



72 rue Riquet - Bat A
31000 Toulouse
Tél : 05 61 62 50 68
E-mail : eaucea@eaucea.fr
www.eaucea.fr



Le Vexin 1 - 8, place de la Fontaine
95000 CERGY
Tél : 01 30 32 33 30
E-mail : ecodecision@ecodecision.fr
www.ecodecision.fr



Phase 3 : Evaluation des incidences socio- économiques et environnementales de certains étiages sévères

Novembre 2022

*Etude globale sur l'incidence socio-économique et
environnementale des étiages sévères sur le bassin amont
de la Seine*



« Ce projet est cofinancé par le Fonds Européen du Développement Régional »

SOMMAIRE

1	EVALUATION DE L'EFFET DES LACS-RESERVOIRS ET DE L'EMPREINTE DES PRELEVEMENTS ET REJETS SUR LES DEBITS NATURELS	9
1.1	ANALYSE DES REGLES ACTUELLES DE GESTION DES LACS-RESERVOIRS	9
1.1.1	Règles générales et gestion des « tranches »	9
1.1.2	Consignes d'exploitation du lac-réservoir Marne	11
1.1.3	Consignes d'exploitation du lac-réservoir Aube	27
1.1.4	Consignes d'exploitation du lac-réservoir de Pannecière	37
1.1.5	Consignes d'exploitation du lac-réservoir Seine	49
1.2	LES OBJECTIFS A L'AVANT DES LACS-RESERVOIRS	62
1.2.1	Les objectifs quantitatifs	62
1.2.2	Les objectifs qualitatifs	63
1.3	ANALYSE DES REGLES ACTUELLES DE GESTION DES LACS-RESERVOIRS POUR DES ETIAGES SEVERES PASSES	64
1.3.1	Les étiages sévères passés retenus	64
1.3.2	Le modèle PGE, « Plan de Gestion des Etiages »	66
1.3.3	Analyse des règles actuelles de gestion des lacs-réservoirs pour des étiages sévères passés	67
1.4	L'IMPACT DES USAGES ACTUELS POUR DES ETIAGES SEVERES PASSES	93
1.4.1	La méthodologie	93
1.4.2	L'axe Marne réalimenté	94
1.4.3	L'axe Seine réalimenté	96
1.4.4	L'axe Aube réalimenté	98
1.4.5	L'axe Yonne réalimenté	99
1.5	L'IMPACT DES USAGES ACTUELS POUR DES ETIAGES FUTURS	100
1.6	L'IMPACT DES USAGES FUTURS POUR DES ETIAGES FUTURS	101
1.6.1	Etablissement de scénarios de prélèvements/rejets futurs	101
1.6.2	Effets du changement climatique	111
1.6.1	Bilan hydraulique des usages et scénarios hydrologiques	112
2	EVALUATION DES INCIDENCES SOCIO-ECONOMIQUES ET ENVIRONNEMENTALES DES SCENARIOS D'ETIAGES	115
2.1	DEMARCHE	115
2.1.1	Rappels et préalables	115
2.1.2	Restitution à l'échelle de tronçons réalimentés	116
2.2	DIMENSIONS SOCIO-ECONOMIQUES DES USAGES	120
2.2.1	L'irrigation	120
2.2.2	La navigation sur les canaux	121
2.2.3	Le Centre Nucléaire de Production d'Electricité	123
2.2.4	Les autres usages économiques et l'alimentation en eau potable	123
2.3	EVALUATION DES INCIDENCES DES ETIAGES SEVERES PASSES SUR LES USAGES ACTUELS	126
2.3.1	Comparaison des scénarios avec et sans soutien d'étiage à chaque station « pilote »	126
2.3.2	Vulnérabilité des usages aux étiages sévères passés	134
2.3.3	Bilan socio-économique à l'échelle de chaque tronçon réalimenté	136
2.3.4	Bilan socio-économique à l'échelle du bassin	146
2.4	EVALUATION DES INCIDENCES HYDROLOGIQUES DU TAUX DE REMPLISSAGE SUR LE SYSTEME DE GESTION EN ETIAGES SEVERES PASSES ET FUTURS	148
2.4.1	Partage du stock et règles d'affectation entre tranche	148
2.4.2	Le passé	149
2.4.3	Le futur	152
2.4.4	Sélections des configurations pour l'évaluation socio-économique	159
2.5	EVALUATION DES INCIDENCES SOCIO-ECONOMIQUES ET ENVIRONNEMENTALES DES SCENARIOS D'ETIAGES	160
2.5.1	Analyse de l'impact du remplissage des lacs-réservoirs pour les débits passés et futurs	160
2.5.2	Comparaison des scénarios passés et futurs	162
2.5.3	Bilan socio-économique	164

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Principe de gestion des lacs-réservoirs (données EPTB Seine Grands Lacs).....	10
Figure 2 : Description du lac-réservoir Marne (source EPTB Seine Grands-Lacs).....	11
Figure 3 : Prises d'eau et restitution du lac-réservoir Marne (source EPTB Seine Grands-Lacs).....	12
Figure 4 : Courbe de gestion simulée du lac-réservoir Marne (données EPTB Seine Grands Lacs).....	15
Figure 5 : Analyse descriptive de l'historique de la gestion des courbes du lac-réservoir Marne.....	16
Figure 6 : Analyse statistique de l'historique de la gestion des courbes du lac-réservoir Marne.....	17
Figure 7 : Analyse statistique de l'historique de la gestion des courbes et des tranches du lac-réservoir Marne.....	18
Figure 8 : Localisation des stations hydrométriques sur l'axe Marne réalimenté avec objectifs de débits.....	19
Figure 9 : Analyse des VCN10 comparativement au débit de vigilance à Châlons-sur-Marne.....	20
Figure 10 : Analyse des déficits par rapport au débit de vigilance à Châlons-sur-Marne.....	21
Figure 11 : Analyse des VCN10 comparativement au débit de vigilance à Gournay-sur-Marne.....	22
Figure 12 : Analyse des déficits par rapport au débit de vigilance à Gournay-sur-Marne.....	23
Figure 13 : Analyse du déficit par rapport au seuil de vigilance pour la station de Gournay-sur-Marne en 2003.....	24
Figure 14 : Analyse du déficit par rapport au seuil de vigilance pour la station de Gournay-sur-Marne en 2011.....	25
Figure 15 : Description du lac-réservoir Aube (source EPTB Seine Grands-Lacs).....	27
Figure 16 : Prises d'eau et restitution du lac-réservoir Aube (source EPTB Seine Grands-Lacs).....	28
Figure 17 : Courbe de gestion simulée du lac-réservoir Aube (données EPTB Seine).....	30
Figure 18 : Analyse descriptive de l'historique de la gestion des courbes du lac-réservoir Aube.....	31
Figure 19 : Analyse statistique de l'historique de la gestion des courbes du lac-réservoir Aube.....	32
Figure 20 : Analyse statistique de l'historique de la gestion des courbes et des tranches du lac-réservoir Aube.....	33
Figure 21 : Localisation des stations hydrométriques sur l'axe Aube réalimenté avec objectifs de débits.....	34
Figure 22 : Analyse des VCN10 comparativement au débit de vigilance à Arcis-sur-Aube.....	35
Figure 23 : Description du lac-réservoir de Pannecière (source EPTB Seine Grands-Lacs).....	37
Figure 24 : Lac-réservoir de Pannecière – ouvrage au fil de l'eau.....	38
Figure 25 : Courbe de gestion simulée du lac-réservoir de Pannecière (données EPTB Seine).....	39
Figure 26 : Analyse descriptive de l'historique de la gestion des courbes du lac-réservoir de Pannecière.....	41
Figure 27 : Analyse statistique de l'historique de la gestion des courbes du lac-réservoir de Pannecière (hors années de travaux et de vidange).....	42
Figure 28 : Analyse statistique de l'historique de la gestion des courbes et des tranches du lac-réservoir de Pannecière (hors années de travaux et de vidange).....	43
Figure 29 : Localisation des stations hydrométriques sur l'axe Yonne réalimenté avec objectifs de débits.....	44
Figure 30 : Analyse des VCN10 comparativement au débit de vigilance à Gurgy.....	45
Figure 31 : Analyse des VCN10 comparativement au débit de vigilance à Pont-sur-Yonne.....	45
Figure 32 : Analyse des déficits par rapport au débit de vigilance à Gurgy.....	46
Figure 33 : Analyse des déficits par rapport au débit de vigilance à Pont-sur-Yonne.....	46
Figure 34 : Analyse du déficit par rapport au seuil de vigilance pour la station de Pont-sur-Yonne en 2019.....	47
Figure 35 : Description du lac-réservoir Seine (source EPTB Seine Grands-Lacs).....	49
Figure 36 : Prise d'eau et restitution du lac-réservoir Seine (source EPTB Seine Grands-Lacs).....	50
Figure 37 : Localisation des canaux de restitution du lac-réservoir Seine.....	51
Figure 38 : Courbe de gestion simulée du lac-réservoir Seine (données EPTB Seine).....	52
Figure 39 : Analyse descriptive de l'historique de la gestion des courbes du lac-réservoir Seine.....	53
Figure 40 : Analyse statistique de l'historique de la gestion des courbes du lac-réservoir Seine.....	54
Figure 41 : Analyse statistique de l'historique de la gestion des courbes et des tranches du lac-réservoir Seine.....	55
Figure 42 : Localisation des stations hydrométriques sur l'axe Seine réalimenté avec objectifs de débits.....	56
Figure 43 : Analyse des VCN10 comparativement au débit de vigilance à Méry-sur-Seine.....	57
Figure 44 : Analyse du déficit par rapport au seuil de vigilance pour la station de Méry-sur-Seine en 2003.....	58
Figure 45 : Analyse des VCN10 comparativement au débit de vigilance à Pont-sur-Seine.....	59
Figure 46 : Analyse des déficits par rapport au débit de vigilance à Pont-sur-Seine.....	59
Figure 47 : Analyse des VCN10 comparativement au débit de vigilance à Paris Austerlitz.....	60
Figure 48 : Analyse des déficits par rapport au débit de vigilance à Paris Austerlitz.....	60
Figure 49 : Distribution des étiages à Paris Austerlitz (données AQUI-FR) (extrait du rapport de phase 1).....	65

Figure 50 : Stations AQUI-FR en amont des lacs-réservoirs, disposant de débits d'objectifs ou utilisées pour une reconstitution de débits	69
Figure 51 : Courbes de gestion calculées pour l'année 1921 (données AQUI-FR, influencées des usages actuels)	71
Figure 52 : Débits aux stations aval pour l'année 1921 (données AQUI-FR, influencées des usages actuels et de la gestion des lacs-réservoirs).....	75
Figure 53 : Courbes de gestion calculées pour l'année 1941 (données AQUI-FR, influencées des usages actuels)	78
Figure 54 : Débits aux stations aval pour l'année 1949 (données AQUI-FR, influencées des usages actuels et de la gestion des lacs-réservoirs).....	81
Figure 55 : Courbes de gestion calculées pour l'année 1976 (données AQUI-FR, influencées des usages actuels)	83
Figure 56 : Débits aux stations aval pour l'année 1976 (données AQUI-FR, influencées des usages actuels et de la gestion des lacs-réservoirs).....	86
Figure 57 : Courbes de gestion calculées pour l'année 1991 (données AQUI-FR, influencées des usages actuels)	88
Figure 58 : Débits aux stations aval pour l'année 1991 (données AQUI-FR, influencées des usages actuels et de la gestion des lacs-réservoirs).....	91
Figure 59 : Localisation des points de prélèvement (données AESN 2008-2017, extrait du rapport de phase 1).....	93
Figure 60 : Débits naturels reconstitués de la Seine à Paris via le modèle AQUI-FR (avant impacts des usages)	94
Figure 61 : Impacts des usages actuels (consommations) sur l'axe Marne à Gournay-sur-Marne	95
Figure 62 : Impacts des usages actuels sur l'axe Seine à Pont-sur-Seine.....	96
Figure 63 : Impacts des usages actuels sur l'axe Seine à Paris-Austerlitz.....	97
Figure 64 : Impacts des usages actuels sur l'axe Aube à Arcis-sur-Aube	98
Figure 65 : Impacts des usages actuels sur l'axe Yonne à Pont-sur-Yonne	99
Figure 66 : Estimation relative de l'évolution des usages actuels sur les étiages futurs	100
Figure 67 : Evolution de la population selon trois scénarios de l'INSEE sur le bassin amont de la Seine (source : INSEE ; recensements de la population communale 2013-2018 et estimation 2020, Modèle Omphale adapté).....	102
Figure 68 : Taux d'évolution annuel de la population à l'échelle des sous-bassins, à l'horizon 2050 (source : Scénario central du modèle Omphale de l'INSEE adapté au découpage en sous-bassins).....	103
Figure 69 : Consommation domestique moyenne d'eau potable par habitant en 2018, par département (source : Observatoire National SISPEA, Rapport 2018 France entière).....	105
Figure 70 : Evolution de la consommation domestique moyenne d'eau potable par habitant en France (d'après : Observatoire National SISPEA ; Rapports 2009-2018 France entière, SOeS 2015).....	106
Figure 71 : Rendement moyen des services d'eau en 2018, par département (source : Observatoire National SISPEA, Rapport 2018 France entière).....	107
Figure 72 : Relation évaporation-température moyenne au sol pour un fonctionnement maximaliste du CNPE de Nogent-sur-Seine	110
Figure 73 : Estimation basse des consommations des usages sur tout le bassin d'étude en 2050.....	112
Figure 74 : Estimation haute des consommations des usages sur tout le bassin d'étude en 2050	113
Figure 75 : Franchissement des seuils de crise aux stations hydrologiques sur les 4 axes majeurs d'amont en aval, selon les débits naturalisés sur modèle AQUI-FR. *Au niveau des stations de Méry-sur-Seine, Gurgy et Pont-sur-Yonne, les débits analysés ont été reconstitués (cf. Partie 1.3.3.2)	118
Figure 76 : Cartographie des tronçons des axes réalimentés et de la station « pilote » associée	119
Figure 77 : Evolution du trafic sur le canal du Nivernais en 2018 (source : VNF. https://www.vnf.fr/vnf/dossiers-actualites/le-canal-du-nivernais/).....	122
Figure 78 : Durée des niveaux de contraintes subies et répartitions durant les 4 étiages sévères de juin à décembre à Gurgy, avec et sans soutien d'étiage simulé.....	126
Figure 79 : Durée des niveaux de contraintes subies et répartitions durant les 4 étiages sévères de juin à décembre à Pont-sur-Yonne, avec et sans soutien d'étiage simulé.....	127
Figure 80 : Durée des niveaux de contraintes subies et répartitions durant les 4 étiages sévères de juin à décembre à Arcis-sur-Aube, avec et sans soutien d'étiage simulé	128
Figure 81 : Durée des niveaux de contraintes subies et répartitions durant les 4 étiages sévères de juin à décembre à Méry-sur-Seine, avec et sans soutien d'étiage simulé	129
Figure 82 : Durée des niveaux de contraintes subies et répartitions durant les 4 étiages sévères de juin à décembre à Pont-sur-Seine, avec et sans soutien d'étiage simulé	130
Figure 83 : Durée des niveaux de contraintes subies et répartitions durant les 4 étiages sévères de juin à décembre à Alfortville, avec et sans soutien d'étiage simulé.....	131
Figure 84 : Durée des niveaux de contraintes subies et répartitions durant les 4 étiages sévères de juin à décembre à Gournay-sur-Marne, avec et sans soutien d'étiage simulé.....	132

Figure 85 : Durée des niveaux de contraintes subies et répartitions durant les 4 étiages sévères de juin à décembre à Paris-Austerlitz, avec et sans soutien d'étiage simulé	133
Figure 86 : Fréquence moyenne des situations de crise sur chaque tronçon des axes réalimentés, avec soutien d'étiage simulé, en fonction du nombre moyen de jours sous le seuil de crise constaté à chaque station « pilote » pour les 4 étiages sévères passés entre juin et décembre.....	134
Figure 87 : Fréquence moyenne des situations de crise sur chaque tronçon des axes réalimentés, sans soutien d'étiage simulé, en fonction du nombre moyen de jours sous le seuil de crise constaté à chaque station « pilote » pour les 4 étiages sévères passés entre juin et décembre.....	135
Figure 88 : Bilan socio-économique pour l'étiage sévère de 1949 sur les usages tributaires du soutien d'étiage de l'Yonne, de l'aval du lac-réservoir à la confluence avec le Serein	137
Figure 89 : Bilan socio-économique pour l'étiage sévère de 1949 sur les usages tributaires du soutien d'étiage de l'Yonne, entre les confluences Yonne-Serein et Yonne-Seine.....	138
Figure 90 : Bilan socio-économique pour l'étiage sévère de 1949 sur les usages tributaires du soutien d'étiage de l'Aube, de l'aval du lac-réservoir à la confluence avec la Seine	139
Figure 91 : Bilan socio-économique pour l'étiage sévère de 1949 sur les usages tributaires du soutien d'étiage de la Seine, de l'aval du lac-réservoir à la confluence avec l'Aube.....	140
Figure 92 : Bilan socio-économique pour l'étiage sévère de 1949 sur les usages tributaires du soutien d'étiage de la Seine, entre les confluences Seine-Aube et Seine-Yonne	141
Figure 93 : Bilan socio-économique pour l'étiage sévère de 1949 sur les usages tributaires du soutien d'étiage de la Seine, entre les confluences Seine-Yonne et Seine-Marne	142
Figure 94 : Bilan socio-économique pour l'étiage sévère de 1949 sur les usages tributaires du soutien d'étiage de la Marne, de l'aval du lac-réservoir à la confluence avec la Seine	143
Figure 95 : Bilan socio-économique pour l'étiage sévère de 1949 sur les usages tributaires du soutien d'étiage de la Seine, entre les confluences Seine-Marne et Seine-Oise.....	144
Figure 96 : Bilan socio-économique pour l'étiage sévère de 1949 sur les usages tributaires du soutien d'étiage sur l'ensemble du bassin amont de la Seine	147
Figure 97 : Nombre de jours sous le débit de crise (DCR) sur la période de novembre à décembre simulés en fonction du taux de remplissage de la tranche de réserve pour les étiages passés.....	150
Figure 98 : nombre de jours sous le DCR sur la période juin-octobre simulés en fonction du taux de remplissage de la tranche d'exploitation sur les étiages passés	151
Figure 99 : Travaux de recherche sur les scénarios de sécheresse future utilisés dans le cadre de cette étude	152
Figure 100 : Nombre de jours sous le débit de crise (DCR) sur la période de novembre à décembre simulés en fonction du taux de remplissage de la tranche de réserve pour les étiages futurs.....	155
Figure 101 : Nombre de jours sous le débit de crise (DCR) sur la période juin-octobre simulés en fonction du taux de remplissage de la tranche d'exploitation sur les étiages futurs 2050.....	156
Figure 102 : Aggravation du nombre de jours sous le DCR sur la période juin-octobre simulés en fonction du taux de remplissage de la tranche de réserve entre les étiages passés et futurs	157
Figure 103 : Aggravation du nombre de jours sous le DCR sur la période juin-octobre simulés en fonction du taux de remplissage de la tranche d'exploitation entre les étiages passés et futurs	158
Figure 104 : Situation de sécheresse entre juin et décembre (en nombre de jours sous les seuils de surveillance) à chaque station « pilote », dans le cas du scénario d'étiage sévère de 1949, pour un taux de remplissage de 50% des lacs-réservoirs.....	160
Figure 105 : Situation de sécheresse entre juin et décembre (en nombre de jours sous les seuils de surveillance) à chaque station « pilote », dans le cas du scénario d'étiage sévère de 1949, pour un taux de remplissage de 70% des lacs-réservoirs.....	161
Figure 106 : Situation de sécheresse entre juin et décembre (en nombre de jours sous les seuils de surveillance) à chaque station « pilote », dans le cas du scénario d'étiage sévère de 1949, pour un taux de remplissage de 80% des lacs-réservoirs.....	161
Figure 107 : Durée des niveaux de contraintes subies et répartitions de juin à décembre pour un taux de remplissage de 50% des lacs-réservoirs, pour les scénarios d'étiage passé et futur basés sur l'étiage sévère de 1949.....	162
Figure 108 : Durée des niveaux de contraintes subies et répartitions de juin à décembre pour un taux de remplissage de 70% des lacs-réservoirs, pour les scénarios d'étiage passé et futur basés sur l'étiage sévère de 1949.....	163
Figure 109 : Durée des niveaux de contraintes subies et répartitions de juin à décembre pour un taux de remplissage de 80% des lacs-réservoirs, pour les scénarios d'étiage passé et futur basés sur l'étiage sévère de 1949.....	163
Figure 110 : Bilan socio-économique des scénarios d'étiage futurs	165

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Caractéristiques des différentes tranches des lacs-réservoirs (source EPTB Seine)	10
Tableau 2 : Contraintes de débits à respecter lors des prélèvements sur la Marne	13
Tableau 3 : Contraintes de débits à respecter lors des prélèvements sur la Blaise.....	13
Tableau 4 : Stations de mesure de la Marne en aval du lac-réservoir Marne disposant de débits d'objectifs	19
Tableau 5 : Stations de mesure de l'Aube en aval du lac-réservoir Aube disposant de débits d'objectifs	34
Tableau 6 : Stations de mesure de l'Yonne en aval du lac-réservoir de Pannecière disposant de débits d'objectifs.....	43
Tableau 7 : Stations de mesure de la Seine en aval du lac-réservoir Seine disposant de débits d'objectifs	56
Tableau 8 : Synthèse des indicateurs d'étiages à Paris Austerlitz (données AQUI-FR – extrait du rapport de phase 1)....	65
Tableau 9 : Niveaux de remplissages théoriques des lacs-réservoirs atteints pour les 4 étiages historiques avec application des règles de gestion actuelles	92
Tableau 10 : Débits de déstockages théoriques atteints pour les 4 étiages historiques avec application des règles de gestion actuelles	93
Tableau 11 : Hypothèses d'évolution des besoins en eau pour l'irrigation.....	101
Tableau 12 : Scénarios retenus d'évolution des besoins pour l'irrigation à l'horizon 2050	101
Tableau 13 : Démographie actuelle et évolution à l'horizon 2050 à l'échelle des sous-bassins du bassin amont de la Seine (source : INSEE).....	104
Tableau 14 : Scénarios retenus d'évolution des besoins en eau potable selon le territoire à l'horizon 2050.....	108
Tableau 15 : Evolution tendancielle des prélèvements en eau des activités économiques sur le bassin Seine-Normandie (source : Etude sur la caractérisation socioéconomique et tendances d'évolution à 2030 pour les usages industriels de l'eau sur le bassin Seine-Normandie. Lot N°1 – Rapport final 2018).....	109
Tableau 16 : Scénarios retenus d'évolution des besoins pour l'industrie à l'horizon 2050 (ratios calculés d'après : Etude prospective des consommations d'eau sur le bassin seine-normandie, 2018)	109
Tableau 17 : Scénario bas d'évolution des consommations des usages sur tout le bassin d'étude à l'horizon 2050	112
Tableau 18 : Scénario haut d'évolution des consommations des usages sur tout le bassin d'étude à l'horizon 2050	113
Tableau 19 : Tronçons des axes réalimentés et leur station « pilote » associée retenue pour l'évaluation des incidences des scénarios d'étiage.....	120
Tableau 20 : Marge brute moyenne associée aux cultures irriguées utilisées pour modéliser les besoins agricoles	120
Tableau 21 : Synthèse des marges brutes associées aux surfaces théoriques irriguées à l'échelle de chaque tronçon ..	121
Tableau 22 : Synthèse des enjeux des autres usages économiques et de l'alimentation en eau potable quantifiés à l'échelle de chaque tronçon (sources : SIPSEA 2018, INSEE 2018, Eau de Paris, SEDIF, données AESN).....	124
Tableau 23 : Chiffrage des incidences socio-économiques des scénarios avec et sans soutien d'étiage, pour l'étiage sévère de 1949 sur les usages tributaires du soutien d'étiage de l'Yonne, de l'aval du lac-réservoir à la confluence avec le Serein.....	136
Tableau 24 : Chiffrage des incidences socio-économiques des scénarios avec et sans soutien d'étiage, pour l'étiage sévère de 1949 sur les usages tributaires du soutien d'étiage de l'Yonne, entre les confluences Yonne-Serein et Yonne-Seine	138
Tableau 25 : Chiffrage des incidences socio-économiques des scénarios avec et sans soutien d'étiage, pour l'étiage sévère de 1949 sur les usages tributaires du soutien d'étiage de l'Aube, de l'aval du lac-réservoir à la confluence avec la Seine	139
Tableau 26 : Chiffrage des incidences socio-économiques des scénarios avec et sans soutien d'étiage, pour l'étiage sévère de 1949 sur les usages tributaires du soutien d'étiage de la Seine, de l'aval du lac-réservoir à la confluence avec l'Aube	140
Tableau 27 : Chiffrage des incidences socio-économiques des scénarios avec et sans soutien d'étiage, pour l'étiage sévère de 1949 sur les usages tributaires du soutien d'étiage de la Seine, entre les confluences Seine-Aube et Seine-Yonne	141
Tableau 28 : Chiffrage des incidences socio-économiques des scénarios avec et sans soutien d'étiage, pour l'étiage sévère de 1949 sur les usages tributaires du soutien d'étiage de la Seine, entre les confluences Seine-Yonne et Seine-Marne.....	142
Tableau 29 : Chiffrage des incidences socio-économiques des scénarios avec et sans soutien d'étiage, pour l'étiage sévère de 1949 sur les usages tributaires du soutien d'étiage de la Marne, de l'aval du lac-réservoir à la confluence avec la Seine	143

Tableau 30 : Chiffrage des incidences socio-économiques des scénarios avec et sans soutien d'étiage, pour l'étiage sévère de 1949 sur les usages tributaires du soutien d'étiage de la Seine, entre les confluences Seine-Marne et Seine-Oise	144
Tableau 31 : Chiffrage des incidences socio-économiques des scénarios avec et sans soutien d'étiage, pour l'étiage sévère de 1949 sur les usages tributaires du soutien d'étiage sur l'ensemble du bassin amont de la Seine	146
Tableau 32 : Scénarios de volumes de tranche de réserve et des débits ajoutés simulées.....	149
Tableau 33 : scénarios de volumes de tranches d'exploitation simulées.....	149
Tableau 34 : QMNA théorique du futur avant soutien d'étiage	154

1 EVALUATION DE L'EFFET DES LACS-RESERVOIRS ET DE L'EMPREINTE DES PRELEVEMENTS ET REJETS SUR LES DEBITS NATURELS

1.1 Analyse des règles actuelles de gestion des lacs-réservoirs

1.1.1 Règles générales et gestion des « tranches »

Les règles actuelles de gestion des lacs-réservoirs reposent sur les deux principes suivants (**cf. figure 1**) :

- le remplissage progressif des réservoirs de début novembre à fin juin (15 juin pour le lac-réservoir de Pannecière) et le stockage temporaire lors d'évènements de crue afin de limiter les impacts de ces derniers en aval. Les règles actuelles reposent sur la statistique d'un remplissage à 90 % pour 9 années sur 10 (statistiques basées sur les données historiques lors de la création des lacs-réservoirs) ;
- le déstockage progressif de début juillet (16 juin pour le lac-réservoir de Pannecière) à fin octobre, voir jusqu'à fin décembre si nécessaire, afin de soutenir les débits d'étiage et de procéder à la vidange des lacs permettant de retrouver une capacité d'atténuation des crues.

Afin de remplir ces objectifs, les volumes disponibles des lacs-réservoirs sont partitionnés en quatre « tranches » (**cf. figure 1**) :

- la tranche morte. Il s'agit de la tranche d'eau qui n'est jamais vidangée hormis lors des inspections réglementaires ou des travaux d'entretien des ouvrages. Elle permet notamment la survie des espèces aquatiques présentes ;
- la tranche de réserve. Elle est dédiée au soutien des débits d'étiage et plus spécifiquement pour les périodes d'étiages tardifs, c'est-à-dire s'étendant après le 31 octobre. Elle permet le déstockage de volumes d'eau pour maintenir les débits aval à des valeurs acceptables, et ce jusqu'à la fin décembre si nécessaire ;
- la tranche d'exploitation. Elle est utilisée pour l'exploitation courante des lacs-réservoirs. Son remplissage s'effectue du 1^{er} novembre au 30 juin (15 juin pour le lac-réservoir de Pannecière) de l'année suivante et sa vidange du 1^{er} juillet (16 juin pour le lac-réservoir de Pannecière) au 31 octobre (hors étiages tardifs nécessitant la sollicitation de la tranche de réserve) ;
- la tranche exceptionnelle. Cette tranche ne peut être remplie que de façon ponctuelle et exceptionnelle en cas de crues importantes, et pour une durée limitée.

Ces règles constituent un guide détaillé à la « gestion simulée et stratégique » des lacs-réservoirs. Le personnel en charge de leur exploitation peut cependant adapter autant que besoin l'application de ces courbes théoriques aux évènements exceptionnels. Il s'agit de la « gestion opérationnelle ».

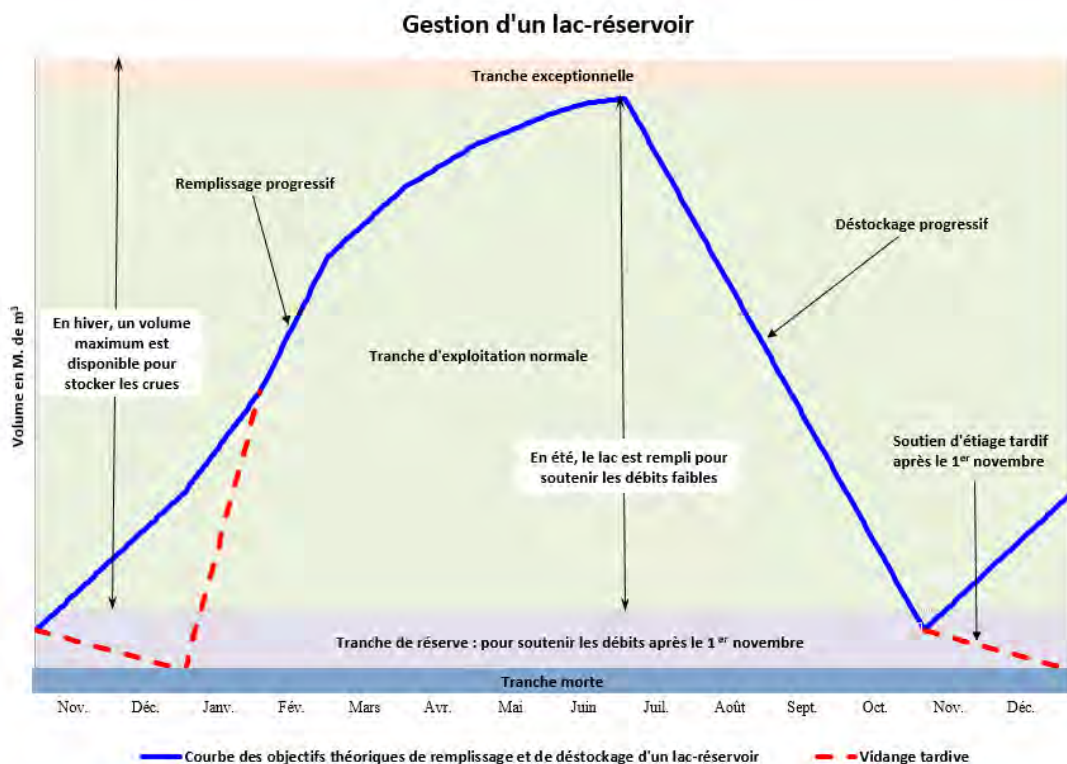


Figure 1 : Principe de gestion des lacs-réservoirs (données EPTB Seine Grands Lacs)

Le **tableau 1** présente les caractéristiques détaillées des différentes tranches pour les lacs-réservoirs Marne, Seine, Aube et Pannecière, par ordre de capacité.

		LAC-RESERVOIR MARNE	LAC-RESERVOIR SEINE	LAC-RESERVOIR AUBE		LAC-RESERVOIR PANNECIERE
				Lac TEMPLE	Lac AMANCE	
Tranche d'exploitation 'EXCEPTIONNELLE' 4	Altitude en NGF (en IGN pour Aube)	140.00	140.50	138.85	138.85	324.00
	Volume en M. de m3	362.9	219.6	159.1	24.3	82.2
	Volume des tranches en M. de m3	14.1	11.8	183.5		2.4
Tranche d'exploitation 'NORMALE' 3	Altitude en NGF (en IGN pour Aube)	139.70	140.00	138.35	138.55	323.50
	Volume en M. de m3	348.8	207.8	148.0	22.3	79.8
	Volume des tranches en M. de m3	323.8	189.1	170.3		68.0
Tranche d'exploitation 'RESERVE' 2	Altitude en NGF (en IGN pour Aube)	129.30	127.50	122.85	138.35	300.88
	Volume en M. de m3	25.0	18.7	3.1	21.2	11.8
	Volume des tranches en M. de m3	15.0	12.1	24.3		6.0
Tranche d'exploitation 'MORTE' 1	Altitude en NGF (en IGN pour Aube)	127.64	124.80	122.85	127.35	295.37
	Volume en M. de m3	10.0	6.6	3.1	0.4	5.8
	Volume des tranches en M. de m3	10.0	6.6	3.4		5.8

Tableau 1: Caractéristiques des différentes tranches des lacs-réservoirs (source EPTB Seine)

1.1.2 Consignes d'exploitation du lac-réservoir Marne

1.1.2.1 Description du réservoir

Les principales caractéristiques du réservoir Marne sont présentées ci-dessous (cf. **figure 2**) :

Lac-Réservoir MARNE

14

- Mis en service en **1974**
- Capacité max : **364 M de m³**
- Surface : **4800 ha**
- **20 km** de barrages (Digues de ceinture)
- Hauteur max des barrages : **20 m**
- **20 km** de canaux
- Q_{\max} dérivable : **408 m³/s**



Figure 2 : Description du lac-réservoir Marne (source EPTB Seine Grands-Lacs)

1.1.2.2 Règles de remplissage du lac-réservoir Marne

L'ensemble des règles afférentes à la gestion du lac-réservoir Marne sont détaillées dans le règlement d'eau du réservoir, en date d'octobre 1990 et présenté en **annexe 1**. Les principales règles relatives au remplissage et à la vidange sont rappelées dans les paragraphes qui suivent.

Le remplissage du lac-réservoir Marne dépend de deux stations de prélèvements (cf. **figure 3**) :

- une prise d'eau à la Marne au niveau de Saint-Dizier (52) dont canal d'amenée dispose d'une capacité de 375 m³/s ;
- une prise d'eau à la Blaise au niveau de Louvemont (52) dont le canal d'amenée dispose d'une capacité de 33 m³/s.

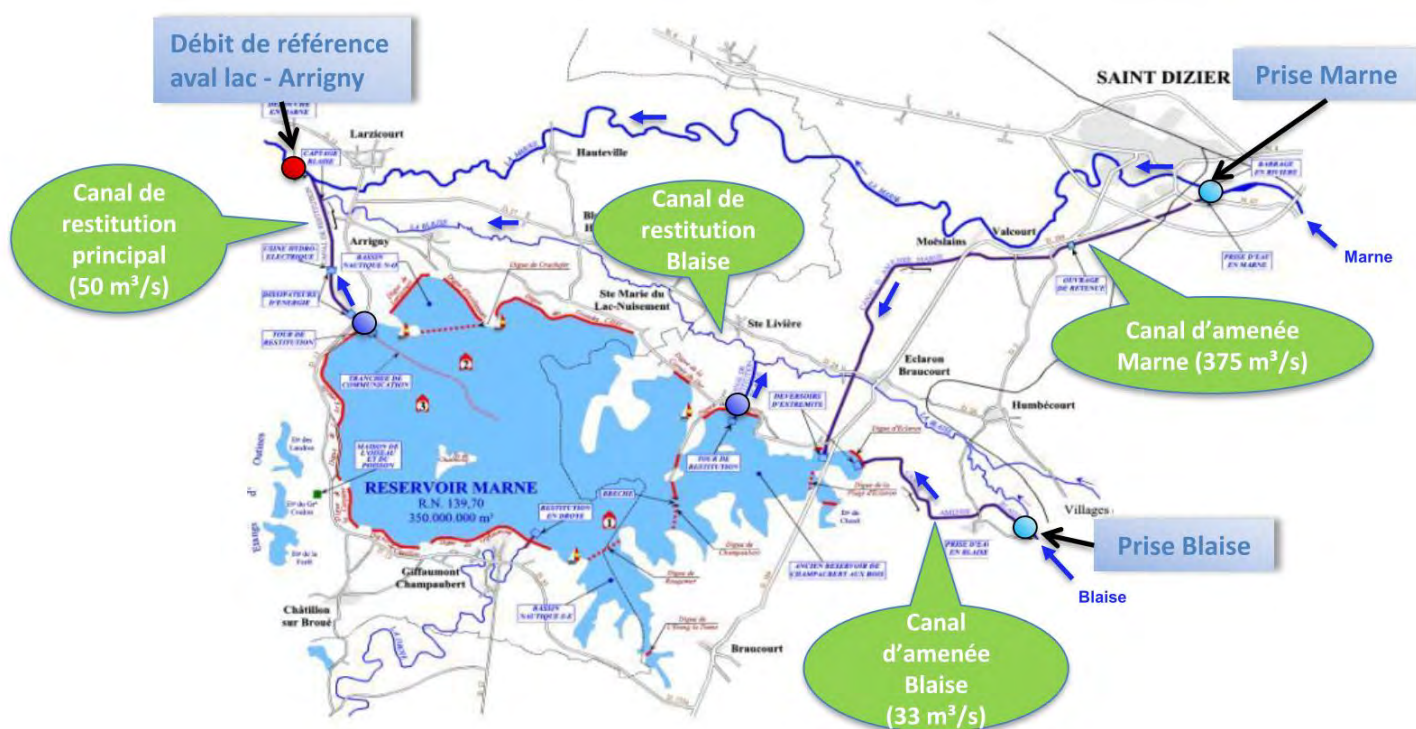


Figure 3 : Prises d'eau et restitution du lac-réservoir Marne (source EPTB Seine Grands-Lacs)

Les règles qui régissent le remplissage de ce lac-réservoir, hors cas particuliers des écrêtements de crues, sont les suivantes :

- les débits prélevés à partir de la prise d'eau de la Marne et de la Blaise seront dérivés en vue du remplissage proprement dit du lac-réservoir, ou en vue d'un simple transit des eaux. Dans ce cas, le débit dérivé n'excédera pas les 50 m³/s correspondant au seuil de la capacité normale des ouvrages de restitution ;
- le débit à l'aval immédiat du lac-réservoir sur la Marne (station de restitution en Marne) doit être compris entre le débit réservé et le débit de référence (cf. **tableau 2**) ;
- le débit à l'aval immédiat du lac-réservoir sur la Blaise (station de restitution de la Blaise) doit être compris entre le débit réservé et le débit de référence (cf. **tableau 3**) ;
- les prélèvements sont limités aux débits maximaux permis pour les ouvrages de dérivation ;

- en cas de délestage, le débit à l'aval de l'ouvrage de restitution n'excédera pas 120 m³/s de novembre à juin ;
- si la tranche d'exploitation est pleine, on peut exceptionnellement remplir la tranche exceptionnelle pour écrêter les crues durant une certaine durée pour que le réservoir puisse revenir au mieux au niveau de la tranche d'exploitation.

Mois	Q_réservé (m ³ /s)	Q_référence (m ³ /s)	Q_dérivation (m ³ /s)	Année
novembre	5	140	375	N
décembre	5	140	375	N
janvier	5	140	375	N+1
février	5	140	375	N+1
mars	5	140	375	N+1
avril	5	120	375	N+1
mai	5	100	375	N+1
juin	5	100	375	N+1
juillet	5	70	375	N+1
août	5	70	375	N+1
septembre	5	70	375	N+1
octobre	5	100	375	N+1

Tableau 2 : Contraintes de débits à respecter lors des prélèvements sur la Marne

Mois	Q_réserve (m ³ /s)	Q_référence (m ³ /s)	Q_dérivation (m ³ /s)	Année
novembre	2	20	33	N
décembre	2	20	33	N
janvier	2	20	33	N+1
février	2	20	33	N+1
mars	2	20	33	N+1
avril	2	20	33	N+1
mai	2	20	33	N+1
juin	2	20	33	N+1
juillet	2	20	33	N+1
août	2	20	33	N+1
septembre	2	20	33	N+1
octobre	2	20	33	N+1

Tableau 3 : Contraintes de débits à respecter lors des prélèvements sur la Blaise

1.1.2.3 Règles de déstockage du lac-réservoir Marne

Le canal de restitution principal dispose d'une capacité maximale de 50 m³/s. Un second canal est aussi présent pour une restitution en Blaise (**cf. figure 3**).

Les règles de déstockage du lac-réservoir Marne sont les suivantes :

- le débit de restitution en Marne ne doit pas excéder 50 m³/s (capacité du canal de restitution) sauf pour des raisons de sécurité ;
- à l'exception de ce dernier cas, ces débits, qu'ils correspondent à des délestages du réservoir, à des transits par celui-ci ou à sa vidange seront réglés de telle façon que le débit en rivière, à l'aval des ouvrages de restitution, n'excède pas, dans toute la mesure du possible, les débits de référence suivants :
 - 160 m³/s, en cas de simple transit, de novembre à mars,
 - 120 m³/s en cas de délestage, de novembre à mars,
 - 140 m³/s, en cas de simple transit, en avril,
 - 120 m³/s, en cas de délestage, en avril,
 - 120 m³/s, en cas de transit et délestage, en mai et juin,
 - 55 m³/s de juillet à septembre,
 - 80 m³/s du 1^{er} au 15 octobre,
 - 100 m³/s du 16 au 31 octobre.
- le débit de restitution sera en principe constant ou égal au quotient du volume total accumulé au-dessus des tranches mortes et de réserve (le débit de restitution dépend du volume de remplissage moins la tranche de réserve) ;
- le débit d'entretien à maintenir dans La Droyes sera en principe de 100 l/s, toutefois en cas de vidange complète du réservoir nécessité par la surveillance des ouvrages, vidanges décennales, avaries, etc. le débit restitué pourra atteindre 3 m³/s.

1.1.2.4 Courbe de gestion simulée du lac-réservoir Marne

La courbe de gestion simulée du lac-réservoir Marne est la suivante (cf. figure 4) :

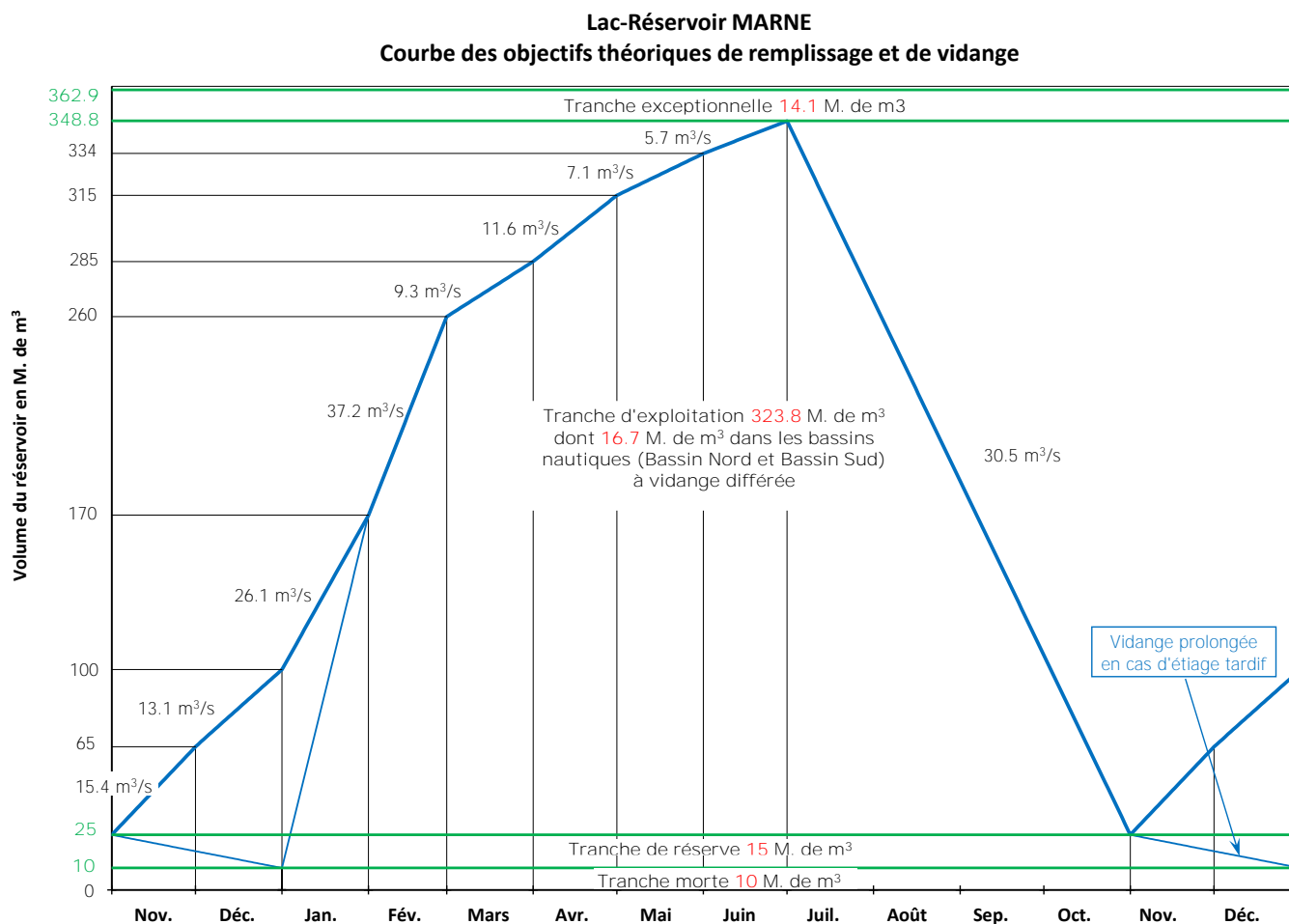


Figure 4 : Courbe de gestion simulée du lac-réservoir Marne (données EPTB Seine Grands Lacs)

1.1.2.5 Analyse de l'application des règles actuelles de la gestion du lac-réservoir Marne

L'analyse descriptive de l'historique des courbes de gestion du lac-réservoir Marne (cf. figure 5) depuis 1974 montre :

- la majorité des années, une reprise du remplissage tardive comparativement à la courbe de gestion simulée, mais dans l'emprise de la courbe de vidange tardive ;
- de nombreuses années avec des difficultés de tenue de la courbe de remplissage théorique (hors vidanges décennales) avec quelques années exceptionnelles comme 1976 où le remplissage n'atteignait que 141 hm³ (39 % du volume maximal du lac-réservoir, à noter cependant que le lac-réservoir n'était en service que depuis 2 ans) ;
- un rôle de tampon des crues bien assuré durant la période hivernale et printanière ;
- un certain nombre de crues présentes entre avril et juillet, période de remplissage important du lac-réservoir ;
- des déstockages avec des pentes plus faibles que la courbe de gestion simulée.

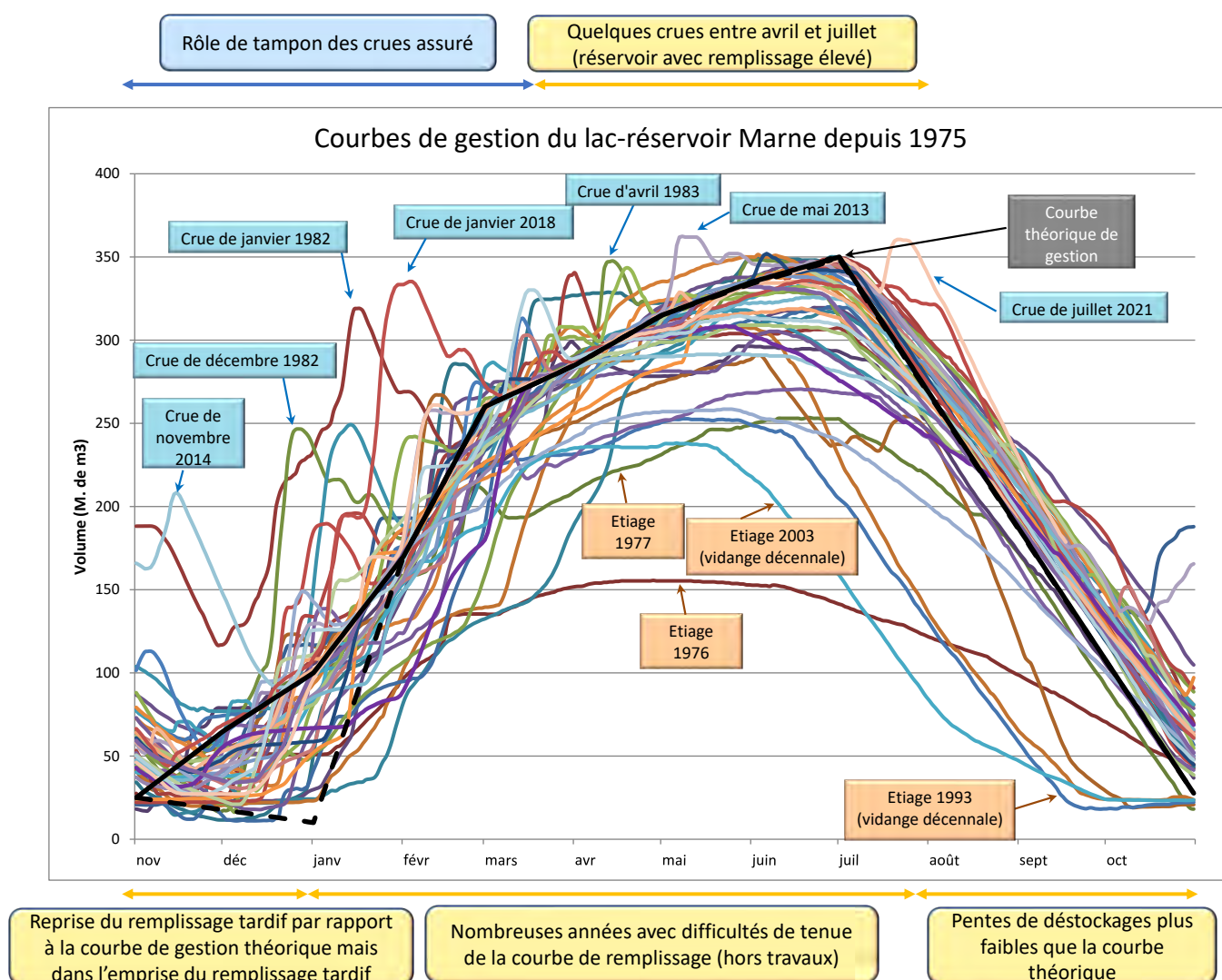


Figure 5 : Analyse descriptive de l'historique de la gestion des courbes du lac-réservoir Marne

Cette même analyse, non plus descriptive mais statistique (cf. **figure 6**) permet de préciser la fréquence d'apparition des événements décrits précédemment :

- la reprise théorique du remplissage début novembre n'est jamais respectée, le démarrage s'effectue actuellement entre le 20 novembre et 20 décembre selon les années, dans l'emprise de la courbe de vidange tardive ;
- la courbe de remplissage théorique correspond globalement au remplissage pour les années quinquennales à décennales humides, c'est-à-dire que cette dernière est aujourd'hui statistiquement atteinte entre 10 et 20 % du temps ;
- le remplissage total à fin juillet n'est atteint que pour les années exceptionnellement humides. La statistique historique de remplissage à 90 % (315 hm³) pour 9 années sur 10 (statistique décennale sèche) n'est aujourd'hui pas atteinte. Le remplissage à 90 % est atteint à partir des années médianes, c'est-à-dire 1 année sur 2 ;
- la pente du déstockage théorique part des records humides et traverse la série statistique pour atteindre les records secs.

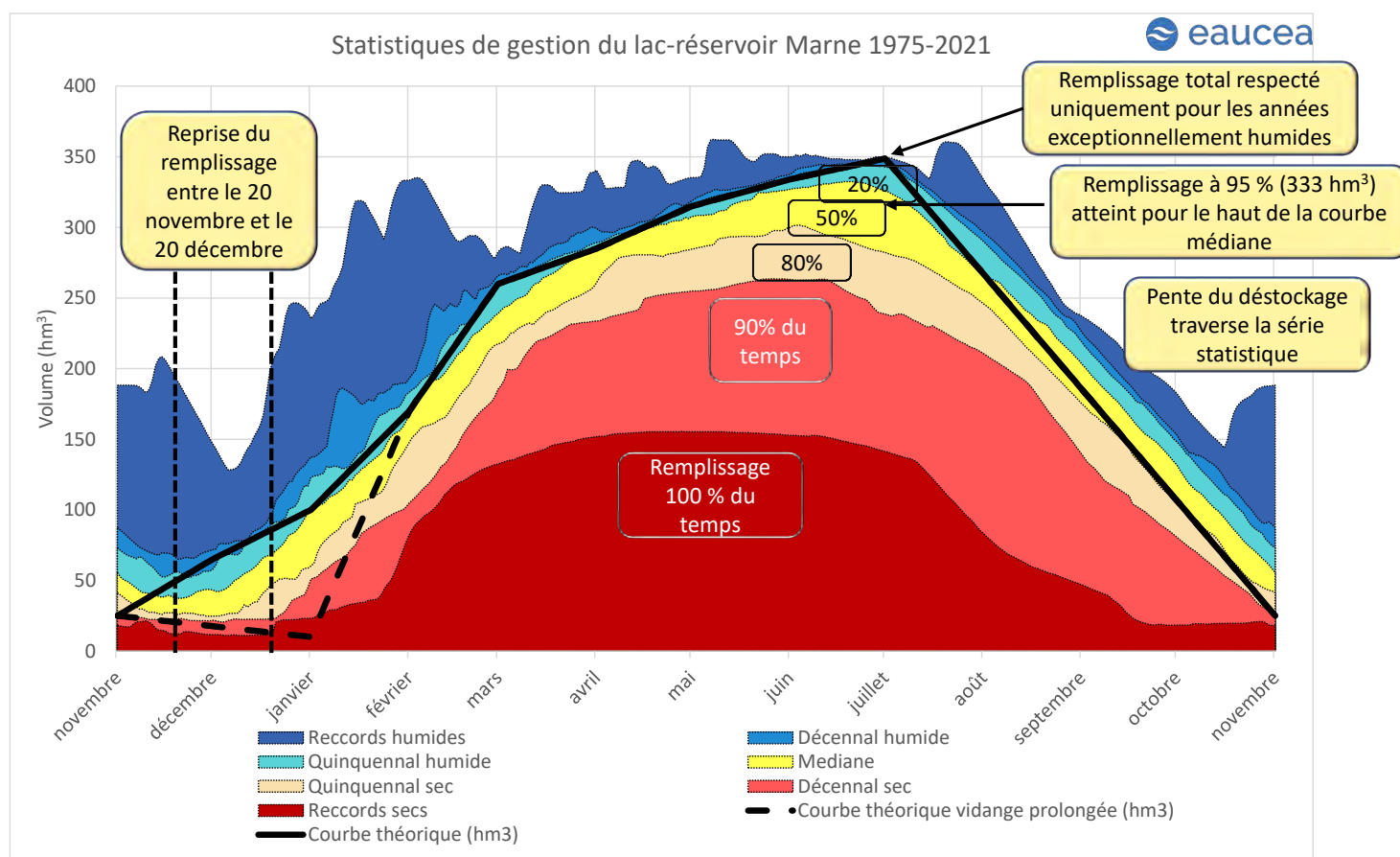


Figure 6 : Analyse statistique de l'historique de la gestion des courbes du lac-réservoir Marne

Cette même analyse statistique en faisant apparaître les différentes tranches de gestion (cf. figure 7) montre :

- une tranche de réserve sollicitée entre mi-novembre et mi-décembre pour les années décennales sèches à quinquennales sèches, c'est-à-dire statistiquement 1 à 2 années sur 10. La tranche morte a toujours été maintenue ;
- une tranche d'exploitation rarement sollicitée dans sa totalité, excepté pour les années décennales humides (1 année sur 10) et les records humides ;
- une tranche exceptionnelle sollicitée pour la crue de mai 2013 et celle de juillet 2021. A noter que les crues intervenues entre mars et avril entraînent des hausses atteignant régulièrement la limite de cette tranche. **La période mars à juillet apparaît ainsi historiquement comme la période la plus critique concernant la capacité d'atténuation des crues, le remplissage important du réservoir pouvant potentiellement limiter la capacité de surstockage ponctuel de ce dernier.**

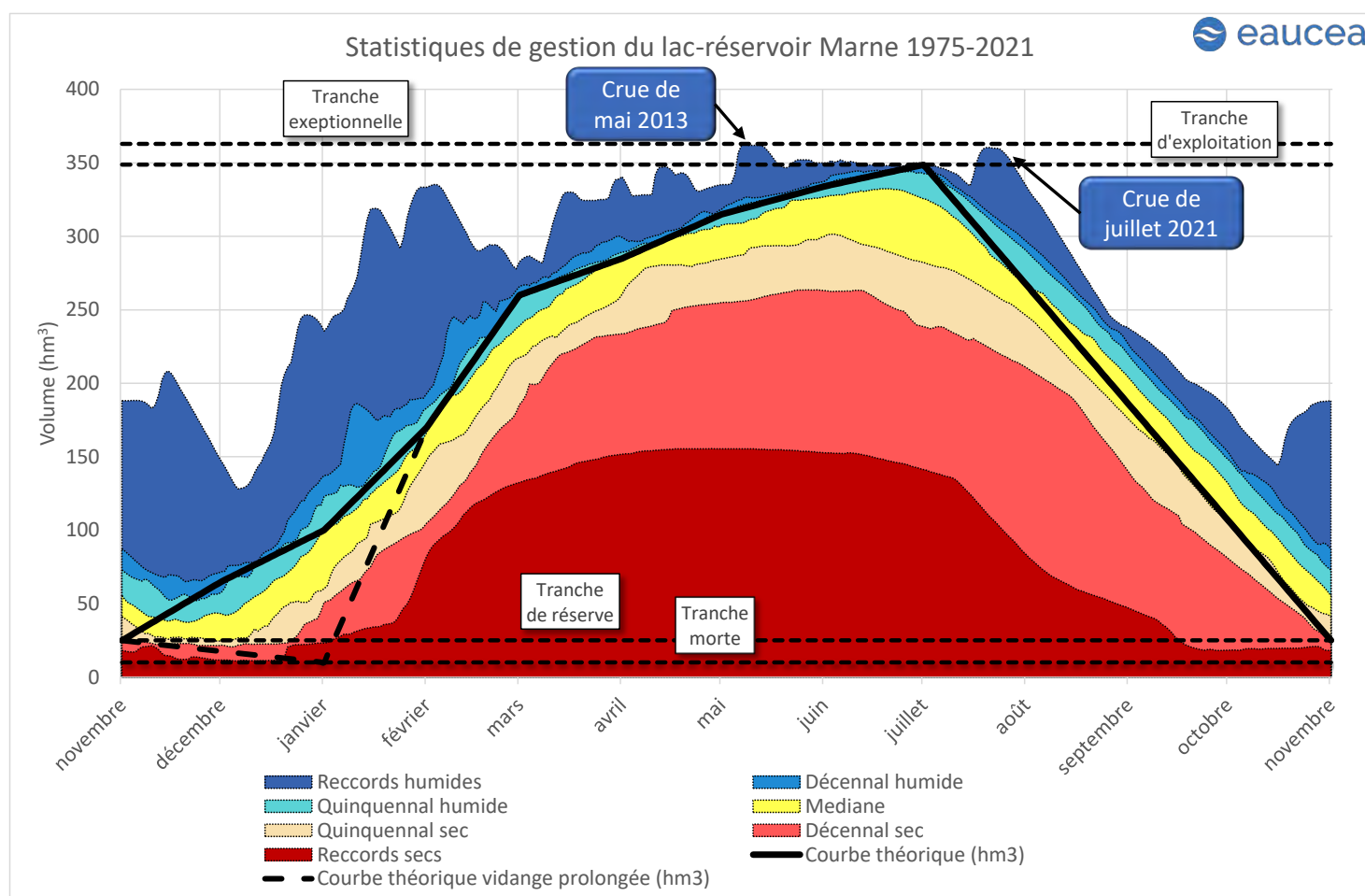


Figure 7 : Analyse statistique de l'historique de la gestion des courbes et des tranches du lac-réservoir Marne

En aval du lac-réservoir Marne et avant la confluence avec la Seine, 3 stations sur la Marne disposent de débits d'objectif. Il s'agit des stations de (cf. **tableau 4** et **figure 8**) :

- la Marne à Frignicourt, mise en service en 1974 ;
- la Marne à Châlons-sur-Marne, mise en service en 1989 ;
- la Marne à Gournay-sur-Marne, mise en service en 1996.

Seules les stations de Châlons-sur-Marne et Gournay-sur-Marne disposent de débits de vigilance (DV), de débits d'alerte (DA), de débits d'alerte renforcée (DAR) et de débit de crise (DCR). La station de Frignicourt dispose uniquement d'un DCR.

Code	Nom de la station	BV (km ²)	Producteur	Mise en service	DV	DA	DAR	DCR
H5091010	La Marne à Frignicourt [après création grand lac]	3290	DREAL Champagne-Ardenne	1974				2.6
H5201010	La Marne à Châlons-sur-Marne [depuis 02/89]	6280	DREAL Champagne-Ardenne	1989	12	11	9	8
H5841020	La Marne à Gournay-sur-Marne	12660	DRIEE IDF	1996	32	23	20	17

Tableau 4 : Stations de mesure de la Marne en aval du lac-réservoir Marne disposant de débits d'objectifs

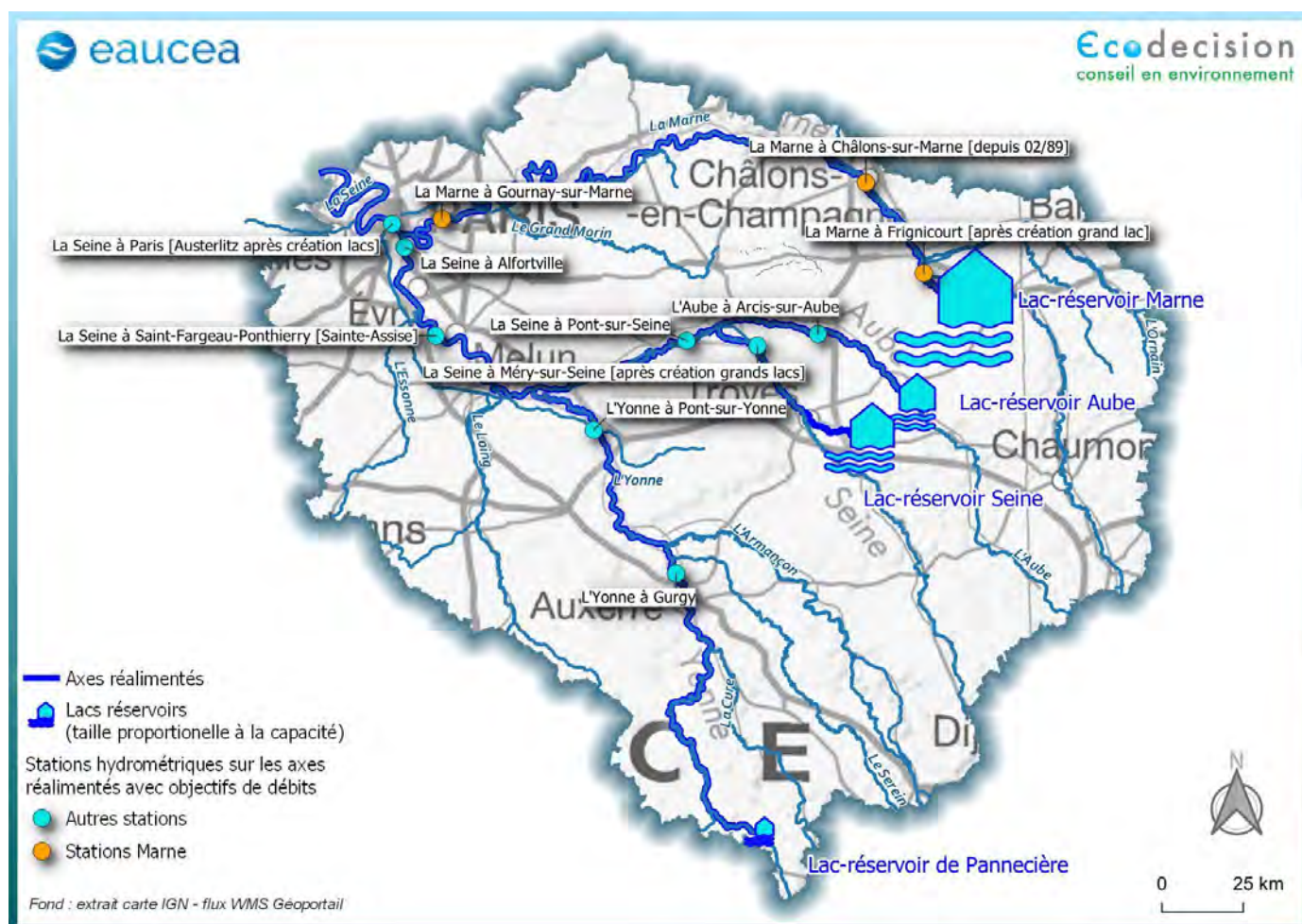


Figure 8 : Localisation des stations hydrométriques sur l'axe Marne réalimenté avec objectifs de débits

L'analyse des VCN10 (minimum annuel des moyennes glissantes sur 10 jours consécutifs du débit moyen journalier, (cf. **paragraphe 3.2.1 du rapport de phase 1**) montre que :

- pour la station de Châlons-sur-Marne (cf. **Figure 9**), des VCN10 sous les débits de vigilance pour 6 années sur 30 ans de chroniques soit statistiquement 1 année sur 5. A noter un très faible VCN10 pour l'année 2003 (2,3 m³/s - vidange décennale). Comme vu précédemment, cette année exceptionnellement sèche a fait l'objet d'une gestion particulière liée à la vidange décennale du lac-réservoir Marne ;

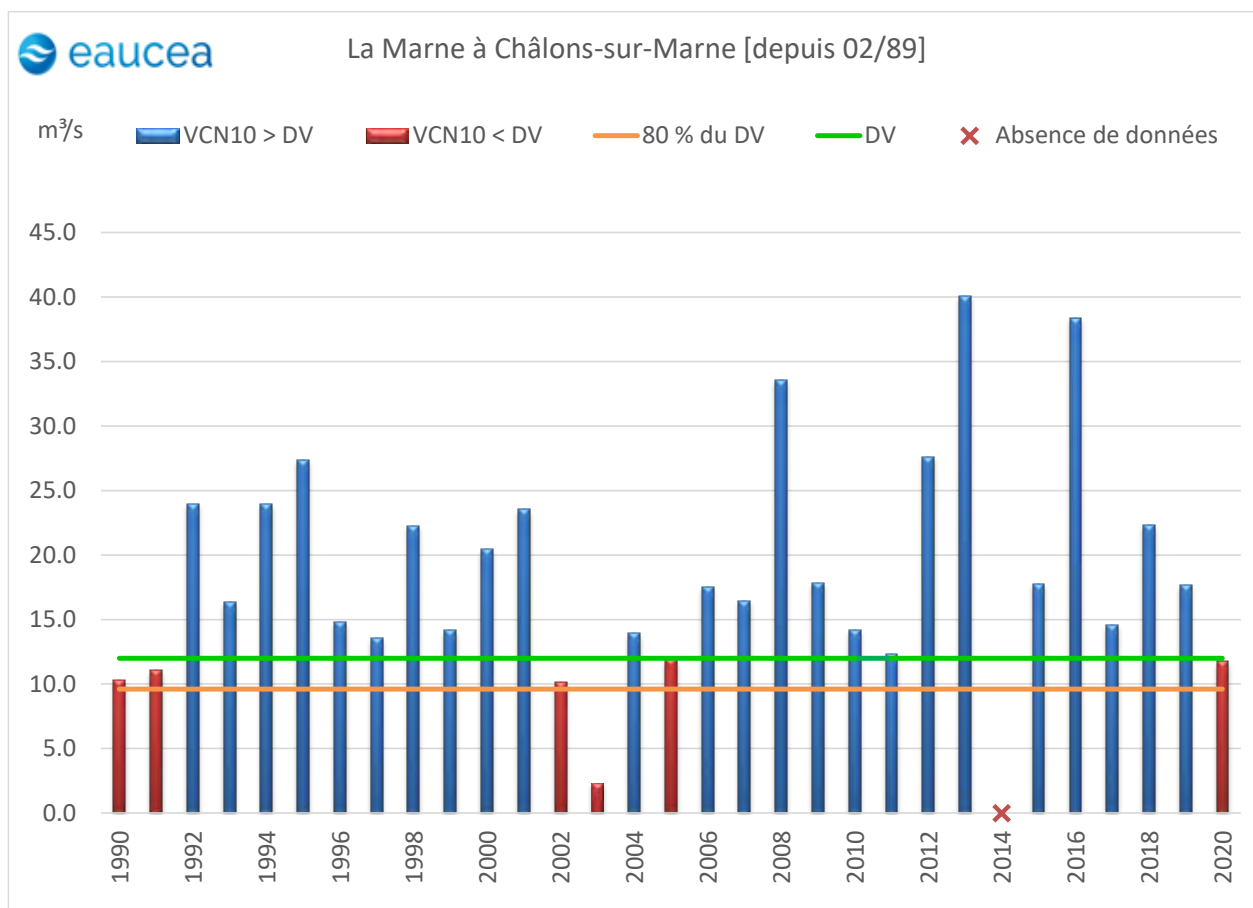


Figure 9 : Analyse des VCN10 comparativement au débit de vigilance à Châlons-sur-Marne

- pour cette même station, l'analyse des périodes de déficit par rapport au débit de vigilance montre (cf. **figure 10**) :
 - pour 2003, un déficit présent en fin de saison (septembre à novembre) ;
 - pour les autres années, une majorité des déficits présents dès le mois de juin et s'étendant ponctuellement en juillet et août.

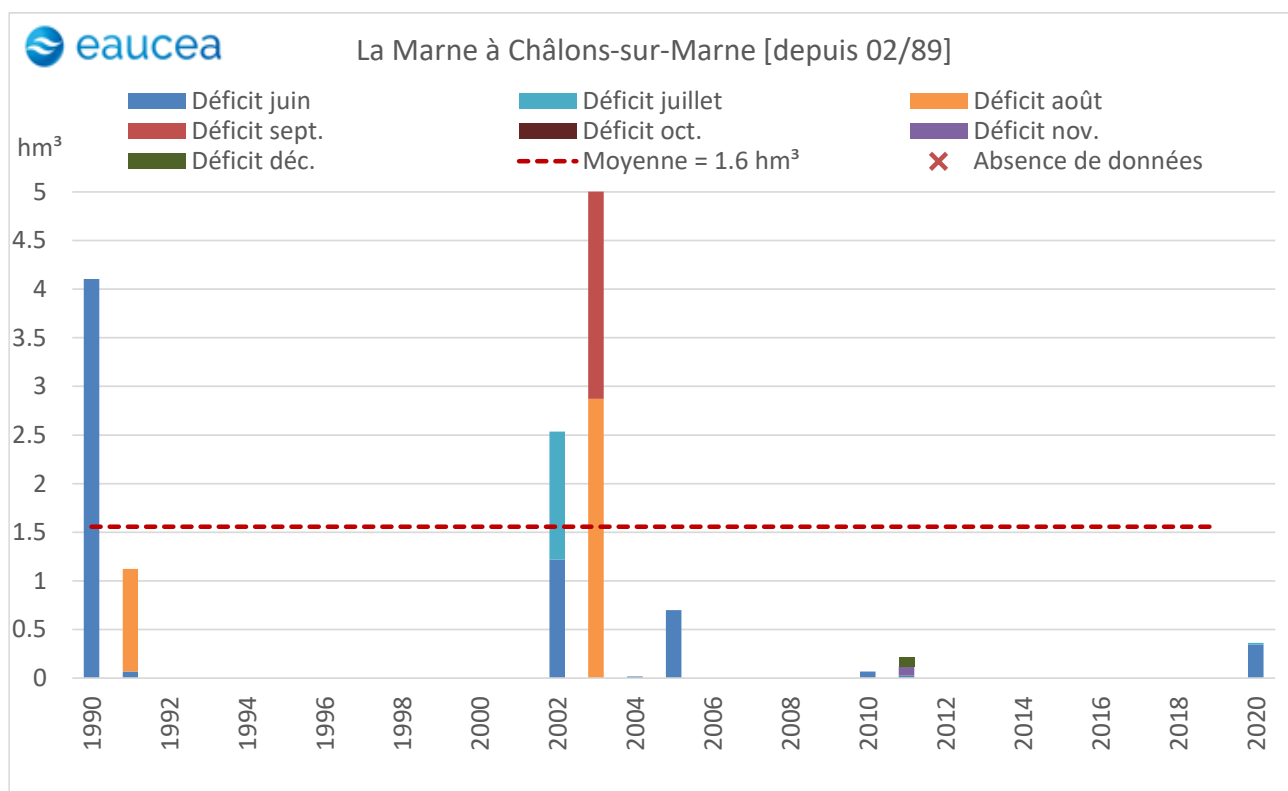
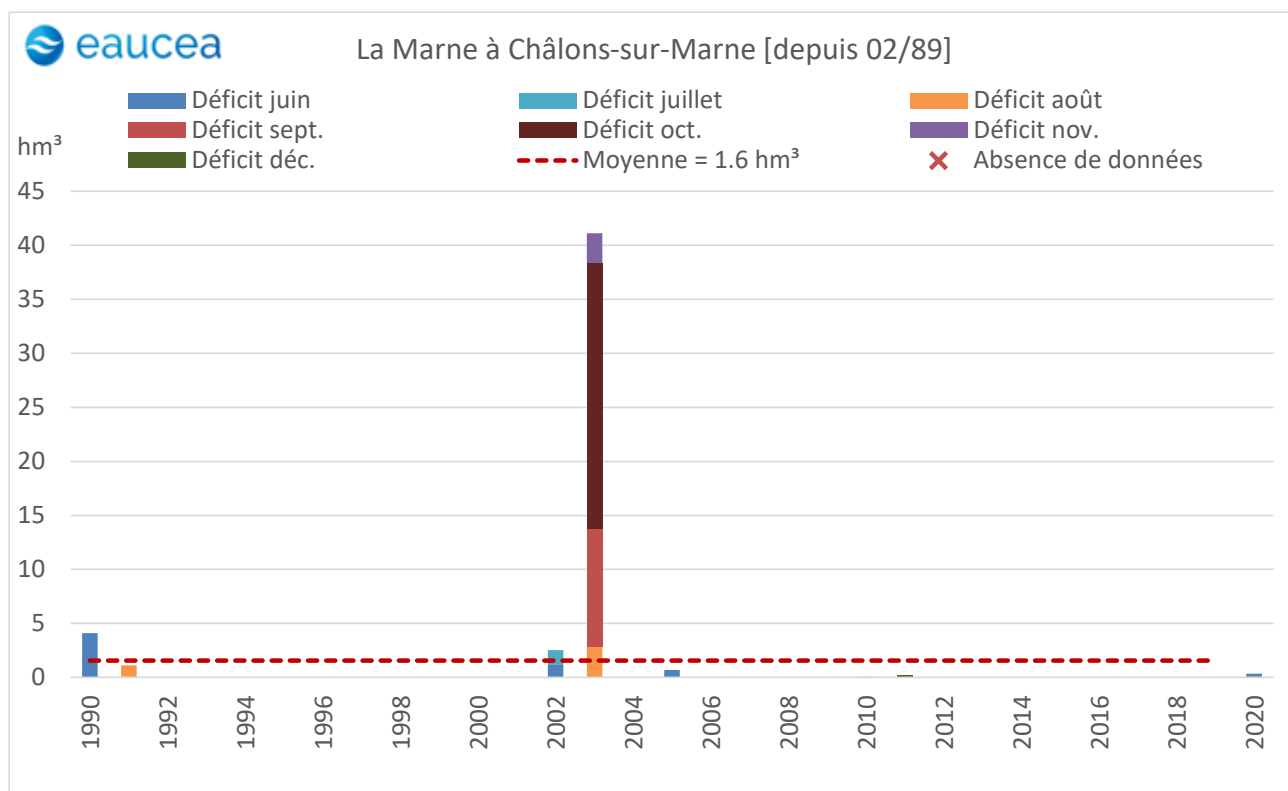


Figure 10 : Analyse des déficits par rapport au débit de vigilance à Châlons-sur-Marne

- pour la station de Gournay-sur-Marne (**cf. figure 11**), des VCN10 sous les débits de vigilance pour 8 années sur 23 ans de chroniques soit statistiquement environ 1 année sur 3. A noter un très faible VCN10 pour l'année 2003 (23,6 m³/s) ;

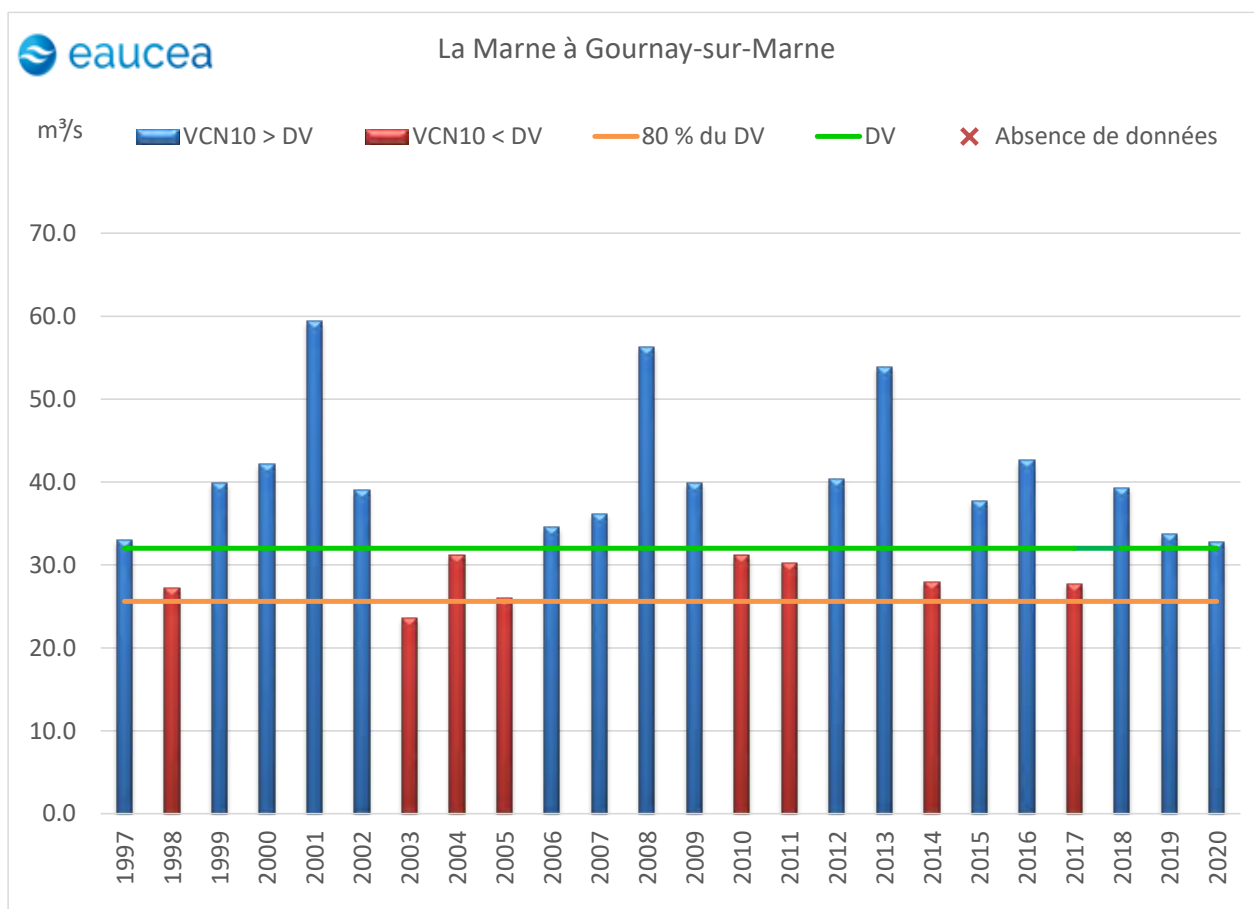


Figure 11 : Analyse des VCN10 comparativement au débit de vigilance à Gournay-sur-Marne

- pour cette même station, l'analyse des périodes de déficit par rapport au débit de vigilance montre (**cf. Figure 12**) :
 - pour 2003, un déficit présent dès le mois d'août et jusqu'en novembre (**cf. figure 13**), liée à la gestion particulière du réservoir cette année-là ;
 - pour les autres années, une majorité des déficits présente dès le mois de juin et s'étendant ponctuellement en juillet et août ainsi qu'en fin de saison sur novembre et décembre.

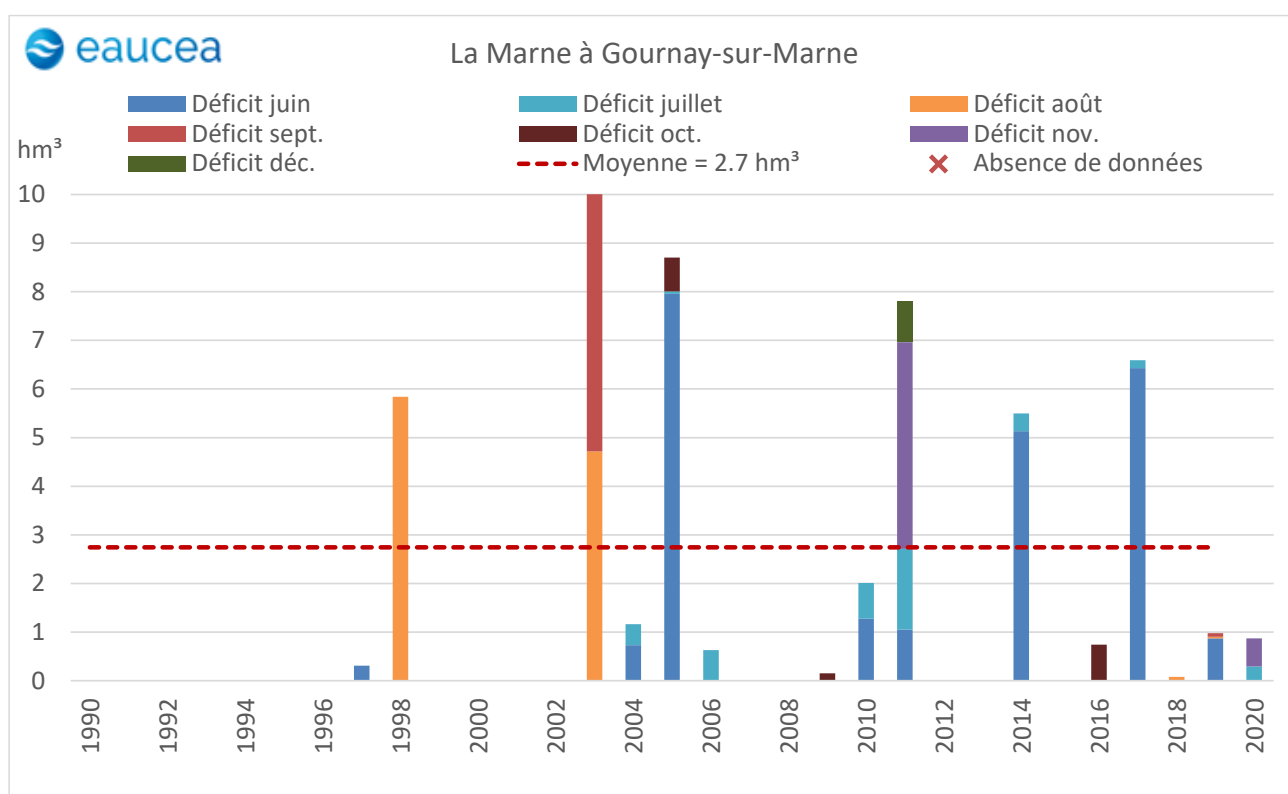
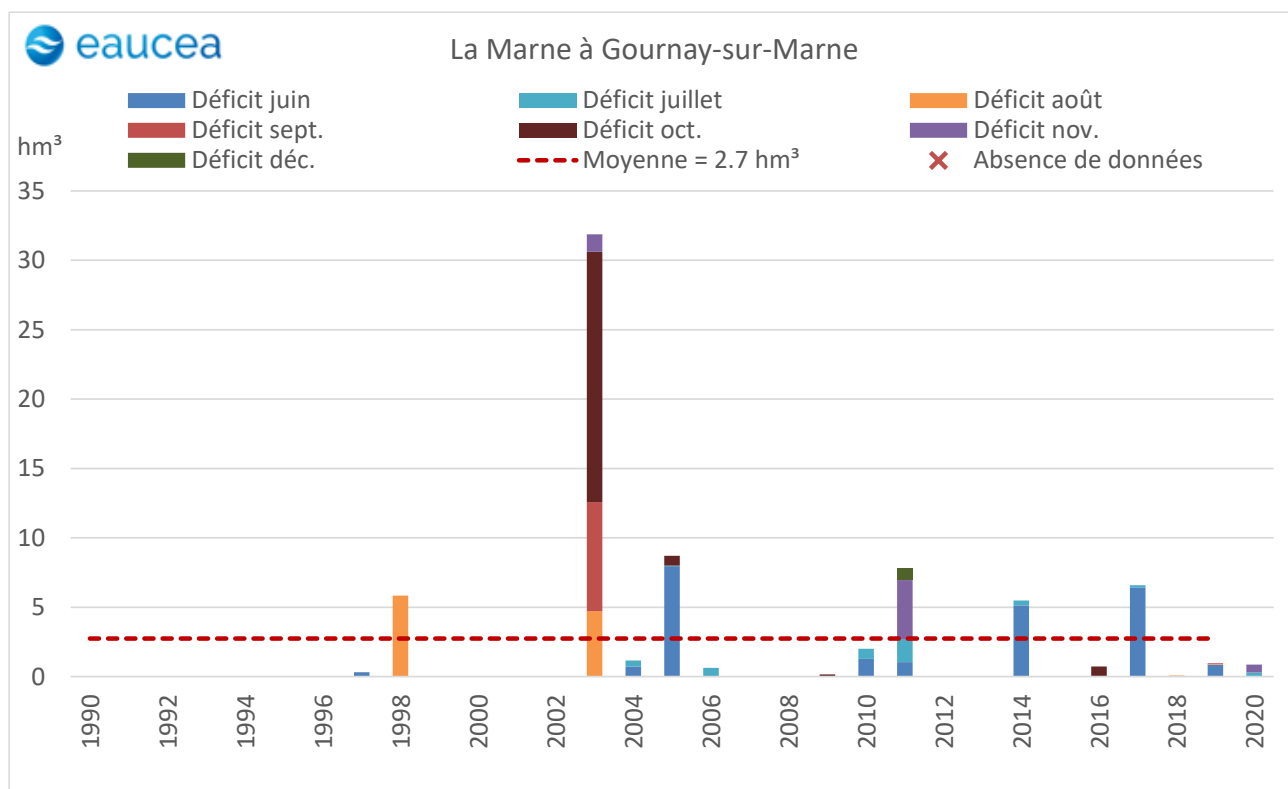


Figure 12 : Analyse des déficits par rapport au débit de vigilance à Gournay-sur-Marne

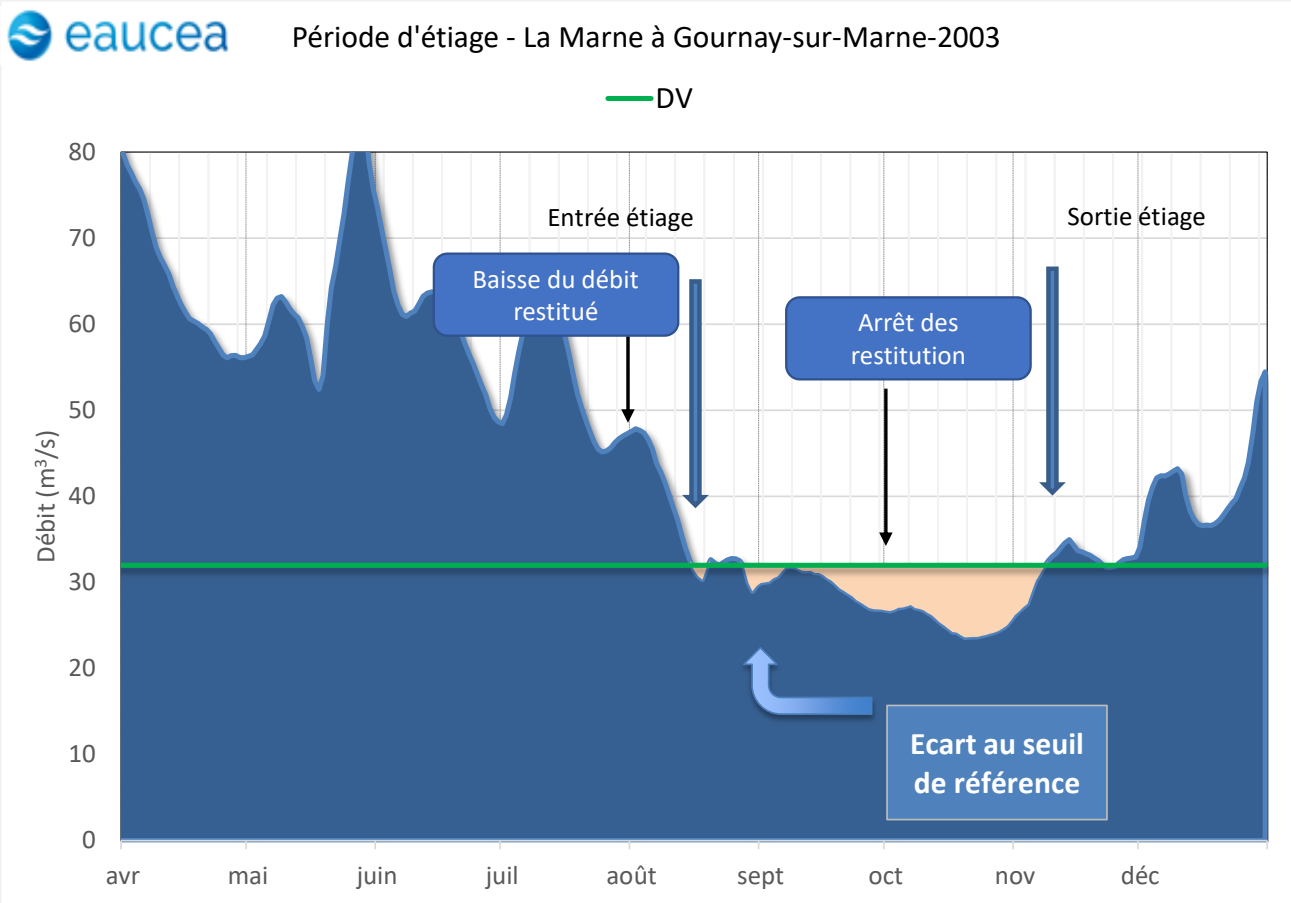


Figure 13 : Analyse du déficit par rapport au seuil de vigilance pour la station de Gournay-sur-Marne en 2003

Ces déficits précoces et tardifs illustrent bien la difficulté de passer d'une gestion « théorique et stratégique » à une gestion « opérationnelle » adaptée aux besoins du moment. En effet, l'analyse des débits de l'année 2011 au niveau de la station de Gournay-sur-Marne illustre parfaitement ce phénomène (cf. Figure 14) :

- un étiage précoce intervenant dès la mi-mai, génère un passage de près d'un mois sous le débit de vigilance et les plus bas débits mesurés au cours de cette année-là ;
- les débits remontent ensuite au niveau du débit de vigilance avec le démarrage des restitutions le 27 mai, puis très largement au-dessus de ce dernier à partir de la 2nd quinzaine de juillet ;
- l'étiage se prolonge de façon tardive jusqu'à la fin de la première semaine de décembre et entraîne une nouvelle période sous le débit de vigilance d'une durée de 3 semaines.

