

Etude sur la gestion quantitative des ressources en eau du bassin Sarthe amont et élaboration de programmes d'actions dans le cadre de la révision du SAGE

Phase 1 | Objectif 1 : Appréhender le fonctionnement des différents cours d'eau et nappes souterraines du périmètre du SAGE



CONSULTING

SAFEGE
Parc de L'Ile
15-27, Rue du Port
92022 NANTERRE cedex

SAFEGE SAS - SIÈGE SOCIAL
Parc de l'Ile - 15/27 rue du Port
92022 NANTERRE CEDEX
www.safege.com

Phase 1 | Objectif 1 : Appréhender le fonctionnement des différents cours d'eau et nappes souterraines du périmètre du SAGE



Etude sur la gestion quantitative des ressources en eau du bassin Sarthe amont et élaboration de programmes d'actions dans le cadre de la révision du SAGE

Maître d'ouvrage : Syndicat du bassin de la Sarthe

Numéro du projet : 20NHF015

Intitulé du projet : Etude sur la gestion quantitative des ressources en eau du bassin Sarthe amont et élaboration de programmes d'actions dans le cadre de la révision du SAGE

Intitulé du rapport : Phase 1 | Objectif 1 : Appréhender le fonctionnement des différents cours d'eau et nappes souterraines du périmètre du SAGE

Version	Rédacteur	Vérificateur	Date d'envoi	Commentaires
V 1.0	Marine DEVICQUE Louison MARIE	Florence DAUMAS Olivier GAILLARD	22/03/2021	Version initiale
V 2		Eric LE BORGNE	27/04/2021	Version 2
V3	Marine DEVICQUE	Florence DAUMAS	12/05/2021	Version 3
V4	Marine DEVICQUE Louison MARIE	Olivier GAILLARD	16/06/2021	Version 4
V5	Raphael ZYLBERMAN Max MENTHA	Max MENTHA	01/12/2022	Version révisée suite au COTECH 4

SOMMAIRE

1.....	PREAMBULE	9
1.1	Contexte de l'étude	9
1.2	Périmètre du territoire d'étude	10
1.3	Objectifs de l'étude	11
1.4	Déroulement de la mission.....	12
2.....	DEFINITIONS PREALABLES.....	14
3.....	ANALYSE HYDRO-CLIMATIQUE	17
3.1	Données utilisées.....	17
3.2	Contexte climatique du bassin.....	20
3.3	Pluviométrie	20
3.3.1	Evolution des cumuls annuels sur la période d'étude.....	20
3.3.2	Relation entre la pluviométrie et l'altitude	24
3.3.3	Evolution des cumuls mensuels sur la période d'étude	25
3.3.4	Evolution sur une chronique longue (plus de 20 ans).....	28
3.4	Évapotranspiration potentielle (ETP).....	30
3.4.1	Evolution des cumuls annuels sur la période d'étude.....	31
3.4.2	Evolution des cumuls mensuels sur la période d'étude	32
3.5	Synthèse	35
4.....	FONCTIONNEMENT HYDROLOGIQUE DU BASSIN VERSANT DE LA SARTHE AMONT	37
4.1	La ressource en eau superficielle.....	37
4.1.1	Le réseau hydrographique.....	37
4.1.2	Les masses d'eau superficielles	38
4.2	Sectorisation du bassin versant et points de référence.....	40
4.3	Suivi hydrométrique.....	44

4.3.1	Stations hydrométriques	44
4.3.2	Débits caractéristiques	47
4.4	Réseau d'observation des écoulements	65
4.4.1	Principe du réseau ONDE de suivi des écoulements	65
4.4.2	Suivi des écoulements sur la zone d'étude	66
4.5	Analyse de la gestion de crise	71
4.5.1	Cadre général.....	71
4.5.2	Zone d'application et valeurs seuils.....	71
4.5.3	Historique des arrêts sécheresse	72
5.....	FONCTIONNEMENT HYDROGEOLOGIQUE DU BASSIN VERSANT DE LA SARTHE AMONT	79
5.1	La ressource en eau souterraine	79
5.1.1	Le contexte géologique	79
5.1.2	Les formations aquifères	81
5.1.3	Les masses d'eau souterraines	84
5.2	Suivi piézométrique	89
5.2.1	Points de suivi quantitatif.....	89
5.2.2	Analyse des chroniques piézométriques	91
5.3	Relation nappes/rivières.....	98
5.3.1	Description générale des échanges nappes/rivières	98
5.3.2	Quantification de la contribution des nappes.....	98
6.....	CONCLUSION ET SUITE DE L'ETUDE	103
7.....	GLOSSAIRE.....	105
8.....	ANNEXES.....	109
8.1	Annexe 1 : Graphiques des évolutions du cumul mensuel des pluviométries sur 60 ans à la station de Alençon (n°61001001) 109	
8.1	Annexe 2 : Graphiques des évolutions du cumul mensuel des pluviométries sur 36 ans à la station Le Mans (n°72181001)	111

8.2	Annexe 3 : Indicateurs de la qualité des mesures de débits aux stations hydrométriques des unités de gestion	113
8.1	Annexe 4 : Indicateurs de la qualité des mesures de débits aux stations hydrométriques des sous unités de gestion	118
8.2	Annexe 5 : Contribution des nappes aux cours d'eau évaluée au droit des stations hydrométriques (Filtre de Chapman)	121

Liste des figures

Figure 1: Localisation du bassin versant de la Sarthe amont (Source : SbS, IGN, SUEZ Consulting 2019)	11
Figure 2 : Localisation des stations météorologiques retenues pour l'étude (Source : Météo-France, SbS, SUEZ Consulting 2021)	19
Figure 3 : Cumuls pluviométriques annuels par station de 2000 à 2019 (Sources : Météo France, SbS, SUEZ Consulting 2021)	20
Figure 4: Comparaison des cumuls de pluie annuels et des moyennes mobiles sur 30 ans à la station de Villaines-la-Juhel/Courcité SAPC. (Sources : Banque Hydro, SbS, Suez Consulting 2021).....	22
Figure 5: Comparaison des cumuls de pluie annuels et des moyennes mobiles sur 31 ans à la station de Alençon. (Sources : Banque Hydro, SbS, Suez Consulting, 2021).....	22
Figure 6: Comparaison des cumuls de pluie annuels et des moyennes mobiles sur 31 ans à la station de Soligny-La-Trappe. (Sources : Banque Hydro, SbS, Suez Consulting 2021).....	23
Figure 7: Comparaison des cumuls de pluie annuels et des moyennes mobiles sur 31 ans à la station de Mamers. (Sources : Banque Hydro, SbS, Suez Consulting 2021).....	23
Figure 8: Comparaison des cumuls de pluie annuels et des moyennes mobiles sur 31 ans à la station de Saint-Marceau/Le Mans. (Sources : Banque Hydro, SbS, Suez Consulting 2021).....	24
Figure 9 : Mise en évidence de la corrélation entre le cumul de précipitations et l'altitude (Sources : Météo France, SbS, SUEZ Consulting 2021)	25
Figure 10 : Précipitations moyennes mensuelles pour chaque station sur la période 2000-2019 (Sources : Météo France, SbS, SUEZ Consulting 2021)	26
Figure 11 : Cumuls mensuels de chaque année de la période d'étude à la station de Mamers (Sources : Météo France, SbS, SUEZ Consulting 2021)	27
Figure 12: Variation absolue du cumul mensuel pluviométrique moyen entre les périodes 2000-2011 et 2012-2019 (Sources : Météo France, SbS, SUEZ Consulting 2021).....	28
Figure 13: Evolution de la pluviométrie sur une période longue. Sources : Météo France, SbS, Suez Consulting).....	29
Figure 14 : Evolution absolue du cumul moyen de pluie entre deux périodes aux stations Alençon et Le Mans (Sources : Météo France, SbS, Suez Consulting).....	30
Figure 15 : Evolution de l'ETP annuelle à la station de Alençon (Sources : Météo France, SbS, SUEZ Consulting 2021).....	31
Figure 16 : ETP mensuelle moyenne à la station de Alençon sur la période d'étude (Sources : Météo France, SbS, SUEZ Consulting 2021)	32
Figure 17: Evolution relative de l'ETP mensuelle à la station de Alençon entre les périodes 2000-2011 et 2012-2019 (Sources : Météo France, SbS, SUEZ Consulting 2021).....	32
Figure 18 : Excédent et déficit pluviométrique mensuel moyen aux stations météorologiques retenues (Sources : Météo France, SbS, SUEZ Consulting 2021)	33
Figure 19: Evolutions relatives mensuelles de l'excédent et du déficit pluviométrique entre les périodes 2000-2011 et 2012-2019 et aux stations météorologiques retenues (en %) (Sources : Météo France, SbS, SUEZ Consulting 2021)	34
Figure 20 : Réseau hydrographique et masses d'eau superficielles (Sources : SbS, BD Topage, SUEZ Consulting 2021).....	40
Figure 21: Sectorisation en unités de gestion du bassin versant de la Sarthe amont (Source : SbS, SUEZ Consulting 2021)	42
Figure 22 : Sectorisation en sous unités de gestion du bassin versant de la Sarthe amont (Source : SbS, SUEZ Consulting 2021)	43
Figure 23: Localisation des stations hydrométriques de la DREAL Pays de Loire et de la DREAL Normandie sur le bassin de la Sarthe amont (Sources : Banque Hydro, SbS, SUEZ Consulting 2021).....	46
Figure 24: SAGE Sarthe amont - Débits moyens mensuels interannuels mesurés aux stations hydrométriques des UG (m³/s) (Sources : Banque Hydro, SUEZ Consulting 2020).....	48
Figure 25: SAGE Sarthe amont - Débits moyens mensuels interannuels mesurés aux stations hydrométriques des sous UG (m³/s) (Sources : Banque Hydro, SUEZ Consulting 2020).....	50
Figure 26: Chroniques mensuelles des débits spécifiques aux stations de référence (Sources : Banque Hydro, SbS, Suez Consulting 2021)	52
Figure 27 : L'Orne Saosnoise- Stationnarité des débits caractéristiques d'étiage de 1991 à 2020 (Sources : Banque Hydro, SUEZ Consulting 2020)	58
Figure 28 : La Bienne- Stationnarité des débits caractéristiques d'étiage de 1992 à 2020 (Sources : Banque Hydro, SUEZ Consulting 2020)	58
Figure 29 : La Sarthe à Neuville sur Sarthe- Stationnarité des débits caractéristiques d'étiage de 1992 à 2020 (Sources : Banque Hydro, SUEZ Consulting 2020)	59
Figure 30 : La Sarthe à Saint-Céneri-Le-Gérei- Stationnarité des débits caractéristiques d'étiage de 1979 à 2020 (Sources : Banque Hydro, SUEZ Consulting 2020).....	59
Figure 31 : La Vaudelle - Stationnarité des débits caractéristiques d'étiage de 1979 à 2020 (Sources : Banque Hydro, SUEZ Consulting 2020)	60
Figure 32 : L'Hoëne- Stationnarité des débits caractéristiques d'étiage de 1988 à 2020 (Sources : Banque Hydro, SUEZ Consulting 2020)	60

Phase 1 | Objectif 1 : Appréhender le fonctionnement des différents cours d'eau et nappes souterraines du périmètre du SAGE



Etude sur la gestion quantitative des ressources en eau du bassin Sarthe amont et élaboration de programmes d'actions dans le cadre de la révision du SAGE

Figure 33 : Le Merdereau- Stationnarité des débits caractéristiques d'été de 1988 à 2020 (Sources : Banque Hydro, SUEZ Consulting 2020)	61
Figure 34 : L'Ornette - Stationnarité des débits caractéristiques d'été de 1993 à 2020 (Sources : Banque Hydro, SUEZ Consulting 2020)	61
Figure 35 : L'Orthe - Stationnarité des débits caractéristiques d'été de 1996 à 2020 (Sources : Banque Hydro, SUEZ Consulting 2020)	62
Figure 36 : SAGE Sarthe amont – Evolution du module mesuré au droit des stations de référence en fonction de des surfaces de bassin drainées par les stations (Sources : Suez Consulting, Banque Hydro, 2020).	63
Figure 37 : SAGE Sarthe amont – Zoom sur l'évolution du module mesuré au droit des stations de référence en fonction de des surfaces de bassin drainées par les stations (Sources : Suez Consulting, Banque Hydro, 2020).	64
Figure 38 : SAGE Sarthe amont- Evolution de QMNA5, VCN3(5) et VCN10(5) en fonction de la surface drainée aux stations de référence (Source : Suez Consulting, Banque Hydro 2020)	64
Figure 39 : BV Sarthe amont - Localisation des stations ONDE et bilan 2014-2020 des observations (Sources : SbS, OFB, SUEZ Consulting 2021)	68
Figure 40 : BV Sarthe amont – Carte des arrêtés sécheresse au 1 ^{er} des mois de juin à septembre de 2012 à 2019 (Sources : Propluvia, SUEZ Consulting 2021)	77
Figure 41: Contexte géologique du bassin versant de la Sarthe amont (Source : BRGM – Infoterr	80
Figure 42 : Principaux gisements d'eaux souterraines du bassin versant de la Sarthe Amont (source : BRGM)	82
Figure 43: Masses d'eau du bassin versant de la Sarthe amont (Source : https://www.data.gouv.fr/fr/datasets/masses-deau-souterraines-france-entiere-version-rapportage-2016/)	84
Figure 44 : Masses d'eau souterraines libres et captives du périmètre (Sources : https://www.data.gouv.fr/ , AELB, SUEZ Consulting 2021)	87
Figure 45: Zones de répartition des eaux (source : https://www.data.gouv.fr/)	89
Figure 46 : Localisation des points de suivis piézométriques (Source : ADES)	90
Figure 47 : Chroniques piézométriques des points de suivi associés à la masse d'eau FRGG019 (source : ADES)	92
Figure 48 : Chroniques piézométriques des points de suivi associés à la masse d'eau FRGG079 (source : ADES)	93
Figure 49 : Chroniques piézométriques des points de suivi associés à la masse d'eau FRGG120 (source : ADES)	94
Figure 50 : Chroniques piézométriques des points de suivi associés à la masse d'eau FRGG124 (source : ADES)	95
Figure 51 : Chroniques piézométriques des points de suivi associés à la masse d'eau FRGG141 (source : ADES)	96
Figure 52 : Chroniques piézométriques des points de suivi associés à la masse d'eau FRGG081 (source : ADES)	97
Figure 53 : Schéma conceptuel du filtre de Chapman	99
Figure 54 : Résultats de la décomposition de l'hydrogramme de débit de la station n°M0250610 – La Sarthe à Neuville-sur-Sarthe [Montreuil]	100
Figure 55 : Résultats de la décomposition de l'hydrogramme de débit de la station n°M0050620– La Sarthe à Saint-Céneri-le-Gérei [Moulin du Désert]	101
Figure 56 : Résultats de la décomposition de l'hydrogramme de débit de la station de Montbizot (Moulin Neuf Cidrerie)	121
Figure 57 : Résultats de la décomposition de l'hydrogramme de débit de la station de Thoiré-sous-Contensor.	121
Figure 58 : Résultats de la décomposition de l'hydrogramme de débit de la station de Saint-Georges-le-Gautier	122
Figure 59 : Résultats de la décomposition de l'hydrogramme de débit de la station de Douillet (Le Joly)	122
Figure 60 : Résultats de la décomposition de l'hydrogramme de débit de la station de Saint Paul le Gautier (Chianti)	123
Figure 61 : Résultats de la décomposition de l'hydrogramme de débit de la station de Saint-Pierre-les-Nids (Larray).	123
Figure 62 : Résultats de la décomposition de l'hydrogramme de débit de la station de La Mesnière (La Foulerie)	124

Liste des tableaux

Tableau 1 : Présentation du périmètre SAGE de la Sarthe amont.....	10
Tableau 2 : Caractéristiques et périodes de mesures des stations météorologiques retenues lors de l'étude de 2015 (Sources : SbS, Météo-France, 2021).....	17
Tableau 3 : Caractéristiques et périodes de mesures des stations météorologiques retenues (Sources : SbS, Météo-France, 2021).....	18
Tableau 4 : Cumuls pluviométriques moyens interannuels sur la période 2000-2019 (Sources : Météo France, SbS, SUEZ Consulting 2021).....	21
Tableau 5 : Cumul pluviométrique moyen interannuel sur la période 2000-2019 et altitude des stations météorologiques (Sources : Météo France, SbS, SUEZ Consulting 2021).....	25
Tableau 6 : Pourcentage des précipitations mensuelles moyennes par rapport au cumul moyen annuel sur la période 2000-2019 (Sources : Météo France, SbS, SUEZ Consulting 2021).....	26
Tableau 7 : Variation absolue du cumul mensuel pluviométrique moyen entre les périodes 2000-2011 et 2012-2019, en mm (Sources : Météo France, SbS, SUEZ Consulting 2021).....	28
Tableau 8 : Evolution absolue et relative du cumul mensuel moyen des pluies entre deux périodes (station Alençon : entre 1970-1999 et 2000-2020 / station Le Mans : 1984-1999 et 2000-2020). Sources : Météo France, SbS, Suez Consulting.....	30
Tableau 9 : Evolutions relatives mensuelles du déficit et de l'excédent pluviométrique entre les périodes 2000-2011 et 2012-2019 aux stations météorologiques retenues (en %) (Sources : Météo France, SbS, SUEZ Consulting 2021).....	34
Tableau 10 : Points de référence sur le bassin versant de la Sarthe amont (Source : SbS, Banque Hydro).....	41
Tableau 11 : Liste des stations hydrométriques sur le périmètre SAGE Sarthe amont.....	44
Tableau 12 : Stations hydrométriques de référence sur le bassin versant de la Sarthe amont (Sources : Banque Hydro 2021).....	45
Tableau 13 : Débits moyens mensuels interannuels aux stations hydrométriques de référence en m ³ /s (Source : Banque Hydro, 2020).....	47
Tableau 14 : Les débits spécifiques mesurés aux stations de référence en L/s/ km ² (Banque Hydro, 2020).....	51
Tableau 15 : SAGE Sarthe amont – Evolution relative (en %) des débits mensuels interannuels et les modules entre 2011 et 2020 (Banque Hydro, 2020).....	53
Tableau 16 : Débits caractéristiques d'étiage aux stations des UG (Source : Banque Hydro).....	55
Tableau 17 : Débits caractéristiques d'étiage aux stations des sous UG (Source : Banque Hydro).....	55
Tableau 18 : Ecart absolu entre les débits d'étiage calculés jusqu'à 2011 et les nouveaux débits d'étiage calculés jusqu'à 2020. Les débits sont en m ³ /s (Banque Hydro, 2020).....	57
Tableau 19 : SAGE Sarthe amont - Stations ONDE (Sources : www.onde.eaufrance.fr).....	66
Tableau 20 : Tableau récapitulatif des stations ONDE.....	69
Tableau 21 : Masses d'eau souterraine du territoire (Sources : https://www.data.gouv.fr/fr/datasets/masses-deau-souterraines-france-entiere-version-rapportage-2016/).....	84
Tableau 22 : Points de suivis piézométriques ADES.....	90
Tableau 23 : Estimation de la médiane et des percentiles 20 et 80 des valeurs de « BaseFlowIndex » pour les principales stations....	101
Tableau 24 : Indicateurs de la qualité des mesures de débits à la station hydrométrique la Sarthe à Saint-Céneri-Le-Gérei (Sources : Banque Hydro).....	113
Tableau 25 : Indicateurs de la qualité des mesures de débits à la station hydrométrique la Vaudelle à Saint-Georges-le-Gaultier (Sources : Banque Hydro).....	114
Tableau 26 : Indicateurs de la qualité des mesures de débits à la station hydrométrique la Bienne à Thoiré-sous-Contensor (Sources : Banque Hydro).....	114
Tableau 27 : Indicateurs de la qualité des mesures de débits à la station hydrométrique l'Orne Saosnoise à Montbizot (Sources : Banque Hydro).....	115
Tableau 28 : Indicateurs de la qualité des mesures de débits à la station hydrométrique la Sarthe à Neuville-sur-Sarthe (Sources : Banque Hydro).....	116
Tableau 29 : Indicateurs de la qualité des mesures de débits à la station hydrométrique la Sarthe à Souillé (Sources : Banque Hydro).....	117
Tableau 30 : Indicateurs de la qualité des mesures de débits à la station hydrométrique l'Hoëne à la Mesnière (Sources : Banque Hydro).....	118
Tableau 31 : Indicateurs de la qualité des mesures de débits à la station hydrométrique l'Ornette à Saint-Pierre-des-Nids [Larray] (Sources : Banque Hydro).....	119
Tableau 32 : Indicateurs de la qualité des mesures de débits à la station hydrométrique le Merdereau à Saint-Paul -le-Gaultier (Sources : Banque Hydro).....	119

Acronymes

ADES	Portail national d'Accès aux Données sur les Eaux Souterraines
AELB	Agence de l'Eau Loire-Bretagne
AP	Arrêté Préfectoral
BV	Bassin Versant
CLE	Commission Locale de l'Eau
COTECH	Comité TECHnique
DAR	Débit d'Alerte Renforcée
DCE	Directive Cadre sur l'Eau
DCR	Débit de Crise
DDT	Direction Départementale des territoires
DOE	Débit Objectif d'Etiage
DREAL	Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement
DSA	Débit Seuil d'Alerte
EDL	Etat des lieux
ETP	EvapoTranspiration Potentielle
HMUC	Hydrologie Milieux Usages Climat
MESO	Masses d'eau souterraines
NGF	Nivellement Général de la France
OFB	Office Français pour la Biodiversité
ONDE	Observatoire National Des Etiages
QMNA	Débit (Q) mensuel (M) minimal (N) de chaque année civile (A), soit la valeur du débit mensuel d'étiage atteint par un cours d'eau pour une année donnée
SAGE	Schéma d'Aménagement et de Gestion de l'Eau
SDAGE	Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux
UG	Unité de Gestion
VCN	Volume Consécutif miNimal
ZRE	Zone de Répartition des Eaux

1 PREAMBULE

1.1 Contexte de l'étude

Le principal cadre réglementaire de la gestion quantitative est donné par le chapitre 7 du SDAGE Loire-Bretagne 2016-2021, qui pose la maîtrise des prélèvements en eau comme un élément essentiel à la reconquête du bon état des cours d'eau et à la préservation des écosystèmes qui leur sont liés, dans un contexte de changement climatique. Les décrets n°2021-795 et n°2022-1078 encadrent également la réalisation d'études d'évaluation de volumes prélevables dans les milieux naturels en période basses eaux et hors période de basses eaux.

Ainsi, la gestion de la ressource en période d'étiage repose en grande partie sur la fixation d'objectifs aux points nodaux (disposition 7A-1), que ce soit pour les rivières ou les nappes souterraines, portant d'une part sur l'équilibre entre la ressource et les besoins et d'autre part sur la gestion de crise.

D'autre part, un rôle particulier est donné dans ce chapitre aux SAGE, qui peuvent, sur la base d'une analyse des conditions hydrologiques, des milieux, des usages et du changement climatique (dite analyse « H.M.U.C ») propre à leur territoire, effectuée et validée au sein de la Commission Locale de l'Eau, proposer des ajustements à certaines dispositions du SDAGE, en particulier :

- ❖ Ajuster les débits et/ou les niveaux d'objectifs d'étiage et définir les conditions de prélèvements mieux adaptées à leur territoire (disposition 7A-2),
- ❖ En fonction des caractéristiques hydrologiques de leur territoire, proposer au Préfet de retenir une période de référence différente pour l'étiage, période qui sera prise en compte pour la délivrance des autorisations de prélèvements à l'étiage et la mise en place des mesures de gestion de crise (disposition 7B-1).

Le SAGE Sarthe amont est soumis à la disposition 7B-2 qui permet une augmentation limitée des prélèvements à l'étiage sans excéder la lame d'eau du SDAGE fixée à 0.15 mm au point nodal Sr2 (Neuville-Souillé). Le SAGE peut ajuster ce plafond au moyen d'une HMUC.

Dans le cadre de la révision du SAGE Sarthe amont, la Commission Locale de l'Eau a estimé nécessaire d'élargir les connaissances acquises lors d'une première étude de détermination des débits de référence datant de 2015. Aussi cette nouvelle étude a pour objectifs principaux :

- ▷ D'étendre les connaissances de l'état quantitatif des eaux superficielles et des eaux souterraines sur la période 2000-2020 ;
- ▷ Estimer le débit écologique au point nodal de la Sarthe amont à Souillé et proposer un débit objectif qui tiendrait compte du débit écologique et des besoins en aval identifiés dans l'étude volume prélevable du SAGE Sarthe aval ;
- ▷ De disposer de données factuelles comme des volumes prélevables pour prendre en compte l'enjeu quantitatif ;
- ▷ De proposer de nouvelles règles ou dispositions dans le SAGE.

L'étude de détermination des débits de référence de 2015 a identifié des secteurs en tension sur le bassin de la Sarthe amont, notamment la partie ornaise et le sous-bassin de la Bienne. Les tensions identifiées sur la partie ornaise sont générées par les prélèvements en eau potable sur le cours d'eau de la Sarthe. Le sous-bassin versant de la Bienne connaît des périodes difficiles d'un point de vue quantitatif, notamment au mois d'août, où l'irrigation agricole et la sur évaporation des plans d'eau sont importants.

Phase 1 | Objectif 1 : Appréhender le fonctionnement des différents cours d'eau et nappes souterraines du périmètre du SAGE



Etude sur la gestion quantitative des ressources en eau du bassin Sarthe amont et élaboration de programmes d'actions dans le cadre de la révision du SAGE

Enfin, l'étude actuelle intègre de nouveaux sous bassins du périmètre SAGE Sarthe amont sur lesquels une analyse de la disponibilité des ressources est réalisée en plus de celle sur les 5 unités de gestion définies en 2015.

Aussi, cette nouvelle étude se doit de répondre aux nouveaux objectifs suivants :

- ❖ Estimer le débit écologique sur le bassin de la Bienne dans le but d'affiner les débits seuils réglementaires et les volumes prélevables proposés dans la précédente étude ;
- ❖ Réaliser un bilan de l'état quantitatif sur 4 nouveaux sous-bassins versant de la Sarthe amont : l'Hoëne, l'Orthe, le Merdereau et l'Ornette.

1.2 Périmètre du territoire d'étude

Le périmètre de l'étude est celui du SAGE de la Sarthe Amont, défini par arrêté préfectoral le 28 février 2002. Un descriptif du territoire est présenté dans le Tableau 1.

Tableau 1: Présentation du périmètre SAGE de la Sarthe amont.

