eau salée a une densité supérieure à l'eau douce et s'insinue comme un coin sous celle-ci lorsqu'elle remonte dans le lit du fleuve. Elle remplit les fosses appelées aussi mouilles puis continue sa remontée en franchissant le seuil suivant.

On parle de l'intrusion de l'eau salée, mais physiquement c'est l'eau du fleuve qui repousse l'eau salée. En effet, si le débit du fleuve était nul, l'eau de mer occuperait toute la partie du lit du Rhône jusqu'à la hauteur du niveau de la mer et remonterait jusqu'à Beaucaire.

¹³ A noter que la température du Rhône à la sortie du Léman peut varier rapidement sur une grande plage

Dans le présent rapport, concernant les eaux superficielles, on parlera de « **coin salé** ».

Figure 27 : Le mécanisme de « coin salé » à l'embouchure du Rhône (source : Le Rhône en 100 questions)



Le phénomène concerne également les eaux souterraines liées au fleuve, comme explicité sur le schéma suivant. On réservera l'expression « **biseau salé** » pour les eaux souterraines.

L'hydrologie en étiage du fleuve a des impacts sur la remontée du coin salé. Dans la partie aval du Rhône, le seuil de Terrin a pour but d'augmenter la charge hydraulique des eaux du fleuve pour repousser le coin salé. La CNR dispose de **deux sondes de mesure de la conductivité, une en aval, l'autre en amont**, qui détectent l'augmentation de salinité et donc l'arrivée du coin salé. Les données fournies par ces sondes permettent d'informer les différents acteurs impliqués (services de l'Etat, riziculteurs) pour leur permettre de réagir en conséquence. Les services de l'Etat peuvent décider ou non de la mise en œuvre de mesures de limitation/interdiction de certains prélèvements agricoles et AEP (comme en Camargue par exemple). **Ces crises de coin salé semblent être assez régulières.**

Hormis les limitations ponctuelles sur les prélèvements d'eau, la remontée du coin salé et du biseau salé induit un risque supplémentaire de salinisation des terres, notamment celles qui sont cultivées (en Camargue par exemple).

L'étude du coin salé fera l'objet d'un travail approfondi mené dans le cadre de la phase 3 de cette étude.

D- IMPACT DES ÉCLUSÉES SUR LA VIE AQUATIQUE

Enfin, du point de la vue de la vie aquatique, l'un des principaux impacts est lié au régime des éclusées, comme le montrent les études menées par l'Irstea (ex-Cemagref) et l'Université de Lyon. Comme l'hydroélectricité est la principale variable d'ajustement de très court terme de l'offre électrique à la demande, les lâchers en vue de produire de l'énergie peuvent être réalisés par pics avec des conséquences possibles pour les milieux. En aval du barrage de Seujet, par exemple, le débit du fleuve peut passer brutalement de 100 à 500 m³/s, avec des incidences qualitatives. Majoritairement, les stockages ont lieu au cours du week-end avec des ouvertures de vanne en début de semaine.

A noter que la législation suisse (Loi fédérale et ordonnance fédérale sur la protection des eaux) impose aux cantons de faire une analyse détaillée des éclusées induites par les ouvrages hydroélectriques et d'ordonner des mesures d'assainissement de celles-ci si elles portent gravement atteinte aux eaux d'ici au 31 décembre 2014.

Ces questions seront approfondies au cours de la phase 4 de l'étude.

3.2.2 Autres tensions quantitatives possibles

Les éléments présentés ci-dessous seront précisés au cours de la phase 3 de l'étude qui concerne les limites de débits et de températures des usages prioritaires.

A- ALIMENTATION AEP DE LA VILLE DE LYON

Le Grand Lyon alimente en eau potable environ 1,3 millions d'habitants. L'alimentation en eau potable du Grand Lyon est assurée, à hauteur de 95 % environ, par la ressource du champ captant de Crépieux-Charmy, ressource alimentée par le Rhône principalement et soumise à plusieurs usages pouvant être conflictuels.

Un entretien a eu lieu avec le Grand Lyon, afin de mieux connaître les tensions vécues par le Grand Lyon pour l'approvisionnement en eau potable.

Les relations nappe/rivière : Le niveau de la nappe est hautement dépendant des débits du Rhône. Les étiages impactent directement les captages du Grand Lyon :

- ▶ Le canal de Miribel peut jouer le rôle de drain en amont ou d'alimentation en aval vis-à-vis de la nappe, en fonction des débits et des niveaux d'eau ;
- ▶ Le canal de Jonage (en hauteur) joue uniquement un rôle d'alimentation de la nappe.

Les débits dans le canal de Miribel : Les débits passant dans le canal de Miribel sont les débits ne passant pas dans le canal de Jonage pour être turbinés par EDF. Cela signifie qu'ils oscillent entre :

- ▶ **Un débit minimum de 30 ou 60 m³/s réglementaire** (le passage de 30 à 60 m³/s est fonction de la cote du lac des eaux bleues, le débit de 60 m³/s étant calculé pour permettre que le canal de Miribel ne draine pas la nappe et le lac en cas de faible hauteur d'eau). Ce débit minimum a été fixé par un protocole entre EDF, l'Etat et le Grand Lyon en 1998 (prolongé en 2002 puis 2005 et toujours d'actualité) ;
- ▶ **Des débits de crue :** le débit turbinable maximum par Cusset est de 640 m³/s (source : entretien avec EDF). En cas de crue, le surplus passe par le canal de Miribel.

Le canal de Miribel connaît donc des débits « en paliers », qui peuvent rapidement passer de 30-60 m³/s à des débits de crue de plusieurs centaines de m³/s. Les débits sont à leur niveau minimum (30-60 m³/s) une grande partie de l'année, 70 à 80 % du temps d'après le Grand Lyon.

Les deux situations peuvent être contraignantes pour le champ captant du Grand Lyon :

- ▶ De faibles débits apportent peu d'alimentation à la nappe ;
- ▶ Les débits de crue apportent des charges sédimentaires qui peuvent entraîner des problèmes de colmatage et des difficultés de gestion sédimentaire.

Par ailleurs, un débit minimum de 90 m³/s dans le canal de Jonage est à respecter au niveau du barrage-usine de Cusset (source : entretien avec EDF), afin de ne pas contraindre le fonctionnement normal de l'installation. En cas de très basses eaux du Rhône, il peut donc y avoir conflit entre EDF et le Grand Lyon sur les débits réservés. En 2011, le Rhône avant la confluence avec la Saône a atteint des débits inférieurs à 145 m³/s ; le débit réservé dans le canal de Miribel n'a pas été respecté.

Le transport sédimentaire et les problèmes de colmatage : En outre, le champ captant de Crépieux-Charmy est hautement dépendant des apports sédimentaires et des problèmes de colmatage qui peuvent se produire. Il y a, à l'entrée du champ captant (brèche de Neyron), une accumulation de sédiments (gravier, galets) qui réduit le débit du Vieux-Rhône et favorise les intrusions. Les lâchés des barrages peuvent créer des problèmes de colmatage qui peuvent fortement contraindre les captages au niveau de Crépieux-Charmy.

Les sources de pollutions potentielles : Par ailleurs, le champ captant de Crépieux-Charmy est vulnérable à plusieurs sources de pollution potentielles ou existantes (pollutions diffuses ou accidentelles par le Rhône via le canal de Miribel ; augmentation des températures du Rhône pouvant entraîner le développement de bactéries ou virus résistants au chlore).

Les situations de tension passées pour le Grand Lyon : Le service AEP du Grand Lyon se trouve fréquemment en état d'alerte. Récemment, il indiquait que les années 2003, 2004, 2011, et 2012 avaient été particulièrement problématiques pour son service. Les éléments ci-après sont des informations transmises par le Grand Lyon :

- ▶ **Episode 2003 :** L'année 2003 a été marquée par une baisse du niveau de la nappe, limitant les captages. A cela s'ajoutait une demande en eau exceptionnelle : on atteignait les 450 000 m³/j en demande, contre les 250 000 m³/j moyens. De plus, une température de l'eau exceptionnellement élevée a été atteinte, entraînant des risques sanitaires ;
- ▶ **Episode 2004 :** En 2004, la nappe s'est retrouvée située au-dessus du niveau des puits, suite à des problèmes de colmatage, ce qui a provoqué un blocage des captages ;
- ▶ **Episode de 2011 :** Les bas débits du Rhône en 2011 ont provoqué une forte baisse du niveau de la nappe. En outre, le débit réservé des 30-60 m³/s dans le canal de Miribel n'a pas toujours été respecté.
Les épisodes de 2003 et 2011 ont été suivis de précipitations importantes au mois de juillet, permettant de réalimenter la nappe et de rétablir la situation ;
- ▶ **Episode 2012 :** Pendant les chasses sédimentaires en Suisse, une dérogation a été obtenue afin d'assurer le service d'eau potable en complément par le lac des eaux bleues, malgré le dépassement de la norme à 25°C ;
- ▶ **Episode Hiver 2012-2013 :** L'hiver 2012-2013 a été compliqué pour l'exploitation du champ captant du fait de l'arrêt de la barrière hydraulique (station d'alerte emportée) et d'une forte baisse du niveau de la nappe, pouvant être due à un colmatage causé par les chasses sédimentaires de 2012 et les crues du Rhône.

Pour le Grand Lyon, l'un des problèmes cruciaux et de plus en plus critique est l'absence de gouvernance sur l'île de Miribel-Jonage, afin de garantir un partage des eaux entre acteurs et un équilibre plus pérenne de l'approvisionnement en eau potable de l'agglomération, l'hydrosystème de Miribel-Jonage étant soumis à de nombreux usages (hydroélectricité, AEP, agriculture, loisir, « milieux ») parfois conflictuels.

B- REJETS CHIMIQUES DES CNPE

Les CNPE utilisent des **produits biocides pour le nettoyage biologique des circuits, qui donnent lieu à des rejets. D'autres substances sont rejetées, en lien avec le process nucléaire : radioéléments, bore, etc.** En dessous d'un certain débit, ces effluents liquides ne peuvent être relâchés dans le Rhône pour des raisons de dilution et de maintien d'une certaine qualité des eaux du fleuve. En attendant que les débits soient favorables (débit suffisant pendant une durée minimale), les effluents sont temporairement stockés dans des réservoirs imperméables, dits bâches. Des périodes longues de bas débit, en particulier en fin d'été quand l'étiage se prolonge, peuvent conduire à une saturation de la capacité de ces bâches.

Ainsi, au même titre que pour les rejets thermiques, EDF est tributaire des conditions hydrologiques en amont et **peut occasionnellement être contraint par la régulation hydrologique exercée en amont.**

3.3 QUELS SONT LES DISPOSITIFS DE GESTION EN PLACE SUR LES BASSINS VERSANTS AFFLUENTS DU RHÔNE ?

3.3.1 Les arrêtés cadres pour la préservation de la ressource en eau en période d'étiage

La gestion des situations de sécheresse est gérée au niveau départemental. Comme nous l'avons dit ci-dessus, ces documents ne prévoient aucune surveillance du fleuve lui-même, ni n'envisagent de restrictions d'usages adaptées aux usages rencontrés sur le Rhône. En revanche, ces documents cadrent la gestion quantitative des cours d'eau affluents du Rhône en situation de sécheresse.

BRLi a mené un inventaire le plus exhaustif possible des arrêtés cadres existants sur le bassin du Rhône, en considérant les 23 départements recouverts par ce dernier. La liste des arrêtés cadres en vigueur par département est donnée dans le Tableau 8 qui suit. A l'intérieur de chaque département, l'arrêté cadre peut distinguer différentes zones hydrographiques et prévoir pour chacune d'elles des modes de surveillance, des niveaux de gestion et des mesures de restriction spécifiques. Le nombre de zones hydrographiques par département est également donné dans le tableau qui suit.

Constatons que les plus vieux arrêtés en vigueur datent de 2006 (région Franche Comté, département du Rhône et des Hautes Alpes), tandis que les plus récents ont été rédigés en 2012 (départements de l'Ain et de la Drôme).

Certains arrêtés distinguent les eaux superficielles des eaux souterraines, en s'appuyant sur des moyens de surveillance adaptés aux milieux caractérisés (piézomètres pour les nappes, stations limnimétriques pour les eaux de surface). Citons comme exemples les départements de l'Ain, de la Drôme, de l'Isère, du Rhône, ou encore du Gard.

Enfin remarquons que certains départements bénéficient d'un même arrêté cadre pour la gestion des sécheresses : c'est le cas de quatre départements du bassin du Rhône, situés en Franche Comté et rattachés au même document.

Tableau 8 : Liste des Arrêtés Cadres Préfectoraux en vigueur pour la gestion des situations de sécheresse - source : données DREAL, tableau BRLi

Région	Departement	Numéro d'arrêté cadre	Année de mise en œuvre	Type de zone	Nombre		
					de zones hydro	de stations limni.	de piézomètres
Champagne-Ardennes	Haute Marne	AP n° 1562	2011	Indifférencié	1		
Lorraine	Vosges	Bassin Rhin-Meuse 17 juin 2008	2008	Indifférencié	1		
Franche-Comte	Doubs	25 juillet 2006	2006	Indifférencié	7	51	3
	Jura						
	Haute Saône						
	Terr. Belfort						
Bourgogne	Côte d'Or	AP n°273	2010	Indifférencié	15	11	
	Saône et Loire	AP n° 10 - 03189	2010	Indifférencié	4	4	
Rhône-Alpes	Ain	AP Ain	2012	Eaux superficielles	4	16	
			2012	Nappes	3		7
	Ardèche	AP n° 2010 - 169 - 9	2010	Indifférencié	10	4	
	Drôme	APC 2012192-0023	2012	Eaux superficielles	9	54	
			2012	Nappes	9		58
	Isère	AP n° 2010 - 03807	2010	Eaux superficielles	14	14	
			2010	Nappes	14		?
	Loire	AP n° DT - 10 - 488	2010	Indifférencié	1	4	
	Rhône	AP n° 2006 - 4057	2006	Eaux superficielles	5	19	
			2006	Nappes	4		10
Savoie	AP n° 2009 - 266	2009	Indifférencié	7	19		
Haute-Savoie	AP n° DDAF/2007/SEP/49	2007	Indifférencié	4		5	
PACA	Alpes de Hte-Provence	AP N° 2008 - 1540	2008	Indifférencié	12	12	
	Hautes Alpes	AP n° 2006 - 185 - 12	2006	Indifférencié	6	7	
	Bouches du Rhône	28 juillet 2009	2009	Indifférencié	3	2	
	Var	03 mars 2008	2008	Indifférencié	4	5	
	Vaucluse	N°SI 2008 - 07 - 03 - 0080 - DDAF	2008	Indifférencié	13	24	16
Languedoc Roussillon	Gard	AP N° 2007 - 89 - 9	2007	Eaux superficielles	6	4	
			2007	Nappes	2		3
	Lozère	AP 2010 - 209 - 0056	2010	Indifférencié	6	2	

3.3.2 Historique des arrêtés préfectoraux de limitation des usages de l'eau

Pour les 23 départements du bassin du Rhône, nous avons établi un historique des arrêtés préfectoraux de limitation des usages de l'eau appliqués entre 2006 et 2012. La tableau ci-dessous résume les niveaux de gestion maximums qui ont été atteints par département, année par année.

Tableau 9 : Niveaux maximums atteints par année et par département en référence aux arrêtés cadres de gestion de la sécheresse : source : données DREAL, tableau et synthèse de BRLi

département	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Ain	Niveau 2		Niveau 1	2	Niveau 3	Niveau 1	
Alpes de Hte Provence	Niveau 2	Niveau 2	Niveau 0			Niveau 1	
Hautes Alpes	Niveau 1	Niveau 2		2		Niveau 2	Niveau 2
Ardèche	Niveau 2	Z	Niveau 1	Niveau 3	Niveau 2	Niveau 2	Niveau 2
Bouches du Rhône	Niveau 2	Niveau 3	Niveau 3	Niveau 1			
Côte d'Or	Niveau 2		Niveau 2	Niveau 2	Niveau 2	Niveau 3	Niveau 2
Doubs	Niveau 1			Niveau 2	Niveau 1	Niveau 2	
Drôme	Niveau 2	Niveau 1	Niveau 1	Niveau 3	Niveau 1	Niveau 2	Niveau 1
Gard	Niveau 2	Niveau 1				Niveau 2	Niveau 1
Isère	Niveau 2	Niveau 0	Niveau 1	Niveau 3	Niveau 2	Niveau 1	Niveau 1
Jura				Niveau 2		Niveau 1	
Loire	Niveau 1			Niveau 2		Niveau 0	
Lozère	Niveau 2				1	Niveau 3	Niveau 0
Haute Marne						1	
Rhône	Niveau 1	Niveau 0	Niveau 0	Niveau 2	Niveau 2	Niveau 2	Niveau 0
Haute Saône				Niveau 2		Niveau 2	
Saône et Loire				Niveau 2	Niveau 2	Niveau 3	
Savoie				Niveau 1	Niveau 1	Niveau 1	
Haute-Savoie	Niveau 1					Niveau 1	
Var	Niveau 2	Niveau 2	Niveau 1				
Vaucluse	Niveau 2	Niveau 2	Niveau 0	Niveau 0		Niveau 1	Niveau 1
Vosges							
Terr. Belfort	Niveau 1			Niveau 2	Niveau 1	Niveau 2	

Le tableau fait apparaître des années de faible hydrologie généralisée sur le bassin du Rhône : 2006, 2009, 2011. Sur certains départements, les arrêtés cadres ont été très peu mis en œuvre : Vosges, Haute-Savoie, Haute Marne, Saône et Loire. Inversement, sur certains départements, des arrêtés limitatifs sont mis en œuvre presque tous les ans : Ardèche, Drôme, Côte d'Or, Isère, etc.

4. QUI PRÉLÈVE QUOI SUR LE BASSIN VERSANT FRANÇAIS DU RHÔNE ?

Ce chapitre balaie successivement les usages suivants : ouvrages de stockage liés principalement à l'hydroélectricité, transferts liés à l'hydroélectricité, irrigation, alimentation en eau potable, industrie et refroidissement des centrales, navigation et autres usages.

Pour chaque usage, il cherche à quantifier les prélèvements induits, d'une part bruts (prélèvement effectif à un point donné) et d'autre part nets (prélèvements bruts diminués des retours dans le système considéré).

Il présente également une vision historique (évolution des prélèvements sur les vingt à trente dernières années) et une vision prospective. Cette dernière est traitée dans un sous-chapitre spécifique.

Le chapitre se conclut par une synthèse présentant une vision d'ensemble de ces prélèvements à l'échelle du bassin versant français du Rhône (partie française).

4.1 LES OUVRAGES DE STOCKAGE

La plupart des ouvrages de stockage sur le bassin du Rhône ont pour première vocation la production hydroélectrique. Toutefois plusieurs barrages répondent à des usages multiples (Serre Ponçons et Sainte-Croix ; lac de Vouglans ; barrages de l'Ardèche ; etc.).

A l'échelle annuelle, ces ouvrages de stockage n'ont pratiquement pas d'influence hydrologique. A une échelle plus fine, cette influence peut être importante. Le plus souvent ces ouvrages stockent en effet de l'eau aux périodes de plus forts écoulements (par exemple fonte des neiges dans le cas des bassins nivaux) et la restituent à des périodes de plus basses eaux.

Nous avons utilisé la convention suivante afin de pouvoir additionner, dans la synthèse, ces influences avec des prélèvements d'eau consommateurs :

- ▶ une influence positive signifie que, globalement, les barrages du bassin considéré stockent de l'eau (comme s'il s'agissait d'un prélèvement en eau), c'est-à-dire qu'il rentre plus d'eau dans ces ouvrages qu'il n'en sort ;
- ▶ une influence négative signifie que globalement ils déstockent : ils délivrent plus d'eau qu'ils n'en reçoivent (comme s'il s'agissait d'un rejet dans le cours d'eau).

INFLUENCE MOYENNE DES OUVRAGES DE STOCKAGE

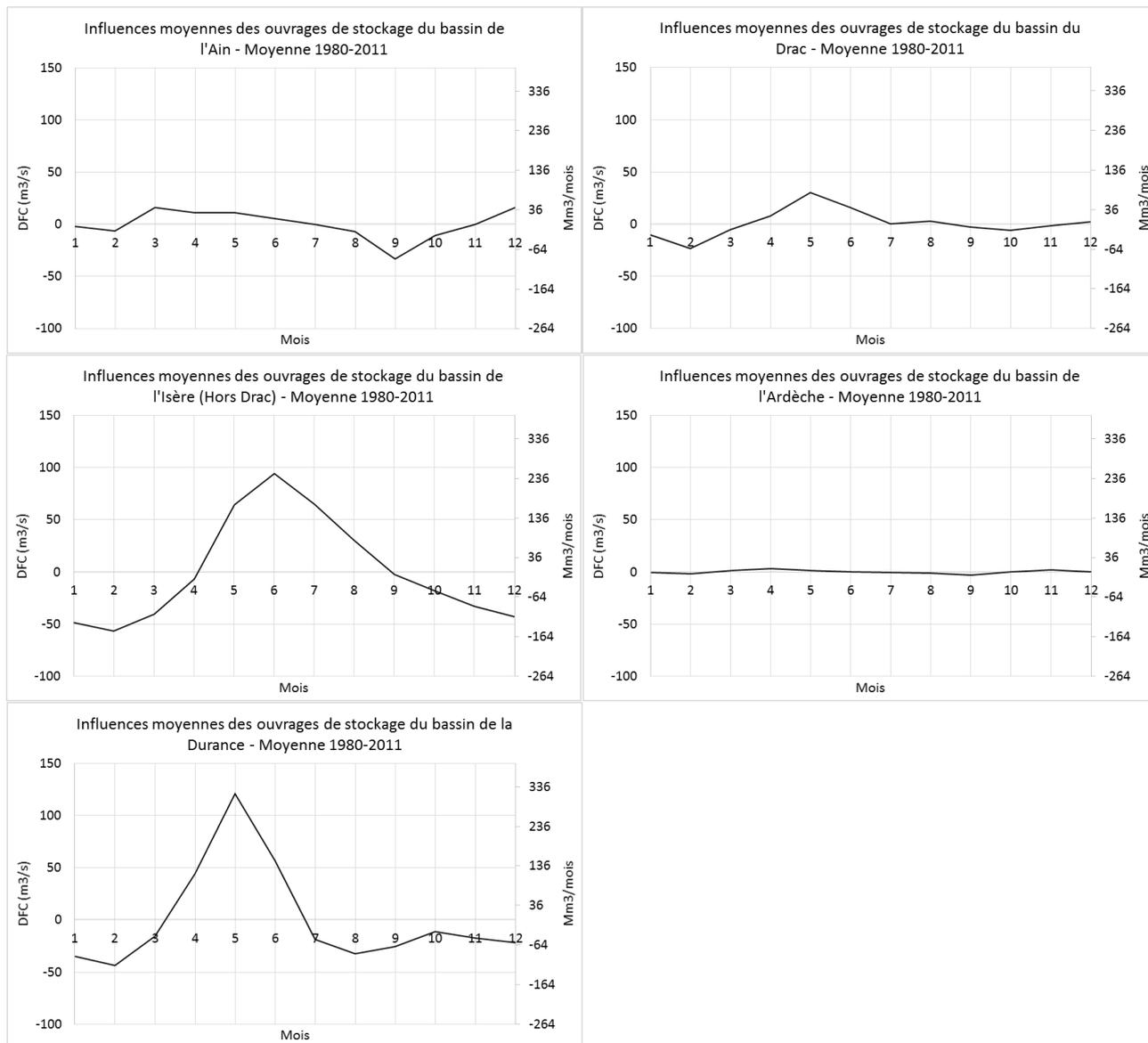
Comme présenté plus haut, les ouvrages hydroélectriques de stockage saisonniers sont présents sur quatre sous-bassins versants : ceux de **l'Ain, l'Isère, l'Ardèche et la Durance**.

EDF a fourni, dans le cadre de la présente étude, les influences mensuelles de ces ouvrages au cours du temps sur les débits du Rhône. Ces influences ont été fournies de façon agrégée à l'échelle des principaux sous-bassins : l'influence de tel ou tel ouvrage ne peut être distinguée.

Ces influences sont le résultat des stockages et déstockages saisonniers. La figure suivante présente les influences moyennes interannuelles, calculées sur la période actuelle 1980-2011, de ces ouvrages, à l'échelle des quatre bassins versants.

NB : le solde des volumes stockés / déstockés est présenté dans les graphes en débit fictif continu mensuel. Cette notion est explicitée en tête de rapport.

Figure28 : Influences moyennes des barrages sur les bassins de l'Ain, l'Isère, l'Ardèche et la Durance. (moyennes 1980-2011).



Source : EDF - graphes : BRLi

BASSIN DE LA DURANCE

Les ouvrages de stockage 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 la fonte des neiges. En moyenne, le stockage s'effectue de mars à juillet. En mai, le stockage moyen de ces ouvrages (calculé sur 1980-2011) correspond à un débit fictif continu de 120 m³/s environ. Le déstockage s'effectue le reste de l'année.

Tableau 10 : Ouvrages de stockage saisonnier sur le bassin de la Durance

Nom du barrage	Cours d'eau	Volume de stockage (Mm ³)	Volume utile (Mm ³)
Serre Ponçon	Durance	1 270	1 030
Sainte Croix	Verdon	767	301
Castillon	Verdon	149	113

BASSIN DE L'ISÈRE

14 barrages de stockage saisonniers sont présents. Ils stockent durant la période de fonte, soit d'avril à septembre en moyenne. En juin, le stockage moyen correspond à un débit fictif continu de 110 m³/s.

Tableau 11 : Ouvrages de stockage saisonnier sur le bassin de l'Isère

Nom du barrage	Volume de stockage (Mm ³)	Volume utile (Mm ³)
Mont Cenis	332	264
Monteynard	275	185
Tignes	230	223,8
Roselend	187	180,6
Grand Maison	140	134,8
Sautet	130	94,8
Chambon	54	48,5
Girotte (La)	50	48,9
Bissorte	40	39,3
Gittaz (La)	13	13,6
St Guerin	13	12,8
Sassiere (La)	11	9,6
Plan D'Amont	8	7,9
Plan D'Aval	4	3,6

BASSIN DE L'AIN

Le stockage saisonnier est dû au barrage de Vouglans (volume de stockage de 605 Mm³ et volume utile de 420 Mm³) et à la régulation du lac de Chalain. Ces régulations induisent un déstockage centré sur septembre principalement.

BASSIN DE L'ARDÈCHE

Les barrages de Villefort, Puylaurent et Roujanel assurent un stockage et un déstockage saisonniers. Le stockage a principalement lieu au printemps et le déstockage en été pour soutenir les étiages de l'Ardèche. On note également un stockage/déstockage moins important pendant l'automne et l'hiver. Les influences moyennes sur ce bassin sont nettement plus faibles que sur les précédents bassins (volumes utiles beaucoup plus faibles).

Tableau 12 : Ouvrages de stockage saisonnier sur le bassin de l'Ardèche

Nom du barrage	Cours d'eau	Sous-Bassin	Volume de stockage (Mm ³)	Volume utile (Mm ³)
Villefort	Altier	Ardèche	36	27
Puylaurent	Chassezac	Ardèche	12,8	10
Roujanel	Borne	Ardèche	6,7	6,3

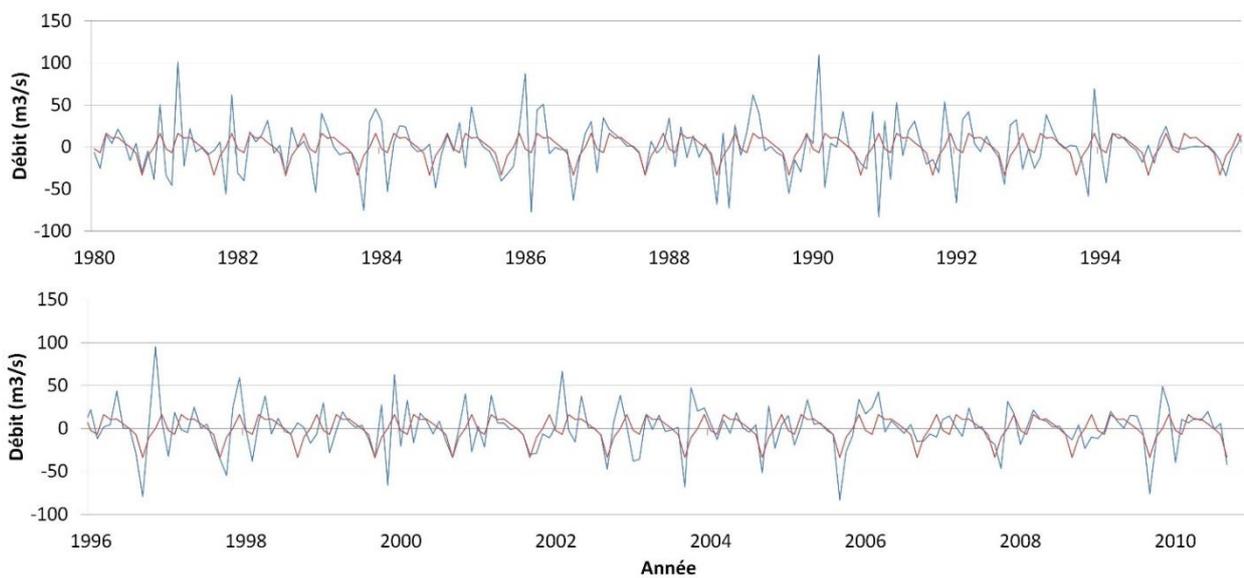
VARIABILITÉ INTERANNUELLE

Les graphes précédents indiquaient des influences moyennes sur la période 2006-2011. On présente ci-après la **variabilité interannuelle** des stockages/déstockages de ces ouvrages et leur influence sur les débits.

N.B. : sur chaque graphique présenté, les courbes bleues correspondent aux influences mensuelles historiques des ouvrages hydroélectriques sur la période 1980-2011 (m^3/s) et les courbes rouges correspondent aux influences moyennes interannuelles de ces ouvrages sur la même période 1980-2011. La comparaison de ces deux courbes permet de rendre compte de la variabilité interannuelle de l'influence des ouvrages sur l'Ain, l'Isère, l'Ardèche et la Durance.

Sur le bassin de l'Ain, on note une variabilité de l'amplitude des stockages et déstockages d'une année sur l'autre.

Figure 29 : Représentation des influences mensuelles historiques et moyennes des ouvrages sur le bassin de l'Ain

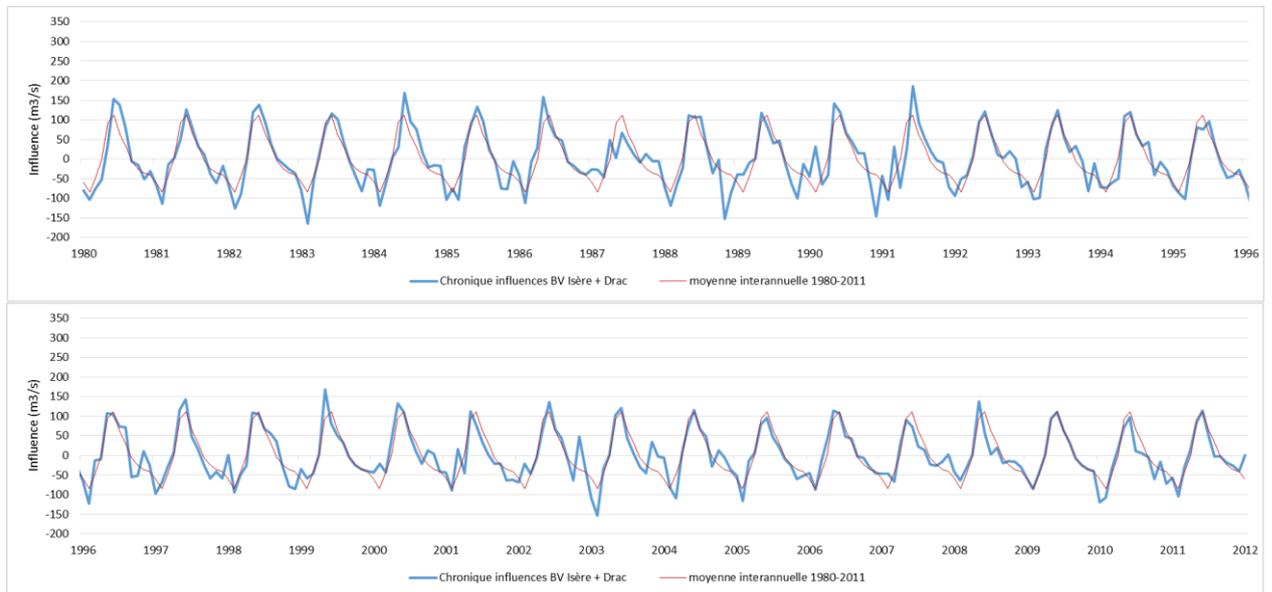


— : débits des influences historiques des ouvrages sur le bassin
 — : influence moyenne interannuelle des ouvrages sur le bassin

Source : EDF - graphe : BRLi

Sur le bassin de l'Isère, on note une plus faible variabilité interannuelle du régime de stockage/déstockage à l'échelle du bassin. La saisonnalité et l'amplitude de l'influence des ouvrages est peu variable.

Figure 30 : Représentation des influences mensuelles historiques et moyennes des ouvrages sur le bassin de l'Isère

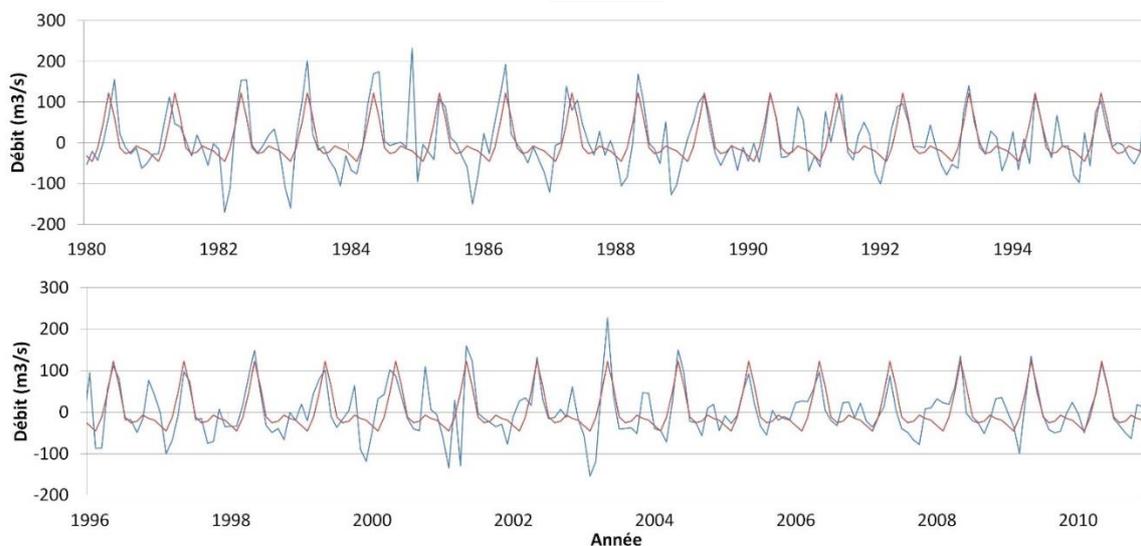


— : débits des influences historiques des ouvrages sur le bassin
 — : influence moyenne interannuelle des ouvrages sur le bassin

Source : EDF - graphe : BRLi

Sur le bassin de la Durance, on note une certaine variabilité des influences des ouvrages hydroélectriques, lors du déstockage des ouvrages. La saisonnalité et l'amplitude du stockage des ouvrages reste cependant assez stable d'une année sur l'autre.

Figure 31 : Représentation des débits moyens et débits interannuels moyens des influences sur le bassin de la Durance

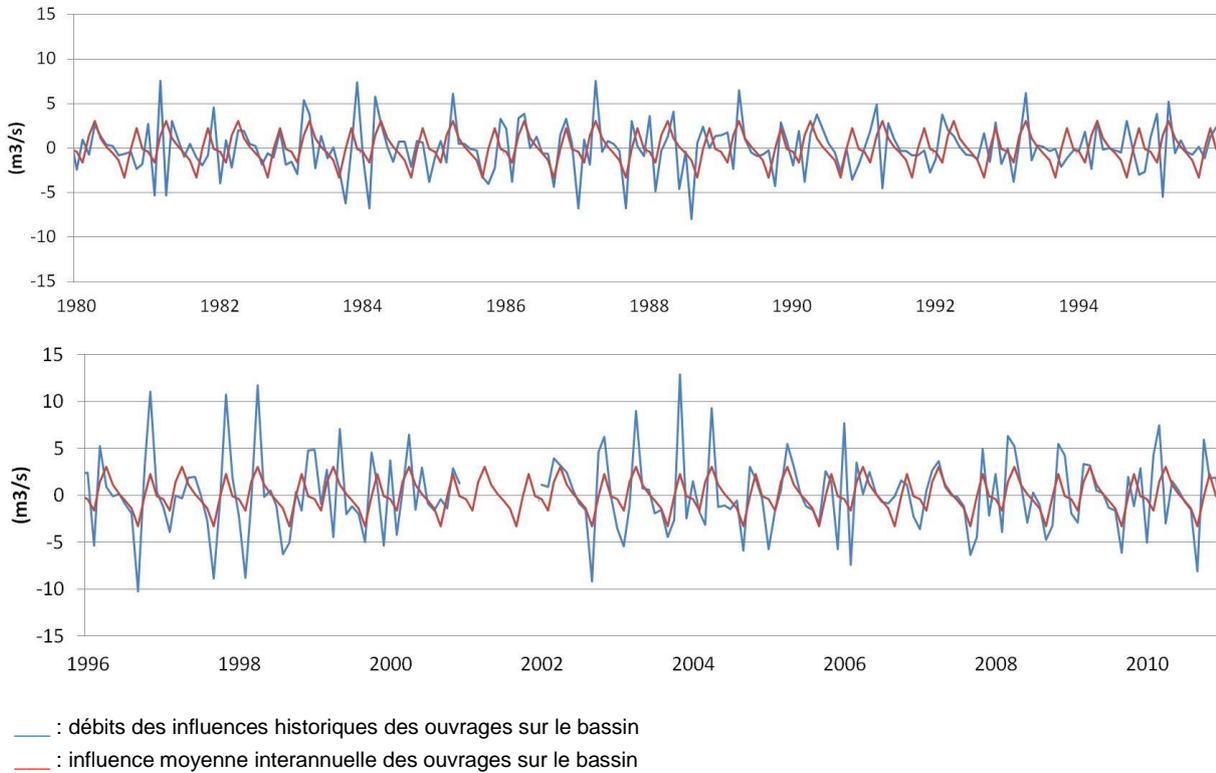


— : débits des influences historiques des ouvrages sur le bassin
 — : influence moyenne interannuelle des ouvrages sur le bassin

Source : EDF - graphe : BRLi

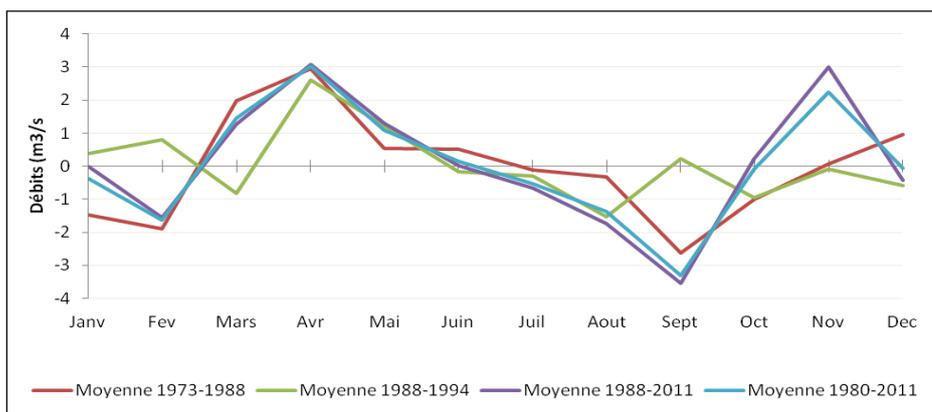
Sur le bassin de l'Ardèche, on note une plus grande variabilité des influences des ouvrages. Il est important de noter que le soutien des étiages sur l'Ardèche a débuté en 1988 (source : étude volume prélevable Ardèche), modifiant le régime des influences des ouvrages (voir Figure 33).

Figure 32 : Représentation des débits moyens et débits interannuels moyens des influences sur le bassin de l'Ardèche



Source : EDF - graphe : BRLi

Figure 33 : Influence de la période de détermination de la moyenne mensuelle interannuelle des débits influences par les ouvrages sur le bassin de l'Ardèche.



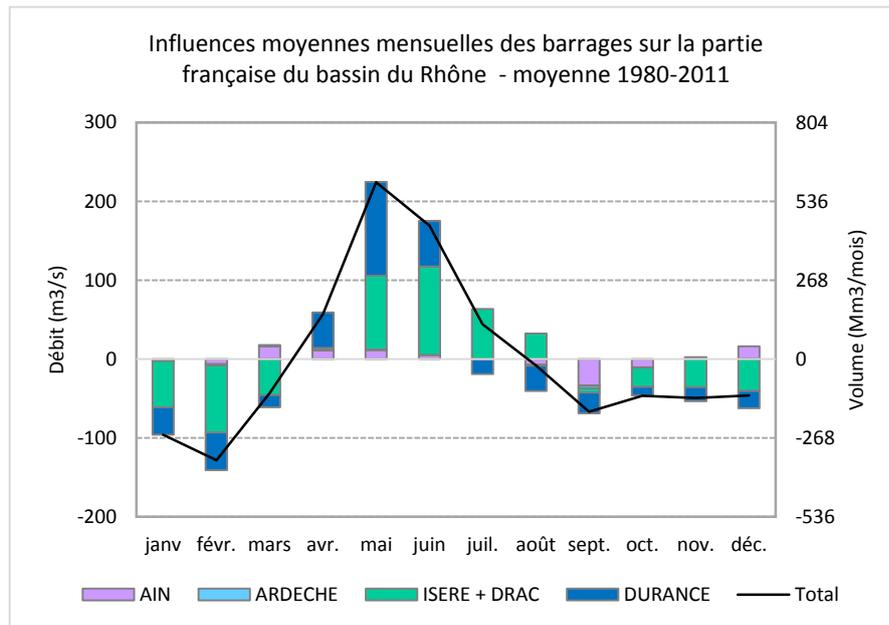
Source : EDF - graphe : BRLi

BILAN SUR LE BASSIN DU RHÔNE

A l'échelle du bassin du Rhône, l'ensemble des ouvrages hydroélectriques causent un stockage des eaux d'avril à juillet principalement, avec une pointe au mois de mai, de l'ordre de 225 m³/s, soit 600 Mm³/mois.

Le déstockage a lieu principalement des mois d'août à mars.

Figure 34 : Bilan des influences mensuelles moyennes des barrages sur le bassin français du Rhône (moyenne 1980-2011).



4.2 LES TRANSFERTS D'EAU LIÉS À L'HYDROÉLECTRICITÉ

Cinq transferts inter ou intra bassins, liés à l'usage hydroélectrique, sont recensés sur le bassin du Rhône. Il sont listés dans le tableau ci-après.

Tableau 13 : Ouvrages et volumes de transferts moyens calculés sur 2006-2011

Transferts d'eau liés à l'usage hydroélectrique (moyenne 2006-2011)					
Ouvrage	Bassin donneur	Bassin recepteur	Type de transfert	Débit dévié moyen annuel (Mm ³ /an)	Débit dévié moyen mensuel en pointe (m ³ /s)
Emosson	Arve	Rhône (Genève)	BV Rhône => BV Rhône	90	
Belleville	Arve	Isère	BV Rhône => BV Rhône	46	4
Montpezat	Loire	Ardèche	Ext. => BV Rhône	191	12
Saint-Chamas	Durance	Etang Berre	BV Rhône => Ext.	893	53

N.B. : on présente dans ce tableau les moyennes sur la période 2006-2011 car les volumes transférés ont notablement changé au cours du temps ; en particulier le transfert de Saint-Chamas a été fortement réduit en application du Plan Barnier (voir plus bas).

EDF nous a fourni les données permettant de retracer l'historique des transferts d'eau mensuels pour les transferts en France.

EMOSSON : TRANSFERT DU BASSIN DE L'ARVE VERS LE BASSIN DU RHÔNE À L'AMONT DU LÉMAN.

A l'échelle du bassin du Rhône, il s'agit uniquement d'un décalage temporel des débits, puisque les eaux transférées via le barrage d'Emosson depuis le bassin de l'Arve sont restituées au Rhône au niveau du Léman (Genève). A l'échelle du bassin de l'Arve, il y a bien transfert et prélèvement d'eau.

Le volume moyen annuel transféré représente en moyenne environ 90 millions de m³ par an.

Les eaux de l'Arve sont restituées au Rhône à Genève selon le protocole d'Emosson.

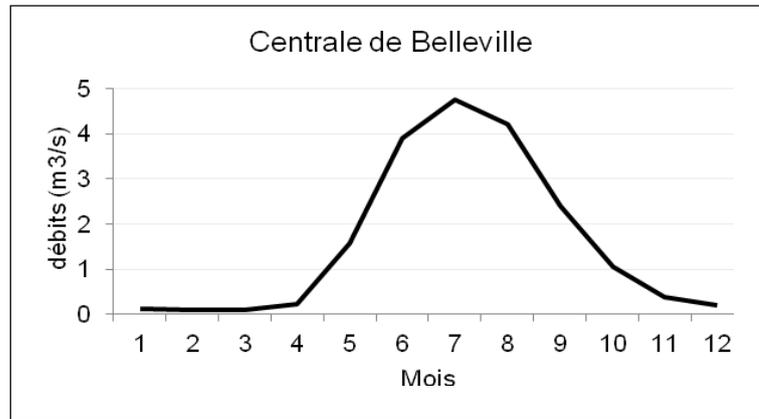
A l'échelle de la partie française du bassin du Rhône, il n'y a pas de perte d'eau à l'échelle annuelle, mais :

- ▶ un décalage dans le temps entre la ressource, déviée par le barrage d'Emosson, et la restitution de cette eau par le barrage du Seujet à la demande de la France ;
- ▶ un transfert interbassins : pour le sous-bassin de l'Arve, un volume annuel perdu de l'ordre de 90 millions de m³. Mais à partir de la confluence du Rhône et de l'Arve, le bilan annuel est à l'équilibre.

BELLEVILLE : TRANSFERT DU BASSIN DE L'ARVE VERS LE BASSIN DE L'ISÈRE

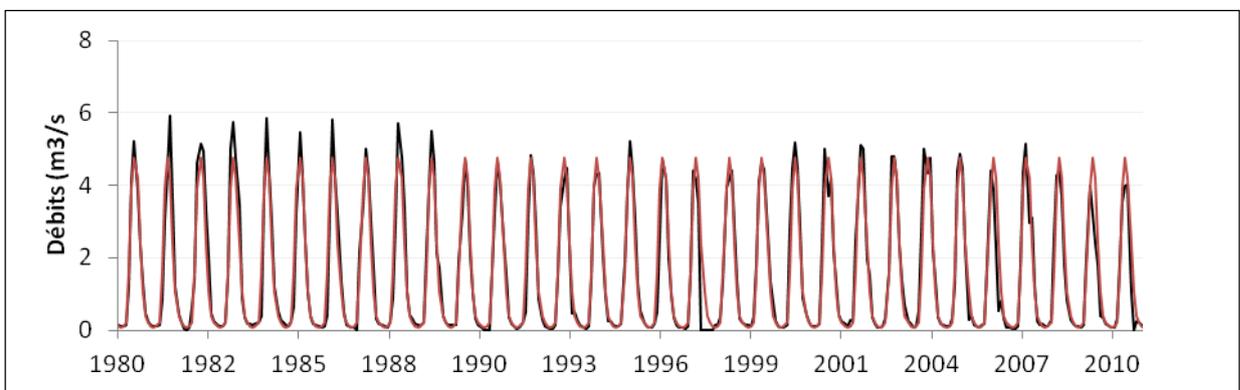
Les débits turbinés à Belleville sont représentés ci-après, en moyenne mensuelle interannuelle. **77 % des débits sont turbinés entre mai et août, période pour laquelle les débits déviés représentent de l'ordre de 3 à 5 m³/s.**

Figure 35 : Débits turbinés moyens par la centrale de Belleville, transferts d'eau du bassin de l'Arve vers l'Isère. Moyenne 1980-2011.



Ces débits interannuels sont bien représentatifs des débits turbinés à Belleville comme le confirme la figure suivante.

Figure 36 : Débits dérivés moyens mensuels et interannuels à la centrale de Belleville entre 1980 et 2011 (m³/s)



Source : EDF - graphe : BRLi

MONTPEZAT : TRANSFERT DU BASSIN DE LA LOIRE VERS LE BASSIN DE L'ARDÈCHE

Les débits turbinés à Montpezat sont représentés ci-après, en moyenne mensuelle interannuelle. **78 % des débits sont turbinés entre octobre et mars.** Sur cette période, les débits moyens sont de l'ordre de 6 à 10 m³/s.

Figure 37 : Débits turbinés par la centrale de Montpezat, transfert d'eau du bassin de la Loire vers le Rhône. Moyenne 1980-2011.

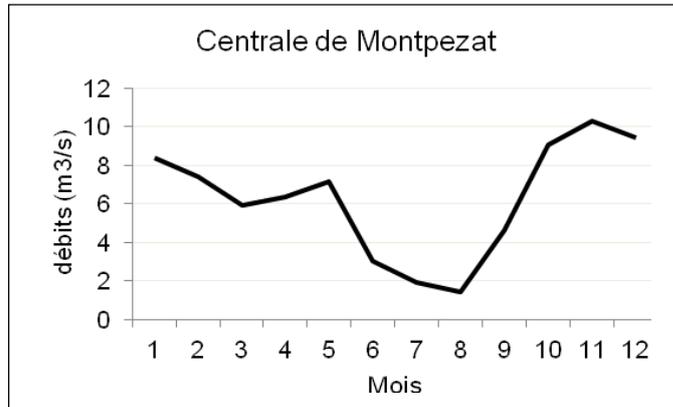
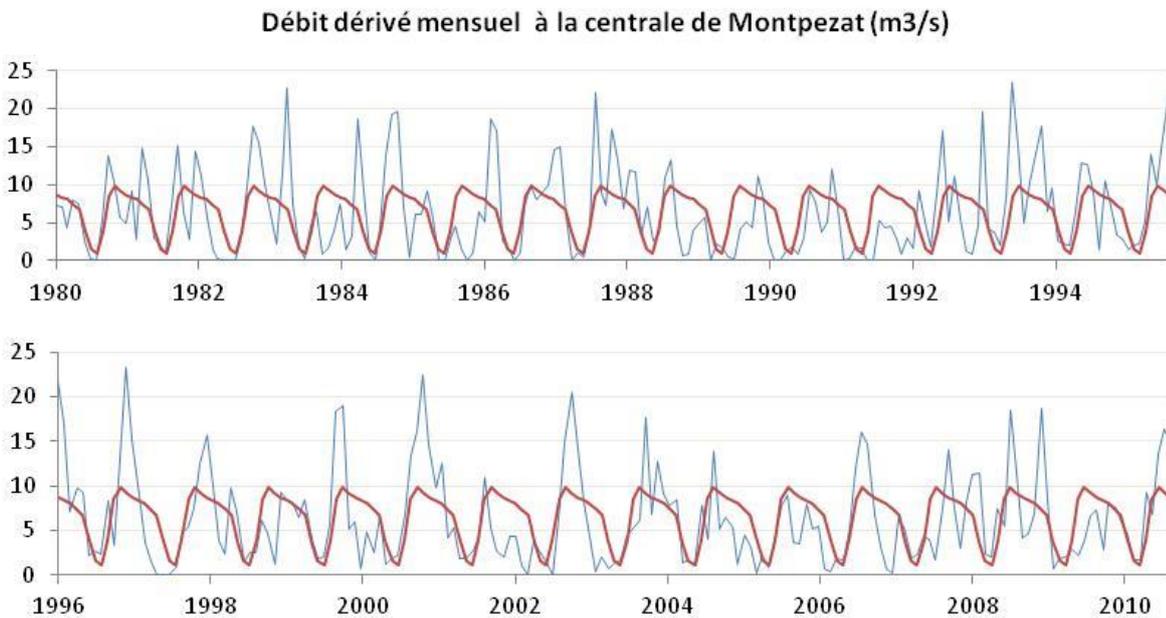


Figure 38 : Débits dérivés moyens mensuels et interannuels à la centrale de Montpezat entre 1980 et 2011 (m³/s)



Source : EDF - graphe : BRLi

SAINT-CHAMAS : TRANSFERT DE LA DURANCE VERS L'ÉTANG DE BERRE (SITUÉ À L'EXTÉRIEUR DU BASSIN DU RHÔNE)

Le principal transfert identifié engendré par l'activité hydroélectrique sur le bassin du Rhône est lié à l'exploitation de la chaîne hydroélectrique de la Durance. Sur ce bassin, le barrage de Serre-Ponçon est le départ d'une chaîne de production hydroélectrique sous la responsabilité d'EDF. Un canal usinier d'une **capacité de 250 m³/s** part de la retenue, il suit la Durance jusqu'à Mallemort, où il bifurque vers l'Étang de Berre (son exutoire, situé à l'extérieur du bassin du Rhône) en alimentant au passage **17 usines hydroélectriques**. Il capte de l'eau de la Durance au niveau de différents barrages successifs le long de son parcours (voir le synoptique des aménagements hydrauliques sur la Durance dans le rapport thématique sur l'irrigation). Les volumes impliqués peuvent être importants dans la mesure où, dans certains cas, seul le débit réservé est laissé à la Durance.

