

Etude d'évaluation du protocole de gestion volumétrique des eaux d'irrigation agricole

Phase 1 : Evaluation du protocole de gestion.

Mai 2021





Étude financée par :



Parc Technologique du Clos du Moulin
101 rue Jacques Charles
45160 OLIVET



EP Loire
2 Quai du Fort Alleaume
CS 55708
45057 ORLEANS DECEX

Suivi de document

Version		Création/Modification	
		Rédacteur	Date
A.0	Document initial	CLA	31/03/2021
A.1	Modification suite aux remarques du Cotec	CLA	12/04/2021
A.2	Correction / modification suite à présentation en Copil	CLA	25/05/2021

Sommaire

Suivi de document	3
1. Le territoire.....	11
1.1 Le découpage du territoire.....	11
1.2 Les volumes prélevables.....	12
2. Le protocole de gestion volumétrique : éléments de contexte et perception par les acteurs du territoire.....	14
2.1 Rappels sur le protocole de gestion	14
2.2 Entretiens des acteurs du territoire	18
2.2.1 Perception du protocole de gestion volumétrique.....	18
2.2.2 Robustesse du protocole	20
2.2.3 Evolution du protocole	20
2.2.4 Synthèse des arrêtés de restriction	21
3. Analyse évaluative du protocole de gestion	24
3.1 Contexte hydro-climatique.....	24
3.1.1 Analyse climatique	24
3.1.2 Analyse hydrologique : Evolution des régimes hydrologiques vis-à-vis des seuils de gestion.....	31
3.1.3 Analyse piézométrique : Evolution des niveaux piézométriques vis-à-vis de seuils de gestion	48
3.2 Effet du protocole de gestion volumétrique sur les consommations des volumes d'irrigation.....	63
3.2.1 Eléments de contexte	63
3.2.2 Analyse par secteurs de gestion	65
3.2.3 Eléments de synthèse	75
3.3 Effet du protocole sur les conditions agronomiques	77
3.3.1 Analyse par secteurs de gestion	77
3.3.2 Dérogations.....	80
3.3.3 Eléments de synthèse	82
3.4 Effet du protocole de gestion volumétrique sur la ressource en eau.....	83
3.4.1 Analyse hydrologique : Evolution des régimes hydrologiques vis-à-vis des seuils de gestion.....	83
3.4.2 Analyse piézométrique : Evolution des niveaux piézométriques vis-à-vis de seuils de gestion	96

Table des illustrations

Figure 1 : découpage du territoire d'étude.....	11
Figure 2 : Cartographie des secteurs de gestion et des points de suivis.....	15
Figure 3 : Schéma de la gestion volumétrique sur le territoire Yèvre-Auron	15
Figure 4 : Frise chronologique représentant la mise en place du protocole de gestion sur le territoire du SAGE	17
Figure 5 : Répartition des stations météorologiques sur le territoire d'étude	25
Figure 6 : Evolution des cumuls annuels de précipitations pour les différentes stations (entre 1990 et 2016 : période avec le maximum de données disponibles).....	26
Figure 7: Evolution des cumuls mensuels de précipitations pour les différentes stations (entre 1990 et 2016 : période avec le maximum de données disponibles).....	26
Figure 8 : Evolution des cumuls pluviométriques annuels (en rouge, la moyenne annuelle calculée sur la période 1970-2020).....	27
Figure 9 : Evolution des cumuls pluviométriques mensuels moyens.	28
Figure 10 : Variation de la valeur de l'IPN.....	29
Figure 11 : Variation de la valeur de l'IPN calculé à l'échelle mensuelle.	30
Figure 12 : Répartition des stations hydrologiques sur le territoire d'étude.....	32
Figure 13 : Variation du débit moyen mensuel à la station de L'Auron à Bourges [l'Ormediot]	33
Figure 14 : Distribution des valeurs de QMNA à la station de L'Auron à Bourges [l'Ormediot].....	33
Figure 15 : Fréquence de retour des QMNA à la station de L'Auron à Bourges [l'Ormediot]	34
Figure 16 : Evolution entre 2000 et 2020 des QMNA vis-à-vis des débits caractéristiques de la station de L'Auron à Bourges [l'Ormediot].	35
Figure 17 : : Evolution entre 2000 et 2020 des VCNx et fréquence de retour de la station de L'Auron à Bourges [l'Ormediot].....	36
Figure 18 : Variation du débit moyen mensuel à la station de l'Yèvre à Savigny-en-Septaine.....	36
Figure 19 : Distribution des valeurs de QMNA à la station de l'Yèvre à Savigny-en-Septaine.....	37
Figure 20 : Fréquence de retour des QMNA à la station de l'Yèvre à Savigny-en-Septaine	38
Figure 21 : Evolution entre 2000 et 2020 des QMNA vis-à-vis des débits caractéristiques de la station de l'Yèvre à Savigny-en-Septaine.	38
Figure 22 : : Evolution entre 2000 et 2020 des VCNx et fréquence de retour de la station de l'Yèvre à Savigny-en-Septaine.....	39
Figure 23 : Variation du débit moyen mensuel à la station de l'Ouatier à Moulins-sur-Yèvre [Maubranche].....	40
Figure 24 : Distribution des valeurs de QMNA à la station de l'Ouatier à Moulins-sur-Yèvre [Maubranche].....	40
Figure 25 : Fréquence de retour des QMNA à la station de l'Ouatier à Moulins-sur-Yèvre [Maubranche]	41
Figure 26 : Evolution entre 2004 et 2020 des QMNA vis-à-vis des débits caractéristiques de la station de l'Ouatier à Moulins-sur-Yèvre [Maubranche].	41
Figure 27 : : Evolution entre 2004 et 2020 des VCNx et fréquence de retour de la station de l'Ouatier à Moulins-sur-Yèvre [Maubranche].	42
Figure 28 : Variation du débit moyen mensuel à la station de l'Yèvre à Foëcy	43

Figure 29 : Distribution des valeurs de QMNA à la station de l'Yèvre à Foëcy	43
Figure 30 : Fréquence de retour des QMNA à la station de l'Yèvre à Foëcy.....	44
Figure 31 : Evolution 2000 - 2011 à 2020 des QMNA vis-à-vis des débits caractéristiques de la station de la station de l'Yèvre à Foëcy.	44
Figure 32 : : Evolution de 2000 et 2010 à 2020 des VCNx et fréquence de retour de la station de l'Yèvre à Foëcy.....	45
Figure 33 : Variation du débit moyen mensuel à la station de l'Yèvre à Saint-Doulchard [Moulin Batard déviation]	46
Figure 34 : Distribution des valeurs de QMNA à la station de l'Yèvre à Saint-Doulchard.....	46
Figure 35 : Fréquence de retour des QMNA à la station de l'Yèvre à Saint-Doulchard.....	47
Figure 36 : Evolution de 2008 à 2020 des QMNA vis-à-vis des débits caractéristiques de la station de la station de l'Yèvre à Saint-Doulchard.	47
Figure 37 : : Evolution entre 2008 et 2020 des VCNx et fréquence de retour de la station de l'Yèvre à Saint-Doulchard.....	48
Figure 38 : Répartition des piézomètres sur le territoire d'étude	49
Figure 39 : Variation du niveau piézométrique moyen mensuel au piézomètre BSS001LRQW.....	51
Figure 40 : Evolution entre 1995 et 2020 des niveaux piézométriques moyens annuels.....	52
Figure 41 : Evolution entre 1995 et 2020 des niveaux piézométriques minimum annuels.....	53
Figure 42 : Variation du niveau piézométrique moyen mensuel au piézomètre BSS001KJWM.....	54
Figure 43 : Evolution entre 1996 et 2020 des niveaux piézométriques moyens annuels.....	55
Figure 44 : Evolution entre 1996 et 2020 des niveaux piézométriques minimum annuels.....	56
Figure 45 : Variation du niveau piézométrique moyen mensuel au piézomètre BSS001KKFJ.....	57
Figure 46 : Evolution entre 2001 et 2020 des niveaux piézométriques moyens annuels.....	58
Figure 47 : Evolution entre 2001 et 2020 des niveaux piézométriques minimum annuels.....	59
Figure 48 : Variation du niveau piézométrique moyen mensuel au piézomètre BSS001LRQW.....	60
Figure 49 : Evolution entre 1997 et 2020 des niveaux piézométriques moyens annuels.....	61
Figure 50 : Evolution entre 1997 et 2020 des niveaux piézométriques minimum annuels.....	62
Figure 51 : Evolution entre 2018 et 2019 des volumes prélevés pour les différents usages.....	63
Figure 52 : Evolution des volumes prélevés pour l'usage Eau potable sur les différents bassins du secteur.....	64
Figure 53 : Evolution des volumes prélevés pour l'usage Industrie sur les différents bassins du secteur.	64
Figure 54 : Evolution des volumes consommés pour l'irrigation entre 2000 et 2020). Sur le haut du graphique figure la variation de l'IPN autour de la moyenne de pluviométrie afin d'indiquer les conditions climatiques dans lesquelles ces prélèvements ont été effectués.	66
Figure 55 : Comparaison des volumes prélevés pour les années avec printemps sec et été sec.....	66
Figure 56 : Comparaison des volumes prélevés pour les années avec printemps sec et été humide..	67
Figure 57 : Comparaison des volumes prélevés pour les années avec printemps humide et été sec..	67
Figure 58 : Evolution des volumes consommés pour l'irrigation entre 2000 et 2020). Sur le haut du graphique figure la variation de l'IPN autour de la moyenne de pluviométrie afin d'indiquer les conditions climatiques dans lesquelles ces prélèvements ont été effectués.	68
Figure 59 : Comparaison des volumes prélevés pour les années avec printemps sec et été sec.....	69
Figure 60 : Comparaison des volumes prélevés pour les années avec printemps sec et été humide..	69
Figure 61 : Comparaison des volumes prélevés pour les années avec printemps humide et été sec..	70

Figure 62 : Evolution des volumes consommés pour l'irrigation entre 2000 et 2020). Sur le haut du graphique figure la variation de l'IPN autour de la moyenne de pluviométrie afin d'indiquer les conditions climatiques dans lesquelles ces prélèvements ont été effectués. 71

Figure 63 : Comparaison des volumes prélevés pour les années avec printemps sec et été sec. 71

Figure 64 : Comparaison des volumes prélevés pour les années avec printemps sec et été humide.. 72

Figure 65 : Comparaison des volumes prélevés pour les années avec printemps humide et été sec.. 72

Figure 66 : Evolution des volumes consommés pour l'irrigation entre 2000 et 2020). Sur le haut du graphique figure la variation de l'IPN autour de la moyenne de pluviométrie afin d'indiquer les conditions climatiques dans lesquelles ces prélèvements ont été effectués. 73

Figure 67 : Comparaison des volumes prélevés pour les années avec printemps sec et été sec. 74

Figure 68 : Comparaison des volumes prélevés pour les années avec printemps sec et été humide.. 75

Figure 69 : Comparaison des volumes prélevés pour les années avec printemps humide et été sec.. 75

Figure 70 : Evolution entre 2010 et 2019 de la part de SAU relative des cultures repères 78

Figure 71 : Evolution entre 2010 et 2019 de la part de SAU relative des cultures repères 78

Figure 72 : Evolution entre 2010 et 2019 de la part de SAU relative des cultures repères 79

Figure 73 : Evolution entre 2010 et 2019 de la part de SAU relative des cultures repères 79

Figure 74 : Répartition des dérogations sur le département du Cher. Sur le haut du graphique figure la variation de l'IPN autour de la moyenne de pluviométrie afin d'indiquer les conditions climatiques dans lesquelles ces dérogations ont été accordées. 81

Figure 75 : Répartition des stations d'observation ONDE et ROCA sur le territoire d'étude 83

Figure 76 : Évolution du pourcentage d'observations en assec par an sur le périmètre du SAGE. 84

Figure 77 : Evolution entre 2000 et 2020 des QMNA vis-à-vis des débits caractéristiques de la station de L'Auron à Bourges [l'Ormediot]. 85

Figure 78 : : Evolution entre 2000 et 2020 des VCN10 et fréquence de retour de la station de L'Auron à Bourges [l'Ormediot]. 85

Figure 79 : Présentation du nombre de jours de franchissement des différents seuils de gestion..... 86

Figure 80 : Comparaison des franchissements des seuils pour les années avec printemps sec et été sec. 86

Figure 81 : Comparaison des volumes prélevés pour les années avec printemps humide et été sec.. 87

Figure 82 : Evolution entre 2000 et 2020 des QMNA vis-à-vis des débits caractéristiques de la station l'Yèvre à Savigny-en-Septaine. 88

Figure 83 : : Evolution entre 2000 et 2020 des VCN10 et fréquence de retour de la station de l'Yèvre à Savigny-en-Septaine. 88

Figure 84 : Présentation du nombre de jours de franchissement des différents seuils de gestion..... 88

Figure 85 : Comparaison des franchissements des seuils pour les années avec printemps sec et été sec. 89

Figure 86 : Comparaison des franchissements des seuils pour les années avec printemps sec et été humide. 89

Figure 87 : Comparaison des volumes prélevés pour les années avec printemps humide et été sec.. 90

Figure 88 : Evolution entre 2004 et 2020 des QMNA vis-à-vis des débits caractéristiques de la station de l'Ouatier à Moulins-sur-Yèvre - Maubranes. 90

Figure 89 : : Evolution entre 2004 et 2020 des VCN10 et fréquence de retour de la station de l'Ouatier à Moulins-sur-Yèvre - Maubranes. 90

Figure 90 : Présentation du nombre de jours de franchissement des différents seuils de gestion..... 91

Figure 91 : Comparaison des volumes prélevés pour les années avec printemps humide et été sec.. 92

Figure 92 : Evolution 2000 - 2011 à 2020 des QMNA vis-à-vis des débits caractéristiques de la station de l'Yèvre à Foëcy.....	93
Figure 93 : : Evolution entre 2000 - 2011 à 2020 des VCN10 et fréquence de retour de la station de de l'Yèvre à Foëcy.....	93
Figure 94 : Présentation du nombre de jours de franchissement des différents seuils de gestion.....	93
Figure 95 : Evolution de 2008 à 2020 des QMNA vis-à-vis des débits caractéristiques de la station de la station de l'Yèvre à Saint-Doulchard.	94
Figure 96 : : Evolution entre 2008 et 2020 des VCNx et fréquence de retour de la station de la station de l'Yèvre à Saint-Doulchard.	94
Figure 97 : Présentation du nombre de jours de franchissement des différents seuils de gestion.....	95
Figure 98 : Evolution entre 1995 et 2020 des niveaux piézométriques minimum annuels.....	96
Figure 99 : Evolution du niveau piézométrique et tendance.	97
Figure 100 : Evolution entre 1996 et 2020 des niveaux piézométriques minimum annuels – piézomètre de Villequiers.....	98
Figure 101 : Evolution entre 2001 et 2020 des niveaux piézométriques minimum annuels – piézomètre de Savigny-en-Septaine.....	98
Figure 102 : Evolution du niveau piézométrique et tendance.....	99
Figure 103 : Evolution entre 1997 et 2020 des niveaux piézométriques minimum annuels.....	100

Table des tableaux

Tableau 1 : Superficie et rattachement des différents bassins versants aux secteurs de gestion.....	12
Tableau 2 : Répartition des volumes prélevables.	12
Tableau 3: Répartition des volumes prélevables par sous bassins.	13
Tableau 4 : Seuils piézométriques et débitométriques encadrant le protocole de gestion.....	15
Tableau 5 : Présentation des différents entretiens réalisés.....	18
Tableau 6 : Tableau de synthèse de l'ensemble des arrêtés sécheresse pris sur le territoire.....	22
Tableau 7 : caractéristiques des stations météorologiques.....	25
Tableau 8 : Signification des différentes valeurs de l'IPN.	28
Tableau 9 : Répartition des différentes années selon les précipitations printemps/été (en gras sont présentées les années utilisées dans la suite de l'analyse : en violet : avant mise en œuvre de la gestion volumétrique, en orange : après mise en œuvre de la gestion volumétrique).	31
Tableau 10 : caractéristiques des stations hydrologiques.	32
Tableau 11 : Caractérisation des QMNA à la station de L'Auron à Bourges [l'Ormediot]	34
Tableau 12 : Caractéristiques générales des débits moyens minimaux sur 3, 10 et 30 jours à la station de L'Auron à Bourges [l'Ormediot]	35
Tableau 13 : Caractérisation des QMNA à la station de l'Yèvre à Savigny-en-Septaine	37
Tableau 14 : Caractéristiques générales des débits moyens minimaux sur 3, 10 et 30 jours à la station de l'Yèvre à Savigny-en-Septaine	39
Tableau 15 : Caractérisation des QMNA à la station de l'Ouatier à Moulins-sur-Yèvre [Maubranche]	40
Tableau 16 : Caractéristiques générales des débits moyens minimaux sur 3, 10 et 30 jours à la station de l'Ouatier à Moulins-sur-Yèvre [Maubranche]	42
Tableau 17 : Caractérisation des QMNA à la station de l'Yèvre à Foëcy.....	43
Tableau 18 : Caractéristiques générales des débits moyens minimaux sur 3, 10 et 30 jours à la station de l'Yèvre à Foëcy.....	45
Tableau 19 : Caractérisation des QMNA à la station de l'Yèvre à Saint-Doulchard.....	46
Tableau 20 : Caractéristiques générales des débits moyens minimaux sur 3, 10 et 30 jours à la station de l'Yèvre à Saint-Doulchard	48
Tableau 21 : caractéristiques des piézomètres.....	49
Tableau 22 : Caractérisation des niveaux piézométriques moyens mensuels minimum au piézomètre BSS001LRQW.....	51
Tableau 23 : Caractérisation des niveaux piézométriques moyens mensuels minimum au piézomètre BSS001KJWM.....	54
Tableau 24 : Caractérisation des niveaux piézométriques moyens mensuels minimum au piézomètre BSS001KKFJ.....	57
Tableau 25 : Caractérisation des niveaux piézométriques moyens mensuels minimum au piézomètre BSS001LRQW	60
Tableau 26 : Années servant à l'analyse de l'incidence du protocole de gestion volumétrique.	65
Tableau 27 : Nombre de dérogations accordées sur la période 2008 - 2020.	80
Tableau 28 : Franchissement du seuil de gestion au 1er avril (en rouge : le niveau piézométrique est franchi) et recharge exceptionnelle avant le 31 mai (en rouge les années où la recharge ne suffit pas, et en vert les années où le niveau au 31 mai est supérieur au seuil).	97

Tableau 29 : Franchissement du seuil de gestion au 1er avril (en rouge : le niveau piézométrique est franchi) et recharge exceptionnelle avant le 31 mai (en rouge les années où la recharge ne suffit pas, et en vert les années où le niveau au 31 mai est supérieur au seuil). 99

Tableau 30 : Franchissement du seuil de gestion au 1er avril (en rouge : le niveau piézométrique est franchi) et recharge exceptionnelle avant le 31 mai (en rouge les années où la recharge ne suffit pas, et en vert les années où le niveau au 31 mai est supérieur au seuil). 100

1. Le territoire

1.1 Le découpage du territoire

Le territoire d'étude s'inscrit dans le contexte règlementaire du SAGE Yèvre Auron qui définit des volumes prélevables. Le 25 avril 2014 a été signé l'arrêté inter préfectoral approuvant le SAGE Yèvre-Auron. Le SAGE est officiellement en application depuis cette date et constitue le cadre local pour la préservation de la ressource en eau et des milieux aquatiques.

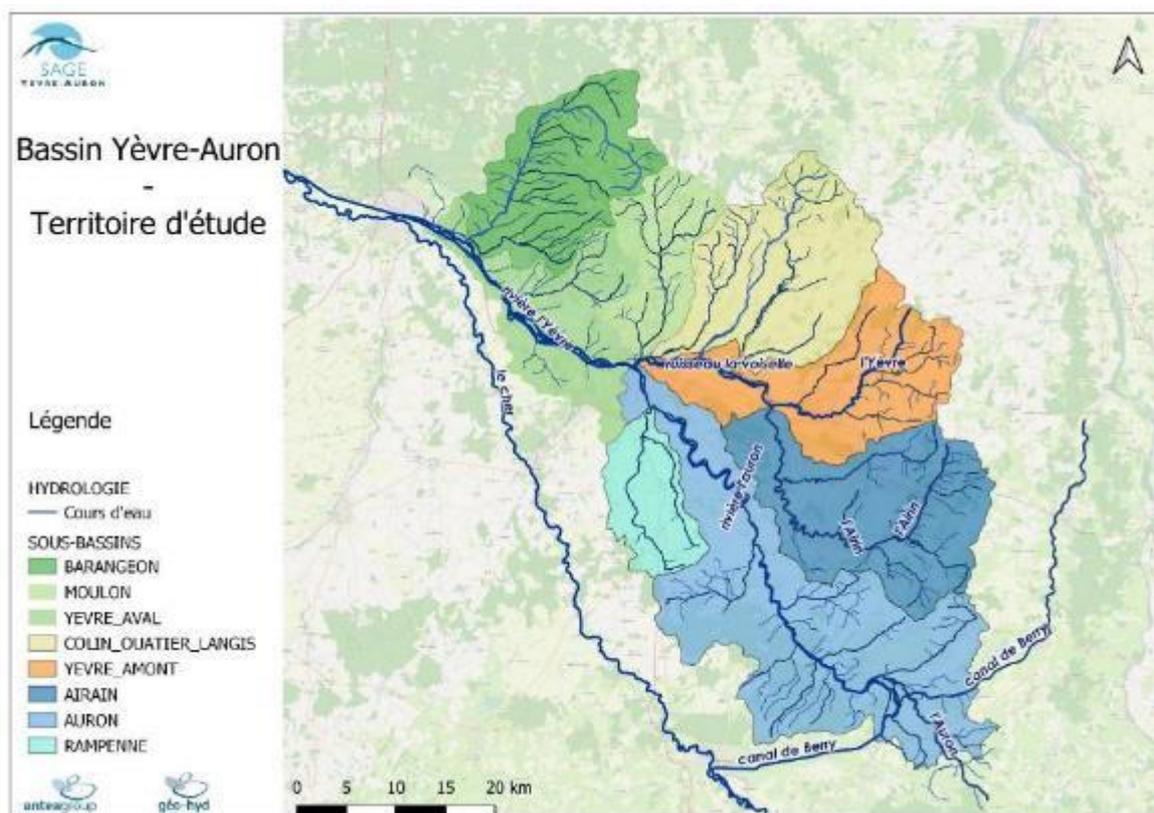


Figure 1 : découpage du territoire d'étude

Ce territoire est composé de huit bassins versants regroupés en quatre secteurs :

- ✓ Secteur Auron, Airan et Rampennes,
- ✓ Secteur Colin, Ouatier et Langis,
- ✓ Secteur de l'Yèvre à l'amont de Bourges,
- ✓ Secteur de l'Yèvre à l'aval de Bourges.

La cartographie précédente présente le découpage en secteurs du territoire.

Tableau 1 : Superficie et rattachement des différents bassins versants aux secteurs de gestion

SECTEURS	Nom des bassins versants	Superficie (en ha)
Auron Airan Rampenne	Airain	33711
	Auron	57883
	Rampenne	11035
Colin Ouatier Langis	Colin Ouatier Langis	30231
Yèvre amont	Yèvre amont	27268
Yèvre aval	Barangeon	24194
	Moulon	13522
	Yèvre aval	21536

1.2 Les volumes prélevables

Les volumes prélevables par usages ont été arrêtés dans le règlement du SAGE Yèvre Auron afin de gérer le déficit structurel en eau du territoire.

La répartition et le volume annuel prélevable est présenté dans le tableau suivant :

Tableau 2 : Répartition des volumes prélevables.

Usage	Pourcentage de répartition	Volume annuel prélevable correspondant
AEP, usage prioritaire	30.19 %	9 Mm ³
Irrigation	63.10 %	18.814 Mm ³
Autres usages économiques visés au L214-1 et L511-1 du Code de l'Environnement	6.71 %	2 Mm ³

Le volume prélevable annuel pour l'irrigation est ajusté chaque année en fonction des capacités de la ressource. Il est ainsi défini pour toutes les cultures et est réparti par périodes :

- ✓ Le volume « été » utilisable du 1^{er} avril au 31 octobre. Le volume défini est le volume maximal utilisable en cas de conditions favorables de recharge hivernale de la nappe et d'alimentation des rivières à l'étiage.
- ✓ Le volume « hiver » est utilisable entre le 1^{er} novembre et le 31 mars selon des conditions spécifiques pour chaque point de prélèvement en conditions hydrologiques favorables.

Ces volumes « été » et « hiver » sont répartis par bassins selon la distribution suivante :

Tableau 3: Répartition des volumes prélevables par sous bassins.

Bassins versants	Volume prélevable annuel (en Mm ³)		
	Volume « été » (soit maximum substituable)	Volume « hiver »	TOTAL
Auron	2.108	0.618	2.726
Rampenne	1.875	0.103	1.978
Airain	1.600	0.338	1.938
Colin, Ouatier, Langis	5.194	0.359	5.553
Yèvre amont	2.886	0.275	3.161
Yèvre aval	0.475	1.183	1.658
Barangeon	0.075	0.186	0.261
Moulon	0.900	0.639	1.539
TOTAL	15.113	3.701	18.814

2. Le protocole de gestion volumétrique : éléments de contexte et perception par les acteurs du territoire.

2.1 Rappels sur le protocole de gestion

Le SDAGE du bassin Loire Bretagne met en avant une pression de prélèvement importante sur les masses d'eau souterraines du bassin Yèvre-Auron et un état quantitatif mauvais sur la plus grande partie du territoire. Cet état quantitatif est suivi sur le bassin à l'aide de 22 piézomètres indicateurs et de station hydrométrique sur les principaux cours d'eau.

A l'initiative des irrigants des sous-bassins de l'Yèvre et des associations de pêche, une gestion volumétrique expérimentale des prélèvements a été mise en place dès la fin des années 90, avec le soutien de la Chambre d'Agriculture et du syndicat des irrigants Yèvre Auron.

En 2001, un système de gestion volumétrique a été testé sur les bassins du Colin, de l'Ouatier et du Langis. Des volumes maximums ont alors été attribués à la surface en culture et adaptés suivant les niveaux de référence des masses d'eau (franchissement de seuils). La démarche a ainsi permis de créer une dynamique et une prise en compte de l'état de la ressource par la profession agricole. Le système d'attribution, basé sur le nombre d'hectares cultivés en maïs par exploitation, a permis de stabiliser les besoins mais n'encourageait pas à l'évolution des assolements.

Les résultats obtenus ont ouvert la voie à une réflexion plus large pour développer ce type d'approche, et ainsi prendre en considération l'état de la ressource pour adapter les pratiques et les besoins.

Une fois constituée, la Commission Locale de l'Eau s'est approprié cette problématique et a décidé de lancer en 2004 sur l'ensemble du périmètre du SAGE Yèvre-Auron, une étude sur la mise en œuvre d'une gestion volumétrique qui a abouti notamment à la définition de volumes prélevables¹. Parallèlement, le périmètre, qui avait été classé en Zone de Répartition des Eaux (ZRE) en 1994 par arrêté ministériel, a été précisé par l'arrêté préfectoral du 23/02/2006.

En 2007, un protocole de gestion volumétrique des eaux d'irrigation agricole, approuvé par la CLE, est mis en place pour répondre à une situation de sécheresse. Celui-ci est d'abord déployé de manière expérimentale sur les bassins de l'Auron, de la Rampenne et de Colin-Ouatier-Langis. Il est ensuite étendu en 2009 aux bassins de l'Airain et de l'Yèvre amont, et en 2011 aux bassins de l'Yèvre aval, du Moulon et du Barangeon pour finalement être entériné par le SAGE Yèvre Auron en 2014.

Son principe est le suivant : en fonction de l'état de la ressource en eau souterraine au 1^{er} avril de chaque année les volumes prélevables « été » peuvent être réduits de 20%, excepté pour le bassin de l'Yèvre à l'aval de Bourges. L'état de la ressource est apprécié à ce moment par plusieurs indicateurs piézométriques. En cas de recharge exceptionnelle de la nappe avant le 31 mai, et si l'état de la ressource le permet, les 20 % initialement retirés peuvent être réattribués.

¹ Présentés précédemment

Au cours de la campagne d'irrigation, le volume qui n'a pas encore été utilisé (consommé) peut-être réduit en fonction de l'état de la ressource, apprécié cette fois-ci par le débit des rivières :

- ✓ Le franchissement du Débit Seuil d'Alerte (DSA) entraîne une réduction de 20%, si la réduction de 20 % liée au seuil piézométrique n'a pas été appliquée au 1er avril ;
- ✓ Le Débit d'Alerte Renforcé (DAR) entraîne une réduction de 50% ;
- ✓ Si le Débit de Crise (DCR) est franchi, l'irrigation est interdite.



Figure 2 : Cartographie des secteurs de gestion et des points de suivis

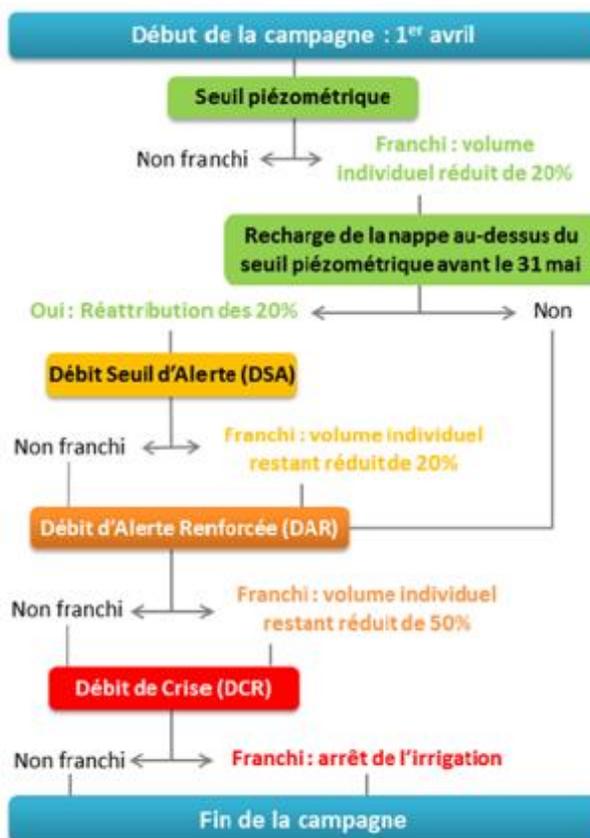


Figure 3 : Schéma de la gestion volumétrique sur le territoire Yèvre-Auron

Tableau 4 : Seuils piézométriques et débitmétriques encadrant le protocole de gestion

Sous-bassin	Piézomètre utilisé	Seuil 1 ^{er} avril (après maj 2017)	Station débitmétrique	DSA m ³ /s	DAR m ³ /s	DCR m ³ /s
Auron, Airain, Rampenne	Nappe à Plaimpied piézomètre : BSS001LRQW	154,91 mNGF	Auron à Bourges Station : K5653010	0,42	0,30	0,21
Yèvre amont	Moyenne de la nappe à Villequiers et Savigny-en-Septaine piézomètres : BSS001KJWM et BSS001KKFJ	168,85 mNGF	Yèvre à Savigny Station : K5552300	0,12	0,07	0,04
Colin-Ouatier-Langis	Nappe à Rians piézomètre : BSS001HVIV	177,31 mNGF	Ouatier à Moulin-sur-Yèvre Station : K5554580	0,18	0,12	0,06
Yèvre aval, Moulon, Brangeon	/	/	Yèvre à Saint Douillard Station : K5702320 Yèvre à Foecy Station : K5712310	1,71 1,95	1,43 1,63	1,2 1,3

Le protocole implique donc l'observation de différents volumes au cours de l'année :

- ✓ Le **volume prélevable**, fixé par sous-bassin dans les documents du SAGE ;
- ✓ Le **volume attribué par point de prélèvement à chaque irrigant en début d'année**, issu du Plan Annuel de Répartition présenté par AREA Berry et validé par arrêté préfectoral ;

- ✓ Le **volume autorisé final par point de prélèvement par irrigant**, qui correspond au volume attribué réduit des restrictions administratives éventuelles ;
- ✓ Le **volume consommé par point de prélèvement par irrigant**, issu des relevés de compteur fournis par chaque préleveur à AREA Berry.

En résumé, la gestion volumétrique des eaux d'irrigation agricoles repose donc sur 2 grands axes :

- Un volume prélevable défini par bassin (règle 1 du SAGE),
- Une modulation de ce volume en fonction de l'état de la ressource à l'instant t.

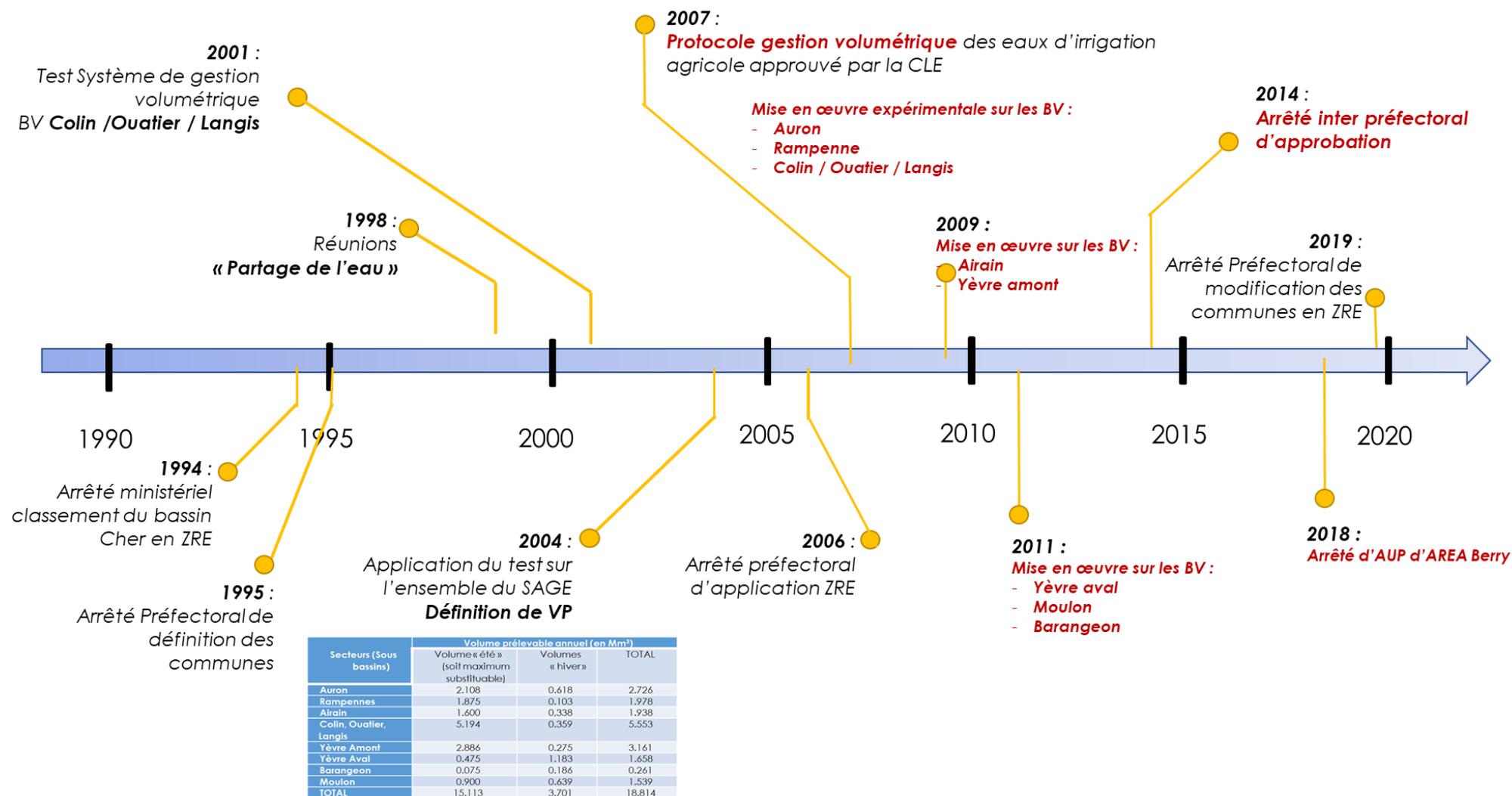


Figure 4 : Frise chronologique représentant la mise en place du protocole de gestion sur le territoire du SAGE

X

2.2 Entretiens des acteurs du territoire

Afin d'éclairer l'analyse des données, douze entretiens ont été menés dans le cadre de cette étude. Le tableau suivant présente les organismes et acteurs interrogés. Compte-tenu du contexte sanitaire, l'ensemble des entretiens a été réalisés à distance.

Tableau 5 : Présentation des différents entretiens réalisés

Organisme	Interlocuteur	Modalité	Date	Interviewer
Chambre d'Agriculture du Cher	A. JOURDAIN	Téléphone	06/01/2021	J. Richard
DREAL Centre Val de Loire	F. VERLEY	Visioconférence	07/01/2021	C Thierrion
SIAB3A	P. BONNIN	Téléphone	08/01/2021	C Thierrion
OFB	J. JARRY	Téléphone	07/01/2021	T. Bourgeois
Nature 18	L. JAMET	Téléphone	08/01/2021	C Thierrion
Fédération de pêche du Cher	G. BARACHET	Téléphone	12/01/2021	J. DAVID
ARS du Cher	C. RAILLARD D. LOPEZ	Téléphone	13/01/2021	J. DAVID
AREA Berry	B. PROFFIT	Visioconférence	14/01/2021	J. DAVID
UDSI du Cher	C. BORELLO	Téléphone	15/01/2021	J. DAVID
Agence de l'Eau Loire Bretagne	R. MARQUES M. HOAREAU	Visioconférence	20/01/2021	J. DAVID
SIVY	J. JOLIVET	Téléphone	04/02/2021	J. DAVID
DDT du Cher	F. VIDALIE S. GAUCHERON C. SCHAUER	Visioconférence	17/02/2021	J. DAVID

Les paragraphes suivants présentent les principaux enseignements issus de ces entretiens.

2.2.1 Perception du protocole de gestion volumétrique

Le protocole est ancien et bien connu des irrigants et autres acteurs locaux, mais pas forcément dans le détail (historique, réseau de suivi, ...). Il ne faut pas oublier l'objectif initial du protocole avec le

slogan « **du maïs et des truites** » : le but était d'éviter les assecs en aout, mais pas de faire office de volumes prélevables. Le protocole a été élaboré avec sérieux et dans la concertation à l'époque. Cette initiative a été jugée ambitieuse.

Le protocole a permis de faire prendre conscience aux irrigants du fonctionnement annuel de la nappe et de la nécessaire anticipation des prélèvements, **et il est bien accepté par la profession** car il est clair et ne met pas en péril la santé économique des exploitations.

Le protocole **n'est jugé efficace qu'en partie en ce qui concerne la limitation de l'impact sur les milieux** car les sécheresses sont de plus en plus intenses, et le DOE n'est pas respecté 8 années sur 10. Il n'y a pas d'évaluation quantifiée de l'efficacité actuelle du protocole. Localement, si les acteurs constatent une utilisation plus raisonnée de l'eau, les restrictions ne sont pas suffisantes pour garantir le bon état du cours d'eau, en particulier avec l'impact du changement climatique.

L'ensemble des acteurs interrogés estime ainsi que le protocole **ne répond pas aux enjeux du changement climatique**.

Le protocole est donc **jugé relativement peu ambitieux par les acteurs non agricoles**. L'attribution de dérogations de prélèvements pour certaines cultures en période de crise est notamment remise en question par certains acteurs. Il y a cependant le risque qu'un protocole plus ambitieux et contraignant pour les agriculteurs ne soit pas accepté et correctement appliqué.

Plusieurs limites pratiques du protocole sont relevées :

- ✓ Semences achetées en décembre donc il n'est plus possible d'adapter l'assolement en avril.
- ✓ Les irrigants ont tendance à maximiser les doses par sécurité lorsqu'il y a des signaux avant-coureurs, en anticipant l'arrêt.