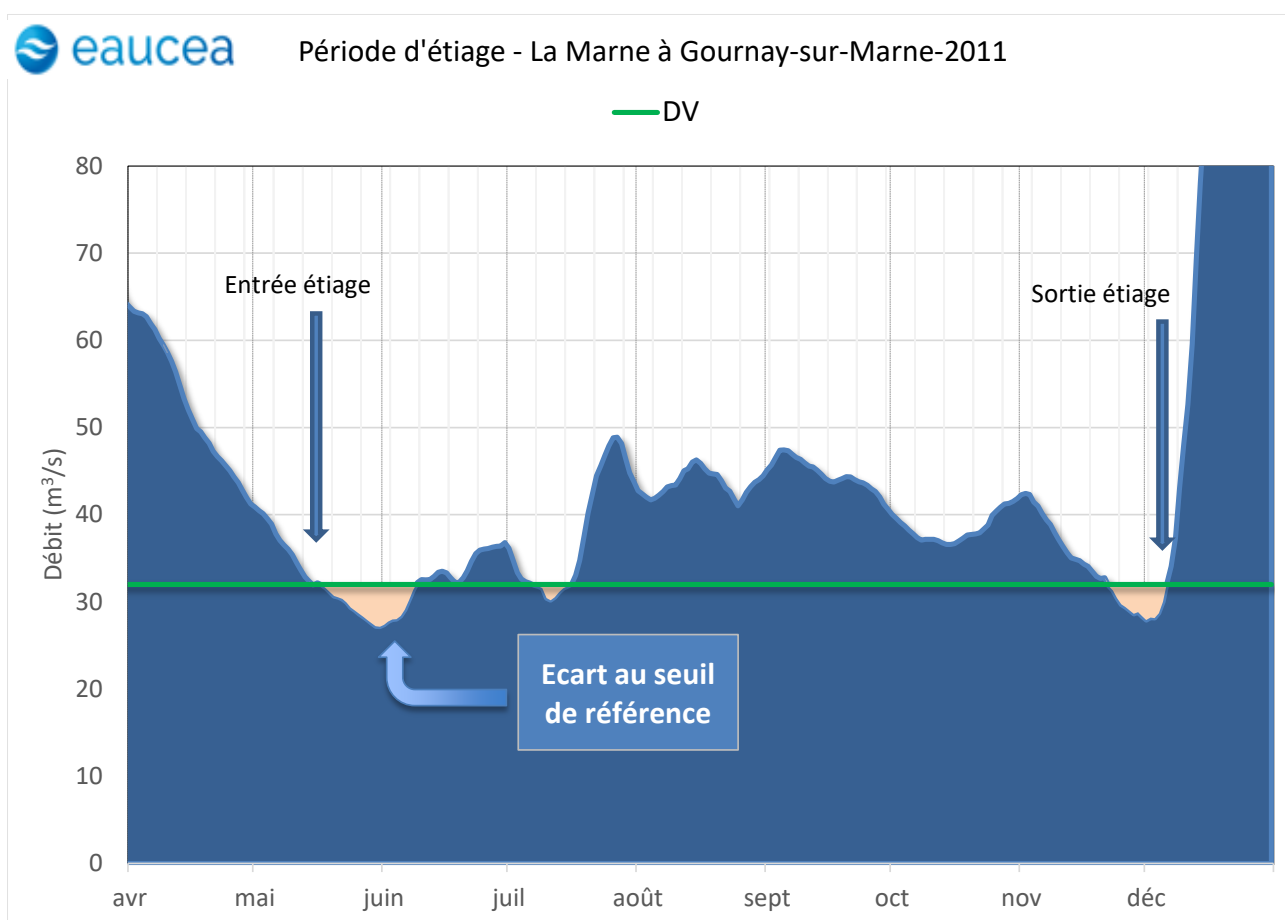


Figure 14 : Analyse du déficit par rapport au seuil de vigilance pour la station de Gournay-sur-Marne en 2011

En conclusion, pour la période actuelle de gestion du lac-réservoir Marne :

- concernant la courbe de gestion :
 - le soutien d'étiage tardif semble être la « norme » avec notamment des difficultés rencontrées pour la reprise du remplissage à partir de la date théorique du 1^{er} novembre,
 - elle n'est tenue pour le remplissage total qu'une à deux années sur dix. La statistique historique (à la création des lacs-réservoirs) de remplissage à 90 % pour 9 années sur 10 n'est aujourd'hui pas atteinte et n'est tenu statistiquement que les années médianes,
 - le remplissage le plus bas historique correspond à celui de l'année 1976 avec 141 hm³ (39 % du volume du lac-réservoir)
 - la pente du déstockage n'est jamais tenue, cette dernière étant toujours plus faible que la courbe théorique, du fait du remplissage partiel de la retenue et du renforcement de la tranche de réserve au 1^{er} novembre ;
- concernant la gestion des tranches volumétriques :
 - la tranche de réserve est sollicitée 1 à 2 années sur 10, et utilisée en totalité lors des années décennales sèches. La tranche morte a toujours été maintenue,
 - la tranche d'exploitation est rarement sollicitée dans sa totalité, excepté pour les années décennales humides (1 année sur 10) et les records humides,
 - la tranche exceptionnelle a été sollicitée 2 fois pour les crues de mai 2013 et juillet 2021, jusqu'à saturation. Elle est cependant régulièrement tangente entre mars et avril, période pour laquelle le réservoir est déjà en partie rempli, entraînant une fragilité dans la stratégie de protection contre les crues ;
- concernant la tenue des objectifs sur l'axe Marne réalimenté :
 - les débits mesurés présentent des périodes plus ou moins longues sous le débit de vigilance 1 année sur 3 ;
 - la génération de ces périodes de déficit correspond, non à un manque volumétrique, mais à une résultante de la répartition du volume d'eau disponible en période de début et de fin d'étiage.

Il apparaît donc que la courbe de gestion simulée nécessite des adaptations substantielles, que ce soit dans l'objectif de protection contre les crues ou de tenue des débits d'étiage. Des propositions d'adaptations seront développées dans la phase 4 de cette étude.

1.1.3 Consignes d'exploitation du lac-réservoir Aube

1.1.3.1 Description du réservoir

Les principales caractéristiques du réservoir Aube sont présentées ci-dessous (cf. figure 15) :

Lac-Réservoir AUBE

15

- Mis en service en 1990
- Capacité max : 183 M de m³
- Surface : 480 ha + 1840 ha
- 13,5 km de barrages (Digues de ceinture)
- Hauteur max des barrages : 22,5 m
- 9 km de canaux
- Q_{max} dérivable : 135 m³/s



Figure 15 : Description du lac-réservoir Aube (source EPTB Seine Grands-Lacs)

1.1.3.2 Règles de remplissage du lac-réservoir Aube

L'ensemble des règles afférentes à la gestion du lac-réservoir Aube sont détaillées dans le règlement d'eau du réservoir, en date de juillet 1990, présenté en **annexe 1**. Les règles relatives au remplissage et à la vidange sont rappelées dans les paragraphes qui suivent.

Le lac-réservoir Aube est constitué de deux bassins :

- le premier est établi dans la vallée de l'Amance (bassin de l'Amance) ;
- le second dans les vallées adjacentes du Temple et de l'Auzon (bassin Auzon-Temple).

Les eaux de l'Aube peuvent être dérivées par un canal d'amenée, d'une capacité de 135 m³/s vers le bassin de l'Amance. Un canal de jonction permet de mettre en communication les deux bassins.

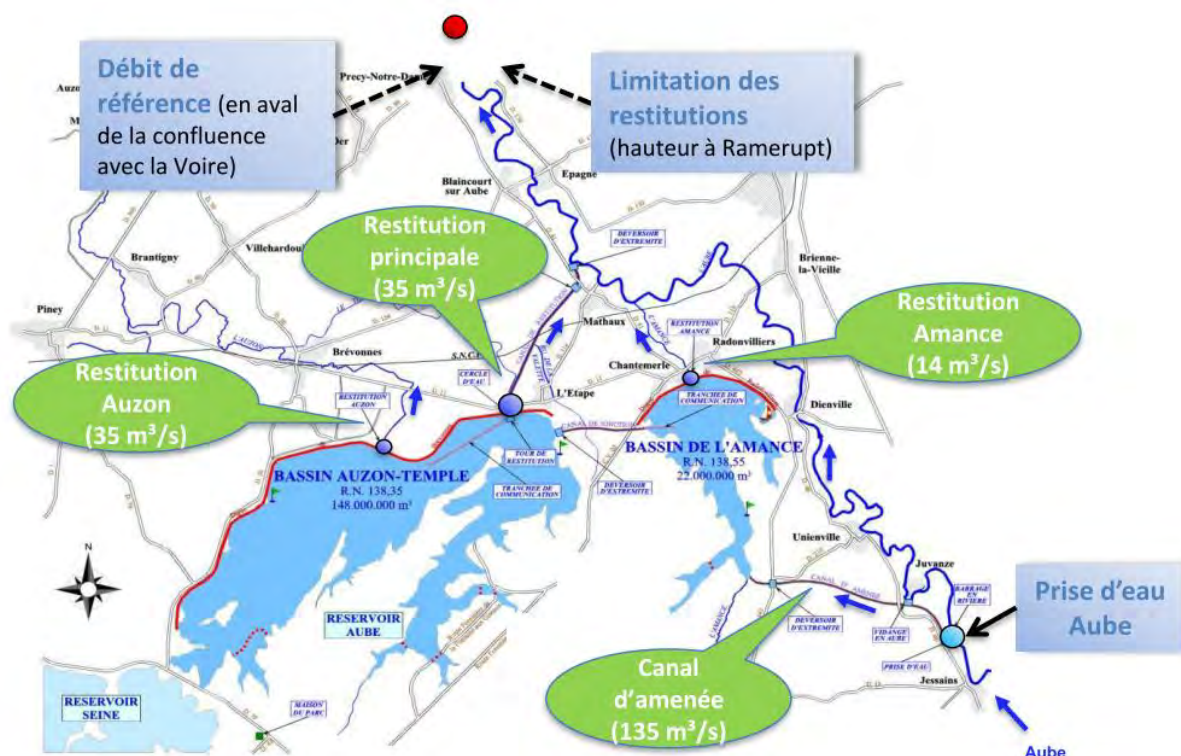


Figure 16 : Prises d'eau et restitution du lac-réservoir Aube (source EPTB Seine Grands-Lacs)

Les règles qui régissent le remplissage de ce lac-réservoir, hors cas particuliers des écrêtements de crue, sont les suivantes :

- les prélèvements effectués à partir de la prise d'eau de l'Aube doivent respecter les débits réservés à l'aval de la prise d'eau comme suit :
 - du 1^{er} novembre au 31 mars, 2 m³/s. Aucun prélèvement ne sera opéré si le débit amont est inférieur à cette valeur,
 - du 1^{er} avril au 30 juin :
 - 2 m³/s si le débit amont dépasse 8 m³/s,
 - 3 m³/s si le débit amont est compris entre 6 et 8 m³/s,
 - 4 m³/s si le débit amont est compris entre 4 et 6 m³/s,
 - aucun prélèvement ne sera effectué si le débit amont est inférieur à 4 m³/s,

- du 1^{er} juillet au 31 octobre, 5 à 8 m³/s, lorsque les prélèvements ne seront destinés qu'à la production d'énergie électrique à Radonvilliers.

Les prélèvements doivent tenir compte également du débit d'écêtement qui ne doit pas être dépassé à l'aval des ouvrages pendant l'exploitation, pour assurer l'objectif d'écêtement des crues. Il constitue un seuil au-delà duquel des prélèvements sont opérés de façon systématique.

Il pourra toutefois être dépassé dans les conditions suivantes :

- limitation de la capacité de transit des ouvrages de dérivation ;
- de l'état de remplissage du réservoir ;
- d'impératifs liés à la sécurité des ouvrages.

1.1.3.3 Règles du déstockage du lac-réservoir Aube

Les capacités des ouvrages de restitution sont les suivantes :

- restitution du bassin de l'Amance de 14 m³/s ;
- restitution principale du bassin Auzon-Temple de 35 m³/s ;
- restitution Auzon de 1 m³/s.

Les règles de déstockage du lac-réservoir Aube sont les suivantes :

- les restitutions sont normalement opérées par le canal de restitution à partir du bassin Auzon-Temple. Elles pourront être opérées par l'Amance pour le bassin Amance. Les débits minimaux d'entretien sont maintenus en permanence dans l'Auzon, l'Amance et le Temple pour autant que le remplissage des bassins où les apports naturels le permettent ;
- entre le 1^{er} mai et le 30 novembre, lorsque les restitutions sont destinées uniquement au soutien des débits, les vidanges du réservoir sont limitées aux débits minimaux d'entretien des différents rus lorsque la cote de l'Aube à l'échelle de Ramerupt dépassera 1,7 m. Les débits devront être limités de telle sorte que cette cote ne soit pas dépassée, sous réserve que la sécurité de l'ouvrage n'impose pas une vidange plus rapide ;
- le débit dans le canal de restitution en Aube n'excédera pas 35 m³/s, sauf pour des raisons de sécurité. Il sera réglé de telle façon que le débit en rivière, à l'aval des ouvrages de restitution, n'excède pas le débit d'écêtement ;
- en cas de vidange de sécurité, la restitution en Aube pourra atteindre exceptionnellement 150 m³/s ;
- le débit de restitution dans l'Amance n'excédera pas 14 m³/s. Un débit d'entretien d'au moins 0,2 m³/s sera maintenu dans le ru de l'Amance ;
- le débit de réalimentation du ru du Temple est fixé à 0,1 m³/s ;
- le débit de réalimentation de l'Auzon est fixé à 0,2 m³/s. Ce débit pourra être porté jusqu'à 1 m³/s lorsqu'il sera nécessaire d'assurer la vidange de la tranche morte du Bassin Auzon-Temple ;
- l'utilisation de la tranche de réserve, après le 1^{er} novembre pourra être faite avec un débit de restitution variable pour s'adapter au mieux aux conditions de débit naturel de l'Aube, de la Voire et de la Seine et aux besoins des usagers.

1.1.3.4 Courbe de gestion simulée du lac-réservoir Aube

La courbe de gestion simulée du lac-réservoir Aube est la suivante (cf. figure 17)

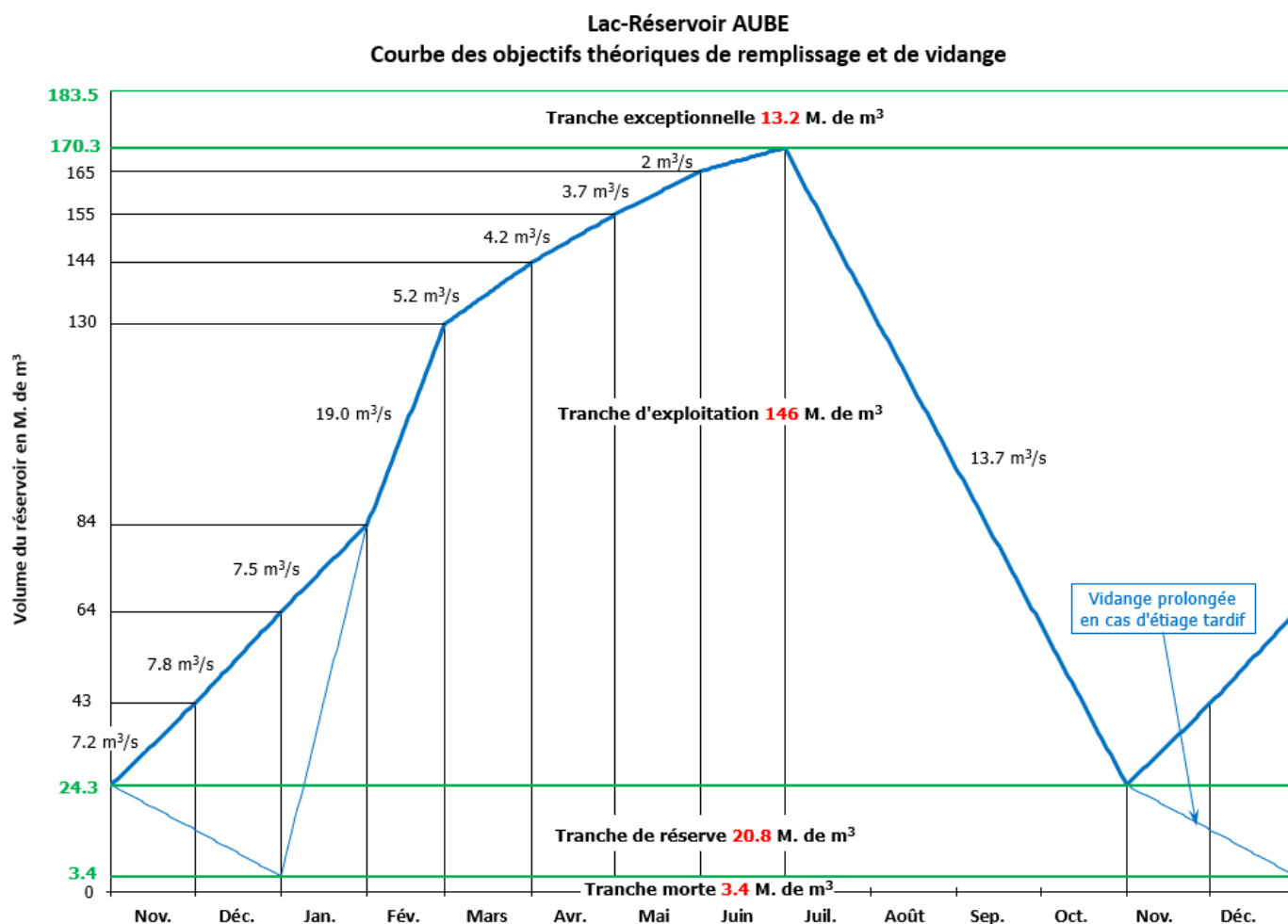


Figure 17 : Courbe de gestion simulée du lac-réservoir Aube (données EPTB Seine)

1.1.3.5 Analyse de l'application des règles actuelles de la gestion du lac-réservoir Aube

L'analyse descriptive de l'historique des courbes de gestion du lac-réservoir Aube (cf. figure 18) depuis 1990 montre :

- la majorité des années, une reprise du remplissage tardive comparativement à la courbe de gestion simulée, mais dans l'emprise de la courbe de remplissage tardif ;
- de nombreuses années avec des difficultés de tenue de la courbe de remplissage théorique avec quelques années exceptionnelles comme 2003 où le remplissage n'atteignait que 123 hm³ (67 % du volume maximal du lac-réservoir) ;
- un rôle de tampon des crues bien assuré durant la période hivernale et printanière ;
- un certain nombre de crues présentes entre avril et juillet, période de remplissage important du lac-réservoir ;
- des déstockages avec des pentes légèrement plus faibles que la courbe de gestion simulée.

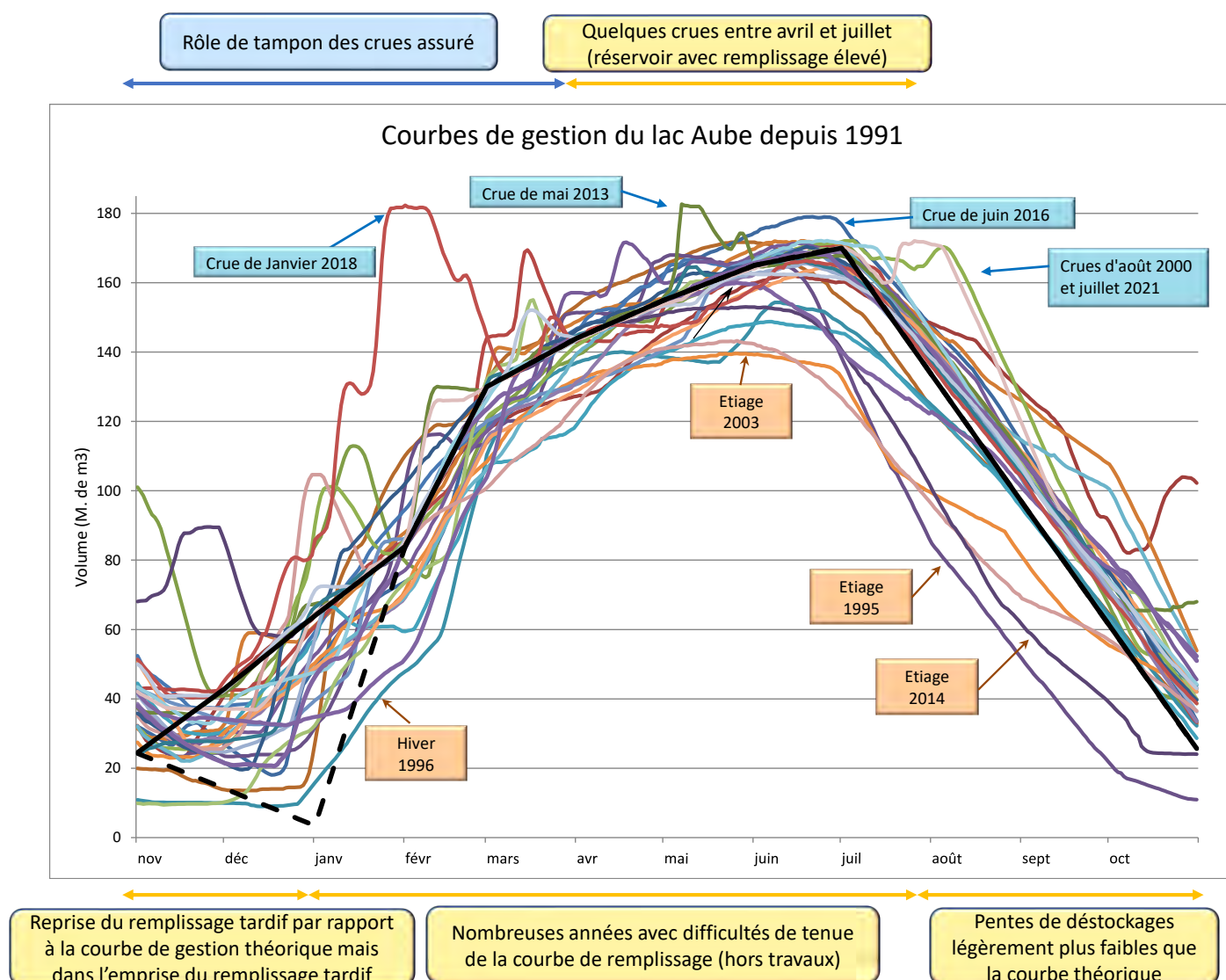


Figure 18 : Analyse descriptive de l'historique de la gestion des courbes du lac-réservoir Aube

Cette même analyse, non plus descriptive mais statistique (cf. **figure 19**) permet de préciser la fréquence d'apparition des événements décrits précédemment :

- la reprise du remplissage début novembre n'est jamais respectée, le démarrage s'effectue entre le 25 novembre et le 20 décembre selon les années, dans l'emprise de la courbe de remplissage tardif ;
- la courbe de remplissage théorique correspond globalement au remplissage des années médianes à quinquennales humides, c'est-à-dire que cette dernière est aujourd'hui statistiquement respectée une année sur deux à 1 année sur 5 ;
- le remplissage total à fin juillet n'est atteint que pour les années quinquennales humides à exceptionnellement humides. La statistique historique de remplissage à 90 % (153 hm³) pour 9 années sur 10 (statistique décennale sèche) correspond à la courbe des années médiane, c'est-à-dire qu'elle n'est atteinte qu'une année sur deux ;
- la pente du déstockage théorique part des années quinquennales humides et traverse la série statistique pour atteindre le décennal sec.

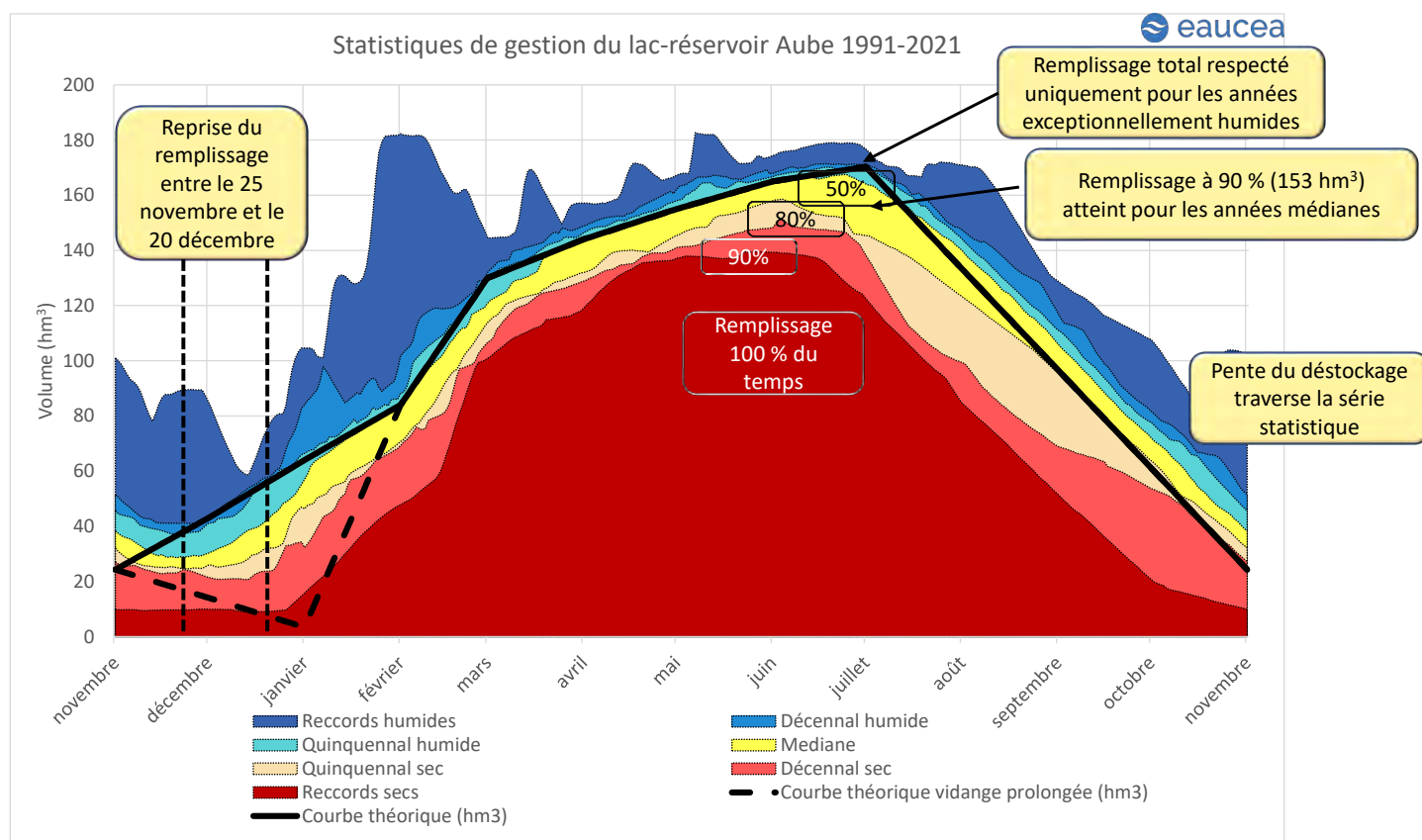


Figure 19 : Analyse statistique de l'historique de la gestion des courbes du lac-réservoir Aube

Cette analyse statistique en faisant apparaître les différentes tranches de gestion (cf. figure 20) montre :

- une tranche de réserve sollicitée entre début novembre et début janvier pour les années décennales sèches à quinquennales sèches (jusqu'à mi-janvier), c'est-à-dire statistiquement 1 à 2 années sur 10. Elle peut cependant avoir été abaissée comme en 1995-1996 pour des raisons de maintenance ;
- une tranche d'exploitation rarement sollicitée dans sa totalité, excepté à partir des années quinquennales humides (2 année sur 10) ;
- une tranche exceptionnelle sollicitée en janvier/février (crue de janvier 2018) et ponctuellement d'avril à juillet (crues de mai 2013 et juin 2016). A noter que les crues intervenues entre mars et avril entraînent des hausses atteignant régulièrement la limite de cette tranche. **La période d'avril à juillet apparait ainsi historiquement comme la période la plus critique concernant la capacité d'atténuation des crues, le remplissage important du réservoir pouvant potentiellement limiter la capacité de surstockage ponctuel de ce dernier.**

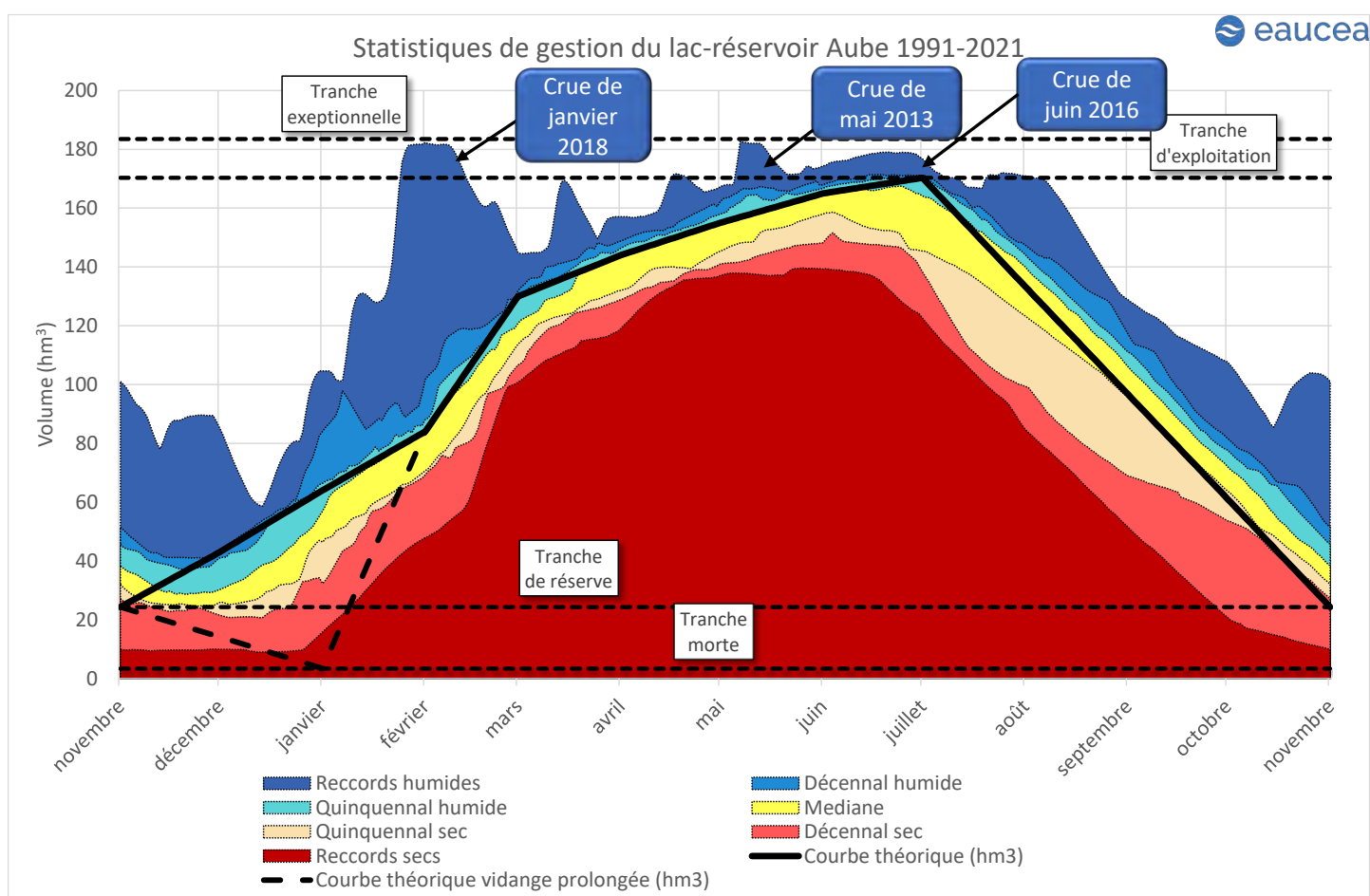


Figure 20 : Analyse statistique de l'historique de la gestion des courbes et des tranches du lac-réservoir Aube

En aval du lac-réservoir Aube et avant la confluence avec la Seine, une seule station sur l'Aube dispose de débits d'objectif. Il s'agit de la station d'Arcis-sur-Aube (cf. **tableau 5** et **figure 21**) :

Code	Nom de la station	BV (km ²)	Producteur	Mise en service	DV	DA	DAR	DCR
H1501010	L'Aube à Arcis-sur-Aube	3590	DREAL Champagne- Ardenne	1960	6.3	5	4	3.5

Tableau 5 : Stations de mesure de l'Aube en aval du lac-réservoir Aube disposant de débits d'objectifs

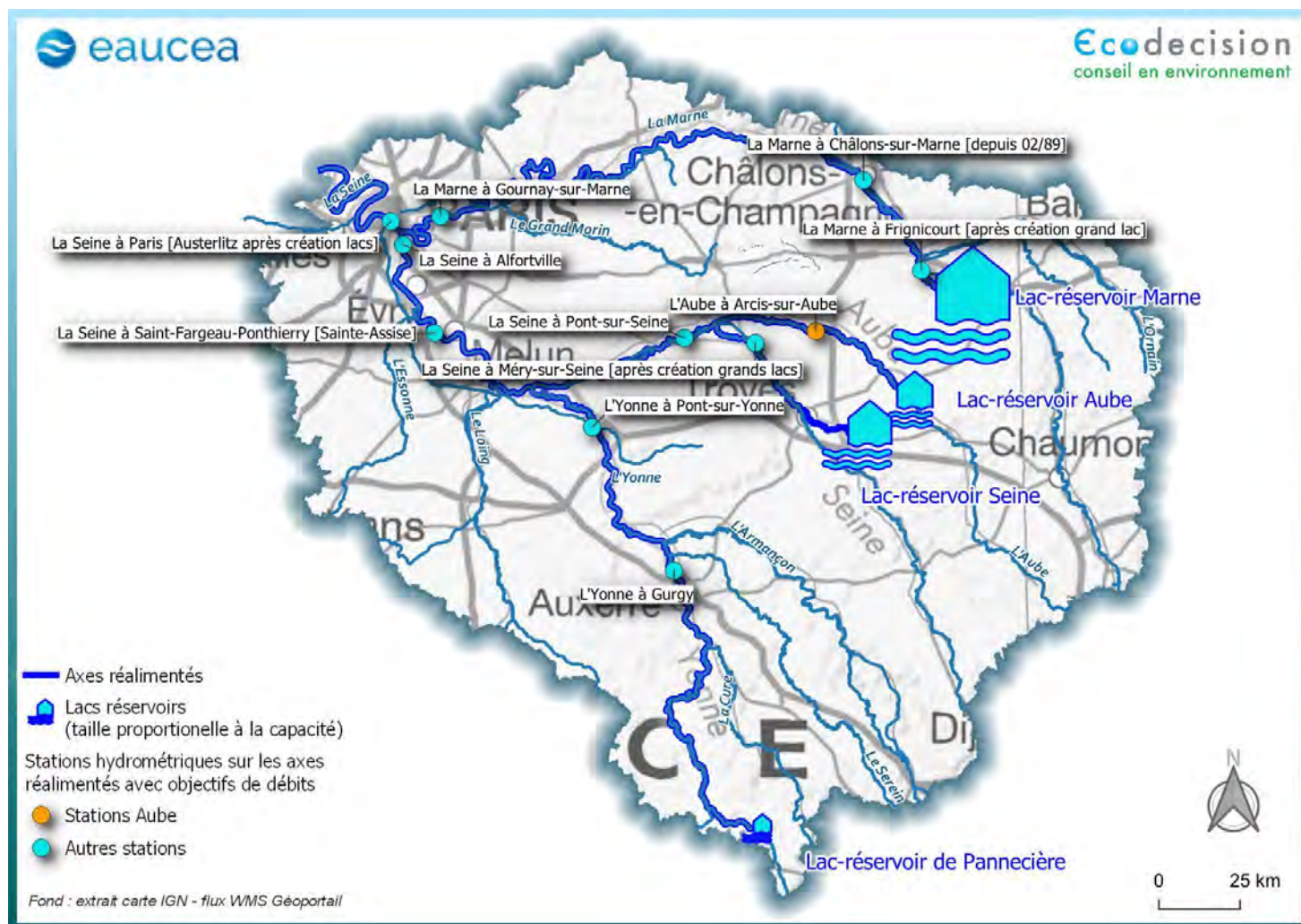


Figure 21 : Localisation des stations hydrométriques sur l'axe Aube réalimenté avec objectifs de débits

L'analyse des VCN10 (minimum annuel des moyennes glissantes sur 10 jours consécutifs du débit moyen journalier, cf. **paragraphe 3.2.1 du rapport de phase 1**) montre pour la station d'Arcis-sur-Aube, des VCN10 sous les débits de vigilance jusqu'à 1987. Après création du lac-réservoir en 1990, aucune année ne présente de passage sous les débits de vigilance (cf. **figure 22**). Cependant les débits mesurés sur la Seine à Pont-sur-Seine (cf. **figure 45**) et en aval résultent de la gestion conjointe des réservoirs Seine et Aube. Des passages réguliers sous le débit de vigilance sont mesurés à partir de cette station.

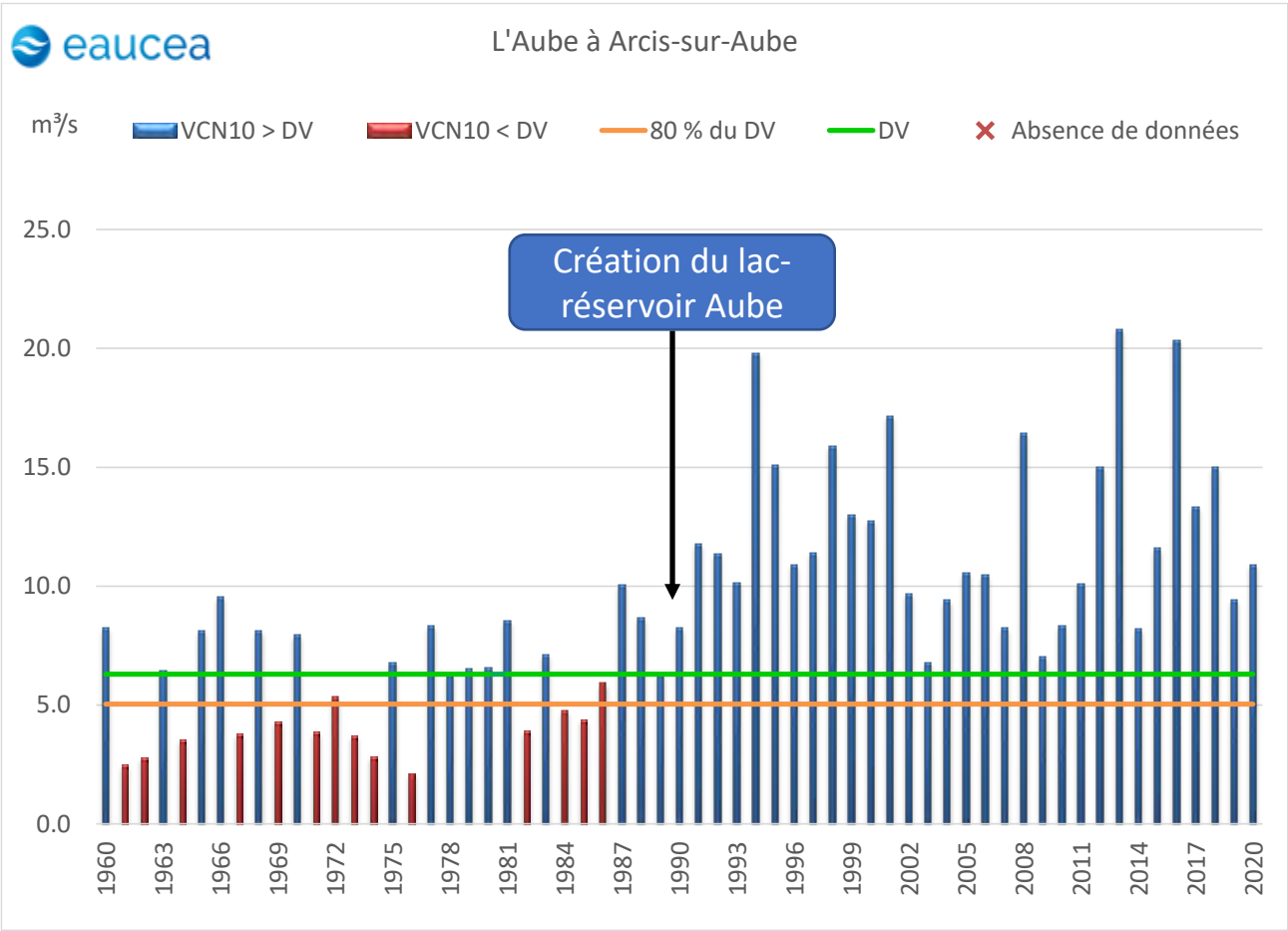


Figure 22 : Analyse des VCN10 comparativement au débit de vigilance à Arcis-sur-Aube

En conclusion, pour la période actuelle de gestion du lac-réservoir Aube :

- concernant la courbe de gestion simulée :
 - le soutien d'étiage tardif semble être la « norme » avec notamment des difficultés rencontrées pour la reprise du remplissage à partir de la date théorique du 1^{er} novembre,
 - elle n'est tenue pour le remplissage total que pour les années exceptionnelles humides. La statistique historique (à la création des lacs-réservoirs) de remplissage à 90 % pour 9 années sur 10 n'est aujourd'hui pas atteinte et n'est tenue statistiquement que pour les années médianes,
 - le remplissage le plus bas historique correspond à celui de l'année 2003 avec 123 hm³ (67 % du volume du lac-réservoir),
 - la pente du déstockage n'est jamais tenue, ces dernières étant toujours plus faibles que la courbe théorique ;
- concernant la gestion des tranches volumétriques :
 - la tranche de réserve est sollicitée 1 à 2 années sur 10, mais jamais en totalité. La tranche morte n'a jamais été déstockée,
 - la tranche d'exploitation est rarement sollicitée dans sa totalité, excepté à partir des années quinquennales humides (2 année sur 10),
 - la tranche exceptionnelle n'a été sollicitée qu'une seule fois en hiver pour la crue de janvier 2018 et ponctuellement de mai à juillet (crues de mai 2013 et juin 2016), période pour laquelle le réservoir est déjà en partie rempli, entraînant une fragilité dans la stratégie de protection contre les crues ;
- concernant la tenue des objectifs sur l'axe Aube réalimenté :
 - après création du lac-réservoir en 1990, aucune année ne présente de passage sous les débits de vigilance au niveau de la station d'Arcis-sur-Aube.

Il apparaît donc que la courbe de gestion simulée nécessite des adaptations substantielles, que ce soit dans l'objectif de protection contre les crues ou de tenue des débits d'étiage. Des propositions d'adaptations seront développées dans la phase 4 de cette étude.

1.1.4 Consignes d'exploitation du lac-réservoir de Pannecière

1.1.4.1 Description du réservoir

Le lac-réservoir de Pannecière, déclaré d'utilité publique le 9 septembre 1929, a été mis en service en 1949. Cet aménagement est la propriété de l'EPTB Seine Grands Lacs qui l'exploite. Cet ouvrage au fil de l'eau a pour fonctions principales, de réguler les débits de l'Yonne afin de lutter contre les inondations, de soutenir les étiages, ainsi que d'assurer l'alimentation du canal du Nivernais. L'usine hydroélectrique et le bassin de compensation, situé 2 km en aval de l'ouvrage et permettant de régulariser les débits turbinés avant leur restitution dans l'Yonne, sont gérés par EDF. La rigole de l'Yonne est alimentée depuis le bassin de compensation.

Les principales caractéristiques du réservoir de Pannecière sont présentées ci-dessous (cf. figure 23) :

Lac-Réservoir de PANNECIERE

17

- Mis en service en 1949
- Capacité max : 82 M de m³
- Surface : 520 ha
- 352 m en crête de barrages
- Hauteur max : 49 m



Figure 23 : Description du lac-réservoir de Pannecière (source EPTB Seine Grands-Lacs)

1.1.4.2 Règles de remplissage du lac-réservoir de Pannecière

L'ensemble des règles afférentes à la gestion du lac-réservoir de Pannecière sont détaillées dans le règlement d'eau du réservoir, revu en février 2015, présenté en **annexe 1**. Les règles relatives au remplissage et à la vidange sont rappelées dans les paragraphes qui suivent.



Figure 24 : Lac-réservoir de Pannecière – ouvrage au fil de l'eau

Les règles qui régissent le remplissage de ce lac-réservoir, hors cas particuliers des écrêtements de crue, sont les suivantes :

- La gestion du lac-réservoir doit se faire en respectant le débit réservé à l'aval immédiat du bassin de compensation. Ce débit réservé est fixé à 1,2 m³/s ;
- La gestion doit se faire en respectant le débit d'écrêtement à l'aval immédiat du bassin de compensation. On distingue deux débits d'écrêtement suivant la période :
 - 16 m³/s du 1^{er} novembre au 30 avril ;
 - 12 m³/s du 1^{er} mai au 31 octobre.

1.1.4.3 Règles de déstockage du lac-réservoir Pannecière

L'objectif de déstockage au 1^{er} novembre est fixé à 11,8 millions de m³ correspondant à une cote de 300,88 m NGF. En cas de remplissage de l'ouvrage à 79,8 millions de m³ au 15 juin, le débit moyen de déstockage permettant d'alimenter la rivière Yonne et le canal du Nivernais est de 5,7 m³/s.

Le débit de déstockage peut être modulé durant la période d'étiage en fonction :

- du débit naturel en rivière, afin par exemple de satisfaire les besoins des usages en aval ;
- du respect des seuils des arrêtées-sécheresse

Les variations maximales journalières du débit de lâcher sont soumises à différentes contraintes. Lors du remplissage du réservoir et dans la mesure du possible, la variation du débit de l'Yonne à l'aval du bassin de compensation est limitée de la manière suivante :

- si le débit moyen journalier entrant dans la retenue entre le jour J-1 et le jour J est inférieur à 10 m³/s, la variation est limitée à 2 m³/s en plus ou en moins par 24 heures au jour J ;
- si le débit entrant dans la retenue est supérieur à 10 m³/s entre le jour J-1 et le jour J, la variation est limitée à 6 m³/s en plus ou en moins par 24 heures au jour J, à repartir en trois manœuvres de variations de 2 m³/s espacées dans la journée d'au moins 4 heures.

1.1.4.4 Courbe théorique du lac-réservoir de Pannecière

La courbe de gestion simulée du lac-réservoir Pannecière est la suivante (cf. figure 25) :

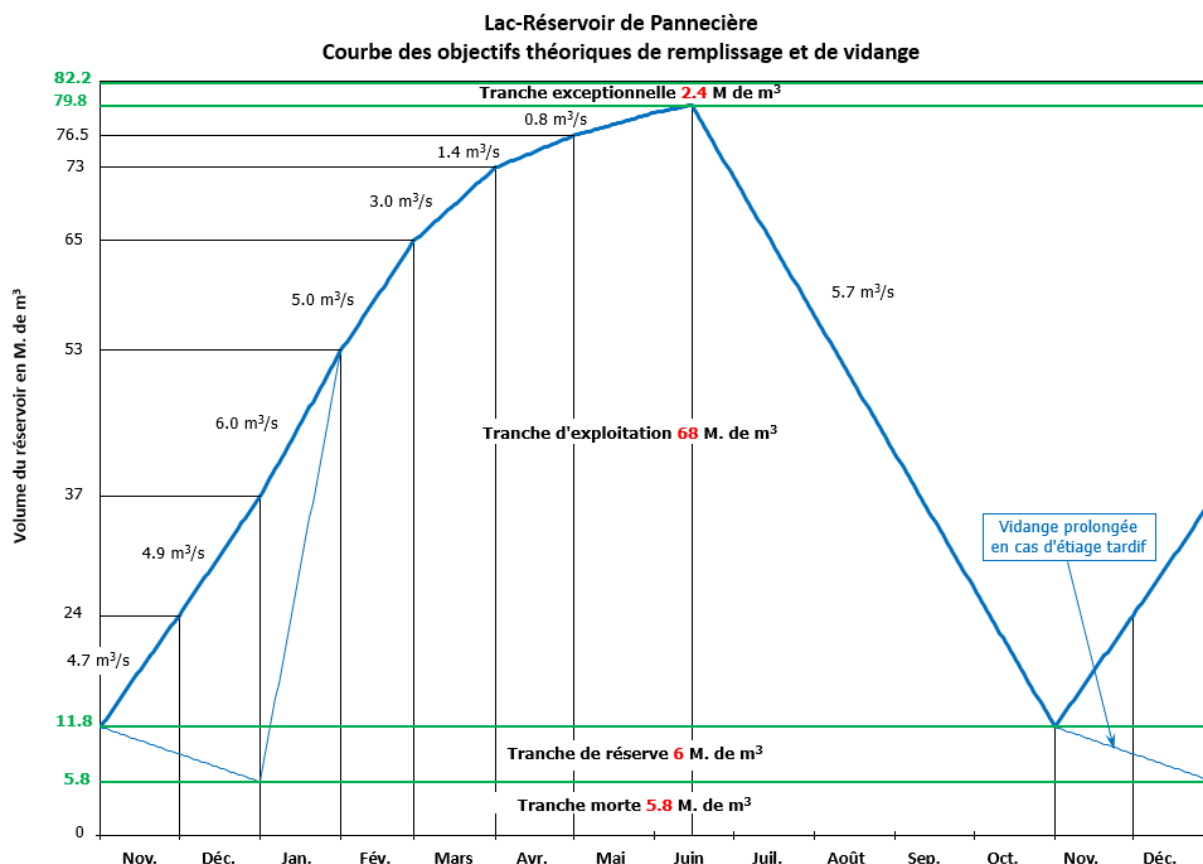


Figure 25 : Courbe de gestion simulée du lac-réservoir de Pannecière (données EPTB Seine)

1.1.4.5 Analyse de l'application des règles actuelles de la gestion du lac-réservoir de Pannecière

A noter pour ce réservoir, qu'une révision du règlement d'eau a été réalisée en 2015. L'ancien règlement datait de 1955. Des modifications des tranches ont eu lieu, de même qu'une évolution de la date d'objectif de remplissage (passage du 1^{er} juillet au 15 juin). L'ensemble de ces évolutions est détaillé dans le rapport de la phase 4.

L'analyse descriptive de l'historique des courbes de gestion du lac-réservoir de Pannecière (cf. figure 26) depuis 1952 montre :

- la majorité des années, une reprise du remplissage tardive comparativement à la courbe de gestion simulée actuelle et ancienne (mêmes dates de reprise de remplissage), mais dans l'emprise de la courbe de remplissage tardif (sauf années de vidange et travaux) ;
- de nombreuses années avec des difficultés de remplissage (hors travaux) du lac-réservoir, dont quelques années exceptionnelles comme 1960 où le remplissage n'atteignait que 55 hm³ (67 % du volume du lac-réservoir) ;
- un rôle de tampon des crues bien assuré durant la période hivernale et printanière ;
- de très nombreuses petites crues présentes entre avril et juillet, période de remplissage important du lac-réservoir.

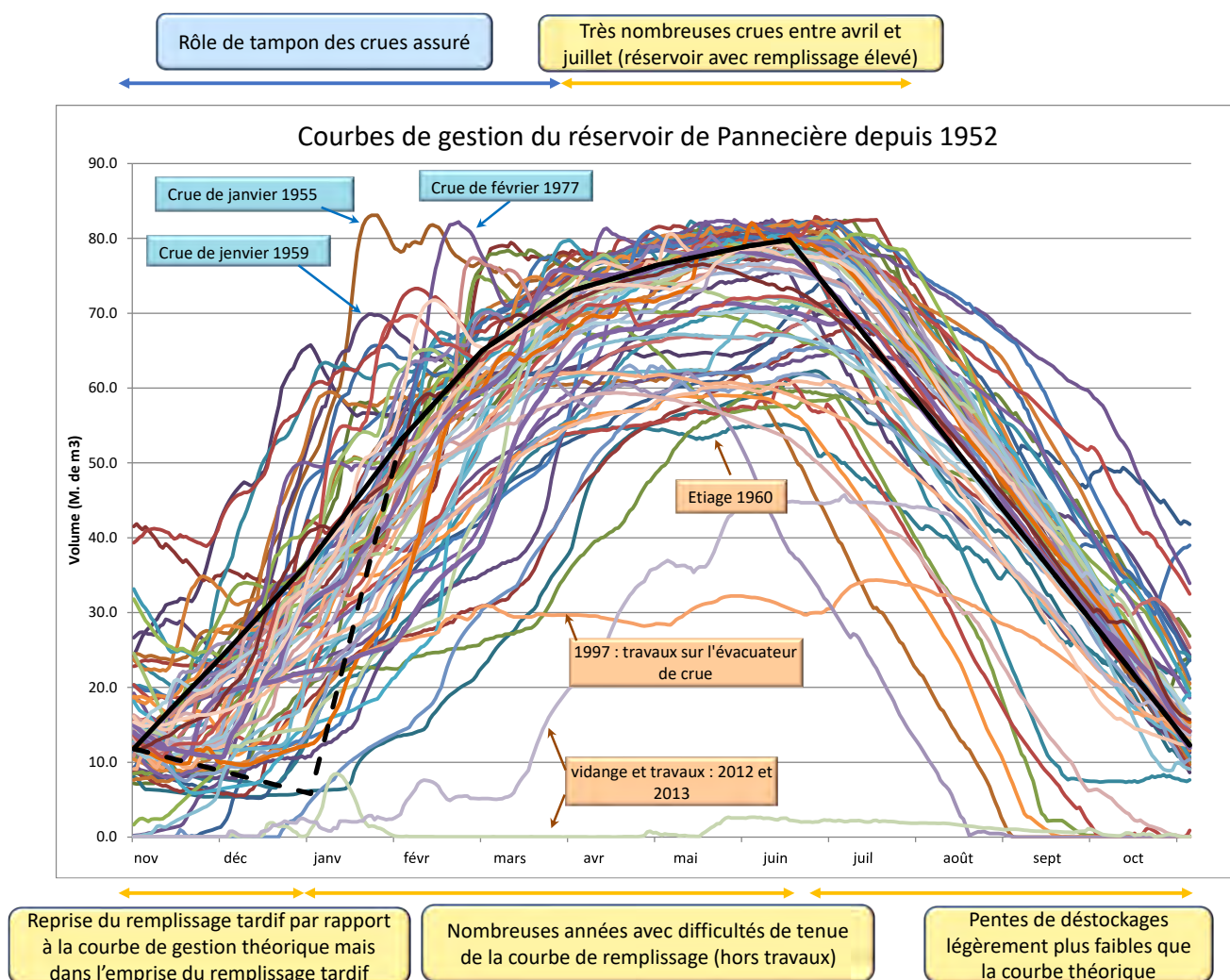


Figure 26 : Analyse descriptive de l'historique de la gestion des courbes du lac-réservoir de Pannecière

Cette même analyse, non plus descriptive mais statistique (cf. **figure 27**) permet de préciser la fréquence d'apparition des événements décrits précédemment :

- la reprise du remplissage début novembre n'est jamais respectée, le démarrage s'effectue entre le 15 novembre et le 1^{er} décembre selon les années, dans l'emprise de la courbe de remplissage tardif ;
- la courbe de remplissage théorique actuelle correspond globalement au remplissage des années quinquennales humides (équivalent aussi pour un ancien objectif de remplissage au 1^{er} juillet), c'est-à-dire que cette dernière est aujourd'hui statistiquement respectée une année sur cinq ;
- le remplissage total au 15 juin, mais aussi au 1^{er} juillet (ancienne courbe) n'est respecté que pour les années quinquennales humides à exceptionnellement humides. La statistique historique de remplissage à 90 % (72 hm³) pour 9 années sur 10 (statistique décennale sèche) correspond à la courbe des années médiane, c'est-à-dire qu'elle n'est atteinte qu'une année sur deux ;
- La tranche de réserve et la tranche morte peuvent avoir été baissées pour des raisons de maintenance comme en 1997, 2012 et 2013.

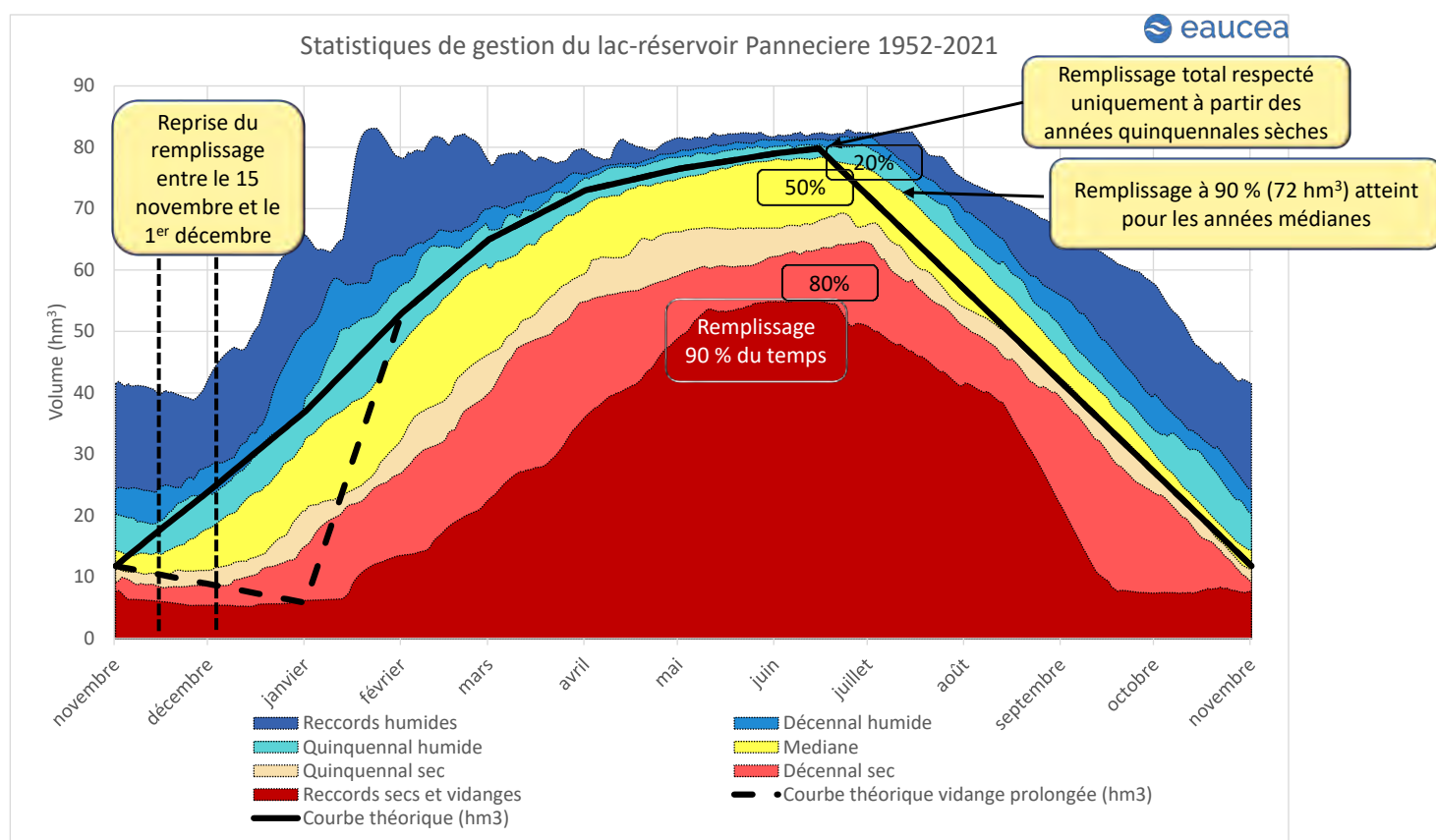


Figure 27 : Analyse statistique de l'historique de la gestion des courbes du lac-réservoir de Pannecière (hors années de travaux et de vidange)

Cette analyse statistique en faisant apparaître les différentes tranches de gestion du nouveau règlement d'eau (cf. figure 28) montre :

- une tranche de réserve actuelle sollicitée statistiquement entre mi-septembre et début janvier pour les années décennales sèches à médiane (jusqu'à mi-décembre), c'est-à-dire statistiquement 1 année sur 10 à 1 année sur 2 ;
- une tranche d'exploitation rarement sollicitée dans sa totalité, excepté à partir des années quinquennales humides (2 année sur 10) ;
- une tranche exceptionnelle sollicitée ponctuellement à partir de janvier (crue de janvier 1995 et de février 1997) puis très régulièrement entre avril et juillet pour les années décennales humides et exceptionnelles. **La période d'avril à juillet apparait ainsi historiquement comme la période la plus critique concernant la capacité d'atténuation des crues, le remplissage important du réservoir pouvant potentiellement limiter la capacité de surstockage ponctuel de ce dernier.**

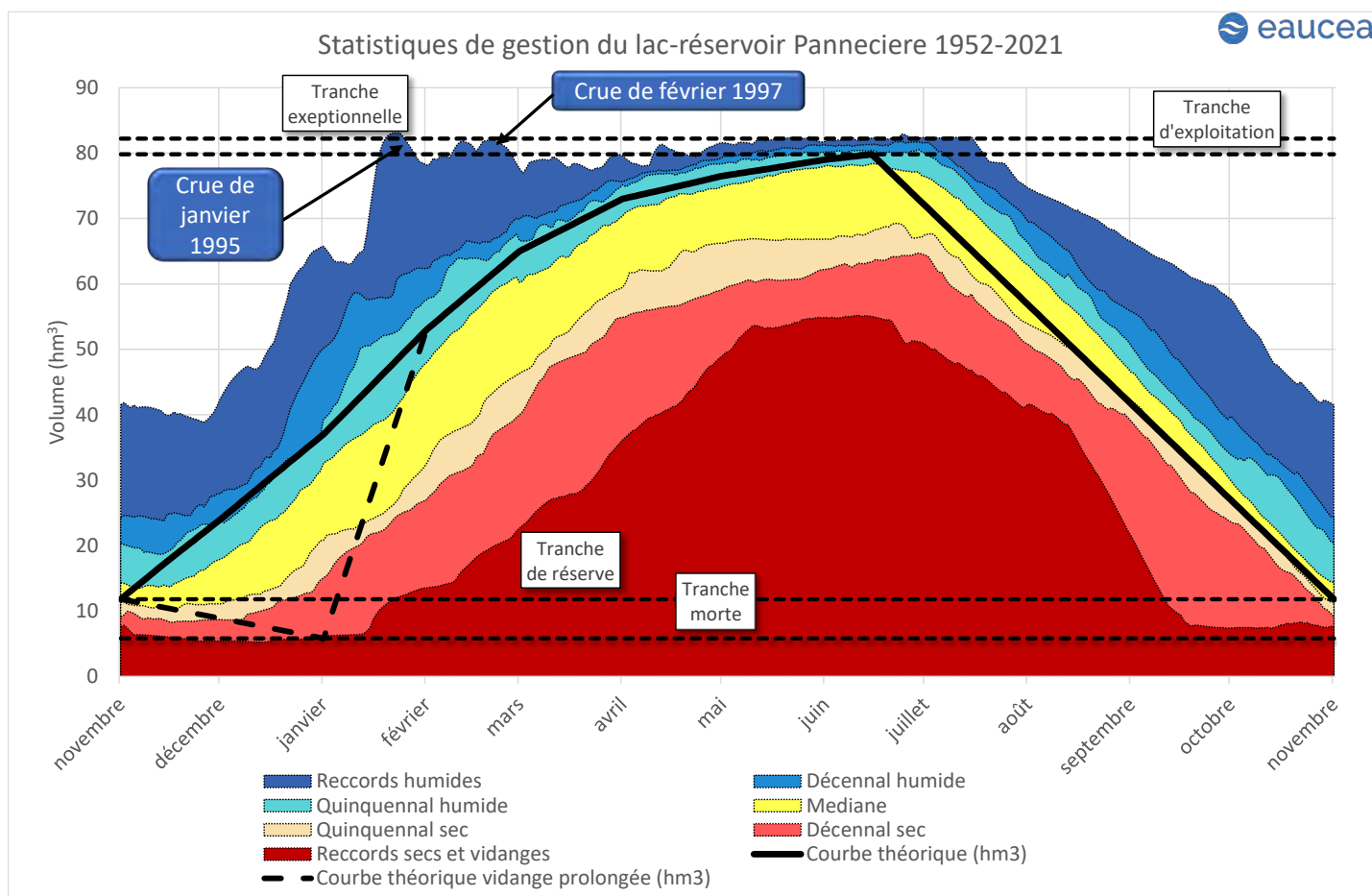


Figure 28 : Analyse statistique de l'historique de la gestion des courbes et des tranches du lac-réservoir de Pannecière (hors années de travaux et de vidange)

En aval du lac-réservoir de Pannecière et avant la confluence avec la Seine, deux stations sont présentes (cf. **tableau 6** et **figure 29**) :

- l'Yonne à Gurgy mise en service en 1954 ;
- l'Yonne à Pont-sur-Yonne, mise en service en 2007.

Code	Nom de la station	BV (km ²)	Producteur	Mise en service	DV	DA	DAR	DCR
H2701030	L'Yonne à Gurgy	3807	DRIEE IDF	1954	14	12.5	11	9.2
H2701030	L'Yonne à Pont-sur-Yonne	10462	DRIEE IDF	2007	23	16	13	11

Tableau 6 : Stations de mesure de l'Yonne en aval du lac-réservoir de Pannecière disposant de débits d'objectifs

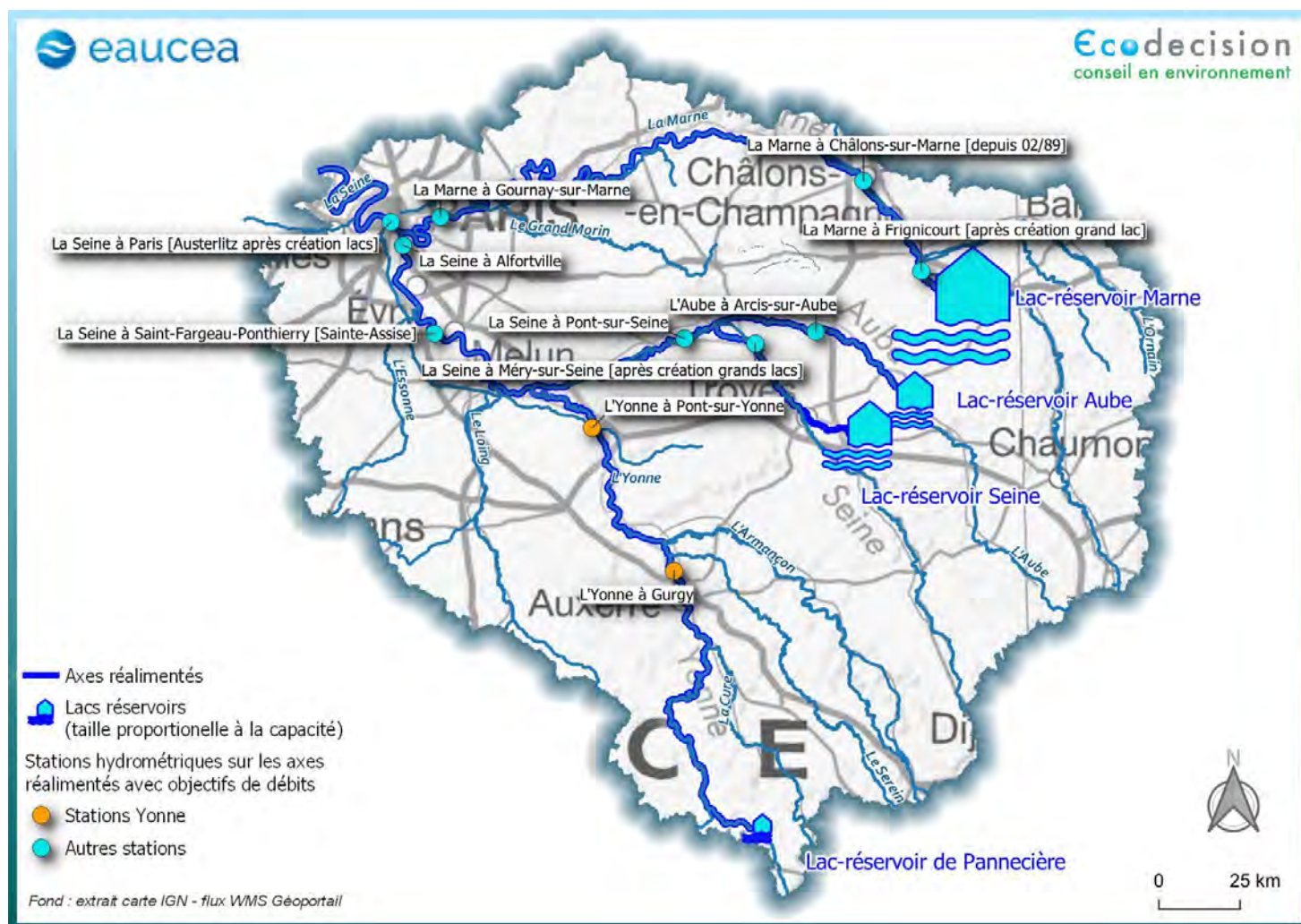


Figure 29 : Localisation des stations hydrométriques sur l'axe Yonne réalimenté avec objectifs de débits

L'analyse des VCN10 (minimum annuel des moyennes glissantes sur 10 jours consécutifs du débit moyen journalier, cf. **paragraphe 3.2.1 du rapport de phase 1**) montre pour les deux stations, des VCN10 régulièrement sous les débits de vigilance (cf. **figures 30 et 31**), même après application du règlement d'eau en 2015. Contrairement aux autres réservoirs, les déficits observés sont présents tout au long de la période d'étiage (cf. **figures 32 et 33**) comme illustré par exemple pour l'année 2019 (cf. **figure 34**).

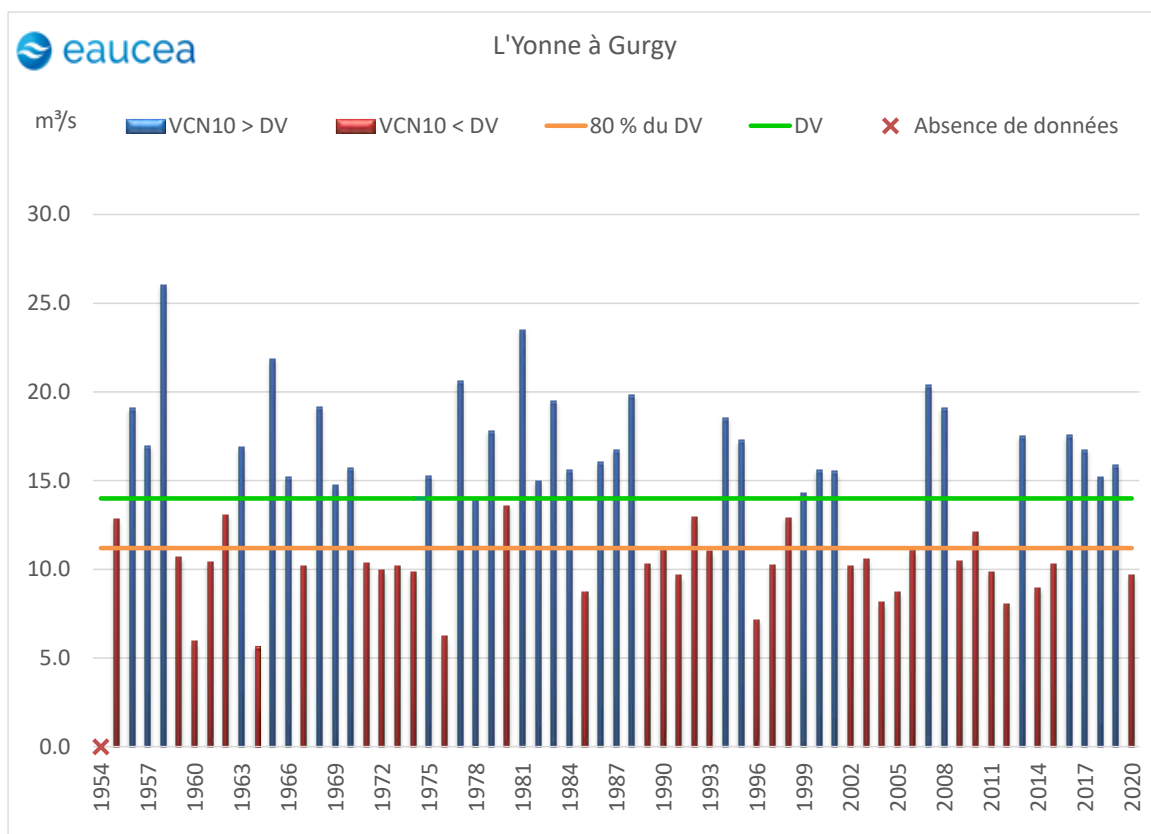


Figure 30 : Analyse des VCN10 comparativement au débit de vigilance à Gurgy

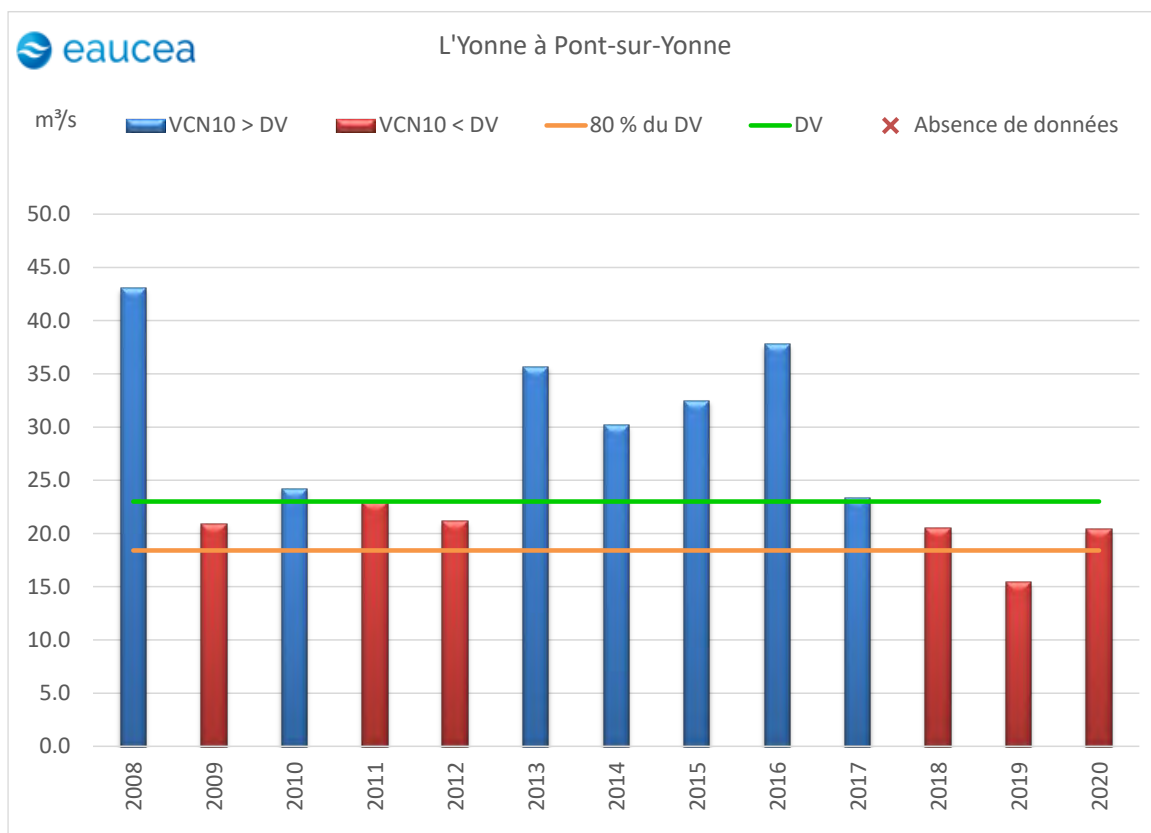


Figure 31 : Analyse des VCN10 comparativement au débit de vigilance à Pont-sur-Yonne

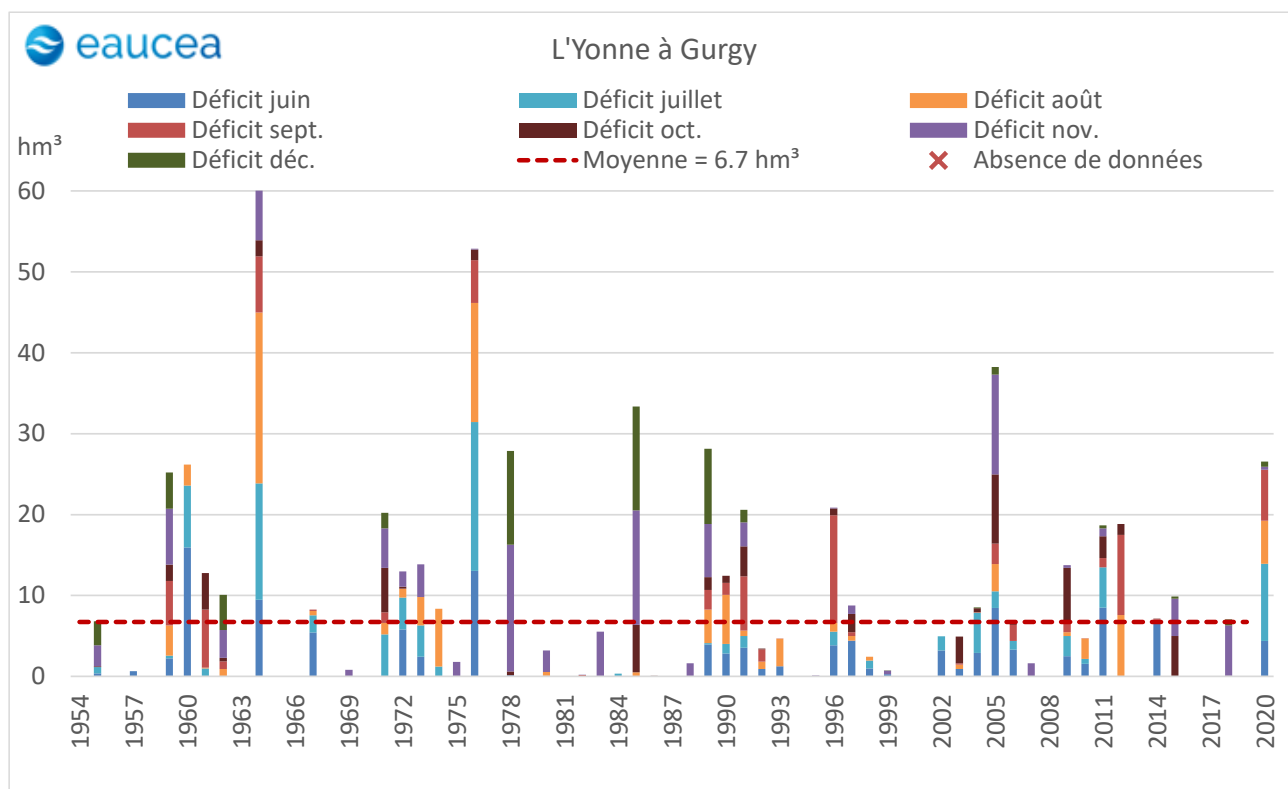


Figure 32 : Analyse des déficits par rapport au débit de vigilance à Gurgy

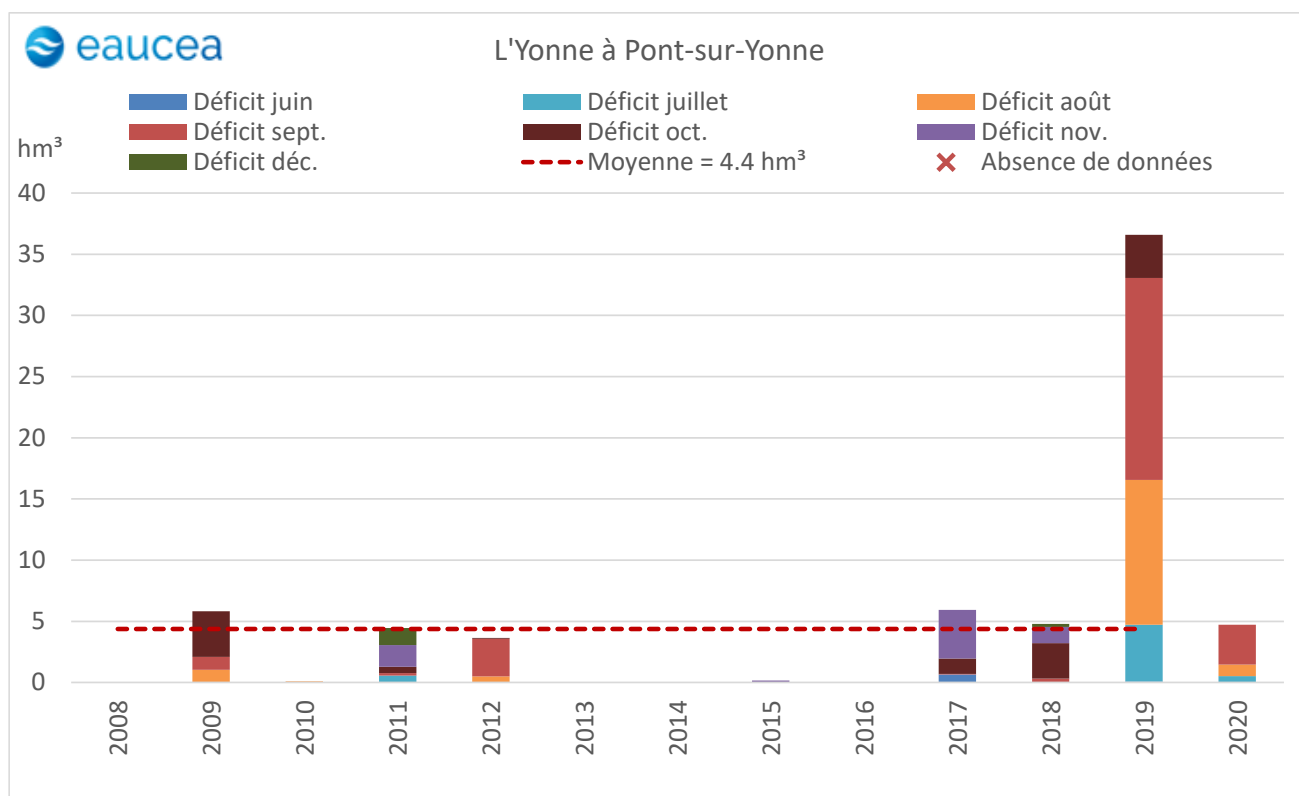


Figure 33 : Analyse des déficits par rapport au débit de vigilance à Pont-sur-Yonne

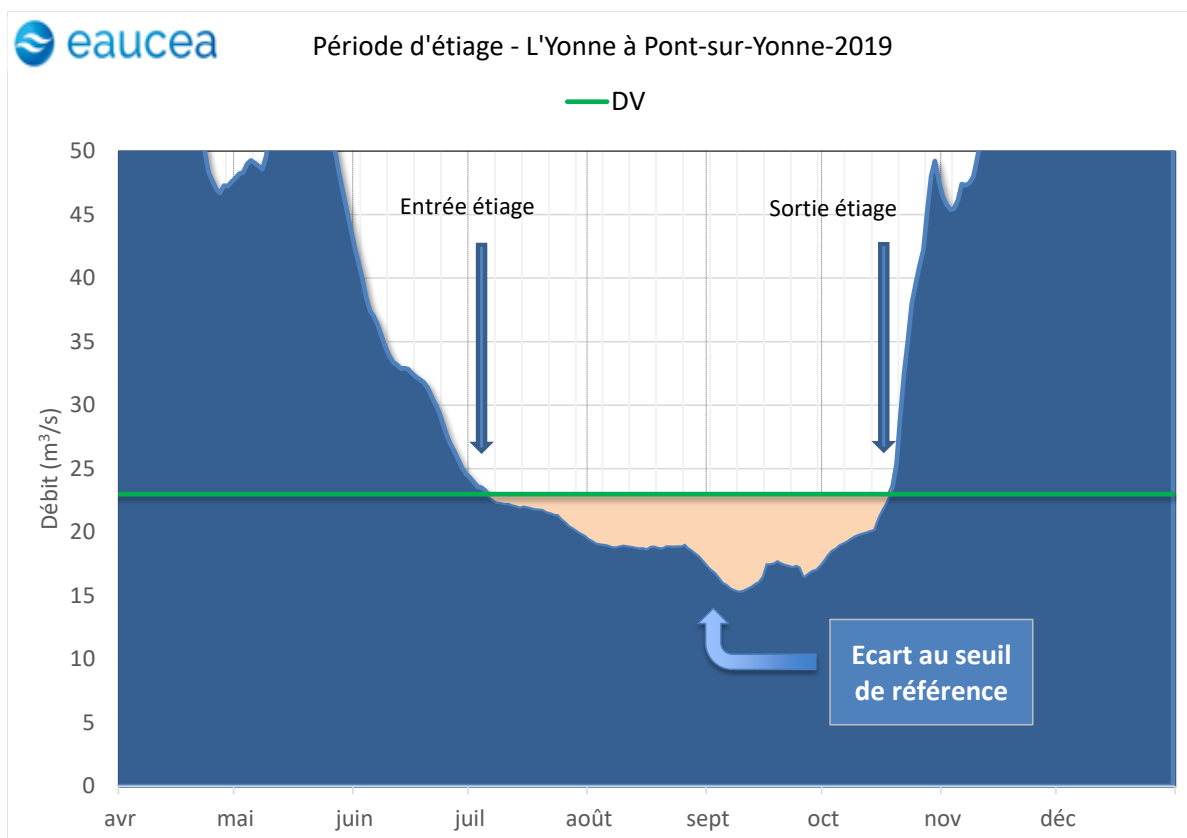


Figure 34 : Analyse du déficit par rapport au seuil de vigilance pour la station de Pont-sur-Yonne en 2019

En conclusion, pour la période actuelle de gestion du lac-réservoir de Pannecière :

- concernant la courbe de gestion simulée :
 - le soutien d'étiage tardif semble être la « norme » avec notamment des difficultés rencontrées pour la reprise du remplissage à partir de la date théorique du 1^{er} novembre,
 - elle n'est tenue pour le remplissage total qu'à partir des années quinquennales humides (que ce soit avec un objectif de remplissage au 1^{er} juillet ou au 15 juin). La statistique historique (à la création des lacs-réservoirs) de remplissage à 90 % pour 9 années sur 10 n'est aujourd'hui pas atteinte et n'est tenue statistiquement que pour les années médianes (que ce soit pour l'ancien ou le nouveau règlement d'eau),
 - le remplissage le plus bas historique (hors travaux et années de vidange) correspond à celui de l'année 1960 avec 55 hm³ (67 % du volume du lac-réservoir),
- concernant la gestion des tranches volumétriques :
 - la tranche de réserve actuelle est statistiquement sollicitée 1 année sur 5 à 1 année sur 2. La tranche morte peut avoir été baissée pour des raisons de maintenance comme en 1997, 2012 et 2013,
 - la tranche d'exploitation est rarement sollicitée dans sa totalité, excepté à partir des années quinquennales humides (2 année sur 10),
 - la tranche exceptionnelle est sollicitée ponctuellement à partir de janvier (crue de janvier 1995 et de février 1997) puis très régulièrement entre avril et juillet pour les années décennales humides et exceptionnelles, période pour laquelle le réservoir est déjà en partie rempli, entraînant une fragilité dans la stratégie de protection contre les crues ;
- concernant la tenue des objectifs sur l'axe Yonne réalimenté :
 - depuis la mise en service du lac en 1949, des années avec des passages importants et durables sous le débit de vigilance sont mesurés tout au long de la période d'étiage.