Carte d'identité du bassin de la Sarthe Amont	
Organisation administrative	Deux régions concernées : Pays de la Loire et Normandie Trois départements concernés : Sarthe, Orne et Mayenne 238 communes
Superficie	2 882 km ² - de sa source à la confluence avec l'Huisne au Mans
Réseau hydrographique	2 675 km de linéaire cumulé de cours d'eau <u>Principaux affluents de la Sarthe :</u> La Tanche, la Vézère, la Briante, le Sarthon, l'Ornette, le Merdereau, la Vaudelle, l'Orthe, la Longuève, l'Autonnière, l'Hoëne, l'Erine, le Rosay-Nord, la Bienne et l'Orne Saosnoise.

Phase 1 | Objectif 1 : Appréhender le fonctionnement des différents cours d'eau et nappes souterraines du périmètre du SAGE

Etude sur la gestion quantitative des ressources en eau du bassin Sarthe amont et élaboration de programmes d'actions dans le cadre de la révision du SAGE

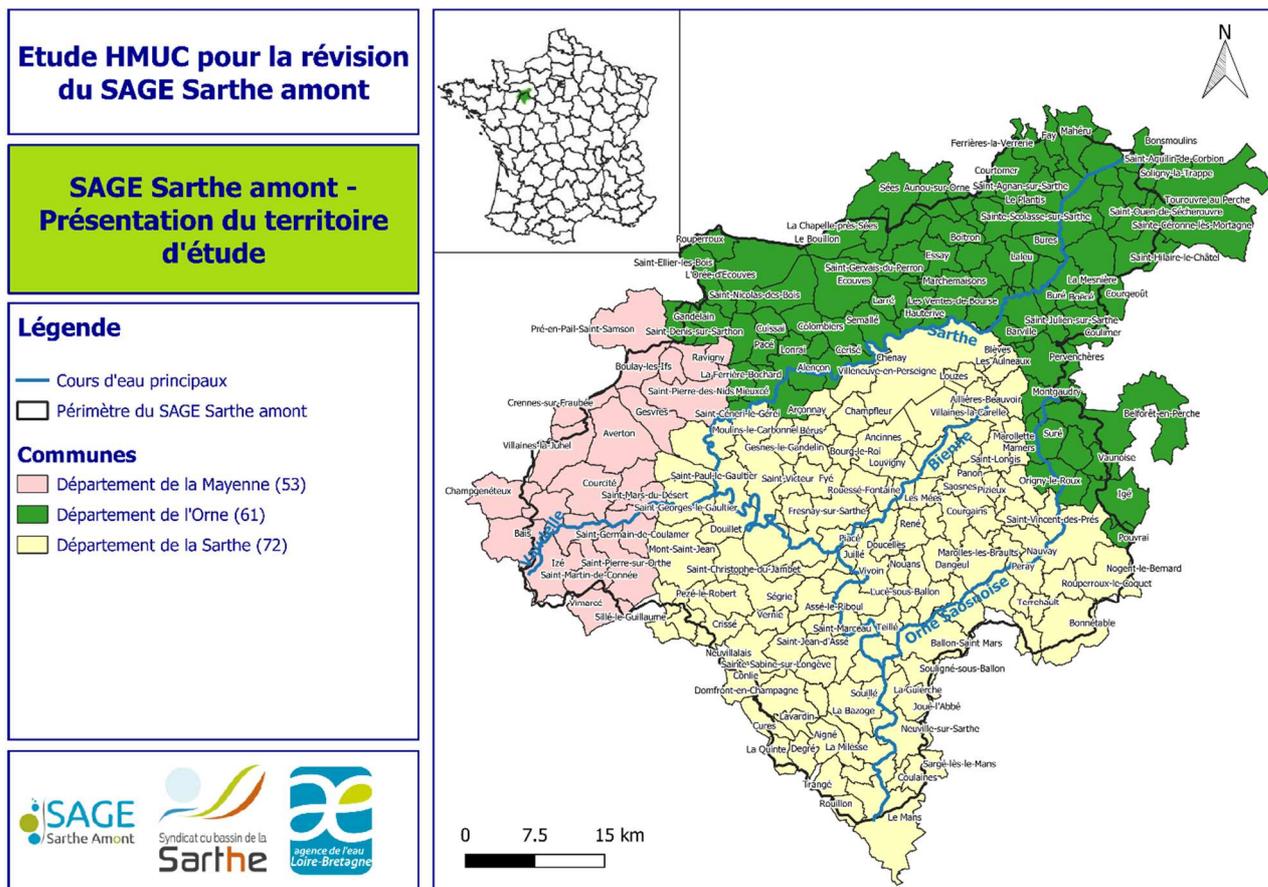


Figure 1: Localisation du bassin versant de la Sarthe amont (Source : SbS, IGN, SUEZ Consulting 2019)

1.3 Objectifs de l'étude

L'objectif principal de cette étude, et validé par la Commission Locale de l'Eau le 8 octobre 2020, est le suivant : « l'acquisition des données quantitatives validées pour alimenter les enjeux du SAGE, d'en définir des objectifs et de proposer, le cas échéant, des règles et des dispositions pour y répondre » (Cahier des Charges, SbS).

Pour y répondre et maîtriser la complexité d'une telle étude, le SbS a décliné 9 sous-objectifs qui composent la méthode HMUC (« Hydrologie, Milieux, Usages, Climat ») mise en œuvre :

- ▶ **Objectif 1** : Appréhender le fonctionnement des différents cours d'eau et nappes souterraines du périmètre du SAGE ;
- ▶ **Objectif 2** : Disposer de mesures in situ pour identifier le débit écologique de cours d'eau ;
- ▶ **Objectif 3** : Connaître les prélèvements et rejets réalisés sur le périmètre du SAGE, en leur appliquant individuellement un degré d'incertitude ;
- ▶ **Objectif 4** : Connaître l'état des ressources sans les prélèvements, et le cas échéant les rejets, afin d'identifier par unités de gestion (superficielles et souterraines) leur fonctionnement sans activités anthropiques, tout en apportant des degrés d'incertitudes ;

- ▷ **Objectif 5** : Estimer dans les grandes lignes l'évolution possible des ressources et des usages du fait du changement climatique ;
- ▷ **Objectif 6** : Connaître l'état des ressources (souterraines ou superficielles) et caractériser les secteurs sous tension ;
- ▷ **Objectif 7** : Affiner les débits seuils superficiels réglementaires proposés dans le cadre de la précédente étude ;
- ▷ **Objectif 8** : Définir des volumes d'eaux superficielles (ou souterraines en lien avec ces dernières) prélevables par usage et par période ;
- ▷ **Objectif 9** : Disposer de recommandations pour réaliser des économies d'eau ;

Ainsi, l'étude de détermination des débits de référence détaille le fonctionnement hydrologique et hydrogéologique du bassin de la Sarthe amont et analyse les impacts générés par les usages (prélèvements et rejets) sur les milieux aquatiques en période actuelle, ainsi que les impacts sur les milieux générés par les tendances d'évolution des usages et le changement climatique à l'horizon 2050. Les résultats de ce travail se traduiront par la proposition de débits d'objectifs et de volumes prélevables actualisés et affinés, ainsi que des débits seuil d'alerte et de crise aux stations de référence définies.

Les résultats de cette étude pourront être intégrés dans le futur SAGE si la CLE le souhaite.

1.4 Déroulement de la mission

L'étude se décompose en **3 phases** :

❖ Phase 1 : Etat des lieux / Synthèse et actualisation des données

- **Objectif 1** : Appréhender le fonctionnement des différents cours d'eau et nappes souterraines du périmètre du SAGE ;
- **Objectif 2** : Disposer de mesures in situ pour identifier le débit écologique de cours d'eau ;
- **Objectif 3** : Connaître les prélèvements et rejets réalisés sur le périmètre du SAGE, en leur appliquant individuellement un degré d'incertitude ;
- **Objectif 4** : Connaître l'état des ressources sans les prélèvements, et le cas échéant les rejets, afin d'identifier par unités de gestion (superficielles et souterraines) leur fonctionnement sans activités anthropiques, tout en apportant des degrés d'incertitudes ;
- **Objectif 5** : Estimer dans les grandes lignes l'évolution possible des ressources et des usages du fait du changement climatique ;

❖ Phase 2 : Diagnostic

- **Objectif 6** : Connaître l'état des ressources (souterraines ou superficielles) et caractériser les secteurs sous tension ;
- **Objectif 7** : Affiner les débits seuils superficiels réglementaires proposés dans le cadre de la précédente étude ;
- **Objectif 8** : Définir des volumes d'eaux superficielles (ou souterraines en lien avec ces dernières) prélevables par usage et par période ;

Phase 1 | Objectif 1 : Appréhender le fonctionnement des différents cours d'eau et nappes souterraines du périmètre du SAGE



Etude sur la gestion quantitative des ressources en eau du bassin Sarthe amont et élaboration de programmes d'actions dans le cadre de la révision du SAGE

❖ Phase 3 : Proposition d'actions

- **Objectif 9** : Disposer de recommandations pour réaliser des économies d'eau

Le présent document constitue le 1^{er} rapport du volet « Hydrologie » de la Phase 1, et apporte des éléments de réponse à l'objectif principal de l'étude défini par la CLE au travers du sous objectif n°1.

OBJECTIF PRINCIPAL : acquérir des données quantitatives validées pour alimenter les enjeux du SAGE, d'en définir des objectifs et de proposer, le cas échéant, des règles et des dispositions pour y répondre.

SOUS OBJECTIF 1 : [Appréhender le fonctionnement des différents cours d'eau et nappes souterraines du périmètre du SAGE](#)

Ce rapport présente :

- ⇒ Le fonctionnement hydrologique des eaux superficielles du périmètre du SAGE mais également des 5 unités de gestion réglementaires (la Bienne Thoire-Sous-Contentor, la Sarthe Neuville-sur-Sarthe, la Sarthe Saint-Céneri-Le-Gérei, la Vaudelle Saint-Georges-Le-Gaultier, l'Orne saosnoise Montbizot, la Sarthe aval) et des 4 sous-unités de gestion (Hoène, Orthe, Merdereau et Ornette) ;
- ⇒ Le fonctionnement hydrogéologique des eaux souterraines à partir des différents aquifères présents sur le territoire et une évaluation simplifiée des interactions nappes–rivières.

2 DEFINITIONS PREALABLES¹

❖ Module : Débit moyen interannuel

Le module est la **moyenne des débits moyens annuels** calculés sur une année hydrologique et sur l'ensemble de la période d'observation de la station. Ce débit donne une indication sur le volume annuel moyen écoulé et donc sur la disponibilité globale de la ressource d'un bassin versant.

Il a valeur de référence réglementaire, notamment dans le cadre de l'article L214-18 du code de l'environnement et de sa circulaire d'application du 5 juillet 2011 fixant au dixième du module désinfluencé la valeur plancher du débit à laisser en aval d'un ouvrage dans le lit d'un cours d'eau.

❖ Basses eaux

Écoulement ou niveau d'eau le plus faible de l'année, mesuré par la hauteur d'eau ou le débit. Durant une période de basses eaux ou d'étiage, le cours d'eau n'occupe que son lit mineur. La période des basses eaux correspond à la période où le débit du cours d'eau est inférieur à son module.

❖ Etiage

D'après les sources consultées, une certaine ambiguïté subsiste quant à la définition du terme « étiage ». Ces dernières convergent toutefois vers les notions suivantes :

- Une période durant laquelle le débit du cours d'eau considéré est non seulement inférieur au module, mais, de plus, particulièrement bas. Cette période peut être identifiée comme étant celle durant laquelle le débit est inférieur à une valeur « seuil » calculée statistiquement selon des modalités choisies en fonction de la situation considérée ;
- Une période durant laquelle le niveau des nappes est également particulièrement bas ;
- Un événement qui n'est pas nécessairement exceptionnel. Ceci dépend de la sévérité de l'étiage, qui doit être caractérisée au moyen d'indicateurs statistiques appropriés ;
- Une période durant laquelle seules les nappes, en voie d'épuisement, contribuent au débit du cours d'eau (absence de pluie) ;
- Un événement qui se décrit non seulement par la valeur de débit non-dépassée, mais également par sa durée.

Quelle que soit la définition considérée, un étiage s'identifie, se caractérise et se délimite à l'aide d'au moins un indicateur nommé « débit caractéristique d'étiage ». Ce dernier peut se définir à partir de débits journaliers, de débits mensuels, ou encore de moyennes mobiles calculées sur plusieurs jours. Il est également possible de caractériser les étiages à partir d'un débit seuil, en comptabilisant le nombre de jours sous ce seuil ou le volume déficitaire.

Afin de pouvoir bien appréhender la complexité d'un étiage, il est préférable de s'appuyer sur une série de débits caractéristiques d'étiage différents, et non un seul. La définition des principaux types de débits caractéristiques d'étiage est détaillée ci-après.

¹ Sources :

- <http://www.glossaire-eau.fr/>
- Claire Lang Delus, « Les étiages : définitions hydrologique, statistique et seuils réglementaires », Cybergeo : European Journal of Geography [En ligne], Environnement, Nature, Paysage, document 571, mis en ligne le 30 novembre 2011 ;
- OFB et Ministère chargé de l'environnement
- SDAGE Loire-Bretagne 2016-2021

❖ QMNA : Débit moyen mensuel minimum de l'année

Il s'agit de la variable usuellement employée par les services gestionnaires pour caractériser les étiages d'un cours d'eau. Il s'agit, pour une année donnée, du débit moyen mensuel (= moyenne des débits journaliers sur un mois) le plus bas de l'année.

❖ QMNA5 : Débit d'étiage quinquennal

Le QMNA5 correspond au débit moyen mensuel minimum de période de retour 5 ans, c'est-à-dire ayant une chance sur cinq de ne pas être dépassé pour une année donnée.

Le QMNA5 est également mentionné dans la circulaire du 3 août 2010 du ministère en charge de l'écologie (NOR : DEVO1020916C) : « Le débit de l'année quinquennale sèche correspond, en se référant aux débits des périodes de sécheresse constatés les années précédentes, à la valeur la plus faible qui risque d'être atteinte une année sur cinq. La probabilité d'avoir un débit supérieur à cette valeur est donc de quatre années sur cinq ». Le QMNA5, dont on peut considérer qu'il reflète indirectement un potentiel de dilution et un débit d'étiage typiques d'une année sèche, est utilisé dans le traitement des dossiers de rejet et de prélèvement en eau en fonction de la sensibilité des milieux concernés. Le QMNA5 sert en particulier de référence aux débits objectifs d'étiage (DOE - voir ce terme).

Le QMNA5 est une valeur réglementaire qui présente l'inconvénient d'être soumise à l'échelle calendaire. Les débits d'étiage peuvent en effet être observés durant une période chevauchant deux mois, induisant une surestimation du débit d'étiage par le QMNA. Pour cette raison, même si le QMNA5 reste une valeur réglementaire, l'évaluation des niveaux de débit en période d'étiage s'appuie préférentiellement sur des données journalières.

❖ VCNd : Débit minimum de l'année calculé sur d jours consécutifs

Les VCNd sont des valeurs extraites annuellement en fonction d'une durée fixée « d ».

- Le **VCN3** permet de caractériser une situation d'étiage sévère sur une courte période (3 jours).
- Les **VCN7** et **VCN10** correspondent à des valeurs réglementaires dans de nombreux pays et sont très utilisés d'une manière générale dans les travaux portant sur les étiages.

Nota : Il est intéressant de comparer le QMNA au VCN30. Le VCN30 correspond à la moyenne mobile la plus faible de l'année calculée sur 30 jours consécutifs, car il se rapproche en termes de durée de l'échelle mensuelle. Ces deux grandeurs devraient être proches, mais dans certains contextes des écarts importants peuvent apparaître, notamment lors d'années pluvieuses et dans le cas de bassins imperméables qui ont une réponse rapide aux impulsions pluviométriques.

❖ Débit mensuel interannuel quinquennal sec

Le débit mensuel interannuel quinquennal sec correspond pour un mois considéré, au débit mensuel qui a une probabilité de 4/5 d'être dépassé chaque année. Il permet de caractériser un mois calendaire de faible hydraulicité.

❖ Débit d'étiage vs débit caractéristique d'étiage

Un débit d'étiage consiste en une valeur caractérisant l'étiage d'un cours d'eau sur une période délimitée dans le temps. Exemples :

- Le QMNA de l'année 2010 correspond au débit mensuel (calendaire) le plus bas de l'année 2010 ;

Phase 1 | Objectif 1 : Appréhender le fonctionnement des différents cours d'eau et nappes souterraines du périmètre du SAGE



Etude sur la gestion quantitative des ressources en eau du bassin Sarthe amont et élaboration de programmes d'actions dans le cadre de la révision du SAGE

- Le VCN10 de l'année 2011 correspond au plus bas débit calculé sur 10 jours consécutifs de l'année 2011.

Un débit caractéristique d'étiage consiste en une valeur issue d'une série de débits d'étiage et associée à une probabilité d'occurrence (ou fréquence). Exemples :

- Le VCN10 de période de retour 5 ans correspondent au VCN 10 ayant une probabilité de 1/5 de ne pas être dépassé sur une année donnée ;
- Le QMNA5 correspond au QMNA ayant une probabilité de 1/5 de ne pas être dépassé sur une année donnée.

Dans le cadre de la présente étude, une gamme de débits caractéristiques d'étiage sera calculée en chaque point de référence :

- QMNA interannuel, QMNA2, QMNA5,
- Débits mensuels interannuels quinquennaux secs,
- VCN10 et VCN3 (annuel, biennal et quinquennal),
- 1/10ème module, 1/20ème module.

3 ANALYSE HYDRO-CLIMATIQUE

3.1 Données utilisées

Cette nouvelle étude s'inscrit dans la continuité de l'étude de détermination des débits de référence de 2015, c'est pourquoi les stations de pluviométrie et de ETP choisies en 2015 pour la collecte des chroniques de données climatiques ne devraient pas être changées. Pour rappel, **les stations météorologiques choisies en 2015** sont au nombre de 5 (cf. tableau) et sont **représentatives de la pluviométrie sur le périmètre du SAGE Sarthe amont pour la période d'étude 2000-2011**.

Tableau 2: Caractéristiques et périodes de mesures des stations météorologiques retenues lors de l'étude de 2015 (Sources : SbS, Météo-France, 2021)

Nom station	Code	Période de disponibilité des données de précipitations quotidiennes
Villaines-la-Juhel	53271001	1980 - 2018
Alençon	61001001	1999 - 2020
Soligny-la-Trappe	61475001	1985 - 2020
Mamers	72180001	1934 - 2020
Saint-Marceau	72297001	1978 - 2014

Cependant, les stations de **Saint-Marceau (72180001)** et de **Villaines-la-Juhel (53271001)** ont été fermées à compter du **31 novembre 2014** et du **31 décembre 2018**. Aussi, il est proposé de **collecter les données climatiques complémentaires** au droit de nouvelles stations :

- ▷ **Le Mans (72181001)**.
- ▷ **Courcité SAPC (53083001)**

Ces nouvelles stations ont été choisies selon **les critères suivants** :

- ▷ **La proximité** de la nouvelle station avec celle dont les données sont incomplètes ;
- ▷ **L'altitude** de la station qui doit être la même que celle de la station dont il faut compléter les données ;
- ▷ La nouvelle et l'ancienne station sont placées sur la même **normale de pluie** (BD AURELHY 2000-2010).

Les données de précipitations au pas de temps journalier du **01/01/2012 au 31/12/2019** ont été collectées auprès de **Météo France** pour **les stations météorologiques d'Alençon, Mamers et de Soligny-la-Trappe**. Les données de pluviométrie quotidiennes de 2000 à 2011 ont déjà été collectées dans le cadre de l'étude de détermination des débits de référence de 2015.

Phase 1 | Objectif 1 : Appréhender le fonctionnement des différents cours d'eau et nappes souterraines du périmètre du SAGE



Etude sur la gestion quantitative des ressources en eau du bassin Sarthe amont et élaboration de programmes d'actions dans le cadre de la révision du SAGE

Les données de précipitations au pas de temps journalier du 01/11/2014 au 31/12/2019 ont été collectées auprès de **Météo France** pour la station de **Le Mans (72181001)**.

Les données de précipitations au pas de temps journalier du 01/01/2019 au 31/12/2019 ont été collectées auprès de **Météo France** pour la station de **Courcité SAPC (53083001)**.

Pour l'**évapotranspiration (ETP)**, on s'appuie sur les **mesures décennales et journalières** réalisées au niveau de la **station d'Alençon**. Les données d'**ETP au pas de temps journalier du 01/01/2012 au 31/12/2019** ont été collectées auprès de **Météo France**. Les données décennales de ETP de 2000 à 2011 ont déjà été collectées dans le cadre de l'étude de détermination des débits de référence de 2015.

Ces données ont plusieurs utilités. Elles permettent, d'une part, de **caractériser précisément le régime pluviométrique** sur le territoire du SAGE Sarthe amont. D'autre part, elles aident à **positionner le contexte pluviométrique des dix dernières années** par rapport à la chronique totale. Enfin, elles servent à **approcher la thématique du changement climatique**.

Le tableau suivant présente les stations météorologiques auxquelles les données ont été collectées pour l'analyse des variables climatiques sur la période 2000-2019 :

Nom station	Code	Période de disponibilité des données de précipitations quotidiennes	Identification des stations complémentaires
Villaines-la-Juhel	53271001	1980 - 2018	
Courcité SAPC	53083001	2007 - 2020	Compléter les données collectées à la station de Villaines-la-Juhel
Alençon	61001001	1999 - 2020	
Soligny-la-Trappe	61475001	1985 - 2020	
Mamers	72180001	1934 - 2020	
Saint-Marceau	72297001	1978 - 2014	
Le Mans	72181001	1944 - 2020	Compléter les données collectées à la station de Saint-Marceau

Tableau 3 : Caractéristiques et périodes de mesures des stations météorologiques retenues (Sources : SbS, Météo-France, 2021)

Phase 1 | Objectif 1 : Appréhender le fonctionnement des différents cours d'eau et nappes souterraines du périmètre du SAGE

Etude sur la gestion quantitative des ressources en eau du bassin Sarthe amont et élaboration de programmes d'actions dans le cadre de la révision du SAGE

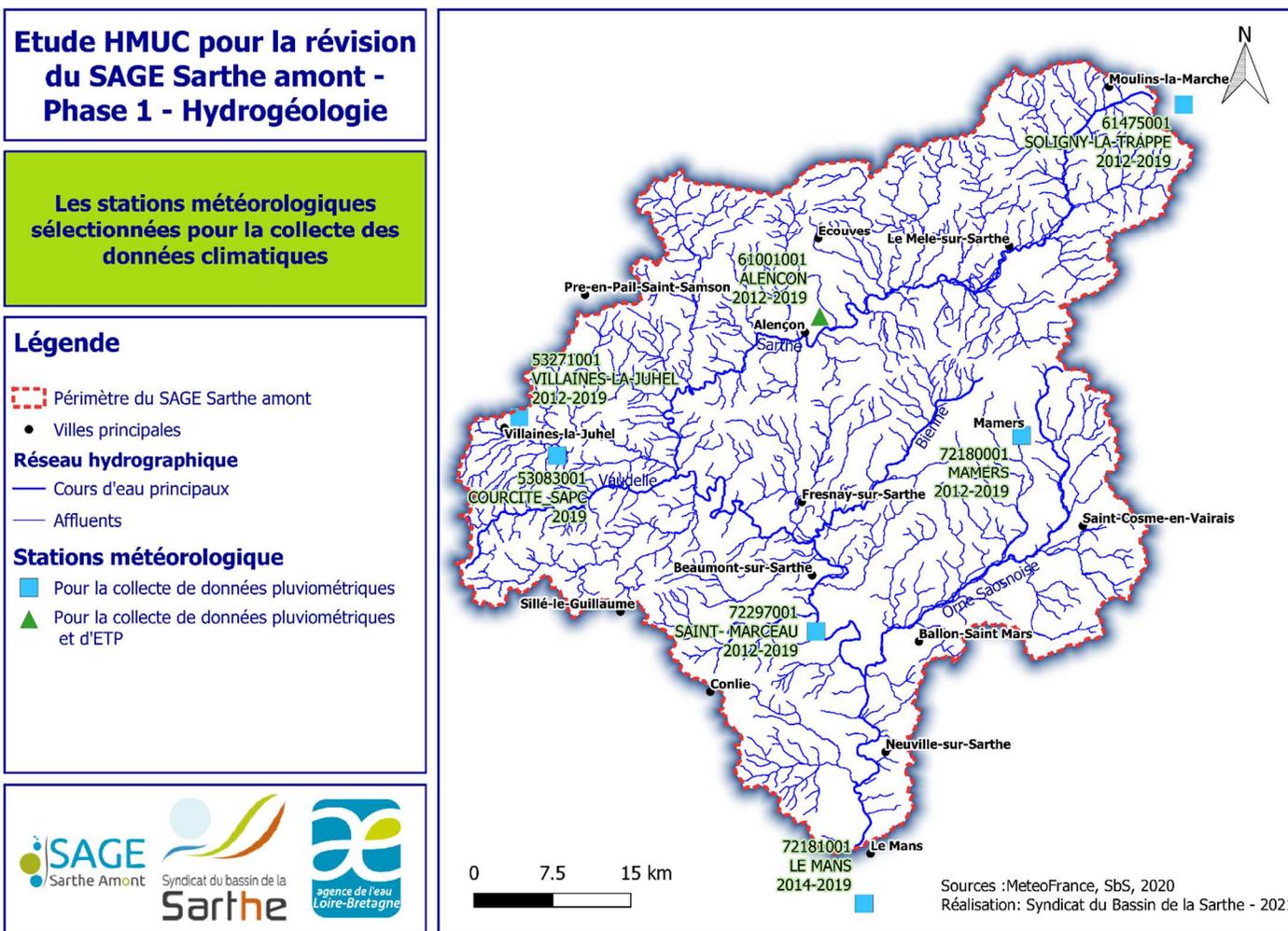


Figure 2 : Localisation des stations météorologiques retenues pour l'étude (Source : Météo-France, SbS, SUEZ Consulting 2021)

3.2 Contexte climatique du bassin

La zone d'étude se situe dans une région caractérisée par un **climat océanique tempéré**². Ce dernier présente des **hivers plutôt doux** et des **étés plutôt chauds**. Le territoire est soumis à deux influences prédominantes :

- ▷ L'influence atlantique qui se traduit par un climat océanique humide ;
- ▷ L'influence méridionale qui se traduit par des étés secs et chauds, notamment dans la partie est du bassin versant.

3.3 Pluviométrie

3.3.1 Evolution des cumuls annuels sur la période d'étude

Les cumuls pluviométriques annuels sur la période 2000-2019, mesurés aux 5 stations météorologiques, sont présentés.