Des conventions régissent le rejet du canal EDF et limitent les quantités d'eau douce et de limons apportées afin de limiter son impact sur l'équilibre de l'étang de Berre. L'alternative, afin de respecter ces limites, est une décharge au niveau de Mallemort. L'eau rejoint dans ce cas la Durance, restant ainsi dans le bassin versant du Rhône.

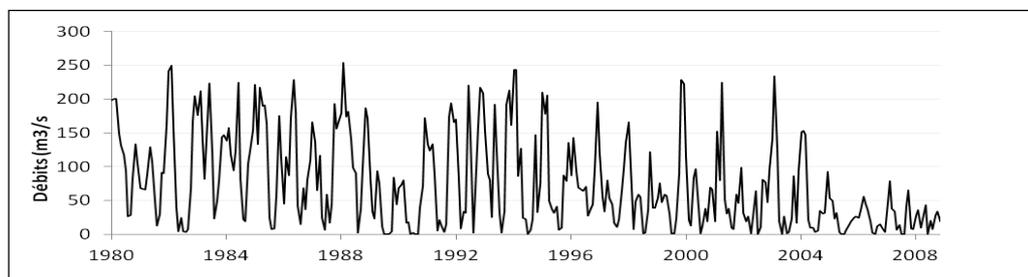
Depuis 1993, des restitutions d'eau en Durance au niveau de Mallemort sont effectuées par EDF, dans le cadre du plan de reconquête de l'étang de Berre (plan Barnier). Ce plan fixe des quotas à 2,1 milliards de m³ par an et de 100 000 tonnes de limons, limitant ainsi les débits turbinés à Saint-Chamas et occasionnant des retours vers la Durance à Mallemort. Ce plan a été renforcé en 2006 avec :

- ▶ des limitations annuelles redéfinies à 1,2 milliards de m³ d'eau douce et 60 000 tonnes de limons ;
- ▶ des limitations des variations saisonnières de la salinité, par application d'un quota hebdomadaire des rejets d'eau douce ;
- ▶ des niveaux de salinité à garantir ;
- ▶ des objectifs biologiques à atteindre.

En conséquence, les débits moyens annuels turbinés à Saint-Chamas et apportés à l'étang de Berre sont passés d'environ 100 m³/s pour la période 1980-1993, à 60 m³/s pour la période 1994-2005, puis à 30 m³/s pour 2006-2011.

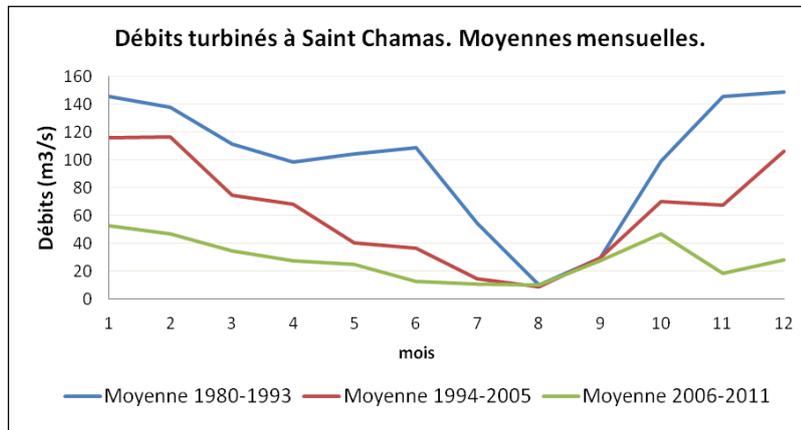
Les débits turbinés à Saint-Chamas sont représentés ci-après, en moyenne mensuelle pour la période 1980-2011. La Figure 40 présente les débits moyens interannuels déviés, pour les périodes 1980-1993, 1994-2005 et 2006-2011.

Figure 39 : Débits turbinés moyens mensuels et interannuels à la centrale de Saint Chamas entre 1980 et 2011 (m³/s)



Source : EDF - graphe : BRLi

Figure 40 : Débits turbinés par la centrale de Saint Chamas, transfert d'eau du bassin du Rhône vers l'extérieur.



Source : EDF - graphe : BRLi

CANAL DE GAP : TRANSFERT DE L'ISÈRE À LA DURANCE

Le canal de Gap prélève l'eau du Drac (affluent de l'Isère) et transfère des eaux dans le bassin versant de la Durance pour l'alimentation en eau potable de la ville de Gap, pour l'irrigation de surfaces agricoles, ainsi que pour la production d'hydroélectricité à Pont Sarazin.

Les volumes transférés pour l'hydroélectricité sont de l'ordre de 8 Mm³/an selon l'étude volume prélevable du Haut-Drac. La base de données « Redevance » de l'Agence de l'eau comptabilise elle des volumes de 7 Mm³.

4.3 L'IRRIGATION : UNE DEMANDE CONCENTRÉE SUR LA DURANCE ET LE RHÔNE AVAL

4.3.1 Démarche et méthodologie

Le travail réalisé dans le cadre de cette étude sur l'irrigation a différents objectifs :

- ▶ Donner un aperçu synthétique de l'état et du fonctionnement de l'irrigation sur le bassin versant du Rhône ;
- ▶ Estimer le besoin théorique en eau des plantes et le mettre en parallèle avec les prélèvements bruts recensés sur le territoire ;
- ▶ Faire le bilan des transferts d'eau ayant lieu à la fois entre sous-bassins et entre le bassin du Rhône et les bassins versants voisins ;
- ▶ Déterminer des valeurs de prélèvements nets par sous-bassin qui pourront être utilisées en phase 2 pour le désinfluencement des débits ;
- ▶ Discuter des perspectives d'évolution du besoin en eau d'irrigation, en lien avec les projets en cours (substitution de ressource, agrandissement/abandon de périmètre etc.), l'évolution du contexte agricole, etc.

La méthodologie adoptée se base sur l'exploitation :

- ▶ de données statistiques sur l'irrigation (Recensement Général Agricole - RGA),
- ▶ des informations contenues dans différentes études (notamment les différentes études volumes prélevables et des schémas directeurs départementaux d'irrigation etc.),
- ▶ des informations de la base de données de l'Agence sur les prélèvements bruts,
- ▶ des informations obtenues au cours d'entretiens auprès des chambres d'agriculture et des représentants des irrigants.

Etant donné leur complexité, les détails du déroulement des différentes tâches effectuées et l'ensemble des résultats sont exposés en détail dans un rapport thématique « Irrigation » qui vient compléter le présent rapport.

Les paragraphes ci-dessous indiquent la démarche générale sans détailler les aspects méthodologiques et les résultats intermédiaires, mais en se concentrant sur les principales conclusions. Ils présentent successivement :

- ▶ les cultures pratiquées et les surfaces irriguées à partir du bassin versant du Rhône,
- ▶ les transferts internes au bassin du Rhône et vers l'extérieur du bassin,
- ▶ les prélèvements bruts,
- ▶ les besoins théoriques en eau d'irrigation des plantes irriguées par chacun des sous-bassins versants,
- ▶ les prélèvements nets,
- ▶ la mise en parallèle des prélèvements bruts et nets et des besoins théoriques des plantes.

Les perspectives d'évolution de la demande en eau pour l'irrigation sont présentées plus bas, dans un chapitre spécifique à la prospective.

4.3.2 Les surfaces irriguées à partir du bassin versant du Rhône

LES CULTURES IRRIGUÉES SUR LE BASSIN DU RHÔNE

Le bassin versant du Rhône compte une **Surface agricole utile (SAU) de près de trois millions d'hectares, soit environ 11 % de la SAU nationale**. Le RGA 2010 recense, sur les cantons du bassin du Rhône, plus de **206 000 hectares irrigués**. L'eau du bassin du Rhône est également utilisée pour irriguer des secteurs extérieurs au bassin, notamment en PACA et Languedoc-Roussillon. On estime à environ **221 000 hectares** le total des superficies effectivement irriguées à partir de l'eau du bassin versant du Rhône, soit environ **14 % de la superficie irriguée nationale**.

Les cartes ci-dessous comparent les surfaces irriguées en 2000 et 2010. Elles mettent en évidence que :

- **Les surfaces irriguées** sont présentes dans l'ensemble des départements, mais **se concentrent dans la moitié sud du secteur étudié**, notamment dans la vallée du Rhône et de la Durance ;
- **Entre 2000 et 2010, les superficies irriguées ont nettement diminué**. Cette baisse se rencontre sur l'ensemble du territoire et représente une perte de **13 %** des superficies irriguées. Les diminutions de surface touchent l'ensemble des cultures, à l'exception de la vigne irriguée qui se développe (voir Figure 42). Ce développement est principalement lié aux changements de législation qui autorisent maintenant l'irrigation de la vigne pour le vin de cuve, y compris - sous certaines conditions - l'irrigation de vignes AOC.

Figure 41 : Localisation des superficies irriguées par canton - comparaison 2000-2010

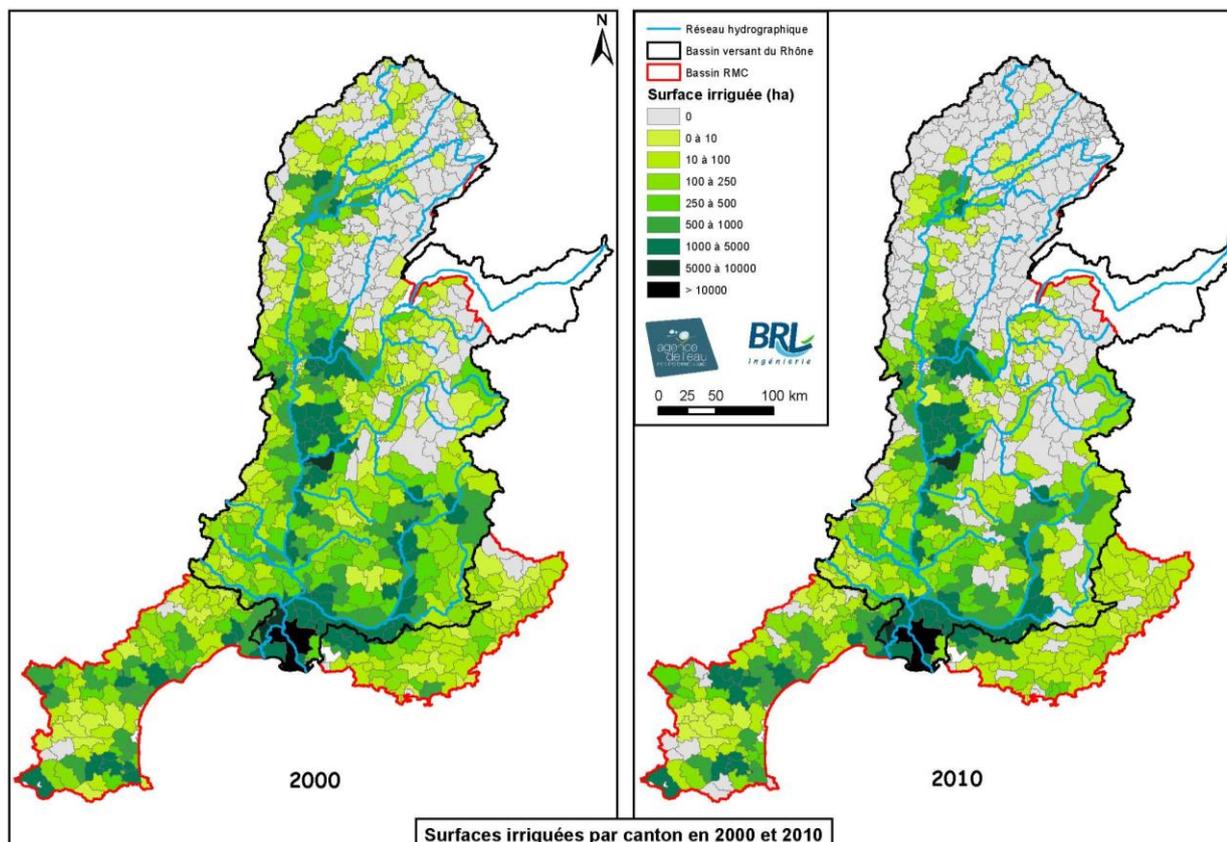
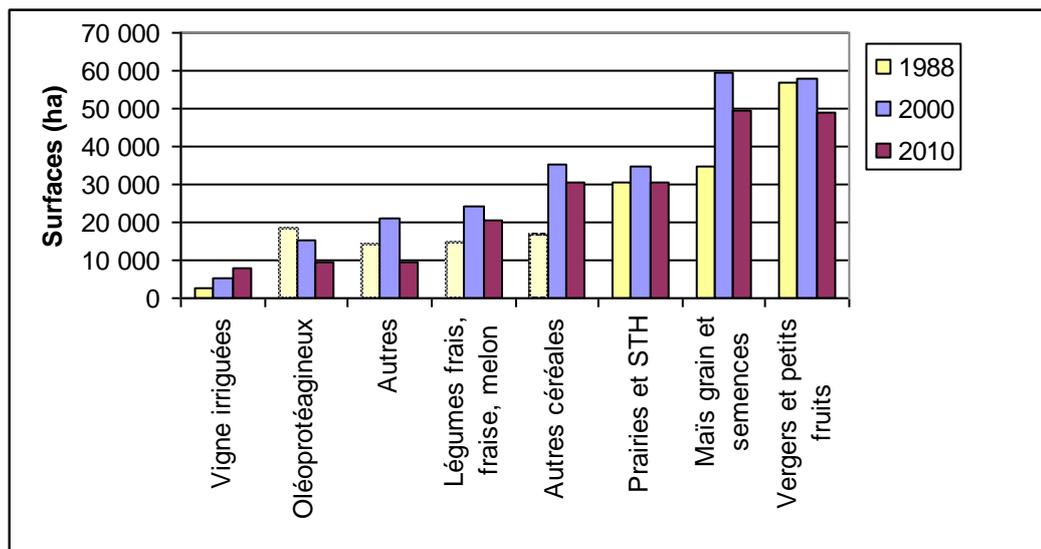


Figure 42 : Evolution des surfaces des principales cultures irriguées entre 1988 et 2010¹⁴

Entre 2000 et 2010, les surfaces agricoles utiles du bassin du Rhône ont diminué de plus de 260 000 ha soit une diminution d'environ 8 %.

Après une augmentation de plus de 20 % entre 1988 et 2000, la diminution des surfaces irriguées entre 2000 et 2010 a été encore plus prononcée que celle des SAU, avec une diminution de 13 %. Sur certains secteurs, notamment autour de l'agglomération de Lyon, dans les Bouches-du-Rhône et le Vaucluse, des terres agricoles sont perdues sous l'effet de la **pression de l'urbanisation**. En zone de montagne, la disparition de certains réseaux gravitaires contribue également à la perte de surfaces irriguées. A ceci vient s'ajouter la crise de certaines filières agricoles, notamment les productions de fruits et légumes.

Les deux principales cultures irriguées sur le bassin versant sont le maïs grain et semence et les cultures de vergers et petits fruits, qui représentent au total environ **50 % des superficies irriguées à partir d'eau du bassin du Rhône**. Les cultures de vergers sont principalement localisées dans le sud du territoire d'étude, dans les moyenne et basse vallées du Rhône, en Provence et dans le Gard, alors que le maïs irrigué se retrouve généralement dans la basse vallée de la Saône et en moyenne vallée du Rhône.

Les prairies et Surfaces toujours en herbe (STH) représentent au total 15 % des superficies irriguées. Elles sont principalement localisées en zone de montagne et dans le delta du Rhône, où le **foin de Crau est cultivé sur plusieurs milliers d'hectares**.

Les légumes frais, fraises et melon, ainsi que la vigne, représentent chacun environ 10 % des surfaces irriguées. La vigne irriguée est localisée à 99 % au sud de Tricastin.

Parmi les « autres céréales irriguées » plus de 70 % des surfaces sont cultivées dans le delta du Rhône et correspondent à la riziculture de Camargue.

La Figure 44 donne un aperçu des différents secteurs d'irrigation et de leurs principales caractéristiques et particularités.

¹⁴ Pour certaines cultures, les données du RGA de 1988 ne sont pas directement comparables à celles de 2000 et 2010 car les catégories recensées ne sont pas aussi précises. Les catégories oléo-protéagineux, légumes, autres céréales et autres sont incluses sous l'appellation commune « Autres cultures » et ont été réparties selon les catégories de 2000 et 2010 en considérant que la part que représente chacune de ces cultures sur les surfaces totales est restée la même entre 1988 et 2000.

La Figure 43 présente les surfaces irriguées à partir de chacun des tronçons associés aux points SDAGE ; le Tableau 14 donne le détail par sous-bassin.

Les sous-bassins de l'Isère, de la Durance et du Delta du Rhône représentent à eux seuls près de 60 % des surfaces irriguées par le bassin versant du Rhône.

Figure 43 : Surfaces irriguées à partir des tronçons associés aux points SDAGE
(total système Rhône et système interagissant)

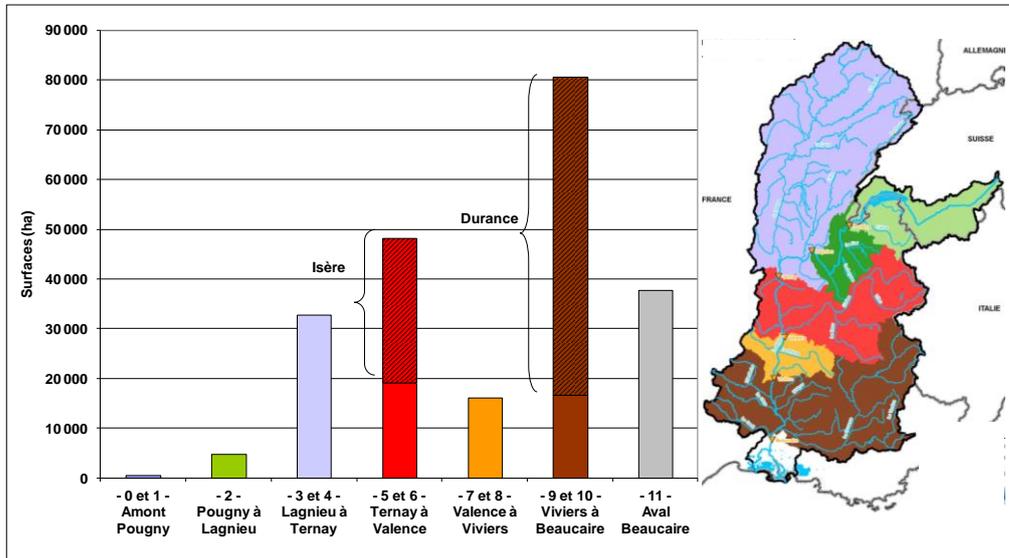
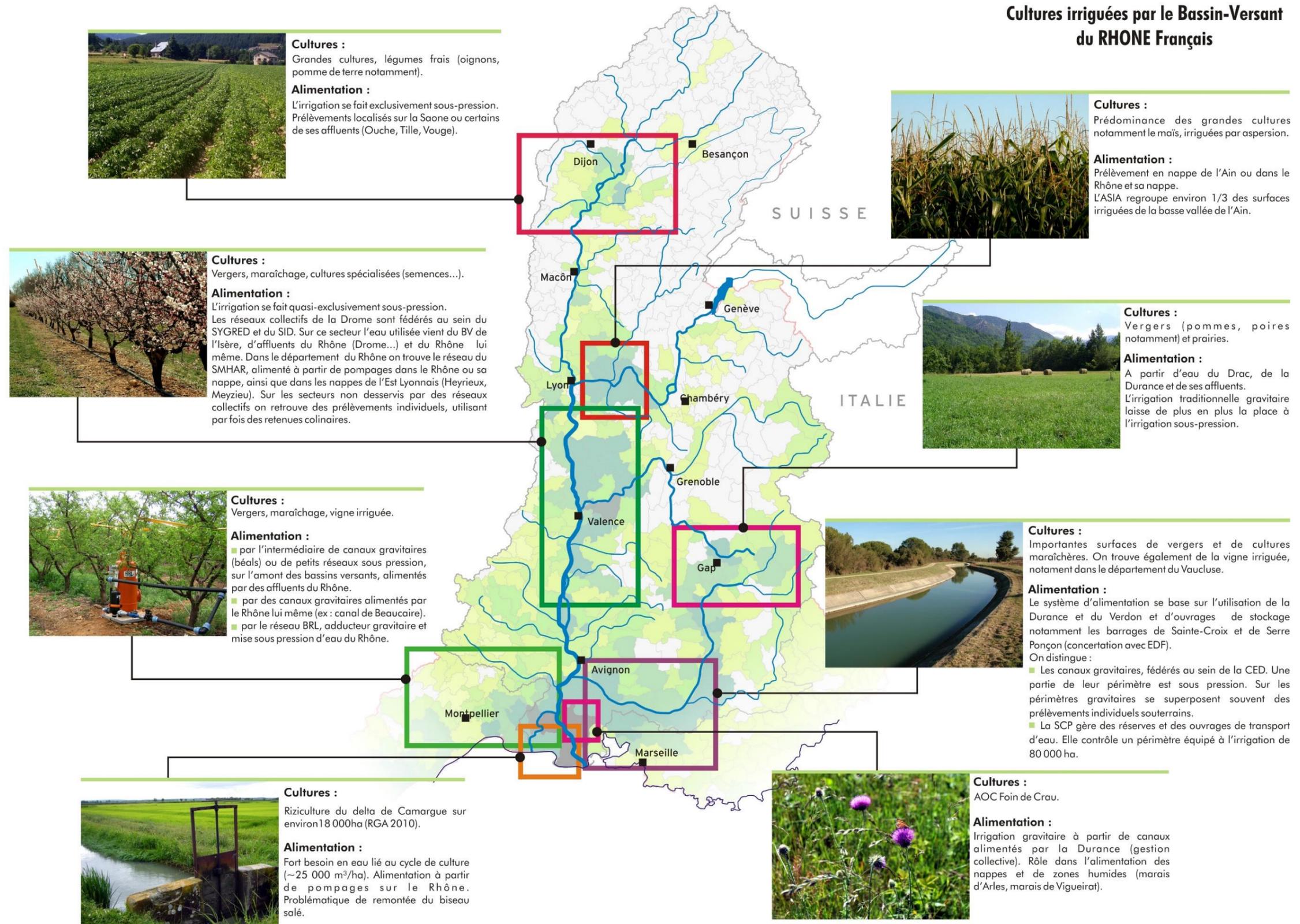


Tableau 14 : Surfaces irriguées par les différents sous-bassins

		Surface du sous-BV (ha)	Surfaces irriguées SUR le sous-BV (ha)	Surface irriguée PAR le sous-BV (ha)	Part du sous-BV dans l'irrigation du bassin du Rhône
0a	Rhone et cours d'eau au dessus du Lemans	803 000	200	200	0%
1a	Rhone du Lemans a Pougny	29 000	100	100	0%
1b	Arve	208 000	200	200	0%
2a	Rhone de Pougny a Lagnieu	305 000	4 500	4 500	2%
2b	Fier	137 000	100	100	0%
2c	Guiers	61 000	100	100	0%
3a	Rhone de Lagnieu a la Saone	81 000	11 100	13 500	6%
3b	Ain	374 000	4 800	2 400	1%
3c	Bourbre	73 000	2 400	2 400	1%
4a	Rhone de la Saone a Ternay	34 000	1 500	3 100	1%
4b	Saone	2 948 000	11 600	11 500	5%
5a	Rhone de Ternay au Saint-Alban Rive Droite	78 000	2 400	1 000	0%
5b	Rhone de Ternay au Saint-Alban Rive Gauche	68 000	2 800	2 800	1%
6a	Rhone de Saint-Alban au Valence Rive Droite	143 000	3 200	3 200	1%
6b	Rhone de Saint-Alban au Valence Rive Gauche	131 000	12 100	12 100	5%
6c	Isere	1 196 000	21 000	29 100	13%
7a	Rhone de Valence a Cruas Rive Droite	128 000	1 200	1 200	1%
7b	Rhone de Valence a Cruas Rive Gauche	226 000	15 200	10 000	5%
8a	Rhone de Cruas a Viviers Rive Droite	30 000	200	200	0%
8b	Rhone de Cruas a Viviers Rive Gauche	66 000	4 600	4 900	2%
9a	Rhone de Viviers a l'Ardeche Rive Droite	15 000	200	200	0%
9b	Rhone de Viviers a l'Ardeche Rive Gauche	27 000	1 700	1 400	1%
10a	Rhone de l'Ardeche a Beaucaire Rive Droite	375 000	4 900	3 900	2%
10b	Rhone de l'Ardeche a Beaucaire Rive Gauche	386 000	12 400	9 700	4%
10c	Ardeche	237 000	1 700	1 500	1%
10d	Durance	1 438 000	38 600	64 000	29%
11a	Delta du Rhone	257 000	46 700	37 800	17%
Total		9 854 000	205 500	221 100	100%

Figure 44 : Aperçu des cultures irriguées par le bassin versant du Rhône



4.3.3 Les transferts liés à l'irrigation existants sur le bassin versant du Rhône

4.3.3.1 Transferts entre les différents sous-bassins étudiés au sein du bassin versant du Rhône

Il existe plusieurs cas de transfert entre sous-bassins du Rhône liés à l'irrigation. Le tableau suivant liste les transferts identifiés. Ils sont positionnés sur la Figure 45, qui localise également les transferts vers l'extérieur du bassin (voir paragraphe suivant).

Tableau 15 : Liste des transferts identifiés entre sous-bassins du bassin versant du Rhône

	Transfert	Nature du transfert	Remarque
1	Canal de Gap	Transfert d'eau du sous-BV de l'Isère (Drac) vers le sous-BV de la Durance	Le canal sert également pour l'AEP de la ville de Gap et la production d'hydroélectricité. Voir fin du paragraphe 4.2
2	Canal de la Bourne	Transfert du sous-BV de l'Isère (Isère et Bourne) vers le sous-BV du Rhône de Valence à Cruas RG	
3	Prélèvements de l'ASIA	Transfert du sous-BV du Rhône de la Lagnieu à la Saône vers le sous-BV de l'Ain	
4	Prélèvement du SMHAR	Transfert du sous-BV du Rhône de Saône à Ternay vers celui du Rhône de Ternay à Saint-Alban RD	Il s'agit du prélèvement du réseau Millery-Mornant à Ternay
5	Syndicat Rhône-Montélimar	Transfert du sous-BV du Rhône de Cruas à Viviers RG vers celui du Rhône de Viviers à l'Ardèche RG	Les surfaces concernées par un transfert sont faibles
6	Prélèvement du réseau BRL	Transfert du sous-BV delta du Rhône à celui du Rhône de l'Ardèche à Beaucaire RD.	En plus de ce transfert il existe également un transfert vers l'extérieur du bassin du Rhône
7	Canaux duranciens dans le Vaucluse	Transfert du sous-BV de la Durance vers le sous-bassin du Rhône de l'Ardèche à Beaucaire	Il s'agit des canaux prélevant dans la Durance (ex canal de Carpentras) et qui irriguent le Vaucluse
8	Canaux duranciens dans les Bouches-du-Rhône	Transfert du sous-BV de la Durance vers celui du Rhône à l'aval de Beaucaire (delta du Rhône)	En plus de ce transfert il existe également un transfert vers l'extérieur du bassin du Rhône

L'impact de ces transferts sur les points de référence est dans certains cas limité. C'est le cas par exemple du transfert opéré par l'ASIA (Association Syndicale d'Irrigation de l'Ain) entre le sous-bassin du Rhône de Lagnieu à la Saône vers le sous-bassin de l'Ain, ce transfert entre sous-bassin est sans effet pour les points de référence sur le Rhône car il se fait entre deux sous-bassins du même tronçon.

4.3.3.2 Irrigation, à partir d'eau du bassin du Rhône, de surfaces extérieures au bassin

En plus des transferts entre sous-bassins, il existe deux zones de transfert entre le bassin versant du Rhône et l'extérieur. Elles sont listées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 16 : Liste des transferts réalisés vers l'extérieur du bassin versant du Rhône

	Transfert	Nature du transfert	Remarque
I	Système Durancien	Transfert d'eau du sous-BV de la Durance vers l'extérieur du bassin pour l'irrigation de surfaces dans le Var, le sud des Bouches du Rhône via : - le réseau de la SCP, - les canaux de la CED, notamment ceux de la rive gauche de la Durance.	D'autres usages (notamment AEP et industriels) sont associés à ces systèmes.
II	Réseau BRL	Transfert du sous-BV delta du Rhône vers l'extérieur du bassin pour l'irrigation de surfaces dans le Gard et l'Hérault.	

Au total, on estime à plus de 15 000 ha (soit 6 à 7 % des surfaces totales irriguées à partir de l'eau du bassin Rhône) les surfaces irriguées par l'eau du bassin du Rhône à l'extérieur du bassin versant.

Ces transferts sont réalisés au niveau de deux systèmes **décrits en détail dans le rapport thématique irrigation** et dont on rappelle ici les principales caractéristiques. L'irrigation n'est pas le seul usage associé à ces transferts, **les données de prélèvements mentionnées ci-dessous concernent bien l'ensemble des usages.**

LE CANAL PHILIPPE LAMOUR : IRRIGATION DU LANGUEDOC-ROUSSILLON À PARTIR DE L'EAU DU RHÔNE

Le canal Philippe Lamour, ou canal du Bas-Rhône-Languedoc (BRL), inauguré en 1960, parcourt quelques 60 km depuis sa prise sur le Rhône à Fourques jusqu'aux abords de Montpellier. Il est associé à d'autres canaux (canal des Costières, canal de Campagne) sur lesquels l'eau est pompée et alimente un réseau sous-pression qui dessert les communes et les agriculteurs dans les départements du Gard et de l'Hérault. **Une partie de l'eau est donc utilisée hors du bassin versant du fleuve.**

Les prélèvements ne sont pas répartis de façon uniforme au cours de l'année. La période de plus fort prélèvement correspond aux mois d'été, avec une pointe en juillet durant laquelle le prélèvement brut (tous usages confondus) **s'élève en moyenne à près de 24 Mm³, soit un débit fictif continu d'environ 9 m³/s**. A l'échelle journalière, des débits plus élevés peuvent être atteints, **le prélèvement de pointe est de l'ordre de 12 m³/s** (source BRL Exploitation).

LE SYSTÈME DURANCE-VERDON : IRRIGATION DE LA PROVENCE À PARTIR DE L'EAU DURANCIENNE

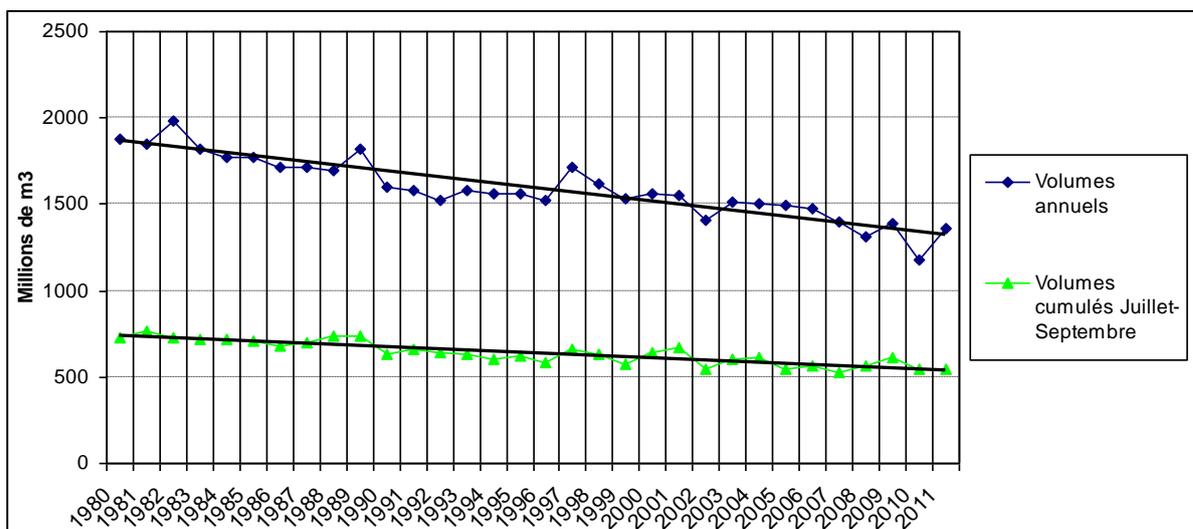
A l'heure actuelle, les enjeux autour de l'utilisation des eaux de la Durance et du Verdon sont nombreux et fortement interconnectés : hydroélectricité, irrigation, alimentation en eau potable, recharge de nappe, impacts sur les étangs et zones humides, etc.

Les grands ouvrages de stockage, notamment les barrages de Serre-Ponçon (tranche agricole de 200 Mm³) de Sainte-Croix (tranche agricole de 140 Mm³), structurent le fonctionnement et la gestion de l'eau sur le sous-bassin de la Durance. Davantage de détails sur le fonctionnement global du système sont donnés dans le rapport thématique sur l'irrigation.

On peut distinguer deux entités réalisant un transfert entre le sous-bassin de la Durance et l'extérieur du bassin versant du Rhône :

- ▶ Le réseau de la Société du Canal de Provence (SCP) : comme BRL, la SCP est l'une des trois sociétés d'aménagement régionales créées dans les années 1950. Elle fournit de l'eau pour l'agriculture (**80 000 hectares irrigables**), mais également pour les communes (espaces verts, bornes incendie), les particuliers, pour **l'eau potable de 110 communes** et pour des usages industriels (400 entreprises alimentées). **Son prélèvement brut moyen sur la période 2000-2010 est de 178 Mm³/an**, et varie de 154 à 201 Mm³.(source : base de données de l'Agence de l'eau) ;
- ▶ Les canaux de la basse vallée de la Durance. La répartition et la gestion de l'eau qui alimente ces canaux sont gérées par la Commission Exécutive de la Durance (CED). **Leur prélèvement brut est de l'ordre de 1,3 milliards de m³** (moyenne sur les trois dernières années, source : CED), il est donc de l'ordre de **30 % du prélèvement brut total sur le bassin versant du Rhône hors refroidissement des centrales**. Une partie du prélèvement brut rejoint la Durance via les retours des canaux, le reste est consommé pour l'agriculture ou bien correspond à des retours qui, suivant les cas, sortent du bassin ou alimentent le Rhône ou certains de ses affluents. Les prélèvements sont concentrés sur la période d'été. **Les mois de juillet et août représentent à eux deux plus de 30 % des prélèvements bruts totaux**.

Figure 48 : Historique des volumes bruts prélevés par la CED



4.3.4 Les prélèvements bruts : 15 préleveurs représentent plus de 50 % des volumes prélevés

Plus de 3 200 maîtres d'ouvrages sont recensés dans la base de données des redevances de l'Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse (RMC) dans les catégories « irrigation » ou « canal » (en excluant les canaux de navigation). Parmi eux, **les 15 plus gros préleveurs représentent 52 % des volumes et les 60 plus gros représentent plus de 80 % des prélèvements**¹⁵. On retrouve parmi les plus gros préleveurs :

- ▶ de nombreux canaux gravitaires prélevant de l'eau du bassin de la Durance, notamment le Canal de l'ASCO des arrosants de la Crau, le Canal des Alpines et Canal Saint Julien, qui sont parmi les trois plus gros préleveurs de 2008 à 2010, mais également le Canal de Carpentras et le Canal de Manosque (n°6 et 7), le Canal Mixte du Luberon, etc. ;
- ▶ les deux sociétés d'aménagement régionales : la SCP (eau du bassin de la Durance) et BRL (eau du Rhône) qui arrivent respectivement en 3^e et 4^e positions, que ce soit en 2008, 2009 ou 2010 ;
- ▶ quelques grands canaux prélevant sur l'aval du Rhône : canal de Beaucaire et de Nourriguier ;
- ▶ le canal de la Bourne (n°8 en 2009 et 2010), qui prélève sur l'Isère et dessert 10 000 ha entre les départements de l'Isère et la Drôme.

Tableau 17 : Liste des 15 plus gros préleveurs agricoles en 2010 et 2009

(N.B. : pour BRL et SCP, le tableau indique la seule part agricole de leur prélèvement qui est multi-usages)

	Prélèvement 2010 (millions de m3)	Prélèvement 2009 (millions de m3)	Ressource mobilisée
ASCO DES ARROSANTS DE LA CRAU	151	171	Durance
SI CAN ALPINES SEPTENTRIONALES	139	207	Durance
A.S.A. DU CANAL SAINT JULIEN	119	121	Durance
SOCIETE DU CANAL DE PROVENCE ET AMENAGEMENT REGION PROVENCALE	91	89	Durance
BRL	77	81	Rhône sur le tronçon Delta du Rhône
ASSOCIATION SYNDICALE DU CANAL DE CARPENTRAS	69	68	Durance
A.S.A. CANAL DE MANOSQUE	57	66	Durance
SYNDICAT INTERCOM CANAL LA BOURNE	45	54	Isère
A.S.A. CANAL MIXTE DU SUD LUBERON	44	50	Durance
A.S.A. DE NOURRIGUIER	43	46	Rhône sur le tronçon Delta du Rhône
SOC CANAL DE LA BRILLANNE	42	41	Durance
ASSOCIATION SYNDICALE DURANCE A CHATEAURENARD	35	35	Durance
A.S.A. DU CANAL IRRIGATION DE LA VALLEE DES BAUX	34	45	Durance
A.S.A. CANAL IRRIGATION BEAUCAIRE	31	41	Rhône sur le tronçon Delta du Rhône
SYNDICAT INTERCOMMUNAL DU CANAL DE BOUCOIRAN	29	29*	Gardon (tronçon Rhône de l'Ardèche à Beaucaire)

* 16eme preleveur en 2009, derriere le canal Crillon

¹⁵ Attention, ces chiffres se basent sur la base de données des redevances de l'Agence, qui n'inclut pas les prélèvements à destination de la riziculture.

Les prélèvements pour la riziculture sont mal connus et n'apparaissent généralement pas dans la base de données des redevances de l'Agence. Le besoin en eau pour la conduite de cette culture est pourtant très important : on compte en effet généralement un prélèvement de l'ordre de 25 000 m³/ha. Les surfaces de riz non comptabilisées dans la base de l'Agence ont été estimées à environ 18 000 ha, soit **un volume de prélèvement brut équivalent à 450 Mm³**.

Les graphiques ci-dessous présentent les prélèvements bruts totaux sur chacun des tronçons associés aux points SDAGE (Figure 49) ainsi que le détail par type de ressource prélevée (Figure 50) (source : base de données Agence et estimations pour la riziculture).

Figure 49 : Prélèvement agricole brut annuel total (Rhône et interagissant) sur les tronçons associés aux points SDAGE

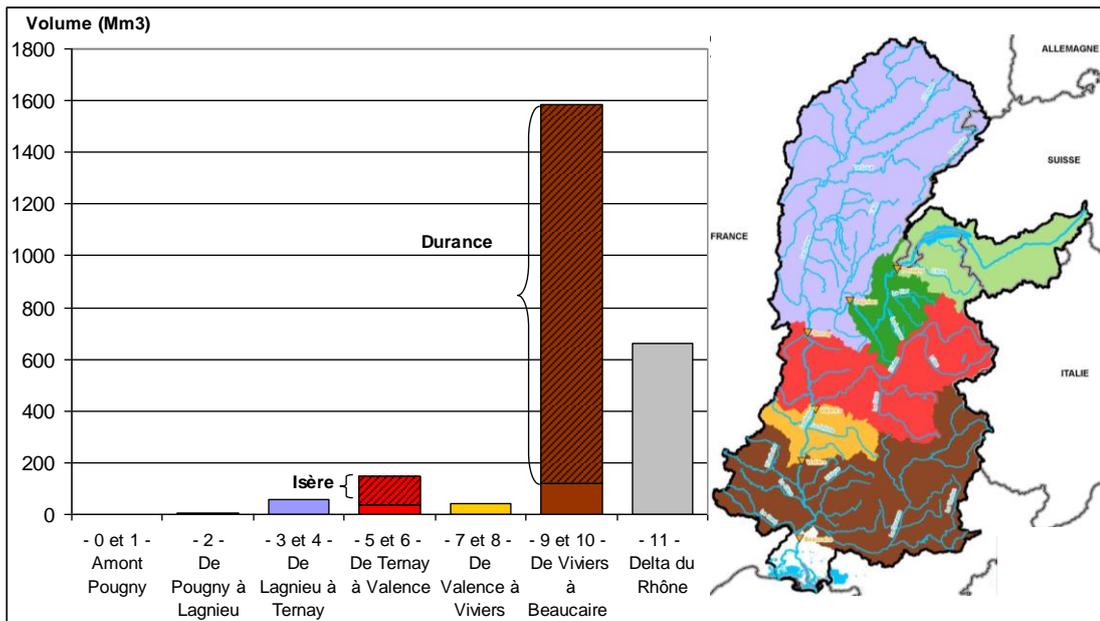
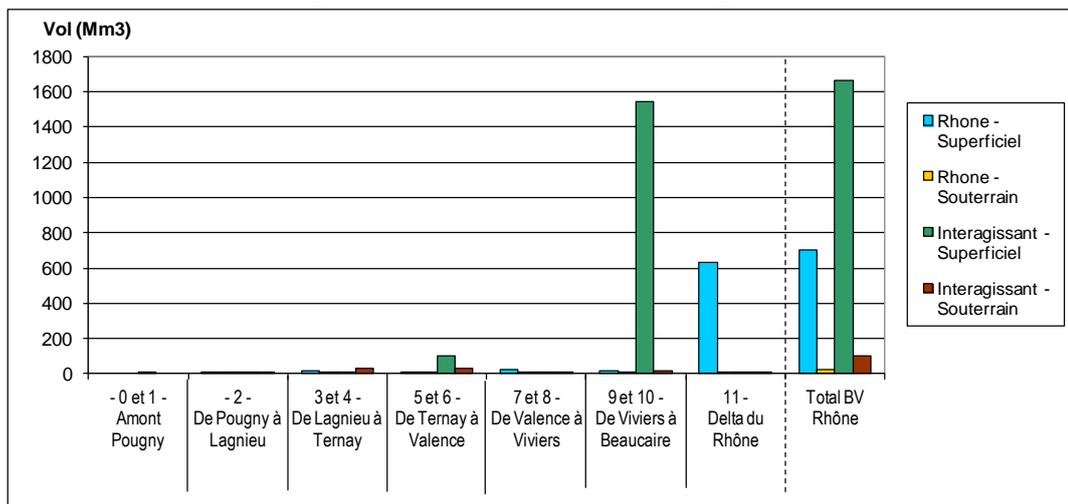


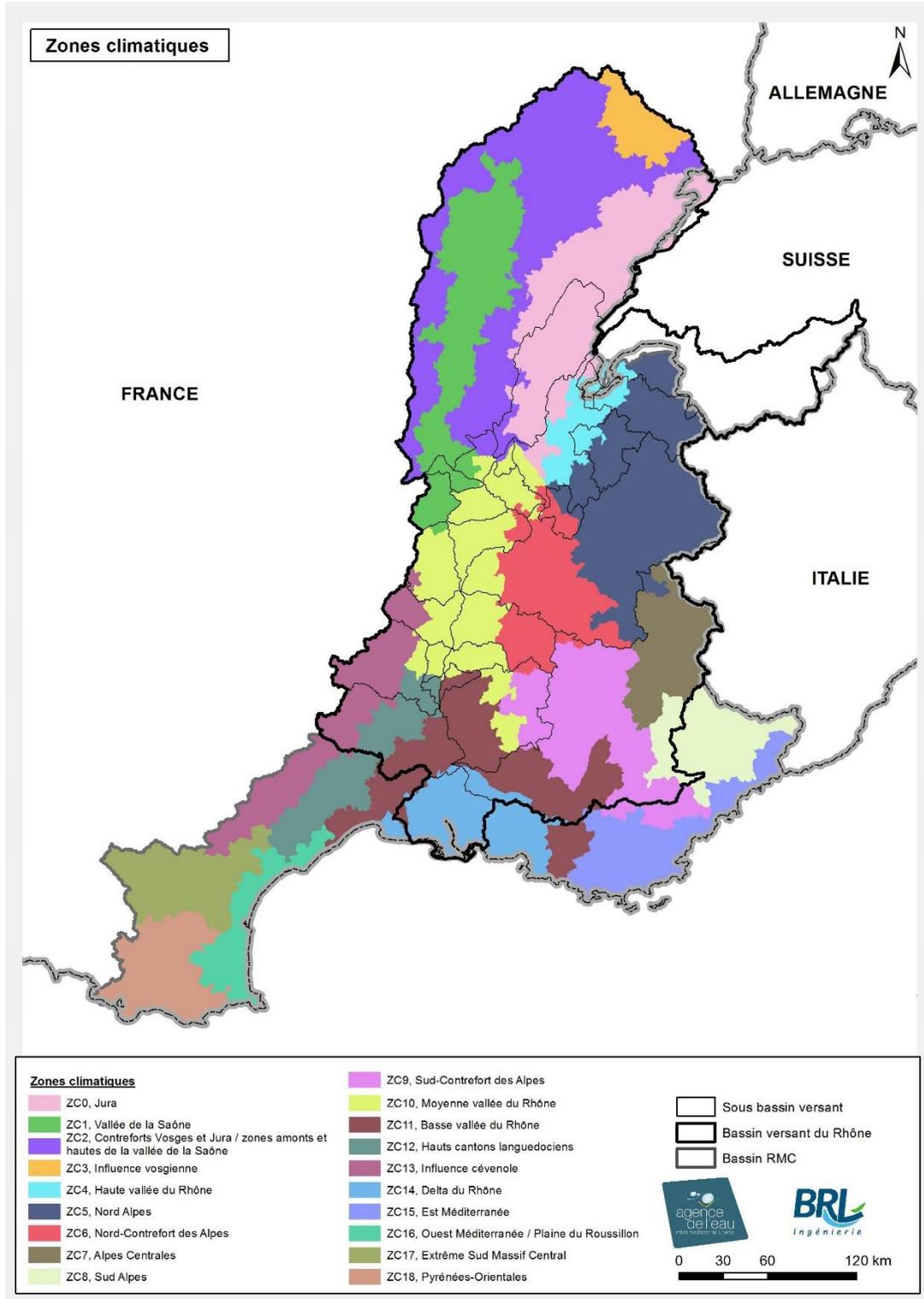
Figure 50 : Prélèvement agricole brut annuel par type de ressource sollicitée (Superficiel/Souterrain - Rhône/interagissant)



Sur la totalité du bassin versant du Rhône, les prélèvements bruts pour l'agriculture sont estimés à environ de **2,5 milliards de m³/an**.
 Les sous-bassins de **la Durance et du Delta du Rhône regroupent à eux deux plus de 85 % des prélèvements bruts** réalisés sur le bassin versant du Rhône.
 Seuls **30 %** des prélèvements bruts sont réalisés directement sur le **système Rhône** (fleuve et sa nappe).

4.3.5 Estimation du besoin théorique des cultures par sous-bassin : une forte variabilité dans l'espace et dans le temps

Le modèle d'estimation du besoin des plantes mis en place a permis de calculer le besoin théorique des plantes irriguées par chaque sous-bassin. Les données de pluie et évapotranspiration utilisées ont été spatialisées à l'échelle de onze zones climatiques présentées sur la carte ci-dessous.



Le rapport thématique sur l'irrigation détaille l'ensemble de la méthode de calcul.

Rappelons que le besoin théorique correspond au strict besoin de la plante dans l'hypothèse où l'on maximise son développement. Les quantités d'eau réellement prélevées peuvent être inférieures ou supérieures suivant les choix et contraintes des irrigants (matériel et temps disponible, objectifs de rendement, restriction sur les prélèvements, etc.) et l'efficacité des systèmes d'irrigation utilisés.

Les chiffres présentés ci-dessous pour chaque sous-bassin correspondent au besoin des plantes **irriguées à partir de ces sous-bassins**, (total système Rhône et système interagissant) ; les transferts ne sont donc pris en compte.

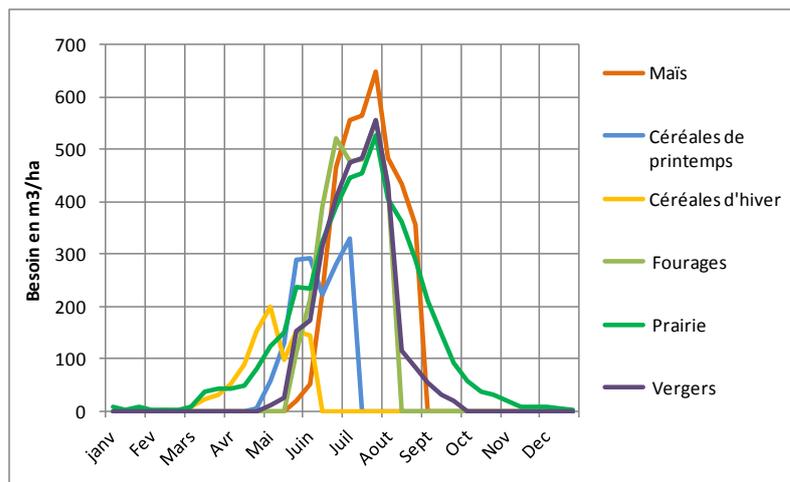
Les résultats obtenus, illustrés dans les graphiques ci-dessous, amènent aux conclusions suivantes :

- ▶ Le besoin des plantes est concentré autour des mois d'été (Figure 51) ;
- ▶ Le besoin des plantes est très variable d'une zone climatique à l'autre ;
- ▶ Le besoin des plantes est très variable d'une année sur l'autre.

Le graphique ci-dessous montre l'évolution du besoin au cours de l'année. On retrouve un pic de besoin au cours de la seconde quinzaine de juillet (on présente ci-dessous pour exemple les résultats obtenus dans la zone climatique 11 (basse vallée du Rhône), ce constat reste vrai pour l'ensemble des zones climatiques).

Figure 51 : Variation du besoin théorique au cours de l'année

Besoin théorique moyen pour quelques unes des cultures pratiquées -exemple de la zone climatique « basse vallée du Rhône », valeurs décadaires



Les précipitations et l'évapotranspiration potentielle (ETP) ont un fort impact sur les besoins théoriques des plantes. **Suivant la zone climatique considérée, les besoins varient énormément.**

Le graphique ci-contre compare le besoin théorique de trois des principaux types de culture cultivés sur le bassin versant dans les différentes zones climatiques étudiées.

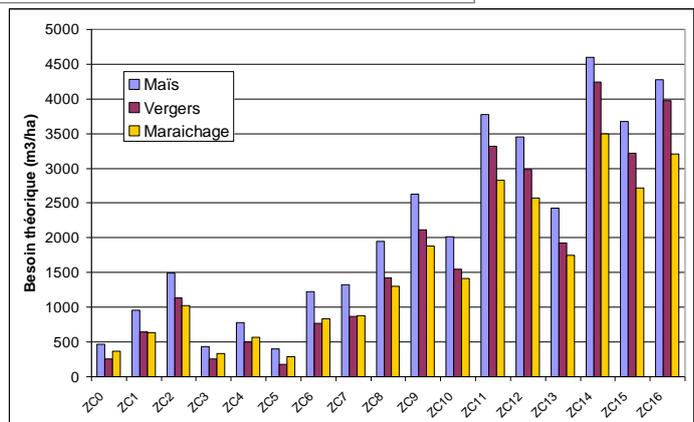
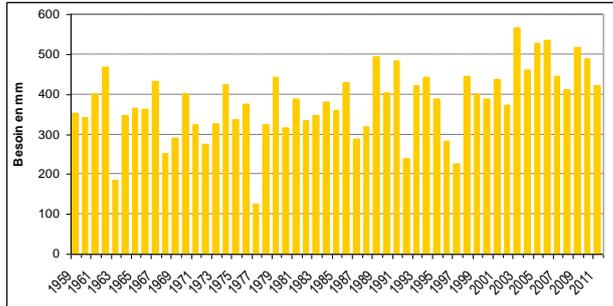


Figure 52 : Variation des besoins théoriques en fonction des zones climatiques pour les 3 principaux types de culture du BV

Figure 53 : Variabilité du besoin théorique unitaire (exemple de la culture de maïs dans zone climatique 11)



Pour une même zone climatique, les besoins des plantes varient fortement d'une année sur l'autre.

Par exemple le besoin d'un hectare de maïs cultivé dans la zone climatique 11 peut varier d'environ 120 mm/an à plus de 560 mm/an (voir graphique ci-contre).

On retrouve sur les graphiques suivants le besoin théorique total associé à chaque sous-bassin versant (Figure 54) et le besoin théorique du bassin versant du Rhône en différenciant les types de ressources sollicités (Figure 55).

Le besoin théorique des plantes irriguées à partir du bassin du Rhône est de l'ordre de 573 Mm³ à l'échelle de l'année (année moyenne). Le mois de pointe, le besoin s'élève à 230 Mm³, soit un débit fictif continu de 85 m³/s pour l'ensemble du bassin versant du Rhône.

Les sous-bassins de la Durance et du delta du Rhône totalisent à eux deux plus de 60 % du besoin théorique du bassin du Rhône en période de pointe (plus de 70 % à l'échelle de l'année).