Il apparaît donc que la courbe de gestion simulée nécessite des adaptations substantielles, que ce soit dans l'objectif de protection contre les crues ou de tenue des débits d'étiage. De plus, les volumes limités de ce lac-réservoir ne permettent pas pour des étiages récents la tenue des objectifs à Gurgy et Pont-sur-Yonne. Des propositions d'adaptations seront développées dans la phase 4 de cette étude.

1.1.5 Consignes d'exploitation du lac-réservoir Seine

1.1.5.1 Description du réservoir

Les principales caractéristiques du réservoir Seine sont présentées ci-dessous (cf. figure 35) :

Lac-Réservoir SEINE

16

- Mis en service en **1966**
- Capacité max : **219 M de m³**
- Surface : **2300 ha**
- **5,7 km** de barrages (Digues de ceinture)
- Hauteur max des barrages : **25 m**
- **27,2 km** de canaux
- Q_{max} dérivable : **180 m³/s**



Figure 35 : Description du lac-réservoir Seine (source EPTB Seine Grands-Lacs)

1.1.5.2 Règles de remplissage du lac-réservoir Seine

L'ensemble des règles afférentes à la gestion du lac-réservoir Seine sont détaillées dans le règlement d'eau actuel du réservoir (1978) et présenté en **annexe 1**. Les règles relatives au remplissage et à la vidange sont rappelées dans les paragraphes qui suivent.

Le remplissage du lac-réservoir Seine s'effectue via une prise sur la Seine puis un canal d'amenée d'une capacité de 180 m³/s (cf. figure 36).

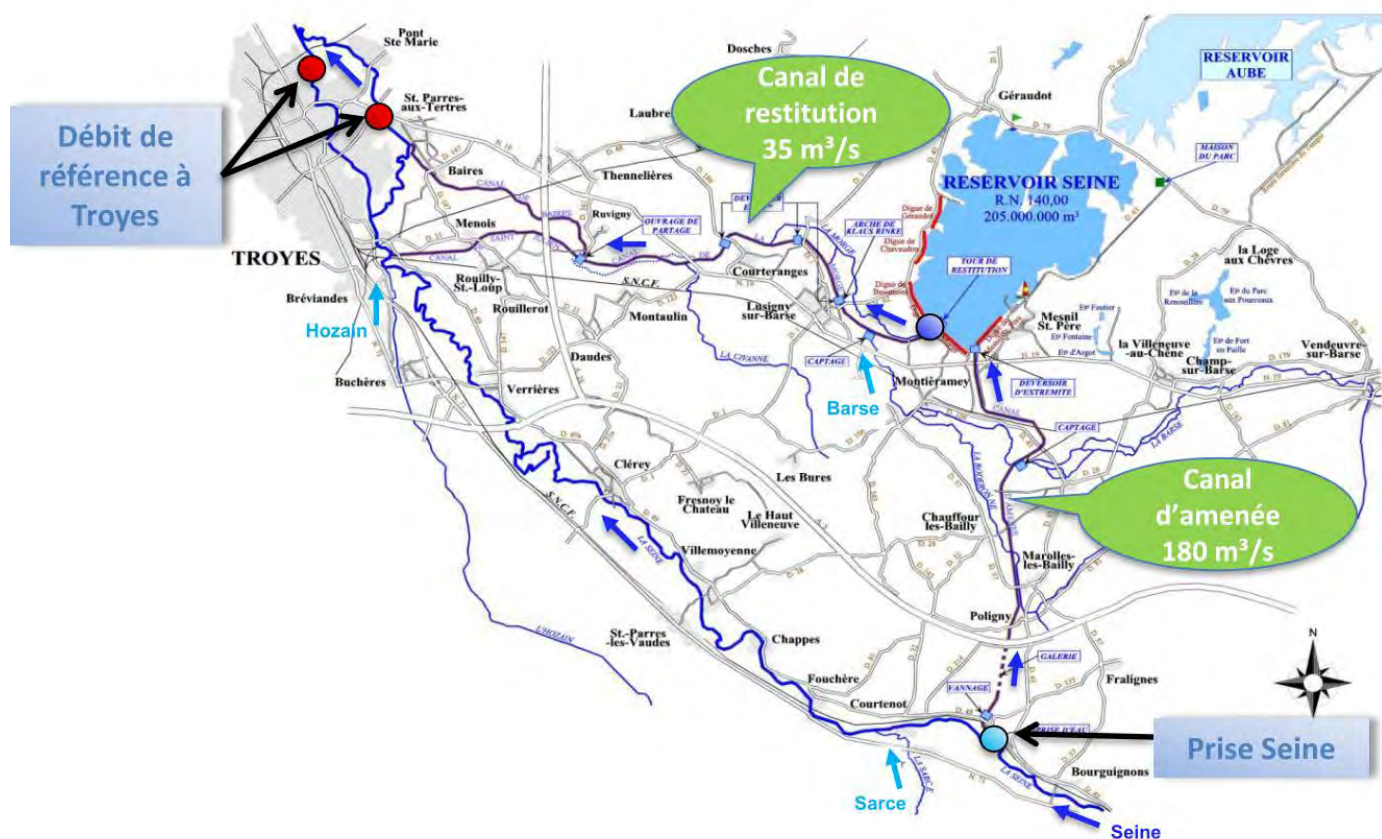


Figure 36 : Prise d'eau et restitution du lac-réservoir Seine (source EPTB Seine Grands-Lacs)

Les règles qui régissent le remplissage de ce lac-réservoir, hors cas particuliers des écrêtements de crues, sont les suivantes :

- le débit naturel du cours d'eau à l'aval immédiat de la prise d'eau doit respecter les contraintes de débit réservé suivantes :
 - 3 m³/s du 1^{er} octobre de l'année N au 31 mars de l'année N+1,
 - 3 m³/s du 1^{er} avril au 30 septembre si le débit naturel du cours d'eau dépasse 10 m³/s,
 - 4 m³/s du 1^{er} avril au 30 septembre si le débit naturel du cours d'eau est compris entre 8 et 10 m³/s,
 - 5 m³/s du 1^{er} avril au 30 septembre si le débit naturel du cours d'eau est compris entre 6 et 8 m³/s,
 - aucun prélèvement ne sera effectué si le débit naturel du cours d'eau est inférieur à 6 m³/s ;

- si le débit naturel en rivière dépasse 131 m³/s les possibilités de prélèvement sont limitées par la capacité de dérivation des ouvrages d'amenée. Si le débit naturel en rivière est compris entre 131 et 228 m³/s cette capacité est grossièrement donnée par une formule mathématique ($P = 0,56 * (Q - 131) + 128$) m³/s ;
- si le débit naturel en rivière dépasse 228 m³/s le débit de prélèvement sera égal au plus à 180 m³/s, En cas de crue exceptionnellement forte, le débit de prélèvement pourra toutefois atteindre 200 m³/s.

1.1.5.3 Règles de déstockage du lac-réservoir Seine

Le canal de restitution (canal de la Morge) du lac-réservoir Seine dispose d'une capacité de 35 m³/s. Ce canal se divise en 2 branches peut avant la confluence avec la Seine (cf. figure 37) :

- le canal de Baires ;
- le canal de St-Julien.



Figure 37 : Localisation des canaux de restitution du lac-réservoir Seine

Les règles de déstockage sont les suivantes :

- si le débit Q laissé en rivière à la prise d'eau est inférieur à 100 m³/s alors le débit de restitution de la Barse et de la restitution du lac sera égal à $40 - 0,2 \times Q$. Ce débit de restitution est réparti entre les canaux Saint-Julien et de Baires compte tenu du remous de la Seine dans le canal de Saint-Julien ;
- si le débit laissé en rivière à la prise d'eau est supérieur à 100 m³/s la restitution sera arrêtée et reprendra lorsque le débit en rivière à la prise d'eau sera suffisamment réduit. Toutefois, lors de l'application de la formule les débits à l'aval de la restitution devront rester inférieurs à 40 m³/s en période de vidange ;
- le débit minimum à maintenir dans le canal de Baires doit être :
 - égal à 0,8 m³/s lorsque le débit de la Barse est au moins égal à ce chiffre,
 - égal au débit de la Barse si le débit naturel est inférieur à 0,8 m³/s,
 - le débit dans le canal de Baires ne doit pas dépasser 20 m³/s,
- le débit de vidange sera en principe constant du 1^{er} juillet au 30 septembre et correspondra au débit pour la vidange complète de la tranche d'exploitation, c'est-à-dire 18,6 m³/s pour un remplissage complet de 205 millions de m³ ;

- en octobre, sous réserve des adaptations, le débit de vidange sera réglé de façon à ramener l'accumulation :
 - à un volume au moins égal à 8 hm³ en fin de mois, si le débit naturel de la Seine est inférieur à 6 m³/s ;
 - à 20 hm³ en fin de mois, si le débit naturel de la Seine est supérieur à 6 m³/s.

1.1.5.4 Courbe de gestion simulée du lac-réservoir Seine

La courbe de gestion simulée du lac-réservoir Seine est ainsi la suivante (cf. figure 38) :

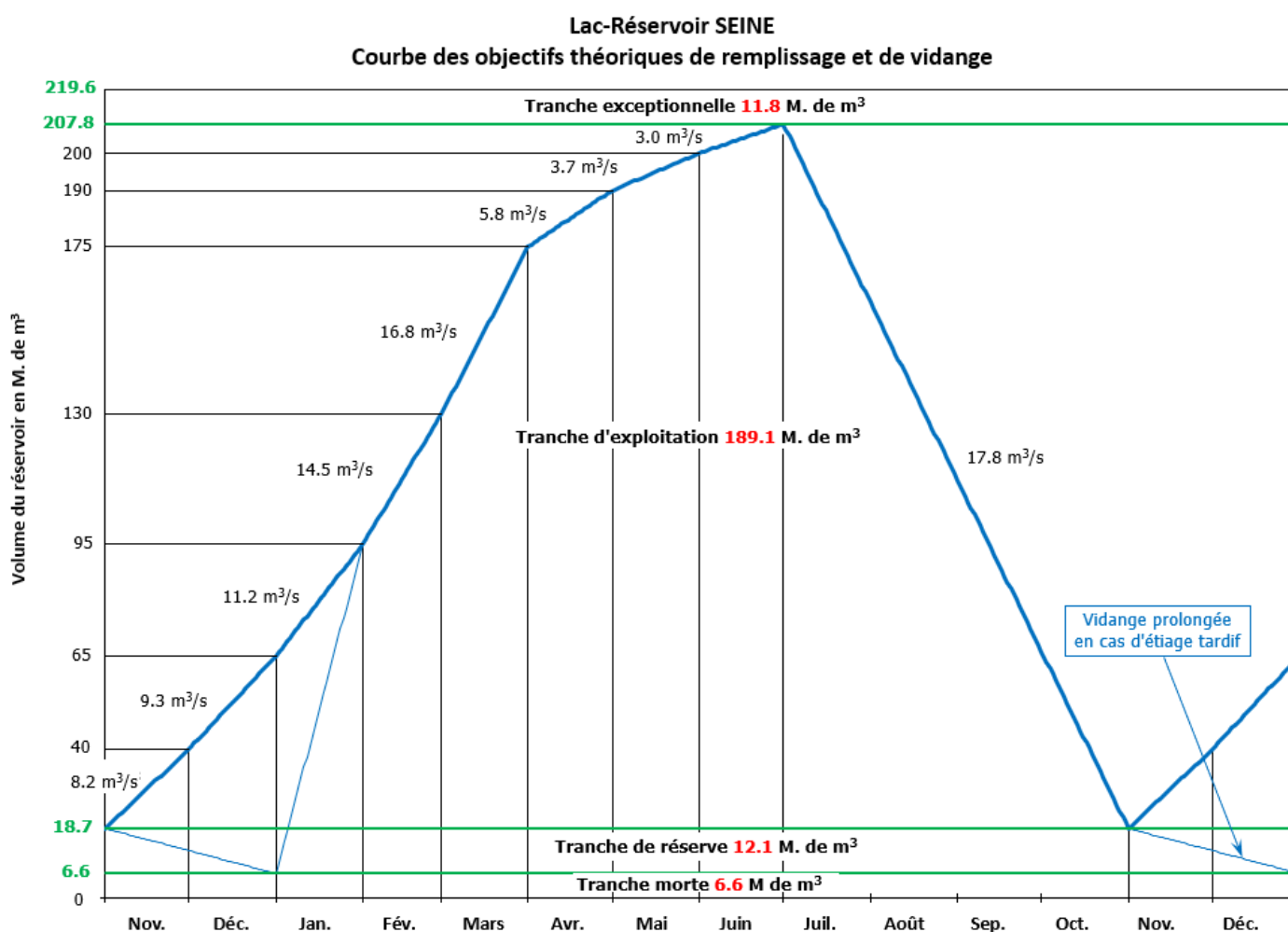


Figure 38 : Courbe de gestion simulée du lac-réservoir Seine (données EPTB Seine)

1.1.5.5 Analyse de l'application des règles actuelles de la gestion du lac-réservoir Seine

L'analyse descriptive de l'historique des courbes de gestion du lac-réservoir Seine (cf. figure 39) depuis 1967 montre :

- la majorité des années, une reprise du remplissage tardive comparativement à la courbe de gestion simulée, mais dans l'emprise de la courbe de remplissage tardif ;
- de nombreuses années avec des difficultés de tenue de la courbe de remplissage théorique avec quelques années exceptionnelles comme 1976 où le remplissage n'atteignait que 75 % du volume maximal de la courbe de gestion ;
- un rôle de tampon des crues bien assuré durant la période hivernale et printanière ;
- un certain nombre de crues présentes entre avril et juillet, période de remplissage important du lac-réservoir ;
- des déstockages avec des pentes plus faibles que la courbe de gestion simulée.

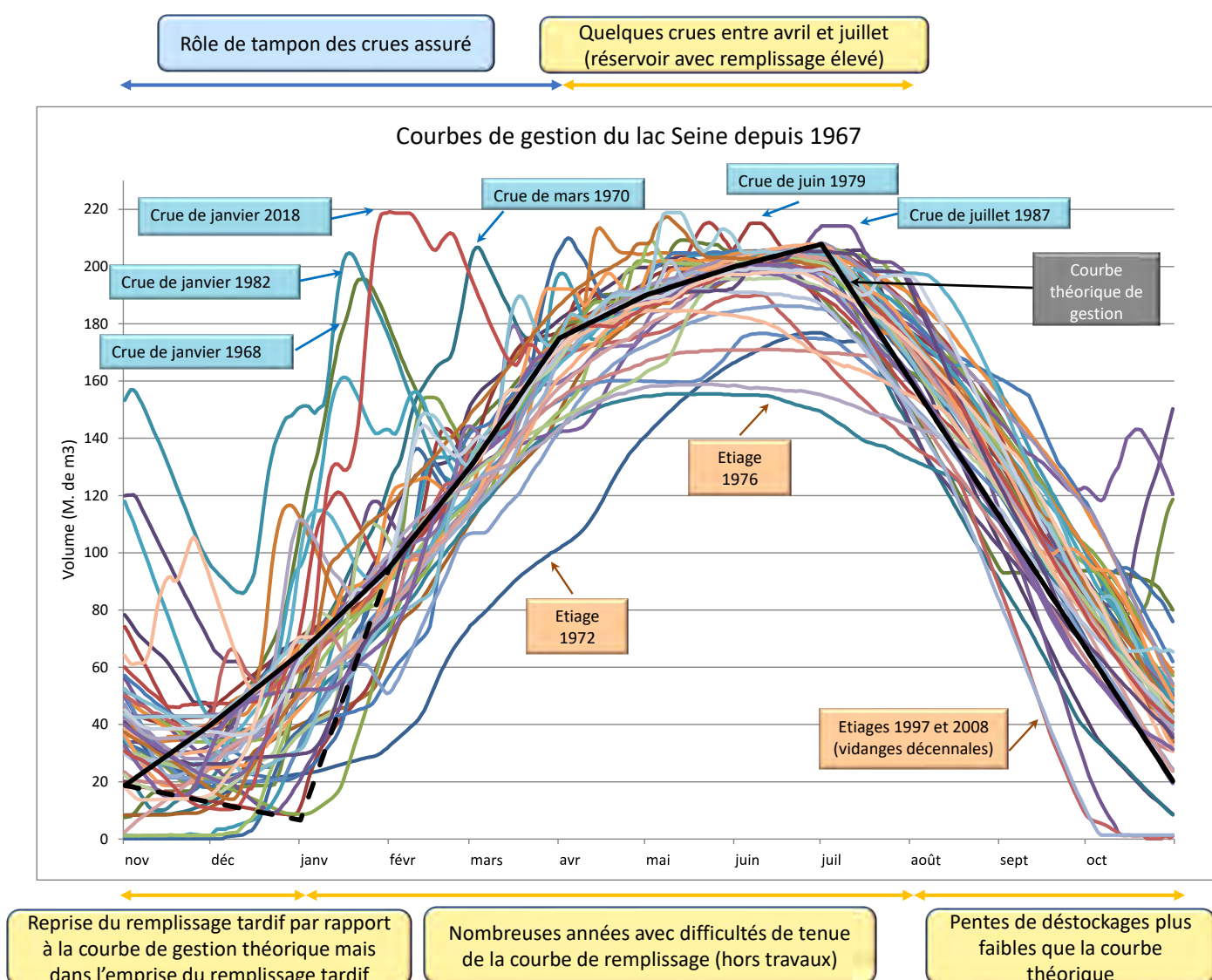


Figure 39 : Analyse descriptive de l'historique de la gestion des courbes du lac-réservoir Seine

Cette même analyse, non plus descriptive mais statistique (cf. **figure 40**) permet de préciser la fréquence d'apparition des événements décrits précédemment :

- la reprise théorique du remplissage début novembre n'est jamais respectée, le démarrage s'effectue le plus souvent entre le 1^{er} et le 15 décembre, dans l'emprise de la courbe de remplissage tardif ;
- la courbe de remplissage théorique correspond globalement au remplissage pour les années médianes, c'est-à-dire que cette dernière est aujourd'hui statistiquement respectée 1 année sur 2 ;
- le remplissage total à fin juillet n'est respecté que pour les années décennales humides à exceptionnellement humides. La statistique historique de remplissage à 90 % (187 hm³) pour 9 années sur 10 (statistique décennale sèche) correspond à la courbe des années quinquennales sèches, c'est-à-dire qu'elle est atteinte 8 années sur 10 ;
- la pente du déstockage théorique part des records humides et traverse la série statistique pour atteindre le quinquennal sec.

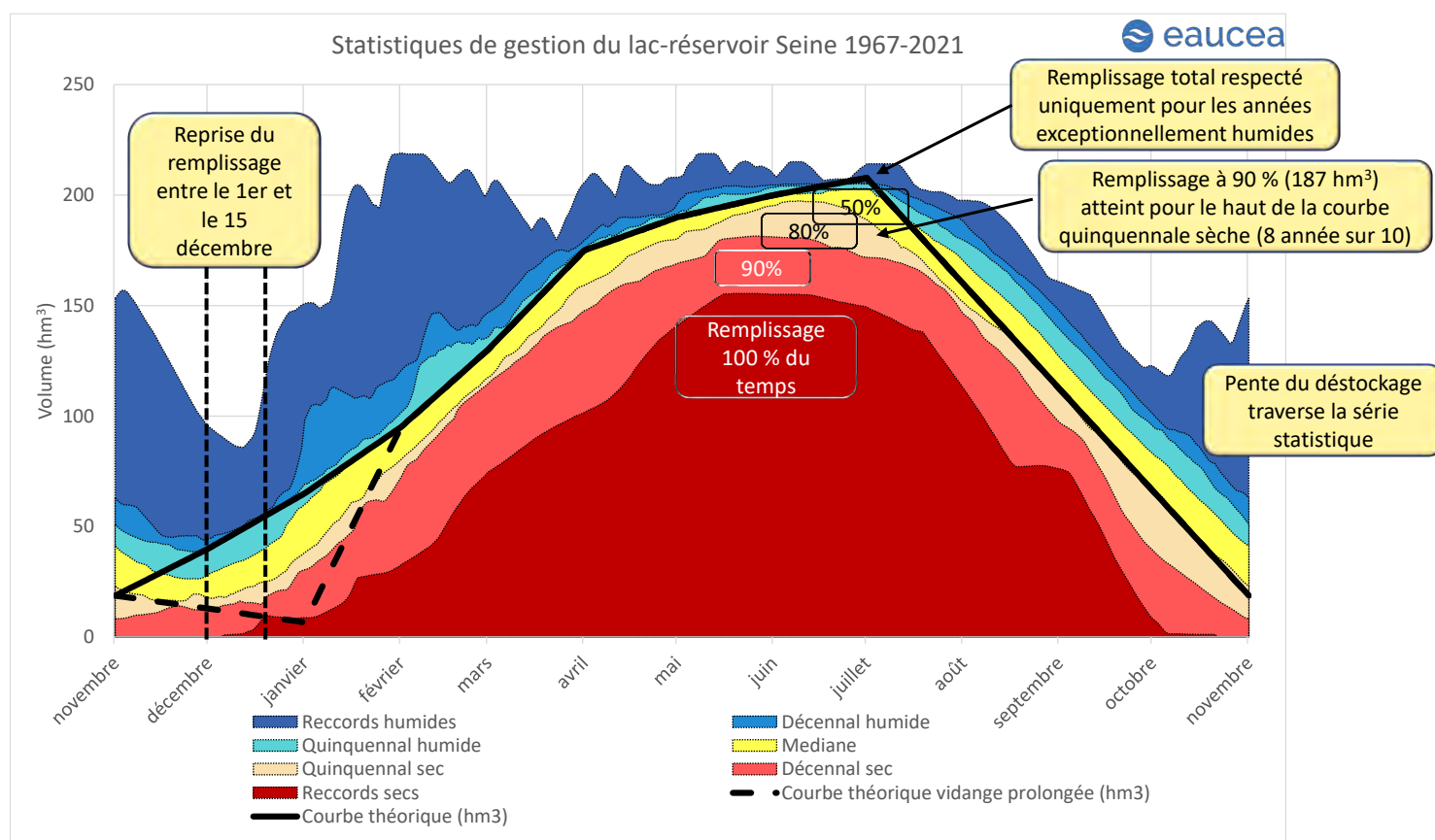


Figure 40 : Analyse statistique de l'historique de la gestion des courbes du lac-réservoir Seine

Cette analyse statistique en faisant apparaître les différentes tranches de gestion (cf. figure 41) montre :

- une tranche de réserve sollicitée entre mi-novembre et mi-décembre pour les années décennales sèches à quinquennales sèches, c'est-à-dire statistiquement 1 à 2 années sur 10. La tranche morte a parfois été vidangée pour des raisons de maintenance ;
- une tranche d'exploitation rarement sollicitée dans sa totalité, excepté pour les années décennales humides (1 année sur 10) et les records humides ;
- une tranche exceptionnelle sollicitée en janvier/février (crue de janvier 2018) et régulièrement d'avril à juillet (notamment pour la crue de juin 1979). **La période d'avril à juillet apparait ainsi historiquement comme la période la plus critique concernant la capacité d'atténuation des crues, le remplissage important du réservoir pouvant potentiellement limiter la capacité de surstockage ponctuel de ce dernier.**

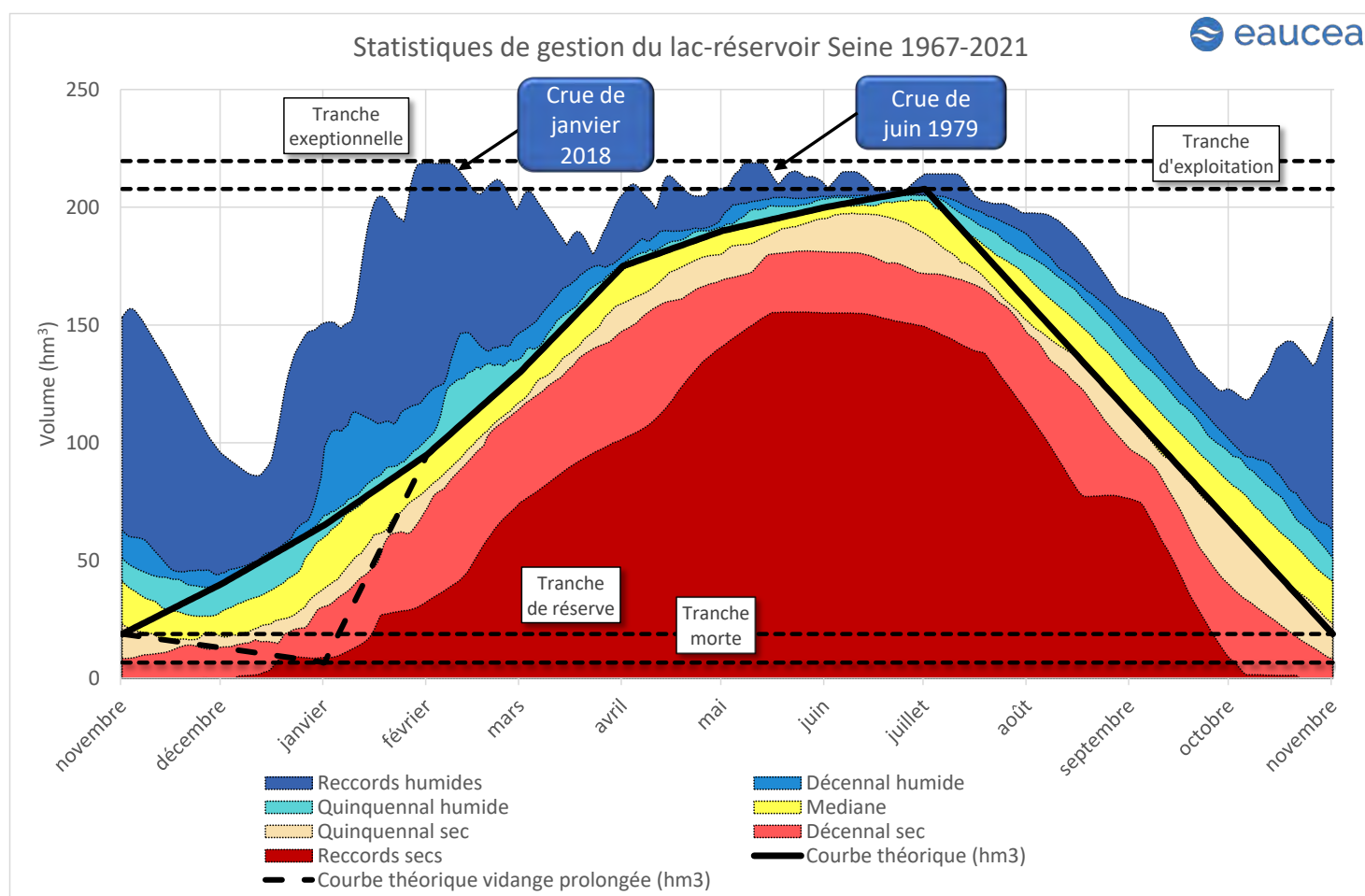


Figure 41 : Analyse statistique de l'historique de la gestion des courbes et des tranches du lac-réservoir Seine

En aval du lac-réservoir Seine, sur la Seine, plusieurs stations sont présentes (cf. **figure 42 et tableau 7**) :

- la Seine à Méry-sur-Seine (après création grands lacs), en amont de la confluence avec l'Aube, mise en service en 1966 ;
- la Seine à Pont-sur-Seine, après la confluence avec l'Aube, mise en service en 1979 ;
- la Seine à Saint-Fargeau-Ponthierry (Sainte-Assise), en aval de la confluence avec l'Yonne, mise en service en 1999 ;
- la Seine à Alfortville, en amont de la confluence avec la Marne, mise en service en 1990 ;
- la Seine à Paris-Austerlitz, en aval de la confluence avec la Marne, mise en service en 1974.

Toutes ces stations disposent de débits de vigilance (DV), de débits d'alerte (DA), de débits d'alerte renforcée (DAR) et de débit de crise (DCR).

Code	Nom de la station	BV (km ²)	Producteur	Mise en service	DV	DA	DAR	DCR
H0810010	La Seine à Méry-sur-Seine [après création grands lacs]	3880	DREAL Champagne-Ardenne	1966	7.3	5	4	3.5
H1700010	La Seine à Pont-sur-Seine	8760	DREAL Champagne-Ardenne	1979	25	20	17	16
H3930020	La Seine à Saint-Fargeau-Ponthierry [Sainte-Assise]	26290	DRIEE IDF	1999	58	43	37	32
H4340020	La Seine à Alfortville	30800	DRIEE IDF	1990	64	48	41	36
H5920010	La Seine à Paris [Austerlitz après création lacs]	43800	DRIEE IDF	1974	81	60	51	45

Tableau 7 : Stations de mesure de la Seine en aval du lac-réservoir Seine disposant de débits d'objectifs

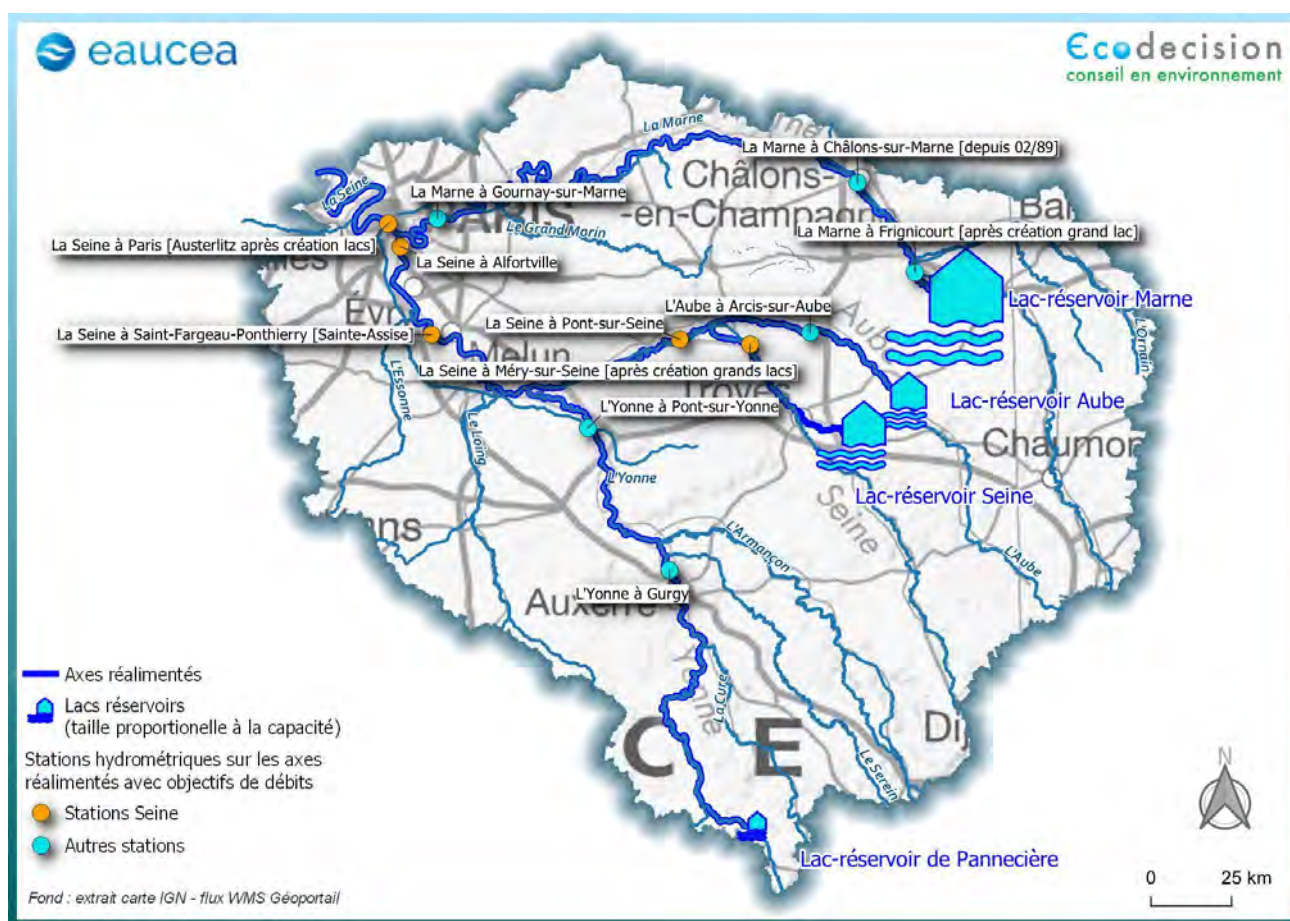


Figure 42 : Localisation des stations hydrométriques sur l'axe Seine réalimenté avec objectifs de débits

L'analyse des VCN10 (minimum annuel des moyennes glissantes sur 10 jours consécutifs du débit moyen journalier, cf. **paragraphe 3.2.1 du rapport de phase 1**) montre que :

- pour la station de Méry-sur-Seine, des VCN10 (cf. **figure 43**) régulièrement sous les débits de vigilance, jusqu'à 1976. A partir de 1977, excepté pour l'année 2003, les VCN10 ne sont jamais descendus sous le débit de vigilance. En 2003 le seuil avait été franchi courant juillet (cf. **figure 44**) au moment du début des déstockages. Les volumes déstockés ensuite avait alors permis l'atteinte de débits très largement supérieurs au débit de vigilance ;

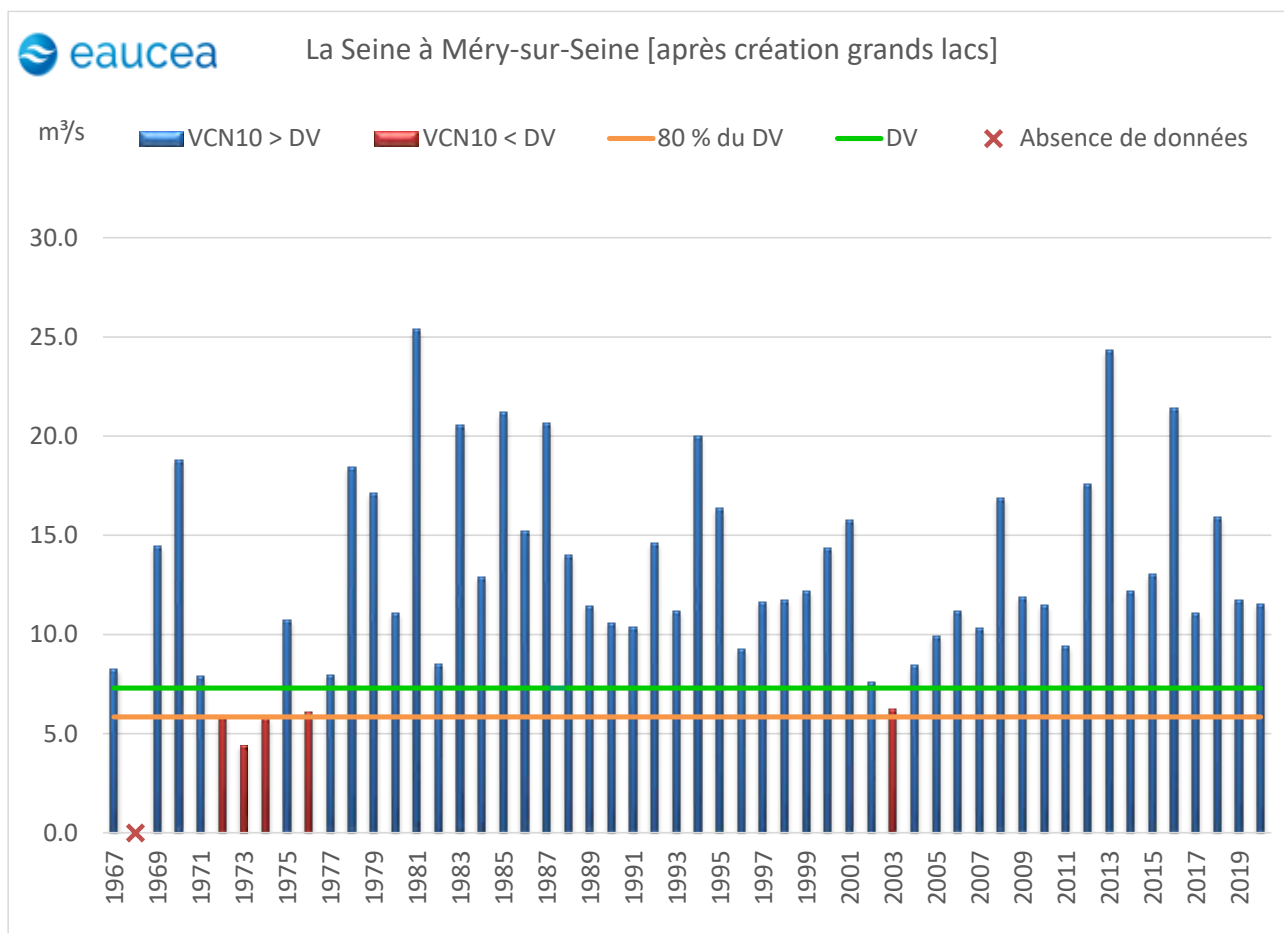


Figure 43 : Analyse des VCN10 comparativement au débit de vigilance à Méry-sur-Seine

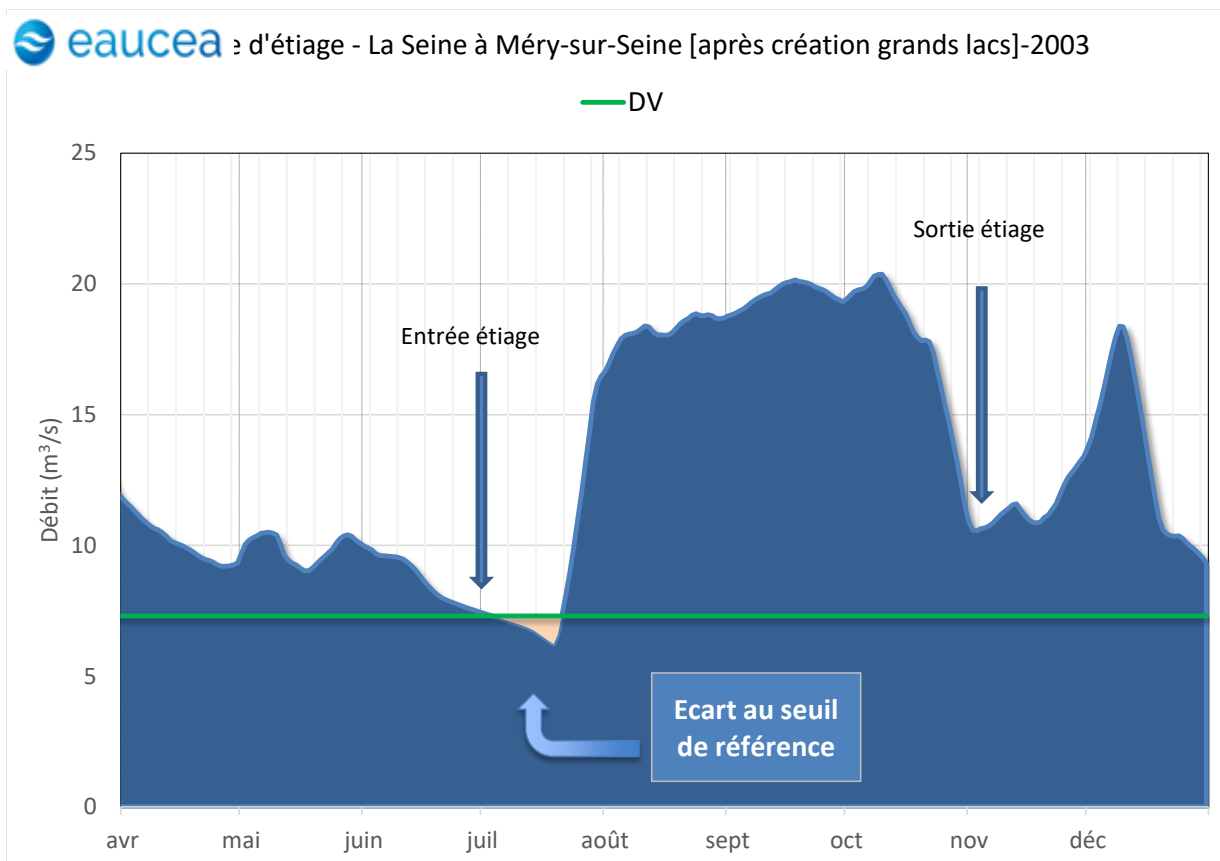


Figure 44 : Analyse du déficit par rapport au seuil de vigilance pour la station de Méry-sur-Seine en 2003

- pour la station de Pont-sur-Seine, des VCN10 (**cf. figure 45**) régulièrement sous les débits de vigilance. L'analyse des périodes de déficit (**cf. figure 46**) montre que ces derniers sont majoritairement présents pour les étiages précoces (juin) et tardifs (novembre et décembre). A noter que la mise en service du réservoir Aube en 1990 semble avoir permis de limiter les franchissements de seuils ;

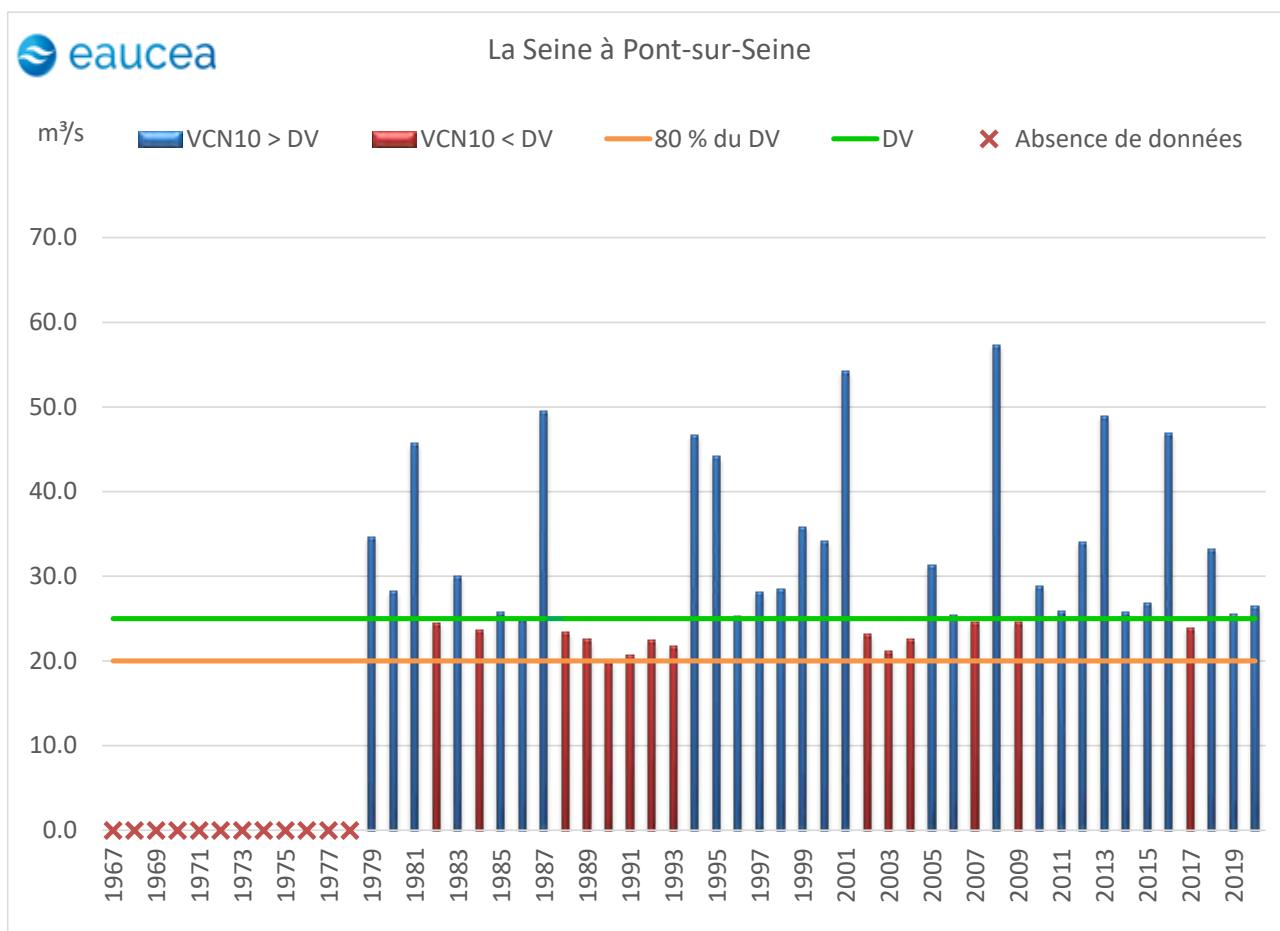


Figure 45 : Analyse des VCN10 comparativement au débit de vigilance à Pont-sur-Seine

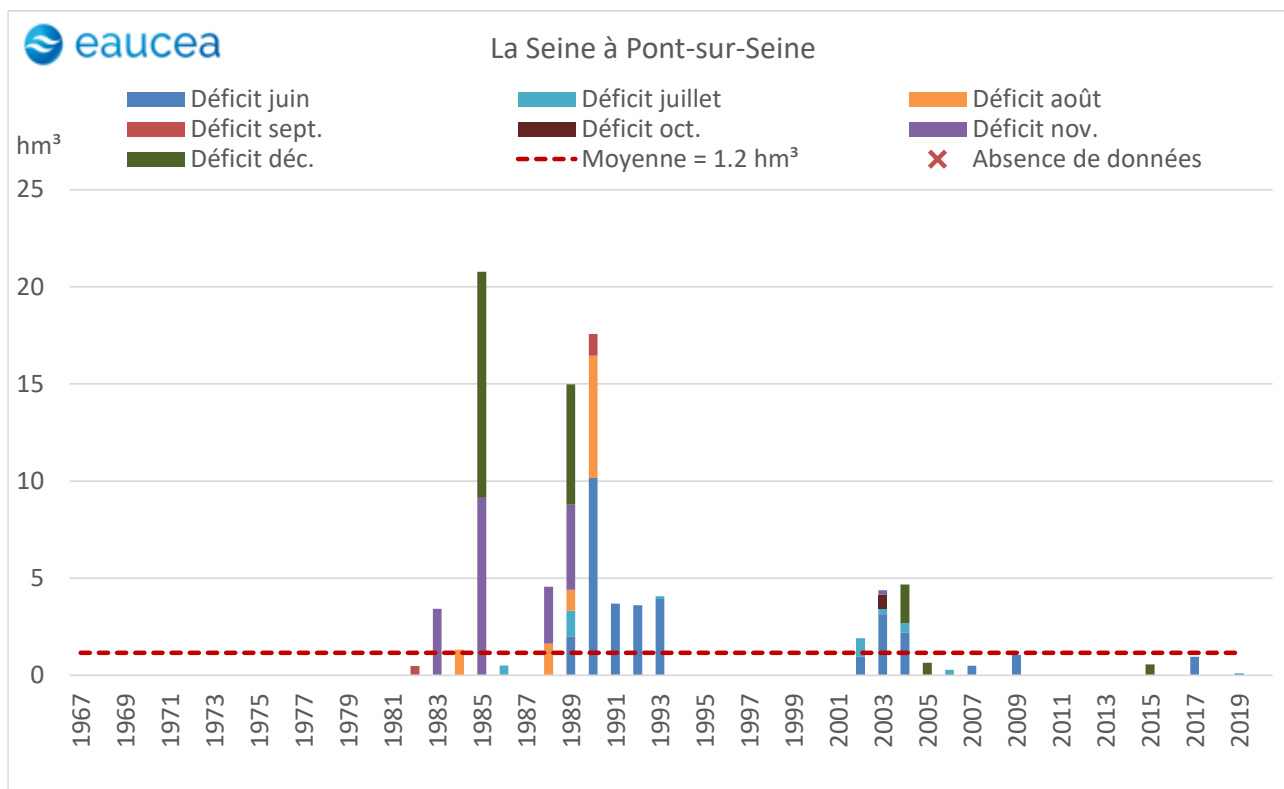


Figure 46 : Analyse des déficits par rapport au débit de vigilance à Pont-sur-Seine

- Les constats sont similaires pour les stations de la Seine à Saint-Fargeau-Ponthierry et à Alfortville et Paris Austerlitz. Des déficits réguliers et importants sont mesurés jusqu'à 1976 (cf. figures 47 et 48). A partir de 1977, L'analyse des périodes de déficit montrent comme pour les stations précédentes, des déficits présents en débuts et en fin de périodes d'étiage.

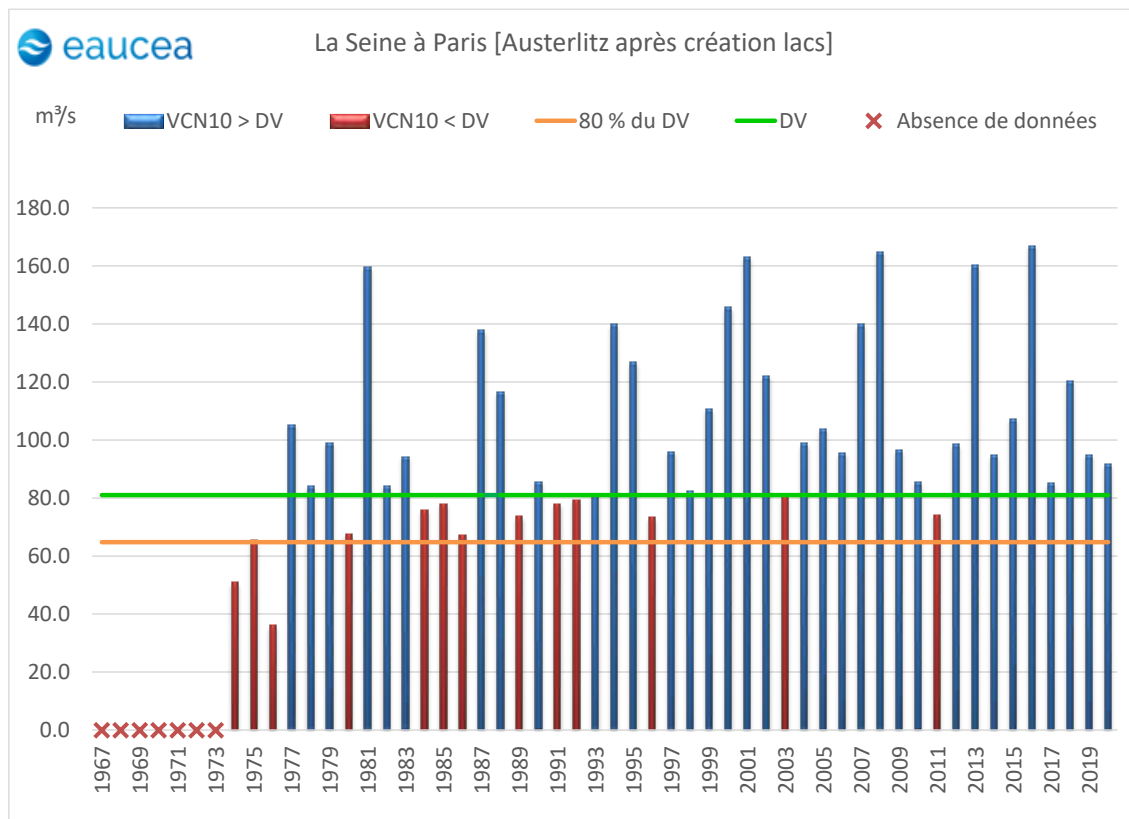


Figure 47 : Analyse des VCN10 comparativement au débit de vigilance à Paris Austerlitz

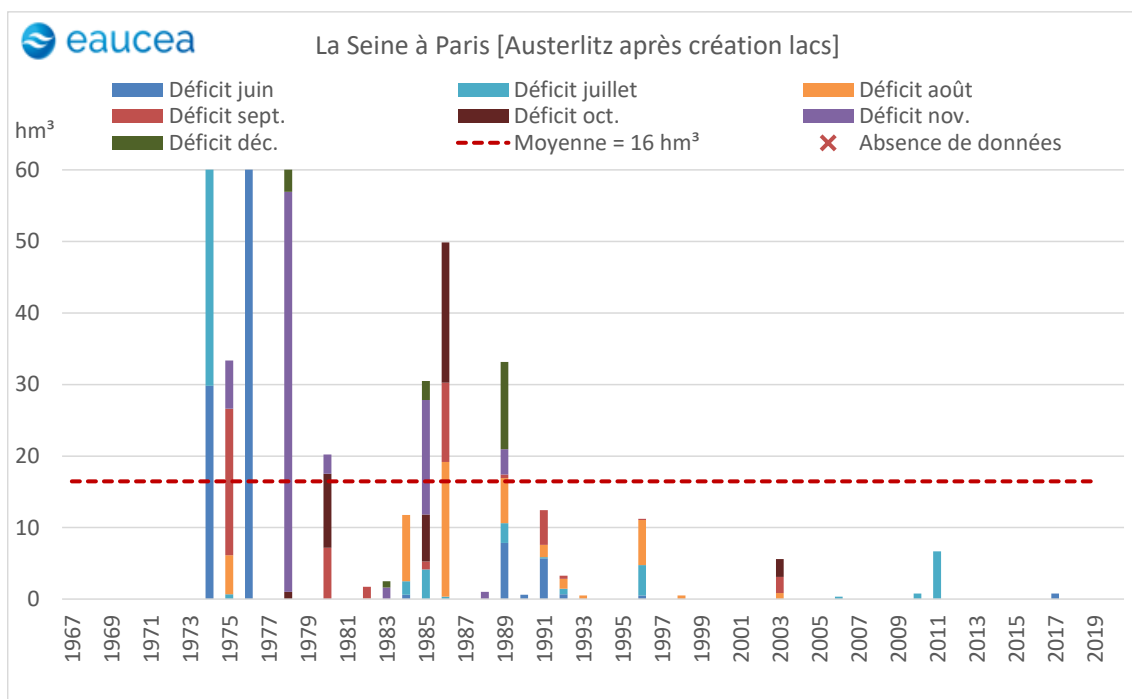


Figure 48 : Analyse des déficits par rapport au débit de vigilance à Paris Austerlitz

En conclusion, pour la période actuelle de gestion du lac-réservoir Seine :

- concernant la courbe de gestion simulée :
 - le soutien d'étiage tardif semble être la « norme avec notamment des difficultés rencontrées pour la reprise du remplissage à partir de la date théorique du 1^{er} novembre,
 - elle n'est tenue pour le remplissage total que pour les années exceptionnellement humides. La statistique historique (à la création des lacs-réservoirs) de remplissage à 90 % pour 9 années sur 10 n'est aujourd'hui pas atteinte et n'est tenue statistiquement que 8 années sur 10,
 - la pente du déstockage n'est jamais tenue, ces dernières étant toujours plus faibles que la courbe théorique ;
 - le remplissage le plus bas historique (hors travaux de vidange correspond à celui de l'année 1976 avec 155 hm³ (71 % du volume du lac-réservoir) ;
- concernant la gestion des tranches volumétriques :
 - la tranche de réserve est sollicitée 1 à 2 années sur 10. La tranche morte a parfois été abaissée pour des raisons de maintenance,
 - la tranche d'exploitation est rarement sollicitée dans sa totalité, excepté pour les années décennales humides (1 année sur 10) et les records humides,
 - la tranche exceptionnelle n'a été sollicitée qu'une seule fois en hiver pour la crue de janvier/février 2018 et régulièrement d'avril à juillet (notamment pour la crue d'avril 1983), période pour laquelle le réservoir est déjà en partie rempli, entraînant une fragilité dans la stratégie de protection contre les crues ;
- concernant la tenue des objectifs sur l'axe Seine réalimenté :
 - les débits mesurés présentent des périodes plus ou moins longues, et variables selon les stations, sous le débit de vigilance ;
 - de façon générale, la génération de ces périodes de déficit correspond, non à un manque volumétrique, mais à une résultante de la répartition du volume d'eau disponible en période de début et de fin d'étiage.

Il apparaît donc que la courbe de gestion simulée nécessite des adaptations substantielles, que ce soit dans l'objectif de protection contre les crues ou de tenue des débits d'étiage. Des propositions d'adaptations seront développées dans la phase 4 de cette étude.

1.2 Les objectifs à l'aval des lacs-réservoirs

1.2.1 Les objectifs quantitatifs

L'arrêté définissant les objectifs de débits à l'aval des lacs-réservoirs¹ est l'« arrêté n°201503-0014 préconisant des mesures coordonnées de gestion de l'eau sur le réseau hydrographique du bassin Seine-Normandie en période de sécheresse et définissant des seuils sur certaines rivières du bassin entraînant des mesures coordonnées de limitation provisoire des usages de l'eau et de surveillance sur ces rivières et leur nappe d'accompagnement ». Il est présenté en **annexe 2**.

Cet arrêté définit les mesures coordonnées de gestion du système hydrographique du bassin Seine-Normandie. Il précise notamment les seuils de débit utilisés pour le déclenchement des mesures de gestion de l'eau. Ces seuils sont aujourd'hui définis de la manière suivante :

- **le seuil de vigilance** (optionnel) correspond au VCN3 sec annuel de période de retour 2 ans ;
- **le seuil d'alerte** correspond au VCN3 sec annuel de période de retour 5 ans ;
- **le seuil d'alerte renforcée** correspond au VCN3 sec annuel de période de retour 10 ans ;
- **le seuil de crise** correspond au VCN3 sec annuel de période de retour 20 ans. Cependant, pour tenir compte des pratiques régionales antérieures, qui ont notamment pu se fonder sur la référence du 1/10^{ème} du module ou du QMNA5 (pour les cours d'eau en tête de bassin) comme débit minimum biologique de référence, il peut être envisagé de fixer la valeur du seuil de crise égale à la valeur de débit minimum biologique de référence si elle est supérieure à la valeur du VCN3-20ans. De même, si la chronique non-biaisée (brute ou reconstituée) ne permet pas de calculer raisonnablement une valeur de VCN3-20 ans, il est possible de retenir le débit minimum historique de cette station comme seuil de crise. Enfin si les impératifs de fonctionnement des usines de production d'eau potable et autres équipements hautement stratégiques (centrales nucléaires, etc.) sont connus, ils peuvent conduire à la fixation d'une valeur de seuil de crise plus forte que le VCN3-20 ans. Pour toutes ces raisons, le seuil de crise doit être déterminé avant les autres et servir de base pour la détermination des seuils supérieurs.

Ces seuils reposent ainsi sur des VCN3 (débit moyen minimum sur 3 jours consécutifs) à partir des chroniques de débits observés sur certaines stations hydrométriques d'intérêt (pour lesquels ces seuils sont fixés). La période de référence s'arrête d'une manière générale à l'année 2006 incluse.

Les principales stations hydrométriques du bassin, qui sont prises comme référence dans les chapitres qui suivent, font toutes parties du « groupe 1 ». Pour ce groupe, lorsque les seuils définis par le plan régional d'approvisionnement en eau potable (PRAEP) et ses éventuelles déclinaisons départementales, sont plus restrictives que ceux obtenus par la méthode décrite précédemment, ce sont les seuils fixés par la méthode décrite par le PRAEP, qui sont retenus.

¹ Les révisions récentes des arrêtés cadre n'ont pas modifiées les valeurs seuils.

Très concrètement l'ordre de priorité pour l'établissement de ces seuils (en fonction de la disponibilité de la donnée) est le suivant :

1. Les seuils de crise reposent sur le fonctionnement des usines de production d'eau potable (PRAEP) ou autres équipements stratégiques comme les centrales nucléaires, sur les valeurs historiques de débits biologiques de référence (calculés sur des chroniques historiques de débits), ou à défaut sur les VCN3-20ans ou le débit minimum historique de cette station en cas de chronique de débit insuffisante ;
2. Les autres seuils, supérieurs au seuil de crise reposent sur des VCN3 calculés sur les chroniques mesurées des stations.

Ainsi d'un point de vue quantitatif, l'établissement de ces seuils permet une uniformisation de la méthode sur l'ensemble du bassin. **Elle reste cependant fortement dépendante des chroniques des débits mesurés aux stations (et donc sous influence de la gestion des lacs-réservoirs).** Il est important de garder cette notion à l'esprit pour la lecture des chapitres suivants sur l'analyse des règles de gestion des lacs-réservoirs, et notamment lors des comparaisons par rapport à ces seuils de gestion.

De plus la moyenne sur 3 jours peut induire certains biais, lors de manœuvres ponctuelles d'ouvrages hydrauliques par exemple. Les autres bassins français utilisent plus classiquement le VCN10 (débit moyen minimum sur 10 jours consécutifs) pour limiter les artefacts potentiels.

En France, selon les contextes de définition de ces débits, les débits minimums biologiques (DMB), quand ces derniers existent, peuvent être associés à la définition de seuils de crise ou d'autres objectifs quantitatifs tels que des débits d'objectif d'étiage (DOE), situés entre le débit de vigilance (DV) et le débit d'alerte (DA).

L'amélioration des connaissances et l'ajustement des débits de gestion correspond à la disposition 4.4.4 du projet de SDAGE 2022-2027 du bassin de la Seine.

1.2.2 Les objectifs qualitatifs

Comme évoqué au paragraphe précédent, les objectifs de gestion à l'aval des lacs-réservoirs sont principalement basés sur des objectifs de débits, déterminés à partir de valeurs seuils issues des chroniques historiques des stations.

Certains débits de crise peuvent prendre en compte (notamment pour les têtes de bassin) des débits minimums biologiques historiques, basés eux aussi sur des historiques de débits (1/10 du module ou QMNA5), mais **en dehors de ces approches « génériques », aucun objectif de qualité ou d'enjeu biologique n'est pris en compte pour l'élaboration des débits seuils des stations à l'aval des lacs-réservoirs. Ainsi, en l'absence de seuils de gestion définis sur des objectifs biologiques et de qualité il n'est pas possible d'apprécier la pertinence des règles actuelles de gestion par rapport à ces enjeux. Ces aspects restent aujourd'hui à approfondir.**

A noter que l'analyse des données du réseau qualité présentée dans le **rapport de phase 1 (paragraphe 4)** montre, pour les principaux paramètres un bon état des masses d'eau superficielles à l'aval des lacs-réservoirs et globalement sur le périmètre de l'EPTB Seine Grands Lacs.

Les données analysées montrent :

- pour la température de l'eau, un lien très fort avec la température atmosphérique. Le rôle du débit semble être minoritaire ;
- pour l'oxygène dissous, un lien très fort avec la température de l'eau et les apports en matières organiques, azotés et phosphorés. Les débits peuvent avoir un rôle de dilution important. Les principaux problèmes sont cependant rencontrés en aval du périmètre de l'EPTB Seine Grands-lacs et des rejets de l'agglomération parisienne, au niveau de la ville de Rouen. **Des calculs sur les effets d'une augmentation des débits sur l'oxygène dissous en aval du périmètre de l'EPTB, au niveau de Rouen et plus en aval au niveau de l'Estuaire (impacts potentiels sur le bouchon vaseux) pourraient présenter une piste intéressante pour élargir la gestion à un périmètre plus vaste que celui de l'EPTB et intéresser les acteurs de l'eau sur la partie aval du bassin de la Seine à la gestion des lacs-réservoirs ;**
- les teneurs en matières azotées semblent principalement liées aux apports des bassins versants (lessivages des sols agricoles) en période hivernale. Le rôle du débit semble être minoritaire ;
- les teneurs en matières phosphorées sont faibles et constantes sur les axes principaux du périmètre de l'EPTB et en lien avec les rejets des stations de traitement et de l'altération des roches présentes. Les débits peuvent jouer un rôle de dilution important dont les impacts potentiels restent cependant fortement limités par les faibles concentrations mesurées.

1.3 Analyse des règles actuelles de gestion des lacs-réservoirs pour des étiages sévères passés

1.3.1 Les étiages sévères passés retenus

Plusieurs étiages historiques ont été sélectionnés sur la base des données de débits naturalisés du modèle AQUI-FR et après analyse de différents indicateurs (cf. **paragraphe 3.2 du rapport de phase 1**). Les étiages retenus correspondent à ceux de (cf. **figure 49**) :

- **1921** : étiage précoc, intense, long et tardif ;
- **1949** : étiage précoc, intense et long ;
- **1976** : étiage précoc, court et intense ;
- **1991** : étiage intense, court et récent.

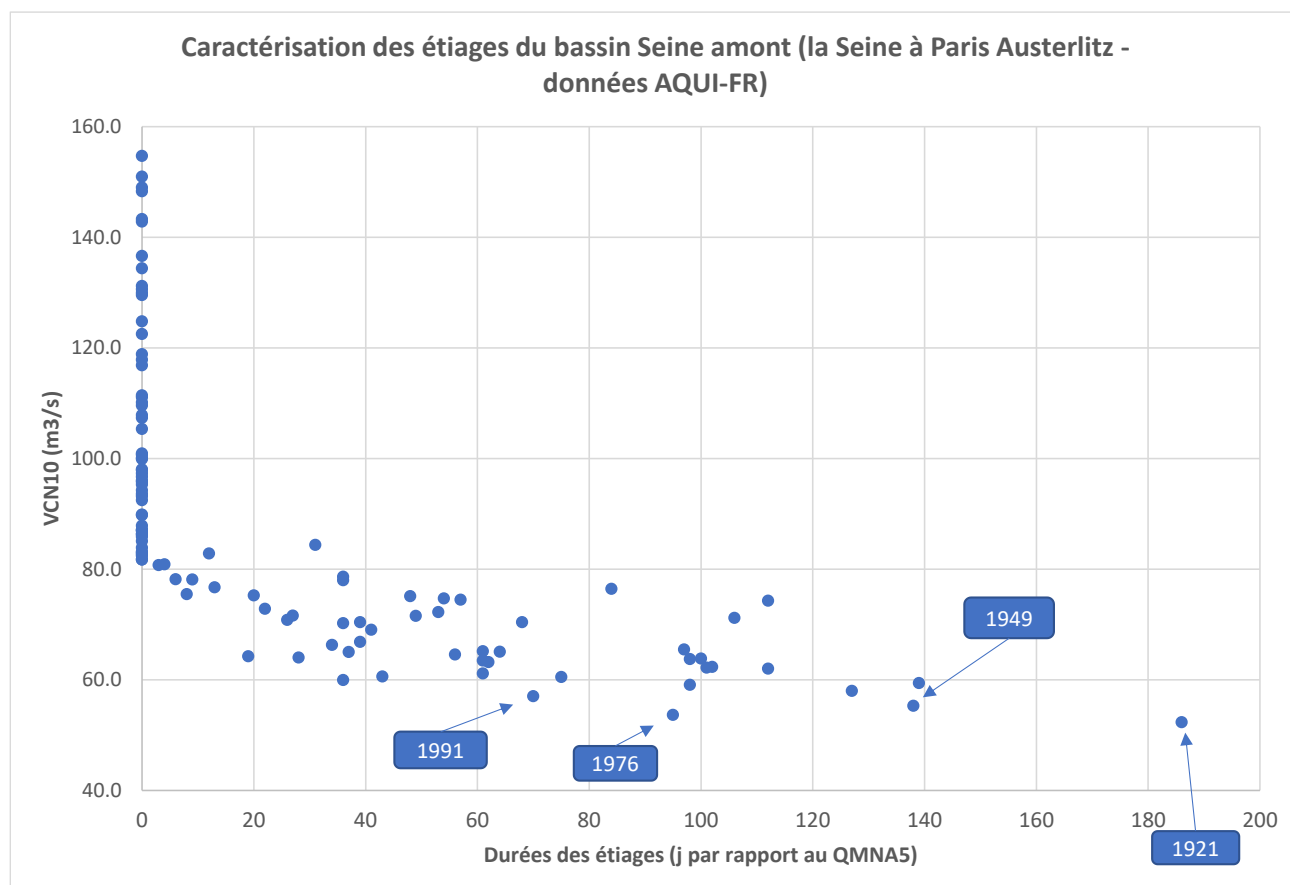


Figure 49 : Distribution des étiages à Paris Austerlitz (données AQUI-FR) (extrait du rapport de phase 1)

La synthèse des indicateurs précédemment rappelés pour ces 4 étiages est présentée dans le **tableau 8** ci-dessous

Etiage	QMNA (m ³ /s)	VCN10 (m ³ /s)	Déficit / QMNA5 (hm ³)	Durée de l'étiage (jours)	Période retour [intervalle de confiance] (années)
1921	57.0	52.3	128.4	186.0	28 [20;46]
1949	59.4	55.3	174.9	138.0	23 [17;36]
1976	56.4	53.7	136.0	95.0	18 [14;27]
1991	65.0	57.1	81.2	70.0	15 [11;21]

Tableau 8 : Synthèse des indicateurs d'étiages à Paris Austerlitz (données AQUI-FR – extrait du rapport de phase 1)

La fréquence de retour est calculée sur le VCN10 qui mesure l'intensité de l'étiage, sachant que les valeurs mensuelles du QMNA apportent une information complémentaire fréquemment utilisée ; la durée de l'étiage a été évaluée par convention en regard du franchissement durable du QMNA5. 1921 et 1949 sont les deux étiages les plus longs de la chronique.

1.3.2 Le modèle PGE, « Plan de Gestion des Etiages »

Sur la base des données de débits naturalisés de ces étiages sévères, les impacts des usages actuels ont été déterminés à partir de l'application d'un modèle PGE (Plan de Gestion des Etiages) présenté au **paragraphe 5 du rapport de phase 1**. Les données des usages utilisées en entrée du modèle sont présentées dans le **rapport de phase 2**.

Les paragraphes suivants s'intéressent à l'analyse des règles actuelles de gestion des lacs-réservoirs pour les étiages passés, impactés des usages actuels.

1.3.3 Analyse des règles actuelles de gestion des lacs-réservoirs pour des étiages sévères passés

1.3.3.1 Règles de gestion utilisées

Les graphiques des paragraphes suivants illustrent l'application des courbes de gestion simulées, pour les 4 lacs-réservoirs et pour les 4 années d'étiages sévères passés retenus. Cette analyse est basée sur les hypothèses de gestion suivantes issues de l'application des règlements d'eau des différents lacs-réservoirs et d'une concertation avec les services de l'EPTB Seine Grands Lacs :

1. démarrage du remplissage au 1^{er} novembre sur la base d'un stock équivalent à la tranche de réserve. Si nécessaire, application pour l'année N-1 de la courbe de vidange tardive ;
2. remplissage des réservoirs calculés sur les débits des stations amont les plus proches disponibles (données AQUI-FR après impact des usages) ;
3. respect des débits réservés en aval des lacs-réservoirs (variables selon les saisons) une fois les prélèvements réalisés ;
4. les débits sont prélevés dans la limite des capacités des canaux d'amenée et en respectant les débits réservés à l'aval et les débits d'écêtement. Le débit nécessaire est prélevé pour permettre de suivre la courbe de gestion, ou de la rattraper si le volume est en-deçà des objectifs ;
5. à partir du 1^{er} juin, les débits de prise peuvent être diminués, voire arrêtés, et les restitutions anticipées, si le seuil de vigilance aux stations « étiage », stations suivies par la DRIEAT et situées à l'aval, sont franchis. A noter que des franchissements ponctuels peuvent cependant avoir lieu, liés aux temps de transit entre les stations amont prises en compte (et les lacs-réservoirs associés) et les stations « étiages ». Les trois stations nécessitant une vigilance particulière sont :
 - a. la station de Gournay-sur-Marne comme indicateur pour le soutien d'étiage précoce/tardif sur le lac-réservoir Marne,
 - b. la station de Pont-sur-Seine comme indicateur pour le soutien d'étiage précoce/tardif sur les lacs-réservoirs Aube et Seine,
 - c. la station de Gurgy comme indicateur pour le soutien d'étiage précoce/tardif sur le lac-réservoir de Pannecière,

A noter que cette règle correspond à une application « opérationnelle » par les services de l'EPTB Seine et constitue une déclinaison de ce qui figure dans les règlements d'eau des lacs-réservoirs (exemple sur le lac-réservoir Seine : « le remplissage se poursuivra en principe jusqu'au 30 juin sauf en cas d'étiage précoce conduisant à anticiper le début de la vidange »).

6. au démarrage du soutien d'étiage, il est considéré qu'une vidange linéaire de la tranche d'exploitation s'effectue pour atteindre le haut de la tranche de réserve au 1^{er} novembre ;
7. en cas d'étiage tardif, la tranche de réserve est vidangée tout ou partie après le 1^{er} novembre et jusqu'à fin décembre si la situation hydrologique l'exige ;
8. lorsque la tranche de réserve est consommée (atteinte du haut de la tranche morte), le déstockage est arrêté jusqu'à reprise d'un remplissage potentiel.

A noter qu'il s'agit d'un travail descriptif, permettant une analyse de ce qu'aurait été l'application théorique et mathématique des règles de gestion énoncées précédemment. Il s'agit donc de la gestion « théorique » à différencier de la gestion « tactique » réalisée au jour le jour par le personnel de l'EPTB Seine Grands Lacs et des différents comités de gestion. **Le taux de remplissage atteint peut ainsi être obtenu aux dépends de franchissements ponctuels des seuils réglementaires sur la période de remplissage des ouvrages.**

Aucune règle concernant la gestion des crues n'est non plus prise en compte pour ces calculs. L'application de ces règles, qui n'aurait d'ailleurs pas grand intérêt sur les années d'étiages sévères retenus, nécessite de nombreux ajouts techniques, hors champs de cette étude sur « l'incidence socio-économique et environnementale des étiages sévères sur le bassin amont de la Seine ». **Ce travail sera cependant potentiellement intéressant, voire nécessaire, à réaliser par la suite et notamment pour apporter des éléments de réflexion sur les stratégies d'adaptation des courbes de gestion.** Cela impliquerait cependant le choix de nouvelles années de référence, l'ajout de nouvelles règles de gestion aux courbes théoriques calculées, ainsi qu'une évaluation détaillée des enjeux socio-économiques sur ces aspects.

1.3.3.2 Stations de référence utilisées

Trois stations disposant de reconstitutions de débits naturels via le modèle AQUI-FR sont présentes en amont des restitutions des lacs-réservoirs Marne, Seine et Aube. Il s'agit (cf. figure 50) :

- pour la Marne, de la station de Saint-Dizier (H5071010) ;
- pour la Seine, de la station de Courtenot (H0400020) ;
- pour l'Aube, de la station de Blaincourt-sur-Aube (H1231010).

Aucune station n'est présente en amont du réservoir de Pannecière. Ainsi une approximation a été réalisée en utilisant les données de la station de Clamecy (H2051021), la plus proche située à l'aval du lac-réservoir abaissée d'un coefficient de 2,3 fois issu d'une comparaison entre la reconstitution EPTB de la station de Montigny-en-Morvan (H2021010) et de la chronique de Clamecy issue de la reconstitution AQUI-FR.

Plusieurs stations sont présentes à l'aval des lacs-réservoirs qui présentent à la fois des débits seuils de gestion et une reconstitution de débits naturels via le modèle AQUI-FR. Il s'agit (cf. figure 50) :

- pour la Marne de la station de Gournay-sur-Marne (H5841025). Au vu des données de la reconstitution AQUI-FR disponibles, aucune station ne permet la reconstitution des débits au niveau de la station de Châlons-en-Champagne ;
- pour la Seine des stations de :
 - Pont-sur-Seine (H1700010) ;
 - Saint-Fargeau-Ponthierry (H3930020) ;
 - Alfortville (H4340020) ;
 - Paris-Austerlitz (H5920010) ;
 - Aucune station n'est présente en amont de la confluence avec l'Aube. Afin de pouvoir porter une analyse sur la partie amont de la Seine, une reconstitution des débits au niveau de la station de Méry-sur-Seine (H0810010) a été réalisée sur la base des débits de la Seine à Pont-sur-Seine (H1700010) auxquels ont été retranchés les débits

de l'Aube à Arcis-sur-Aube (H1501010) ;Attention car cette approche par différence donne les bons ordres de grandeurs mais peut être à l'origine d'incertitudes spécifiques sur certains résultats (stade scénarios).

- pour l'Aube, de la station d'Arcis-sur-Aube (H1501010) ;
- pour l'Yonne, aucune station ne répond à ces deux critères. Afin de pouvoir porter une analyse sur ce cours d'eau, deux reconstitutions ont été réalisées :
 - au niveau de la station de Gurgy (H2221010) a été réalisée sur la base de la somme des débits des stations de l'Yonne à Prégilbert (H2081020) et de la Cure à Arcy-sur-Cure (H2182010) ;
 - au niveau de la station de Pont-sur-Yonne (H2701030) a été réalisée sur la base de la somme des débits des stations de l'Yonne à Joigny (H2501040) et de la Vanne à Pont-sur-Vanne (H2622010).

A noter des incertitudes importantes sur les stations de reconstitution (Méry-sur-Seine et axe Yonne), notamment du fait des temps de transit difficilement appréciables à partir d'opérations entre stations amont et/ou aval soumises elles-mêmes à des temps de transfert depuis les lacs-réservoirs.

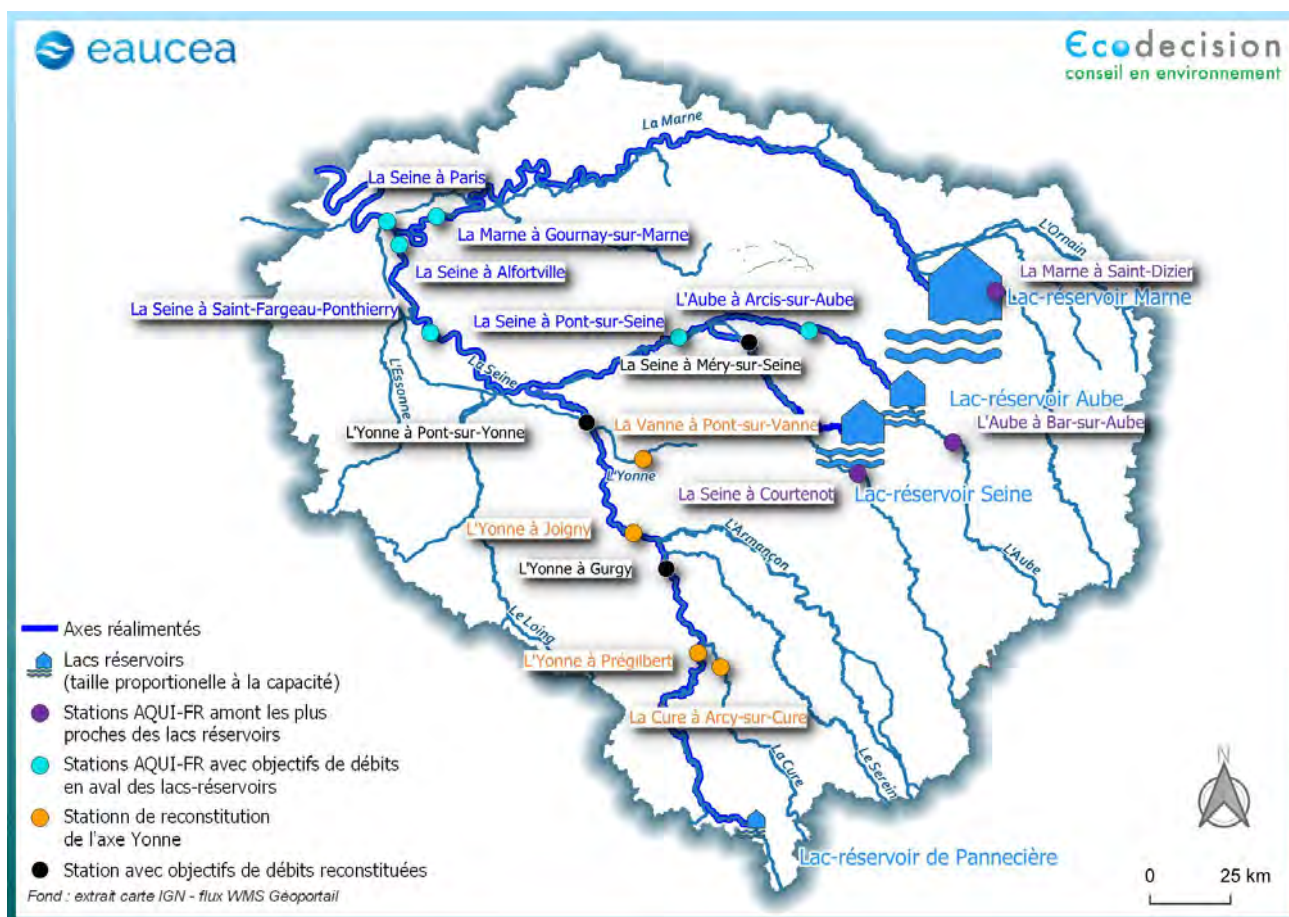


Figure 50 : Stations AQUI-FR en amont des lacs-réservoirs, disposant de débits d'objectifs ou utilisées pour une reconstitution de débits

1.3.3.3 L'étiage de 1921

L'analyse des courbes de gestion simulée calculées pour l'année 1921 montre (**cf. figure 51**) :

- des débits très faibles à quasi-nuls, fin 1920 des stations amont des lacs-réservoirs Marne, Seine, Aube et Yonne, nécessitant l'application de la courbe de vidange tardive. Ces faibles débits se prolongent au cours de l'année 1921 limitant très fortement les possibilités de remplissages de ces lacs-réservoirs ;
- les très faibles remplissages des lacs-réservoirs limitent très fortement les capacités de déstockages en période d'étiage ;
- la fin d'année présente aussi de très faibles débits pour les stations amont limitant fortement le remplissage du début d'année 1922 et nécessitant l'application de la courbe de déstockage tardif.