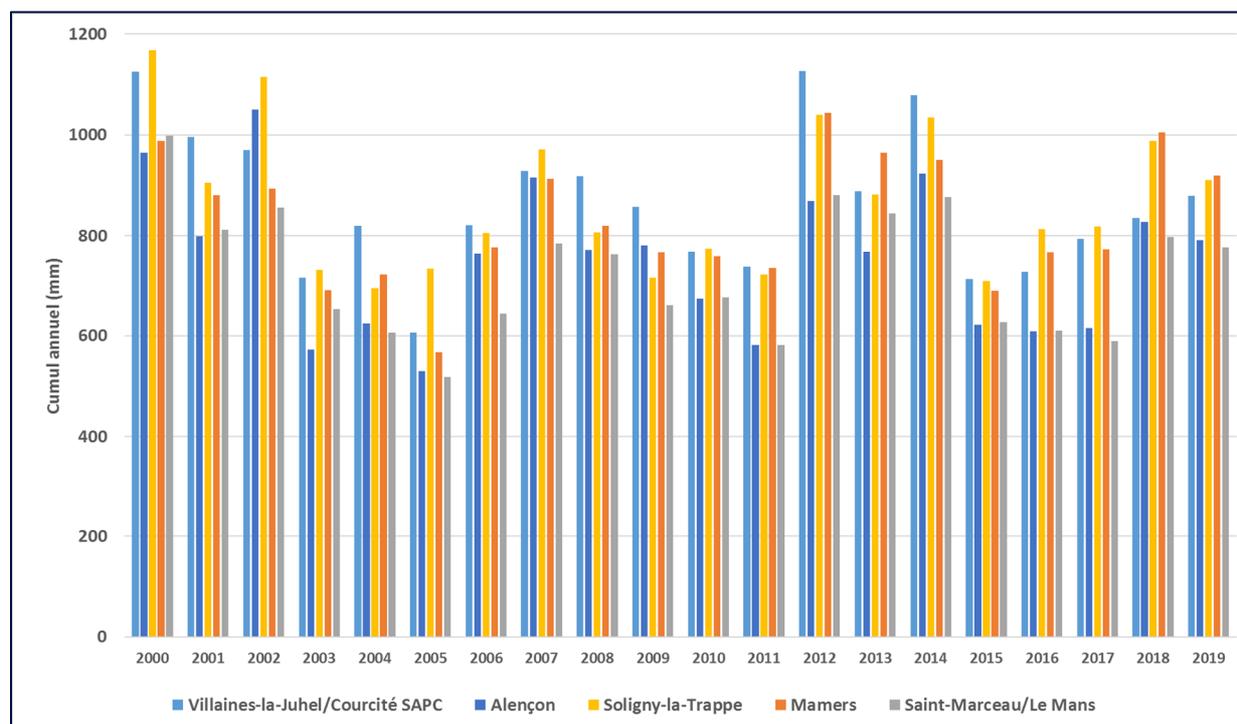


Figure 3 : Cumuls pluviométriques annuels par station de 2000 à 2019 (Sources : Météo France, SbS, SUEZ Consulting 2021)

² D'après la carte Météo France des climats de Métropole : <http://www.meteofrance.fr/climat-passe-et-futur/climat-en-france/le-climat-en-metropole>

Phase 1 | Objectif 1 : Appréhender le fonctionnement des différents cours d'eau et nappes souterraines du périmètre du SAGE

Etude sur la gestion quantitative des ressources en eau du bassin Sarthe amont et élaboration de programmes d'actions dans le cadre de la révision du SAGE

Tableau 4 : Cumuls pluviométriques moyens interannuels sur la période 2000-2019 (Sources : Météo France, SbS, SUEZ Consulting 2021)

Station météorologique	Cumul annuel moyen 2000-2019 (mm)	Altitude (mNGF)
Villaines-la-Juhel/Courcité SAPC	865	190
Alençon	752	143
Soligny-la-Trappe	867	240
Mamers	831	125
Saint-Marceau/Le Mans	728	55

A partir de ces éléments, plusieurs constats peuvent être faits :

- ▶ Le cumul pluviométrique moyen interannuel sur la période 2000-2019 varie **entre 728 mm (Saint-Marceau/Le Mans) et 867 mm (Soligny-la-Trappe)** ;
- ▶ **La variation la plus importante** est celle comprise **entre les stations de Saint-Marceau/Le Mans et Villaines-la-Juhel/Courcité SAPC** et est de l'ordre de **139 mm**. La première station est placée à l'altitude la plus basse parmi les stations choisies, la deuxième est celle située à l'altitude la plus élevée ;
- ▶ Les années **2003, 2004, 2005, 2011, 2015 et 2016** apparaissent particulièrement **sèches** avec des cumuls pluviométriques inférieurs à la moyenne la plus faible sur la période 2000-2019 ;
- ▶ A l'inverse, les années **2000, 2001, 2002, 2013 et 2014** ressortent comme **pluvieuses** avec un cumul pluviométrique annuel supérieur à 850 mm pour la majorité des stations météorologiques.

Les graphiques présentés ci-après comparent les cumuls annuels au cumul moyen annuel et à la moyenne mobile sur 10 ans décalée de 5 ans. Ces résultats permettront de **positionner le contexte pluviométrique du territoire sur les 20 dernières années par rapport à la chronique de précipitations depuis 1980**.

L'analyse est réalisée sur les cinq stations sélectionnées : **Villaines-la-Juhel/Courcité SAPC, Alençon, Soligny-la-Trappe, Mamers et Saint-Marceau/ Le Mans**.

Ces graphiques montrent qu'il est difficile de conclure sur une tendance générale d'évolution de la pluviométrie sur les 20 dernières années. Toutefois, on peut noter **une baisse de la pluviométrie sur les cinq dernières années aux stations de Alençon, de Villaines-la-Juhel/Courcité SAPC et de Soligny-la-Trappe**.

En termes de tendance plus globale, on n'observe pas de variation structurelle des cumuls pluviométriques annuels pouvant être liée au changement climatique. **Les variations pluviométriques interannuelles sont assez cycliques, avec alternance de décennies sèches (1989-1992, 1996-1997, 2003-2005, 2010-2011, 2015-2017) et humides (1999-2002, 2007-2009, 2012-2014)**. Ces variations sont bien sûr différentes en termes d'ampleur selon les stations analysées.

Phase 1 | Objectif 1 : Appréhender le fonctionnement des différents cours d'eau et nappes souterraines du périmètre du SAGE



Etude sur la gestion quantitative des ressources en eau du bassin Sarthe amont et élaboration de programmes d'actions dans le cadre de la révision du SAGE

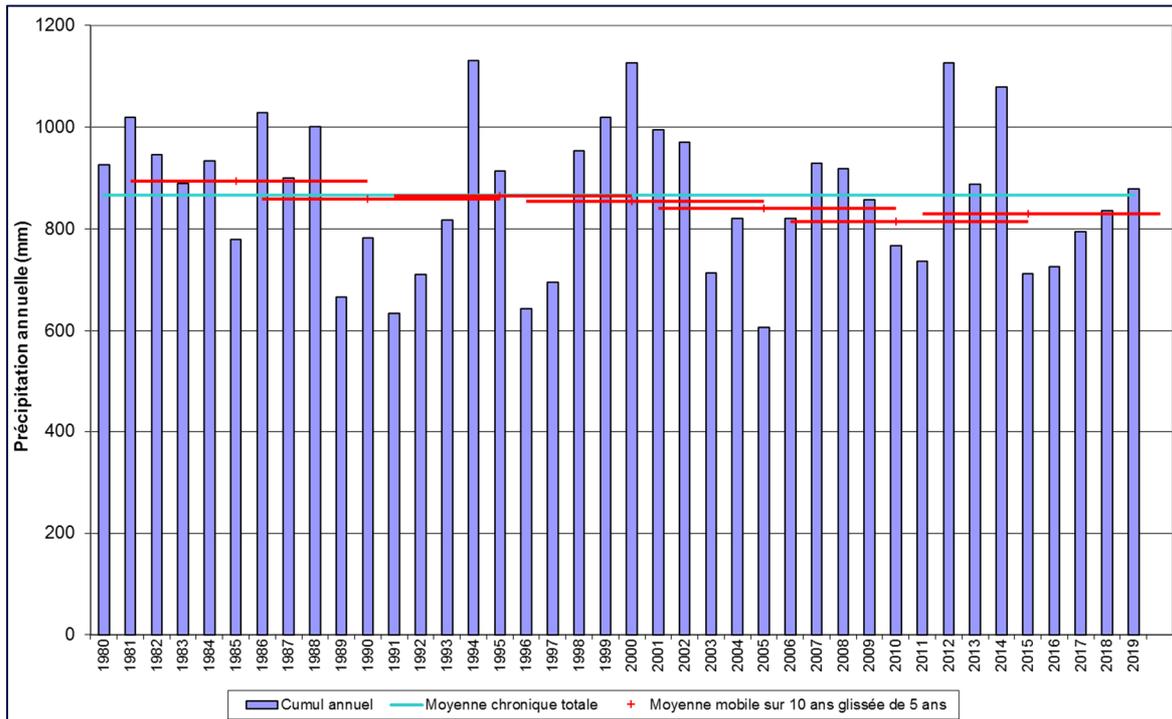


Figure 4: Comparaison des cumuls de pluie annuels et des moyennes mobiles sur 30 ans à la station de Villaines-la-Juhel/Courcité SAPC. (Sources : Banque Hydro, SbS, Suez Consulting 2021)

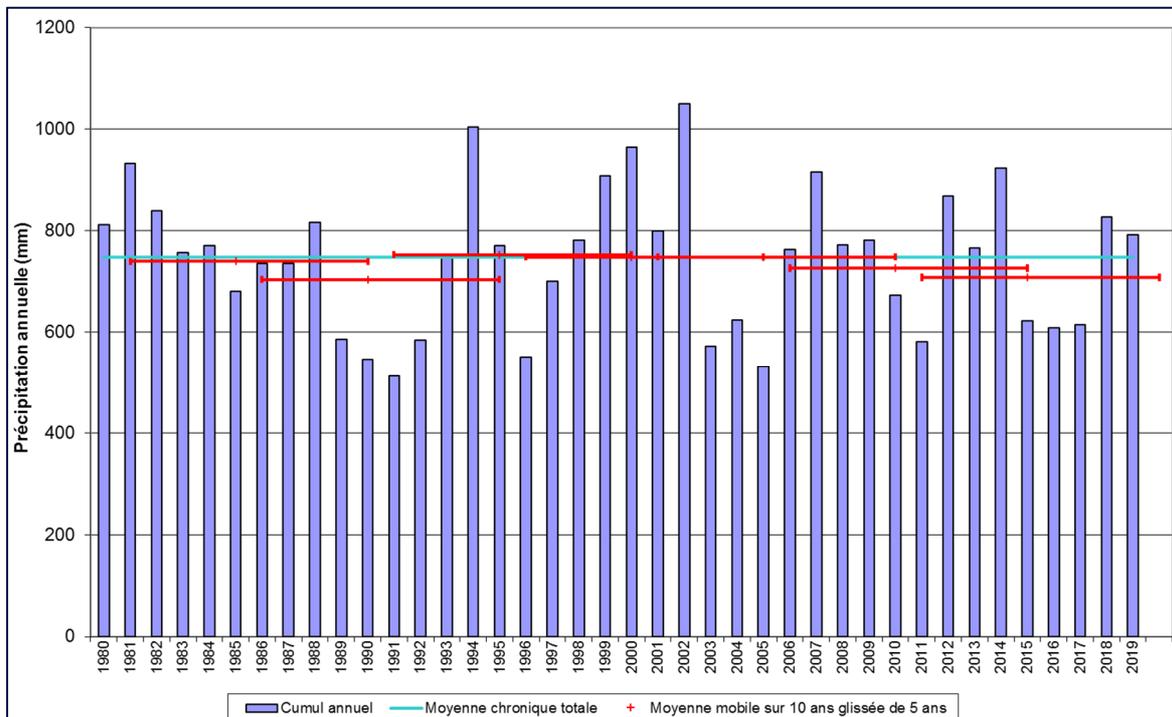


Figure 5: Comparaison des cumuls de pluie annuels et des moyennes mobiles sur 31 ans à la station de Alençon. (Sources : Banque Hydro, SbS, Suez Consulting, 2021)

Phase 1 | Objectif 1 : Appréhender le fonctionnement des différents cours d'eau et nappes souterraines du périmètre du SAGE



Etude sur la gestion quantitative des ressources en eau du bassin Sarthe amont et élaboration de programmes d'actions dans le cadre de la révision du SAGE

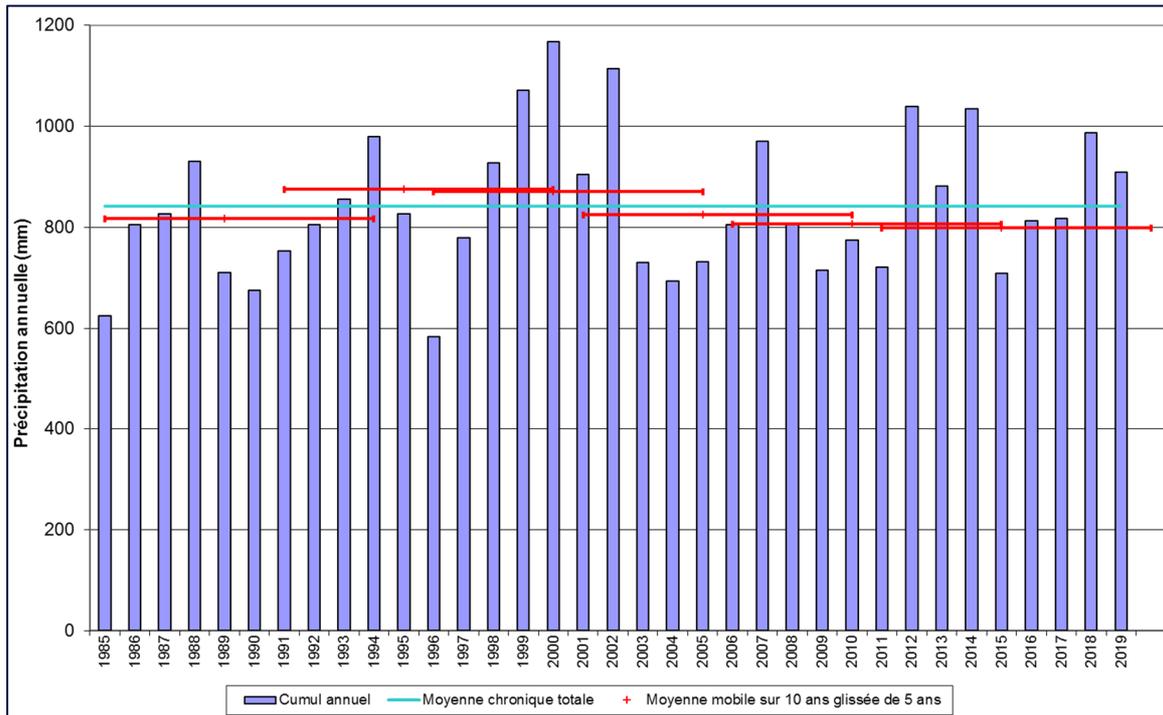


Figure 6: Comparaison des cumuls de pluie annuels et des moyennes mobiles sur 31 ans à la station de Soligny-La-Trappe. (Sources : Banque Hydro, SbS, Suez Consulting 2021)

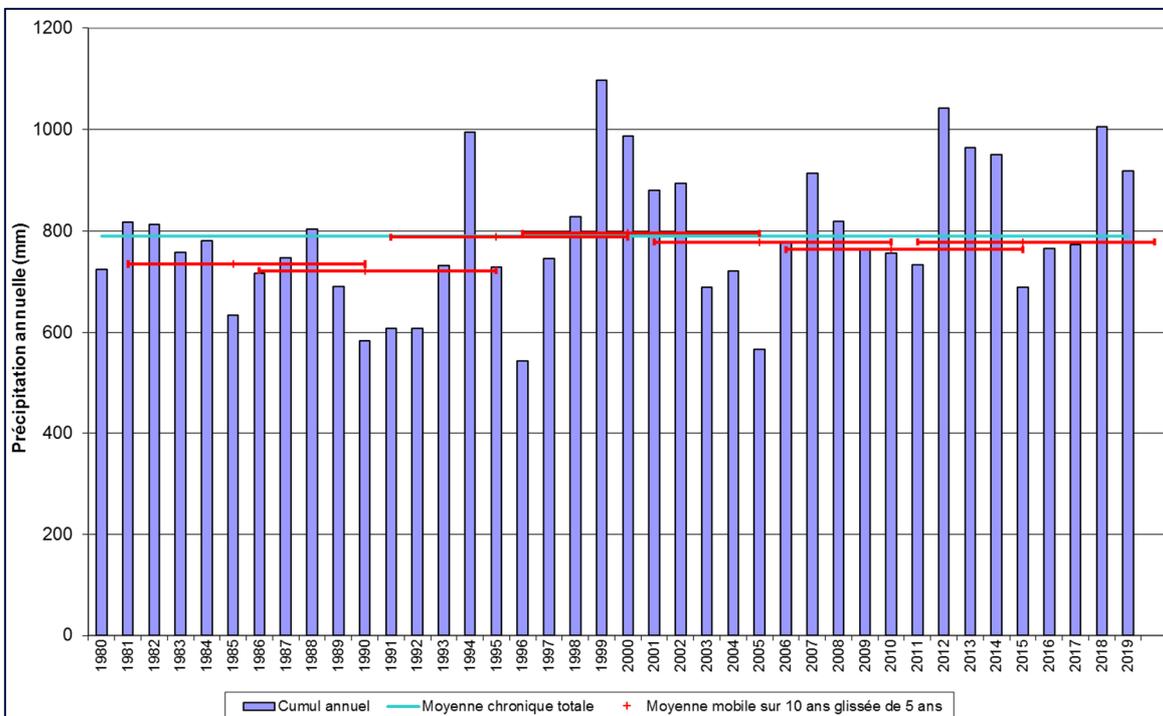


Figure 7: Comparaison des cumuls de pluie annuels et des moyennes mobiles sur 31 ans à la station de Mamers. (Sources : Banque Hydro, SbS, Suez Consulting 2021)

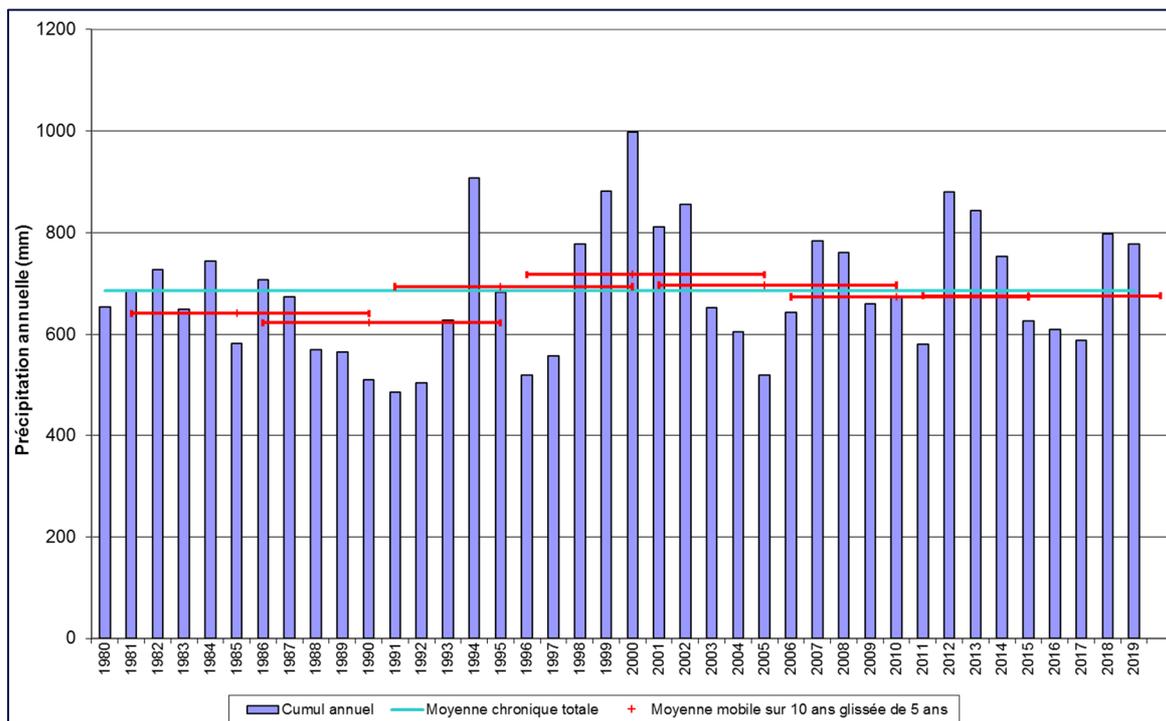


Figure 8: Comparaison des cumuls de pluie annuels et des moyennes mobiles sur 31 ans à la station de Saint-Marceau/Le Mans. (Sources : Banque Hydro, SbS, Suez Consulting 2021)

3.3.2 Relation entre la pluviométrie et l'altitude

On observe une corrélation entre l'altitude et la pluviométrie pour la majorité des stations météorologiques : le cumul moyen interannuel des précipitations augmente avec l'altitude. Ainsi, **le cumul moyen interannuel** des précipitations est **supérieur à 860 mm par an sur les parties élevées** du bassin (altitude supérieure à 190 mNGF) et de l'ordre de **730 mm sur les parties les plus basses (altitude de 55 mNGF)**.

Les données des stations météorologiques présentées au paragraphe précédent confirment la corrélation observée entre l'altitude et les cumuls précipités. Seule la station de **Alençon** fait exception. Alors que cette dernière est placée à une altitude plus élevée que la station de Mamers (+18 m d'altitude), la pluviométrie moyenne interannuelle est plus faible (-78 mm).

Ainsi, **la vallée de la Sarthe aval entre Fresnay-Sur-Sarthe et le Mans et la vallée de la Sarthe en amont de la plaine d'Alençon** sont caractérisées par **des précipitations plus faibles** que l'ensemble du bassin versant de la Sarthe amont. **Les précipitations les plus élevées** sont mesurées au niveau **des points culminants des collines des Coëvrons, du Maine et de Normandie**.

Tableau 5 : Cumul pluviométrique moyen interannuel sur la période 2000-2019 et altitude des stations météorologiques (Sources : Météo France, SbS, SUEZ Consulting 2021)

Station météorologique	Cumul annuel moyen 2000-2019 (mm)	Altitude de la station (mNGF)
Villaines-la-Juhel/Courcité SAPC	865	190
Alençon	752	143
Soligny-la-Trappe	867	240
Mamers	831	125
Saint-Marceau/Le Mans	728	55

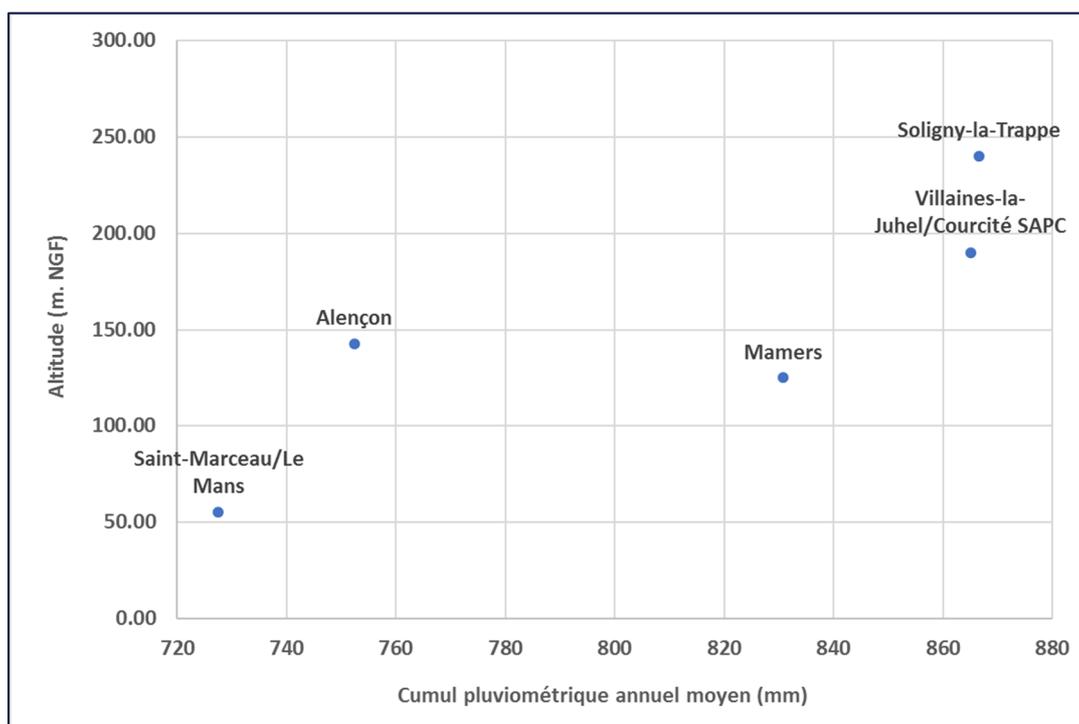


Figure 9 : Mise en évidence de la corrélation entre le cumul de précipitations et l'altitude (Sources : Météo France, SbS, SUEZ Consulting 2021)

3.3.3 Evolution des cumuls mensuels sur la période d'étude

Les **variations inter-mensuelles** de la pluviométrie sont similaires **d'une station à une autre** (cf. Figure 10).

En considérant la pluviométrie interannuelle moyenne mensuelle sur 2000-2019, **il est difficile de conclure sur une tendance générale à l'échelle du bassin versant de la Sarthe amont**. Toutefois, on observe que :

- ▶ **Le mois le plus arrosé** est celui de **décembre**, avec une pluviométrie moyenne **comprise entre 90 et 100 mm aux stations les plus élevées** et **comprise entre 72 et 85 mm pour les stations aux altitudes les plus basses**. Les mois de **novembre, octobre et de janvier** sont caractérisés par **des hauteurs de pluie importante**. Ainsi, pour le mois de novembre, la pluviométrie moyenne

Phase 1 | Objectif 1 : Appréhender le fonctionnement des différents cours d'eau et nappes souterraines du périmètre du SAGE

Etude sur la gestion quantitative des ressources en eau du bassin Sarthe amont et élaboration de programmes d'actions dans le cadre de la révision du SAGE

est comprise entre 75 et 95 mm aux stations. Pour le mois d'octobre, elle est comprise entre 70 et 90 mm. Enfin pour le mois de janvier, elle est comprise entre 69 et 89 mm ;

- ▷ Les cumuls pluviométriques moyens mensuels **les plus faibles** sont enregistrés sur les mois de **septembre (entre 39 et 52 mm), avril (entre 48 et 55 mm) et août (entre 52 et 65 mm)** ;
- ▷ On observe **une augmentation ponctuelle du cumul pluviométrique** sur le mois de **mai**. Le cumul pluviométrique moyen est compris entre **62 et 78 mm**.