Figure 54 : Besoin théorique mensuel moyen en eau d'irrigation pour chacun des tronçons associés aux points SDAGE (en Mm³)

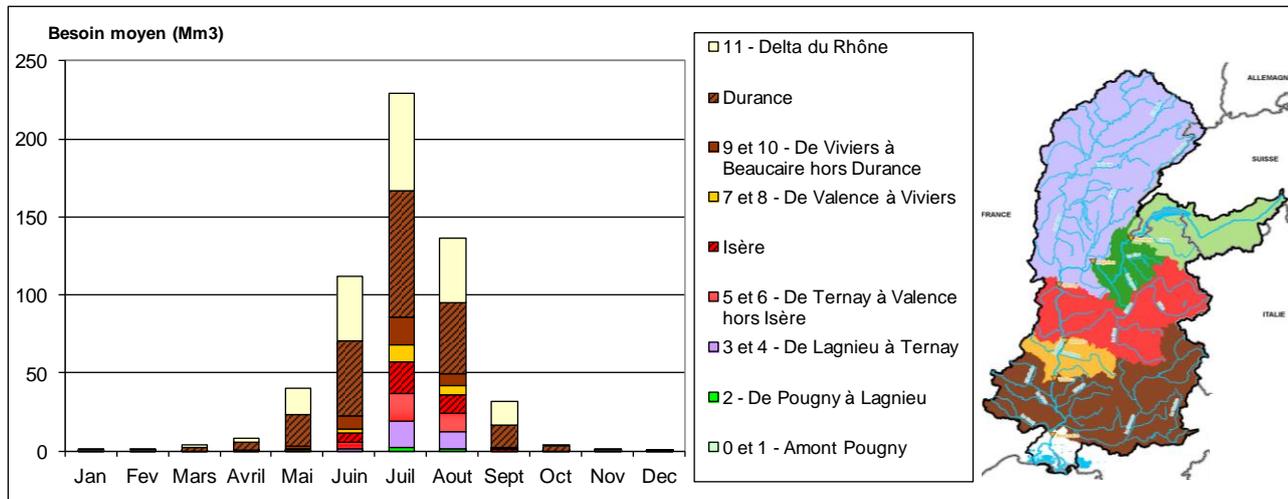
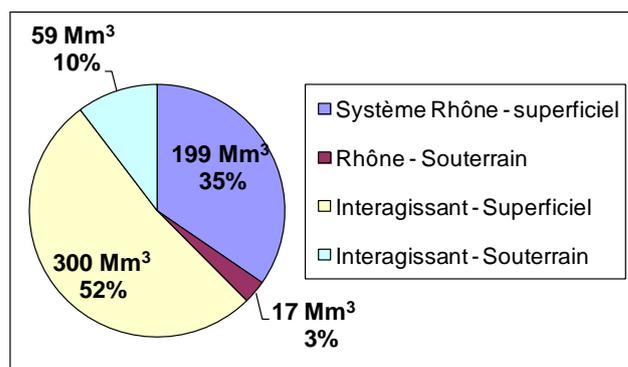


Figure 55 : Ressources sollicitées pour satisfaire le besoin théorique sur le bassin du Rhône



4.3.6 Les prélèvements nets associés à chaque sous-bassin

COMMENT CALCULER LES PRÉLÈVEMENTS NETS ?

L'estimation des prélèvements nets est nécessaire non seulement pour la naturalisation des débits, établie en phase 2 de l'étude, mais également pour appréhender l'impact global des prélèvements agricoles sur les différents tronçons considérés.

On appelle « prélèvement net » le bilan entre le prélèvement total et les retours au milieu. On a donc :

$$\text{Pnet du sous-bassin} = \text{Pbrut du sous-bassin} - \text{Retours au sein du sous bassin considéré}$$

ou encore

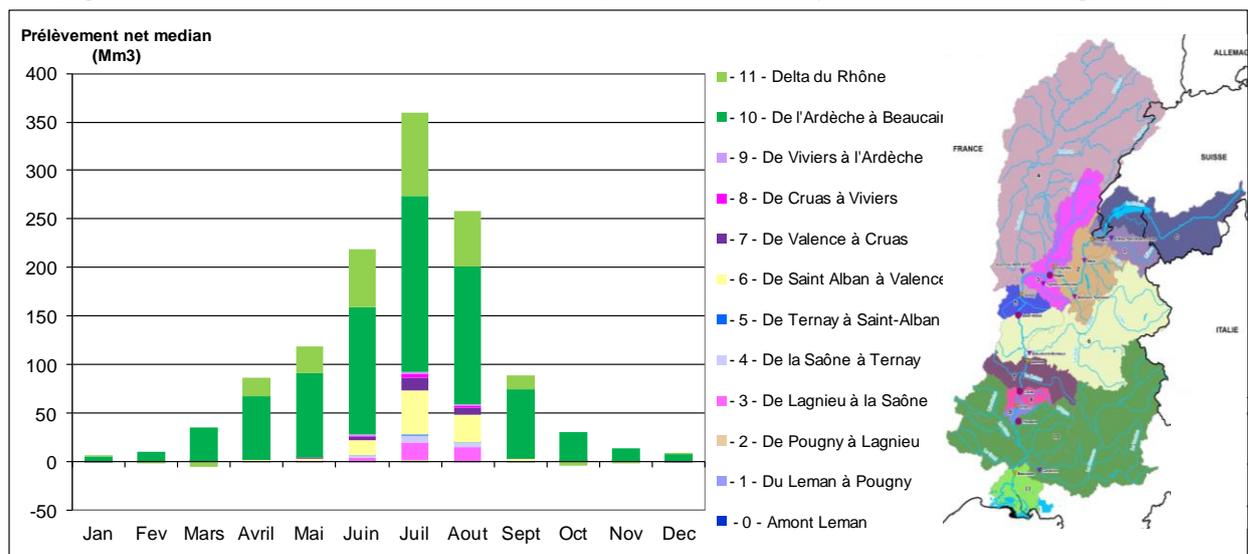
$$\text{Pnet} = \text{Besoin des plantes} + \text{pertes définitives} + \text{retours transférés vers d'autres sous bassins} - \text{retours en provenance d'autres sous-bassins}$$

Le mode d'estimation du prélèvement net dépend de la configuration des sous-bassins considérés (présence/absence d'irrigation gravitaire, existence de transferts...). Les différents modes de calculs sont explicités dans le rapport thématique sur l'irrigation. **Dans la mesure du possible, on se base sur le modèle d'estimation du besoin théorique (ajusté pour correspondre à la réalité des prélèvements bruts) pour obtenir une chronique mensuelle des prélèvements agricoles.** Cependant, dans certains cas, l'utilisation de prélèvements bruts est nécessaire pour estimer les prélèvements nets. Dans ce cas, on se base soit sur les données de l'Agence, soit sur les données des exploitants. Ces données sont au pas de temps annuel et ont été mensualisées suivant les modalités explicitées dans le rapport thématique.

RÉSULTATS

Le graphique ci-dessous présente le prélèvement net estimé sur chacun des tronçons du Rhône.

Figure 56 : Prélèvements nets mensuels sur chaque tronçon (total système Rhône et interagissant)



Le prélèvement net total annuel lié à l'irrigation, en considérant les surfaces irriguées en 2010, sur le bassin versant du Rhône s'élève à près de 1 227 Mm³ (moyenne calculée en considérant les conditions climatiques de la période 1980-2011), avec sur cette période un minimum d'un peu moins de 1060 Mm³ (en 1996) et un maximum d'environ 1 536 Mm³ (en 2003), ainsi qu'un **prélèvement quinquennal haut de 1317 Mm³**. **En période de pointe (juillet), ce prélèvement net est en moyenne de près de 360 Mm³, soit un débit fictif continu de l'ordre 134 m³/s, et de plus de 413 Mm³ pour le temps de retour cinq ans haut, soit un débit fictif continu de 154 m³/s.** Les tronçons du delta du Rhône et de l'Ardèche de Viviers à Beaucaire (avec notamment la Durance) représentent plus de **75 %** du prélèvement net le mois de pointe.

Les prélèvements nets sur la ressource Rhône représentent 26 % du prélèvement net total (voir Figure 58). Les eaux de surfaces représentent la grande majorité (93 %) des volumes prélevés.

Figure 57 : Prélèvement net avec les surfaces irriguées en 2010 en considérant les conditions climatiques de 1980 à 2011 (total bassin versant du Rhône)

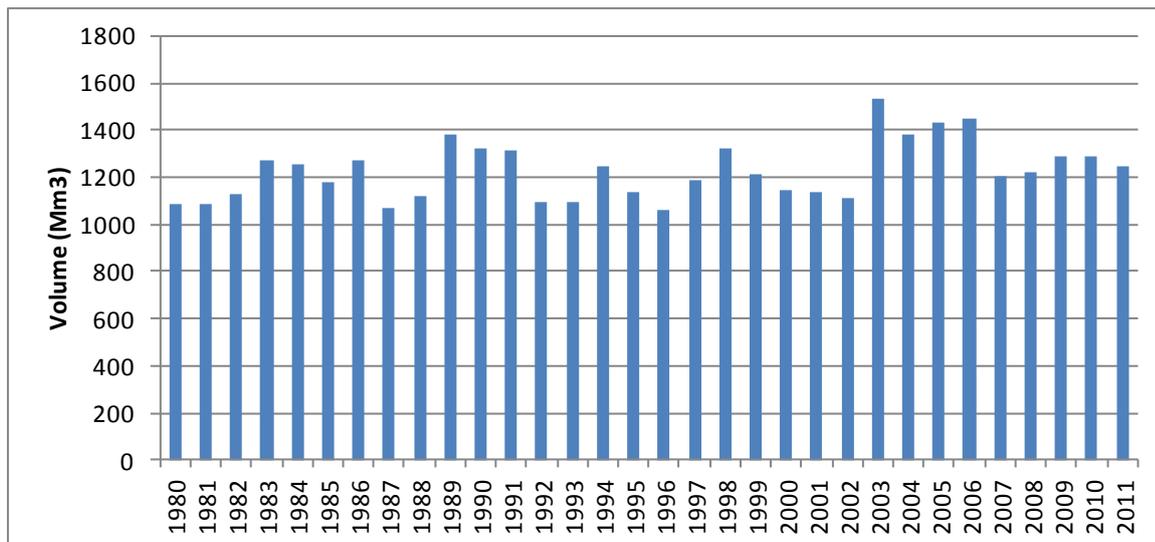
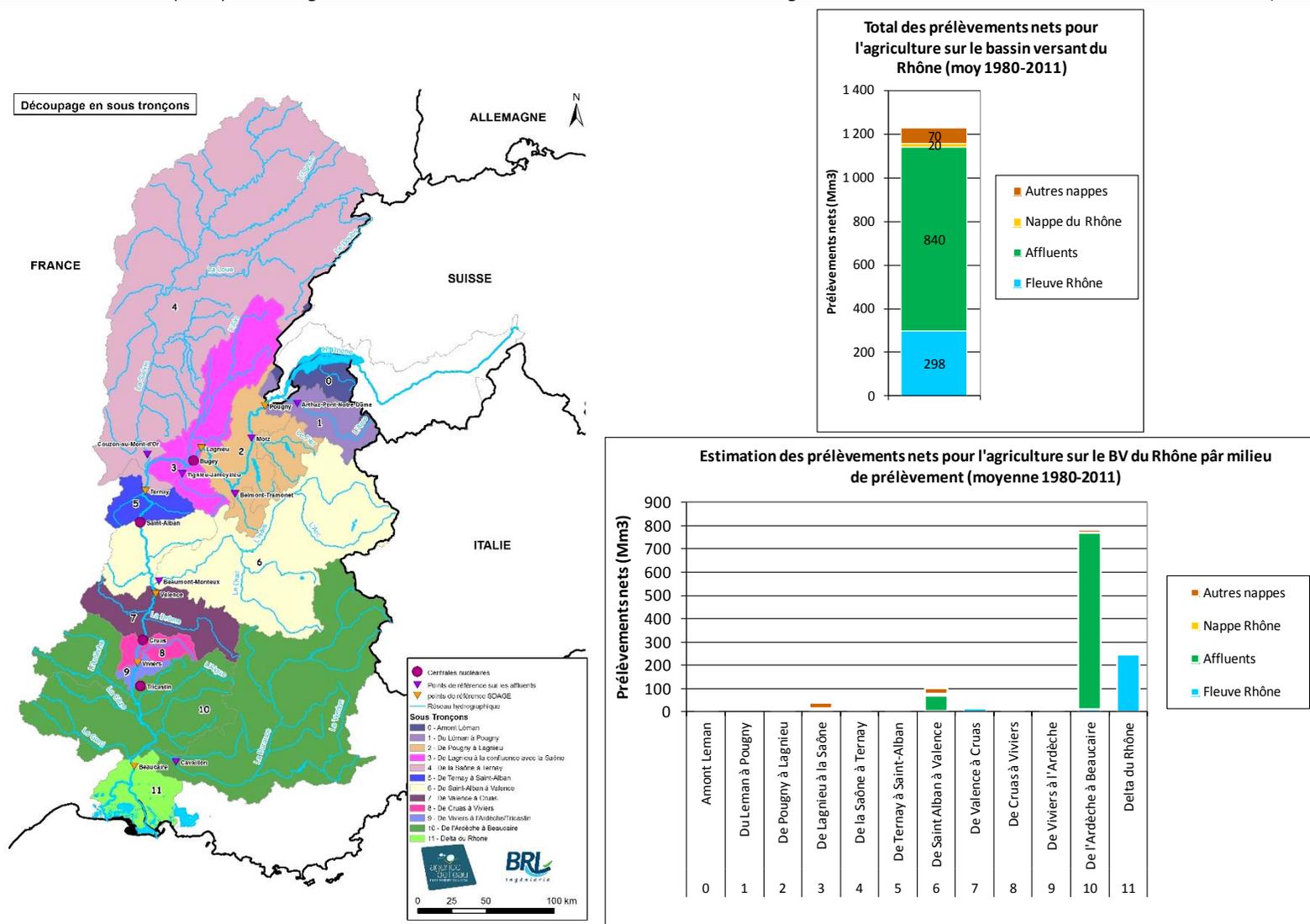


Figure 58 : Prélèvements nets moyens pour l'irrigation sur le bassin du Rhône, avec les surfaces irriguées en 2010 en considérant les conditions climatiques de 1980 à 2011 (Mm³/an)



4.3.7 Mise en parallèle des surfaces irriguées, du besoin théorique, des prélèvements bruts et des prélèvements nets

Le tableau ci-dessous fait le **bilan des principaux indicateurs étudiés pour chacun des onze tronçons différenciés sur le Rhône** :

- ▶ Les surfaces irriguées (RGA 2010) sur chacun des sous-bassins : on comptabilise ici l'ensemble des surfaces irriguées appartenant au sous-bassin, indépendamment du fait qu'elles soient ou non irriguées à partir de l'eau du bassin ;
- ▶ Les surfaces irriguées par chacun des sous-bassins : les surfaces irriguées sont attribuées aux sous-bassins à partir desquels elles sont alimentées en eau ;
- ▶ Le besoin théorique des plantes calculé à partir du modèle (valeurs médianes, à l'échelle de l'année et pour le mois de pointe) en considérant la chronique climatique 1980-2011 ;
- ▶ Le prélèvement brut : les données présentées correspondent aux prélèvements bruts renseignés dans la base de données des redevances de l'Agence de l'eau pour l'année 2010 auxquels on a ajouté l'estimation faite des prélèvements pour la riziculture.

Tableau 18 : Bilan des principales informations sur l'irrigation par tronçon : surfaces, besoins théoriques, prélèvements bruts, prélèvements nets

	Surfaces irriguées (ha)		Besoin théorique ¹ des plantes irriguées par le sous-bassin (médiane, Mm ³)		Prélèvement (Mm ³)			Prélèvement net en juillet (dfc en m ³ /s)
	Sur le bassin versant	Par le bassin versant	Annuel	Juillet	Brut annuel (2010)	Net annuel Moyenne 1997-2010	Net juillet	
0 Amont Leman	200	200	0	0	0	0	0	0.0
1 Du Leman à Pougny	300	300	0	0	0	0	0	0.0
2 De Pougny à Lagnieu	4 800	4 800	4	2	5	4	2	0.7
3 De Lagnieu à la Saône	18 300	18 300	18	10	45	37	18	6.8
4 De la Saône à Ternay	13 100	14 600	12	7	14	13	7	2.5
5 De Ternay à Saint-Alban	5 100	3 700	5	3	3	2	1	0.4
6 De Saint Alban à Valence	36 400	44 500	64	31	143	101	46	17.2
7 De Valence à Cruas	16 400	11 200	12	7	33	25	13	4.7
8 De Cruas à Viviers	4 800	5 100	7	4	10	7	4	1.4
9 De Viviers à l'Ardèche	1 900	1 600	4	2	5	4	2	0.7
10 De l'Ardèche à Beaucaire	57 600	73 200	259	99	1 578	780	181	67.8
11 Delta du Rhône	46 700	43 700	188	64	660	254	85	31.8
Total Bassin versant du Rhône	205 600	221 100	573	229	2496	1227	359	134

1 : le besoin théorique affiché comprend le strict besoin des plantes et ne prend pas en compte les volumes techniques nécessaires au fonctionnement des systèmes d'irrigation

Les deux tronçons les plus aval sont ceux où l'irrigation est la plus importante, ils regroupent plus de 50 % des surfaces irriguées à partir d'eau du bassin versant du Rhône et plus de 70 % du besoin théorique des plantes au mois de juillet.

Compte tenu des modes d'irrigation utilisés et du fait que certains retours se font hors bassin, la part qu'ils représentent en termes de prélèvement est encore plus importante : 90 % du prélèvement brut annuel et plus de 75 % du prélèvement net agricole total sur le bassin versant du Rhône le mois de pointe sont concentrés sur ces deux tronçons.

4.4 LES CONSOMMATIONS D'EAU LIÉES À L'EAU POTABLE

4.4.1 L'alimentation en eau potable à partir du bassin du Rhône : quels volumes bruts prélevés ?

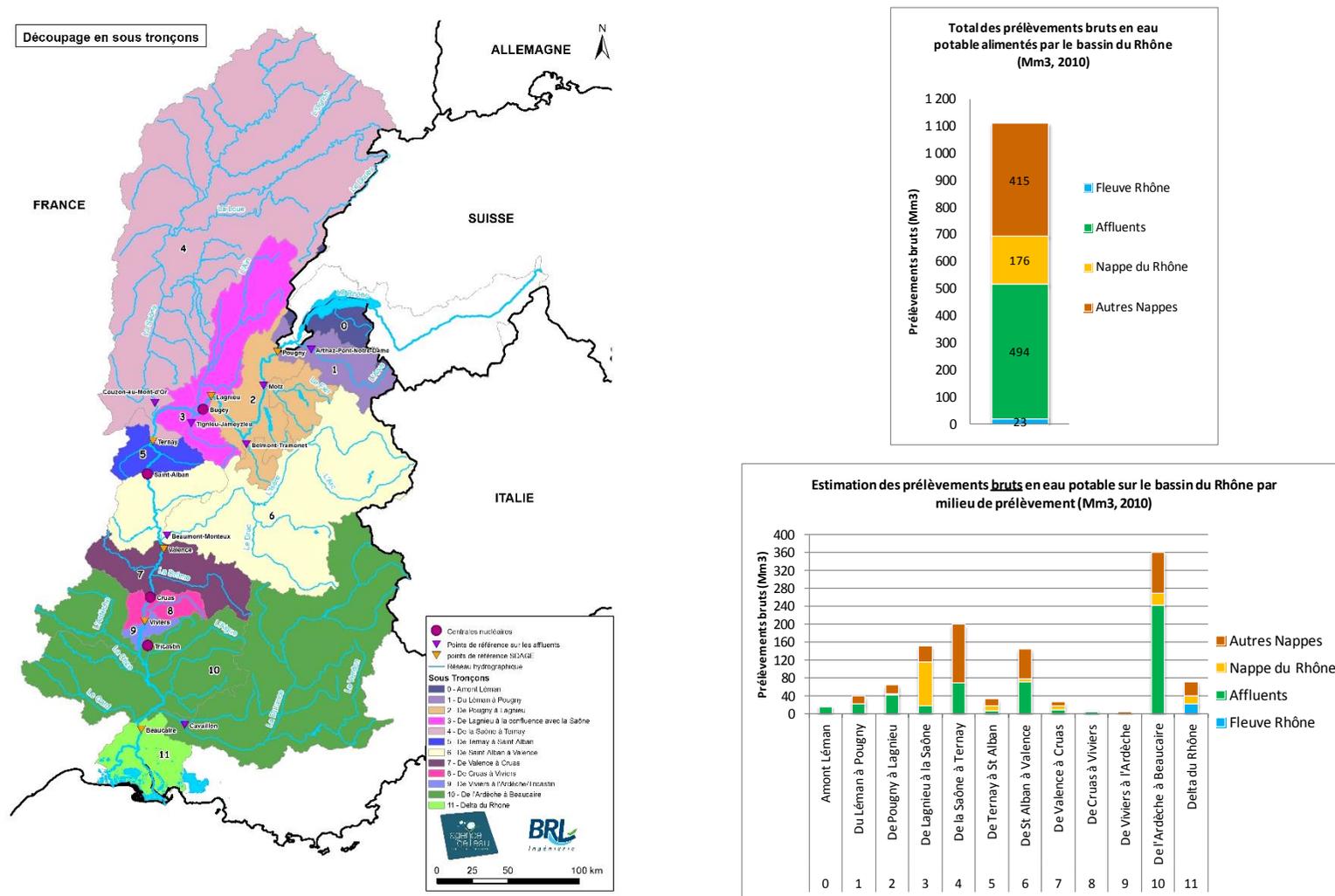
PRÉLÈVEMENTS BRUTS ACTUELS A PARTIR DU BASSIN DU RHÔNE

L'alimentation en eau potable à partir du bassin du Rhône représente en 2010 un volume **brut** d'environ **1,1 milliards de m³ par an, soit 35 m³/s**. Ce volume inclut tous les prélèvements à partir des eaux du bassin du Rhône, **y compris l'eau exportée à l'extérieur du bassin** (réseau SCP et BRL notamment) :

- ▶ Sur ces 1,1 milliards de m³ prélevés, plus de 900 millions de m³ (soit 80 % du volume total) sont prélevés sur le système interagissant, c'est-à-dire les bassins affluents au Rhône. Près de 500 millions de m³ (45 %) sont prélevés sur les affluents et 415 millions de m³ sont prélevés sur les nappes latérales (37 %) ;
- ▶ Les prélèvements dans la nappe alluviale du Rhône représentent un volume brut de 176 millions de m³/an et concernent notamment l'alimentation en eau potable de la communauté urbaine de Lyon (91 millions de m³) ;
- ▶ **Les prélèvements dans le fleuve Rhône représentent 2 % du volume, soit 23 millions de m³/an**, et correspondent principalement au réseau BRL qui alimente des communes du Gard et de l'Hérault.

A cela, il faut également ajouter le volume technique du canal de Marseille (volume transitant dans le canal, non mobilisé directement pour l'eau potable), et constituant finalement une perte pour le bassin du Rhône. Ce volume, pris sur la Durance, est estimé à environ **40 millions de m³/an** d'après les données Agence.

Figure 59 : Prélèvements bruts en eau potable pour le bassin du Rhône, en 2010 (Mm3/an) (source : données redevances Agence)



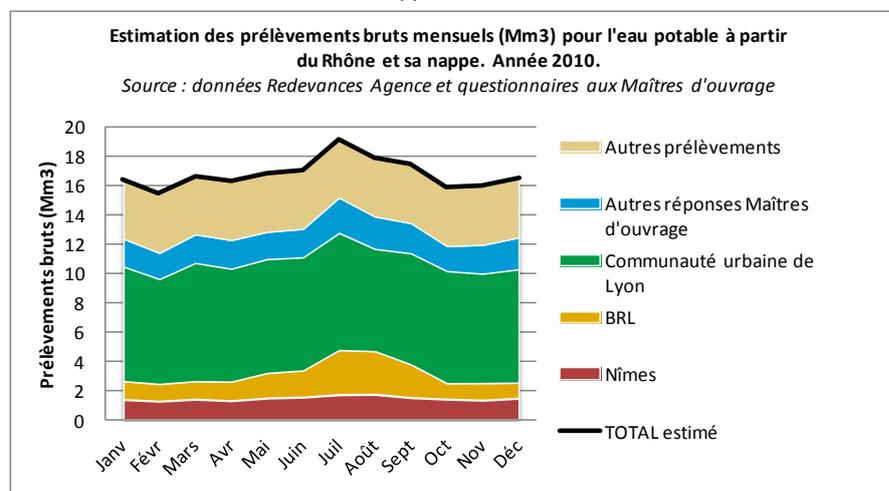
PRÉLÈVEMENTS MENSUELS BRUTS SUR LE SYSTÈME RHÔNE

Les prélèvements bruts pour l'alimentation en eau potable effectués à **partir du fleuve Rhône et de sa nappe alluviale** s'élèvent à environ 200 millions de m³, parmi lesquels 176 millions de m³ sont des prélèvements à partir de la nappe alluviale.

A partir des informations que nous avons pu recueillir auprès des maîtres d'ouvrage, nous avons pu estimer les **prélèvements mensuels sur le système Rhône** pour près de 70 % du volume prélevé. Les prélèvements restants sont supposés constants.

Les prélèvements mensuels ainsi estimés sont présentés sur la Figure 60. On observe des prélèvements bruts relativement stables dans l'année, avec cependant une hausse des consommations en période estivale. La stabilité relative s'explique notamment par le fait que les plus gros volumes prélevés concernent des communautés urbaines importantes (Lyon principalement), pour lesquelles la variation mensuelle reste faible devant les volumes globaux mobilisés.

Figure 60 : Estimation des prélèvements bruts mensuels (Mm³) pour l'eau potable à partir du Rhône et sa nappe en 2010.



EVOLUTION HISTORIQUE DES PRÉLÈVEMENTS BRUTS ENTRE 2000 ET 2010

Les données récupérées auprès de l'Agence de l'eau nous ont permis de reconstituer l'évolution historique des prélèvements déclarés pour l'AEP. Le tableau et le graphique ci-dessous détaillent ces prélèvements bruts annuels (en millions de m³), en précisant le milieu prélevé et le système concerné :

- ▶ **Système concerné** : Rhône ou système interagissant,
- ▶ **Milieu de prélèvement** : Ressource superficielle ou souterraine.

On s'aperçoit que, sur la dernière décennie, le prélèvement total sur le bassin du Rhône est relativement stable : en 2000, le prélèvement annuel brut était de 1,15 milliards de m³, puis il a augmenté jusqu'en 2003 pour atteindre 1,26 milliards de m³. **Depuis 2003 il décroît, avec une valeur basse en 2010 de 1,11 milliards de m³.**

Les parts entre Système Rhône et Système interagissant et entre Eaux de surface et Eaux souterraines restent en revanche remarquablement stables au fil des années :

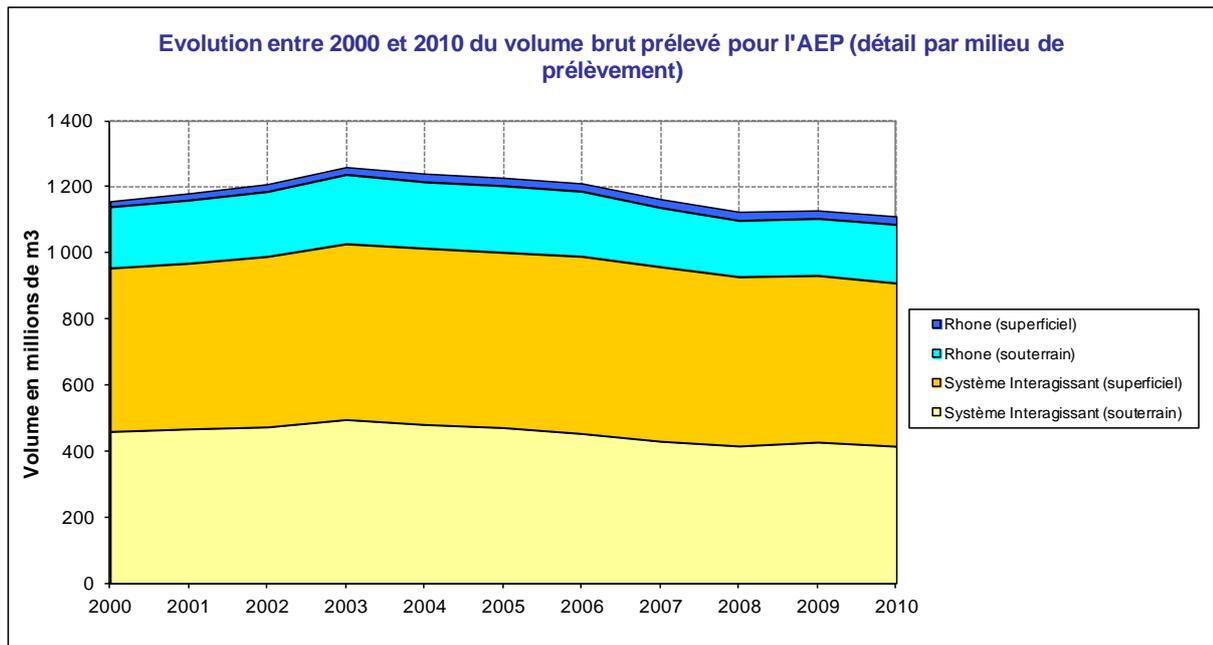
- **Système concerné** : le système Rhône représente 18 % des prélèvements réalisés sur le bassin, soit 0,2 milliard de m³ en 2010. Le système interagissant représente en revanche 82 % du prélèvement total, soit 0,91 milliard de m³ en 2010.
- **Milieu de prélèvement** : 53 % des prélèvements se font dans le milieu souterrain, soit 0,59 milliard de m³. Les 47 % restant concernent la ressource de surface, avec 0,52 milliard de m³.

Tableau 19 : Evolution historique entre 2000 et 2010 des volumes bruts de prélèvement AEP déclarés à l'Agence de l'Eau, détail par milieu de prélèvement et par système d'étude

		Volume annuel prélevé brut (millions de m3)										
SYSTEME	SOUT/SUP	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Interagissant	Souterrain	460	468	474	496	481	472	454	430	416	428	415
Interagissant	Superficiel	495	502	517	532	534	531	537	528	513	505	494
Rhone	Souterrain	184	190	195	208	199	200	195	178	169	171	176
Rhone	Superficiel	16	19	21	21	24	23	23	25	25	23	23
TOTAL système	Rhone	199	209	216	229	223	223	218	202	194	194	199
	Interagissant	955	970	990	1 029	1 015	1 003	991	959	928	932	909
	Tout	1 154	1 178	1 206	1 258	1 238	1 225	1 209	1 161	1 123	1 127	1 109
Parts (%) système	Rhone	17%	18%	18%	18%	18%	18%	18%	17%	17%	17%	18%
	Interagissant	83%	82%	82%	82%	82%	82%	82%	83%	83%	83%	82%
	Tout	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
TOTAL milieu	Souterrain	644	657	669	704	680	672	649	608	585	599	591
	Superficiel	511	521	538	553	558	554	560	553	538	528	518
	Tout	1 154	1 178	1 206	1 258	1 238	1 225	1 209	1 161	1 123	1 127	1 109
Parts (%) milieu	Souterrain	56%	56%	55%	56%	55%	55%	54%	52%	52%	53%	53%
	Superficiel	44%	44%	45%	44%	45%	45%	46%	48%	48%	47%	47%
	Tout	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Source : données AERMC. Tableau BRLi

Figure 61 : Evolution historique entre 2000 et 2010 des volumes bruts de prélèvement AEP déclarés à l'Agence de l'eau, détail par milieu de prélèvement et par système d'étude



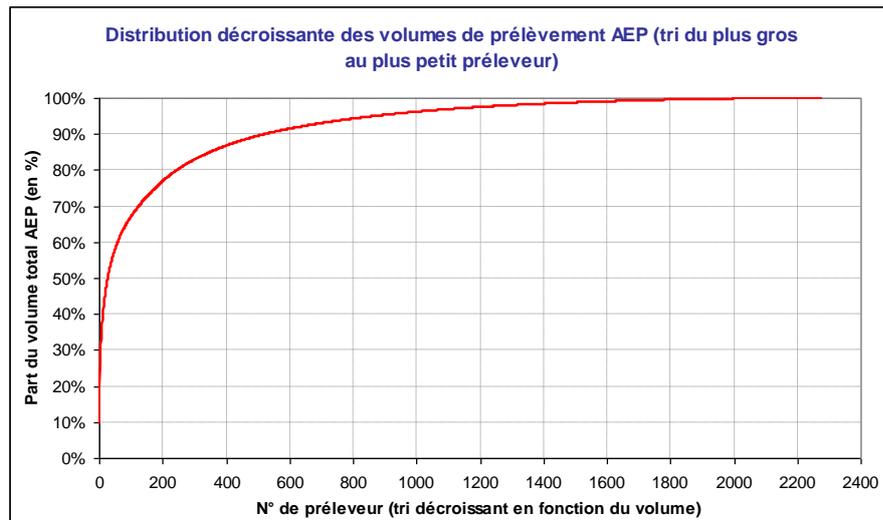
Source : données AERMC. Graphe : BRLi

On observe une baisse globale des prélèvements bruts liés à l'eau potable ces dernières années, qui peut s'expliquer notamment par des économies d'eau réalisées par les ménages et des améliorations des réseaux d'adduction d'eau potable.

FOCUS SUR LES PRINCIPAUX USAGERS AEP

A partir des données redevance de l'Agence de l'eau, nous avons établi le graphique suivant représentant la distribution du prélèvement AEP cumulé sur le bassin versant du Rhône (tous milieux et systèmes confondus). La lecture de ce graphique permet d'apprécier la répartition du prélèvement brut entre les différents préleveurs, c'est-à-dire d'afficher pour un pourcentage du volume total de prélèvement le nombre de préleveurs que cela représente. **On s'aperçoit par exemple que 50 % du prélèvement total AEP du bassin du Rhône est réalisé par les 27 plus gros préleveurs du territoire (sur 2280 maîtres d'ouvrage identifiés dans la BBD de l'Agence de l'eau).**

Figure 62 : Distribution décroissante du volume de prélèvement brut cumulé de l'AEP, en fonction du nombre de préleveurs (tri du plus gros au plus petit)



Source : données AERMC. Tableau BRLi

Dans le tableau ci-dessous nous rappelons quels sont les 27 plus gros préleveurs représentant 50% du volume AEP.

Remarque : les volumes décrits ici concernent la seule part AEP, dans la mesure où certains de ces maîtres d'ouvrage pourraient prélever de l'eau pour plusieurs usages.

Tableau 20 : Tri sur les 27 plus gros préleveurs et volumes de prélèvement associé en 2010 (source : données redevances AERMC, tableau BRLi)

Nom Maître d'ouvrage	Volume brut annuel prélevé (en millions de m3)						Part du prélèvement AEP total	
	Système interagissant			Rhône				
	Souterrain	Superficiel	TOTAL_inter	Souterrain	Superficiel	TOTAL_Rhone		TOTAL
Communauté Urbaine de Marseille Provence Metropole		106	106				106	9.5%
Communauté Urbaine de Lyon	5		5	91	2	94	99	8.9%
Société du Canal de Provence et Aménagement Région Provençale		87	87				87	7.9%
Syndicat Mixte du Dijonnais	10	12	21				21	1.9%
BRL	0		0		20	20	20	1.8%
SIVU des Eaux de la Région Grenobloise	17	0	17				17	1.5%
Nîmes				17		17	17	1.5%
Syndicat Mixte des Eaux de la Région Rhône Ventoux	3	1	4	12		12	15	1.4%
Grenoble	15		15				15	1.4%
Communauté d'agglomération du Grand Avignon	12		12	3		3	15	1.3%
Communauté d'agglomération d'Annecy	1	14	14				14	1.3%
Syndicat Intercommunal Durance Ventoux	11		11				11	1.0%
Communauté d'agglomération du Pays de Montbeliard		11	11				11	1.0%
SAN Ouest Provence	10		10				10	0.9%
Chambery Metropole Communauté d'agglomération	8	1	9				9	0.8%
Besançon	1	7	9				9	0.8%
SIVU Adduction d'Eau Potable de l'Avène	9		9				9	0.8%
Communauté agglomération Porte Isère	7	1	8				8	0.7%
Annemasse les Voirons agglomération	7	1	7				7	0.7%
Syndicat Inter Région Rhône Aigues Ouveze	2	0	2	5		5	7	0.7%
Communauté Agglomération Arles Crau Camargue Montagnette	7		7	0		0	7	0.7%
Syndicat Mixte Saône Turdine	7		7				7	0.6%
Communauté de communes du Pays de Gex	2	4	6		0	0	7	0.6%
Communauté d'agglomération du Pays Voironnais	4	2	6				6	0.6%
Communauté d'agglomération du Pays de Martigues	5	1	6				6	0.5%
Vienne	6		6				6	0.5%
Valence	2		2	4		4	6	0.5%
TOTAL	151	248	398	132	22	154	552	49.8%

Les **trois plus gros préleveurs AEP du bassin du Rhône** représentent à eux seuls près de **26 % du prélèvement AEP total**. Il s'agit de :

- ▶ Sur le système Rhône :
- ▶ **La communauté urbaine de Lyon, avec 99 millions de m³ d'eau** prélevés majoritairement dans le système Rhône (94 millions de m³), mais aussi dans le système interagissant (5 millions de m³). Au total ce maître d'ouvrage représente 8,9 % du prélèvement AEP total du bassin versant du Rhône ;
- ▶ Sur le système interagissant :
- ▶ **La Société du Canal de Provence qui prélève 87 millions de m³ d'eau** (pour l'usage AEP – son prélèvement total est supérieur) dans le bassin de la Durance, soit 7,9 % du prélèvement brut AEP du bassin versant du Rhône ;
- ▶ La communauté urbaine de Marseille Provence Métropole, avec 106 millions de m³ d'eau prélevée dans le bassin de la Durance (9,5 % du prélèvement total).

4.4.2 Estimation des prélèvements nets liés à l'eau potable sur le bassin du Rhône

La partie suivante présente l'estimation des prélèvements nets liés à l'eau potable sur le bassin du Rhône. Ce travail a été réalisé à l'échelle de chaque sous-bassin versant de l'étude.

4.4.2.1 Estimation des populations raccordées aux réseaux d'eau potable et d'assainissement sur le bassin du Rhône

Dans un premier temps, nous avons estimé **les populations alimentées par le bassin du Rhône en eau potable**. Ce travail est réalisé grâce au croisement entre les bases de données suivantes, afin de faire le lien, pour chaque maître d'ouvrage, entre les prélèvements et les populations rattachées :

- ▶ La base de données des redevances de l'Agence de l'eau RMC ;
- ▶ La base de données SISPEA, Système d'information sur les services publics d'Eau et d'Assainissement, (Alimentation en eau potable).

On estime ainsi, pour chaque sous-bassin de l'étude (et chaque tronçon), une population alimentée en eau potable par ce sous-bassin (et ce tronçon). Ce calcul inclut les transferts d'eau vers l'extérieur du bassin du Rhône : en particulier, les populations du Gard et de la communauté urbaine de Marseille étant alimentées par les eaux du bassin du Rhône sont comptabilisées.

On estime ainsi une population alimentée en eau potable par le bassin du Rhône à environ 10,5 millions d'habitants.

Par ailleurs, nous avons estimé **la population raccordée aux stations d'épuration situées dans le bassin du Rhône**, grâce à un croisement des bases de données suivantes, afin de faire le lien, pour chaque réseau d'assainissement, entre les stations d'épuration positionnées sur les sous-bassins d'étude, et les populations raccordées :

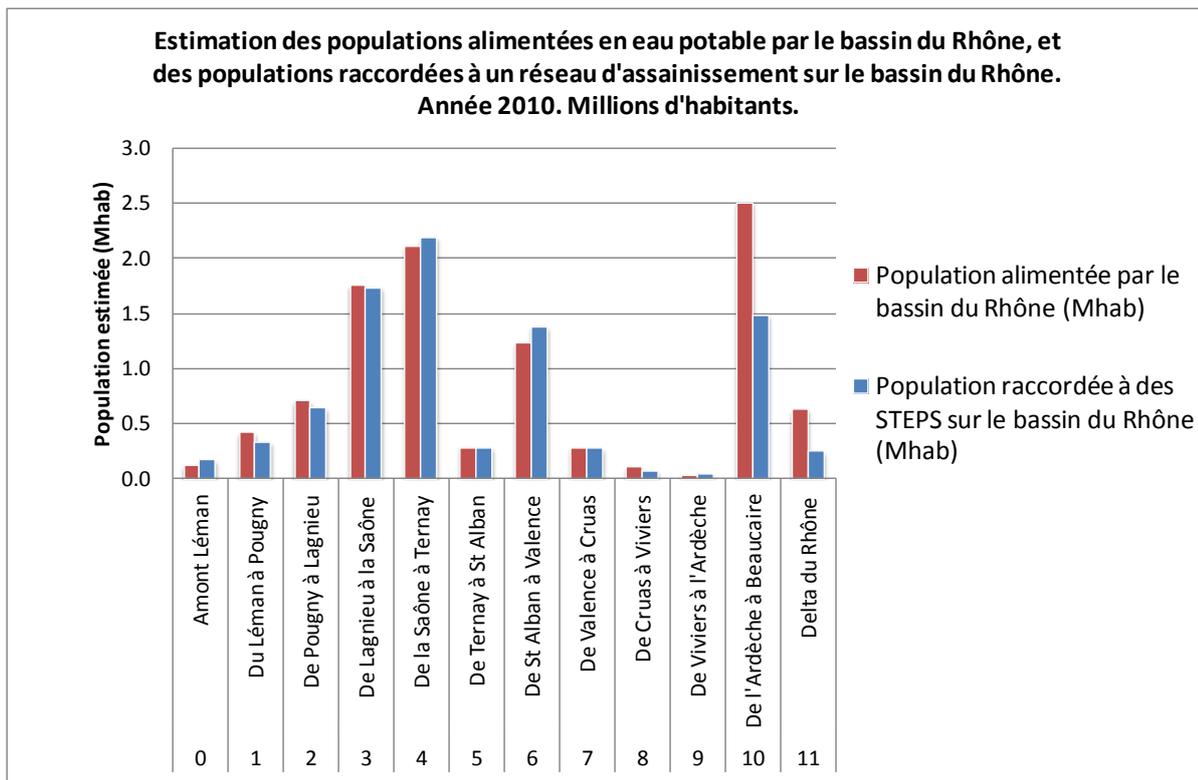
- ▶ La base de données STEP ;
- ▶ La base de données SISPEA (Assainissement).

On estime ainsi, pour chaque sous-bassin de l'étude (et chaque tronçon) une population qui rejette ses eaux usées via un réseau d'assainissement dans ce sous-bassin (et ce tronçon).

On estime ainsi une population totale raccordée à un réseau d'assainissement sur le bassin du Rhône à environ 9 millions d'habitants.

La Figure 63 présente les populations ainsi estimées à l'échelle de chaque tronçon d'étude.

Figure 63 : Estimation des populations alimentées en eau potable par le bassin du Rhône, et des populations raccordées à un réseau d'assainissement sur le bassin du Rhône. Année 2010.



Les chiffres comportent des incertitudes, notamment du fait des écarts entre bases de données. A la vue du graphique précédent, compte tenu de ces incertitudes et des ordres de grandeurs de l'étude, on peut considérer que, jusqu'à la confluence avec l'Ardèche (tronçons 0 à 9), les populations alimentées en eau potable et les populations rejetant sur le bassin du Rhône sont équivalentes.

De l'Ardèche à Beaucaire et dans le Delta du Rhône, on observe un décalage entre les populations alimentées (3,1 millions d'habitants) et les populations raccordées au réseau d'assainissement (1,7 millions d'habitants), qui rend compte des **transferts d'eau vers l'extérieur du bassin**. D'après ces estimations de populations, cela concerne environ 55 % de la population alimentée en eau potable par les eaux de l'Ardèche à l'aval du bassin.

Il s'agit notamment des **transferts d'eau de la Durance vers la communauté urbaine de Marseille via le canal de Marseille, du réseau de la SCP qui transfère de l'eau du Verdon vers l'extérieur du bassin et du réseau BRL qui alimente des communes du Gard principalement**. On identifie ci-après les principaux maîtres d'ouvrages liés à ces transferts d'eau.

Tableau 21 : Principaux prélèvements AEP pour lesquels les retours ont majoritairement lieu hors du bassin du Rhône (extraction données Redevance).

Maître d'ouvrage	Volume Brut AEP(Mm3)	Ouvrage	Sous-bassin	Tronçon	SYSTEME	SOUT/SUP
CU Marseille Provence Métropole	105.6	PRISE D'EAU DANS LE CANAL EDF A SAINT-ESTEVE	Durance	10	Interagissant	Superficiel
SCP	86.3	PRISE DANS CANAL MIXTE EDF/SCP - PRISE DE BOUTRE	Durance	10	Interagissant	Superficiel
BRL	19.8	PRISE DANS LE RHONE LIEU-DIT MAS DE MAILLAN	Delta du Rhone	11	Rhone	Superficiel
Nîmes	16.6	CHAMP CAPTANT DE LA VILLE DE NIMES	Delta du Rhone	11	Rhone	Souterrain

Ces prélèvements représentent environ 237 millions de m³, **soit 54 % des prélèvements bruts AEP comptabilisés de l'Ardèche à la mer**. Ce ratio est cohérent avec le ratio entre population alimentée et population raccordée aux stations d'épuration donné précédemment. Ces quelques maîtres d'ouvrages rassemblent donc la majeure part de l'eau transférée hors du bassin du Rhône du fait de l'alimentation en eau potable.

4.4.2.2 Caractérisation des principaux transferts d'eau

A l'issue de cette analyse, on peut donc considérer que :

- ▶ Du Léman à l'Ardèche, et à l'échelle des sous-bassins d'étude, les transferts d'eau liés à l'AEP et à l'assainissement sont marginaux devant les populations et les volumes mis en jeu : l'écart entre les populations raccordées à l'AEP et à l'assainissement sur le bassin du Rhône ne dépasse pas les 0,2 million de personnes pour chaque tronçon d'étude, soit un écart de moins de 2 % de la population globale étudiée ;
- ▶ De l'Ardèche à la mer, 55 % du volume prélevé n'est pas restitué au bassin du Rhône du fait des transferts hors-bassin (Canal de Marseille, SCP, BRL notamment). Les principaux prélèvements associés sont présentés sur le Tableau 21.

Concernant les transferts d'eau liés à l'eau potable à partir du système Rhône spécifiquement, nous présentons ci-après une carte localisant les communes alimentées par l'eau du fleuve ou sa nappe, et qui pour certaines se trouvent en dehors du bassin du Rhône.

4.4.2.3 Estimation des prélèvements nets

ENSEMBLE DU BASSIN

A partir de la connaissance des ces bilans globaux, on estime alors le prélèvement net lié à l'eau potable sur le bassin du Rhône, au droit de chaque sous-bassin.

Du Léman à la mer, les prélèvements nets sont directement estimés à partir des prélèvements bruts. Plusieurs hypothèses de taux de retour sont testées (60 %, 70 % et 80 %).

Explication sur les hypothèses de taux de retour : Cela signifie que pour un volume brut prélevé et déclaré de 100 Mm³, on estime que 60 à 80 Mm³ reviennent au bassin versant considéré et *in fine* au Rhône, soit par l'intermédiaire des stations d'épuration, soit par les fuites de réseaux, soit par l'intermédiaire d'un autre système d'assainissement. C'est-à-dire que l'on estime une consommation effective vis-à-vis du système considéré (le prélèvement net ne revenant pas au Rhône) de l'ordre de 20 à 40 Mm³, pour 100 Mm³ prélevé brut.

De l'Ardèche à Beaucaire, les volumes transférés hors du bassin sont considérés comme des pertes nettes pour le bassin du Rhône.

Les volumes de prélèvement ainsi obtenus sont présentés sur la Figure 64 et le Tableau 22 par tronçon d'étude.

Figure 64 : Estimation des prélèvements nets liés à l'alimentation en eau potable sur le bassin du Rhône. Prise en compte des transferts d'eau. Plusieurs hypothèse de taux de retour sont testée (60%, 70%, 80%).

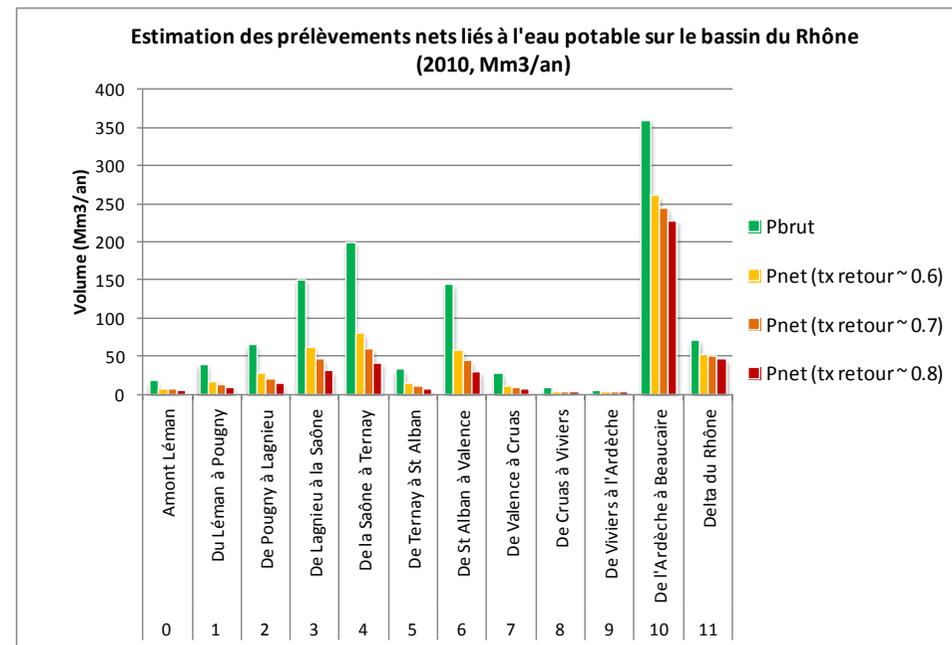
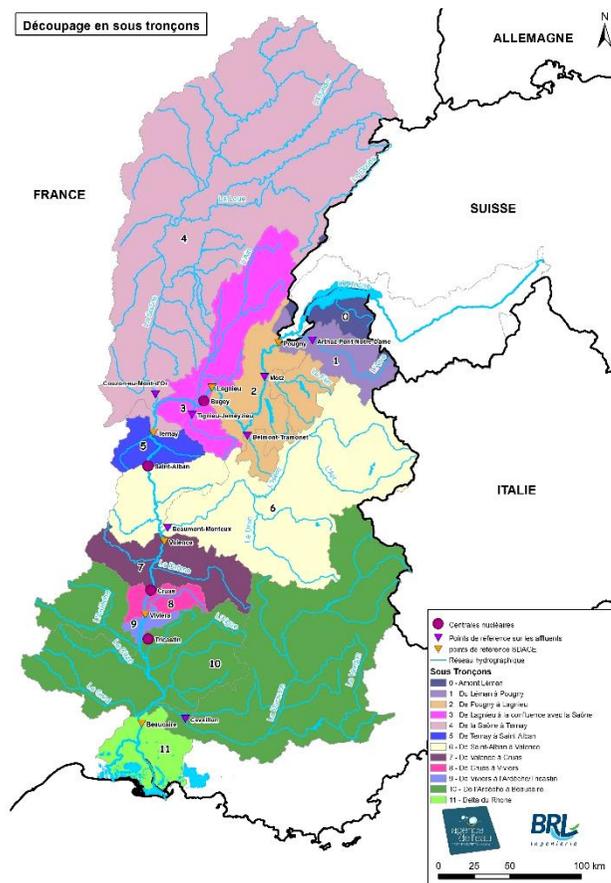


Tableau 22 : Estimation des prélèvements nets liés à l'alimentation en eau potable sur le bassin du Rhône. Prise en compte des transferts d'eau et du canal de Marseille. Plusieurs hypothèses de taux de retour sont testées (60 % ; 70 % ; 80 %).

Usage	Tronçons		Pbrut (Mm3/an)	Hypothèse taux de retour :		
				Pnet (tx retour ~ 0.6)	Pnet (tx retour ~ 0.7)	Pnet (tx retour ~ 0.8)
			Volumés Prélèvements nets (Mm3/an)			
Alimentation en eau potable	0	Amont Léman	17	7	5	3
	1	Du Léman à Pougny	38	15	11	8
	2	De Pougny à Lagnieu	64	26	19	13
	3	De Lagnieu à la Saône	150	60	45	30
	4	De la Saône à Ternay	198	79	60	40
	5	De Ternay à St Alban	32	13	10	6
	6	De St Alban à Valence	143	57	43	29
	7	De Valence à Cruas	26	11	8	5
	8	De Cruas à Viviers	7	3	2	1
	9	De Viviers à l'Ardèche	3	1	1	1
	10	De l'Ardèche à Beaucaire	359	260	244	227
Canal pour AEP	10	Volume technique canal de Marseille	39	39	39	39
Total			1 148	623	535	448
Débit fictif (m3/s)			36	20	17	14

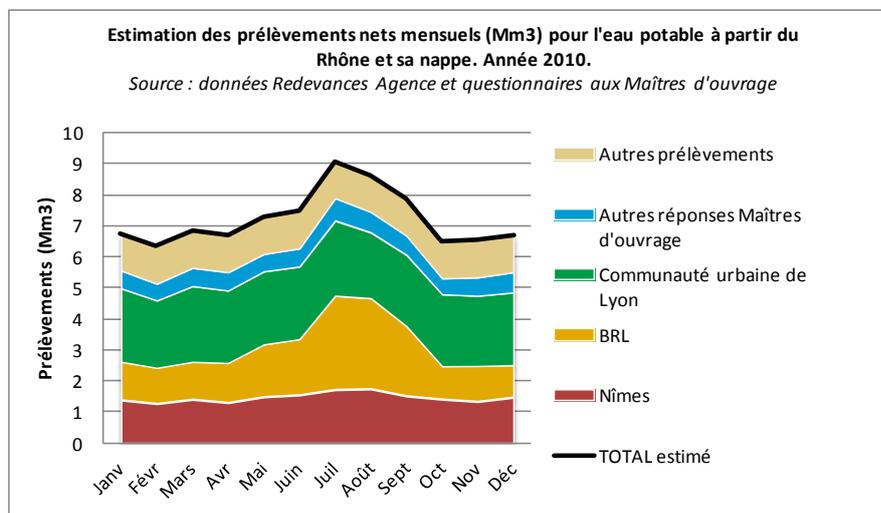
Nous testons plusieurs hypothèses de taux de retour des prélèvements AEP. Ce taux de retour représente le ratio entre le volume rejeté dans le milieu (pertes réseaux et retours assainissement) et le volume prélevé brut. L'incertitude liée à ces taux de retour sur l'ensemble du bassin est de l'ordre de 6 m³/s (Tableau 22). **Par la suite, nous choisissons de prendre en compte les valeurs associées au taux de retour médian de 0.7, en gardant à l'esprit l'incertitude liée à cette estimation.**

Au final, le volume de prélèvement net lié à l'eau potable sur le bassin du Rhône est donc estimé à environ 535 millions de m³/an, avec une incertitude de l'ordre de 100 Mm³/an, canaux et transferts d'eau inclus. Cela représente un débit fictif d'environ 17 m³/s avec une incertitude de l'ordre de 3 m³/s.