Plusieurs effets du protocole sur les pratiques sont constatés :

- ✓ Réduction de la sole de maïs au profit de cultures irriguées de printemps. Ce point est néanmoins discuté par certains acteurs non agricoles.
- ✓ Evolution de l'équipement : plus de pivot, ce qui permet d'être plus fin au niveau des doses apportées.

La communication du protocole aux irrigants est jugée satisfaisante mais le manque de moyens humains dans les services de l'Etat est unanimement relevé. **L'inertie du déclenchement des restrictions**, qui interviennent souvent à 7/8 jours sous le seuil au lieu de 3 comme prévu, est relevé par plusieurs acteurs.

Les contrôles sont bien effectués pendant et en sortie de campagne d'irrigation. Il y a un questionnement sur la légitimité des contrôles en fin de campagne effectués par l'OUGC et non la DDT, mais globalement l'organisation des contrôles est bien perçue.

Il y a d'ailleurs selon l'ensemble des acteurs **peu de dépassements, les sanctions étant dissuasives**.

2.2.2 Robustesse du protocole

Le découpage en secteurs homogène **est jugé cohérent et assez fin en majorité**. Sont néanmoins discutés par plusieurs acteurs :

- Le rattachement de l'Airain à l'Auron,
- Le rattachement des cours d'eau Colin-Ouatier-Langis, qui présentent des dynamiques d'assèchement différentes.

Il est pour autant reconnu **qu'il serait difficile d'affiner le découpage** faute d'autres stations hydrométriques et piézomètres non influencés et disposant de longues chroniques.

La date butoir est globalement jugée pertinente, le 1^{er} avril correspond au début de la vidange de la nappe. Néanmoins, une date butoir après le 1^{er} avril pour confirmer la tendance pourrait être utile. **L'opportunité de permettre une réattribution des volumes est discutée par certains acteurs.**

Les stations hydrométriques et piézométriques sont jugées pertinentes, bien qu'un maillage plus fin pourrait être envisagé en particulier sur le Langis et le Colin. La fiabilité en étiage de la station de l'Yèvre amont est discutée, pour d'autres elle est trop réactive, de même que le piézomètre. Il n'y a cependant pas d'alternative et cela permet d'anticiper l'évolution générale du bassin.

Les valeurs seuils sont à réévaluer avec aujourd'hui plus de recul temporel, pour certains acteurs les seuils sont atteints trop rapidement et doivent être réestimés. La règle des 3 jours de dépassement du seuil est également discutée.

La disposition d'arrêt total des prélèvements en cas de dépassement du seuil de crise est ambitieuse et à conserver.

2.2.3 Evolution du protocole

Il est rappelé par certains acteurs que la profession agricole risque d'avoir du mal à accepter un durcissement du protocole, en raison des impacts économiques induits.

Plusieurs éléments d'évolution du protocole ont été proposés :

- ✓ Les ratios de réduction sont des valeurs de compromis fixées de manière un peu aléatoire. **La méthode développée en Beauce pourrait être plus intéressante, avec une plage de réduction des prélèvements plus importante et adaptative.** La valeur de 20% est en effet perçue comme étant peu significative par certains acteurs non agricoles, du moins en année sèche. Le pourcentage pourrait ainsi varier selon l'importance de la diminution de la cote ;
- ✓ Abaisser le ratio de réduction des prélèvements de 50% à 30% mais **en introduisant deux jours d'arrêts temporaire des prélèvements pour en réduire l'intensité.** Cela permettrait d'éviter le phénomène d'intensification des prélèvements à l'approche du franchissement du seuil de crise.
- ✓ Distinguer au travers le protocole l'impact imputable aux conditions climatique de l'année de celui des prélèvements ;
- ✓ Mieux anticiper le dépassement des seuils, avec l'introduction d'une réduction des prélèvements si le seuil est dépassé après le 1^{er} avril (**introduction d'une date de réévaluation intermédiaire**) ;

- ✓ Prendre en compte les **indicateurs ONDE** en complément dans l'arrêté, ou, plus ambitieux (mais non validé par la profession agricole), les intégrer comme indicateur dans le protocole, avec un rôle d'alerte ;
- ✓ Affiner les connaissances sur les **bassins de l'Airain et de l'Ouatier – Colin** ;
- ✓ Introduire la **télétransmission des relevés de compteurs**, et à minima remettre plus tôt les relevés de compteur pour faciliter l'élaboration du PAR ;
- ✓ Prendre en compte les **valeurs de DMB** si réexamen des valeurs seuil ;
- ✓ Mettre en place des **sondes capacitives** ;
- ✓ Ajouter un **indicateur relatif au stade de culture** afin de garantir l'irrigation pendant la période critique de floraison ;
- ✓ Plus que le protocole, ce sont les volumes prélevables qui devraient être révisés pour mieux prendre en compte l'impact du changement climatique et respecter le DOE ;
- ✓ **Améliorer la communication sur le protocole de la part de la DDT** : il faut plus de pédagogie, en particulier pour les communes situées sur deux bassins et envers le grand public qui ne comprend pas pourquoi les agriculteurs continuent d'irriguer alors que l'arrêté sécheresse est déclenché ;
- ✓ **Homogénéiser le protocole et de l'arrêté sécheresse** (secteurs différents, ...) ;
- ✓ Amplifier les contrôles en cas de doutes, par la police de l'eau. Il serait plus facile de contrôler des plages horaires (tours d'eau) que des volumes ;
- ✓ Point de vigilance : **conserver la dynamique de concertation autour du protocole.**

2.3 Synthèse des arrêtés de restriction

Le tableau suivant présente l'ensemble des arrêtés sécheresse pris sur le territoire du SAGE Yèvre-Auron entre 2009 et 2020. L'année 2010 est la seule année ne relevant aucun arrêté.

Tableau 6 : Tableau de synthèse de l'ensemble des arrêtés sécheresse pris sur le territoire.

Secteur		Type d'arrêté sécheresse	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Auron	reduc 20% piézo	3-avr.			12-avr.	11-avr.					21-avr.		12-avr.	
	alerte						6-sept.		29-août				27-juin	
	alerte renforcée			7-juil. 8-août	20-août						12-août	1-oct.	2-juil. 12-juil.	16-juil.
	crise			11-juil. 29-août	27-août 29-août								13-août 4-août	
Colin- Quatier-	reduc 20% piézo	3-avr.			12-avr.	11-avr.							12-avr.	
	alerte								29-août		24-juil.	1-oct.	12-juil.	16-juil.
	alerte renforcée	21-août		5-juil.	27-août						12-août			29-juil.
	crise			11-juil.	29-août					22-août			30-juil. 13-août	8-sept.
Yèvre amont	reduc 20% piézo	3-avr.			12-avr.	11-avr.		16-avr.	15-avr.				12-avr.	
	abrogation reduc 20% piezo								28-mai					
	alerte							17-avr.	29-août	3-oct.	24-juil.		18-juil.	9-juil.
	alerte renforcée	31-août		05-juil. 03-août	27-août						12-août	1-oct.		24-juil.
	crise			11-juil. 29-août	29-août						22-août	17-oct.	30-juil. 13-août	16-juil. 04-août
Yèvre aval	alerte			08-juil. 03-août	20-août						14-sept.		2-juil. 16-juil.	
	alerte renforcée			12-juil.	27-août							1-oct.	4-juil. 17-août	
	crise				29-août								18-juil. 13-août	4-août

3. Analyse évaluative du protocole de gestion

L'objectif de cette partie est d'analyser l'incidence de la mise en place du protocole de gestion volumétrique sur :

- ✓ La ressource en eau
- ✓ Les consommations en eau
- ✓ Les conditions agronomiques

Avant de calculer les indicateurs thématiques nécessaires à cette évaluation, il convient de « contextualiser » ces indicateurs notamment à travers l'étude :

- ✓ Des conditions climatiques et notamment pluviométriques,
- ✓ Des conditions hydrologiques,
- ✓ Des conditions hydrogéologiques.

Ensuite, pour chaque secteur de gestion, les indicateurs thématiques sont calculés pour évaluer l'incidence de la mise en place du protocole de gestion. :

- ✓ Indicateurs hydro climatiques (sévérité des étiages) ;
- ✓ Indicateurs liés à la fréquence de franchissement des seuils de gestion ;
- ✓ Indicateurs d'évolution des assolements avec un focus sur des cultures dites « repères »
- ✓ Indicateurs de consommation d'eau pour l'irrigation

3.1 Contexte hydro-climatique

Cette partie de l'analyse est une partie descriptive des conditions climatiques, hydrologiques et hydrogéologique du secteur d'étude.

La présentation du contexte hydro-climatique permettra dans un second temps de contextualiser et d'analyser les résultats et les impacts de la mise en œuvre du protocole de gestion volumétrique sur le territoire Yèvre-Auron.

3.1.1 Analyse climatique

3.1.1.1 Données disponibles

Neuf stations météorologiques sont implantées sur le territoire Yèvre -Auron. Le tableau suivant présente les caractéristiques de ces stations ainsi que les données disponibles pour la réalisation de la présente étude.

Tableau 7 : caractéristiques des stations météorologiques.

Code station	Nom station	Localisation (commune)	Altitude (m)	Chronique P
18003003	Les Aix d'Angillon	Les Aix d'Angillon	195	1991-2016
18033001	Bourges	Bourges	161	1970-2020
18087001	Dun	Dun	160	1970-2016(juillet)/2017-2020
18087003	Dun-sur-Auron	Dun-sur-Auron	167	-
18090001	Etrechy	Etrechy	194	-
18092001	Avord	Avord	175	1970-2020
18175001	Ourouer-les-B.	Ourouer-les-Bourdelins	253	1990-2016
18175003	Ourouer	Ourouer-les-Bourdelins	221	
18223003	St-Martin-D'A.	Saint-Martin-d'Auxigny	172	1970-2016

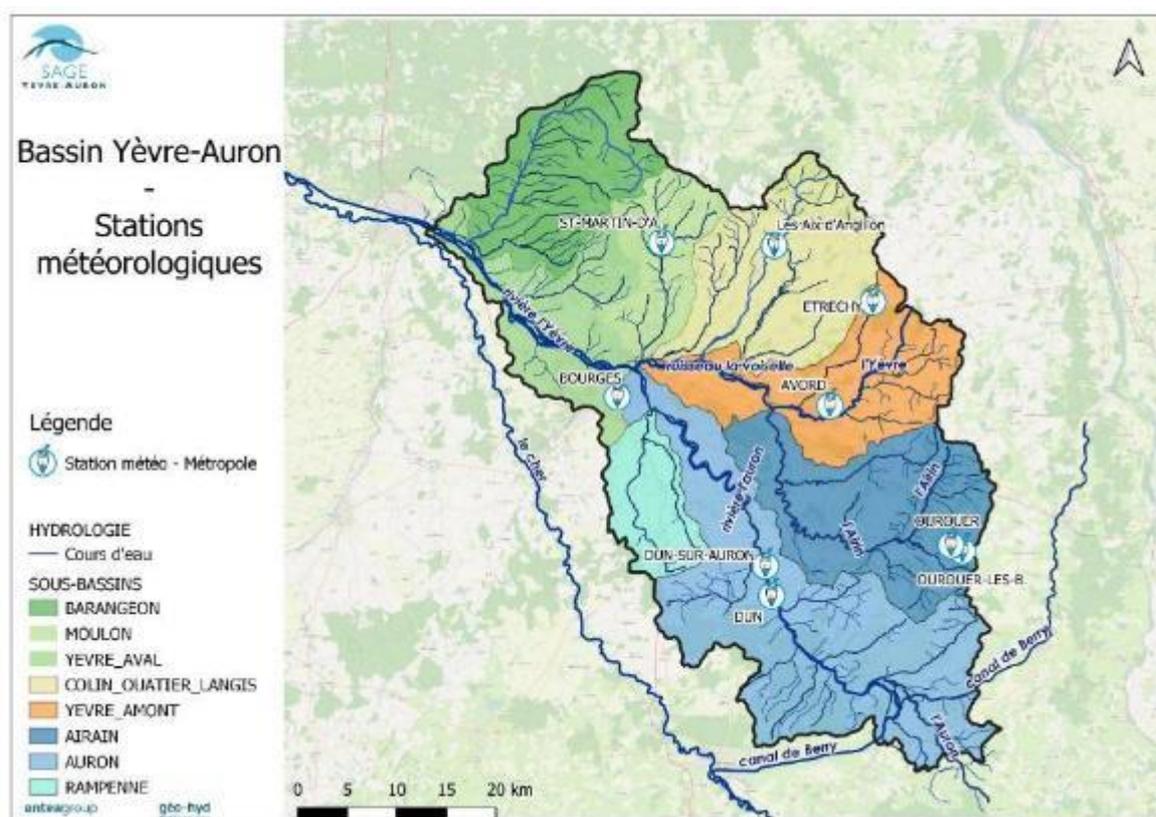


Figure 5 : Répartition des stations météorologiques sur le territoire d'étude

L'ensemble des données pour chacune des stations météorologiques n'étant pas disponible, une première phase de comparaison des conditions météorologiques sur les différents secteurs a été effectuée. Cette comparaison permet de faire ressortir une homogénéité globale des conditions météorologiques sur l'ensemble du territoire d'étude. Les deux figures suivantes présentent l'évolution des cumuls annuels et mensuels afin de faire ressortir cette homogénéité globale. Le choix de la prise en compte de la moyenne permet d'obtenir une chronique la plus complète possible sans biaiser l'analyse.

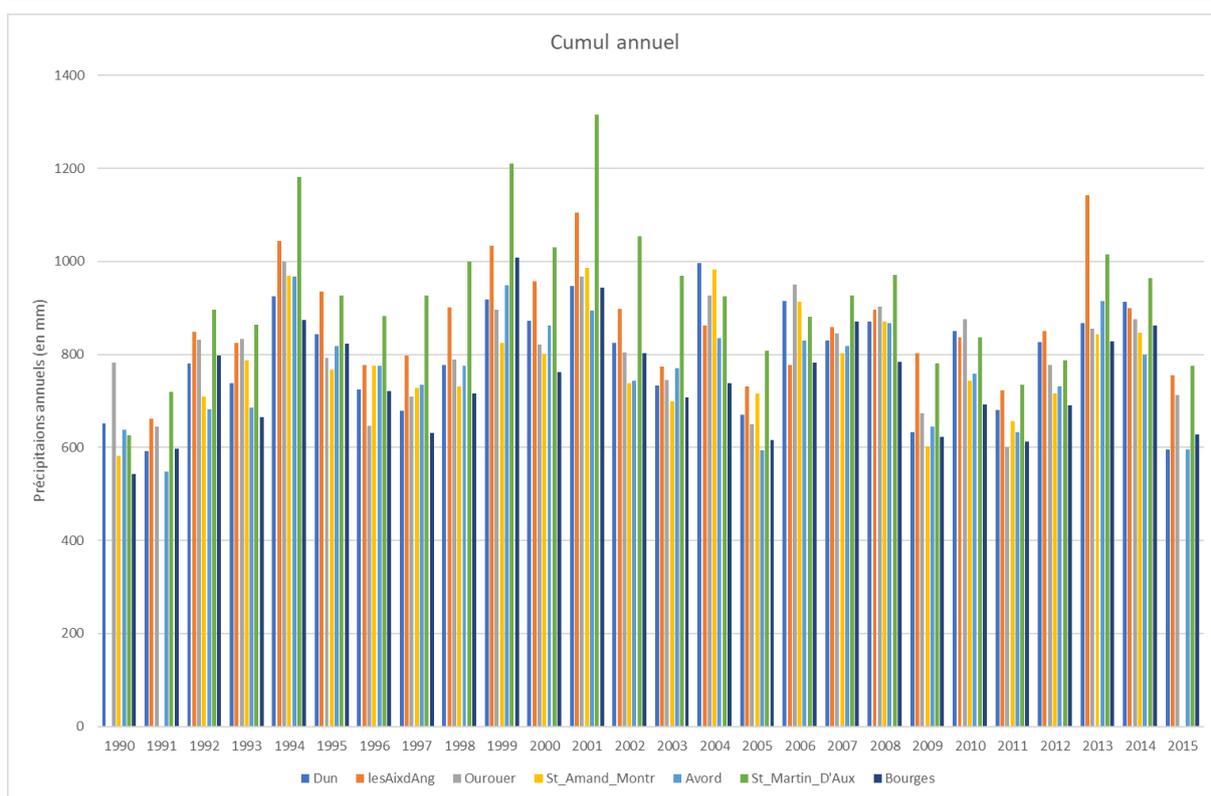


Figure 6 : Evolution des cumuls annuels de précipitations pour les différentes stations (entre 1990 et 2016 : période avec le maximum de données disponibles).

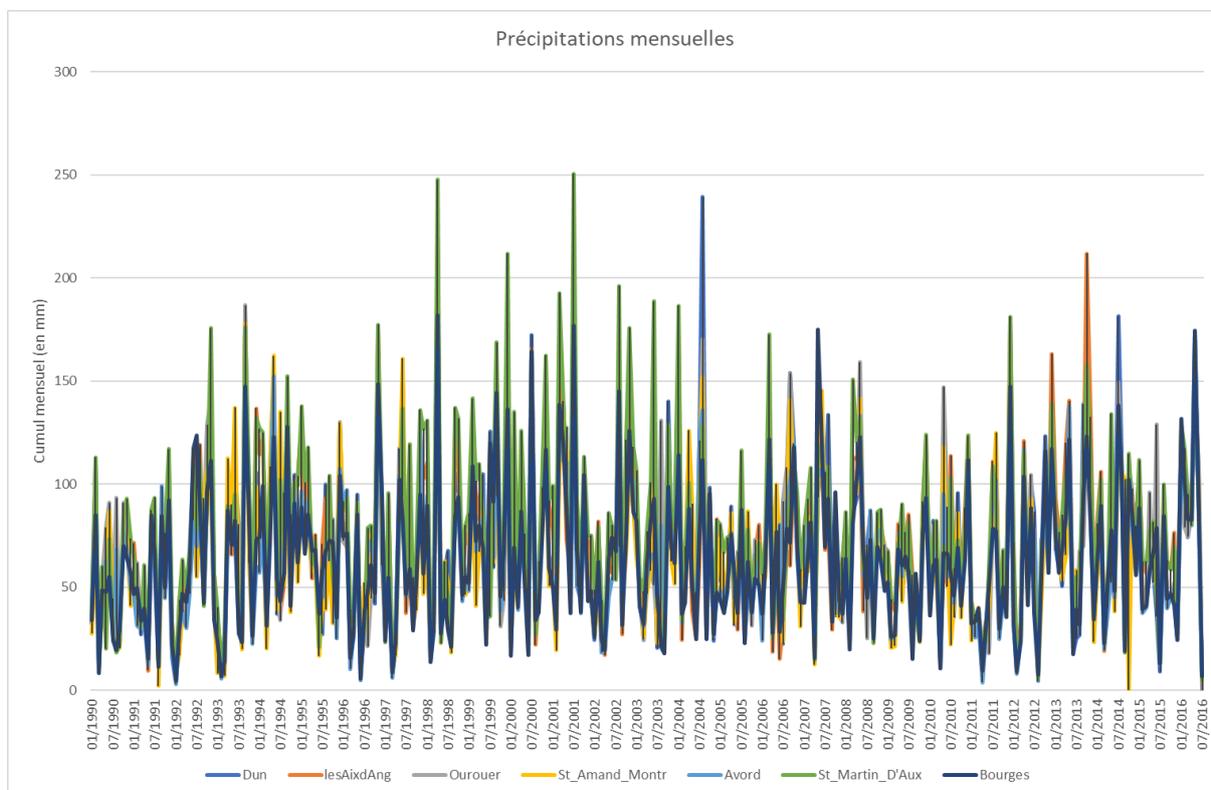


Figure 7 : Evolution des cumuls mensuels de précipitations pour les différentes stations (entre 1990 et 2016 : période avec le maximum de données disponibles).

Ainsi, les résultats présentés considèrent l'ensemble des données disponibles à travers une analyse de la moyenne de l'ensemble de ces données. Ce point permettant ainsi d'obtenir une chronique longue et complète pour le territoire dans son ensemble.

3.1.1.2 Analyse de la pluviométrie

L'analyse de la pluviométrie est effectuée selon deux axes principaux :

- ✓ Le cumul de précipitation (annuel et moyen mensuel),
- ✓ L'indice de précipitation normalisé (IPN ; annuel et saisonnier).

➤ Le cumul de précipitation

L'évolution du cumul de précipitation annuelle met en avant les années sèches et les années humides. La pluviométrie annuelle sur le territoire est de 744 mm de précipitation en moyenne par an (calculée sur la période 1970-2020).

Le graphique suivant rend compte de la variation du cumul de précipitation selon les années².

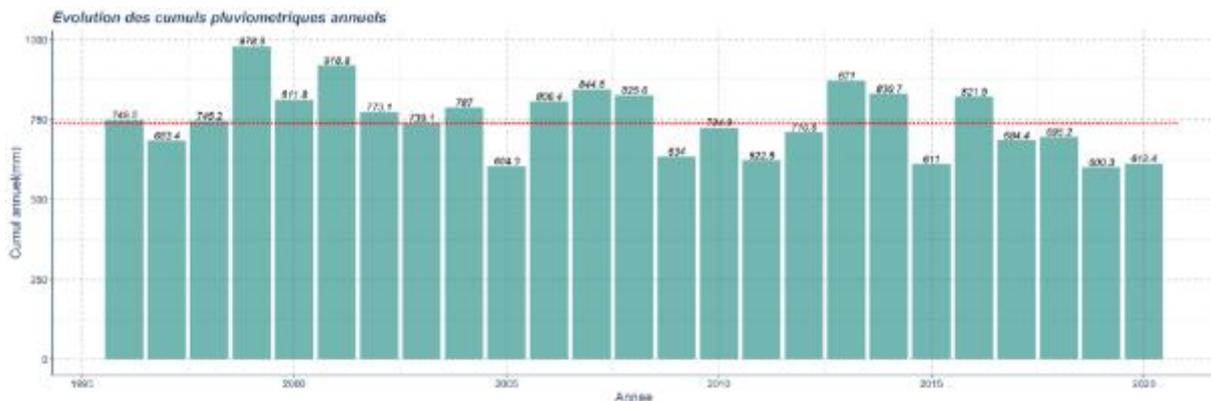


Figure 8 : Evolution des cumuls pluviométriques annuels (en rouge, la moyenne annuelle calculée sur la période 1970-2020).

Cette représentation des vingt-cinq dernières années met en évidence neuf années ayant une faible pluviométrie (inférieur à 700 mm/an) réparties sur l'ensemble de cette chronique récente. La majorité de ces années plus sèches (7 sur 9) sont des années récentes et donc postérieures à la mise en place du protocole de gestion volumétrique sur le territoire Yèvre-Auron.

² Afin de ne pas dégrader la lisibilité du graphique, il n'est présenté ici que les années de 1996 à 2020.

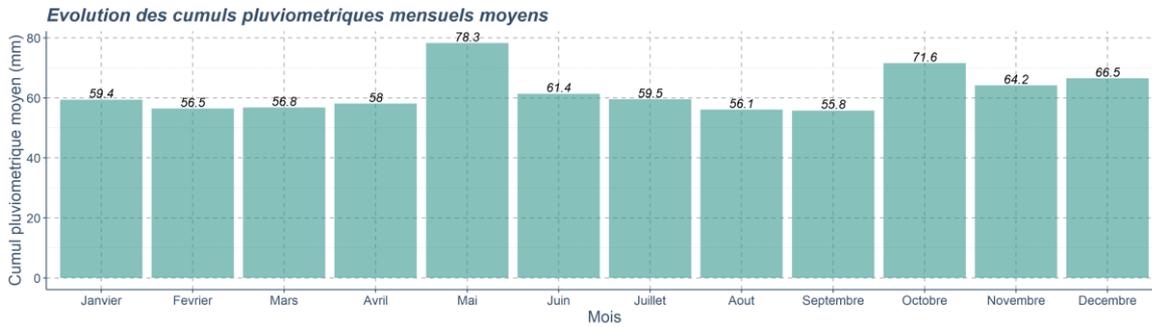


Figure 9 : Evolution des cumuls pluviométriques mensuels moyens.

L'analyse des cumuls moyens mensuels sur la période étudiée fait ressortir une homogénéité globale des cumuls moyens mensuels avec uniquement les mois de Mai et d'Octobre comme étant les plus arrosés et dans une moindre mesure : Novembre et Décembre.

Le territoire n'est donc pas caractérisé par une précipitation saisonnière très marquée.

➤ L'indice de précipitation normalisé

L'indice de précipitation normalisé ou IPN est un indice permettant de mesurer la sécheresse météorologique. Il s'agit d'un indice de probabilité qui repose seulement sur les précipitations. Les probabilités sont standardisées de sorte qu'un IPN de 0 indique une quantité de précipitation médiane (par rapport à une climatologie moyenne de référence, calculée sur minimum 30 ans). L'indice est négatif pour les sécheresses, et positif pour les conditions humides.

La moyenne de référence sur le territoire a été calculée à partir des données disponibles et donc sur une chronique de 50 ans.

Le tableau suivant présente les valeurs et significations de l'IPN.

Tableau 8 : Signification des différentes valeurs de l'IPN.

Valeur de l'IPN	Signification
IPN > 2.0	Extrêmement humide
1.5 < IPN < 2	Très humide
1 < IPN < 1.5	Modérément humide
-0.99 < IPN < +0.99 :	Précipitations proches de la normale
-2 < IPN < -1.5	Très sec
-1.5 < IPN < -1	Modérément sec
IPN < - 2.0	Extrêmement sec

Le graphique suivant rend compte de la variation de l'IPN selon les années³.

³ Afin de ne pas dégrader la lisibilité du graphique, il n'est présenté ici que les années de 1996 à 2020.



Figure 10 : Variation de la valeur de l'IPN.

Tout comme le cumul des précipitations, cette représentation des vingt-cinq dernières années met en évidence la répartition sur l'ensemble de cette chronique récente les années ayant une faible pluviométrie des années les moins arrosées.

Ainsi, les années les plus sèches (avec un IPN négatif) sont des années plutôt récentes.

Toutefois, il est important de noter que les valeurs de l'IPN sont relativement proches de 0 et donc que les précipitations de ces années sont proches de la normale.

Ainsi, afin de pouvoir différencier les années entre elles d'un point de vue de leur humidité ou sécheresse météorologique relative, l'analyse de l'IPN a également été effectuée à l'échelle mensuelle, comme le montre le graphique suivant. Cette analyse a pour but de discriminer les années selon la valeur de l'IPN saisonnière.

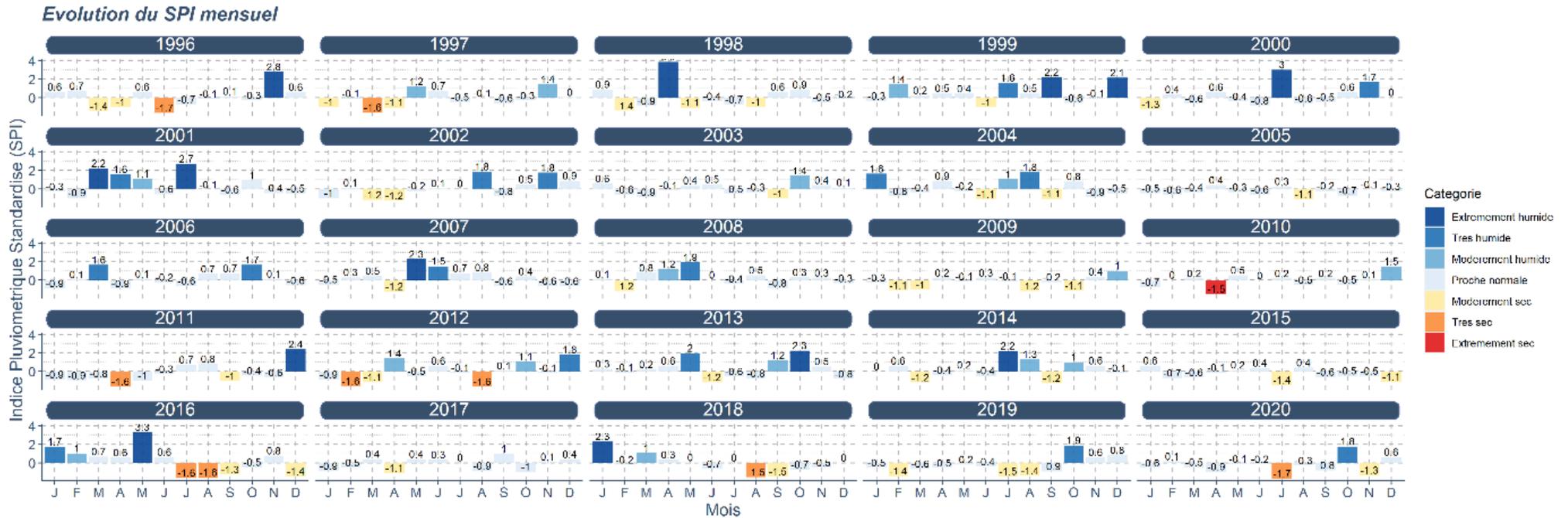


Figure 11 : Variation de la valeur de l'IPN calculé à l'échelle mensuelle.

La figure précédente présentant l'évolution de l'IPN à l'échelle mensuelle permet de mettre en avant l'hétérogénéité saisonnière des différentes années. Ainsi, neuf schémas différents se distinguent selon la pluviométrie. Le tableau suivant présente la répartition des années selon si le printemps et/ou l'été a été humide ou non.

Afin de réaliser cette discrétisation, un focus a été réalisé sur les mois de février, mars, avril pour le printemps afin de pouvoir rendre compte de la pluviométrie avant le 15 avril et donc l'importance des précipitations pour la recharge de la nappe. Pour l'été un focus est fait sur les mois de juin, juillet et août afin de rendre compte des précipitations durant la période estivale et donc de la nécessité d'irriguer en leur absence.

Tableau 9 : Répartition des différentes années selon les précipitations printemps/été (en gras sont présentées les années utilisées dans la suite de l'analyse : en violet : avant mise en œuvre de la gestion volumétrique, en orange : après mise en œuvre de la gestion volumétrique).

Printemps	Été	Années
Sec	Sec	1996, 1997, 2002⁴ , 2009, 2012, 2017, 2019, 2020
Sec	Moyen	2010, 2011
Sec	Humide	2000, 2007/2007⁵, 2014
Moyen	Sec	2015
Moyen	Moyen	2003, 2005
Moyen	Humide	1999, 2004
Humide	Sec	1998, 2006 , 2013, 2016, 2018
Humide	Moyen	2008
Humide	Humide	2001

3.1.2 Analyse hydrologique : Evolution des régimes hydrologiques vis-à-vis des seuils de gestion.

Contrairement aux conditions météorologiques semblables sur l'ensemble du territoire, les conditions hydrologiques sont fortement dépendantes du bassin cible. Ainsi les paragraphes suivants présentent l'analyse de l'hydrologie secteur par secteur.

3.1.2.1 Données disponibles

Dix stations hydrométriques sont implantées sur le territoire Yèvre -Auron. Le tableau suivant présente les caractéristiques de ces stations ainsi que les données disponibles pour la réalisation de la présente étude.

⁴ L'année 2002 est considéré comme ayant un été sec malgré les précipitations importantes en août. Au global, l'été pourrait être considéré comme moyen d'un point de vue de la pluviométrie mais cela gommerait la faible pluviométrie du début de l'été et donc le besoin d'irrigation.

⁵ L'année 2007 en fonction des secteurs est considéré comme avant où après mise en œuvre du protocole de gestion volumétrique.

Tableau 10 : caractéristiques des stations hydrologiques.

Secteur	Code station	Nom station	Chronique	Protocole de gestion
Auron / Airain / Rampenne	K565301001	L'Auron à Bourges [l'Ormediot]	1966 -	Oui
	K554301001	L'Airain à Crosses	1985 - 2004	Non
	K562301001	L'Auron à Pondy	1987 -	Non
Yèvre amont	K555230001	L'Yèvre à Savigny-en-Septaine	1996 -	Oui
Colin / Ouâtier / Langis	K555458001	L'Ouâtier à Moulins-sur-Yèvre [Maubranche]	2004 -	Oui
Yèvre aval	K571231001	L'Yèvre à Foëcy	2000 -	Oui
	K570232001	L'Yèvre à Saint-Doulchard [Moulin Batard déviation]	2008 -	Oui
	K573000101	Le Barangeon à Vouzeron	2016 -	Non
	K557410001	Le Moulon à Bourges [Asnières]	1993 -	Non
	K570230010	L'Yèvre à Bourges [Boulevard de l'Avenir]	1999 -	Non

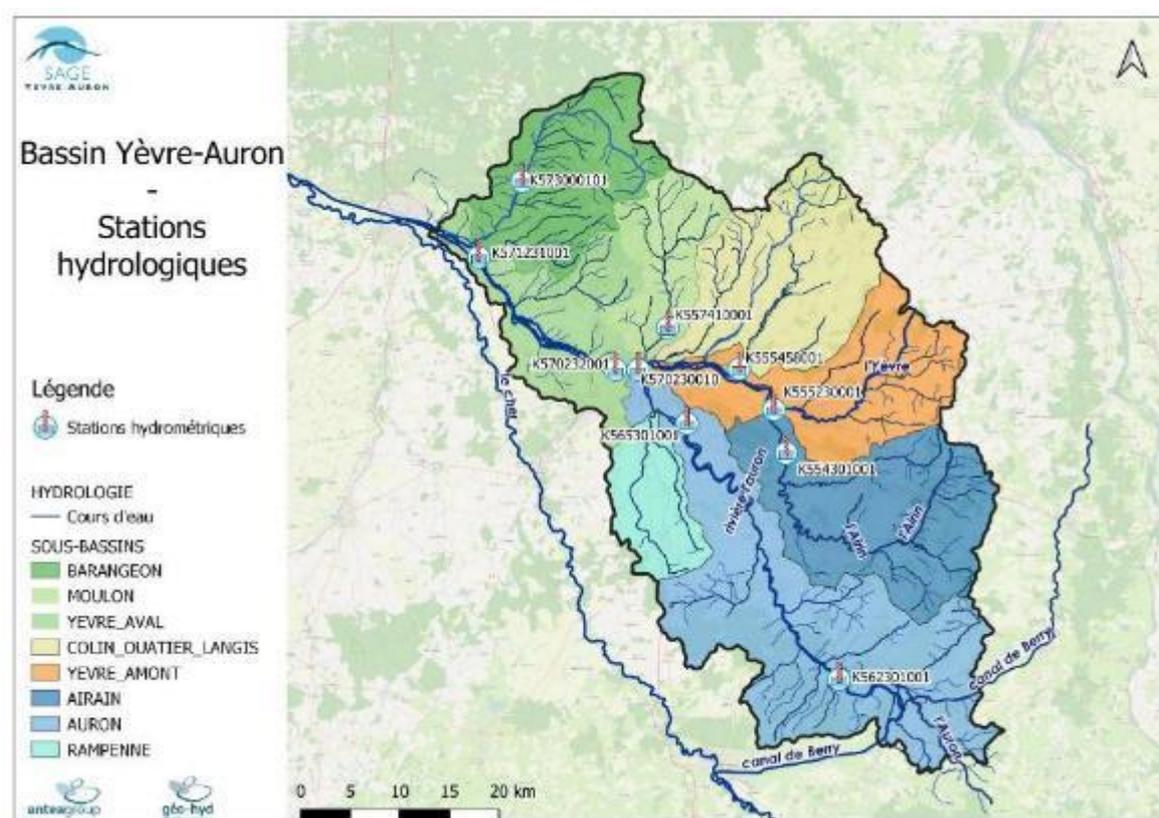


Figure 12 : Répartition des stations hydrologiques sur le territoire d'étude

Chaque secteur possède au minimum une station de référence utilisée dans le cadre du protocole de gestion volumétrique ; le secteur Yèvre aval en possédant deux.

L'objet de l'analyse de l'hydrologie dans le cadre de cette étude n'est pas une analyse complète de l'hydrologie du secteur Yèvre-Auron. Il s'agit ici de contextualiser dans un premier temps l'hydrologie du territoire puis d'analyser dans un second temps l'efficacité du protocole de gestion.

Par conséquent, seules les données des stations hydrologiques intervenant dans le cadre du protocole de gestion sont analysées.

3.1.2.2 Secteur Auron – Airain – Rampenne

Pour ce secteur, la station encadrant le protocole de gestion volumétrique est la station de L'Auron à Bourges [l'Ormediot]. Les données disponibles pour cette station couvrent la période 1966 – 2020.

➤ Evolution mensuel des débits

L'étiage sur l'Auron est centré sur le mois d'Août avec une valeur de débit mensuel de 0,82 m³/s en moyenne. A l'opposé le mois de plus hautes eaux est le mois de Février avec un débit moyen mensuel de 7,76 m³/s.

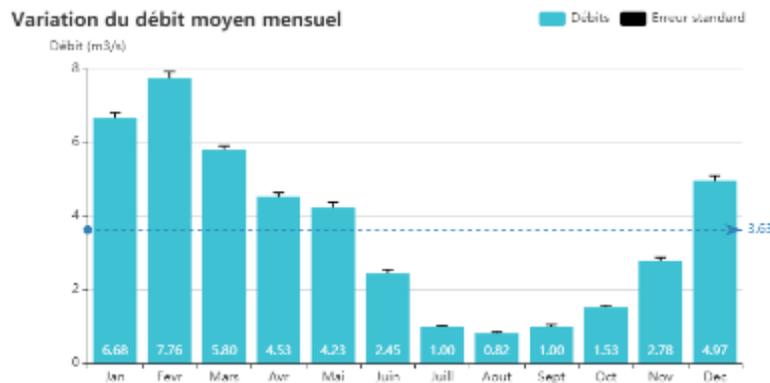


Figure 13 : Variation du débit moyen mensuel à la station de L'Auron à Bourges [l'Ormediot]

➤ Débits moyens minimums mensuels

Les débits moyens mensuels les plus bas de l'année (QMNA) oscillent entre 0,1 m³/s en août 1990 à 3,3 m³/s en août 1968 (6,35 m³/s en décembre 1966, mais l'année n'est pas complète). La moyenne et la médiane des QMNA sont relativement proches avec respectivement 0,59 m³/s et 0,42 m³/s pour un écart type de 0,57 m³/s. Le graphique ci-dessous met en évidence une variation du QMNA avec toutefois quelques valeurs extrêmes.

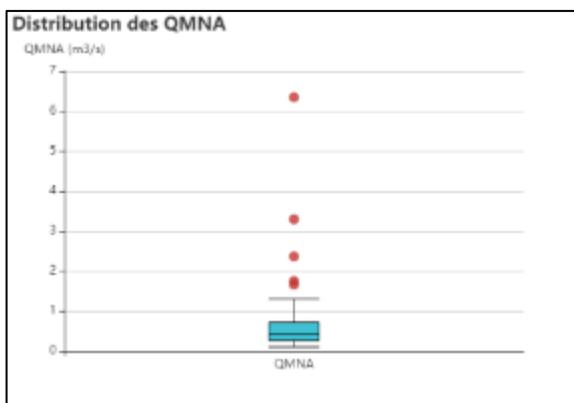


Figure 14 : Distribution des valeurs de QMNA à la station de L'Auron à Bourges [l'Ormediot]

Les débits minimums mensuels annuels sont majoritairement retrouvés en août et septembre.