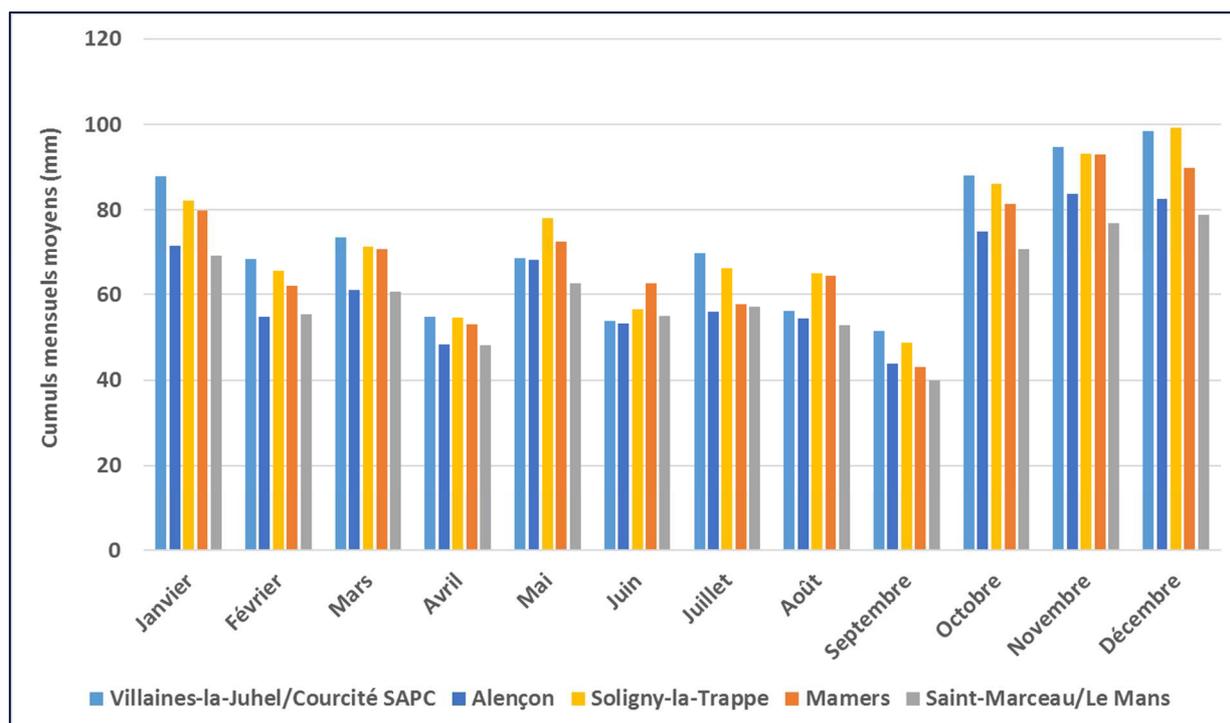


Figure 10 : Précipitations moyennes mensuelles pour chaque station sur la période 2000-2019 (Sources : Météo France, SbS, SUEZ Consulting 2021)

Tableau 6: Pourcentage des précipitations mensuelles moyennes par rapport au cumul moyen annuel sur la période 2000-2019 (Sources : Météo France, SbS, SUEZ Consulting 2021)

Code	Nom	Janv.	Févr.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
53271001	Villaines-la-Juhel	10	8	9	7	8	6	8	7	6	10	11	11
61001001	Alençon	10	7	8	6	9	7	7	7	6	10	11	11
61475001	Soligny-la-Trappe	10	8	8	6	9	7	8	8	6	10	11	11
72180001	Mamers	11	8	9	7	10	8	8	8	6	11	12	12
72297001	Saint-Marceau	10	8	8	7	8	7	9	7	5	10	9	11

L'analyse simultanée des chroniques de cumuls mensuels sur la période 2000-2019 confirme les observations précédentes concernant les variations mensuelles interannuelles analysées sur 2000-2019 (cf. Figure 11).

Phase 1 | Objectif 1 : Appréhender le fonctionnement des différents cours d'eau et nappes souterraines du périmètre du SAGE

Etude sur la gestion quantitative des ressources en eau du bassin Sarthe amont et élaboration de programmes d'actions dans le cadre de la révision du SAGE

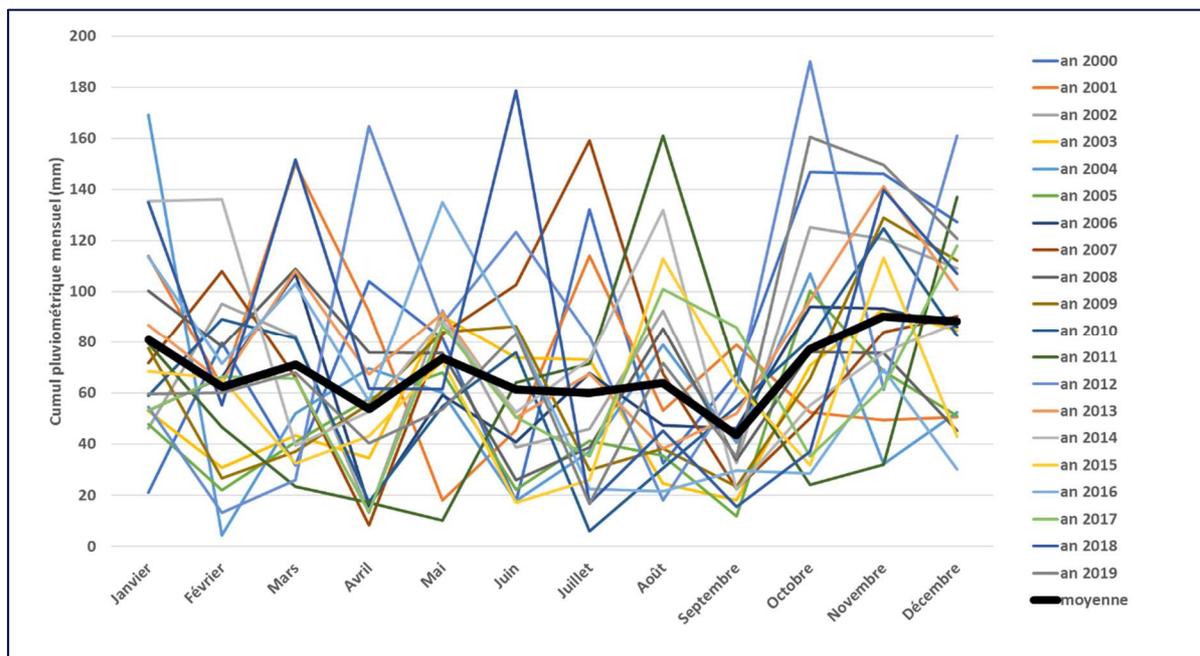


Figure 11 : Cumuls mensuels de chaque année de la période d'étude à la station de Mamers (Sources : Météo France, SbS, SUEZ Consulting 2021)

Le Tableau 7 et la Figure 12 présentent **les variations absolues des cumuls mensuels moyens de pluie entre les périodes respectives 2000-2011 et 2012-2019**. Il apparaît que la pluviométrie mensuelle **augmente** sur les mois de **janvier, février, avril, mai, juin, août, septembre et décembre** entre les deux périodes analysées. Les mois concernés par **les augmentations les plus importantes** sont **juin, août et décembre** :

- ▷ **Juin** : entre **+18 et +28 mm** de pluie entre les deux périodes (soit une augmentation entre **+33 et +57 %**) ;
- ▷ **Août** : entre **+4 et +25 mm** de pluie entre les deux périodes (soit une augmentation entre **+6 et +46 %**) ;
- ▷ **Décembre** : entre **+5 et +20 mm** de pluie entre les deux périodes (soit une augmentation entre **+6 et + 24 %**) ;

Si l'on compare ces données aux chroniques de 1970-2020 sur Alençon et 1984-2020 sur le Mans, les augmentations de juin, août et décembre sont confirmées pour les 2 stations

Sur les mois de **mars, juillet, octobre et novembre**, la pluviométrie mensuelle du bassin versant de la Sarthe amont **diminue** :

- ▷ **Mars** : entre **-4 et -14 mm** de pluie entre les deux périodes (soit une baisse entre **-6 et -20 %**) ;
- ▷ **Juillet** : entre **-16 et -28 mm** de pluie entre les deux périodes (soit une baisse entre **-21 et -40%**) ;
- ▷ **Octobre** : entre **-9 et -21 mm** de pluie entre les deux périodes (soit une baisse entre **-12 et -20%**) ;
- ▷ **Novembre** : entre **- 3 et -14 mm** de pluie entre les deux périodes (soit une baisse entre **-4 et - 14%**) ;

Les tendances sur 20 ans sont différentes de celles observées sur 40 ou 50 ans. A Alençon, les diminutions sur les 50 dernières années sont observées en février, mars, mai et septembre. Au Mans, il s'agirait plutôt de janvier, avril, juillet, septembre et octobre

Phase 1 | Objectif 1 : Appréhender le fonctionnement des différents cours d'eau et nappes souterraines du périmètre du SAGE

Etude sur la gestion quantitative des ressources en eau du bassin Sarthe amont et élaboration de programmes d'actions dans le cadre de la révision du SAGE

Tableau 7: Variation absolue du cumul mensuel pluviométrique moyen entre les périodes 2000-2011 et 2012-2019, en mm (Sources : Météo France, SbS, SUEZ Consulting 2021)

Nom	Janv.	Févr.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Villaines-la-Juhel/Courcité SAPC	2	3	-14	0	2	18	-16	12	3	-19	-14	20
Alençon	-3	1	-14	0	2	18	-28	12	-5	-19	-9	10
Soligny-la-Trappe	18	-1	-8	4	13	16	-26	4	10	-21	-3	19
Mamers	13	4	-4	8	7	28	-22	25	9	-15	1	20
Saint-Marceau/Le Mans	-3	-4	-12	8	3	19	-19	14	9	-9	-3	5

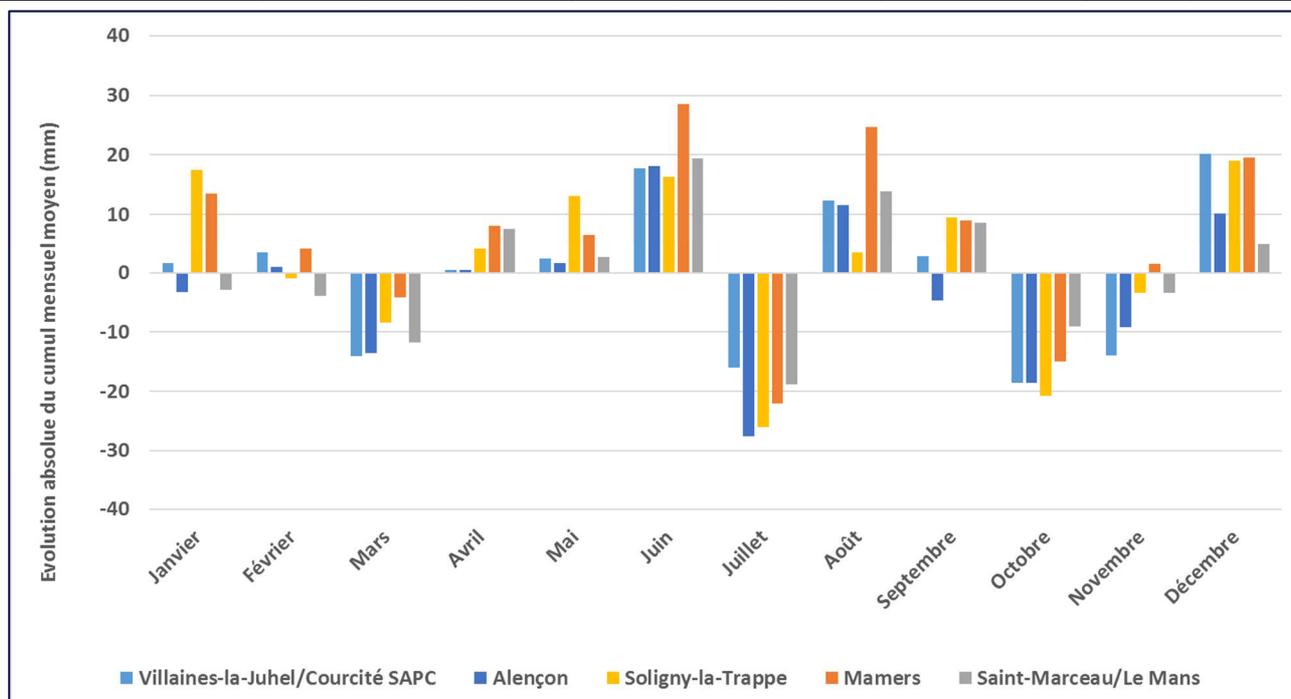


Figure 12: Variation absolue du cumul mensuel pluviométrique moyen entre les périodes 2000-2011 et 2012-2019 (Sources : Météo France, SbS, SUEZ Consulting 2021)

3.3.4 Evolution sur une chronique longue (plus de 20 ans)

Une période d'analyse de 20 ans de données est insuffisante pour conclure que les tendances observées constituent des évolutions persistantes (s'expliquant par un effet de changement du climat global) et non ponctuelles (associées à des événements climatiques imminents et exceptionnels). Aussi, dans l'objectif de comprendre les évolutions de pluviométrie, les données de pluviométries mensuelles ont été collectées auprès de Météo France sur des périodes passées :

- ▷ Station d'Alençon : 1970-2000 ;
- ▷ Station du Mans/Saint-Marceau : 1984-2000.

Phase 1 | Objectif 1 : Appréhender le fonctionnement des différents cours d'eau et nappes souterraines du périmètre du SAGE

Etude sur la gestion quantitative des ressources en eau du bassin Sarthe amont et élaboration de programmes d'actions dans le cadre de la révision du SAGE

La pluviométrie moyenne annuelle **augmente faiblement** entre 1970 et 2020 à la station de Alençon : **+1.6%**.

La pluviométrie moyenne annuelle **demeure relativement stable** sur la période 1984-2020 à la station du Mans.

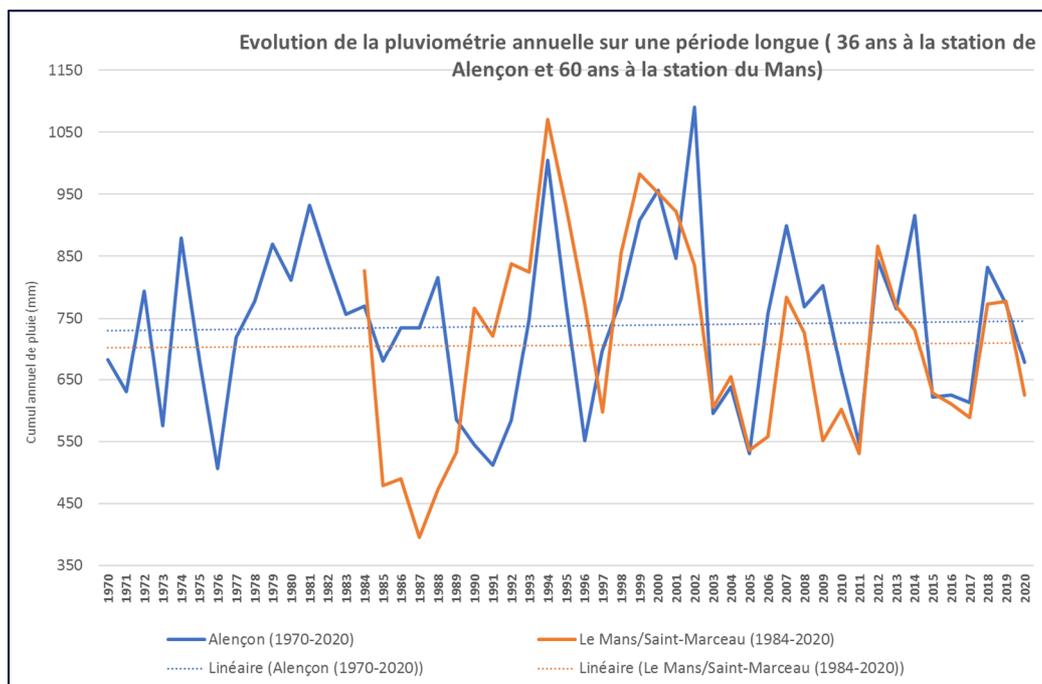


Figure 13: Evolution de la pluviométrie sur une période longue. Sources : Météo France, SbS, Suez Consulting).

A l'échelle mensuelle, les mois présentant une **augmentation de la pluviométrie moyenne** entre la période passée et les 20 dernières années sont :

- ▷ Août avec une **augmentation très forte** de la pluie (Alençon : **+30%**, Le Mans/Saint-Marceau : **+26%**) ;
- ▷ **Novembre et décembre** avec une **forte augmentation** de la pluie (Alençon : **+13** et **+23%**, Le Mans/Saint-Marceau : **+13** et **+19%**) ;
- ▷ **Juillet** pour la station de Alençon, avec une **forte augmentation** de la pluie (**+15%**) ;
- ▷ **Mars et juin** pour la station Le Mans/Saint-Marceau, avec une **forte augmentation** de la pluie (de **+19** à **+23%**).

A l'inverse, on observe une **diminution très forte du cumul mensuel pluviométrique** au mois de **septembre**, avec **-30 % au moins** sur chacune des stations, et au mois d'**avril** à la station du Mans/Saint-Marceau, avec **-21%**.

D'autres mois présentent des pluviométries mensuelles **diminuées** mais de **façon moins marquées** : **janvier et février** (seulement Alençon). La diminution est **comprise entre -6 et -11%**.

Les pluies mensuelles demeurent **relativement constantes** sur les mois de **février** (au Mans), **mai, juin** (à Alençon), **juillet et octobre** (au Mans).

Phase 1 | Objectif 1 : Appréhender le fonctionnement des différents cours d'eau et nappes souterraines du périmètre du SAGE

Etude sur la gestion quantitative des ressources en eau du bassin Sarthe amont et élaboration de programmes d'actions dans le cadre de la révision du SAGE

Tableau 8: Evolution absolue et relative du cumul mensuel moyen des pluies entre deux périodes (station Alençon : entre 1970-1999 et 2000-2020 / station Le Mans : 1984-1999 et 2000-2020). Sources : Météo France, SbS, Suez Consulting.

Code	Nom	Janv.	Févr.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
61001001	Alençon	-5	-7	2	-3	1	-1	7	12	-22	12	15	10
61001001	Alençon	-6%	-11%	4%	-6%	1%	-2%	15%	30%	-33%	18%	23%	13%
72181001	Le Mans/ Saint-Marceau	-6	0	10	-12	2	10	-1	11	-23	0	9	14
72181001	Le Mans/Saint-Marceau	-8%	1%	19%	-21%	3%	23%	-2%	26%	-35%	0%	13%	19%

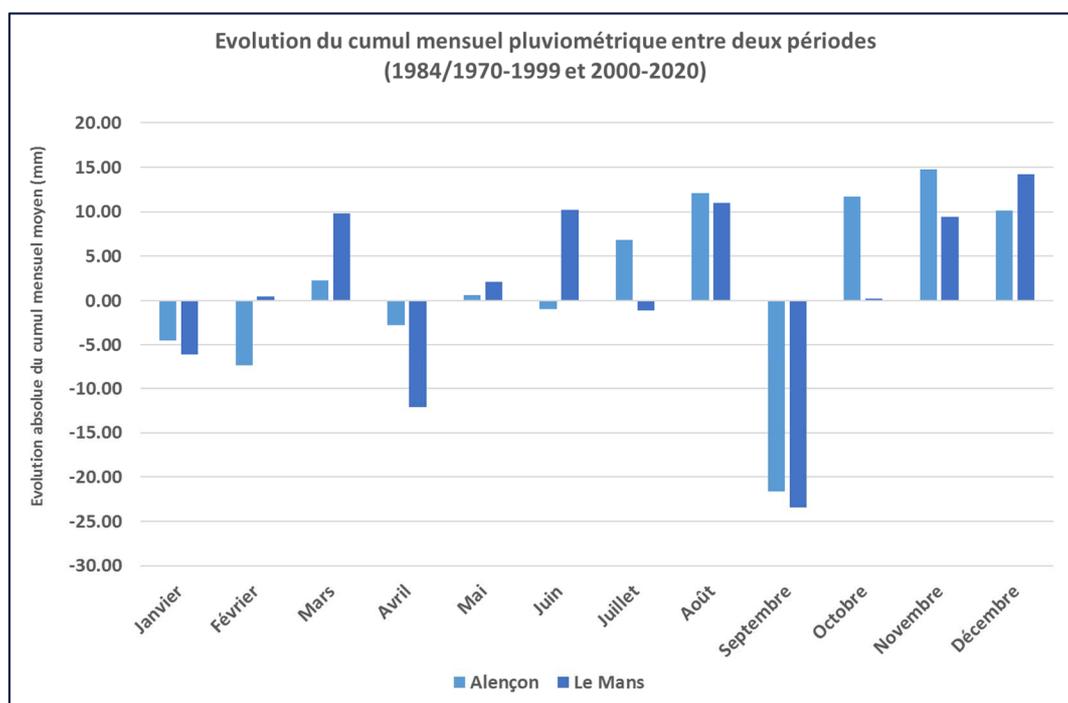


Figure 14 : Evolution absolue du cumul moyen de pluie entre deux périodes aux stations Alençon et Le Mans (Sources : Météo France, SbS, Suez Consulting).

En annexes 1 et 2 du document figurent les graphiques des chroniques mensuelles de pluviométrie sur la période longue pour les stations d'Alençon et de Le Mans/Saint-Marceau.

3.4 Évapotranspiration potentielle (ETP)

Il existe 3 stations Météo France de mesure de l'ETP à proximité (Station Le Mans, station Saint-Rémy) et dans le périmètre du SAGE Sarthe amont (station d'Alençon). Les variations de l'ETP entre ces trois stations sont mineures. Les données relatives à l'évapotranspiration potentielle (ETP) ont été collectées à la station Météo France d'Alençon (n°61001001) car :

- ▷ Cette station a été exploitée lors de la première étude de détermination des débits de référence en 2015. La réexploitée permettra de comparer les résultats des deux études menées sur le bassin de la Sarthe amont (étude de 2015 avec l'étude en cours) ;
- ▷ Elle est implantée dans le périmètre d'étude contrairement aux deux autres citées ;

- ▶ Les données de mesures de la station du Mans ne sont pas représentatives du phénomène de l'évapotranspiration sur le territoire du fait de la proximité d'une voie rapide avec la station (selon la Chambre d'Agriculture Pays de la Loire).

Les données d'ETP Penman ont été collectées au pas de temps journaliers du 01/01/2012 au 31/12/2019. Outre caractériser le contexte climatique sur le bassin versant, ces valeurs serviront de données d'entrée pour la modélisation de l'hydrologie désinfluencée pour calculer les pertes par évaporation des plans d'eau et estimer les besoins en eau des plantes.

Pour rappel, le calcul de l'ETP Penman tient compte :

- De la température minimale et maximale ;
- De la vitesse moyenne du vent ;
- De la tension de vapeur moyenne ;
- De la durée d'ensoleillement ;
- Et du rayonnement global.

3.4.1 Evolution des cumuls annuels sur la période d'étude

On observe que le cumul annuel d'ETP augmente progressivement sur l'ensemble de la période d'étude :

- ▶ Augmentation de 4% de l'ETP moyenne entre les périodes 2000-2008 et 2009-2015 (soit +29 mm) ;
- ▶ Augmentation de 6% de l'ETP moyenne entre les périodes 2009-2015 et 2016-2019 (soit +48 mm).

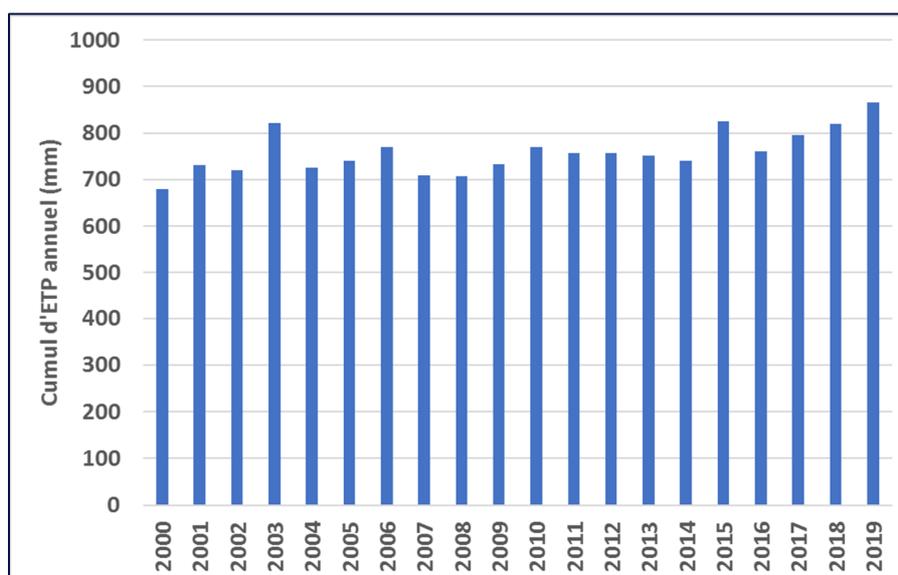


Figure 15 : Evolution de l'ETP annuelle à la station de Alençon (Sources : Météo France, SbS, SUEZ Consulting 2021)

3.4.2 Evolution des cumuls mensuels sur la période d'étude

Au cours de l'année moyenne, l'ETP suit **une croissance continue de décembre à juillet** pour atteindre un **maximum à 133 mm** et suit ensuite **une décroissance également continue de juillet à décembre** pour atteindre un **minimum de 12 mm** (cf. Figure 16).