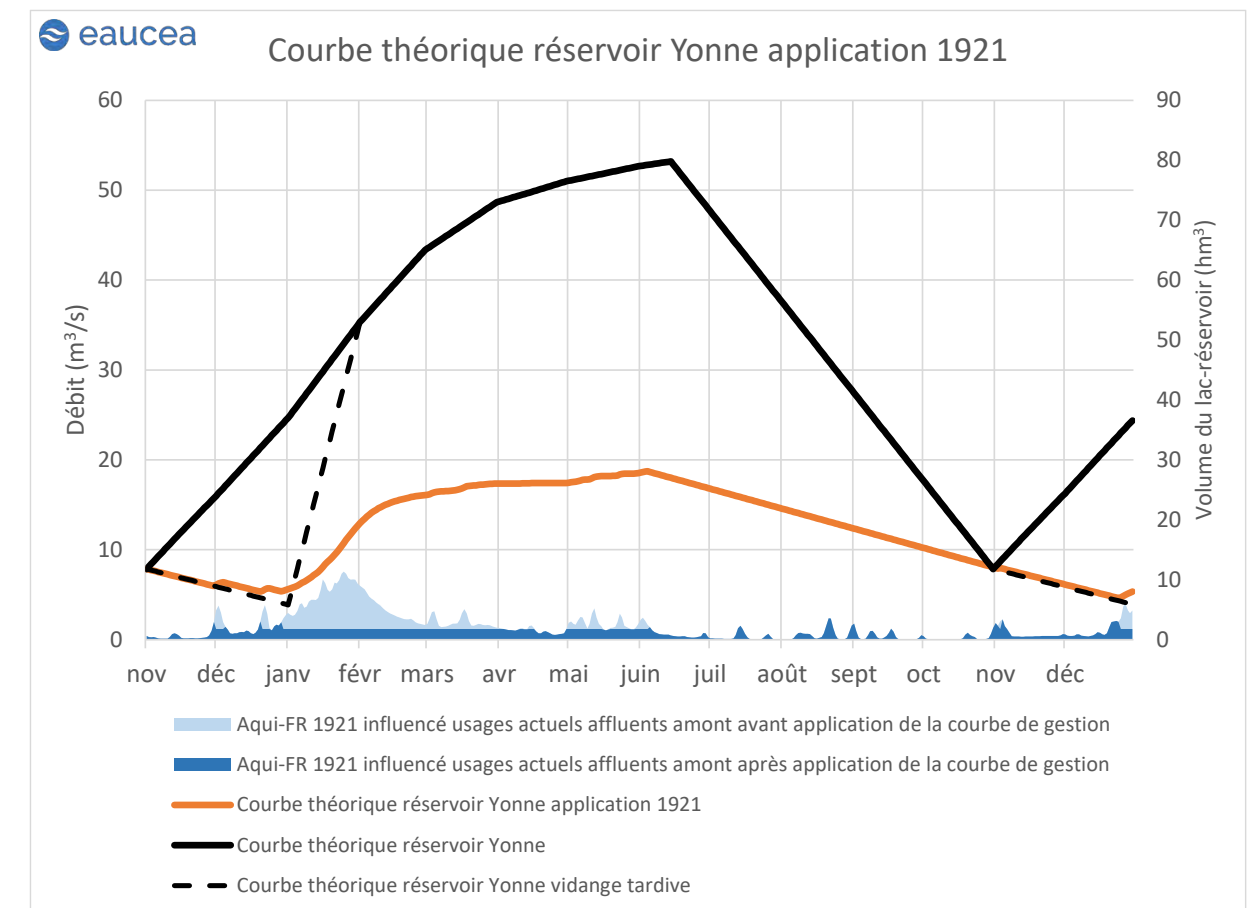
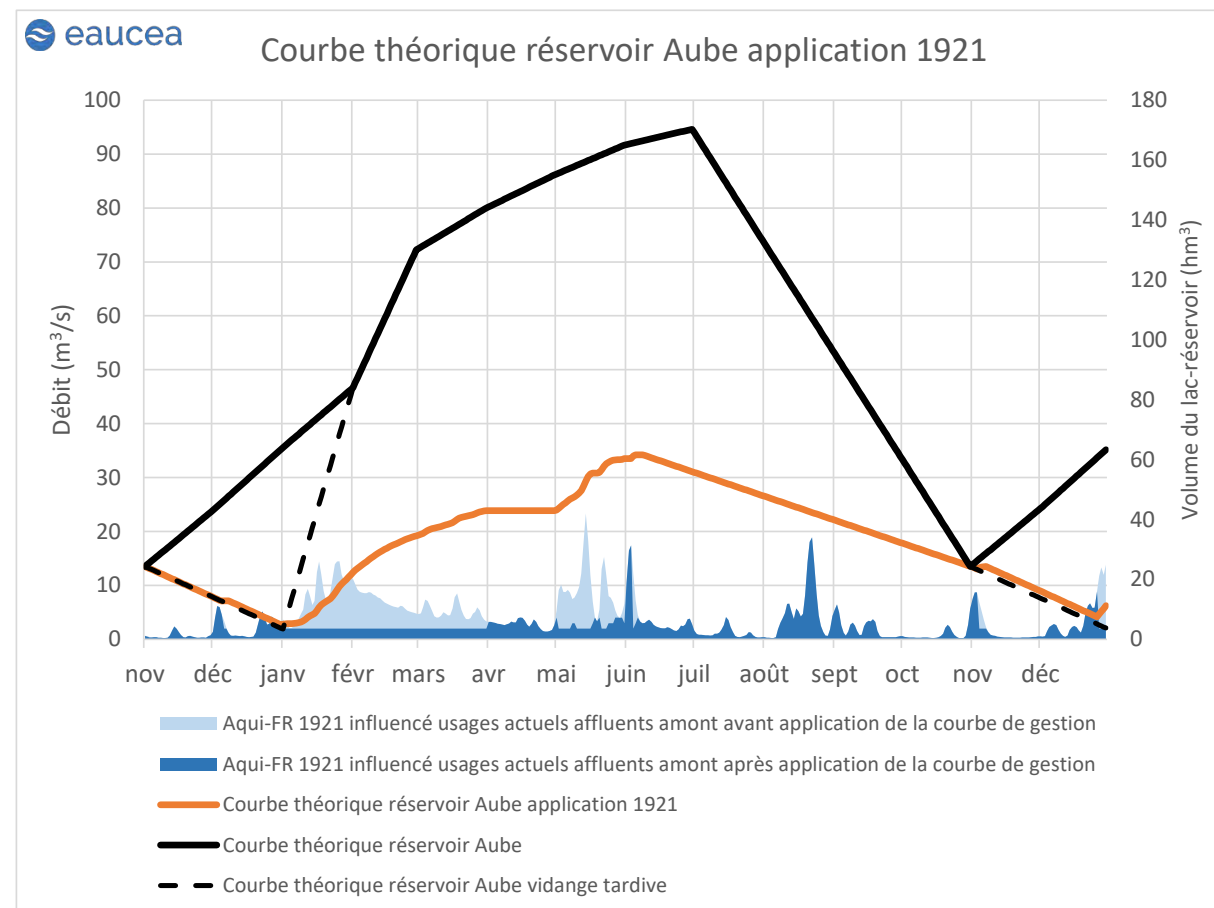
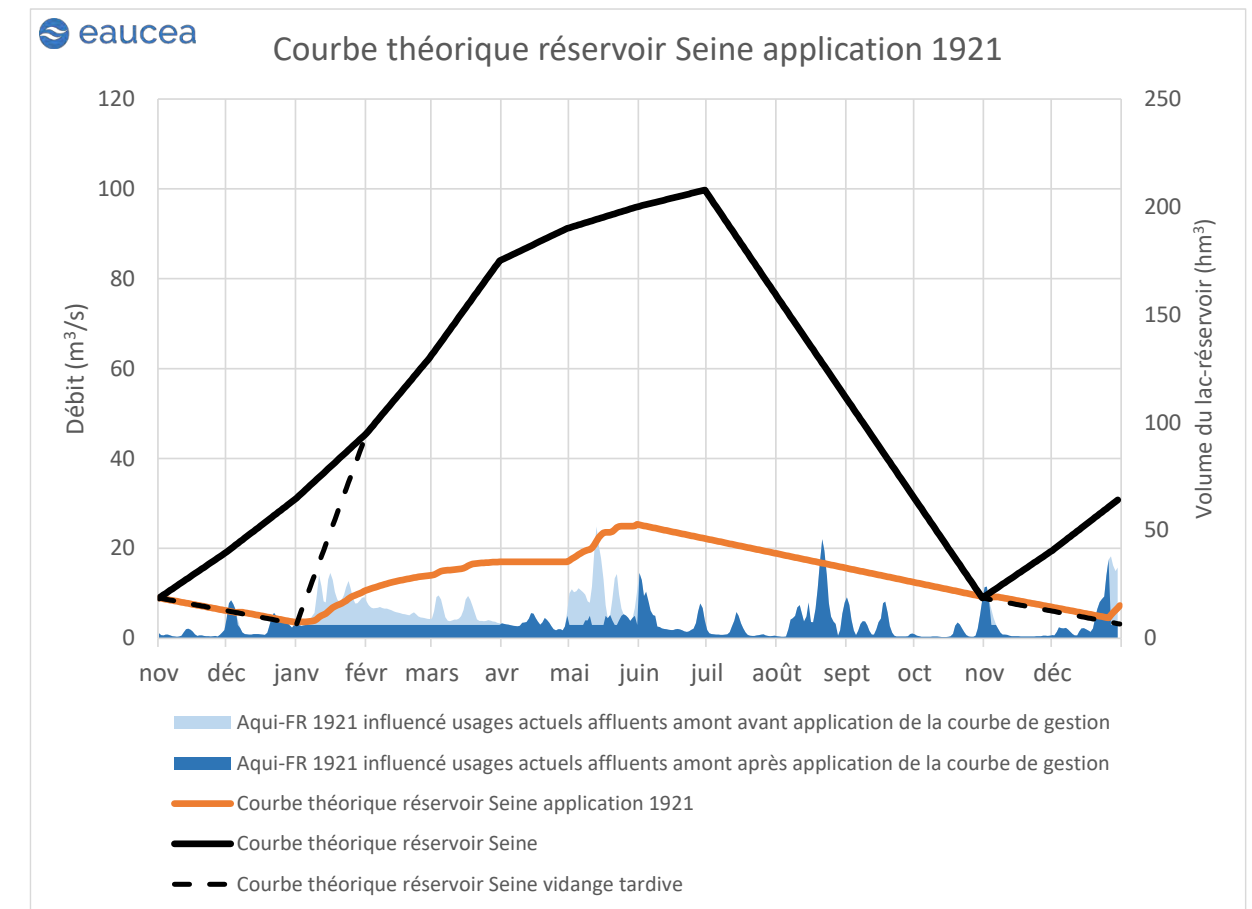
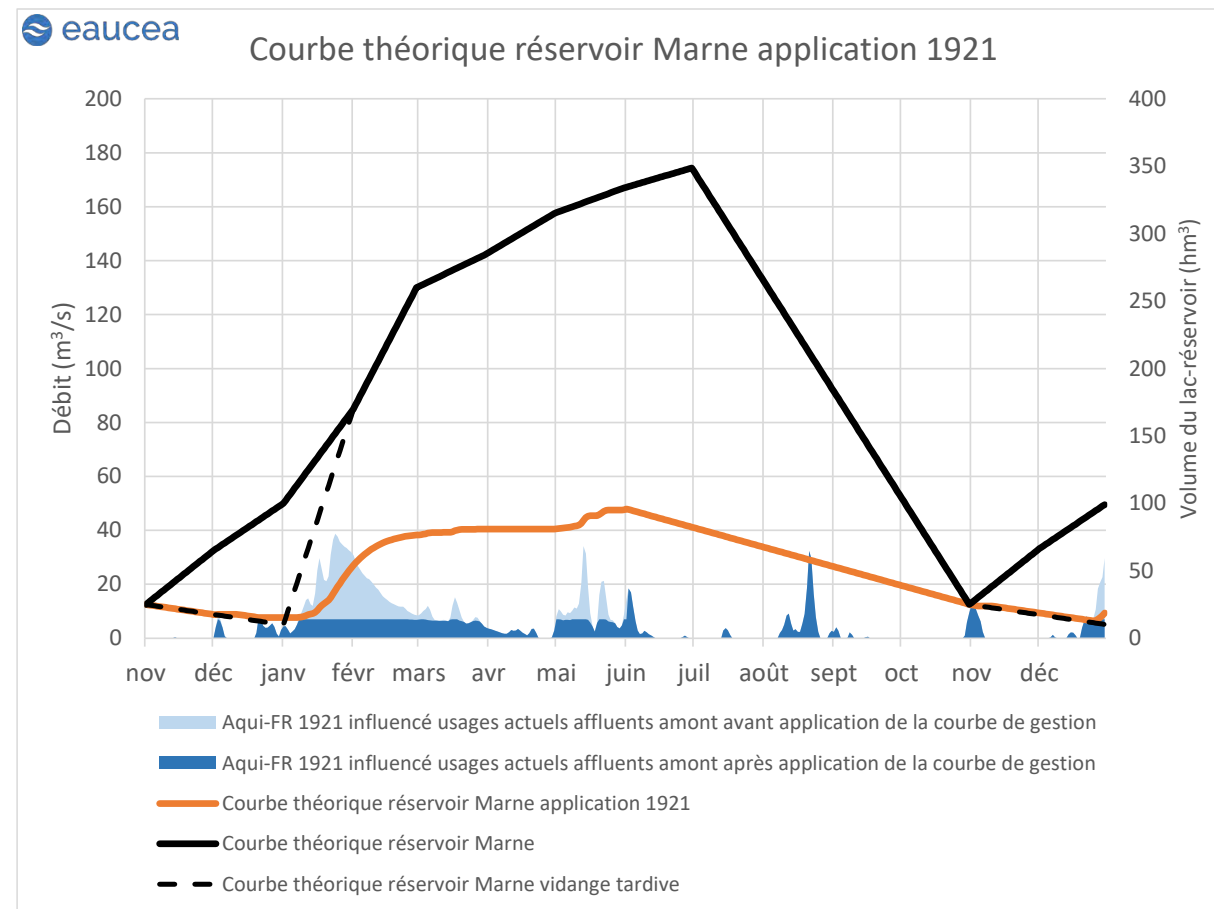
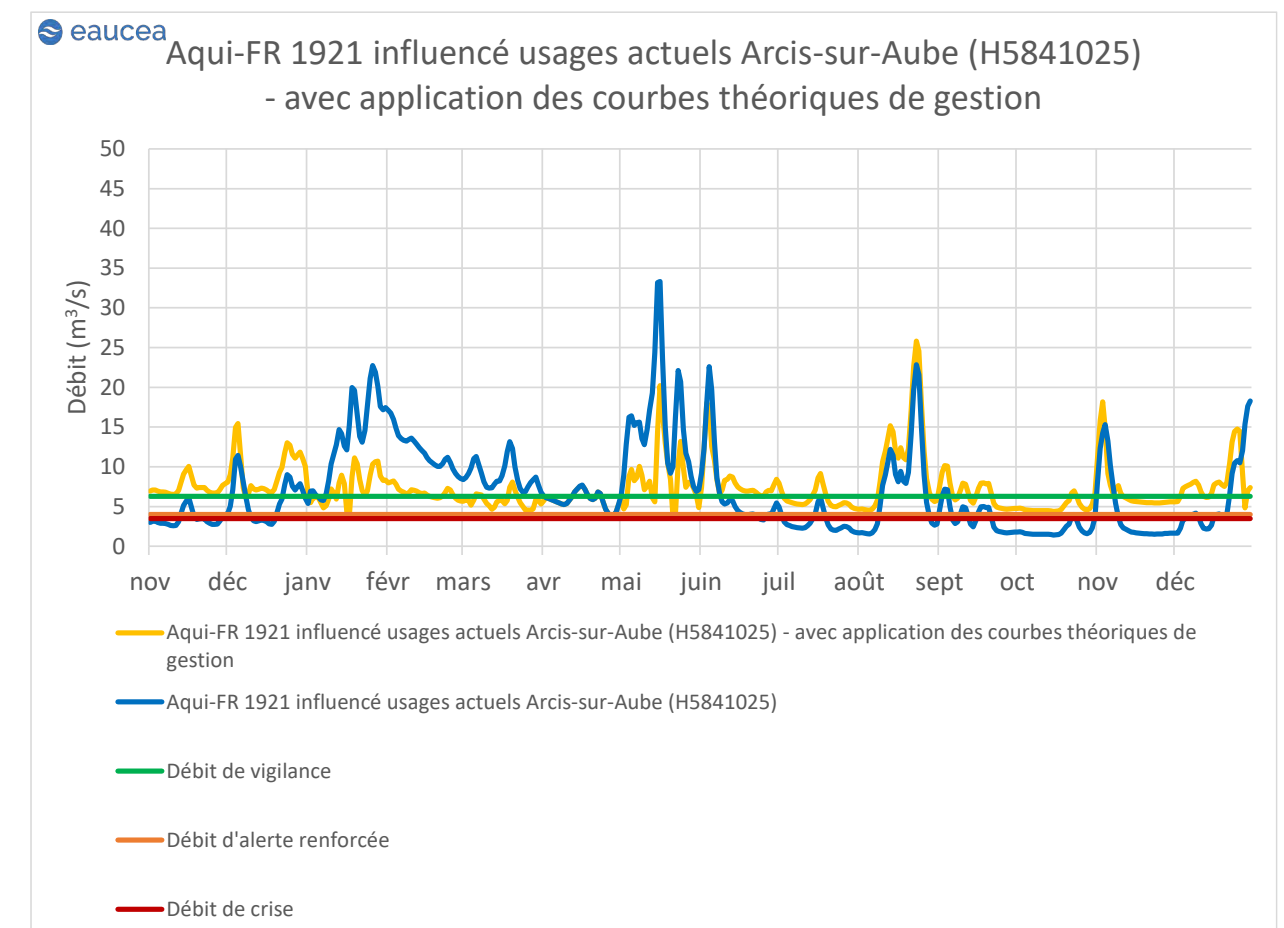
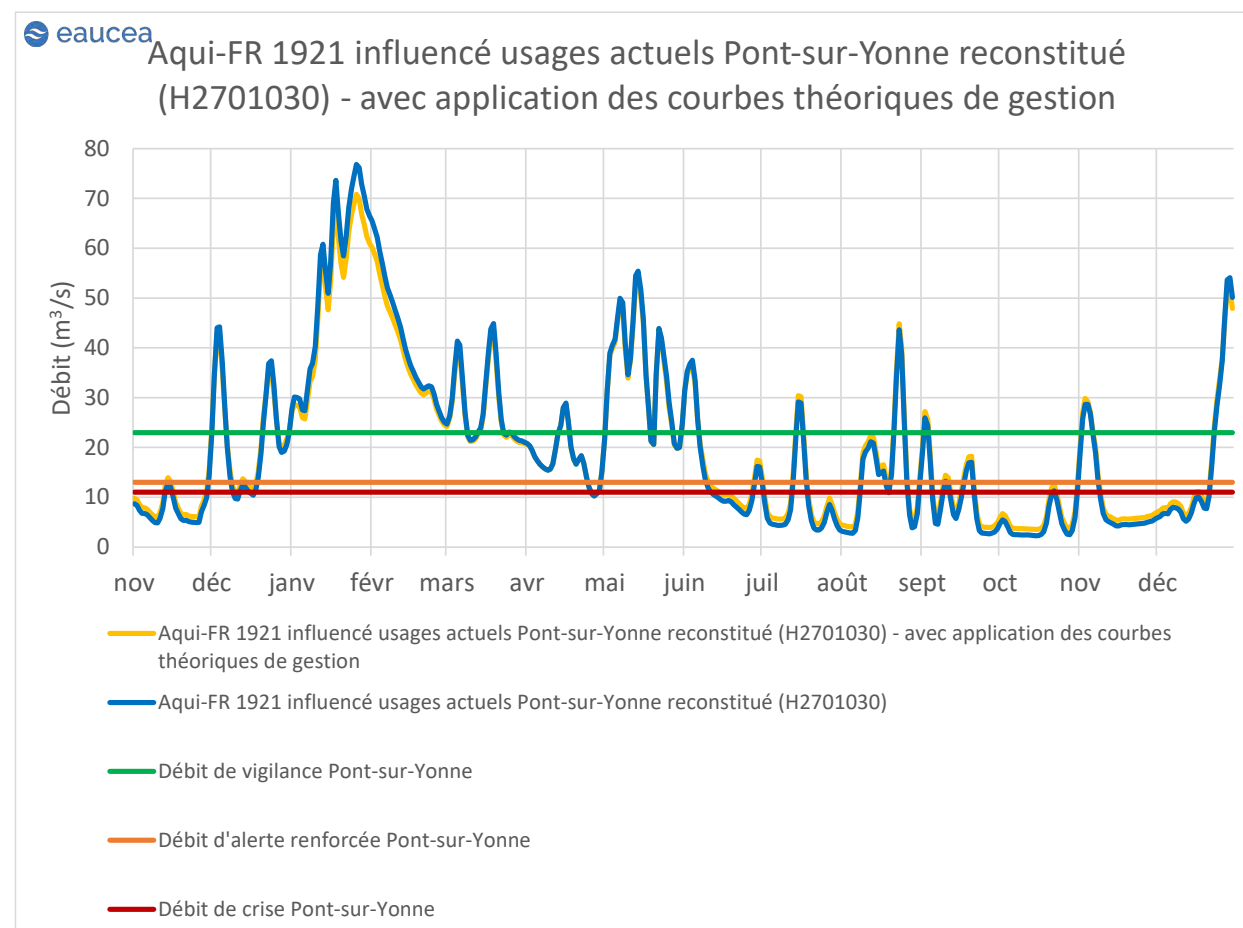
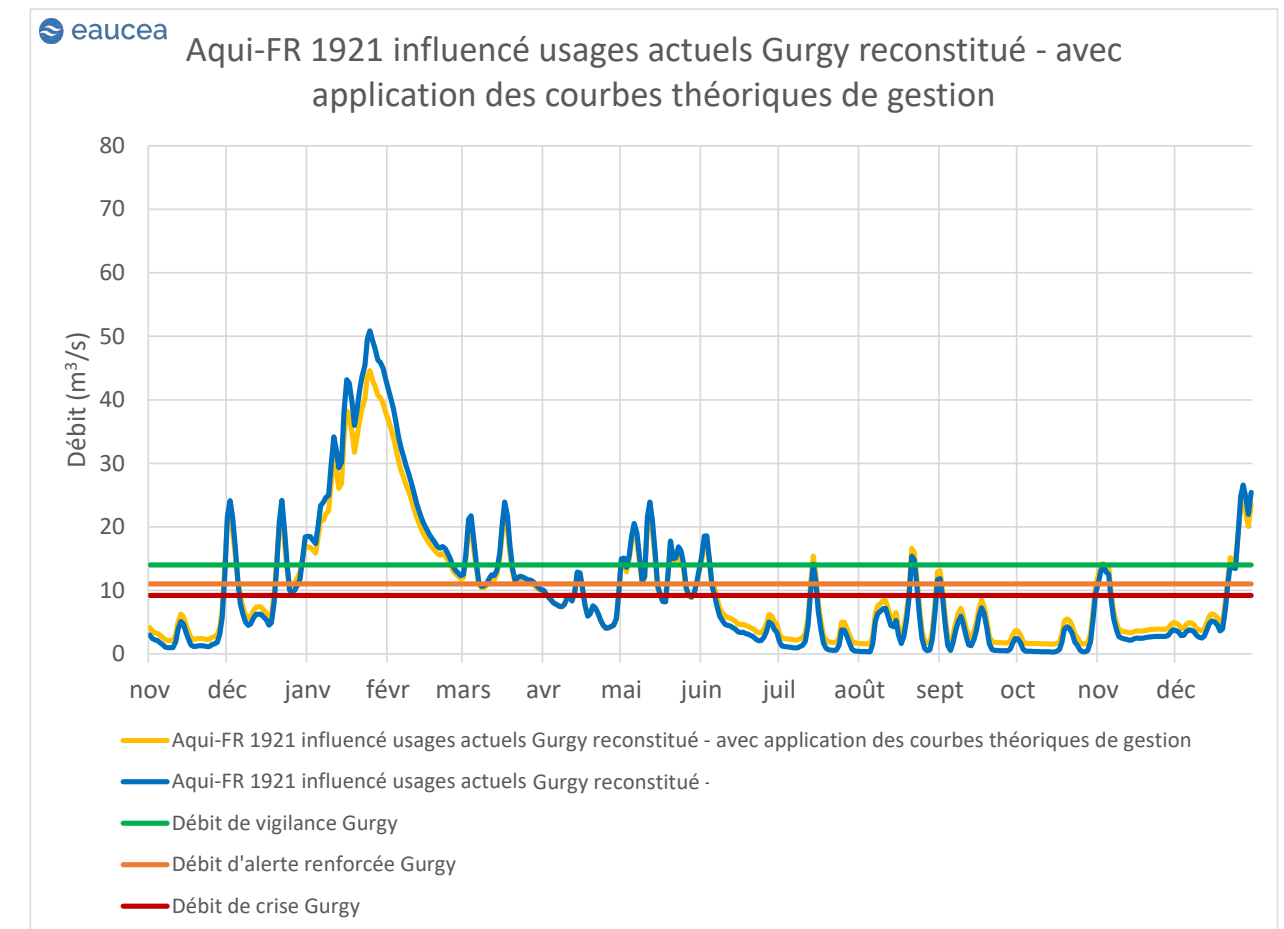
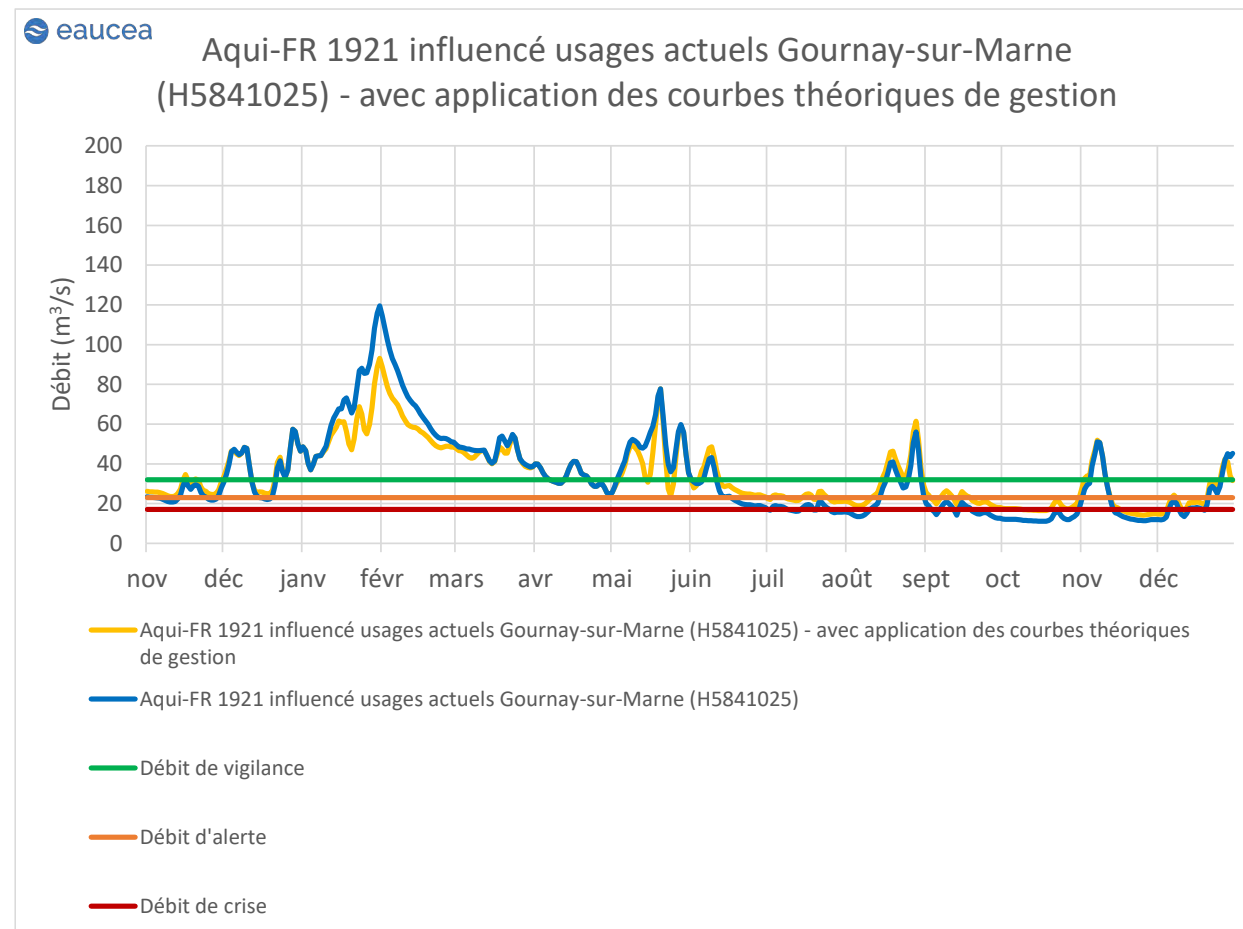


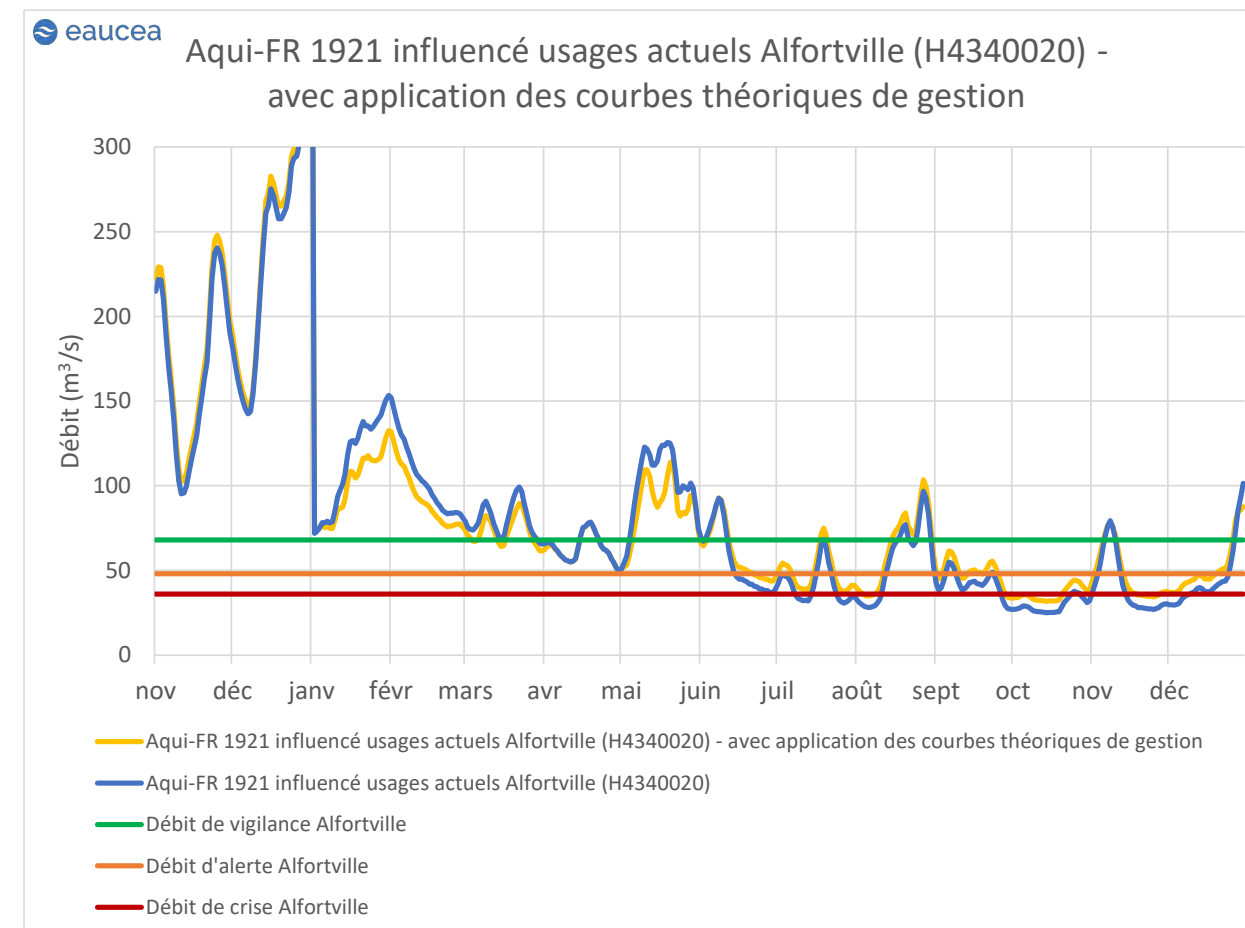
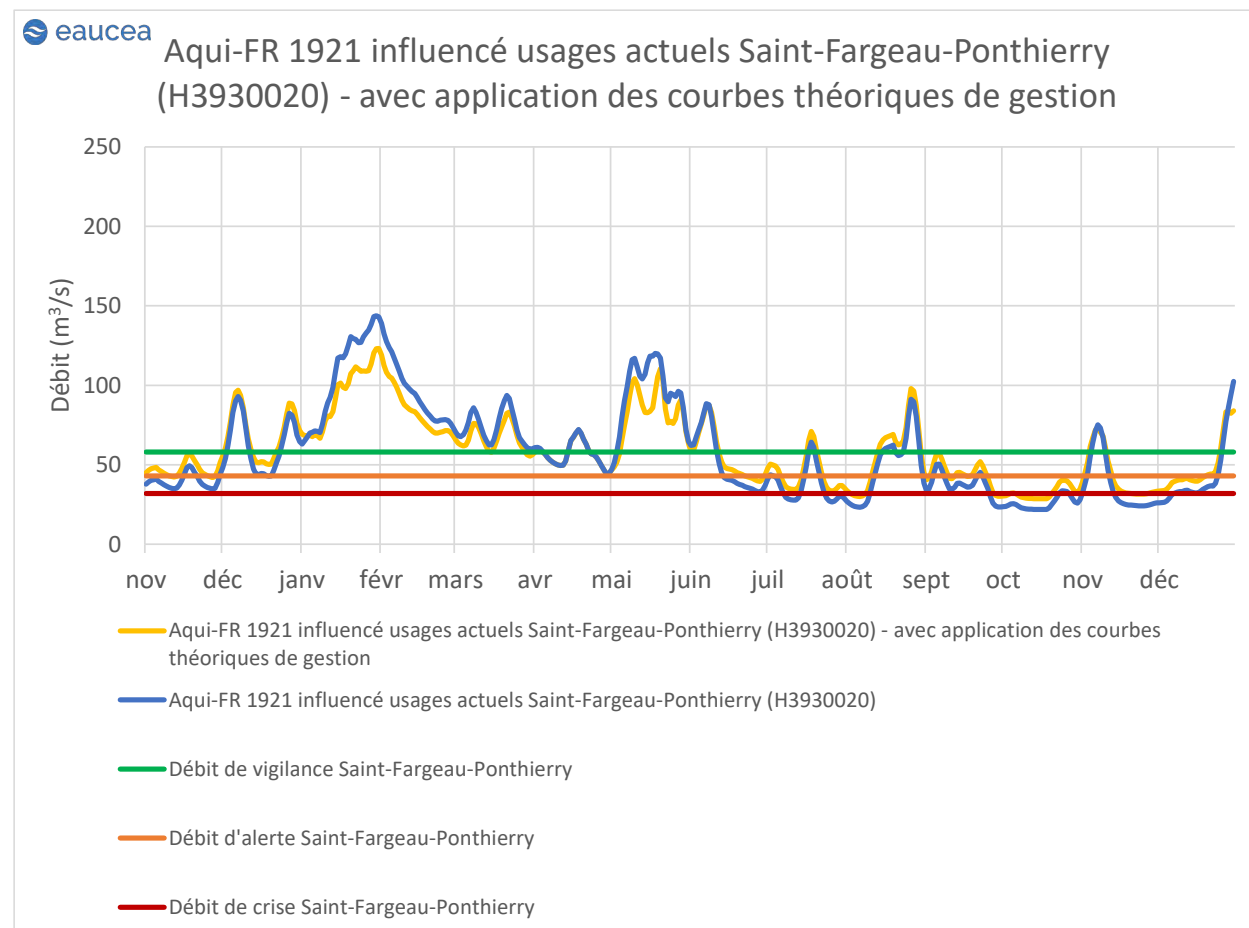
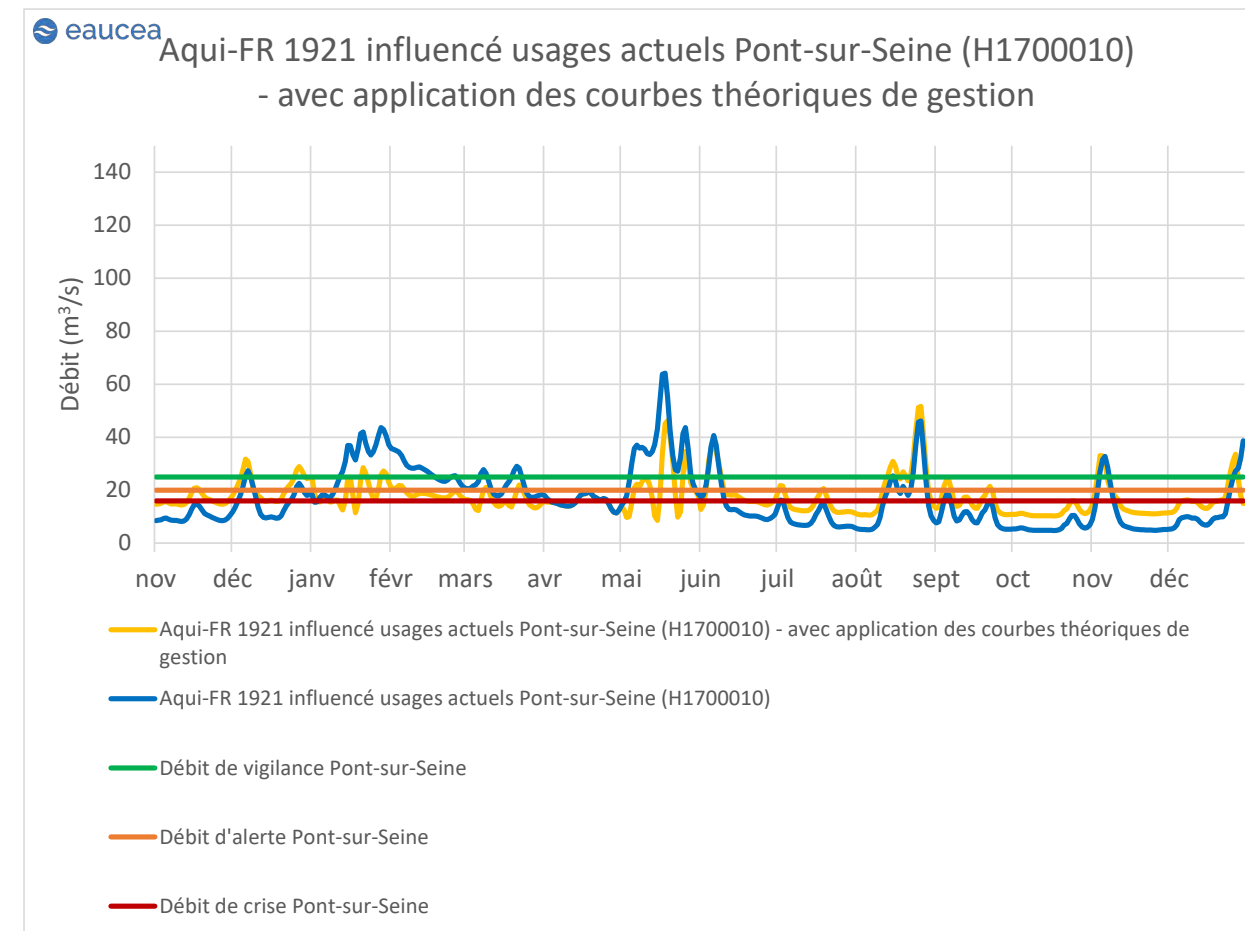
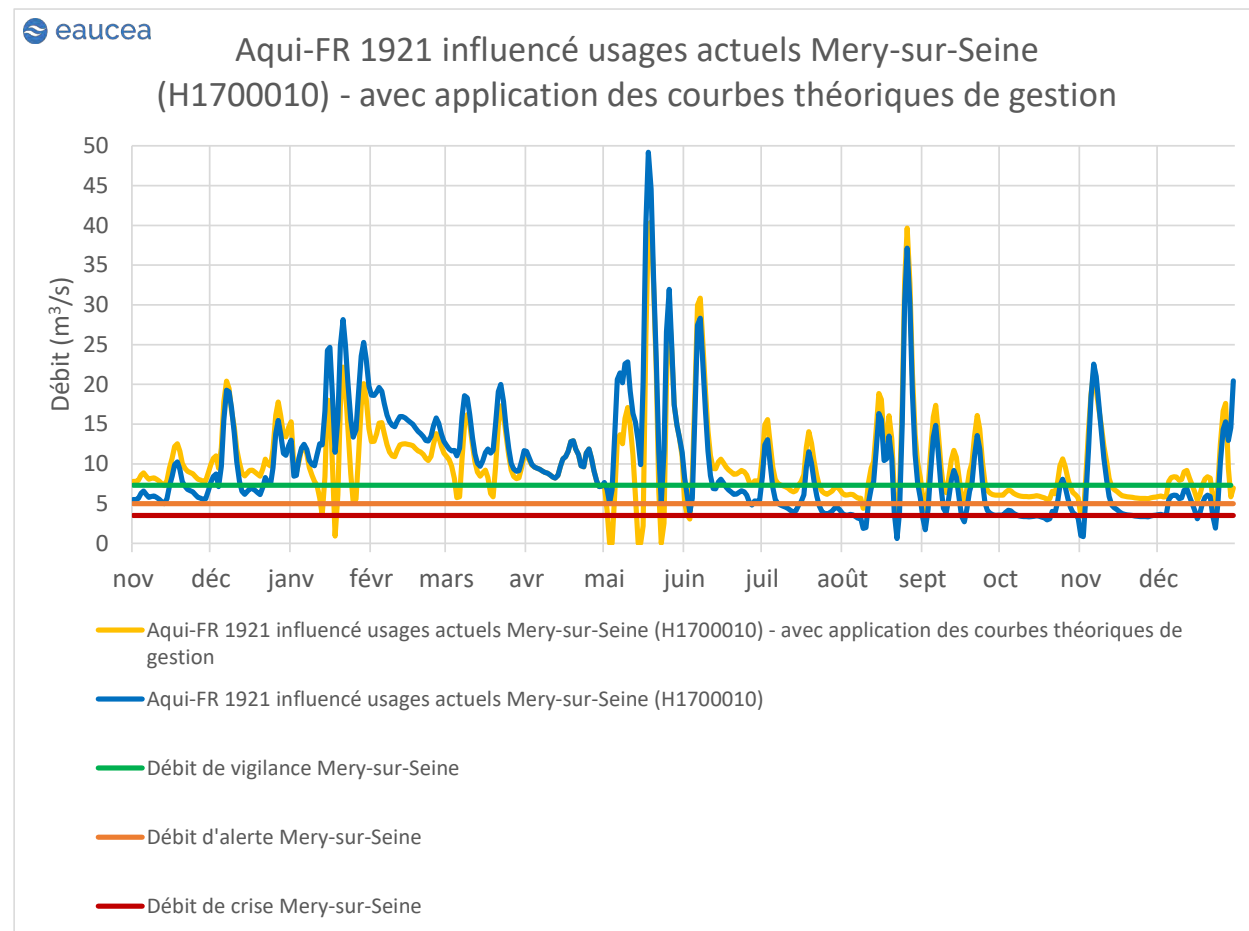
Figure 51 : Courbes de gestion calculées pour l'année 1921 (données AQUI-FR, influencées des usages actuels)

L'analyse des déstockages, au niveau des stations aval montre (cf. figure 52) :

- sur l'axe Marne, des débits supérieurs au seuil de vigilance jusqu'à mi-mai. Les faibles débits de début juin entraînent un déstockage précoce. Les faibles débits hivernaux et le faible remplissage du lac-réservoir ne permettent pas la tenue des objectifs durant la période estivale avec des passages récurrents sous le débit de crise. Les faibles débits de fin d'année nécessitent l'application de la courbe de déstockage tardif. Son application ne suffit cependant pas à repasser au-dessus des seuils réglementaires ;
- sur l'axe Yonne et sur la base des hypothèses prises, les débits seraient restés bien inférieurs aux seuils de gestion, excepté lors de remontées ponctuelles en juin et août ;
- sur l'axe Aube, des débits en période de stockage passant ponctuellement sous les seuils et en période d'étiage, des débits faibles avec des passages récurrents sous le seuil d'alerte renforcée. Les faibles débits de fin d'année nécessitent l'application de la courbe de déstockage tardif permettant de limiter les faibles débits ;
- sur l'axe Seine, en période de déstockage les débits auraient été inférieurs aux seuils, particulièrement au niveau de Pont-sur-Seine (passages ponctuels sous le seuil de crise et de février à mai sous le seuil d'alerte renforcée). En période de déstockage, les faibles volumes disponibles n'auraient pas permis de tenir les débits d'objectif avec des passages récurrents sous les seuils d'alerte renforcée, voire de crise pour l'ensemble des stations.
- à noter qu'en période de stockage, l'absence de limitation du débit de stockage relativement aux seuils de gestion en aval, est susceptible d'induire des passages fréquents et durables sous ces seuils de gestion.

Pour cet étiage de 1921, intense et long, les très faibles débits à l'amont des lacs-réservoirs durant toute la période de remplissage auraient fortement limité les possibilités de remplissage et ainsi les effets des déstockages sur les stations situées à l'aval. Les seuils de vigilance, d'alerte, d'alerte renforcée, voire de crise auraient été franchis sur l'ensemble des stations entraînant la prise de mesures de restriction importantes. En période de fin d'étiage, l'application des courbes de déstockages tardifs auraient permis de limiter les faibles débits de fin d'année mais n'auraient pas permis de repasser au-dessus des seuils réglementaires.





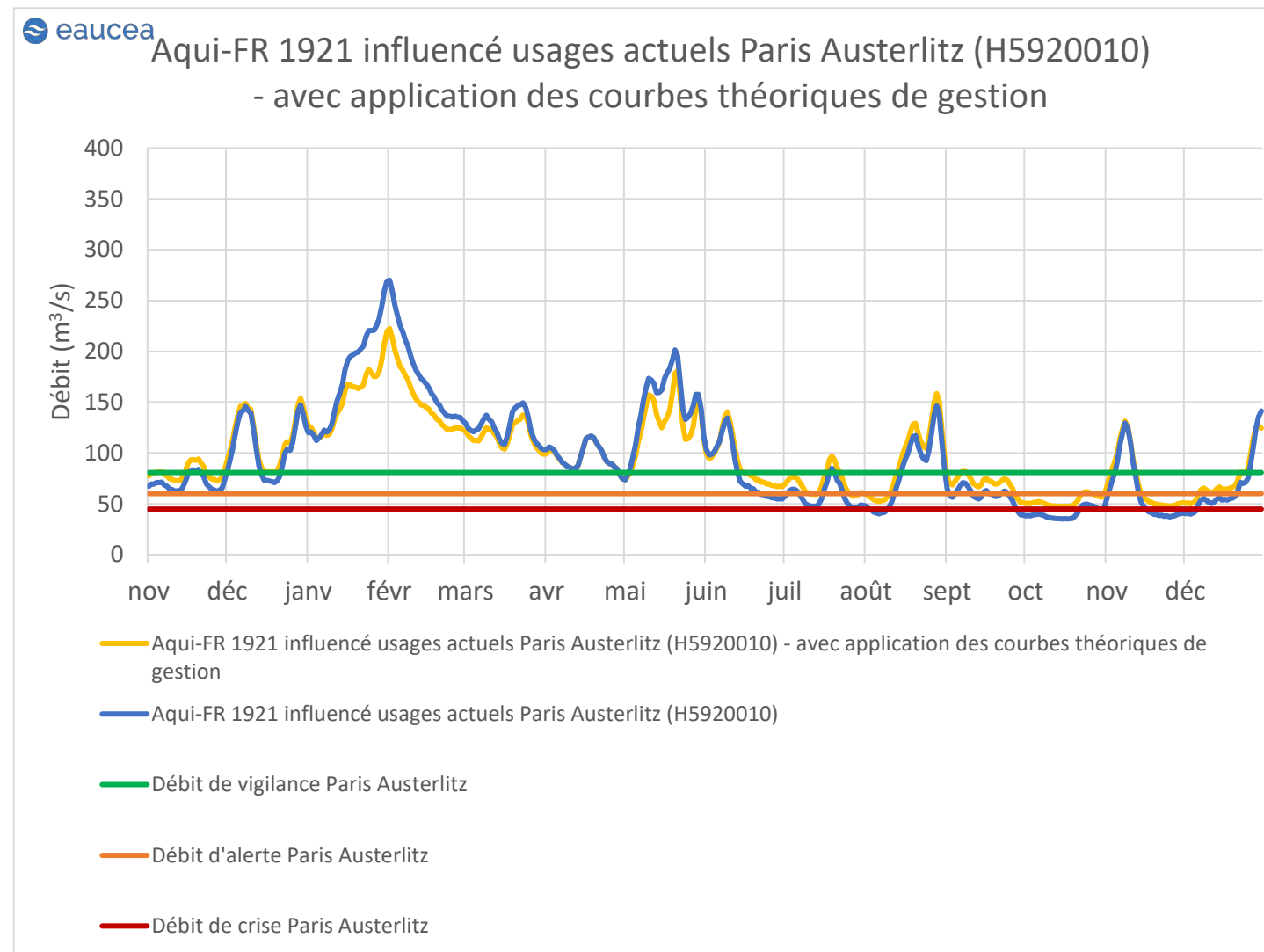


Figure 52 : Débits aux stations aval pour l'année 1921 (données AQUI-FR, influencées des usages actuels et de la gestion des lacs-réservoirs)

1.3.3.4 L'étiage de 1949

L'analyse des courbes de gestion simulée calculées pour l'année 1949 montre (**cf. figure 53**) :

- des débits faibles fin 1948 des stations amont des lacs-réservoirs Marne, Seine, Aube et Pannecière. Ces faibles débits sont cependant suivis de débits plus importants au cours de l'année 1949 permettant le remplissage des lacs-réservoirs à des niveaux de l'ordre de 68 à 73 % de leurs capacités. Seul le lac-réservoir de Pannecière ne présente qu'un niveau de remplissage de l'ordre de 41 % ;
- la fin d'année présente des débits importants pour les stations amont et une reconstitution rapide du début des stocks.

L'analyse des déstockages, au niveau des stations aval montre (**cf. figure 54**) :

- sur l'axe Marne, des débits inférieurs au débit de vigilance à partir de la mi-mai et jusqu'à début juin, date de début du déstockage précoce. Les volumes déstockés permettent globalement la tenue des objectifs (quelques passages ponctuels sous les seuils) ;
- sur l'axe Yonne et sur la base des hypothèses prises, les débits seraient restés bien inférieurs aux seuils de gestion (passage durable sous le seuil de crise), excepté lors de remontées ponctuelles en septembre et octobre ;
- sur l'axe Aube, des débits avec les lâchers bien supérieurs au débit de vigilance, excepté en début d'étiage (courant juin) et en fin d'étiage (novembre-décembre) où ces derniers peuvent passer ponctuellement sous le seuil de vigilance. L'application de la courbe de déstockage tardif aurait permis la tenue des seuils en fin d'étiage ;
- sur l'axe Seine des débits avec les lâchers :
 - permettant globalement la tenue des objectifs à Méry-sur-Seine, Pont-sur-Seine et Paris Austerlitz, excepté ponctuellement en début et en fin d'étiage. L'application de la courbe de déstockage tardif aurait permis la tenue des seuils en fin d'étiage,
 - des débits compris entre le débit de vigilance et le débit d'alerte renforcée, voire de crise à Saint-Fargeau-Ponthierry et Alfortville excepté en début et en fin d'étiage pour Alfortville. L'application de la courbe de déstockage tardif aurait limité les faibles débits sans permettre la remontée au-dessus de l'ensemble des seuils ;
- à noter qu'en période de stockage, l'absence de limitation du débit de stockage relativement aux seuils de gestion en aval, est susceptible d'induire des passages fréquents et durables sous ces seuils de gestion.

Pour cet étiage de 1949, les débits importants à l'amont en début d'année, auraient permis le remplissage des stocks à des niveaux de l'ordre de 68 à 73 % du maximum (hors réservoir de Pannecière avec une reconstitution très faible du stock). Ces stocks permettent la tenue des objectifs en aval sur la plupart des stations (hors axe Yonne), **sauf en début d'étiage (période de remplissage) et ponctuellement en fin d'étiage.**

Cet exemple illustre aussi parfaitement la question de la cohérence des seuils et de leur pertinence, où pour des mêmes débits de lâchers, un franchissement des débits de vigilance, d'alerte voire d'alerte renforcée à Saint-Fargeau-Ponthierry et à Alfortville est calculé alors que les débits à Méry-sur-Seine, Pont-sur-Seine et Paris, sont quant à eux supérieurs à leurs seuils respectifs (sauf franchissements ponctuels).

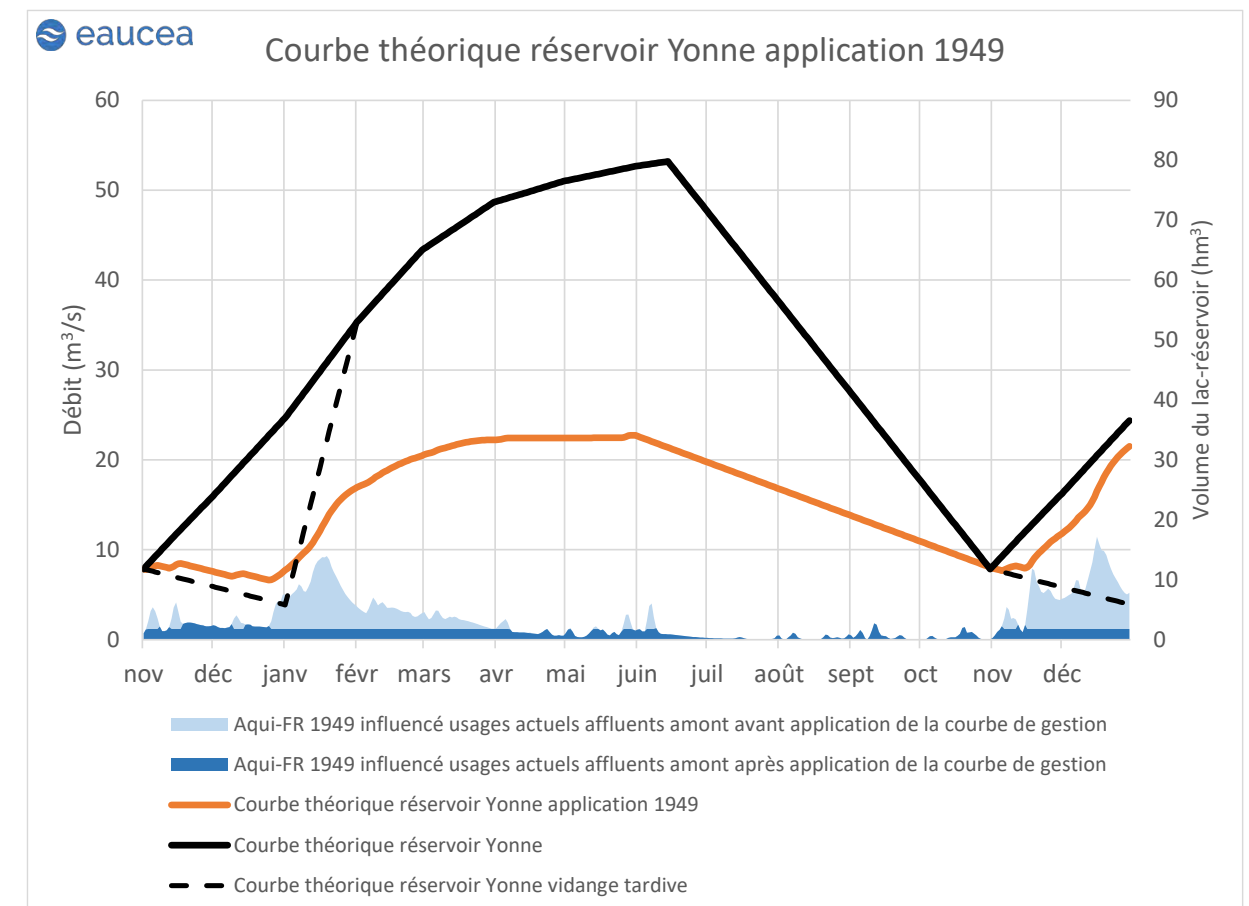
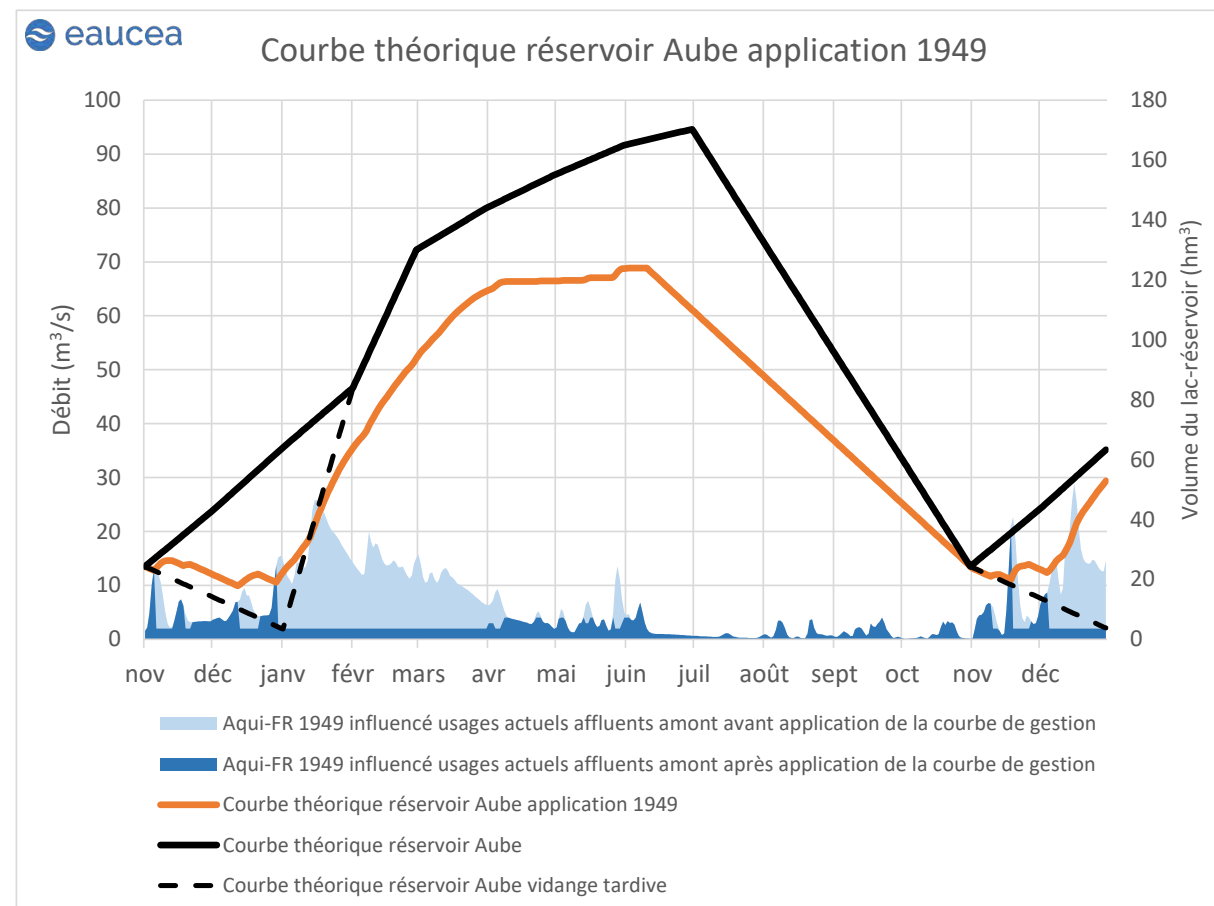
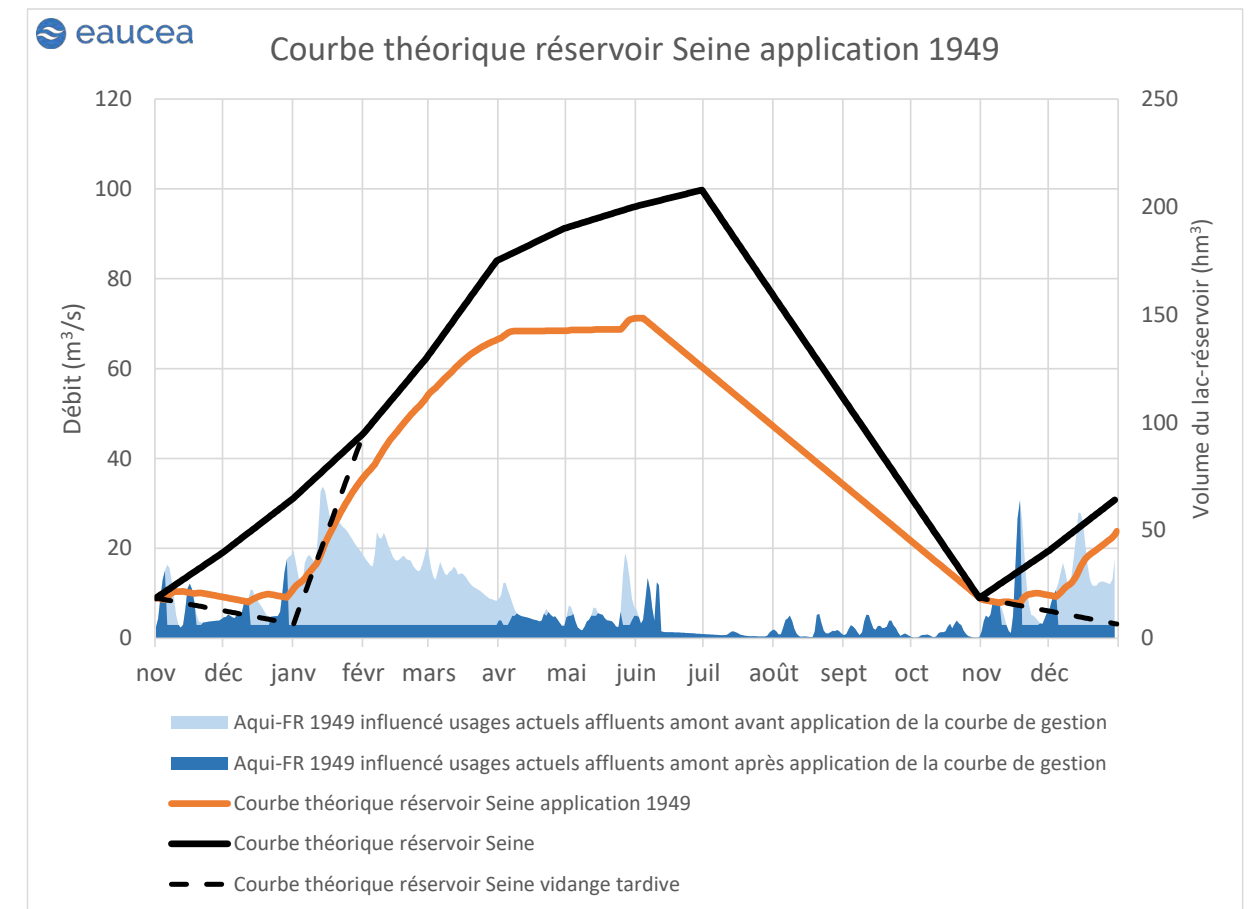
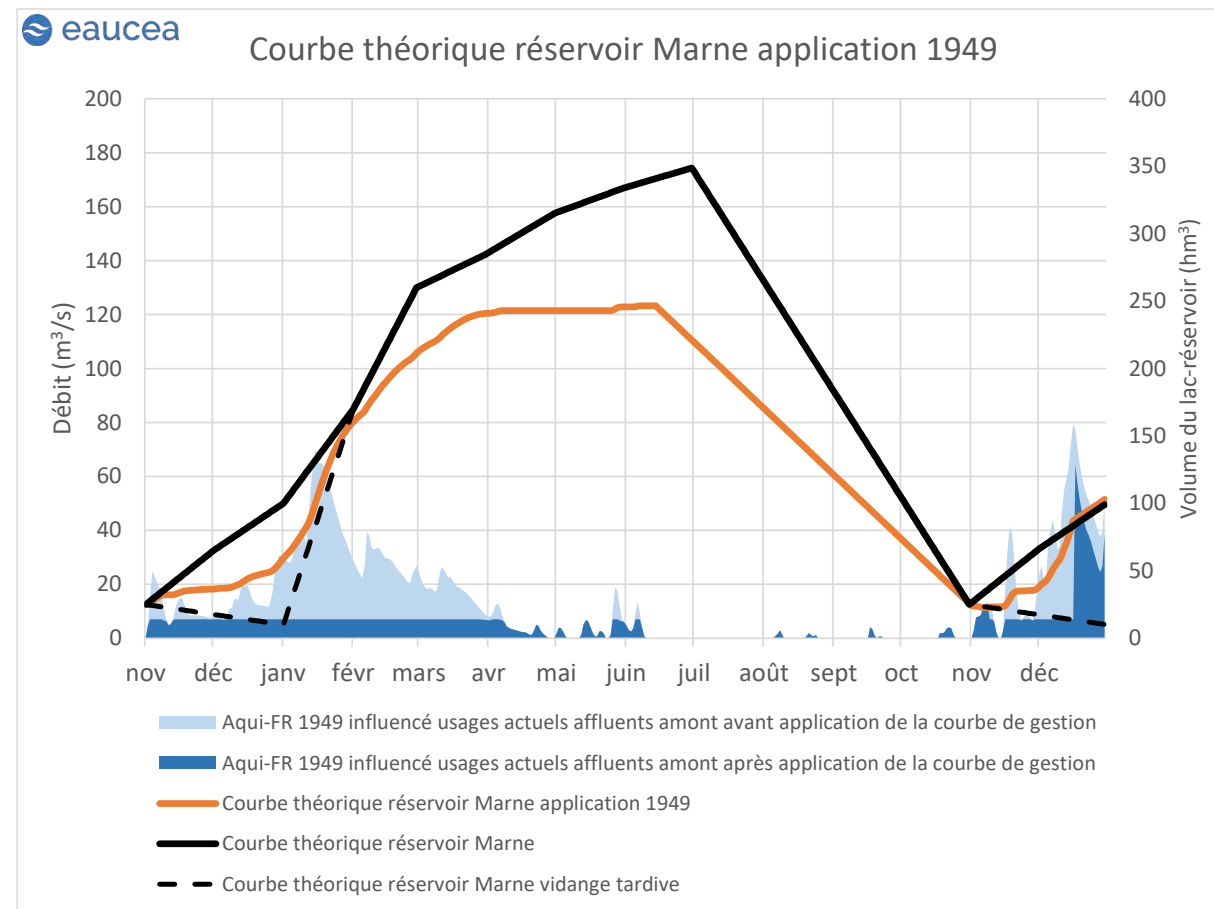
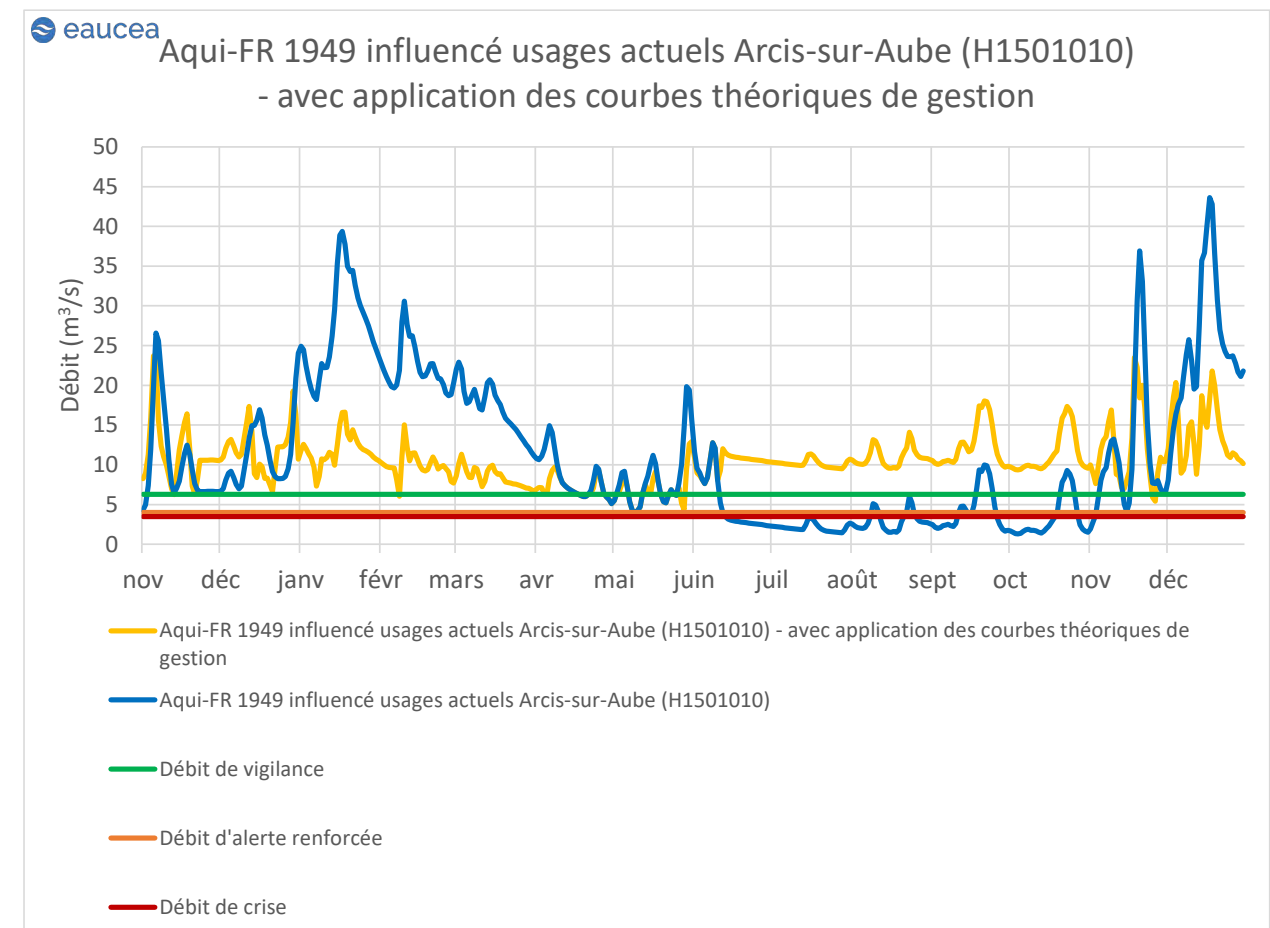
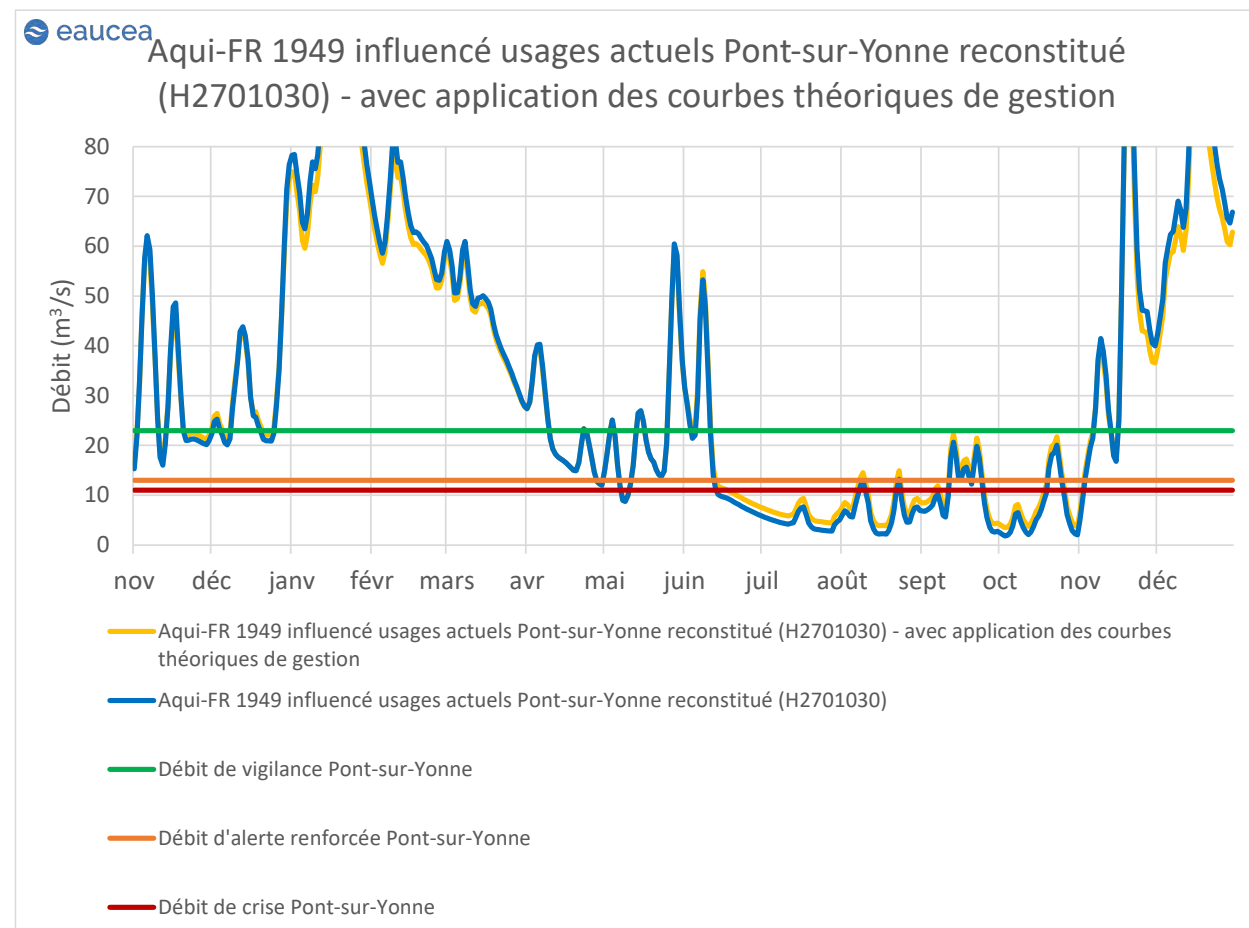
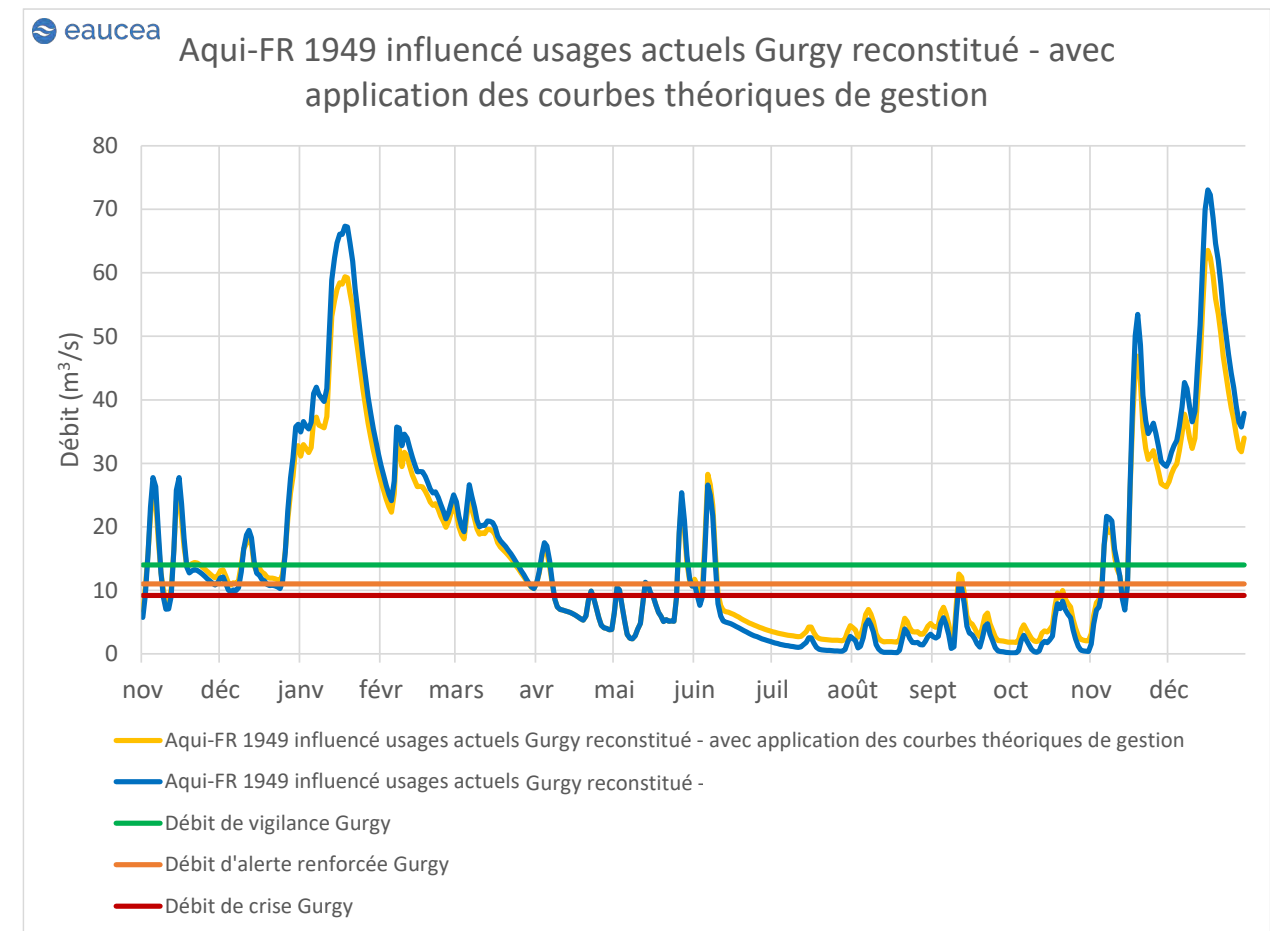
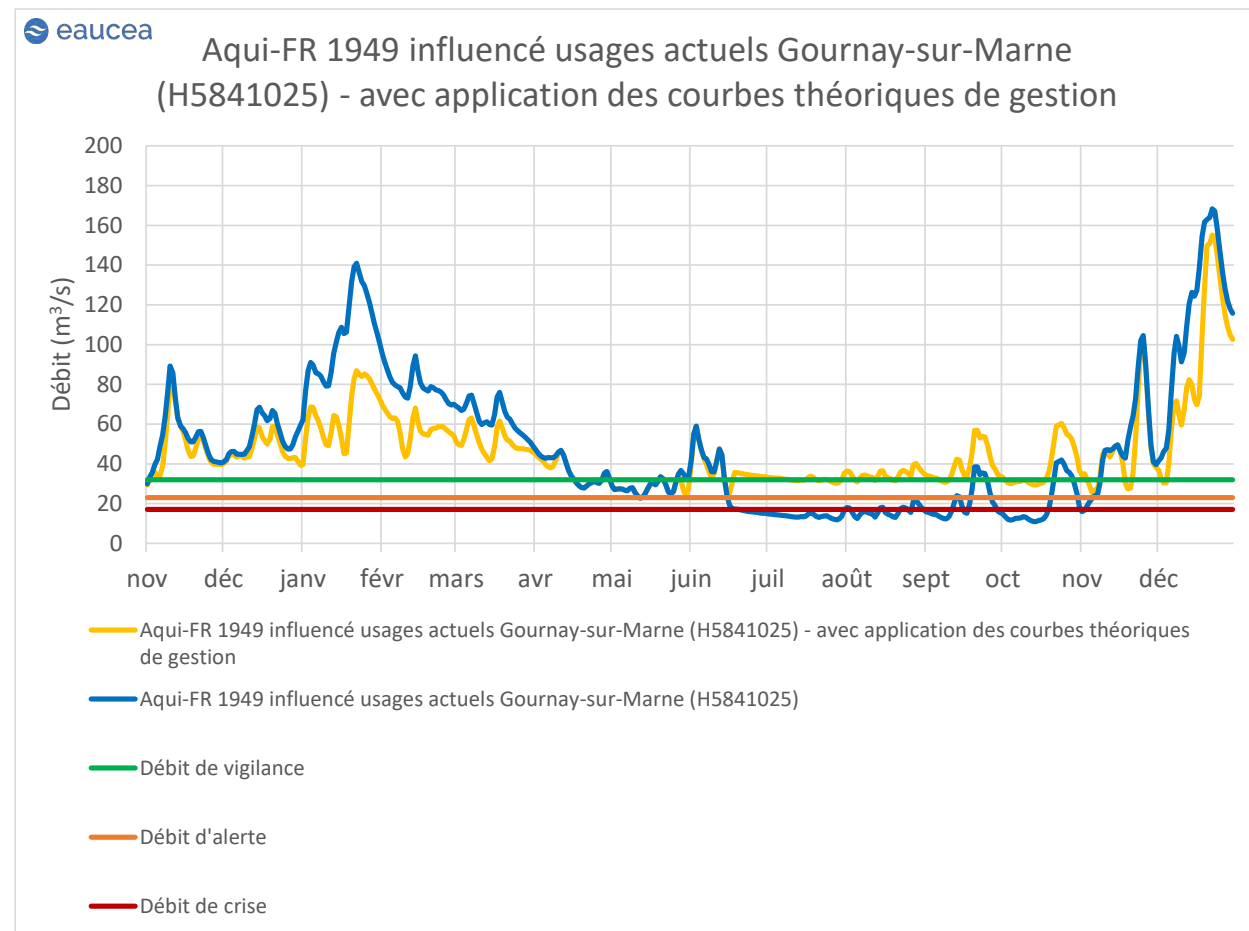
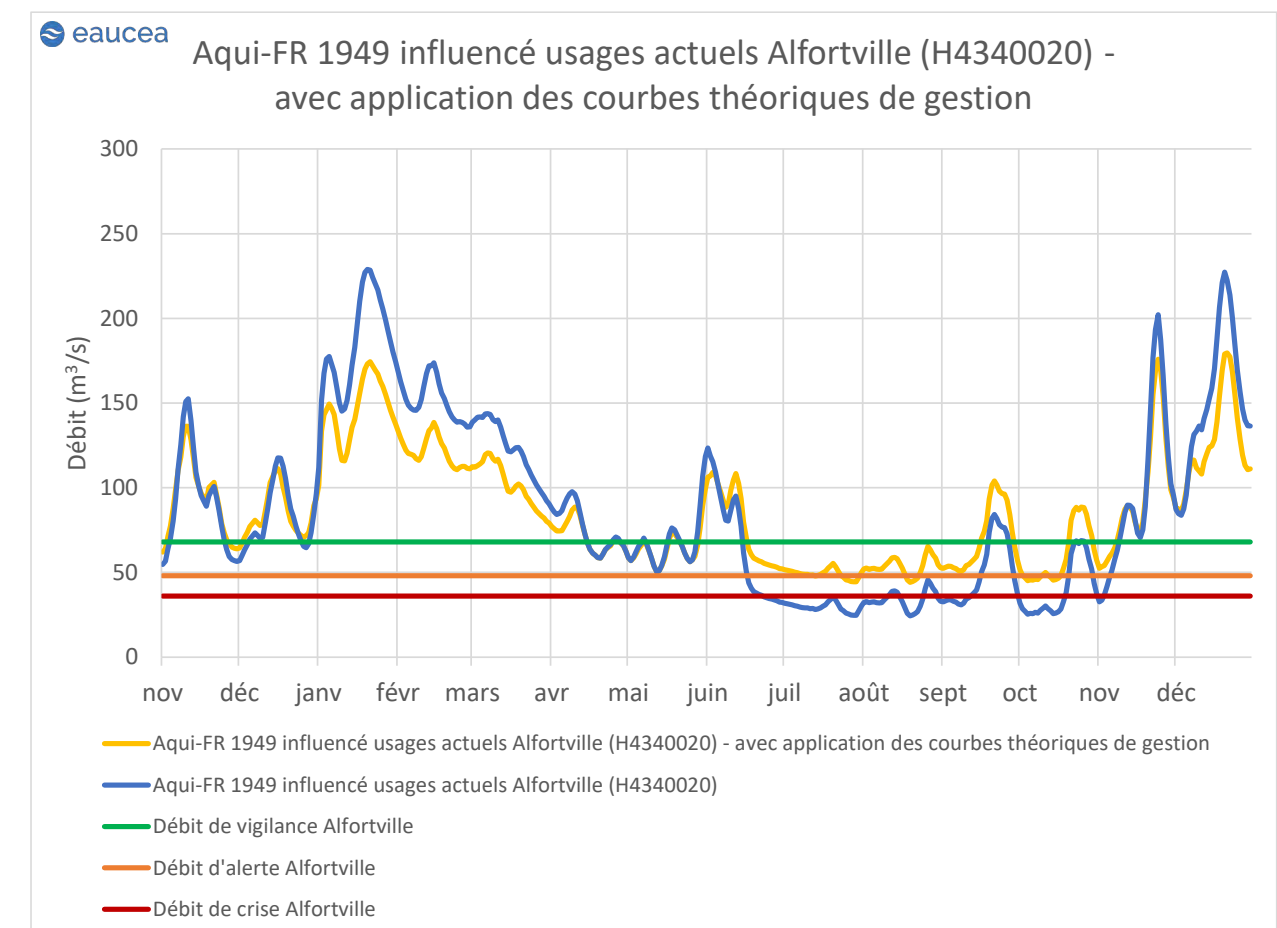
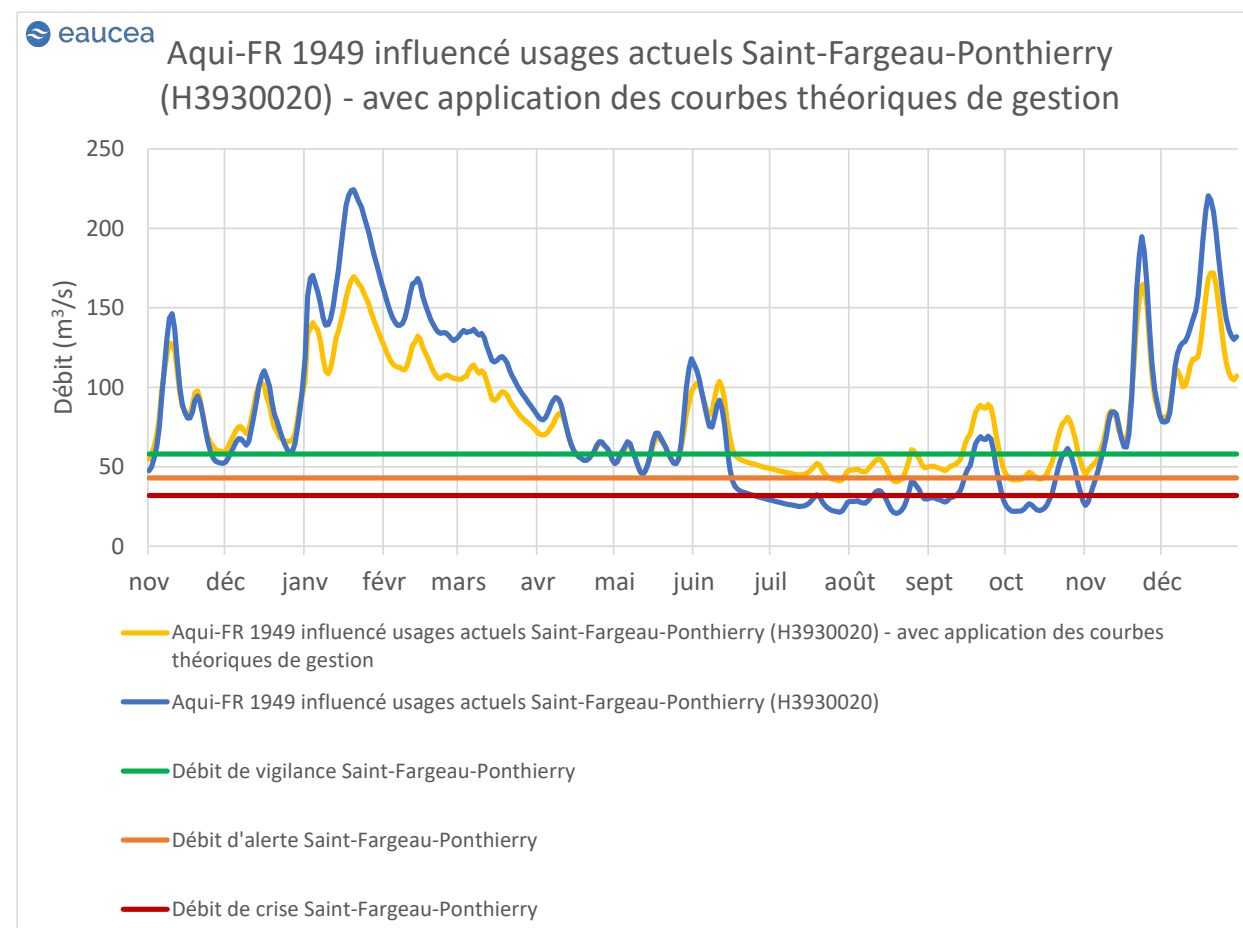
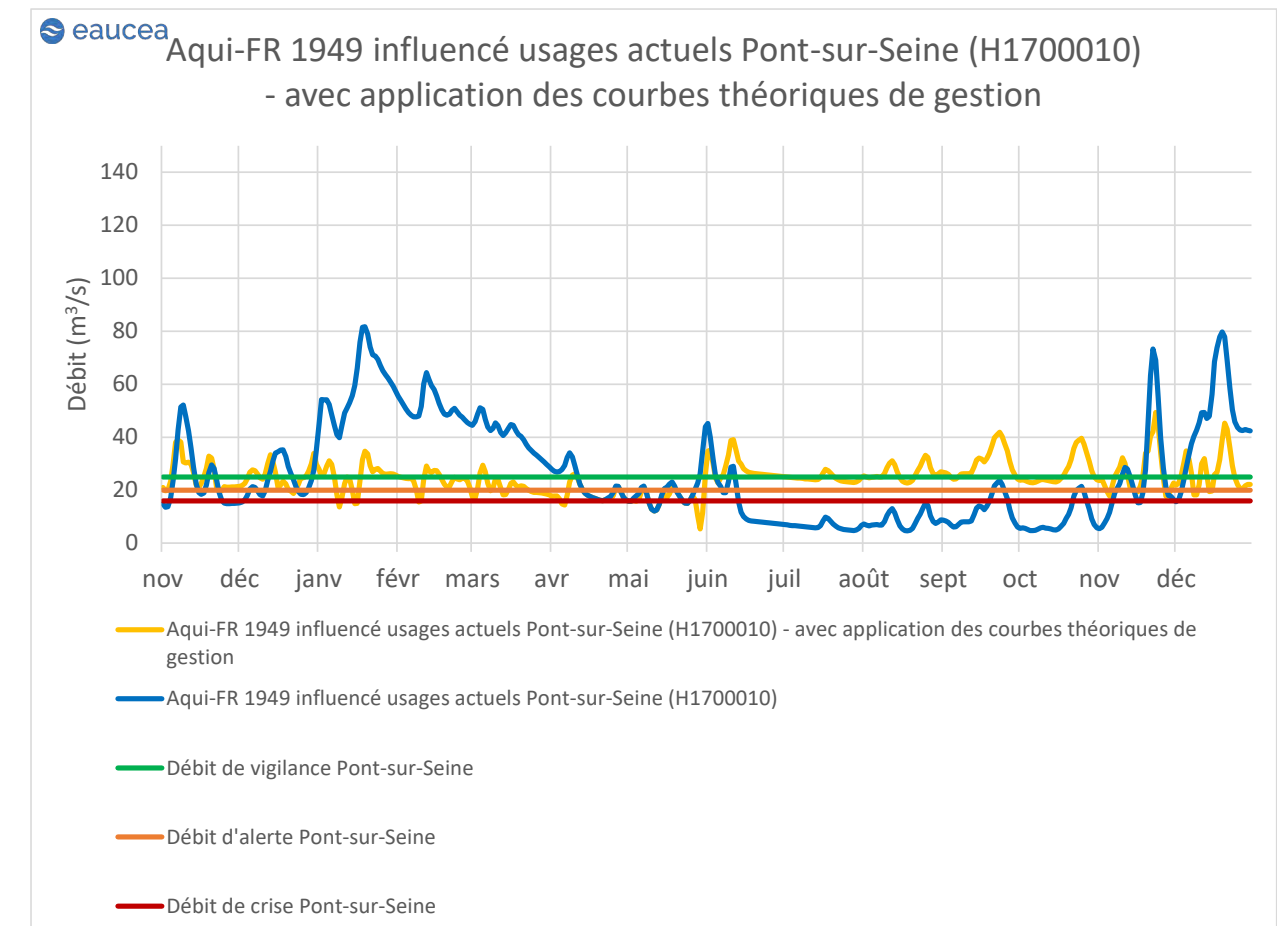
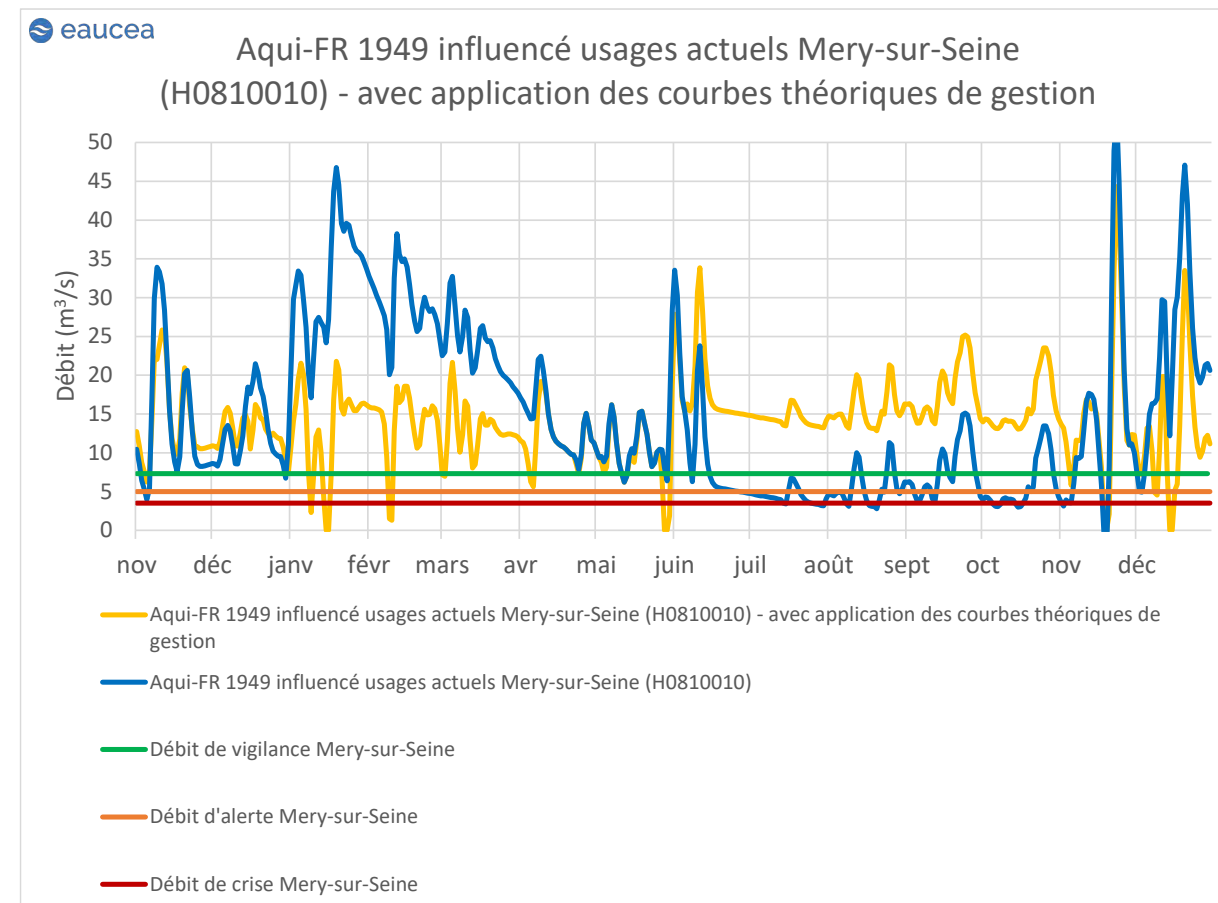


Figure 53 : Courbes de gestion calculées pour l'année 1941 (données AQUI-FR, influencées des usages actuels)





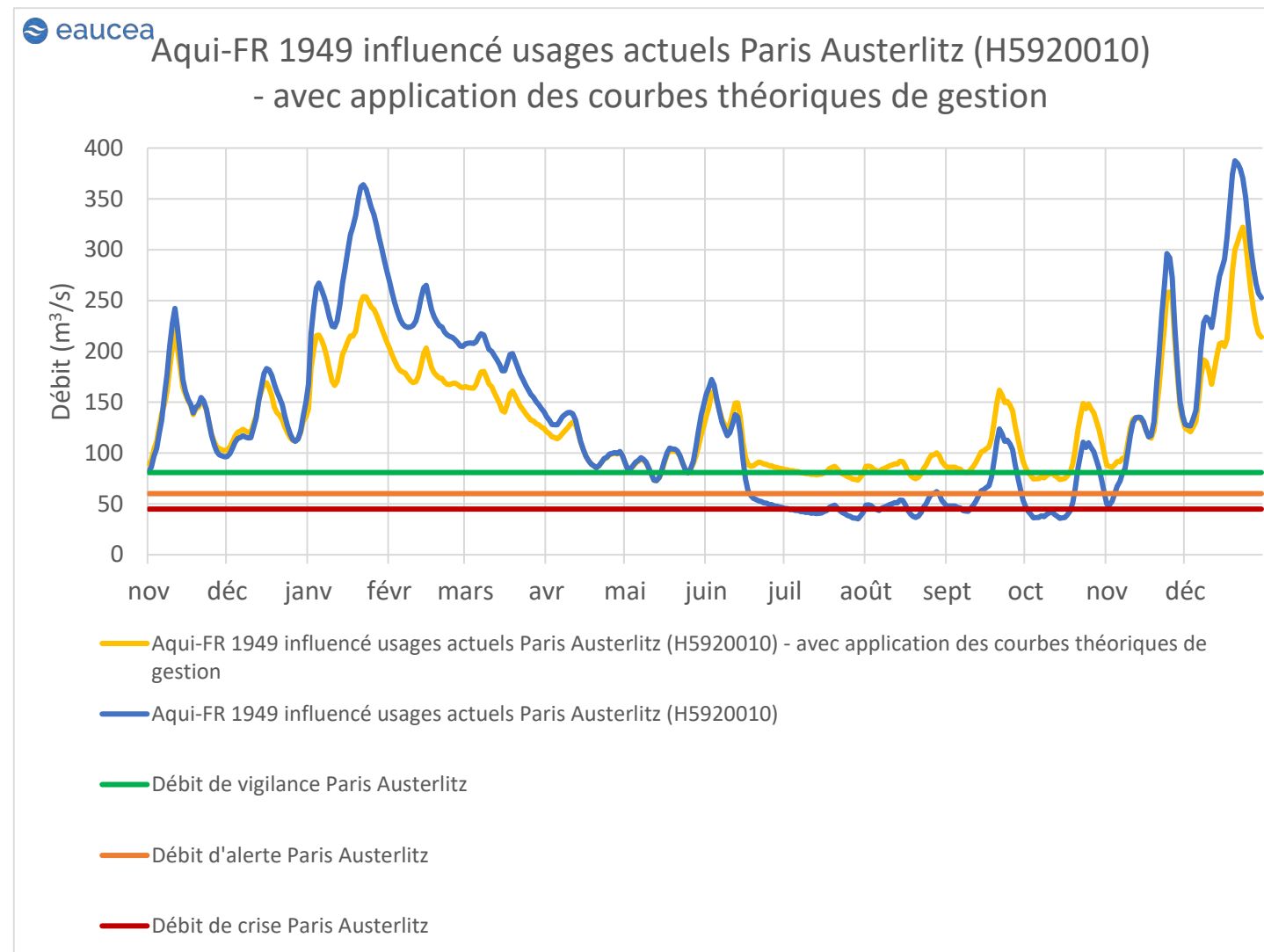


Figure 54 : Débits aux stations aval pour l'année 1949 (données AQUI-FR, influencées des usages actuels et de la gestion des lacs-réservoirs)

1.3.3.5 L'étiage de 1976

L'analyse des courbes de gestion simulée calculées pour l'année 1976 montre (cf. figure 55) :

- des débits importants dès début décembre 1975 sur l'ensemble des stations amonts des lacs-réservoirs. Ces débits importants perdurent jusqu'à fin avril, permettant un remplissage de l'ordre de 80 % pour l'ensemble des lacs-réservoirs ;
- la fin d'année présente des débits importants pour les stations amont et une reconstitution rapide du début des stocks.