FOCUS SUR LE SYSTÈME RHÔNE

En conservant la méthode présentée ci-dessus pour l'estimation des prélèvements nets liés à l'eau potable, on estime les prélèvements nets mensuels sur le système Rhône (fleuve Rhône et sa nappe alluviale). Le résultat est présenté sur la Figure 65. **Les prélèvements nets moyens annuels à partir du système Rhône représentent un débit fictif de 2,7 m³/s. Au mois de juillet, ils atteignent 3,5 m³/s, soit un surplus de 27 % par rapport à la moyenne annuelle.**

Figure 65 : Estimation des prélèvements nets mensuels pour l'eau potable à partir du Rhône et sa nappe.



4.5 L'INDUSTRIE ET LA PRODUCTION D'ÉNERGIE

4.5.1 Méthodologie et sources de données

Les volumes d'eau prélevés par les industriels sont, pour la majeure partie, restitués au milieu. Il est donc nécessaire d'estimer la part des prélèvements rejetés au milieu par cet usage, afin de connaître la consommation d'eau des industries sur le bassin. Cela nécessite également de tenir compte des transferts d'eau, cas notamment des industries alimentées par le bassin du Rhône mais effectuant leurs rejets hors du bassin (Fos, Marseille, etc.).

Pour estimer ces prélèvements, **deux sources de données sont utilisées : la base des redevances de l'Agence RMC et la base de données IREP** (registre des émissions polluantes).

La base de données des redevances de l'Agence permet une assez bonne connaissance des prélèvements bruts industriels sur le bassin du Rhône, ainsi que des milieux de prélèvements. Les volumes renseignés sont les déclarations pour redevances, au-dessus du seuil de 10 000m³/an.

A noter toutefois qu'il est probable qu'une partie des industries étant alimentées en eau par un réseau de distribution d'eau potable ne soient pas identifiées comme « prélèvements industriels », mais incluses dans les volumes « eau potable » dans la base de données. En effet, les données sont renseignées par maître d'ouvrage des ouvrages de prélèvement : les grosses industries, possédant leurs ouvrages de captage, seront bien identifiées, mais certaines petites industries alimentées par un réseau de distribution pourraient être incluses dans les volumes d'eau potable. Ces volumes potentiels seront donc comptabilisés dans la partie « eau potable », et non pris en compte dans la présente estimation des prélèvements industriels.

La base de données IREP permet une estimation des prélèvements bruts et des rejets des industriels sur le bassin, sur la base de déclarations. Ces déclarations sont obligatoires pour les installations classées soumises à autorisation préfectorale. Les entreprises qui déclarent des volumes de prélèvement (total) inférieurs à **50 000 m³**, le font sur la base du volontariat. Cette base de données n'est donc pas exhaustive, mais permet une première connaissance des rejets des industries concernées.

Nous avons donc croisé les informations de ces deux bases de données afin d'estimer les prélèvements nets industriels sur le bassin du Rhône, étant entendu que les deux bases fournissent des informations à des niveaux d'exhaustivité différents, ce qui implique une part d'incertitude sur l'estimation globale des consommations sur le bassin.

Par ailleurs, nous avons adopté **l'hypothèse de prélèvements nets considérés comme constants dans l'année.**

4.5.2 Prélèvements bruts liés aux usages industriels sur le bassin du Rhône

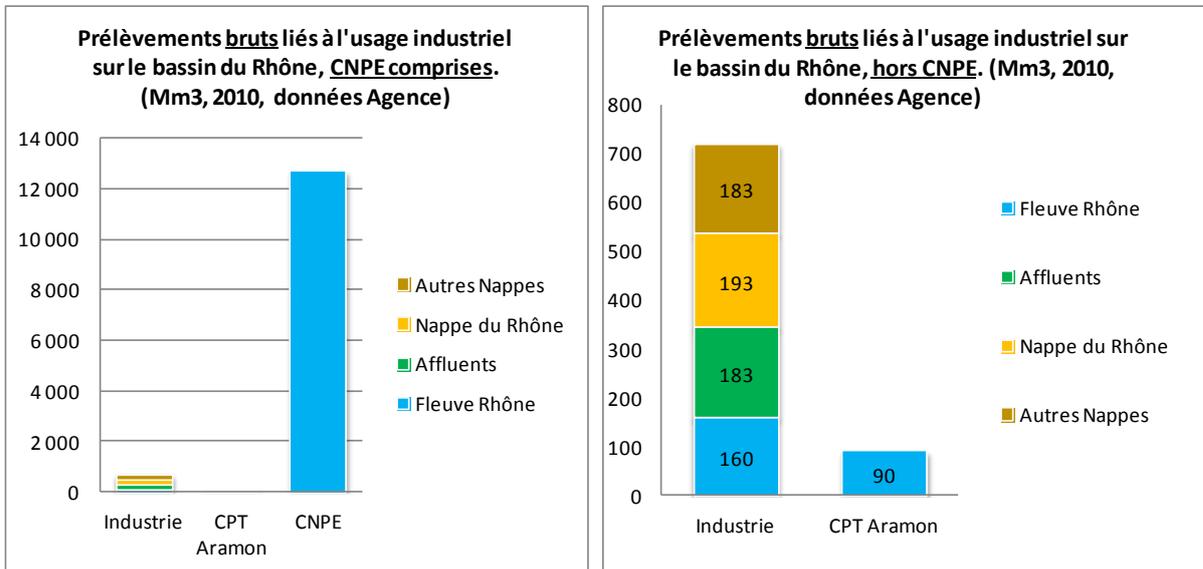
La base de données de l'Agence permet une estimation des prélèvements bruts par sous-bassin et par milieux de prélèvements.

Les **quatre centrales nucléaires** sur le Rhône prélèvent un volume brut de refroidissement d'environ **12 700 millions de m³/an** (source EDF), volume dont la majeure partie est directement restituée au Rhône.

A cela s'ajoute les autres prélèvements à usage industriel, dont la plupart sont également restitués au bassin du Rhône. Un volume de l'ordre de **90 millions de m³** (source EDF) est prélevé pour le refroidissement de la **centrale thermique d'Aramon**, et directement restitué au Rhône. Sur le reste du bassin, on comptabilise un volume brut de l'ordre de **720 millions de m³** (source : BDD redevances Agence) **pour les autres industries**, soit un débit fictif continu de près de 23 m³/s.

Ces prélèvements se répartissent de façon à peu près égale entre le fleuve Rhône (160 Mm³), sa nappe alluviale (193 Mm³), les affluents au Rhône (183 Mm³) et les autres nappes du bassin du Rhône (183 Mm³) (source : BDD redevances Agence).

Figure 66 : Prélèvements bruts annuels industriels sur le bassin du Rhône français (Mm³, 2010)



Source : données Redevances de l'Agence RMC – Graphe : BRLi

En outre, la localisation des volumes de prélèvements rend compte de l'activité industrielle sur la bassin du Rhône, avec une concentration de la Saône à Ternay, et de Saint-Alban à Valence, ainsi qu'au sud du bassin (Figure 68).

Il est notable que la majeure partie du volume est prélevée par un petit nombre d'industries sur le bassin, comme illustré sur la Figure 67. **Les 20 plus importants préleveurs déclarés prélèvent 65 % du volume brut** (source : BDD redevances Agence). En conséquence, on s'intéressera de façon spécifique aux plus gros préleveurs.

Figure 67 : Volumes bruts déclarés par maîtres d'ouvrage (BDD redevances Agence) Les 20 principaux préleveurs prélèvent 65 % du volume brut déclaré.

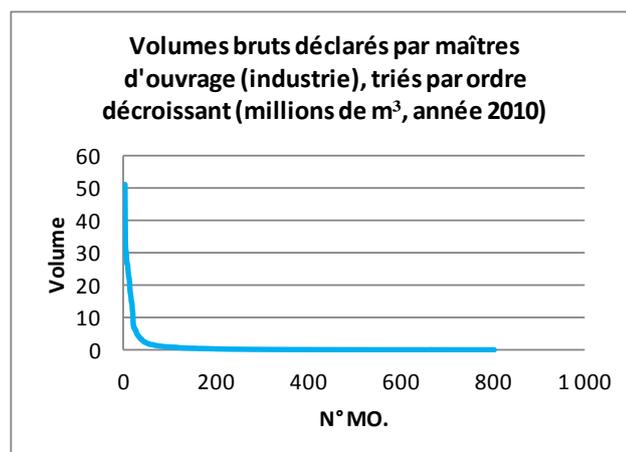
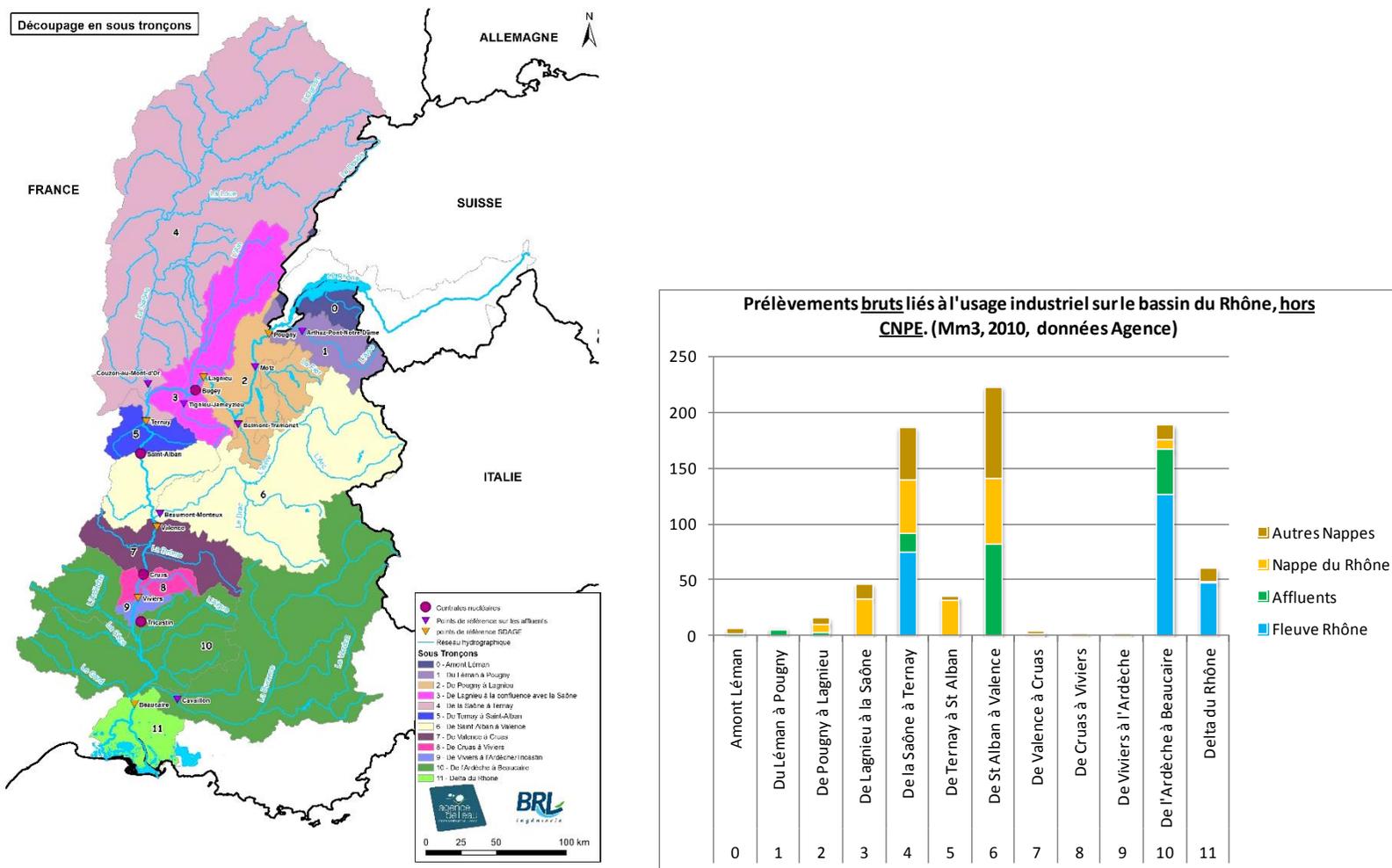


Figure 68 : Prélèvements bruts annuels industriels (hors CNPE) sur le bassin du Rhône français, par tronçon d'étude (Mm³, 2010) (source : données Redevances de l'Agence).



Les dix industriels qui prélèvent les plus grands volumes d'eau bruts sur le bassin du Rhône sont notamment des établissements du secteur de la chimie, ainsi que les industriels près de Marseille (Tableau 23). Cependant, ils rejettent la majeure partie des volumes d'eau prélevés (un taux de rejet moyen compris entre 85 % et 100 % est estimé pour ces maîtres d'ouvrages, d'après les données IREP).

Le port de Marseille et la communauté de communes de Marseille sont alimentées par les eaux du canal d'Arles à Bouc (Rhône) et du canal de Marseille (Durance), mais l'on peut considérer que leurs rejets ont lieu hors du bassin du Rhône ; le taux de retour correspondant pour le bassin du Rhône est donc estimé à 0 %.

Tableau 23 : Principaux préleveurs industriels pour les volumes BRUTS sur le bassin du Rhône français

Nom Maître d'ouvrage	Volume Brut (Mm3)	Estimation Retour BV Rhône**	Sous-Bassin	SYSTEME	MILIEU	SOUT/SUP
OSIRIS	51	100%	Rhône de St.-Alban à Valence Rive G.	Rhône	Nappe Alluviale	Souterrain
CU. DE MARSEILLE PROVENCE METROPOLE	30	0%	Durance	Intéragissant	Affluent_Canal	Superficiel
INSTITUT MAX VON LAUE PAUL	27	100%	Isère	Intéragissant	Affluent_SUP	Superficiel
ARKEMA FRANCE	23	90%	Rhône de la Saône à Ternay	Rhône	Fleuve Rhône	Superficiel
ADISSEO FRANCE SAS	23	100%	Rhône de Ternay à St-Alban Rive G.	Rhône	Nappe Alluviale	Souterrain
SOLVAY ELECTROLYSE FRANCE	22	100%	Saône	Rhône	Rhône_Canal	Superficiel
SOLVAY ELECTROLYSE FRANCE	21	100%	Saône	Intéragissant	Autre Nappe	Souterrain
GRD PORT MARITIME DE MARSEILLE	21	0%	Delta du Rhône	Rhône	Rhône_Canal	Superficiel
PERSTORP FRANCE	19	100%	Isère	Intéragissant	Autre Nappe	Souterrain
FIBRE EXCELLENCE TARASCON SAS	18	84%	Delta du Rhône	Rhône	Fleuve Rhône	Superficiel

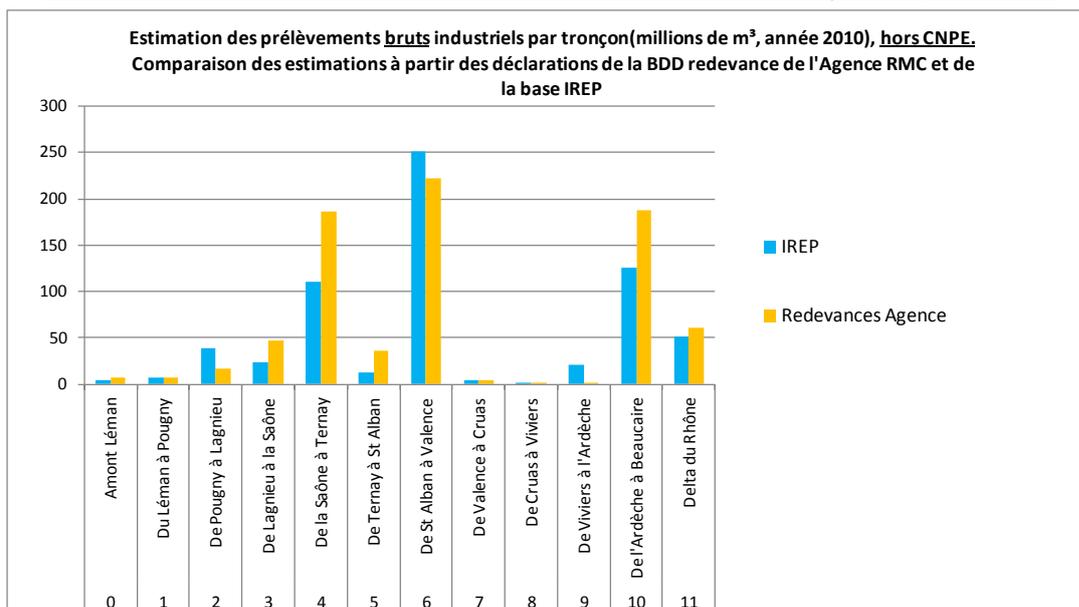
* Données Agence (redevance)

** D'après données IREP principalement

Source : Données Redevances Agence, Volumes bruts 2010 – Tableau : BRLi

Le graphique ci-dessous (Figure 69) permet de comparer les données de prélèvements bruts disponibles dans les bases Redevances et IREP. En moyenne, les prélèvements de la base Redevances sont plus importants, ce qui est cohérent avec les différences d'obligations de déclaration (seuil de déclaration de 10 000 m³/an à l'Agence et de 50 000 m³/an pour l'IREP). Les données sont relativement cohérentes entre elles, avec des écarts parfois notables cependant (60 Mm³ sur certains tronçons). Pour l'estimation des prélèvements nets, nous prenons donc en compte ces deux sources de données afin de ne pas négliger une partie importante des prélèvements industriels.

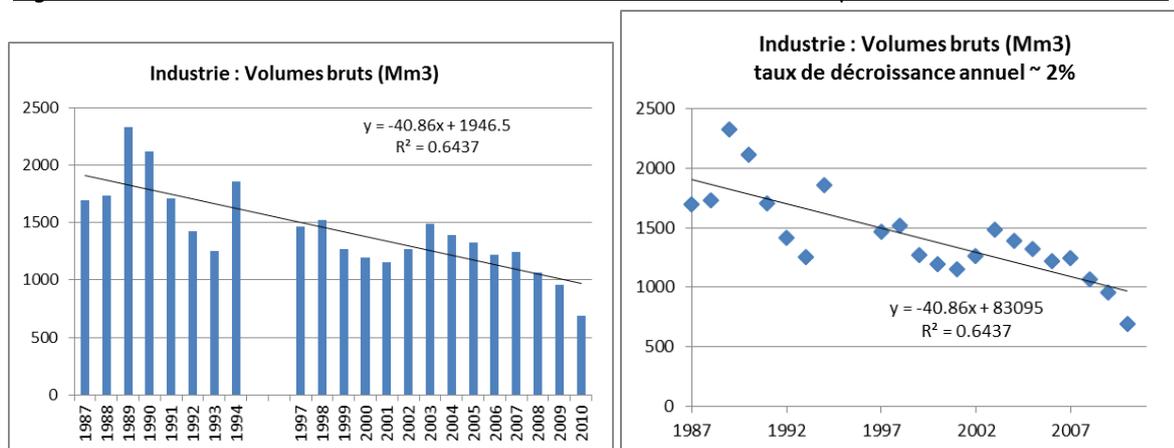
Figure 69 : Volumes bruts des industriels déclarés sur le bassin du Rhône français, hors CNPE, pour les données Redevances et les données IREP. Volume annuel (Mm³, 2010) par tronçon d'étude.



4.5.3 Evolution historique des prélèvements historiques pour l'industrie

A la vue de l'évolution des prélèvements bruts renseignés dans la BDD Redevances, on peut considérer une baisse des consommations industrielles. Sur la base des volumes bruts déclarés, on estime une baisse moyenne de l'ordre de 2 % par année entre 1987 et 2010 (voir figure ci-après).

Figure 70 : Prélèvements bruts liés à l'industrie sur le bassin du Rhône d'après les données Redevances.



D'après l'étude *Ressources et besoins en eau en France à l'horizon 2030* du Centre d'Analyse Stratégique, on a observé à l'échelle de la France une baisse des prélèvements de plus de 30 % entre 1970 et 2005, et de 20 % entre 1999 et 2009.

Ces chiffres sont assez cohérents avec l'estimation d'une décroissance moyenne annuelle de 2 %. Nous retenons donc ce chiffre afin de constituer une chronique des consommations industrielles sur la période 1987-2011.

4.5.4 Estimation des principaux prélèvements nets liés aux usages industriels pour le bassin du Rhône

Les pertes en eau pour le bassin du Rhône, liées aux usages industriels, sont des deux ordres :

- ▶ Les consommations nettes des industriels, parmi lesquelles les consommations des centrales nucléaires ;
- ▶ Les prélèvements d'industrie dont les rejets sont situés hors du bassin du Rhône.

LES CENTRALES NUCLÉAIRES

Le prélèvement net des centrales nucléaires est principalement lié au refroidissement en circuit fermé. On peut estimer à environ 0,75 m³/s le débit fictif évaporé par tranche nucléaire 900 MW en circuit fermé (source EDF). Cela concerne la centrale de Bugey (deux tranches en circuit fermé), et la centrale de Cruas (quatre tranches en circuit fermé) (voir Tableau 24, déjà présenté plus haut). On considère que les tranches en circuit ouvert ne consomment pas d'eau.

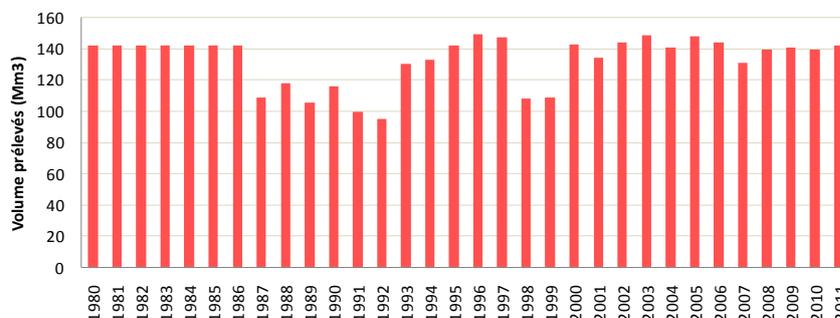
Les consommations d'eau des centrales nucléaires sur le Rhône représentent donc un débit équivalent de 4,5 m³/s pour l'ensemble du cours du Rhône ; soit un volume annuel de l'ordre de 140 Mm³/an.

Tableau 24 : Prélèvements bruts en eau opérés par les centres nucléaires (source : EDF)

Unités de production	Mise en service	Circuit fermé (aéroréfrigérant)		Circuit ouvert		TOTAL	Prélèvement brut		Prélèvement net	
		Nombre de tranches	Puissance (MW)	Nombre de tranches	Puissance (MW)	Puissance totale (MW)	Volume annuel (Mm ³)	Débit brut (m ³ /s)	Volume consommé (Mm ³)	Débit consommé (m ³ /s)
EDF-CNPE Bugey	1972	2	1 760	2	1 820	3 580	3 100	98	47	1,5
EDF-CNPE St Alban	1985			2	2 600	2 600	4 100	130	0	0
EDF-CNPE Cruas	1983	4	3 600			3 600	500	16	95	3
EDF-CNPE Tricastin ¹⁶	1980			4	3 600	3 600	5 000	158	0	0
EDF-CPT Aramon	1905			2	1 400	1 400	90	3	0	0
Total		6	5 360	10	9 420	14 780	12 790	405,3	142	4,5

La chronique des prélèvements bruts déclarés aux redevances Agence de l'eau pour 1980-2010 a été étudiée et comparée à ces valeurs de référence. Les volumes prélevés chaque année peuvent différer selon le fonctionnement des centrales et l'utilisation des tranches ; l'historique des volumes bruts est représenté ci-dessous. **Pour l'année 2010, on estime le prélèvement net annuel des CNPE à 4,4 m³/s.**

Figure 71 : Rétrospective de l'évolution des volume prélevés sur le bassin du Rhône pour les CNPE sur la période 1980 - 2011



¹⁶ Le prélèvement se fait dans le canal d'aménage de l'aménagement de Donzère-Mondragon

LES PRINCIPAUX CONSOMMATEURS D'EAU INDUSTRIELS HORS CNPE

La base de données IREP permet d'identifier les principaux consommateurs d'eau industriels sur le bassin du Rhône (Tableau 25).

Tableau 25 : Industriels du bassin du Rhône, dont la consommation d'eau annuelle dépasse 2 millions de m³, d'après les déclarations IREP, 2010.

Industries dont la consommation d'eau annuelle dépasse 2 millions de m³ (source : IREP, 2010)

Etablissement	Commune	Prélèvement brut (Mm3)*	Consommation nette (Mm3)*	Sous-bassin	SYSTÈME de prélèvement	MILIEU de prélèvement
EURODIF PRODUCTION	PIERRELATTE	18.8	13.4	Rhone de l'Ardeche à Beaucaire Rive G.	Rhone	Nappe Alluviale
BLUESTAR SILICONES Et.de Roussillon	ROUSSILLON	11.3	9.8	Rhône de St-Alban à Valence Rive G.	Rhone	Nappe Alluviale
ArcelorMittal FOS	FOS-SUR-MER	15.5	8.8	Delta du Rhone	Rhône	Rhône
Rousselot Isle sur la Sorgue SAS	ISLE-SUR-LA-SORGUE	7.4	5.2	Rhone de l'Ardeche a Beaucaire Rive G.	Interagissant	Affluent_SUP
FERROPEM - Usine d'Anglefort	ANGLEFORT	3.2	3.2	Rhone de Pougny à Lagnieu	Rhone	Nappe Alluviale
RHODIA PI Belle-Etoile	SAINT-FONS	16.7	3.2	Rhone de la Saone à Ternay	Rhone	Nappe Alluviale
Fibre Excellence Tarascon	TARASCON	18.1	3.0	Delta du Rhone	Rhone	Fleuve Rhone
Raffinerie de Feyzin	FEYZIN	6.2	2.9	Rhone de la Saone à Ternay	Rhone	Rhone_Canal et
UGITECH	UGINE	3.8	2.9	Isère	Interagissant	Affluent_SUP
ARKEMA	JARRIE	25.8	2.8	Isère	Interagissant	Autre Nappe
STORENGY	ETREZ	2.1	2.1	Saône	Interagissant	Autre Nappe
SGL CARBON SAS- Usine de CHEDDE	PASSY	6.4	2.1	Arve	Interagissant	Source
Rhodia Energy Services Pont-de-Claix	PONT-DE-CLAIX	2.0	2.0	Isère	Interagissant	Autre Nappe

* Estimée d'après les données IREP

Ces treize industriels représentent un volume consommé de l'ordre de 60 millions de m³ pour l'année 2010 (source IREP), soit un débit fictif continu de 1,9 m³/s.

LES TRANSFERTS VERS L'EXTÉRIEUR DU BASSIN

A cela s'ajoutent les prélèvements industriels dont les rejets ont lieu hors du bassin du Rhône. On considère que cela concerne les industries alimentées par la SCP et BRL, les industries situées hors du bassin du Rhône et alimentée par des canaux issus du Rhône et de la Durance (voir ci-dessous), et enfin des industries situées très à l'aval du bassin (communes de Fos, Istres,...).

Tableau 26 : Prélèvements industriels sur le bassin du Rhône pour lesquels les rejets correspondant sont effectués hors du bassin du Rhône. Volumes bruts annuels (2010), Mm³, Données Redevances.

Principaux prélèvements dont le rejet ne revient pas au bassin du Rhône

Nom Maître d'ouvrage	Ouvrage	Commune	Volume Brut (Mm3)*	Sous-Bassin	SYSTEME	MILIEU
GRD PORT MARITIME DE MARSEILLE	PRISE DANS CANAL ARLES à BOUC - PORT AUTONOME DE FOS-SUR-MER	ARLES	21	Delta du Rhône	Rhône	Rhône_Canal
CU DE MARSEILLE PROVENCE METROPOLE	PRISE D'EAU DANS LE CANAL EDF A ST-ESTEVE	ST ESTEVE JANSON	30	Durance	Intéragissant	Affluent_Canal
BRL	PRISE DANS LE Rhône LIEU-DIT MAS DE MAILLAN	FOURQUES	10	Delta du Rhône	Rhône	Rhône
Autres prélèvements à Fos, Miramas, Istres, St Martin de Crau			11	Delta du Rhône	Intéragissant	Nappe
SCP			30	Durance	Intéragissant	Affluent_canal

* Données Agence (redevances)

Ces prélèvements représentent un volume de l'ordre de 100 millions de m³ pour l'année 2010, d'après les volumes de la base de données redevances de l'Agence, soit un débit fictif continu de près de 3,2 m³/s.

LES AUTRES PRÉLÈVEMENTS NETS

Afin d'estimer les prélèvements nets liés aux autres industries, on calcule un taux de rejet moyen par sous-bassin versant d'après la base de données IREP pour ces préleveurs. Ce taux de retour est ensuite appliqué par sous-bassin à la base de données des redevances de l'Agence (hors prélèvements présentés précédemment). Cette méthode permet de ne pas négliger les prélèvements renseignés dans la base de données Agence uniquement. On a ainsi estimé les prélèvements nets par sous-bassin d'étude.

Le volume de prélèvement net ainsi estimé s'élève à 65 millions de m³ pour le bassin du Rhône, soit un débit fictif de 2 m³/s.

Ce volume est soumis à des incertitudes, liées notamment à la non-exhaustivité des bases de données. Cependant, on peut considérer qu'il s'agit d'une première bonne estimation globale, à l'échelle du bassin du Rhône.

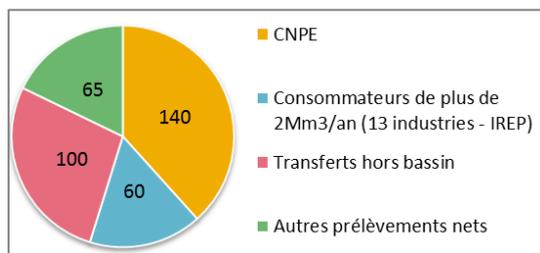
SYNTHESE

Les prélèvements nets industriels sur le bassin du Rhône peuvent donc être estimés à environ 367 millions de m³/an, soit un débit fictif de l'ordre de 11,6 m³/s. Sur ces 11,6 m³/s, 4,4 m³/s sont consommés par les centrales nucléaires et 7,2 m³/s sont consommés par les autres industries.

On peut considérer que l'incertitude sur cette estimation est de l'ordre de la dizaine de millions de m³, soit un débit fictif de l'ordre de 1 m³/s.

Parmi ces 367 millions de m³/an, environ 140 Mm³ sont liés au refroidissement des centrales de Bugey et Cruas (40 %), 100 Mm³ sont liés aux transferts d'eau hors du bassin (25 %), et 125 Mm³ sont des consommations d'eau des industries (Figure 72).

Figure 72 : Estimation des prélèvements nets industriels sur le bassin du Rhône en Mm³ (CNPE incluses).



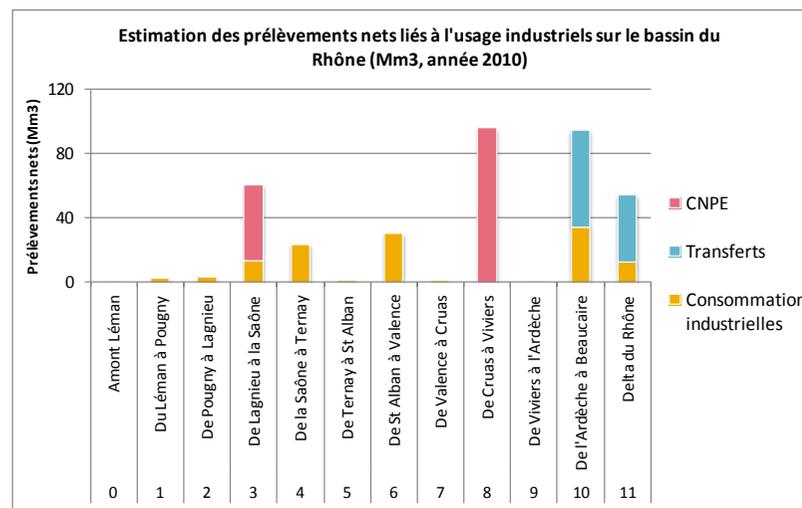
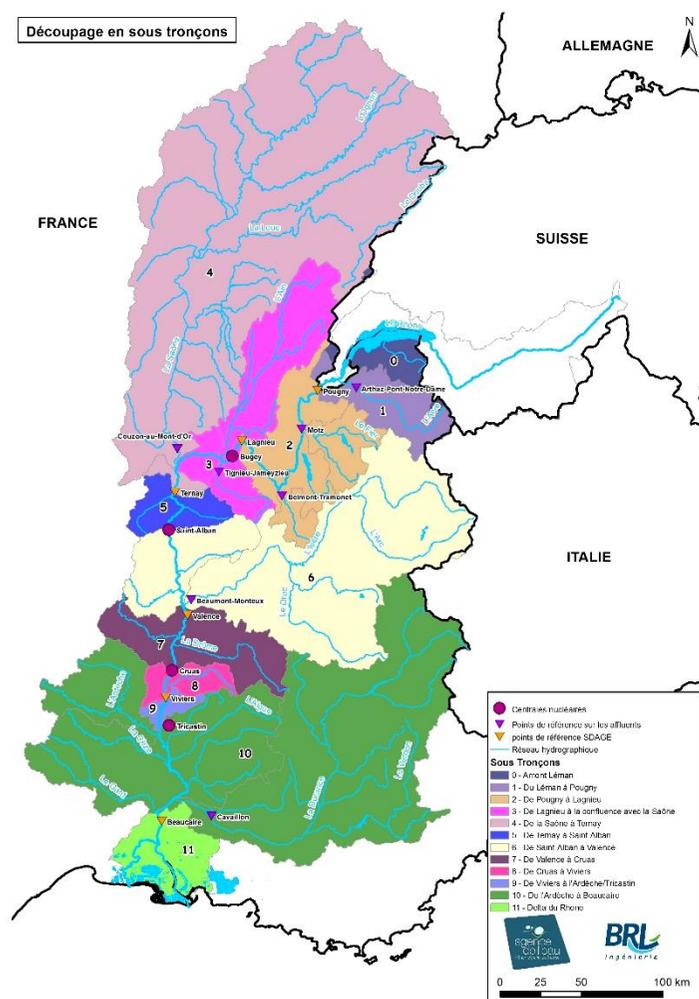
La Figure 73 présente les prélèvements nets industriels estimés par tronçons d'étude du bassin du Rhône français.

De la frontière suisse à Lagnieu, et de Valence à l'Ardèche, on estime un très modeste prélèvement industriel net, inférieur à 20 Mm³ (débit fictif continu 0,6m³/s).

Les prélèvements notables sur le bassin sont les suivants :

- ▶ De Lagnieu à la Saône, le prélèvement de 47 Mm³/an de la centrale de Bugey sur le Rhône ;
- ▶ **De la Saône à Valence**, des prélèvements variés liés à une plus forte activité industrielle. On estime un prélèvement net total d'un peu moins de **60 Mm³/an**, soit 13 % du prélèvement brut déclaré sur ces tronçons ;
- ▶ **De l'Ardèche à Beaucaire**, une perte d'eau de près de **180 Mm³/an** est estimée, parmi lesquelles :
 - le prélèvement de 95 Mm³ de la centrale du Cruas ;
 - des transferts d'eau depuis la Durance vers l'extérieur du bassin, via le réseau de la société du canal de Provence et le canal de Marseille. Les volumes prélevés dans ces canaux et à usage industriel, estimés à environ 60 Mm³/an, sont ensuite restitués hors du bassin ;
 - des **consommations industrielles**, estimées à environ 35 Mm³/an ;
- ▶ Dans le delta du Rhône, on estime le prélèvement net pour le bassin à environ 45 Mm³/an, lié notamment à une forte activité industrielle au sud du bassin (Fos, Marseille) et la non-restitution des eaux au bassin (réseau BRL et non restitution pour les industries au sud du Delta).

Figure 73 : Prélèvements nets annuels industriels estimés sur le bassin du Rhône français, par tronçon d'étude (Mm³, 2010).



4.6 AUTRES PRÉLÈVEMENTS

On traite dans cette partie les prélèvements qui n'ont pas été identifiés comme liés aux usages agricoles, domestiques et industriels ou énergétiques.

4.6.1 Canaux de navigation

On retrouve dans la base de donnée des redevances de l'Agence des prélèvements parfois importants associés aux canaux de navigation. Le prélèvement brut total attribué à ces canaux dans la base de donnée en 2010 est de **389 Mm³**. **Ce prélèvement est localisé à 99 % dans le sous-bassin de la Saône**, avec notamment le canal de Bourgogne, le canal du Rhône au Rhin et le canal de Montbéliard.

VNF a été contacté afin de discuter de la signification des valeurs renseignées dans la BDD, du fonctionnement de leurs canaux et des volumes qu'ils transfèrent depuis et vers le bassin versant du Rhône. Les informations échangées lors de ces entretiens téléphoniques sont synthétisées en annexe.

Les volumes contenus dans la BDD Redevance ne peuvent pas être utilisés tels quels. Faute de moyen de mesure, ces volumes sont la plupart du temps estimés au forfait. Ce forfait est homogène pour l'ensemble des canaux et s'élève à environ 1,5 Mm³/km de canal. Ce forfait surestime fortement le prélèvement réel (de l'ordre de 4 à 5 fois). Les prélèvements des canaux de navigation servent pour compenser l'eau perdue en raison de l'évaporation et des fuites et pour permettre le fonctionnement des écluses (l'eau dans ce cas est restituée en aval).

On identifie plusieurs types de canaux qui se distinguent par leur mode de fonctionnement et d'alimentation en eau :

- ▶ Les canaux totalement artificiels :
 - Alimentés à partir d'un barrage en rivière (dans cette configuration, l'eau a tendance à aller toujours dans le même sens) ;
 - Alimentés par des barrages réservoirs dans le cas des canaux à biefs de partage. L'eau descend depuis le bief de partage, situé sur un point haut, vers un versant ou l'autre. On retrouve généralement sur ces systèmes des prises d'eau en rivière qui complètent l'alimentation du canal le long de son parcours ;
- ▶ Les canaux en dérivation (bras artificiels qui longent une rivière), pour lesquels on retrouve des prises d'eau au niveau des écluses. Les canaux dérivent l'eau des cours d'eau sur quelques centaines de mètres à quelques kilomètres. Le canal du Rhône au Rhin a par exemple 17 dérivations sur le Doubs. L'eau des dérivations successives est donc prélevée puis restituée en aval, la plupart du temps au même cours d'eau.

Neuf canaux de navigation concernent le bassin versant du Rhône, ils sont listés dans le tableau suivant.

Nom Canal	Bassins versants connectés	Type d'alimentation	Caractéristiques techniques
Canal de Bourgogne	Yonne (Seine) - Saône	Bief de partage alimenté par 6 barrages réservoirs (volume total de 22 Mm ³). Alimentation complétée par des prises d'eau en rivière.	Gabarit Freycinet. 242 km de long, 189 écluses (113 versant Yonne, 76 versant Saône).
Canal du Centre	Loire - Saône	Bief de partage alimenté par 9 barrages réservoirs (volume total de 18 Mm ³). Alimentation complétée par des prises d'eau en rivière.	Gabarit Freycinet. 112 km de long, 61 écluses (27 versant Loire, 34 versant Saône)
Canal du Rhône au Rhin	Rhin - Saône	Canal de dérivation	Grand Gabarit et Freycinet, 235 km de long et 114 écluses
Canal de la Marne à la Saône (ou canal entre Champagne et Bourgogne)	Marne (Seine) – Saône	Bief de partage alimenté par 4 réservoirs. Alimentation complétée par des prises d'eau sur la Marne et la Vingeanne (versant Saône)	Gabarit Freycinet 224km de long, 114 écluses (71 versant Marne, 43 versant Saône)
Canal des Vosges (ou canal de l'Est branche sud)	Moselle - Saône	Bief de partage alimenté par un barrage réservoir alimenté depuis la Moselle	Gabarit Freycinet. 439 km de long. 93 écluses (46 versant Saône, 47 versant Moselle)
Canal de Montbéliart (ou canal de la Haute-Saône)	Canal du Rhône au Rhin – Port sur la commune de Botan (BV Doubs, Saône)	Alimenté par le bassin de Champagne	Gabarit Freycinet. 23 km de long. 14 écluses.
Canal du Rhône à Sète	Rhône – Etang de Thau	Canal de dérivation	Grand Gabarit. 72 km de long. 1 écluse
Canal d'Arles à Bouc	Rhône – Méditerranée	Canal de dérivation	47.4 km de long, 3 écluses
Canal Saint Louis (Port-Saint-Louis-du Rhône)	Rhône - Golfe de Fos	Canal de jonction par dérivation	Grand Gabarit, 3km de long, 1 écluse

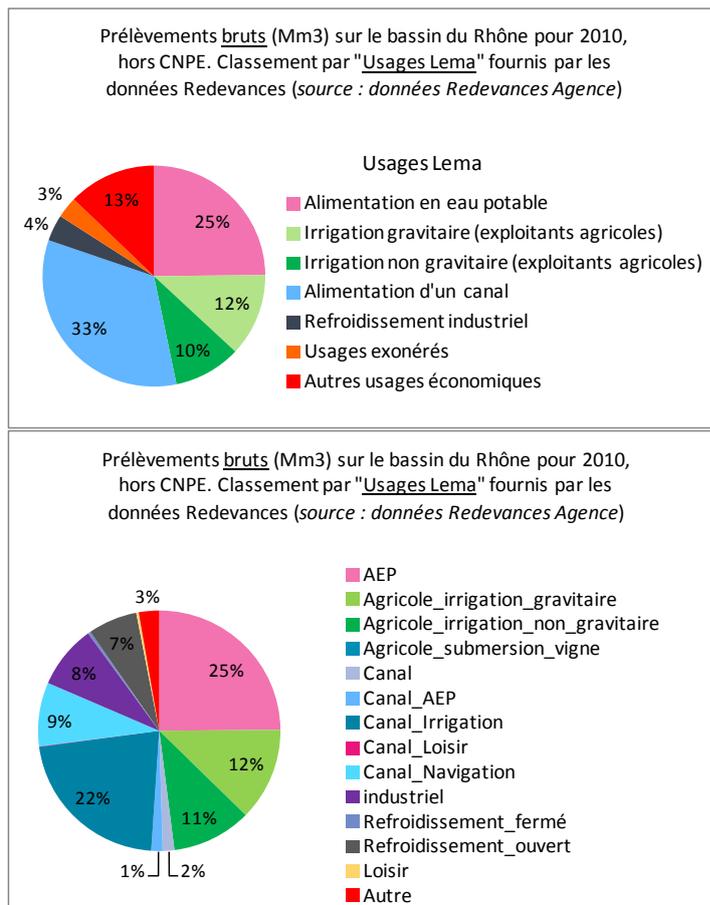
Compte tenu des informations disponibles, on considèrera que les prélèvements nets associés aux canaux sont de l'ordre de 25 % du Pbrut de la base de donnée Agence et qu'ils sont répartis de façon homogène au cours de l'année (en pratique le trafic, notamment touristique, est plus élevé en été et les volumes nécessaires pour le fonctionnement des écluses peuvent donc être plus importants en cette saison). Il est possible que cette estimation surestime le prélèvement de certains canaux, notamment le canal du Rhône au Rhin qui est alimenté par une succession de nombreuses prises/rejets en rivière, sans qu'il y ait de transferts interbassin.

Le prélèvement net pour cet usage est ainsi estimé à 95 Mm³, soit un débit fictif continu d'environ 3 m³/s.

4.6.2 Autres prélèvements

La base de données Redevances renseigne pour 2008 les prélèvements par « usage LEMA », parmi lesquels, 13 % en volume sont renseignés comme « Autres usages économiques », et 3 % comme « exonérés », soit 700 millions de m³ sur le bassin (Figure 74). Grâce à un traitement sur la base de données Redevance, présenté en annexe, nous avons réattribué ces prélèvements à des usages plus adéquats (industriel, loisir, autres, ...) pour nous permettre d'estimer les prélèvements nets. A l'issue de ce traitement, **les prélèvements « autres » et « loisirs » représentent 161 millions de m³.**

Figure 74 : Classement des prélèvements bruts de la base de données Redevances par usages LEMA, et par catégories d'usage, après traitement et reventilation réalisée par BRLi



Ces prélèvements correspondent à un ensemble hétérogène d'usages, parmi lesquels :

- ▶ les piscines, les golfs, les stations thermales ;
- ▶ la fabrication de neige artificielle ;
- ▶ la réalimentation de milieux (nappes ou cours d'eau) ;
- ▶ des sociétés privées ;
- ▶ etc.

Afin d'estimer les prélèvements nets à l'étiage que ces usages représentent, à l'échelle macroscopique du bassin du Rhône, nous appliquons des règles de calcul simples présentées dans le Tableau 27.

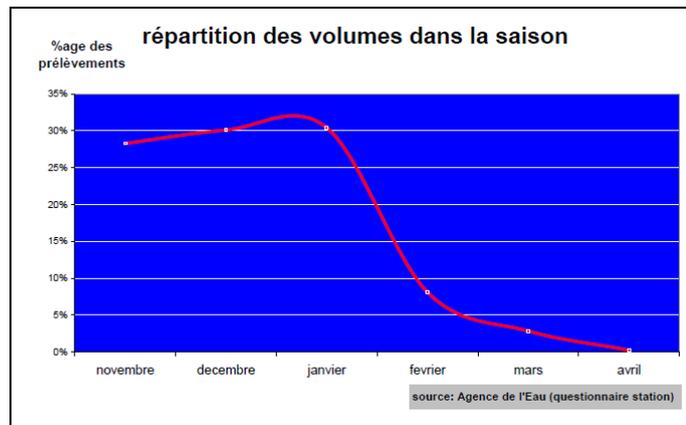
Les prélèvements liés à la neige de culture sur le district Rhône-Méditerranée-Corse sont estimés à 10 millions de m³ pendant les quatre mois de saison touristique (*source : Agence RMC «étude de l'impact de la production de neige de culture sur la ressource en eau, en hiver, en montagne »*). Ces prélèvements étant surtout effectués pendant la période touristique hivernale, **soit de novembre à mars** (Figure 75), ils doivent donc être répartis de manière saisonnière. **Pour la période de mai à novembre (englobant les basses-eaux du Rhône, de Lyon à l'aval), on pourra estimer les prélèvements nets liés à la neige de culture comme nuls.** Ces prélèvements devront cependant être pris en compte pour une quantification de l'étiage hivernal.

La « réalimentation des milieux » concerne principalement :

- ▶ La réalimentation des nappes, par les mairies. On considère qu'il s'agit d'un volume d'eau prélevé et restitué sur un même sous-bassin et le prélèvement net est donc considéré comme nul à l'échelle des sous-bassins d'étude ;
- ▶ La réalimentation du Lez (fleuve côtier languedocien traversant la ville de Montpellier) par le canal BRL pour le compte de l'agglomération de Montpellier : il s'agit ici d'un transfert hors du bassin du Rhône, on considère donc que le prélèvement net vaut le prélèvement brut total.

On attribue les « golfs et espaces verts » à des maîtres d'ouvrages identifiés comme golfs, et des mairies dont les prélèvements sont passés d'un usage « agricole » à « autres usage économique » avec l'application de la nomenclature LEMA.

Figure 75 : Répartition mensuelle des prélèvements pour la neige de culture



Source : Agence RMC «Etude de l'impact de la production de neige de culture sur la ressource en eau, en hiver, en montagne ».

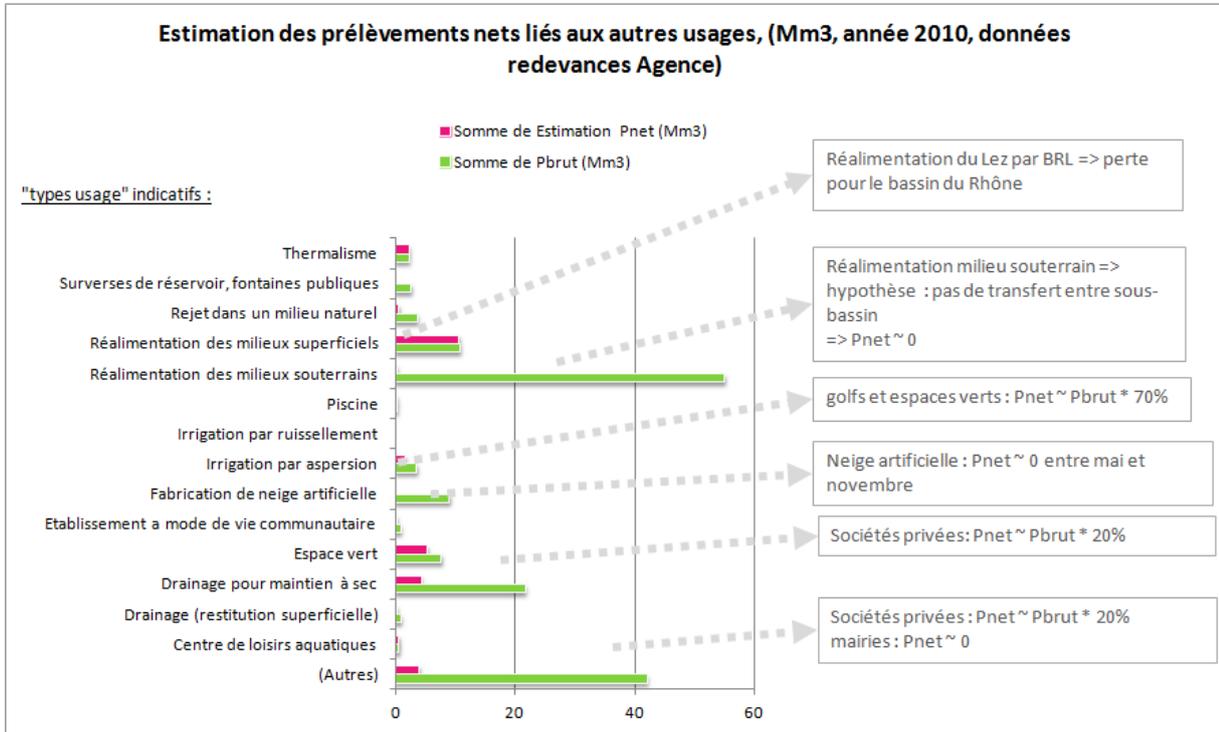
Tableau 27 : Estimation des prélèvements nets à l'étiage pour les « autres usages »

Estimation des prélèvements nets pour la période d'étiages pour les autres usages

Catégories de prélèvement	à l'étiage
Réalimentation des milieux, surverses, mairies	Pnet =0
Industries	Pnet = Pbrut * 20%
Canaux vers l'extérieur du bassin (réseau BRL)	Pnet = Pbrut
Neige artificielle	Pnet = 0 à l'étiage
Golfs, arrosage espaces verts	Pnet = Pbrut *70%
Piscines	Pnet = Pbrut à l'étiage

La Figure 76 illustre le calcul des prélèvements nets à partir des prélèvements bruts. Les catégories d'usage présentées sont des « types usages » renseignés à titre indicatif dans la base de données redevance, avant les années 2008.

Figure 76 : Estimation des prélèvements nets pour les « autres usages » sur le bassin du Rhône, à partir des connaissances des prélèvements bruts. Volumes 2010, en Mm³.