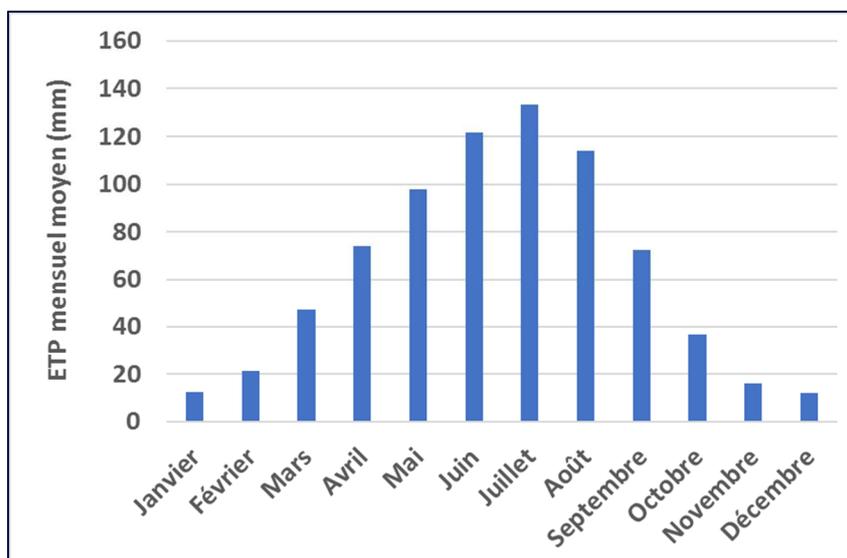


Figure 16 : ETP mensuelle moyenne à la station de Alençon sur la période d'étude (Sources : Météo France, SbS, SUEZ Consulting 2021)

La Figure 17 présente les **ETP moyennes mensuelles** respectivement sur **les périodes 2000-2011 et 2012-2019**. Il apparaît que l'ETP **augmente entre 2 à 12 mm** sur les mois de **janvier à mars** et de **juillet à décembre**. **Les plus fortes augmentations** sont observées sur **les mois de janvier, novembre et décembre** avec respectivement **+90, +76 et +90% d'augmentation**.

Sur le restant de l'année (d'avril à juin), l'ETP mensuelle baisse entre les deux périodes considérées. La diminution est comprise entre **-5 mm et -7 mm (soit entre -6 et -9%)**.

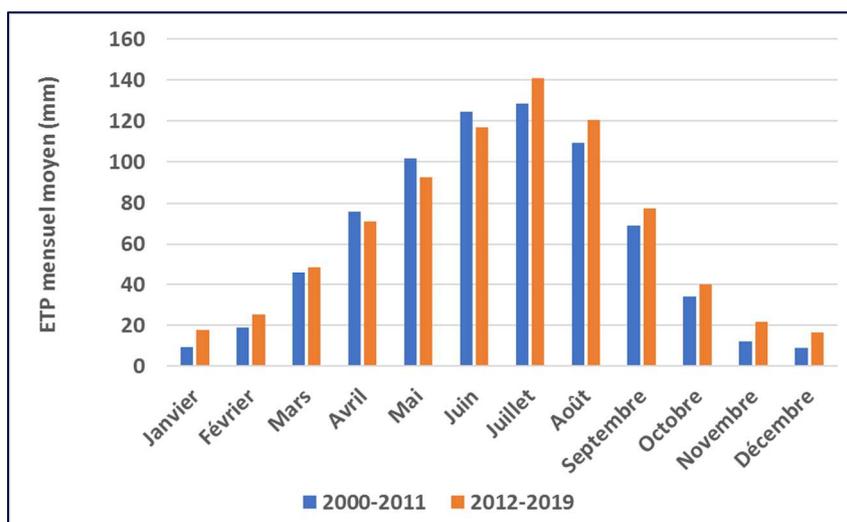


Figure 17: Evolution relative de l'ETP mensuelle à la station de Alençon entre les périodes 2000-2011 et 2012-2019 (Sources : Météo France, SbS, SUEZ Consulting 2021)

Phase 1 | Objectif 1 : Appréhender le fonctionnement des différents cours d'eau et nappes souterraines du périmètre du SAGE

Etude sur la gestion quantitative des ressources en eau du bassin Sarthe amont et élaboration de programmes d'actions dans le cadre de la révision du SAGE

En comparant les cumuls mensuels de précipitations mesurés au cinq stations météorologiques et l'ETP mesurée à la station d'Alençon, il apparaît que la **période avril-septembre** est en **déficit pluviométrique**, c'est-à-dire que le cumul d'ETP est supérieur au cumul de précipitations. Le phénomène concerne l'ensemble du bassin versant. **Le déficit est compris entre 26 mm et 78 mm pour les mois de juin, juillet et août, mois les plus « sensibles » en période d'étiage. Selon les stations, le déficit maximal est atteint en juin (Villaines-la-Juhel/Courcité SAPC, Soligny-la-Trappe, Saint-Marceau/Le Mans) ou en juillet (Alençon, Mamers).**

Sur le reste de l'année, il s'agit d'**excédent pluviométrique**. Ce dernier est **maximal sur les mois de novembre et décembre selon les stations.**

Les évolutions mensuelles interannuelles de la variable Pluie-ETP entre les stations sont similaires au cours de l'année. **La variation maximale** du déficit pluviométrique entre les stations est de l'ordre de **16 mm** et est observée au mois de **juillet**.

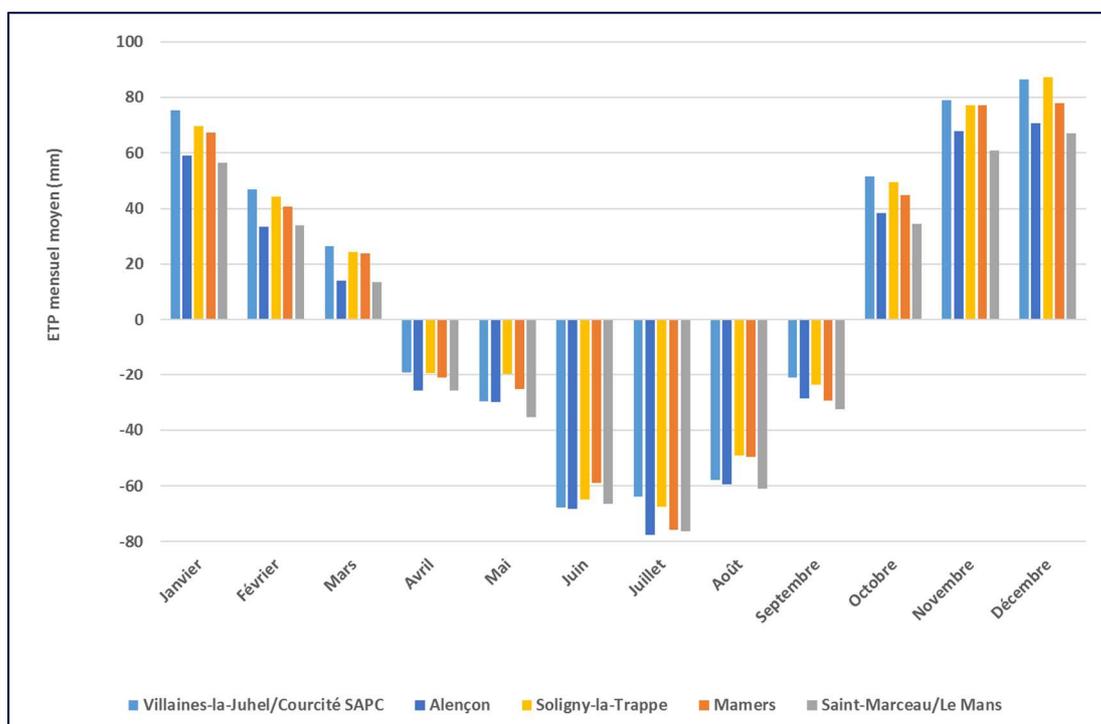


Figure 18 : Excédent et déficit pluviométrique mensuel moyen aux stations météorologiques retenues (Sources : Météo France, SbS, SUEZ Consulting 2021)

Le Tableau 9 et la Figure 19 représentent **les évolutions relatives mensuelles du déficit et de l'excédent pluviométrique entre les périodes 2000-2011 et 2012-2019**. On observe que **le déficit pluviométrique diminue entre les deux périodes d'avril à septembre, à l'exception du mois de juillet**. Ces évolutions sont observées sur toutes les stations.

Sur les mois **d'avril, mai, juin, août et septembre**, la baisse du déficit pluviométrique est comprise entre **-1% et -77%**.

Au mois de juillet, le déficit pluviométrique augmente de **55 à 76 % entre les deux périodes et sur l'ensemble du bassin versant de la Sarthe amont**.

Sur les mois **d'octobre à novembre**, on observe une **diminution de l'excédent pluviométrique**. Cette **diminution est forte** en particulier sur le mois d'**octobre** et **concerne l'ensemble du territoire**. La **diminution de l'excédent pluviométrique en octobre** est comprise entre **-37% et -50%**.

Phase 1 | Objectif 1 : Appréhender le fonctionnement des différents cours d'eau et nappes souterraines du périmètre du SAGE



Etude sur la gestion quantitative des ressources en eau du bassin Sarthe amont et élaboration de programmes d'actions dans le cadre de la révision du SAGE

Tableau 9: Evolutions relatives mensuelles du déficit et de l'excédent pluviométrique entre les périodes 2000-2011 et 2012-2019 aux stations météorologiques retenues (en %) (Sources : Météo France, SbS, SUEZ Consulting 2021)

Nom	Janv.	Févr.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Villaines-la-Juhel/Courcité SAPC	-9%	-7%	-49%	-25%	-33%	-32%	55%	-2%	28%	-39%	-26%	15%
Alençon	-18%	-16%	-77%	-19%	-31%	-32%	66%	-1%	55%	-50%	-24%	3%
Soligny-la-Trappe	14%	-16%	-38%	-39%	-75%	-31%	76%	16%	-5%	-44%	-15%	14%
Mamers	8%	-6%	-25%	-49%	-49%	-48%	57%	-24%	-3%	-39%	-10%	16%
Saint-Marceau/Le Mans	-18%	-28%	-72%	-40%	-29%	-34%	50%	-5%	-1%	-37%	-19%	-4%

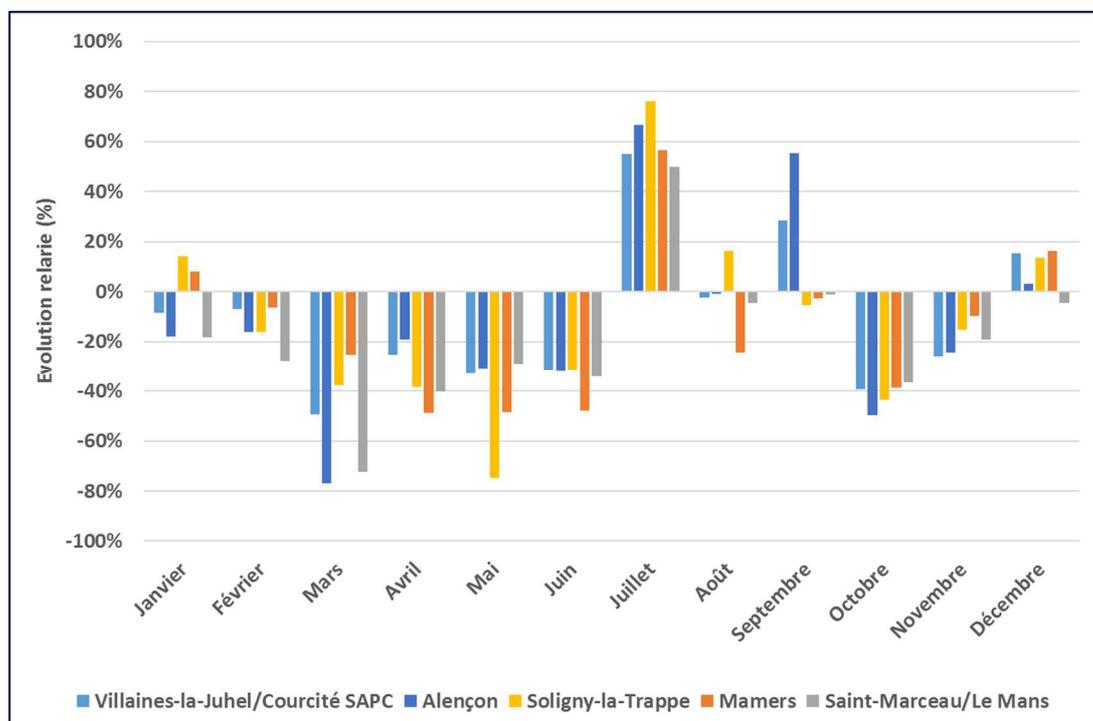


Figure 19: Evolutions relatives mensuelles de l'excédent et du déficit pluviométrique entre les périodes 2000-2011 et 2012-2019 et aux stations météorologiques retenues (en %) (Sources : Météo France, SbS, SUEZ Consulting 2021)

3.5 Synthèse

L'**alternance entre les années sèches et pluvieuses sur les 20 dernières années** ne permet pas d'évaluer de manière pertinente une évolution des pluies moyennes annuelles. Cependant, l'analyse de l'évolution des pluies moyennes mensuelles entre 2000-2011 et 2012-2019 a permis de dégager certaines tendances : **en période estivale, les pluies ont légèrement augmenté sur la dernière décennie (à l'exception du mois de juillet) tandis que sur le reste de l'année, les pluies ont tendance à diminuer.**

L'**ETP**, quant-à-elle, **augmente significativement de +4% entre 2008 et 2015 et de +6% entre 2015 et 2019.** L'analyse des évolutions mensuelles de l'ETP entre 2000-2011 et 2012-2019 fait ressortir les constats suivants : **l'ETP augmente entre les deux périodes sur la majorité de l'année à l'exception des mois de printemps au cours desquelles elle diminue faiblement.**

Le croisement des évolutions des pluies et de l'ETP moyennes mensuelles entre les deux périodes explique **la baisse de l'excédent pluviométrique sur les mois hivernaux et automnaux, la baisse du déficit sur les mois d'avril à juin et son aggravation au mois de juillet, août et septembre .**

Phase 1 | Objectif 1 : Appréhender le fonctionnement des différents cours d'eau et nappes souterraines du périmètre du SAGE



Etude sur la gestion quantitative des ressources en eau du bassin Sarthe amont et élaboration de programmes d'actions dans le cadre de la révision du SAGE

Variables climatiques	Janvier-Février	Mars	Avril-Juin	Juillet	Août-Septembre	Novembre	Décembre
Pluie	↗ forte sur partie Est (entre 13 et 17 mm en janvier) et ↘ faible sur les autres stations	↘ de 4 à 14 mm	↗ de 4 à 28 mm	↘ très forte de 12 à 28 mm	↗ de 3 à 25 mm (en particulier Sud et collines de Coëvrons à l'ouest),	↘ forte de 3 à 14 mm	↗ forte des pluies de 10 à 20 mm
ETP	↗ de 6 à 8 mm	↗ faible de 3 mm	↘ faible de -5 à -9 mm	↗ forte de 12 mm	↗ forte jusqu'à 12 mm	↗ de 5 mm	↗ forte de 8 mm
Excédent pluviométrique	↗ faible à significative à l'Est, mais ↘ faible à l'Ouest	↘ Importante				↘ faible	↗ légère augmentation
Déficit pluviométrique			↘ Importante	↗ très forte	↗ très faible sur la partie sud et les collines de la partie ouest		
Analyse	A l'Est : l'augmentation de l'excédent de pluie est due à l'augmentation des pluies . Sur le reste du territoire : on observe une baisse de l'excédent pluviométrique .	La baisse de l'excédent pluviométrique sur le territoire semble principalement dû à une baisse des pluies .	La baisse du déficit pluviométrique est principalement dû à la diminution de l'ETP .	L'augmentation de l'ETP et la baisse importante de la pluviométrie génèrent une intensification sévère du déficit pluviométrique sur le territoire .	L'augmentation de la pluie couplée à la baisse de l'ETP génère une légère diminution du déficit de pluie sur la partie sud du territoire et sur les collines de l'Ouest.	La diminution de la pluie couplée à l'augmentation de l'ETP génère une légère diminution du déficit de pluie sur l'ensemble du territoire.	L'augmentation de l'excédent de pluie est due à principalement l'augmentation des pluies

4 FONCTIONNEMENT HYDROLOGIQUE DU BASSIN VERSANT DE LA SARTHE AMONT

4.1 La ressource en eau superficielle

4.1.1 Le réseau hydrographique

D'une superficie d'environ **2 882 km²**, le bassin versant de la Sarthe amont est drainé par un **réseau hydrographique important constitué de 2 675 km** de cours d'eau.

L'axe principal, **la Sarthe**, prend sa source dans le département de l'Orne, sur la commune de Saint-Aquilin de Cordion. Après un parcours d'environ **170 km**, **elle conflue avec l'Huisne au Mans**.

Le périmètre SAGE Sarthe amont s'étend sur **deux régions : la Normandie et les Pays-de-la-Loire**. Il concerne **3 départements** :

- ▷ **Sarthe** : 125 communes
- ▷ **Mayenne** : 21 communes
- ▷ **Orne** : 92 communes

Les affluents de la Sarthe sur le périmètre d'étude sont nombreux.

- ▷ En rive droite : la Tanche, la Vézone, la Briante, le Sarthon, l'Ornette, le Merdereau, la Vaudelle, l'Orthe, la Longuève et l'Antonnière,
- ▷ En rive gauche : l'Hoëne, l'Erine, le Rosay-Nord, la Bienne et l'Orne Saosnoise.

Le point de confluence de la Sarthe avec l'Huisne (affluent principal) constitue la limite du bassin versant de la Sarthe amont.

Phase 1 | Objectif 1 : Appréhender le fonctionnement des différents cours d'eau et nappes souterraines du périmètre du SAGE

Etude sur la gestion quantitative des ressources en eau du bassin Sarthe amont et élaboration de programmes d'actions dans le cadre de la révision du SAGE

4.1.2 Les masses d'eau superficielles

Le bassin versant comporte **38 masses superficielles**, soit environ **2 675 km de linéaire cumulé de cours d'eau**.

Code de la MESU	Nom de la MESU	Longueur (km)
FRGR0454	LA SARTHE ET SES AFFLUENTS DEPUIS LA SOURCE JUSQU'A LA CONFLUENCE AVEC L'HOENE	155
FRGR0455a	LA SARTHE DEPUIS LA CONFLUENCE DE L'HOENE JUSQU'A ALENCON	180
FRGR0455b	LA SARTHE DEPUIS LA CONFLUENCE DE LA BIENNE JUSQU'A MANS (LE)	122
FRGR0457	LA SARTHE DEPUIS ALENCON JUSQU'A LA CONFLUENCE AVEC LA BIENNE	146
FRGR0463	L'HOENE ET SES AFFLUENTS DEPUIS LA SOURCE JUSQU'A SA CONFLUENCE AVEC LA SARTHE	67
FRGR0464	LA VEZONE ET SES AFFLUENTS DEPUIS LA SOURCE JUSQU'A SA CONFLUENCE AVEC LA SARTHE	103
FRGR0465	LE SARTHON ET SES AFFLUENTS DEPUIS LA SOURCE JUSQU'A SA CONFLUENCE AVEC LA SARTHE	129
FRGR0466	LE MERDEREAU ET SES AFFLUENTS DEPUIS LA SOURCE JUSQU'A SA CONFLUENCE AVEC LA SARTHE	161
FRGR0467	LA VAUDELLE ET SES AFFLUENTS DEPUIS LA SOURCE JUSQU'A SA CONFLUENCE AVEC LA SARTHE	109
FRGR0468	L'ORTHE ET SES AFFLUENTS DEPUIS LA SOURCE JUSQU'A SA CONFLUENCE AVEC LA SARTHE	133
FRGR0469	LA BIENNE ET SES AFFLUENTS DEPUIS LA SOURCE JUSQU'A SA CONFLUENCE AVEC LA SARTHE	87
FRGR0470	LE ROSAY NORD DEPUIS LA SOURCE JUSQU'A SA CONFLUENCE AVEC LA SARTHE	90
FRGR0471	L'ORNE SAOSNOISE ET SES AFFLUENTS DEPUIS LA SOURCE JUSQU'A SA CONFLUENCE AVEC LA SARTHE	326
FRGR0472	LA DIVE ET SES AFFLUENTS DEPUIS LA SOURCE JUSQU'A SA CONFLUENCE AVEC L'ORNE SAOSNOISE	77
FRGR0473	L'ANTONNIERE ET SES AFFLUENTS DEPUIS LA SOURCE JUSQU'A SA CONFLUENCE AVEC LA SARTHE	92
FRGR1273	L'AULNAY ET SES AFFLUENTS DEPUIS LA SOURCE JUSQU'A SA CONFLUENCE AVEC L'ORNE SAOSNOISE	11
FRGR1280	LA BELLE NOË ET SES AFFLUENTS DEPUIS LA SOURCE JUSQU'A SA CONFLUENCE AVEC LA SARTHE	26
FRGR1293	LA LONGUEVE ET SES AFFLUENTS DEPUIS LA SOURCE JUSQU'A SA CONFLUENCE AVEC LA SARTHE	72
FRGR1310	LE LOMBRON ET SES AFFLUENTS DEPUIS LA SOURCE JUSQU'A SA CONFLUENCE AVEC LA SARTHE	47
FRGR1325	L'ORTHON ET SES AFFLUENTS DEPUIS LA SOURCE JUSQU'A SA CONFLUENCE AVEC LA SARTHE	32
FRGR1341	LA SAOSNETTE ET SES AFFLUENTS DEPUIS LA SOURCE JUSQU'A SA CONFLUENCE AVEC LA BIENNE	14
FRGR1344	LE ROCHER REINE ET SES AFFLUENTS DEPUIS LA SOURCE JUSQU'A SA CONFLUENCE AVEC LA SARTHE	12
FRGR1353	LE DOUCELLES ET SES AFFLUENTS DEPUIS LA SOURCE JUSQU'A SA CONFLUENCE AVEC LA SARTHE	12
FRGR1362	LE VIEILLE VILLE ET SES AFFLUENTS DEPUIS LA SOURCE JUSQU'A SA CONFLUENCE AVEC LA BIENNE	16
FRGR1367	LA SEMELLE ET SES AFFLUENTS DEPUIS LA SOURCE JUSQU'A SA CONFLUENCE AVEC LA BIENNE	24

Phase 1 | Objectif 1 : Appréhender le fonctionnement des différents cours d'eau et nappes souterraines du périmètre du SAGE

Etude sur la gestion quantitative des ressources en eau du bassin Sarthe amont et élaboration de programmes d'actions dans le cadre de la révision du SAGE

Code de la MESU	Nom de la MESU	Longueur (km)
FRGR1378	LE GESNES ET SES AFFLUENTS DEPUIS LA SOURCE JUSQU'A SA CONFLUENCE AVEC LA SARTHE	20
FRGR1380	LE NEUFCHATEL-EN-SAOSNOIS ET SES AFFLUENTS DEPUIS LA SOURCE JUSQU'A SA CONFLUENCE AVEC LA BIENNE	16
FRGR1384	LE SORT ET SES AFFLUENTS DEPUIS LA SOURCE JUSQU'A SA CONFLUENCE AVEC LA SARTHE	13
FRGR1395	LE MOULIN DE CHAHAINS ET SES AFFLUENTS DEPUIS LA SOURCE JUSQU'A SA CONFLUENCE AVEC LA SARTHE	17
FRGR1398	L'ORNETTE ET SES AFFLUENTS DEPUIS LA SOURCE JUSQU'A SA CONFLUENCE AVEC LA SARTHE	96
FRGR1402	LE SARTHON ET SES AFFLUENTS DEPUIS LA SOURCE JUSQU'A SA CONFLUENCE AVEC LA SARTHE	30
FRGR1403	LA BRIANTE ET SES AFFLUENTS DEPUIS LA SOURCE JUSQU'A SA CONFLUENCE AVEC LA SARTHE	58
FRGR1404	LA PERVENCHE ET SES AFFLUENTS DEPUIS LA SOURCE JUSQU'A SA CONFLUENCE AVEC LA SARTHE	56
FRGR1406	LE CHEDOUET ET SES AFFLUENTS DEPUIS LA SOURCE JUSQU'A SA CONFLUENCE AVEC LA SARTHE	12
FRGR1408	LE CUISSAI ET SES AFFLUENTS DEPUIS LA SOURCE JUSQU'A SA CONFLUENCE AVEC LA SARTHE	24
FRGR1413	LE BETZ ET SES AFFLUENTS DEPUIS LA SOURCE JUSQU'A SA CONFLUENCE AVEC LA SARTHE	34
FRGR1418	L'ERINE ET SES AFFLUENTS DEPUIS LA SOURCE JUSQU'A SA CONFLUENCE AVEC LA SARTHE	37
FRGR1435	LA TANCHE ET SES AFFLUENTS DEPUIS LA SOURCE JUSQU'A SA CONFLUENCE AVEC LA SARTHE	65

Ces 38 masses d'eau superficielles sont :

- ▷ 18 masses d'eau caractérisées par un linéaire inférieur à 50 km ;
- ▷ 27 masses d'eau caractérisées par un linéaire compris entre 50 et 100 km ;
- ▷ 26 masses d'eau d'un linéaire de plus de 100 km.

Le linéaire de masse d'eau le plus long est de 326 km. Il s'agit de la masse de d'eau « L'Orne Saosnoise et ses affluents depuis la source jusqu'à sa confluence avec la Sarthe ». **Le deuxième** linéaire de masse d'eau le plus long est de 180 km, il s'agit de la masse d'eau « La Sarthe depuis la confluence de l'Hoëne jusqu'à Alençon ».

Le linéaire de masse d'eau le plus court est de 11 km. Il s'agit de la masse de d'eau « L'Aulnay et ses affluents depuis la source jusqu'à sa confluence avec l'Orne Saosnoise ».