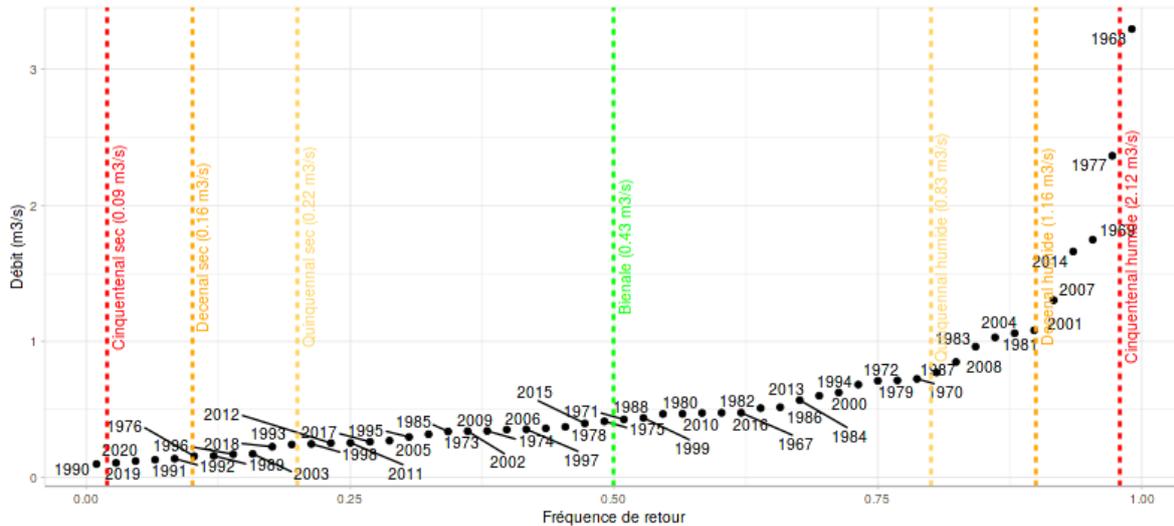
Tableau 11 : Caractérisation des QMNA à la station de L'Auron à Bourges [l'Ormediot]

Mois du QMNA	Nbr d'années	Années	Minimum (m³/s)	Maximum (m³/s)	Moyenne (m³/s)	Médiane (m³/s)	Ecart type (m³/s)
Mai	1 (2%)	2007	1,3 (2007)	1,3 (2007)	1,30	1,30	
Juillet	3 (5%)	1967, 2004, 2011	0,26 (2011)	1,06 (2004)	0,59	0,48	0,42
Août	24 (44%)	1968, 1969, 1974, 1975, 1982, 1984, 1986, 1990, 1992, 1993, 1994, 1995, 1996, 1997, 1998, 2002, 2003, 2005, 2006, 2010, 2012, 2015, 2017, 2020	0,1 (1990)	3,3 (1968)	0,51	0,34	0,68
Septembre	14 (25%)	1973, 1976, 1979, 1980, 1981, 1987, 1988, 1999, 2000, 2001, 2013, 2014, 2016, 2019	0,11 (2019)	1,66 (2014)	0,64	0,54	0,41
Octobre	10 (18%)	1971, 1972, 1977, 1978, 1985, 1989, 1991, 2008, 2009, 2018	0,13 (1991)	2,36 (1977)	0,59	0,36	0,67
Novembre	2 (4%)	1970, 1983	0,73 (1970)	0,96 (1983)	0,84	0,84	0,17
Décembre	1 (2%)	1966	6,35 (1966)	6,35 (1966)	6,35	6,35	

Les fréquences de retour des débits minimums mensuels ont pu être déterminées à partir des années comprenant un nombre suffisant de données. Le QMNA5 a ainsi été déterminé à 0,22 m³/s.

Ainsi, le Débit Seuil d'Alerte (DSA) et le Débit Seuil d'Alerte Renforcée (DAR) représente 191% et 136% du QMNA5. Le Débit de Crise (DCR) correspond à 91% du QMNA5.

Sur les 55 années qui ont servi à déterminer la loi de fréquence, seules 11 années présentent un QMNA inférieur ou égal au QMNA5.


Figure 15 : Fréquence de retour des QMNA à la station de L'Auron à Bourges [l'Ormediot]

Le schéma suivant présente l'évolution entre 2000 et 2020 des QMNA vis-à-vis des débits caractéristiques selon les différentes fréquences de retour. Les débits moyens minimum mensuels les plus bas correspondent aux années 2003, 2019 et 2020. A l'opposé, les années 2001, 2004, 2007 et 2014 sont les années avec les débits moyens minimum mensuels les plus élevés.

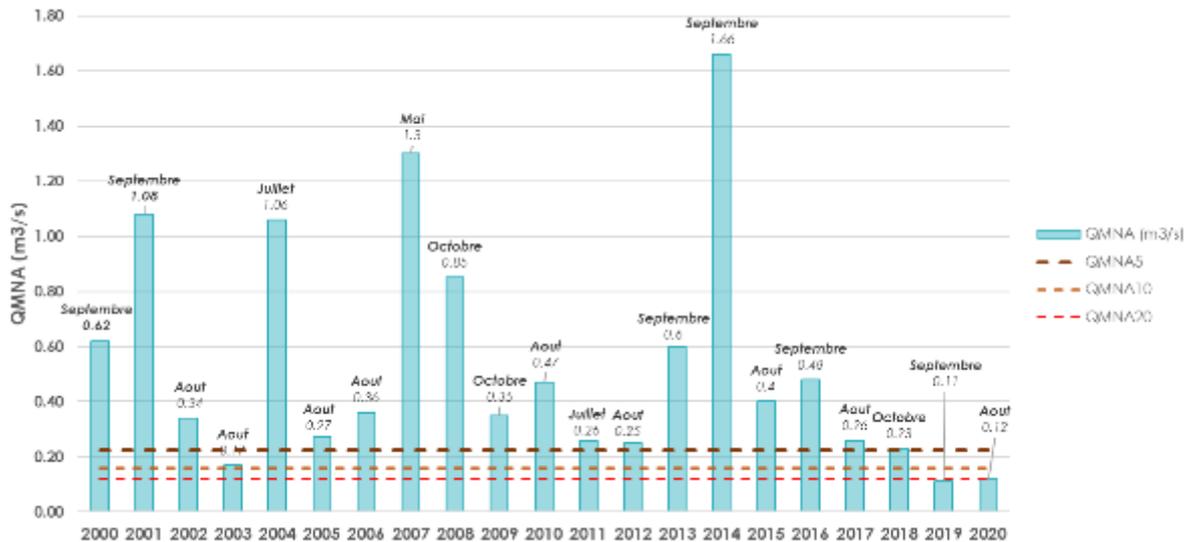


Figure 16 : Evolution entre 2000 et 2020 des QMNA vis-à-vis des débits caractéristiques de la station de L'Auron à Bourges [l'Ormediot].

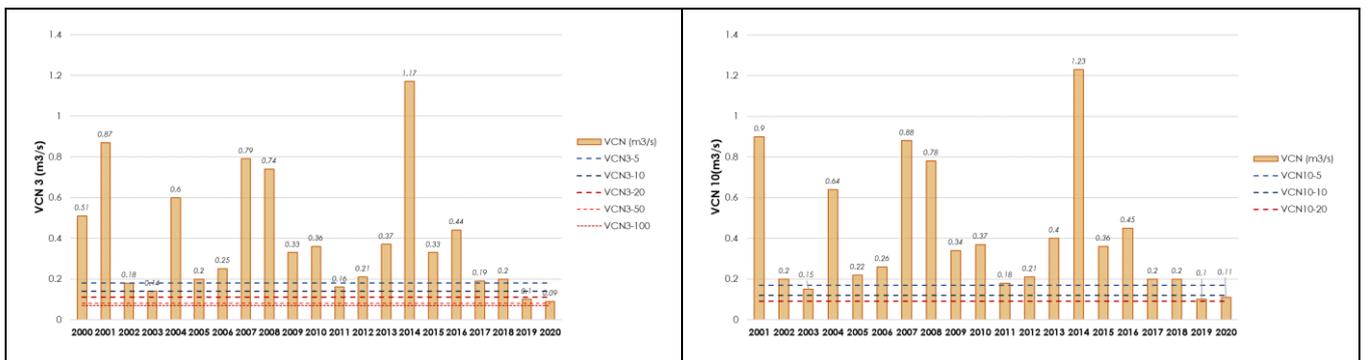
➤ Débits moyens minimums sur X jours (VCNx)

Les débits moyens minimum sur 3, 10 et 30 jours consécutifs ont été déterminés pour chacune des années de suivi. Leurs caractéristiques principales sont présentées dans le tableau suivant.

Le VCN10 quinquennal sec est de 0,171 m³/s (VCN10 minimum de 0,085 m³/s (1992) et maximum de 2,54 m³/s (1968)). Le VCN3 quinquennal sec est de 0,155 m³/s et le VCN30 quinquennal sec est de 0,198 m³/s.

Tableau 12 : Caractéristiques générales des débits moyens minimums sur 3, 10 et 30 jours à la station de L'Auron à Bourges [l'Ormediot]

Variables	VCN3	VCN10	VCN30
Minimum connu (m ³ /s)	0,073 (1992)	0,085 (1992)	0,094 (1992)
Quinquennale sec (m ³ /s)	0,155	0,171	0,198
Décennale sec (m ³ /s)	0,110	0,122	0,142
Vicennale sec (m ³ /s)	0,084	0,093	0,109
Cinquantennale sec (m ³ /s)	0,061	0,068	0,080



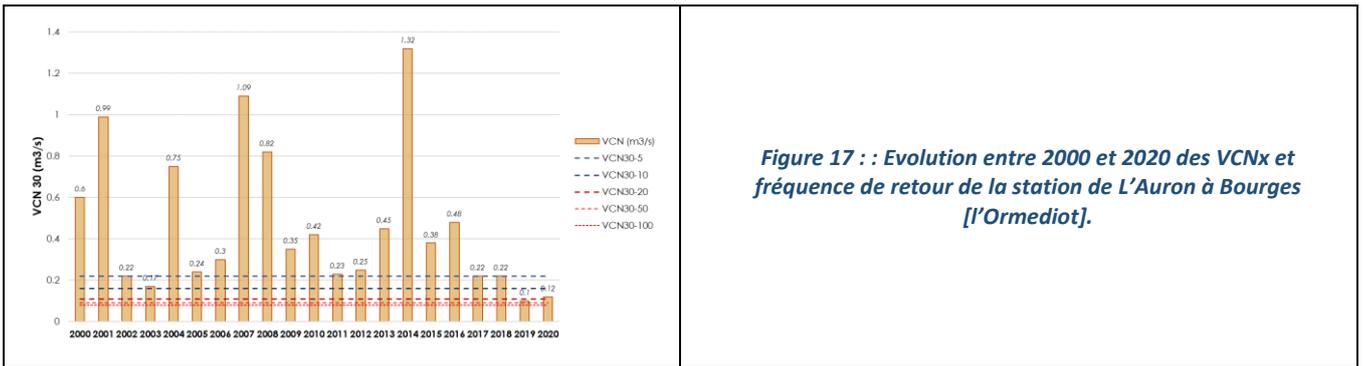


Figure 17 : Evolution entre 2000 et 2020 des VCNx et fréquence de retour de la station de L'Auron à Bourges [l'Ormediot].

Les graphiques précédents présentent l'évolution entre 2000 et 2020 des VCNx et les fréquences de retour. Les débits moyens minimum les plus bas correspondent aux années 2003, 2019 et 2020. A l'opposé, les années 2001, 2004, 2007 et 2014 sont les années avec les débits moyens minimum les plus élevés. Ces années correspondent à l'analyse faite sur les QMNA.

3.1.2.3 Secteur Yèvre amont

Pour ce secteur, la station encadrant le protocole de gestion volumétrique est la station de l'Yèvre à Savigny-en-Septaine. Les données disponibles pour cette station couvrent la période 1996 – 2020.

➤ Evolution mensuel des débits

L'étiage sur l'Yèvre à Savigny-en-Septaine est atteint sur le mois de Septembre avec une valeur de débit mensuel de 0,30 m³/s en moyenne. A l'opposé le mois de plus hautes eaux est le mois de Février avec un débit moyen mensuel de 7,59 m³/s.

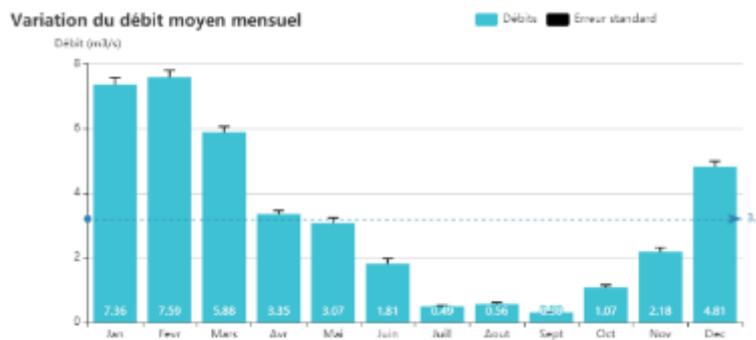


Figure 18 : Variation du débit moyen mensuel à la station de l'Yèvre à Savigny-en-Septaine

➤ Débits moyens minimums mensuels

Les débits moyens mensuels les plus bas de l'année (QMNA) oscillent entre 0 m³/s en novembre 2018 à 0,71 m³/s en mai 2007. La moyenne et la médiane des QMNA sont relativement proches avec respectivement 0,14 m³/s et 0,05 m³/s pour un écart type de 0,19 m³/s. Le graphique suivant met en évidence cette faible variation des qmna sur l'ensemble de la chronique.

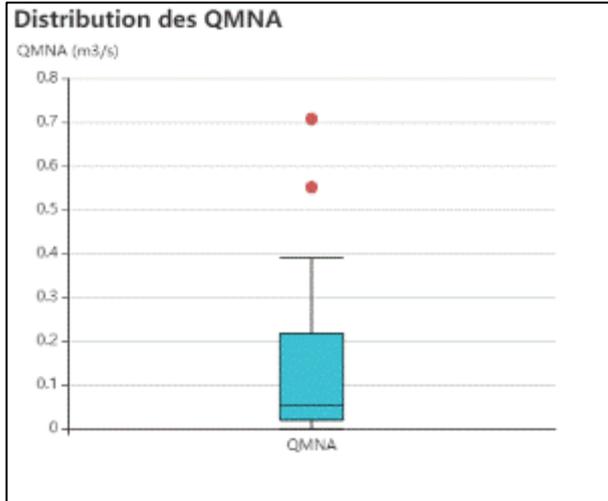


Figure 19 : Distribution des valeurs de QMNA à la station de l'Yèvre à Savigny-en-Septaine

Les débits minimums mensuels annuels sont majoritairement retrouvés en septembre.

Tableau 13 : Caractérisation des QMNA à la station de l'Yèvre à Savigny-en-Septaine

Mois du QMNA	Nbr d'années	Années	Minimum (m³/s)	Maximum (m³/s)	Moyenne (m³/s)	Médiane (m³/s)	Ecart type (m³/s)
Mai	1 (4%)	2007	0.71 (2007)	0.71 (2007)	0.71	0.71	
Juillet	2 (8%)	2004, 2014	0.31 (2014)	0.55 (2004)	0.43	0.43	0.17
Août	5 (20%)	1996, 2002, 2006, 2019, 2020	0 (1996)	0.06 (2002)	0.03	0.02	0.02
Septembre	11 (44%)	1999, 2000, 2001, 2003, 2005, 2010, 2011, 2012, 2013, 2015, 2017	0.01 (2005)	0.39 (2001)	0.12	0.06	0.14
Octobre	5 (20%)	1997, 1998, 2008, 2009, 2016	0.01 (2009)	0.32 (2008)	0.1	0.04	0.13
Novembre	1 (4%)	2018	0 (2018)	0 (2018)	0	0	

Les fréquences de retour des débits minimums mensuels ont pu être déterminées à partir des années comprenant un nombre suffisant de données. Le QMNA5 a ainsi été déterminé à 0,02 m³/s.

Ainsi, le Débit Seuil d'Alerte (DSA) et le Débit Seuil d'Alerte Renforcée (DAR) représente 600% et 350% du QMNA5. Le Débit de Crise (DCR) correspond à 200% du QMNA5.

Sur les 25 années qui ont servi à déterminer la loi de fréquence, seules 4 années présentent un QMNA inférieur ou égal au QMNA5.

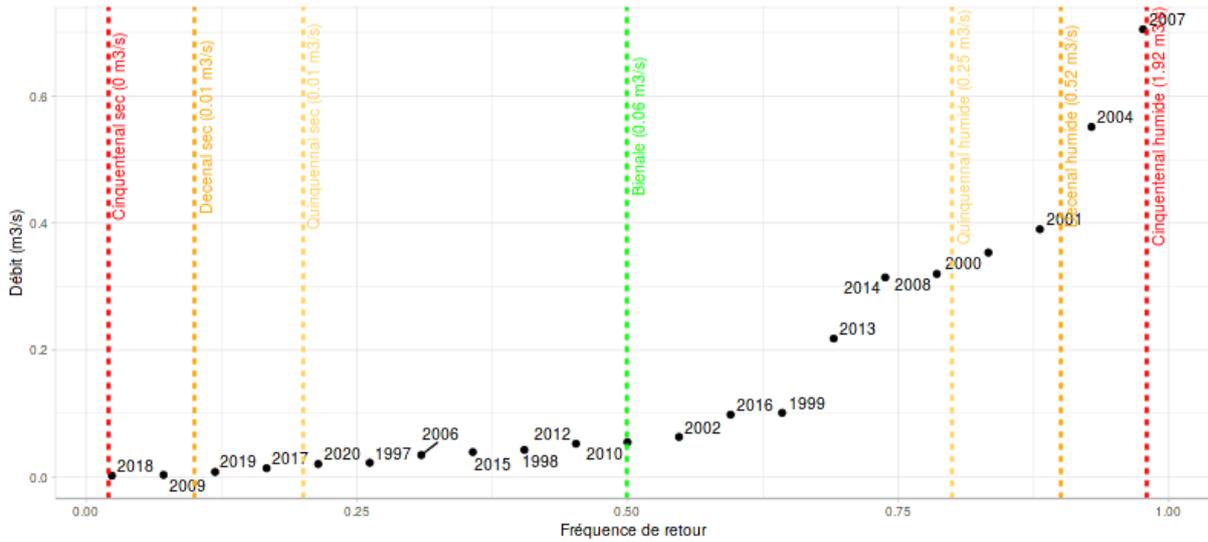


Figure 20 : Fréquence de retour des QMNA à la station de l'Yèvre à Savigny-en-Septaine

Le schéma suivant présente l'évolution entre 2000 et 2020 des QMNA vis-à-vis des débits caractéristiques selon les différentes fréquences de retour. Les débits moyens minimum mensuels les plus bas correspondent aux années 2005, 2009 et 2018, avec une rupture d'écoulement en 2018. A l'opposé, les années 2001, 2004 et 2007 sont les années avec les débits moyens minimum mensuels les plus élevés.

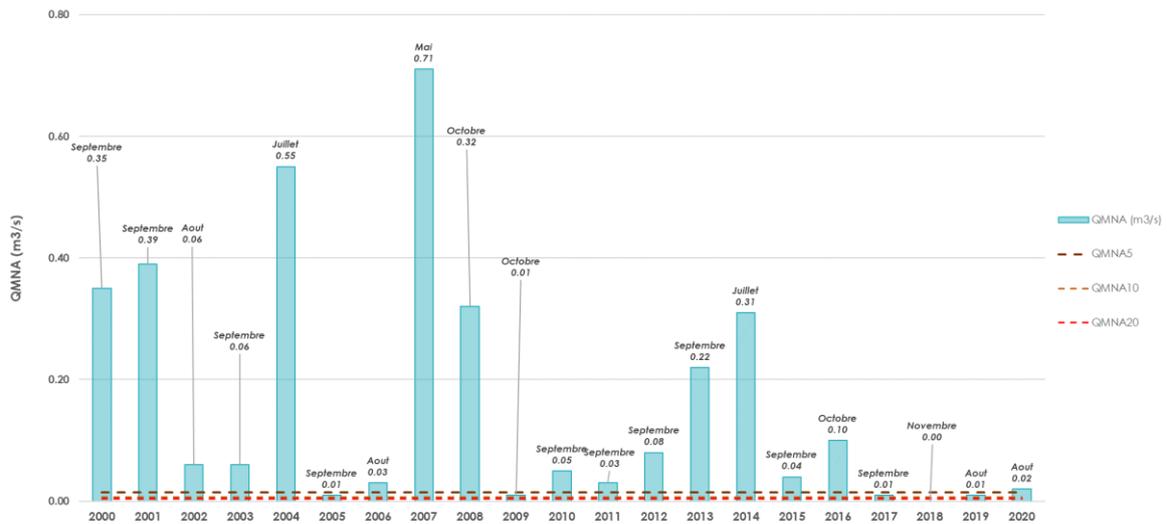


Figure 21 : Evolution entre 2000 et 2020 des QMNA vis-à-vis des débits caractéristiques de la station de l'Yèvre à Savigny-en-Septaine.

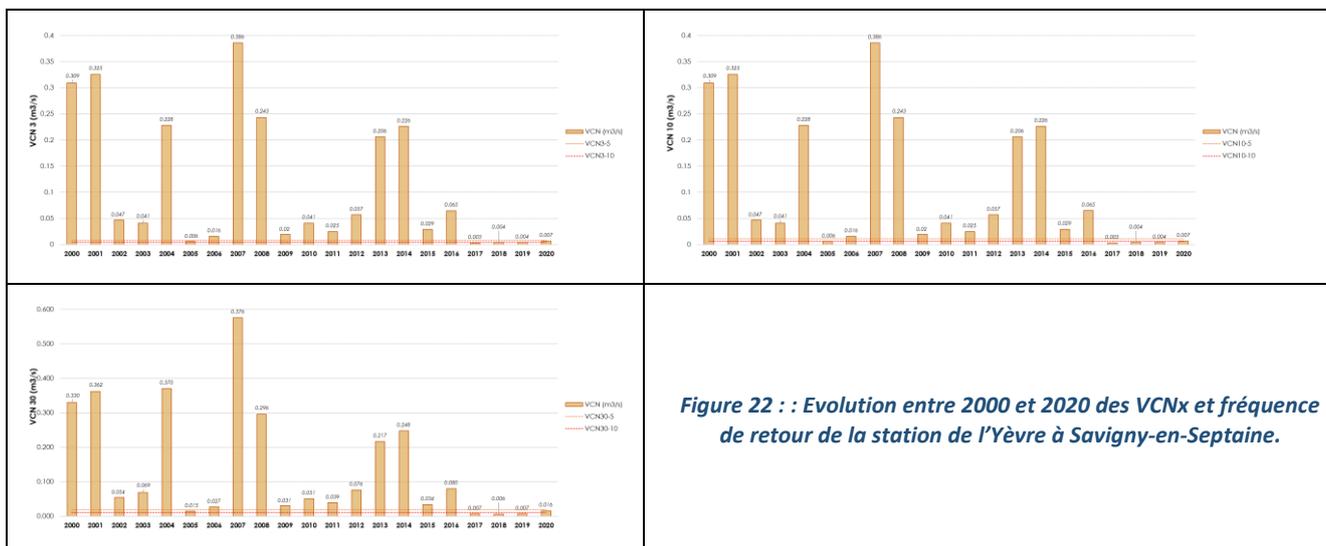
➤ Débits moyens minimums sur X jours (VCNx)

Les débits moyens minimum sur 3, 10 et 30 jours consécutifs ont été déterminés pour chacune des années de suivi. Leurs caractéristiques principales sont présentées dans le tableau suivant.

Le VCN10 quinquennal sec est de 0,011 m³/s (VCN10 minimum de 0,0028 m³/s (2017) et maximum de 0,386 m³/s (2007)). Le VCN3 quinquennal sec est de 0,008 m³/s et le VCN30 quinquennal sec est de 0,02 m³/s.

Tableau 14 : Caractéristiques générales des débits moyens minimums sur 3, 10 et 30 jours à la station de l'Yèvre à Savigny-en-Septaine

Variables	VCN3	VCN10	VCN30
Minimum connu (m ³ /s)	0,002 (2005)	0,003 (2017)	0,006 (2018)
Quinquennale sec (m ³ /s)	0,008	0,011	0,02
Décennale sec (m ³ /s)	0,004	0,006	0,011
Vicennale sec (m ³ /s)	0,002	0,003	0,007



Les graphiques précédents présentent l'évolution entre 2000 et 2020 des VCNx et les fréquences de retour. Les débits moyens minimum les plus bas correspondent aux années 2005 et 2017 à 2020. A l'opposé, les années 2000, 2001, 2004 et 2007 sont les années avec les débits moyens minimum les plus élevés. Ces années correspondent à l'analyse faite sur les QMNA.

3.1.2.4 Secteur Colin – Ouatier – Langis

Pour ce secteur, la station encadrant le protocole de gestion volumétrique est la station de l'Ouatier à Moulins-sur-Yèvre [Maubranche]. Les données disponibles pour cette station couvrent la période 2004 – 2020.

➤ Evolution mensuel des débits

L'étiage sur l'Ouatier à Moulins-sur-Yèvre [Maubranche] est centré sur le mois de septembre avec une valeur de débit mensuel de 0,15 m³/s en moyenne. A l'opposé le mois de plus hautes eaux est le mois de mars avec un débit moyen mensuel de 1,84 m³/s.

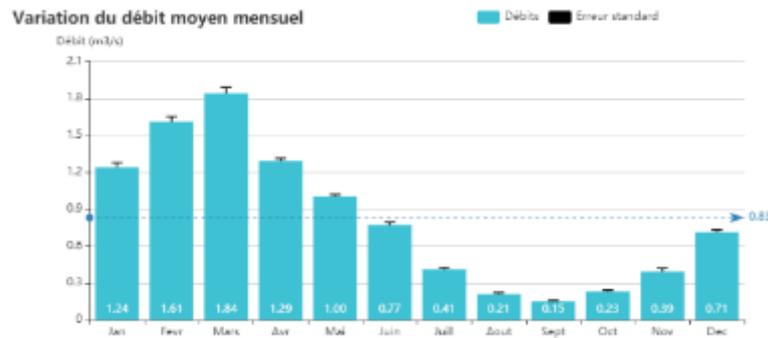


Figure 23 : Variation du débit moyen mensuel à la station de l'Ouatier à Moulins-sur-Yèvre [Maubranche]

➤ Débits moyens minimums mensuels

Les débits moyens mensuels les plus bas de l'année (QMNA) oscillent entre 0,01 m³/s en septembre 2019 à 0,59 m³/s en juillet 2007. La moyenne et la médiane des QMNA sont relativement proches avec respectivement 0,168 m³/s et 0,11 m³/s pour un écart type de 0,149 m³/s. Le graphique suivant met en évidence cette faible variation des qmna sur l'ensemble de la chronique

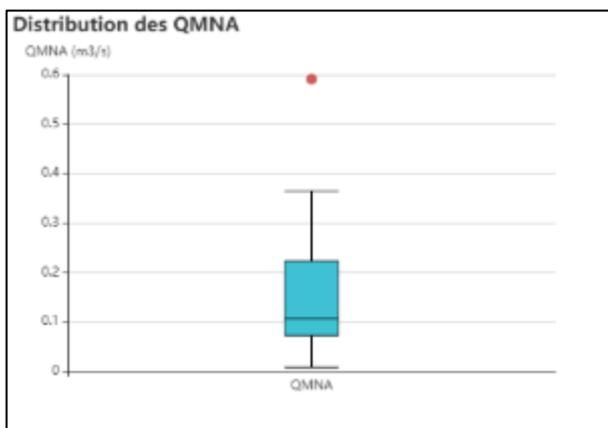


Figure 24 : Distribution des valeurs de QMNA à la station de l'Ouatier à Moulins-sur-Yèvre [Maubranche]

Les débits minimums mensuels annuels sont majoritairement retrouvés en septembre.

Tableau 15 : Caractérisation des QMNA à la station de l'Ouatier à Moulins-sur-Yèvre [Maubranche]

Mois du QMNA	Nbr d'années	Années	Minimum (m³/s)	Maximum (m³/s)	Moyenne (m³/s)	Médiane (m³/s)	Ecart type (m³/s)
Juillet	1 (6%)	2007	0.59 (2007)	0.59 (2007)	0.591056	0.591056	
Septembre	10 (59%)	2004, 2005, 2006, 2010, 2012, 2013, 2014, 2017, 2019, 2020	0.01 (2019)	0.36 (2013)	0.124597	0.095012	0.106919
Octobre	5 (29%)	2008, 2009, 2011, 2015, 2016	0.06 (2011)	0.33 (2016)	0.18597	0.222935	0.116433
Novembre	1 (6%)	2018	0.11 (2018)	0.11 (2018)	0.10651	0.10651	

Les fréquences de retour des débits minimums mensuels ont pu être déterminées à partir des années comprenant un nombre suffisant de données. Le QMNA5 a ainsi été déterminé à 0,04 m³/s.

Ainsi, le Débit Seuil d'Alerte (DSA) et le Débit Seuil d'Alerte Renforcée (DAR) représente 450% et 300% du QMNA5. Le Débit de Crise (DCR) correspond à 150% du QMNA5.

Sur les 17 années qui ont servi à déterminer la loi de fréquence, seules 3 années présentent un QMNA inférieur ou égal au QMNA5.

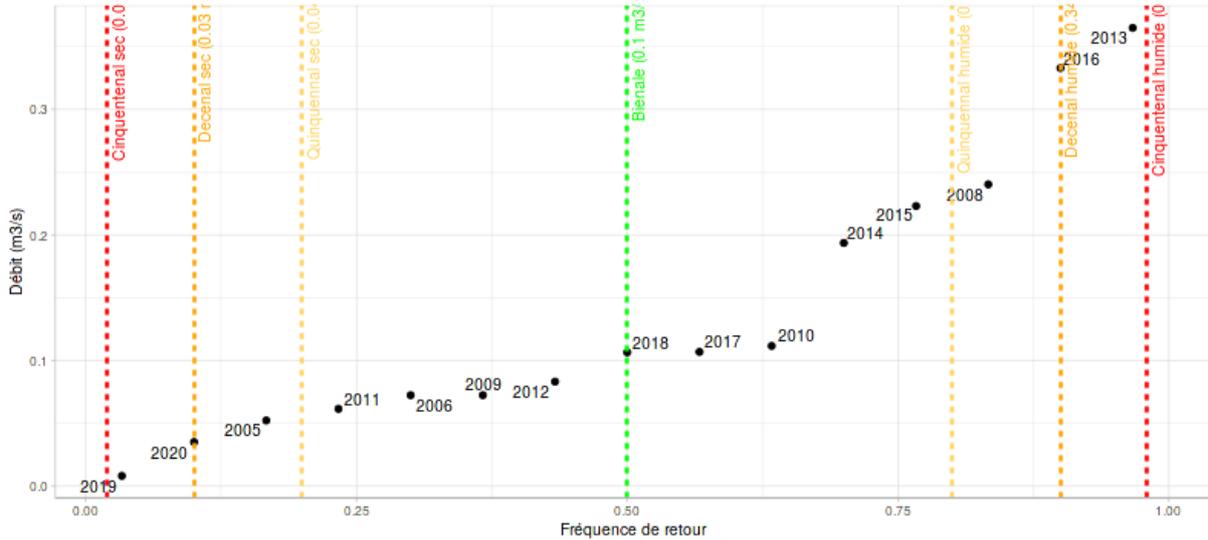


Figure 25 : Fréquence de retour des QMNA à la station de l'Ouatier à Moulins-sur-Yèvre [Maubranche]

Le schéma suivant présente l'évolution entre 2004 et 2020 des QMNA vis-à-vis des débits caractéristiques selon les différentes fréquences de retour. Les débits moyens minimum mensuels les plus bas correspondent aux années 2005, 2019 et 2020. A l'opposé, les années 2007, 2008, 2013 et 2016 sont les années avec les débits moyens minimum mensuels les plus élevés.

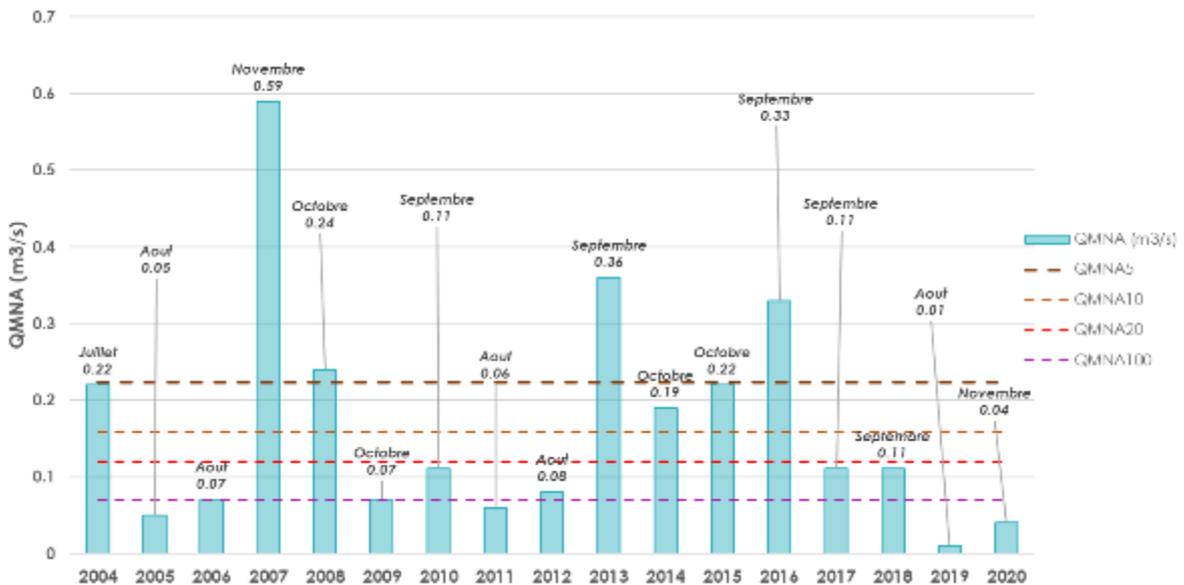


Figure 26 : Evolution entre 2004 et 2020 des QMNA vis-à-vis des débits caractéristiques de la station de l'Ouatier à Moulins-sur-Yèvre [Maubranche].

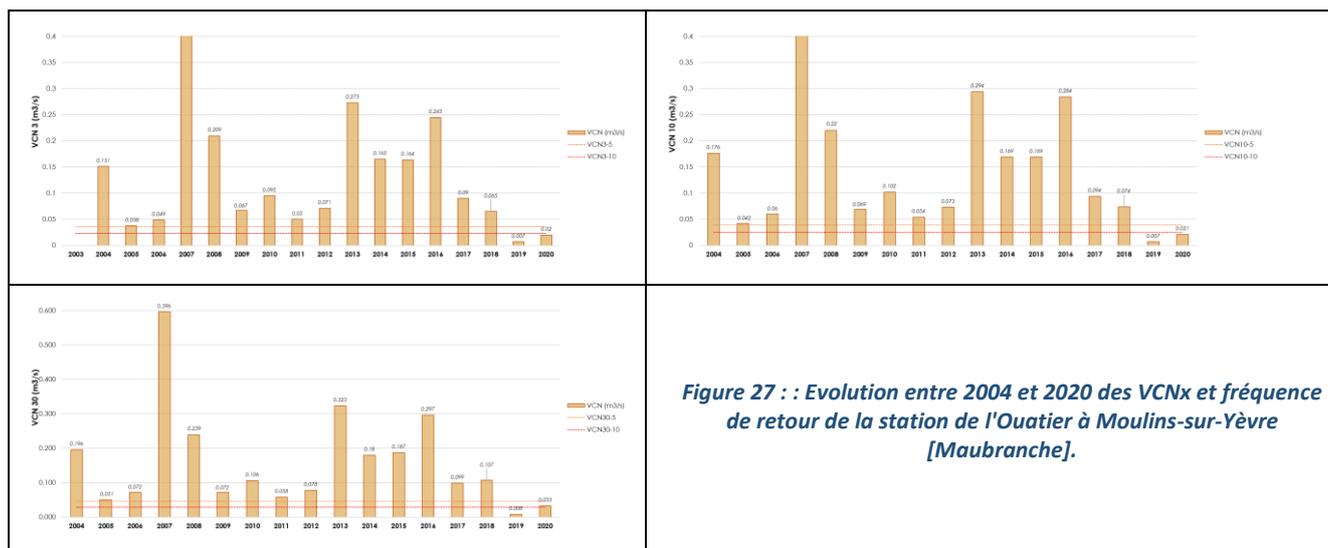
➤ Débits moyens minimums sur X jours (VCNx)

Les débits moyens minimum sur 3, 10 et 30 jours consécutifs ont été déterminés pour chacune des années de suivi. Leurs caractéristiques principales sont présentées dans le tableau en page suivante.

Le VCN10 quinquennal sec est de 0,039 m³/s (VCN10 minimum de 0,007 m³/s (2019) et maximum de 0,529 m³/s (2007)). Le VCN3 quinquennal sec est de 0,036 m³/s et le VCN30 quinquennal sec est de 0,046 m³/s.

Tableau 16 : Caractéristiques générales des débits moyens minimums sur 3, 10 et 30 jours à la station de l'Ouatier à Moulins-sur-Yèvre [Maubranche]

Variables	VCN3	VCN10	VCN30
Minimum connu (m ³ /s)	0,007 (2019)	0,007 (2019)	0,008 (2019)
Quinquennale sec (m ³ /s)	0,036	0,039	0,046
Décennale sec (m ³ /s)	0,023	0,025	0,029
Vicennale sec (m ³ /s)	0,015	0,017	0,02
Cinquantennale sec (m ³ /s)	0,01	0,011	0,013



Les graphiques précédents présentent l'évolution entre 2004 et 2020 des VCNx et les fréquences de retour. Les débits moyens minimum les plus bas correspondent aux années 2005, 2019 et 2020. A l'opposé, les années 2007, 2008, 2013 et 2016 sont les années avec les débits moyens minimum les plus élevés. Ces années correspondent à l'analyse faite sur les QMNA.

3.1.2.5 Secteur Yèvre aval

Pour ce secteur, deux stations encadrent le protocole de gestion volumétrique :

- ✓ la station de l'Yèvre à Foëcy ; avec des données couvrant la période 2001 puis 2010 – 2020 ;
- ✓ la station de l'Yèvre à Saint-Doulchard [Moulin Batard déviation]; avec des données couvrant la période 2008 – 2020.

Yèvre à Foëcy

Evolution mensuel des débits

L'étiage sur l'Yèvre est centré sur le mois de septembre avec une valeur de débit mensuel de 2,63 m³/s en moyenne. A l'opposé le mois de plus hautes eaux est le mois de Février avec un débit moyen mensuel de 28,86 m³/s.

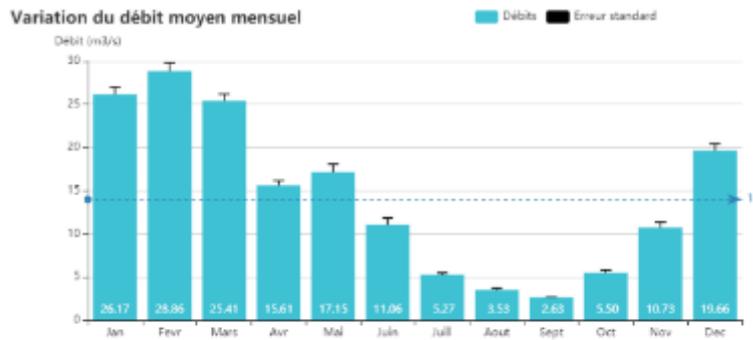


Figure 28 : Variation du débit moyen mensuel à la station de l'Yèvre à Foëcy

Débits moyens minimums mensuels

Les débits moyens mensuels les plus bas de l'année (QMNA) oscillent entre 1 m³/s en septembre 2019 à 4,46 m³/s en Juin 2014, pour l'Yèvre à Foëcy. La moyenne et la médiane des QMNA sont relativement proches avec respectivement 2,21 m³/s et 1,99 m³/s pour un écart type de 1,09 m³/s. Le graphique suivant met en évidence cette faible variation des qmna sur l'ensemble de la chronique

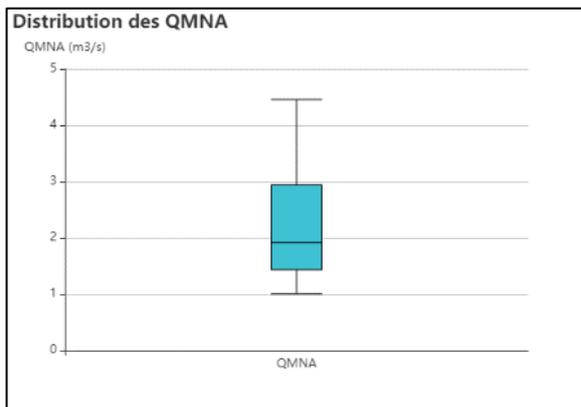


Figure 29 : Distribution des valeurs de QMNA à la station de l'Yèvre à Foëcy

Les débits minimums mensuels annuels sont majoritairement retrouvés en septembre.