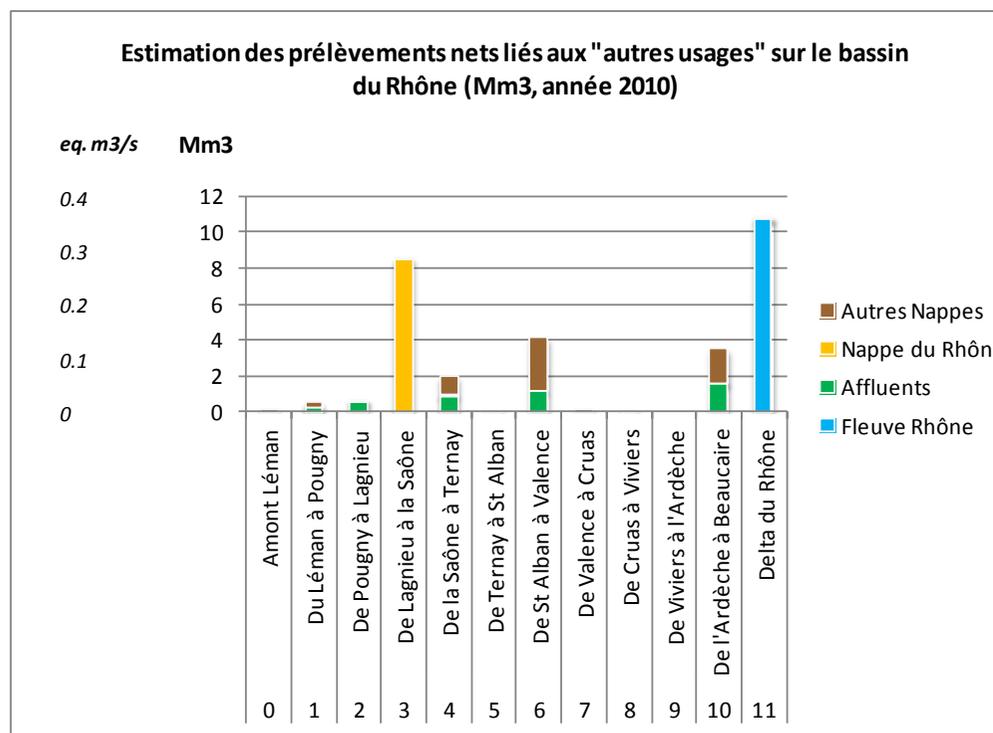
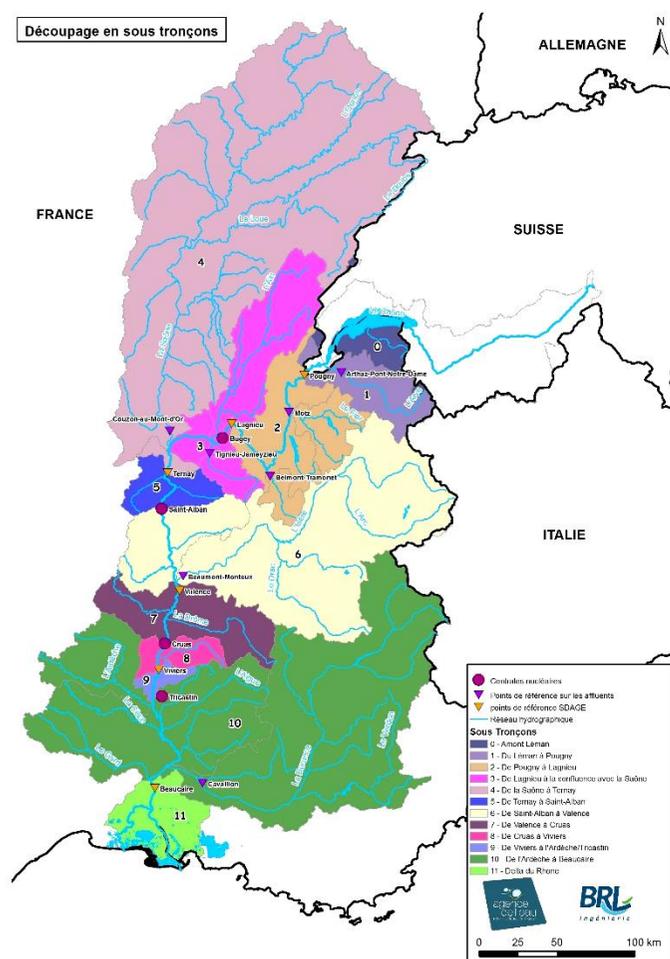


Le volume de prélèvement net ainsi estimé pour les « autres usages », et comme impactant la période d'été, est estimé à 31 Mm³/an sur l'ensemble du bassin du Rhône, soit un débit fictif continu de 1,0 m³/s.

Face aux incertitudes de l'étude et à l'échelle de travail, ces prélèvements peuvent donc être considérés comme négligeables pour l'approche développée ici.

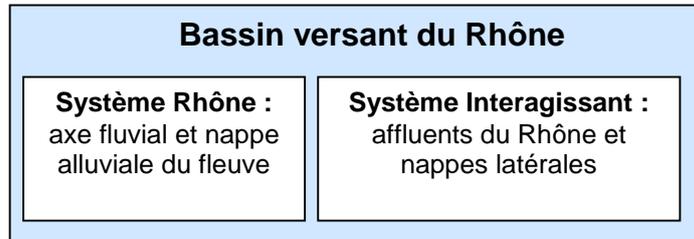
La répartition de ce volume par milieu de prélèvement et par tronçon géographique est présentée sur la Figure 77.

Figure 77 : Estimation des prélèvements nets liés aux « autres usages » (hors canaux de navigation) sur le bassin du Rhône par tronçons d'étude. Volumes 2010, Mm³.



4.7 BILAN DES PRÉLÈVEMENTS ACTUELS SUR LE BASSIN VERSANT FRANÇAIS DU RHÔNE

Les prélèvements seront différenciés suivant qu'ils concernent le système Rhône ou bien le système interagissant. Le schéma ci-dessous rappelle l'emboîtement des systèmes utilisés.



4.7.1 Vue d'ensemble des prélèvements bruts à l'échelle annuelle

Nous donnons ici une vision d'ensemble des prélèvements bruts annuels sur le bassin versant du Rhône, issue de l'exploitation de la base de données « redevance prélèvements » de l'Agence RMC.

Concernant l'usage hydroélectrique :

- ▶ L'impact annuel des ouvrages de stockage sur le bassin est considéré nul ;
- ▶ Les volumes des transferts liés à l'hydroélectricité sont calculés à partir des données fournies par EDF.

Un travail de traitement et de critique de la base de données a été mené et est présenté en annexe 5. On rappelle en particulier que **les volumes de la base ne sont pas toujours des volumes prélevés effectifs** (dans le cas, par exemple, des redevances au forfait), et que les modes de calcul ont évolué dans le temps. On rappelle également que la base de données recense les prélèvements supérieurs à 10 000 m³/an (depuis 2008). Enfin, **il s'agit ici de volumes prélevés bruts, et non de consommations d'eau**. L'estimation des prélèvements nets est présentée dans le chapitre suivant, à l'aide de sources d'information complémentaires. Cependant, la base de données donne une première vision d'ensemble.

Il s'agit ici d'ordres de grandeur. Les chiffres présentés dans ce chapitre doivent donc être lus avec prudence¹⁷.

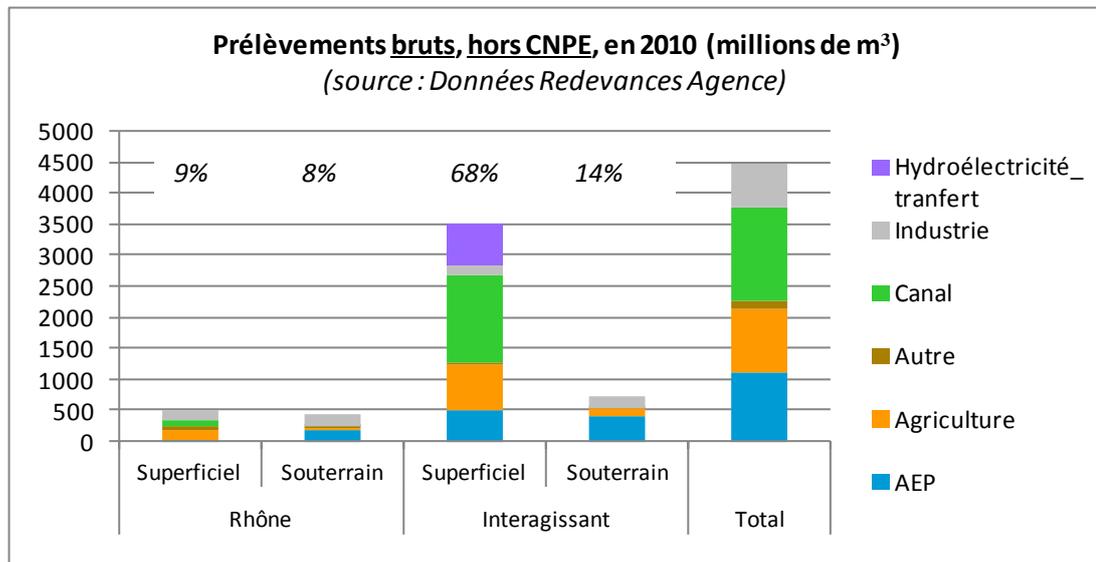
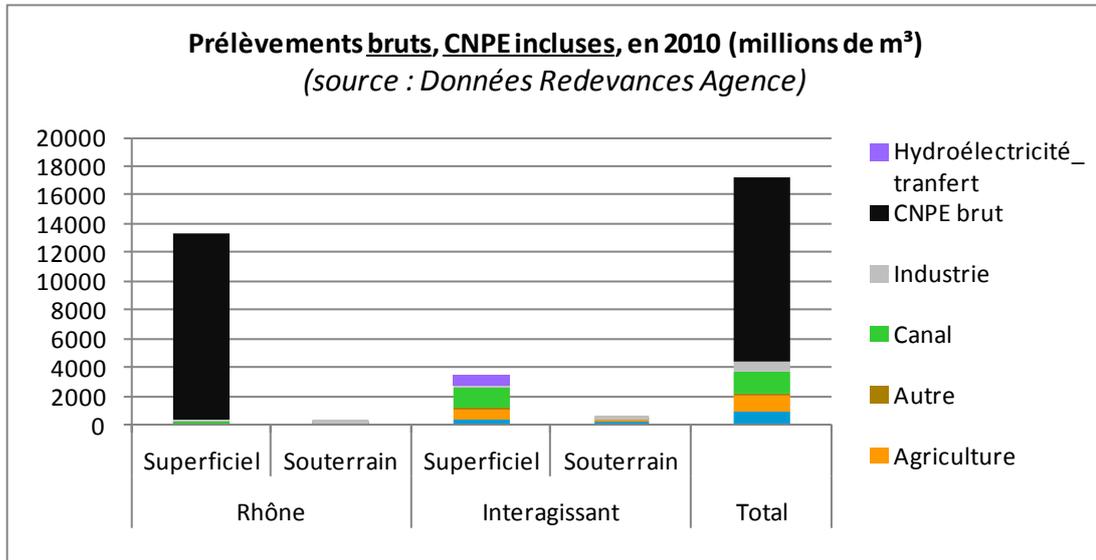
QUELS SONT LES PRÉLÈVEMENTS BRUTS À L'ÉCHELLE DU BASSIN DU RHÔNE ?

Le volume brut prélevé en 2010 sur l'ensemble du bassin versant du Rhône (i.e. système Rhône et système interagissant) s'élève à **5,16 milliards de m³, hors refroidissement des centrales nucléaires et thermique**, d'après la base de données redevances. Le volume brut prélevé pour le refroidissement des centrales s'élève à environ 12,7 milliards de m³, soit un débit fictif continu de 141 m³/s, mais la majeure partie est directement restituée au Rhône.

¹⁷ Il est à noter notamment que les prélèvements pour l'irrigation des rizières étaient exonérés avant 2006. En conséquence, ils ne figurent pas dans la base de données Agence avant cette date, et sont recensés de façon partielle depuis 2006.

Sur les **5,16** milliards de m³ bruts (hors CNPE), près de **20 %** sont prélevés sur le système Rhône (9 % dans la nappe alluviale, 8 % sur le fleuve) et environ **80 %** sont prélevés sur le « système interagissant » (14 % en souterrain et 68 % sur les affluents du Rhône). La part des prélèvements dans les eaux superficielles est de l'ordre de **70 %** sur le bassin. La répartition des volumes bruts prélevés par type d'usage est schématisée ci-après.

Figure 78 : Volumes prélevés bruts¹⁸ en 2010 (millions de m³), d'après la base de données redevances et les données EDF



¹⁸ L'usage « canal » correspond au volume transitant par les canaux, non consommé par les usages agricoles ou autres. Ce poste de prélèvement sera explicité plus bas.

BILAN DES PRÉLÈVEMENTS BRUTS PAR « TRONÇON »

Sur la partie suisse du bassin, nous ne disposons pas d'information.

De la frontière suisse à Lagnieu, le volume prélevé brut est de l'ordre de 160 millions de m³/an sur le bassin du Rhône d'après la base de données redevance, dont 75 % est lié à l'eau potable. Soit l'équivalent de 5 m³/s.

De Lagnieu à la Saône, le volume prélevé brut est de l'ordre de 300 millions de m³/an. Sur ces 300 millions de m³/an, environ un tiers peut-être attribué à l'approvisionnement en eau potable de la communauté urbaine de Lyon, d'après les données redevances. A cela, il faudra ajouter les 50 millions de m³ consommés en net par le refroidissement de la centrale de Bugey.

De la Saône à Ternay, environ 780 millions de m³ sont renseignés dans la base de données redevance. Parmi ces volumes, près de 400 millions de m³ correspondent en fait à des canaux de navigation (canal du Rhône au Rhin ; canal de Bourgogne...). Par ailleurs, un peu moins de 400 millions de m³ sont prélevés pour l'eau potable (villes du bassin affluent de la Saône : Montbéliard, Dijon, Villefranche, Besançon, Macon, etc.) et pour l'industrie, en particulier les secteurs de la chimie.

De Ternay à Saint Alban, 70 millions de m³ brut sont prélevés, à destination de l'eau potable et de l'industrie principalement.

De Saint Alban à Valence, un volume brut de l'ordre de 550 millions de m³ est prélevé, hors centrale nucléaire. La centrale de Saint Alban possède un circuit de refroidissement ouvert ; le volume prélevé (4,1 milliards de m³) est donc directement restitué. Parmi ces 550 millions de m³, on comptabilise 220 millions de m³ bruts prélevés par l'industrie (avec une prédominance du secteur de la chimie), 140 millions de m³ pour l'eau potable (dont l'alimentation de la ville de Grenoble) et 120 millions de m³ pour l'agriculture, avec entre autres l'alimentation et l'utilisation des canaux de la Bourne et de Gap.

De Valence jusqu'à la confluence avec l'Ardèche, on comptabilise un volume brut prélevé de l'ordre de 90 millions de m³ en 2010, hors centrale nucléaire. A cela, il faut ajouter la centrale de Cruas, qui possède quatre tranches en circuit fermé, soit une consommation nette d'eau qui peut être estimée à environ 95 millions de m³.

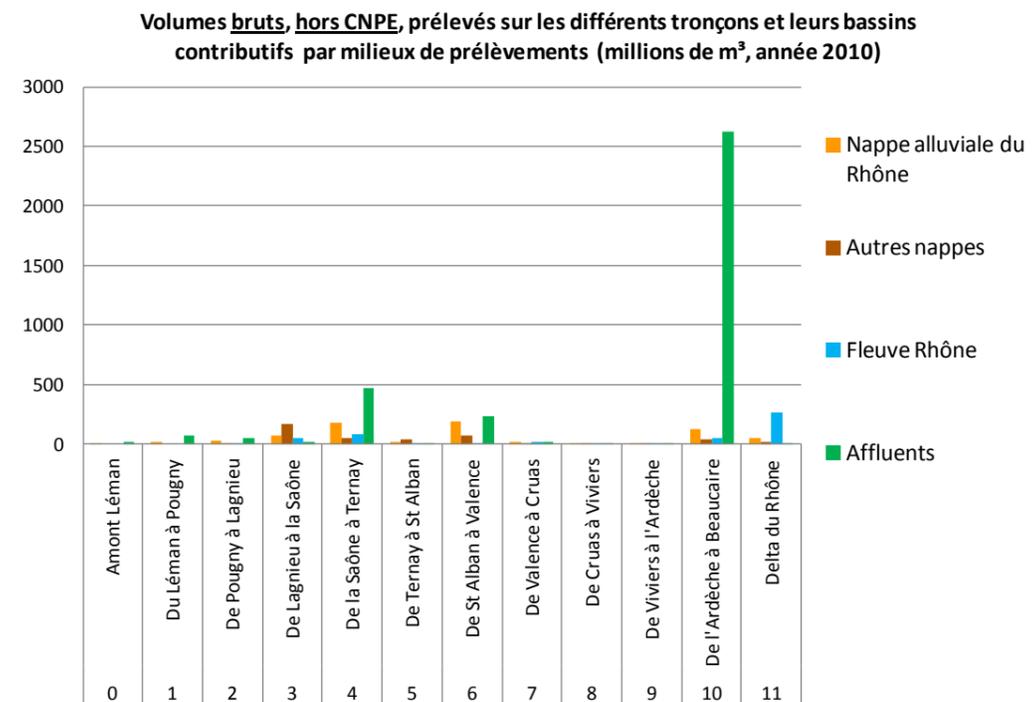
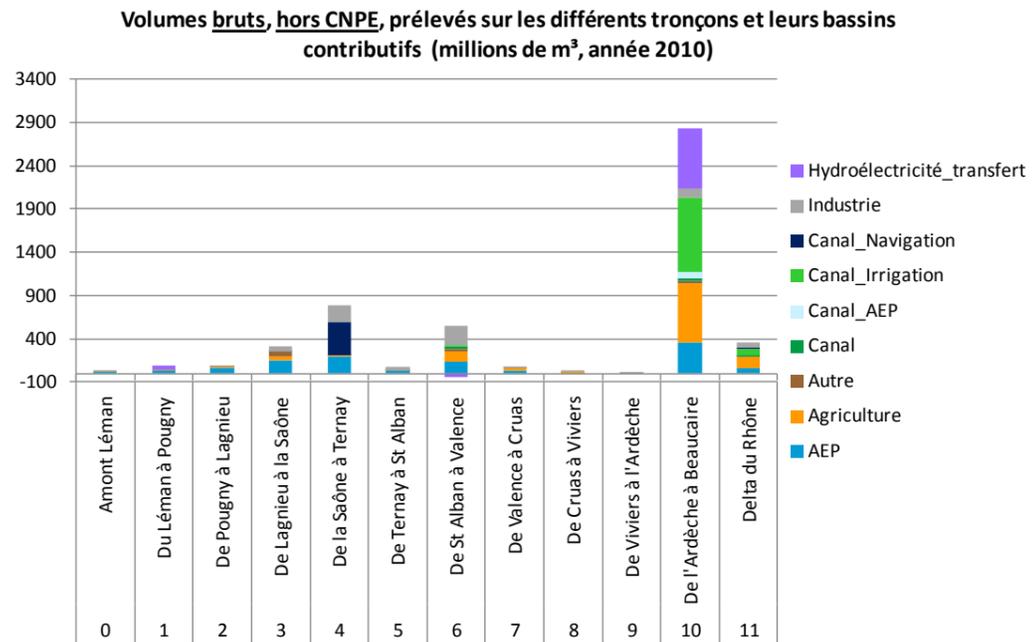
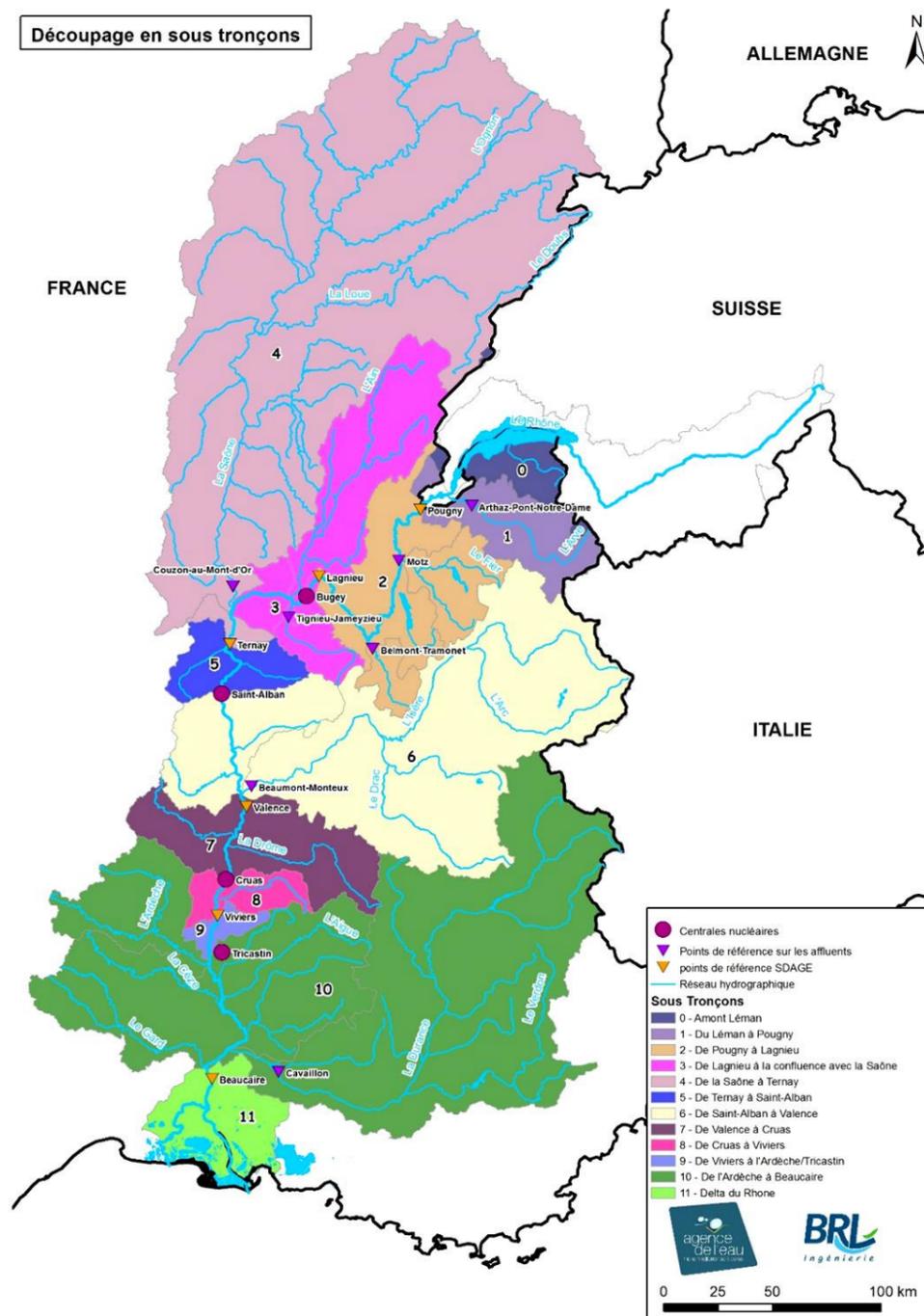
De la confluence avec l'Ardèche jusqu'à Beaucaire, on comptabilise un prélèvement brut de 2,4 milliards de m³ en 2010, hors CNPE.

Sur ce volume total, 1,24 milliards de m³ sont des prélèvements superficiels sur le bassin versant de la Durance, parmi lesquels environ 940 millions de m³ sont utilisés pour l'agriculture : pour l'alimentation des canaux (530 millions de m³) et pour l'irrigation (410 millions de m³). De plus, environ 275 millions de m³ bruts sont prélevés pour l'alimentation en eau potable sur le bassin de la Durance, parmi lesquels plus de 70 % dans les eaux de surface.

De plus, environ 200 Mm³ sont importés du bassin de la Loire via le barrage de Montpezat, et environ 900 Mm³ sont exportés de la Durance vers l'étang de Berre, via le barrage de Saint Chamas.

A l'aval de Beaucaire, environ 760 millions de m³ sont recensés dans la base de données, parmi lesquels environ 320 millions de m³ sont utilisés pour l'irrigation, et 275 millions de m³ alimentent des canaux d'irrigation. Environ 270 millions de m³ sont prélevés par l'ASCO des arrosants de la Crau et les canaux BRL en brut d'après la base de données.

Figure 79 : Volumes prélevés bruts en 2010, hors CNPE et hydroélectricité, (millions de m³) par tronçons, d'après la base de données redevances et les données EDF.



4.7.2 Vue d'ensemble des prélèvements nets

L'estimation des prélèvements nets s'est basée sur l'exploitation de différentes sources de données :

- ▶ Pour l'irrigation, l'estimation du prélèvement net utilise (voir rapport thématique irrigation pour le détail) :
 - Les données du modèle de besoin des plantes. Ce modèle exploite des données de surfaces irriguées du RGA 2010 et établit des calculs avec les chroniques de pluie et d'évapotranspiration de la base de données SAFRAN de Météo France (disponible sur la période 1959-2011) ;
 - La base de données redevances de l'Agence de l'eau. Ces données ont été utilisées notamment pour estimer les prélèvements nets des sous-bassins où on trouve des canaux gravitaires. Les prélèvements bruts de l'année 2010 ont également été utilisés pour caractériser le lien entre besoin des plantes et prélèvements nets sur l'ensemble des sous-bassins. **Climatiquement, vis-à-vis de la demande en eau d'irrigation, l'année 2010 correspond à une année intermédiaire entre une année moyenne et une année quinquennale sèche ;**
- ▶ Pour l'ensemble des autres usages, l'année 2010 a été utilisée comme année de référence. En effet, certaines des données utilisées n'étaient disponibles que sur une courte période (ex. : base de données IREP sur les rejets industriels (données disponibles pour les années 2009 à 2011), résultats des questionnaires AEP envoyés aux exploitants (données 2010), différenciation de l'usage canal dans la base de données redevance de l'Agence (disponible de 2008 à 2010).

Afin de rendre compte de l'**impact actuel des usages sur le bassin du Rhône**, les chiffres cités ci-après se basent donc sur :

- la moyenne des prélèvements nets pour l'irrigation calculés pour les surfaces irriguées en 2010 (RGA) à partir de la chronique météorologique 1980 – 2010 ;
- la moyenne des influences pour la période 1980-2011 pour les ouvrages de stockage ;
- la moyenne des influences pour la période 2006-2011 pour les transferts hydroélectriques ;
- les prélèvements nets 2010 pour les autres usages.

La série de graphes suivante présente, sous ces hypothèses, les prélèvements nets sur la partie française du bassin versant du Rhône pour l'ensemble des usages.

Plusieurs approches graphiques permettent d'appréhender ces prélèvements dans l'espace, dans le temps, par usage ou par ressource sollicitée.

On présente ainsi, successivement :

- ▶ l'évolution dans le temps (au cours d'une année, à l'échelle mensuelle) des prélèvements nets, pour l'ensemble du bassin, par usage : Figure 80 ;
- ▶ l'évolution dans le temps (au cours d'une année, à l'échelle mensuelle) des prélèvements nets, par usage, pour chacun des 11 tronçons étudiés : Figure 81 ;
- ▶ l'évolution dans le temps (au cours d'une année, à l'échelle mensuelle) des prélèvements nets, pour le seul système Rhône (le Rhône et sa nappe d'accompagnement), par usage, pour chacun des 11 tronçons étudiés : Figure 83 ;
- ▶ la répartition dans l'espace (par tronçon, pour les mois de mai et juillet) des prélèvements nets, par usage : Figure 83 ;
- ▶ l'évolution 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) des prélèvements, depuis la sortie du Léman jusqu'au delta, par usage : Figure 84 ;
- ▶ l'évolution cumulée dans l'espace (au droit des points SDAGE et CNPE sur l'axe du Rhône français, pour les mois de mai et juillet) des prélèvements, depuis la sortie du Léman jusqu'au delta, par usage et pour chacun des quatre types de ressources sollicités : Figure 85.

Figure 80: Prélèvements nets mensuels sur la partie française du bassin versant du Rhône

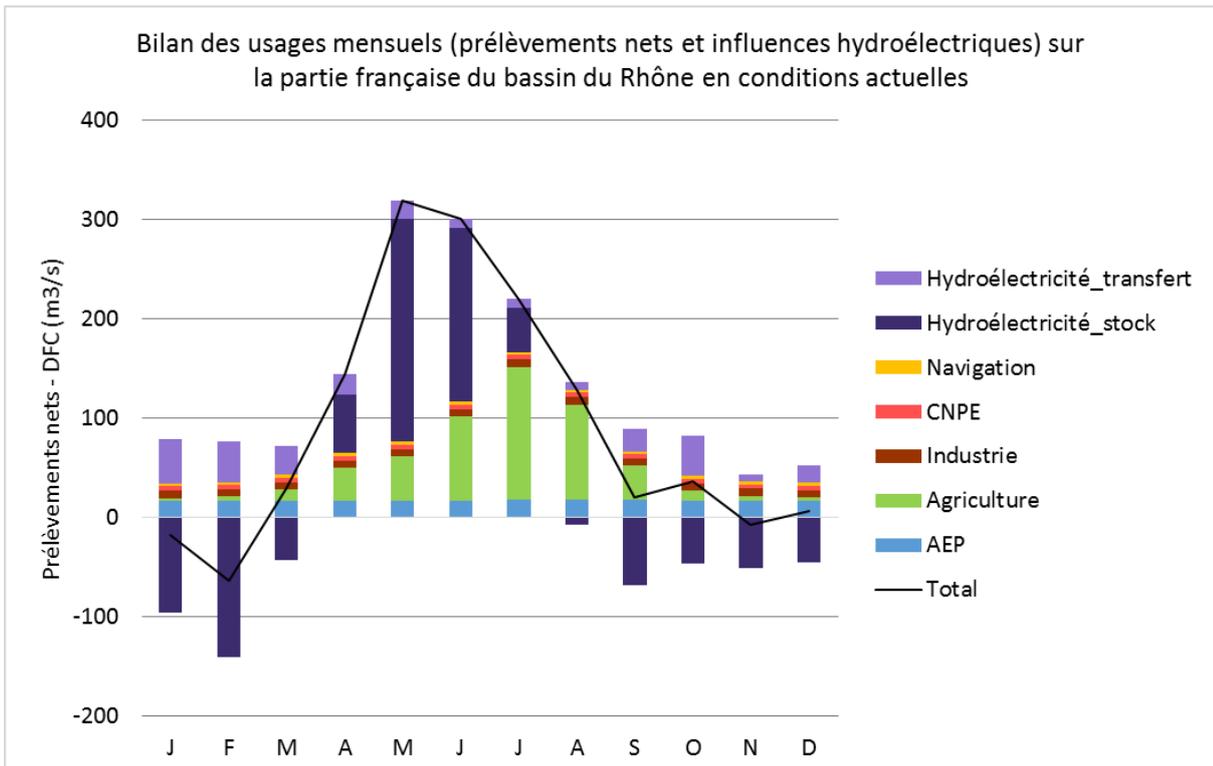


Figure 81 : Prélèvements nets mensuels sur la partie française du bassin versant du Rhône (m3/s) en conditions actuelles

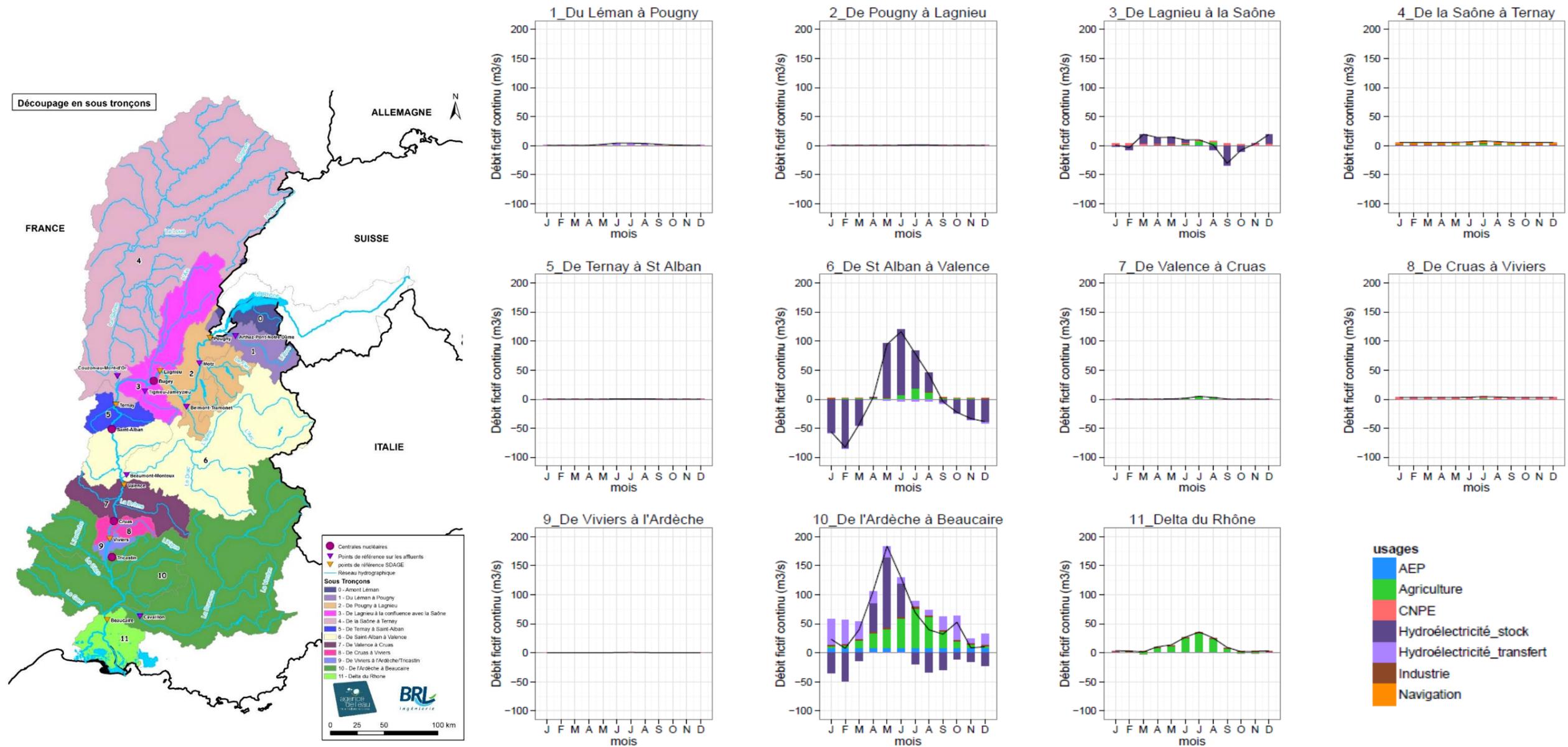


Figure 82 : Prélèvements nets mensuels sur la partie française du **système Rhône** (le Rhône et sa nappe d'accompagnement) (m³/s) en conditions actuelles

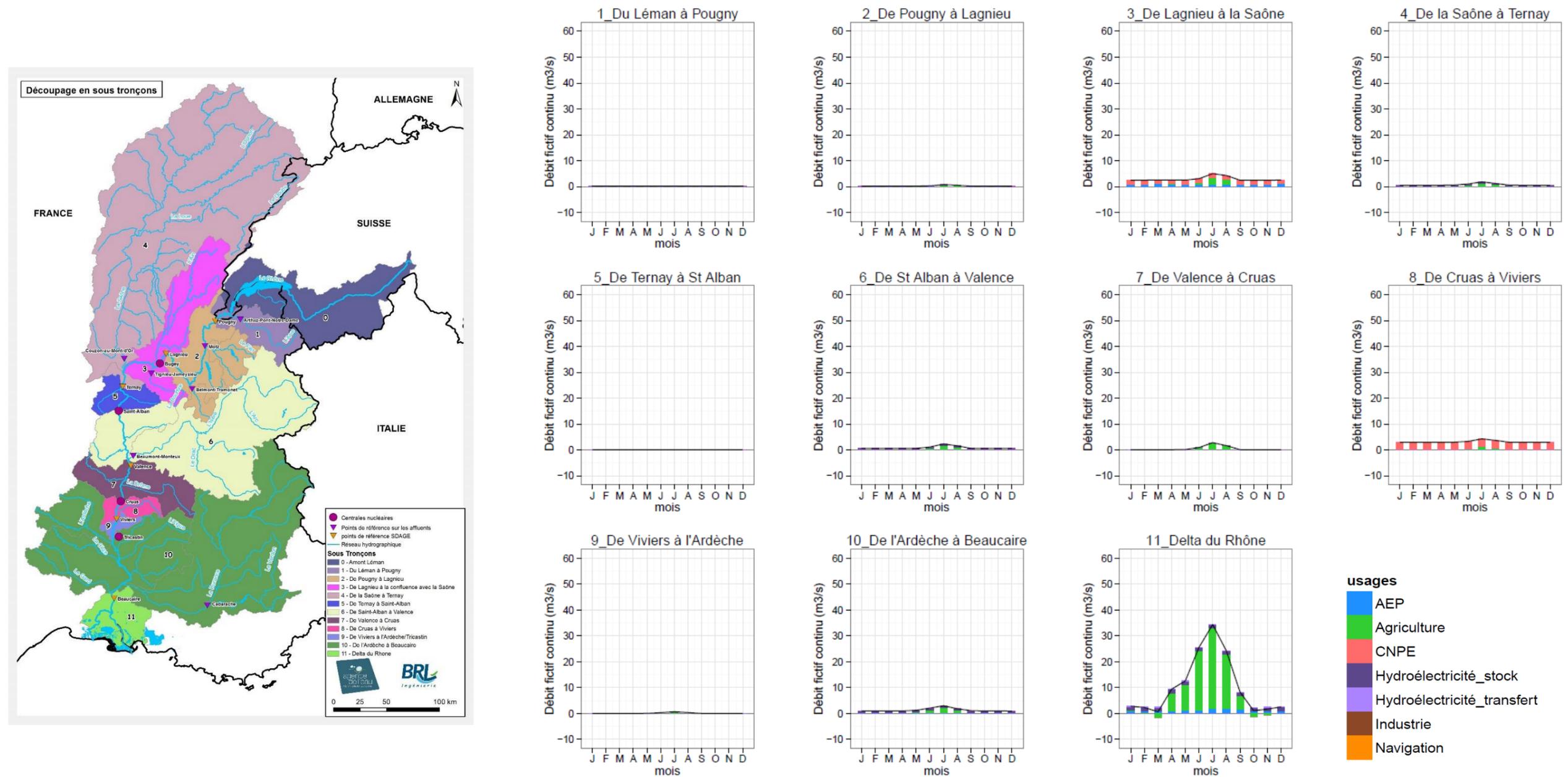
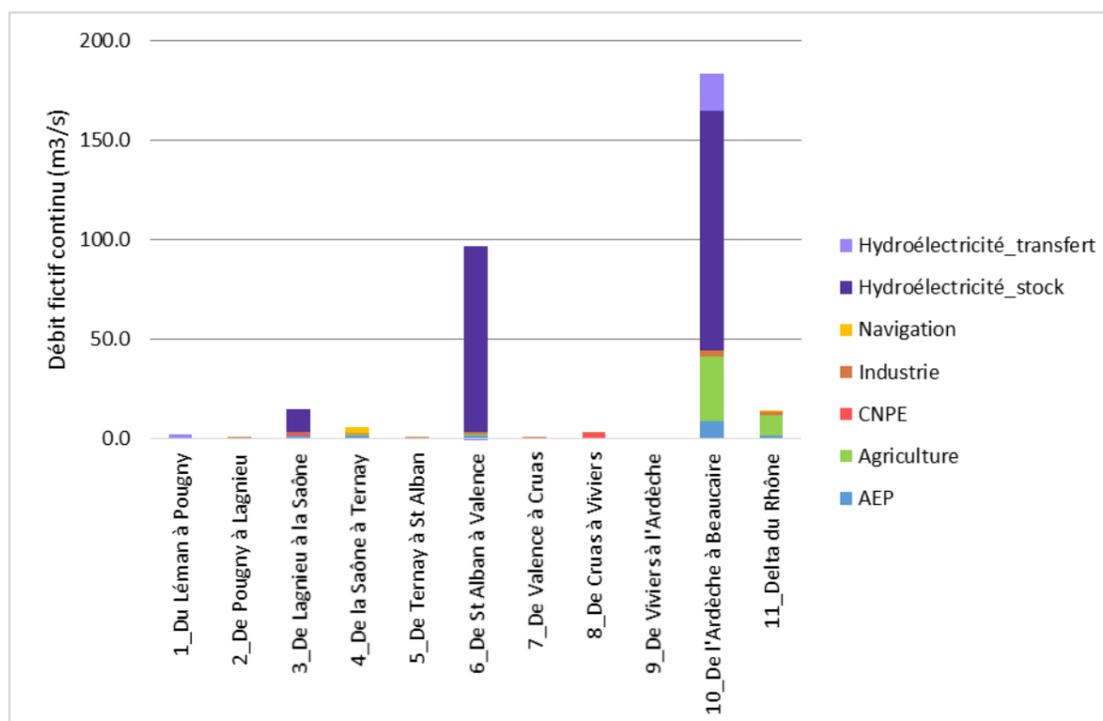


Figure 83: Prélèvements nets sur la partie française du bassin versant du Rhône différenciés par tronçons et par usages pour les mois de mai et juillet

Mois de mai (mois pour lequel le poids des différents usages est le plus important en moyenne à l'échelle du bassin du Rhône)



Mois de juillet (mois de plus fort prélèvement agricole)

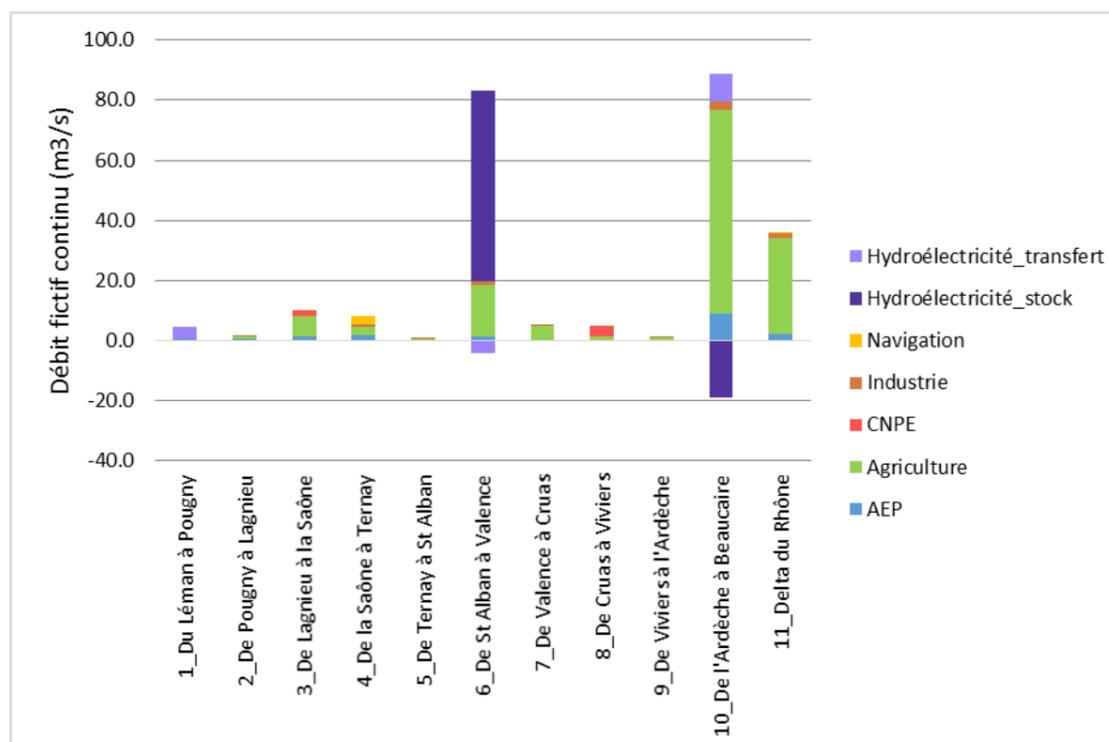


Figure 84 : Bilan des prélèvements nets sur le bassin versant du Rhône - prélèvements totaux cumulés de l'amont vers l'aval par mois. Débit fictif continu (m3/s)

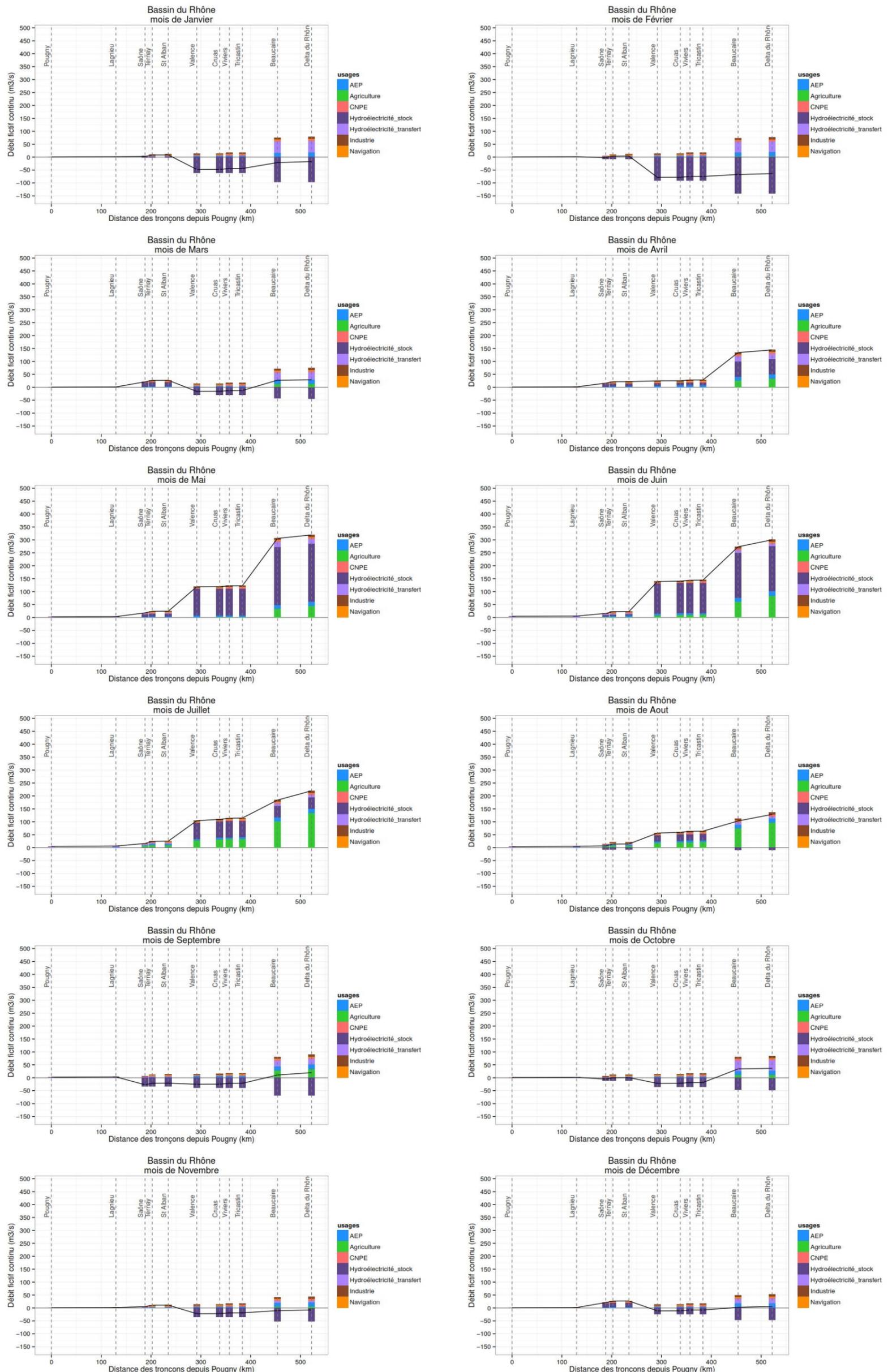
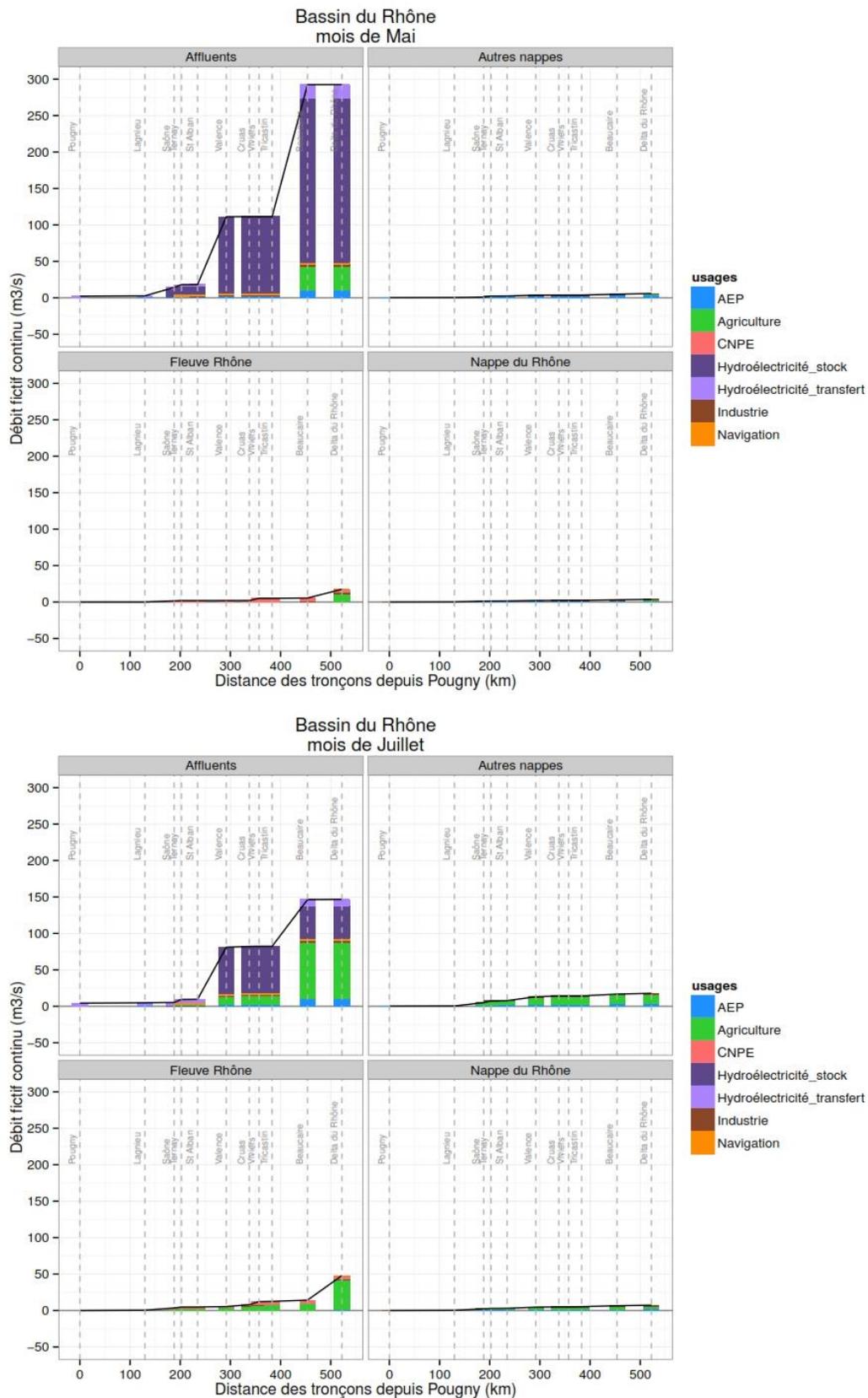


Figure 85 : Bilan des prélèvements nets sur le bassin versant du Rhône - prélèvements totaux cumulés de l'amont vers l'aval pour les mois de mai et juillet. Présentation par ressource sollicitée. Débit fictif continu (m^3/s)



Les graphiques précédents donnent une vision des usages moyens actuels impactant la partie française du bassin versant du Rhône. En moyenne, et à l'échelle du bassin du Rhône, il ressort les points suivants :

N.B. : les prélèvements sont indiqués le plus souvent sous la forme de débit fictif continu, notion explicitée en tête de rapport.

L'impact des usages est très variable au cours de l'année :

- ▶ A l'échelle du bassin versant, pour les mois de septembre, octobre, janvier et février, les usages ont un impact soit faible, soit positif sur les 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 des impacts modérés des usages sur le bassin ;
- ▶ Les mois d'avril à juin sont marqués par :
 - Le stockage des plus grands barrages, en particulier sur les bassins de l'Isère et de la Durance, jusqu'à un stockage total moyen de 225 m³/s au mois de mai ;
 - Des prélèvements agricoles, à l'aval du bassin principalement, de 30 à 85 m³/s ;
 - Le mois de mai est le mois de plus fort impact 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 est le principal préleveur pendant les mois de printemps

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 régulation. L'influence est globalement nulle à l'échelle annuelle (en pratique ce n'est pas exactement le cas, le niveau de stock des ouvrages pouvant varier à une même date d'une année sur l'autre), 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 système Rhône, l'influence de l'hydroélectricité, et en particulier des stockages, 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.

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, 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) 12 %, et l'ensemble des autres prélèvements 3 %.

Environ 16 % des prélèvements nets annuels (hors stockages/déstockages) sont prélevés au mois de juillet : cela représente 470 Mm³, 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 impactent principalement 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.

Les prélèvements sont réalisés majoritairement dans les systèmes interagissant avec le Rhône

A l'échelle annuelle, les prélèvements nets, tous usages confondus, se font pour 22 % dans le fleuve et sa nappe et pour 78 % dans les affluents et les autres nappes.

4.8 PERSPECTIVES POUR LE FUTUR : QUELLES ÉVOLUTIONS DES BESOINS ?

4.8.1 Evolution possible de la demande en eau agricole

Les facteurs susceptibles d'influencer l'activité agricole 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.

Les informations ci-dessous sont issues des entretiens réalisés avec les professionnels du secteur agricole ; les travaux de prospective réalisés dans le cadre d'autres études ont également été consultés.

Pour plus de détail, voir le rapport thématique « Irrigation ».

LES SURFACES IRRIGUÉES CONTINUENT DE DIMINUER À COURT TERME, UN REDRESSEMENT EST POSSIBLE À PLUS LONG TERME

Que ce soit au cours des entretiens réalisés ou parmi les scénarios d'évolution envisagés dans différentes études, il semble que la tendance à la diminution des surfaces risque de se poursuivre à court terme.

La pression foncière est l'un des principaux facteurs évoqués dans l'érosion des surfaces agricoles et irriguées qu'ont connue l'ensemble des régions du territoire d'étude au cours des dernières années. Comme cela a déjà été évoqué plus haut, cette pression foncière concerne en particulier les surfaces de la plaine du comtat dans le Vaucluse, les régions périurbaines de la façade Méditerranéenne, la région lyonnaise (notamment à l'Ouest de l'agglomération) mais également la Drôme et l'Isère, ainsi que certains secteurs de montagne (Haute-Savoie par exemple).

De l'avis des personnes interrogées, **cette pression continuera de peser sur les exploitations agricoles dans les années à venir**. Il est donc probable que la diminution des surfaces irriguées se poursuive à l'horizon 2021. **Les professionnels du secteur espèrent cependant un ralentissement de cette diminution**, plusieurs facteurs y étant favorables : sur certains secteurs, une prise de conscience des élus est en cours ; des dispositifs de Protection de l'Espace Naturel et Agricole en milieu Périurbain (PENAP) peuvent être mis en place (c'est le cas par exemple de l'agglomération lyonnaise).