Phase 1 | Objectif 1 : Appréhender le fonctionnement des différents cours d'eau et nappes souterraines du périmètre du SAGE

Etude sur la gestion quantitative des ressources en eau du bassin Sarthe amont et élaboration de programmes d'actions dans le cadre de la révision du SAGE

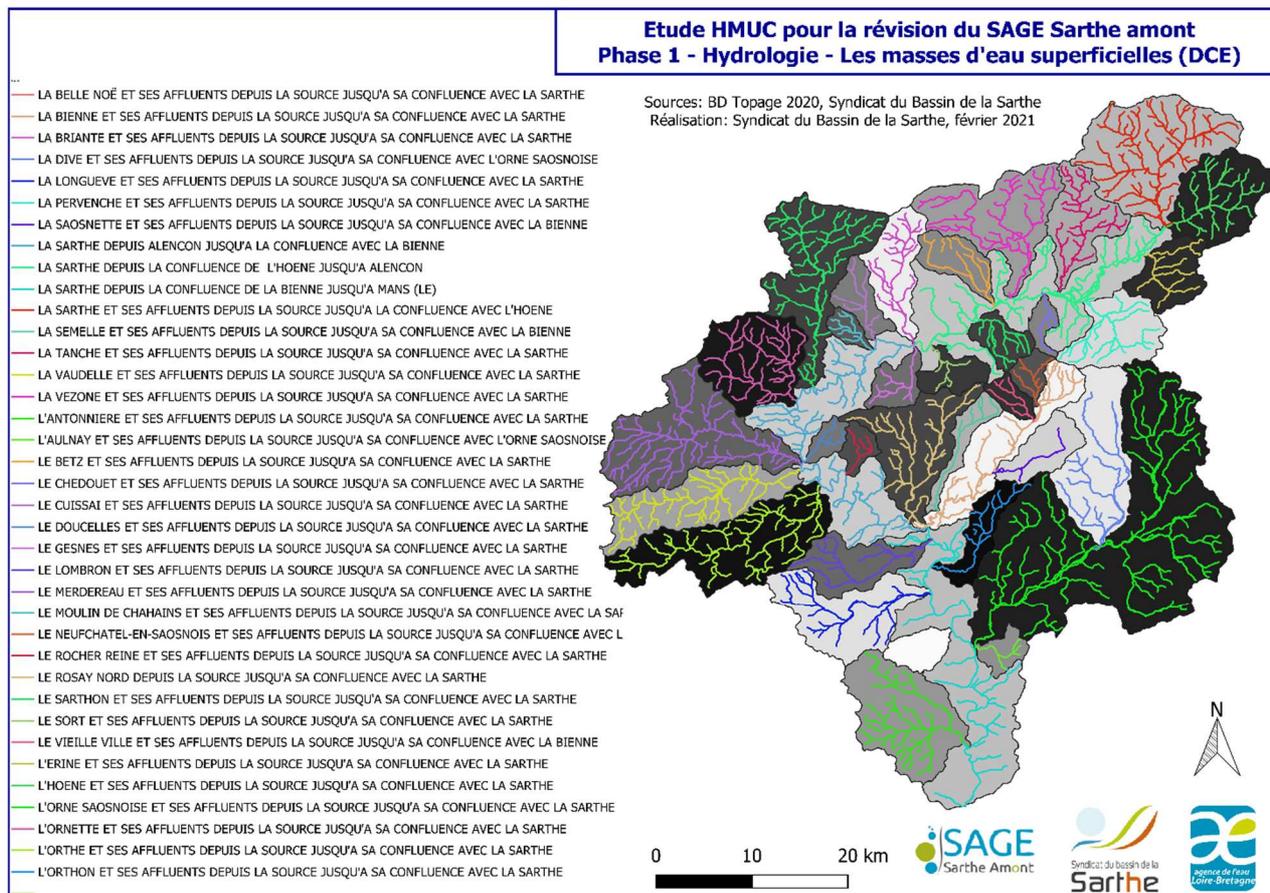


Figure 20 : Réseau hydrographique et masses d'eau superficielles (Sources : SbS, BD Topage, SUEZ Consulting 2021)

4.2 Sectorisation du bassin versant et points de référence

Les objectifs 7 et 8 de l'étude visent une actualisation des débits seuils superficiels et un ajustement des volumes d'eau prélevables en eau superficielle, au droit des **points de référence réglementaires du bassin versant** mais également, en cas d'affermissement de certaines tranches optionnelles, au droit de **points de référence complémentaires**.

Les **points de référence** en question correspondent à des **stations hydrométriques**.

Les **points de référence** associés aux **5 unités de gestion réglementaires** sont les suivants :

- ▶ Le **point nodal du SDAGE** sur le bassin versant correspond à la **station de la Sarthe à Souillé**, localisé en amont de Neuville-sur-Sarthe ;
- ▶ Les **points de suivi des débits définis dans les arrêtés-cadre sécheresse** pour la gestion de l'étiage sont :
 - Dans l'Orne : **la Sarthe à Saint-Céneri-le-Gérei**
 - Dans la Sarthe :
 - **La Sarthe à Neuville -Sur-Sarthe et la Sarthe à Souillé**
 - **L'Orne Saosnoise à Montbizot**
 - **La Biemme à Thoiré-sous-Contensor**
 - **La Vaudelle à Saint-Georges-le-Gaultier**

Phase 1 | Objectif 1 : Appréhender le fonctionnement des différents cours d'eau et nappes souterraines du périmètre du SAGE

Etude sur la gestion quantitative des ressources en eau du bassin Sarthe amont et élaboration de programmes d'actions dans le cadre de la révision du SAGE

Suite à l'identification de nouveaux sous bassins versants susceptible d'être en déséquilibre hydrique lors de l'étude de détermination des débits de référence de 2015, quatre nouvelles sous-unités de gestion sont intégrées dans cette étude. Elles sont définies par les points complémentaires suivants :

- Dans l'Orne : **L'Hoëne à la Mesnière [La Foulerie]**
- En Mayenne : **L'Ornette à Saint-Pierre-Des-Nids**
- Dans la Sarthe :
 - **Le Merdereau à Saint-Paul-le-Gaultier**
 - **L'Orthe à Douillet [Le Joly]**

Les points de référence sont présentés dans le tableau ci-dessous (Tableau 10) :

Tableau 10 : Points de référence sur le bassin versant de la Sarthe amont (Source : SbS, Banque Hydro)

Nom du point	Code banque Hydro	Point nodal du SDAGE	Point de référence arrêté-cadre	Point de référence complémentaire
LA SARTHE à SAINT-CENERI-LE-GEREI [MOULIN DU DESERT]	M0014110		X	
L'ORNE SAOSNOISE à MONTBIZOT [MOULIN NEUF CIDRERIE]	M0243010		X	
LA BIENNE à THOIRE-SOUS-CONTENSOR	M0153010		X	
LA VAUELLE à SAINT-GEORGES-LE-GAULTIER	M0124010		X	
LA SARTHE A NEUVILLE-SOUILLE	M0250620	X	X	
L'HOENE à LA MESNIERE [LA FOULERIE]	M0014110			X
L'ORTHE à DOUILLET [LE JOLY]	M0134010			X
LE MERDEREAU à SAINT-PAUL-LE-GAULTIER [CHIANTIN]	M0114910		X	X
L'ORNETTE à SAINT-PIERRE-DES-NIDS [LARRAY]	M0104010			X

Ces points constituent **les exutoires de bassins versants** au niveau desquels seront réalisés les bilans des prélèvements et des rejets. C'est en ces points également que seront déterminés **les débits de référence et les volumes d'eau superficielle prélevables par usage et par période**.

Les cinq premières stations hydrométriques du tableau ci-dessus délimitent **cinq unités de gestion réglementaires**. Les quatre stations suivantes délimitent **des sous unités de gestion complémentaire**. Les Figure 21 et Figure 22 illustrent **les bassins et les points de référence retenus dans le cadre de la présente analyse**.

Phase 1 | Objectif 1 : Appréhender le fonctionnement des différents cours d'eau et nappes souterraines du périmètre du SAGE

Etude sur la gestion quantitative des ressources en eau du bassin Sarthe amont et élaboration de programmes d'actions dans le cadre de la révision du SAGE

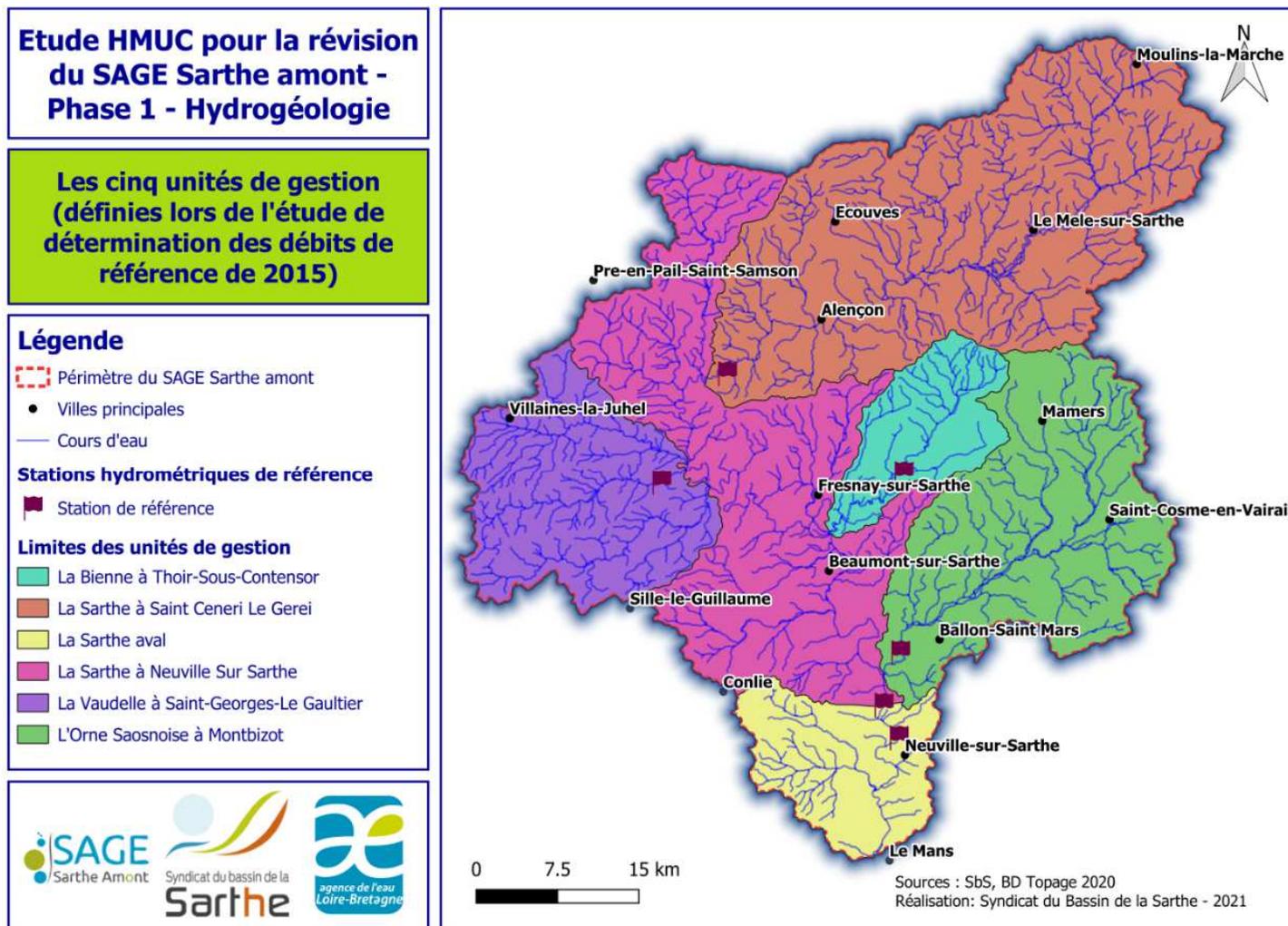


Figure 21: Sectorisation en unités de gestion du bassin versant de la Sarthe amont (Source : SbS, SUEZ Consulting 2021)

Phase 1 | Objectif 1 : Appréhender le fonctionnement des différents cours d'eau et nappes souterraines du périmètre du SAGE



Etude sur la gestion quantitative des ressources en eau du bassin Sarthe amont et élaboration de programmes d'actions dans le cadre de la révision du SAGE

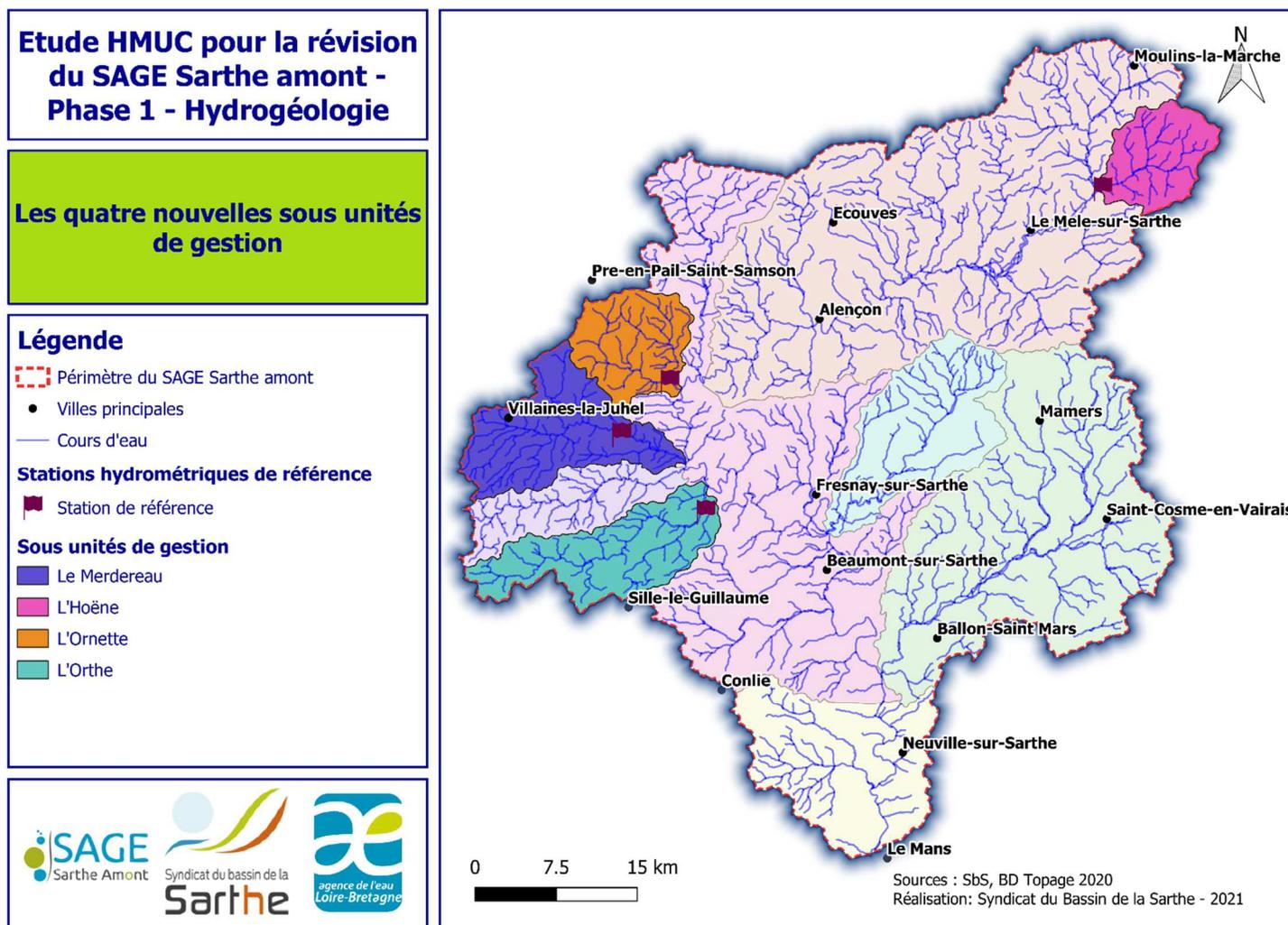


Figure 22 : Sectorisation en sous unités de gestion du bassin versant de la Sarthe amont (Source : Sbs, SUEZ Consulting 2021)

4.3 Suivi hydrométrique

4.3.1 Stations hydrométriques

4.3.1.1 Stations hydrométriques issues du réseau de mesure français (DREAL)

Le périmètre SAGE Sarthe amont compte **16 stations hydrométriques** dont **11 sont actuellement efficientes** (cf. Tableau 11) :

- ▷ **10 stations hydrométriques efficientes** sont gérées par la **DREAL Pays de la Loire** ;
- ▷ **Une station hydrométrique efficiente** est gérée par la **DREAL Normandie** (M0014110 - L'Hoëne à la Mesnière [La Foulerie]) ;

Tableau 11: Liste des stations hydrométriques sur le périmètre SAGE Sarthe amont.

Code de la station	Nom de la station	Département	Période d'acquisition des données de hauteurs d'eau	Période d'acquisition des données de débits	Etat de service
M0105610	Le Terraçon à Saint-Pierre-des-Nids [Pont des Terriers]	Mayenne (53)	1994 - 2021	1994 - 2021	Efficiente
M0104010	L'Ornette à Saint-Pierre-des-Nids [Larray]	Mayenne (53)	1992 - 2021	1992 - 2021	Efficiente
M0050610	La Sarthe à Mieucé	Orne (61)	Non disponible	1970-1978	Non efficiente
M0050620	La Sarthe à Saint-Cénéri-le-Gérei [Moulin du Désert]	Orne (61)	1977 - 2021	1977 - 2021	Efficiente
M0010610	La Sarthe au Mêles-sur-Sarthe	Orne (61)	1993 - 2001	1993 - 2001	Non efficiente
M0064310	Le Sarthon [partiel] à la Ferrière-Bochard	Orne (61)	1972 - 1985	1971 - 1985	Non efficiente
M0014110	L'Hoëne à la Mesnière [La Foulerie]	Orne (61)	1979 - 2021	1979 - 2021	Efficiente
M0153010	La Bienne à Thoiré-sous-Contensor	Sarthe (72)	1991 - 2021	1991 - 2021	Efficiente
M0250610	La Sarthe à Neuville-sur-Sarthe [Montreuil]	Sarthe (72)	1993 - 2021	1973 - 2021	Efficiente
M0250620	La Sarthe à Souillé	Sarthe (72)	1989 - 2021	1993 - 2020	Efficiente
M0124010	La Vaudelle à Saint-Georges-le-Gaultier	Sarthe (72)	1992 - 2021	1992 - 2021	Efficiente
M0114910	Le Merdereau à Saint-Paul-le-Gaultier [Chiantin]	Sarthe (72)	1984 - 2021	1984 - 2021	Efficiente
M0243020	L'Orne Saosnoise à Montbizot [Courvarin]	Sarthe (72)	2010 - 2021	1967 - 1973	Non efficiente
M0243010	L'Orne Saosnoise à Montbizot [Moulin Neuf Cidrerie]	Sarthe (72)	1972 - 2021	1967 - 2021	Efficiente
M0134010	L'Orthe à Douillet [Le Joly]	Sarthe (72)	1995 - 2021	1995 - 2021	Efficiente
M0156510	La Saosnette à Thoiré-sous-Contensor	Sarthe (72)	1991 - 2008	1991 - 2007	Non efficiente

La caractérisation hydrologique du périmètre d'étude sur 2000-2020 se base sur l'analyse des chroniques de débits mesurés à 10 stations de référence. Ces 10 stations de référence sont localisées en aval des unités et sous unités de gestion et sont classées en deux groupes :

Phase 1 | Objectif 1 : Appréhender le fonctionnement des différents cours d'eau et nappes souterraines du périmètre du SAGE

Etude sur la gestion quantitative des ressources en eau du bassin Sarthe amont et élaboration de programmes d'actions dans le cadre de la révision du SAGE

- **6 stations de référence** permettent de **caractériser le régime hydrologique** de **5 unités de gestion réglementaire** ;
- **4 stations de référence** permettent de **caractériser le régime hydrologique** de 4 sous unités de gestion.

Le tableau ci-dessous est un état des lieux des chroniques de données disponibles à 10 stations. La carte ci-après localise les 10 stations de référence.

Tableau 12 : Stations hydrométriques de référence sur le bassin versant de la Sarthe amont (Sources : Banque Hydro 2021)

Code station	Nom station	Taille BV (km ²)	Période disponible
M0243010	L'ORNE SAOSNOISE à MONTBIZOT [MOULIN NEUF CIDRERIE]	510	1967 - 2020
M0153010	LA BIENNE à THOIRE-SOUS-CONTENSOR	104	1991 - 2020
M0250620	LA SARTHE à SOUILLE	2700	1993 - 2020
M0250610	La SARTHE A NEUVILLE SUR SARTHE [MONTREUIL]	2716	1993 - 2021
M0050620	LA SARTHE à SAINT-CENERI-LE-GEREI [MOULIN DU DESERT]	908	1979 - 2020
M0124010	LA VAUELLE à SAINT-GEORGES-LE-GAULTIER	89	1992 - 2020
M0014110	L'HOENE à LA MESNIERE [LA FOULERIE]	76	1979-2020
M0134010	L'ORTHE à DOUILLET [LE JOLY]	126	1995-2020
M0114910	LE MERDEREAU à SAINT-PAUL-LE-GAULTIER [CHIANTIN]	118	1984-2020
M0104010	L'ORNETTE à SAINT-PIERRE-DES-NIDS [LARRAY]	54	1992-2020

Phase 1 | Objectif 1 : Appréhender le fonctionnement des différents cours d'eau et nappes souterraines du périmètre du SAGE

Etude sur la gestion quantitative des ressources en eau du bassin Sarthe amont et élaboration de programmes d'actions dans le cadre de la révision du SAGE

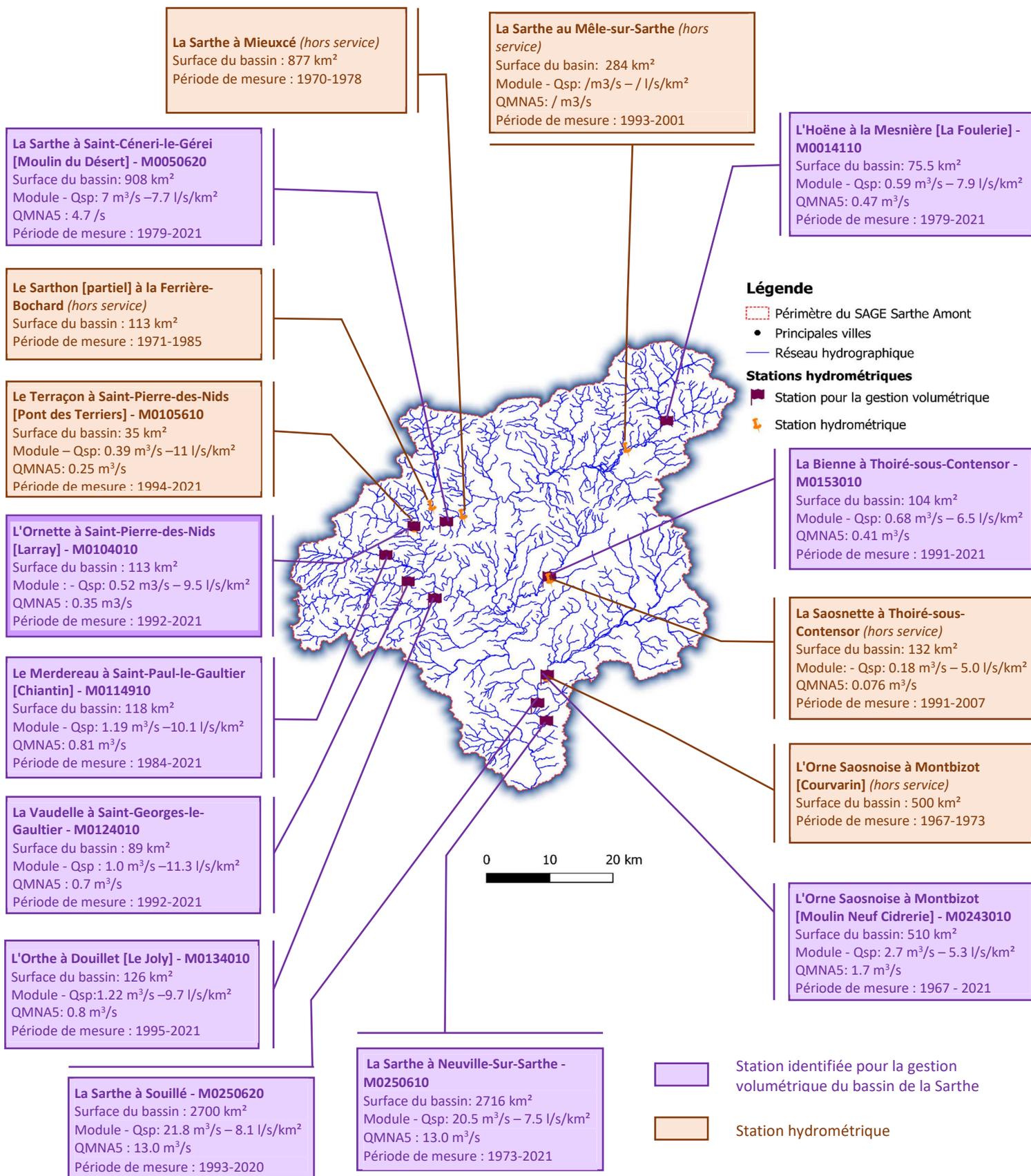


Figure 23: Localisation des stations hydrométriques de la DREAL Pays de Loire et de la DREAL Normandie sur le bassin de la Sarthe amont (Sources : Banque Hydro, SbS, SUEZ Consulting 2021)

On notera que nous sélectionnons 6 stations de référence pour 5 unités de gestion réglementaire. En effet, la station de la Sarthe à Neuville-Sur-Sarthe est anciennement le point nodal sur le SAGE de la Sarthe amont. Cependant dans le SDAGE 2016-2021, la station nodale devient celle de la Sarthe à Souillé (localisée en amont de la Sarthe à Neuville-Sur-Sarthe, à proximité de celle-ci). D'après, la DREAL Pays de la Loire, la station de la Sarthe à Neuville-Sur-Sarthe ne permet plus des mesures stables depuis quelques années en période d'étiage. Les débits stables en période d'étiage sont donc désormais mesurés à la station de la Sarthe à Souillé. Par conséquent, les débits annuels à Neuville sur Sarthe sont reconstitués à partir de débits mesurés par deux stations : les débits en période de hautes eaux sont mesurés à la station de la Sarthe à Neuville-sur-Sarthe et les débits en période de basses eaux sont mesurés à la Sarthe à Souillé. Ces données sont regroupées à la station de la Sarthe à Neuville-Sur-Sarthe dans la base nationale Banque Hydro. Nous prenons le parti d'intégrer dans les cartes et les tableaux les deux stations : Neuville-Sur-Sarthe et la Sarthe à Souillé.

Suite à l'identification de nouveaux sous bassins versants susceptible d'être en déséquilibre hydrique lors de l'étude de détermination des débits de référence de 2015, quatre nouvelles sous-unités de gestion sont intégrées dans cette étude.

4.3.2 Débits caractéristiques

4.3.2.1 Description du cycle hydrologique

La caractérisation du cycle annuel permet d'appréhender le fonctionnement du bassin versant de la Sarthe amont sur l'ensemble de l'année (hautes-eaux et basses eaux).

Les tableaux et les figures présentés ci-dessous donnent les débits moyens mensuels mesurés au droit des stations hydrométriques sélectionnées. Les débits caractéristiques ont été calculés à partir de chroniques de débits pouvant s'étaler au maximum sur 53 ans et au minimum sur 28 ans. Ces périodes longues garantissent une analyse statistique robuste.