Tableau 17 : Caractérisation des QMNA à la station de l'Yèvre à Foëcy

Mois du QMNA	Nbr d'années	Années	Minimum (m³/s)	Maximum (m³/s)	Moyenne (m³/s)	Médiane (m³/s)	Ecart type (m³/s)
Juin	1 (8%)	2014	4,46 (2014)	4,46 (2014)	4,46	4,46	
Août	4 (33%)	2010, 2013, 2015, 2017	1,84 (2010)	3,13 (2013)	2,27	2,05	0,59
Septembre	6 (50%)	2000, 2012, 2016, 2018, 2019, 2020	1 (2019)	3,34 (2000)	1,86	1,52	0,97
Octobre	1 (8%)	2011	1,51 (2011)	1,51 (2011)	1,51	1,51	

Les fréquences de retour des débits minimums mensuels ont pu être déterminées à partir des années comprenant un nombre suffisant de données. Le QMNA5 a ainsi été déterminé à 1,01 m³/s.

Ainsi, le Débit Seuil d'Alerte (DSA) et le Débit Seuil d'Alerte Renforcée (DAR) représente 193% et 161% du QMNA5. Le Débit de Crise (DCR) correspond à 129% du QMNA5.

Sur les 10 années qui ont servi à déterminer la loi de fréquence, seules 2 années présentent un QMNA inférieur ou égal au QMNA5.

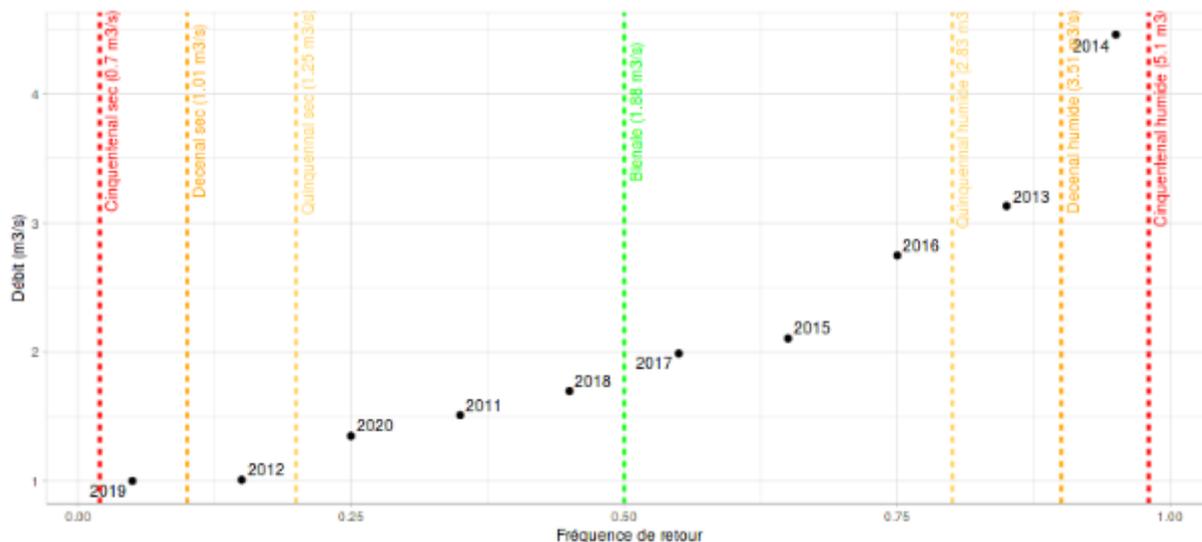


Figure 30 : Fréquence de retour des QMNA à la station de l'Yèvre à Foëcy

Le schéma suivant présente l'évolution 2000 et 2010 à 2020 des QMNA vis-à-vis des débits caractéristiques selon les différentes fréquences de retour. Les débits moyens minimum mensuels les plus bas correspondent aux années 2012 et 2019. A l'opposé, les années 2000, 2013 et 2014 sont les années avec les débits moyens minimum mensuels les plus élevés.

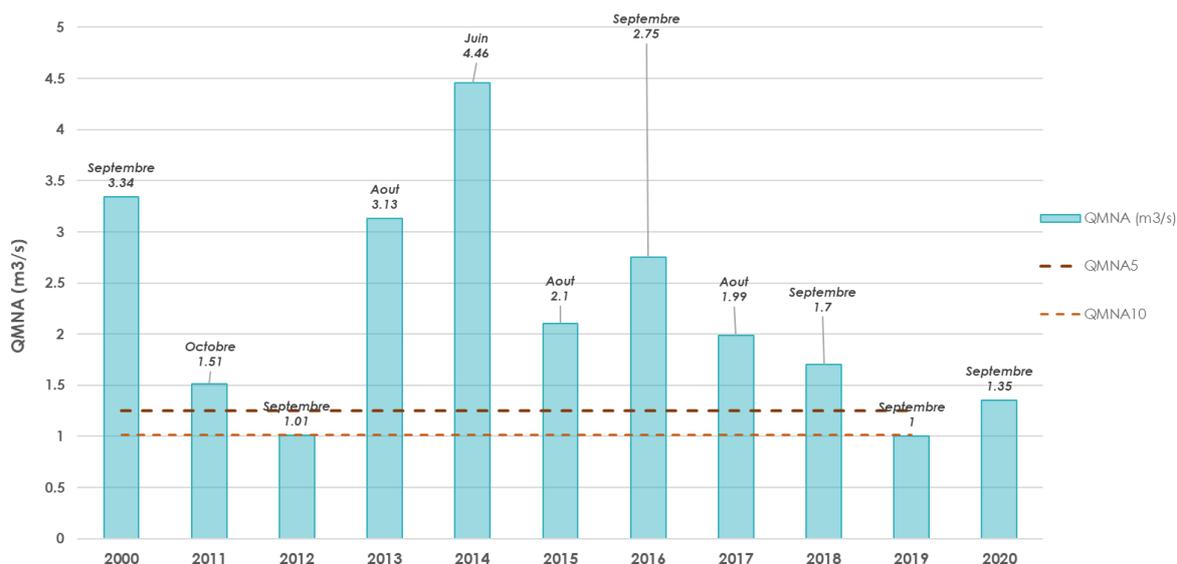


Figure 31 : Evolution 2000 - 2011 à 2020 des QMNA vis-à-vis des débits caractéristiques de la station de la station de l'Yèvre à Foëcy.

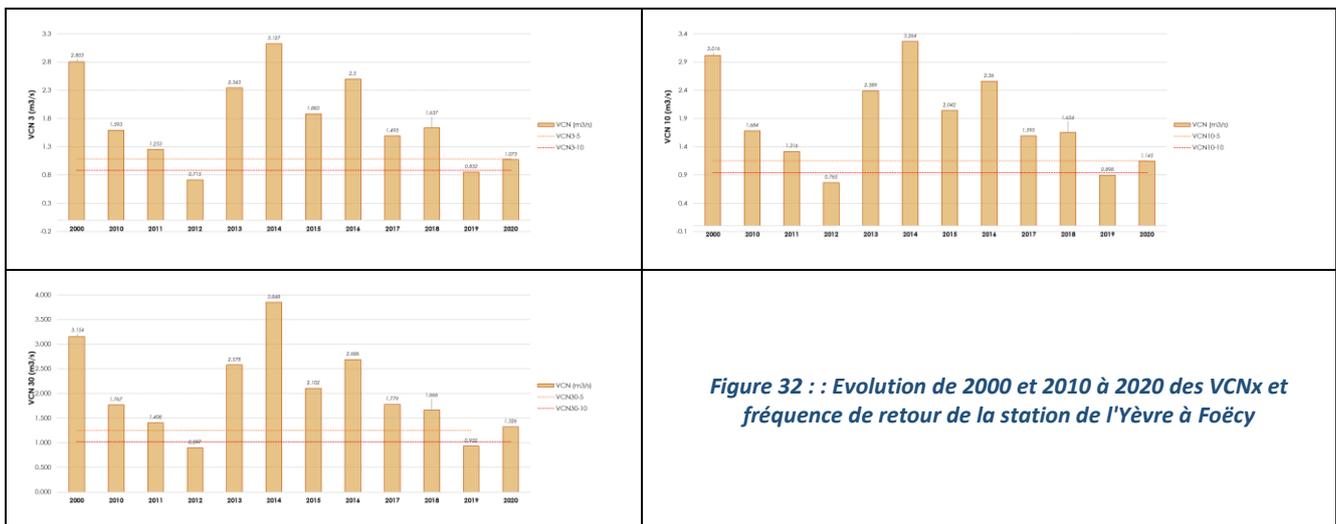
➤ Débits moyens minimums sur X jours (VCNx)

Les débits moyens minimum sur 3, 10 et 30 jours consécutifs ont été déterminés pour chacune des années de suivi. Leurs caractéristiques principales sont présentées dans le tableau en page suivante.

Le VCN10 quinquennal sec est de 1,15 m³/s (VCN10 minimum de 0,765 m³/s (2012) et maximum de 3,264 m³/s (2014)). Le VCN3 quinquennal sec est de 1,088 m³/s et le VCN30 quinquennal sec est de 1,25 m³/s.

Tableau 18 : Caractéristiques générales des débits moyens minimums sur 3, 10 et 30 jours à la station de l'Yèvre à Foëcy

Variables	VCN3	VCN10	VCN30
Minimum connu (m ³ /s)	0,715 (2012)	0,765 (2012)	0,897 (2012)
Quinquennale sec (m ³ /s)	1,088	1,15	1,25
Décennale sec (m ³ /s)	0,885	0,939	1,023
Vicennale sec (m ³ /s)	0,747	0,794	0,867
Cinquantennale sec (m ³ /s)	0,617	0,657	0,72



Les graphiques précédents présentent l'évolution entre 2008 et 2020 des VCNx et les fréquences de retour. Les débits moyens minimum les plus bas correspondent aux années 2019 et 2020. A l'opposé, les années 2008, 2013 et 2014 sont les années avec les débits moyens minimum les plus élevés. Ces années correspondent à l'analyse faite sur les QMNA.

⌘ Yèvre à Saint-Doulchard [Moulin Batard déviation]

➤ Evolution mensuel des débits

L'étiage sur l'Yèvre est centré sur le mois de septembre avec une valeur de débit mensuel 2,17 m³/s en moyenne. A l'opposé le mois de plus hautes eaux est le mois de Février avec un débit moyen mensuel de 27,58 m³/s.

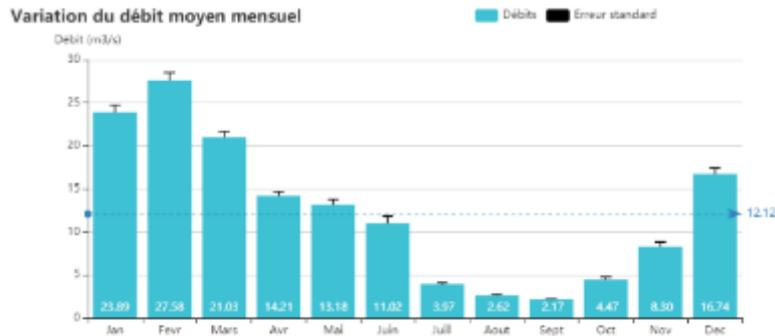


Figure 33 : Variation du débit moyen mensuel à la station de l'Yèvre à Saint-Doulchard [Moulin Batard déviation]

➤ Débits moyens minimums mensuels

Les débits moyens mensuels les plus bas de l'année (QMNA) oscillent entre 0,97 m³/s en août 2019 à 4,18 m³/s en Juin 2014. La moyenne et la médiane des QMNA sont relativement proches avec respectivement 2 m³/s et 1,79 m³/s pour un écart type de 0,85 m³/s. Le graphique suivant met en évidence cette faible variation des qmna sur l'ensemble de la chronique

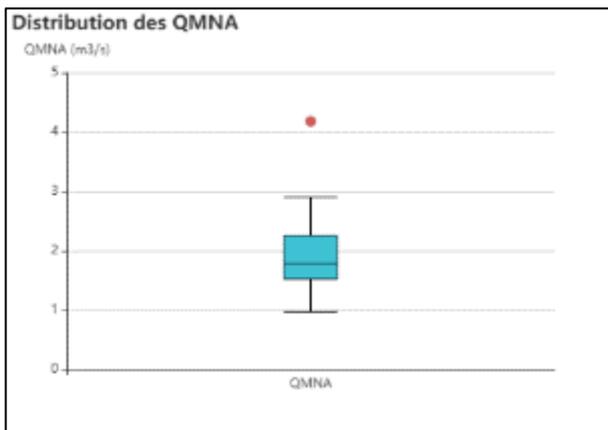


Figure 34 : Distribution des valeurs de QMNA à la station de l'Yèvre à Saint-Doulchard

Les débits minimums mensuels annuels sont majoritairement retrouvés en septembre.

Tableau 19 : Caractérisation des QMNA à la station de l'Yèvre à Saint-Doulchard

Mois du QMNA	Nbr d'années	Années	Minimum (m³/s)	Maximum (m³/s)	Moyenne (m³/s)	Médiane (m³/s)	Ecart type (m³/s)
Juin	1 (8%)	2014	4,18 (2014)	4,18 (2014)	4,18	4,18	
Août	5 (38%)	2010, 2013, 2015, 2019, 2020	0,97 (2010)	2,9 (2013)	1,75	1,79	0,74
Septembre	6 (46%)	2008, 2011, 2012, 2016, 2017, 2018	1,45 (2018)	2,74 (2008)	1,91	1,74	0,5
Octobre	1 (8%)	2009	1,76 (2009)	1,76 (2009)	1,76	1,76	

Les fréquences de retour des débits minimums mensuels ont pu être déterminées à partir des années comprenant un nombre suffisant de données. Le QMNA5 a ainsi été déterminé à 1,356 m³/s.

Ainsi, le Débit Seuil d'Alerte (DSA) et le Débit Seuil d'Alerte Renforcée (DAR) représente 126% et 105% du QMNA5. Le Débit de Crise (DCR) correspond à 88% du QMNA5.

Sur les 10 années qui ont servi à déterminer la loi de fréquence, seules 2 années présentent un QMNA inférieur ou égal au QMNA5.

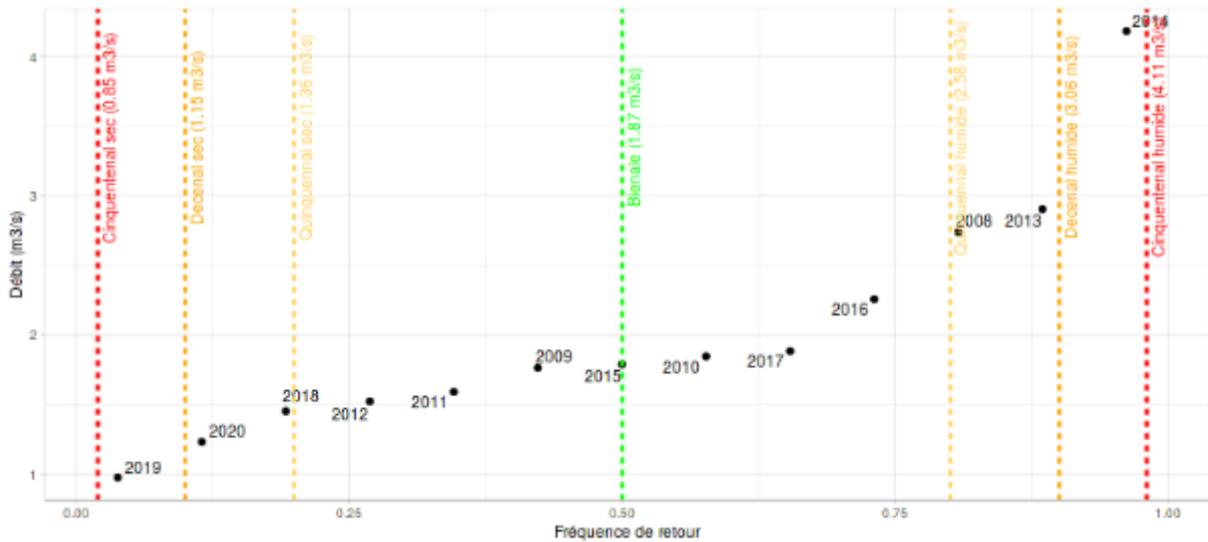


Figure 35 : Fréquence de retour des QMNA à la station de l'Yèvre à Saint-Doulchard

Le schéma suivant présente l'évolution de 2008 à 2020 des QMNA vis-à-vis des débits caractéristiques selon les différentes fréquences de retour. Les débits moyens minimum mensuels les plus bas correspondent aux années 2018 et 2019. A l'opposé, les années 2008, 2013 et 2014 sont les années avec les débits moyens minimum mensuels les plus élevés.

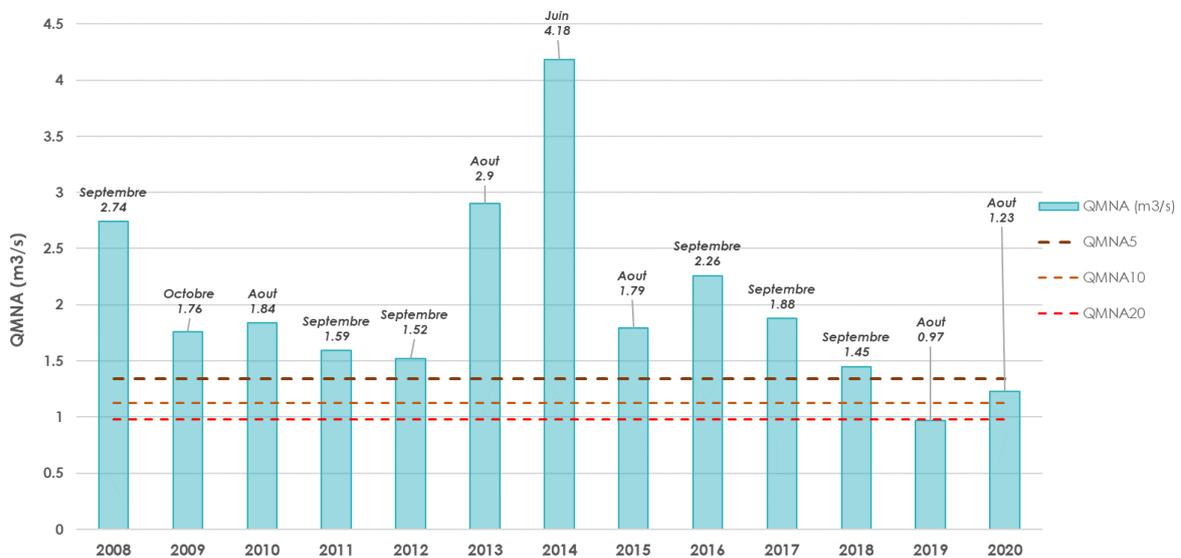


Figure 36 : Evolution de 2008 à 2020 des QMNA vis-à-vis des débits caractéristiques de la station de la station de l'Yèvre à Saint-Doulchard.

➤ Débits moyens minimums sur X jours (VCNx)

Les débits moyens minimum sur 3, 10 et 30 jours consécutifs ont été déterminés pour chacune des années de suivi. Leurs caractéristiques principales sont présentées dans le tableau en page suivante.

Le VCN10 quinquennal sec est de 1,187 m³/s (VCN10 minimum de 0,928 m³/s (2019) et maximum de 3,242 m³/s (2014)). Le VCN3 quinquennal sec est de 1,216 m³/s et le VCN30 quinquennal sec est de 1,308 m³/s.

Tableau 20 : Caractéristiques générales des débits moyens minimums sur 3, 10 et 30 jours à la station de l'Yèvre à Saint-Doulchard

Variables	VCN3	VCN10	VCN30
Minimum connu (m ³ /s)	0,918 (2019)	0,928 (2019)	0,97 (2019)
Quinquennale sec (m ³ /s)	1,187	1,216	1,308
Décennale sec (m ³ /s)	1,024	1,042	1,119
Vicennale sec (m ³ /s)	0,907	0,917	0,983
Cinquantennale sec (m ³ /s)	0,791	0,794	0,85



Les graphiques précédents présentent l'évolution entre 2008 et 2020 des VCNx et les fréquences de retour. Les débits moyens minimum les plus bas correspondent aux années 2019 et 2020. A l'opposé, les années 2008, 2013 et 2014 sont les années avec les débits moyens minimum les plus élevés. Ces années correspondent à l'analyse faite sur les QMNA.

3.1.3 Analyse piézométrique : Evolution des niveaux piézométriques vis-à-vis de seuils de gestion

Tout comme pour les conditions hydrologiques, les conditions hydrogéologiques et donc piézométriques sont fortement dépendantes du bassin cible. Ainsi les paragraphes suivants présentent l'analyse de la piézométrie en les replaçant dans leur secteur.

3.1.3.1 Données disponibles

Quatorze piézomètres sont implantées sur le territoire Yèvre -Auron. Le tableau suivant présente les caractéristiques de ces stations ainsi que les données disponibles pour la réalisation de la présente étude.

Tableau 21 : caractéristiques des piézomètres.

Secteur	Identifiant BSS	Code piézo	Commune	Chronique	Protocole de gestion
Auron / Airain / Rampenne	BSS001KKFJ	05205X0013/P	Savigny-en-Septaine	2000	Oui (moyenne avec BSS001KJWM)
	BSS001KKSX	05208X0011/P	Nérondes	1993	Non
	BSS001LRLJ	05463X0029/P	Levet	1993	Non
	BSS001LRQW	05464X0045/P	Plaimpied-Givaudins	1988	Oui
	BSS001LSCL	05467X0137/PZ	Chavannes	1993	Non
	BSS001LSKK	05471X0070/P1	Vornay	1979	Non
	BSS001LSPL	05472X0029/P	Osmery	1993	Non
	BSS001LSTV	05473X0036/P	Blet	1995	Non
Yèvre amont	BSS001LTCL	05475X0057/P1	Verneuil	1995	Non
	BSS001KJWM	05203X0083/P	Villequiers	2000	Oui (moyenne avec BSS001KKFJ)
Colin / Ouatier / Langis	BSS001HVGL	04935X0018/P	Soulangis	1995	Non
	BSS001HVJV	04936X0010/F	Rians	1995	Oui
	BSS001KJRF	05202X0099/P	Étréchy	1993	Non
Yèvre aval	BSS001HURZ	04926X0001/FAEP	Allogny	1995	Non

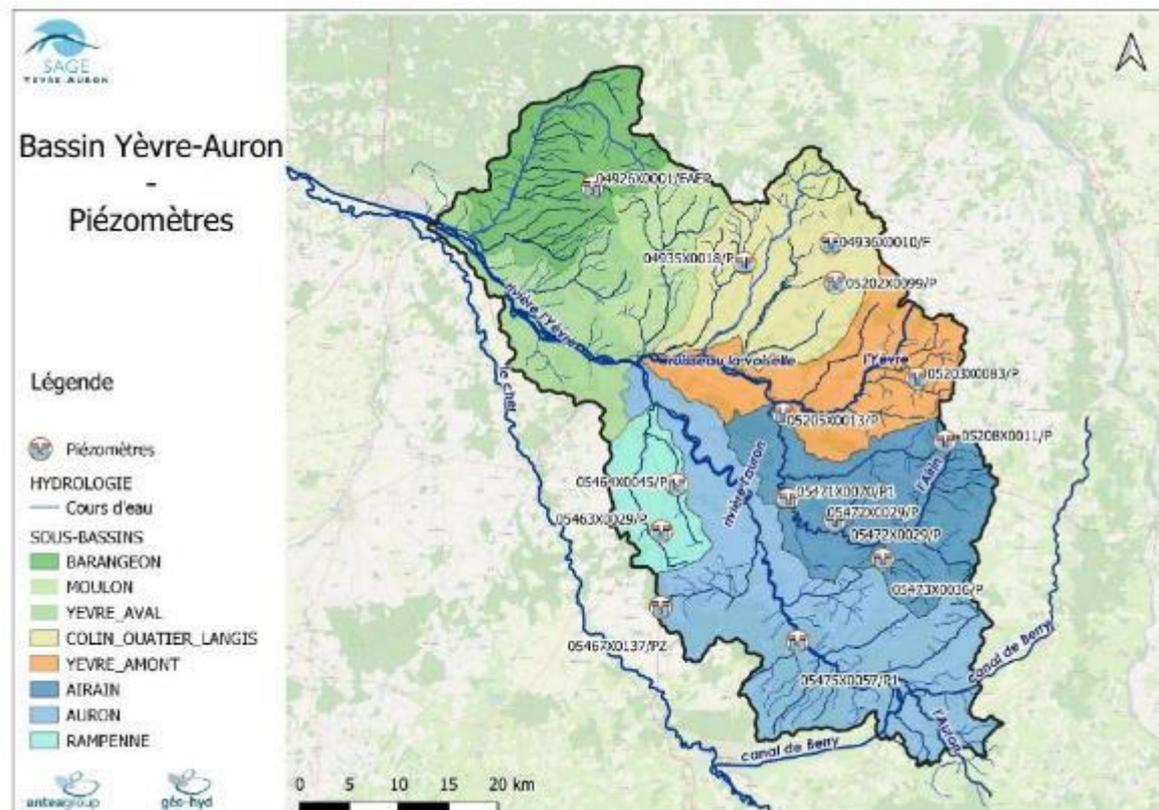


Figure 38 : Répartition des piézomètres sur le territoire d'étude

Toutefois, comme présenté dans le tableau précédent, seul 4 piézomètres sont utilisés dans le cadre du protocole de gestion volumétrique. Deux des piézomètres ne sont pas utilisés directement mais en réalisant la moyenne des deux niveaux piézométriques.

L'objet de l'analyse de l'hydrogéologie dans le cadre de cette étude n'est pas une analyse complète de l'hydrogéologie du secteur Yèvre-Auron. Il s'agit ici de contextualiser dans un premier temps l'hydrogéologie du territoire puis d'analyser dans un second temps l'efficacité du protocole de gestion.

Par conséquent, seules les données des piézomètres intervenant dans le cadre du protocole de gestion sont analysées.

3.1.3.2 Secteur Auron – Airain – Rampenne

Pour ce secteur, le piézomètre encadrant le protocole de gestion volumétrique est le piézomètre BSS001LRQW permettant le suivi du niveau de la nappe à Plaimpied. Les données disponibles pour ce piézomètre couvrent la période 1988 – 2020.

Pour l'analyse suivante, seules les années 1995 à 2020, présentant suffisamment de données sont conservées.

➤ Evolution mensuel des niveaux piézométriques

La période de basses eaux de la nappe sur ce secteur est centrée sur le mois de septembre avec un niveau piézométrique moyen mensuel de 143,6 m NGF. A l'opposé le mois de plus hautes eaux est le mois de mars avec un niveau piézométrique moyen mensuel de 155,1 m NGF.

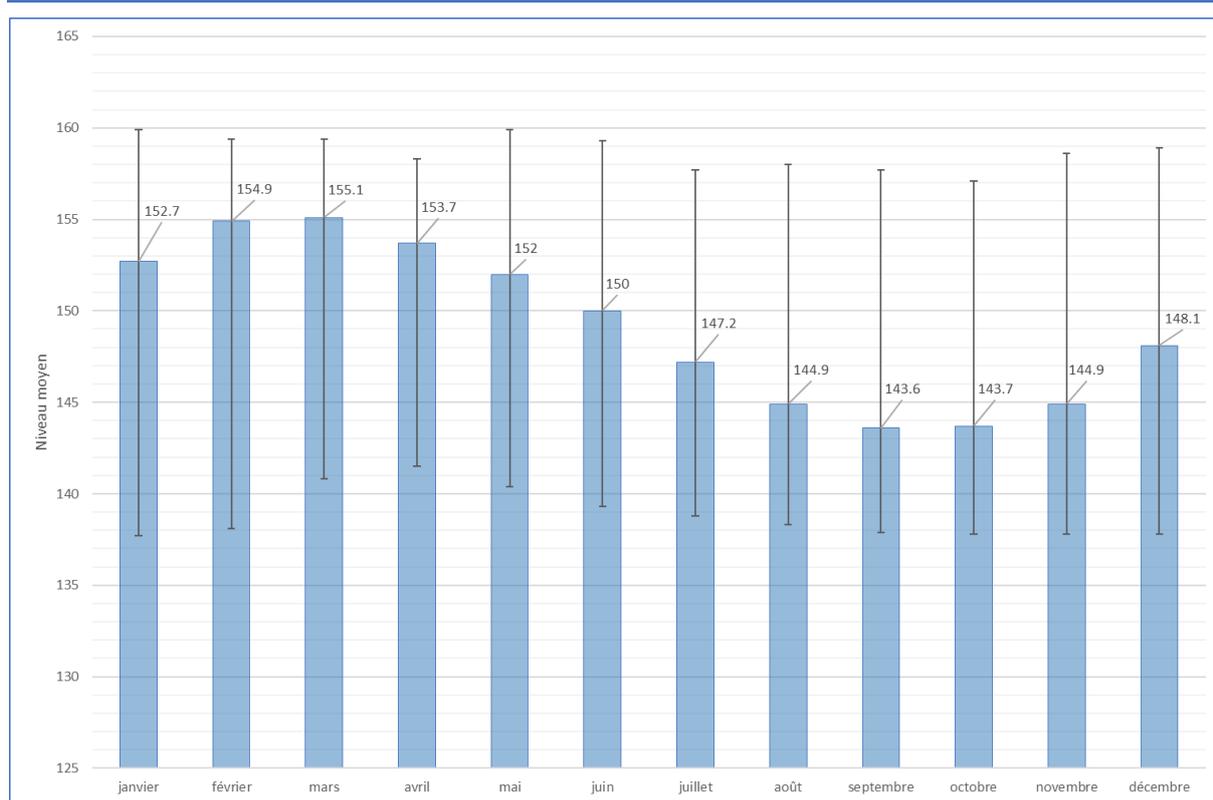


Figure 39 : Variation du niveau piézométrique moyen mensuel au piézomètre BSS001LRQW.

➤ Niveaux piézométriques

Les niveaux piézométriques moyens mensuels minimum sont majoritairement retrouvés en octobre.

Tableau 22 : Caractérisation des niveaux piézométriques moyens mensuels minimum au piézomètre BSS001LRQW

Mois du niveau piézo le plus bas	Nbr d'années	Années	Minimum (m NGF)	Maximum (m NGF)	Moyenne (m NGF)
Janvier	3 (11%)	2006 ; 2016	138.7	149.2	142.7
Juillet	1 (4%)	2004	147.5	147.5	147.5
Aout	1 (4%)	2007	147.3	147.3	147.3
Septembre	2 (7%)	1999 ; 2013	143.2	143.2	143.2
Octobre	9 (33%)	1998 ; 2000 ; 2001 ; 2002 ; 2003 ; 2012 ; 2014 ; 2019 ; 2020	137.9	147.7	141.8
Novembre	7 (26%)	1995 ; 1996 ; 1997 ; 2008 ; 2010 ; 2011 ; 2017	138.8	143.9	140.2
Décembre	4 (15%)	2005 ; 2009 ; 2015 ; 2018	138.5	139.7	138.9

Le schéma suivant présente l'évolution entre 1995 et 2020 des niveaux piézométriques moyens annuels. Les niveaux piézométriques moyens les plus bas correspondent aux années 2009, 2011 et 2019. A l'opposé, les années 2001, 2004 et 2013 sont les années avec les niveaux moyens annuels les plus élevés.

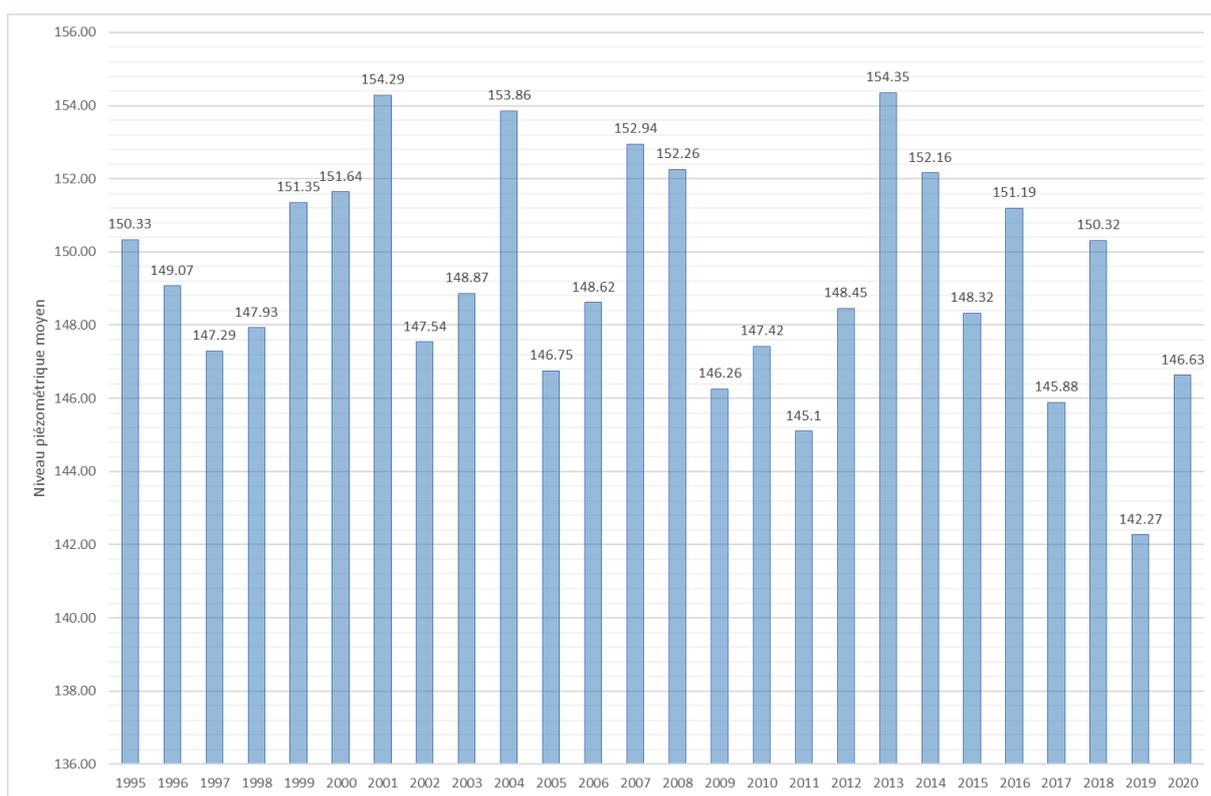


Figure 40 : Evolution entre 1995 et 2020 des niveaux piézométriques moyens annuels.

L'analyse des niveaux piézométriques minimum annuels entre 1995 et 2020 fait ressortir l'année 2019 comme présentant le niveau le plus bas. Les années 2009 et 2011 (avec les niveaux moyens les plus bas) présentent également un niveau minimum parmi les plus bas. A l'opposé, les années 2001, 2004, 2007 et 2014 sont les années avec les niveaux minimums annuels les plus élevés.

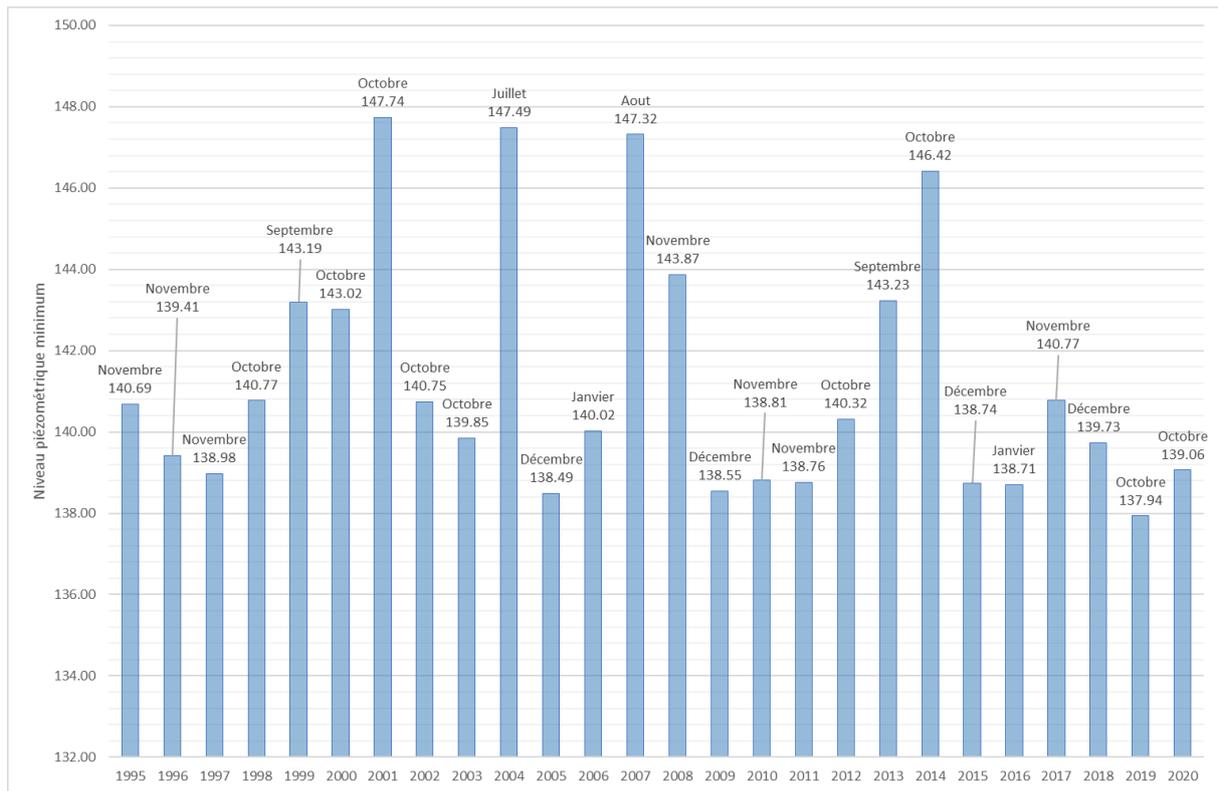


Figure 41 : Evolution entre 1995 et 2020 des niveaux piézométriques minimum annuels.

3.1.3.3 Secteur Yèvre amont

Pour ce secteur, deux piézomètres sont utilisés dans le cadre du protocole de gestion volumétrique :

- ✓ le piézomètre BSS001KJWM permettant le suivi du niveau de la nappe à Villequiers. Les données disponibles pour ce piézomètre couvrent la période 1993 – 2020,
- ✓ le piézomètre BSS001KKFJ permettant le suivi du niveau de la nappe à Savigny-en-Septaine. Les données disponibles pour ce piézomètre couvrent la période 2000 – 2020.

Pour l'analyse suivante, seules les années 1996 à 2020 pour Villequiers et 2001 à 2020 pour Savigny-en-Septaine, présentant suffisamment de données sont conservées.

⇒ BSS001KJWM à Villequiers

➤ Evolution mensuel des niveaux piézométriques

La période de basses eaux de la nappe sur ce secteur est centrée sur le mois de septembre avec un niveau piézométrique moyen mensuel de 190,2 m NGF. A l'opposé le mois de plus hautes eaux est le mois de janvier avec un niveau piézométrique moyen mensuel de 195,6 m NGF.