L'analyse des déstockages, au niveau des stations aval montre (cf. figure 56) :

- sur l'axe Marne, des débits supérieurs au seuil de vigilance durant toute la période de déstockage. De faibles débits sont cependant calculés en début d'étiage (de début mai à début juin, date de début du déstockage précoce). Il n'aurait pas, ou peu, été nécessaire pour cet étiage d'appliquer la courbe de déstockage tardif ;
- sur l'axe Yonne et sur la base des hypothèses prises, des débits inférieurs au seuil de crise de début mai à fin-septembre, excepté lors d'une remontée ponctuelle courant septembre ;
- sur l'axe Aube, des débits très fortement supérieurs au seuil de vigilance (≈ 3 fois ce seuil) durant toute la période de déstockage. De faibles débits sont cependant calculés en début d'étiage (de début mai à juin, date de début du déstockage précoce). Il n'aurait pas, ou peu, été nécessaire pour cet étiage d'appliquer la courbe de déstockage tardif ;
- sur l'axe Seine des débits avec les lâchers :
 - bien supérieurs au débit de vigilance à Méry-sur-Seine, Pont-sur-Seine et Paris Austerlitz, excepté en début et en fin d'étiage à Pont-sur-Seine. L'application de la courbe de déstockage tardif aurait permis la tenue des seuils en fin d'étiage à Pont-sur-Seine mais n'était pas nécessaire pour les autres stations ;
 - des débits compris entre le débit de vigilance et le débit d'alerte renforcée jusqu'à mi-septembre à Saint-Fargeau-Ponthierry et Alfortville jusqu'à mi-septembre ;
- à noter qu'en période de stockage, l'absence de limitation du débit de stockage relativement aux seuils de gestion en aval, est susceptible d'induire des passages fréquents et durables sous ces seuils de gestion.

Pour cet étiage précoce, court et intense de 1976, les débits élevés en début d'année auraient permis un remplissage important des lacs-réservoirs et des débits de déstockages permettant la tenue des objectifs sur la plupart des stations, hors axe Yonne.

Cependant l'aspect précoce de cet étiage illustre la fragilité des courbes de gestion simulée en début de saison, comme déjà présenté dans les chapitres précédents. Comme pour 1949, cette année illustre aussi la question de l'application de la courbe de déstockage tardif, nécessaire à Pont-sur-Seine mais pas aux autres stations aval, ainsi la cohérence et la pertinence des seuils entre les stations.

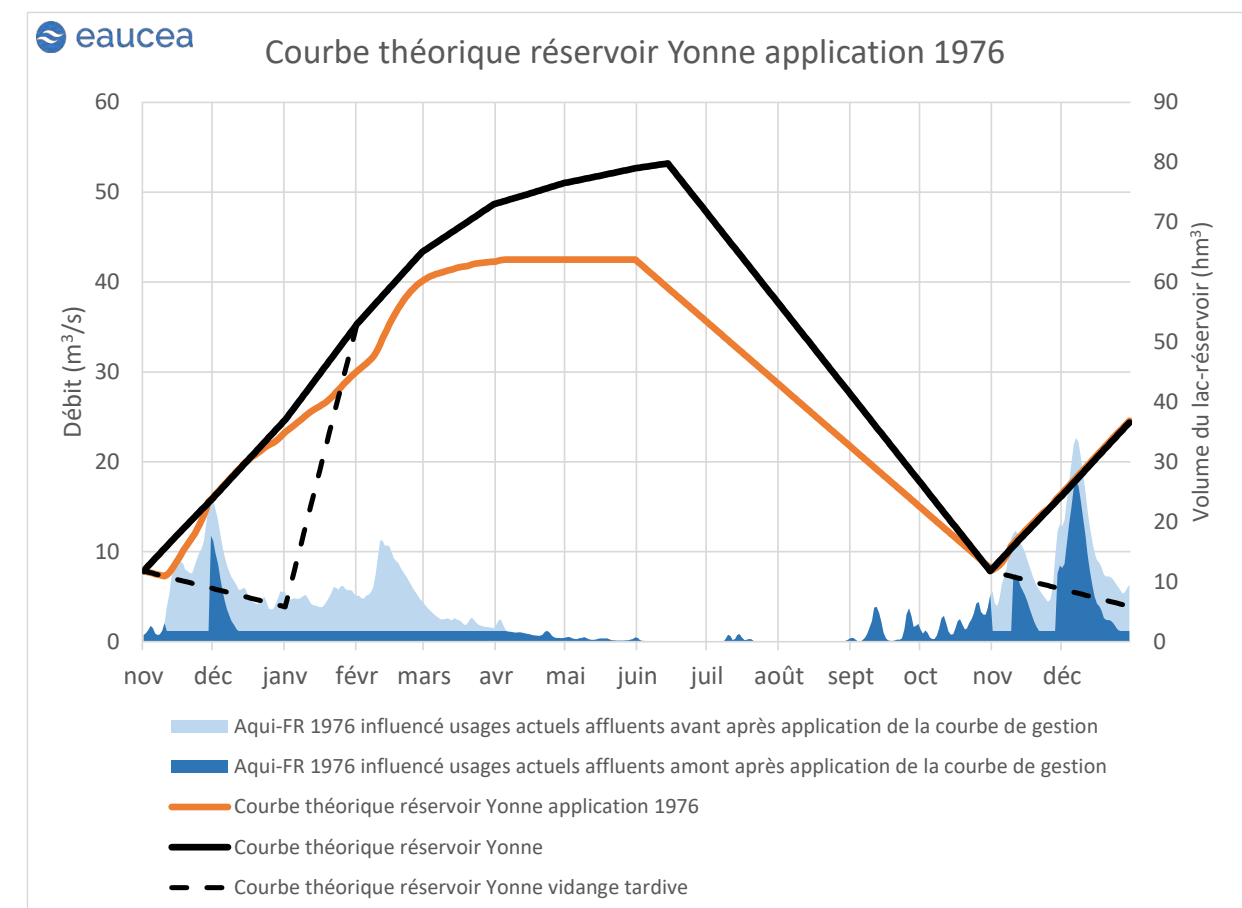
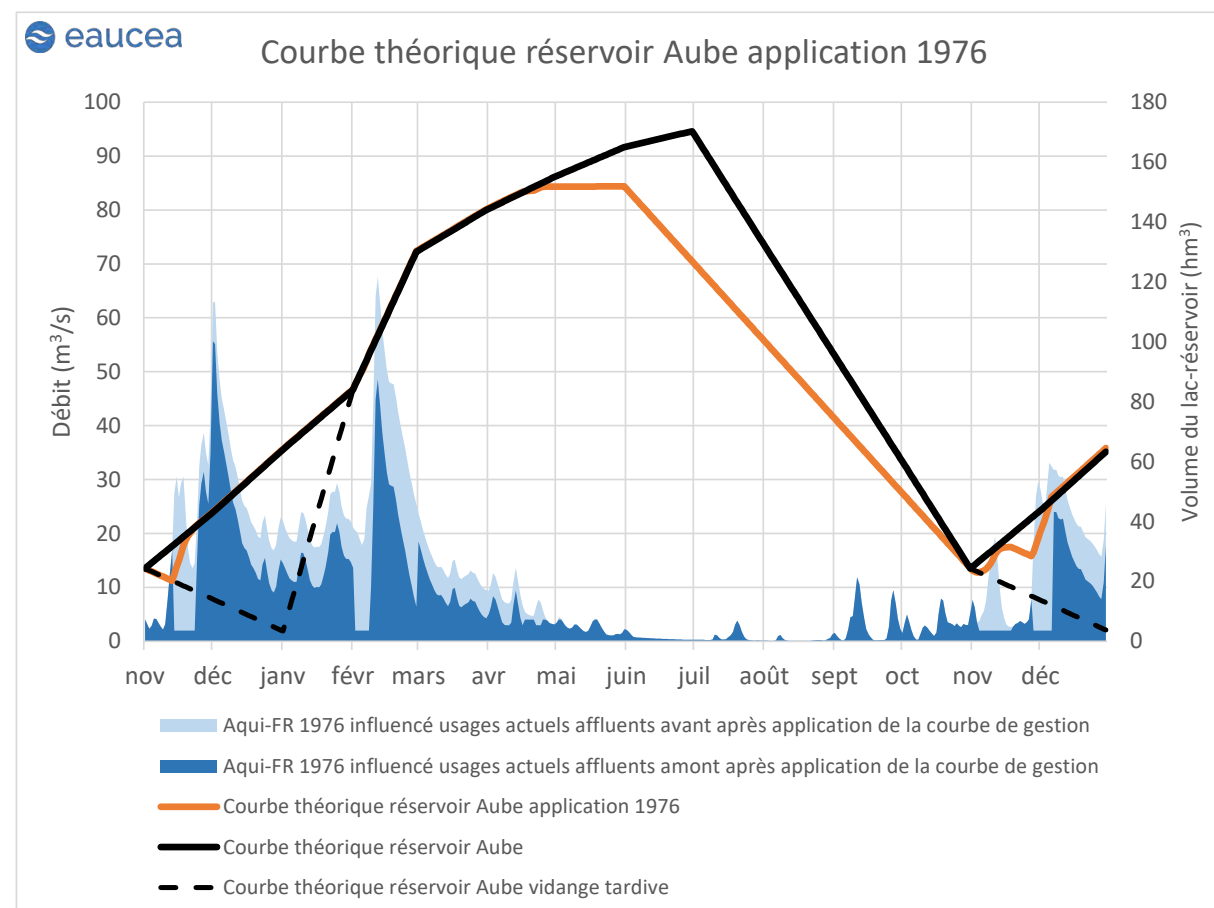
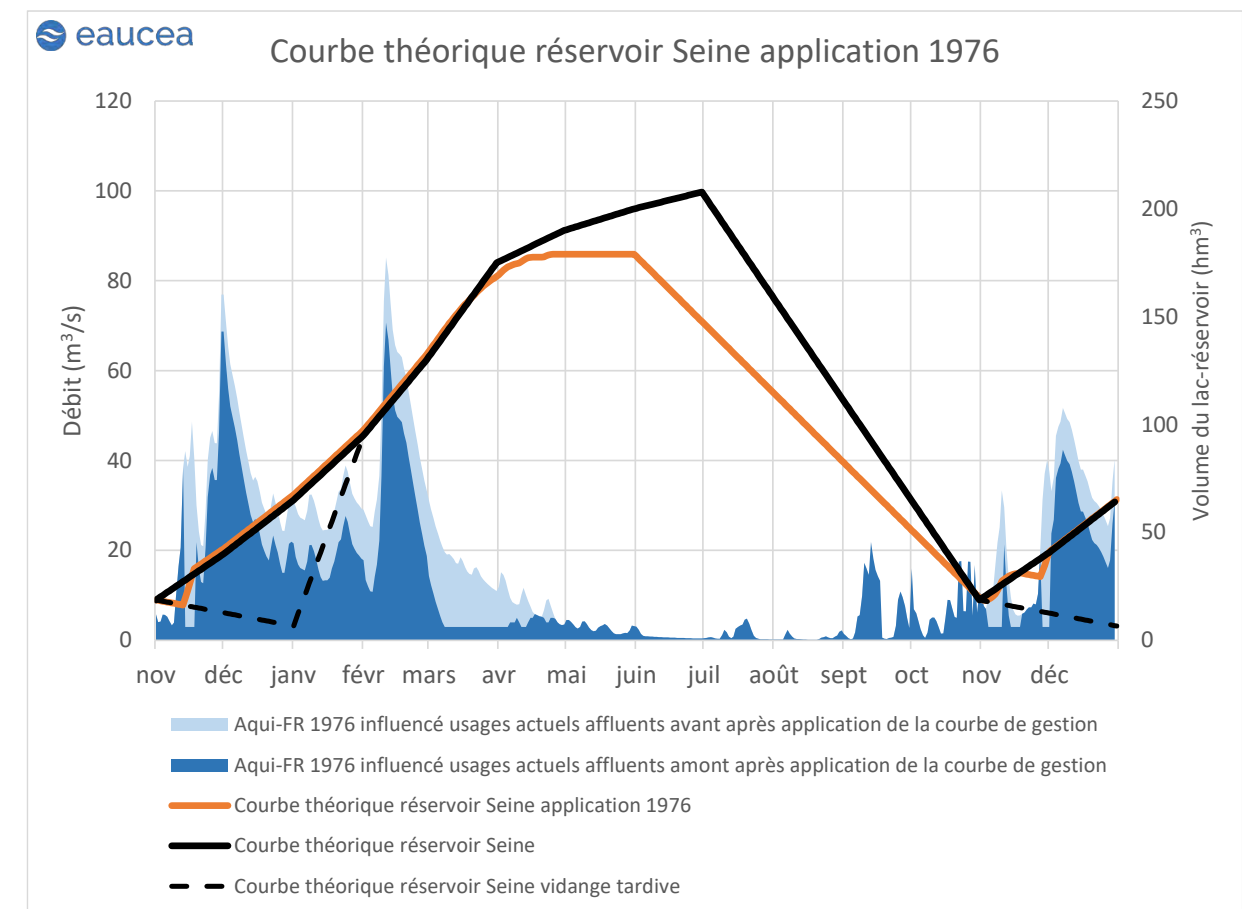
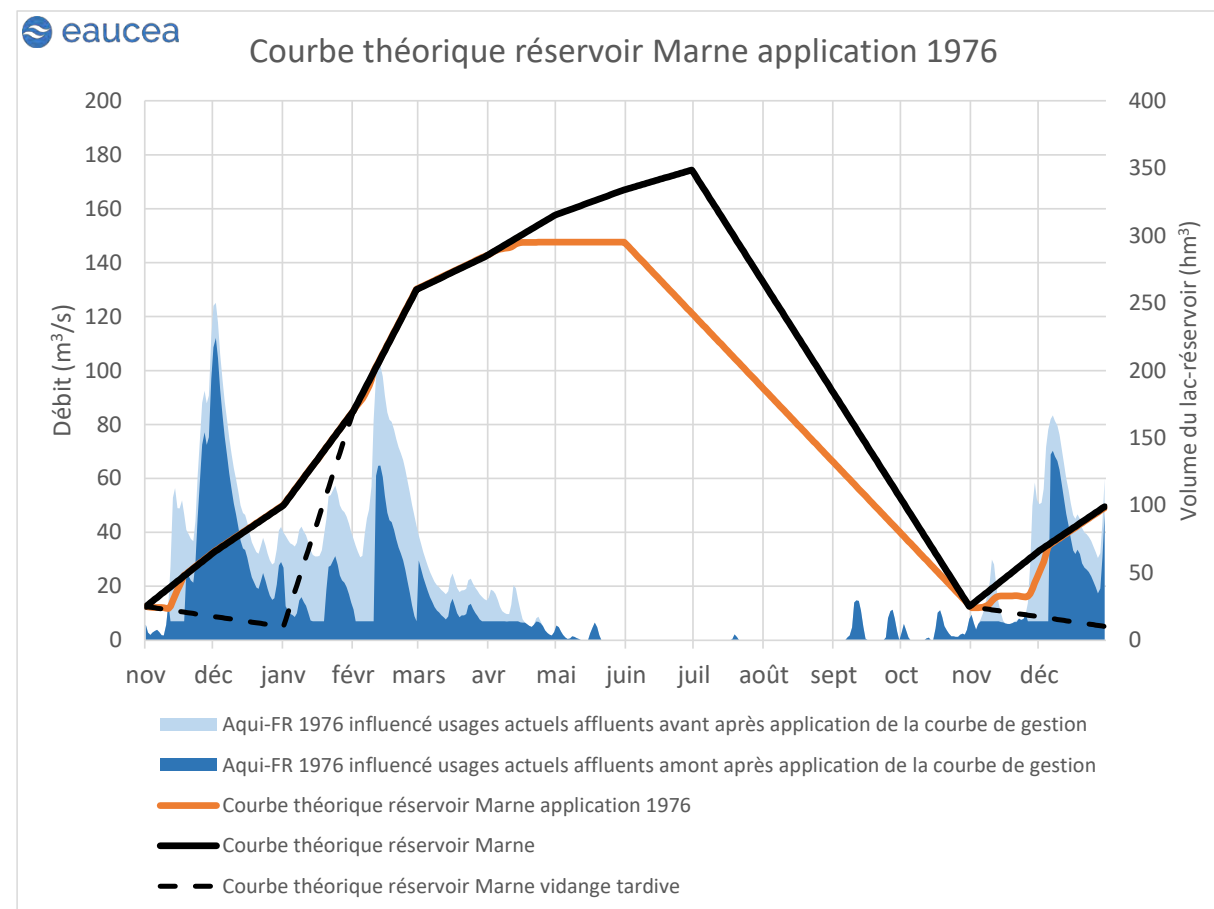
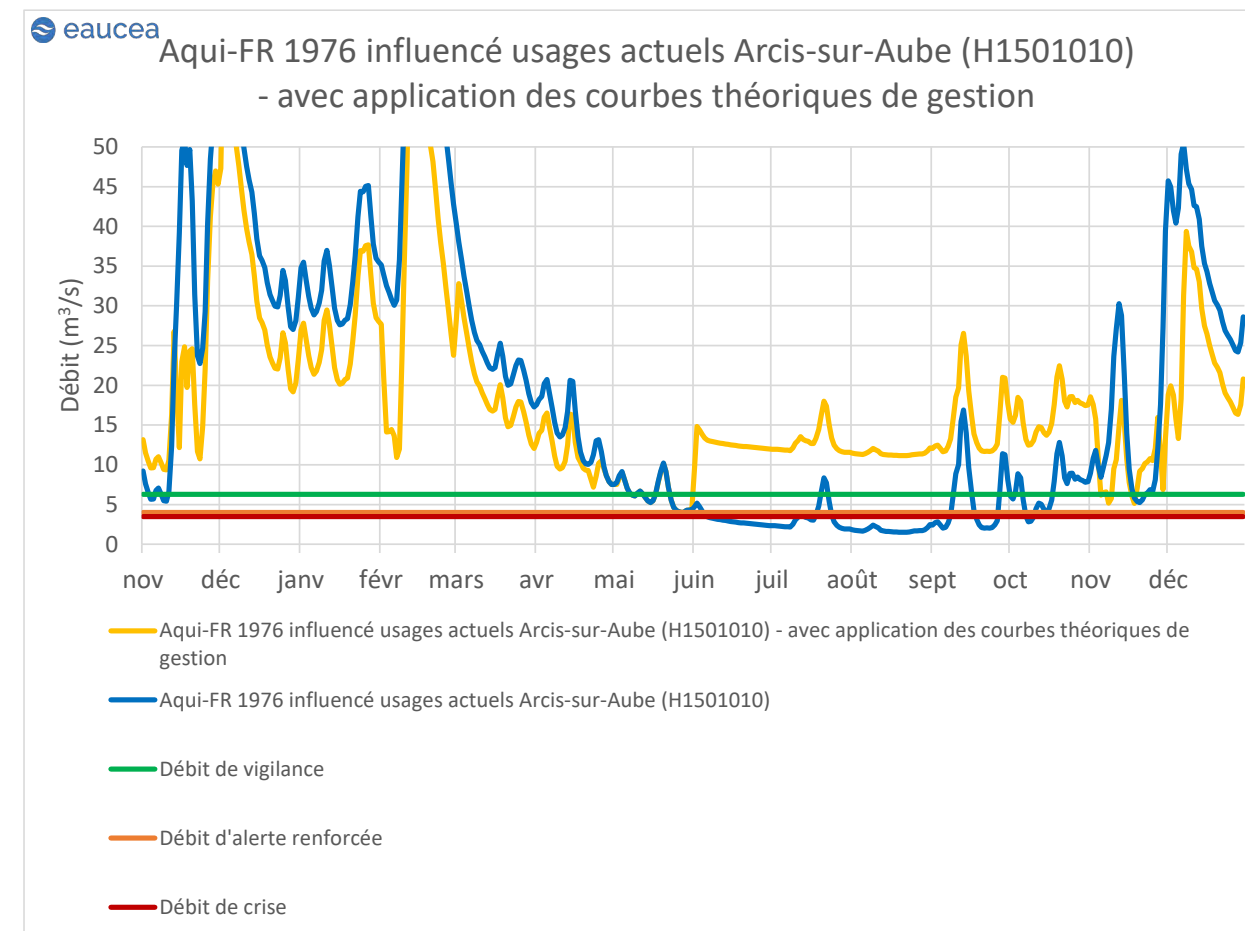
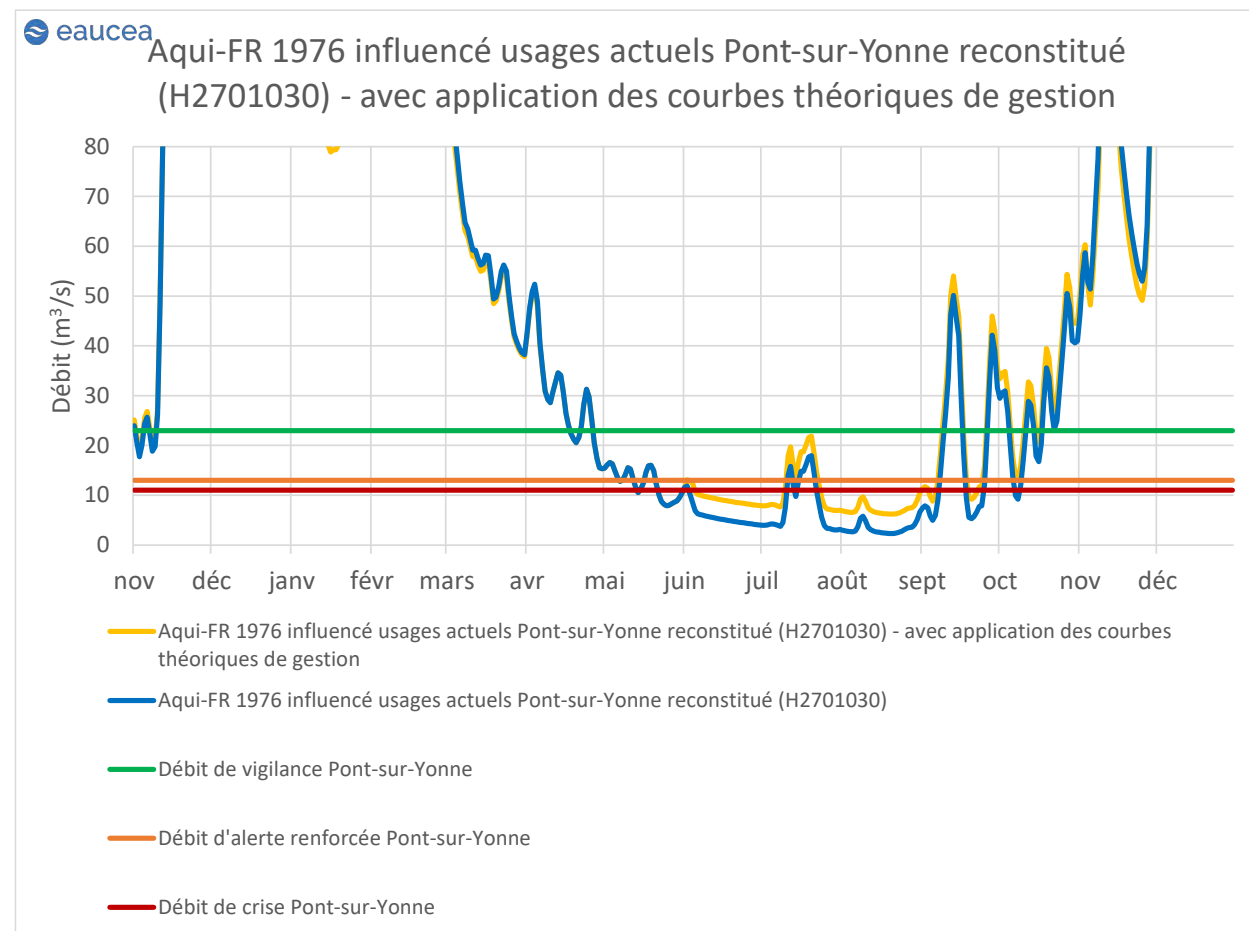
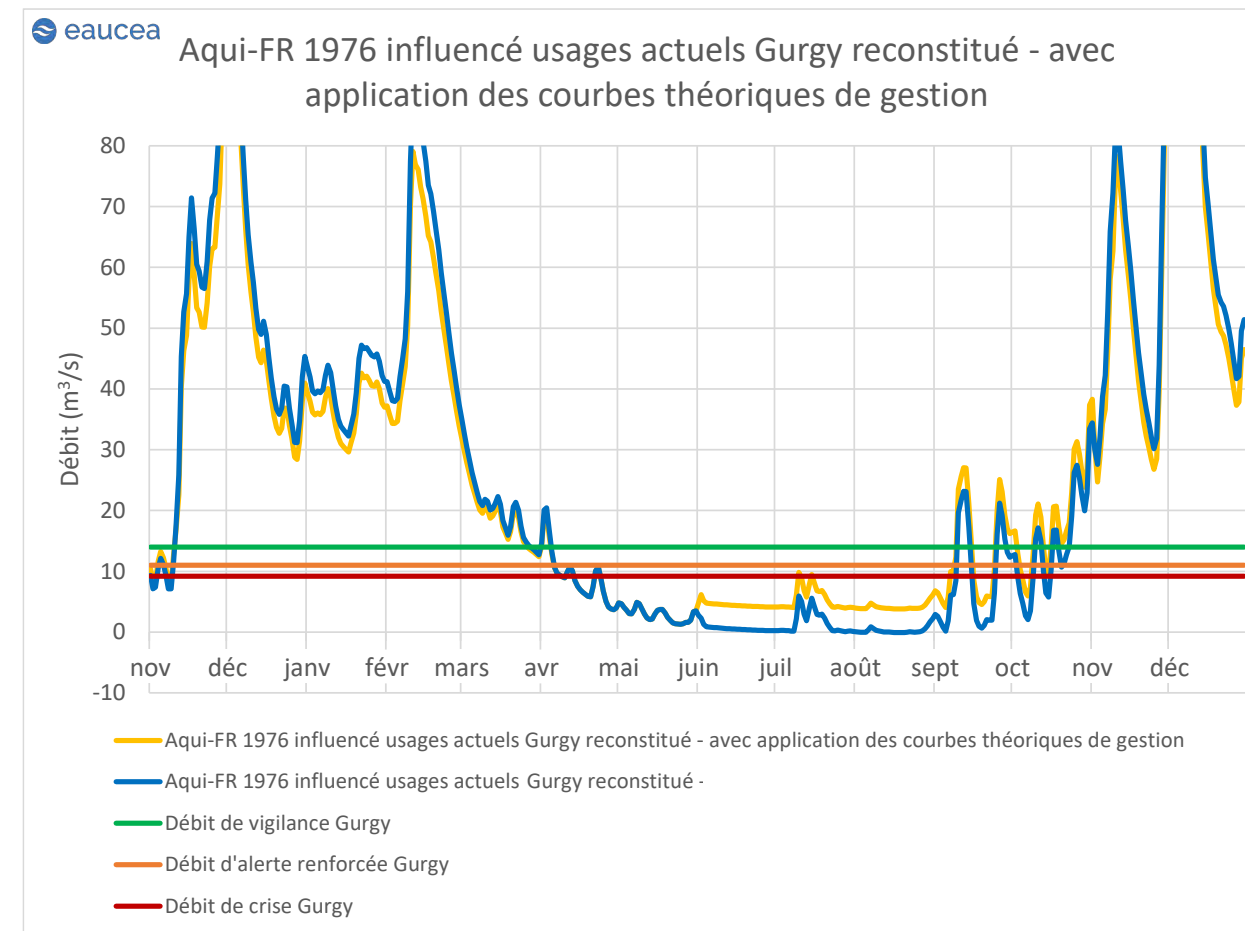
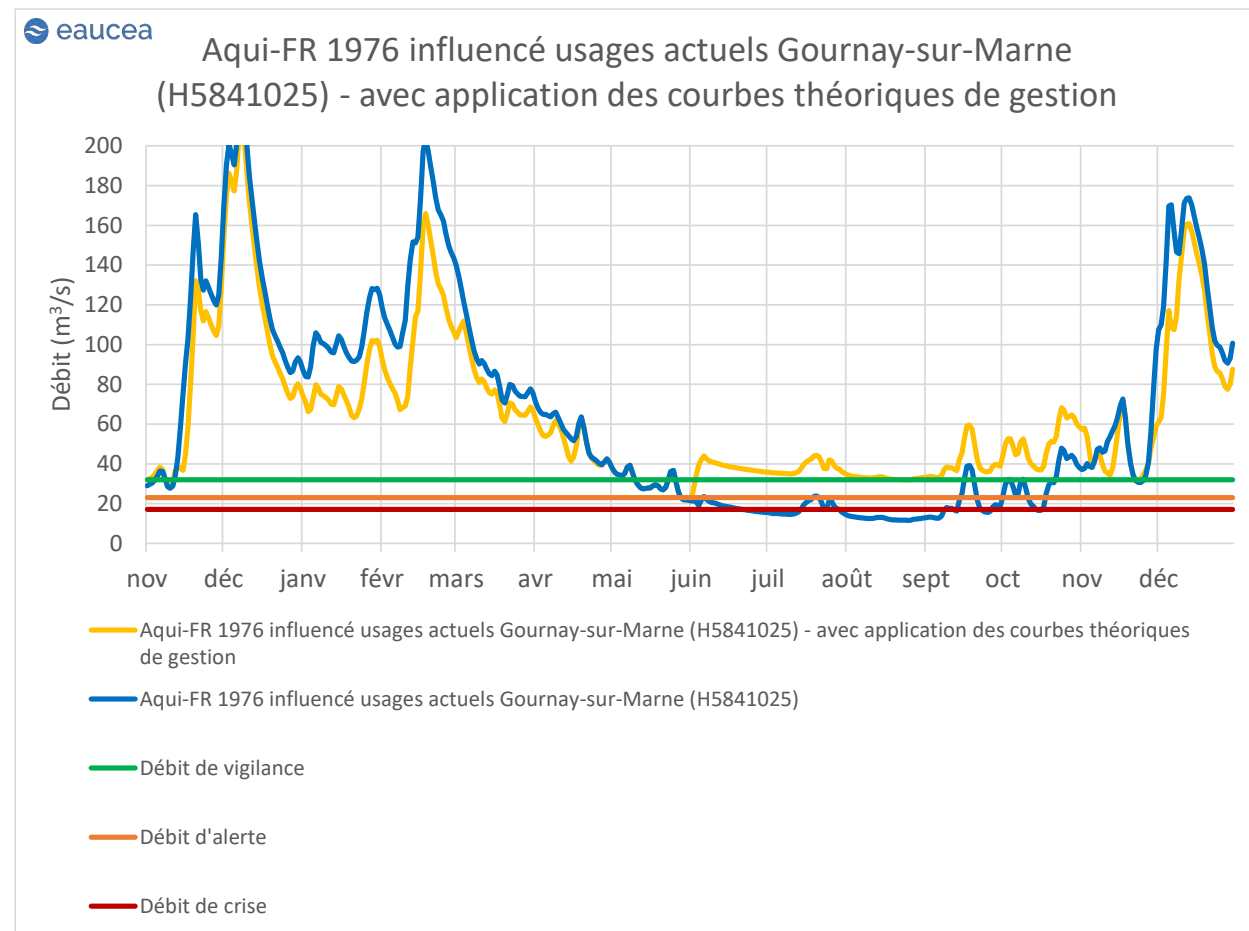
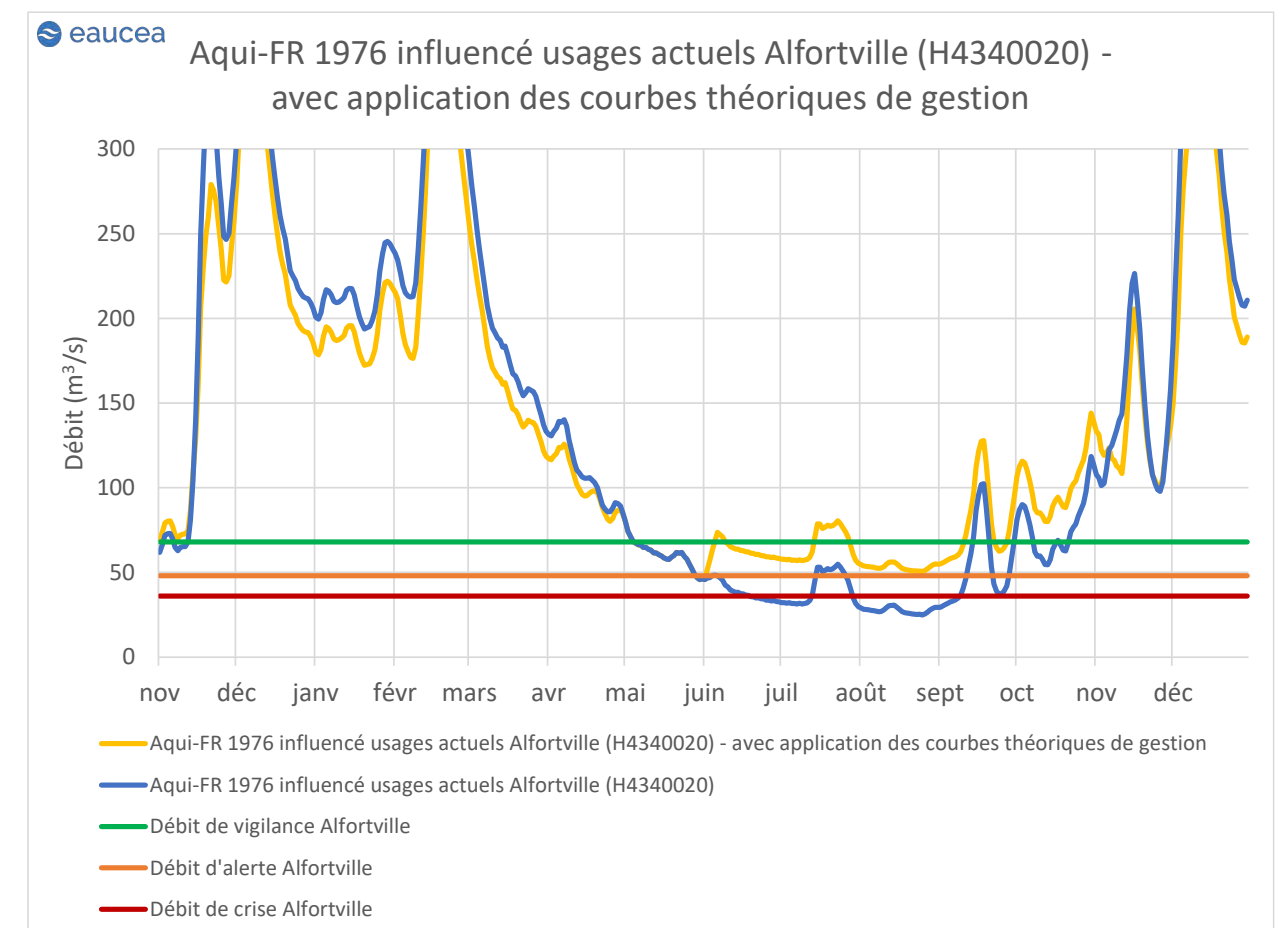
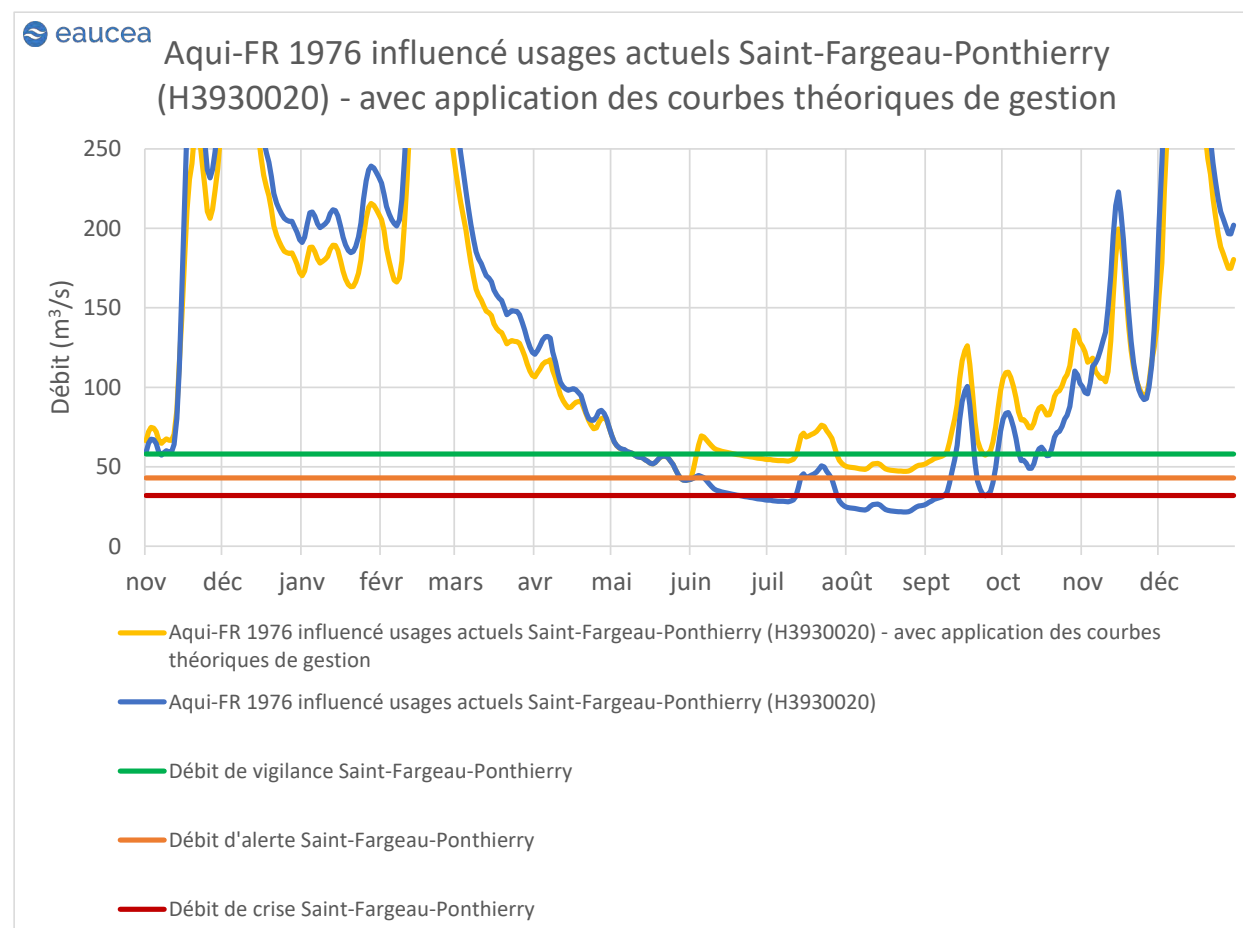
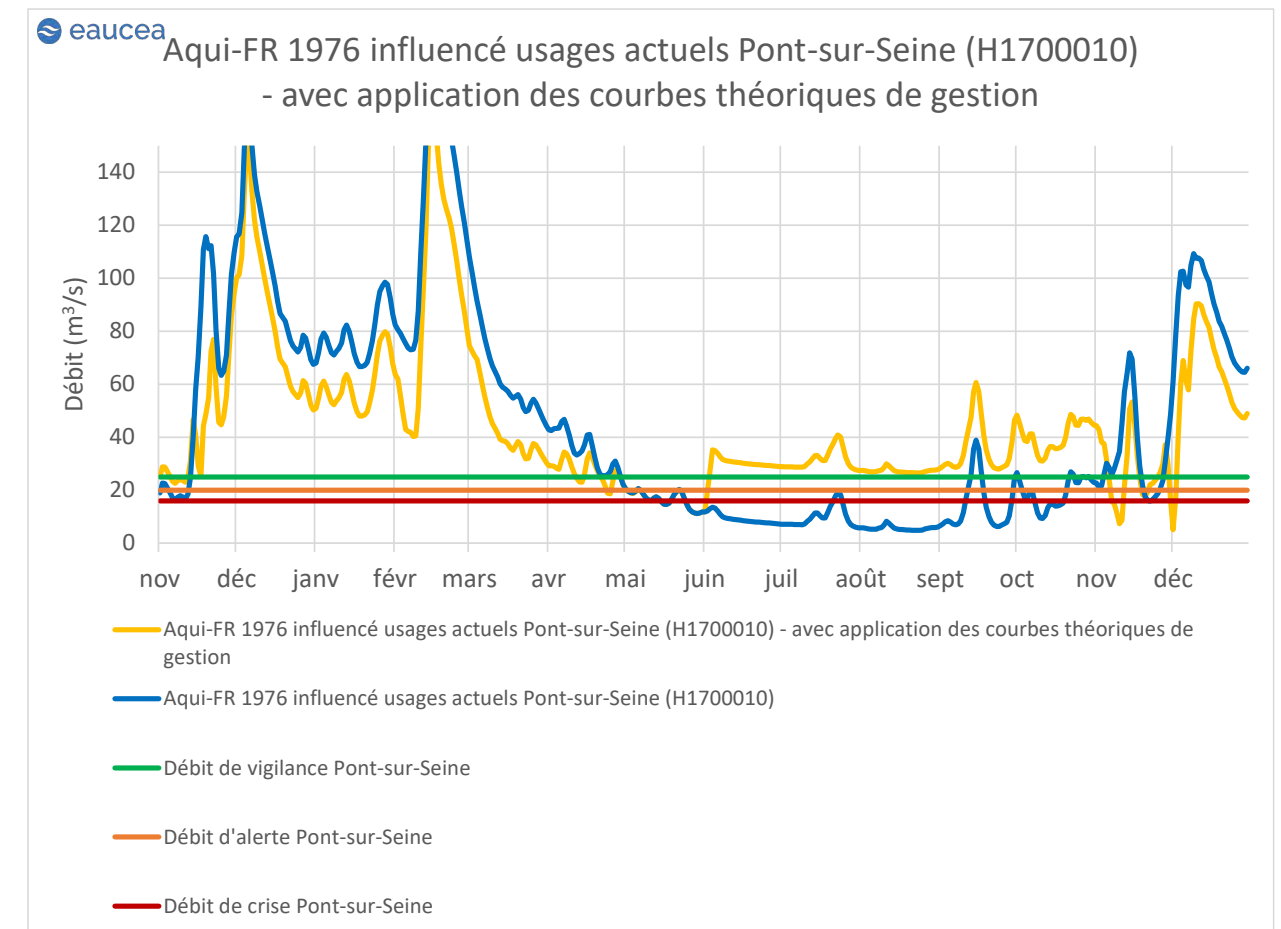
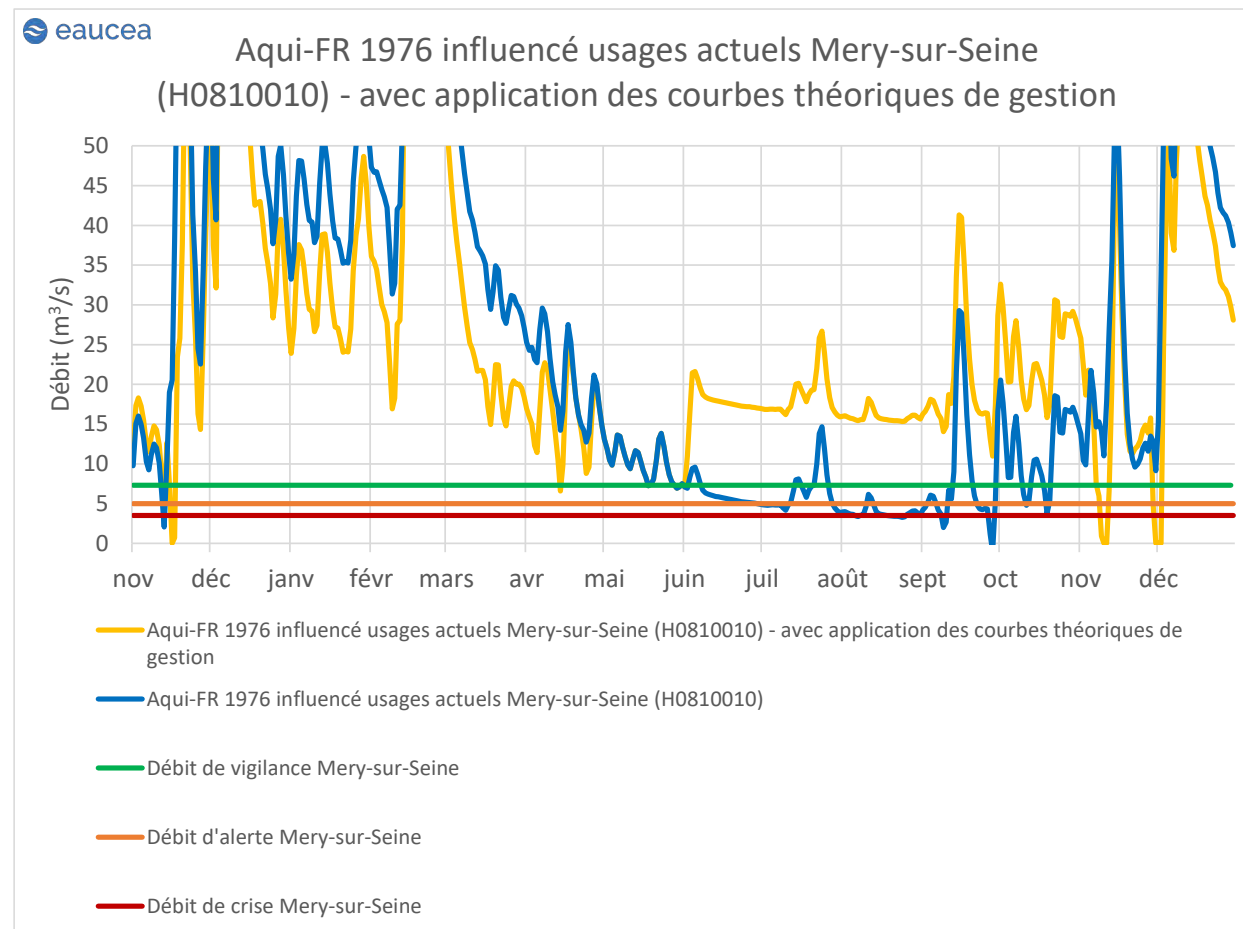


Figure 55 : Courbes de gestion calculées pour l'année 1976 (données AQUI-FR, influencées des usages actuels)





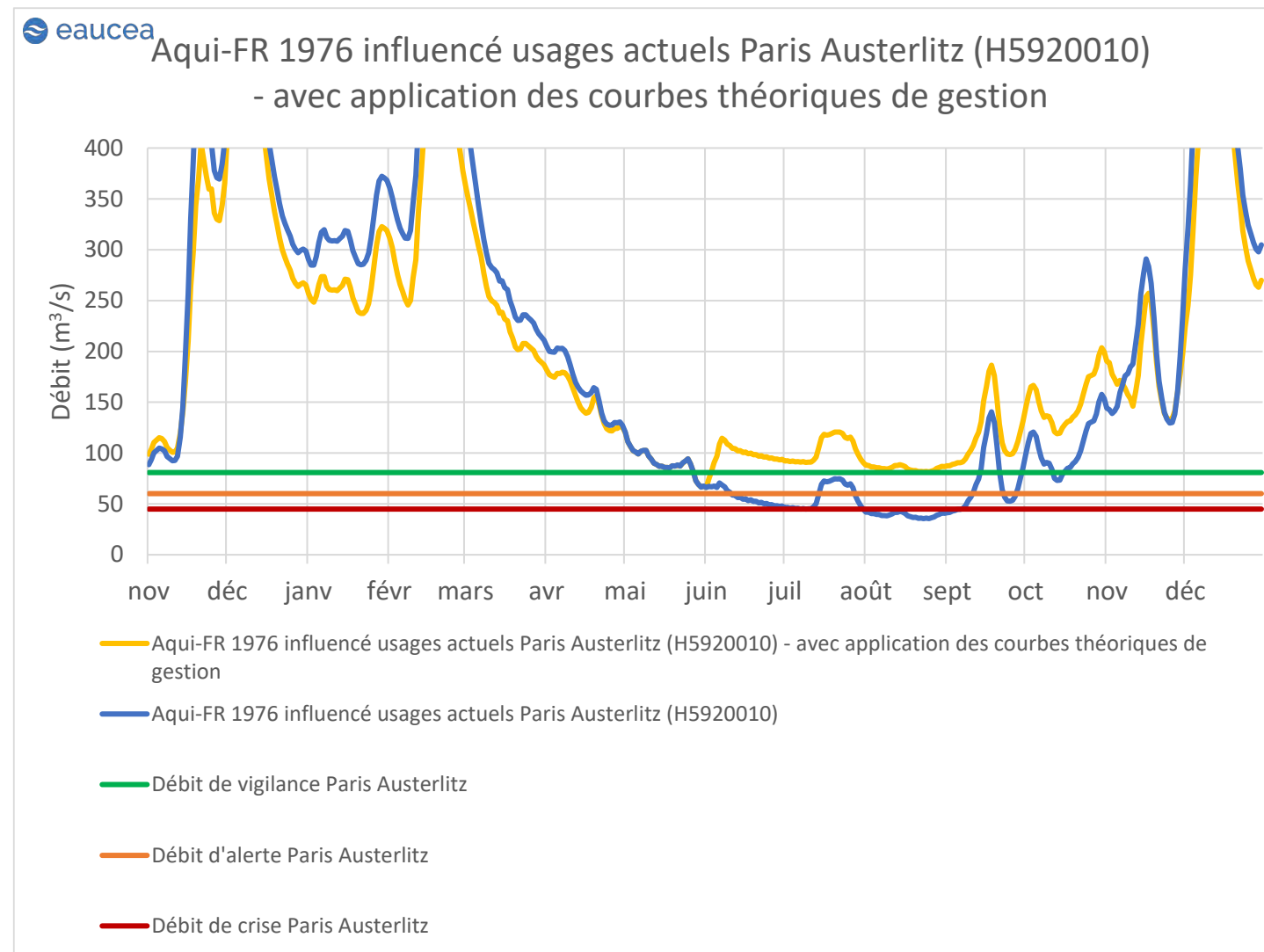


Figure 56 : Débits aux stations aval pour l'année 1976 (données AQUI-FR, influencées des usages actuels et de la gestion des lacs-réservoirs)

1.3.3.6 L'étiage de 1991

L'analyse des courbes de gestion simulée calculées pour l'année 1991 montre (cf. figure 57) :

- des débits importants dès début décembre 1990 sur l'ensemble des stations amonts des lacs-réservoirs. Ces débits importants perdurent jusqu'à fin avril, permettant un remplissage supérieur à 80 %, voire 90 % pour l'ensemble des lacs-réservoirs ;
- la fin d'année présente des débits importants pour les stations amont et une reconstitution rapide du début des stocks.

L'analyse des déstockages, au niveau des stations aval montre (cf. figure 58) :

- sur l'axe Marne, des débits supérieurs au seuil de vigilance durant toute la période de déstockage. Des franchissements très ponctuels du débit de vigilance sont calculés en début et en fin d'étiage. Il n'aurait pas été nécessaire pour cet étiage d'appliquer la courbe de déstockage tardif ;
- sur l'axe Yonne et sur la base des hypothèses prises, des débits sous les seuils d'alerte, puis de crise, de mi-juin à fin septembre ;
- sur l'axe Aube, des débits très fortement supérieurs au seuil de vigilance (≈ 3 fois ce seuil) durant toute la période de déstockage. De faibles débits, de l'ordre du débit de vigilance sont cependant calculés en début d'étiage et en fin d'étiage. Il n'aurait pas été nécessaire pour cet étiage d'appliquer la courbe de déstockage tardif ;
- sur l'axe Seine des débits avec les lâchers :
 - bien supérieurs au débit de vigilance à Méry-sur-Seine, Pont-sur-Seine et Paris Austerlitz, excepté en début et en fin d'étiage à Pont-sur-Seine ;
 - des débits compris entre le débit de vigilance et le débit d'alerte renforcée entre août et septembre à Saint-Fargeau-Ponthierry et Alfortville ;
- à noter qu'en période de stockage, l'absence de limitation du débit de stockage relativement aux seuils de gestion en aval, est susceptible d'induire des passages fréquents et durables sous ces seuils de gestion.

Pour cet étiage intense et court et récent de 1991, les débits élevés en début d'année auraient permis un remplissage important des lacs-réservoirs et des débits de déstockages permettant la tenue des objectifs sur la plupart des stations, hors axe Yonne.

Cet étiage illustre parfaitement, en cas de remplissage conséquent des lacs-réservoirs les volumes importants à disposition comparativement aux besoins en étiage, mêmes pour des étiages sévères. Sur l'axe Yonne, les volumes disponibles ne permettent pas la tenue des objectifs. Comme pour les étiages de 1949 et 1976, il illustre aussi la question de la cohérence et la pertinence des seuils entre les stations.

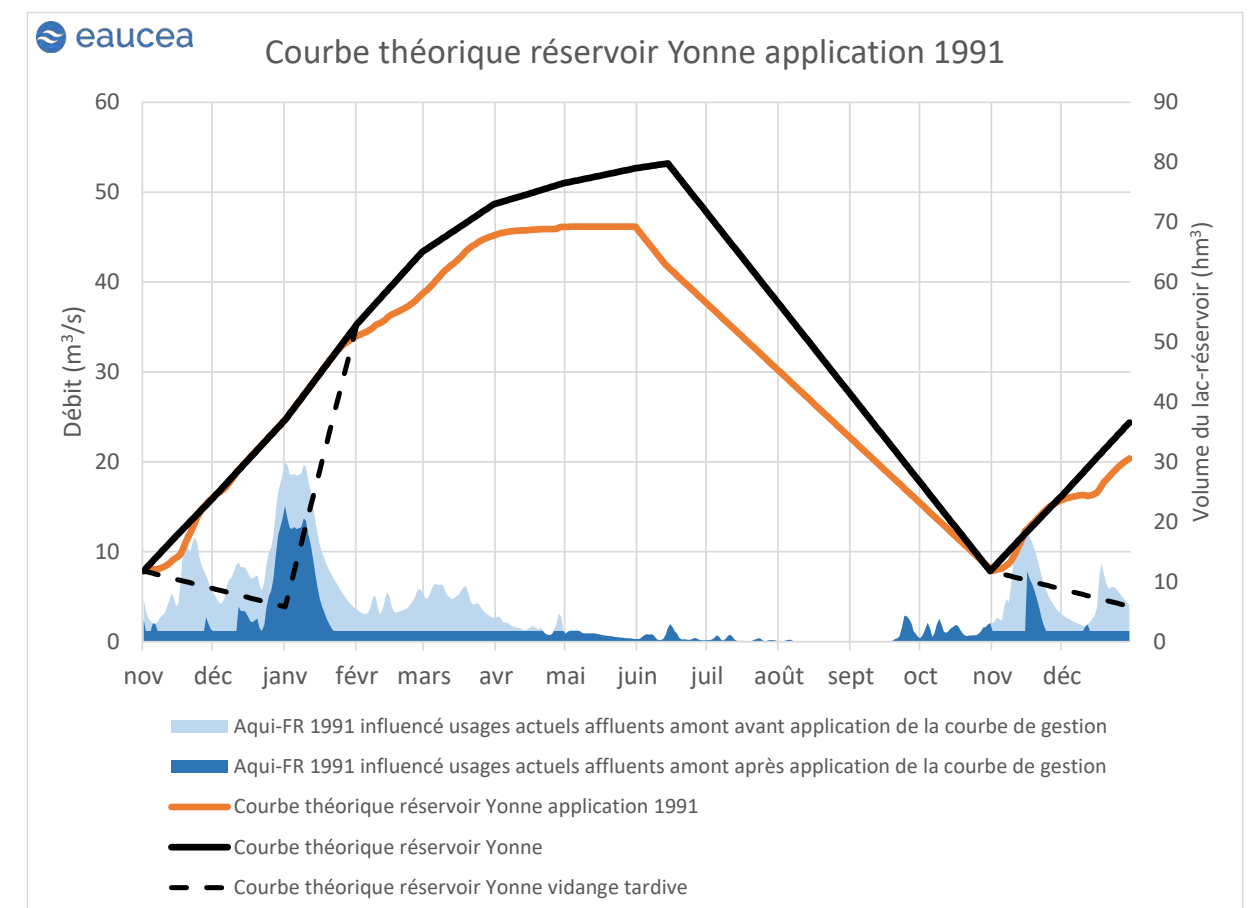
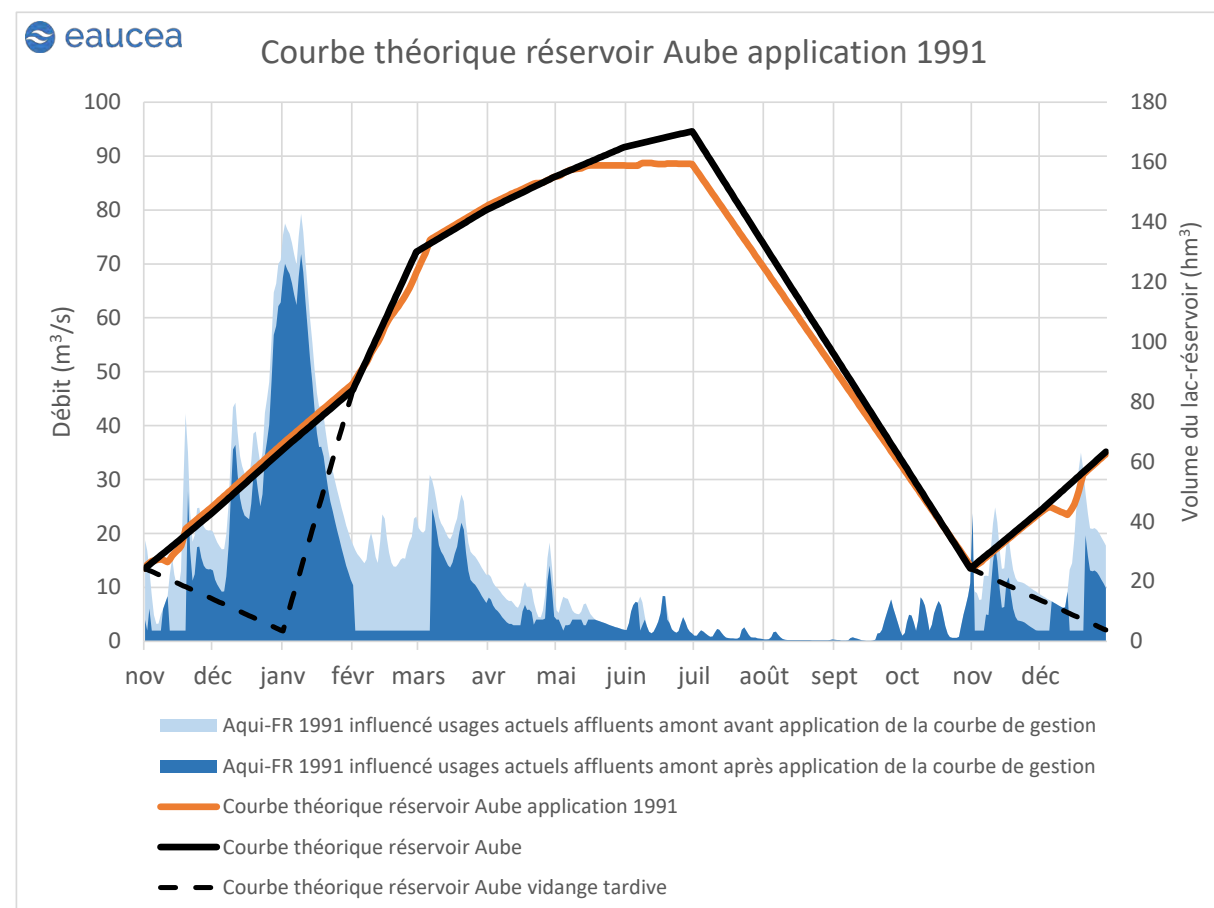
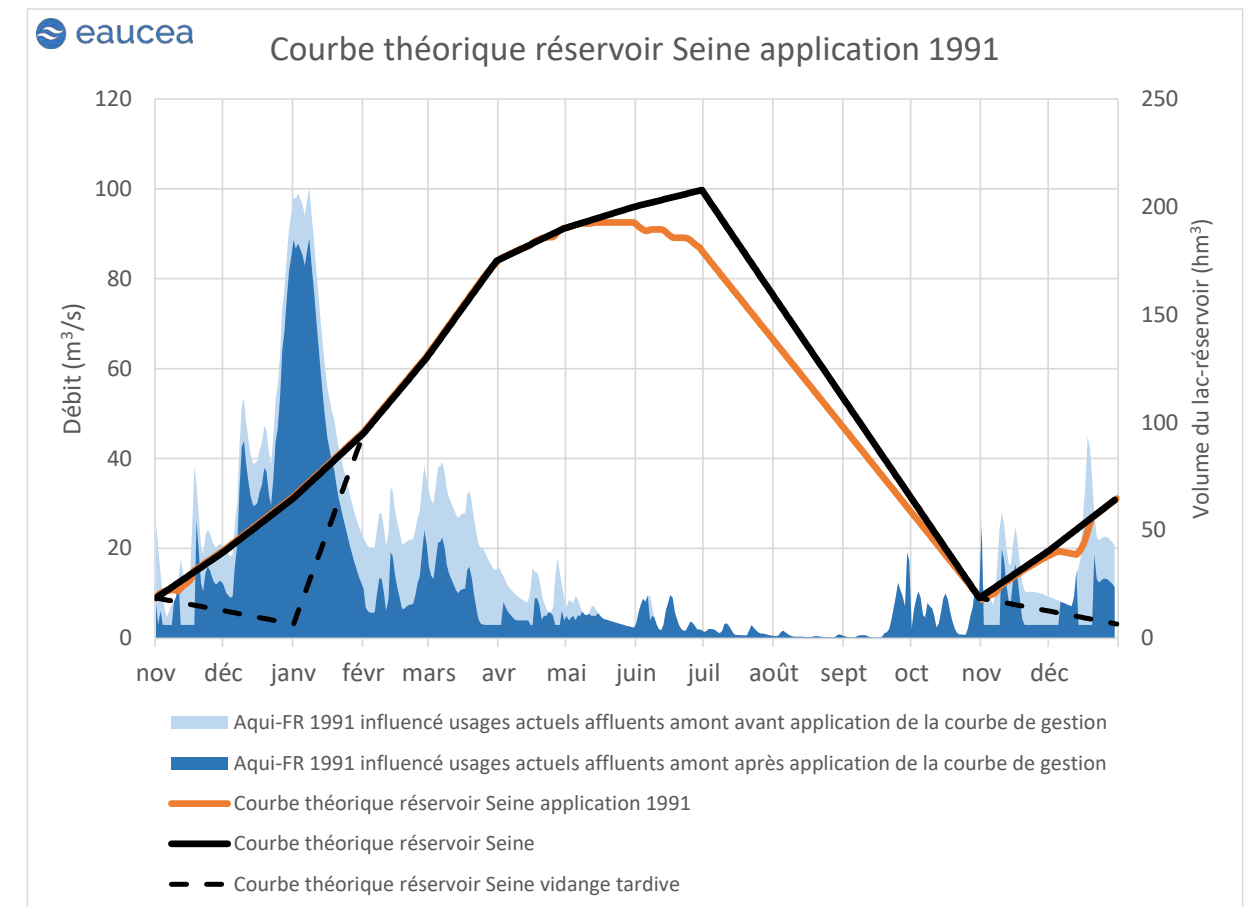
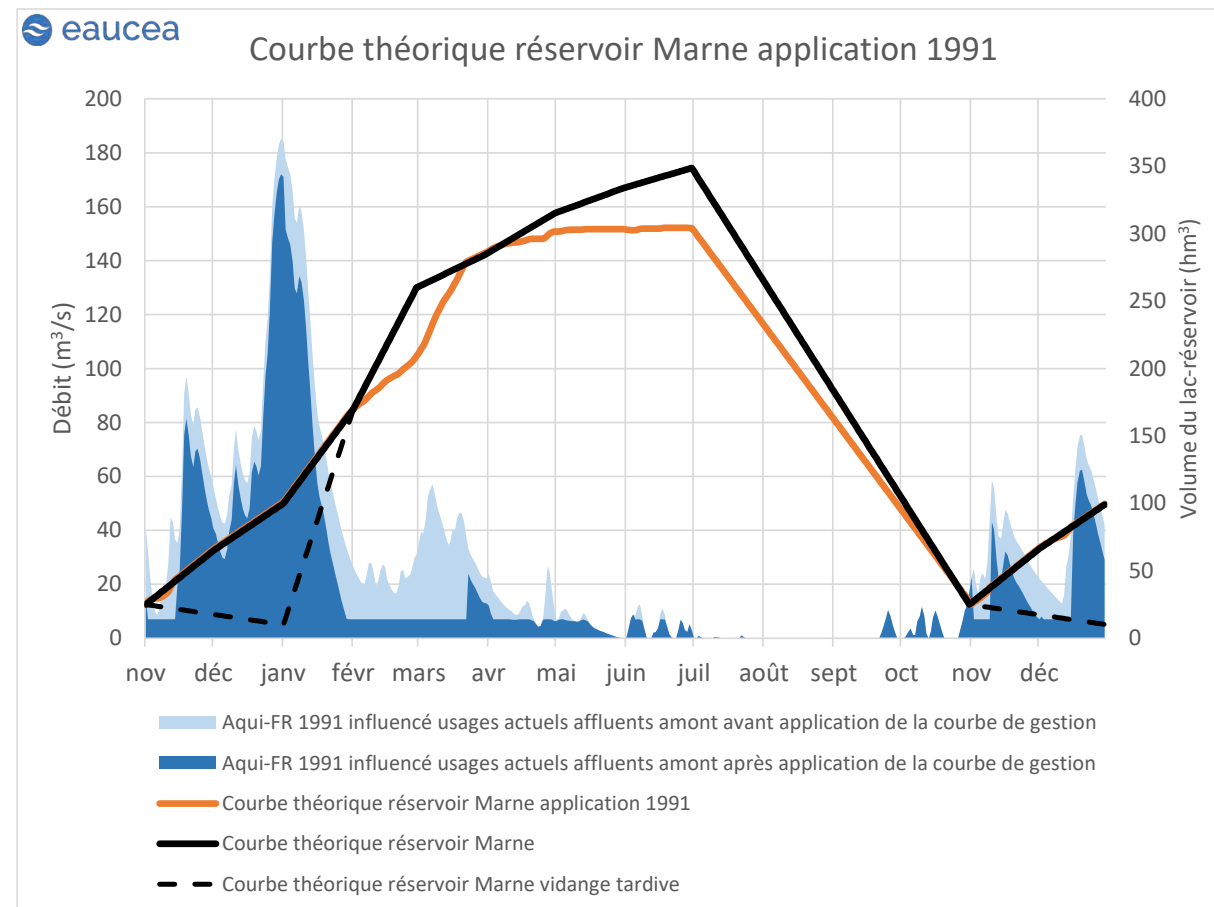
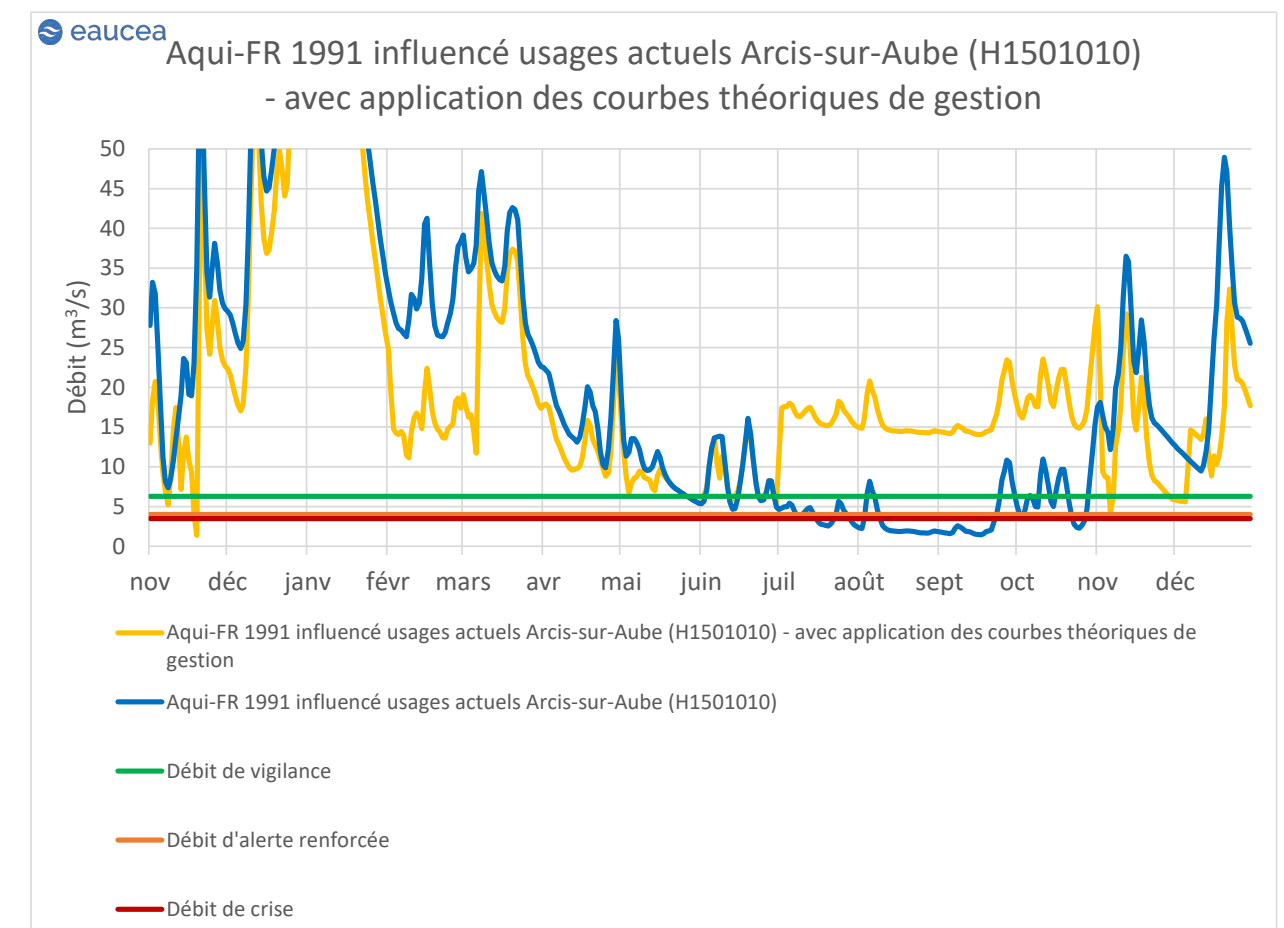
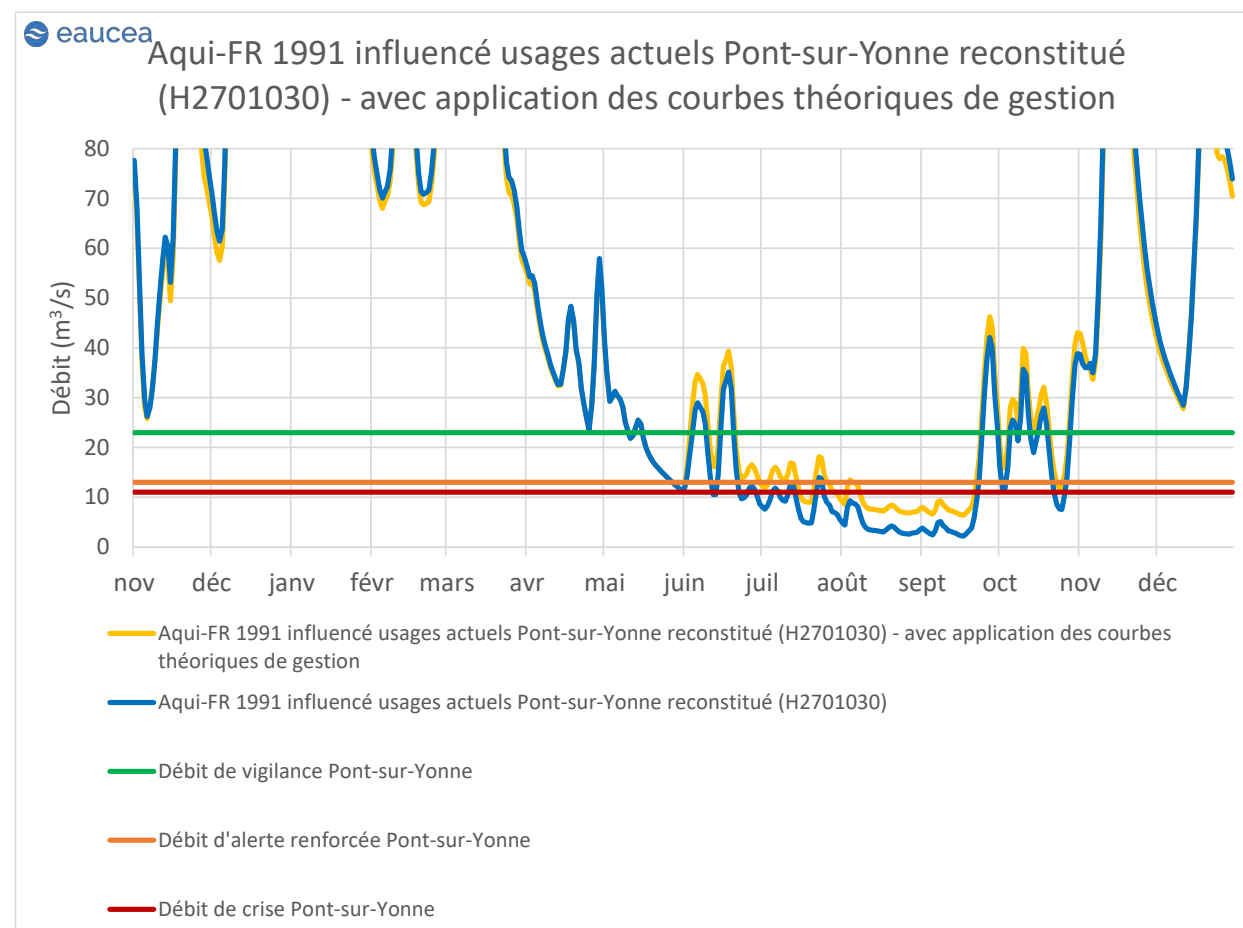
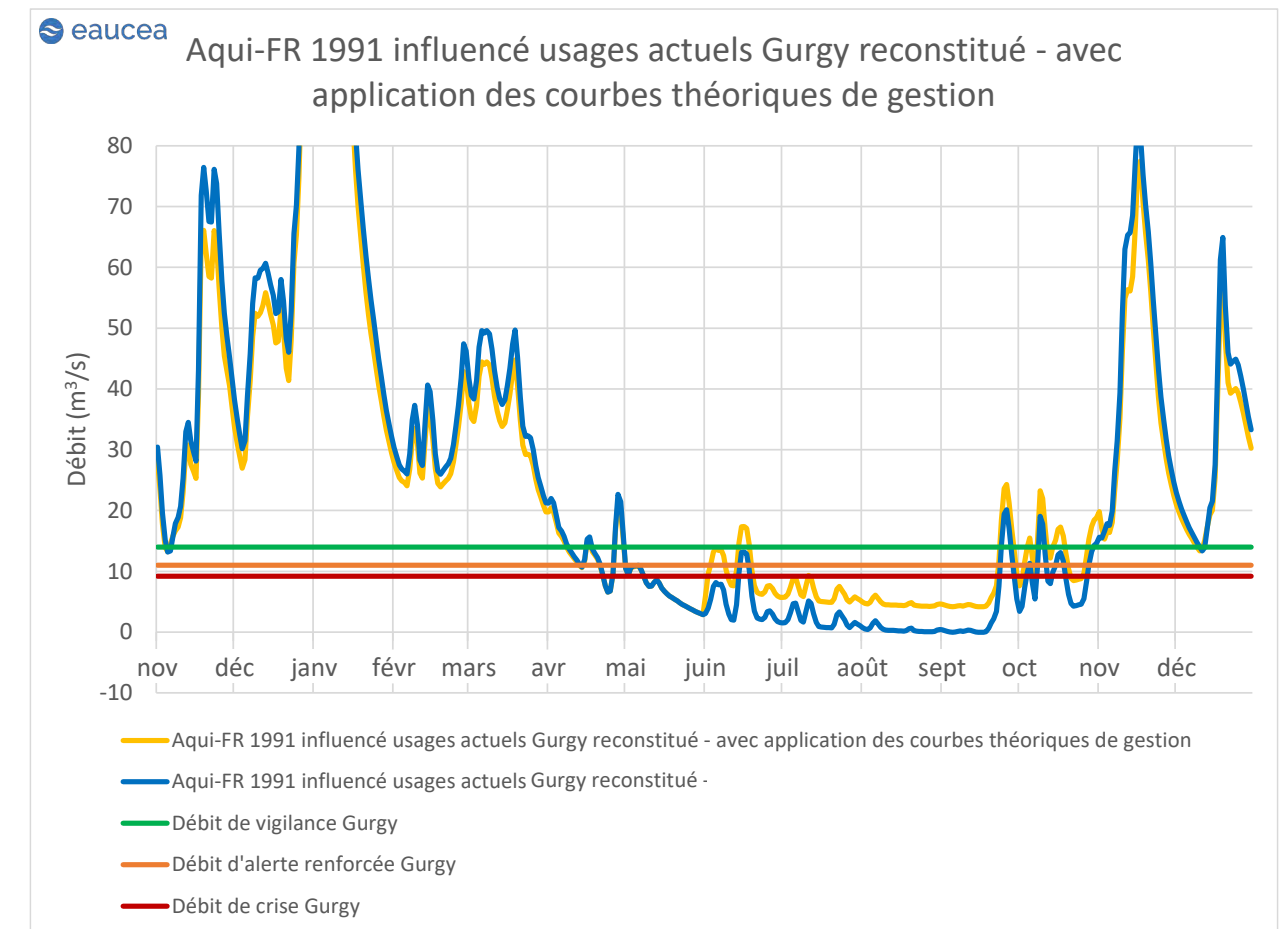
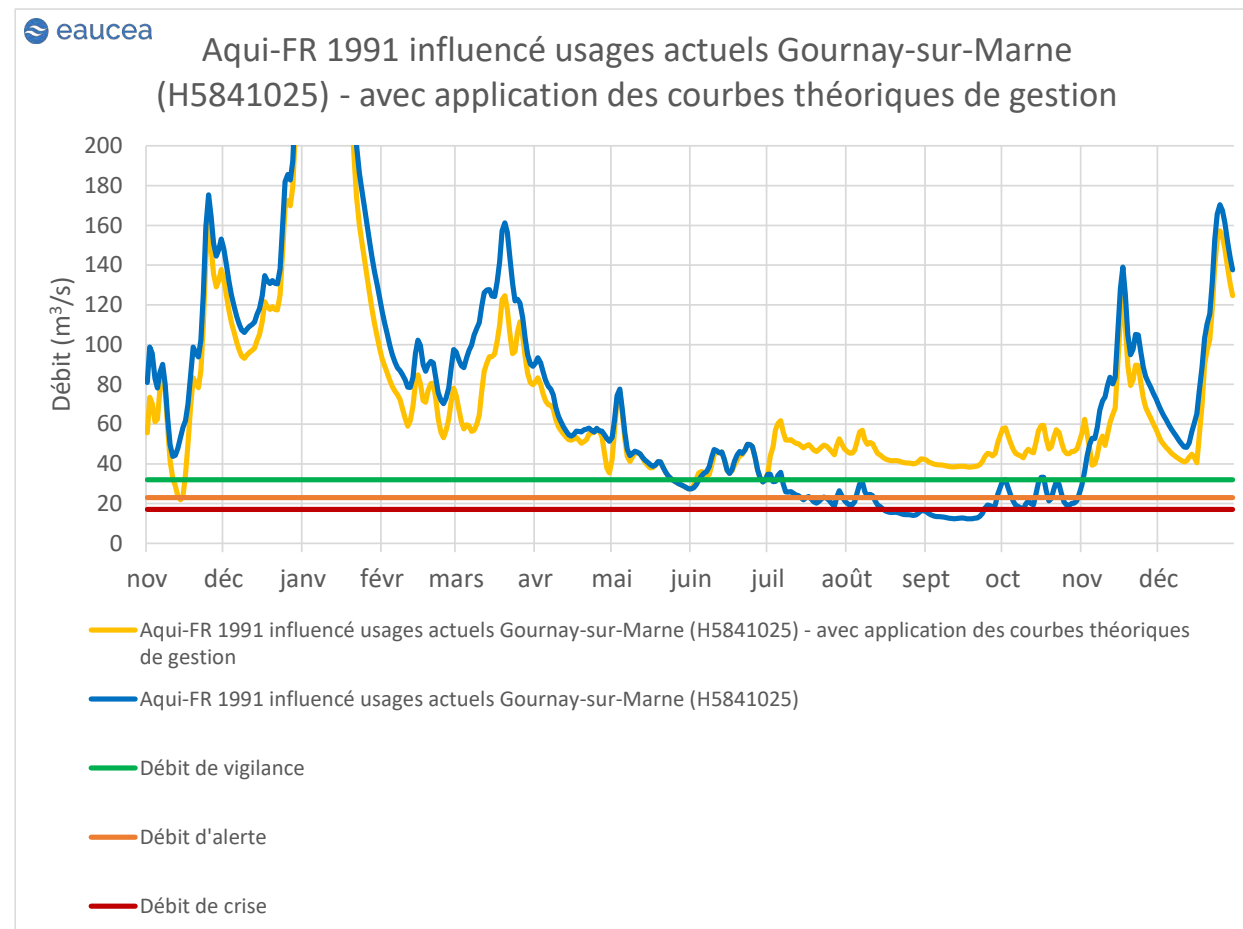
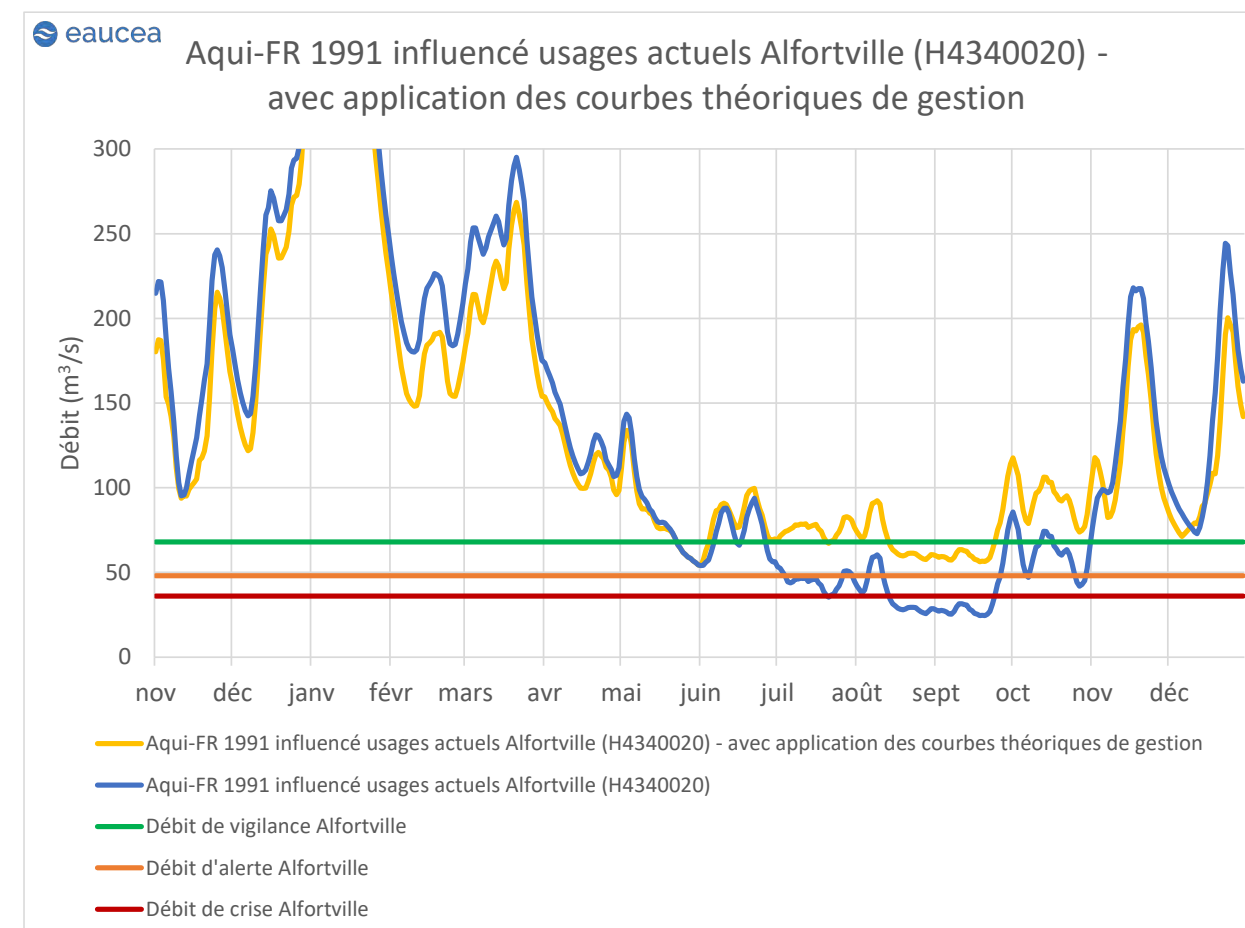
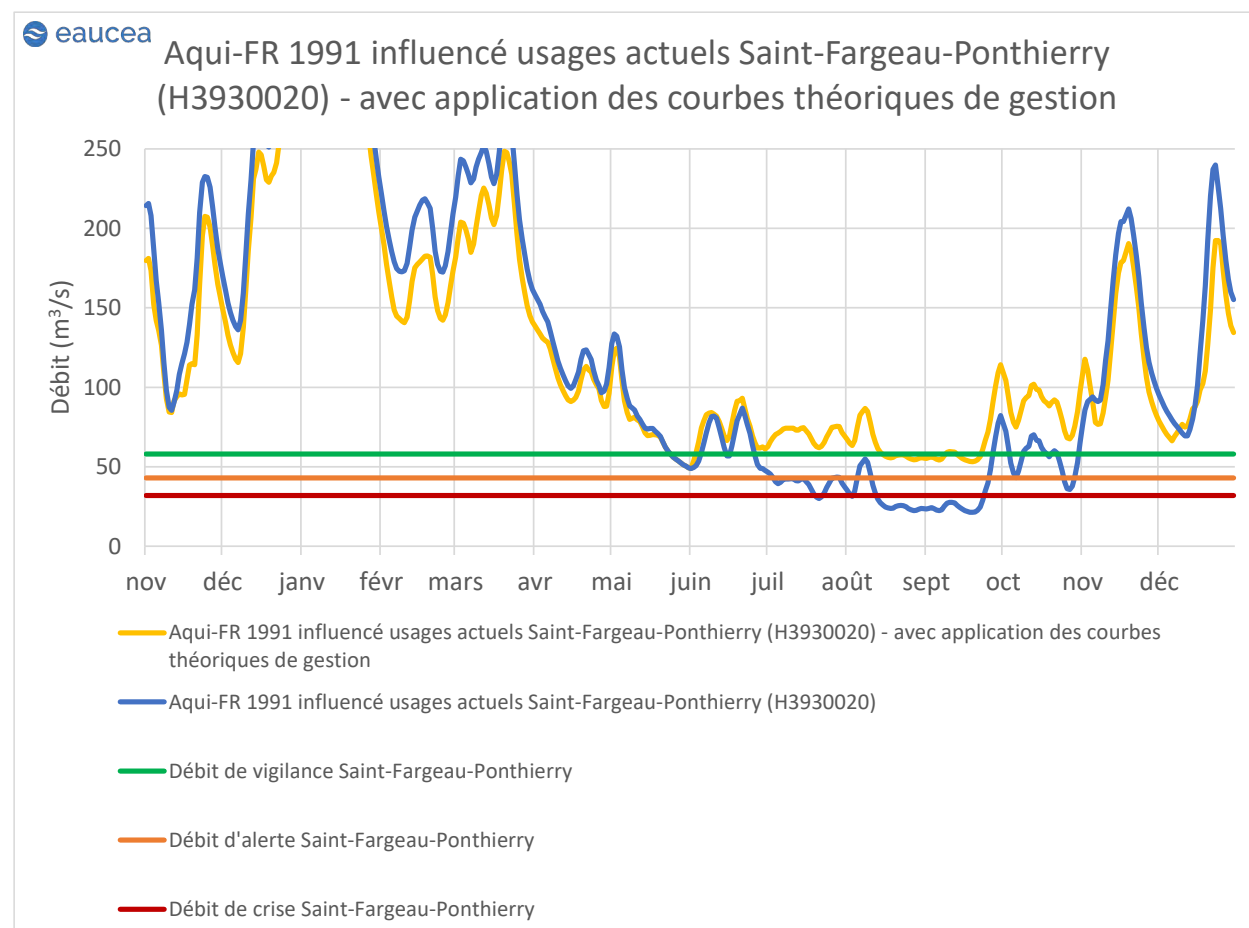
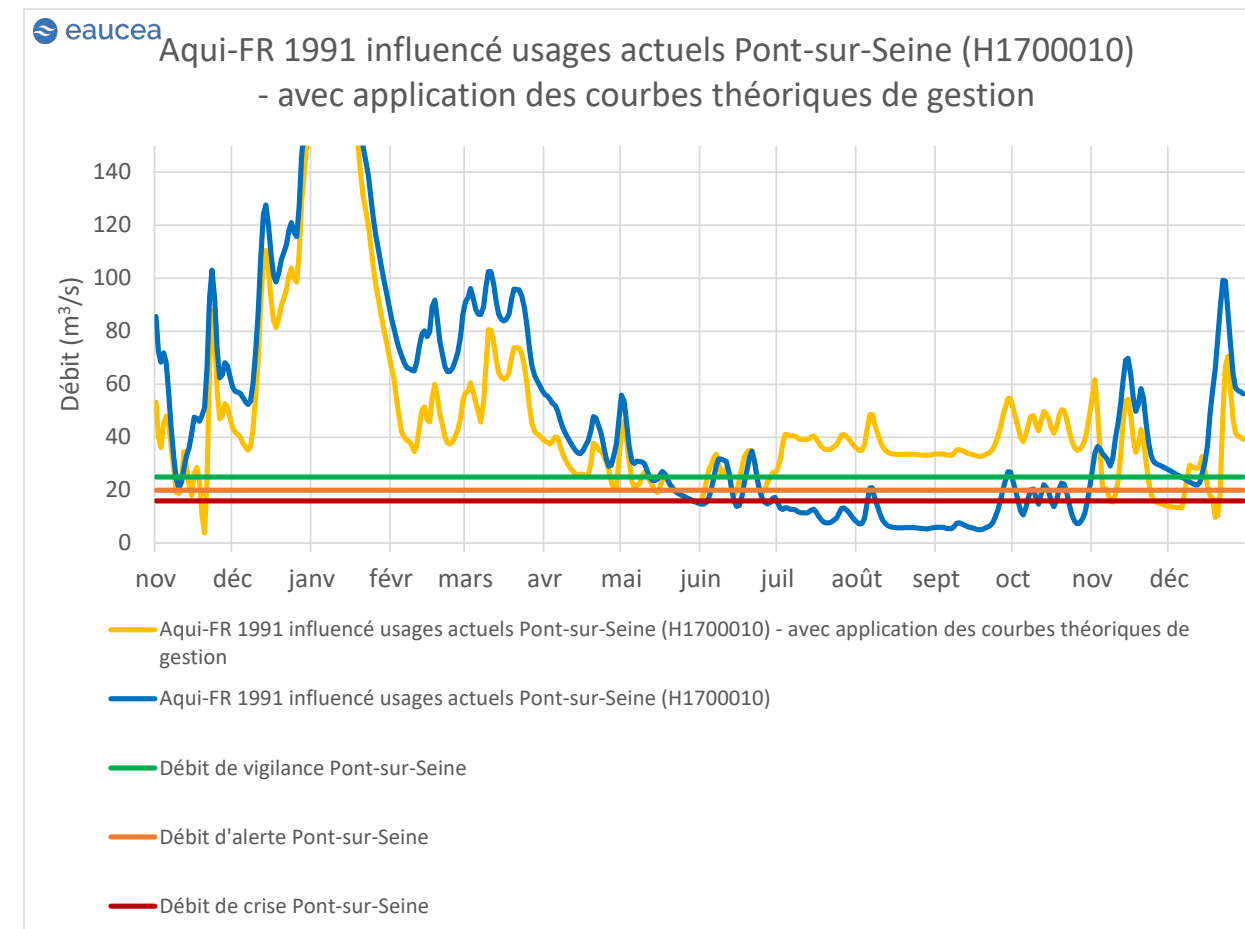
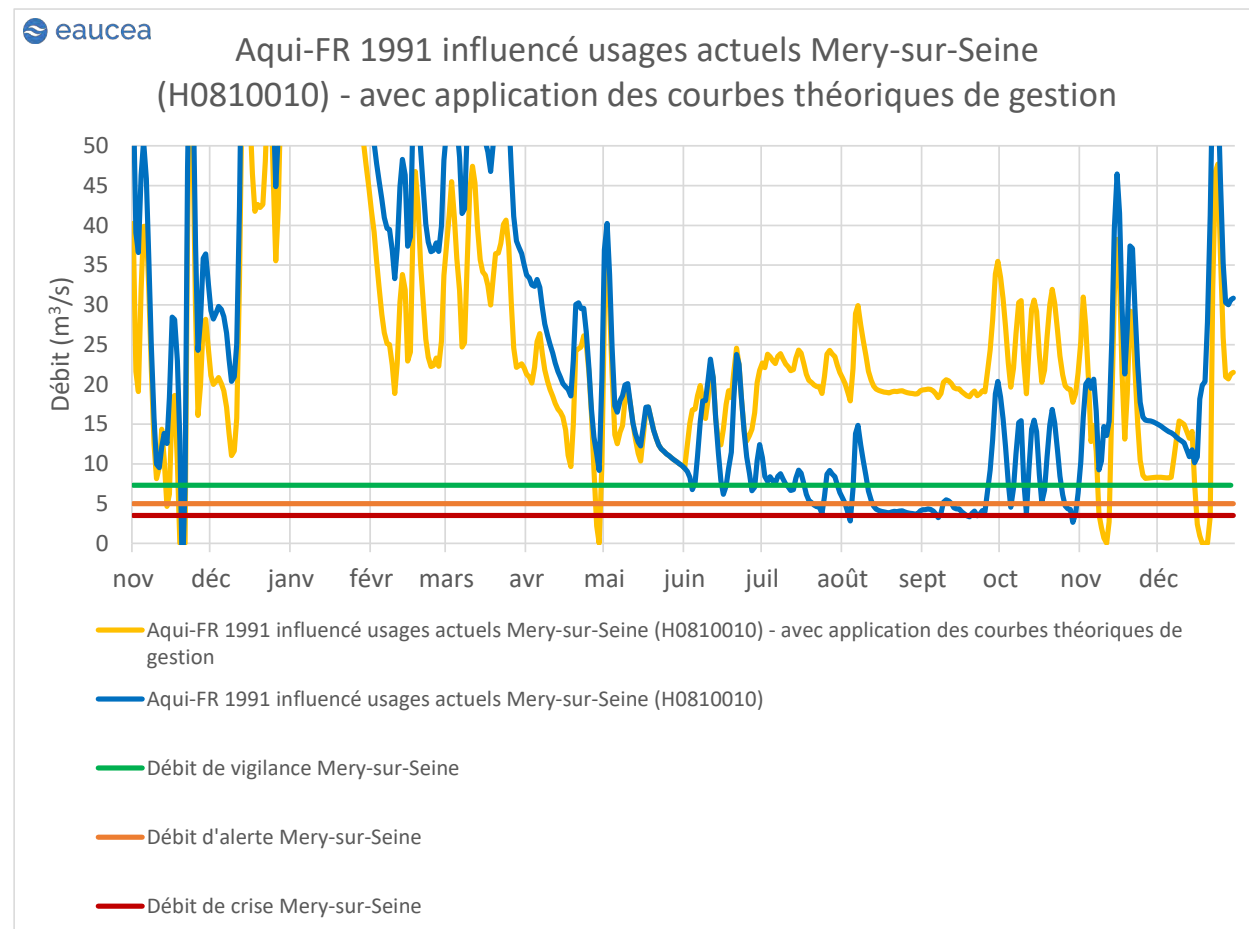