Pour une meilleure visibilité des graphiques de débits mensuels interannuels, la présentation des tableaux et graphiques sont dissociés en deux. Les premiers présentent les débits caractéristiques pour les 5 unités de gestion réglementaires. Les deuxièmes présentent les débits caractéristiques pour les 4 nouvelles sous-unités de gestion.

Tableau 13: Débits moyens mensuels interannuels aux stations hydrométriques de référence en m³/s (Source : Banque Hydro, 2020).

Code	Nom	Janv	Févr	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Qmax/Qmin
M0243010	L'ORNE SAOSNOISE à MONTBIZOT	5.7	6.0	4.8	3.0	2.2	1.6	0.9	0.7	0.6	1.2	2.0	4.0	2.7
M0153010	LA BIENNE à THOIRE-SOUS-CONTENSOR	1.4	1.4	1.2	0.8	0.6	0.4	0.2	0.2	0.2	0.3	0.5	1.0	0.7
M0250610	LA SARTHE à NEUVILLE-SUR-SARTHE	45.7	45.3	35.8	23.2	15.5	9.1	6.0	4.4	4.3	8.7	16.5	32.9	20.5

Phase 1 | Objectif 1 : Appréhender le fonctionnement des différents cours d'eau et nappes souterraines du périmètre du SAGE



Etude sur la gestion quantitative des ressources en eau du bassin Sarthe amont et élaboration de programmes d'actions dans le cadre de la révision du SAGE

Code	Nom	Janv	Févr	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Qmax/Qmin
M0250620	LA SARTHE A SOUILLE (station de suivi des étiages)	6.8 5.3 3.5 4.0												
M0050620	LA SARTHE à SAINT-CENERI-LE-GEREI	16.2	14.4	11.7	7.5	5.2	3.6	2.1	1.5	1.4	3.2	5.6	12.3	7.0
M0124010	LA VAUELLE à SAINT-GEORGES-LE-GAULTIER	2.3	2.2	1.7	1.0	0.7	0.5	0.3	0.3	0.3	0.5	0.9	1.7	1.0
M0014110	L'HOENE à LA MESNIERE [LA FOUELRIE]	0.9	0.9	0.9	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.3	0.4	0.5	0.8	0.6
M0114910	LE MERDEREAU à SAINT-PAUL-LE-GAULTIER [CHIANTIN]	2.8	2.7	2.1	1.4	0.8	0.5	0.3	0.2	0.2	0.5	0.9	1.9	1.2
M0134010	L'ORTHE à DOUILLET [LE JOLY]	2.4	2.4	2.0	1.3	1.0	0.7	0.5	0.4	0.4	0.6	1.1	2.0	1.2
M0104010	L'ORNETTE à SAINT-PIERRE-DES-NIDS [LARRAY]	1.4	1.2	0.8	0.4	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.5	1.1	0.5

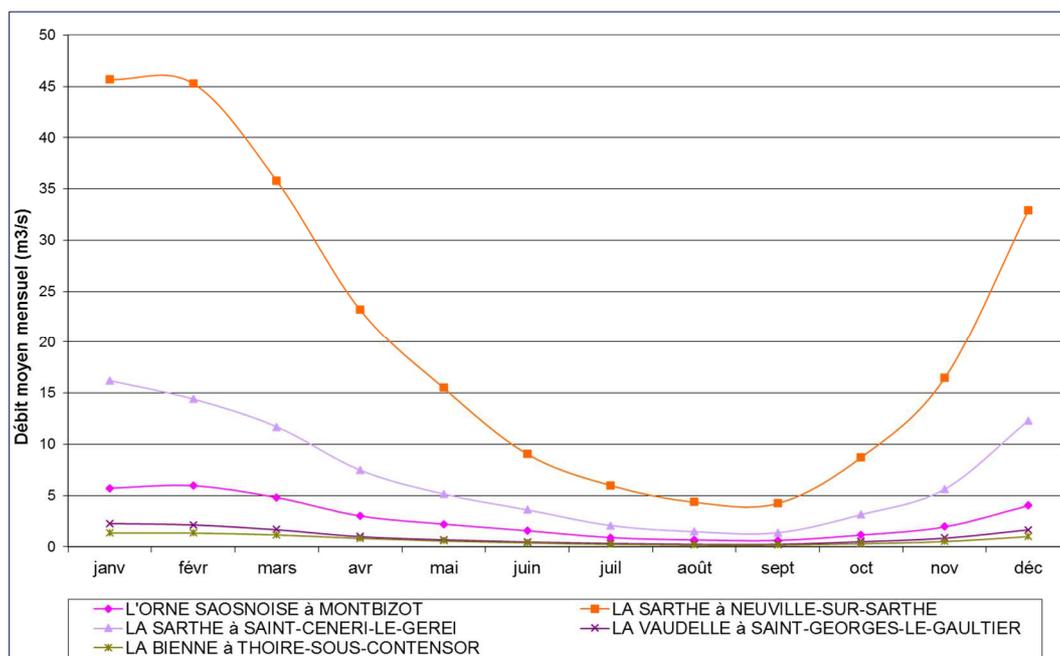


Figure 24: SAGE Sarthe amont - Débits moyens mensuels interannuels mesurés aux stations hydrométriques des UG (m³/s) (Sources : Banque Hydro, SUEZ Consulting 2020).

Phase 1 | Objectif 1 : Appréhender le fonctionnement des différents cours d'eau et nappes souterraines du périmètre du SAGE

Etude sur la gestion quantitative des ressources en eau du bassin Sarthe amont et élaboration de programmes d'actions dans le cadre de la révision du SAGE

Les chroniques de débits mensuels interannuels se caractérisent par **une période de basses eaux et une période de hautes eaux. Les mois concernés** par ces périodes **aux points de référence réglementaires** sont :

- ▶ **La Sarthe à Neuville-Sur-Sarthe/Souillé :**
 - Hautes eaux : décembre à avril
 - Basses eaux : mai à novembre
 - Période d'étiage : août et septembre
- ▶ **La Sarthe à Saint-Céneri-Le-Gérei :**
 - Hautes eaux : décembre à mai
 - Basses eaux : avril à novembre
 - Période d'étiage : août et septembre
- ▶ **L'Orne Saosnoise à Montbizot :**
 - Hautes eaux : décembre à avril
 - Basses eaux : mai à novembre
 - Période d'étiage : août et septembre
- ▶ **La Vaudelle à Saint-Georges-Le-Gaultier :**
 - Hautes eaux : décembre à avril
 - Basses eaux : mai à novembre
 - Période d'étiage : juillet, août et septembre
- ▶ **La Bienne à Thoiré-Sous-Contensor :**
 - Hautes eaux : décembre à avril
 - Basses eaux : mai à novembre
 - Période d'étiage : juillet, août et septembre

Phase 1 | Objectif 1 : Appréhender le fonctionnement des différents cours d'eau et nappes souterraines du périmètre du SAGE

Etude sur la gestion quantitative des ressources en eau du bassin Sarthe amont et élaboration de programmes d'actions dans le cadre de la révision du SAGE

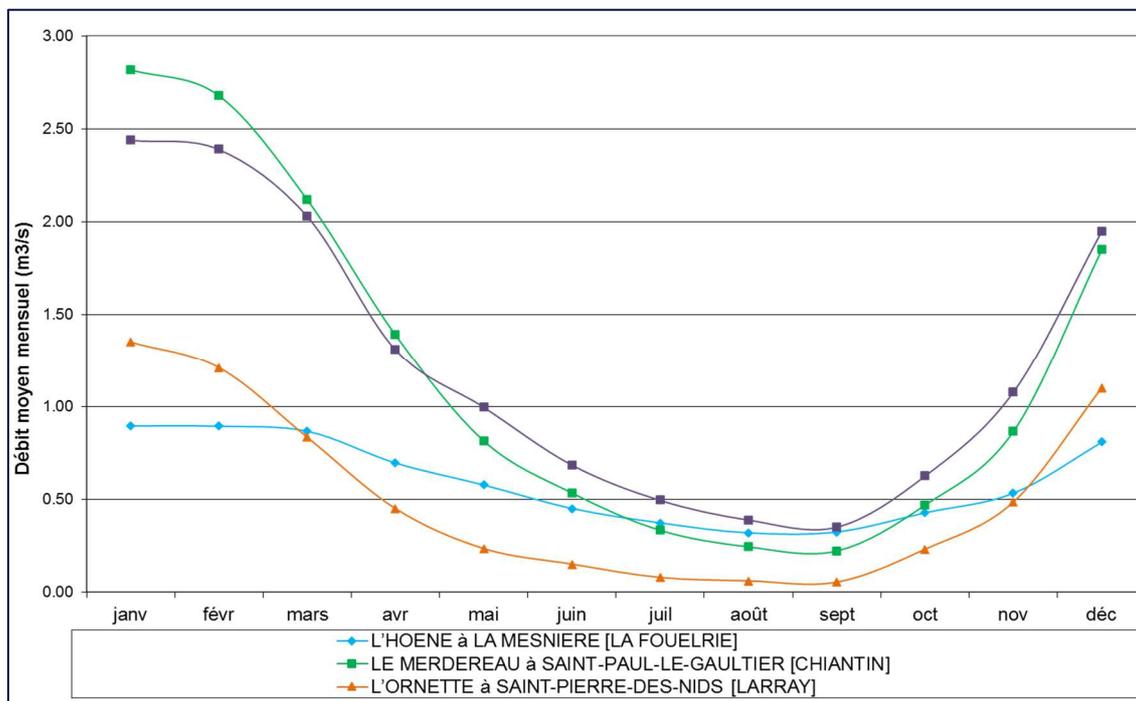


Figure 25: SAGE Sarthe amont - Débits moyens mensuels interannuels mesurés aux stations hydrométriques des sous UG (m³/s) (Sources : Banque Hydro, SUEZ Consulting 2020).

Les mois concernés par ces périodes aux points de référence complémentaires sont :

- ▷ **L'Hoëne à la Mesnière:**
 - Hautes eaux : décembre à avril
 - Basses eaux : mai à novembre
 - Période d'étiage : août à septembre
- ▷ **L'Orthe à Douillet :**
 - Hautes eaux : décembre à avril
 - Basses eaux : mai à novembre
 - Période d'étiage : août à septembre
- ▷ **Le Merdereau à Saint-Paul-Le-Gaultier :**
 - Hautes eaux : décembre à avril
 - Basses eaux : mai à novembre
 - Période d'étiage : août à septembre
- ▷ **L'Ornette à Saint-Pierre-Des-Nids :**
 - Hautes eaux : décembre à mars
 - Basses eaux : avril à novembre
 - Période d'étiage : juin à septembre

Phase 1 | Objectif 1 : Appréhender le fonctionnement des différents cours d'eau et nappes souterraines du périmètre du SAGE



Etude sur la gestion quantitative des ressources en eau du bassin Sarthe amont et élaboration de programmes d'actions dans le cadre de la révision du SAGE

Le régime hydrologique du bassin versant est **fortement contrasté** et présente **les variations saisonnières importantes**. Les cours d'eau sont **réactifs aux épisodes pluvieux** : en période hivernale et automnale, mois sur lesquels le cumul de pluviométrie sont les plus importants, les débits mensuels sont supérieurs au module. A l'inverse, sur les mois où les cumuls de pluie sont plus faibles, les débits sont inférieurs au module. Ainsi, le cycle hydrologique du bassin versant de la Sarthe Amont correspond à **un régime pluvial simple**.

Les débits spécifiques les plus bas pour l'ensemble des stations s'observent sur les mois d'août et de septembre (la période d'étiage). Ils sont compris entre **1 et 4.2 L/s/ km²**. Les débits spécifiques mesurés les plus pas sont mesurés **aux stations de l'Ornette à Saint-Pierre-Des-Nids, l'Orne Saosnoise à Montbizot et à la Sarthe à Souillé**. Par conséquent, les étiages sont plus marqués sur les bassins versants associés à ces stations que sur le reste du périmètre SAGE.

Sur l'Ornette, les étiages sont marqués car les débits spécifiques sont de l'ordre de 1 L/s/ km². Pour les autres cours d'eau suivis les débits indiqués ne laissent pas présager, à ce stade, d'étiage particulièrement sévère.

Tableau 14 : Les débits spécifiques mesurés aux stations de référence en L/s/ km² (Banque Hydro, 2020)

Code	Nom station	Janv	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Qmax /Qmin
M0243010	L'ORNE SAOSNOISE à MONTBIZOT	11.2	11.7	9.4	5.9	4.4	3.1	1.8	1.3	1.3	2.3	3.8	7.9	9.0
M0153010	LA BIENNE à THOIRE-SOUS-CONTENSOR	13.1	13	11.2	8	5.5	3.9	2.4	1.7	1.7	3.1	5.1	9.8	7.7
M0250610	LA SARTHE à NEUVILLE-SUR-SARTHE	16.8	16.7	13.2	8.2	5.7	3.3	2.2	1.6	1.6	3.2	6.1	12.1	10.5
M0250620	LA SARTHE A SOUILLE (station de suivi des étiages)							2	1.3	1.5				2.1
M0050620	LA SARTHE à SAINT-CENERI-LE-GEREI	17.8	15.8	12.8	8.2	5.7	4	2.3	1.6	1.5	3.5	6.2	13.5	11.9
M0124010	LA VAUELLE à SAINT-GEORGES-LE-GAULTIER	25.6	24.2	18.8	11.2	7.8	5.4	3.8	2.9	2.9	5.7	9.6	18.8	8.8
M0014110	L'HOENE à LA MESNIERE	11.8	11.8	11.5	9.2	7.6	5.9	4.9	4.2	4.3	5.6	7	10.7	2.8
M0114910	LE MERDEREAU à SAINT-PAUL-LE-GAULTIER	23.9	22.7	18	11.8	6.9	4.5	2.8	2.1	1.9	4	7.3	15.6	12.6
M0104010	L'ORNETTE à SAINT-PIERRE-DES-NIDS	25.1	22.4	15.4	8.3	4.3	2.8	1.4	1.1	1	4.3	9	20.3	25.1
M0134010	L'ORTHE à DOUILLET	19.4	19	16.1	10.4	7.9	5.4	3.9	3.1	2.8	5	8.6	15.5	6.9

Phase 1 | Objectif 1 : Appréhender le fonctionnement des différents cours d'eau et nappes souterraines du périmètre du SAGE

Etude sur la gestion quantitative des ressources en eau du bassin Sarthe amont et élaboration de programmes d'actions dans le cadre de la révision du SAGE

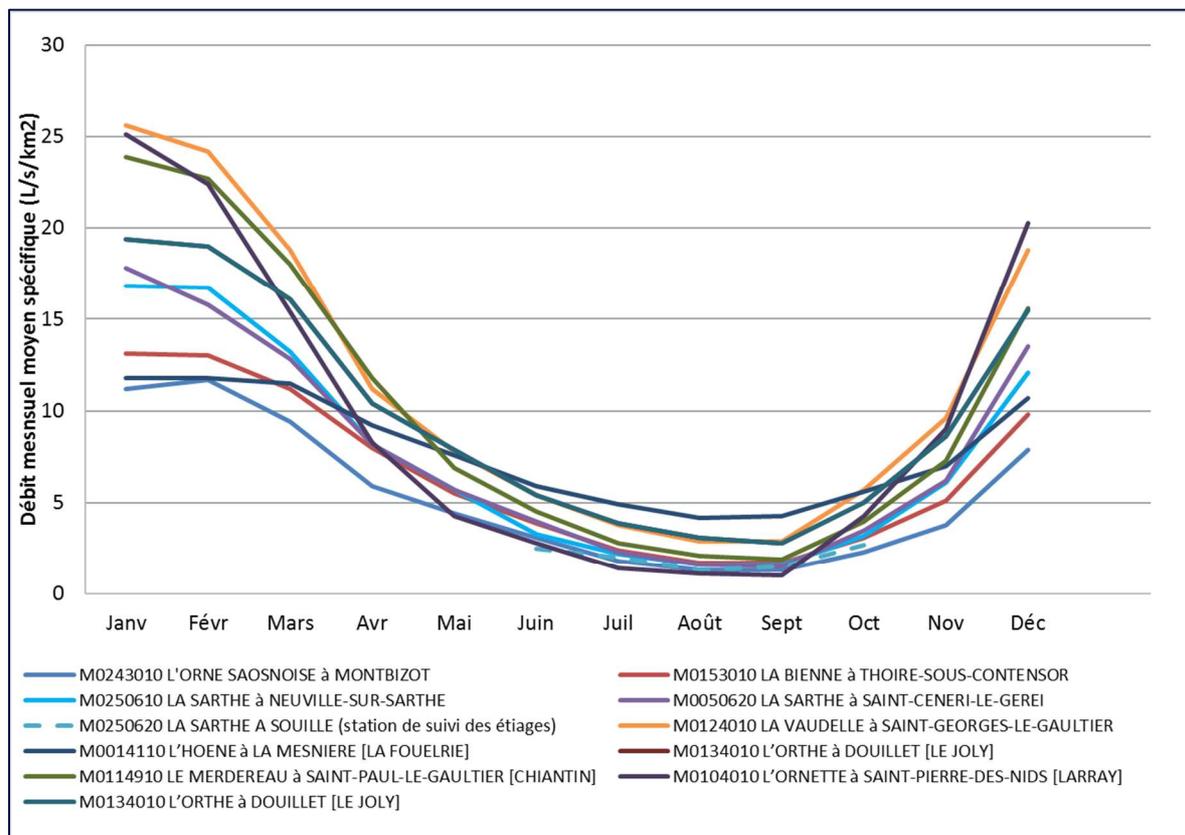


Figure 26: Chroniques mensuelles des débits spécifiques aux stations de référence (Sources : Banque Hydro, Sbs, Suez Consulting 2021)

Dans les paragraphes suivants, les évolutions des modules et des débits mensuels moyens entre la période 2000-2011 et 2012-2020 sont analysées.

Le Tableau 15 présente les évolutions relatives des débits mensuels moyens et des modules interannuels calculés entre les deux périodes citées précédemment aux six stations de référence (Orne Saosnoise à Montbizot, la Bienne à Thoiré-Sous-Contensor, La Sarthe à Neuville-Sur-Sarthe/Souillé, la Sarthe à Saint-Céneri-Le-Gérei).

Concernant l'évolution des modules entre 2000-2011 et 2000-2020 :

- ▷ Les évolutions les plus importantes sont observées sur les débits de la Bienne (+5.6 %) et l'Orne (+2.7%) ;
- ▷ Les cours d'eau de la Sarthe et de la Vaudelle ne présentent peu, voir pas, d'évolution de leurs modules.

Concernant les évolutions relatives des débits moyens mensuels entre 2011 et 2020 aux 5 stations de référence des unités de gestion réglementaires :

- ▷ On observe une évolution uniforme des débits mensuels pour l'ensemble des cours d'eau à l'exception de la Sarthe : les débits augmentent de février à juin, et diminuent sur la période septembre à novembre. Il y a peu d'évolution sur les mois de décembre et janvier.

Phase 1 | Objectif 1 : Appréhender le fonctionnement des différents cours d'eau et nappes souterraines du périmètre du SAGE

Etude sur la gestion quantitative des ressources en eau du bassin Sarthe amont et élaboration de programmes d'actions dans le cadre de la révision du SAGE

- ▶ De février à juin, les débits mensuels augmentent à l'exception du mois d'avril au cours duquel on observe une légère baisse des débits de l'Orne et la Sarthe. Les plus fortes augmentations sont constatées au mois de juin et concerne l'Orne (+19.7%) et la Bienne (+21.8%).
- ▶ Les diminutions sur les mois septembre, octobre et novembre sont comprises entre -0.9% et -16.7%. Le mois concerné par la plus forte baisse est celui d'octobre et ce pour tous les cours d'eau dont la Sarthe. Les cours d'eau présentant les plus fortes baisses sur ce mois sont : la Vaudelle, la Bienne et la Sarthe (respectivement -16.7%, -11.1% et -10.8%).
- ▶ La Sarthe présente des évolutions relatives faibles comparativement aux autres cours d'eau (à l'exception d'une baisse importante du débit au mois d'octobre).

On retrouve des **corrélations sur certains mois entre les évolutions du cumul mensuel des pluies et les évolutions des débits mensuels**. Ainsi, l'augmentation des débits mensuels des cours d'eau sur les mois d'avril, mai et juin semble bien liée à l'augmentation importante des cumuls de pluie sur ces mois. La diminution forte des débits au mois d'octobre et novembre semble bien liée à la diminution du cumul des pluies sur le même mois. Sur le reste de l'année, il est difficile d'identifier des corrélations entre les évolutions des pluies et débits.

Tableau 15: SAGE Sarthe amont – Evolution relative (en %) des débits mensuels interannuels et les modules entre 2011 et 2020 (Banque Hydro, 2020)

Code	Nom station	Janv	Févr	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Module
M0243010	L'ORNE SAOSNOISE à MONTBIZOT	1.6	5.9	4.1	-1.0	0.5	19.7	-2.0	2.2	1.3	-6.5	0.5	2.6	2.7
M0153010	LA BIENNE à THOIRE- SOUS- CONTENSOR	-0.7	15.4	10.4	6.7	6.9	21.8	-1.6	2.4	-2.2	-11.1	-1.7	1.0	5.6
M0250610	LA SARTHE à NEUVILLE- SUR-SARTHE	-1.3	4.9	1.9	-1.7	0.2	-2.7	-2.4	3.8	-0.9	-8.2	0.5	0.3	0.3
M0050620	LA SARTHE à SAINT- CENERI-LE- GEREI	-1.5	8.4	1.8	-3.5	-2.5	11.1	-6.3	2.1	-4.2	-10.8	-1.4	-1.0	0.0
M0124010	LA VAUELLE à SAINT- GEORGES-LE- GAULTIER	-3.0	9.7	5.7	2.0	-0.3	0.6	-5.8	0.0	-7.5	-16.7	-5.1	-1.2	0.0

4.3.2.2 Débits d'étiage et évolution

Sur le tableau suivant sont analysés les débits caractéristiques des étiages. Il est rappelé que :

- ▷ Le VCN3 est le débit moyen minimal annuel calculé sur trois jours consécutifs permettant de caractériser une situation d'étiage sévère sur une courte période ;
- ▷ Le VCN10 est le débit moyen minimal annuel calculé sur dix jours consécutifs ;
- ▷ Le QMNA est le débit mensuel minimal d'une année hydrologique.
- ▷ Le QMNA5 est le débit moyen mensuel minimum de période de retour 5 ans

Par ailleurs, précisons ici que le mois du QMNA est calendaire alors que les jours des VCN sont glissants.

Les étiages semblent relativement **peu marqués sur le territoire du SAGE de la Sarthe Amont**. Toutefois, **les débits d'étiage** peuvent être **faibles sur certaines unités de gestion principales**, notamment **la Bienne et la Vaudelle**. **Ces cours d'eau peuvent être impactés par le déficit pluviométrique lors des périodes sèches notamment au mois de juillet**.

Les valeurs de QMNA5 enregistrées **représentent entre 9 et 15% du module des cours d'eau** au droit des stations hydrométriques des **unités de gestion réglementaire**. **Le bassin versant de la Sarthe amont n'apparaît donc pas comme particulièrement critique en période d'étiage** comparé à certains territoires du bassin Loire-Bretagne. En effet, sur certains secteurs considérés comme sensibles en étiage (Oudon, Lay, Layon, Clain...), le QMNA5 représente en moyenne moins de 5% du module.

Concernant les **sous-unités de gestion**, on constate que les cours d'eau de l'**Hoëne** et l'**Orthe** **ne sont pas sensibles en période d'étiage** puisque **les rapports du QMNA5 sur le module sont respectivement de 40 et 20%**. **Le Merdereau peut être qualifié de légèrement sensible à l'étiage : le QMNA5 représentant 8% du module**. Enfin, le sous-secteur de l'**Ornette** est **critique** en période d'étiage puisque que **le rapport est de 1%**.

Phase 1 | Objectif 1 : Appréhender le fonctionnement des différents cours d'eau et nappes souterraines du périmètre du SAGE

Etude sur la gestion quantitative des ressources en eau du bassin Sarthe amont et élaboration de programmes d'actions dans le cadre de la révision du SAGE

Tableau 16: Débits caractéristiques d'étiage aux stations des UG (Source : Banque Hydro).

Cours d'eau	Orne Saosnoise	Bienne	Sarthe		Vaudelle
Station	L'ORNE SAOSNOISE à MONTBIZOT	LA BIENNE à THOIRE-SOUS-CONTENSOR	LA SARTHE à NEUVILLE-SUR-SARTHE	LA SARTHE à SAINT-CENERI-LE-GEREI	LA VAUELLE à SAINT-GEORGES-LE-GAULTIER
Taille BV (km ²)	510	104	2716	903	89
Période considérée	1967-2020	1991-2020	1973-2020	1979-2020	1992-2020
Module	2.70	0.68	20.50	7.00	1.01
Débit d'étiage (m ³ /s)					
1/10e module	0.268	0.068	2.073	0.701	0.101
1/20e module	0.134	0.034	1.036	0.350	0.051
QMNA2	0.476	0.130	3.037	1.037	0.202
QMNA5	0.285	0.079	1.942	0.709	0.145
VCN3 2	0.326	0.098	1.977	0.717	0.160
VCN3 5	0.188	0.059	1.092	0.494	0.114
VCN10 2	0.368	0.104	2.311	0.801	0.171
VCN10 5	0.210	0.063	1.405	0.559	0.123
Q spécifique moyen (l/s/km ²)	5.37	6.52	7.63	7.72	11.35
Q spécifique QMNA5 (l/s/km ²)	0.57	0.76	0.71	0.78	1.63

Tableau 17: Débits caractéristiques d'étiage aux stations des sous UG (Source : Banque Hydro).