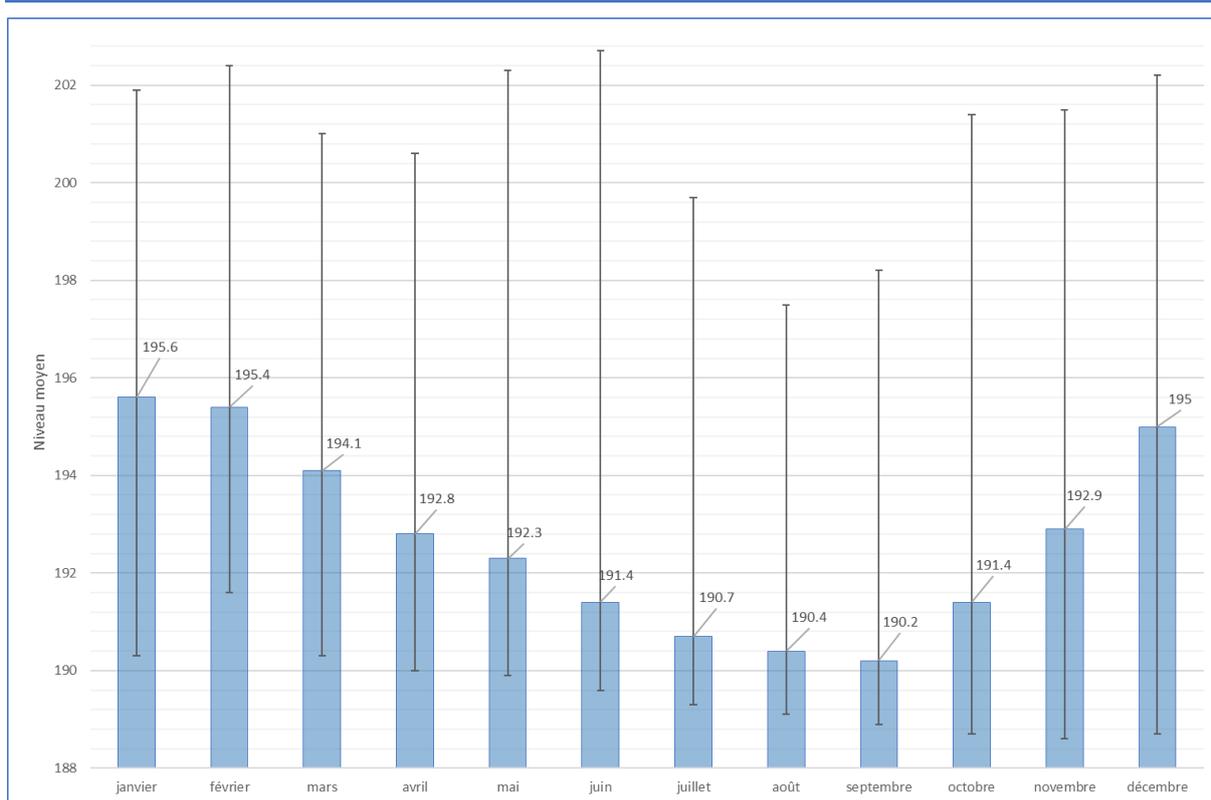


Figure 42 : Variation du niveau piézométrique moyen mensuel au piézomètre BSS001KJWM.

➤ Niveaux piézométriques

Les niveaux piézométriques moyens mensuels minimum sont majoritairement retrouvés en septembre.

Tableau 23 : Caractérisation des niveaux piézométriques moyens mensuels minimum au piézomètre BSS001KJWM

Mois du niveau piézo le plus bas	Nbr d'années	Années	Minimum (m NGF)	Maximum (m NGF)	Moyenne (m NGF)
Juin	1 (4%)	2007	190.4	190.4	190.4
Juillet	2 (8%)	2000 ; 2004	190.2	190.5	190.4
Aout	4 (16%)	2002 ; 2008 ; 2011 ; 2014	189.2	190.2	189.6
Septembre	7 (28%)	1996 ; 1999 ; 2006 ; 2010 ; 2012 ; 2013 ; 2017	188.9	190.3	189.5
Octobre	6 (24%)	1998 ; 2001 ; 2003 ; 2016 ; 2019 ; 2020	188.8	190.5	189.3
Novembre	5 (20%)	1997 ; 2005 ; 2009 ; 2015 ; 2018	188.6	189.7	189.2

Le schéma suivant présente l'évolution entre 1996 et 2020 des niveaux piézométriques moyens annuels. Les niveaux piézométriques moyens les plus bas correspondent aux années 2005, 2011 et 2015. A l'opposé, les années 2001 et 2013 sont les années avec les niveaux moyens annuels les plus élevés.

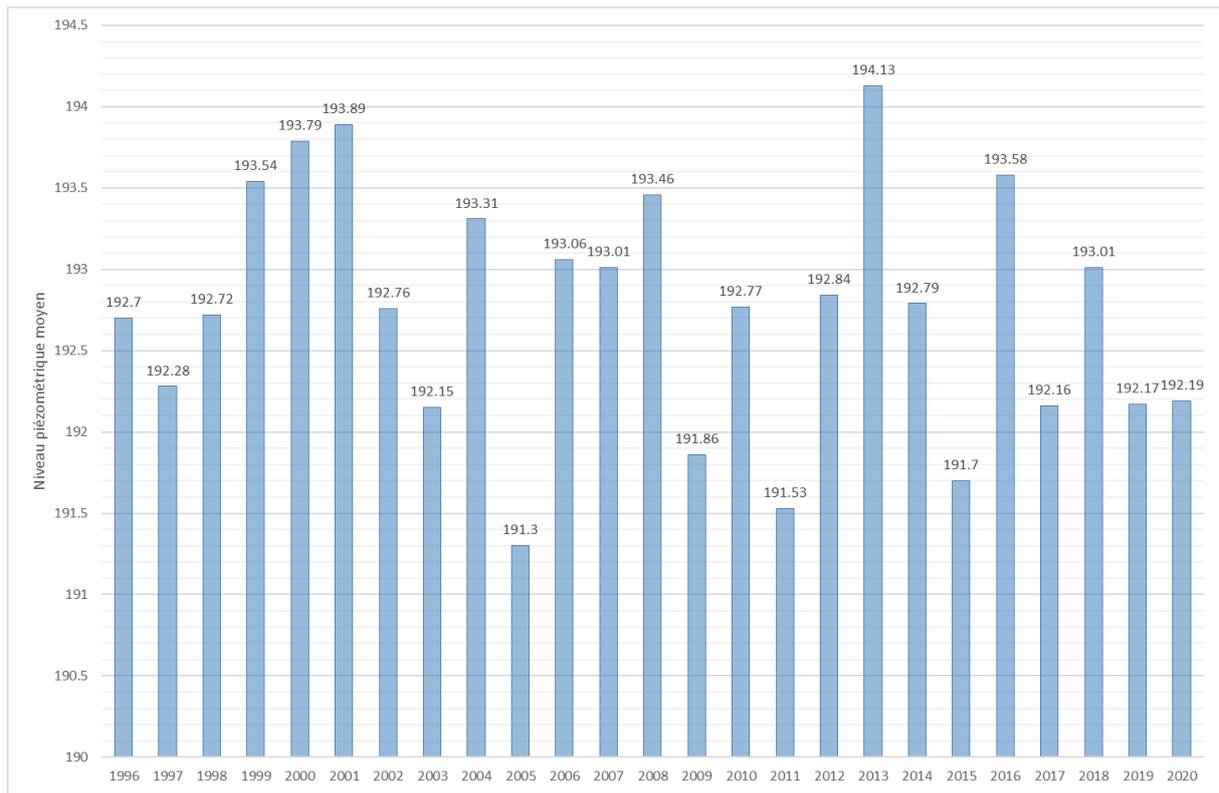


Figure 43 : Evolution entre 1996 et 2020 des niveaux piézométriques moyens annuels.

L'analyse des niveaux piézométriques minimum annuels entre 1996 et 2020 fait ressortir les années 2003, 2005, 2006, 2015 et 2019 comme présentant le niveau le plus bas.

A l'opposé, les années 1999-2000-2001, 2004 et 2007-2008 sont les années avec les niveaux minimums annuels les plus élevés.

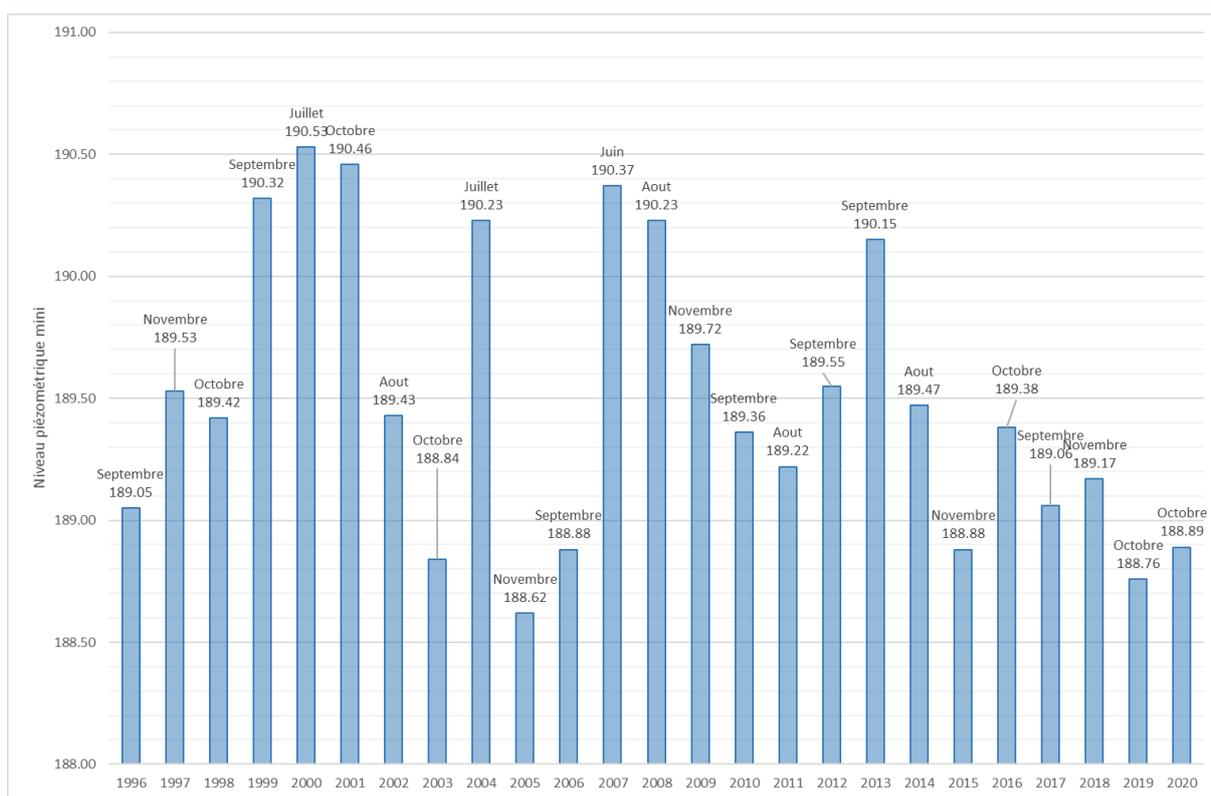


Figure 44 : Evolution entre 1996 et 2020 des niveaux piézométriques minimum annuels.

▤ BSS001KKFJ à Savigny-en-Septaine

➤ Evolution mensuel des niveaux piézométriques

La période de basses eaux de la nappe sur ce secteur est centrée sur le mois de septembre avec un niveau piézométrique moyen mensuel de 142,1 m NGF. A l'opposé le mois de plus hautes eaux est le mois de février avec un niveau piézométrique moyen mensuel de 146,6 m NGF.

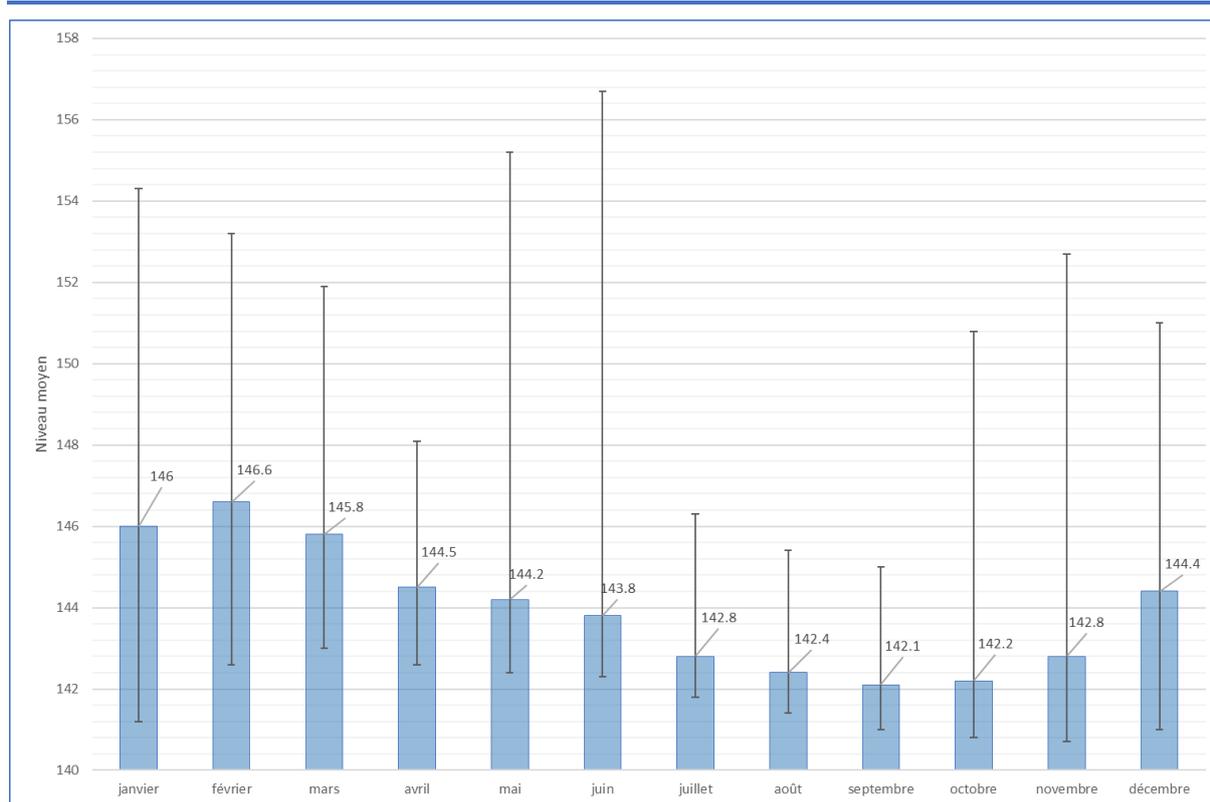


Figure 45 : Variation du niveau piézométrique moyen mensuel au piézomètre BSS001KKFJ.

➤ Niveaux piézométriques

Les niveaux piézométriques moyens mensuels minimum sont majoritairement retrouvés en novembre.

Tableau 24 : Caractérisation des niveaux piézométriques moyens mensuels minimum au piézomètre BSS001KKFJ

Mois du niveau piézo le plus bas	Nbr d'années	Années	Minimum (m NGF)	Maximum (m NGF)	Moyenne (m NGF)
Janvier	1 (5%)	2016	141.2	141.2	141.2
Juillet	2 (10%)	2004 ; 2014	142.3	142.8	142.5
Aout	1 (5%)	2002	141.9	141.9	141.9
Septembre	3 (15%)	2006 ; 2013 ; 2017	141.4	141.9	141.6
Octobre	6 (30%)	2001 ; 2003 ; 2010 ; 2011 ; 2012 ; 2020	141.1	142.3	141.5
Novembre	7 (35%)	2005 ; 2007 ; 2008 ; 2009 ; 2015 ; 2018 ; 2019	140.7	142.8	141.5

Le schéma suivant présente l'évolution entre 2001 et 2020 des niveaux piézométriques moyens annuels. Les niveaux piézométriques moyens les plus bas correspondent aux années 2009, 2011, 2017 et 2019. A l'opposé, les années 2001 et 2013 sont les années avec les niveaux moyens annuels les plus élevés.

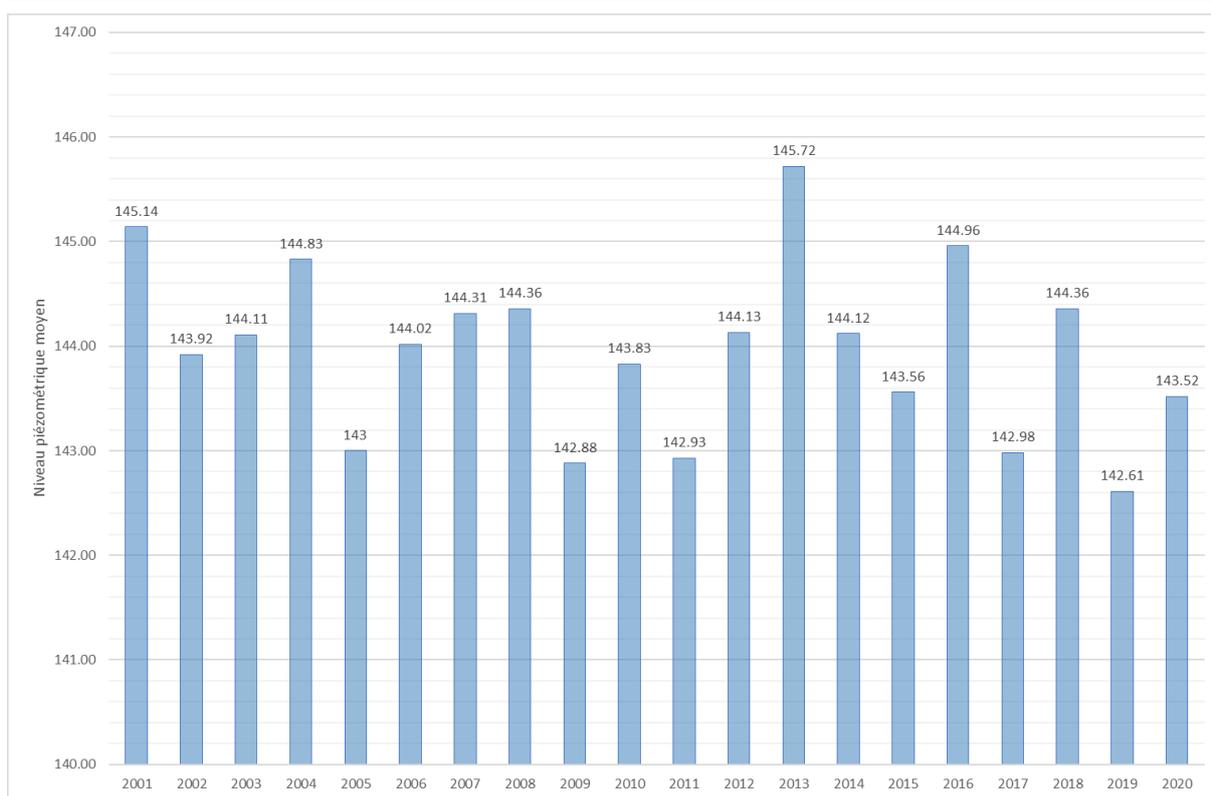


Figure 46 : Evolution entre 2001 et 2020 des niveaux piézométriques moyens annuels.

L'analyse des niveaux piézométriques minimum annuels entre 2001 et 2020 fait ressortir les années 2005, 2009, 2011, 2018 et 2019 comme présentant le niveau le plus bas. Ces années ne sont pas toutes celles présentant les niveaux moyens les plus bas (2009, 2011 et 2019).

A l'opposé, les années 2004 et 2007-2008 sont les années avec les niveaux minimums annuels les plus élevés (tout comme les niveaux moyens).

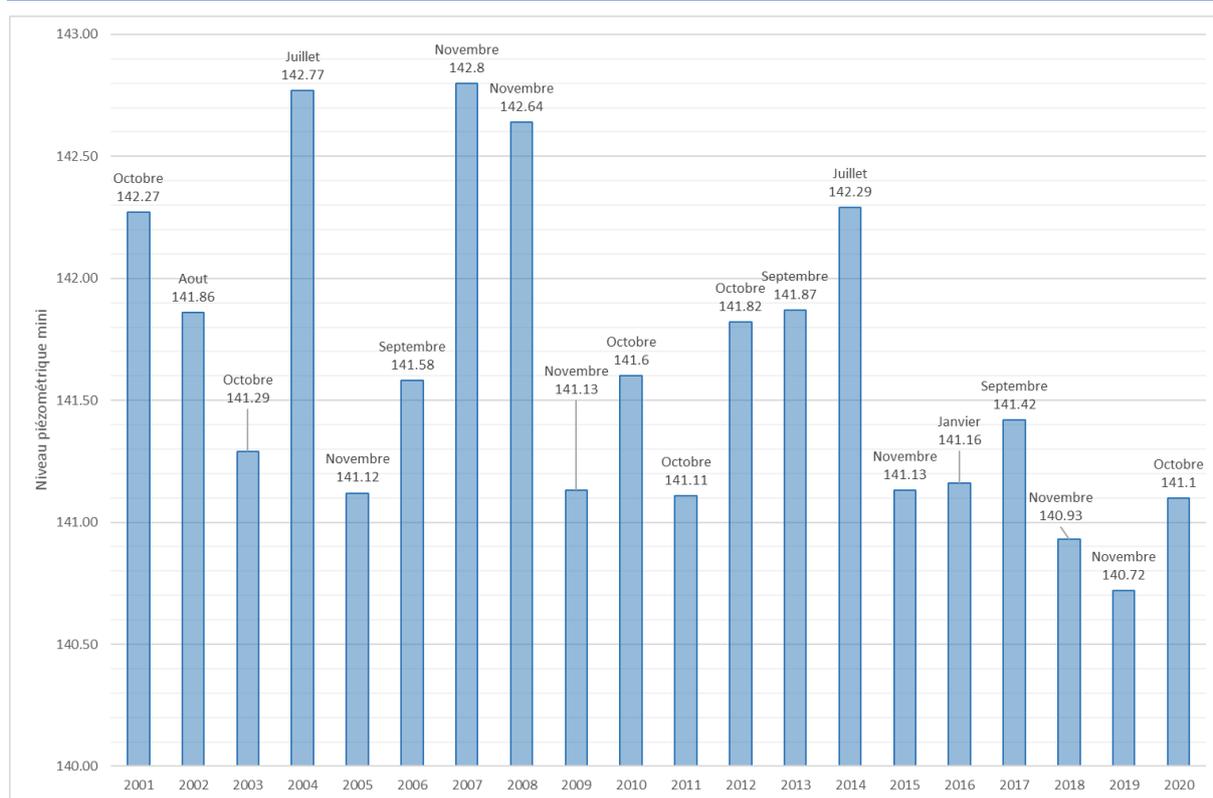


Figure 47 : Evolution entre 2001 et 2020 des niveaux piézométriques minimum annuels.

3.1.3.4 Secteur Colin – Ouatier – Langis

Pour ce secteur, le piézomètre encadrant le protocole de gestion volumétrique est le piézomètre BSS001HVJV permettant le suivi du niveau de la nappe à Rians. Les données disponibles pour ce piézomètre couvrent la période 1995 – 2020.

Pour l'analyse suivante, seules les années 1997 à 2020, présentant suffisamment de données sont conservées.

➤ Evolution mensuel des niveaux piézométriques

La période de basses eaux de la nappe sur ce secteur est centrée sur le mois d'octobre avec un niveau piézométrique moyen mensuel de 175,2 m NGF. A l'opposé le mois de plus hautes eaux est le mois de mars avec un niveau piézométrique moyen mensuel de 178,4 m NGF.

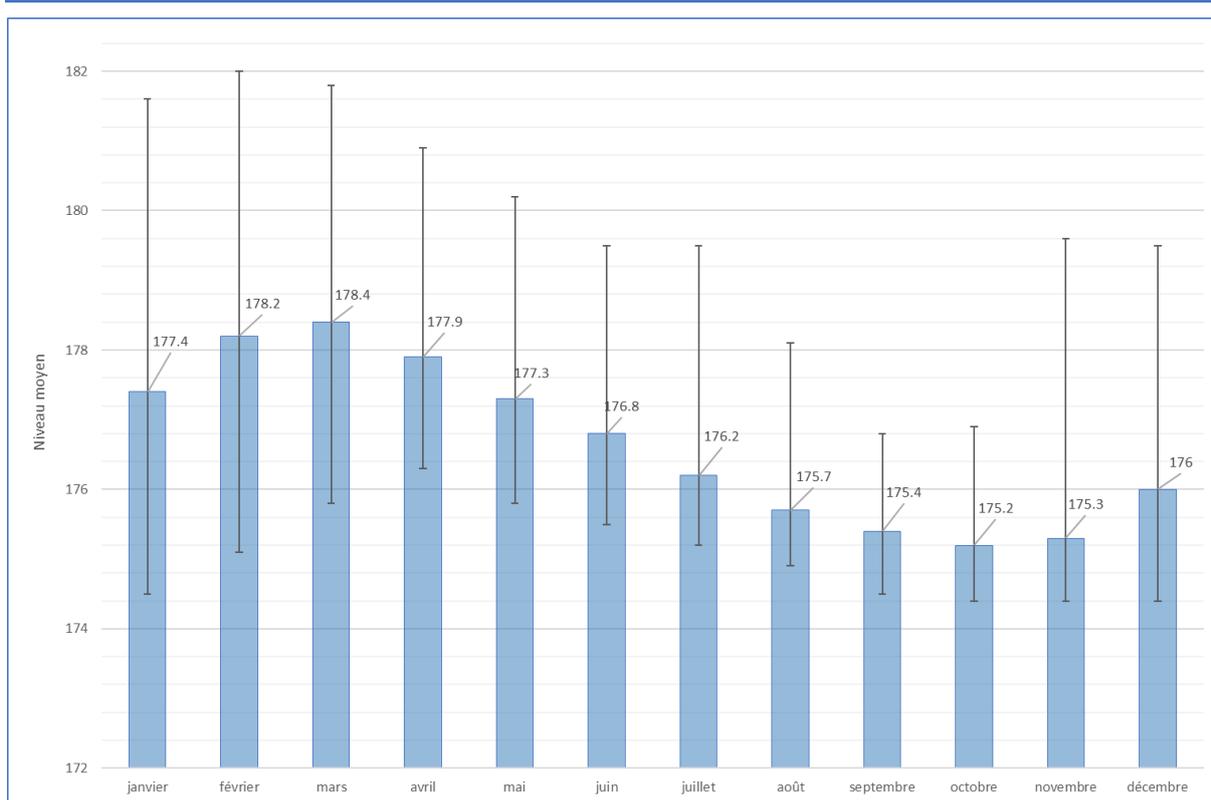


Figure 48 : Variation du niveau piézométrique moyen mensuel au piézomètre BSS001LRQW.

➤ Niveaux piézométriques

Les niveaux piézométriques moyens mensuels minimum sont majoritairement retrouvés en octobre.

Tableau 25 : Caractérisation des niveaux piézométriques moyens mensuels minimum au piézomètre BSS001LRQW

Mois du niveau piézo le plus bas	Nbr d'années	Années	Minimum (m NGF)	Maximum (m NGF)	Moyenne (m NGF)
Janvier	2 (8%)	2006 ; 2016	174.5	175.1	174.8
Octobre	9 (38%)	1997 ; 1998 ; 2000 ; 2002 ; 2012 ; 2013 ; 2014 ; 2019 ; 2020	174.6	175.6	175.1
Novembre	7 (29%)	1999 ; 2001 ; 2003 ; 2008 ; 2009 ; 2010 ; 2011	174.4	175.4	174.9
Décembre	6 (25%)	2004 ; 2005 ; 2007 ; 2015 ; 2017 ; 2018	174.4	175.2	174.9

Le schéma suivant présente l'évolution entre 1997 et 2020 des niveaux piézométriques moyens annuels. Les niveaux piézométriques moyens les plus bas correspondent aux années 2005, 2017 et 2019. A l'opposé, les années 2001 et 2013 sont les années avec les niveaux moyens annuels les plus élevés.

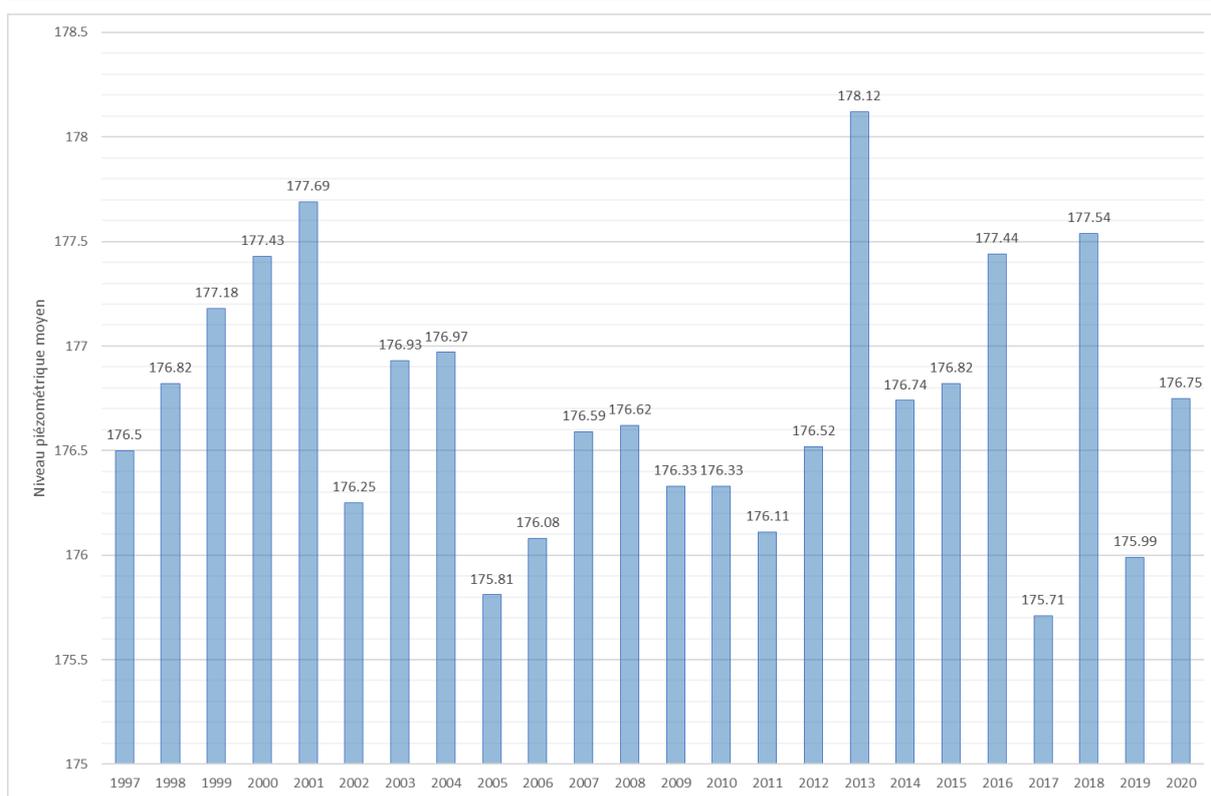


Figure 49 : Evolution entre 1997 et 2020 des niveaux piézométriques moyens annuels.

L'analyse des niveaux piézométriques minimum annuels entre 1997 et 2020 fait ressortir les années 2005, 2009 et 2011 comme présentant le niveau le plus bas. Ces années ne sont pas toutes celles présentant les niveaux moyens les plus bas (2005, 2017 et 2019).

A l'opposé, les années 2001 et 2013 sont les années avec les niveaux minimums annuels les plus élevés (tout comme les niveaux moyens).

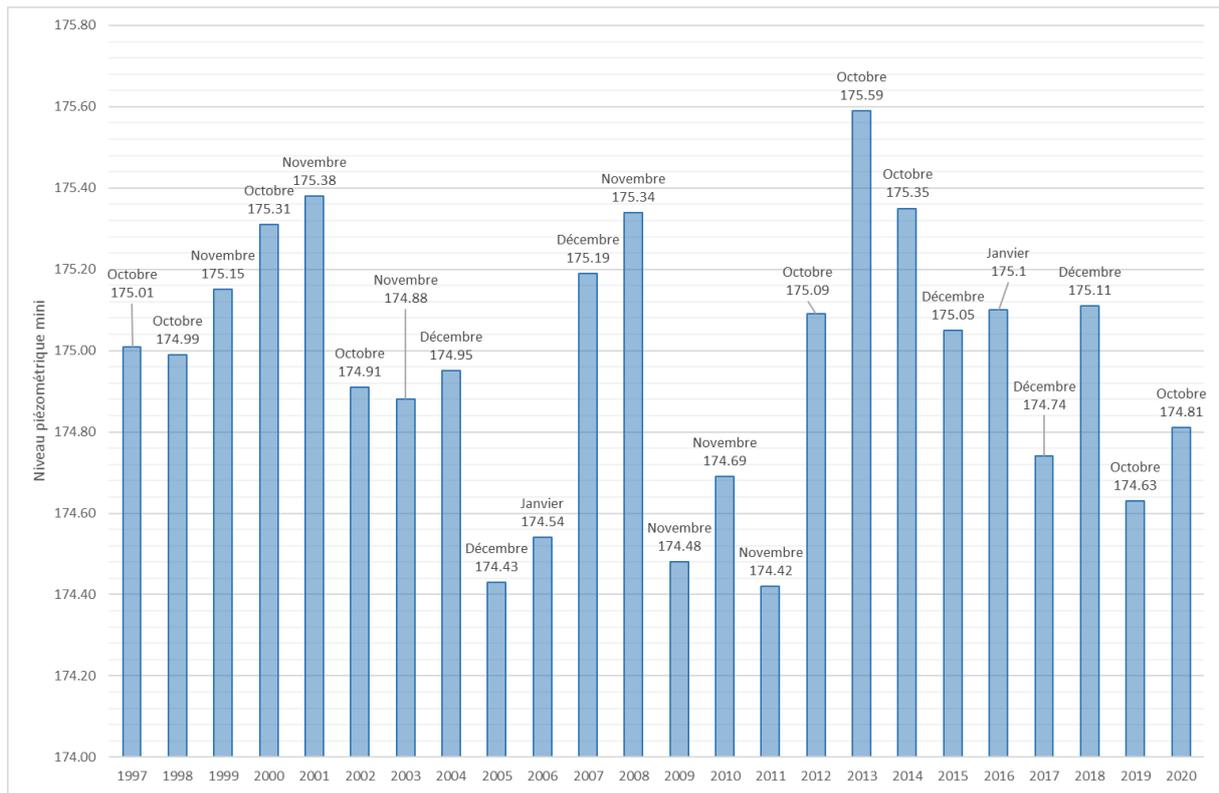


Figure 50 : Evolution entre 1997 et 2020 des niveaux piézométriques minimum annuels.

3.1.3.5 Secteur Yèvre aval

Ce secteur n'est pas directement géré par un niveau piézométrique.

3.2 Effet du protocole de gestion volumétrique sur les consommations des volumes d'irrigation

3.2.1 Éléments de contexte

Afin d'évaluer l'incidence du protocole de gestion volumétrique sur les consommations des volumes d'irrigations, il convient de contextualiser l'analyse de ces volumes. Cette contextualisation porte sur les prélèvements pour les différents usages et sur les conditions climatiques hétérogènes entre les différentes années.

- ✓ Les prélèvements pour les différents usages,

Les volumes prélevables à l'échelle du territoire ont été arrêtés dans le règlement du SAGE (cf paragraphe 1.2).

Les volumes réellement prélevés diffèrent d'une année à l'autre et sont présentés dans le graphique suivant. Les données sont issues de la BNPE et couvre donc la période 2008 à 2018. Les données de l'années 2019 ont été compilées à partir des retours d'Area Berry pour la partie irrigation et de l'EPL pour la partie industrie et adduction en eau potable.

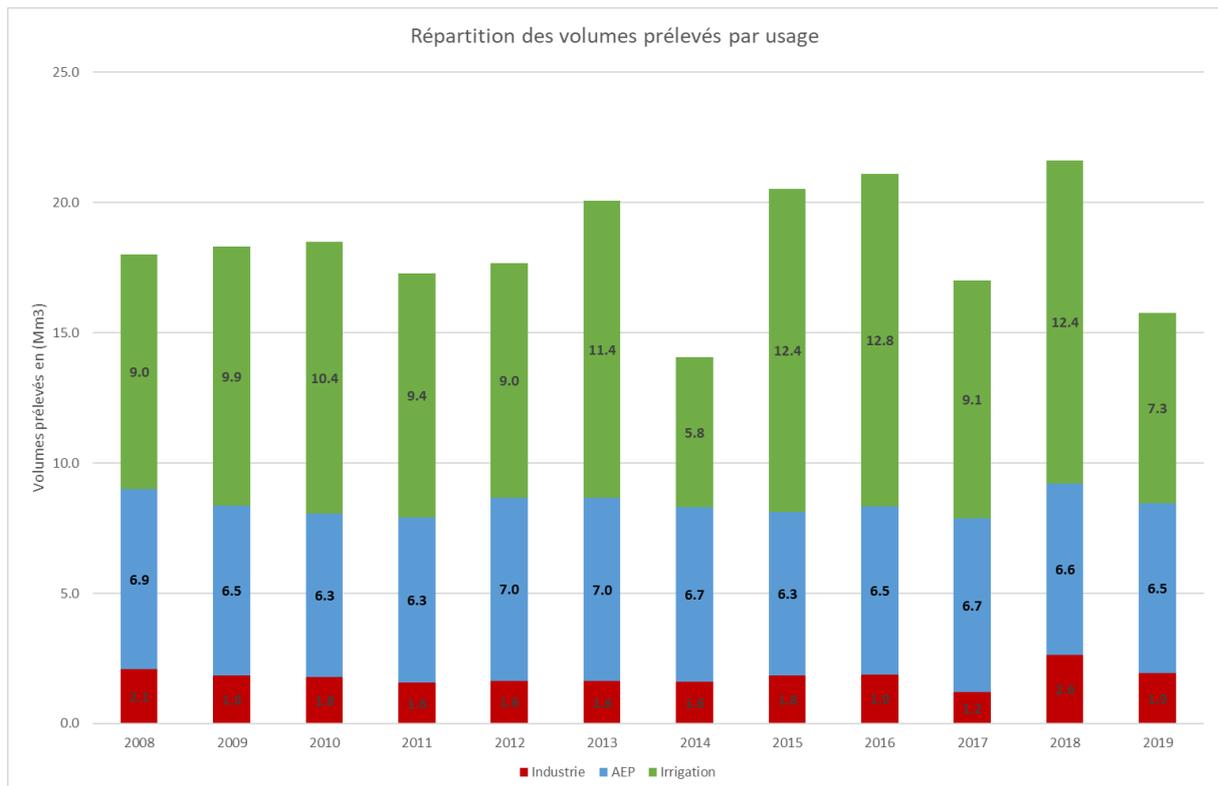


Figure 51 : Evolution entre 2018 et 2019 des volumes prélevés pour les différents usages.

La variation globale interannuelle est essentiellement portée par le volume prélevé pour les besoins en irrigation. Ainsi les volumes pour les besoins en eau potable varient entre 6,3 à 7 Mm³. Les volumes pour l'industrie varient entre 1,6 à 1,9 Mm³ avec un pic en 2018 à 2,6 Mm³.

L'analyse des volumes prélevés pour l'eau potable montre que les volumes sont relativement constants au cours du temps pour chacun des bassins versants du territoire sous protocole de gestion volumétrique (figure suivante).