Figure 57 : Courbes de gestion calculées pour l'année 1991 (données AQUI-FR, influencées des usages actuels)





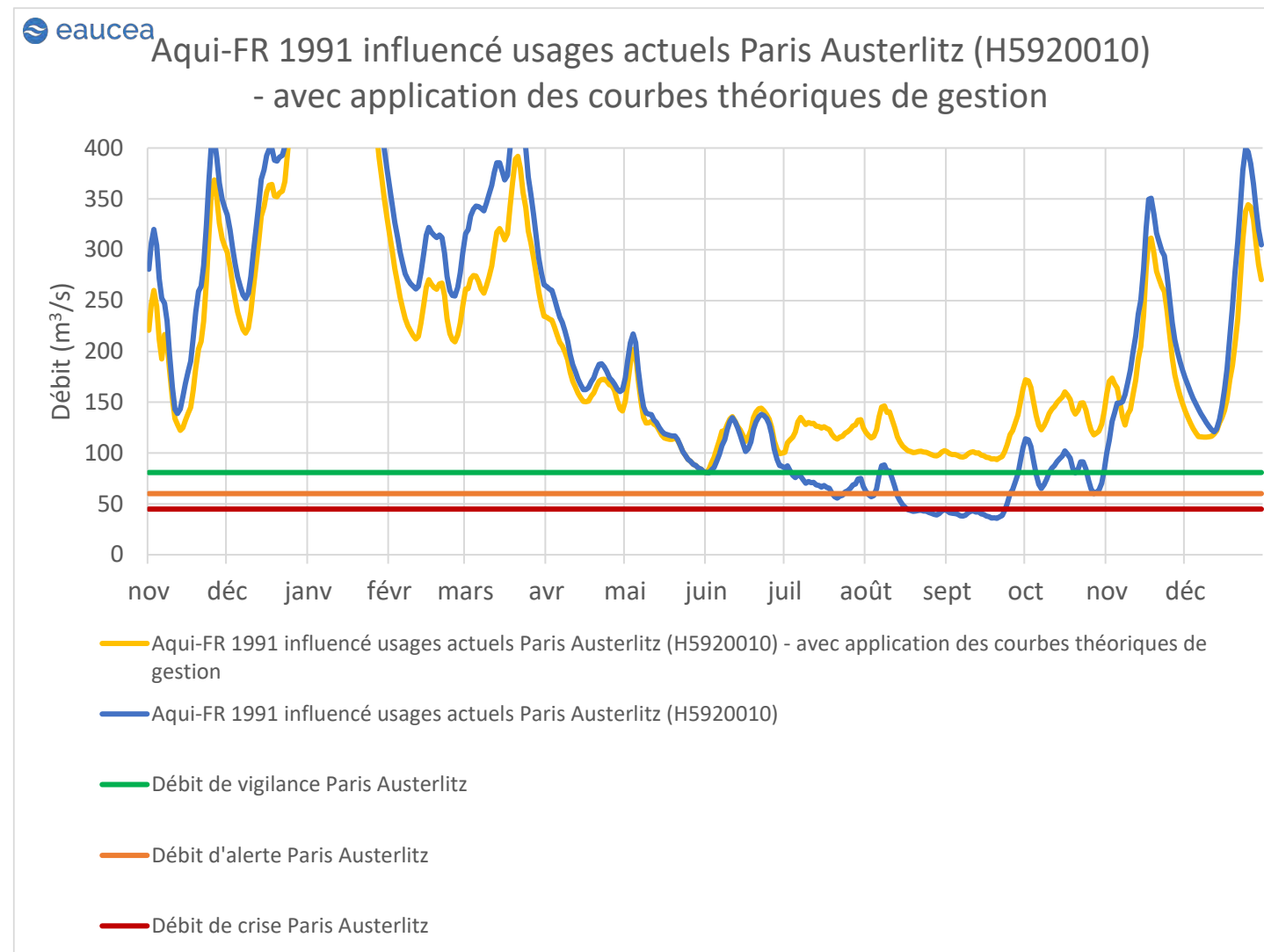


Figure 58 : Débits aux stations aval pour l'année 1991 (données AQUI-FR, influencées des usages actuels et de la gestion des lacs-réservoirs)

1.3.3.7 Bilan

L'analyse de l'application des courbes théoriques de gestion pour les 4 étiages retenus illustrent parfaitement :

- la relation importante entre les débits des stations amont durant la période de remplissage et les capacités de déstockages des lacs-réservoirs (**cf. tableau 10**) ;
- pour des années avec de très faibles débits amont et de faibles remplissages des lacs-réservoirs (inférieurs à 50 % des capacités, **cf. tableau 9**), la tenue des objectifs en période de déstockage peut s'avérer problématique avec le franchissement potentiel de seuils susceptibles d'entraîner des restrictions d'usages. Cependant cette situation théorique n'a été mise en évidence qu'une seule année sur l'ensemble de la chronique de débit naturels reconstitués (impactés des usages actuels étudiée) de 1900 à 2008. Il s'agit donc d'une situation particulièrement exceptionnelle aujourd'hui ;
- pour les années présentant des débits des stations amont permettant un remplissage correct des lacs-réservoirs (supérieur à 80 % des capacités), même pour des étiages particulièrement sévères, en période de déstockage, seuls les seuils de vigilance des stations de Saint-Fargeau-Ponthierry et Alfortville sont potentiellement franchis ;
- en période d'étiage précoce, l'application des courbes de gestion actuelle, même avec une gestion « opérationnelle » et un déstockage potentiel à partir de début juin est susceptible d'entraîner de faibles débits et des franchissement de seuils sur l'ensemble des stations ;
- en période d'étiage tardif, hors étiage particulièrement exceptionnel comme 1921, l'application des courbes de déstockage tardif permet la tenue des objectifs aval ;
- en période de stockage, l'absence de limitation du débit de stockage relativement aux seuils de gestion en aval, est susceptible d'induire des passages fréquents et durables sous ces seuils de gestion ;
- sur l'axe Yonne, même en cas de remplissage important du réservoir, les volumes disponibles sont très inférieurs aux besoins pour la tenue des objectifs, en étiage sévère. Aucune station AQUI-FR n'étant présente en amont du réservoir de Pannecière, une approximation a été réalisée qui peut être source d'incertitude.

Remplissage max % du lac-réservoir	Lac-réservoir			
	Marne	Aube	Seine	Pannecière
Année				
1921	26	36	24	34
1949	68	73	68	41
1976	81	89	82	78
1991	84	94	88	84

Tableau 9 : Niveaux de remplissages théoriques des lacs-réservoirs atteints pour les 4 étiages historiques avec application des règles de gestion actuelles

Débit de destockage (m ³ /s)		Lac-réservoir			
Année		Marne	Aube	Seine	Pannecière
1921		5.4	3.0	2.5	1.2
1949		18.4	8.1	10.1	1.7
1976		20.4	9.6	12.0	3.9
1991		26.1	12.6	17.9	5.7

Tableau 10 : Débits de déstockages théoriques atteints pour les 4 étiages historiques avec application des règles de gestion actuelles

1.4 L'impact des usages actuels pour des étiages sévères passés

1.4.1 La méthodologie

Sur la base des données de débits naturalisés des 4 étiages sévères, les impacts des usages actuels ont été déterminés à partir de l'application d'un modèle PGE (Plan de Gestion des Etiages) présenté au **paragraphe 5 du rapport de phase 1**. Les données des usages utilisés en entrée du modèle sont présentées dans le **rapport de phase 2 (cf. figure 59)**.

Localisation des points de prélèvement

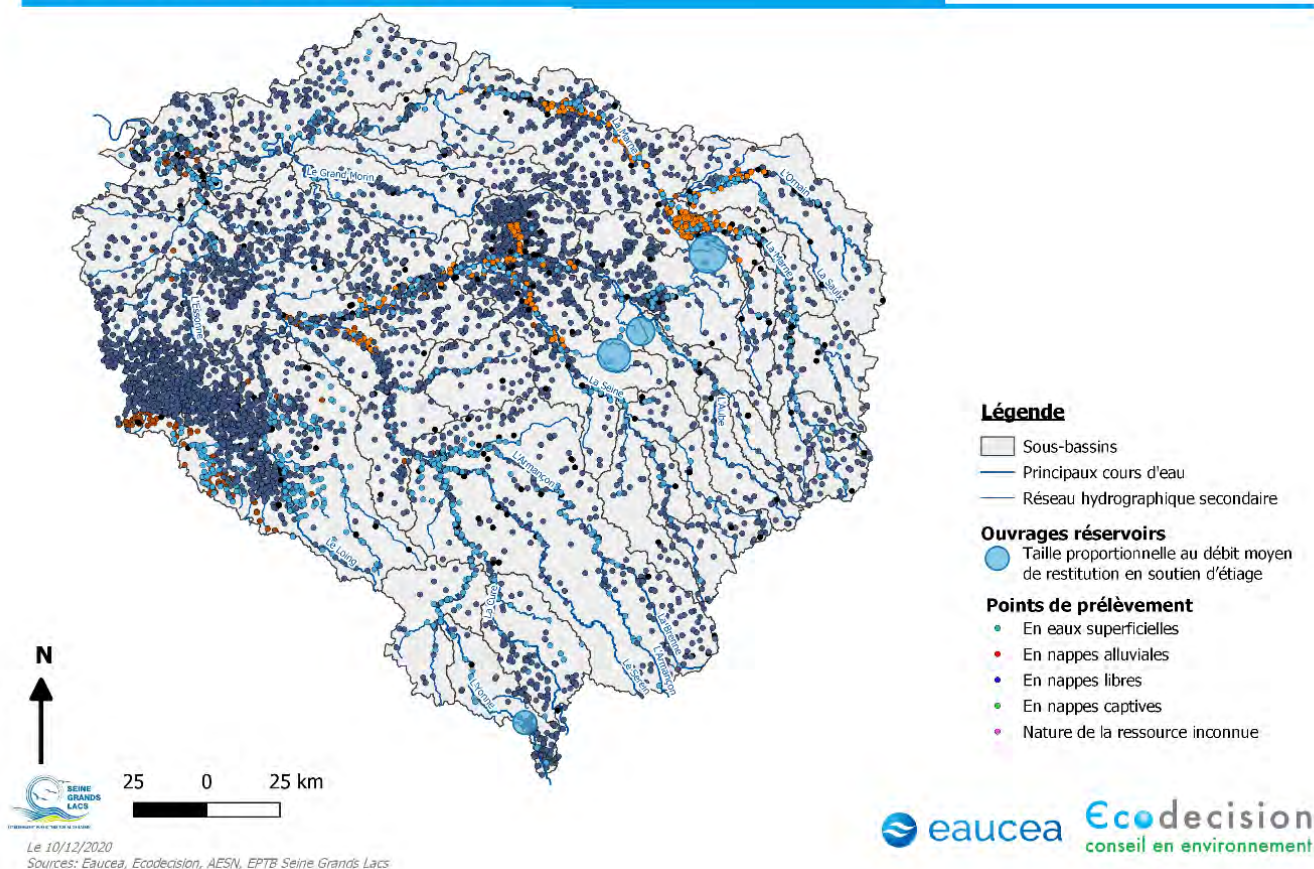


Figure 59 : Localisation des points de prélèvement (données AESN 2008-2017, extrait du rapport de phase 1)

Les paragraphes suivants présentent le poids des usages actuels pour les étiages sévères retenus. Sur les 4 étiages retenus, l'étiage de 1949 est celui présentant les débits naturels reconstitués les plus bas au niveau de la Seine à Paris Austerlitz (cf. **figure 60**). Les illustrations suivantes de cette partie présenteront donc plus spécifiquement les impacts pour l'année 1949. Les détails des impacts pour les différentes stations de reconstitution du modèle AQUI-FR sont présentée en **annexe 3**.

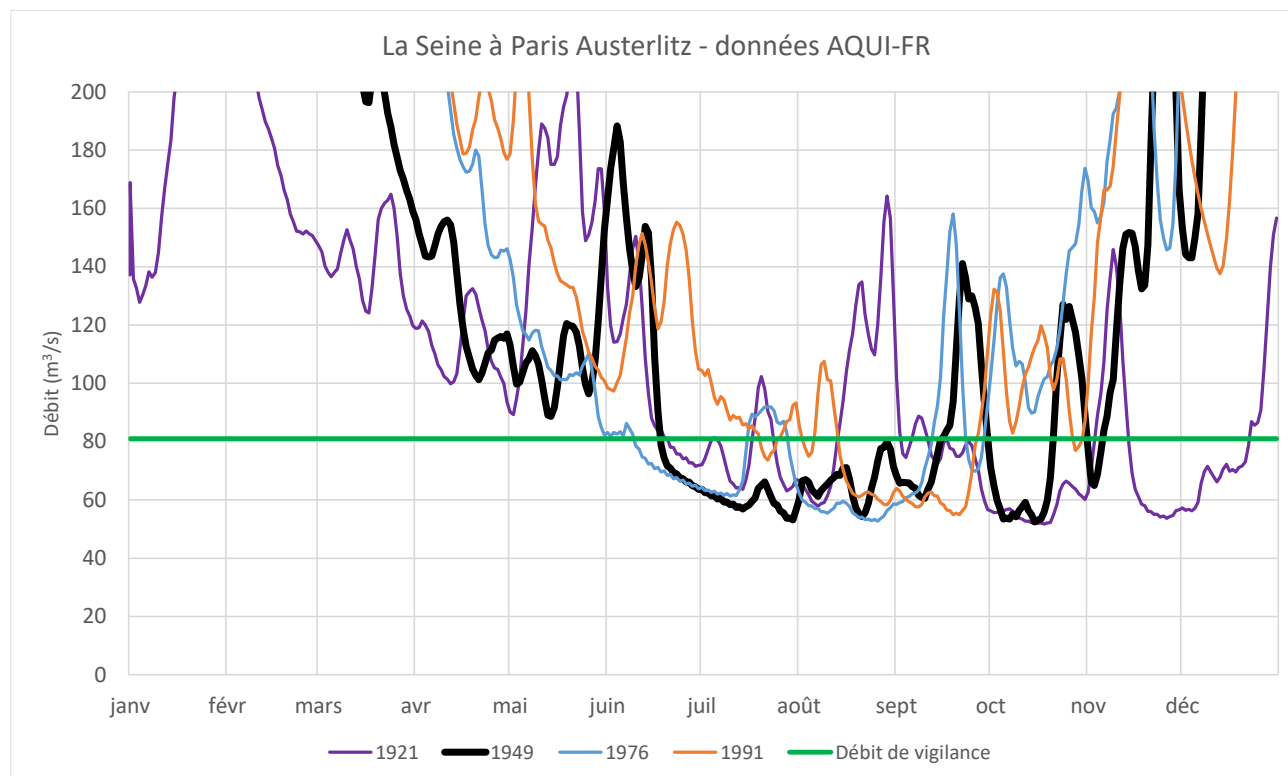


Figure 60 : Débits naturels reconstitués de la Seine à Paris via le modèle AQUI-FR (avant impacts des usages)

1.4.2 L'axe Marne réalimenté

Pour l'année 1949, les résultats obtenus montrent en période d'étiage pour l'axe Marne (cf. **figure 61**), un poids des usages représentant jusqu'à 35 % du débit naturel reconstitué. Les impacts des usages (décomposition des 35 %) sont constitués pour environ :

- 80 % de la dérivation de la Marne à la Saône, au Rhin et à l'Aisne ;
- de 10 % d'irrigation ;
- de 10 % d'alimentation en eau potable ;
- l'impact des usages industriels est très faible comparativement aux impacts des autres usages.

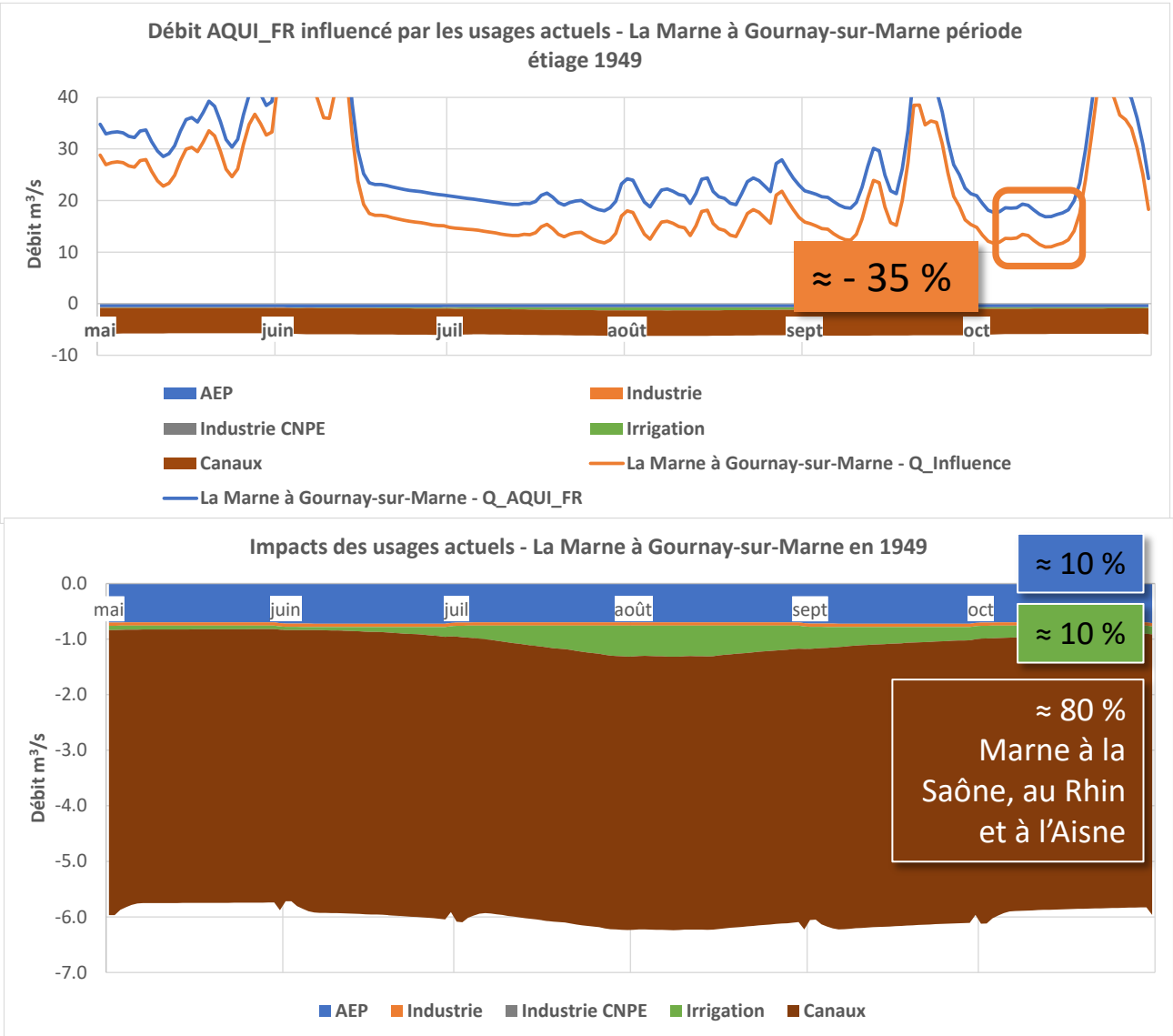


Figure 61 : Impacts des usages actuels (consommations) sur l'axe Marne à Gournay-sur-Marne

1.4.3 L'axe Seine réalimenté

Pour l'année 1949, les résultats obtenus montrent en période d'étiage pour l'axe Seine, à Pont-sur-Seine (cf. **figure 62**), un poids des usages représentant jusqu'à 20 % du débit naturel reconstitué. Les impacts des usages (décomposition des 20 %) sont constitués pour environ :

- 80 % d'irrigation (nappe de la craie) ;
- 20 % d'alimentation en eau potable ;
- l'impact des usages industriels est très faible comparativement aux impacts des autres usages. Aucun impact de dérivation pour l'alimentation de canaux n'est présent à cette station.

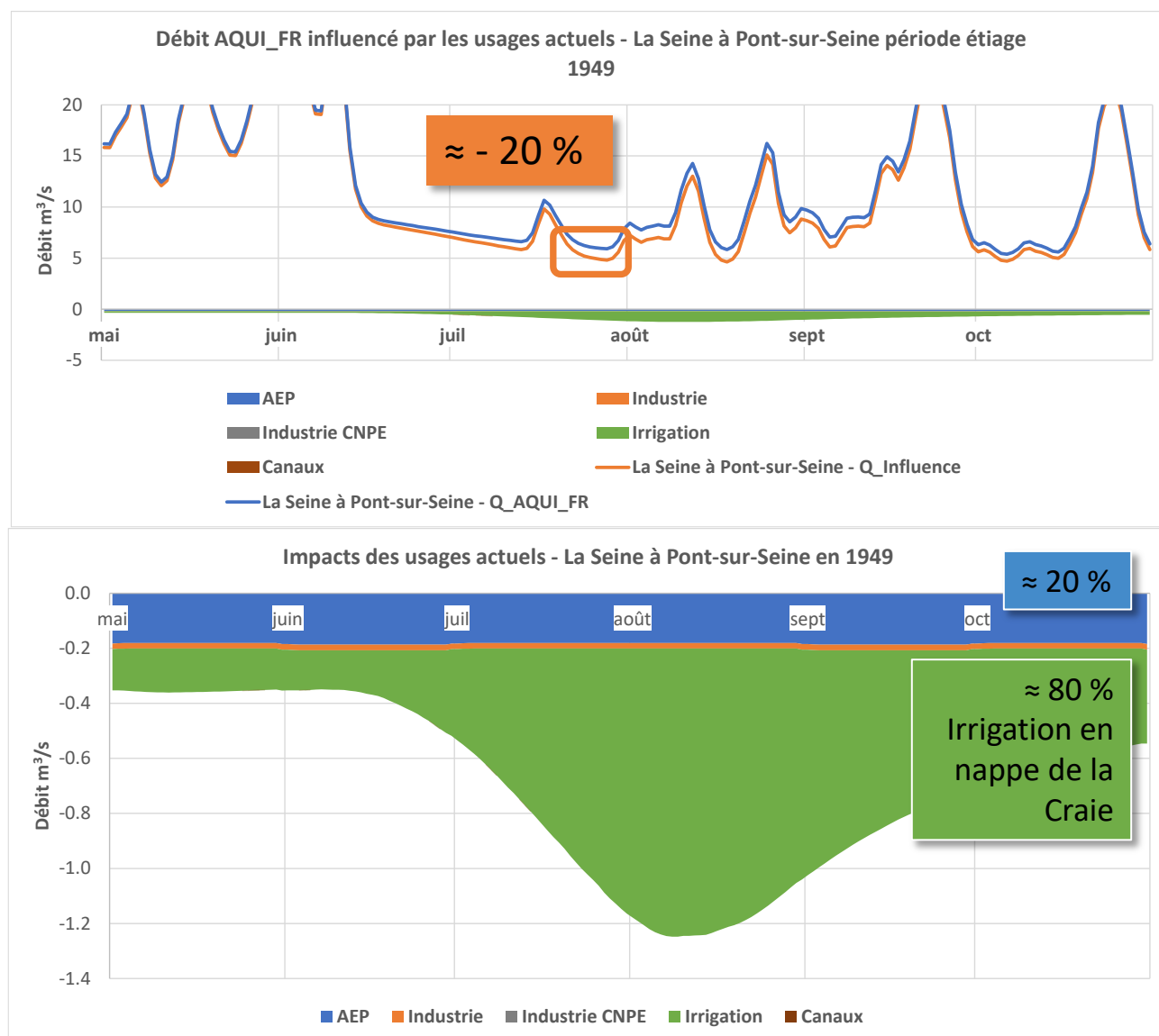


Figure 62 : Impacts des usages actuels sur l'axe Seine à Pont-sur-Seine

Pour l'année 1949, les résultats obtenus montrent en période d'étiage pour l'axe Seine, à Paris-Austerlitz (cf. **figure 63**), un poids des usages représentant jusqu'à 30 % du débit naturel reconstitué. Les impacts des usages (décomposition des 30 %) sont constitués pour environ :

- 35 % de dérivation de canaux ;
- 35 % d'alimentation en eau potable ;
- 15 % d'irrigation ;
- 15 % d'industrie (CNPE compris qui représente environ 7 %).

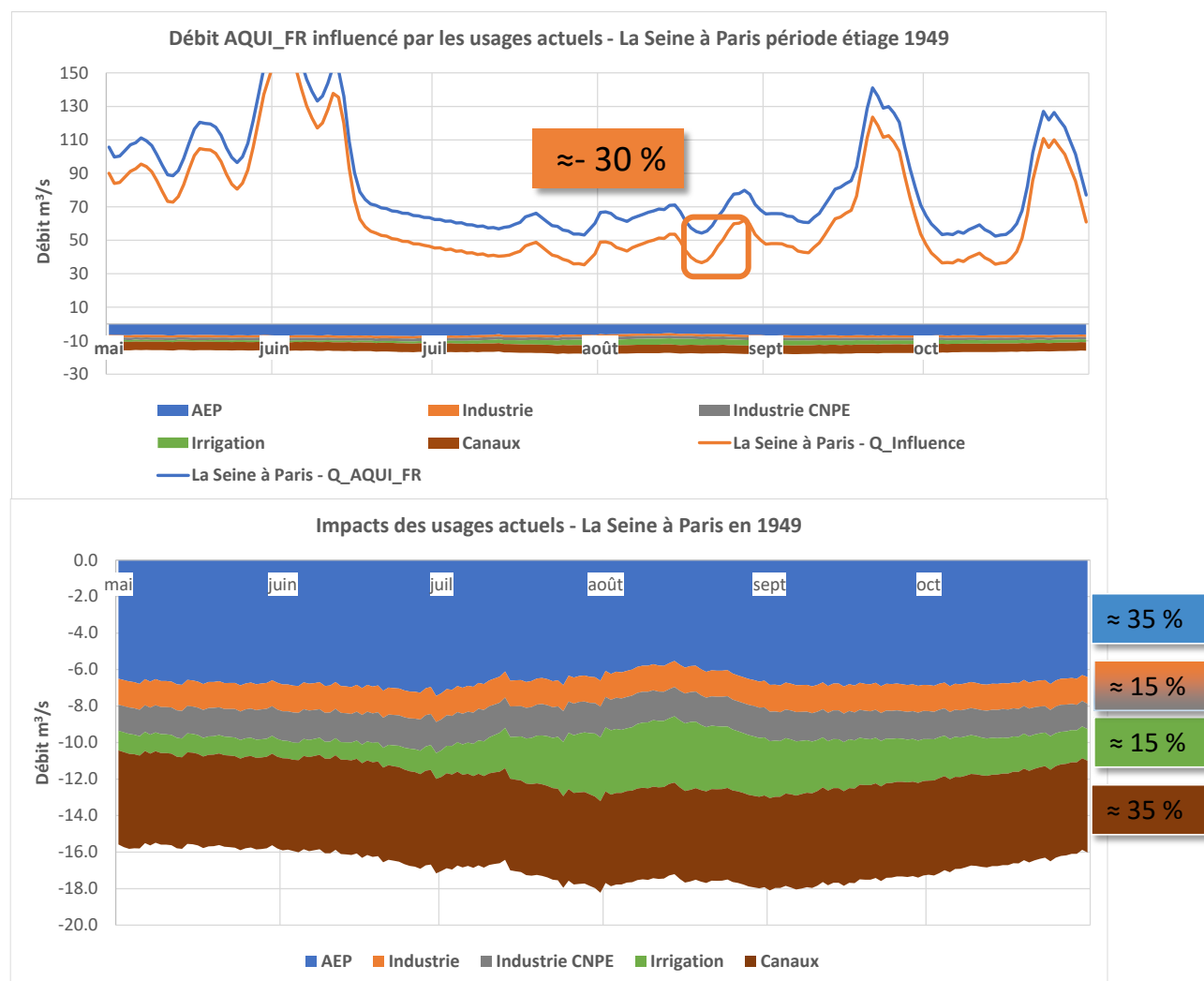


Figure 63 : Impacts des usages actuels sur l'axe Seine à Paris-Austerlitz

1.4.4 L'axe Aube réalimenté

Pour l'année 1949, les résultats obtenus montrent en période d'étiage pour l'axe Aube, à Arcis-sur-Aube (cf. **figure 64**), un poids des usages représentant jusqu'à 15 % du débit naturel reconstitué. Les impacts des usages (décomposition des 15 %) sont constitués pour environ :

- 90 % d'irrigation (nappe de la craie) ;
- 10 % d'alimentation en eau potable ;
- l'impact des usages industriels est très faible comparativement aux impacts des autres usages. Aucun impact de dérivation pour l'alimentation de canaux n'est présent à cette station.

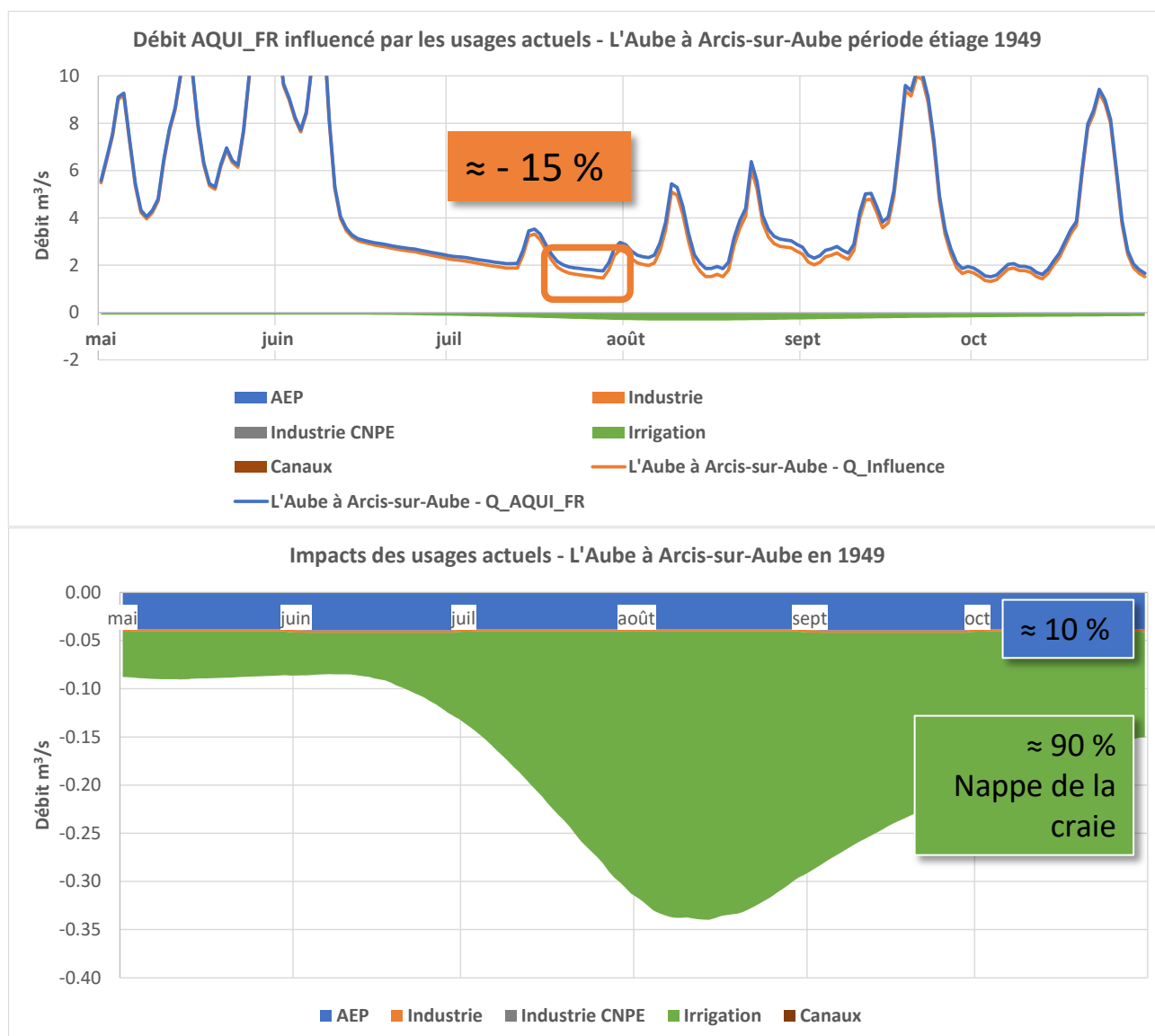


Figure 64 : Impacts des usages actuels sur l'axe Aube à Arcis-sur-Aube

1.4.5 L'axe Yonne réalimenté

Sur l'axe Yonne, une reconstitution des débits au niveau de la station de Pont-sur-Yonne (H2701030) a été réalisée sur la base de la somme des débits des stations de l'Yonne à Joigny (H2501040) et de la Vanne à Pont-sur-Vanne (H2622010)

Pour l'année 1949, les résultats obtenus montrent en période d'étiage pour l'axe Yonne (cf. **figure 64**), un poids des usages représentant jusqu'à 30 % du débit naturel reconstitué. Les impacts des usages (décomposition des 30 %) sont constitués pour environ :

- 70 % de la dérivation via le canal du centre et le canal du Nivernais ;
- de 25 % d'alimentation en eau potable ;
- l'impact des usages industriels et d'irrigation est très faible comparativement aux impacts des autres usages.

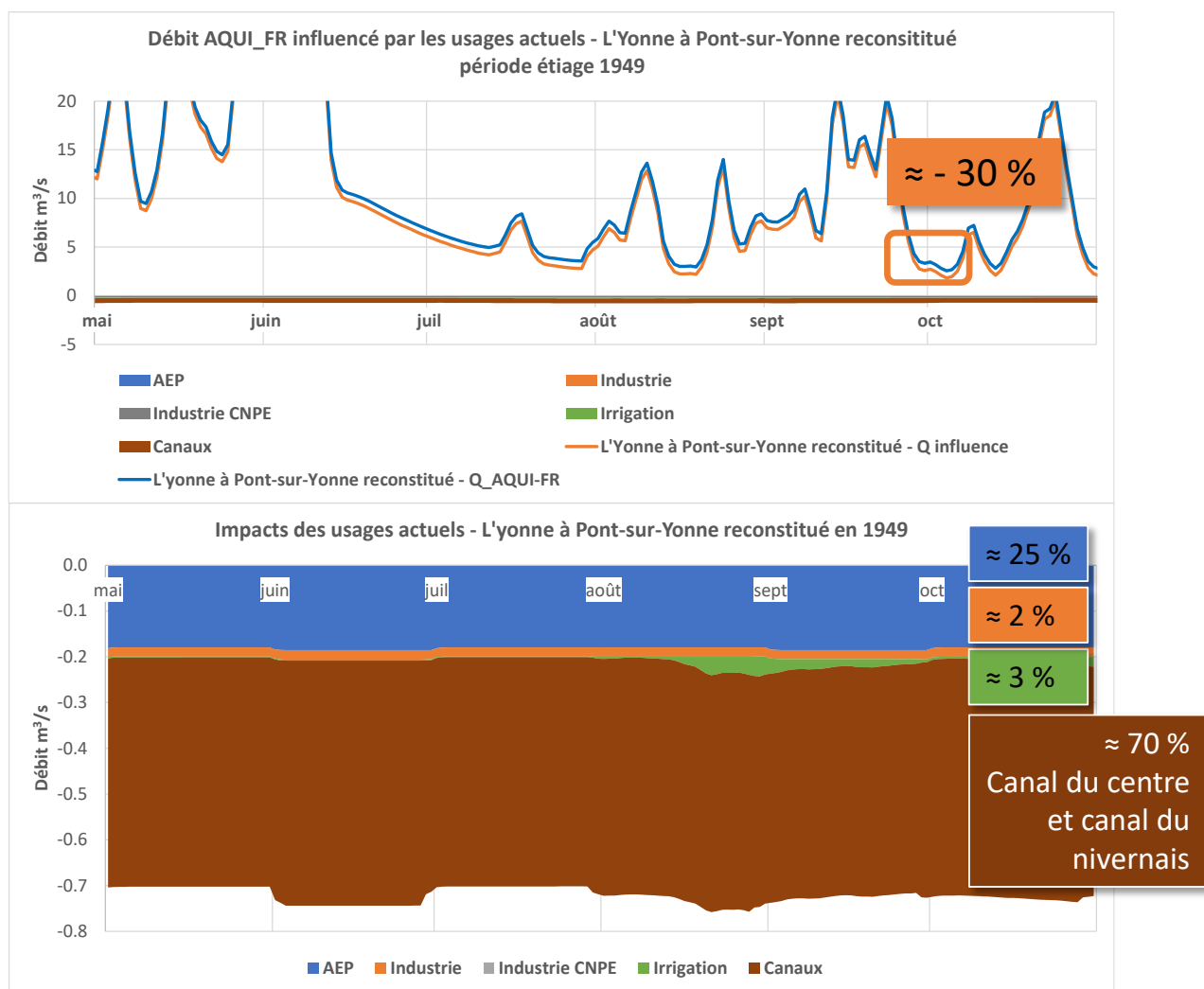


Figure 65 : Impacts des usages actuels sur l'axe Yonne à Pont-sur-Yonne

Les débits reconstitués sur modèle AQUI-FR sur les 4 axes réalimentés impactés par le poids des usages actuels serviront de base pour l'évaluation des incidences des scénarios d'étiages, plus particulièrement pour analyser l'influence du soutien d'étiage.

1.5 L'impact des usages actuels pour des étiages futurs

Les données disponibles sur les étiages futurs ne permettent pas, à ce stade de porter une analyse fine sur cette partie (cf. **paragraphe 2.4.3.1**). Seule une approche relative est possible (cf. **rapport de phase 1**).

Ainsi l'analyse des poids des usages actuels sur les données des références passées des modèles des débits futurs montrent une augmentation relative d'environ + 2,5 fois. Ainsi, sur la base des poids relatifs des usages calculés sur les données AQUI-FR du passé (présentées précédemment) et du poids des usages sur une renaturalisation théorique à partir des débits actuellement mesurés, cette augmentation relative indiquerait un poids futur des usages actuels sur la Seine à Paris susceptible d'atteindre entre 25 et 90 % du débit naturel contre 10 à 40 % actuellement (cf. **figure 66**).

Cette hausse s'explique par :

- une baisse globale des débits d'étiage ;
- des étiages qui semblent apparaître de façon plus précoce et d'étaler sur des durées plus longues avec des fin d'étiages plus tardives.

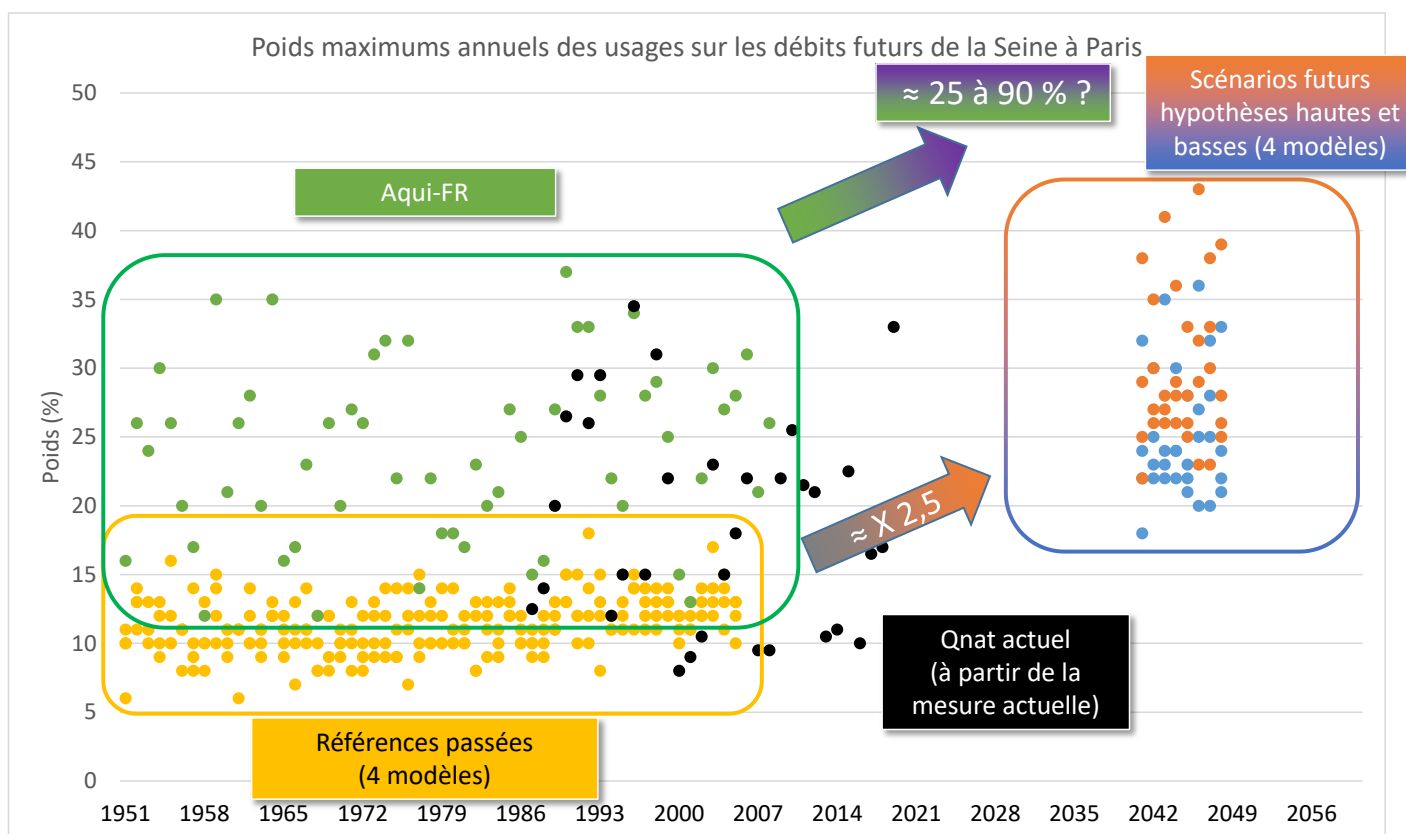


Figure 66 : Estimation relative de l'évolution des usages actuels sur les étiages futurs

Ainsi l'augmentation prévisionnelle du poids relatif des prélèvements sur les débits naturels soulève pour le futur la question des volumes prélevables (disposition 4.4.3 du projet de SDAGE 2022-2027) et indirectement la **définition des débits d'objectifs d'étiage (DOE)**.

Cette augmentation servira d'hypothèse structurante pour l'évaluation des incidences des scénarios d'étiages futurs, plus particulièrement pour analyser l'évolution des incidences.

1.6 L'impact des usages futurs pour des étiages futurs

1.6.1 Etablissement de scénarios de prélèvements/rejets futurs

1.6.1.1 Evolution des besoins agricoles

L'évolution des besoins en eau pour l'irrigation a été déterminée à partir de la bibliographie. Un état de l'art des hypothèses effectuées sur cette question suggère une hausse à attendre, à un rythme différent selon les projections (cf. **tableau 12**). Cette conclusion est cohérente avec la hausse observée des prélèvements pour l'irrigation de 5%/an entre 2008 et 2017, mise en évidence dans le bilan des prélèvements en **partie 1.3.2. du rapport de phase 2**.

Avis du Conseil Scientifique au Comité de Bassin Seine-Normandie Réalisé en mars 2013	Fiche par sous bassin étude Grand Est Réalisé en 2021	Imagine 2030 Réalisé en 2009 <u>Echelle</u> : Bassin de la Garonne CEMAGREF
Augmentation des besoins en eau pour l'irrigation de 50% à 60% , entraînant une baisse supplémentaire du niveau des nappes.	Hypothèses d'augmentation de 10% à 15 % de l'irrigation	Augmentation moyenne des besoins en eau d'un peu plus de 10% (du fait de l'augmentation des températures, le besoin se fait sentir plus tôt)

Tableau 11 : Hypothèses d'évolution des besoins en eau pour l'irrigation

Sur la base de ces hypothèses, deux scénarios tendanciels de hausse des besoins pour l'irrigation ont été retenus :

Scénario bas	Scénario haut
↗ 10%	↗ 30%

Tableau 12 : Scénarios retenus d'évolution des besoins pour l'irrigation à l'horizon 2050

1.6.1.2 Evolution des besoins en eau potable

Déterminants étudiés

Les besoins en eau potable sont conditionnés par plusieurs déterminants (source : *Etude prospective des consommations d'eau sur le bassin Seine-Normandie (2018), Ecodecision*), avec des effets contraires comme :

- l'évolution de la taille et de la structure de la population qui pousse la consommation à la hausse ;
- l'évolution du parc d'équipements ménagers et de ses performances, les travaux d'amélioration du rendement des réseaux, qui réduisent les consommations domestiques.

Ces déterminants ont été caractérisés sur le territoire et leur prise en compte dans les hypothèses d'évolution issues de la bibliographie a été vérifiée. Cela a permis de proposer une évolution des besoins en eau potable se basant sur la bibliographie et tenant compte des spécificités du territoire.

❖ Projections démographiques

D'après le modèle Omphale de l'INSEE, trois scénarios d'évolution de la population sur le bassin amont de la Seine ont été construit (cf. figure 67).

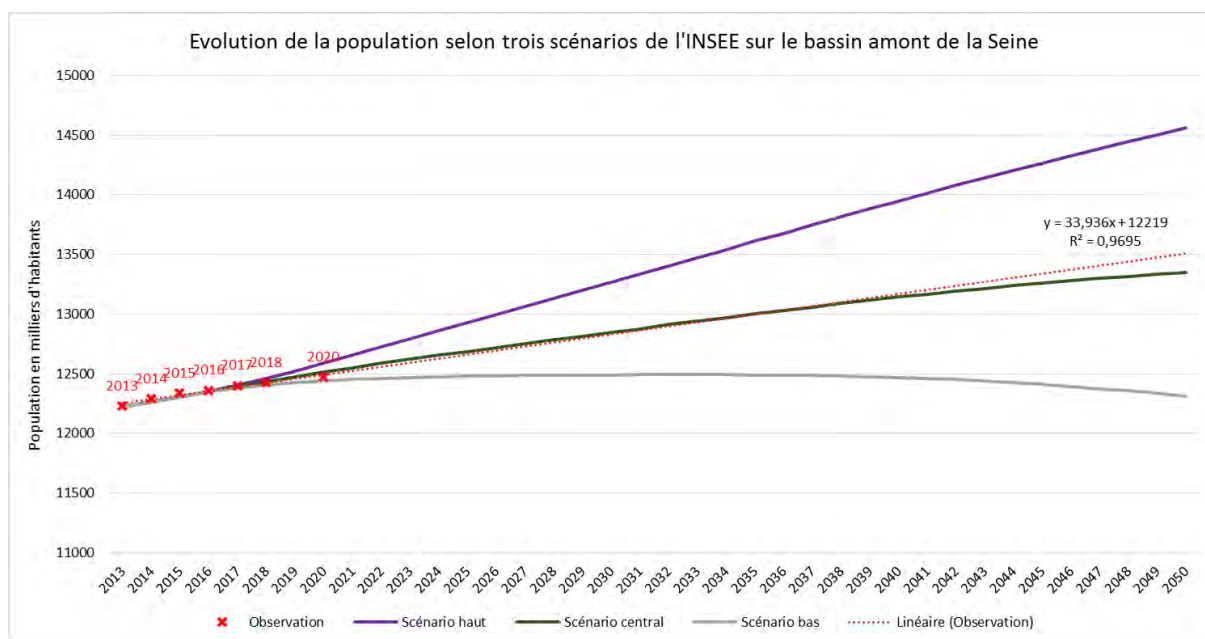


Figure 67 : Evolution de la population selon trois scénarios de l'INSEE sur le bassin amont de la Seine (source : INSEE ; recensements de la population communale 2013-2018 et estimation 2020, Modèle Omphale adapté)

Selon le scénario central, le plus probable compte tenu des données complémentaires observées sur le territoire (INSEE, recensements de la population communale 2013-2018 et estimation 2020) et les projections plus locales dans la bibliographie (projections de la population francilienne à l'horizon 2030), la population devrait croître de 0,25%/an, mais pas de façon homogène sur le territoire (cf. Figure 68).

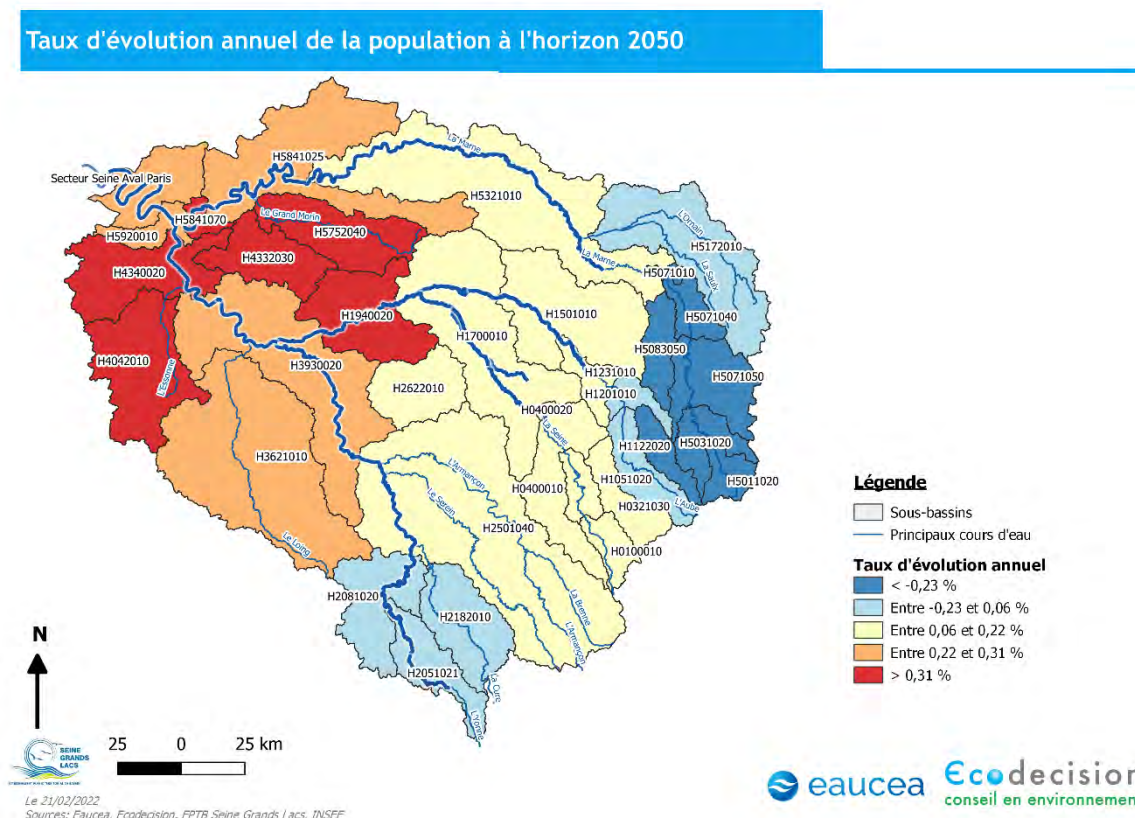


Figure 68 : Taux d'évolution annuel de la population à l'échelle des sous-bassins, à l'horizon 2050 (source : Scénario central du modèle Omphale de l'INSEE adapté au découpage en sous-bassins)

Le tableau ci-dessous détaille par sous-bassin, classé par densité décroissante, la situation démographique « présente » et « future » selon le scénario central du modèle Omphale de l'INSEE :

Sous bassin	Population municipale 2017 ¹	Densité (en hab/km ²)	Taux d'évolution annuel à l'horizon 2050	Projection population 2050 ²
Secteur Seine Aval Paris	6 025 995	7 031	0,25%	6 522 955
H5920010	1 420 861	4 589	0,28%	1 551 312
H5841070	738 401	4 570	0,32%	816 374
H4340020	1 448 899	1 041	0,36%	1 622 973
H5071010	27 719	402	-0,32%	24 750
H5841025	569 822	219	0,26%	618 805
H4332030	130 586	146	0,51%	152 406
H3930020	428 641	137	0,28%	468 885
H4042010	179 047	107	0,33%	198 509
H1700010	232 470	81	0,17%	245 658
H5752040	95 926	81	0,45%	110 148
H5321010	269 386	70	0,22%	288 563
H5031020	29 367	58	-0,28%	26 633
H3621010	220 906	58	0,24%	238 564
H1940020	66 554	50	0,31%	73 376
H5011020	15 879	47	-0,28%	14 401
H2501040	215 164	41	0,12%	223 640
H5071040	14 136	39	-0,29%	12 780
H0100020	10 550	34	0,20%	11 256
H5172010	67 255	33	-0,20%	62 722
H1231010	11 018	31	0,13%	11 480
H5071050	24 213	25	-0,28%	21 959
H2622010	21 312	25	0,11%	22 068
H2081020	23 302	21	-0,08%	22 666
H2182010	23 665	21	-0,03%	23 420
H5083050	8 827	19	-0,28%	8 005
H1201010	4 619	18	-0,08%	4 499
H1501010	35 490	18	0,07%	36 260
H2051021	11 073	14	-0,23%	10 246
H0400010	15 253	14	0,17%	16 115
H1122020	4 545	12	-0,28%	4 122
H0400020	370	10	0,13%	386
H0321030	4 002	7	0,15%	4 206
H0100010	1 869	5	0,21%	1 998
H1051020	3 227	5	-0,10%	3 124
Totaux	12 400 349	/	/	13 475 264

Tableau 13 : Démographie actuelle et évolution à l'horizon 2050 à l'échelle des sous-bassins du bassin amont de la Seine (source : INSEE)

¹Population municipale approchée à partir du centroïde de chaque commune à l'intérieur des sous-bassins.

²Projection calculée à partir du scénario central du modèle Omphale de l'INSEE adapté au découpage en sous-bassins.

Selon cette projection, une augmentation de la population de 0,25%/an est projetée à l'horizon 2050 le bassin amont de la Seine, soit plus d'un million d'habitant dont l'arrivée peut sensiblement impacter la gestion de l'eau : alimentation en eau, collecte des eaux usées et gestion de l'imperméabilisation nouvelle.

❖ Evolution des consommations unitaires

La consommation totale (domestique et non domestique) moyenne par abonné en France est de 154 m³/an. La consommation domestique moyenne par habitant est de 54 m³/an, soit 148 litres/habitant/jour (source : Observatoire National SISPEA, Rapport 2018 France entière). Cette consommation varie selon les territoires (cf. Figure 69).

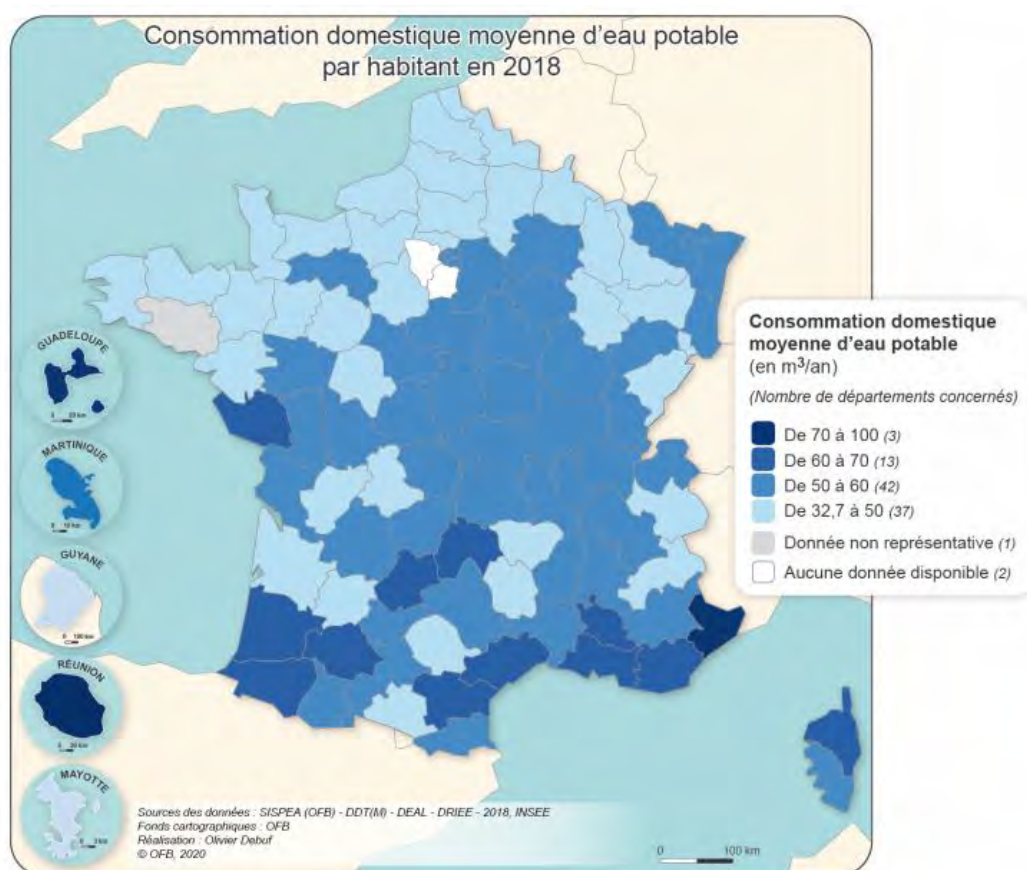


Figure 69 : Consommation domestique moyenne d'eau potable par habitant en 2018, par département (source : Observatoire National SISPEA, Rapport 2018 France entière)

Au niveau national, une tendance à la baisse de la consommation domestique est constatée (cf. **Figure 70**), malgré un rebond depuis 2013.

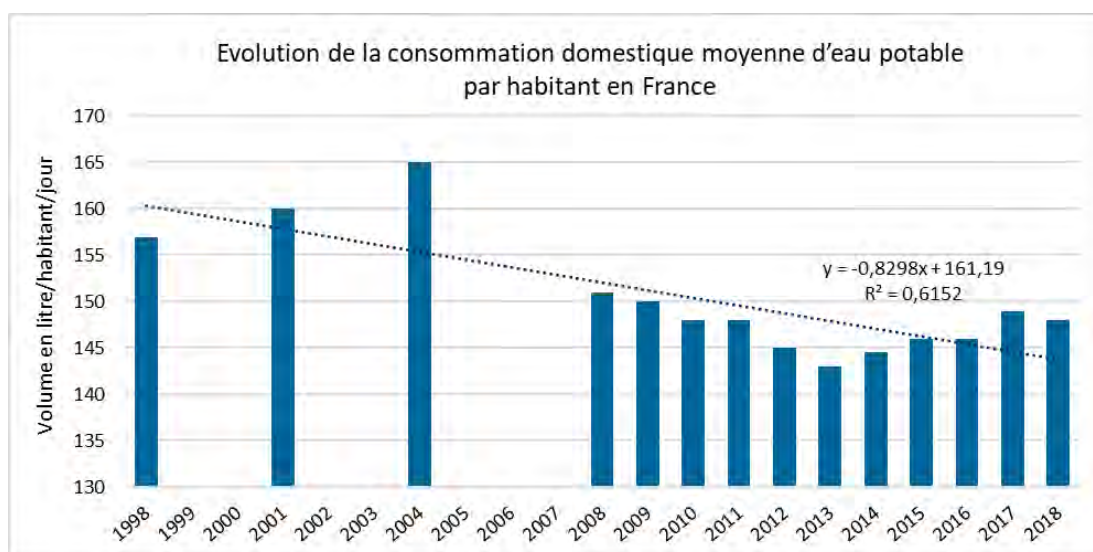


Figure 70 : Evolution de la consommation domestique moyenne d'eau potable par habitant en France (d'après : Observatoire National SISPEA ; Rapports 2009-2018 France entière, SOeS 2015)

D'une manière générale, la baisse des consommations d'eau du robinet est liée à une baisse des consommations des ménages, mais aussi parfois à une baisse des consommations industrielles, notamment liée à la désindustrialisation de certaines zones (source : BIPE 2015).

Si les données recueillies dans la bibliographie portent uniquement sur les consommations des abonnés domestiques, les données de prélèvement pour l'AEP de l'AESN englobent les volumes destinés aux abonnés domestiques et non domestiques, ne permettant pas de faire de distinction.

Néanmoins, à l'échelle nationale, la part de la consommation non domestique dans le total des consommations est faible (inférieure à 10% – d'après : Observatoire National SISPEA ; Rapports 2012-2018 France entière). Cette part est suffisamment faible pour considérer que l'évolution de la consommation domestique observée dans la bibliographie peut être approchée avec les données de l'AESN.

Ainsi, la baisse moyenne des prélèvements pour l'AEP observée depuis 2008 sur le territoire (de moins de -1%/an – données AESN 2008-2017) est cohérente avec la tendance à la baisse de la consommation domestique nationale observée dans la bibliographie.

❖ Evolution du rendement des réseaux d'eau potable

A partir des données de rendement des réseaux de distribution d'eau potable en 2018, accessibles sur la base publique SISPEA (www.services.eaufrance.fr) et disponibles à l'échelle des services d'eau, un rendement moyen des réseaux sur le périmètre de l'EPTB a été estimé à 81%. Ce rendement varie d'un service d'eau à l'autre, allant de 27 à 100% (source : *Observatoire National SISPEA, 2018*). Ces hétérogénéités s'observent à l'échelle nationale (cf. **Figure 71**). En l'absence de données de rendement à une échelle plus fine que celle des services d'eau, leur périmètre de distribution ne correspondant pas au découpage de travail, il n'a pas été possible de faire une estimation des rendements à l'échelle des sous-bassins.

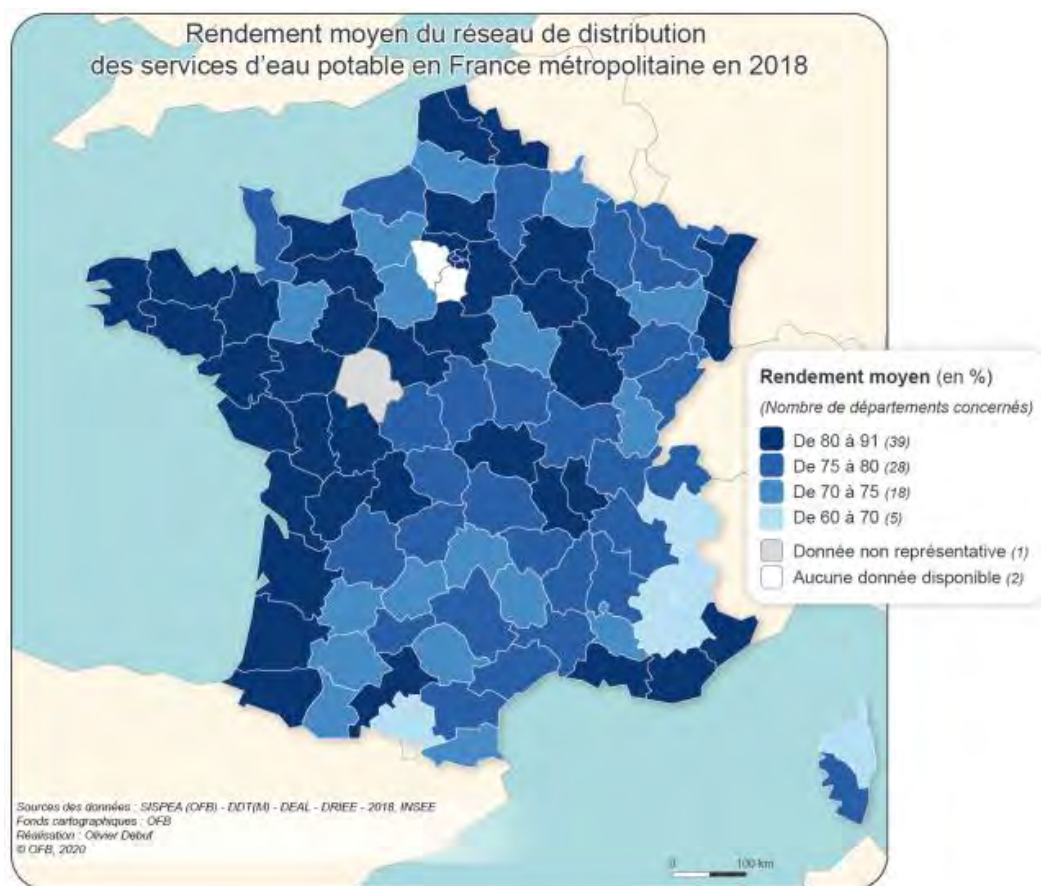


Figure 71 : Rendement moyen des services d'eau en 2018, par département (source : Observatoire National SISPEA, Rapport 2018 France entière)

Des actions ont déjà été engagées sur les territoires afin d'améliorer le rendement moyen des réseaux de distribution d'eau potable, conformément au SDAGE Seine-Normandie 2015-2021, dont une disposition porte sur la lutte contre les fuites sur les réseaux AEP, et au décret 2012-97 du 27 janvier 2012 qui a pour objet d'inciter les collectivités en charge de services d'eau à améliorer leur rendement d'eau potable.

Une amélioration des rendements n'aura pas d'effet direct sur les consommations en eau potable mais les économies réalisées permettront une baisse des prélèvements.

Scénarios retenus

La caractérisation des déterminants des besoins en eau potable a montré une situation actuelle et des tendances hétérogènes sur tout le territoire. Plusieurs évolutions des besoins en eau potable selon le territoire et l'évolution des déterminants sont ainsi envisageables.

Pour prendre en compte ces divergences, les résultats de l'étude sur la sécurisation de l'alimentation eau potable en Ile-de-France de 2019 (groupement de commandes par Aquavesc, Sénéo, Paris et le SEDIF) et ceux de l'étude Explore 2070 ont été exploités. Trois zones ont ainsi pu être distinguées, sur lesquelles un scénario haut et bas à l'horizon 2050 a été défini (**cf. Tableau 14**) :

- Paris et les communes du SEDIF, se basant sur l'étude relative à la sécurisation de l'alimentation eau potable en Ile-de-France,
- le reste du territoire, prenant pour référence l'étude Explore 2070 ajusté selon les projections démographiques faites.

	Scénario bas	Scénario haut
Paris	↘ 0,9%/an	↘ 0,73%/an
Communes du SEDIF	↘ 0,16%/an	↗ 1%/an
Territoire restant	Selon variations de la population et ↘ besoins unitaires de 0,64%/an	Selon variations de la population

Tableau 14 : Scénarios retenus d'évolution des besoins en eau potable selon le territoire à l'horizon 2050

1.6.1.3 Evolution des besoins pour l'alimentation des canaux de navigation

La gestion des canaux pourra par le futur être impactée par la baisse probable des débits naturels. Cependant nous ne disposons pas aujourd'hui des données nécessaires pour évaluer précisément les potentiels changements de pratiques sur cet usage du fait de modifications de débit.

Concernant l'évaporation, celle-ci est multifactorielle ; elle dépend notamment de la température de l'eau, de la vitesse du vent, de la pression atmosphérique, de l'humidité et de la surface d'eau (fonction de la dimension des canaux). Les connaissances et la revue de la bibliographie n'ont pas permis d'appliquer de formule de calcul de l'évaporation en fonction de l'augmentation de la température de l'eau dans les canaux de navigation.

Une approche simplificatrice a été retenue et considère que l'évaporation, et plus généralement le bilan hydrologique de la navigation, sera identique à celle, celui, d'aujourd'hui.

1.6.1.4 Evolution des besoins pour l'industrie

Sur la période 2010-2015, les volumes prélevés par l'ensemble des activités industrielles sur le bassin Seine-Normandie ont baissé de 46% (source : *Etude sur la caractérisation socioéconomique et tendances d'évolution à 2030 pour les usages industriels de l'eau sur le bassin Seine-Normandie. Lot N°1 – Rapport final 2018*) (cf. **Tableau 15**).

Volumes d'eau prélevés par secteur d'activité (en milliers de m ³)	2 010	2 016	Tendance 2010/2016
Agro-alimentaire et boissons	90 437	92 404	2%
Bois, papier et carton	40 479	33 973	-16%
Chimie et parachimie	75 573	54 990	-27%
Déchets et traitements	304 954	247 306	-19%
Divers et services	92 104	91 256	-1%
Elevages	1 154	773	-33%
Energie	801 890	235 082	-71%
Entreposage, transport, commerce	111	401	262%
Inconnu	8 296	7 510	-9%
Industrie des cuirs et peaux, tannerie	27	27	-1%
Industries extractives	3 847	8 417	119%
Industries minérales	4 848	5 899	22%
Mécanique, traitements de surface	19 950	13 362	-33%
Pétrole et gaz	74 931	32 503	-57%
Sidérurgie, métallurgie, coke	8 528	4 796	-44%
Textile et habillement, teinture, impression, laveries	4 149	3 463	-17%
	1 531 278	832 162	-46%

Source Ireedd, d'après données AESN

Tableau 15 : Evolution tendancielle des prélèvements en eau des activités économiques sur le bassin Seine-Normandie (source : *Etude sur la caractérisation socioéconomique et tendances d'évolution à 2030 pour les usages industriels de l'eau sur le bassin Seine-Normandie. Lot N°1 – Rapport final 2018*)

Cette baisse s'explique essentiellement par la fermeture des deux centrales thermiques (centrale thermique de Vitry-sur-Seine en Val-de-Marne et de Porcheville dans les Yvelines).

Hors secteur énergétique, la baisse des prélèvements est de 18%, soit 3%/an de 2010 à 2016.

Cette valeur est cohérente avec les observations faites dans le bilan des prélèvements en **partie 1.3.2. du rapport de phase 2**. Pour rappel, sur le bassin amont de la Seine, une baisse des prélèvements pour les autres activités économiques de 3%/an a été mise en évidence entre 2008 et 2017.

En général, les baisses des prélèvements s'expliquent par la baisse de la production dans de nombreux secteurs. Plus localement, des baisses peuvent traduire des améliorations de techniques industrielles destinées à utiliser moins d'eau.

L'évolution des consommations industrielles dépendant essentiellement de celle des activités, il est difficile d'établir des propositions de scénarios contrastés. C'est notamment ce qui a été mis en évidence dans l'étude prospective des consommations d'eau sur le bassin seine-normandie de 2018. Toutefois, cette étude permet de considérer deux scénarios de baisse des prélèvements pour les autres activités économiques :

Scénario bas	Scénario haut
≥ 0,6%/an	≥ 0,3%/an

Tableau 16 : Scénarios retenus d'évolution des besoins pour l'industrie à l'horizon 2050 (ratios calculés d'après : *Etude prospective des consommations d'eau sur le bassin seine-normandie, 2018*)

1.6.1.5 Evolution de l'évaporation au niveau du CNPE

L'exploitation des données climatiques d'entrée et du résultat du calcul de l'évaporation d'eau dans les aéro-réfrigérants du CNPE de Nogent-sur-Seine montre qu'elle semble largement conditionnée par la température de l'air relevée au sol (et donc indirectement par la température de l'eau prélevée) (cf. figure 72).