Par ailleurs, les systèmes d'irrigation sont confrontés à des difficultés financières et réglementaires croissantes. Les systèmes de canaux gravitaires sont particulièrement fragiles ; l'entretien et la mise aux normes des canaux rend l'équilibre budgétaire difficile à trouver. Dans les zones de montagne, où les contraintes de fonctionnement sont les plus importantes (entretien souvent plus difficile, structures moins solides, diminution des surfaces irriguées à partir des canaux, etc.) de nombreux canaux sont déjà, ou menacent d'être, abandonnés.

Certaines chambres d'agricultures s'attendent par ailleurs à ce que les **mesures qui seront adoptées suite aux études volumes prélevables entraînent des pertes de surfaces irriguées**, même si elles sont difficiles à chiffrer.

A plus long terme, plusieurs facteurs pourraient entraîner un redressement de l'activité et une demande plus importante :

- ▶ L'essor d'une demande des consommateurs pour des produits locaux de qualité et des circuits courts ;
- ▶ L'impact du changement climatique : les effets attendus sont multiples. D'un côté, on évoque la détérioration des conditions de production dans des pays concurrents (notamment sur le marché des fruits et légumes) qui pourrait être favorable au développement de ces productions sur le bassin du Rhône. D'autre part, le changement climatique pourrait faire augmenter le besoin des plantes irriguées et faire apparaître de nouvelles demandes (voir point suivant) ;
- ▶ L'émergence de nouvelles demandes : dans le sud du territoire, plusieurs secteurs et différentes filières sont déjà en demande d'eau (viticulture, olive, blé dur...) cette demande pourrait s'amplifier sous l'effet du changement climatique.

SOLLICITATION DU RHÔNE COMME RESSOURCE DE SUBSTITUTION

Les différentes études volumes prélevables (EVP) menées sur les bassins identifiés comme connaissant des problèmes quantitatifs concluent souvent à la nécessité de réduire les prélèvements. Les économies d'eau par amélioration des pratiques ou des performances des réseaux ne suffiront pas à elles seules à réduire les prélèvements, alors que l'effort demandé représente parfois des diminutions de plus de 50 %. **Quand leur situation géographique le permet, les irrigants songent naturellement au Rhône comme une solution de substitution pour atteindre les objectifs de réduction des prélèvements qui leur sont fixés.**

Plusieurs projets de substitution sollicitant l'eau du Rhône ou de sa nappe sont identifiés, il s'agit de projets portés par l'ASIA (Association Syndicale d'Irrigation de l'Ain), le SMHAR (Syndicat Mixte d'Hydraulique Agricole du Rhône) et le SID (Syndicat d'Irrigation de la Drôme). A ceux-ci s'ajoutent des secteurs en déficit, à proximité du Rhône, pour lesquels des projets de substitution n'ont pas été étudiés pour l'instant, mais qui pourraient potentiellement s'y intéresser lorsque les mesures de restriction prises suite aux EVP seront mieux définies (cf. plus bas le Tableau 28).

DES PROJETS DE MODERNISATION ET D'ÉCONOMIES D'EAU

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'apprêtent à mettre en œuvre des actions dont certaines engendreront des économies d'eau.**

LE DÉVELOPPEMENT DE PÉRIMÈTRES IRRIGUÉS

En parallèle du projet Aqua Domitia (voir plus bas la description de ce projet), la société d'aménagement régional BRL envisage d'étendre son réseau (concession régionale) vers le Nord Sommiérois. L'étude préalable réalisée indique pour ce projet un débit de pointe de 90 l/s pour une surface de l'ordre de 500 ha. **Compte tenu du type de culture envisagé sur ce secteur, cela représenterait un volume supplémentaire de l'ordre de 0,4 Mm³ prélevés sur le Rhône.**

En parallèle du projet de liaison hydraulique décrit plus loin, 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).

Certains territoires/filières sont en demande d'eau dans la partie sud du bassin : la viticulture, l'olive, les cultures de blé dur par exemple. **Sur le territoire nord-ouest du Vaucluse, des réflexions ont été menées dans les années 70 pour étudier la possibilité d'étendre les réseaux alimentés par le Rhône vers les territoires en manque d'eau (bassin de l'Ouvèze notamment). Ces projets ressortent depuis quelques années**, une pré-étude a été réalisée par la chambre d'agriculture 84 (« *Etat des connaissances et informations disponibles indispensables préalables à la réalisation des études d'opportunité pour la mobilisation des eaux du Rhône en vue de répondre aux besoins en eau du Vaucluse* », 2010). Cette étude avait pour but d'éclaircir certains points sur l'opportunité de s'intéresser au Rhône comme ressource en eau mobilisable pour l'irrigation. Il n'existe pas pour l'instant de projet de réseau défini et précis : les demandes en eau existent mais il manque pour l'instant un porteur de projet.

Sur le secteur de la vallée des Baux, dans les Bouches-du-Rhône, il y a également une demande en eau d'irrigation à partir du Rhône. Une étude de faisabilité a été réalisée par la CNR pour l'utilisation d'eau du Rhône à Arles pour alimenter ce secteur, le projet a depuis été abandonné.

En plus de ces projets, deux projets multi-usages sont en cours de développement au sud du bassin comme indiqué dans le paragraphe ci-après.

L'EXTENSION DE RÉSEAUX POUR ALIMENTER DES SURFACES À L'EST ET À L'OUEST DU BASSIN

Deux projets de grande ampleur sont développés actuellement dans le sud du bassin :

- ▶ Le projet Aqua Domitia, développé en Languedoc-Roussillon par BRL (maitre d'ouvrage technique du projet) et le Conseil Régional Languedoc-Roussillon (propriétaire du réseau hydraulique régional concerné par le projet) ;
- ▶ Le projet de liaison hydraulique Verdon / Saint-Cassien développé par la SCP.

Ces deux projets ont pour objectif d'alimenter des territoires à l'ouest et à l'est du bassin du Rhône en eau potable, mais également en eau d'irrigation. Ils sont détaillés dans le chapitre 4.8.4.

Le Tableau 28 recense les principaux projets identifiés de substitution ou de modification des prélèvements sur le fleuve Rhône ou sa nappe. On a également donné quelques indications sur les projets de certains des canaux de la Durance, qui représentent une part importante du prélèvement sur le bassin versant.

Les chambres d'agriculture ont été systématiquement interrogées sur les projets existants concernant les prélèvements sur le Rhône ou sa nappe. On considère donc que les principaux projets ont été identifiés. Il est cependant probable que d'autres projets individuels ou de petites structures d'irrigation aient pu être omis. De plus, il n'a pas été possible de s'entretenir avec les chambres du Gard (mais les principaux préleveurs du département ont été contactés : ASA de Beaucaire et de Nourriguier, BRL) ni de l'Ardèche.

Tableau 28 : Liste des projets d'irrigation envisagés sur le bassin versant du Rhône

Projet	Type de projet	Informations sur les volumes/Surfaces impliqués*	Échéance	Remarque
Amont Pougny (partie française)				
Pas de projet identifié.				Il y a relativement peu d'irrigation sur ce secteur. Il existe peu de prélèvements sur le Rhône, lorsqu'il en existe le Rhône n'est souvent pas la source principale d'alimentation, mais est utilisé en complément quand les ressources locales utilisées habituellement ne suffisent plus.
De Pougny à Lagnieu				
Projets de substitution suite aux résultats de l'EVP sur le bassin des Ussets	Substitution		Long terme	Le bassin des Ussets fait l'objet d'une EVP, qui entrainera peut-être une augmentation de la demande en eau du Rhône. Les projets susceptibles de voir le jour ne sont pas précisés à l'heure actuelle, mais devraient a priori rester de petite envergure (voir CR entretien avec la CA 73-74).
De Lagnieu à Ternay				
Projet de l'ASIA (Loyette)	Substitution de la nappe de l'Ain vers le Rhône	1,5 Mm ³ /an (500 ha concernés)	2013	Le projet prévoit la substitution de 26 forages en nappe de l'Ain par un pompage dans le Rhône (en aval de la centrale de Bugey) qui sera opérationnel en avril 2013
Projet de l'ASIA (sur les communes de Balan, Nievroz et St-Vulbas)	Substitution de la nappe de l'Ain vers le Rhône	6 Mm ³ /an, (1700 ha concernés)	Court terme	Projet à l'étude depuis 2007. Substitution d'une vingtaine de forages en nappe de l'Ain. Une étude de faisabilité complémentaire est en cours pour étudier la possibilité de raccorder d'autres forages de la commune de Bélieneuve, mais cette extension semble difficilement réalisable.
Projet du SMHAR	Substitution de la nappe du couloir de Meyzieu (Est Lyonnais) par le Rhône	3 Mm ³ /an	Court terme	Projet en discussion depuis 2012 pour anticiper les mesures qui suivront l'EVP sur l'Est Lyonnais, qui précautionne une diminution de 40% des prélèvements en nappe du couloir de Meyzieu. Depuis 2010, les prélèvements du SMHAR sur le Rhône à destination du secteur du Sud-Est Lyonnais ont augmenté pour soulager la nappe du couloir de l'Heyrieux. Dans les deux cas, les pompes mis en place sont évolutifs et s'il est nécessaire de solliciter davantage le Rhône (augmentation de la demande ou substitution supplémentaire) le SMHAR en sera techniquement capable.
Projet de l'ASA de Vaulx en Velin	Extension de périmètre	20 ha	Court terme	Projet pour l'installation de maraichers. Prélèvements en nappe du Rhône.
De Ternay à Valence				
Projet de substitution du bassin Bièvre-Liers-Valloire	Substitution de prélèvements sur le bassin Bièvre-Lier-Valloire par l'Isère ou le Rhône		Long terme	Ce projet a été abandonné en 2006, mais les résultats de l'EVP sur le secteur pourrait le remettre à l'ordre du jour. D'après le SDDI de l'Isère, une adduction depuis le Rhône serait difficilement envisageable en raison de la grande distance entre la ressource et les points de demande. La sollicitation de l'Isère paraît plus faisable, bien que coûteuse également.
De Valence à Viviers				
Projet du syndicat d'Alex-Montoison / Etoile-Livron	Substitution de la Drôme vers le Rhône	1 Mm ³ (0,7Mm ³ de substitution pour le syndicat d'Alex-Montoison, et 0,3 Mm ³ pour le syndicat d'Etoile-Livron pour conforter son réseau)	Court terme	Suite aux conclusions de l'EVP, le val de Drôme va devoir réduire ses prélèvements de 15%. La solution adoptée pour atteindre cet objectif de réduction est un raccordement du réseau d'Alex-Montoison (qui prélève actuellement sur la Drôme) avec le réseau d'Etoile-Livron qui exploite deux pompes sur le Rhône. Une étude est en cours (rendu prévu en mai 2013) pour étudier les possibilités de renforcement des stations existantes ou de création d'une nouvelle station de pompage.
Projet de substitution suite aux résultats des EVP	Substitution		Long terme	Des solutions devront être trouvées pour différents secteurs en déficit: - La plaine de Valence (Véore-Barberolle) - La Drôme des collines (réflexions en cours pour solliciter davantage d'eau de l'Isère) - Le BV de la Galaurie
De Viviers à Beaucaire				
Modernisation du réseau de l'ASA de Tricastin	Modernisation / Economies d'eau	- 1 Mm ³ (économie d'eau)	Court terme	Passage du réseau gravitaire en réseau sous-pression
Sollicitation d'eau du Rhône pour répondre à aux besoins du Nord Vaucluse	Développement/diversification des productions et substitution de l'eau du Lez et de l'Aygues et de ressources souterraines		Long terme	Il existe une demande forte sur ce secteur. Pour l'instant il n'existe pas de porteur de projet identifié ni d'étude détaillée. Ce projet a initialement été évoqué par le SDDI de la Drôme comme un projet inter-départemental Drôme-Vaucluse. C'est notamment dans le secteur Vauclusien que se concentre la demande d'eau agricole.
Projet du canal de la vallée des Baux	Extension du réseau (sous pression) et confortement de l'existant			Il existe sur ce secteur une demande en eau pour alimenter un réseau d'irrigation sous-pression.
Modernisation du canal de Beaucaire	Modernisation / Economies d'eau / Substitution	- 1.3 Mm ³ sur le Gardon - 7,6 Mm ³ sur le Rhône	Court terme	Le diagnostic et le schéma directeur de l'ASA du canal de Beaucaire (BRLi 2012) propose différents scénarios d'évolution pour le canal et estime les économies d'eau associées. Le canal est engagé dans une démarche de contrat de canal qui devrait être signé en mai 2013. Les travaux devraient pouvoir commencer suite à la signature du contrat.
Canal de Nourriguier: automatisation d'une des portes au niveau de la prise sur le Rhône	Modernisation / Economies d'eau	indéterminée	Court terme (2014)	100 000€ de travaux. Les économies d'eau associées n'ont pas été estimées mais ces travaux permettront en tout cas une meilleure connaissance des débits entrants dans le canal.
Canal de Nourriguier - Modernisation	Modernisation / Economies d'eau	indéterminée mais jugée conséquente	Long terme	Plusieurs secteurs nécessitent des travaux qui permettraient de réaliser des économies d'eau importantes, notamment un déversoir au niveau de la prise du canal sur le canal de Rhône à Sète. Le financement de ces travaux n'est pas assuré à l'heure actuelle.
Projets impactant le sous-bassin de la Durance				
Projets suite aux contrats de canaux du canal mixte et des canaux associés (Carpentras, Saint Julien, Isles, Cabedan neuf)	Modernisation/Optimisation de la gestion/Economies d'eau	- 15 Mm ³	Court terme	Travaux prévus sur la période 2013-2018
Projet suite au contrat de canal Crau-Sud-Alpilles	Modernisation/Optimisation de la gestion/Economies d'eau		Court terme	Mise en place du programme d'action sur la période 2013-2018. Compte tenu de la localisation des périmètres, certaines des actions dont l'objectif est de contribuer à l'alimentation de milieux naturels auront des effets bénéfiques sur ces milieux, mais auront peu d'impacts directs sur les débits du Rhône.
Extension du réseau SCP	Extension de périmètre	de l'ordre de quelques dizaines de l/s en pointe	Court terme	Extension de petits périmètres alimentés à partir du Verdon (ressource stockée)
Projet SCP: Liaison Verdon-Saint Cassien	Extension de périmètre (+ multiusages)	1 m ³ /s en pointe	Court terme	Desserte du centre et de l'Est Varois. L'AEP est le principal usage associé, mais cette extension sera également utilisée pour des usages agricoles et industriels.
Delta du Rhône				
Extension du réseau BRL (projet Nord-Sommierois)	Extension de périmètre	90 l/s en pointe, environ 0.4 Mm ³	Incertain	Extension du périmètre existant
Projet BRL: Aqua-Domitia	Extension de périmètre (+ multiusages)	2.5 m ³ /s en pointe. Suivant les hypothèses d'évolution de la demande les volumes impliqués vont de 12 à 22 Mm ³	Court à moyen terme	Le projet inclut la sécurisation de l'alimentation en eau potable de 100 communes et l'alimentation de périmètres irrigués
Adduction Rhône-Alès	Extension (+ multiusages)	1,3 m ³ /s en pointe (scénario maximum)	Long terme	Les études sont encore en cours pour définir le besoin réel au niveau de la Communauté d'Agglomération d'Alès et l'opportunité d'y répondre en sollicitant l'eau du Rhône.
* Volumes ou débits indicatifs indiqués par les gestionnaires ou dans les études consultées. Suivant les cas et l'avancement des projets ces informations ne sont pas toujours établies de façon définitive. Par ailleurs, de fortes variations interannuelles sont possibles.				

Pour l'ensemble des projets de substitution ou d'extension de périmètres irrigués identifiés et prélevant sur le fleuve Rhône **à court ou moyen terme**, en incluant le projet Aqua Domitia (qui comporte une part d'eau potable incluse ici) on aboutit à une demande supplémentaire d'eau du fleuve Rhône de **24 Mm³/an (hypothèse basse de l'évolution de la demande du projet Aqua Domitia) à 34 Mm³ (hypothèse haute de demande en eau du projet Aqua Domitia)**. A cela pourra venir s'ajouter des volumes supplémentaires pour des secteurs en demande mais pour lesquels aucun projet n'est encore défini.

En parallèle, si les projets de modernisation et d'économie d'eau identifiés portent leurs fruits, environ 9 Mm³ seront économisés sur le fleuve Rhône.

Les économies et augmentations de demande futures aboutiraient donc à un volume total de **15 à 25 Mm³** prélevés en plus sur le fleuve Rhône (soit en ordre de grandeur, **en mois de pointe de 2,2 à 3,7 m³/s** en considérant que ce mois de pointe représente 40 % de la consommation annuelle).

A cela viendra s'ajouter l'impact des modifications de prélèvement sur les affluents, sur le bassin versant de la Durance notamment (dont le projet Verdon Saint Cassien).

4.8.2 Evolution possible de la demande en eau pour l'AEP

DÉMOGRAPHIE ACTUELLE ET FUTURE

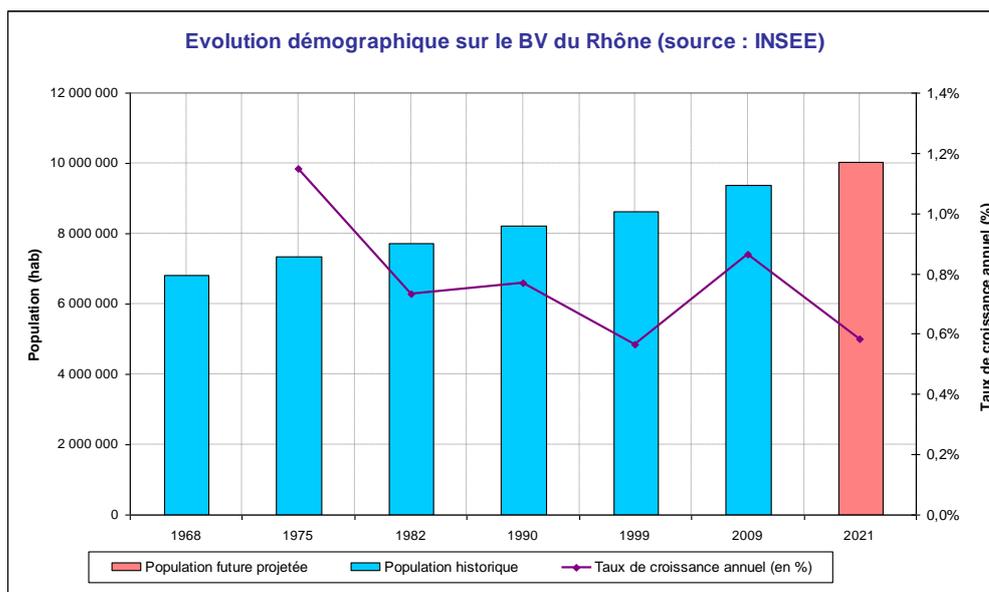
BRLi a récupéré auprès de l'INSEE :

- ▶ **les données démographiques des communes du bassin versant du Rhône**, pour six recensements historiques : 1968, 1975, 1982, 1990, 1999, 2009 ;
- ▶ **les projections démographiques départementales à l'horizon 2040**. Par interpolation linéaire, nous avons ainsi pu estimer les populations départementales et communales possibles en 2021, qui constitue l'échéance précisée dans les termes de référence de l'étude pour les aspects prospectifs.

Les premiers éléments ci-après donnent un aperçu des données INSEE brutes, c'est-à-dire de l'évolution passée et projetée des populations résidentes sur le bassin du Rhône.

Le graphique suivant présente sous forme d'histogramme les populations historiques totales agrégées à l'échelle du bassin du Rhône, tant historiques (1968 – 2009) que projetées (2021). Sur le graphique, on affiche également le taux de croissance annuel calculé.

Figure 86 : Evolution démographique sur le BV du Rhône (source : données INSEE, graphique BRLi)



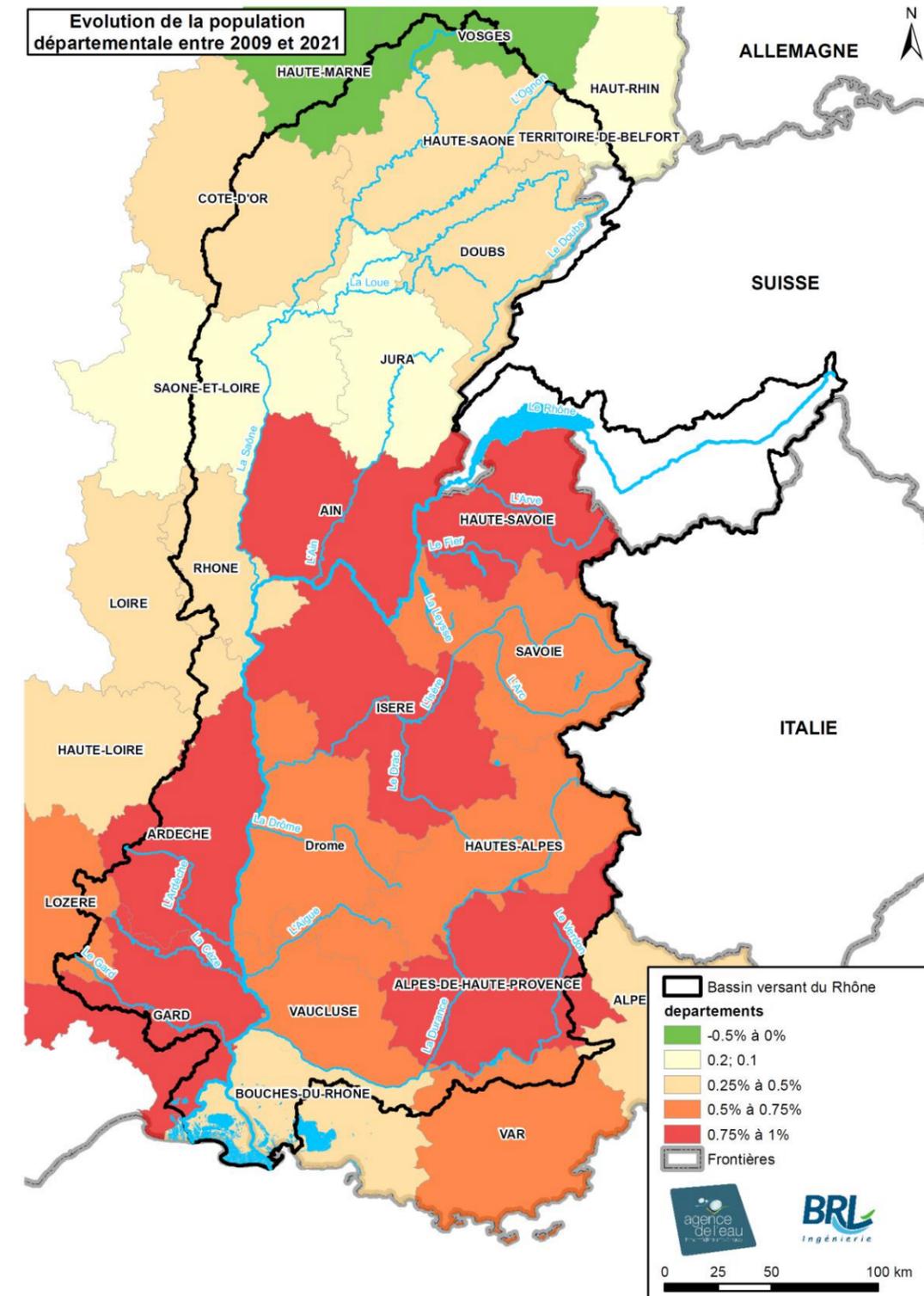
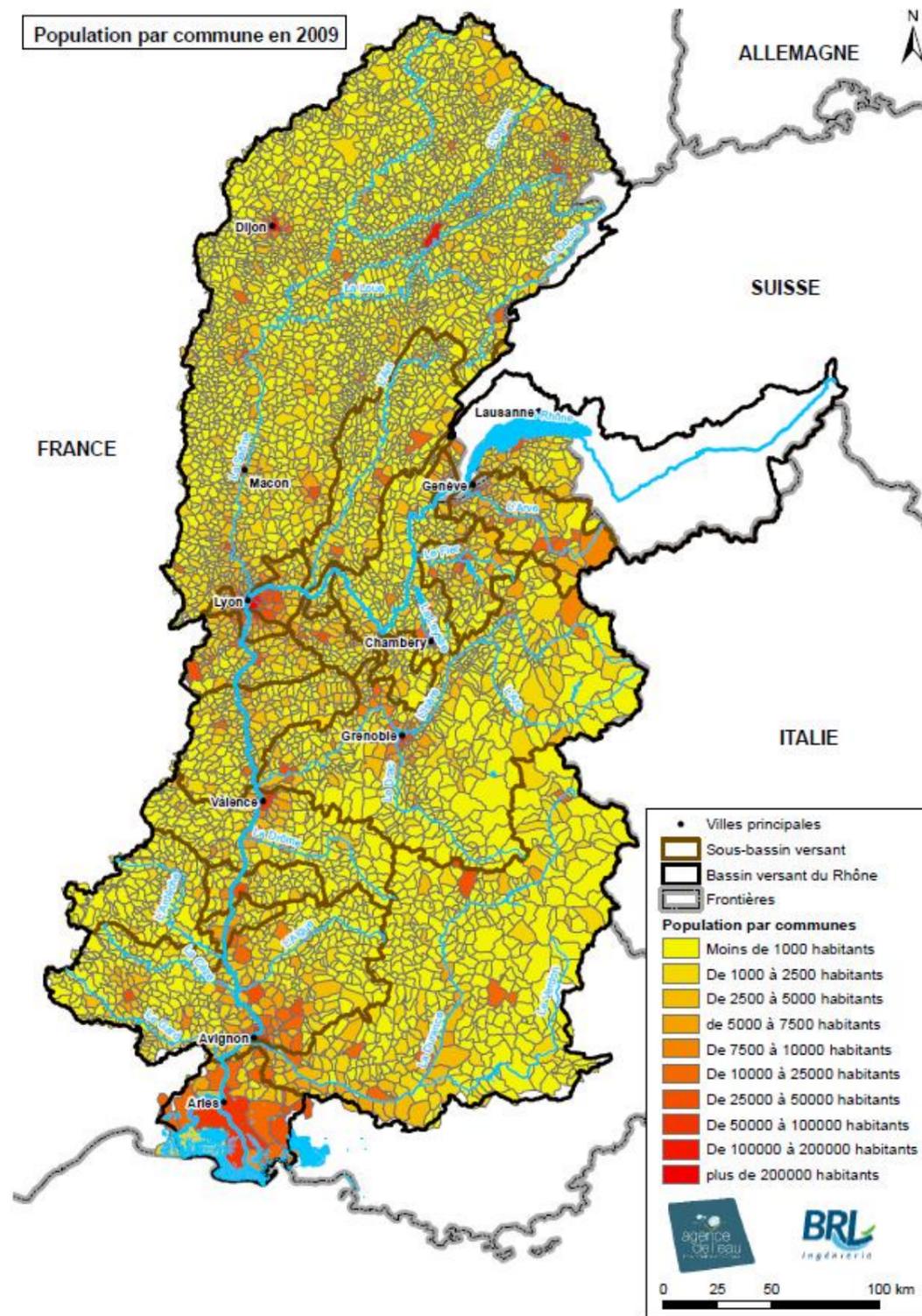
La lecture des données démographiques permet de constater que la **population totale sur le bassin en 2009 est de l'ordre de 9,36 millions d'habitants**, alors qu'elle était de 6,8 millions en 1968. La plus forte croissance démographique annuelle est enregistrée entre 1968 et 1975 : 1,2 % par an en moyenne sur le bassin. Cette croissance a, par la suite, diminué jusqu'à 0,6 % avant d'augmenter à nouveau entre 1999 et 2009 pour atteindre 0,9 %.

En 2021, la population totale possible sur le bassin du Rhône est estimée à 10 millions d'habitants, compte tenu des projections départementales de l'INSEE, **soit 650 000 habitants de plus qu'en 2009**.

Tableau 29 : Evolution historique et projetée de la population sur le bassin du Rhône

	Population (hab)						
	2021	2009	1999	1990	1982	1975	1968
Population (hab)	10 020 000	9 370 000	8 620 000	8 210 000	7 730 000	7 350 000	6 800 000
Taux de croissance annuel (%)	0,6%	0,9%	0,6%	0,8%	0,7%	1,2%	

Figure 87 : (A gauche) : Populations communales en 2009 ; (A droite) : Projection démographique départementale entre 2009 et 2021 (taux de croissance annuels) - source : données INSEE, cartes BRLi



EVOLUTION POSSIBLE DES PRÉLÈVEMENTS LIÉS À L'AEP

Les données INSEE nous fournissent des scénarios prospectifs d'évolution des populations à l'horizon 2040 à l'échelle départementale. Par interpolation linéaire, nous avons estimé à partir de ces données l'évolution possible des populations à l'échelle communale et à l'horizon 2021.

Nous avons alors estimé l'évolution possible de la population résidante de chaque sous-bassin versant et tronçon à partir de ces données. Compte tenu des transferts d'eau identifiés ci-dessus, nous intégrons à notre analyse l'évolution des populations des principales communes alimentées par l'eau du Rhône en dehors de son bassin, parmi lesquelles Marseille, Montpellier et Nîmes.

L'évolution possible globale de la population considérée à l'horizon 2021 d'après ces données serait une augmentation de l'ordre de 6 % de la population actuelle (Tableau 30).

A partir de ces données, nous proposons des scénarios prospectifs d'évolution des prélèvements nets à l'échelle des sous-bassins versants, avec plusieurs hypothèses de baisse des consommations des ménages. Les résultats sont présentés dans le Tableau 30 à l'échelle des tronçons d'étude.

Tableau 30 : Prospective sur les prélèvements nets liés à l'eau potable sur le bassin du Rhône, à partir des projections démographiques INSEE et de plusieurs hypothèse d'évolution des consommations.

		Baisse de la consommation des ménages	Scénario				
			0%	5%	8%		
	Tronçons	Augmentation Population pour 2021 (INSEE)	Pnet 2010 (Mm3/an)	Pnet 2021 (Mm3/an)			
	Alimentation en eau potable	0	Amont Léman	11%	5	6	5
1		Du Léman à Pougny	11%	11	13	12	12
2		De Pougny à Lagnieu	10%	19	21	20	20
3		De Lagnieu à la Saône	7%	45	48	46	44
4		De la Saône à Ternay	4%	60	62	59	57
5		De Ternay à St Alban	4%	10	10	10	9
6		De St Alban à Valence	9%	43	47	45	43
7		De Valence à Cruas	9%	8	9	8	8
8		De Cruas à Viviers	9%	2	2	2	2
9		De Viviers à l'Ardèche	9%	1	1	1	1
10		De l'Ardèche à Beaucaire	6%	244	260	247	239
11	Delta du Rhône	10%	49	54	51	49	
Canal pour AEP	10	Volume technique canal de Marseille		39	39	39	39
		Total		536	571	545	529
		Débit fictif (m3/s)		17	18	17	17
		Variation relative			7%	2%	-1%

L'évolution possible du prélèvement net lié à l'usage AEP dans le périmètre d'usage actuel sera de l'ordre de 0 à 35 millions de m³ en volume annuel, ce qui équivaut à un débit fictif continu de l'ordre de 1 m³/s.

Soit un volume et un débit inférieurs à l'incertitude demeurant sur les prélèvements liés à cet usage.

Projets de substitution identifiés

Nous avons envoyé des questionnaires aux maîtres d'ouvrage concernés par des prélèvements pour l'alimentation en eau potable sur le fleuve Rhône et sa nappe. Les maîtres d'ouvrages ont notamment été interrogés sur l'existence d'éventuels projets d'augmentation de la production ou de substitution. Les réponses sont présentées en Annexe.

En outre, plusieurs projets de substitution pour les affluents sont identifiés :

- ▶ Ain : projet de l'ASIA : la substitution représenterait environ 85 % des volumes envisagés (15 % correspondrait à de l'extension) ;
- ▶ Est Lyonnais : substitution uniquement ;
- ▶ Drôme : au plus une « simple » substitution (pas d'extension, les surfaces irriguées étant gelées sur la bassin de la Drôme) à hauteur de 1,5 millions de m³ est à envisager (le point de prélèvement se faisant 10 km en amont de la confluence Drôme - Rhône) ;
- ▶ Communauté de Communes du Pays Genevois vers la nappe du Rhône ;
- ▶ Pays de Gex vers nappe du Rhône pour l'AEP ;
- ▶ Projet de transfert d'eau vers la région d'Alès (projet évoqué plus bas dans le chapitre sur les projets multi-usages).

4.8.3 Evolution possible de la demande pour l'industrie

Consommations industrielles

N.B. : les éléments ci-dessous sont extraits de l'étude Ressources et besoins en eau en France à l'horizon 2030 du Centre d'Analyse Stratégique, qui, pour les aspects industriels, cite principalement les travaux du BIPE établis pour l'étude Explore 2070 portée par le Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie.

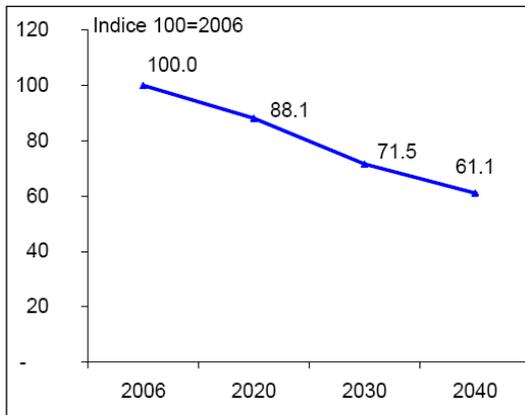
Dans le cadre du projet Explore 2070, le BIPE a en effet mené un exercice prospectif d'évolution de la demande en eau à l'échelle nationale. L'étude a identifié trois principaux facteurs d'évolution des demandes en eau pour l'industrie :

- ▶ **L'activité économique** et les perspectives de production en volume, calculées sur la base d'un taux de croissance spécifique à chaque secteur. Les prélèvements pour la production (eaux de process) sont considérés comme proportionnels à la production en volume ;
- ▶ **La capacité à améliorer les procédés pour diminuer les prélèvements d'eau.** La prospective BIPE considère une diminution moyenne des prélèvements, résultant de l'amélioration continue des procédés, à un rythme annuel commun à tous les secteurs ;
- ▶ **La nature des circuits de refroidissement** : circuits fermés ou circuits ouverts. Le potentiel de réduction des prélèvements dépend de la catégorie de circuit de refroidissement (ouvert, fermé ou mixte).

Le scénario retenu repose sur une amélioration continue des procédés de fabrication de manière à les rendre plus économes en eau (baisse moyenne de -2,5 % par an des eaux prélevées pour les activités de process) et sur la poursuite de la fermeture des circuits de refroidissement (baisse de -1,4 % par an pour les eaux de refroidissement), soit au total une diminution cumulée potentielle de -4 % par an. Cette diminution est ensuite contrebalancée par l'augmentation de production en volume qui génère elle-même une demande supplémentaire en eau. Ce scénario tendanciel n'intègre pas de ruptures technologiques majeures ni de mutation profonde de l'industrie dans sa structure et ses productions.

La modélisation de ce scénario aboutit à une accélération de la décroissance des prélèvements d'eau liés à l'industrie à l'échelle nationale entre 2020 et 2040.

Figure 88 : Evolution prospective des prélèvements d'eau pour l'industrie (extrait à l'horizon 2040)
(Source : BIPE 2011)



Le cheminement de baisse des prélèvements d'eau dans l'industrie suit l'évolution de l'investissement des entreprises.

Comme l'illustre la figure ci-contre, **les prélèvements d'eau dans l'industrie devraient connaître une accélération de leur rythme de décroissance entre 2020 et 2040, période où les investissements des entreprises seront soutenus** (BIPE, 2011).

Consommations en eau des centrales nucléaires

En ce qui concerne les prélèvements liés au refroidissement des centrales nucléaires, l'évolution à l'horizon 2021 des prélèvements dépend du passage éventuel des tranches de refroidissement en circuit ouvert vers du circuit fermé.

Il est probable que le fonctionnement actuel de refroidissement des centrales reste le même d'ici 2021, et que les consommations d'eau évoluent peu.

A un horizon plus lointain, l'exercice prospectif du BIPE mené dans le cadre d'Explore 2070 envisage un scénario d'augmentation de l'usage des circuits fermés pour le refroidissement des centrales, à partir des années 2030. Cela conduirait, à l'échelle nationale, à une diminution des volumes prélevés bruts et à une augmentation des consommations en eau (voir Figure 68 et Figure 69).

Figure 89 : Evolution prospective des volumes d'eau annuels prélevés par les centrales nucléaires en France (extrait à 2050) (Source : BIPE 2011)

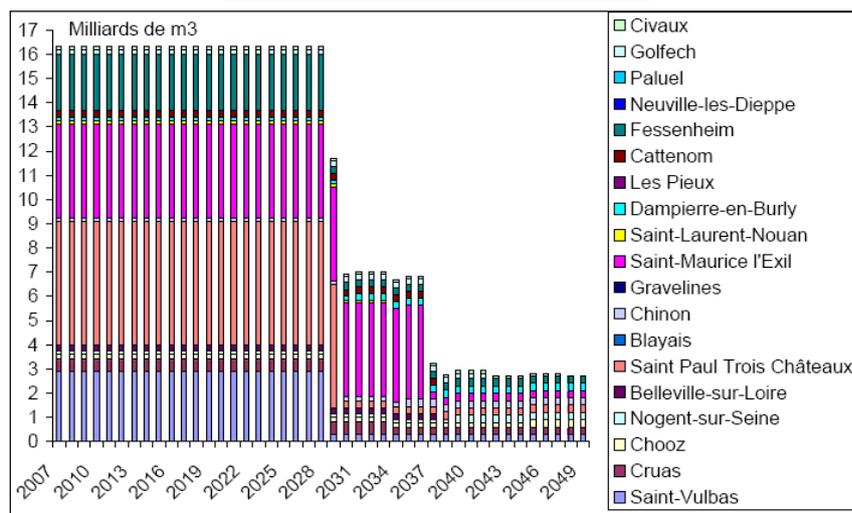
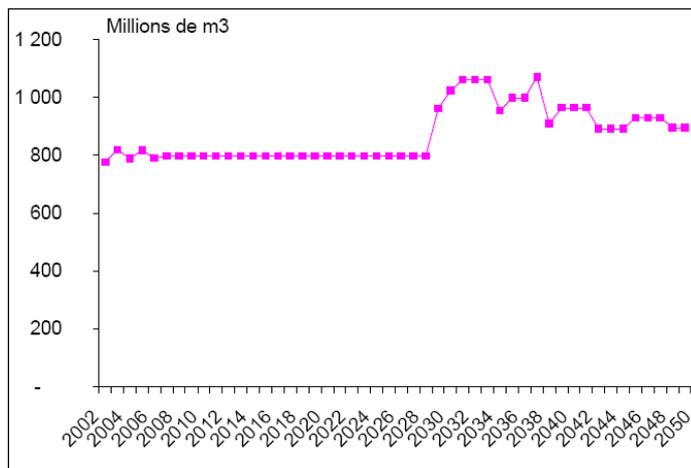


Figure 90 : Evolution prospective des volumes d'eau consommés par les centrales nucléaires en France (extrait à 2050) (Source : BIPE 2011)



4.8.4 Détails sur les projets multi-usages

La SCP et BRL sont l'une et l'autre impliquées dans le développement d'un projet d'extension de réseau multi-usages. Ces projets sont présentés ci-dessous.

AQUA DOMITIA : PROJET D'EXTENSION DU RÉSEAU HYDRAULIQUE RÉGIONAL À PARTIR DU RHÔNE ET DE L'ORB

Parfois assimilé au projet d'aqueduc Languedoc-Roussillon Catalogne envisagé dans les années 1990 puis abandonné, le projet Aqua-Domitia est différent : dix fois plus petit, il est uniquement dédié aux besoins des territoires des départements de l'Hérault et de l'Aude. Les différentes études menées à ce jour, notamment « l'étude d'opportunité du projet Aqua Domitia » (BRLingénierie 2008), montrent que les besoins en eau des Pyrénées-Orientales peuvent être satisfaits grâce aux ressources locales jusqu'à l'horizon 2030-2040.

Le projet Aqua Domitia prévoit la mobilisation du Rhône et de l'Orb (avec à terme un maillage des réseaux provenant des deux fleuves) pour alimenter un réseau sous-pression (conduite enterrée). Ses objectifs affichés sont les suivants (référence : Aqua Domitia – Dossier du maître d'ouvrage pour le débat public du 15 septembre au 29 décembre 2011 – BRL – Conseil Régional LR – 2011) :

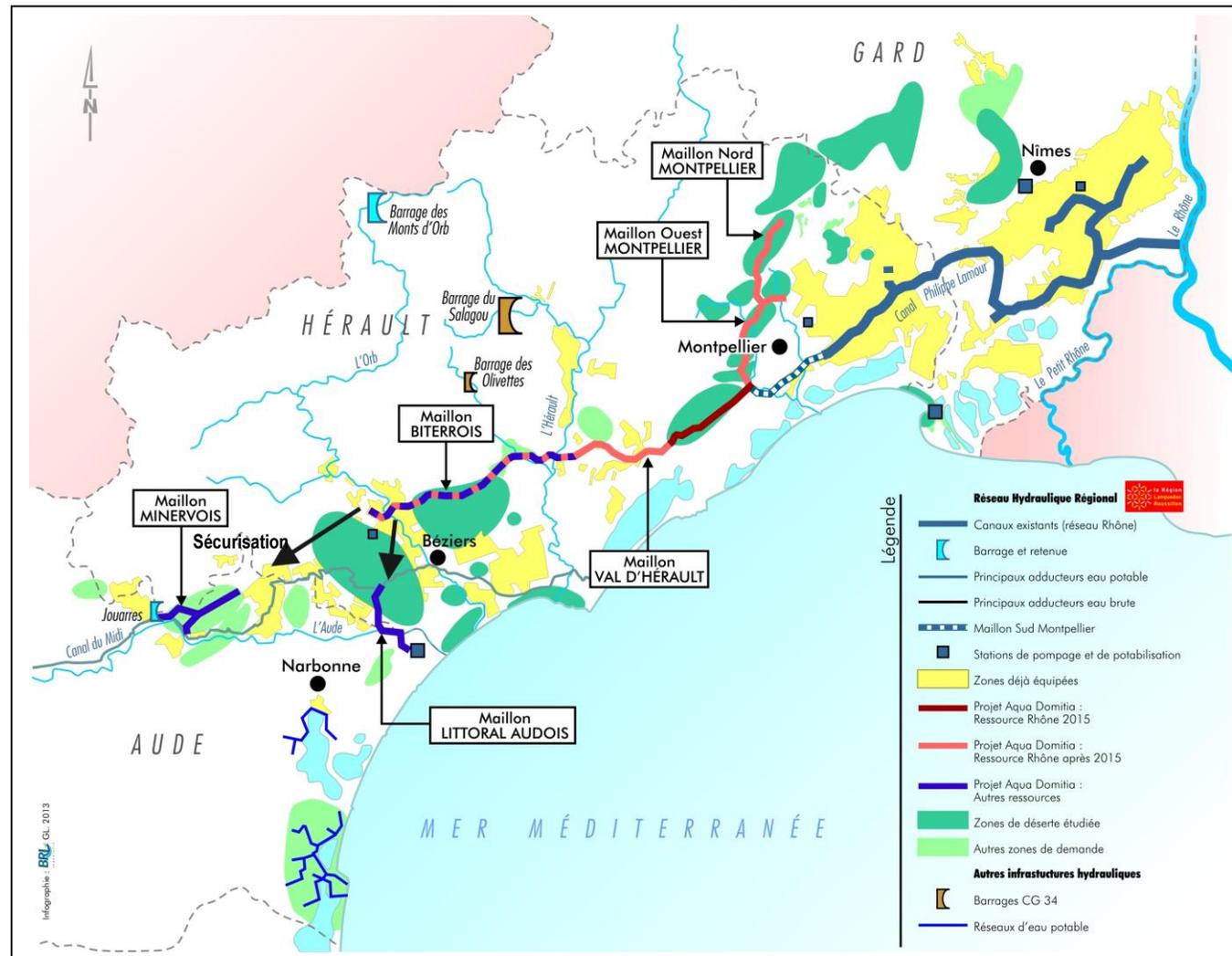
- ▶ « Sécuriser l'alimentation en eau potable par l'apport d'une ressource en eau complémentaire, notamment en cas de sécheresse ou de pollution ;
- ▶ Alléger la pression sur les milieux aquatiques fragiles (Lez, Mosson, fleuve Hérault...) en apportant une ressource de substitution ;
- ▶ Accompagner le développement économique régional tout en préservant l'environnement ;
- ▶ Maintenir et développer une agriculture diversifiée de qualité et une viticulture compétitive, malgré le changement climatique ».

Le projet Aqua Domitia est constitué de six « maillons » géographiques alimentés par l'Orb, le canal du Midi ou le Rhône, et dont la mise en place sera réalisée progressivement. Au total, **la partie du réseau alimentée depuis le Rhône est dimensionnée pour un débit maximal de 2,5 m³/s** qui se divisera entre la branche Nord-Ouest Montpellier (0,400 m³/s), la station de potabilisation du Syndicat du Bas Languedoc (SBL) (0,350 m³/s) et la partie qui alimentera le Val d'Hérault et sera reliée au secteur de Béziers et de l'Aude (1,75 m³/s). Les différents maillons et leurs principales caractéristiques sont indiqués ci-dessous et la Figure 91 présente l'organisation prévue pour la conduite principale :

- ▶ Le maillon Sud Montpellier : les travaux du maillon sud ont commencé début 2011 pour répondre à la demande du Syndicat du Bas Languedoc (SBL) qui a besoin pour l'alimentation en eau potable de son territoire d'un débit de pointe de 350 l/s et d'un volume annuel d'environ 1 Mm³. La nouvelle station de potabilisation du SBL est alimentée à ce débit depuis janvier 2012. ;
- ▶ Le maillon Val d'Hérault : la mise en place de ce maillon va débuter en 2015. Il sera alimenté par l'eau du Rhône. A l'horizon 2020, il est prévu qu'il rejoigne le maillon Biterrois. Ce maillon pourrait répondre à des besoins de l'ordre de 4,3 à 7 Mm³/an d'ici 2030 (hypothèses basse et haute), dont 90 % pour l'agriculture et l'eau domestique ;
- ▶ Le maillon Biterrois : la mise en place de ce maillon est prévue pour 2015. Il sera alimenté par l'eau de l'Orb. A terme (2020), il est prévu qu'il soit relié au maillon Val d'Hérault. L'eau du Rhône sera alors utilisée pour sécuriser ce secteur. Ce maillon pourrait répondre à des besoins de l'ordre de 3,4 à 9 Mm³/an d'ici 2030 (hypothèses basse et haute) ;
- ▶ Le maillon Nord-Ouest Montpellier : l'échéance de mise en place de ce maillon est encore incertaine (à partir de 2016). Il sera alimenté à partir du Rhône et fournira de l'eau agricole pour des besoins qui pourraient aller de 2,1 à 2,7 Mm³ par an d'ici 2030 (hypothèses basse et haute) ;
- ▶ Le maillon Littoral Audois : la mise en place de ce maillon est prévue à échéance 2015. Il sera alimenté à partir de l'Orb. A terme, un maillage avec la partie alimentée par le Rhône est prévu (2020) et pourra être utilisé à titre exceptionnel, en secours. Ce maillon est prévu uniquement pour sécuriser l'approvisionnement en eau à potabiliser pour le littoral ;
- ▶ Le maillon Minervois : ce maillon sera alimenté par des ressources locales (Canal du midi et réserve de Jouarres notamment). Un piquage sur les réseaux alimentés par l'Orb est éventuellement prévu pour assurer une sécurisation quand ces réseaux auront été eux-mêmes sécurisés par le projet Aqua-Domitia.

Le volume total soustrait au Rhône lié au projet pourra s'élever à terme entre 12 et 22 Mm³ sur la période mai à octobre avec un débit de pointe de 2,5 m³/s.

Figure 91 : Tracé du réseau Aqua Domitia



PROGRAMME DE LIAISON HYDRAULIQUE LIAISON VERDON/SAINT-CASSIEN – SAINTE-MAXIME

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 ainsi que 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 RMC, qui soulagera les ressources locales les plus fragiles et permettra, selon les priorités définies par l'ensemble des parties prenantes, 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).

L'eau en provenance du Verdon sera utilisée pour soulager les ressources locales. 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**. A terme (2020), il est prévu que la liaison dérive en pointe un débit de l'ordre de 1 m³/s.

Cette liaison desservira principalement des besoins AEP (voir Figure 93), mais inclura également des usages agricoles et industriels sans qu'il soit possible à ce jour d'avoir une idée précise de la répartition des volumes entre les différents usages (source : SCP).

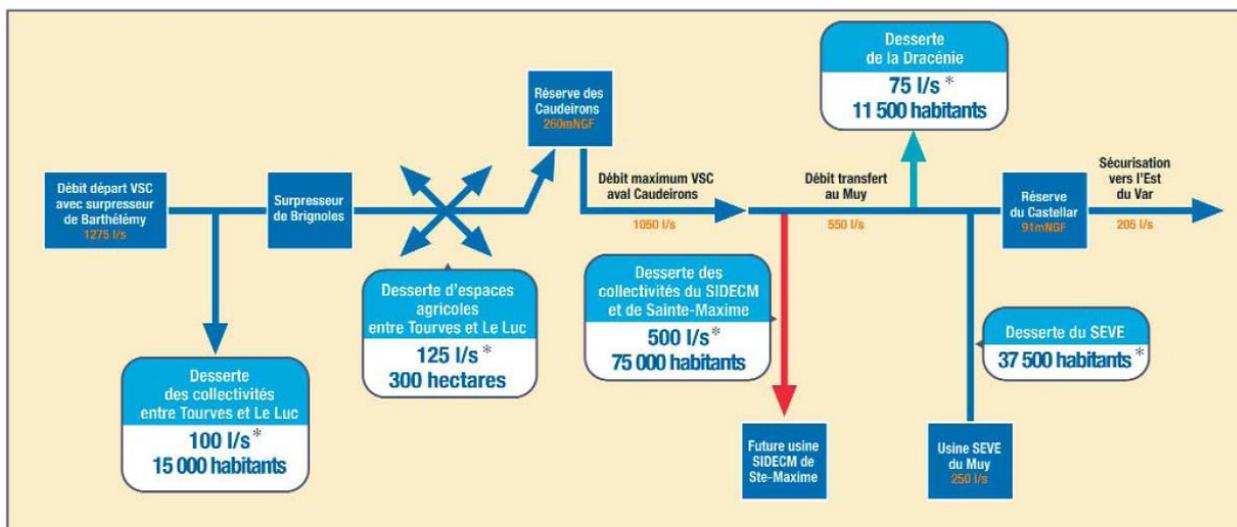
Ce projet est maintenant bien avancé, la phase travaux a débuté en 2010 et la branche nord de l'adducteur principal est quasiment achevée, sa mise en fonction est prévue en juin 2013. La branche sud (allant vers Sainte-Maxime) ne sera mise en service qu'en 2015.