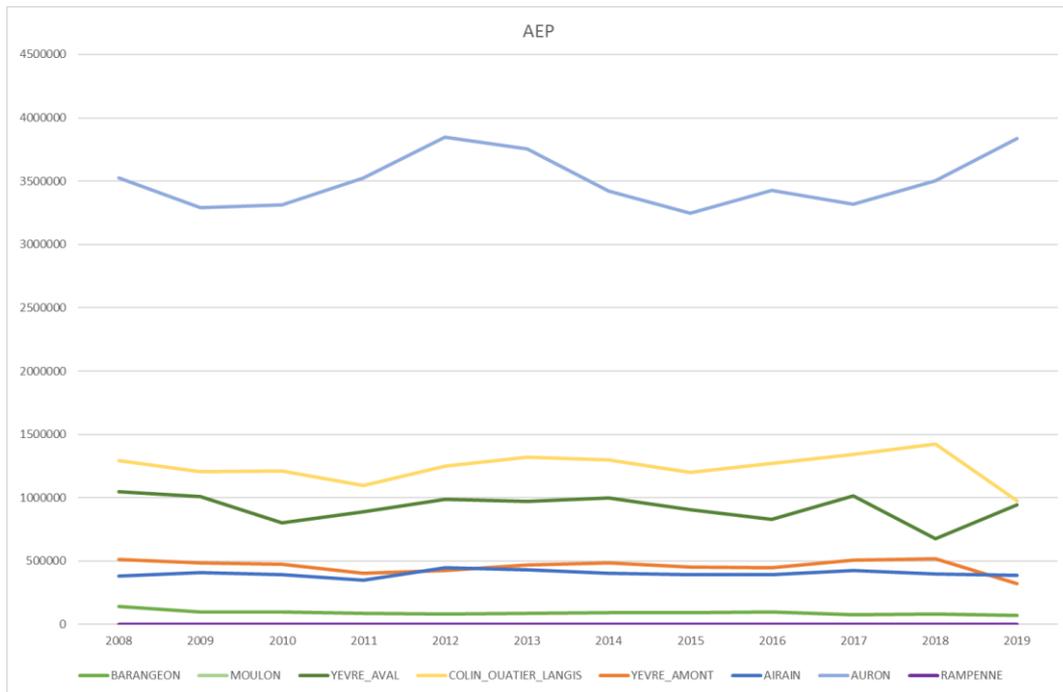


Figure 52 : Evolution des volumes prélevés pour l'usage Eau potable sur les différents bassins du secteur.

Il en est de même globalement pour l'usage industrie. Il est toutefois à noter une variation importante pour le bassin Yèvre amont entre 2017 et 2019. Cette variation est due essentiellement à l'ajout d'un nouveau prélèvement sur le bassin.

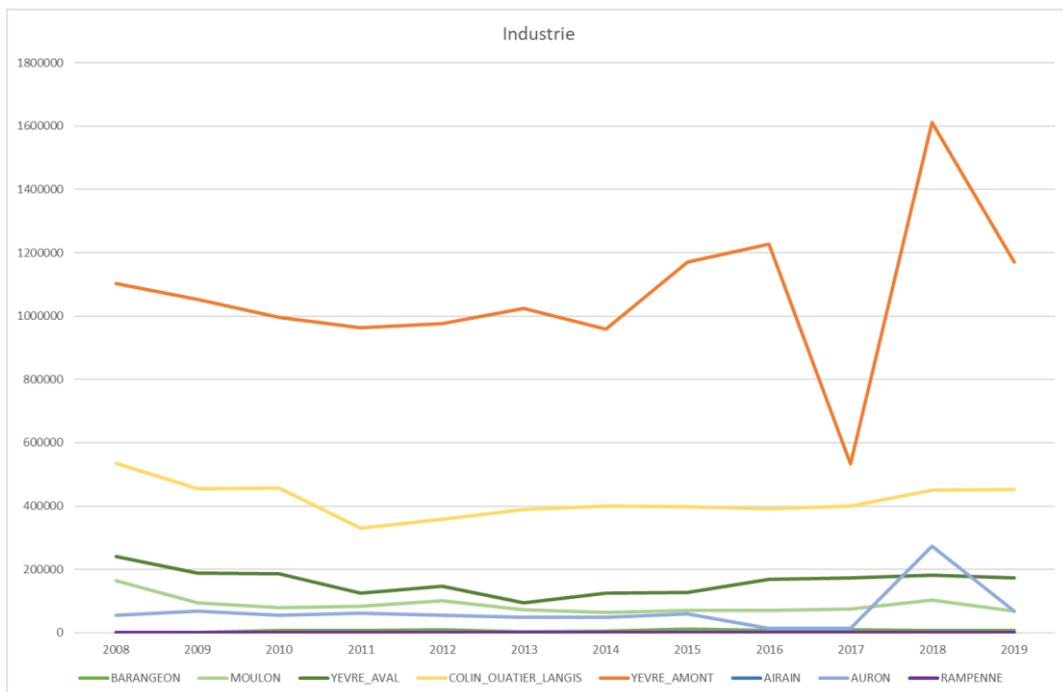


Figure 53 : Evolution des volumes prélevés pour l'usage Industrie sur les différents bassins du secteur.

- ✓ Les conditions climatiques hétérogènes entre les différentes années.

L'analyse des conditions climatiques sur le territoire du SAGE présentée au sein du paragraphe 3.1.1 permet de faire ressortir des catégories d'années quant à leur humidité.

Toutefois les différentes catégories pré-identifiées ne se répartissent pas de façon homogène sur la période ayant des données disponibles quant aux volumes prélevés pour l'irrigation.

L'analyse suivante s'efforce donc de présenter la consommation des volumes pour l'irrigation pour des années comparables avant et après début du protocole de gestion volumétrique.

Ainsi les couples retenus sont présentés dans le tableau suivant.

Tableau 26 : Années servant à l'analyse de l'incidence du protocole de gestion volumétrique.

Conditions climatiques	Avant mise en œuvre du protocole	Après mise en œuvre du protocole
Printemps sec, été sec	2002	2017 -2019
Printemps sec, été humide	2000 – 2007	2007 - 2014
Printemps humide, été sec	2006	2018

3.2.2 Analyse par secteurs de gestion

Les volumes prélevés considérés pour cette partie de l'analyse sont les volumes estivaux uniquement car ce sont les volumes mis en jeu dans le cadre de la gestion volumétrique.

3.2.2.1 Secteur Auron – Airain – Rampenne

La mise en œuvre du protocole s'est effectuée en deux temps sur ce secteur : 2007 sur les bassins Auron et Rampenne et 2009 sur le bassin Airain.

L'analyse des volumes prélevés pour l'irrigation met en évidence une rupture nette dans les consommations à partir de 2007. Cette diminution franche de la consommation est liée à la mise en place de la gestion volumétrique. Les années présentant une consommation moindre (2007 et 2014) correspondent à des années relativement humides.

Il est à noter également une très faible consommation en 2019 malgré la très faible pluviométrie. A l'opposé, cette année est à mettre en relation avec la gestion sur le territoire et notamment la gestion de crise (2 arrêts pour dépassement du débit de crise en juillet et en août).

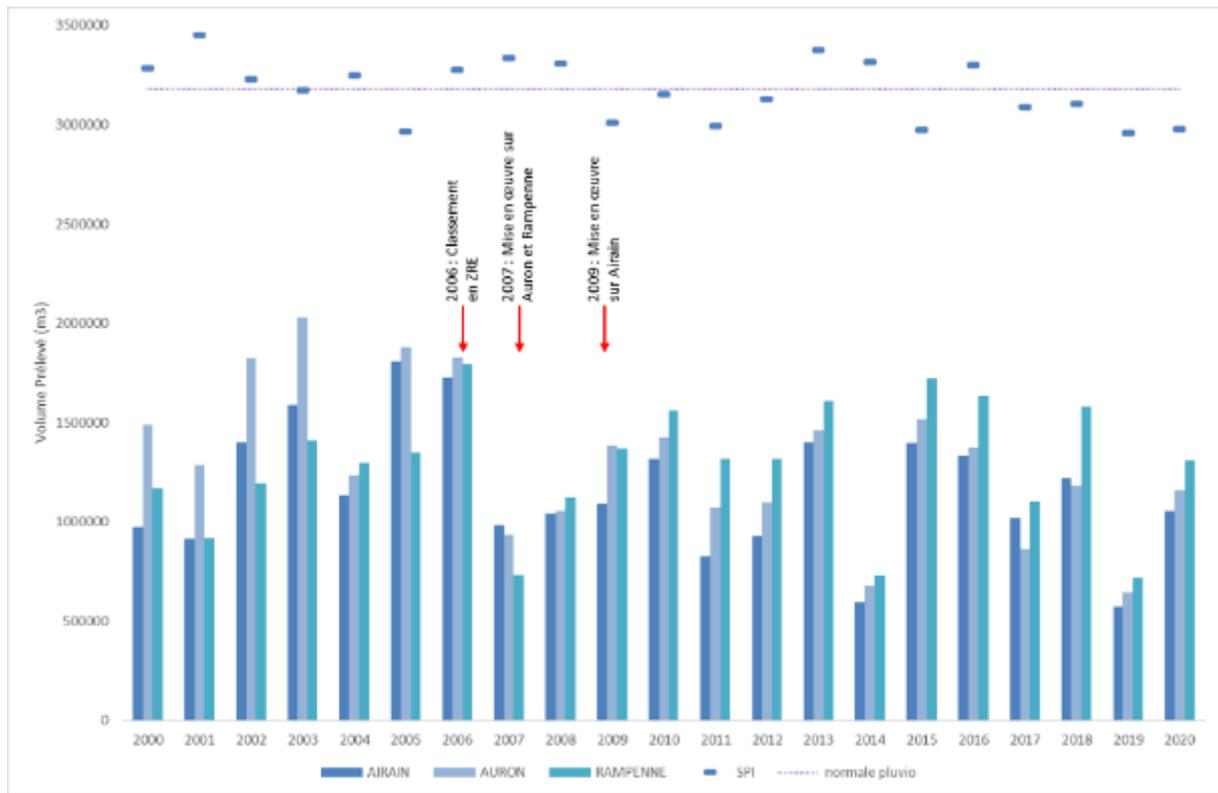


Figure 54 : Evolution des volumes consommés pour l'irrigation entre 2000 et 2020). Sur le haut du graphique figure la variation de l'IPN autour de la moyenne de pluviométrie afin d'indiquer les conditions climatiques dans lesquelles ces prélèvements ont été effectués.

➤ Printemps sec / été sec

Les années considérées sont donc les années 2002 et 2017 avec un ajout de l'année 2019 (particulièrement sèche). La pluviométrie entre les années 2002 et 2017 est comparable avec cependant une précipitation plus importante sur la fin de l'année 2002.

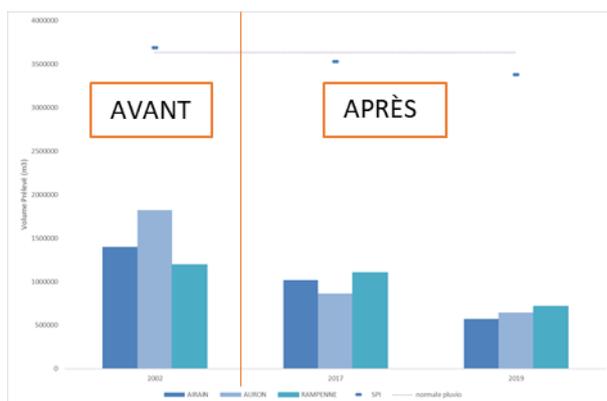


Figure 55 : Comparaison des volumes prélevés pour les années avec printemps sec et été sec.

L'analyse fait ressortir une diminution importante du volume prélevé pour l'irrigation entre les deux périodes. Cette diminution est très importante sur le bassin de l'Airain et l'Auron (-27% et -53%) et moindre sur le bassin de la Rampenne (-8%).

L'année 2019 met en évidence une consommation nettement inférieure à l'année pré-protocole mais également à l'année 2017 (respectivement -59%, -65% et -40% entre 2002 et 2019).

➤ Printemps sec / été humide

Les années considérées sont donc les années 2000, 2007 et 2014. La pluviométrie entre ces différentes années est comparable.



Figure 56 : Comparaison des volumes prélevés pour les années avec printemps sec et été humide.

L'analyse fait ressortir une diminution importante du volume prélevé pour l'irrigation entre les deux périodes. Une première diminution est observée entre les années 2000 et 2007, pouvant être expliquée par la mise en œuvre du protocole sur les bassins Auron et Rampenne dès 2007. En effet, la consommation sur ces deux bassins est en nette diminution (-37% et -38%). Parallèlement, la consommation sur Airain est semblable.

La diminution de la consommation s'accroît pour l'année 2014 pour les 3 bassins (-39% pour Airain, -54% pour Auron et -38% pour Rampenne).

➤ Printemps humide / été sec

Les années considérées sont donc les années 2006 et 2018. La pluviométrie entre ces différentes années est légèrement différente. La différence saisonnière possède une amplitude plus importante avec un mois de mars humide et un mois de juin sec.



Figure 57 : Comparaison des volumes prélevés pour les années avec printemps humide et été sec.

Une diminution nette est observée sur les bassins de l'Airain et de l'Auron (-29% et -35%), elle est moindre pour le bassin de la Rampenne (-12%).

3.2.2.2 Secteur Yèvre amont

La mise en œuvre du protocole s'est effectuée en 2009 sur le bassin Yèvre amont.

Contrairement aux observations sur les bassins versants Auron-Airain-Rampenne, l'analyse des volumes prélevés pour l'irrigation ne met pas en évidence de rupture nette dans les consommations à partir de la mise en œuvre du protocole de gestion volumétrique.

Les années présentant une consommation moindre (2007 et 2014) correspondent à des années relativement humides.

Les années les plus humides (2007 et 2014) présente des consommations nettement inférieures.

Il est à noter également une faible consommation en 2019 et en 2020 compte-tenu des conditions climatiques. Cette consommation est à mettre en relation avec la gestion sur le territoire et notamment la gestion de crise (2 arrêtés pour dépassement du débit de crise en juillet et en août pour chacune de ces années).

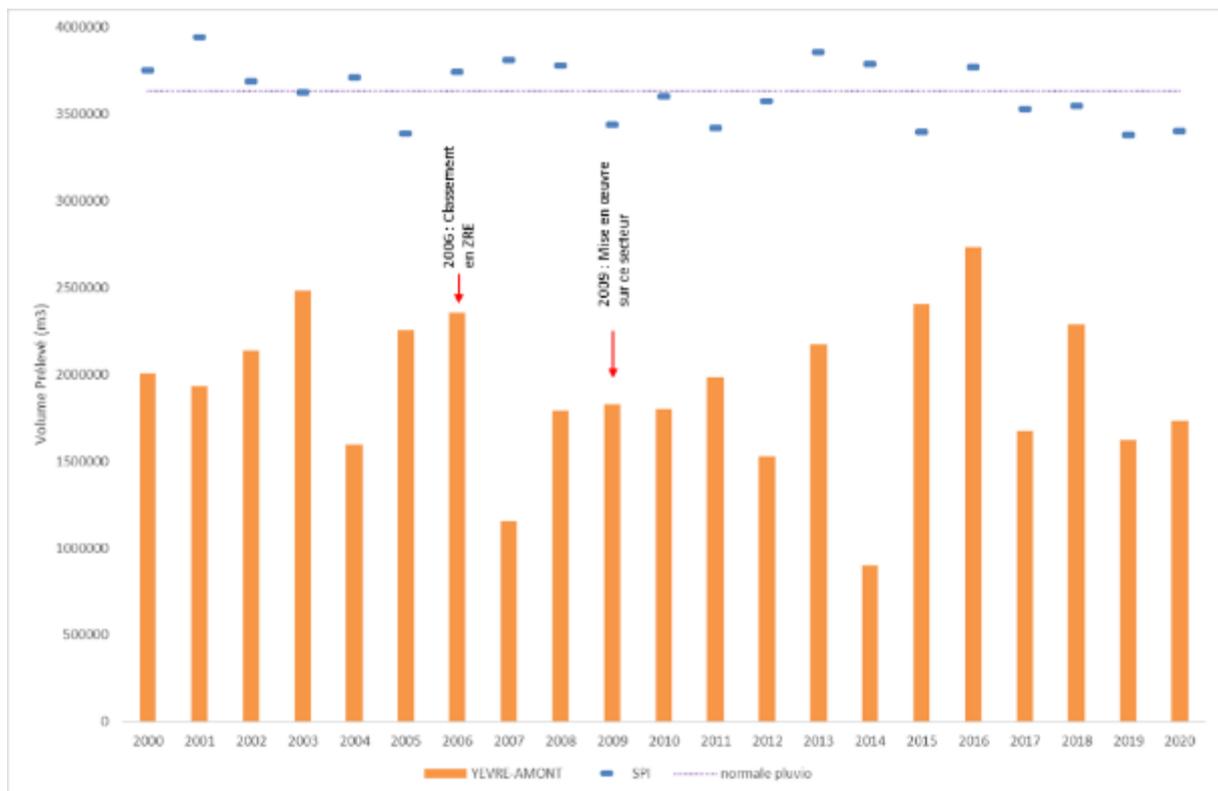


Figure 58 : Evolution des volumes consommés pour l'irrigation entre 2000 et 2020). Sur le haut du graphique figure la variation de l'IPN autour de la moyenne de pluviométrie afin d'indiquer les conditions climatiques dans lesquelles ces prélèvements ont été effectués.

➤ Printemps sec / été sec

Les années considérées sont donc les années 2002 et 2017 avec un ajout de l'année 2019 (particulièrement sèche). La pluviométrie entre les années 2002 et 2017 est comparable avec cependant une précipitation plus importante sur la fin de l'année 2002.

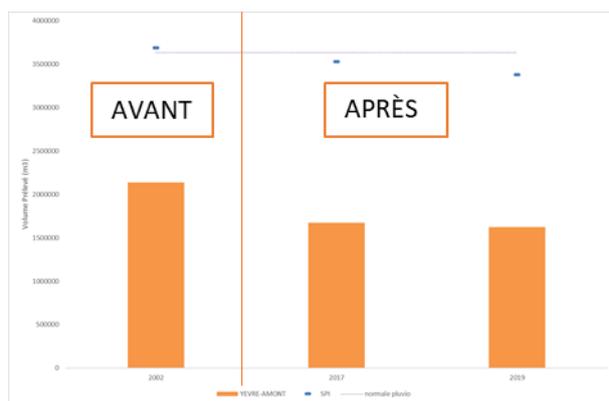


Figure 59 : Comparaison des volumes prélevés pour les années avec printemps sec et été sec.

L'analyse fait ressortir une diminution du volume prélevé pour l'irrigation entre les deux périodes (-22%).

L'année 2019 met en évidence une consommation nettement inférieure à l'année pré-protocole mais également en deçà de l'année 2017 (-24% entre 2002 et 2019).

➤ Printemps sec / été humide

Les années considérées sont donc les années 2000, 2007 et 2014. La pluviométrie entre ces différentes années est comparable.

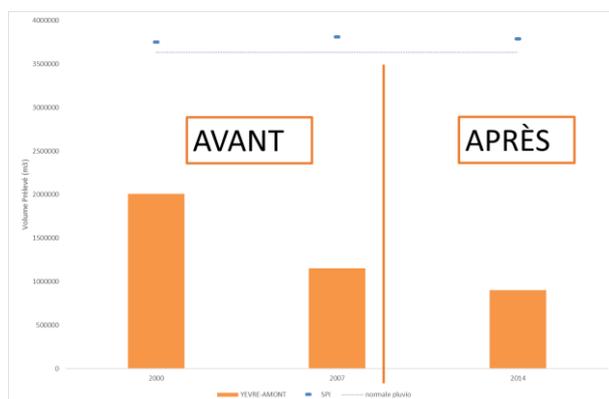


Figure 60 : Comparaison des volumes prélevés pour les années avec printemps sec et été humide.

L'analyse fait ressortir une diminution importante du volume prélevé pour l'irrigation entre ces trois années. Une première diminution est observée entre les années 2000 et 2007 (-43%). Le bassin Yèvre amont n'est pas encore soumis à la gestion volumétrique. L'année 2007 présente une pluviométrie importante au mois de mai comparativement à l'année 2000 où les précipitations interviennent en juillet.

La diminution de la consommation s'accroît pour l'année 2014 (-55%).

➤ Printemps humide / été sec

Les années considérées sont donc les années 2006 et 2018. La pluviométrie entre ces différentes années est légèrement différente. La différence saisonnière possède une amplitude plus importante avec un mois de mars humide et un mois de juin sec.

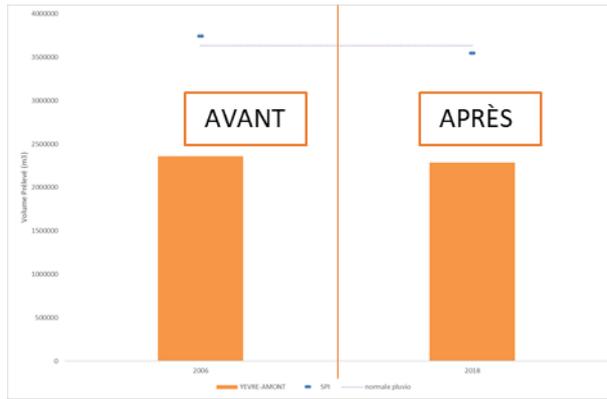


Figure 61 : Comparaison des volumes prélevés pour les années avec printemps humide et été sec.

Une très légère diminution du volume prélevé est observé sur ce secteur entre la période pré-protocole et l'année soumise à gestion volumétrique (-3%).

3.2.2.3 Secteur Colin – Ouatier – Langis

La mise en œuvre du protocole s'est effectuée en 2007 sur le secteur Colin – Ouatier – Langis.

L'analyse des volumes prélevés pour l'irrigation met en évidence une rupture nette dans les consommations à partir de 2007. Cette diminution franche de la consommation est liée à la mise en place de la gestion volumétrique. Les années présentant une consommation moindre (2007 et 2014) correspondent à des années relativement humides.

Il est à noter également une très faible consommation en 2019 malgré la très faible pluviométrie. A l'opposé, cette année est à mettre en relation avec la gestion sur le territoire et notamment la gestion de crise (2 arrêtés pour dépassement du débit de crise en juillet et en août).

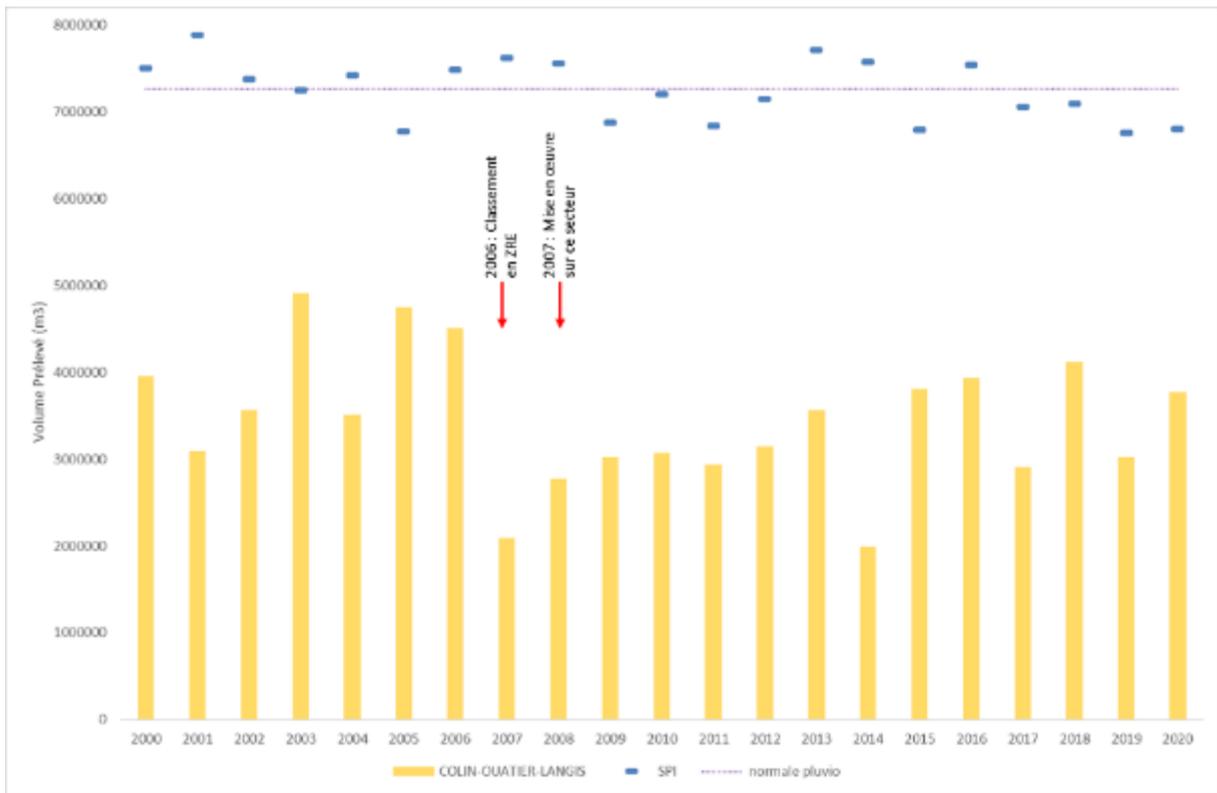


Figure 62 : Evolution des volumes consommés pour l'irrigation entre 2000 et 2020). Sur le haut du graphique figure la variation de l'IPN autour de la moyenne de pluviométrie afin d'indiquer les conditions climatiques dans lesquelles ces prélèvements ont été effectués.

➤ Printemps sec / été sec

Les années considérées sont donc les années 2002 et 2017 avec un ajout de l'année 2019 (particulièrement sèche). La pluviométrie entre les années 2002 et 2017 est comparable avec cependant une précipitation plus importante sur la fin de l'année 2002.

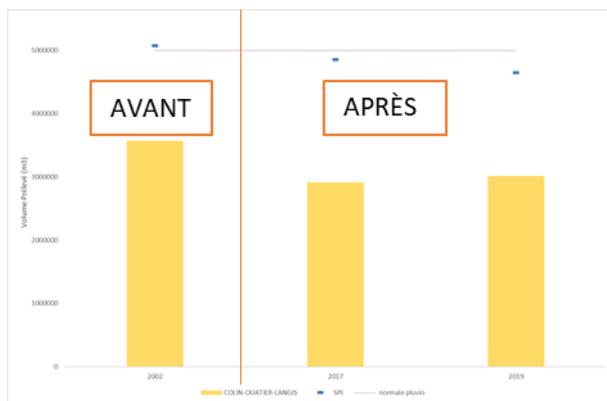


Figure 63 : Comparaison des volumes prélevés pour les années avec printemps sec et été sec.

L'analyse fait ressortir une diminution du volume prélevé pour l'irrigation entre les deux périodes (-18%).

L'année 2019 met en évidence une consommation nettement inférieure à l'année pré-protocole mais correspondant à l'année 2017.

➤ Printemps sec / été humide

Les années considérées sont donc les années 2000, 2007 et 2014. La pluviométrie entre ces différentes années est comparable.

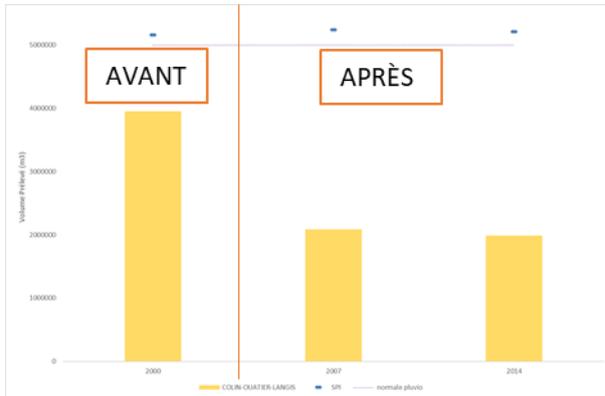


Figure 64 : Comparaison des volumes prélevés pour les années avec printemps sec et été humide.

L'analyse fait ressortir une diminution importante du volume prélevé pour l'irrigation entre les deux périodes (-47%). Une première diminution est observée entre les années 2000 et 2007, pouvant être expliqué par la mise en œuvre du protocole.

La diminution de la consommation se maintien pour l'année 2014 (-50%).

➤ Printemps humide / été sec

Les années considérées sont donc les années 2006 et 2018. La pluviométrie entre ces différentes années est légèrement différente. La différence saisonnière possède une amplitude plus importante avec un mois de mars humide et un mois de juin sec.

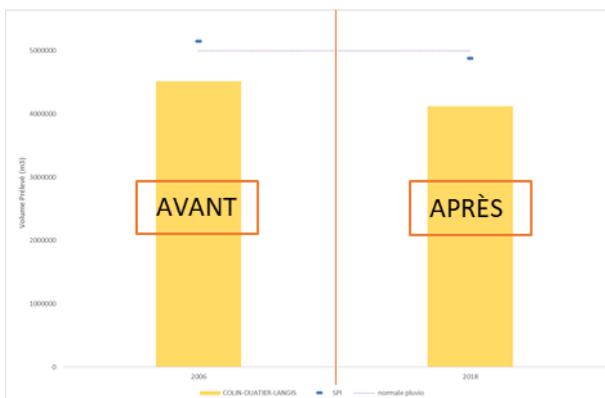


Figure 65 : Comparaison des volumes prélevés pour les années avec printemps humide et été sec.

Une diminution est observée entre les deux années (-9%). Cette diminution est moindre que pour les autres typologies climatiques

3.2.2.4 Secteur Yèvre aval

La mise en œuvre du protocole s'est effectuée en 2011 sur le secteur Yèvre aval.

L'analyse des volumes prélevés pour l'irrigation met en évidence une rupture nette dans les consommations à partir de 2007. Cette diminution franche de la consommation n'est liée à la mise en œuvre du protocole car celle-ci n'intervient qu'en 2011 pour ce secteur. Une possible explication est la publication par le SAGE de l'étude sur les volumes prélevables agricoles, peut-être que ce travail local a eu un effet de prise de conscience, avant même une application « réglementaire ». L'année présentant une consommation moindre (2007) correspond à une année humide.

Il est à noter également une très forte consommation en 2015 correspondant à une année globalement sèche.

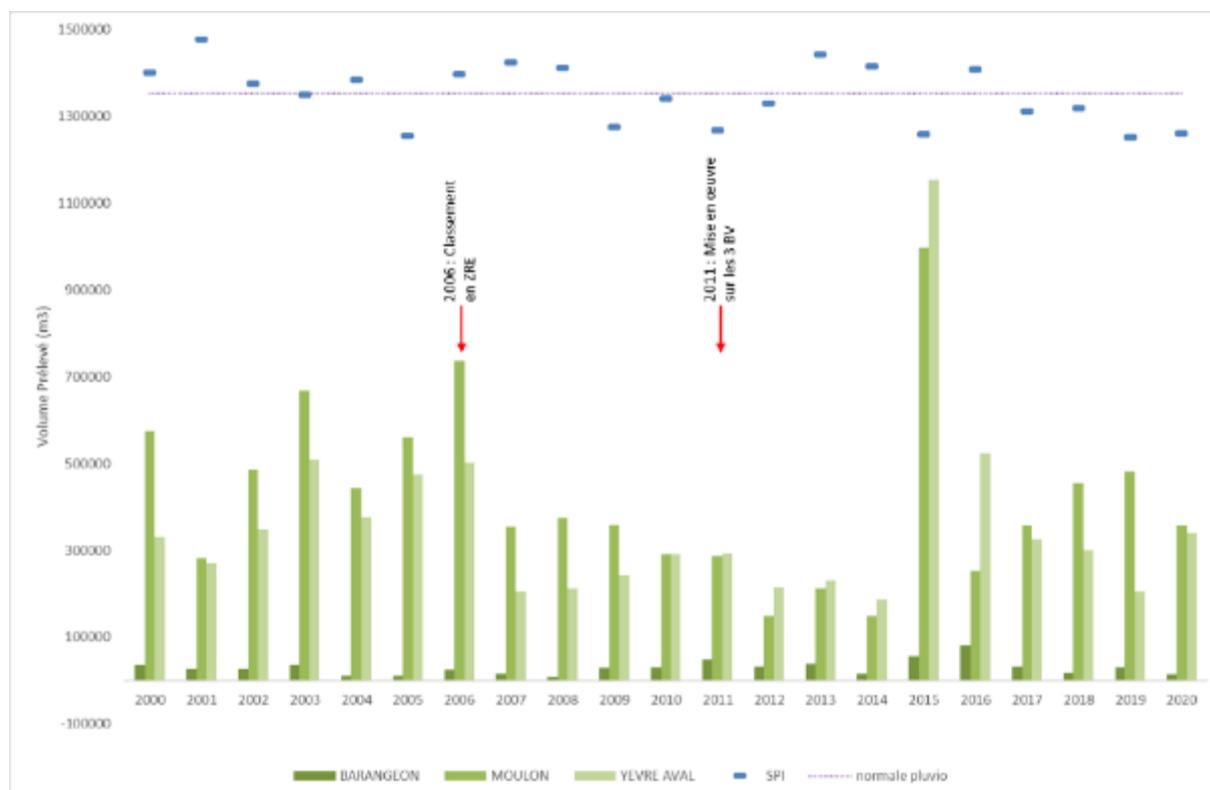


Figure 66 : Evolution des volumes consommés pour l'irrigation entre 2000 et 2020). Sur le haut du graphique figure la variation de l'IPN autour de la moyenne de pluviométrie afin d'indiquer les conditions climatiques dans lesquelles ces prélèvements ont été effectués.

➤ Printemps sec / été sec

Les années considérées sont donc les années 2002 et 2017 avec un ajout de l'année 2019 (particulièrement sèche). La pluviométrie entre les années 2002 et 2017 est comparable avec cependant une précipitation plus importante sur la fin de l'année 2002.

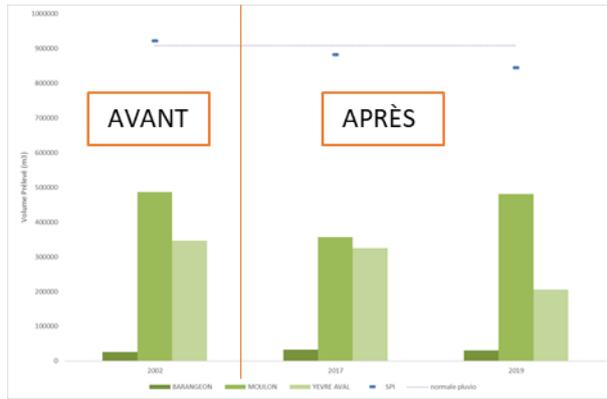


Figure 67 : Comparaison des volumes prélevés pour les années avec printemps sec et été sec.

L'analyse fait ressortir une diminution du volume prélevé pour l'irrigation entre les deux périodes. Cette diminution est importante sur les bassins du Moulon et de l'Yèvre aval (-27% et -6%).

L'année 2019 met en évidence une consommation inférieure à l'année pré-protocole mais également à l'année 2017 pour le bassin de l'Yèvre amont. Il est important de préciser que l'année 2019 fait l'objet sur ce secteur de 2 arrêtés de crise (juillet et août) et donc d'un arrêt des prélèvements.

Parallèlement, sur le secteur du Moulon⁶, la consommation 2019 est en hausse comparativement à 2017 mais reste inférieure à 2002.

Aucune variation nette n'est visible pour les consommations sur le bassin du Barangeon. La tendance serait même à une légère hausse.

➤ Printemps sec / été humide

Les années considérées sont donc les années 2000, 2007 et 2014. La pluviométrie entre ces différentes années est comparable.

⁶ Il est important de rappeler que la gestion sur le bassin du Moulon est un peu différente du fait de la présence de beaucoup d'arboriculteurs. Ainsi, la lutte anti-gel par aspersion peut parfois intervenir après le 31 mars (normalement les volumes consommés sont comptabilisés en volume hiver même après cette date)



Figure 68 : Comparaison des volumes prélevés pour les années avec printemps sec et été humide.

L'analyse fait ressortir une diminution importante du volume prélevé pour l'irrigation entre les deux périodes. Une première diminution est observée entre les années 2000 et 2007 (-55% pour le Barangeon, -38% pour le Moulon et -38% pour Yèvre aval).

La diminution de la consommation s'accroît pour l'année 2014 pour les 3 bassins.

➤ Printemps humide / été sec

Les années considérées sont donc les années 2006 et 2018. La pluviométrie entre ces différentes années est légèrement différente. La différence saisonnière possède une amplitude plus importante avec un mois de mars humide et un mois de juin sec.

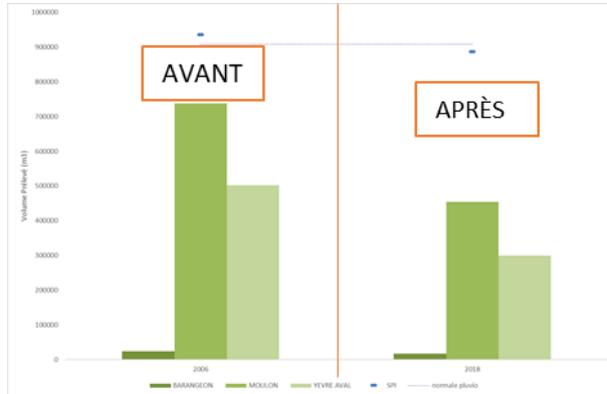


Figure 69 : Comparaison des volumes prélevés pour les années avec printemps humide et été sec.

Une diminution nette est observée sur les bassins du Barangeon, du Moulon et de l'Yèvre aval (-30%, -38% et -40%).

3.2.3 Éléments de synthèse

Pour l'ensemble des 4 secteurs considérés, une diminution des consommations est observée au cours du temps. Cette diminution montre un point de départ au cours de l'année 2007.

Globalement la baisse des consommations s'accroît suite à la mise en place du protocole de gestion volumétrique quel que soit le secteur concerné pour les années présentant un printemps et un été sec mais également un printemps sec et un été plus humide.

Les résultats sont un peu plus contrastés pour les différents bassins dès lors que le printemps est humide et l'été sec.

Il semble donc que le protocole accentue plus la baisse de consommation pour des printemps secs. Dans la majorité des cas, les printemps secs correspondent à des hivers relativement secs également, perturbant ainsi la recherche de la nappe et pouvant entraîner une réduction suite au franchissement du niveau piézométrique en début de campagne.

Toutefois, le franchissement du niveau piézométrique n'est pas un élément de gestion sur le secteur Yèvre aval et celui-ci présente tout de même une diminution des volumes. Ce point tend donc à mettre en avant que la diminution globale des volumes consommés est en lien avec l'ensemble du protocole de gestion volumétrique.

3.3 Effet du protocole sur les conditions agronomiques

L'évolution des conditions agronomiques est difficilement appréhendable du fait de la faible quantité de données disponibles sur le sujet.

Les données existantes ne permettent pas de réaliser une étude de l'évolution des rendements et tonnage produit pour les cultures cibles.

En effet, les données disponibles sont les données de l'AGRESTE concernant les rendements des principales cultures à l'échelle départementale. Toutefois, le territoire sous protocole de gestion volumétrique est nettement plus limité. Cette exploitation de données n'est donc pas pertinente.

En parallèle, des données sont disponibles issues du Contrat Territorial du Porche. Cependant ces données correspondent uniquement à 9 exploitations agricoles faisant du maïs sur 20 parcelles. Il est donc impossible de d'extrapoler ces données pour l'ensemble du SAGE Yèvre-Auron.

Enfin, la FDGEDA possède un retour d'une trentaine d'adhérents par an (sur les 700 adhérents et les 3000 agriculteurs du Cher). Là encore, aucune information ne peut être utile.

Ainsi, la présente analyse repose essentiellement sur l'évolution des assolements.

Il est toutefois important de noter que selon les entretiens réalisés, il ressort différents points d'un point de vue qualitatif :

- ✓ Le protocole favorise la mise en place de cultures de printemps et permet de s'adapter à l'état de la nappe. Cependant, les semences sont déjà achetées en décembre donc il n'est plus possible d'adapter l'assolement en avril, les agriculteurs vont plutôt choisir de ne pas irriguer certaines parcelles
- ✓ Il existe un effet :
 - ▬ sur les assolements : réduction de la sole de maïs au profit de cultures irriguées de printemps, également recherche de diversification des assolements vers des cultures moins consommatrices (sorgho, millet, légumineuses, ...), mais les débouchés sont encore trop peu nombreux (cultures sous contrats en l'état).
 - ▬ sur l'équipement : modernisation du matériel (installation de pivots permettant d'être plus fins au niveau des doses), technicité accrue (apporter l'eau en bonne quantité au bon moment), rationalisation des coûts énergétiques.