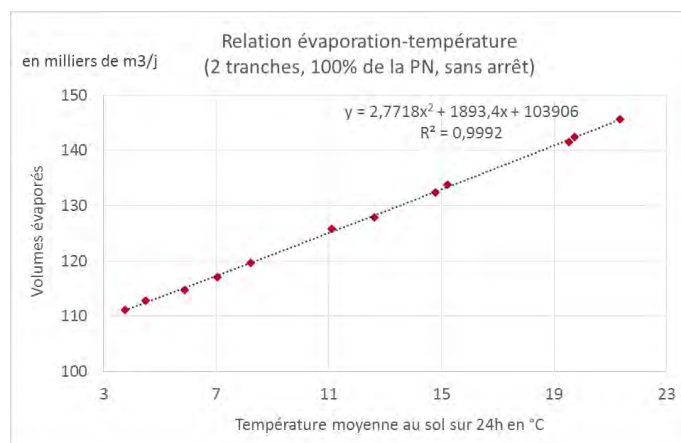


Figure 72 : Relation évaporation-température moyenne au sol pour un fonctionnement maximaliste du CNPE de Nogent-sur-Seine

Les données de simulation mobilisées en phase 1 des scénarios RCP 2.6, 4.5 et 8.5 de 2006 à 2100, réalisées par le modèle ALADIN63-CNRM-CM5 (MétéoFrance) et mises à disposition sur le site DRIAS (www.drias-climat.fr), fournissent des simulations de température de l'air. Par construction, le scénario RCP2.6 se présente comme le plus favorable et le scénario RCP8.5 comme le plus défavorable (cf. Rapport de phase 1, partie 2.5).

De ces informations, et pour rester en cohérence avec les scénarios des autres usages, **un scénario bas et un scénario haut d'évaporation dans les aéro-réfrigérants à l'horizon 2050 ont été établis, prenant pour référence :**

- la relation évaporation-température au sol, pour un fonctionnement maximaliste² du CNPE de Nogent-sur-Seine ;
- les données de simulations de température des scénarios RCP2.6 (pour le scénario bas) et RCP8.5 (pour le scénario haut).

Les scénarios et considérations retenus pour chaque usage permettent d'établir un scénario bas et un scénario haut d'évolution des prélèvements/rejets à l'horizon 2050. Ces scénarios permettront d'estimer le poids des usages futurs sur l'hydrologie future.

² Fonctionnement sur 2 tranches à 100 % de la puissance nominale PN et sans arrêt

1.6.2 Effets du changement climatique

Les principales conclusions des projets de recherche « RexHySS », « Climaware » et du programme « Explore 2070 » sont les suivantes (*source : Grand Paris : Eau et changement global, 2019*) :

- Une augmentation des températures de l'air de 2,3°C pour la moyenne annuelle et pouvant atteindre 3°C en été ;
- Un signal à la baisse de la pluviométrie estivale avec des incertitudes fortes sur les caractéristiques des pluies mais de second ordre par rapport à l'augmentation de la demande évaporatoire ;
- La demande évaporatoire potentielle va augmenter de manière très importante. Cette variable conditionne très fortement la dynamique de recharge des AQUIfères et donc les débits d'étiage des rivières ;
- Les débits d'étiage de la Seine, vont diminuer de manière importante dès 2050 : une baisse du débit moyen annuel de la Seine à Paris comprise entre -10 et -50% selon les modèles utilisés. Pour le débit d'étiage quinquennal, la baisse pourrait atteindre 60%. Cette diminution est simulée à prélèvements et occupation des sols actuels. Les évolutions sur les crues décennales, elles, sont plus hétérogènes et globalement moins importantes ;
- Sur les AQUIfères une baisse de 1 à 5 mètres par rapport à aujourd'hui est attendue, alors qu'ils sont les principales sources d'alimentation des rivières et constituent l'essentiel de leurs débits d'étiage.

Un enjeu majeur, en lien avec le changement climatique, concerne également les risques liés à la détérioration de la qualité de l'eau consécutive à la baisse des débits d'étiage des cours d'eau. Globalement les charges polluantes rejetées par les installations de dépollution des eaux résiduaires urbaines sur le bassin versant amont de la Seine devraient rester stables (*source : Établissement public territorial de bassin Seine Grands Lacs – Enquête régionale sur l'alimentation en eau potable de la métropole du Grand Paris – Exercices 2010 et suivants – Observations définitives*). Toute baisse de débit va donc se traduire par une augmentation de concentrations dans les eaux.

Dans le même temps, la pression sur les systèmes de traitement va s'accroître là où une augmentation démographique est attendue.

Dans le cadre de l'étude, il est difficile d'intégrer les effets du changement climatique à l'élaboration d'un scénario prévisionnel des prélèvements/rejets. En effet, cela impliquerait de prévoir les moyens d'adaptation mis en œuvre par les différents usagers pour remédier aux effets du changement climatique et plus difficilement encore, les mesures de préservation des ressources en eau en période d'étiage (restrictions par l'Etat) modifiées et/ou nouvelles.

Ces effets attendus du changement climatique ne sont pas intégrés dans les estimations mais serviront de points de vigilance pour étayer l'évaluation des incidences des scénarios d'étiages futurs et mettre en exergue la pertinence des mesures d'adaptation proposées.

1.6.1 Bilan hydraulique des usages et scénarios hydrologiques

Selon les considérations présentées dans le **paragraphe 1.5 du rapport de phase 2**, ayant permis de faire le bilan hydraulique des usages en phase 2, il a été possible de chiffrer les consommations futures, et d'en proposer une répartition dans le temps sur le bassin amont de la Seine selon les scénarios bas et haut d'évolution des besoins en eau des usages (cf. **Figure 73** et **Figure 74**).

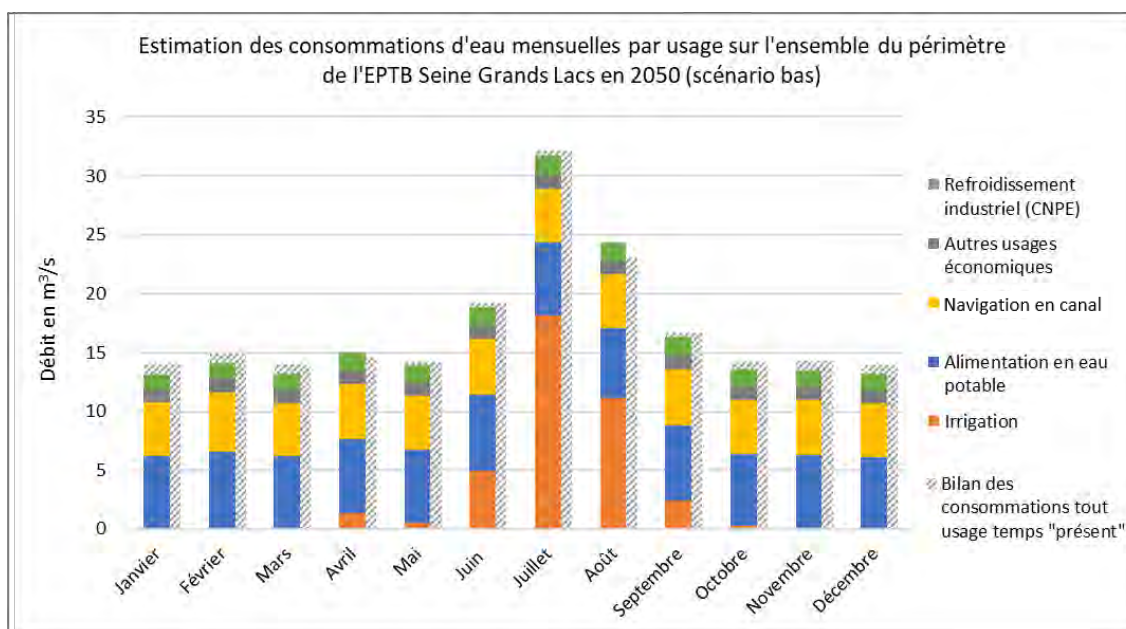


Figure 73 : Estimation basse des consommations des usages sur tout le bassin d'étude en 2050

Selon le scénario bas, la répartition et le cumul des consommations futures sont similaires à ce qui a été observé dans le bilan des consommations effectué en phase 2 (histogrammes en hachures sur la figure 73 ci-dessus) représentatif du temps « présent ». La répartition des consommations est significativement influencée par l'irrigation, car les consommations des autres usages et leur part dans le total fluctuent peu en comparaison.

Selon le scénario bas, le total des volumes d'eau consommés sur l'année, tout usage confondu, diminue d'environ 2% par rapport au temps « présent », avec des hétérogénéités selon l'usage (cf. **Tableau 17**).

Usages	Évolution des consommations à l'horizon 2050 - Scénario bas	Soit, en équivalent annuel
Irrigation	↗ 16%	↗ 0,5%/an
AEP	↘ 6,8%	↘ 0,2%/an
Navigation en canal	<i>Pas d'évolution</i>	<i>Pas d'évolution</i>
Autres usages économiques	↘ 23%	↘ 0,7%/an
Refroidissement industriel (CNPE)	↘ 0,6%	↘ 0,02%/an
Tout usage	↘ 2,1%	↘ 0,07%/an

Tableau 17 : Scénario bas d'évolution des consommations des usages sur tout le bassin d'étude à l'horizon 2050

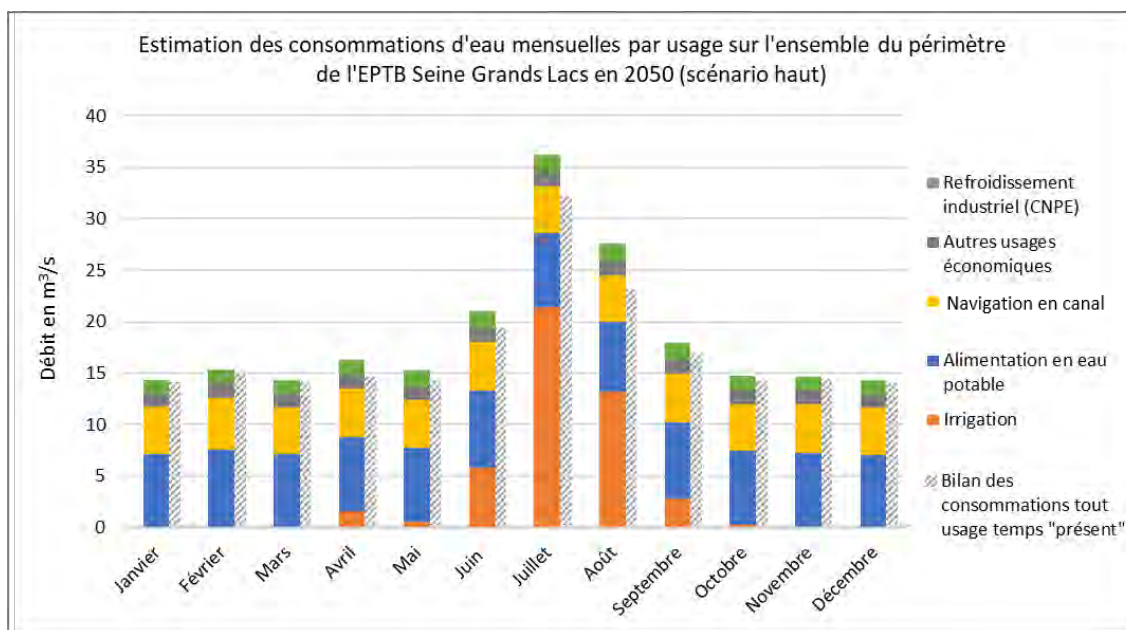


Figure 74 : Estimation haute des consommations des usages sur tout le bassin d'étude en 2050

Selon le scénario haut, la répartition des consommations futures est similaire à la répartition observée dans le bilan des consommations effectué en phase 2 (histogrammes en hachures sur la figure 74 ci-dessus) représentatif du temps « présent ». La répartition des consommations est significativement influencée par l'irrigation, car les consommations des autres usages et leur part dans le total fluctuent peu en comparaison. En revanche, le cumul des consommations mensuelles évolue de façon plus marquée, et à la hausse.

Selon le scénario bas, le total des volumes d'eau consommés sur l'année, tout usage confondu, augmente d'environ 8% par rapport au temps « présent », avec des hétérogénéités selon l'usage (cf. **Tableau 18**).

Usages	Évolution des consommations à l'horizon 2050 - Scénario haut	Soit, en équivalent annuel
Irrigation	↗ 37%	↗ 1%/an
AEP	↗ 7,5%	↗ 0,2%/an
Navigation en canal	<i>Pas d'évolution</i>	<i>Pas d'évolution</i>
Autres usages économiques	↘ 11%	↘ 0,4%/an
Refroidissement industriel (CNPE)	↗ 2,7%	↗ 0,1%/an
Tout usage	↗ 8,2%	↗ 0,3%/an

Tableau 18 : Scénario haut d'évolution des consommations des usages sur tout le bassin d'étude à l'horizon 2050

À l'horizon 2050, la réalité pourrait se situer entre ces deux scénarios. Quant aux données disponibles sur les étiages futurs, elles ne permettent pas, à ce stade, de porter une analyse fine sur cette partie (**cf. paragraphe 2.4.3.1**). Pour analyser l'impact des usages futurs pour des étiages futurs, seule une approche relative est ainsi possible, en considérant une hausse prévisionnelle du poids des usages sur les débits naturels des cours d'eau (**cf. paragraphe 1.5**).

L'évolution des consommations à l'horizon 2050 pourrait se situer donc entre deux scénarios, soit entre une baisse légère de 0,07%/an (soit globalement -2%) et une hausse légère de 0,3%/an (soit globalement +8%). Toutefois des hétérogénéités existent selon l'usage :

- Dans les deux scénarios, les besoins en eau pour l'irrigation augmentent et les besoins en eau pour les autres usages économiques diminuent ;
- Les besoins en eau pour l'AEP et le CNPE diminuent dans le scénario bas et augmentent dans le scénario haut.

Le poids relatif des usages actuels sur les débits futurs des axes réalimentés devrait augmenter de 2,5 (**cf. paragraphe 1.5**). Les évolutions des besoins en eau des usages étant plus faibles, l'impact des usages futurs sur les étiages ne peut qu'augmenter fortement.

2 EVALUATION DES INCIDENCES SOCIO-ECONOMIQUES ET ENVIRONNEMENTALES DES SCENARIOS D'ETIAGES

2.1 Démarche

2.1.1 Rappels et préalables

L'évaluation des incidences des scénarios d'étiages s'effectue en croisant (1) les mesures ou contraintes qui s'appliquent à chaque type d'usage et (2) le dimensionnement socio-économique des différents types d'usages.

Rappelons que la caractérisation de la vulnérabilité des usages face aux étiages et l'évaluation des incidences socio-économiques des scénarios s'effectue sur les territoires concernés par la redevance EPTB pour service rendu soutien d'étiage, à savoir les 4 axes régulés et leurs nappes d'accompagnement de l'aval des ouvrages jusqu'à la confluence Seine-Oise. Les usages non tributaires du soutien d'étiage (en dehors des territoires concernés) sont écartés de l'analyse.

L'évaluation se base sur les données historiques recueillies sur les usages actuels et sur les hypothèses et scénarios d'évolution. Ces hypothèses et scénarios ne tiennent pas compte des possibles révisions des modalités, règles, de gestion de la ressource pouvant affecter les usages et le bilan hydraulique (par exemple : révision des conditions pour constater les niveaux de sécheresse ou des modalités d'allocation et de gestion des quotas d'eau alloués pour l'irrigation).

Pour les scénarios d'étiages futurs, l'évaluation se base donc sur l'analyse de l'évolution des risques d'incidences par rapport au temps « présent », dans un contexte de gestion de la ressource identique à celui considéré pour le temps « présent ».

L'intérêt de mener ces évaluations est de permettre une comparaison entre deux situations. La différence qui résultera de cette comparaison permet d'exprimer :

- L'influence de la gestion simulée des lacs-réservoirs, traduisant ici les l'activité sécurisée par le soutien d'étiage simulé. Dans ce cas, une comparaison est faite entre un scénario avec soutien d'étiage et un scénario sans soutien d'étiage, à partir des débits naturalisés sur modèle AQUI-FR impactés par les usages ;
- L'évolution des incidences. Dans ce cas, une comparaison est faite entre un scénario d'étiage de référence passé et un scénario d'étiage futur, à partir de modèles hydroclimatiques.

Concernant l'influence du soutien d'étiage, les 4 étiages sévères retenus (**cf. partie 1.3.1**) ont servi de référence pour comparer les incidences socio-économiques sur les usages de scénarios avec et sans soutien d'étiage. Pour rappel, les scénarios sans soutien d'étiage pour les 4 années d'étiage sévères passés se basent sur des débits naturalisés sur lesquels l'impact des usages actuels a été appliqué. Pour les scénarios avec soutien d'étiage, des courbes de gestion simulée, pour les 4 lacs-réservoirs et pour les 4 années d'étiage sévères passés, ont été appliquées à ces débits. Les hypothèses sur lesquelles se basent ces courbes de gestion simulées sont présentées dans la **partie 1.3.3 de ce rapport**.

Pour ce qui est de l'évolution des incidences, les 4 étiages sévères ont servi de référence pour construire plusieurs simulations d'hydrologies futures. Ces simulations permettront de comparer les incidences socio-économiques sur les usages des étiages passés et futurs.

2.1.2 Restitution à l'échelle de tronçons réalimentés

Le cadre général pour l'évaluation des incidences socio-économiques des scénarios d'étiage sur les usages repose sur l'estimation pour chaque scénario du nombre de jours de franchissement des seuils affectant les usages, à savoir : les débits seuils de crise et le débit de sûreté dans le cas du CNPE de Nogent-sur-Seine. Les seuils d'alerte et d'alerte renforcée, sont identifiés mais n'ont pas été intégrés dans la démarche d'évaluation socio-économique compte tenu d'une plus grande variabilité des mesures de restriction des prélèvements et des rejets associés au franchissement de ces seuils, difficilement synthétisables pour établir un cadre homogène à l'échelle d'étude.

Sur les axes réalimentés, la correspondance entre les stations de référence des arrêtés cadres au niveau desquelles est défini un seuil de crise (ou de sûreté dans le cas du CNPE) et les stations hydrologiques de référence sur lesquelles les scénarios ont été construits est possible sur 9 d'entre elles :

- L'Yonne à Gurgy,
- L'Yonne à Pont-sur-Yonne,
- L'Aube à Arcis-sur-Aube,
- La Seine à Méry-sur-Seine,
- La Seine à Pont-sur-Seine,
- La Seine à Saint-Fargeau-Ponthierry,
- La Seine à Alfortville,
- La Marne à Gournay-sur-Marne,
- La Seine à Paris – Austerlitz.

La **partie 2.1.7 du rapport de phase 2** et la **partie 1.3.3.2 de ce rapport** explique pourquoi la correspondance n'a pu être effectuée que sur ces stations. Une approche simplifiée a donc dû être définie consistant à :

- (1) Prendre, parmi ces 9 stations hydrologiques de référence, des stations dites « pilotes » des tronçons des axes réalimentés suivants :
 - l'Yonne, de l'aval du lac-réservoir à la confluence avec le Serein,
 - l'Yonne, entre les confluences Yonne-Serein et Yonne-Seine,
 - l'Aube, de l'aval du lac-réservoir à la confluence avec la Seine,
 - la Seine, de l'aval du lac-réservoir à la confluence avec l'Aube,
 - la Seine, entre les confluences Seine-Aube et Seine-Yonne,
 - la Seine, entre les confluences Seine-Yonne et Seine-Marne,
 - la Marne, de l'aval du lac-réservoir à la confluence avec la Seine,
 - la Seine, entre les confluences Seine-Marne et Seine-Oise.
- (2) Evaluer les incidences socio-économiques, en se basant sur les jours de crise (ou sous le débit de sûreté dans le cas du CNPE de Nogent-sur-Seine) constatés aux stations « pilotes », sur les usages tributaires du soutien d'étiage de chaque tronçon.

Pour étudier les conséquences et justifier le choix de cette approche, qui revient à considérer que la situation à une station sera représentative de la situation sur le tronçon de l'axe réalimenté qu'elle pilote, une comparaison des débits naturalisés sur modèle AQUI-FR lors des 4 étiages sévères a été réalisée aux différentes stations d'amont en aval, sur chaque axe (**cf. Figure 75**). Ce travail offre une vision de l'évolution des franchissements des seuils de crise d'amont en aval sur tout le linéaire des quatre principaux axes (portion réalimentée et non réalimentée), sans influence des lacs-réservoirs.

Axe Marne								
Code station	H5011020	H5031020	H5071050	H5071040	H5071010	H5321010	H5841025	H5841070
Libellé court	Marnay-sur-Marne	Condes	Mussey-sur-Marne	Chamouilley	Saint-Dizier	la Ferté-sous-Jouarre	Gournay-sur-Marne	Créteil
Etiage	Nombre de jours de franchissement du seuil de crise sur l'année							
1921	294	213	202	179	177	Station sans seuil	98	Station sans seuil
1949	240	205	187	169	168	Station sans seuil	96	Station sans seuil
1976	217	173	165	155	155	Station sans seuil	71	Station sans seuil
1991	178	136	128	120	119	Station sans seuil	39	Station sans seuil

Axe Seine										
Code station	H0100010	H0100020	H0400010	H0400020	H0810010	H1700010	H1940020	H3930020	H4340020	H5920010
Libellé court	Nod-sur-Seine	Plaines-Saint-Lange	Bar-sur-Seine	Courtenot	Méry-sur-Seine*	Pont-sur-Seine	Bazoches-lès-Bray	Saint-Fargeau-Ponthierry	Alfortville	Paris - Austerlitz
Etiage	Nombre de jours de franchissement du seuil de crise sur l'année									
1921	130	219	88	115	37	189	Station sans seuil	78	81	52
1949	134	174	63	111	22	146	Station sans seuil	90	92	53
1976	120	155	83	103	13	133	Station sans seuil	66	66	39
1991	98	133	60	83	6	110	Station sans seuil	46	42	38

Axe Aube				
Code station	H1051020	H1201010	H1231010	H1501010
Libellé court	Longchamp-sur-Aujon	Bar-sur-Aube	Blaincourt-sur-Aube	Arcis-sur-Aube
Etiage	Nombre de jours de franchissement du seuil de crise sur l'année			
1921	68	89	91	111
1949	60	93	89	111
1976	80	97	92	97
1991	52	68	67	62

Axe Yonne					
Code station	H2051021	H2081020	H2221010	H2501040	H2701030
Libellé court	Clamecy	Prétilbert	Gurgy*	Joigny	Pont-sur-Yonne*
Etiage	Nombre de jours de franchissement du seuil de crise sur l'année				
1921	Station sans seuil	Station sans seuil	209	Station sans seuil	161
1949	Station sans seuil	Station sans seuil	193	Station sans seuil	133
1976	Station sans seuil	Station sans seuil	167	Station sans seuil	118
1991	Station sans seuil	Station sans seuil	155	Station sans seuil	105

Figure 75 : Franchissement des seuils de crise aux stations hydrologiques sur les 4 axes majeurs d'amont en aval, selon les débits naturalisés sur modèle AQUI-FR. *Au niveau des stations de Méry-sur-Seine, Gurgy et Pont-sur-Yonne, les débits analysés ont été reconstitués (cf. Partie 1.3.3.2)

Les résultats montrent que, selon les débits naturalisés, la sévérité des étiages tend à diminuer d'amont en aval (diminution du nombre de jours sous le seuil de crise de l'amont vers l'aval) sur la Marne et l'Yonne. Sur la Seine, deux séries de tendance à la baisse s'observent, d'abord sur le tronçon de Nod-sur-Seine à Méry-sur-Seine, puis sur le tronçon de Pont-sur-Seine à la station la plus en aval Paris-Austerlitz. Sur l'Aube en revanche, le nombre de jours sous le seuil de crise tend à augmenter de l'amont vers l'aval. Ce qui peut s'expliquer par une augmentation plus importante de la hauteur des seuils de crise aux stations comparativement à l'augmentation du débit naturel, facilitant leur franchissement.

Des constats précédents, le choix a été fait de prendre pour station « pilote », les stations disponibles le plus en aval de chaque tronçon, pouvant donner une vision minimalisée des incidences des étiages sévères. Ce choix permet de retenir des stations stratégiques pour les usages en période de sécheresse et pour la gestion des lacs-réservoirs.

La cartographie ci-dessous et le tableau page suivante présentent les tronçons des axes réalimentés et la station « pilote » ainsi associée :

Tronçons des axes réalimentés et station "pilote" associée

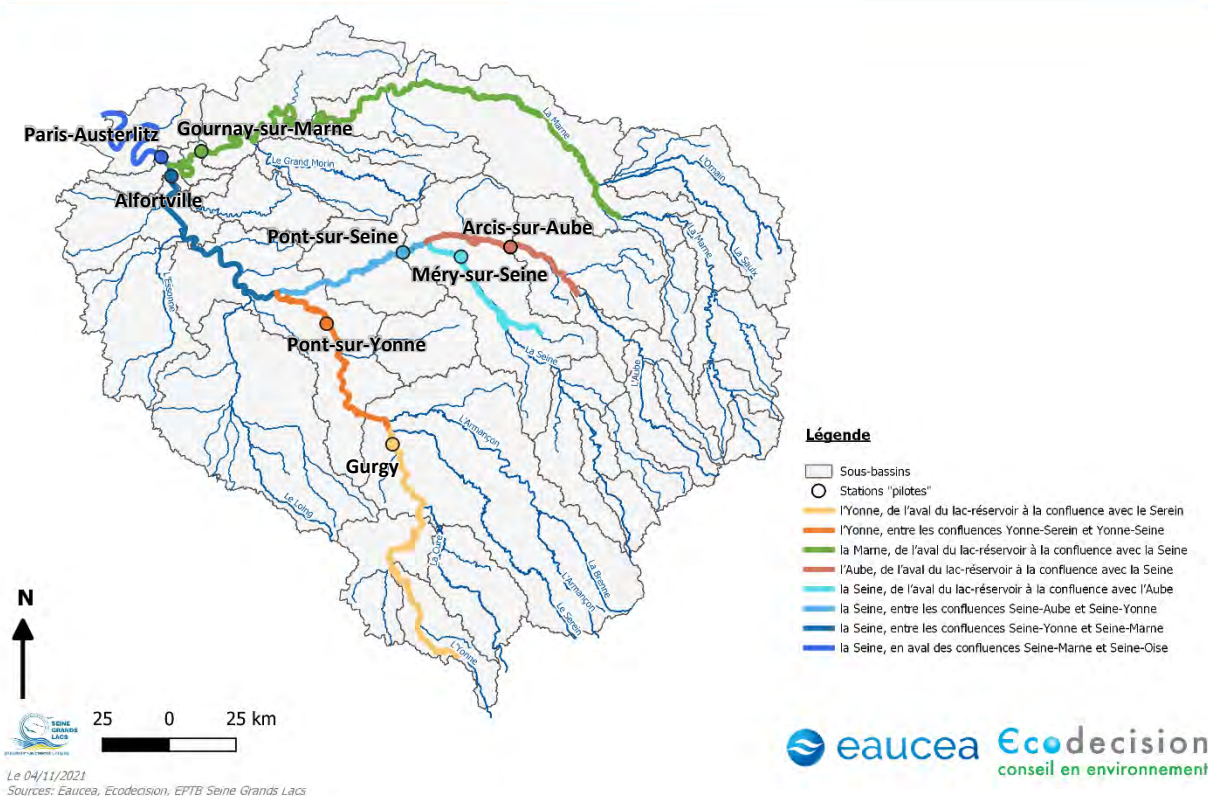


Figure 76 : Cartographie des tronçons des axes réalimentés et de la station « pilote » associée

Pour la Seine, entre la confluence Seine-Aube et Seine-Yonne, la station de Pont-sur-Seine a été retenue, servant notamment de station de suivi du débit de la Seine pour le CNPE de Nogent-sur-Seine (cf. **Rapport de phase 2, partie 2.1.5**). Pour la Seine, en aval de la confluence avec la Marne, la station de Paris-Austerlitz est la station la plus aval disponible sur le bassin d'étude.

Tronçons des axes réalimentés	Station « pilote »
l'Yonne, de l'aval du lac-réservoir à la confluence avec le Serein	Gurgy
l'Yonne, entre les confluences Yonne-Serein et Yonne-Seine	Pont-sur-Yonne
l'Aube, de l'aval du lac-réservoir à la confluence avec la Seine	Arcis-sur-Aube
la Seine, de l'aval du lac-réservoir à la confluence avec l'Aube	Méry-sur-Seine
la Seine, entre les confluences Seine-Aube et Seine-Yonne	Pont-sur-Seine
la Seine, entre les confluences Seine-Yonne et Seine-Marne	Alfortville
la Marne, de l'aval du lac-réservoir à la confluence avec la Seine	Gournay-sur-Marne
la Seine, entre les confluences Seine-Marne et Seine-Oise	Paris-Austerlitz

Tableau 19 : Tronçons des axes réalimentés et leur station « pilote » associée retenue pour l'évaluation des incidences des scénarios d'étiage

Dans le bilan socio-économique proposé des incidences des scénarios d'étiages, les chiffrages se feront donc à l'échelle des usages tributaires du soutien d'étiage sur chaque tronçon des axes réalimentés, en lien avec les stations « pilotes » les plus en aval du tronçon.

2.2 Dimensions socio-économiques des usages

Le recensement des usages a permis d'effectuer une première appréciation de l'importance de la ressource en eau pour les usages et de leur vulnérabilité face aux épisodes secs.

Cette première appréciation a été complétée par recherche bibliographique et échange avec un certain nombre d'interlocuteurs dont des usagers afin de caractériser l'importance de la ressource en eau au travers de dimensions socio-économiques. Ces dimensions ont été caractérisées par le biais d'indicateurs d'enjeux adaptés et pertinents (cf. **Rapport de phase 2, partie 2.3**).

Ces éléments proviennent de données historiques plus ou moins récentes et sont donc d'abord représentatifs des dimensions socio-économiques des usages actuels. La prédiction des enjeux socio-économiques futurs étant difficile à appréhender, nous avons considéré ce dimensionnement comme également représentatif pour les usages futurs.

2.2.1 L'irrigation

Pour rappel les cultures majoritairement irriguées en Seine Normandie sont : la pomme de terre, la betterave, le maïs et l'orge (cf. **Rapport de phase 2, partie 1.4.1**). Les dimensions socio-économiques de l'irrigation ont été approchées par des estimations de la marge brute des surfaces théoriques irriguées. Pour cela, une revue de la bibliographie a été effectuée et a permis de recenser des valeurs de la marge brute associée aux cultures irriguées qui ont été utilisées pour modéliser les besoins agricoles. Le tableau ci-dessous synthétise la valeur moyenne de la marge brute calculée pour ces cultures suite à ce travail bibliographique.

Culture irriguée	Marge brute (en €/ha)
Orge	470
Betterave	1 360
Maïs	710
Pomme de terre	3 630

Tableau 20 : Marge brute moyenne associée aux cultures irriguées utilisées pour modéliser les besoins agricoles

De cette manière, il a d'abord été possible de calculer la marge brute associée aux surfaces théoriques irriguées sur chaque sous-bassin. À partir des données de prélèvement de l'AESN sur la période 2008-2017, un travail a ensuite été effectué pour pondérer ces résultats par la part des prélèvements pour l'irrigation en masses d'eau réalimentées sur les prélèvements totaux, et obtenir une estimation de la marge brute des surfaces théoriques irriguées tributaires du soutien d'étiage par axe réalimenté :

Tronçons réalimentés	Surface théorique irriguée (en ha)	Marge brute (en €/an)
l'Yonne, de l'aval du lac-réservoir à la confluence avec le Serein	100	67 000
l'Yonne, entre les confluences Yonne-Serein et Yonne-Seine	200	216 000
l'Aube, de l'aval du lac-réservoir à la confluence avec la Seine	75	144 000
la Seine, de l'aval du lac-réservoir à la confluence avec l'Aube	75	145 000
la Seine, entre les confluences Seine-Aube et Seine-Yonne	430	719 000
la Seine, entre les confluences Seine-Yonne et Seine-Marne	0	-
la Marne, de l'aval du lac-réservoir à la confluence avec la Seine	850	1 426 000
la Seine, entre les confluences Seine-Marne et Seine-Oise	53	86 000
Bilan sur l'ensemble des tronçons	1 790	2 800 000

Tableau 21 : Synthèse des marges brutes associées aux surfaces théoriques irriguées à l'échelle de chaque tronçon

La marge brute étant fonction de la surface totale théorique irriguée, du type de culture, d'un ratio des prélèvements en masses d'eau réalimentées sur les prélèvements totaux, les valeurs sont hétérogènes. La surface théorique irriguée calculée tributaire du soutien d'étiage sur la Seine, entre la confluence Seine-Yonne et Seine-Marne, est nulle car aucun prélèvement sur la Seine sur ce tronçon ou sa nappe d'accompagnement n'a été recensé (selon les données AESN 2008-2017). Le ratio des prélèvements en masses d'eau réalimentées sur les prélèvements totaux pour l'irrigation est donc nul et la marge brute associée sur ce tronçon l'est par conséquent aussi.

À l'exception des cultures d'orge pour lesquelles l'irrigation se pratique de mars à juin, l'irrigation des autres cultures théoriques débute en juin et peut se prolonger jusqu'en octobre. Toutefois, quantifier de façon précise ces impacts présente des difficultés, la principale étant liée à l'incapacité de prédire la gestion de l'irrigation des exploitants selon le type de culture en cas de restriction. Seule l'ampleur de l'activité touchée peut être chiffrée, sans évaluer directement les pertes subies.

L'irrigation tributaire du soutien d'étiage génère une marge brute qu'il a été possible de chiffrer à l'échelle de chaque tronçon réalimenté. Cette marge brute mesure le poids de l'activité impactée en période de crise, sans qu'il soit possible de chiffrer l'impact lui-même.

2.2.2 La navigation sur les canaux

Pour la navigation sur les canaux de VNF, les études publiées sur le fonctionnement et les retombées économiques des différentes activités (péniches – hôtels, plaisance privée et locative, paquebots fluviaux, bateaux promenades) et les données complémentaires recueillies auprès de VNF (fréquentation par type de navigation) ont permis de chiffrer les dimensions socio-économiques de la navigation sur les canaux.

Pour mémoire, pour les rivières canalisées³, la continuité du service n'est pas impactée d'un point de vue pratique en période de sécheresse ; aucun impact économique n'est chiffré. Le chiffrage ne concerne donc que la navigation sur les canaux artificiels⁴.

Des estimations ont donc été effectuées pour chiffrer le poids économique des filières de navigation. Ces estimations se basent sur des données 2018 : le nombre de passages de bateaux aux écluses, le type de bateau, les dépenses/poids économiques associés par type de bateau. Un travail a également été effectué pour minimiser les doubles comptes liés aux allers-retours.

Il en résulte, en moyenne sur une année, un poids économique proche de :

- 2,6 millions d'€, pour la navigation sur le canal latéral à la Marne, en aval du lac-réservoir de la Marne ;
- 8 millions d'€, pour la navigation sur le canal du Nivernais, en aval du lac-réservoir de l'Yonne.

Par ailleurs, le trafic sur les canaux de VNF tributaires du soutien d'étiage, se faisant pour l'essentiel entre avril et octobre (cf. **Figure 77**), un arrêt de la navigation aurait un impact certain sur les filières de navigation.

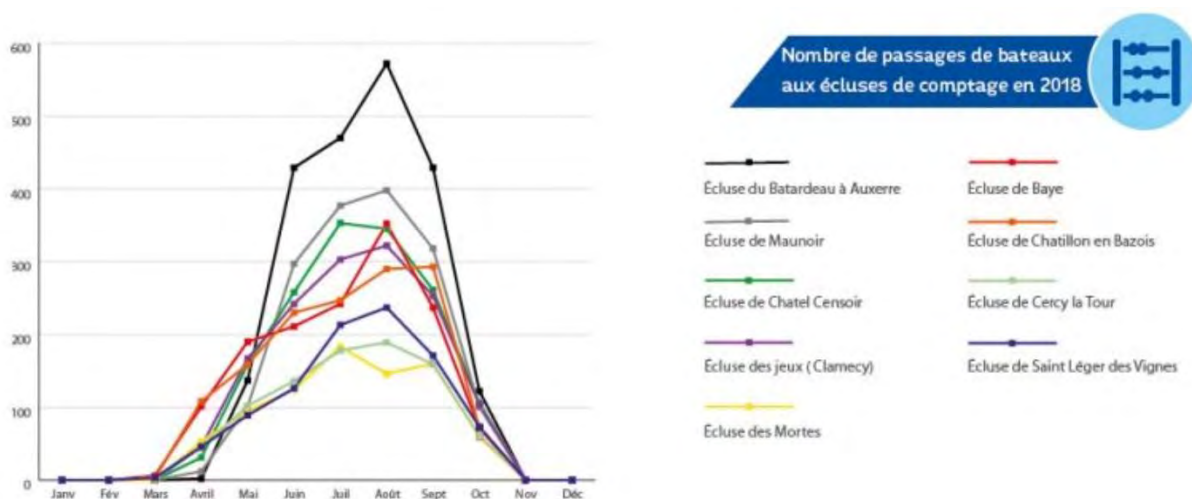


Figure 77 : Evolution du trafic sur le canal du Nivernais en 2018 (source : VNF. <https://www.vnf.fr/vnf/dossiers-actualites/le-canal-du-nivernais/>)

Pour ce qui est du canal de l'Ourcq, de Saint-Denis et de Saint-Martin, il n'a pas été possible d'avoir la même approche, en l'absence de données économiques à l'échelle des canaux. Un recensement des activités (navettes fluviales, croisières, location de bateaux sans permis, baignade, activités nautiques sportives) susceptibles d'être impactées en cas d'étiage sévère a donc été effectué.

La synthèse des chiffres bilans des éditions de 2016 à 2019 de l'Eté du Canal a permis d'estimer à un peu plus de 110 000 le nombre d'utilisateurs sur ces canaux entre juillet et août, la fréquentation n'étant pas la même selon l'activité :

³ Rivières canalisées : rivières aménagées pour la navigation au moyen de barrages (fixes ou mobiles) équipés d'écluses.

⁴ Canaux artificiels : voies navigables artificielles dont l'alimentation en eau et le maintien de la hauteur d'eau dépend entièrement de prélèvements sur une ressource voisine.

- Entre 30 400 et 41 000 passagers sur les navettes fluviales ;
- Entre 5 700 et 7 000 participants aux croisières ;
- 30 500 personnes transportées sur les bateaux électriques sans permis ;
- Entre 56 000 et 104 000 personnes sur les sites de baignades ;
- Entre 4 000 et 8 200 personnes accueillis dans les centres d'activités nautiques sportives.

Le trafic et les activités sur les canaux artificiels se font essentiellement durant la période estivale et génèrent un poids économique qu'il a été possible de chiffrer pour le canal du Nivernais et le canal latéral à la Marne. Les données mensuelles de fréquentation indiquent la répartition dans le temps de l'activité. Un arrêt de la navigation entraîne donc des pertes économiques, variables selon la période.

2.2.3 Le Centre Nucléaire de Production d'Electricité

L'empreinte socio-économique de l'activité du CNPE de Nogent-sur-Seine est définie en se basant sur la production du CNPE et le prix de vente en gros de l'électricité en 2019.

En 2019, la production pour le CNPE a été de 16,26 TWh. Avec un prix spot base moyen de l'année 2019 de 39,4 €/MWh (source : Le fonctionnement des marchés de gros de l'électricité et du gaz naturel, Rapport de 2019), cette production représente 640 millions d'€ de vente en gros. En supposant que la production est constante toute l'année, cette valeur peut être ramenée à une valeur journalière de 2 millions d'€/j.

Des contraintes sur les capacités de rejet auront des impacts sur la production, avec un effet immédiat. Des contraintes sur la fraction évaporée du CNPE auront quant à elles un effet différé pour la capacité de rejet.

En cas de contrainte sur le fonctionnement pur du CNPE (incapacité technique de pompage en Seine), la production est arrêtée supposant des pertes de vente pour le CNPE, estimées à 2 millions d'€ par journée d'arrêt.

2.2.4 Les autres usages économiques et l'alimentation en eau potable

Pour les autres usages économiques (dont la production d'hydro-électricité) et l'AEP, la quantification des enjeux a été menée conjointement et en mobilisant les données sur l'économie et les services d'eau pour l'année 2018 disponibles à l'échelle des communes sur les bases publiques (INSEE et SISPEA). Les éléments transmis au fur et à mesure de l'étude par les services d'eau ont permis de compléter les informations tirées de ces données.

De l'identification des prélèvements destinés à l'AEP, il a été possible de délimiter les périmètres au sein desquels la population et les établissements sont tributaires du soutien d'étiage. Ces périmètres correspondent au périmètre de desserte des services d'eau potable bénéficiant du soutien d'étiage, dans la mesure où les ressources qu'ils exploitent sont réalimentées par le soutien d'étiage.

Nous avons donc, d'une part, quantifié la population et les emplois des établissements de service desservis en eau potable par ces services d'eau bénéficiant du soutien d'étiage. À partir des données régionales de 2014 sur l'économie des branches d'activités, une estimation de la valeur ajoutée associée aux établissements de service a également pu être faite.

D'autre part, ce dimensionnement a été complété par la quantification des emplois des autres établissements (établissements industriels) bénéficiant du soutien d'étiage (ceux disposant d'un prélèvement en masses d'eau réalimentées et/ou desservis en eau potable par les services d'eau bénéficiant du soutien d'étiage) ainsi que la valeur ajoutée associée à ces établissements.

Le tableau ci-dessous synthétise la quantification des enjeux identifiés effectuée à l'échelle de chaque tronçon :

Tronçons réalimentés	Population desservie en eau potable ¹	Nombre d'emploi de l'industrie ²	Valeur ajoutée associée (en millions d'€/an)	Nombre d'emploi de service ³	Valeur ajoutée associée (en millions d'€/an)
l'Yonne, de l'aval du lac-réservoir à la confluence avec le Serein	2 500	44	3	180	13
L'Yonne, entre les confluences Yonne-Serein et Yonne-Seine	266 000	7 700	790	153 000	16 600
l'Aube, de l'aval du lac-réservoir à la confluence avec la Seine	5 400	660	53	1 200	86
la Seine, de l'aval du lac-réservoir à la confluence avec l'Aube	37 000	4 800	350	13 600	1 000
la Seine, entre les confluences Seine-Aube et Seine-Yonne	9 000	680	54	3 500	260
la Seine, entre les confluences Seine-Yonne et Seine-Marne	3 540 000	170 000	17 700	1 700 000	186 000
la Marne, de l'aval du lac-réservoir à la confluence avec la Seine	1 940 000	122 000	12 600	1 180 000	129 000
la Seine, entre les confluences Seine-Marne et Seine-Oise	620 000	51 000	5 200	395 000	43 000
Bilan sur l'ensemble des tronçons	6 420 000	357 000	37 000	3 450 000	376 000

Tableau 22 : Synthèse des enjeux des autres usages économiques et de l'alimentation en eau potable quantifiés à l'échelle de chaque tronçon (sources : SIPSEA 2018, INSEE 2018, Eau de Paris, SEDIF, données AESN)

¹ La population desservie correspond à la population au sein des périmètres de desserte des services d'eau potable bénéficiant du soutien d'étiage.

² Les emplois de l'industrie correspondent au nombre de postes salariés des établissements des secteurs industriels classiques (correspondant aux établissements des branches C1, C2, C3, C4, C5, d'après la nomenclature NAF rév.2 A17) et de la construction bénéficiant du soutien d'étiage.

³ Les emplois de service correspondent au nombre de postes salariés des établissements des autres secteurs (i.e. les établissements hors branches C1, C2, C3, C4, C5, d'après la nomenclature NAF rév.2 A17) desservis en eau potable par les services d'eau bénéficiant du soutien d'étiage.

En cas de sécheresse, les services d'eau peuvent avoir des difficultés à maintenir la distribution d'eau potable depuis les ressources en exploitation. **On ne parle pas d'arrêt de la fourniture d'eau potable mais de risques de connaître certaines difficultés**, en particulier si la situation de sécheresse est sévère et dure dans le temps. Par ailleurs, les mesures de limitation voire de suspension des usages prises par arrêté sécheresse servent à prévenir d'éventuelles difficultés et à garantir au maximum l'AEP et le maintien des autres usages prioritaires (vie biologique, sûreté nucléaire).

Quant aux autres usages économiques, les mesures de préservation des ressources en eau en période d'étiage (consignes des services d'eau potable en cas de difficultés à maintenir la distribution ou restrictions sur les prélèvements/rejets) seront de nature à affecter :

- Directement l'activité des établissements industriels à chaque journée sous restriction ;
- Indirectement l'activité des établissements de service à partir d'une certaine durée d'application des consignes des services d'eau potable.

Plusieurs chiffrages ont ainsi été possibles à l'échelle de chaque tronçon réalimenté :

- La population desservie en eau potable par les services d'eau potable bénéficiant du soutien d'étiage, donnant la **population potentiellement affectée en cas de sécheresse** ;
- Le poids des établissements de l'industrie en nombre d'emploi et en valeur ajoutée, permettant de calculer une **valeur de perte de valeur ajoutée maximale selon la durée des contraintes en période d'étiage** ;
- Le poids des établissements de service, donnant une **mesure de l'importance des activités de service susceptibles d'être impactées indirectement** par des consignes des services d'eau potable.

2.3 Evaluation des incidences des étiages sévères passés sur les usages actuels

2.3.1 Comparaison des scénarios avec et sans soutien d'étiage à chaque station « pilote »

Les résultats présentés avec soutien d'étiage correspondent à la situation de remplissage qui aurait résulté des conditions hydrologiques hiver / printemps (loin d'un remplissage optimal), d'où des performances de soutien d'étiage amoindries, notamment en 1921, année présentant le remplissage simulé le plus faible. Le résultat de cette approche comporte, pour chaque station « pilote », deux informations pour chacun des 4 scénarios d'étiage : la durée des niveaux de contraintes subies et leurs répartitions durant l'étiage, l'impact n'étant pas le même selon la période.

Ces résultats ne tiennent pas compte de l'effet sur l'hydrologie de la réduction progressive des prélèvements liée aux mesures de préservation des ressources en eau des arrêtés cadres sécheresse. La durée et les niveaux de contraintes sont donc nécessairement maximisés par rapport à la réalité qui serait observée dans ces situations de crise extrême.

2.3.1.1 Gurgy (tronçon de l'Yonne de l'aval du lac-réservoir à la confluence avec le Serein)

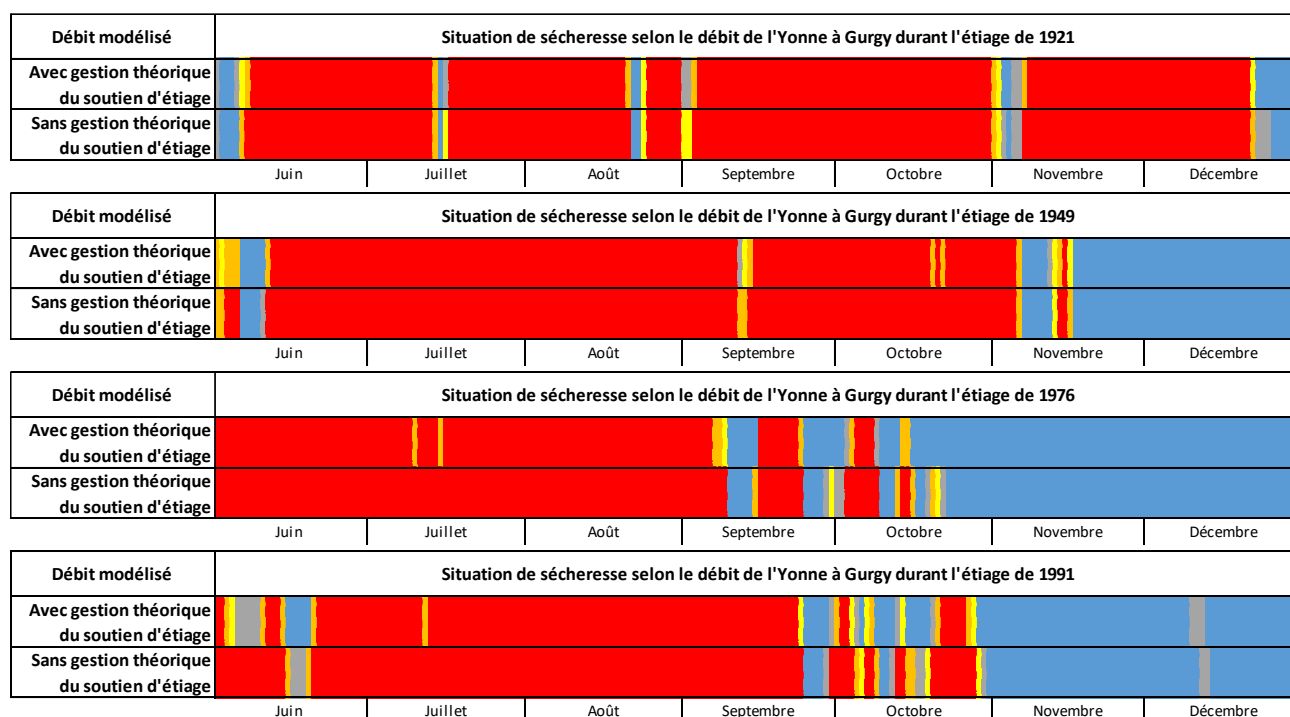


Figure 78 : Durée des niveaux de contraintes subies et répartitions durant les 4 étiages sévères de juin à décembre à Gurgy, avec et sans soutien d'étiage simulé

A Gurgy, sans influence de la gestion simulée du lac-réservoir, le débit de l'Yonne entre juin et décembre se trouve en grande partie sous le seuil de crise (entre 119 et 184 jours) et sur de longues périodes (jusqu'à 101 jours consécutifs pour l'étiage de 1976).

Avec influence de la gestion simulée du lac-réservoir, le soutien d'étiage simulé n'aurait pas permis de maintenir le débit à Gurgy au-dessus des seuils (entre 106 et 180 jours sous le seuil de crise).

Rappelons que le débit à Gurgy est une reconstitution réalisée sur la base de la somme des débits des stations de l'Yonne à Prégilbert et de la Cure à Arcy-sur-Cure. Il existe donc des incertitudes importantes, notamment du fait des temps de transit difficilement appréciables à partir d'opérations entre stations amont et/ou aval soumises elles-mêmes à des temps de transfert depuis les lacs-réservoirs. Rappelons également que l'analyse de l'application des règles actuelles de la gestion du lac-réservoir de Pannecière (cf. **partie 1.1.4.5**) a montré que les volumes limités du lac-réservoir ne permettent pas la tenue des objectifs à Gurgy pour des étiages récents, ou ceux de 1921, 1949, 1976 et 1991.

2.3.1.2 Pont-sur-Yonne (tronçon de l'Yonne entre les confluences Yonne-Serein et Yonne-Seine)

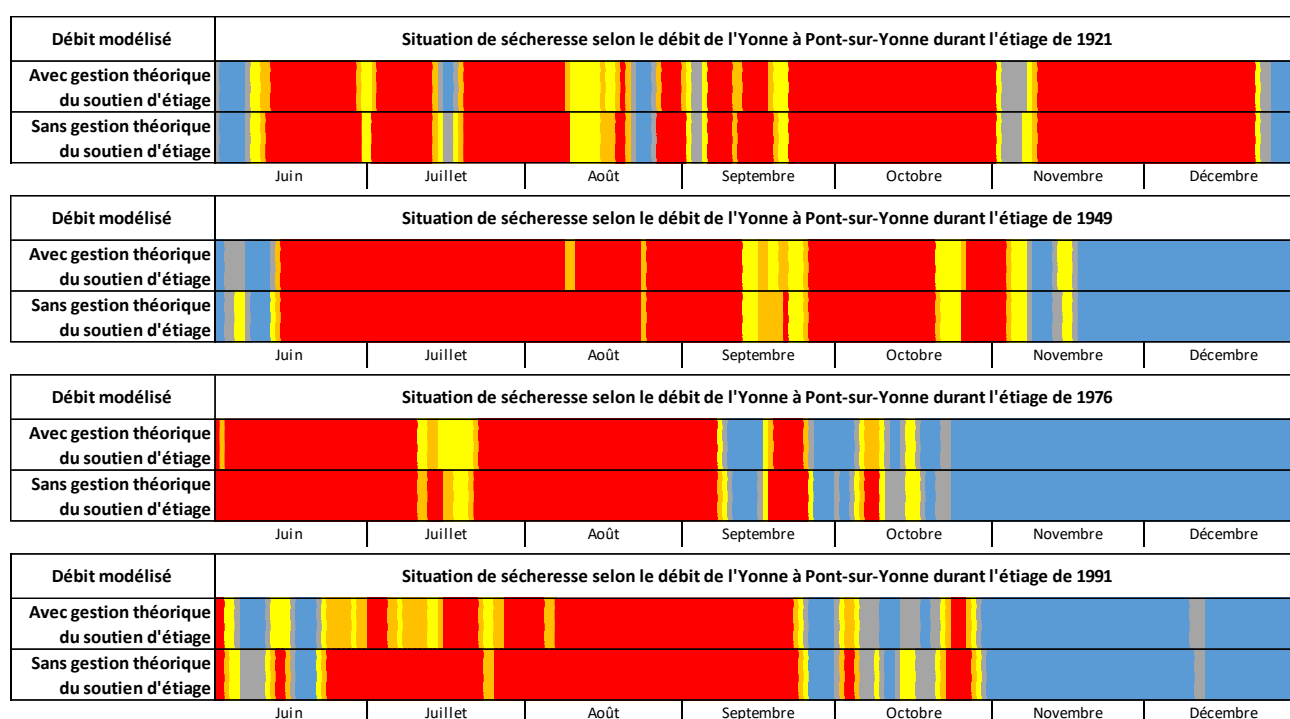


Figure 79 : Durée des niveaux de contraintes subies et répartitions durant les 4 étiages sévères de juin à décembre à Pont-sur-Yonne, avec et sans soutien d'étiage simulé

A Pont-sur-Yonne, sans influence de la gestion simulée du lac-réservoir, le débit de l'Yonne entre juin et décembre se trouve en grande partie sous le seuil de crise (entre 102 et 156 jours) et sur de longues périodes (jusqu'à 71 jours consécutifs pour l'étiage de 1949).

Avec influence de la gestion simulée du lac-réservoir, le soutien d'étiage simulé n'aurait pas permis de maintenir le débit à Pont-sur-Yonne au-dessus des seuils (entre 71 et 147 jours sous le seuil de crise). Rappelons que le débit à Pont-sur-Yonne est une reconstitution réalisée sur la base de la somme des débits des stations de l'Yonne à Joigny et de la Vanne à Pont-sur-Vanne. Il existe donc des incertitudes importantes, notamment du fait des temps de transit difficilement appréciables à partir d'opérations entre stations amont et/ou aval soumises elles-mêmes à des temps de transfert depuis les lacs-réservoirs. Rappelons également que l'analyse de l'application des règles actuelles de la gestion du lac-réservoir de Pannecière (cf. **partie 1.1.5.5**) a montré que les volumes limités du lac-réservoir ne permettent pas pour des étiages récents, ou ceux de 1921, 1949, 1976 et 1991, la tenue des objectifs à Pont-sur-Yonne.

2.3.1.3 Arcis-sur-Aube (tronçon de l'Aube, de l'aval du lac-réservoir à la confluence avec la Seine)

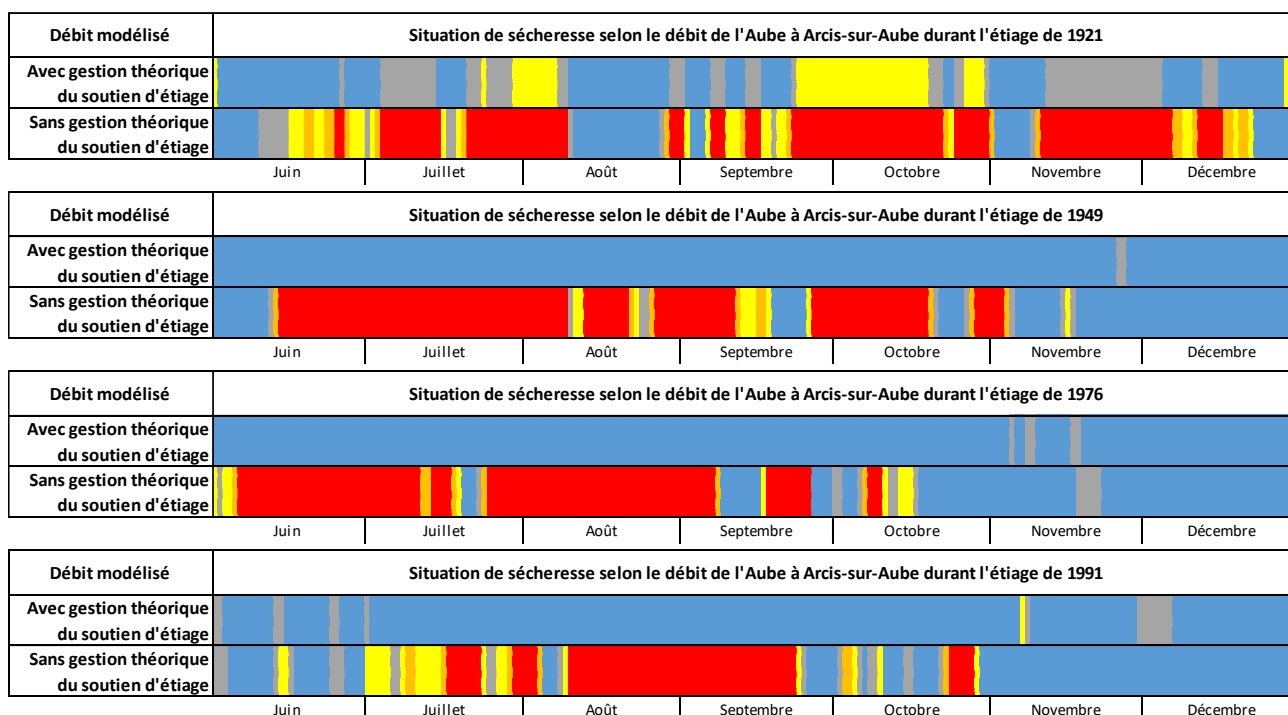


Figure 80 : Durée des niveaux de contraintes subies et répartitions durant les 4 étiages sévères de juin à décembre à Arcis-sur-Aube, avec et sans soutien d'étiage simulé

A Arcis-sur-Aube, sans influence de la gestion simulée du lac-réservoir, le débit de l'Aube aurait été entre 62 et 111 jours sous le seuil de crise entre juin et décembre et jusqu'à 57 jours consécutifs pour l'étiage de 1949.

Avec influence de la gestion simulée du lac-réservoir Aube, les objectifs à Arcis-sur-Aube auraient été tenus, sauf dans le cas de l'étiage de 1921. Pour cet étiage, les capacités de déstockage auraient été limitées du fait de faibles débits fin 1920 se prolongeant en 1921 et limitant très fortement les capacités de remplissage du lac-réservoir et donc les possibilités de restitution (cf. **partie 1.3.3.3**).

2.3.1.4 Méry-sur-Seine (tronçon de la Seine, de l'aval du lac-réservoir à la confluence avec l'Aube)

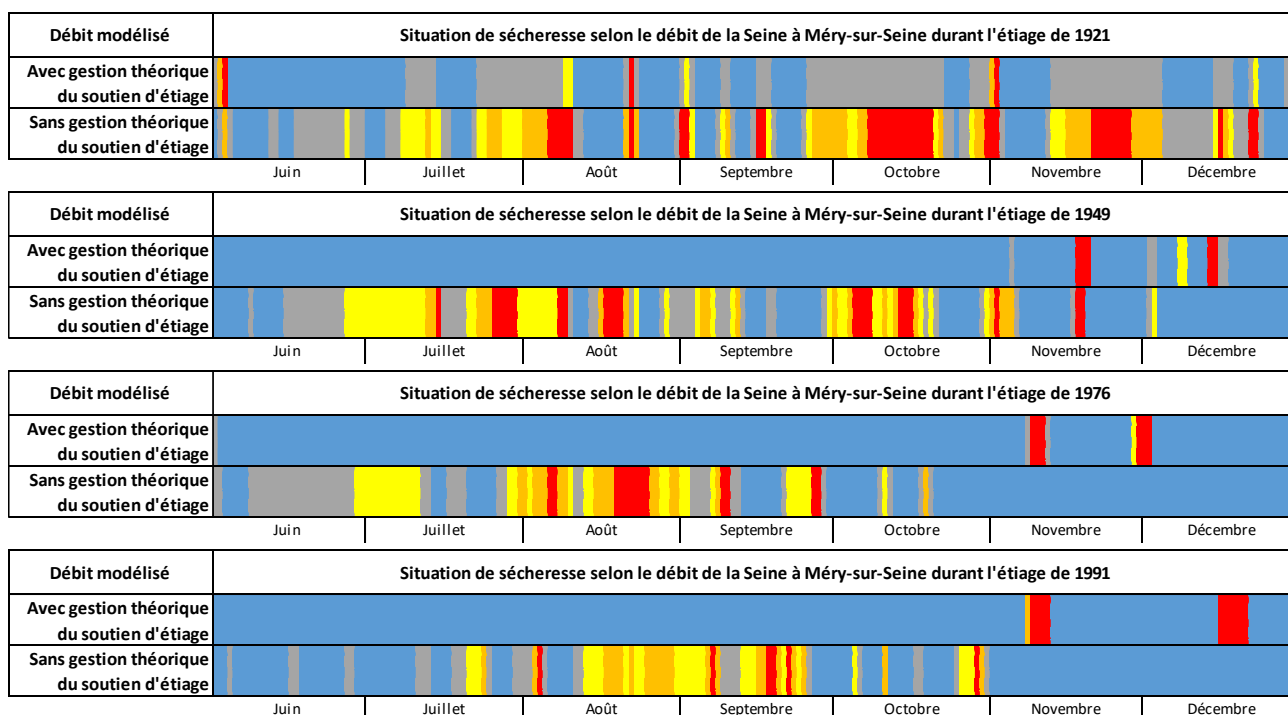


Figure 81 : Durée des niveaux de contraintes subies et répartitions durant les 4 étiages sévères de juin à décembre à Méry-sur-Seine, avec et sans soutien d'étiage simulé

A Méry-sur-Seine, sans influence de la gestion simulée du lac-réservoir, le débit de la Seine aurait été ponctuellement sous le seuil de crise entre juin et décembre et sur de courtes périodes (jusqu'à 13 jours consécutifs pour l'étiage de 1921).

Avec influence de la gestion simulée du lac-réservoir Seine, les objectifs à Méry-sur-Seine auraient été tenus, hormis quelques franchissements des seuils, notamment du seuil de crise franchi en fin de période pour les étiages de 1949, 1976 et 1991. Ces franchissements résultent de la reprise de la phase de remplissage du lac-réservoir simulée à partir de novembre (cf. **partie 1.1.5.4**).

2.3.1.5 Pont-sur-Seine (tronçon de la Seine, entre les confluences Seine-Aube et Seine-Yonne)

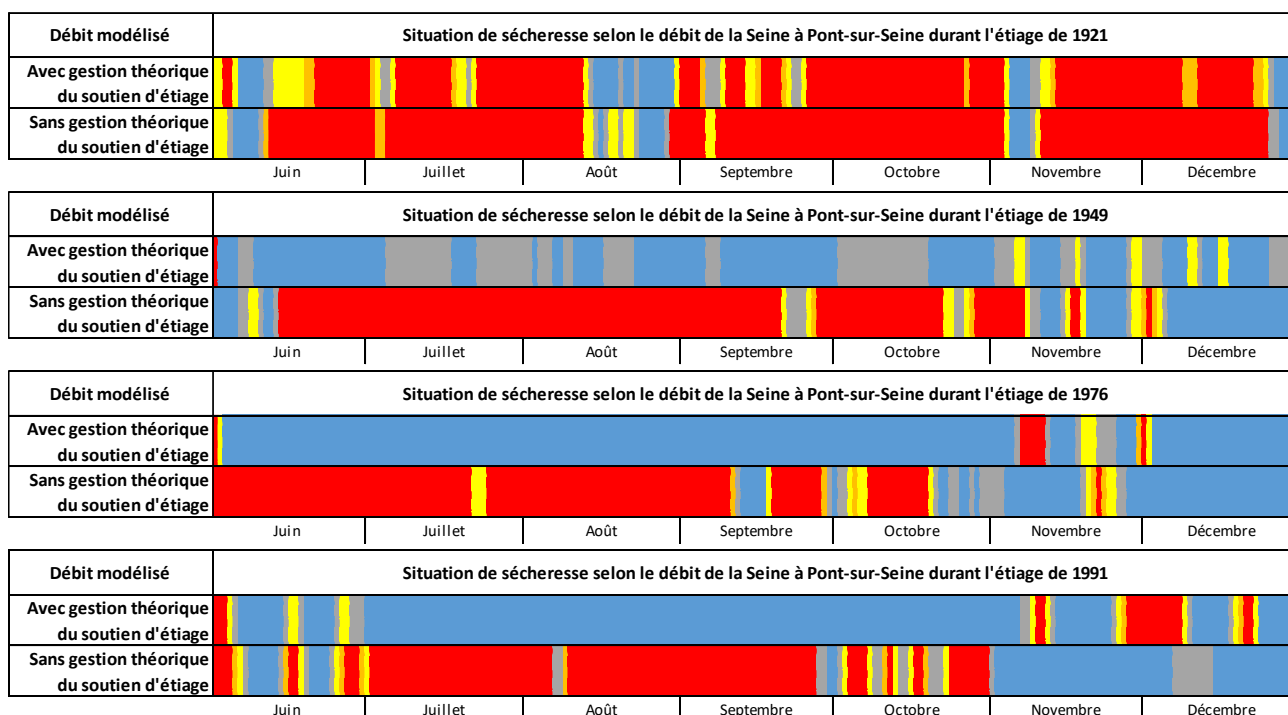


Figure 82 : Durée des niveaux de contraintes subies et répartitions durant les 4 étiages sévères de juin à décembre à Pont-sur-Seine, avec et sans soutien d'étiage simulé

À Pont-sur-Seine, sans soutien d'étiage simulé, le débit de la Seine aurait été en grande partie sous le seuil de crise (entre 109 et 169 jours) entre juin et décembre et sur de longue période (jusqu'à 99 jours consécutifs pour l'étiage de 1949).

À l'exception du cas pour l'étiage de 1921, avec influence de la gestion simulée du lac-réservoir Seine, les objectifs à Pont-sur-Seine auraient été tenus, hormis quelques franchissements de seuils, notamment du seuil de crise franchi en fin de période. Pour l'étiage de 1921, les capacités de déstockage auraient été limitées du fait des faibles débits fin 1920 se prolongeant en 1921 et limitant très fortement les capacités de remplissages du lac-réservoir et donc les possibilités de restitution (cf. **partie 1.3.3.3**). De plus, la hauteur des seuils de référence à Pont-sur-Seine par rapport au débit naturel facilite leur franchissement. Quant aux franchissements tardifs du seuil de crise, ils résultent de la reprise de la phase de remplissage du lac-réservoir simulée à partir de novembre (cf. **partie 1.1.5.4**).

2.3.1.6 Alfortville (tronçon de la Seine, entre les confluences Seine-Yonne et Seine-Marne)

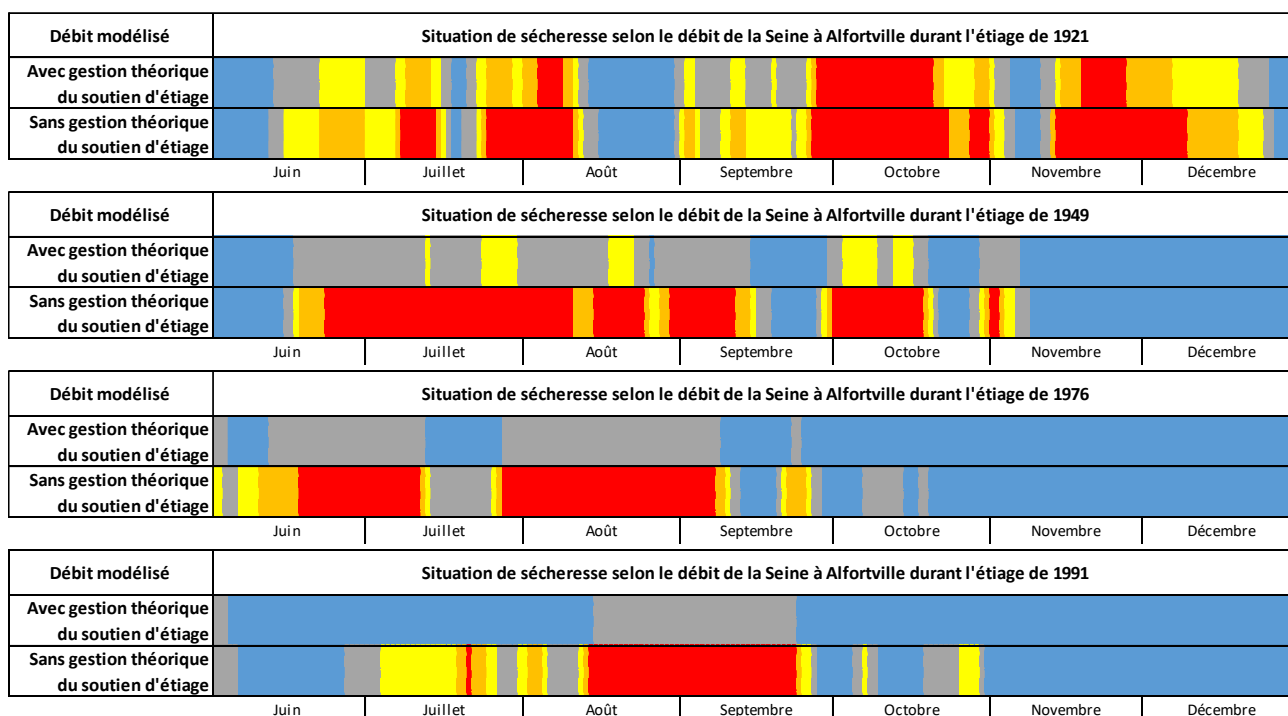


Figure 83 : Durée des niveaux de contraintes subies et répartitions durant les 4 étiages sévères de juin à décembre à Alfortville, avec et sans soutien d'étiage simulé

A Alfortville, sans soutien d'étiage simulé, le débit de la Seine aurait été entre 42 et 92 jours sous le seuil de crise entre juin et décembre et jusqu'à 49 jours consécutifs pour l'étiage de 1949. La situation semble donc s'atténuer sur la Seine vers l'aval, comparativement à Pont-sur-Seine.

Avec influence de la gestion simulée des lac-réservoirs, les objectifs à Alfortville auraient été difficilement tenus, en particulier pour l'étiage de 1921. Plusieurs franchissements du seuil d'alerte et de vigilance sont constatés et sur de longues périodes, voire des franchissements du seuil de crise (jusqu'à 23 jours consécutifs pour l'étiage de 1921). Pour l'étiage de 1921, les capacités de déstockage auraient été limitées du fait des faibles débits fin 1920 se prolongeant en 1921 et limitant très fortement les capacités de remplissages du lac-réservoir et donc les possibilités de restitution (cf. **partie 1.3.3.3**).

2.3.1.7 Gournay-sur-Marne (tronçon de la Marne, de l'aval du lac-réservoir à la confluence avec la Seine)

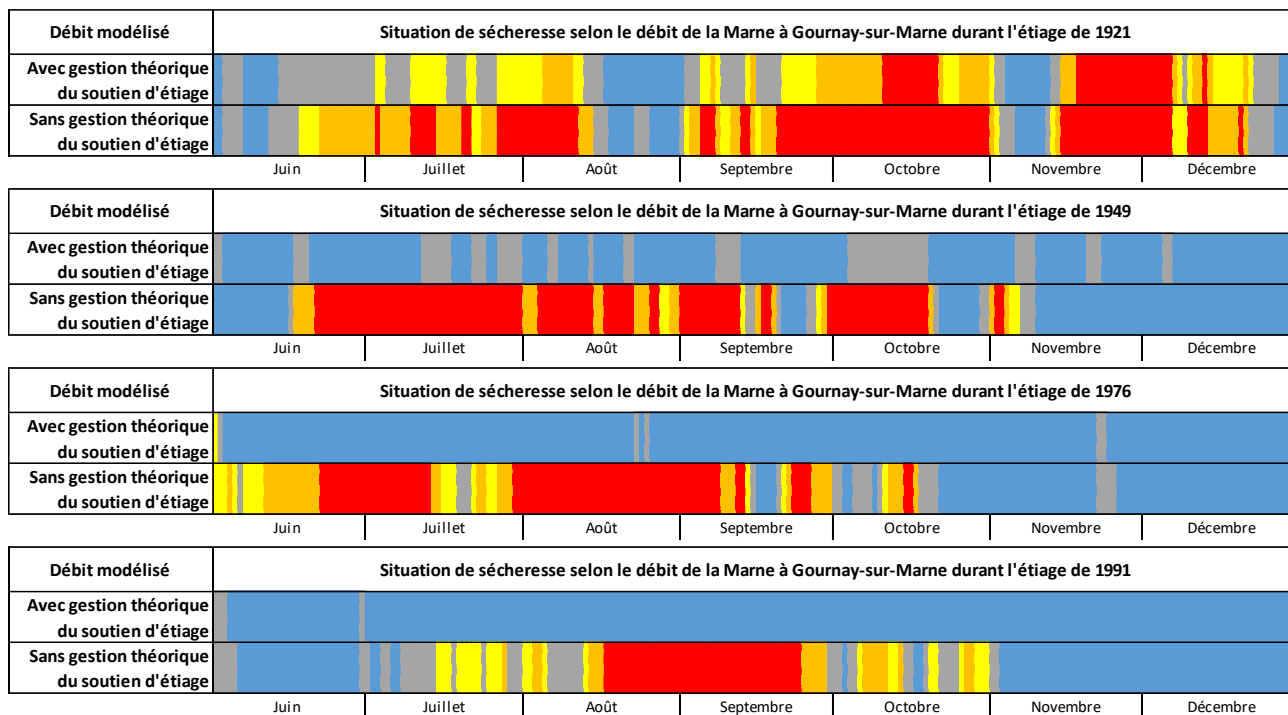


Figure 84 : Durée des niveaux de contraintes subies et répartitions durant les 4 étiages sévères de juin à décembre à Gournay-sur-Marne, avec et sans soutien d'étiage simulé

Sans influence de la gestion simulée du lac-réservoir, le débit de la Marne aurait été régulièrement sous le seuil de crise (entre 39 et 98 jours) entre juin et décembre et sur de longues périodes (autour de 40 jours consécutifs pour les 4 étiages).

À l'exception du cas pour l'étiage de 1921, avec influence de la gestion simulée du lac-réservoir Marne, les objectifs à Gournay-sur-Marne auraient été tenus, hormis quelques franchissements du seuil de vigilance. Pour l'étiage de 1921, les capacités de déstockage auraient été limitées du fait des faibles débits fin 1920 se prolongeant en 1921 et limitant très fortement les capacités de remplissage du lac-réservoir et donc de restitution (cf. **partie 1.3.3.3**).

2.3.1.8 Paris-Austerlitz (tronçon de la Seine, entre les confluences Seine-Marne et Seine-Oise)

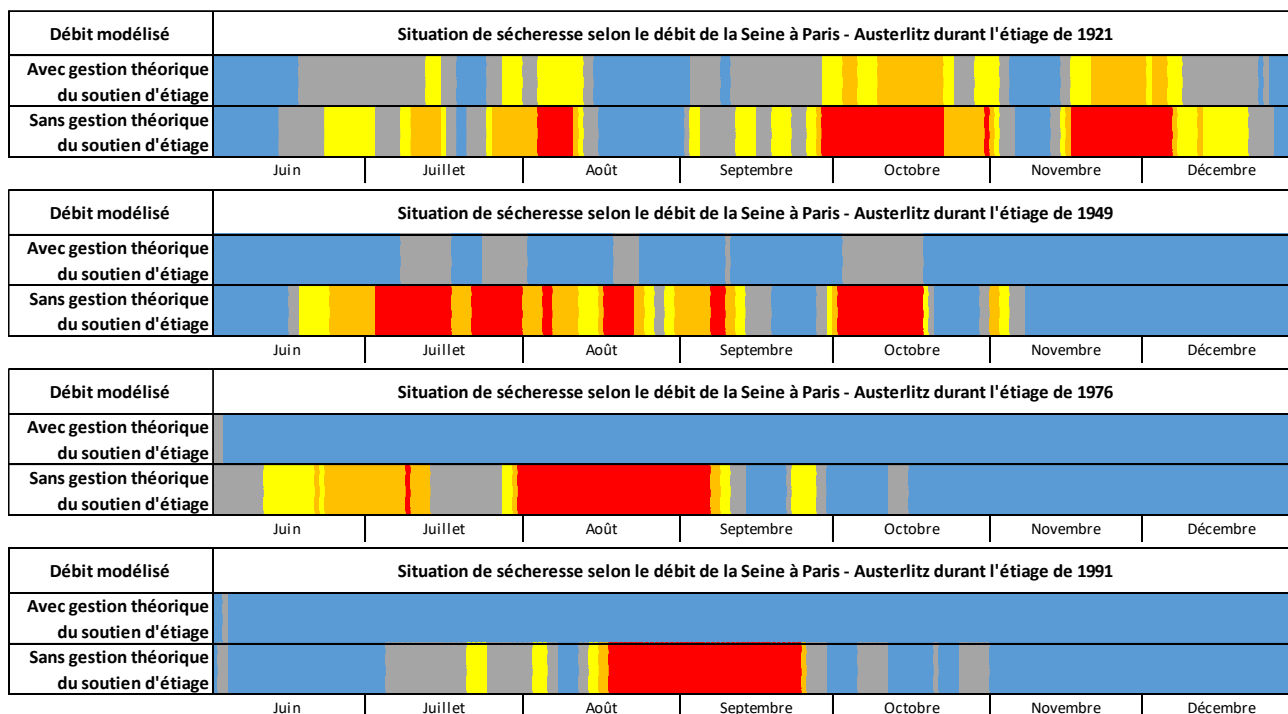


Figure 85 : Durée des niveaux de contraintes subies et répartitions durant les 4 étiages sévères de juin à décembre à Paris-Austerlitz, avec et sans soutien d'étiage simulé

A la station de Paris-Austerlitz, la plus en aval, la Seine bénéficie de l'influence des axes réalimentés. Sans soutien d'étiage simulé, la situation est similaire à celle aux stations sur l'Aube, la Seine et la Marne. Elle s'atténue également davantage comparativement à Alfortville et à Pont-sur-Seine, le débit de la Seine étant sous le seuil de crise entre 38 et 53 jours entre juin et décembre.

À l'exception du cas de l'étiage de 1921, avec influence de la gestion simulée des lac-réservoirs, les objectifs à Paris auraient été tenus, hormis quelques franchissements du seuil de vigilance. Pour l'étiage de 1921, les capacités de déstockage des 4 lacs-réservoirs auraient été limitées mais l'effet cumulé aurait permis d'éviter le franchissement du seuil de crise (**cf. partie 1.3.3.3**).

2.3.2 Vulnérabilité des usages aux étiages sévères passés

En fonction des franchissements du seuil de crise constatés à chaque station « pilote », il est possible de dresser une cartographie de la fréquence moyenne des situations de crise pour les 4 étiages sévères passés entre juin et décembre, sur chaque tronçon des axes réalimentés, avec et sans soutien d'étiage simulé (cf. **Figure 86** et **Figure 87**).

En considérant que, par définition, la **vulnérabilité des enjeux exprime la potentialité d'être impacté par un aléa**, cette cartographie permet d'appréhender la vulnérabilité des usages (les enjeux) aux étiages sévères passés (l'aléa).

Les cartographies de la fréquence des situations de crise entre juin et décembre pour chacun des 4 étiages sévères passés, avec et sans soutien d'étiage simulé, sont disponibles en **Annexe 4 : Fréquence des situations de crise sur chaque tronçon des axes réalimentés entre juin et décembre pour chaque scénario d'étiage sévère passé**.

Fréquence des situations de crise avec soutien d'étiage théorique

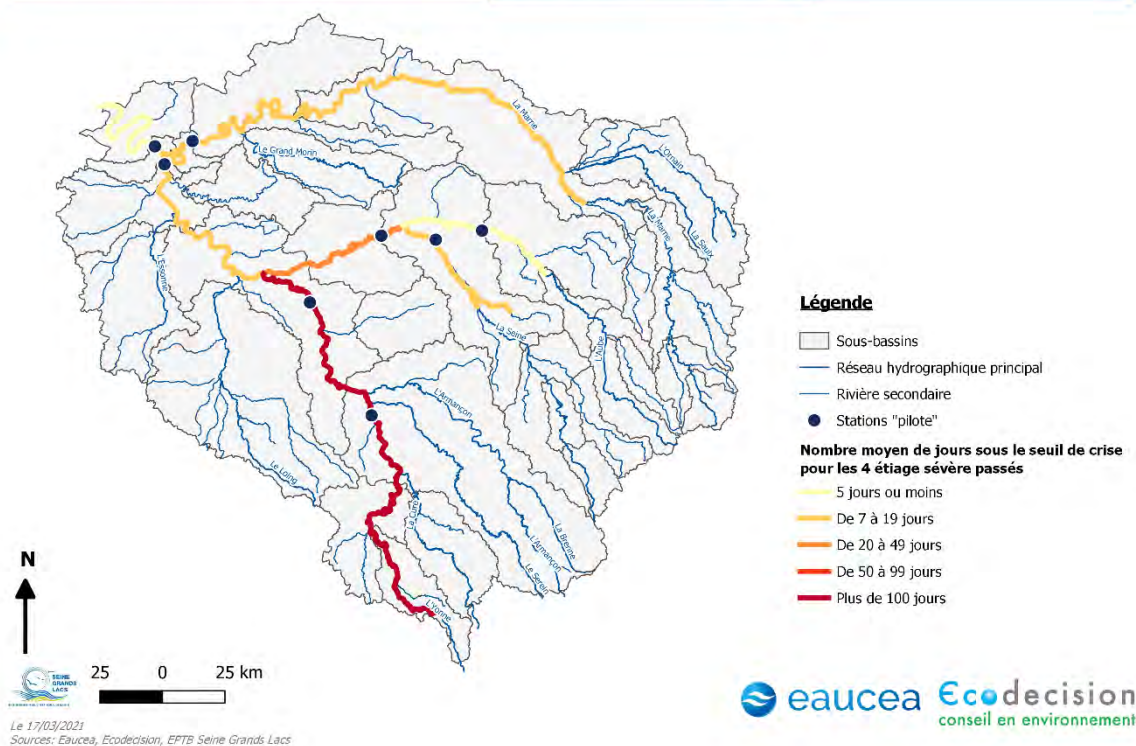


Figure 86 : Fréquence moyenne des situations de crise sur chaque tronçon des axes réalimentés, avec soutien d'étiage simulé, en fonction du nombre moyen de jours sous le seuil de crise constaté à chaque station « pilote » pour les 4 étiages sévères passés entre juin et décembre

Fréquence des situations de crise sans soutien d'étiage théorique

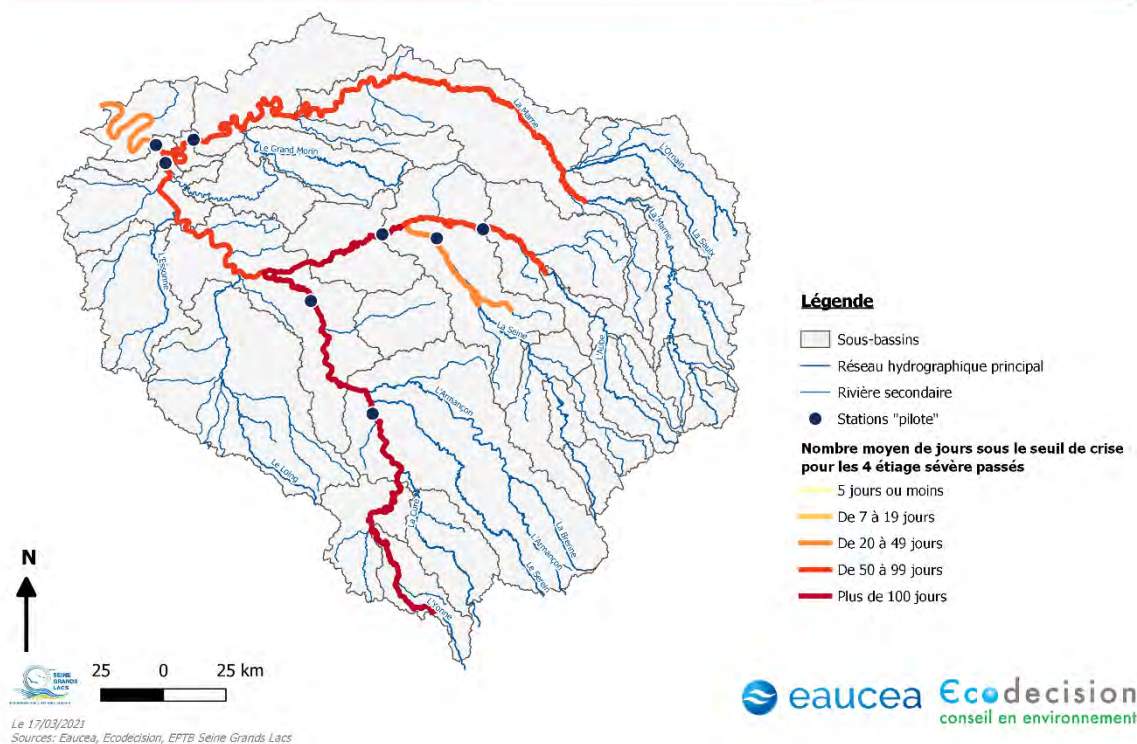


Figure 87 : Fréquence moyenne des situations de crise sur chaque tronçon des axes réalimentés, sans soutien d'étiage simulé, en fonction du nombre moyen de jours sous le seuil de crise constaté à chaque station « pilote » pour les 4 étiages sévères passés entre juin et décembre

Conformément aux observations précédentes, sur l'Yonne, la situation change peu avec et sans soutien d'étiage simulé. Sur les autres tronçons, et d'une manière générale sur les axes réalimentés, **le soutien d'étiage permet de diminuer la fréquence des situations de crise et donc la vulnérabilité des usages aux étiages sévères passés.**

Le bilan socio-économique des incidences permet d'avoir une vision plus concrète, chiffrée, de la vulnérabilité des usages et des incidences de chaque scénario d'étiage.

2.3.3 Bilan socio-économique à l'échelle de chaque tronçon réalimenté

Avec ou sans soutien d'étiage, des mesures de limitation voire de suspension des usages auraient été prises en cas de franchissement du seuil de crise afin de préserver la ressource.

Rappelons que les mesures prises par arrêté sécheresse servent à prévenir d'éventuelles difficultés des usages liés à l'eau et à garantir au maximum l'AEP et le maintien des autres usages prioritaires (vie biologique, sûreté nucléaire). Les restrictions concernent d'abord les usages industriels (issus de prélèvements spécifiques ou raccordés aux services d'eau) et agricoles.

Par ailleurs, la démarche suivie se base uniquement sur les franchissements des seuils de crise aux stations « pilotes » et sans tenir compte de l'effet sur l'hydrologie de la réduction progressive des prélèvements en période de sécheresse (notamment en période d'alerte et d'alerte renforcée).

L'évaluation des incidences socio-économiques des scénarios pour les 4 étiages sévères passés retenus (**cf. partie 1.3.1**) permet donc avant tout de chiffrer la vulnérabilité des usages tributaires du soutien d'étiage, au regard de leurs dimensions socio-économiques. En comparant les scénarios avec et sans soutien d'étiage, l'évaluation offre également un chiffrage maximisé du poids socio-économique des activités sécurisées par le soutien d'étiage. Dans la suite du rapport, ce chiffrage est obtenu en faisant la différence entre les incidences avec et sans soutien d'étiage, et sera qualifié comme : les incidences évitées grâce au soutien d'étiage (théorique) sur les usages, à l'échelle de chaque tronçon.

2.3.3.1 L'Yonne, de l'aval du lac-réservoir à la confluence avec le Serein

Le tableau ci-dessous synthétise le chiffrage des incidences socio-économiques des scénarios dans le cas d'un des étiages sévères étudiés (celui de 1949) sur les usages tributaires du soutien d'étiage.