Figure 92 : Tracé de la liaison Verdon/Saint-Cassien - Sainte-Maxime



Source : www.canal-de-provence.com

Figure 93 : Fonctionnement de la desserte de la liaison Verdon/Saint-Cassien - Sainte- Maxime



* soit l'équivalent en capacité d'alimentation de x habitants, si l'on considère hypothétiquement qu'ils sont alimentés en totalité par l'eau du Verdon

Source : plaquette de présentation du projet

ALIMENTATION EN EAU BRUTE DU NORD-OUEST NÎMOIS ET PROJET D'ADDUCTION RHÔNE-ALÈS

Ce projet n'est pour l'instant pas aussi avancé que les deux précédents. Cependant, des besoins ont été identifiés :

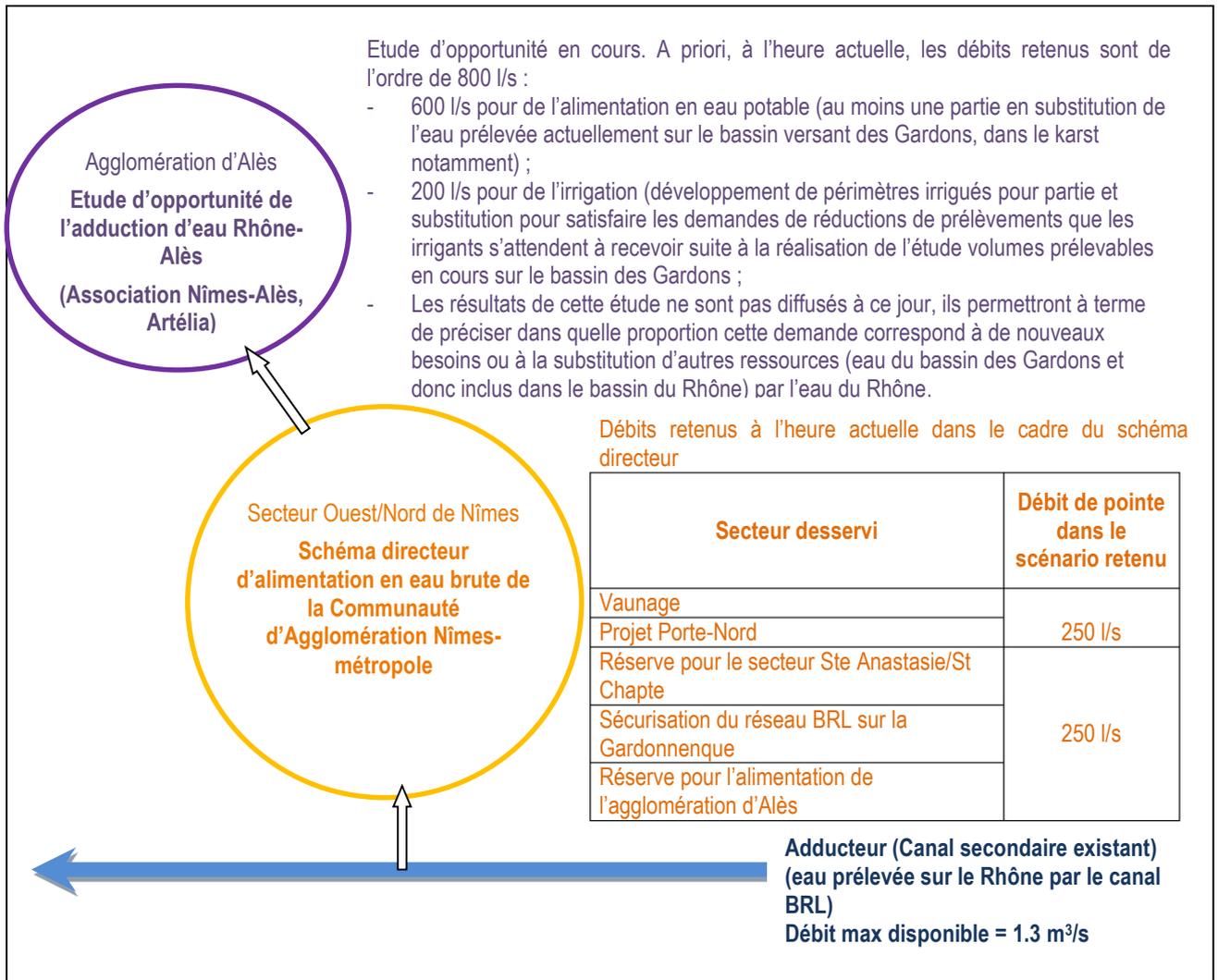
- ▶ Besoins au Nord et à l'Ouest de Nîmes (extérieurs au bassin du Rhône).
Ces besoins ont été étudiés dans le cadre du Schéma Directeur d'alimentation en eau brute de la Communauté d'Agglomération de Nîmes Métropole. Plusieurs scénarios ont été envisagés et un scénario médian a pour l'instant été retenu, estimant à 500 l/s le besoin en pointe pour l'ensemble de ces usages. Les besoins identifiés sont :
 - la sécurisation des réseaux BRL existant au niveau de la Vaunage et de la Gardonnette ;
 - le développement d'un nouveau réseau de desserte dans le nord de Nîmes, notamment pour alimenter le quartier « porte-Nord ». Le projet porte-nord envisage la construction dans le nord de l'agglomération nîmoise d'un éco-quartier alliant nouveaux logements HQE et maintien d'espaces naturels et agricoles. La disponibilité de l'eau est un élément clé pour la réussite du projet ;
 - le développement d'un nouveau réseau de desserte pour alimenter le secteur Sainte-Anastasia/Saint Chaptas (communes au Nord de Nîmes) ;
 - une réserve destinée à la satisfaction de besoins de secteurs plus au nord, au niveau de la Communauté d'Agglomération d'Alès (dans le scénario retenu par le schéma directeur, une centaine de l/s sont réservés à la desserte de ce secteur). L'objet de l'étude d'opportunité mentionnée ci-dessous est de préciser les besoins pour l'alimentation de la Communauté d'agglomération et d'évaluer sa pertinence ;
- ▶ Besoins au niveau de la Communauté d'Agglomération d'Alès (inclus dans le bassin versant du Rhône).

L'association pour l'émergence d'un projet commun des agglomérations d'Alès et de Nîmes porte actuellement l'étude d'opportunité de l'adduction d'eau Rhône-Alès (prestataire Artelia). Ce projet a pour objectif d'étudier la desserte de la Communauté d'agglomération d'Alès par l'eau du Rhône. L'expression du besoin d'une telle adduction a été initiée par la nécessité de sécurisation de l'AEP. En effet, des risques de pollution au cyanure en cas d'effondrement des anciens sites miniers seraient à craindre sur certains ouvrages prélevant dans le karst Hettangien.

Cette étude est encore en cours et seuls des résultats provisoires sont disponibles. Elle conclut pour l'instant que la mise en place d'un adducteur d'eau du Rhône reliant Nîmes et Alès permettrait de répondre aux besoins suivants :

- Besoins agricoles : 200 l/s (une partie pouvant venir en substitution de prélèvement sur le bassin des Gardons qui fait actuellement l'objet d'une étude volumes prélevables) ;
- Besoin pour l'alimentation en eau potable : 600 l/s (dont au moins une partie en substitution de volumes prélevés dans le karst, sur le bassin versant des Gardons).

Ces deux projets sont liés : dans les deux cas, ils envisagent l'utilisation d'eau pompée sur le Rhône par le réseau BRL pour alimenter de nouveaux secteurs, le secteur Alès étant dans le prolongement du secteur considéré dans le schéma directeur d'eau brut de la Communauté d'Agglomération de Nîmes. Le schéma ci-dessous synthétise les principaux éléments connus à l'heure actuelle.



Les résultats définitifs de l'étude d'opportunité d'adduction Rhône-Alès et l'utilisation qui sera faite des résultats de ces deux études ne sont pas encore connus.

La réalisation d'une extension du réseau ainsi que la capacité de cette extension dépendra grandement du coût final du projet (non précisé à ce jour) et surtout de la capacité financière des deux Communautés d'agglomérations et de leur capacité à mobiliser d'autres sources de financements (Agence de l'Eau, Région, Europe, etc.)

Quoi qu'il en soit, il semble que le développement de ces projets n'est pas à prévoir avant dix à vingt ans, compte tenu des montants mis en jeu et de l'horizon de réalisation de certains projets qui sont à l'origine du besoin (Projet Porte Nord en particulier). On peut toutefois envisager une réalisation plus rapide si le monde agricole exerce une forte pression pour disposer d'eau d'irrigation et reçoit l'appui des gestionnaires de milieux afin de faciliter la réduction des prélèvements sur le bassin versant des Gardons qui fait l'objet d'une étude volumes prélevables.

4.8.5 Bilan sur l'évolution possible des prélèvements

Il est difficile de donner un bilan chiffré pour l'ensemble des tendances décrites ci-avant. Le tableau ci-dessous présente l'évolution possible des prélèvements pour l'AEP (hypothèse haute : croissance de 6 % de la population à l'horizon 2021, 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 31 : Bilan de l'évolution possible des prélèvements AEP et irrigation (à court et 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 Mm3
11_Delta du Rhône	16	-5	9	
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 uniformément sur l'année, l'évolution correspondante du prélèvement net au moins de juillet serait de **+4,1 Mm³ à +13,6 Mm³**, soit une évolution de **+0,8 % à +2,8 %** du prélèvement net actuel.

ANNEXES

Annexe 1 : Plaquette de présentation de l'étude



Étude de la gestion quantitative et des débits du Rhône en période de basses eaux - 2012-2014

Le contexte

Le Rhône fait partie des grands fleuves européens avec une longueur de 810 km et un bassin versant d'une superficie de 96 500 km².

Le Rhône est un fleuve abondant avec un débit moyen annuel de 1700 m³/s à son embouchure. Son régime hydrologique est complexe, il évolue au long de son cours en fonction du régime de ses affluents : nivo-glaciaire, pluvial, torrentiel. Il se caractérise par un étiage peu marqué (étiage conventionnel à l'embouchure 580 m³/s) et l'apparition de fortes crues (crue annuelle à l'embouchure 4200 m³/s).

Le Rhône est une ressource précieuse dont dépendent de nombreux usages : alimentation en eau potable, refroidissement nucléaire, hydroélectricité, industrie, irrigation.

La démarche

Le Rhône est considéré comme une ressource pléthorique et n'est pas en déficit quantitatif stricto sensu. Cependant, au cours des dernières années plusieurs périodes de tension en étiage sont apparues. On peut citer, le mois de mai 2011 marqué par le record historique des débits les plus faibles du Rhône depuis 1920 dû à un hiver et un printemps secs et chauds ; ou encore les épisodes caniculaires estivaux comme ceux rencontrés en août 2003 et juillet 2006 pour les plus marquants. C'est ce constat qui a conduit l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée et Corse, en copilotage avec la DREAL de Bassin à lancer **l'Etude de la gestion quantitative et des débits du Rhône en période de basses eaux**.

Le bassin versant du Rhône français



Le bureau d'étude BRLI, en association avec la société Hydrofis et l'université des sciences appliquées de Suisse occidentale a été retenu pour mener à bien cette étude.





Le travail à réaliser se concentre non seulement sur le **fleuve Rhône**, mais également sur sa **nappe alluviale** et les autres **nappes alluviales contributives**. De plus, pour appréhender le fonctionnement du fleuve dans son ensemble il sera également nécessaire d'examiner la situation de **ses principaux affluents**.

Les objectifs

L'objectif de l'étude est de **cerner la capacité du fleuve Rhône à répondre à l'ensemble des usages actuels et à venir, tout en assurant les fonctionnalités des milieux aquatiques**.

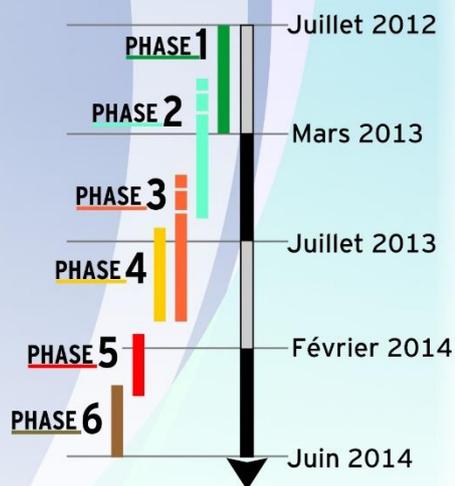
Le travail réalisé doit apporter des réponses aux questions suivantes :

- 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, des affluents...) et les différents leviers influençant les débits d'étiages ?
- Quels sont les impacts des variations de débits et de températures sur les différents usages ?
- Quels seuils de débit ne faut-il pas dépasser sur le fleuve pour ne pas compromettre les usages le long du fleuve.

Le déroulement et les échéances

L'étude se déroulera en 6 phases successives :

- Les phases 1 et 2 étudieront successivement les caractéristiques du territoire, les différents types de demande en eau, les prélèvements et leurs impacts sur la ressource.
- Les phases 3 et 4 ont pour objectif de déterminer des conditions aux limites (en débit et température) pour l'eau potable et le fonctionnement des centrales nucléaires, ainsi que pour les espèces piscicoles.
- Les résultats des phases précédentes seront utilisés pour proposer des valeurs seuils de débits en phase 5. Ces seuils seront inscrits dans le SDAGE et permettront d'anticiper et de gérer les périodes éventuelles de tension sur la ressource
- En phase 6, l'impact sur les débits du Rhône de différents scénarios d'évolution (prélèvements, climat, gestion des ouvrages..) seront testés.



Pour toute question ou demande d'informations complémentaires, contacter
Eve Sivade (Agence de l'Eau RM&C) 04 72 71 27 31, eve.sivade@eaurnmc.fr



Annexe 2 : Bilan des données récupérées

ANNEXE 2-A : BILAN DES PERSONNES RENCONTRÉES ET CONTACTS ÉTABLIS

ANNEXE 2-B : BILAN DES DONNÉES RÉCUPÉRÉES

ANNEXE 2-A : BILAN DES PERSONNES RENCONTRÉES ET DES ENTRETIENS RÉALISÉS

Tableau 32 : Liste des réunions de travaux réalisées

Date	Objet	Présents	Lieu
15 juin 2012	Comité technique de lancement de l'étude	AERMC, DREAL, BRLi	Agence de l'eau
29 juin 2012	Comité de suivi (COS) de lancement de l'étude	Membres COS, Prestataires	Agence de l'eau
04 juil. 2012	Cadrage pour la demande de données à EDF	EDF, IRSTEA, AERMC, DREAL, BRLi	Agence de l'eau
19 août 2012	Réunion de travail sur les données manquantes (AEP, Assainissement, etc.) et sur la BDD Agence	AERMC, BRLi	Par téléphone
11 sept. 2012	Cadrage pour la demande de données à la CNR	CNR, IRSTEA, AERMC, DREAL, BRLi	Agence de l'eau
05 oct. 2012	Entretien sur les tensions historiques du Rhône	DREAL, BRLi	Par téléphone
11 oct. 2012	Bilan sur les données manquantes	AERMC, BRLi	Par téléphone
22 oct. 2012	Analyse critique des résultats de l'étude thermique d'EDF (lot 5, phase 4)	IRSTEA, AERMC, BRLi	Agence de l'eau
27 nov. 2012	Cadrage pour la récupération des résultats de l'étude thermique (lot 5, phase 4)	EDF, AERMC, BRLi	Agence de l'eau
13 déc. 2012	Réunion restreinte de présentation des résultats de la Phase 1 Mission 1	AERMC, DREAL, BRLi, Hydrofis	Agence de l'eau
13 déc. 2012	Présentation du projet Gouv'Rhône par M.Brethaut	Université de Genève, AERMC, BRLi, Hydrofis	Agence de l'eau
18 janv. 2013	Visite du barrage de Cusset	EDF, BRLi	Cusset, Villeurbanne
24 janv. 2013	Réunion n°1 sur les incertitudes de la mesure hydrométrique	EDF, CNR, DREAL, AERMC, IRSTEA, BRLi	Agence de l'eau
Décembre à mars 2013	Entretiens avec les professionnels du secteur agricole	Chambres d'agriculture PACA, Rhone-Alpes, 04, 13, 26, 38, 69, 84, 73-74, 21 SMHAR, BRLexploitation, SYGRED, SCP, SMGAS...	Divers
5 février 2013	Réunion CPO – Pilotage de la production hydroélectrique et contraintes sur les installations	EDF, BRLi, Agence de l'eau	Agence de l'eau
25 février 2013	Réunion avec les autorités cantonales genevoises	DGEau, BRLi	Genève
25 février 2013	Réunion avec les services industriels Genevois	SIG, BRLi	Genève

ANNEXE 2-B : BILAN DES DONNÉES RÉCUPÉRÉES

BASES DE DONNÉES (BDD)

Synthèse des données

On présente dans le tableau ci-dessous l'inventaire des données récupérées depuis le début de la phase 1, et la liste de celles restant à collecter, en spécifiant :

- ▶ Le nom ou la dénomination des fichiers,
- ▶ Le nom du fournisseur,
- ▶ Le mode de transmission,
- ▶ Le ou les fichiers associés,
- ▶ La catégorie d'utilisation de la donnée: Contexte général / Prélèvements et Rejets / Hydrologie / Hydrogéologie / Milieux aquatiques / Tensions et gouvernance /

Tableau 33 : Liste des bases de données recueillies

A- BDD déjà récupérées

ID	Nom	Transmis par	Détails	Catégorie de la donnée									
				Contexte général	Prélèvements / Rejets	Usages non consommateurs	Barrages	Hydrologie	Hydrogéologie	Milieux aquatiques	Thermie	Gouvernance / Tensions	
1	BDD prélèvements-redevance	AERMC	BDD Access avec la liste des prélèvements annuels sur le territoire de la délégation de bassin entre 1987-2010		X								
2	Liste des ouvrages de prélèvements (Agence de l'eau)	AERMC	Liste des points de prélèvement recensés par l'AERMC		X								
3	Volumes prélevés par ouvrage et par année (Agence de l'eau)	AERMC	Liste des prélèvements et volumes prélevé post-lema (2008 à 2010)		X								
4	Débits des STEP	AERMC	Rejets annuels des STEP sur le BV du Rhône		X								
5	RGA : Recensement général agricole 2010	DRAAF	Statistique agricole à l'échelle cantonale. Information sur les surface irriguées par type de culture	X	X								
6	RGA : Recensement général agricole 2000 et 1988	DRAAF	Statistique agricole à l'échelle cantonale.	X	X								
7	BDD de la banque hydro	DREAL	Séries de débit mesurées sur plusieurs stations hydrométriques du bassin					X					
8	BDD SAFRAN	Météo-France	Données issues de modélisation, au pas de temps journalier (de 1958 à 2007 puis jusqu'en 2011) : pluie liquide, pluie solide, ETP, température de l'air		X			X					
9	BDD topo du Rhône	IGN		X				X	X				
10	Données de performance des stations d'épuration	AERMC	- Données communales sans assainissement collectif de 1993 à 2007 - données descriptions des steps 1993 à 2010 - données performance des Steps 1999 à 2010 - données sur la production de boue 1999 à 2008 - données traitement de la Boue à 2010		X						X		
11	Table de correspondance : Communes / Services de l'eau 2011	AERMC	Détail des communes regroupées dans les services publics d'AEP et d'assainissement		X								
12	BDD pollutions industrielles (IREP)	IREP	BDD sur les pollutions industrielles (IREP)		X						X		
13	Flux de pollutions industrielles (AERMC)	AERMC	Flux des pollutions industrielles nettes par type d'activité et par ouvrage de destination (1994-2011)		X						X		
14	SIG : délimitation des nappes	AERMC	Délimitation cartographique (ARGIS) des nappes d'accompagnement du Rhône et des nappes latérales, Informations sur les masses d'eau associées							X			
15	Liste des piézomètres de référence	DREAL	SIG : liste des piézomètres suivis par la DREAL dont quelques piézomètres liés aux arrêtés cadres (fichier non actualisé)					X					X
16	SISPEA : AEP	ONEMA	Données de l'observatoire des services publics de l'eau et l'assainissement sur l'AEP de 2008 à 2010		X								
17	SISPEA : Assainissement	ONEMA	Données de l'observatoire des services publics de l'eau et l'assainissement sur l'assainissement de 2008 à 2010 format ods et xls		X								
18	Populations communales historiques	INSEE	Evolution démographiques à l'échelle communale de 1968 à 2009	X	X								
19	Projection démographique départementale	INSEE	Projection démographique par département à l'horizon 2040	X	X								
20	Connexions STEP : Réseaux	AERMC	Liens entre : STEP et réseaux, et entre STEP et population desservie		X								
21	Fiche territoriale Dérivations & Obstacles de l'Axe Rhône		Lien web vers le positionnement de 21 barrages CNR sur le Rhône				X	X					
22	BDD ouvrages	AERMC	BDD Access avec le positionnement des ouvrages positionnés sur le bassin RMC (manque de détail : stock, gestionnaire, etc.)				X	X					
23	Contours des EVP	AERMC	Table de correspondance : EVP / Masse d'eau	X									
24	Contraintes d'échauffement de la centrale de Bugey	EDF	Abaques liant température de l'eau, débit et réduction de puissance nécessaire					X				X	
25	Prélèvements des industriels	DREAL	Volume annuel des gros prélèvements industriels (>50 000 m³/an) - manque une correspondance avec les données redevance		X								
26	Résultats des questionnaires envoyés aux maîtres d'ouvrage AEP	MOA AEP	Questionnaires rédigés par BRLi et Hydrofis		X					X			X

Tableau 34: Liste des bases de données restant à recueillir (données nécessaires aux phases ultérieures, notamment phases 3 et 4 et)

B- BDD restant à récupérer

ID	Nom	Transmis par	Détails	Catégorie de la donnée									
				Contexte général	Prélèvements / Rejets	Usages non consommateurs	Barrages	Hydrologie	Hydrogéologie	Milieux aquatiques	Thermie	Gouvernance / Tensions	
2	BDD Banque hydro : Compléments sur les données hydrométriques	DREAL	Complément des séries déjà récupérées : année 2011 et chroniques de stations manquantes					X					
3	Prospective sur les prélèvements industriels	?	Données permettant d'estimer les prélèvements et rejets futurs de l'industrie		X								
4	Rejets des industriels	DREAL	Volumes de rejets directs et en STEP		X								
5	Données EDF	EDF	Données mentionnées dans la convention	X	X	X	X	X			X	X	X
7	Contours SIG des études volumes prélevables réalisées		Couches SIG à la place des tables de correspondance masses d'eau	X									
9	Suivi thermique national - stations rhodaniennes	ONEMA	données brutes ou peu agglomérées des stations du suivi thermique national - ONEMA								X	X	
10	Suivi thermique EDF	EDF	données brutes ou peu agglomérées des stations EDF								X	X	
11	Hydrologie au pas de temps horaire	SI Genève, CNR	Données au droit des centrales fonctionnant par éclusées				X	X			X		
12	Données qualité des eaux et des sédiments (RCO, RCS, RNB)	AERMC, DREAL de bassin	chroniques des suivis biologiques sur le Rhône								X		
13	Chroniques hydrobiologiques réalisées sur le Rhône Genevois	SI Genève	résultats de pêches électriques, suivis de passes à poissons								X		
14	Chroniques hydrobiologiques (poissons) réalisées dans le cadre des suivis CNPE (Bugey, St Alban, Montélimar)	EDF, IRSTEA, ARALEP	résultats de pêches électriques								X		
15	Chroniques hydrobiologiques réalisées dans le cadre des suivis du relèvement des débits réservés (Pierre Bénite...)	CNR, ARALEP	résultats de pêches électriques								X		
16	Chroniques hydrobiologiques réalisées dans le cadre des réhabilitations et restauration d'annexes (lônes) et du vieux Rhône	CNR, AERMC, IRSTEA, ARALEP	résultats de pêches électriques, inventaires benthos								X		
17	Modèle hydraulique du Rhône	CNR	loi hauteur/débit sur les tronçons et connexion avec les annexes								X		

Description des données

► Base de données des redevances de l'Agence de l'eau RMC

La base de données des redevances de l'Agence RMC a été récupérée et recouvre la période de 1987 à 2010. Elle renseigne les volumes bruts prélevés annuels et soumis à redevances sur le district Rhône-Méditerranée-Corse, supérieurs à 30 000 m³/an avant 2008 et supérieurs à 10 000 m³/an depuis 2008. L'Annexe 7 présente le traitement et l'exploitation qui ont été faits de la base de données.

► Analyse des études volumes prélevables disponibles

La plupart des études volumes prélevables sur le bassin hydrographique du Rhône ont été récupérées. Leur intégration est confrontée à plusieurs limites.

- D'une part, il est à noter que la disponibilité des données de prélèvements et de débits naturalisés au pas de temps mensuel est assez hétérogène suivant les études. Ces données ne sont parfois présentées que sous forme graphique.
- D'autre part, les territoires ayant fait l'objet des études volumes prélevables ne recouvrent que partiellement la plupart des sous-bassins versants (cf. le chapitre 2.2) de la présente étude.

En conséquence, l'intégration des estimations des prélèvements calculés dans les études volumes prélevables ne pourra pas être faite systématiquement sur tous les sous-bassins. Elle sera menée uniquement dans le cas d'études recouvrant intégralement un sous-bassin de la présente étude (ex : l'étude volumes prélevables du bassin de l'Ardèche), et elle sera complétée par d'autres approches.

En revanche, d'autres informations complémentaires issues de ces études sont, ou seront, intégrées à la présente étude, en particulier :

- Les débits naturalisés lorsqu'ils sont disponibles à des points d'intérêt ;
- Les données qualitatives permettant une meilleure connaissance des territoires ;
- Les modes d'irrigation pratiqués et les types de culture ;
- L'organisation des réseaux d'irrigation et les structures existantes ;
- Les ressources mobilisées (souterraines et superficielles) ;
- Les informations sur les canaux et sur les transferts entre bassins versants ;
- Les projets futurs envisagés (transferts, substitution, ...) ;
- Les évolutions passées en terme de pratiques agricoles et consommation d'eau ;
- Les besoins en eau des plantes ;
- ...

Les données concernant l'agriculture seront intégrées ou permettront de recouper les travaux de modélisation des besoins en eau agricole sur le bassin du Rhône, qui seront finalisés en mission 2.

Données météorologiques

Les données météorologiques mobilisées dans le cadre de l'étude sont les **réanalyses SAFRAN** [Quintana-Segui et al., 2008; Vidal et al., 2010] établies par Météo-France. Il s'agit de **données journalières sur un maillage régulier de 8km par 8km**.

L'ensemble des données de précipitations (solides et liquides), de températures et d'évapotranspiration potentielle (formulation de Penman Monteith) ont pu être récupérées progressivement jusqu'à fin novembre 2012 et sont désormais entièrement disponibles. Ces données couvrent la **période du 01/08/1958 au 31/12/2011**.

Données hydrologiques

Des données hydrométriques ont été récupérées depuis la Banque Hydro d'une part, et auprès de la CNR et d'EDF d'autre part. Les données récupérées à ce jour sont présentées sur la Figure 94.

Figure 94 : Bilan des données hydrométriques récupérées sur le bassin du Rhône.



DONNÉES PROVENANT D'EDF

Les besoins de données provenant d'EDF sont cités dans la demande rédigée par BRLi et font l'objet de la convention de mise à disposition cosignée entre EDF et le maître d'ouvrage de l'étude.

Une partie des données a déjà pu être récupérée début janvier 2013. Il s'agit de :

► **Données hydrométriques** de plusieurs stations gérées par EDF :

- **Bassin de l'Isère** : St Gervais sur l'Isère, Pont de Manne sur la Bourne,

NB : ces deux stations permettront de critiquer les mesures de débits sur l'Isère à Beaumont-Monteux,

- **Bassin de l'Arve** : Arthaz sur l'Arve,
- **Bassin du Fier** : Valière sur le Fier

NB : ces stations, avec Chazay (DREAL ou CNR) permettront de critiquer la station de Ternay.

- ▶ Chroniques pour des calculs de désinfluencement :
 - bassin de l'Ardèche: débit turbiné à Montpezat,
 - bassin de la Durance : débits turbinés à Saint Chamas, débit entrant à Jouques Cadarache
- ▶ **Dérivation de la centrale de Belleville** sur le bassin de l'Arve (données mensuelles)

DONNÉES DE LA CNR

Une réunion a été réalisée avec des représentants de la CNR afin de discuter des modes de fonctionnement des aménagements. Les caractéristiques de ces aménagements sont pour la plupart contenues dans « l'étude globale pour une stratégie de réduction des risques dus aux crues du Rhône », 2002.

Par ailleurs, la CNR a également fourni de nombreuses données hydrométriques au pas de temps journalier pour les stations dont elle est gestionnaire. Les données de débits journaliers pour 2011 et 2012 ont été fournis au droit de 26 stations. Des données complémentaires antérieures à 2011 sont en cours de fourniture.

DONNÉES PROVENANT DES EXPLOITANTS AEP

BRLi a envoyé des questionnaires aux maîtres d'ouvrage AEP prélevant dans le Rhône ou sa nappe. Certains maîtres d'ouvrage nous ont déjà adressé le questionnaire complété et retourné. Ces retours nous renseigneront sur : la mensualisation des prélèvements, les interactions nappe/fleuve, les tensions historiques sur le Rhône et sa nappe, les projets d'extension et de raccordement

DONNÉES DE L'AGENCE DE L'EAU OU DONT LA REQUÊTE EST GÉRÉE PAR L'AGENCE DE L'EAU

- ▶ **Données RGA** : surfaces irriguées par canton et par culture pour les recensements de 2010, 2000 et 1988.
- ▶ Couches SIG avec le **contour des études volumes prélevables** en cours ou achevés

DESCRIPTION DES DONNÉES RESTANT À RÉCUPÉRER

A ce stade de l'étude nous établissons ci-après un bilan des données manquantes et dont l'obtention apparaît comme nécessaire pour le groupement. Pour certaines de ces données, des requêtes ont déjà été lancées et les résultats devraient être accessibles très prochainement. Pour d'autres, en revanche, les fournisseurs doivent être contactés ou relancés.

A- Données provenant d'EDF

En plus des données déjà transmises, un certain nombre de données mentionnées dans la convention rédigée entre EDF et le maître d'ouvrage de l'étude, sont toujours en attente. Il s'agit de :

- ▶ **Séries de débits journaliers désinfluencées des influences hydroélectriques.** Ces données sont issues du travail d'EDF ou de projets en collaboration. Ces données intégrées faciliteront très grandement le travail de désinfluencement des débits du Rhône à conduire dans le cadre de l'étude.
 - bassins de l'Ain,
 - bassin de l'Isère,
 - bassin de la Durance à Cadarache et Mallemort (R2D2).
- ▶ **Liste des barrages EDF** situés sur le bassin du Rhône (*) avec leurs principales caractéristiques et modes de gestion.

- ▶ Chroniques pour des calculs de désinfluencement :
 - bassin de l'Ain : variations de réserves des aménagements de l'Ain,
 - bassin de l'Isère (en plus de la série désinfluencée évoquée plus haut) : dérivations inter bassins (Girotte, Drac,...),
 - débit prélevé par les canaux CED,
 - les données de gestion de la retenue de Serre Ponçon/ Sainte Croix (fichier hauteur/date)
 - les règles de gestion de destockage de la réserve agricole dans ces retenues.
- ▶ Liste des **principaux transferts EDF** avec leurs caractéristiques et modes de gestion
- ▶ Explications sur la **gestion inter-ouvrages hydrauliques** : aspects stratégiques et de prospective
- ▶ **Données hydrométriques** de plusieurs stations gérées par EDF :
 - Bassin de l'Ain : Couzan sur l'Ain, Lariou sur l'Ain.
- ▶ Données sur les contraintes **thermiques et hydrologiques pour l'exploitation des CNPE** sur le Rhône. Des premières réponses devraient être fournies au cours de la réunion prévue le 05 février 2013 avec le Centre de Production Optimisée (CPO) d'EDF.
Pour le moment, trois types de contraintes ont été entrevus avec EDF :
 - Contrainte sur l'échauffement des eaux du fleuve,
 - Contrainte de débit minimum dans le fleuve pour le rejet des produits biocides,
 - Contrainte de Plus Basses Eaux de Sécurité pour le maintien de l'intégrité de la centrale.
- ▶ Rapports des différents lots de la phase 4 de l'étude thermique.
- ▶ Effets des leviers d'action hydraulique pour le refroidissement du fleuve (cf. étude thermique lot 5, phase 4).

B- DONNÉES DE LA DREAL

- ▶ Données sur les rejets des industriels,
- ▶ Données de prospective sur les prélèvements industriels,

ETUDES BIBLIOGRAPHIQUES

Synthèse des données

On présente dans le tableau ci-dessous l'inventaire des études bibliographiques récupérées au cours de la phase 1.

- ▶ Le nom ou la dénomination des fichiers,
- ▶ Le nom de l'auteur,
- ▶ La date de réalisation de l'étude,
- ▶ Le maître d'ouvrage de l'étude,
- ▶ La catégorie d'utilisation de l'étude: Contexte général / Prélèvements et Rejets / Hydrologie / Hydrogéologie / Milieux aquatiques / Tensions et gouvernance /

Description de quelques études**- A- Etudes Agriculture / Irrigation**

- **Id 25 à 30** : Ces documents fournissent des informations générales sur l'agriculture et l'irrigation dans le bassin. Certains contiennent des informations utiles à l'élaboration et/ou à la critique des résultats du modèle d'estimation du besoin en eau des plantes (Information sur l'irrigation, les pratiques culturales, les caractéristiques des cultures (Kc, cycle)).
 - **Rapport du Centre d'Analyse Stratégique (CAS)** : Le CAS a commandé une étude sur les « ressources et besoins en eau en France à l'horizon 2030 » (BRLi, 2012). Ce document sera utilisé en complément des entretiens réalisés avec la profession agricole et apportera notamment des éléments sur la prospective et l'avenir de l'irrigation.
 - **Schémas directeurs d'irrigation** : Les schémas départementaux d'irrigation contiennent des informations utiles pour la connaissance des systèmes d'irrigation (associations d'irrigants, réseaux existants, lieu de prélèvement...), sur les pratiques (cultures pratiquées, mode d'irrigation etc...), ainsi que sur les projets à venir. Ces documents sont d'autant plus utiles quand les données cartographiques associées à ces schémas sont disponibles (cartographie des réseaux et périmètres irrigués associés etc...).
- B- Hydroélectricité
- **Etude globale des crues du Rhône (Id2)** : L'étude globale des crues du Rhône contient des informations qui ont été utilisées pour caractériser les différents aménagements hydroélectriques qui se succèdent sur le Rhône. (+ autres...)

Tableau 35: Liste des études bibliographiques récupérées

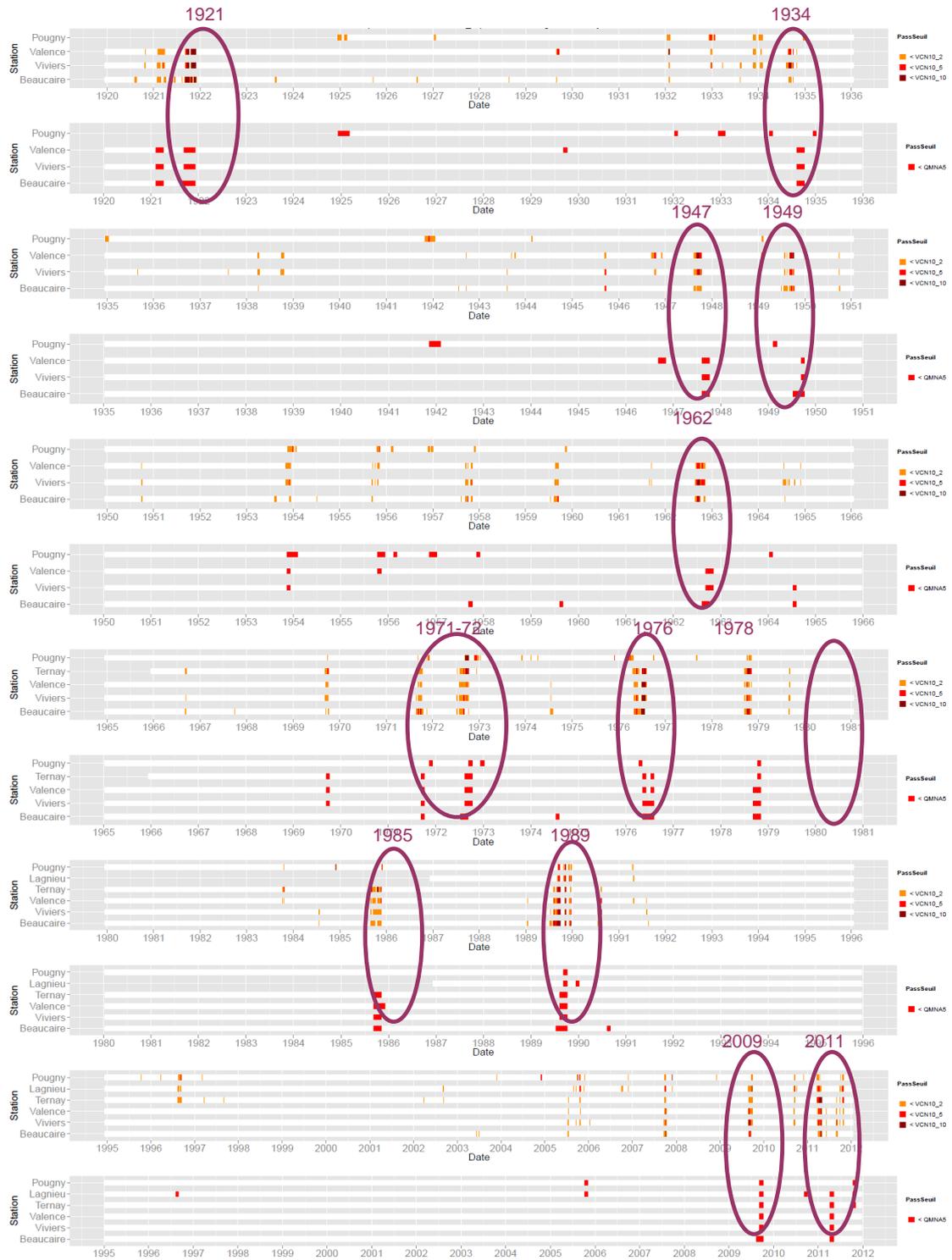
ID	Nom	Auteurs	Date	MOA	Catégorie de la donnée								
					Contexte général	Prélèvements / Rejets	Usages non consommateurs	Barrages	Hydrologie	Hydrogéologie	Milieux aquatiques	Thermie	Gouvernance / Tensions
1	Etudes de détermination des volumes prélevables globaux	divers	2009 à 2012	Divers	X	X	X	X	X	X	X		X
2	Etude des crues du Rhône	Safege Cetiis, Hydratech	2000-2004	Territoire Rhone - Etablissement Public Territorial de Bassin	X				X				
3	Etude sur l'optimisation de la gestion des débits de la rivière d'Ain - Phase 1	Coyne et Bellier	2003	DREAL Rhone-Alpes	X	X	X	X	X				
4	Etude des échanges nappes/rivières et de la part des apports souterrains dans l'alimentation des eaux de surface (cours d'eau, plans d'eau, zones humides)	ZABR : ENSM-SE, UCBL, CEMAGREF Lyon	2007	Agence de l'eau	X				X	X			
5	Nappe alluviale du Rhône - Identification et protection des ressources en eau souterraine majeures pour l'alimentation en eau potable	Safege, Antea, Sepia conseil	2010	Agence de l'eau	X				X	X			X
6	Etude Thermique du Rhône - Phase 1 et phase 2	EDF	2004		X		X	X	X				X
7	Etude Thermique du Rhone - Phase 3, lot 1 à 4	EDF	2012		X			X	X		X		X
8	Etude thermique du Rhône - Phase 4, lot 5	EDF	2012		X			X	X			X	
9	Le Rhone en 100 questions	Ouvrage collectif	2008	ZABR	X	X	X	X	X	X	X		X
10	Le Rhone aval en 21 questions	Ouvrage collectif		ZABR / OSR	X			X	X	X	X		X
11	Diagnostic de la gestion quantitative de la ressource en eau de la région PACA	DREAL PACA et Agence de l'eau	2010		X								
12	Schéma directeur de la ressource en eau et de ses usages - Phase 1 état des lieux	DDAF 38	2006		X								
13	Diagnostic de la gestion quantitative de la ressource en eau de la région PACA	DREAL PACA, Agence de l'eau	?		X								
14	Schéma d'Orientations pour une Utilisation Raisonnée et Solidaire de la Ressource en Eau (SOURCE)	SOGREAH, Maison de l'Eau	2010	Région PACA	X								
15	Imagine 2030 (Climat et aménagements de la Garonne : Quelles incertitudes sur la ressource en eau en 2030)	IRSTEA	2009	Agence de l'Eau Adour-Garonne	X			X	X				
16	Estimating mean monthly runoff at ungauged locations: an application to France	E. Sauquet, L.Gottshalk, I. Krasovskaia	2008						X				
17	Cartographie des débits de référence - Interpolation du module	Onema, Irstea	2012						X				
18	Un exemple de régime influencé: hydrologie et hydroélectricité dans les cours d'eau des Alpes du Nord	H.Vivian	1986						X				
19	Articles du colloque IS Rivers 2012	CNRS, ARALEP, EDF, IRSTEA, Univ Lyon	2012								X		
20	Articles de la revue Hydroécologie appliquée 2008	CNRS, ARALEP, EDF, IRSTEA, Univ Lyon	2008								X		
21	Données hydrobiologiques (diatomées et invertébrés) des cours d'eau de Rhône-Alpes station RCS - 2007/2012	DREAL RA	2012								X		
22	1977-2006 : Trente années de mesures des températures de l'eau dans le Bassin du Rhône	A. Poirel, F. Lauters, B. Desaint	2009		X							X	
23	Influence des barrages-réservoirs sur la température de l'eau : exemple d'application au bassin versant de l'Ain	Alain Poirel, Joël Gailhard, Hervé Capra	2010				X	X	X				X
24	Étude thermique globale du Rhône – Impacts hydrobiologiques des échauffements cumulés	M. Khalanski, G. Carrel, B. Desaint, J.-F. Fruget, J.-M. Olivier, A. Poirel, Y. Souchon	2009								X	X	
25	Le poids économique, social et environnemental de l'irrigation dans les région méditerranéennes françaises	AIRMF	2009	AIRMF		X							
26	Enquête sur les pratiques culturelles	Agreste	2006	Agreste		X							
27	FAO irrigation and Drainage Paper - Crop Evapotranspiration	R.Allen L.S.Pereira D.RAES M.SMITH	2000	FAO		X							
28	Etude pour l'amélioration de la connaissance des volumes d'eau prélevés destinés à l'irrigation sur les bassins Rhone-Mediterranée et Corse	Sogreah	2007	Agence de l'eau	X	X							
29	Projet Climator - Changement climatique, agriculture et forêt en France: Simulation d'impact sur les principales espèces	Groupement d'instituts de recherche	2007-2010	ANR/ADEME/INRA		X							
30	L'Irrigation en Rhône-Alpes - Etat des lieux et enjeux	Chambre d'agriculture régionale RA	2010	Chambre, région, Etat	X	X							X
31	Schéma directeur départemental d'irrigation et de gestion de la ressource en eau de l'Isère	BRLi	2006	Conseil général de l'Isère	X	X							
32	Schéma directeur d'irrigation de la Drôme	BRLi	2010	Conseil général de la	X	X							

ID	Nom	Auteurs	Date	MOA	Catégorie de la donnée									
					Contexte général	Prélèvements / Rejets	Usages non consommateurs	Barrages	Hydrologie	Hydrogéologie	Milieux aquatiques	Thermie	Gouvernance / Tensions	
				Drome										
33	Etude hydraulique et hydrobiologique des canaux de Camargue	BRLi	2004	PNR de Camargue		X								
34	Schéma directeur d'irrigation de l'Ain	Chambre d'Agriculture 01	2009	Conseil général de l'Ain	X	X								
35	Contrat de delta Camargue		2012	PNR de Camargue	X	X	X				X		X	
36	L'eau et la riziculture en Camargue. L'irrigation et le drainage : pourquoi ? comment ?	Pierre Heurteaux	1994	Centre Français du Riz		X								
37	Etude d'impact : projet de substitution de l'irrigation individuelle par extension du périmètre collectif du casier de Blyez - Loyettes- Saint Vulbas	CA Eau	2011	Association syndicale d'irrigation de l'Ain		X								X
38	Aqua Domitia : Synthèse du dossier du maître d'ouvrage	BRL	2011	Région Languedoc Roussillon		X								
39	Contrats de Canaux en Vaucluse. (Document de synthèse des 5 canaux, Etat des lieux du canal de Carpentras)		2011	Canaux	X	X								
40	Contrat de canal Crau Sud Alpilles (document contractuel et programme d'actions)		2012	Canaux	X	X								
41	Conséquences écologiques des éclusées – étude bibliographique		2003	OFEV			X	X	X		X			
42	Variabilité artificielle des conditions d'habitat et conséquences sur les peuplements aquatiques : effet écologiques des éclusées hydroélectriques en rivières - études de cas (Ance du Nord et Fontaulière et approches expérimentales)	Thèse de Sylvie Valentin	1995				X	X	X		X			
43	Barrage de Verbois : Etude hydraulique et morphologique	Aqu Vision Engineering	2007	Services Industriels Genevois (SIG)				X	X		X			
44	Schéma de protection, d'aménagement et de gestion des eaux (SPAGE). Lac rive gauche		2011	Direction générale de l'eau					X					
45	Projets hydroélectriques sur le Rhône franco-suisse		2011	CNR, SIG				X						
46	Campagne météorologique 2011 de la CIPEL		2011	CIPEL					X					
47	Les apports par les affluents au Léman et au Rhône à l'aval de Genève. Campagne 2011 de la CIPEL.		2011	CIPEL					X					
48	La régulation du lac Léman. Hydrology in Mountainous Regions. IAHS Publ.no.193.	Grandjean	1990						X					
49	Annuaire hydrologique de la Suisse		2008	OFEV					X					
50	Changement climatique et hydrologie en Suisse (CCHydro).		2012	OFEV					X					
51	Examen de la stationnarité des écoulements du Rhône en lien avec la variabilité climatique et les actions humaines.	Sauquet et Haond	2003						X					
52	Le Rhône supérieur franco-suisse ; fluctuations naturelles et artificielles du régime fluvial. Revue de géographie alpine.	Vivian	1986						X					
53	Contrat de canal Crau-Sud-Alpilles : contrat de canal et programme d'action		2012	Canaux		X					X		X	
54	Ressources et besoins en eau en France à l'horizon 2030	BRLi	2012	Centre d'Analyse Stratégique	X	X	X	X	X					X
55	Schémas directeurs AEP : schémas locaux et départementaux	Divers		Divers		X				X				
56	Schémas directeurs Assainissement : schémas locaux et départementaux	Divers		Divers		X								
57	Arrêtés cadres départementaux en situation de sécheresse	DREAL				X	X		X					X
58	Historiques et cartes des arrêtés préfectoraux de limitation des usages	DREAL				X	X		X					X

ID	Nom	Auteurs	Date	MOA	Catégorie de la donnée								
					Contexte général	Prélèvements / Rejets	Usages non consommateurs	Barrages	Hydrologie	Hydrogéologie	Milieux aquatiques	Thermie	Gouvernance / Tensions
1	Etude thermique EDF, Phase 4 : intégralité des lots	EDF			X			X	X		X	X	
2	L'aménagement intégré d'un grand fleuve : le Rhône. Conception générale et effets sur les crues et les nappes phréatiques La houille Blanche n°5/6	Savey P.	1982							X	X		
3	Suivi hydrobiologique du Rhône au niveau de la centrale nucléaire de Saint-Alban / Saint-Maurice 1985-2001	ARALEP		EDF							X		
4	Influence du dragage et de la vidange triennale de la retenue de Génissiat sur la faune benthique du Rhône	ARALEP		CNR				X			X		
5	Réhabilitation de sites rivulaires sur le Rhône. Suivi de la faune benthique	ARALEP		CNR							X		
6	Référentiel des milieux physiques - Etat des berges du Rhône			AERMC						X	X		
7	Impact des aménagements hydro électriques sur l'écosystème Rhône	FRAPNA	1997					X	X	X	X		

Annexe 3 : Rétrospective des étiages sévères sur le Rhône

Figure 95 : « Sous-passement » des débits seuils (VCN_T et QMNA5) pour les débits moyens 10 jours et mensuels (les débits seuils ont été calculés sur la période 1980-2011).



Annexe 4 : Questionnaire envoyé aux maîtres d'ouvrage AEP prélevant dans le fleuve Rhône ou dans sa nappe d'accompagnement

- ▶ Objet du questionnaire :

Etude de la gestion quantitative et des débits du Rhône en période de basses eaux

- ▶ **Prestataires de l'étude** : BRL Ingénierie, Hydrofis, Hépia Conseils
- ▶ **Maître d'ouvrage de l'étude** : Agence de l'eau Rhône-Méditerranée & Corse

Nom du maître d'ouvrage AEP interrogé :

Ce questionnaire vise à affiner notre connaissance :

- ▶ Du fonctionnement hydrogéologique de la nappe et de ses interactions avec le fleuve
- ▶ De l'usage AEP (tensions, perspectives d'évolution, stratégie d'approvisionnement)

Pour chacune des catégories de question listées ci-dessous, veuillez s'il vous plaît remplir l'encadré prévu à cet effet. En vous remerciant d'avance pour tous les éléments et documents utiles que vous pourriez joindre en réponse au questionnaire.

Remarque :

Si vous le souhaitez une version numérique du questionnaire et du tableau de renseignement des volumes prélevés peut également vous être adressée par e-mail sur demande. Pour les prélèvements mensuels, vous pouvez également nous transmettre directement les données à votre disposition par e.mail au contact précisé ci-dessous :

Thomas NOROTTE à BRL Ingénierie

E-mail : thomas.norotte@brl.fr

Tél : 04 66 87 52 00

1- FONCTIONNEMENT HYDROGÉOLOGIQUE DE LA NAPPE

DONNÉES TECHNIQUES SUR L'IMPACT DU PRÉLÈVEMENT EN NAPPE

Q1 : Dans le cadre de l'exploitation des champs captant de votre commune, implantés dans la nappe alluviale du Rhône, disposez-vous :

d'**études techniques** (essais de pompage, suivi piézométrique, essais de traçage) préalablement à l'intervention de l'hydrogéologue agréé dans la cadre des procédures de protection de ces champs captant ?

d'un **rapport technique réalisé par l'hydrogéologue agréé**

Quels sont les documents dont vous disposez ?

R :

Veuillez nous indiquer la **personne à contacter** pour consulter ces éléments (nom, téléphone, e-mail).

R :

2- CONNAISSANCE DE L'USAGE AEP

A. Volumes prélevés et facturés

Q2 : Pourriez vous nous préciser pour l'année 2010, le détail des volumes mensuels prélevés par ouvrage

R :

N° Ouvrage	Nom Ouvrage	Milieu prélevé	Système	Coordonnée Lambert X	Coordonnée Lambert Y	Volume annuel de redevance 2010 (milliers de m3)	Volume mensuel prélevé en 2010 (en milliers de m3)											
							Janv	Févr	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc



Si les informations fournies dans ce tableau s'avèrent inexactes merci de les corriger dans votre renvoi.

Si vous le souhaitez, nous pouvons également vous adresser un exemplaire numérique sur votre demande (pour cela contacter : Thomas NOROTTE : thomas.norotte@brl.fr).

Les données de prélèvement mensuelles historiques dont vous disposez peuvent également nous être transmises par e-mail au format xls dans tout autre type de tableur (merci dans ce cas de vérifier la conformité avec les renseignements indiqués ici et nous préciser les éventuelles différences).

B. DEMANDE EN EAU ACTUELLE ET FUTURE
Q3 : Quel est le volume facturé total par votre service pour l'année 2010 ?
R : V facturé (en m³) =
Q4 : Quelle est la population actuellement desservie par votre service ? Q5 : Quelle pourrait être cette population en 2021 ?
R : Pop. desservie en 2012 (en hab) = Pop. desservie en 2021(en hab) =

C. PÉRIODES DE TENSIONS / PERTE DE PRODUCTIVITÉ :
Q6 : Dans le cadre de l'exploitation des champs captant de votre commune, implantés dans la nappe alluviale du Rhône, nous souhaiterions savoir si vous avez-vous connu par le passé des périodes de baisse de productivité de ces ouvrages ? Pouvez vous nous dire en ce cas : sur quel(s) ouvrage(s), à quelle période, et pendant combien de temps ?
R :
Q7 : Quelles solutions ont été proposée pour assurer l'approvisionnement ?

C. SÉCURISATION ET DÉVELOPPEMENT DE VOTRE RESSOURCE AEP
<p>Q8 : A l'heure actuelle, existe-t-il des ressources de substitution en dehors de vos prélèvements dans la nappe du Rhône et qui seraient utilisées à titre occasionnel (pollution du fleuve, qualité des eaux insuffisante, etc.) ?</p>
<p>R :</p>
<p>Q9 : Envisagez-vous d'augmenter/diminuer la capacité de certains captages existants ?</p> <p>Q10 : Envisagez-vous de développer de nouveaux prélèvements dans le fleuve Rhône ou sa nappe, en sécurisation de la ressource ou en approvisionnement principal ?</p>
<p>R :</p>
<p>Q11 : Disposez vous actuellement d'interconnexions avec d'autres services gestionnaires prélevant de l'eau du Rhône ou de sa nappe ?</p>
<p>R :</p>
<p>Q12 : Quel est le volume de vos stockages ? Avez-vous pu évaluer une durée limite de maintien de l'approvisionnement en eau potable sur ces seuls volumes de stockage (situation d'impossibilité de prélever) ?</p>
<p>R :</p> <p>Volume des stockages (en m³) =</p> <p>Durée limite de non approvisionnement =</p> <p><u>Commentaires</u> :</p>

Annexe 5 : Réponses des questionnaires AEP concernant les projets d'augmentation ou de substitution

Le tableau ci-après rassemble les réponses collectées à travers les questionnaires aux maîtres d'ouvrages, sur l'existence d'éventuels projets d'augmentation des captages d'eau potable ou de substitution.

Rappel : Ces questionnaires concernent uniquement les réseaux d'eau potable alimentés au moins en partie par le fleuve Rhône et sa nappe.