3.3.1 Analyse par secteurs de gestion

L'analyse de l'évolution des assolements a été réalisée à partir des données du Registre Parcellaire Graphique (RPG) entre les années 2010 et 2019.

La présentation de l'évolution de l'assolement pour les 4 secteurs du territoire ne concerne que certaines cultures préalablement choisies avec le Maître d'ouvrage. Ainsi, les cultures repères sont :

- ✓ Le blé tendre,

- ✓ Le colza,
- ✓ Le maïs grain et ensilage
- ✓ L'orge

3.3.1.1 Secteur Auron – Airain – Rampenne

L'évolution des assolements sur le secteur Auron – Airain – Rampenne montre une baisse de la surface en blé tendre (majoritairement une culture d'hiver) et du colza au profit notamment d'une augmentation de la superficie en orge.

Il est à noter que la part de Surface Agricole Utile occupée par le maïs grains et ensilage est en très légère hausse.

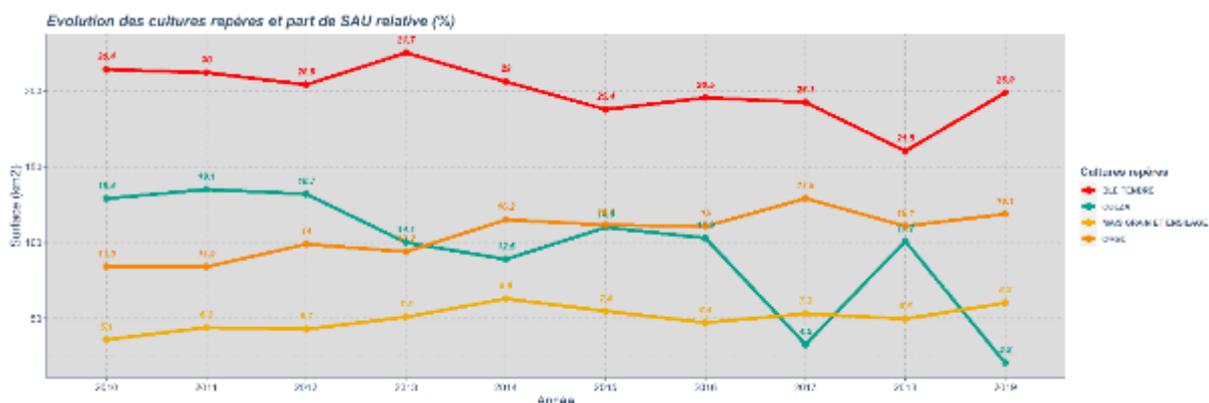


Figure 70 : Evolution entre 2010 et 2019 de la part de SAU relative des cultures repères

3.3.1.2 Secteur Yèvre amont

L'évolution des assolements sur le secteur Yèvre amont montre également une baisse de la surface en blé tendre et du colza au profit notamment d'une augmentation de la superficie en orge.

Il est à noter que la part de Surface Agricole Utile occupée par le maïs grains et ensilage est stable.



Figure 71 : Evolution entre 2010 et 2019 de la part de SAU relative des cultures repères

3.3.1.3 Secteur Colin – Ouatier – Langis

L'évolution des assolements sur le secteur Colin Ouatier Langis montre également une légère baisse de la surface en blé tendre et une nette diminution du colza au profit d'une augmentation de la superficie en orge.

Il est à noter que la part de Surface Agricole Utile occupée par le maïs grains et ensilage est stable.

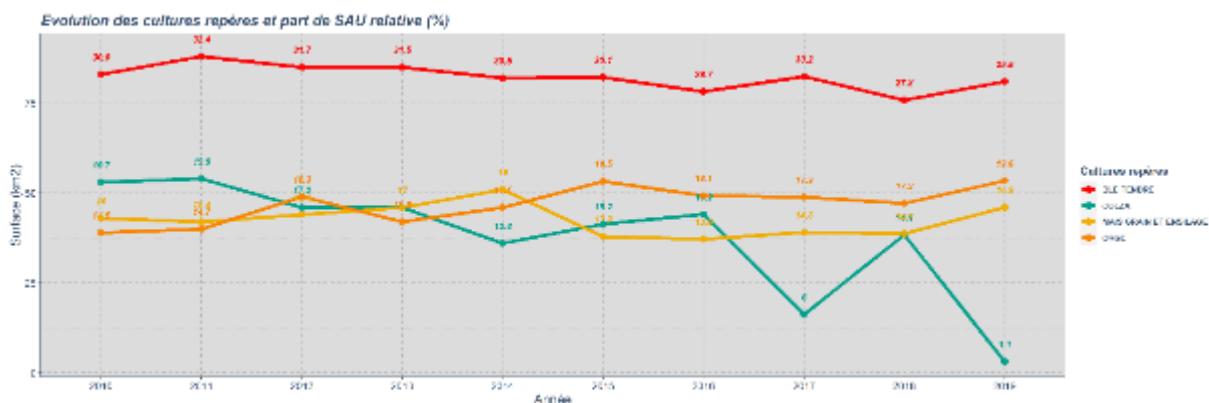


Figure 72 : Evolution entre 2010 et 2019 de la part de SAU relative des cultures repères

3.3.1.4 Secteur Yèvre aval

Tout comme les 3 secteurs précédents, l'évolution des assolements sur le secteur Yèvre aval montre également une baisse de la surface en blé tendre et une nette diminution du colza au profit d'une augmentation de la superficie en orge.

Il est à noter que la part de Surface Agricole Utile occupée par le maïs grains et ensilage est en légère hausse.

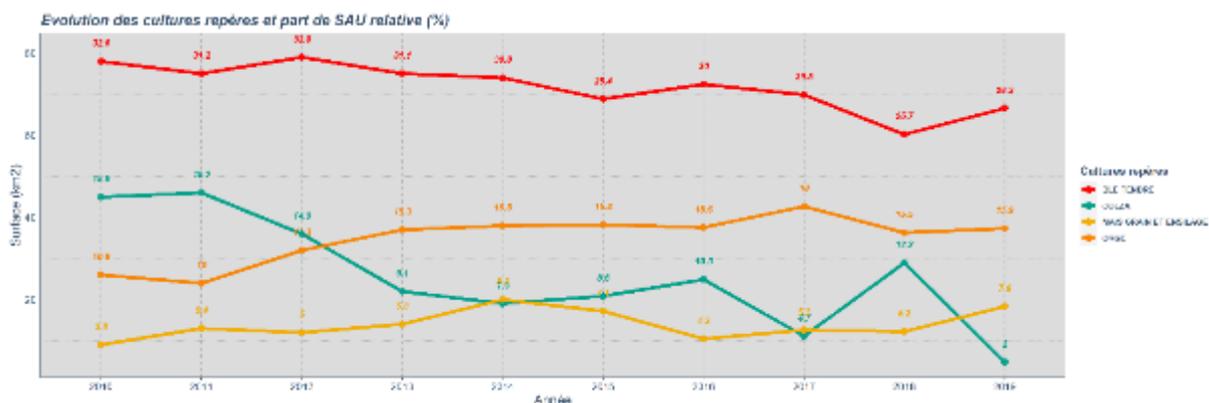


Figure 73 : Evolution entre 2010 et 2019 de la part de SAU relative des cultures repères

3.3.2 Dérogations

Concernant les pratiques agricoles, un élément d'analyse peut porter sur les dérogations accordées afin de pouvoir assurer l'irrigation et donc limiter les pertes économiques pour les irrigants.

Les données disponibles ont été fournies par la DDT du Cher et couvre la période 2009 – 2020.

Il est important de préciser que les dérogations sont limitées à un nombre très restreint de cultures ou cas particulier (fourrage, légumes, semences, ou arboricultures) qui auparavant ne faisaient l'objet d'aucune limitation.

L'analyse du nombre de dérogations a été effectuée en comparant les dérogations accordées sur le département du Cher en distinguant les dérogations sur le périmètre du SAGE et celles en dehors. Les dérogations sont de deux types :

- ✓ Dérogation suite au franchissement du débit de crise,
- ✓ Dérogation suite au franchissement du débit de seuil d'alerte.

Tableau 27 : Nombre de dérogations accordées sur la période 2008 - 2020.

Gestion volumétrique	Plan concerné	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
non	alerte	1	2	4	7	4			1		1	2	4	6
	crise	2		2	4	10			1		3	0	24	9
oui	alerte	4	4	3	10	6	1	2	2		4	5	23	30
	crise	3	10	5	18	19	1	4	9	4	19	9	41	27

Ainsi, hors protocole de gestion, 87 dérogations ont été accordées réparties pour un tiers pour le seuil d'alerte et deux tiers pour le seuil de crise.

Sur le territoire du SAGE, 263 dérogations ont été accordées selon une répartition analogue entre seuil d'alerte et seuil de crise.

La figure suivante présente cette répartition, avec notamment la forte demande en 2019, et met en évidence que systématiquement, quelles que soient les conditions climatiques plus de dérogations sont accordées sur le territoire du protocole de gestion volumétrique.

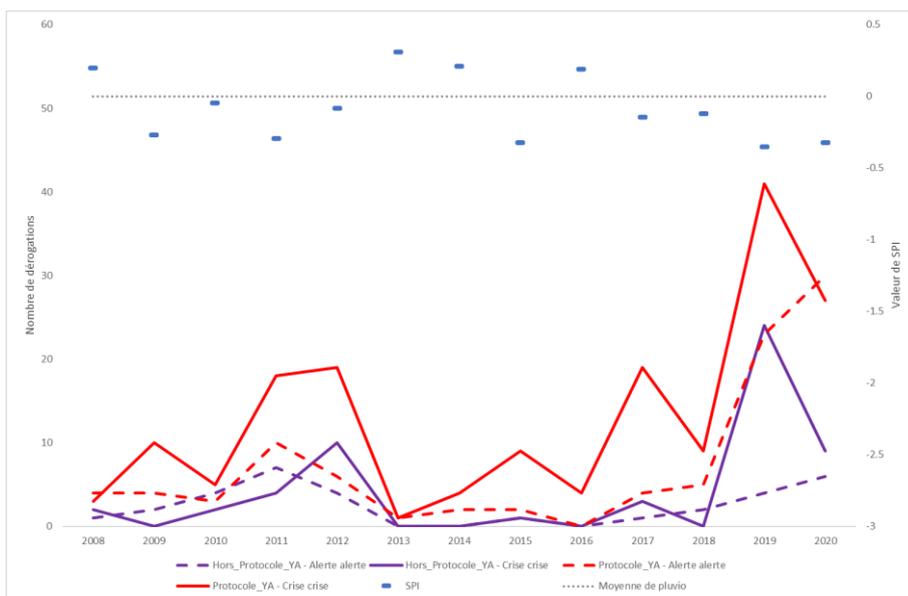
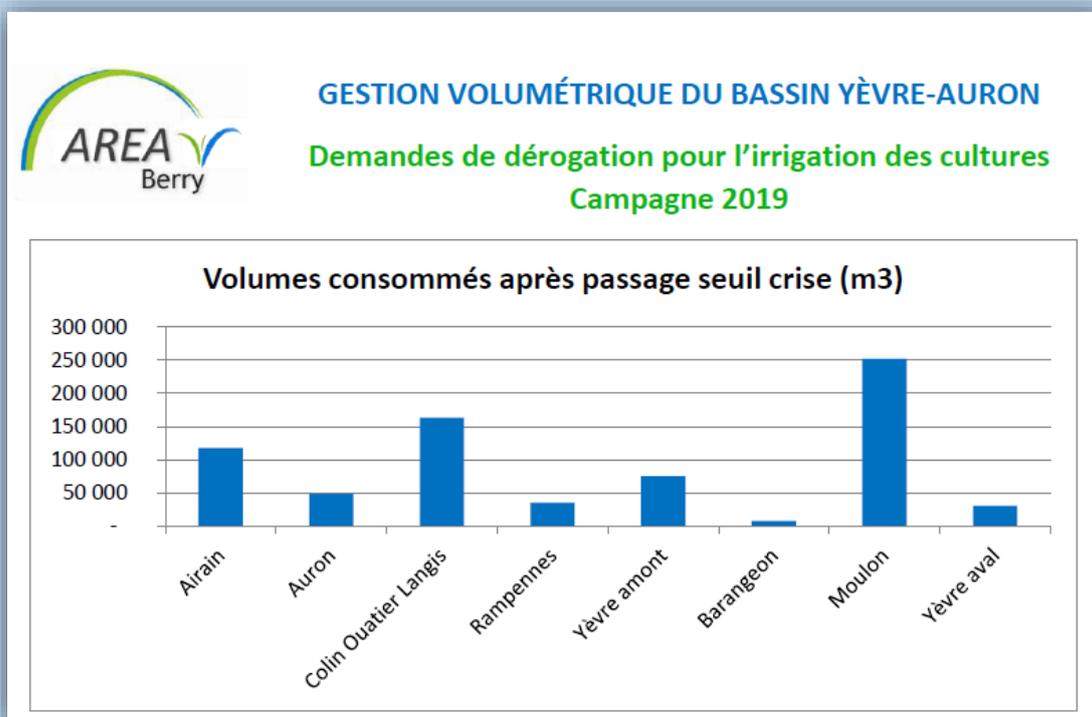


Figure 74 : Répartition des dérogations sur le département du Cher. Sur le haut du graphique figure la variation de l'IPN autour de la moyenne de pluviométrie afin d'indiquer les conditions climatiques dans lesquelles ces dérogations ont été accordées.

Toutefois, il est important de préciser que malgré les dérogations, le volume consommé après le passage de seuil de crise reste très faible. Par exemple en 2019, année présentant le plus de dérogations vis-à-vis du plan de crise (25% de l'ensemble des dérogations pour ce plan pour le territoire du SAGE), la figure suivante met en évidence cette faible consommation.



3.3.3 Éléments de synthèse

Peu de données sont disponibles afin de permettre l'analyse de l'effet du protocole sur les conditions agronomiques. Toutefois, les données du RPG ainsi que les entretiens menés permettent de mettre en avant une diversification des cultures avec notamment une diminution de la sole de colza et de blé tendre. Concernant l'équipement, il ressort des entretiens une modernisation du matériel (installation de pivots permettant d'être plus fins au niveau des doses), technicité accrue (apporter l'eau en bonne quantité au bon moment), rationalisation des coûts énergétiques.

En parallèle, il est à noter la présence de dérogations plus importante sur le territoire du protocole que sur le reste du département. Ces dérogations étant limitées à un nombre très restreint de cultures ou cas particulier (fourrage), leurs multiplications relatent une diversification des cultures et une mise en connaissance de ces cas particuliers. De plus, ces dérogations représentent de faibles volumes.

3.4 Effet du protocole de gestion volumétrique sur la ressource en eau

L'objectif principal de la gestion volumétrique sur le territoire du SAGE Yèvre Auron est de répondre à une situation de sécheresse. Ainsi, afin d'analyser les effets du protocole sur la ressource en eau, deux compartiments sont étudiés : les régimes hydrologiques et les niveaux piézométriques.

3.4.1 Analyse hydrologique : Evolution des régimes hydrologiques vis-à-vis des seuils de gestion.

L'étude de l'hydrologie repose sur l'analyse :

- ✓ D'occurrence des assecs,
- ✓ De l'évolution des débits d'étiage,
- ✓ Du respect des débits seuils.

➤ L'analyse de l'occurrence des assecs

Cette analyse est basée sur les données du réseau de l'observatoire national des étiages (ONDE) et du Réseau d'observation de crise des assecs (ROCA). Les stations d'observations sont présentées sur la cartographie suivante. Les données disponibles couvrent la période 2004-2020.

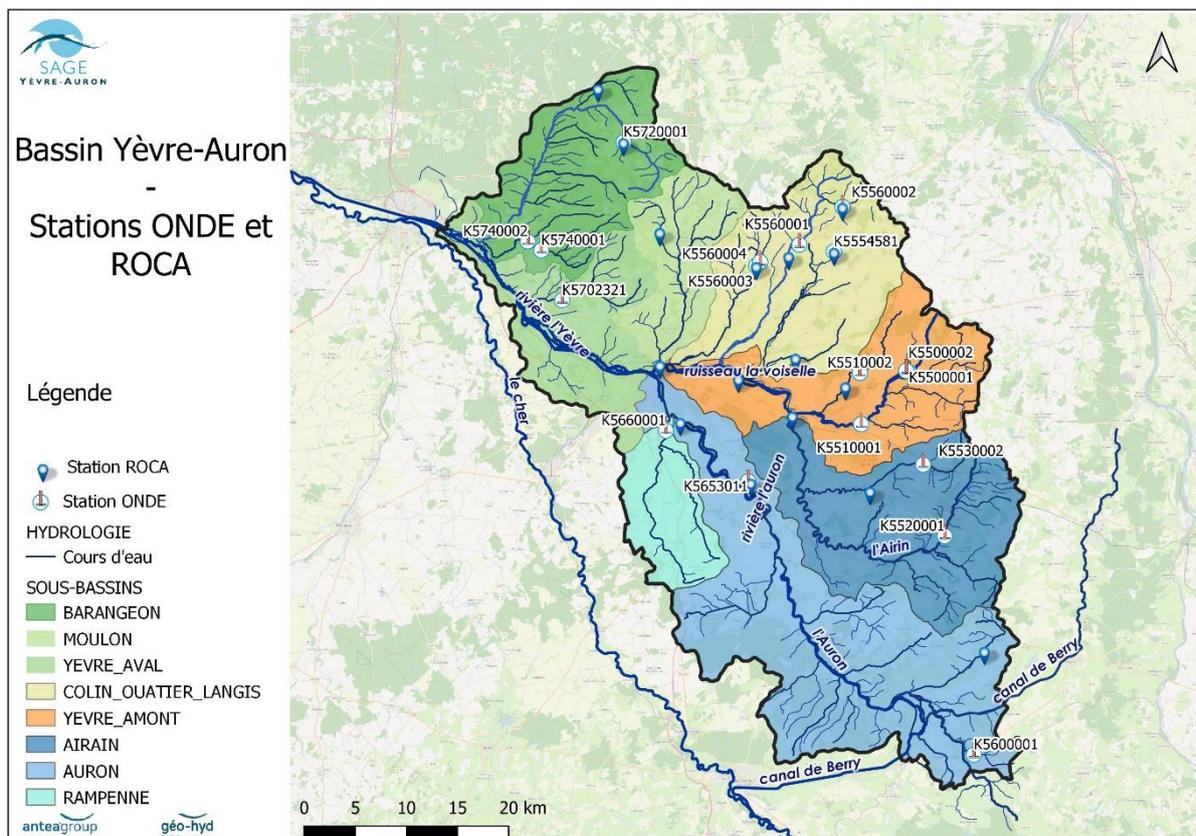


Figure 75 : Répartition des stations d'observation ONDE et ROCA sur le territoire d'étude

Il est important de noter que les stations ROCA et les stations ONDE ne sont pas les identiques. De plus, les protocoles de suivis pour ces deux réseaux de suivis diffèrent. Par conséquent, les résultats de l'analyse sont présentés par secteur et pas à l'échelle de la station. De plus, l'analyse est faite en rapportant le nombre d'observations de situation d'assec par rapport au nombre d'observations totales.

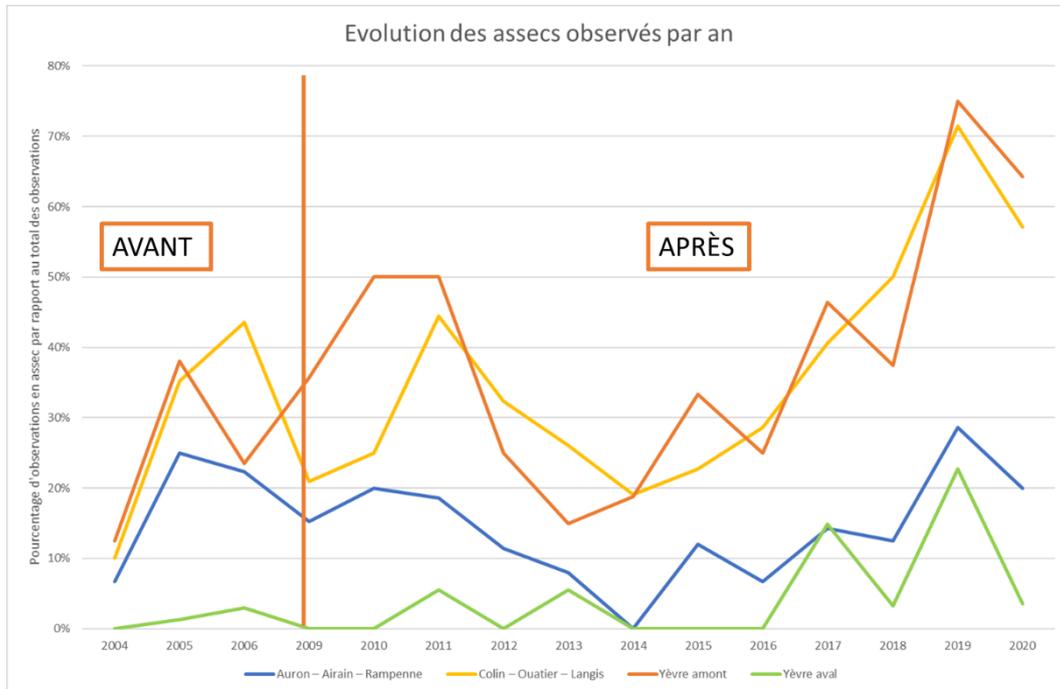


Figure 76 : Évolution du pourcentage d'observations en assec par an sur le périmètre du SAGE.

Cette analyse met en évidence un nombre important d'assecs constatés sur la période 2010-2011, puis une augmentation sur les années 2017 à 2020. Ces dernières années correspondent à des années sèches d'un point de vue météorologique. Hormis les dernières années de la chronique, exceptionnellement sèche d'un point de vue climatique, il ne se dégage pas de tendance d'évolution entre la période pré gestion volumétrique et après mise en œuvre du protocole.

3.4.1.2 Secteur Auron – Airain – Rampenne

Comme présenté dans la partie 3.1.2, la station encadrant le protocole de gestion volumétrique est la station de L'Auron à Bourges [l'Ormediot]. Les données disponibles pour cette station couvrent la période 1966 – 2020.

➤ L'évolution des débits d'étiage

L'analyse des débits d'étiage (QMNA, VCN) ne montre pas d'évolution significative entre 2000 et 2020. L'évolution des débits d'étiage sont très dépendant de la pluviométrie estivale. En effet, les années présentant les débits d'étiage les plus importants sont les années présentant des valeurs de l'IPN

élevées pour les mois de mai à août. Ce constat est identique avant et après la mise en œuvre du protocole de gestion volumétrique.

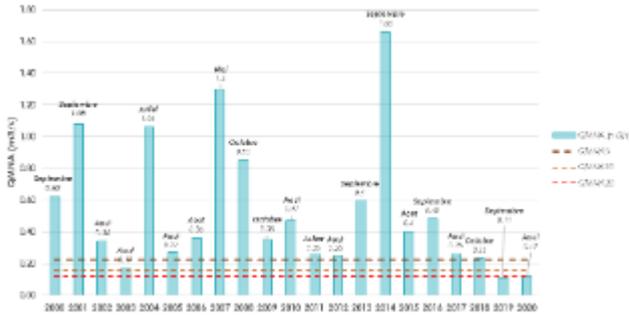


Figure 77 : Evolution entre 2000 et 2020 des QMNA vis-à-vis des débits caractéristiques de la station de L'Auron à Bourges [l'Ormediot].

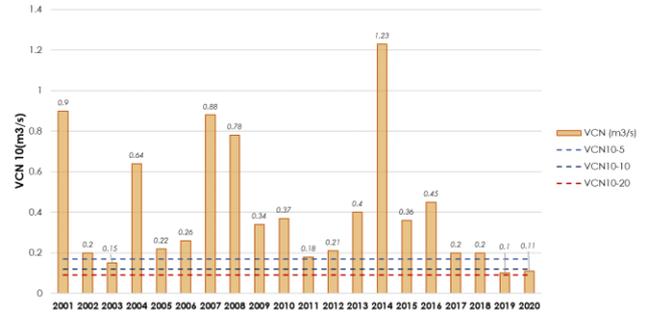


Figure 78 : Evolution entre 2000 et 2020 des VCN10 et fréquence de retour de la station de L'Auron à Bourges [l'Ormediot].

➤ Le respect des débits seuils

Les débits seuils sur l'Auron mesuré à l'Auron à Bourges [l'Ormediot] sont :

- ✓ Débit Seuil d'Alerte (DSA) : 0,42 m³/s ;
- ✓ Débit Seuil d'Alerte Renforcée (DAR) : 0,30 m³/s ;
- ✓ Débit de Crise (DCR) : 0,21 m³/s.

Les débits des cours d'eau étant très liés aux conditions météorologiques, l'analyse du respect des débits seuils est, comme l'analyse des volumes prélevés pour l'irrigation, réalisée en prenant en considération des années comparables avant et pendant la mise en œuvre du protocole de gestion volumétrique. Comme le montre la figure suivante sur l'ensemble de la chronique aucune tendance ne se dessine pour cet indicateur.

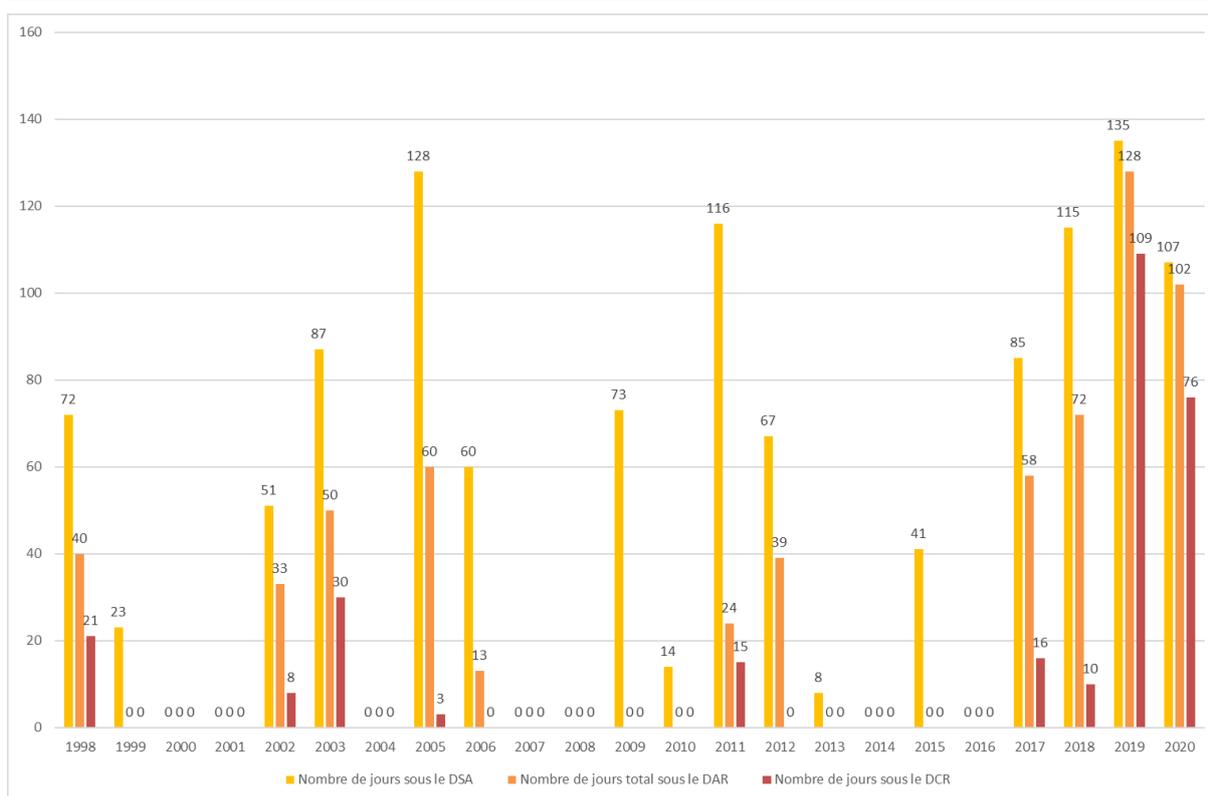


Figure 79 : Présentation du nombre de jours de franchissement des différents seuils de gestion.

Printemps sec / été sec

Les années considérées sont donc les années 2002 et 2017 avec un ajout de l'année 2019 (particulièrement sèche). La pluviométrie entre les années 2002 et 2017 est comparable avec cependant une précipitation plus importante sur la fin de l'année 2002.

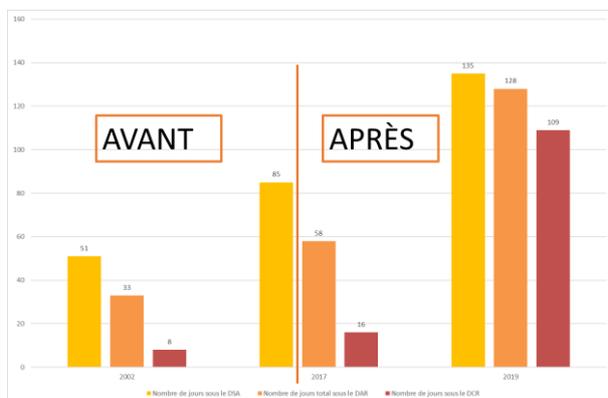


Figure 80 : Comparaison des franchissements des seuils pour les années avec printemps sec et été sec.

L'analyse fait ressortir une augmentation importante du nombre de jours de franchissement pour chacun des seuils considérés. Cette augmentation est inversement proportionnelle à la pluviométrie estivale sur ce secteur.

Printemps sec / été humide

Les années considérées sont donc les années 2000, 2007 et 2014. La pluviométrie entre ces différentes années est comparable. Aucun dépassement des différents seuils n'est observé sur ces 3 années.

Printemps humide / été sec

Les années considérées sont donc les années 2006 et 2018. La pluviométrie entre ces différentes années est légèrement différente. La différence saisonnière possède une amplitude plus importante avec un mois de mars humide et un mois de juin sec.

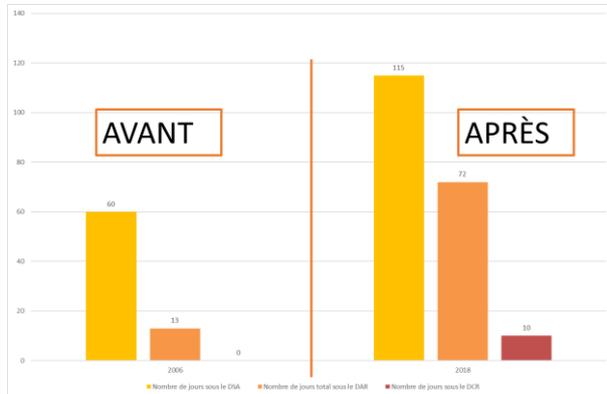


Figure 81 : Comparaison des volumes prélevés pour les années avec printemps humide et été sec.

La situation au regard des seuils de gestion est moins bonne pour l'année post mise en place du protocole de gestion volumétrique. Cette augmentation est inversement proportionnelle à la pluviométrie estivale.

3.4.1.3 Secteur Yèvre amont

Comme présenté dans la partie 3.1.2, la station encadrant le protocole de gestion volumétrique est la station de l'Yèvre à Savigny-en-Septaine. Les données disponibles pour cette station couvrent la période 1996 – 2020.

➤ L'évolution des débits d'étiage

L'analyse des débits d'étiage (QMNA, VCN) ne montre pas d'évolution significative entre 2000 et 2020.

L'évolution des débits d'étiage sont très dépendant de la pluviométrie estivale. En effet, les années présentant les débits d'étiage les plus importants sont les années présentant des valeurs de l'IPN élevées pour les mois de mai à août. Ce constat est identique avant et après la mise en œuvre du protocole de gestion volumétrique.

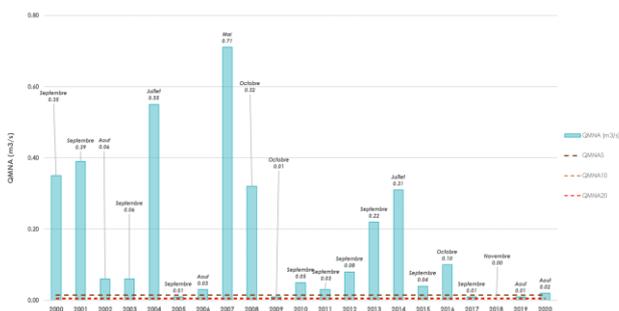


Figure 82 : Evolution entre 2000 et 2020 des QMNA vis-à-vis des débits caractéristiques de la station l'Yèvre à Savigny-en-Septaine.

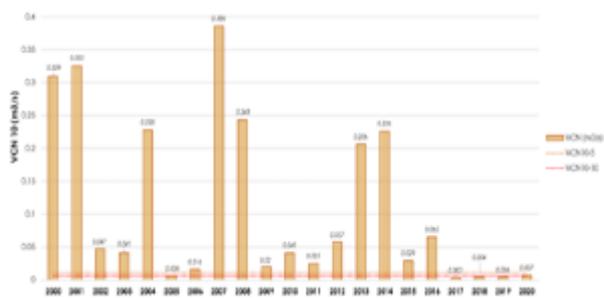


Figure 83 : Evolution entre 2000 et 2020 des VCN10 et fréquence de retour de la station de l'Yèvre à Savigny-en-Septaine.

Le respect des débits seuils

Les débits seuils sur l'Yèvre à Savigny-en-Septaine sont :

- ✓ Débit Seuil d'Alerte (DSA) : 0,12 m³/s ;
- ✓ Débit Seuil d'Alerte Renforcée (DAR) : 0,07 m³/s ;
- ✓ Débit de Crise (DCR) : 0,04 m³/s.

Les débits des cours d'eau étant très liés aux conditions météorologiques, l'analyse du respect des débits seuils est, comme l'analyse des volumes prélevés pour l'irrigation, réalisée en prenant en considération des années comparables avant et pendant la mise en œuvre du protocole de gestion volumétrique. Comme le montre la figure suivante sur l'ensemble de la chronique aucune tendance ne se dessine pour cet indicateur.

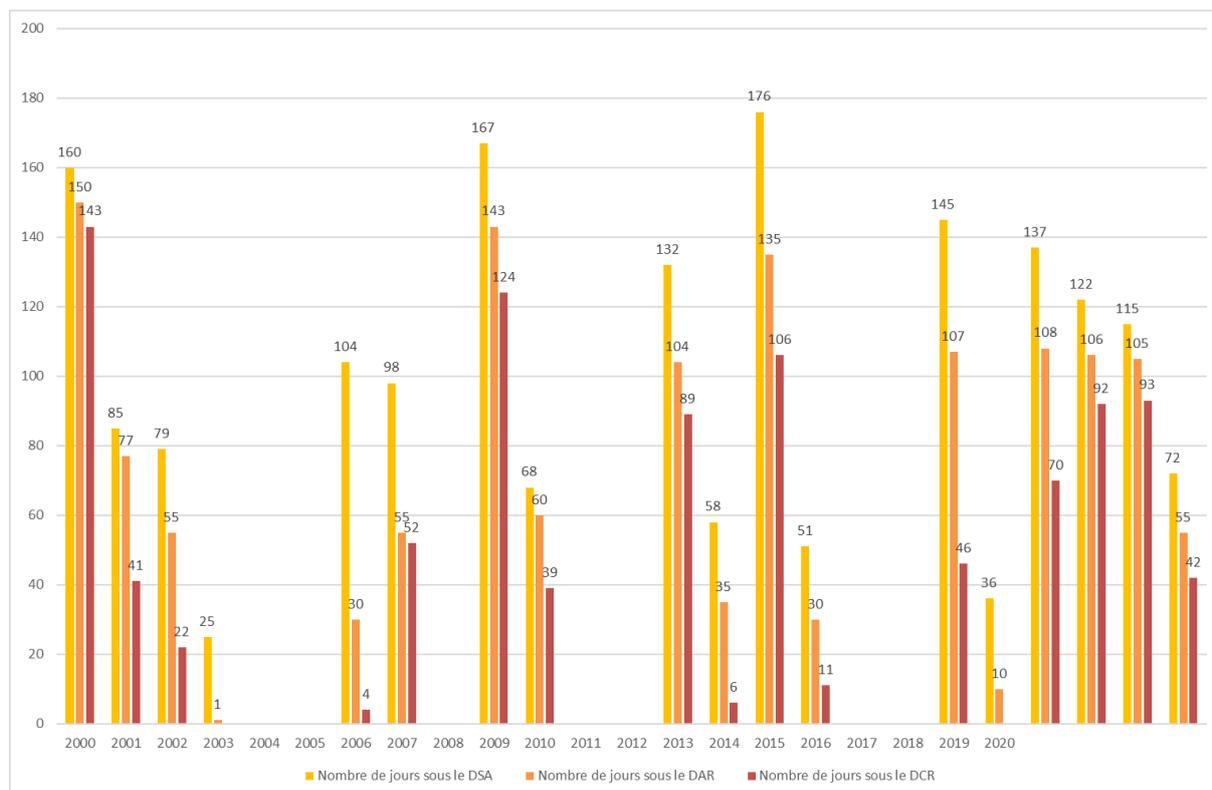


Figure 84 : Présentation du nombre de jours de franchissement des différents seuils de gestion.

Printemps sec / été sec

Les années considérées sont donc les années 2002 et 2017 avec un ajout de l'année 2019 (particulièrement sèche). La pluviométrie entre les années 2002 et 2017 est comparable avec cependant une précipitation plus importante sur la fin de l'année 2002.

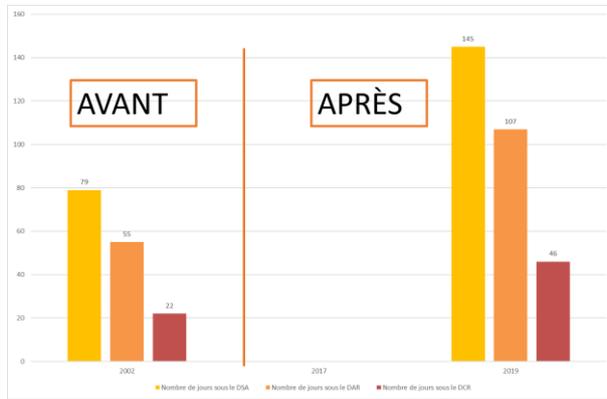


Figure 85 : Comparaison des franchissements des seuils pour les années avec printemps sec et été sec.

L'analyse fait ressortir une augmentation importante du nombre de jours de franchissement pour chacun des seuils considérés pour l'année 2019. Pour l'année 2017, aucun dépassement de seuil n'est observé

Printemps sec / été humide

Les années considérées sont donc les années 2000, 2007 et 2014. La pluviométrie entre ces différentes années est comparable.

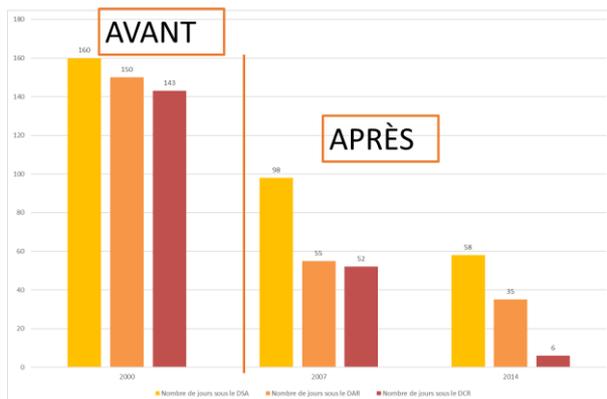


Figure 86 : Comparaison des franchissements des seuils pour les années avec printemps sec et été humide.