Usages de l'eau	Indicateur d'enjeux	Indicateur d'impact		Ecart sans-avec soutien d'étiage
		Avec soutien d'étiage	Sans soutien d'étiage	
Irrigation	100 ha théoriques irrigués 67 000 €/an de marge brute	143 jours de crise	151 jours de crise	+ 8 jours de crise
Navigation et activités sur les canaux (hors marchandise)	8 millions d'€ de retombées économiques sur le canal du Nivernais	7 millions d'€ de pertes	7,3 millions d'€ de pertes	+ 300 000 € de pertes
CNPE	Usage non impacté			
Industrie (dont la production d'hydro-électricité)	44 emplois de l'industrie préleveuse et/ou desservie en eau potable Valeur ajoutée de 3 millions d'€/an	Pertes de valeur ajoutée pour l'industrie de 10 000 €/j soit 1,2 millions d'€	Pertes de valeur ajoutée pour l'industrie de 10 000 €/j soit 1,3 millions d'€	+ 70 000 € de pertes
AEP	2 500 habitants desservis 180 emplois de services desservis en eau potable Valeur ajoutée de 13 millions d'€/an	Risques de pertes de valeur ajoutée pour les activités de service jusqu'à 40 000 €/j	Risques de pertes de valeur ajoutée pour les activités de service jusqu'à 40 000 €/j	

Tableau 23 : Chiffrage des incidences socio-économiques des scénarios avec et sans soutien d'étiage, pour l'étiage sévère de 1949 sur les usages tributaires du soutien d'étiage de l'Yonne, de l'aval du lac-réservoir à la confluence avec le Serein

La cartographie ci-dessous présente ce même bilan à l'échelle du tronçon étudié.

Bilan socio-économique sur l'Yonne, de l'aval du lac-réservoir à la confluence avec le Serein, pour l'étiage sévère de 1949

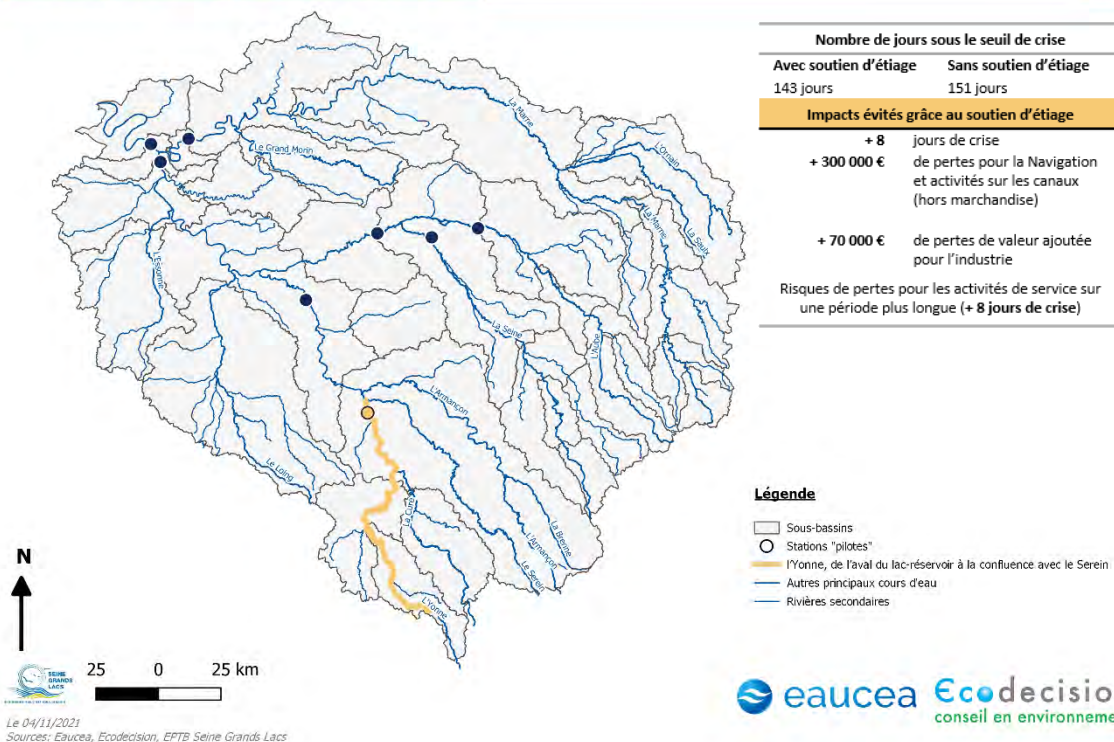


Figure 88 : Bilan socio-économique pour l'étiage sévère de 1949 sur les usages tributaires du soutien d'étiage de l'Yonne, de l'aval du lac-réservoir à la confluence avec le Serein

2.3.3.2 L'Yonne, entre les confluences Yonne-Serein et Yonne-Seine

Le tableau ci-dessous synthétise le chiffrage des incidences socio-économiques des scénarios dans le cas d'un des étiages sévères (celui de 1949) sur les usages tributaires du soutien d'étiage.

Usages de l'eau	Indicateur d'enjeux	Indicateur d'impact		Ecart sans-avec soutien d'étiage
		Avec soutien d'étiage	Sans soutien d'étiage	
Irrigation	200 ha théoriques irrigués 216 000 €/an de marge brute	121 jours de crise	125 jours de crise	+ 4 jours de crise
Navigation et activités sur les canaux (hors marchandise)	Continuité du service, usage non impacté			
CNPE	Usage non impacté			
Industrie (dont la production d'hydro-électricité)	7 700 emplois de l'industrie préleveuse et/ou desservie en eau potable	Pertes de valeur ajoutée pour l'industrie de 2 millions d'€/j soit 260 millions d'€	Pertes de valeur ajoutée pour l'industrie de 2 millions d'€/j soit 269 millions d'€	+ 9 millions d'€ de pertes
AEP	Valeur ajoutée de 790 millions d'€/an			
	266 000 habitants desservis	Risques de pertes de valeur ajoutée pour les activités de service jusqu'à 46 millions d'€/j	Risques de pertes de valeur ajoutée pour les activités de service jusqu'à 46 millions d'€/j	Risques de pertes sur une période plus longue (+ 4 jours de crise)
	153 000 emplois de services desservis en eau potable			
	Valeur ajoutée de 17 milliards d'€/an			

Tableau 24 : Chiffrage des incidences socio-économiques des scénarios avec et sans soutien d'étiage, pour l'étiage sévère de 1949 sur les usages tributaires du soutien d'étiage de l'Yonne, entre les confluences Yonne-Serein et Yonne-Seine

La cartographie ci-dessous présente ce même bilan à l'échelle du tronçon étudié.

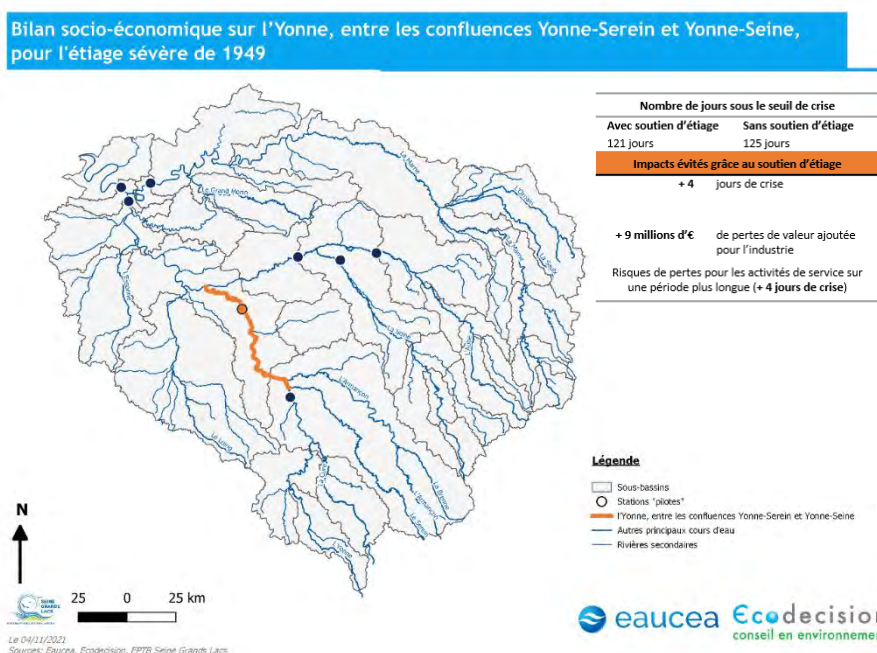


Figure 89 : Bilan socio-économique pour l'étiage sévère de 1949 sur les usages tributaires du soutien d'étiage de l'Yonne, entre les confluences Yonne-Serein et Yonne-Seine

2.3.3.3 L'Aube, de l'aval du lac-réservoir à la confluence avec la Seine

Le tableau ci-dessous synthétise le chiffrage des incidences socio-économiques des scénarios dans le cas d'un des étiages sévères (celui de 1949) sur les usages tributaires du soutien d'étiage.

Usages de l'eau	Indicateur d'enjeux	Indicateur d'impact		Ecart sans-avec soutien d'étiage
		Avec soutien d'étiage	Sans soutien d'étiage	
Irrigation	75 ha théoriques irrigués 144 000 €/an de marge brute	0 jour de crise	111 jours de crise	+ 111 jours de crise
Navigation et activités sur les canaux (hors marchandise)	Usage non impacté			
CNPE	Usage non impacté			
Industrie (dont la production d'hydro-électricité)	660 emplois de l'industrie préleveuse et/ou desservie en eau potable	Aucune perte de valeur ajoutée pour l'industrie	Pertes de valeur ajoutée pour l'industrie de 140 000 €/j soit 16 millions d'€	+ 16 millions d'€ de pertes
AEP	Valeur ajoutée de 53 millions d'€/an			
	5 400 habitants desservis	Aucun risque de perte de valeur ajoutée pour les activités de service	Risques de pertes de valeur ajoutée pour les activités de service jusqu'à 240 000 €/j	Risques de pertes jusqu'à + 240 000 €/j et sur une période plus longue (+ 111 jours de crise)
	1 200 emplois de services desservis en eau potable			
	Valeur ajoutée de 86 millions d'€/an			

Tableau 25 : Chiffrage des incidences socio-économiques des scénarios avec et sans soutien d'étiage, pour l'étiage sévère de 1949 sur les usages tributaires du soutien d'étiage de l'Aube, de l'aval du lac-réservoir à la confluence avec la Seine

La cartographie ci-dessous présente ce même bilan à l'échelle du tronçon étudié.

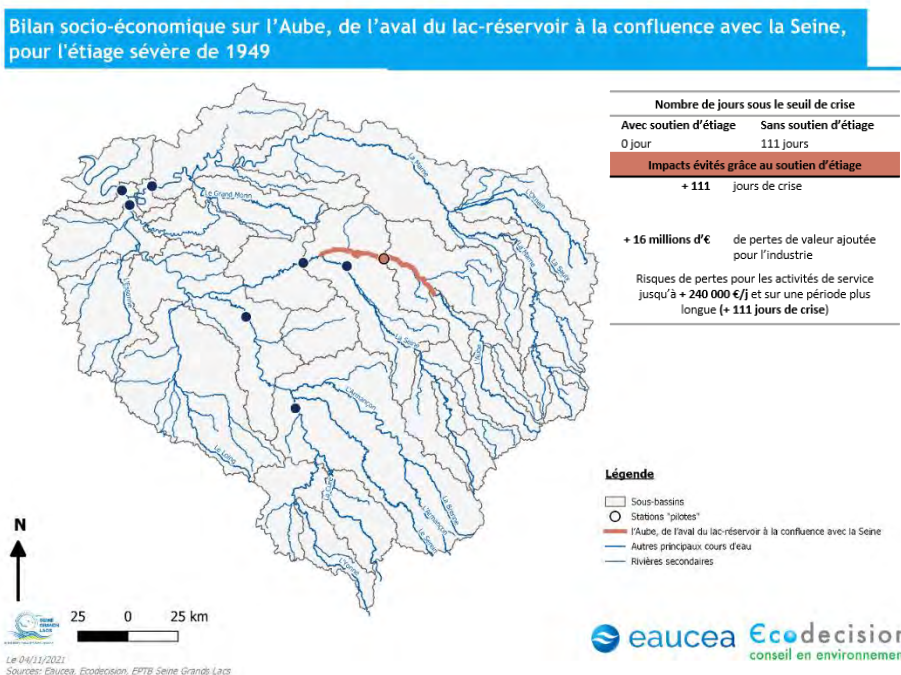


Figure 90 : Bilan socio-économique pour l'étiage sévère de 1949 sur les usages tributaires du soutien d'étiage de l'Aube, de l'aval du lac-réservoir à la confluence avec la Seine

2.3.3.4 La Seine, de l'aval du lac-réservoir à la confluence avec l'Aube

Le tableau ci-dessous synthétise le chiffrage des incidences socio-économiques des scénarios dans le cas d'un des étiages sévères (celui de 1949) sur les usages tributaires du soutien d'étiage.

Usages de l'eau	Indicateur d'enjeux	Indicateur d'impact		Ecart sans-avec soutien d'étiage
		Avec soutien d'étiage	Sans soutien d'étiage	
Irrigation	75 ha théoriques irrigués 145 000 €/an de marge brute	5 jours de crise	22 jours de crise	+ 17 jours de crise
Navigation et activités sur les canaux (hors marchandise)	Continuité du service, usage non impacté			
CNPE	Usage non impacté			
Industrie (dont la production d'hydro-électricité)	4 800 emplois de l'industrie préleveuse et/ou desservie en eau potable Valeur ajoutée de 350 millions d'€/an	Pertes de valeur ajoutée pour l'industrie de 1 million d'€/j soit 5 millions d'€	Pertes de valeur ajoutée pour l'industrie de 1 million d'€/j soit 21 millions d'€	+ 16 millions d'€ de pertes
AEP	37 000 habitants desservis 13 600 emplois de services desservis en eau potable Valeur ajoutée de 1 milliards d'€/an	Risques de pertes de valeur ajoutée pour les activités de service jusqu'à 2,8 millions d'€/j	Risques de pertes de valeur ajoutée pour les activités de service jusqu'à 2,8 millions d'€/j	Risques de pertes sur une période plus longue (+ 17 jours de crise)

Tableau 26 : Chiffrage des incidences socio-économiques des scénarios avec et sans soutien d'étiage, pour l'étiage sévère de 1949 sur les usages tributaires du soutien d'étiage de la Seine, de l'aval du lac-réservoir à la confluence avec l'Aube

La cartographie ci-dessous présente ce même bilan à l'échelle du tronçon étudié.

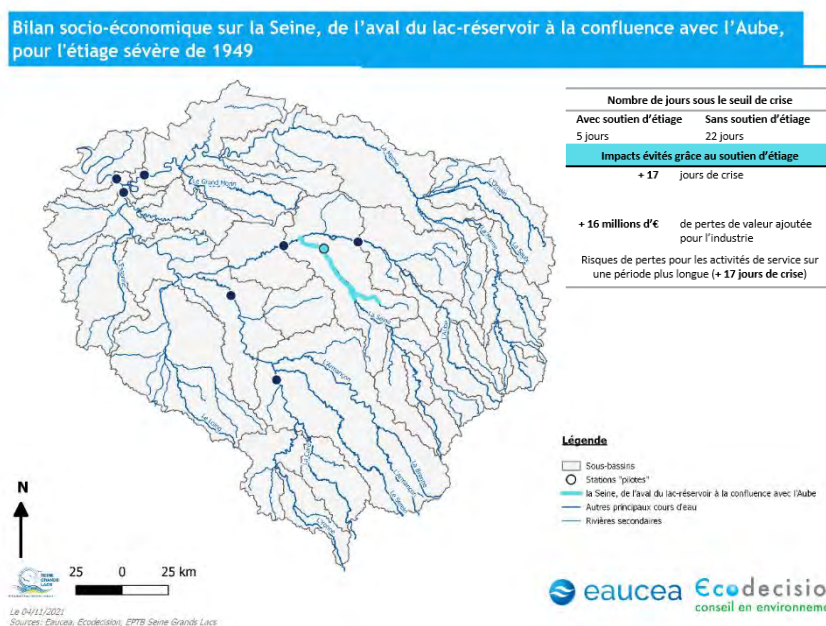


Figure 91 : Bilan socio-économique pour l'étiage sévère de 1949 sur les usages tributaires du soutien d'étiage de la Seine, de l'aval du lac-réservoir à la confluence avec l'Aube

2.3.3.5 La Seine, entre les confluences Seine-Aube et Seine-Yonne

Le tableau ci-dessous synthétise le chiffrage des incidences socio-économiques des scénarios dans le cas d'un des étiages sévères (celui de 1949) sur les usages tributaires du soutien d'étiage.

Usages de l'eau	Indicateur d'enjeux	Indicateur d'impact		Ecart sans-avec soutien d'étiage
		Avec soutien d'étiage	Sans soutien d'étiage	
Irrigation	430 ha théoriques irrigués 719 000 €/an de marge brute	1 jour de crise	137 jours de crise	+ 136 jours de crise
Navigation et activités sur les canaux (hors marchandise)	Continuité du service, usage non impacté			
CNPE	640 millions d'€/an d'électricité vendue en gros	0 jour sous le débit de sûreté Aucune perte de vente	84 jours sous le débit de sûreté Pertes de vente de 150 millions d'€	+ 150 millions d'€ de pertes
Industrie (dont la production d'hydro-électricité)	680 emplois de l'industrie préleveuse et/ou desservie en eau potable	Pertes de valeur ajoutée pour l'industrie de 150 000 €/j soit 0,15 millions d'€	Pertes de valeur ajoutée pour l'industrie de 150 000 €/j soit 20 millions d'€	+ 20 millions d'€ de pertes
AEP	Valeur ajoutée de 54 millions d'€/an			
	9 000 habitants desservis	Risques de pertes de valeur ajoutée pour les activités de service jusqu'à 720 000 €/j	Risques de pertes de valeur ajoutée pour les activités de service jusqu'à 720 000 €/j	Risques de pertes sur une période plus longue (+ 136 jours de crise)
	3 500 emplois de services desservis en eau potable			
	Valeur ajoutée de 260 millions d'€/an			

Tableau 27 : Chiffrage des incidences socio-économiques des scénarios avec et sans soutien d'étiage, pour l'étiage sévère de 1949 sur les usages tributaires du soutien d'étiage de la Seine, entre les confluences Seine-Aube et Seine-Yonne

La cartographie ci-dessous présente ce même bilan à l'échelle du tronçon étudié.

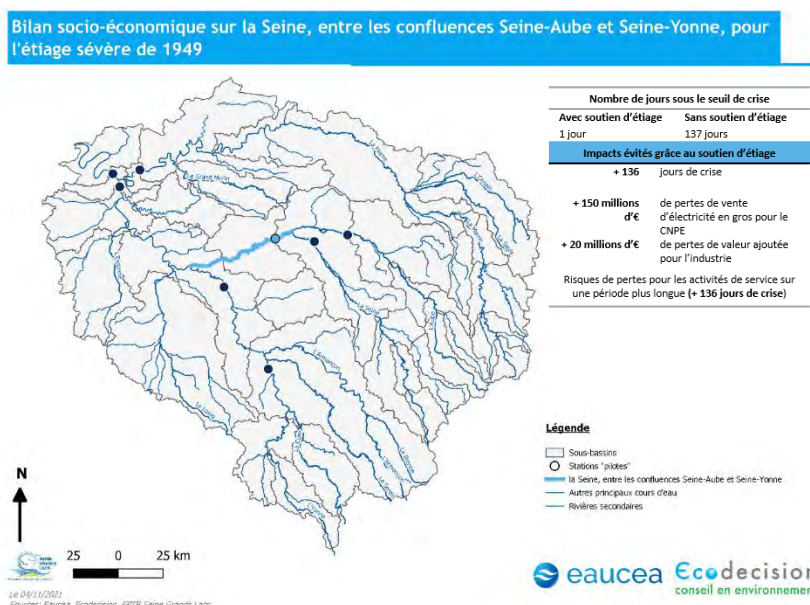


Figure 92 : Bilan socio-économique pour l'étiage sévère de 1949 sur les usages tributaires du soutien d'étiage de la Seine, entre les confluences Seine-Aube et Seine-Yonne

2.3.3.6 La Seine, entre les confluences Seine-Yonne et Seine-Marne

Le tableau ci-dessous synthétise le chiffrage des incidences socio-économiques des scénarios dans le cas d'un des étiages sévères (celui de 1949) sur les usages tributaires du soutien d'étiage.

Usages de l'eau	Indicateur d'enjeux	Indicateur d'impact		Ecart sans-avec soutien d'étiage
		Avec soutien d'étiage	Sans soutien d'étiage	
Irrigation	0 ha théoriques irrigués Aucune marge brute	0 jour de crise	92 jours de crise	+ 92 jours de crise
Navigation et activités sur les canaux (hors marchandise)	Continuité du service, usage non impacté			
CNPE	Usage non impacté			
Industrie (dont la production d'hydro-électricité)	170 000 emplois de l'industrie préleveuse et/ou desservie en eau potable	Aucune perte de valeur ajoutée pour l'industrie	Pertes de valeur ajoutée pour l'industrie de 48 millions d'€/j soit 4,5 milliards d'€	+ 4,5 milliards d'€ de pertes
	Valeur ajoutée de 18 milliards d'€/an			
AEP	3,5 millions d'habitants desservis 1,7 millions d'emplois de services desservis en eau potable Valeur ajoutée de 186 milliards d'€/an	Aucun risque de perte de valeur ajoutée pour les activités de service	Risques de pertes de valeur ajoutée pour les activités de service jusqu'à 510 millions d'€/j	Risques de pertes jusqu'à + 510 millions d'€/j et sur une période plus longue (+ 92 jours de crise)

Tableau 28 : Chiffrage des incidences socio-économiques des scénarios avec et sans soutien d'étiage, pour l'étiage sévère de 1949 sur les usages tributaires du soutien d'étiage de la Seine, entre les confluences Seine-Yonne et Seine-Marne

La cartographie ci-dessous présente ce même bilan à l'échelle du tronçon étudié.

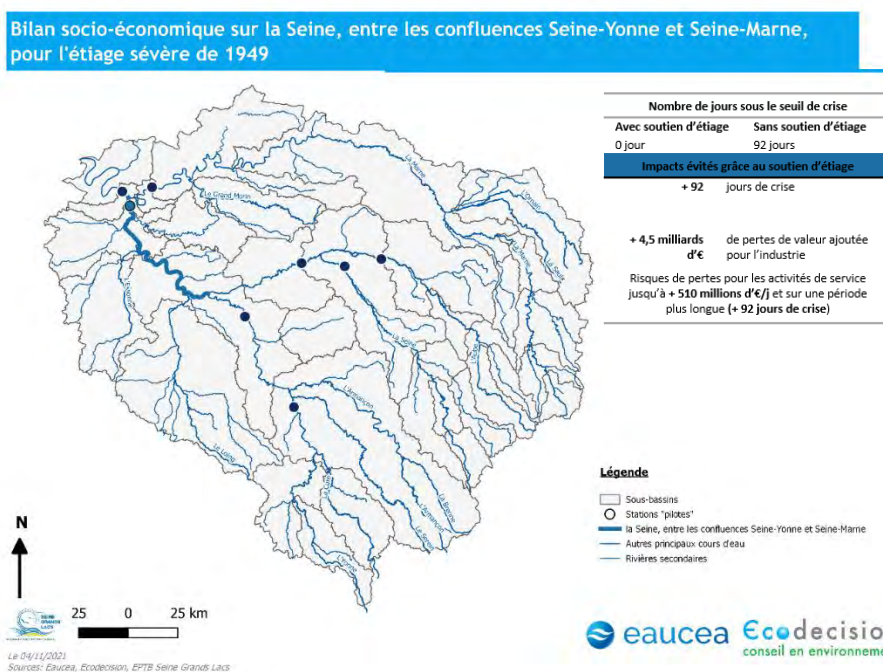


Figure 93 : Bilan socio-économique pour l'étiage sévère de 1949 sur les usages tributaires du soutien d'étiage de la Seine, entre les confluences Seine-Yonne et Seine-Marne

2.3.3.7 La Marne, de l'aval du lac-réservoir à la confluence avec la Seine

Le tableau ci-dessous synthétise le chiffrage des incidences socio-économiques des scénarios dans le cas d'un des étiages sévères (celui de 1949) sur les usages tributaires du soutien d'étiage.

Usages de l'eau	Indicateur d'enjeux	Indicateur d'impact		Ecart sans-avec soutien d'étiage
		Avec soutien d'étiage	Sans soutien d'étiage	
Irrigation	850 ha théoriques irrigués 1,4 millions d'€/an de marge brute	0 jour de crise	96 jours de crise	+ 96 jours de crise
Navigation et activités sur les canaux (hors marchandise)	2,6 millions d'€ de retombées économiques sur le canal latéral à la Marne Autour de 110 000 usagers sur les canaux parisiens	Aucune perte	760 000 € de pertes sur le canal latéral à la Marne	+ 760 000 € de pertes sur le canal latéral à la Marne
CNPE	Usage non impacté			
Industrie (dont la production d'hydro-électricité)	122 000 emplois de l'industrie préleveuse et/ou desservie en eau potable	Aucune perte de valeur ajoutée pour l'industrie	Pertes de valeur ajoutée pour l'industrie de 34 millions d'€/j soit 3,3 milliards d'€	+ 3,3 milliards d'€ de pertes
AEP	Valeur ajoutée de 13 milliards d'€/an 1,9 millions d'habitants desservis 1,2 millions d'emplois de services desservis en eau potable Valeur ajoutée de 129 milliards d'€/an	Aucun risque de perte de valeur ajoutée pour les activités de service	Risques de pertes de valeur ajoutée pour les activités de service jusqu'à 352 millions d'€/j	Risques de pertes jusqu'à + 352 millions d'€/j et sur une période plus longue (+ 96 jours de crise)

Tableau 29 : Chiffrage des incidences socio-économiques des scénarios avec et sans soutien d'étiage, pour l'étiage sévère de 1949 sur les usages tributaires du soutien d'étiage de la Marne, de l'aval du lac-réservoir à la confluence avec la Seine

La cartographie ci-dessous présente ce même bilan à l'échelle du tronçon étudié.

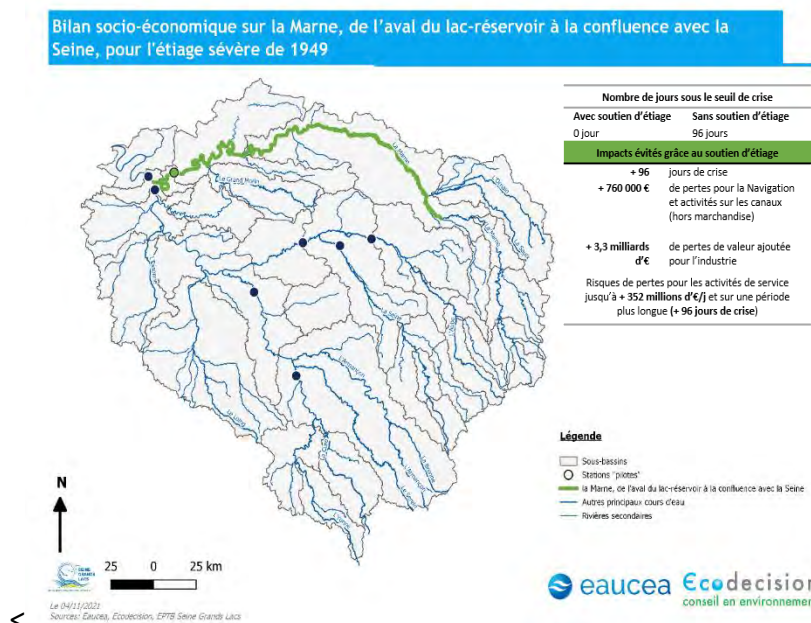


Figure 94 : Bilan socio-économique pour l'étiage sévère de 1949 sur les usages tributaires du soutien d'étiage de la Marne, de l'aval du lac-réservoir à la confluence avec la Seine

2.3.3.8 La Seine, entre les confluences Seine-Marne et Seine-Oise

Le tableau ci-dessous synthétise le chiffrage des incidences socio-économiques des scénarios dans le cas d'un des étiages sévères (celui de 1949) sur les usages tributaires du soutien d'étiage.

Usages de l'eau	Indicateur d'enjeux	Indicateur d'impact		Ecart sans-avec soutien d'étiage
		Avec soutien d'étiage	Sans soutien d'étiage	
Irrigation	53 ha théoriques irrigués 86 000 €/an de marge brute	0 jour de crise	53 jours de crise	+ 53 jours de crise
Navigation et activités sur les canaux (hors marchandise)	Continuité du service, usage non impacté			
CNPE	Usage non impacté			
Industrie (dont la production d'hydro-électricité)	51 000 emplois de l'industrie préleveuse et/ou desservie en eau potable	Aucune perte de valeur ajoutée pour l'industrie	Pertes de valeur ajoutée pour l'industrie de 14 millions d'€/j soit 757 millions d'€	+ 757 millions d'€ de pertes
AEP	Valeur ajoutée de 5 milliards d'€/an			
	620 000 habitants desservis	Aucun risque de perte de valeur ajoutée pour les activités de service	Risques de pertes de valeur ajoutée pour les activités de service jusqu'à 118 millions d'€/j	Risques de pertes jusqu'à + 118 millions d'€/j et sur une période plus longue (+ 53 jours de crise)
	395 000 emplois de services desservis en eau potable			
	Valeur ajoutée de 43 milliards d'€/an			

Tableau 30 : Chiffrage des incidences socio-économiques des scénarios avec et sans soutien d'étiage, pour l'étiage sévère de 1949 sur les usages tributaires du soutien d'étiage de la Seine, entre les confluences Seine-Marne et Seine-Oise

La cartographie ci-dessous présente ce même bilan à l'échelle du tronçon étudié.

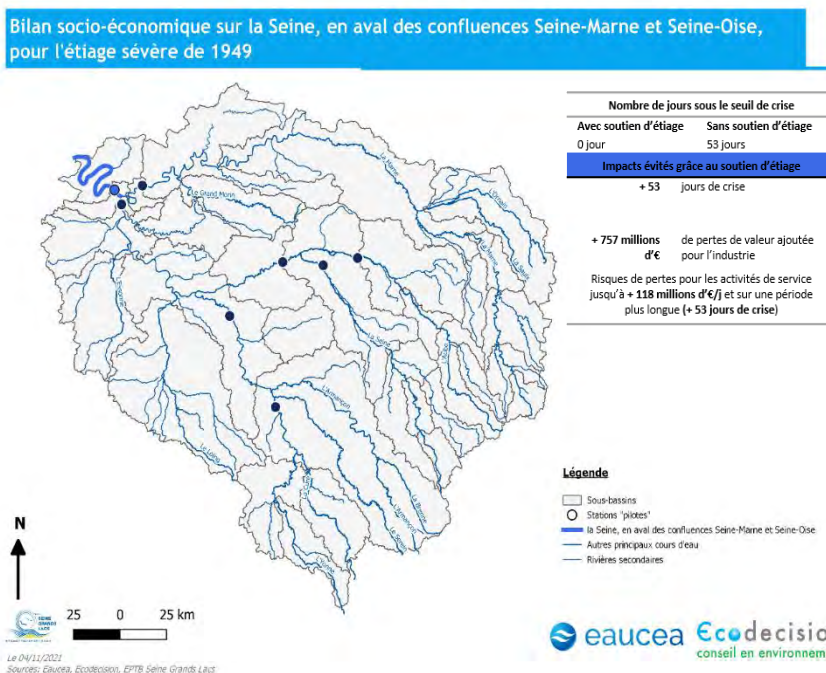


Figure 95 : Bilan socio-économique pour l'étiage sévère de 1949 sur les usages tributaires du soutien d'étiage de la Seine, entre les confluences Seine-Marne et Seine-Oise

Le même travail a été effectué dans le cas des étiages sévères de 1921, 1976 et 1991. Les tableaux de synthèse pour les 4 étiages sévères et la cartographie associée sont disponibles en **Annexe 5 : Evaluation des incidences des étiages sévères passés sur les usages actuels.**

2.3.4 Bilan socio-économique à l'échelle du bassin

Le tableau ci-dessous présente le chiffrage global des incidences socio-économiques pour l'un des étiages sévères (celui de 1949), avec et sans soutien d'étiage (théorique), sur les usages tributaires du soutien d'étiage sur l'ensemble du bassin amont de la Seine. Ce chiffrage s'est effectué d'une part, en faisant le cumul des enjeux sur les tronçons réalimentés, et d'autre part, en calculant les valeurs maximales des impacts caractérisés pour chaque usage, c'est-à-dire en faisant le cumul des impacts lorsque l'ensemble des tronçons réalimentés sont en situation de crise. Les écarts constatés entre les scénarios avec et sans soutien d'étiage sont ainsi les écarts maximaux constatés.

Usages de l'eau	Indicateur d'enjeu	Indicateur d'impact		Ecart sans-avec soutien d'étiage
		Avec soutien d'étiage	Sans soutien d'étiage	
Irrigation	1 790 ha théoriques irrigués 2,8 millions d'€/an de marge brute	Jusqu'à 143 jours de crise	Jusqu'à 151 jours de crise	Jusqu'à + 136 jours de crise
Navigation et activités sur les canaux (hors marchandise)	11 millions d'€ de retombées économiques sur le canal du Nivernais et latéral à la Marne Autour de 110 000 usagers sur les canaux de la ville de Paris	7 millions d'€ de pertes sur le canal du Nivernais et latéral à la Marne	8 millions d'€ de pertes sur le canal du Nivernais et latéral à la Marne	+ 1 million d'€ de pertes sur le canal du Nivernais et latéral à la Marne
CNPE	640 millions d'€/an d'électricité vendue en gros	0 jour sous le débit de sûreté Aucune perte de vente	84 jours sous le débit de sûreté Pertes de vente de 150 millions d'€	+ 150 millions d'€ de pertes
Industrie (dont la production d'hydro-électricité)	350 000 emplois de l'industrie préleveuse et/ou desservie en eau potable	Jusqu'à 2 millions d'€/j de pertes de valeur ajoutée pour l'industrie et 270 millions d'€ au total	Jusqu'à 101 millions d'€/j de pertes de valeur ajoutée pour l'industrie et 8,8 milliards d'€ au total	+ 8,6 milliards d'€ de pertes
	Valeur ajoutée de 37 milliards d'€/an			
AEP	6,4 millions d'habitants desservis 3,4 millions d'emplois de services desservis en eau potable Valeur ajoutée de 376 milliards d'€/an	Risques de pertes de valeur ajoutée pour les activités de service jusqu'à 46 millions d'€/j	Risques de pertes de valeur ajoutée pour les activités de service jusqu'à 1 milliard d'€/j	Risques de pertes jusqu'à + 980 millions d'€/j et sur une période plus longue (+ 136 jours de crise)

Tableau 31 : Chiffrage des incidences socio-économiques des scénarios avec et sans soutien d'étiage, pour l'étiage sévère de 1949 sur les usages tributaires du soutien d'étiage sur l'ensemble du bassin amont de la Seine

La cartographie page suivante reprend les chiffrages des incidences socio-économiques dans le cas d'un des étiages sévères étudiés (celui de 1949) effectués à l'échelle de chaque tronçon et donne une vision d'ensemble des incidences socio-économiques évitées grâce au soutien d'étiage simulé.

Le même travail a été effectué dans le cas des étiages sévères de 1921, 1976 et 1991. Les tableaux de synthèse pour les 4 étiages sévères et la cartographie associée sont disponibles en **Annexe 5 : Evaluation des incidences des étiages sévères passés sur les usages actuels.**

Bilan socio-économique sur l'ensemble du bassin amont de la Seine, pour l'étiage sévère de 1949

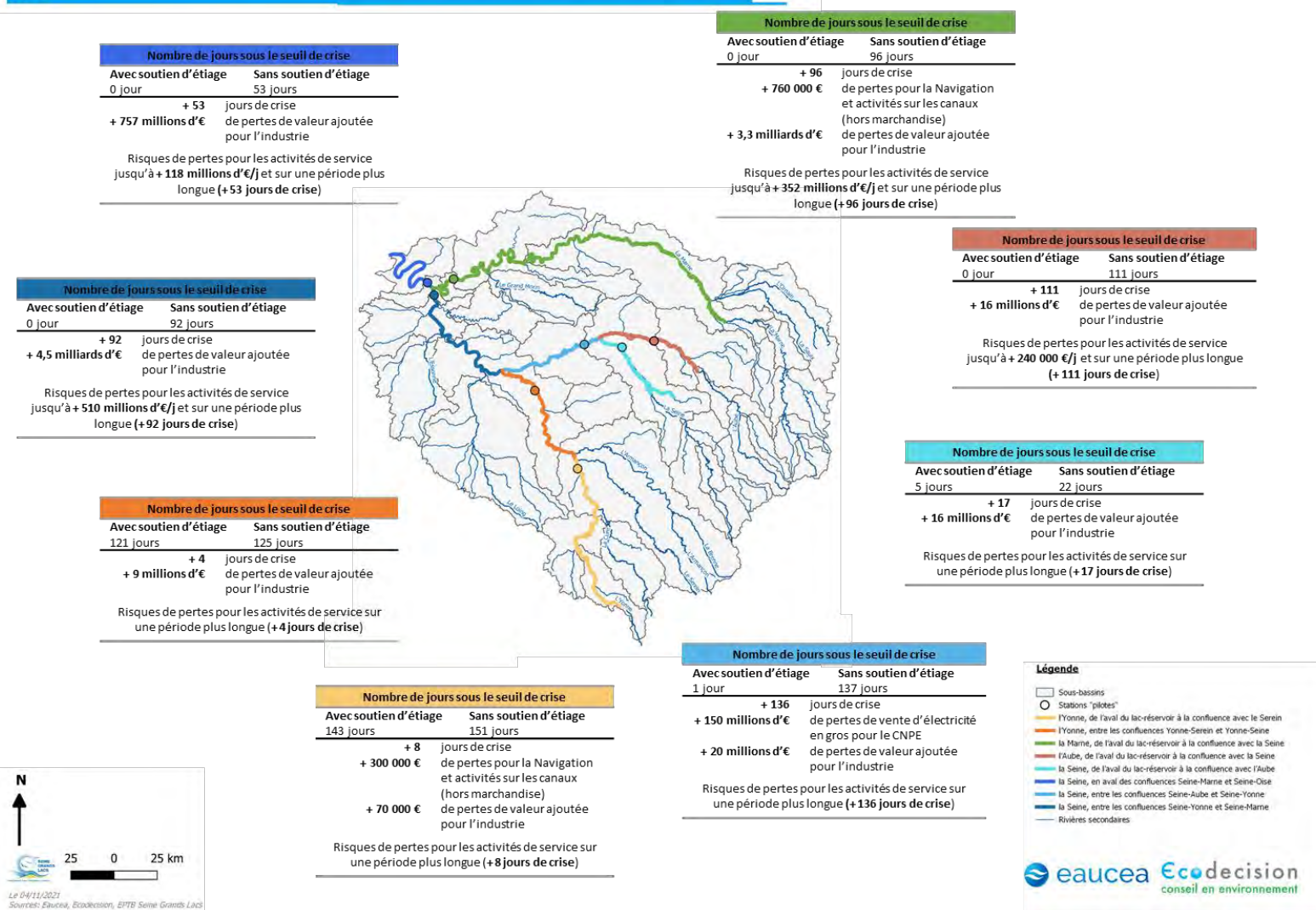


Figure 96 : Bilan socio-économique pour l'étiage sévère de 1949 sur les usages tributaires du soutien d'étiage sur l'ensemble du bassin amont de la Seine

2.4 Evaluation des incidences hydrologiques du taux de remplissage sur le système de gestion en étiages sévères passés et futurs

Le principe retenu est de tester la "résistance" du système de réalimentation à des conditions extrêmes observées dans le passé ou aggravées dans le futur sous le double contrôle d'une évolution des usages et d'une baisse de l'hydrologie naturelle.

Un scénario de soutien des débits en année exceptionnellement sèche doit nécessairement se préoccuper du stock disponible pour ce soutien d'étiage. Celui-ci sera très probablement impacté dans le futur mais la concomitance d'un déficit de remplissage et d'un étiage sévère qui lui succède n'est pas certains comme nous le démontre l'analyse du passé.

2.4.1 Partage du stock et règles d'affectation entre tranche

Le modèle de gestion mobilisé prévoit toujours une distinction de deux tranches de volume : l'une d'exploitation courante couvrant le cœur de l'étiage de juillet à octobre inclus, l'autre d'une tranche de réserve couvrant la période novembre à décembre. La somme de ces deux tranches correspond au remplissage du volume utile du barrage.

Le principe retenu dans la suite des calculs est le suivant :

Une hypothèse de remplissage est fixée en % du volume utile. Le même % est appliqué à tous les ouvrages concomitamment. Cette hypothèse simplificatrice se justifie si l'on considère que le contexte climatique à l'origine d'un déficit de remplissage sera très probablement régional. Ce volume est ensuite réparti entre les deux tranches de gestion.

En situation de faible remplissage, le partage entre les deux tranches résulte d'une post analyse des conséquences de la gestion sur les débits aval pour les 4 étiages sévères au travers de trois indicateurs : le VCN10, le QMNA et le nombre de jours sous le débit de crise (DCR). L'analyse (qui est reprise pour chaque scénario actuel ou futur) montre une incidence forte de cette tranche de réserve sur la gestion de la période novembre - décembre pour le seul scénario « étiage 1921 ».

Des scénarios concomitants faisant varier et la tranche d'exploitation et la tranche de réserve variable démultiplieraient les scénarios possibles et complexifieraient inutilement les scénarios testés.

Les simulations peuvent donc être dissociées et traitées de façon indépendante.

Nous considérerons donc pour le passé et le futur :

- Un scénario tranche de réserve encadrant le volume actuel entre 0 m³ (sans tranche de réserve) et 2 fois ce volume. Les résultats sont analysés sur la période novembre à décembre (**Tableau 32**).
- Le calcul étant lancé sur 9 stations hydrométriques, au total, ce sont donc 360 scénarios qui sont explorés.
- Un scénario de variation de la tranche d'exploitation entre 100% et 10% par pas de 10% avec le scénario tranche de réserve actuelle (100%). Les résultats sont analysés sur la période juin à octobre (**Tableau 33**).

Taux de remplissage de la tranche de réserve	MARNE Réserve [hm³]	AUBE Réserve [hm³]	SEINE Réserve [hm³]	YONNE Réserve [hm³]	Total Réserves [hm³]
200%	30	41.6	24.2	12	107.8
100%	15	20.8	12.1	6	53.9
0%	0	0	0	0	0
Débits restitués	MARNE Réserve m3/s	AUBE Réserve m3/s	SEINE Réserve m3/s	YONNE Réserve m3/s	Total réserves m3/s
200%	5.7	7.9	4.6	2.3	20.5
100%	2.8	3.9	2.3	1.1	10.2
0%	0	0	0	0	0

Tableau 32 : Scénarios de volumes de tranche de réserve et des débits ajoutés simulés

Taux de remplissage des barrages	Volume utile					dont tranche de réserve			
	MARNE Remplissage initial [hm³]	AUBE Remplissage initial [hm³]	SEINE Remplissage initial [hm³]	YONNE Remplissage initial [hm³]	TOTAL	MARNE Réserve [hm³]	AUBE Réserve [hm³]	SEINE Réserve [hm³]	YONNE Réserve [hm³]
100%	338.75	166.80	201.20	74.00	780.75	15	20.8	12.1	6
90%	304.88	150.12	181.08	66.60	702.68	15	20.8	12.1	6
80%	271.00	133.44	160.96	59.20	624.60	15	20.8	12.1	6
70%	237.13	116.76	140.84	51.80	546.53	15	20.8	12.1	6
60%	203.25	100.08	120.72	44.40	468.45	15	20.8	12.1	6
50%	169.38	83.40	100.60	37.00	390.38	15	20.8	12.1	6
40%	135.50	66.72	80.48	29.60	312.30	15	20.8	12.1	6
30%	101.63	50.04	60.36	22.20	234.23	15	20.8	12.1	6
20%	67.75	33.36	40.24	14.80	156.15	15	20.8	12.1	6
10%	33.88	16.68	20.12	7.40	78.08	15	20.8	12.1	6

Tableau 33 : scénarios de volumes de tranches d'exploitation simulés

Pour utiliser ces scénarios, il suffit de se mettre en situation d'arbitrage entre la fraction affectée à la réserve et la fraction pour la gestion courante en fonction du taux de remplissage en début de campagne. Ce choix détermine les conséquences hydrologiques potentielles, si l'un des 4 scénarios d'étiage se réalise.

2.4.2 Le passé

2.4.2.1 La tranche de réserve face aux étiages sévères

Les résultats sur la période novembre à décembre sont présentés ci-dessous par rapport à l'atteinte du débit de crise. L'année 1921 est la plus dure pour l'ensemble des stations. Nous vérifions l'intérêt de la tranche de réserve (comparaison entre le scénario 0% et 100%) voire de son doublement (scénario 200%) sur certaines stations pour l'Aube, la Marne et la Seine. Pour l'Yonne la ressource apparaît largement insuffisante pour tous les étiages sévères même en multipliant par 2 le stock dédié à cette fin d'étiage (**Figure 97**).

Nbre de jours sous DCR de novembre à décembre	0%				100%				200%			
	1921	1949	1976	1991	1921	1949	1976	1991	1921	1949	1976	1991
Gournay-sur-Marne (H5841025)	27	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0
Arcis-sur-Aube (H1501010)	31	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mery-sur-Seine (H1700010)	13	3	0	0	2	2	0	0	0	1	0	0
Pont-sur-Seine (H1700010)	45	7	1	0	36	2	0	0	0	0	0	0
Saint-Fargeau-Ponthierry (H3930020)	23	23	23	23	6	6	6	6	0	0	0	0
Alfortville (H4340020)	26	26	26	26	9	9	9	9	0	0	0	0
Paris Austerlitz (H5920010)	20	20	20	20	0	0	0	0	0	0	0	0
Gurgy reconstitué	45	45	45	45	44	44	44	44	43	43	43	43
Pont-sur-Yonne reconstitué (H2701030)	43	43	43	43	40	40	40	40	38	38	38	38

Figure 97 : Nombre de jours sous le débit de crise (DCR) sur la période de novembre à décembre simulés en fonction du taux de remplissage de la tranche de réserve pour les étiages passés

2.4.2.2 Tranche d'exploitation

Les résultats sur la période juin à octobre sont présentés sur le tableau suivant (**Figure 98**). Le franchissement du débit de crise (DCR) augmente de manière générale pour un taux de remplissage inférieur ou égal à 40% excepté pour l'Yonne dont la ressource paraît insuffisante même avec une retenue pleine en début juin.

Scénario du passé		10%				20%				30%				40%				50%				60%				70%				80%				90%				100%			
Nbre de jours sous DCR de juin à octobre		1921	1949	1976	1991	1921	1949	1976	1991	1921	1949	1976	1991	1921	1949	1976	1991	1921	1949	1976	1991	1921	1949	1976	1991	1921	1949	1976	1991	1921	1949	1976	1991	1921	1949	1976	1991				
Marne	Goumay-sur-Marne	50	77	52	32	27	23	27	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
Aube	Arcis-sur-Aube	84	114	103	68	60	76	63	46	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
Seine	Mery-sur-Seine	5	1	4	2	1	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
	Pont-sur-Seine	119	127	121	107	110	116	107	86	82	105	95	64	55	67	57	42	0	0	2	2	0	0	2	2	0	0	2	2	0	0	2	2	0	0	2	2	0	0		
	Saint-Fargeau-Ponthierry	54	84	63	46	42	53	37	40	25	25	23	28	0	4	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
	Alfortville	54	88	65	42	38	58	48	40	25	31	23	27	7	7	6	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
	Paris Austerlitz	29	42	34	30	11	10	9	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
Yonne	Gurgy reconstitué	139	143	118	128	137	142	117	126	136	140	116	122	136	137	116	120	132	135	116	116	127	134	113	115	122	131	109	112	117	127	108	109	112	121	105	105	103	114	104	97
	Pont-sur-Yonne	85	104	90	71	82	100	88	67	78	93	87	62	74	86	81	56	69	79	80	54	64	72	78	53	61	61	70	50	55	53	60	49	48	44	51	41	39	33	38	38

Figure 98 : nombre de jours sous le DCR sur la période juin-octobre simulés en fonction du taux de remplissage de la tranche d'exploitation sur les étiages passés

Ce tableau fait apparaître une situation contrastée sur le plan géographique:

- Peu de risque sur Marne et Aube
- Risque modéré sur la Seine avec réduction du risque de l'amont vers l'aval
- Risque systématique sur l'Yonne (remarque : non prise en compte du soutien d'étiage de la Cure)

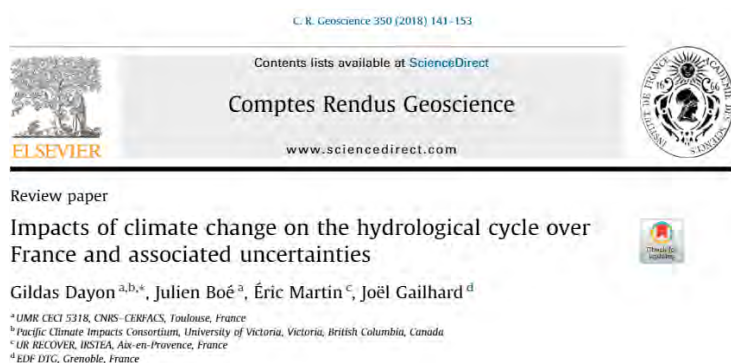
2.4.3 Le futur

Les données actuellement disponibles pour les débits futurs ne permettent pas la réalisation de projections statistiques précises du futur (cf. paragraphes 1.5 et 1). Sur la base des données disponibles, une aggravation des incidences des étiages sévères futurs (plus intenses et plus longs) est attendue sur les usages actuels et futurs.

2.4.3.1 Les étiages modélisés du futur ne sont pas adaptés pour un test de gestion

Les données de débits futurs issus des travaux de recherche mis à disposition pour cette étude (cf. figure 99) correspondent, comme précisé au paragraphe 2.6 du rapport de phase 1, à :

- Une analyse de 8 modèles hydro climatiques globaux selon le scénario RCP 8.5. Chacun de ces modèles fournit plusieurs projections climatiques en partant de conditions initiales différentes ;
- Une sélection de 4 modèles avec pour chacun d'eux un épisode de sécheresse plausible d'une durée de 6 ans compris dans la période 2031-2060 ;
- Pour chacun des épisodes de sécheresse plausible, une hypothèse haute et une hypothèse basse.



Scénarios sécheresse sur le bassin Seine-Normandie

Julien Boé¹, Milka Radojevic¹, Rémy Bonnet¹, Gildas Dayon²

¹CECI, CERFACS-CNRS, Toulouse

²Maintenant à Pacific Climate Impacts Consortium, Univ. of Victoria, Victoria, Canada

Avec le suivi et les conseils de Sarah Feuillette (AESN), Frédéric Raout (DRIEE Ile de France) et Florence Habets (CNRS UPMC - Sorbonne Université).

27 avril 2018

Figure 99 : Travaux de recherche sur les scénarios de sécheresse future utilisés dans le cadre de cette étude

Ainsi les données à disposition correspondent à 4 épisodes hydrologiques futurs de 6 ans issus de 4 modèles différents. Ils permettent donc d'apprécier, comme présenté dans la phase 1 :

- La variabilité des résultats des modèles ;
- Une évolution relative de l'hydrologie avec les périodes de référence théoriques (1950 à 2005) correspondant aux résultats de l'initialisation de ces mêmes modèles.

Ces données ne permettent cependant pas :

- **La reconstitution d'une chronique statistique longue période de l'hydrologie future ;**
- **La comparaison avec les données du modèle AQUI-FR de reconstitution des débits naturels passés (modèles et hypothèses d'entrées différentes) ;**
- **La comparaison avec des débits naturels recalculés à partir des mesures actuelles.**

Il n'est ainsi pas possible sur la base de ces données d'analyser les règles de la gestion actuelle sur une hydrologie d'étiage du futur.

Les seules conclusions possibles à ce stade sont issues de comparaisons relatives qui sont présentées au paragraphe 4.2 du rapport de phase 1, indiquant :

- **une baisse globale des débits d'étiage ;**
- **des étiages qui semblent apparaître de façon plus précoce et s'étaler sur des durées plus longues avec des fin d'étiages plus tardives**

Ainsi, ces résultats montrent qu'il est probable que la mauvaise adéquation des courbes de gestion simulée pour les étiages précoces et tardifs, mise en évidence pour les étiages actuels et sévères passés, soient encore exacerbée par le futur. Il n'est cependant pas possible de quantifier ses évolutions. Il est probable que les étiages sévères passés, autant en termes de durée que d'intensité deviennent progressivement la norme dans un futur proche.

A noter cependant que la gestion des étiages est intrinsèquement liée aux remplissages des réservoirs et donc aux débits en période hivernale et printanière.

A noter que des travaux de différents organismes de recherche (Centre de Géosciences Mines ParisTech et CERFACS notamment) sont actuellement en cours mais non disponibles dans le cadre de cette étude :

- **d'une recalibration et une amélioration significative du modèle AQUI-FR via le passage au nouveau modèle CaWaQS-Seine (Flipo et al, 2020) ;**
- **la simulation de chroniques longue durée suivant les projection climatiques du nouvel exercice du Giec (Boé, 2020).**

2.4.3.2 Proposition d'un scénario simplifié mais réaliste des débits futurs avant soutien d'étiage

Pour les 4 étiages historiques retenus dans l'étude socio-économique sur les étiages sévères (1921, 1949, 1976, 1991), une baisse de 20 % a été appliquée sur les chroniques du débit naturel d'étiage issu de l'étude AQUI-FR. Cette valeur de 20% est directement issue des projections hydroclimatiques modélisées pour les QMNA entre les périodes de références passées et les périodes futures (à l'horizon 2050). Elles sont présentées dans le **chapitre 4.2 Indicateurs hydrologiques d'étiage des épisodes de sécheresse du rapport de phase 1**.

D'autre part une évolution des usages a été appliquée sur la base d'hypothèses hautes de prélèvements et des consommations futures présentées dans le présent rapport (cf. **chapitre 1.6.1**) et rappelées ci-dessous :

Usages	Évolution des consommations à l'horizon 2050 - Scénario haut	Soit, en équivalent annuel
Irrigation	↗ 37%	↗ 1%/an
AEP	↗ 7,5%	↗ 0,2%/an
Navigation	<i>Pas d'évolution</i>	<i>Pas d'évolution</i>
Autres usages économiques	↘ 11%	↘ 0,4%/an
Refroidissement industriel (CNPE)	↗ 2,7%	↗ 0,1%/an
Tout usage	↗ 8,2%	↗ 0,3%/an

Tableau 17 : Scénario haut d'évolution des consommations des usages sur tout le bassin d'étude à l'horizon 2050

Les impacts hydrologiques de ces usages futurs ont été calculés et projetés sur les débits naturels, conduisant à la construction de nouvelles chroniques dites de « débits du futur avant soutien d'étiage ». Ces chroniques ont été réalisées pour l'ensemble des stations de référence du bassin.

La principale conséquence hydrologique est que sur certaines stations l'impact des usages projetés est quasi équivalent au débit naturel du futur ! Cela se traduirait donc de façon très théorique par un débit résultant négatif ou nul quelques jours par an avec une impossibilité physique de satisfaire 100% des usages sans faire appel au soutien d'étiage et avec des conséquences environnementales majeures.

Eu égard aux hypothèses retenues sur l'hydrologie naturelle, seul le QMNA est susceptible de décrire ces étiages très théoriques (**Tableau 34**).

Scénario 80% d'AQUI-FR influencé usages futurs avant soutien d'étiage QMNA en m³/s	"1921" du futur	"1949" du futur	"1976" du futur	"1991" du futur
Gournay-sur-Marne (H5841025)	8.3	9.1	7.5	9.8
Arcis-sur-Aube (H1501010)	1.4	1.5	1.1	2.0
Mery-sur-Seine (H1700010)	2.7	4.3	4.3	5.1
Pont-sur-Seine (H1700010)	4.1	5.8	5.4	7.6
Saint-Fargeau-Ponthierry (H3930020)	22.7	23.5	20.9	27.3
Alfortville (H4340020)	11.8	8.4	3.3	11.8
Paris Austerlitz (H5920010)	14.8	9.9	2.3	14.4
Gurgy reconstitué	1.0	0.9	0.2	0.3
Pont-sur-Yonne reconstitué (H2701030)	3.3	3.4	2.3	3.3

Tableau 34 : QMNA théorique du futur avant soutien d'étiage

2.4.3.3 Effet du soutien des débits selon le niveau de stock disponible

Tranche de réserve

Avec ce scénario du futur les situations de défaillance s'aggravent par rapport à l'actuel et le doublement de la réserve ne permettrait pas d'éviter des situations de crises à Alfortville et Paris. Pour l'Yonne la situation déjà très difficile pour le scénario actuel, s'aggrave autant que ce soit possible (3/4 des jours en crise) (**Figure 100**).

Nbre de jours sous DCR de novembre à décembre	0%				100%				200%			
	1921	1949	1976	1991	1921	1949	1976	1991	1921	1949	1976	1991
Gournay-sur-Marne (H5841025)	39	3	0	0	35	1	0	0	24	0	0	0
Arcis-sur-Aube (H1501010)	43	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mery-sur-Seine (H1700010)	29	6	0	0	2	2	0	0	0	1	0	0
Pont-sur-Seine (H1700010)	47	15	6	0	43	3	0	0	4	0	0	0
Saint-Fargeau-Ponthierry (H3930020)	40	40	40	40	20	20	20	20	0	0	0	0
Alfortville (H4340020)	44	44	44	44	41	41	41	41	27	27	27	27
Paris Austerlitz (H5920010)	40	40	40	40	37	37	37	37	21	21	21	21
Gurgy reconstitué	46	46	46	46	45	45	45	45	45	45	45	45
Pont-sur-Yonne reconstitué (H2701030)	44	44	44	44	43	43	43	43	43	43	43	43

Figure 100 : Nombre de jours sous le débit de crise (DCR) sur la période de novembre à décembre simulés en fonction du taux de remplissage de la tranche de réserve pour les étiages futurs

Tranche d'exploitation

Les résultats sur la période juin à octobre sont présentés sur le tableau suivant. Le franchissement du débit de crise (DCR) augmente progressivement quand le taux de remplissage diminue. Des épisodes de crise apparaissent sur la Seine même pour des taux de remplissage élevés notamment pour Alfortville mais aussi pour Paris. Pour l'Yonne, la situation déjà complexe dans le passé le reste dans le futur avec des défaillances pour tous les scénarios de remplissage.

Le diagramme montre clairement une aggravation du risque sur toute les stations avec le maintien de contraste territoriaux important mais avec les nuances suivantes (**Figure 101**) :

- Peu de risque sur Marne et Aube au-dessus de 40% de remplissage
- Risque fort sur la Seine avec aggravation de l'amont vers l'aval
- Risque systématique sur l'Yonne (remarque : non prise en compte du soutien d'étiage de la Cure)

Scénario 2050		10%				20%				30%				40%				50%				60%				70%				80%				90%				100%			
Nbre de jours sous DCR de juin à octobre		1921	1949	1976	1991	1921	1949	1976	1991	1921	1949	1976	1991	1921	1949	1976	1991	1921	1949	1976	1991	1921	1949	1976	1991	1921	1949	1976	1991	1921	1949	1976	1991	1921	1949	1976	1991				
Marne	Gournay-sur-Marne	116	116	114	73	88	107	91	48	53	76	53	35	12	14	27	0	0	0	3	0	0	0	3	0	0	0	3	0	0	0	3	0	0	0	3	0				
Aube	Arcis-sur-Aube	113	125	112	87	77	108	91	62	33	30	28	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
Seine	Mery-sur-Seine	63	0	3	1	7	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
	Pont-sur-Seine	137	133	128	121	127	125	120	105	115	111	107	76	85	90	80	54	48	5	2	2	2	0	2	2	2	0	2	2	2	0	2	2	2	0	2	2				
	Saint-Fargeau-Ponthierry	78	107	82	55	57	90	67	46	42	55	38	37	21	21	21	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
	Alfortville	126	120	119	100	120	118	113	96	114	116	107	87	102	112	94	73	87	106	83	61	70	99	72	56	52	88	52	48	40	65	47	42	22	36	42	36	6	13	31	13
	Paris Austerlitz	117	118	113	91	110	114	98	78	93	108	85	62	75	98	71	53	44	81	48	44	37	56	46	40	7	17	39	22	0	4	20	0	0	0	5	0	0	0	5	0
Yonne	Gurgy reconstitué	142	148	124	133	141	147	122	133	140	146	119	130	139	146	119	129	137	144	117	126	136	141	116	122	134	139	116	119	130	137	116	115	123	133	110	112	117	129	108	108
	Pont-sur-Yonne	103	118	97	93	101	116	97	89	95	114	96	82	92	105	94	75	83	101	91	72	79	95	90	65	74	88	84	57	69	77	82	55	64	67	77	53	56	54	65	50

Figure 101 : Nombre de jours sous le débit de crise (DCR) sur la période juin-octobre simulés en fonction du taux de remplissage de la tranche d'exploitation sur les étiages futurs 2050

Comparaisons des scénarios passés et futurs

Les diagrammes ci-dessous (**Figure 102**) montre que l'aggravation du nombre de jours (seul le différentiel est représenté) sera significativement le plus fort sur la Seine.

Pour la tranche de réserve les trois stations aval de la Seine seraient significativement impactées par le jeu d'hypothèses testés pour les 4 scénarios d'étiage. Pour la Marne, seul l'étiage 1921 montre une aggravation remarquable y compris pour un doublement de la tranche de réserve.

Nbre de jours sous DCR de novembre à décembre	0%				100%				200%			
	1921	1949	1976	1991	1921	1949	1976	1991	1921	1949	1976	1991
Gournay-sur-Marne (H5841025)	12	3	0	0	15	1	0	0	24	0	0	0
Arcis-sur-Aube (H1501010)	12	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mery-sur-Seine (H1700010)	16	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pont-sur-Seine (H1700010)	2	8	5	0	7	1	0	0	4	0	0	0
Saint-Fargeau-Ponthierry (H3930020)	17	17	17	17	14	14	14	14	0	0	0	0
Alfortville (H4340020)	18	18	18	18	32	32	32	32	27	27	27	27
Paris Austerlitz (H5920010)	20	20	20	20	37	37	37	37	21	21	21	21
Gurgy reconstitué	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2
Pont-sur-Yonne reconstitué (H2701030)	1	1	1	1	3	3	3	3	5	5	5	5

Figure 102 : Aggravation du nombre de jours sous le DCR sur la période juin-octobre simulés en fonction du taux de remplissage de la tranche de réserve entre les étiages passés et futurs

Pour la tranche d'exploitation ce constat d'une forte aggravation est surtout vrai pour Alfortville et Paris et cela y compris avec des taux de remplissage importants, alors que sur la Marne et l'Aube, ces épisodes peuvent être absorbés dès que le remplissage atteint 50% (**Figure 102**).

On peut notamment considérer au travers de ces scénarios prospectifs, que le niveau de sécurité (absence de crise) atteint aujourd'hui à Paris avec un remplissage de 30% nécessitera un remplissage de l'ordre de 90% dans le futur.

Aggravation Ecart Futur- passé		10%				20%				30%				40%				50%				60%				70%				80%				90%				100%			
Nbre de jours sous DCR de juin à octobre		1921	1949	1976	1991	1921	1949	1976	1991	1921	1949	1976	1991	1921	1949	1976	1991	1921	1949	1976	1991	1921	1949	1976	1991	1921	1949	1976	1991	1921	1949	1976	1991	1921	1949	1976	1991	1921	1949	1976	1991
Marne	Gournay-sur-Marne	66	39	62	41	61	84	64	35	53	76	53	35	12	14	27	0	0	0	3	0	0	0	3	0	0	0	3	0	0	0	3	0	0	0	3	0	0	0	3	0
	Arcis-sur-Aube	29	11	9	19	17	32	28	16	33	30	28	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Seine	Méry-sur-Seine	58	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Pont-sur-Seine	18	6	7	14	17	9	13	19	33	6	12	12	30	23	23	12	48	5	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0
	Saint-Fargeau-Ponthierry	24	23	19	9	15	37	30	6	17	30	15	9	21	17	21	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Alfortville	72	32	54	58	82	60	65	56	89	85	84	60	95	105	88	66	87	106	83	61	70	99	72	56	52	88	52	48	40	65	47	42	22	36	42	36	6	13	31	13
	Paris Austerlitz	88	76	79	61	99	104	89	75	93	108	85	62	75	98	71	53	44	81	48	44	37	56	46	40	7	17	39	22	0	4	20	0	0	0	5	0	0	0	5	0
Yonne	Gurgy reconstitué	3	5	6	5	4	5	5	7	4	6	3	8	3	9	3	9	5	9	1	10	9	7	3	7	12	8	7	7	13	10	8	6	11	12	5	7	14	15	4	11
	Pont-sur-Yonne	18	14	7	22	19	16	9	22	17	21	9	20	18	19	13	19	14	22	11	18	15	23	12	12	13	27	14	7	14	24	22	6	16	23	26	12	17	21	27	12

Figure 103 : Aggravation du nombre de jours sous le DCR sur la période juin-octobre simulés en fonction du taux de remplissage de la tranche d'exploitation entre les étiages passés et futurs

2.4.4 Sélections des configurations pour l'évaluation socio-économique

Sur la base des résultats obtenus présentés précédemment, les scénarios proposés pour l'analyse des incidences socio-économiques sont les taux de remplissage de 80 %, 70 % et 50 % appliqués aux quatre lacs réservoirs. La sensibilité des franchissements des seuils de débit de crise est importante pour ces valeurs, en particulier sur les débits et usages futurs.

Les trois stations proposées pour l'analyse de ces incidences sont :

- La Seine à Pont sur Seine,
- La Marne à Gournay sur Marne,
- La Seine à Paris.

Ces stations ont des enjeux particulièrement élevés et des risques d'incidences socio-économiques importants.

2.5 Evaluation des incidences socio-économiques et environnementales des scénarios d'étiages

2.5.1 Analyse de l'impact du remplissage des lacs-réservoirs pour les débits passés et futurs

Les cartes ci-après présentent les situations de sécheresse entre juin et décembre (en nombre de jours sous les seuils de surveillance) à chaque station « pilote », dans le cas d'un des scénarios d'étiage sévère passés (celui de 1949), pour 3 taux de remplissage des lacs-réservoirs.

Le même travail a été effectué dans le cas des étiages sévères de 1921, 1976 et 1991. Les cartes sont disponibles en **Annexe 6** : Analyse de l'impact du remplissage des lacs-réservoirs pour les débits passés.

2.5.1.1 Situations de sécheresse en 1949 pour un taux de remplissage de 50 %

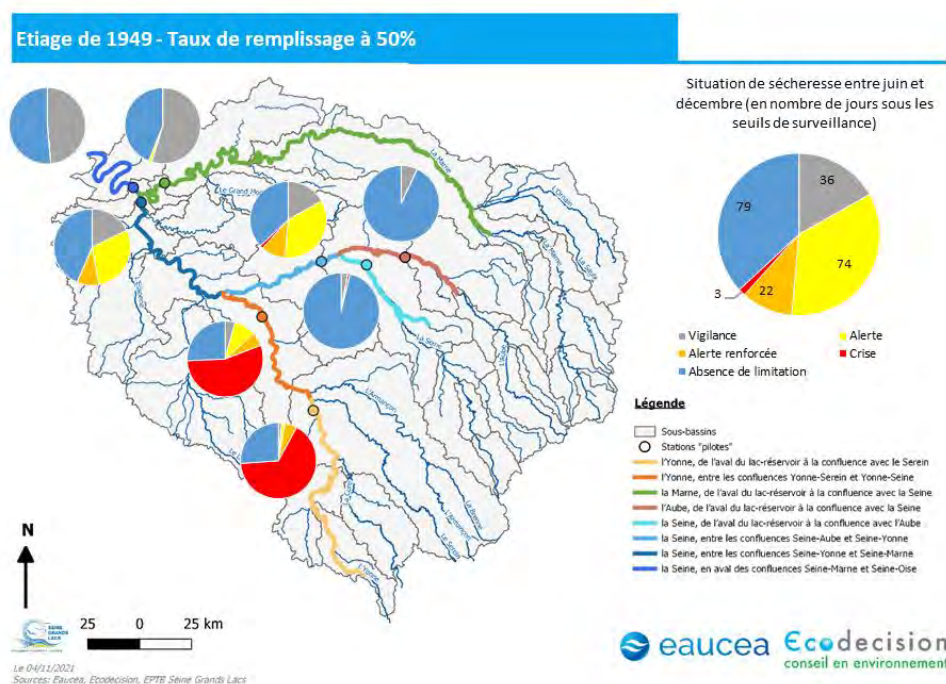


Figure 104 : Situation de sécheresse entre juin et décembre (en nombre de jours sous les seuils de surveillance) à chaque station « pilote », dans le cas du scénario d'étiage sévère de 1949, pour un taux de remplissage de 50% des lacs-réservoirs

2.5.1.2 Situations de sécheresse en 1949 pour un taux de remplissage de 70 %

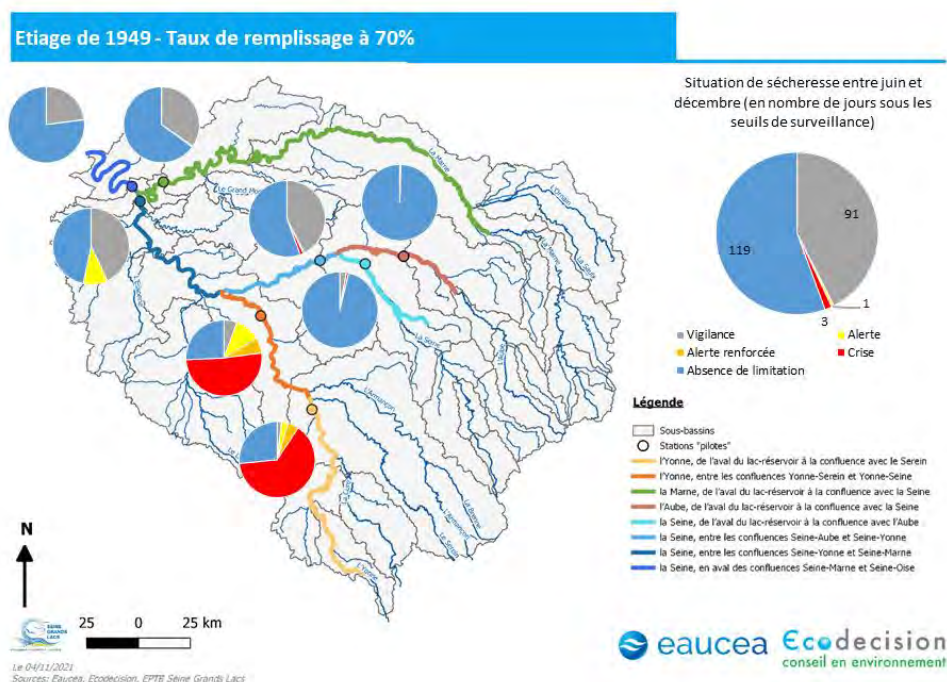


Figure 105 : Situation de sécheresse entre juin et décembre (en nombre de jours sous les seuils de surveillance) à chaque station « pilote », dans le cas du scénario d'étiage sévère de 1949, pour un taux de remplissage de 70% des lacs-réservoirs

2.5.1.3 Situations de sécheresse en 1949 pour un taux de remplissage de 80 %

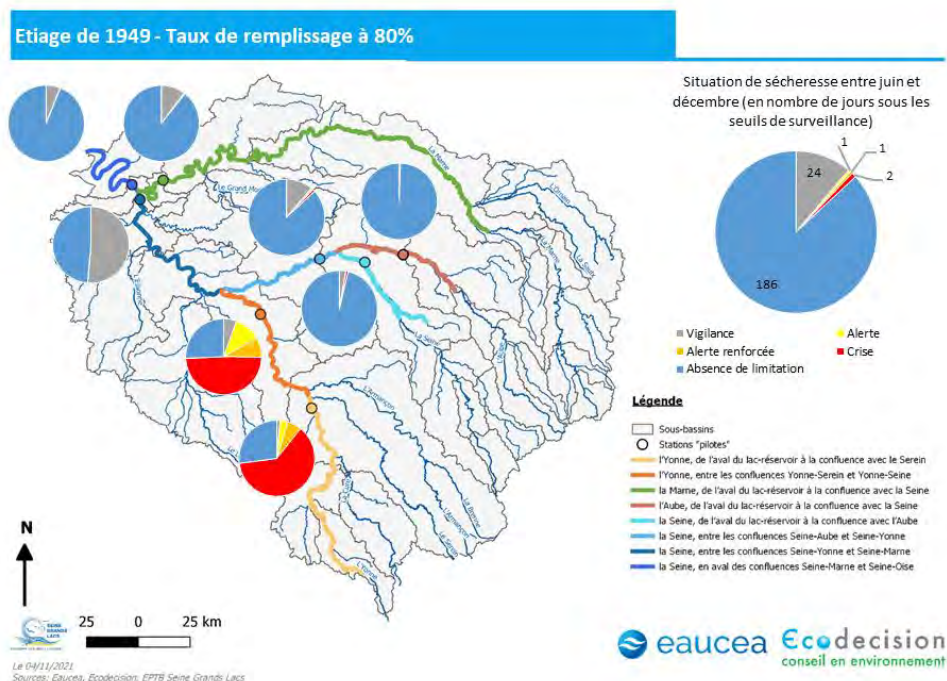


Figure 106 : Situation de sécheresse entre juin et décembre (en nombre de jours sous les seuils de surveillance) à chaque station « pilote », dans le cas du scénario d'étiage sévère de 1949, pour un taux de remplissage de 80% des lacs-réservoirs

2.5.2 Comparaison des scénarios passés et futurs

Les frises ci-après présentent les niveaux potentiels de contraintes subies et leur répartition dans le cas des scénarios d'étiage passé et futur, basés sur l'étiage sévère de 1949, pour les 3 taux de remplissage des lacs-réservoirs, au niveau des trois stations proposées pour l'analyse des incidences. Ces résultats restent théoriques, y compris dans le cas des débits observés, dans la mesure où la démarche ne tient pas compte de l'effet sur l'hydrologie de la réduction progressive des prélèvements liée aux mesures de préservation des ressources en eau des arrêtés cadres sécheresse. La durée et les niveaux de contraintes sont donc nécessairement maximisés par rapport à la réalité.

Le même travail a été effectué dans le cas des scénarios d'étiages passé et futur, basés sur l'étiage sévère de 1921, 1976 et 1991. Les frises sont disponibles en **Annexe 7** : Comparaison des scénarios passés et futurs.

2.5.2.1 Résultats avec pour un taux de remplissage à 50 %

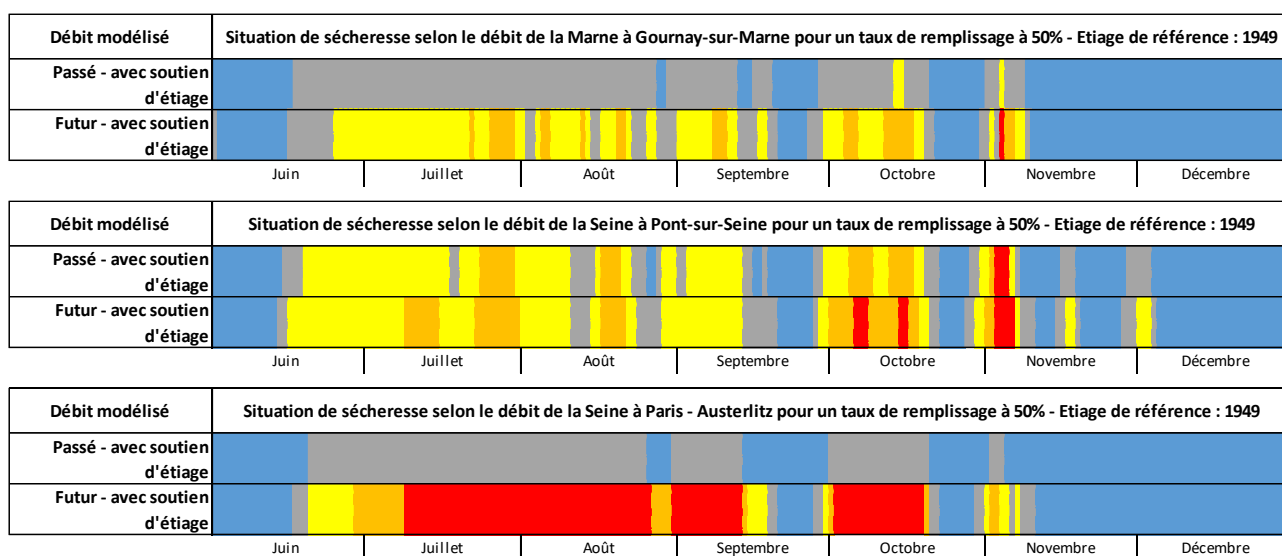


Figure 107 : Durée des niveaux de contraintes subies et répartition de juin à décembre pour un taux de remplissage de 50% des lacs-réservoirs, pour les scénarios d'étiage passé et futur basés sur l'étiage sévère de 1949

2.5.2.2 Résultats avec pour un taux de remplissage à 70 %

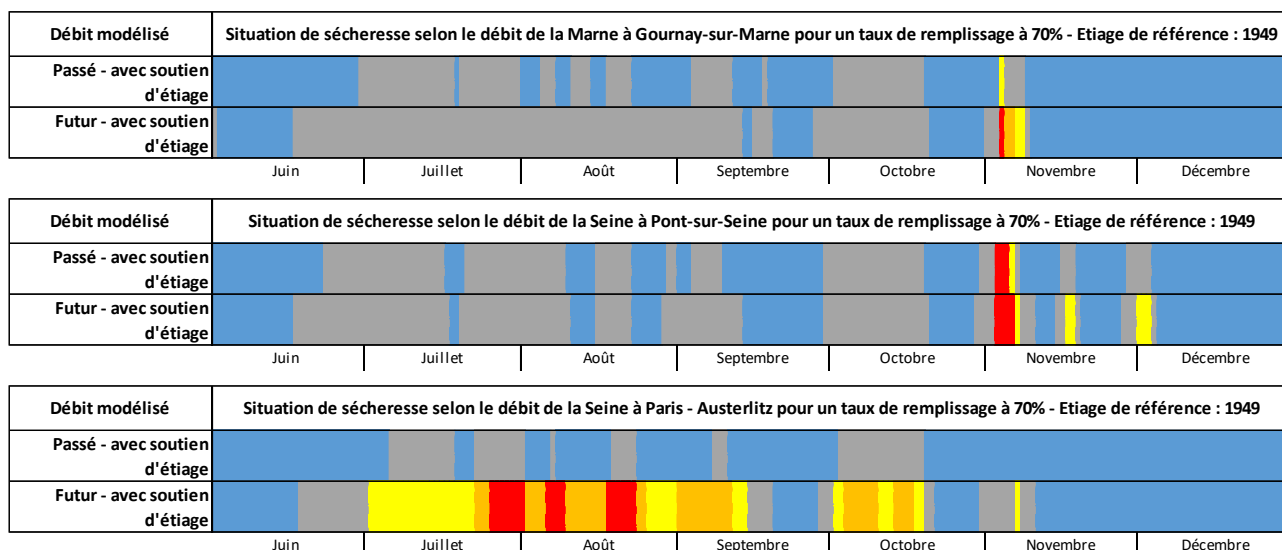


Figure 108 : Durée des niveaux de contraintes subies et répartitions de juin à décembre pour un taux de remplissage de 70% des lacs-réservoirs, pour les scénarios d'étiage passé et futur basés sur l'étiage sévère de 1949

2.5.2.3 Résultats avec pour un taux de remplissage à 80 %

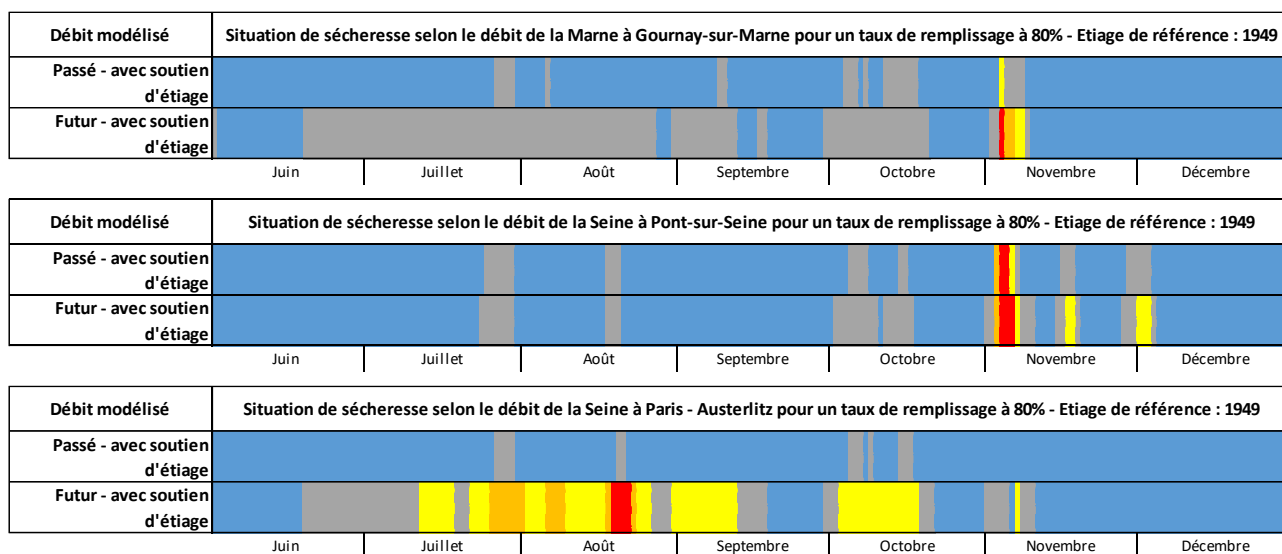


Figure 109 : Durée des niveaux de contraintes subies et répartitions de juin à décembre pour un taux de remplissage de 80% des lacs-réservoirs, pour les scénarios d'étiage passé et futur basés sur l'étiage sévère de 1949

2.5.3 Bilan socio-économique

Les chiffrages détaillés des incidences socio-économiques potentielles dans le cas des étiages passés et futurs des usages bénéficiant du soutien d'étiage, à l'échelle des trois tronçons réalimentés associés aux trois stations proposées ainsi que pour les trois taux de remplissage des lacs-réservoirs étudiés, sont disponibles en **Annexe 8**. L'écart entre la situation passé et futur traduit la hausse potentielle des incidences socio-économiques en cas d'étiage sévère à l'horizon 2050.

En l'absence d'un indicateur unique de caractérisation des enjeux et des impacts, le choix a été fait de faire une synthèse sous forme de tableaux complémentaires, permettant d'associer l'importance des activités exposées aux périodes de crise (vulnérabilité des usages) à un chiffrage des incidences potentielles pour le temps futur (**Figure 110**).

Avec le principe adopté, il est ainsi possible d'afficher les résultats aux trois stations sur une même page, ce qui permet à la fois de comparer les résultats des différentes simulations sur une même station et les "comportements" des stations.

Ce travail montre que pour des scénarios d'étiages futurs, en conservant les règles de gestion actuelles, le soutien d'étiage n'offre pas un niveau de protection suffisant pour des taux de remplissage inférieurs ou égal à 80%, en particulier pour le scénario « 1921 » du futur, ou de manière générale au niveau de Paris.

Le nombre de jours de crise et les impacts économiques potentiels associés restent significativement importants. Ces indicateurs sont supérieurs aux étiages passés pour la plupart des simulations futures et aux trois stations. Ce qui s'explique compte tenu des hypothèses retenues pour construire les débits futurs (**cf. partie 2.4.3**), et sachant que les taux de remplissage des lacs-réservoirs étudiés sont inférieurs ou sensiblement proches de ceux qui avaient été calculés pour les étiages sévères passés (**cf. Tableau 9 : Niveaux de remplissages théoriques des lacs-réservoirs atteints pour les 4 étiages historiques avec application des règles de gestion actuelles**).

Station "pilote"	Usages de l'eau	Indicateur d'enjeux*	Etiage de référence			1921			1949			1976			1991		
			Taux de remplissage			50%	70%	80%	50%	70%	80%	50%	70%	80%	50%	70%	80%
Gournay-sur-Marne	Irrigation	850 ha	Impacts pour le temps futur														
	AEP (habitants desservis)	1,9 millions habitants	Nombre de jours de crise supplémentaires	15	15	15	1	1	1	3	3	3	0	0	0		
	Navigation et activités sur les canaux (hors marchandise)	2,6 millions d'€	Pertes économiques globales en € (hors industries de services)	510 millions	510 millions	510 millions	34 millions	34 millions	34 millions	103 millions	103 millions	103 millions	Aucune	Aucune	Aucune		
	CNPE	Usage non impacté															
	Industrie (dont la production d'hydro-électricité)	122 000 emplois 13 milliards d'€/an	Risques de pertes (en €/jour de crise) pour les industries de services	352 millions	352 millions	352 millions	352 millions	352 millions	352 millions	352 millions	352 millions	352 millions	Aucun	Aucun	Aucun		
	AEP (industries de services desservis)	1,2 millions d'emplois 129 milliards d'€/an															
Pont-sur-Seine	Irrigation	430 ha	Nombre de jours de crise supplémentaires	55	9	9	6	1	1	0	0	0	0	0	0		
	AEP (habitants desservis)	9 000 habitants	Pertes économiques globales en € (hors industries de services)	13,4 millions	6,6 millions	6,6 millions	1,3 millions	590 000	590 000	300 000	300 000	300 000	300 000	300 000	300 000		
	Navigation et activités sur les canaux (hors marchandise)	Continuité du service, usage non impacté															
	CNPE	640 000 000 €	Risques de pertes (en €/jour de crise) pour les industries de services	720 000	720 000	720 000	720 000	720 000	720 000	720 000	720 000	720 000	720 000	720 000	720 000		
	Industrie (dont la production d'hydro-électricité)	680 emplois 54 millions d'€/an															
	AEP (industries de services desservis)	3 500 emplois 260 millions d'€/an															
Paris - Austerlitz	Irrigation	53 ha	Nombre de jours de crise supplémentaires	81	44	37	81	17	4	48	39	20	44	22	0		
	AEP (habitants desservis)	620 000 habitants	Pertes économiques globales en € (hors industries de services)	2,4 milliards	630 millions	530 millions	1,2 milliards	240 millions	57 millions	685 millions	557 millions	286 millions	14 millions	14 millions	Aucune		
	Navigation et activités sur les canaux (hors marchandise)	Continuité du service, usage non impacté															
	CNPE	Usage non impacté	Risques de pertes (en €/jour de crise) pour les industries de services	118 millions	118 millions	118 millions	118 millions	118 millions	118 millions	118 millions	118 millions	118 millions	118 millions	118 millions	118 millions		
	Industrie (dont la production d'hydro-électricité)	51 000 emplois 5 milliards d'€/an															
	AEP (industries de services desservis)	395 000 emplois 43 milliards d'€/an															

*Indicateur d'enjeux utilisé pour chaque usage

Usages de l'eau	Indicateur d'enjeux
Irrigation	ha théoriques irrigués
AEP (habitants desservis)	Nombre d'habitants desservis en eau
Navigation et activités sur les canaux (hors marchandise)	Retombées économiques sur le canal latéral à la Marne
CNPE	Vente d'électricité en gros par an
Industrie (dont la production d'hydro-électricité)	Emplois de l'industrie préleveuse et/ou desservie en eau potable
AEP (industries de services desservis)	Valeur ajoutée
	Emplois de services desservis en eau potable
	Valeur ajoutée

Figure 110 : Bilan socio-économique des scénarios d'étiage futurs

ANNEXES

Annexe 1 : Règlements d'eau des lacs-réservoirs

Annexe 2 : Arrêté cadre de sécheresse du bassin Seine-Normandie

Annexe 3 : Impacts des usages pour les différentes stations de reconstitution du modèle AQUI-FR en 1949

Annexe 4 : Fréquence des situations de crise sur chaque tronçon des axes réalimentés entre juin et décembre pour chaque scénario d'étiage sévère passé

Annexe 5 : Evaluation des incidences des étiages sévères passés sur les usages actuels

Annexe 6 : Analyse de l'impact du remplissage des lacs-réservoirs pour les débits passés

Annexe 7 : Comparaison des scénarios passés et futurs

Annexe 8 : Evaluation des incidences des étiages passés et futurs