Maître d'ouvrage	Projets : Augmentation de la production ou nouveaux captages ?
SYNDICAT INTERCOM EAU POTABLE DE L'EST LYONNAIS	
SYNDICAT MIXTE EAU POTAB RHONE SUD	
SI PRODUCTION D'EAU CANTON DE PELUSSIN	nouveau puit dans la nappe du Rhone prévu : lieu dit grand val a chavanay
SIE PELUSSIN ROISEY MALLEVAL	
SYNDICAT DES EAUX RHONE PILAT	non
SI DES EAUX FONTAINE DE L'ORANGE	
SI GESTION EAUX ET ASSAINISS ROUSSILLON SIGEARPE	Un puits n°5 sera créé en mars 2013 suite à arrêté préfectoral (500 m3/j)
SYNDICAT EAUX DE DOLOMIEU ET MONCARRA	
SYNDICAT INTERCOM EAUX GERBAY BOURRASSONNES	
SIVU DES EAUX D'AOSAINTE ET DE GRANIEU	
SYNDICAT MIXTE EAU ET ASSAINISSEMENT DES ABRETS ET ENVIRONS	
SYNDICAT INTERCOM ADDUCT EAU POTAB DE LA REGION DE SAINT ALEXANDRE	
SYNDICAT INTERCOM ADDUCT EAU POTAB DE VENEJAN SAINT NAZAIRE	non
SYNDICAT INTERCOM ADDUCT EAU POTAB ET ASSAINISSEMENT DE LIRAC	
SYNDICAT EAUX ET ASSAINISSEMENT DE LA BASSE TAVE	
SIVU AMENAGEMENT EAU POTABLE PLATEAU SIGNARGUES	
SIVU DES EAUX DROME RHONE	
SYNDICAT MIXTE DU CANTON DE SAINT PERAY	
SYNDICAT INTERCOM PRODUCT EAU RHONE EYRIEUX	
SI ALIMENTATION EAU POTABLE CANCE DOUX SIAEP MEYSSE	non
SYNDICAT INTERCOMMUNAL EAU POTABLE OUVEZE PAYRE	
SYNDICAT INTERCOMMUNAL EAU ANNONAY SERRIERES	Augmentation du puits de Peyol
SI DISTRIBUTION D'EAU DE THIL ET NIEVROZ	non
SI DES EAUX DU NORD-EST DE LYON	non
BRL	
COMMUNAUTE D'AGGLOMERATION DU GRAND AVIGNON	il est envisagé d'augmenter le prelevement sur le captage laubadies
COMMUNAUTE DE COMMUNES DE YENNE	Etude en cours pour un nouveau puits en approvisionnement principal à Yenne
COMMUNAUTE URBAINE DE LYON	Nous envisageons d'augmenter les captages sur la nappe alluviale de la saône
SIVOM DES EAUX DU PLATEAU DE CREMIEU	
COMMUNAUTE D'AGGLOMERATION NIMES METROPOLE	
COMMUNAUTE AGGLOMERATION ARLES CRAU CAMARGUE MONTAGNETTE	non
COMMUNAUTE DE COMMUNES DU RHONE AUX GORGES DE L'ARDECHE	
COMMUNAUTE DE COMMUNES LES DEUX CHENES	Il est envisagé d'augmenter les captages sur la source des Presles et le puit de Rances.
COMMUNAUTE DE COMMUNES DU CANTON DE MONTLUEL	- Pas d'augmentation/diminution pour le moment. - Sécurisation de la ressource devra être étudiée à moyen terme par la 3CM, Pas de piste pour le moment.
MONSIEUR LE MAIRE DE CONDRIEU	non
MONSIEUR LE MAIRE DE AMPUIS	
MONSIEUR LE MAIRE DE SAINT PIERRE DE BOEUF	non
MONSIEUR LE MAIRE DE LES ROCHES DE CONDRIEU	Projet de développer de nouveaux prélèvements dans le système Rhône, dans le cadre d'une interconnexion avec syndicat de distribution d'eau potable voisin
MONSIEUR LE MAIRE DE VALLABREGUES	
MONSIEUR LE MAIRE DE SAINT ETIENNE DES SORTS	
MONSIEUR LE MAIRE DE ROQUEMAURE	Il est envisagé d'augmenter le captage du plan ou moulas
MAIRIE DE PUJAUT	en cours d'étude
MONSIEUR LE MAIRE DE PONT SAINT ESPRIT	
MONSIEUR LE MAIRE DE NIMES	
MONSIEUR LE MAIRE DE MONTFAUCON	

Maître d'ouvrage	Projets : Augmentation de la production ou nouveaux captages ?
MONSIEUR LE MAIRE DE CODOLET	En cours de révision du document d'urbanisme de la commune
MONSIEUR LE MAIRE DE BEAUCAIRE	
MONSIEUR LE MAIRE DE ARAMON	
MONSIEUR LE MAIRE DE VALENCE	
MONSIEUR LE MAIRE DE SAINT PAUL TROIS CHATEAUX	non.
MONSIEUR LE MAIRE DE PONSAS	
	La deuxième ressource est destinée à fiabiliser et diversifier l'approvisionnement au regard de la vulnérabilité du champ captant des Plantades implanté en zone urbanisée. Il est également appelé à jouer un rôle dans le cadre de la mutualisation de la ressources avec les commune voisines confrontées à la fiabilité quantitative et qualitative de l'approvisionnement.
MONSIEUR LE MAIRE DE PIERRELATTE	
MONSIEUR LE MAIRE DE MONTELIMAR	non.
MONSIEUR LE MAIRE DE LA GARDE ADHEMAR	
MONSIEUR LE MAIRE DE DONZERE	
MONSIEUR LE MAIRE DE CHATEAUNEUF DU RHONE	
MONSIEUR LE MAIRE DE SAINTES MARIES DE LA MER	non.
MONSIEUR LE MAIRE DE FONTVIEILLE	
MONSIEUR LE MAIRE DE VIVIERS	
MONSIEUR LE MAIRE DE LE TEIL D ARDECHE	non
MONSIEUR LE MAIRE DE MAUVES	non
MONSIEUR LE MAIRE DE GUILHERAND GRANGES	
MONSIEUR LE MAIRE DE GLUN	
MONSIEUR LE MAIRE DE BEAUCHASTEL	
MONSIEUR LE MAIRE DE SERRIERES DE BRIORD	
MONSIEUR LE MAIRE DE SAINT MAURICE DE GOURDANS	
MONSIEUR LE MAIRE DE MURS ET GELIGNIEUX	

Annexe 6 : Traitement de la base de données des redevances de l'Agence de l'eau

1- PRESENTATION DE LA BASE DE DONNÉES. INTERET ET OBJECTIF D'UTILISATION POUR L'ETUDE

La base de données Redevances renseigne les volumes bruts prélevés annuels et soumis à redevances sur le district Rhône-Méditerranée-Corse et sur la période 1987-2010.

En cela, elle constitue une source d'information clef pour l'estimation des prélèvements dans le cadre de la présente étude, et présentent plusieurs atouts spécifiques :

- ▶ La dimension historique : les données de prélèvements sont disponibles sur une période de plus de 20 ans, ce qui permet d'estimer :
 - Un historique des prélèvements, pour la reconstitution des débits ;
 - Une analyse des tendances passées en termes d'usage et de prélèvements ;

Cependant, ces analyses historiques devront être menées avec prudence car la plupart des informations disponibles dans la base ont notablement évoluées, et ne sont pas directement comparables sur une échelle de 20 ans. En particulier, les modes de détermination des volumes, les seuils de redevances et les méthodes de prise en compte de prélèvement dans la base redevances ont été modifiés pendant cette période.

- ▶ Une information globale et relativement « homogène » au niveau spatial et pour tous les usages. Les informations renseignées dans la base de donnée concernent tout le district RMC et tous les usages de l'eau, avec une méthode commune, elle permet donc un comparatif intéressant des volumes au niveau géographique et par type d'usage. Elle renseigne également le type de milieux de prélèvement (superficiel, souterrain) et permet de géolocaliser les prélèvements. Elle constitue un support de base de l'analyse des prélèvements. Cependant, elle ne peut être utilisée comme unique source et comporte un certain nombre d'incertitudes, liées notamment :
 - A l'estimation des volumes prélevés (en particulier, pour ce qui concerne les redevances au forfait, etc.) ;
 - A l'attribution des volumes à un usage donné ;
 - ...

2- DISCONTINUITES DANS LA BASE DE DONNEE

La base de données présente un certain nombre de discontinuités dans sa structure et son contenu, du fait de modifications sur le mode de calcul de la redevance au cours du temps, et de l'application de la loi sur l'eau, en particulier. En conséquence, cette base de données nécessite un travail de prétraitement et des précautions importantes afin de pouvoir être exploitée dans notre étude.

On peut noter, entre autres, les points de discontinuité suivant :

Identification des prélèvements :

- ▶ Il n'existe pas d'identifiant pour chaque prélèvement, qui permette de retrouver aisément un prélèvement donné sur plusieurs années.
- ▶ Le seul champ uniforme sur toute la période, permettant d'identifier en partie les prélèvements, est le numéro d'ouvrage. Dès lors qu'un ouvrage alimente plusieurs préleveurs, il manque une information simple et uniforme pour identifier les préleveurs dans le temps. En outre, des anomalies sur les numéros d'ouvrage existent.
- ▶ En outre, les numéros SIRET/SIREN des maîtres d'ouvrage ne sont pas systématiquement renseignés, et les libellés des noms des maîtres d'ouvrages ne sont pas uniformes, ce qui ne permet pas de traitement automatique sur ces champs d'information.

Volumes prélevés :

- ▶ le mode de comptage a évolué entre 1987 et 2010. Le champ « Libellé mode détermination Volumes » indique le mode de comptage. Il sera très important de prendre cela en compte pour l'estimation des volumes.
- ▶ Les seuils de déclaration ont également évolué. En particulier, seuls les prélèvements supérieurs à 30 000 m³/an étaient soumis à redevance avant 2008. Depuis 2008, les prélèvements supérieurs à 10 000 m³/an (voire 7 000 m³/an) sont également soumis à redevance.

Classification par usage :

- ▶ La classification par usage a évolué en 2008 du fait de l'application de la nouvelle Loi sur l'eau (LEMA 2006). La classification précédente, dénommée « Type Usage » comptait 39 catégories donnant ainsi une description assez précise de l'usage des prélèvements. La classification LEMA, utilisée à partir de 2008, est constituée des huit catégories suivantes.

Figure 96 : Catégories d'usage LEMA utilisées dans la base de donnée redevances depuis 2008. Source : Agence de l'eau RMC

Référentiel des types d'usages pour les données pour les années postérieures ou égales à 2008 :

Code Usage LEMA	Libellé Usage LEMA
80	Usages exonérés
81	Irrigation gravitaire (exploitants agricoles)
82	Irrigation non gravitaire (exploitants agricoles)
83	Alimentation en eau potable
84	Refroidissement industriel (restitution >= 99%)
85	Alimentation d'un canal
86	Autres usages économiques
89	Hydroélectricité

Du fait de ces discontinuités, il n'est pas possible de déterminer directement l'évolution des volumes prélevés par l'industrie ou par les CNPE dans le temps, par exemple.

Un travail de prétraitement de ces données a donc été réalisé afin :

- ▶ d'établir dans la mesure du possible une base de données permettant de caractériser les volumes prélevés par usages et par mode de consommation, de manière continue dans le temps ;
- ▶ de connaître les principales limites, sources d'erreurs et de discontinuité irréductibles (par exemple : modification des modes de comptage, etc....) qu'il faudra prendre en compte.

3- EVALUATION DES USAGES ET DES MODES DE CONSOMMATION

Mise en place d'une typologie adaptée et continue

Pour cela, il s'agit notamment d'attribuer aux prélèvements des catégories d'usage et de consommation de manière aussi uniforme que possible dans le temps. Ces catégories doivent distinguer les grands usages (AEP, Agriculture, Industrie, CNPE...) et les modes de consommation (% de rejet, etc...). Elles doivent correspondre aux méthodes d'estimations des volumes consommés nets qui seront mise en place par la suite.

Nous présentons ci-dessous les principales étapes qui ont été effectuées. Un ensemble de corrections manuelles non détaillées, et qui s'appuient souvent sur le nom ou le n° SIREN du maître d'ouvrage, ont été réalisées afin de préciser l'usage des prélèvements.

- ▶ **Extrapolation des usages :** Un premier travail a été mené afin d'extrapoler les « Types_usages » sur les années 2008-2010 d'une part, et d'extrapoler les « usages LEMA » sur les années antérieures à 2008 d'autres part. Ce travail a été réalisé partiellement de façon automatique, en particulier pour les ouvrages alimentant un seul préleveur, et partiellement de façon manuelle, pour les cas plus complexe. Ces extrapolations reposent en particulier sur l'hypothèse que pour un prélèvement donné, l'usage restera a priori inchangé au cours du temps. Pour un certain nombre de cas, cela a été nuancé et corrigé par des considérations concernant le maître d'ouvrage, les volumes prélevés, etc.
- ▶ **Définition d'une typologie :** On définit une typologie à partir des différentes combinaisons [Type_usage ; usage_LEMA]. Cette typologie est complétée par une différenciation particulière pour les CNPE. Cette attribution a ensuite été retravaillée, en particulier pour les CNPE et l'irrigation. Cette attribution d'usage s'appuie sur des échanges avec l'Agence de l'eau. On précise ci-après quelques choix effectués :
 - Les CNPE ont été identifiées, et une distinction entre les usages « Refroidissement » et « autres usages » a été faite.
 - La catégorie « alimentation d'un canal » est incluse dans les volumes prélevés d'irrigation avant 2008, et fait d'objet d'une distinction après 2008. Ces volumes représentent les volumes transitant pas les canaux, hors prélèvements. Ils représentent une part importante des volumes déclarés. Pour les canaux les plus importants (50 canaux représentant 80% du volume en 2010), l'usage du canal (agricole, eau potable, navigation) a été précisé.
 - L'irrigation non gravitaire est différenciée avant 2008 selon les modes d'irrigation (aspersion et goutte à goutte), grâce aux « type usage ». Cette distinction n'a pas pue être facilement extrapolée après 2008 pour tous les prélèvements. Un sous-type « irrigation non gravitaire agrégé » regroupe donc les prélèvements non différenciés. Cela sera également traité ultérieurement à l'échelle des sous-bassins versants.

Cette typologie permet de dresser un premier bilan des prélèvements bruts par usages. Elle sert de base aux travaux spécifiques qui vont être menés par la suite pour chaque usage : eau potable, agriculture, industrie en particulier.

Les catégories sont résumées ci-après :

Figure 97 : Typologie d'usage utilisée par BRL pour traiter la base de données redevances

Type	Sous_Type BRLi
AEP	AEP
Agriculture	Agricole_irrigation_gravitaire
	Agricole_irrigation_non_gravitaire_agrégé
	Agricole_irrigation_non_gravitaire_aspersion
	Agricole_irrigation_non_gravitaire_GAG
	Agricole_submersion_vigne
Autre	Autre
	Autre_conso
	Autre_non_conso
	Loisir_conso
Canal	Canal_Incertain
	Canal_AEP
	Canal_Irrigation
	Canal_Navigation
CNPE	CNPE_autre_conso
	CNPE_refroidissement
CPT	CPT_refroidissement
Industrie	Industriel_conso
	Refroidissement_fermé
	Refroidissement_ouvert
Realimentation	Realimentation

Critique de la méthode

Pour attribuer à tous les prélèvements de la base de données un « type » et « sous-type », plusieurs hypothèses ont été posées. Ces hypothèses sont liées en particulier à :

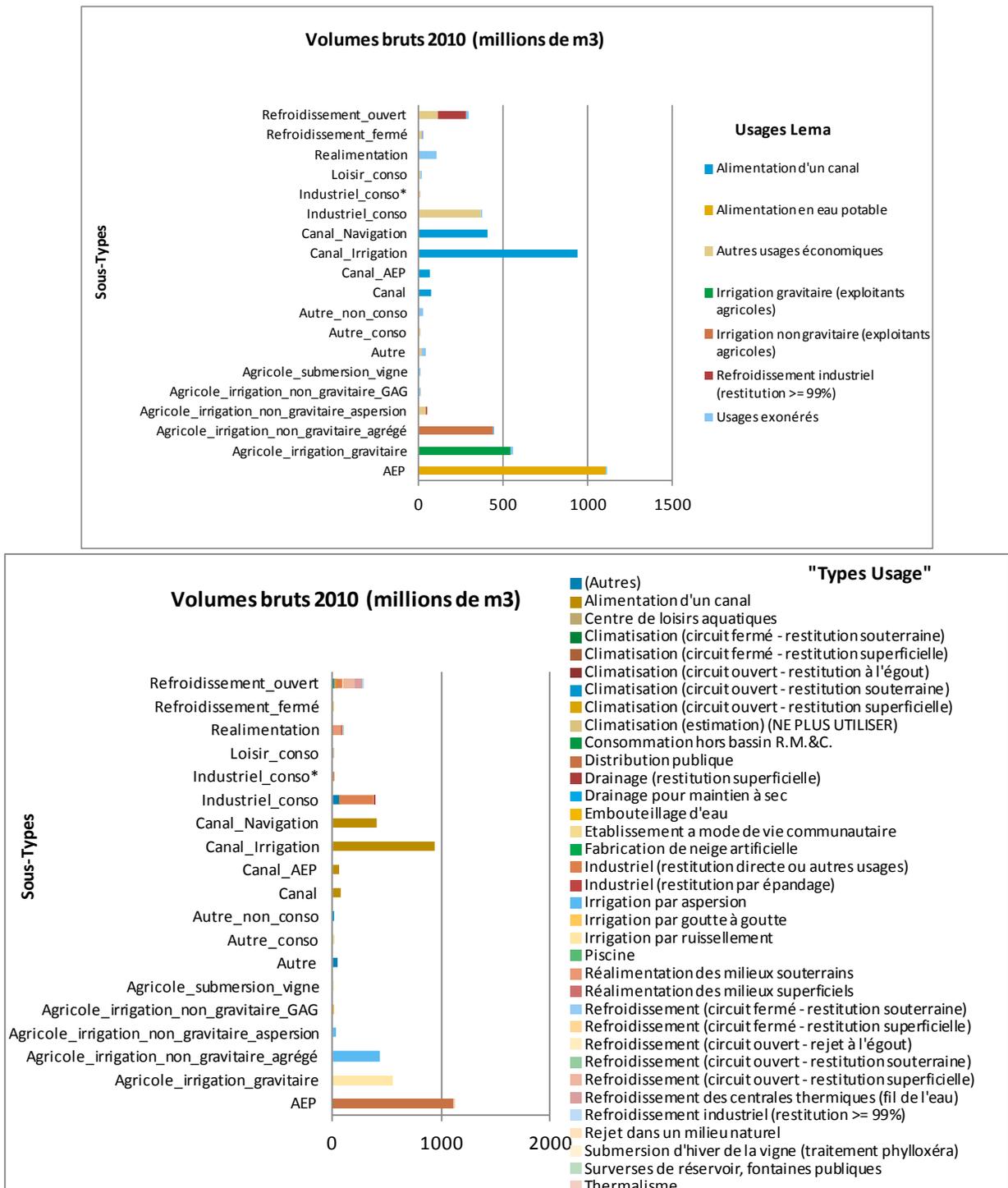
- ▶ La qualité du renseignement initial de la base de données pour les types et libellés usage ;
 - ▶ Le travail d'extrapolation des « type usage » fait par BRLi ;
 - ▶ L'attribution d'usages de manière semi-automatique ;
- Il faudra donc rester prudent dans l'utilisation de ces résultats, lesquels devront être contrôlés et comparés avec les autres sources de données disponibles sur le bassin.**

Par ailleurs il est important de se rappeler que les modes de détermination des volumes ont évolué dans le temps, l'analyse des tendances historiques doit donc être prudente.

Analyse pour 2010

On a tracé pour l'année 2010 les volumes bruts prélevés sur le bassin du Rhône en croisant les catégories d'usage. On observe que les plus gros volumes rassemblent un nombre restreint de catégories d'usage, assez bien corrélées entre elles, ce qui limite donc le risque d'erreur pour les gros volumes.

Figure 98 : Comparaison des catégories d'usages avant 2008 (types usages) et après 2008 (usages Lema) de la base de données redevance, en parallèle avec la typologie BRL. Volumes bruts sur le bassin versant du Rhône (hors CNPE) (millions de m³, année 2010).

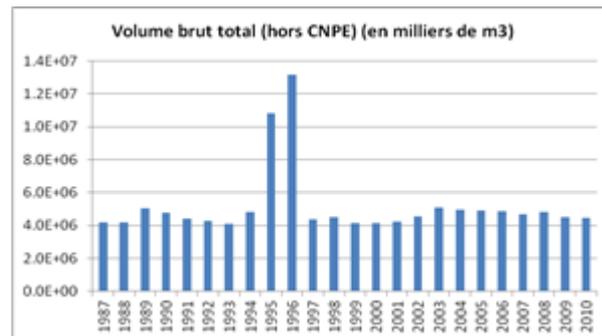


Analyse historique

L'intérêt de cette typologie d'usage est double : mieux caractériser les prélèvements actuels, et obtenir une approche historique, en ayant des usages continus dans le temps. Les graphiques ci-après donnent un premier aperçu des données historiques contenues dans la base de données redevance, par type d'usage. Cette analyse permet également de critiquer les données.

Les années 1995 et 1996 présentent de fortes anomalies non expliquées, et ne seront donc pas prises en compte dans la suite.

Figure 99 : Volumes bruts hors CNPR prélevé sur le bassin du Rhône d'après la base de données redevance (milliers de m³).



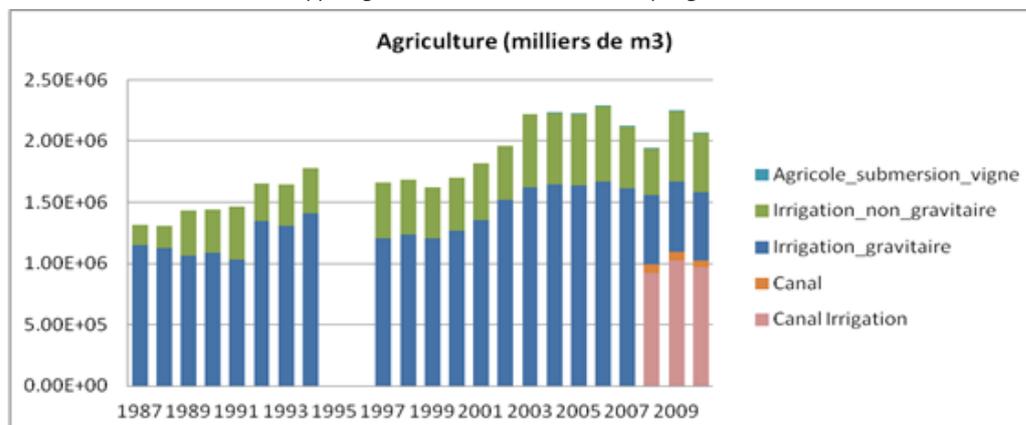
Agriculture

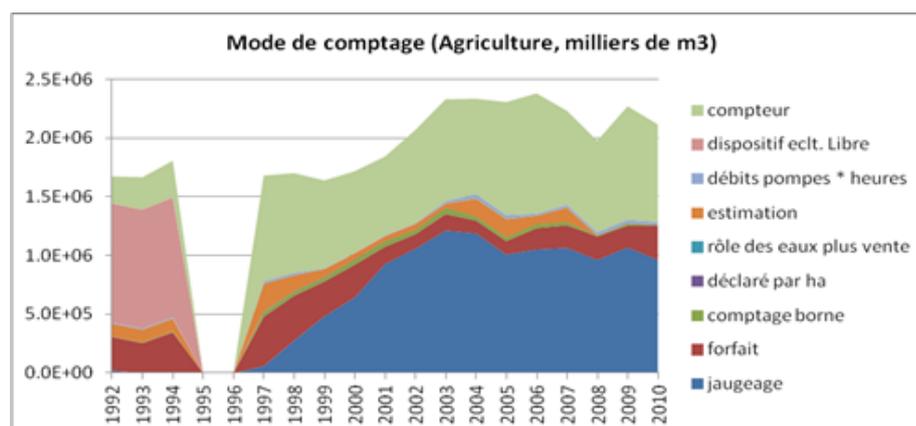
La Figure 100 présente les volumes bruts prélevés pour des usages agricoles depuis 1987 d'après la base de données redevances, et sur la base de la typologie exposée précédemment. Les modes de déterminations des volumes sont également représentés.

En première observation, on peut estimer que le mode de comptage des volumes est « relativement » stable depuis 2001, à la vue des données de l'Agence, avec 45 à 50% des volumes estimés par jaugeage, de l'ordre de 40% du volume établi au compteur et entre 5 et 15% des volumes établis par forfaits.

En termes de volumes prélevés, on observe des volumes assez stables de 2003 à 2006, de l'ordre de 2.2 milliards de m³, et une légère baisse pour les années 2008 et 2009 qui atteignent 1.9 et 2.0 milliards de m³.

Figure 100 : Volumes bruts prélevés pour l'agriculture d'après la base de données redevance. (milliers de m³). (typologie BRL) et modes de comptage associés.

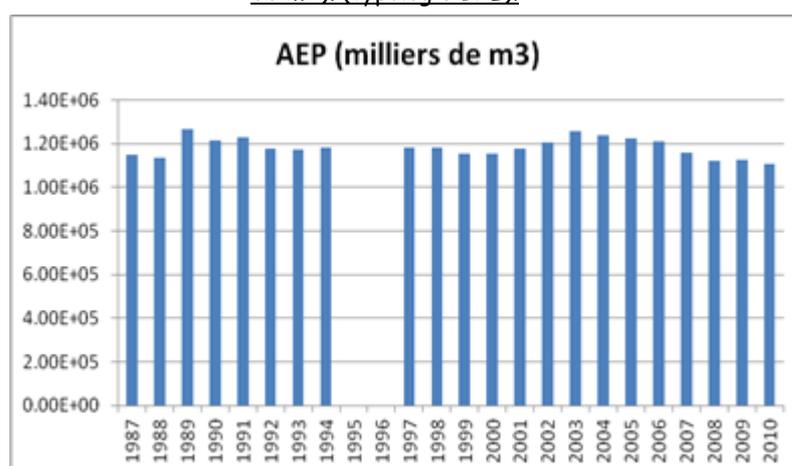




Eau potable

Les prélèvements enregistrés pour l'eau potable dans la base de données redevance restent relativement stables depuis 1987, avec un volume brut compris entre 1.11 et 1.27 milliards de m³ (Figure 101).

Figure 101 : Volumes bruts prélevés pour l'eau potable d'après la base de données redevance. (milliers de m³). (typologie BRL).



Industrie et autres usages (hors CNPE)

Les volumes identifiés comme liés à l'industrie ou d'autres usages dans la base de données redevance connaissent une baisse marquée, notamment depuis 2002 (Figure 102). La catégorie « Industrie_conso » correspond à tous les prélèvements identifiés comme industriels, et non répertoriés à priori dans les catégories « refroidissement ». Un travail complémentaire, mobilisant la base de données IREP de la DREAL, permettra de préciser ces prélèvements et les volumes rejetés correspondants.

Figure 102 : Volumes bruts prélevés pour l'industrie d'après la base de données redevance. (milliers de m³). (typologie BRL).

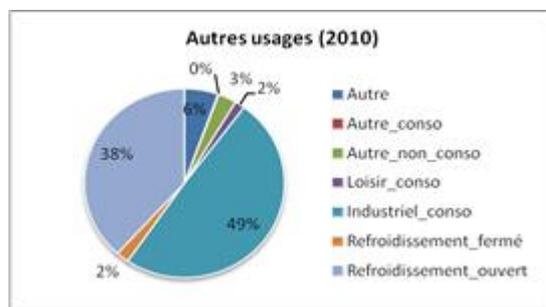
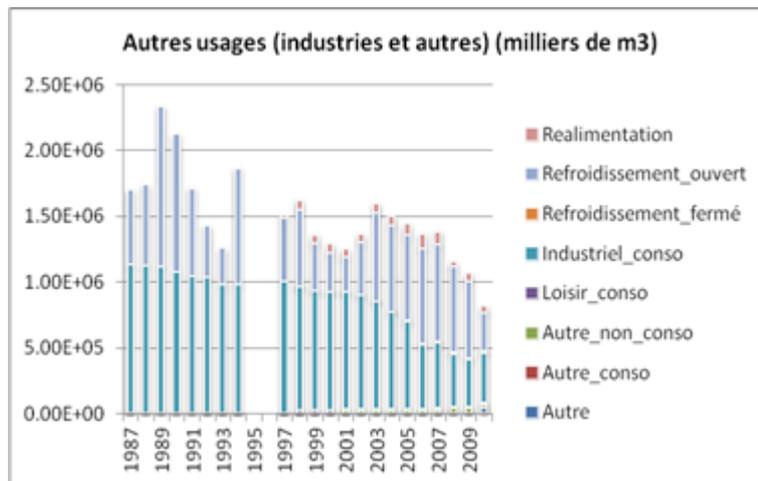
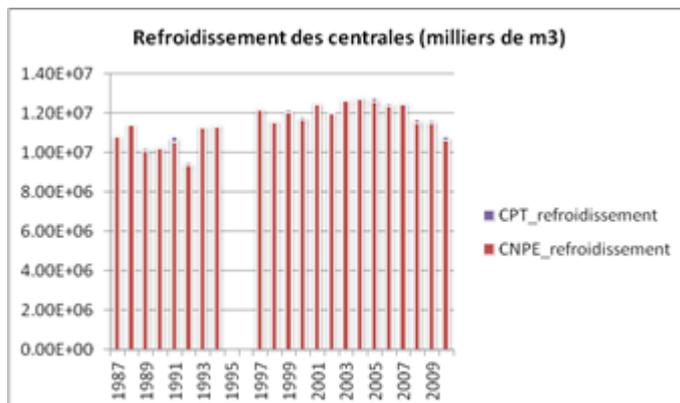


Figure 103 : Volumes bruts prélevés pour les centrales nucléaires et thermique d'après la base de données redevance. (milliers de m³). (typologie BRL).



4- ATTRIBUTION DES PRELEVEMENTS AUX ENTITEES HYDROLOGIQUES DE L'ETUDE

On décrit dans cette partie le travail réalisé pour attribuer les prélèvements de la base de données aux entités hydrologiques de l'étude.

- Prise dans le Bassin du Rhône.

L'ensemble des prélèvements situés dans un département recoupant le bassin versant du Rhône ont d'abord été extraits de la base de données redevances. Suite à cela, un travail de superposition géographique sous SIG a permis d'extraire les prélèvements situés exclusivement dans le bassin versant du Rhône. Parmi les points restants, un ensemble de points ont été identifiés comme prises sur des canaux issus du bassin du Rhône (en grande partie, des prises sur des canaux issus du bassin de la Durance, comme le canal de Craponne, etc.), et sont donc également pris en compte.

L'ensemble de ces prélèvements, identifiés comme prises d'eau du bassin versant du Rhône, sont ceux étudiés par la suite. Pour l'année 2010, ils représentent un volume brut total de 15.2 milliards de m³, et de 4.46 milliards de m³ hors CNPE.

- Milieu de prélèvement

A partir des informations de la base de données redevance sur les ouvrages (Libellé_type, Libellé_origine, Libellé_ouvrage), on peut faire la distinction entre prélèvements souterrains et superficiels, et trier les prélèvements par types de milieu de prise (canal, nappe, lac, cours d'eau), etc.

Nous complétons cette information par un travail sous SIG afin de distinguer géographiquement :

- Les prélèvements situés dans une bande de 1km autour du fleuve Rhône ;
- Les prélèvements se superposant géographiquement avec la nappe alluviale du Rhône ;
- Les autres prélèvements.

Ce travail géographique a ensuite été recoupé avec les autres informations concernant les milieux de prise des prélèvements (souterrain/superficiel/nom domaine hydrogéologique/libellé des ouvrages,...) afin de le corriger, et de déterminer réellement les prélèvements qui prennent dans le « système Rhône ».

Il en résulte la répartition suivante.

Tableau 36 : Répartition des prélèvements sur le bassin du Rhône par milieu de prise, suite au travail d'attribution réalisés. Volumes bruts pour l'année 2010, hors CNPE (milliers de m³).

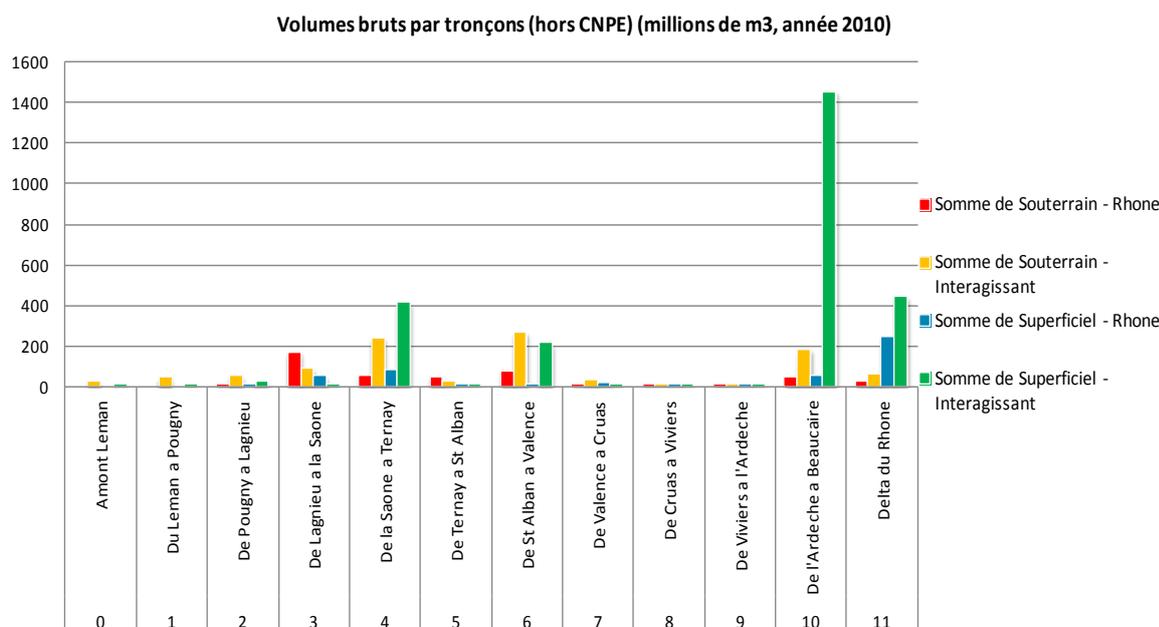
SOUT/SUP		MILIEU	SYSTEME		
			Interagissant	Rhône	
Souterrain	1.42E+06 32%	Autre Nappe	8.25E+05	19%	
		Nappe Alluviale			4.24E+05 10%
		Nappe Latérale	1.72E+05	4%	
Superficiel	3.04E+06 68%	Affluent_Canal	1.64E+06	37%	
		Affluent_SUP	8.46E+05	19%	
		Barrage_Lac	4.85E+04	1%	
		Etang	2.20E+03	0%	
		Fleuve Rhône			3.48E+05 8%
		Fosse	4.66E+02		
		Lac	2.97E+04	1%	
		Retenue collinaire	4.91E+03	0%	
		Rhône_Canal			1.12E+05 3%
		Somme	3.57E+06	80%	8.84E+05 20%
		Total			4.46E+06

► Répartition géographique : Sous-bassins et tronçon

Un travail de superposition géographique sous SIG a ensuite permis de localiser tous les prélèvements dans un tronçon et dans un sous-bassin du bassin versant du Rhône. Ce travail est en cours.

La répartition obtenue par tronçons est donnée ci-après.

Figure 104 : Répartition des volumes bruts par tronçons et par milieux de prélèvements (milliers de m³, hors CNPE, année 2010) à partir de la base de données redevances.



► Prélèvements souterrains : Identification des nappes

Par ailleurs, il est nécessaire d'affecter à chaque prélèvement souterrain, la nappe associée, afin de déterminer l'impact des prélèvements sur les débits des cours d'eau in fine, en termes de volumes impactant et de décalage temporel. Ce travail et la définition du référentiel hydrogéologique est en cours.

UTILISATION POUR LA SUITE DE L'ÉTUDE

Cette base de données permet alors de dresser un premier bilan des prélèvements sur le bassin du Rhône, donné dans le corps du rapport.

Cette base de données fournit une première base utile pour l'estimation des prélèvements mais doit être complétée par d'autres sources de données et par des analyses complémentaires, afin, entre autres, de :

- Critiquer les chiffres de la base de données ;
- Discrétiser les prélèvements au pas de temps mensuel ;
- Estimer les volumes consommés nets ;
- Déterminer les milieux de rejets ;
- Connaître les dynamiques passées et possibles : connaissances des tendances historiques, connaissances des projets futurs de prélèvements ou transferts d'eau, outils de scénario futurs, en particulier pour l'agriculture.

Figure 105 : Typologie d'usage mise en place par BRL. Croisement avec les catégories d'usage de la base de donnée redevance pour 2010 (volumes en milliers de m³).Typologie Volumes 2010 (en milliers de m³)

Type BRLi	Sous_Type BRLi	libelle_Type_usage (Extrapolé)	Libelle Usage Lema						
			Alimentation d'un canal	Alimentation en eau potable	Autres usages économiques	Irrigation gravitaire	Irrigation non gravitaire	Refroidissement industriel (restitution >= 99%)	Usages exonérés
AEP	AEP	Consommation hors bassin R.M.&C.		5 045					
AEP	AEP	Distribution publique		1 102 270					1 141
AEP	AEP	Etablissement a mode de vie communautaire		262					
AEP	AEP	Thermalisme		25					
Agriculture	Agricole_irrigation_non_gravitaire_agrégé	Irrigation par aspersion					436 573		117
Agriculture	Agricole_irrigation_non_gravitaire_aspersion	Irrigation par aspersion			41 104			78	
Agriculture	Agricole_irrigation_non_gravitaire_GAG	Irrigation par goutte à goutte			84				416
Agriculture	Agricole_irrigation_gravitaire	Irrigation par ruissellement			1	540 141			16 826
Agriculture	Agricole_submersion_vigne	Submersion d'hiver de la vigne (traitement phylloxéra)							15
Autre	Autre	(Autres)			14 070				28 065
Autre	Loisir_conso	Centre de loisirs aquatiques			676				
Autre	Autre_non_conso	Drainage (restitution superficielle)			136				810
Autre	Autre_non_conso	Drainage pour maintien à sec			1				21 789
Autre	Autre_conso	Etablissement a mode de vie communautaire			938				
Autre	Loisir_conso	Fabrication de neige artificielle			9 155				
Autre	Loisir_conso	Piscine			207				
Autre	Loisir_conso	Thermalisme			2 267				62
Canal	Alimentation d'un canal	Alimentation d'un canal	1 494 182						
CNPE	CNPE_autre_conso	Industriel (restitution directe ou autres usages)			165				
CNPE	CNPE_refroidissement	Refroidissement des centrales thermiques (circuit fermé)			824 267				
CNPE	CNPE_autre_conso	Refroidissement des centrales thermiques (fil de l'eau)			0				
CNPE	CNPE_refroidissement	Refroidissement des centrales thermiques (fil de l'eau)						9 780 200	
CPT	CPT_refroidissement	Refroidissement des centrales thermiques (fil de l'eau)						158 231	

Typologie Volumes 2010 (en milliers de m³)

Type BRLi	Sous_Type BRLi	libelle_Type_usage (Extrapolé)	Libelle Usage Lema						
			Alimentation d'un canal	Alimentation en eau potable	Autres usages économiques	Irrigation gravitaire	Irrigation non gravitaire	Refroidissement industriel (restitution >= 99%)	Usages exonérés
Industrie	Industriel_conso	(Autres)			53 833				3 222
Industrie	Refroidissement_fermé	Climatisation (circuit fermé - restitution souterraine)			220				61
Industrie	Refroidissement_fermé	Climatisation (circuit fermé - restitution superficielle)			906				
Industrie	Refroidissement_ouvert	Climatisation (circuit ouvert - restitution à l'égout)			3 747			335	
Industrie	Refroidissement_ouvert	Climatisation (circuit ouvert - restitution souterraine)			8 516			8 247	4 558
Industrie	Refroidissement_ouvert	Climatisation (circuit ouvert - restitution superficielle)			5 965			1 111	5
Industrie	Refroidissement_ouvert	Climatisation (estimation) (NE PLUS UTILISER)			275			18	224
Industrie	Industriel_conso	Embouteillage d'eau			2 235				
Industrie	Industriel_conso	Industriel (restitution directe ou autres usages)			311 867				6 635
Industrie	Industriel_conso*	Industriel (restitution directe ou autres usages)			375				
Industrie	Refroidissement_ouvert	Industriel (restitution directe ou autres usages)						64 213	
Industrie	Industriel_conso	Industriel (restitution par épandage)			526				
Industrie	Refroidissement_fermé	Refroidissement (circuit fermé - restitution souterraine)			219			73	
Industrie	Refroidissement_fermé	Refroidissement (circuit fermé - restitution superficielle)			14 524			34	
Industrie	Refroidissement_ouvert	Refroidissement (circuit ouvert - rejet à l'égout)			3 153			3 944	
Industrie	Refroidissement_ouvert	Refroidissement (circuit ouvert - restitution souterraine)			617			1 765	235
Industrie	Refroidissement_ouvert	Refroidissement (circuit ouvert - restitution superficielle)			68 041			32 060	5 035
Industrie	Refroidissement_ouvert	Refroidissement des centrales thermiques (fil de l'eau)			20 988			43 148	
Industrie	Refroidissement_ouvert	Refroidissement industriel (restitution >= 99%)						16 851	

Typologie Volumes 2010 (en milliers de m³)

Type BRLi	Sous_Type BRLi	libelle_Type_usage (Extrapolé)	Libelle Usage Lema						
			Alimentation d'un canal	Alimentation en eau potable	Autres usages économiques	Irrigation gravitaire	Irrigation non gravitaire	Refroidissement industriel (restitution >= 99%)	Usages exonérés
Realimentation	Realimentation	Réalimentation des milieux souterrains			242				36 371
Realimentation	Realimentation	Réalimentation des milieux superficiels			163				10 695
Realimentation	Realimentation	Rejet dans un milieu naturel			3 689				53
Realimentation	Realimentation	Surverses de réservoir, fontaines publiques			389				2 280

Annexe 7 : Compte rendu des échanges avec VNF au sujet des canaux de navigation

Ref. BRLi : 800420

COMPTE RENDU : **ENTRETIENS TÉLÉPHONIQUES DIVERS**

Date : février et mars 2013

Lieu : Entretien téléphonique

Objet des entretiens :

- Information sur le fonctionnement des canaux de navigation et sur les volumes de prélèvements mentionnés dans la base des redevances de l'Agence de l'eau

Personnes contactées :

- ▶ Eric BOURLES, VNF, Direction territoriale Rhône-Saône
- ▶ Delphine LEDUC, VNF, Direction territoriale Rhône-Saône
- ▶ Déborah PERROT, VNF, Direction territoriale Centre-Bourgogne

CONTACT TÉLÉPHONIQUE AVEC ERIC BOURLES, LE 19/02/2013.

Mr Bourles recommande de contacter Delphine LEDUC (disponible semaine suivante) pour plus de détails.

VNF est assujettis à une redevance au titre des dérivations d'eau que son activité occasionne ; mais il n'y a pas de transferts d'eau entre bassins versants à proprement parlé. La taxe payée par VNF est calculée sur la base d'un forfait (les canaux ne sont généralement pas instrumentés pour des mesures de débits), basé sur un calcul théorique (voir Delphine Leduc) qui aboutit globalement à une moyenne de prélèvement au kilomètre.

Les volumes contenus dans la base de données de l'Agence ne sont donc pas exacts. L'eau consommée par les canaux de navigation correspond soit aux éclusées, soit aux prélèvements de particulier sur le canal.

CONTACT TÉLÉPHONIQUE AVEC DELPHINE LEDUC, VNF DIRECTION TERRITORIALE RHÔNE-SAÔNE (01/03/2013).

La DT Rhône Saône n'a pas tous les éléments sur chacun des canaux, car certains dépendent d'autres délégations territoriales. Les personnes à contacter dans chacune des délégations sont les suivantes:

- ▶ DT Centre-Bourgogne : Déborah Perrot. 03 86 71 71 68, deborah.perrot@vnf.fr. Pour le canal de Bourgogne, le canal du Centre (qui va de la Loire à la Saône au niveau de Chalon)
- ▶ DT de Strasbourg, pour l'amont du canal de Rhône au Rhin : Monique Roberjot. 03 88 76 79 32. monique.roberjot@vnf.fr
- ▶ DT Nancy, pour le canal de la Marne à la Saône (ou canal entre Champagne et Bourgogne) et le canal des Vosges (ou Canal de l'Est) : Manuel Collongues, 03 83 36 39 80

La DT Rhône Saône a sous sa responsabilité

- la partie aval du canal du Rhône au Rhin qui part du Rhin, longe le Doubs et rejoint la Saône
- le canal d'Arles à Bouc,
- le canal Saint Louis (à Port-Saint-Louis-Du-Rhône)
- le Canal de Montbéliard qui part du canal du Rhône au Rhin, au niveau de Montbéliard et se termine une quinzaine de kilomètres au niveau de Belfort.
- et le Canal du Rhône à Sète qui prélève sur le Rhône au niveau de Beaucaire et rejoint la Méditerranée au niveau de Sète

Les canaux dérivent l'eau des cours d'eau sur quelques 100aine de mètre à quelques kilomètres. Le canal du Rhône au Rhin a par exemple 17 dérivations sur le Doubs; dans ce cas, l'eau est prélevée et restituée dans le même cours d'eau, sauf éventuellement sur dernier bief où l'eau est prélevée sur le Doubs et restituée directement dans la Saône après la confluence.

Le canal du Rhône à Sète n'apparaît pas dans la base de donnée redevance de l'Agence. Passé une dizaine de kilomètres, il est principalement en milieu salé. Il n'est pas instrumenté et VNF n'a pas d'idée des quantités d'eau qui rentrent ou sortent du canal. Ces quantités correspondent aux transferts liés aux éclusées, aux fuites et éventuellement à un écoulement lent suivant la pente naturelle. Aucune estimation n'a été faite, même à la louche pour estimer ces données. Les volumes de la base de donnée redevance sont calculés selon une méthodologie proposée par l'Agence qui prévoit qu'en l'absence de système de mesure, on calcul un volume forfaitaire de 1.54 Mm³ par kilomètre de canal et par an.

CONTACT TÉLÉPHONIQUE AVEC DÉBORAH PERROT, VNF DIRECTION TERRITORIALE CENTRE-BOURGOGNE (08/03/2013).

Les volumes présentés dans la BDD Agence sont issus:

- de calculs réalisés à partir d'un forfait kilométrique. Ce forfait a été estimé par VNF à partir de différentes études hydrauliques et estime un volume global pour l'ensemble des canaux. Le ratio kilométrique pour chaque canal est donc très proche indépendamment qu'il s'agisse d'un canal de tourisme et de petit gabarit (dans ce cas le trafic est bien moindre et les prélèvements nécessaires pour le fonctionnement des écluses et donc plus faible), ou d'un canal de navigation commerciale de grand gabarit. Sur la partie sud du canal du Rhône au Rhin, pour 180 km, le volume ainsi estimé s'élève à plus de 276.7 Mm³ soit un ratio de l'ordre de 1.5 Mm³/km et par an. Les volumes ainsi estimés sont largement supérieurs aux volumes prélevés en réalité (de l'ordre de 4 à 5 fois supérieurs). Quand un canal est à cheval sur plusieurs délégations de l'Agence, les redevances sont distribuées entre les deux délégations. Les prélèvements du canal du Centre et du canal de Bourgogne sont estimés à partir de ce forfait.
- de volumes déclaratifs quand les volumes prélevés sont connus. Des abaques ont été validés par l'Agence de l'eau Loire-Bretagne pour estimer des volumes en fonction de la hauteur d'eau dans les canaux et des manipulations des agents VNF au niveau des écluses.

Ces volumes ne correspondent pas à des volumes transférés d'un bassin à l'autre. Ces aspects n'entrent pas en ligne de compte dans l'estimation des débits prélevés pour le calcul des redevances. Ils sont utilisés pour les éclusées et la compensation de l'eau perdue sur les biefs.

On distingue plusieurs types de canaux:

- ▶ Les canaux totalement artificiels
 - Alimentés à partir d'un barrage en rivière (dans cette configuration, l'eau a tendance à aller toujours dans le même sens)
 - Alimenté par des barrages réservoir dans le cas de biefs de partage. L'eau descend depuis le bief de partage vers un coté ou l'autre.
- ▶ Les canaux en dérivation (bras artificiels qui longent une rivière), pour lesquels on retrouve des prises d'eau au niveau des écluses.

Il n'existe pas à VNF de document qui synthétise les types de chacun des canaux existant en France, mais ces informations peuvent se trouver dans les guides des plaisanciers ou les navicartes. Le canal de Bourgogne et le canal du centre sont des canaux à bief de partage (ils sont également alimentés par quelques prises en rivière le long de leur parcours).

Annexe 8 : Prise en compte des prélèvements souterrains pour le désinfluencement des débits

PRISE EN COMPTE DES PRÉLÈVEMENTS SOUTERRAINS POUR LE DÉSINFLUENCEMENT DES DÉBITS : UNE MÉTHODOLOGIE DITE EN « POUPÉES RUSSES »

Dans le cadre de la méthodologie globale mise en place, notre intervention est centrée sur la problématique de l'impact des prélèvements souterrains, à l'échelle du bassin versant, sur les débits estivaux du Rhône. A ce sujet, rappelons une considération d'ordre général : « L'eau va toujours à la rivière ». Cela signifie que dans les conditions naturelles usuelles, le réseau superficiel draine en période d'étiage les nappes qu'il traverse. Si nous nous intéressons aux échanges entre nappes et rivières, nous concevons intuitivement que seul importe l'aspect transitoire des phénomènes puisque tout prélèvement effectué dans une nappe constitue tôt ou tard un préjudice pour le réseau superficiel. Nous proposons donc de distinguer prélèvements permanents et prélèvements temporaires dans les nappes.

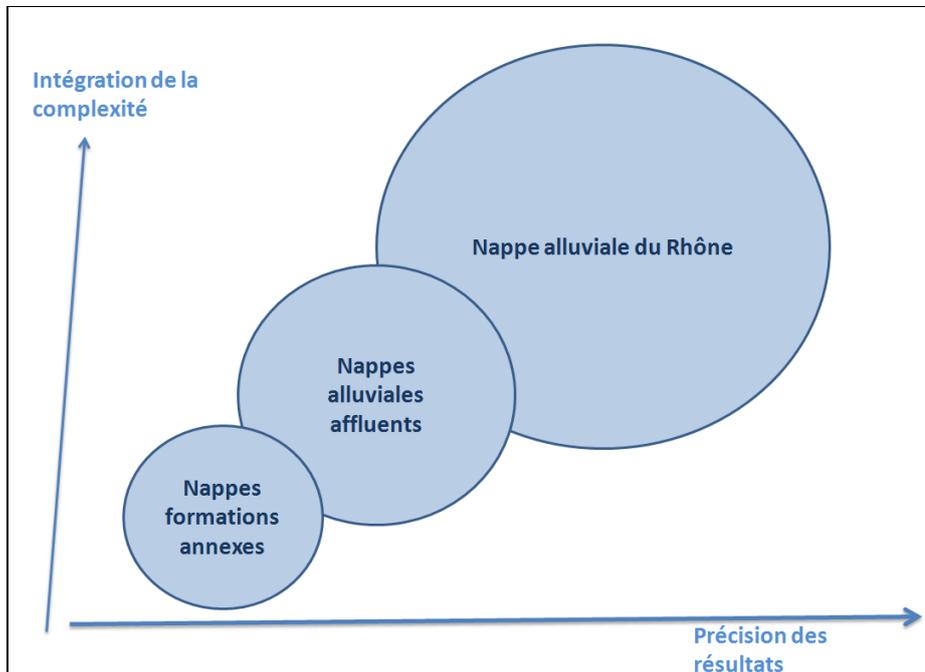
- ▶ Tout prélèvement permanent dans une nappe dans le bassin versant du Rhône sera considéré comme un préjudice direct et proportionnel au débit estival du fleuve.
- ▶ Les prélèvements temporaires devront faire l'objet d'approches plus détaillées. Rappelons qu'il s'agit majoritairement de prélèvements estivaux à destination de l'irrigation par les agriculteurs.
- ▶ Il en résulte que le travail d'analyse hydrogéologique à venir portera principalement sur les nappes sollicitées pour l'irrigation en période estivale. Il s'agit principalement des nappes suivantes :
 - ▶ Nappes alluviales quaternaires, dont la nappe d'accompagnement du Rhône.
 - ▶ Nappes fluvio-glaciaires, caractérisées par une forte productivité, des niveaux piézométriques proches du sol et des surfaces affleurantes plus ou moins planes.
 - ▶ Nappes des séries mollassiques miocènes. Bien que moins productives, ces nappes se trouvent à de faibles profondeurs et font l'objet de nombreux prélèvements à destination de l'agriculture.

Notons l'hypothèse forte d'absence de prélèvements importants à destination de l'agriculture dans les aquifères karstiques et les aquifères fissurés. Ce type d'aquifères présente des caractéristiques peu propices au développement d'importants prélèvements pour l'agriculture : des difficultés de captage, des reliefs forts, des sols peu développés,....

Pour déterminer l'impact potentiel des prélèvements estivaux dans les masses d'eau souterraine, nous proposons une méthodologie dite en « poupées russes », en fonction de la complexité des systèmes hydrogéologiques et du degré de précision attendue de l'approche.

Elle est résumée dans la figure ci-dessous :

Figure 106 : Stratégie d'étude des nappes soumises à des prélèvements estivaux significatifs, en interaction avec le système Rhône à l'étiage



Dans le détail, nous proposons les approches suivantes :

- ▶ Pour la nappe alluviale du Rhône, nous mettrons en œuvre une approche combinant une sectorisation du Rhône et une approche par modélisation hydrodynamique détaillée. Il s'agit de se doter d'une grille d'analyse pour chaque configuration hydrogéologique possible ; cette grille d'analyse résultera d'une approche par analyses de sensibilité afin d'intégrer au mieux toute la complexité de l'aquifère alluvial rhodanien (variation des paramètres hydrodynamiques, distance aux berges, degré de colmatage supposé, impact des aménagements, influences des encaissements).
- ▶ Pour les nappes alluviales des affluents du Rhône, nous proposons une approche avec une grille d'analyse basée sur les paramètres suivants : débit de pompage et distance aux affluents. Les paramètres hydrodynamiques seront fixés de manière arbitraire comme des constantes et on fera implicitement l'hypothèse d'absence de colmatage des berges susceptible de réduire les échanges nappes rivière. Cette grille d'analyse sera définie par l'exploitation de la formule de Theis (1935).
- ▶ Pour les nappes fluvio-glaciaires et les aquifères molassiques, une approche de type phénoménologique par modélisation hydrodynamique (modèle maillé simplifié de grande échelle) sera mise en œuvre. Rappelons en effet que les systèmes fluvio-glaciaires, bien que très perméables, sont diversement connectés au système Rhône : connexion souterraine pour certains d'entre eux (Garon, nappes de l'Est Lyonnais,..) ou par le biais de résurgences aux limites des systèmes (systèmes de la plaine du Léman, systèmes de la région de Vienne). Il s'agira donc de déterminer pour quelle distance et à partir de quelle gamme de débit, les prélèvements dans ces deux types de systèmes sont susceptibles de venir impacter les débits estivaux du Rhône. On observe la même problématique pour les aquifères molassiques, bien que moins perméables. Ces systèmes sont connectés au système Rhône selon les mêmes modalités : connexions souterraines (secteur du Haut Dauphiné) ou via des résurgences aux limites du système (bassins molassiques du Bas Dauphiné et du Comtat).