L'analyse fait ressortir une diminution des franchissements 3 seuils de gestions entre 2000 et 2014. Ce respect accru des seuils peut s'expliquer en partie par la mise en œuvre du protocole de gestion volumétrique et en partie par la pluviométrie. En effet, les conditions climatiques sur ces années sont similaires avec un IPN global toutefois plus élevé pour l'année 2014.

Printemps humide / été sec

Les années considérées sont donc les années 2006 et 2018. La pluviométrie entre ces différentes années est légèrement différente. La différence saisonnière possède une amplitude plus importante avec un mois de mars humide et un mois de juin sec.

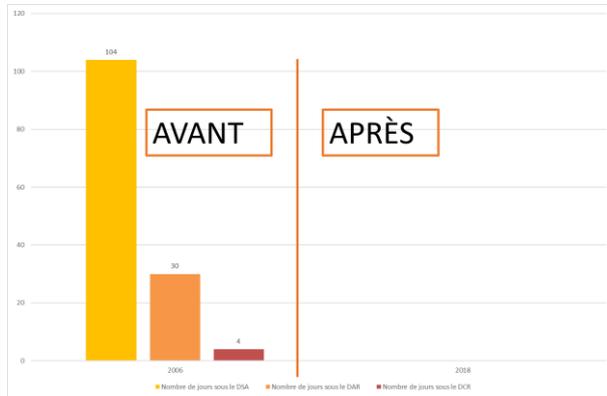


Figure 87 : Comparaison des volumes prélevés pour les années avec printemps humide et été sec.

La situation au regard des seuils de gestion est meilleure pour l'année post mise en place du protocole de gestion volumétrique, avec aucun franchissement de seuil pour ce secteur.

3.4.1.4 Secteur Colin – Ouatier – Langis

Comme présenté dans la partie 3.1.2, la station encadrant le protocole de gestion volumétrique est la station de l'Ouatier à Moulins-sur-Yèvre - Maubranche. Les données disponibles pour cette station couvrent la période 2004 – 2020.

➤ L'évolution des débits d'étiage

L'analyse des débits d'étiage (QMNA, VCN) ne montre pas d'évolution significative entre 2004 et 2020.

L'évolution des débits d'étiage sont très dépendant de la pluviométrie estivale. En effet, les années présentant les débits d'étiage les plus importants sont les années présentant des valeurs de l'IPN élevées pour les mois de mai à août. Ce constat est identique avant et après la mise en œuvre du protocole de gestion volumétrique.

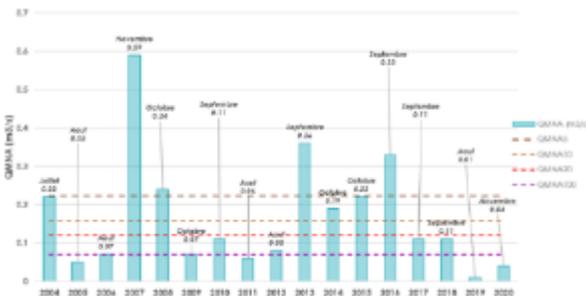


Figure 88 : Evolution entre 2004 et 2020 des QMNA vis-à-vis des débits caractéristiques de la station de l'Ouatier à Moulins-sur-Yèvre - Maubranche.

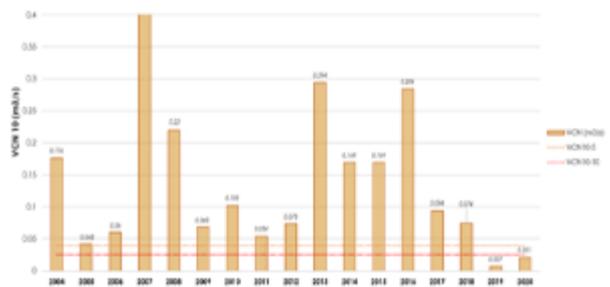


Figure 89 : Evolution entre 2004 et 2020 des VCN10 et fréquence de retour de la station de l'Ouatier à Moulins-sur-Yèvre - Maubranche.

➤ Le respect des débits seuils

Les débits seuils sur l'Ouatier à Moulins-sur-Yèvre - Maubranches sont :

- ✓ Débit Seuil d'Alerte (DSA) : 0,18 m³/s ;
- ✓ Débit Seuil d'Alerte Renforcée (DAR) : 0,12 m³/s ;
- ✓ Débit de Crise (DCR) : 0,06 m³/s.

Les débits des cours d'eau étant très liés aux conditions météorologiques, l'analyse du respect des débits seuils est, comme l'analyse des volumes prélevés pour l'irrigation, réalisée en prenant en considération des années comparables avant et pendant la mise en œuvre du protocole de gestion volumétrique. Comme le montre la figure suivante sur l'ensemble de la chronique aucune tendance ne se dessine pour cet indicateur.

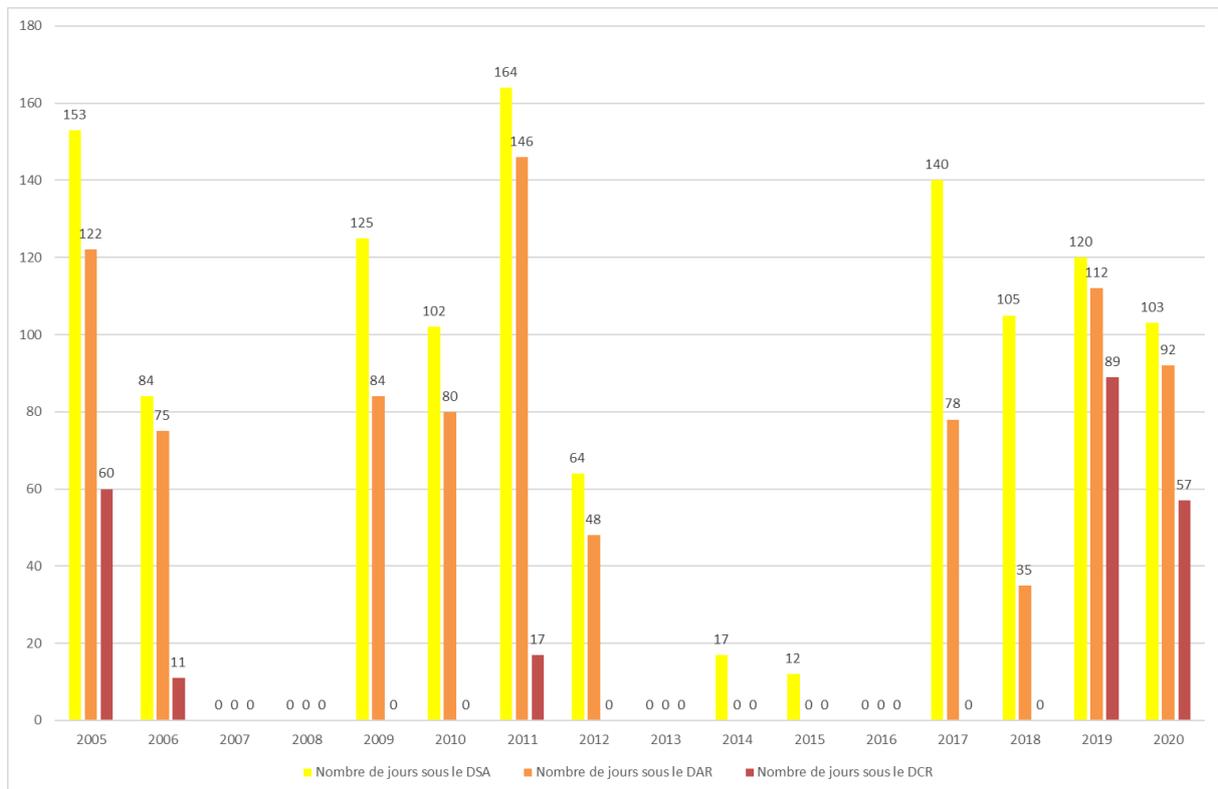


Figure 90 : Présentation du nombre de jours de franchissement des différents seuils de gestion.

Printemps sec / été sec

Le suivi disponible pour cette station hydrologique ne débute qu'à partir de 2004. Il n'existe donc pas d'année présentant un printemps sec et un été sec avant la mise en œuvre de la gestion volumétrique pour cette station.

Printemps sec / été humide

Concernant cette typologie d'année, il en est de même avec l'impossibilité de comparer les franchissements des seuils avant et depuis la mise en œuvre de la gestion volumétrique.

Printemps humide / été sec

Les années considérées sont donc les années 2006 et 2018. La pluviométrie entre ces différentes années est légèrement différente. La différence saisonnière possède une amplitude plus importante avec un mois de mars humide et un mois de juin sec.

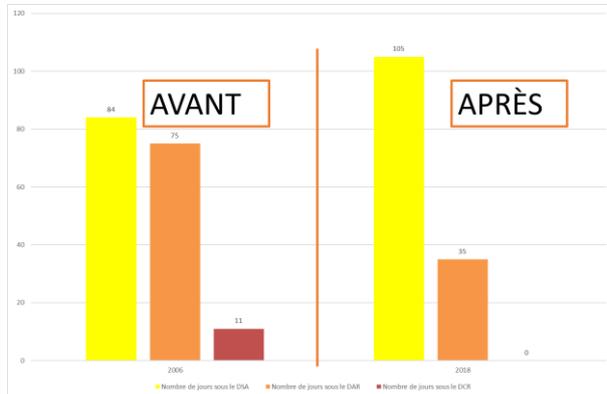


Figure 91 : Comparaison des volumes prélevés pour les années avec printemps humide et été sec.

La situation au regard des seuils de gestion est contrastée en fonction des seuils considérés. En effet, le nombre de dépassement du DSA est supérieur, mais le DAR est moins fréquemment franchi et le DCR ne l'ai jamais.

3.4.1.5 Secteur Yèvre aval

Comme présenté dans la partie 3.1.2, deux stations encadrent le protocole de gestion volumétrique :

- ✓ la station de l'Yèvre à Foëcy ; avec des données couvrant la période 2001 puis 2010 – 2020 ;
- ✓ la station de l'Yèvre à Saint-Doulchard [Moulin Batard déviation]; avec des données couvrant la période 2008 – 2020.

Yèvre à Foëcy

L'évolution des débits d'étiage

L'analyse des débits d'étiage (QMNA, VCN) ne montre pas d'évolution significative entre 2010 et 2020.

L'évolution des débits d'étiage sont très dépendant de la pluviométrie estivale. En effet, les années présentant les débits d'étiage les plus importants sont les années présentant des valeurs de l'IPN élevées pour les mois de mai à août. Ce constat est identique avant et après la mise en œuvre du protocole de gestion volumétrique.

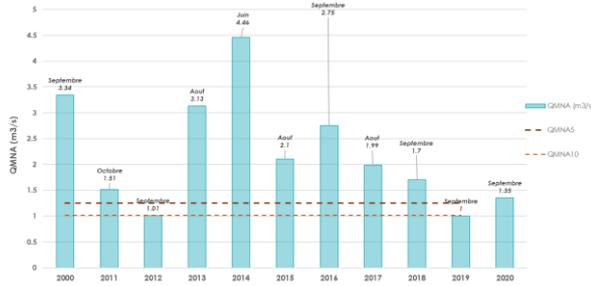


Figure 92 : Evolution 2000 - 2011 à 2020 des QMNA vis-à-vis des débits caractéristiques de la station de l'Yèvre à Foëcy.

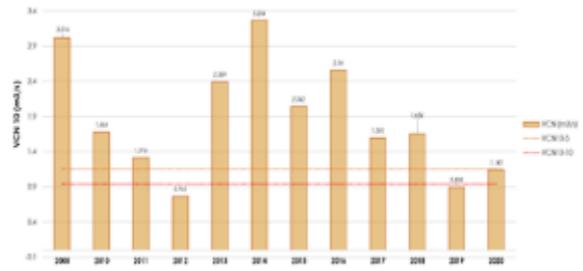


Figure 93 : Evolution entre 2000 - 2011 à 2020 des VCN10 et fréquence de retour de la station de de l'Yèvre à Foëcy.

➤ Le respect des débits seuils

Les débits seuils sur l'Yèvre à Foëcy sont :

- ✓ Débit Seuil d'Alerte (DSA) : 1,95 m³/s ;
- ✓ Débit Seuil d'Alerte Renforcée (DAR) : 1,63 m³/s ;
- ✓ Débit de Crise (DCR) : 1,3 m³/s.

Les débits des cours d'eau sont très liés aux conditions météorologiques. Comme le montre la figure suivante sur l'ensemble de la chronique aucune tendance ne se dessine pour cet indicateur.

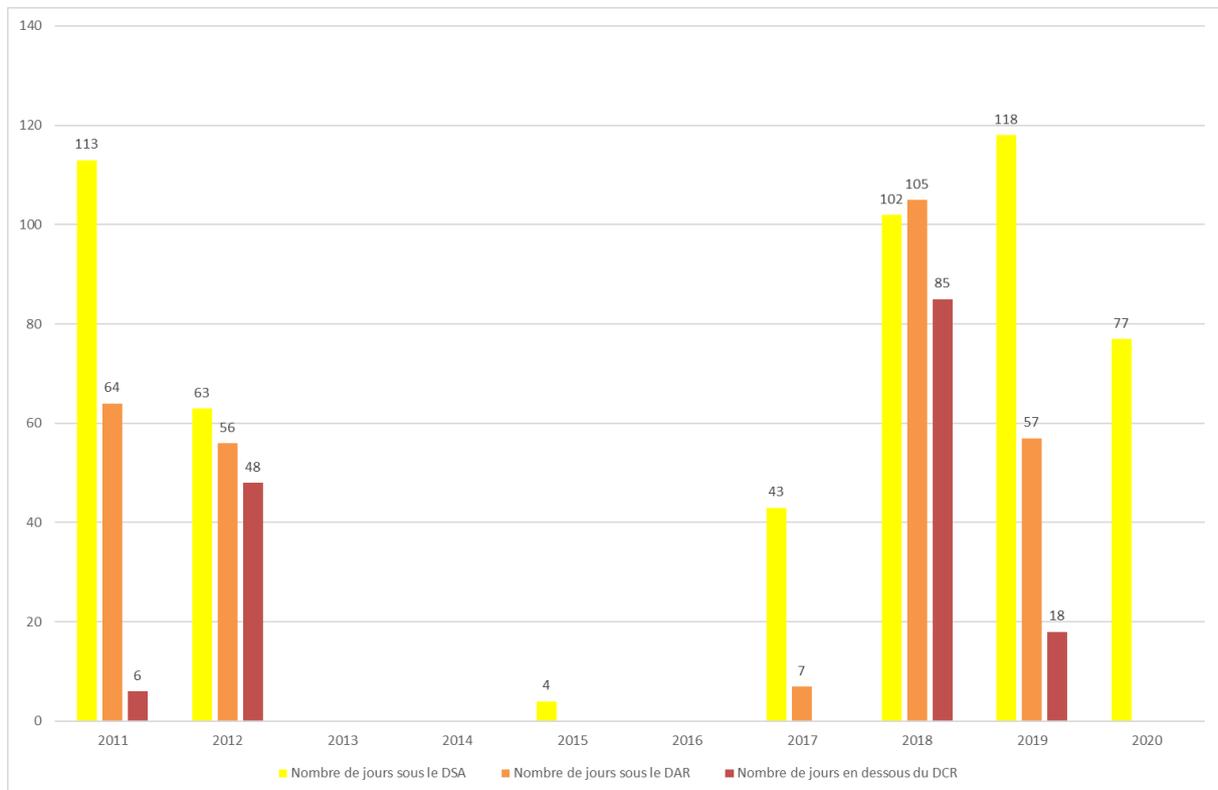


Figure 94 : Présentation du nombre de jours de franchissement des différents seuils de gestion.

Les données disponibles pour cette station ne permettent pas de comparer le franchissement des seuils de gestion pour des années similaires en terme de conditions climatiques.

❖ Yèvre à Saint-Doulchard [Moulin Batard déviation]

➤ L'évolution des débits d'étiage

L'analyse des débits d'étiage (QMNA, VCN) ne montre pas d'évolution significative entre 2008 et 2020.

L'évolution des débits d'étiage sont très dépendant de la pluviométrie estivale. En effet, les années présentant les débits d'étiage les plus importants sont les années présentant des valeurs de l'IPN élevées pour les mois de mai à août. Ce constat est identique avant et après la mise en œuvre du protocole de gestion volumétrique.

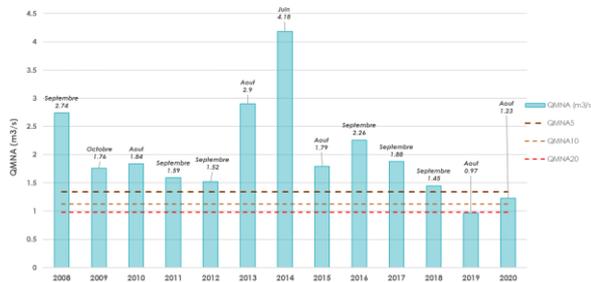


Figure 95 : Evolution de 2008 à 2020 des QMNA vis-à-vis des débits caractéristiques de la station de la station de l'Yèvre à Saint-Doulchard.

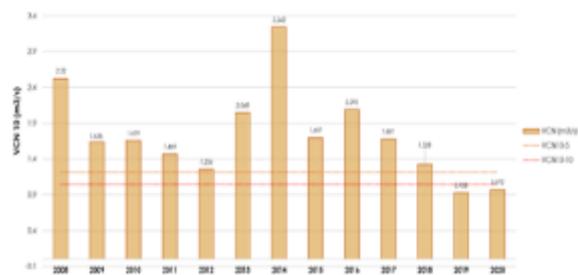


Figure 96 : Evolution entre 2008 et 2020 des VCNx et fréquence de retour de la station de la station de l'Yèvre à Saint-Doulchard.

➤ Le respect des débits seuils

Les débits seuils sur la station de l'Yèvre à Saint-Doulchard sont :

- ✓ Débit Seuil d'Alerte (DSA) : 1,71 m³/s ;
- ✓ Débit Seuil d'Alerte Renforcée (DAR) : 1,43 m³/s ;
- ✓ Débit de Crise (DCR) : 1,2 m³/s.

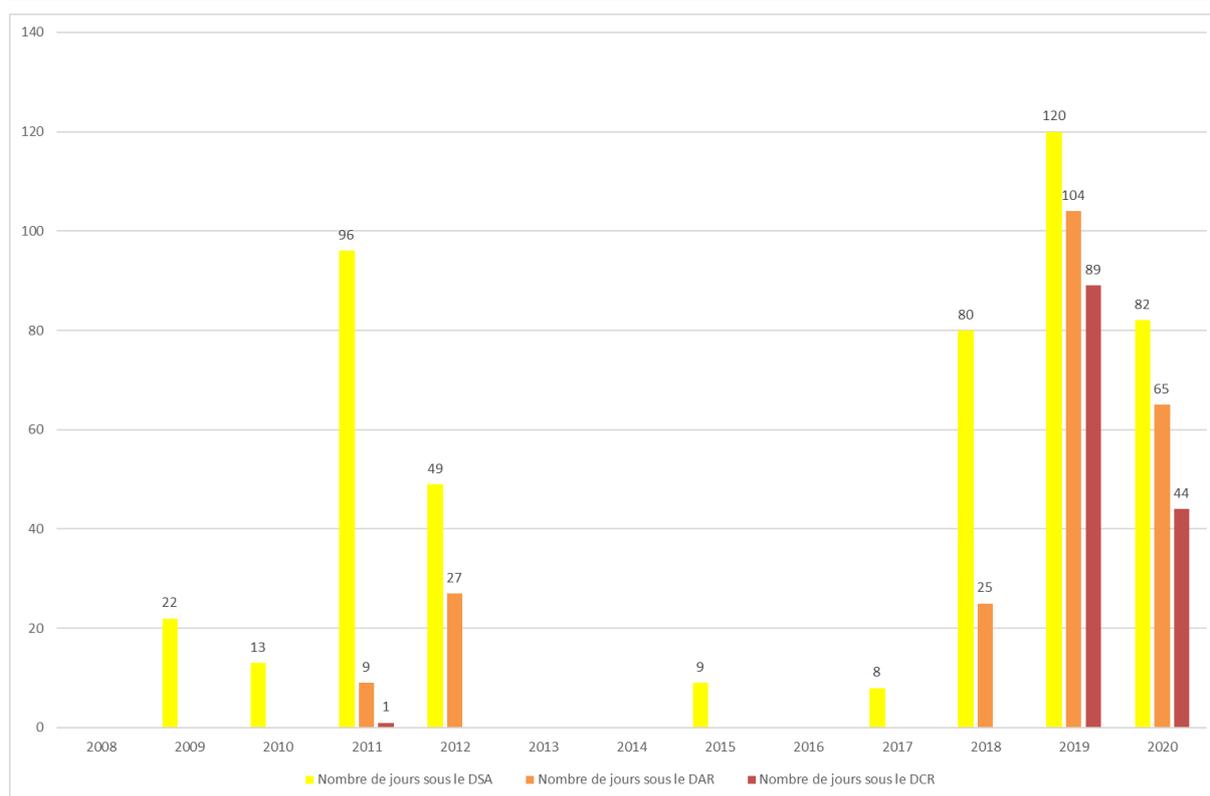


Figure 97 : Présentation du nombre de jours de franchissement des différents seuils de gestion.

Les données disponibles pour cette station ne permettent pas de comparer le franchissement des seuils de gestion pour des années similaires en terme de conditions climatiques. Les débits des cours d'eau sont très liés aux conditions météorologiques. Ainsi, les franchissements des seuils de gestion sont très importants ces dernières années. Effectivement, les seuils d'alerte renforcée et de crise ont été très largement franchi en 2018 (uniquement le DAR), 2019 et 2020.

3.4.1.6 Éléments de synthèse

L'analyse de l'hydrologie met en avant une accentuation des assecs sur les dernières années. De plus, aucune tendance significative ne peut être mise en évidence sur l'ensemble des chroniques quant à l'évolution des différents indicateurs hydrologiques : débits d'étiage ou encore fréquence de dépassement des seuils de gestions.

Concernant ces derniers, il ne semble pas avoir d'incidence de la mise en œuvre du protocole de gestion volumétrique sur une évolution de la situation. Toutefois certains éléments, comme par exemple la comparaison printemps humide et été sec pour le secteur Colin – Quatier – Langis, tendent à mettre en évidence l'importance du protocole.

Le nombre de jours sous les différents seuils de gestion semblent très lié à la climatologie. En effet, avec l'accélération de l'occurrence des années sèches à très sèches, le nombre de jours de dépassement des seuils de gestion a augmenté sur les dernières années des chroniques, notamment avec des années 2018, 2019 et 2020 très sèches.

Ainsi, comme le ressentent un certain nombre d'acteurs, la tendance est à la dégradation, le protocole permet d'améliorer légèrement la situation mais pas suffisamment du fait de l'accélération ces dernières années du changement climatique.

3.4.2 Analyse piézométrique : Evolution des niveaux piézométriques vis-à-vis des seuils de gestion

L'étude de l'hydrogéologie repose sur l'analyse :

- ✓ De l'évolution des niveaux piézométriques minimums,
- ✓ De l'évolution des fréquences de franchissement des seuils piézométriques.

Remarque : les seuils piézométriques de gestion sont utilisés comme indicateurs dans la présente étude. Ils n'ont pas vocation à être une valeur cible, mais doivent traduire l'état de recharge hivernale de la nappe et sont utilisés dans la gestion volumétrique comme un pallier de vigilance conséquent.

3.4.2.1 Secteur Auron – Airain – Rampenne

Comme présenté dans la partie 3.1.3, le piézomètre encadrant le protocole de gestion volumétrique est le piézomètre BSS001LRQW permettant le suivi du niveau de la nappe à Plaimpied. Les données disponibles pour ce piézomètre couvrent la période 1988 – 2020 ; uniquement les années 1996 à 2020 présentant suffisamment de données sont conservées.

➤ L'évolution des niveaux piézométriques minimums

L'analyse des niveaux piézométriques minimums ne montre pas d'évolution significative entre 1996 et 2020.

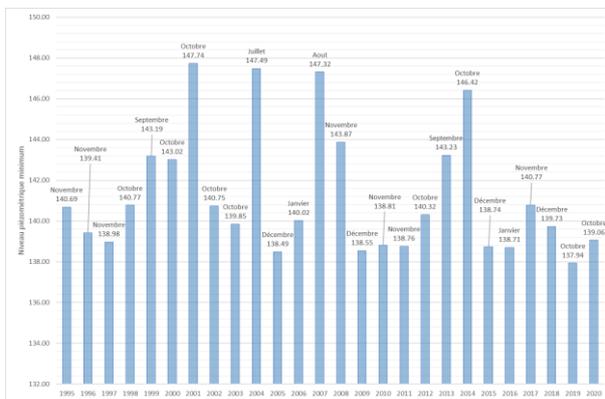


Figure 98 : Evolution entre 1995 et 2020 des niveaux piézométriques minimum annuels.

Cependant, une analyse de l'évolution quotidienne du niveau piézométrique met en avant une baisse significative du niveau de la nappe pour l'ensemble de la chronique de l'ordre de 8 cm/an.

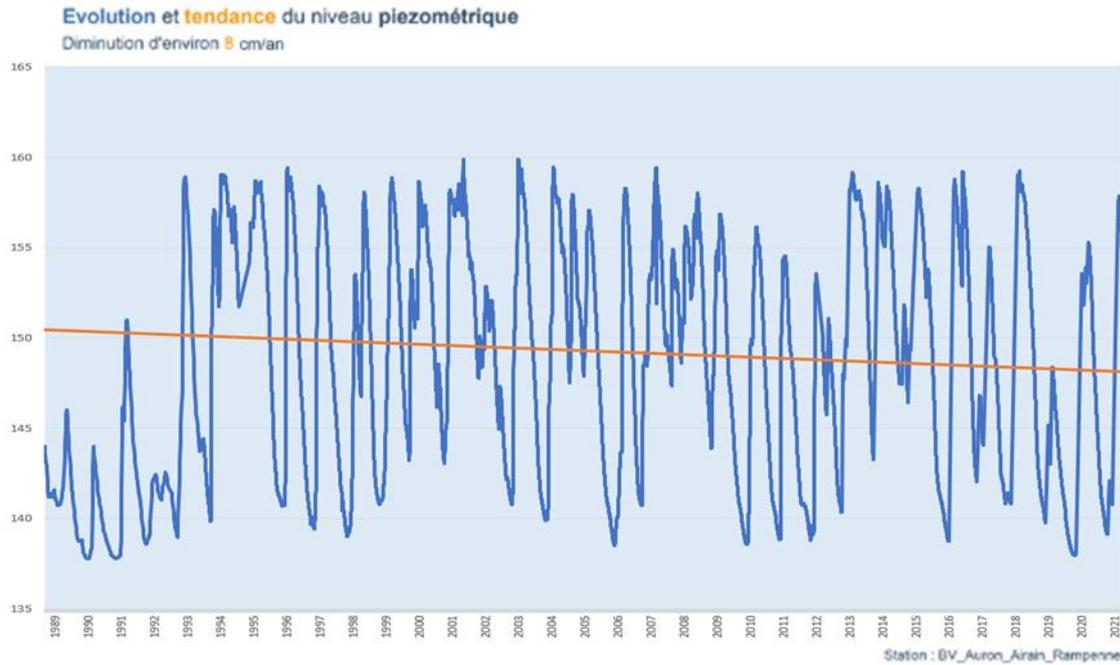


Figure 99 : Evolution du niveau piézométrique et tendance.

➤ Le franchissement du seuil piézométrique

- ✓ Le seuil piézométrique au niveau de la nappe à Plaimpied est de 154,91m.

Le franchissement de ce seuil piézométrique est analysé à la date du 1^{er} avril de chaque année disponible ainsi que sa recharge éventuelle avant le 31 mai. Le tableau suivant présente cette information.

Remarque : Il s'agit ici de l'analyse du franchissement effectif du seuil. Ce franchissement ne correspond pas forcément à la prise d'un arrêté de restriction (ni d'un arrêté de levée de restriction en cas de recharge).

Tableau 28 : Franchissement du seuil de gestion au 1^{er} avril (en rouge : le niveau piézométrique est franchi) et recharge exceptionnelle avant le 31 mai (en rouge les années où la recharge ne suffit pas, et en vert les années où le niveau au 31 mai est supérieur au seuil).

	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Au 1 ^{er} avril				X	X				X						X	X		X	X					X		X	
Recharge au 31 mai				X					X							X		X	X					X		X	

Depuis la mise en œuvre du protocole de gestion volumétrique, 6 années sur les 14 depuis 2007 montre un franchissement du seuil de gestion au 1^{er} avril. Sur l'ensemble de la chronique, la recharge n'a permis d'obtenir un niveau piézométrique supérieur au seuil que deux fois et une seule depuis le début de la gestion volumétrique en 2008.

3.4.2.2 Secteur Yèvre amont

Comme présenté dans la partie 3.1.3, deux piézomètres sont utilisés dans le cadre du protocole de gestion volumétrique :

- ✓ le piézomètre BSS001KJWM permettant le suivi du niveau de la nappe à Villequiers. Les données disponibles pour ce piézomètre couvrent la période 1993 – 2020,
- ✓ le piézomètre BSS001KKFJ permettant le suivi du niveau de la nappe à Savigny-en-Septaine. Les données disponibles pour ce piézomètre couvrent la période 2000 – 2020.

Pour l'analyse suivante, seules les années 1996 à 2020 pour Villequiers et 2001 à 2020 pour Savigny-en-Septaine, présentant suffisamment de données sont conservées.

➤ L'évolution des niveaux piézométriques minimums

L'analyse des niveaux piézométriques minimums ne montre pas d'évolution significative pour ces chroniques.

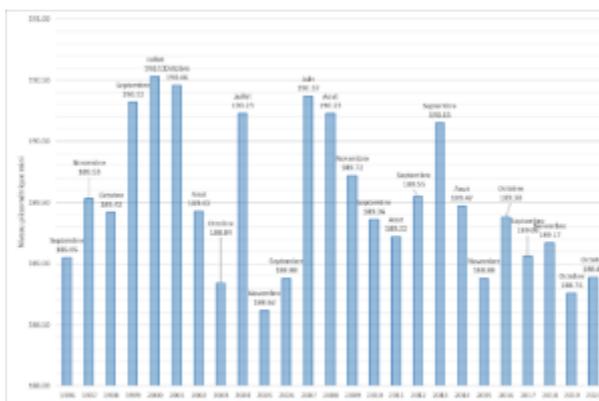


Figure 100 : Evolution entre 1996 et 2020 des niveaux piézométriques minimum annuels – piézomètre de Villequiers.

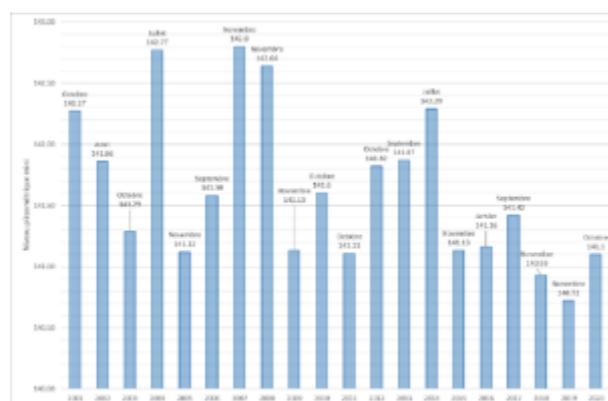


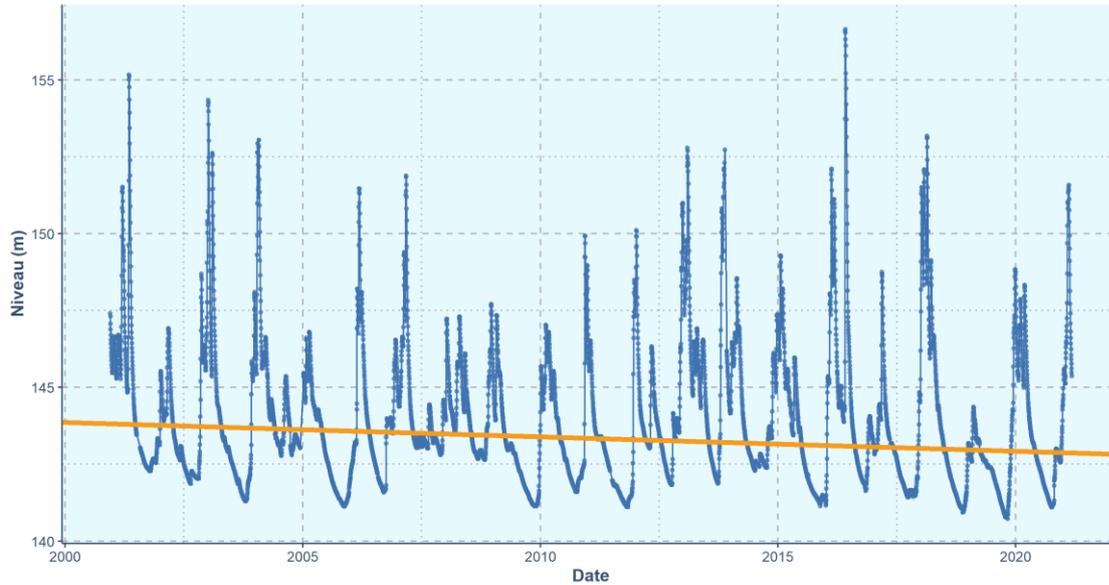
Figure 101 : Evolution entre 2001 et 2020 des niveaux piézométriques minimum annuels – piézomètre de Savigny-en-Septaine.

L'analyse de l'évolution quotidienne du niveau piézométrique pour le piézomètre de Villequiers ne met pas en avant de baisse significative du niveau de la nappe.

Cependant, cette même analyse pour le piézomètre de Savigny-en-Septaine met en évidence une tendance à la baisse du niveau de la nappe pour l'ensemble de la chronique de l'ordre de 4,7 cm/an.

Evolution et tendance du niveau piézométrique

Diminution d'environ 4.68 cm/an


Figure 102 : Evolution du niveau piézométrique et tendance.

 ➤ Le franchissement du seuil piézométrique

- ✓ La cote de l'indicateur piézométrique « Yèvre amont » est donnée par la moyenne des cotes des piézomètres de Villequiers et de Savigny en Septaine. Ce seuil piézométrique est de 168,85 m

Le franchissement de ce seuil piézométrique est analysé à la date du 1^{er} avril de chaque année disponible ainsi que sa recharge éventuelle avant le 31 mai. Le tableau suivant présente cette information.

Remarque : Il s'agit ici de l'analyse du franchissement effectif du seuil. Ce franchissement ne correspond pas forcément à la prise d'un arrêté de restriction (ni d'un arrêté de levée de restriction en cas de recharge).

Tableau 29 : Franchissement du seuil de gestion au 1er avril (en rouge : le niveau piézométrique est franchi) et recharge exceptionnelle avant le 31 mai (en rouge les années où la recharge ne suffit pas, et en vert les années où le niveau au 31 mai est supérieur au seuil).

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
Au 1 ^{er} avril		X	X		X				X		X	X		X	X					X	
Recharge au 31 mai		X	X		X				X		X	X		X	X					X	

Depuis la mise en œuvre du protocole de gestion volumétrique, 6 années sur les 12 depuis 2009 montre un franchissement du seuil de gestion au 1^{er} avril. Sur l'ensemble de la chronique, la recharge n'a permis d'obtenir un niveau piézométrique supérieur au seuil aucune de ces années.

3.4.2.3 Secteur Secteur Colin – Ouatier – Langis

Comme présenté dans la partie 3.1.3, le piézomètre encadrant le protocole de gestion volumétrique est le piézomètre BSS001HVJV permettant le suivi du niveau de la nappe à Rians. Les données disponibles pour ce piézomètre couvrent la période 1995 – 2020.

Pour l'analyse suivante, seules les années 1997 à 2020, présentant suffisamment de données sont conservées.

➤ L'évolution des niveaux piézométriques minimums

L'analyse des niveaux piézométriques minimums ne montre pas d'évolution significative entre 1997 et 2020.

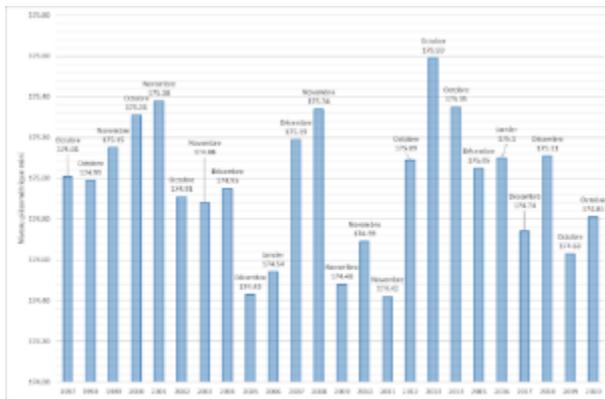


Figure 103 : Evolution entre 1997 et 2020 des niveaux piézométriques minimum annuels.

L'analyse de l'évolution quotidienne du niveau piézométrique pour le piézomètre à Rians ne met pas en avant de baisse significative du niveau de la nappe.

➤ Le franchissement du seuil piézométrique

- ✓ Le seuil piézométrique au niveau de la nappe à Rians est de 177,31 m.

Le franchissement de ce seuil piézométrique est analysé à la date du 1^{er} avril de chaque année disponible ainsi que sa recharge éventuelle avant le 31 mai. Le tableau suivant présente cette information.

Remarque : Il s'agit ici de l'analyse du franchissement effectif du seuil. Ce franchissement ne correspond pas forcément à la prise d'un arrêté de restriction (ni d'un arrêté de levée de restriction en cas de recharge).

Tableau 30 : Franchissement du seuil de gestion au 1er avril (en rouge : le niveau piézométrique est franchi) et recharge exceptionnelle avant le 31 mai (en rouge les années où la recharge ne suffit pas, et en vert les années où le niveau au 31 mai est supérieur au seuil).

	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Au 1 ^{er} avril	X		X				X			X			X		X	X							X		X
Recharge au 31 mai	X						X			X			X		X	X							X		X

Depuis la mise en œuvre du protocole de gestion volumétrique, 4 années sur les 12 depuis 2009 montre un franchissement du seuil de gestion au 1^{er} avril. Sur l'ensemble de la chronique, la recharge n'a permis d'obtenir un niveau piézométrique supérieur au seuil que deux fois et une seule depuis le début de la gestion volumétrique en 2011.

3.4.2.4 Secteur Yèvre aval

Ce secteur n'est pas directement géré par un niveau piézométrique.

3.4.2.5 Éléments de synthèse

L'analyse des franchissements de seuils au 1^{er} avril montre qu'il est régulièrement franchi depuis la mise en place du protocole de gestion volumétrique. La fréquence de franchissement est plus importante depuis la mise en place de la gestion volumétrique pour les secteurs Auron-Airain-Rampenne et Yèvre amont, ce n'est pas le cas sur le secteur Colin-Ouatier-Langis.

Ainsi, tout secteur confondu, les différents seuils ont été franchis 17 fois à la date du 1^{er} avril et uniquement 2 fois la restriction de 20% de prélèvement a pu être levée suite à une recharge exceptionnelle de la nappe (2008 sur le secteur Auron-Airain-Rampenne et 2011 sur le secteur Colin-Ouatier-Langis). Pour ces deux années, seul 2008 correspond à un printemps humide avec de fortes précipitations en avril et en mai. A l'opposé, l'année 2011 est classée comme printemps sec avec des valeurs d'IPN négatives.

Selon les secteurs, une baisse tendancielle significative du niveau de la nappe est constatée, entraînant une fréquence de dépassement du seuil piézométrique de gestion plus important. Ce dépassement entraînant une diminution du volume alloué de 20% présente une contrainte forte sur les exploitations agricoles. En effet, la modification d'assolement à ce moment-là n'est plus faisable car les semences ont déjà été acquises. Ainsi les conséquences sont une gestion de l'irrigation avec généralement un choix des cultures à irriguer.