Phase 1 | Objectif 1 : Appréhender le fonctionnement des différents cours d'eau et nappes souterraines du périmètre du SAGE



Etude sur la gestion quantitative des ressources en eau du bassin Sarthe amont et élaboration de programmes d'actions dans le cadre de la révision du SAGE

Cours d'eau	Hoëne	Orthe	Merdereau	Ornette
Station	L'HOENE à LA MESNIERE [LA FOUELRIE]	L'ORTHE à DOUILLET [LE JOLY]	LE MERDEREAU à SAINT-PAUL-LE-GAULTIER [CHIANTIN]	L'ORNETTE à SAINT-PIERRE-DES-NIDS [LARRAY]
Taille BV (km ²)	76.00	126.00	118.00	54.00
Période considérée	1979-2020	1995-2020	1984-2020	1992-2020
Module	0.60	1.22	1.19	0.52
Débit d'étiage (m ³ /s)				
1/10e module	0.059	0.123	0.119	0.052
1/20e module	0.030	0.061	0.059	0.026
QMNA2	0.297	0.317	0.163	0.015
QMNA5	0.236	0.236	0.105	0.006
VCN3 2	0.267	0.273	0.114	0.006
VCN3 5	0.212	0.202	0.071	0.002
VCN10 2	0.276	0.284	0.125	0.008
VCN10 5	0.220	0.214	0.081	0.003
Q spécifique moyen (l/s/km ²)	7.85	9.75	10.07	9.56
Q spécifique QMNA5 (l/s/km ²)	3.12	1.87	0.89	0.10

Phase 1 | Objectif 1 : Appréhender le fonctionnement des différents cours d'eau et nappes souterraines du périmètre du SAGE

Etude sur la gestion quantitative des ressources en eau du bassin Sarthe amont et élaboration de programmes d'actions dans le cadre de la révision du SAGE

Les écarts absolus entre les débits caractéristiques d'étiage calculés en 2011 et ceux nouvellement calculés en 2020 sont nuls pour les cours d'eau de la Bienne et de la Vaudelle. Les écarts absolus des débits QMNA2, VCN3(2), VCN3(5), VCN10(2) sont de -0.1 à -0.2 m³/s pour la Sarthe. Ils sont de 0.1 m³/s pour l'Orne (saosnoise ?).

Ces écarts sont très faibles et ne permettent pas d'identifier des évolutions des débits d'étiage entre 2011 et 2020, la période étant trop courte.

Tableau 18: Ecarts absolus entre les débits d'étiage calculés jusqu'à 2011 et les nouveaux débits d'étiage calculés jusqu'à 2020. Les débits sont en m³/s (Banque Hydro, 2020).

Cours d'eau	Orne Saosnoise	Bienne	Sarthe		Vaudelle
Station	L'ORNE SAOSNOISE à MONTBIZOT	LA BIENNE à THOIRE-SOUS-CONTENSOR	LA SARTHE à NEUVILLE-SUR-SARTHE	LA SARTHE à SAINT-CENERI-LE-GEREI	LA VAUELLE à SAINT-GEORGES-LE-GAULTIER
Taille BV (km ²)	510	104	2716	903	89
Période considérée	1967-2013	1991-2013	1973-2013	1979-2013	1992-2013
Débit d'étiage (m ³ /s)					
Module	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0
1/10e module	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1/20e module	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
QMNA2	0.0	0.0	0.0	-0.1	0.0
QMNA5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
VCN3 2	0.1	0.0	-0.1	0.0	0.0
VCN3 5	0.0	0.0	-0.2	-0.1	0.0
VCN10 2	0.0	0.0	-0.1	0.0	0.0
VCN10 5	0.1	0.0	-0.1	0.0	0.0

Afin d'étudier l'évolution des débits caractéristiques d'étiage sur des périodes longues, une analyse simplifiée de la stationnarité des débits d'étiage a été menée pour chaque station hydrométrique disposant d'une chronique de débits suffisante (20 ans au minimum).

L'analyse a porté sur les QMNA. Les résultats sont présentés dans un graphique synthétisant :

- ▶ Les QMNA sur l'ensemble de la période disponible ;
- ▶ Le QMNA5 de référence calculée par la Banque Hydro ;
- ▶ Les QMNA5 calculés sur une période de 10 ans glissée de 5 ans.

Les résultats doivent être analysés avec précaution car il s'agit ici d'une simple observation de l'évolution d'une variable statistique (le QMNA5) sur la période disponible. Si elle ne permet pas de se positionner formellement sur la stationnarité des débits caractéristiques d'étiage (et de la vitesse d'évolution en cas de non-stationnarité), elle permet de visualiser graphiquement les principales évolutions du QMNA5 au droit des différents points de référence.

Les résultats obtenus pour chaque station sont présentés dans les graphiques ci-dessous :

Phase 1 | Objectif 1 : Appréhender le fonctionnement des différents cours d'eau et nappes souterraines du périmètre du SAGE



Etude sur la gestion quantitative des ressources en eau du bassin Sarthe amont et élaboration de programmes d'actions dans le cadre de la révision du SAGE

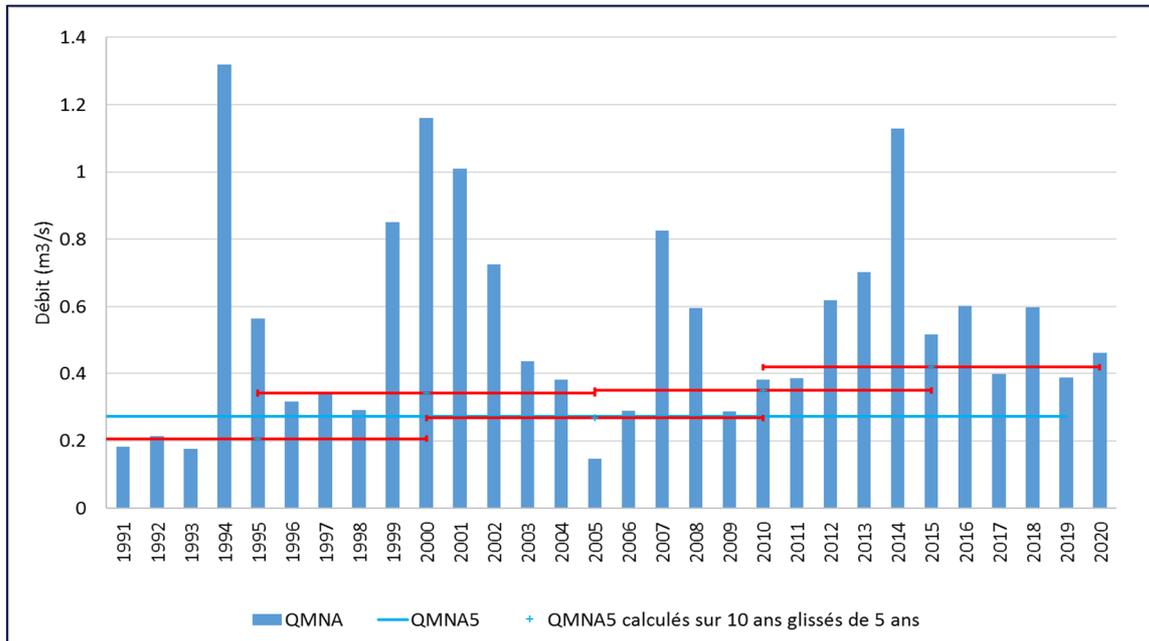


Figure 27 : L'Orne Saosnoise- Stationnarité des débits caractéristiques d'été de 1991 à 2020 (Sources : Banque Hydro, SUEZ Consulting 2020)

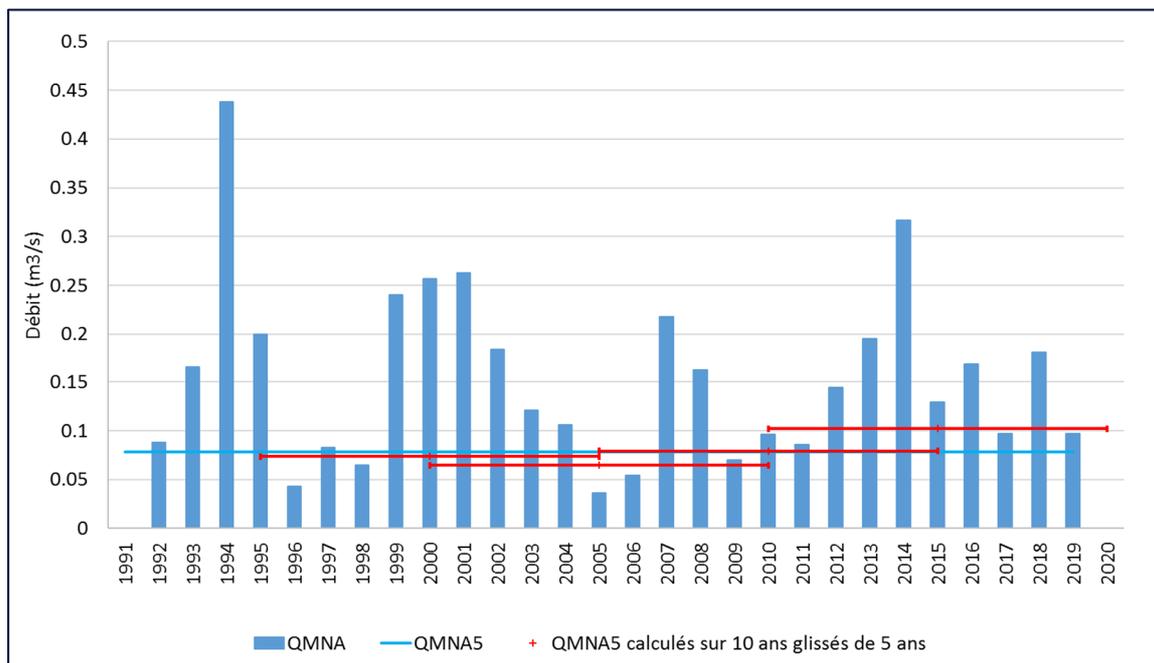


Figure 28 : La Bienné- Stationnarité des débits caractéristiques d'été de 1992 à 2020 (Sources : Banque Hydro, SUEZ Consulting 2020)

Phase 1 | Objectif 1 : Appréhender le fonctionnement des différents cours d'eau et nappes souterraines du périmètre du SAGE



Etude sur la gestion quantitative des ressources en eau du bassin Sarthe amont et élaboration de programmes d'actions dans le cadre de la révision du SAGE

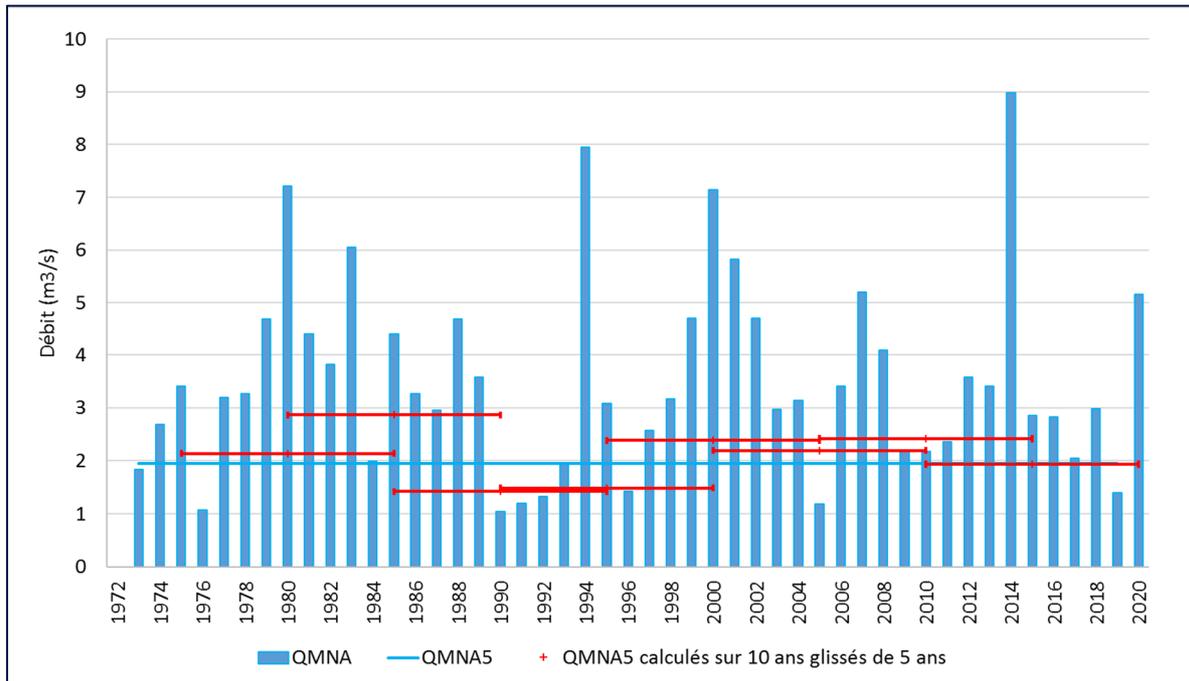


Figure 29 : La Sarthe à Neuville sur Sarthe- Stationnarité des débits caractéristiques d'été de 1992 à 2020 (Sources : Banque Hydro, SUEZ Consulting 2020)

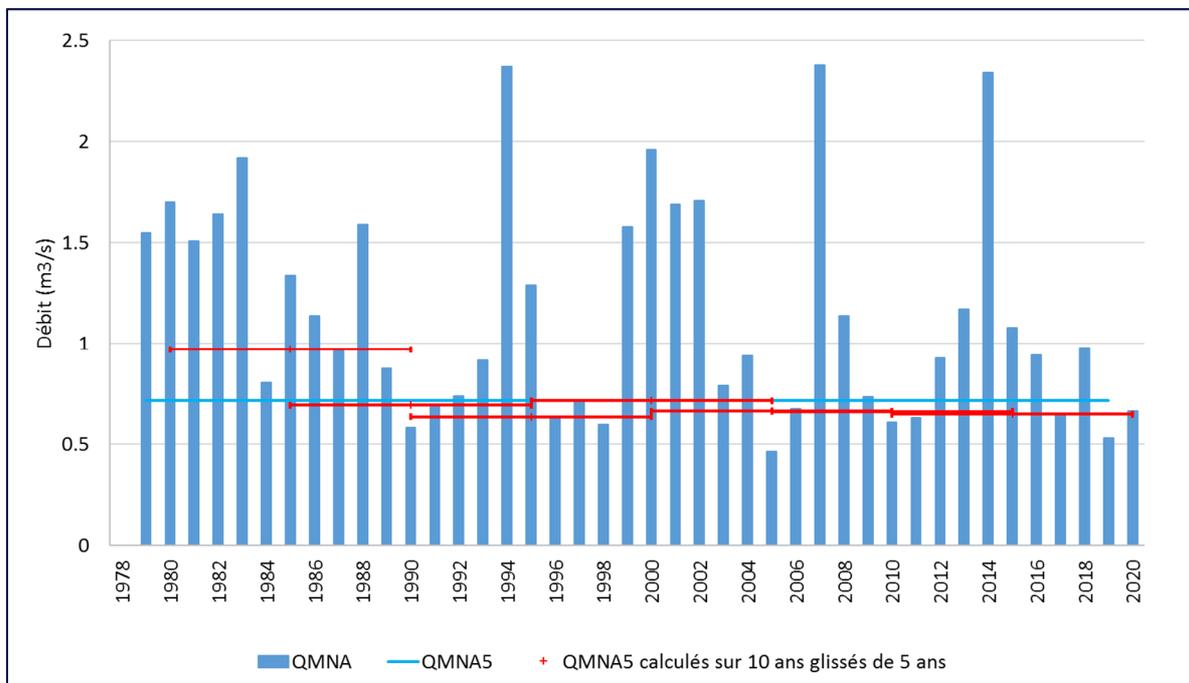


Figure 30 : La Sarthe à Saint-Céneri-Le-Gérei- Stationnarité des débits caractéristiques d'été de 1979 à 2020 (Sources : Banque Hydro, SUEZ Consulting 2020)

Phase 1 | Objectif 1 : Appréhender le fonctionnement des différents cours d'eau et nappes souterraines du périmètre du SAGE



Etude sur la gestion quantitative des ressources en eau du bassin Sarthe amont et élaboration de programmes d'actions dans le cadre de la révision du SAGE

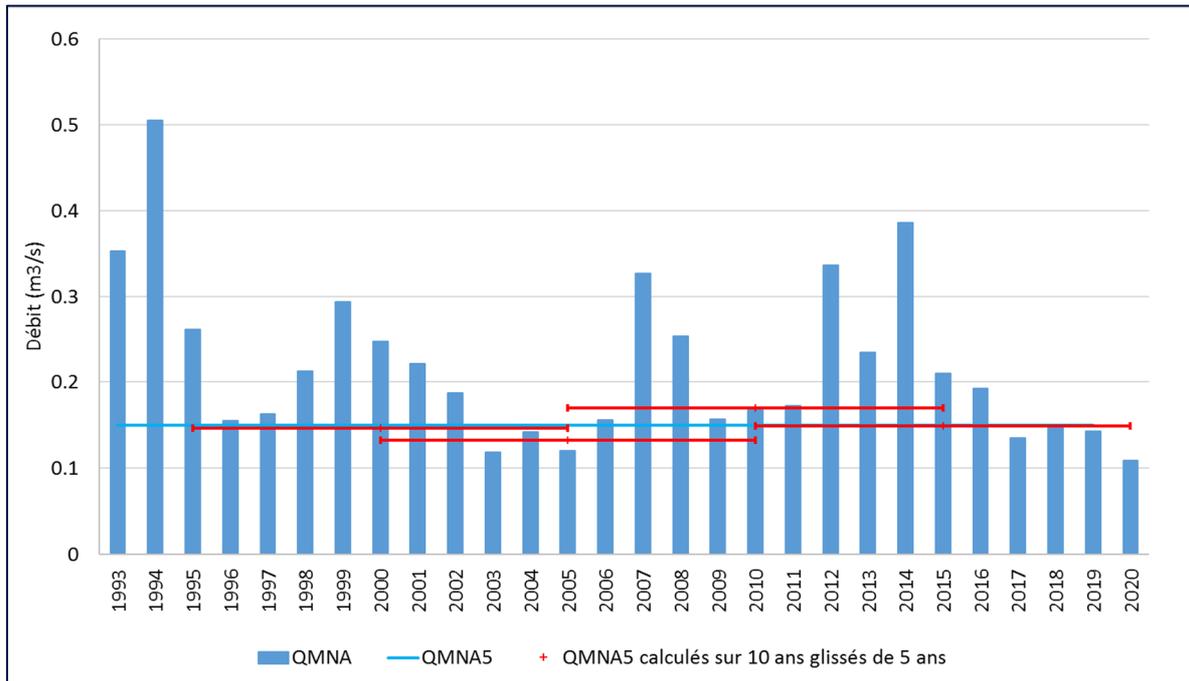


Figure 31 : La Vaudelle - Stationnarité des débits caractéristiques d'été de 1979 à 2020 (Sources : Banque Hydro, SUEZ Consulting 2020)

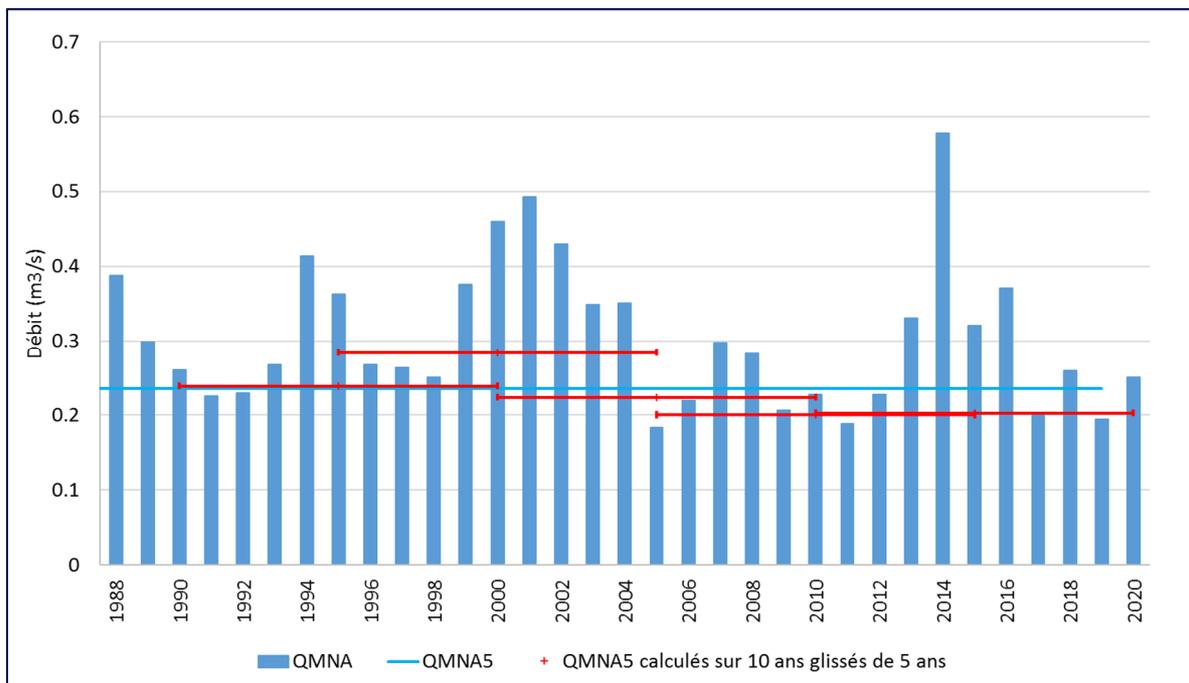


Figure 32 : L'Hoëne- Stationnarité des débits caractéristiques d'été de 1988 à 2020 (Sources : Banque Hydro, SUEZ Consulting 2020)

Phase 1 | Objectif 1 : Appréhender le fonctionnement des différents cours d'eau et nappes souterraines du périmètre du SAGE



Etude sur la gestion quantitative des ressources en eau du bassin Sarthe amont et élaboration de programmes d'actions dans le cadre de la révision du SAGE

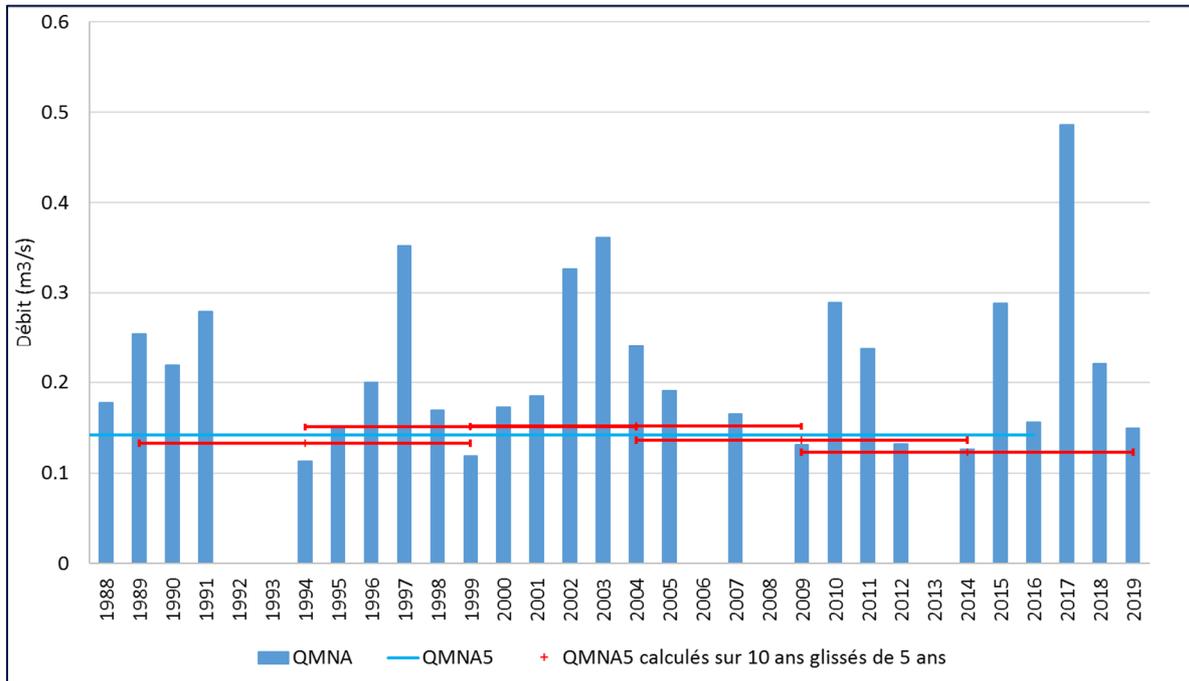


Figure 33 : Le Merdereau- Stationnarité des débits caractéristiques d'été de 1988 à 2020 (Sources : Banque Hydro, SUEZ Consulting 2020)

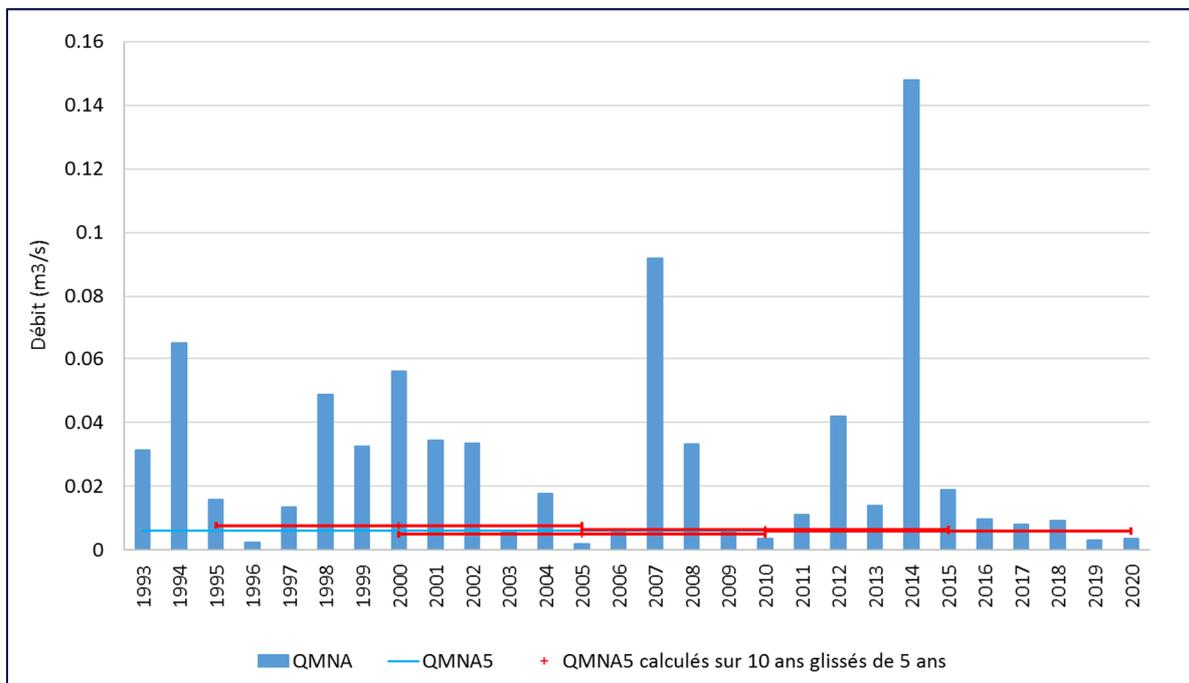


Figure 34 : L'Ornette - Stationnarité des débits caractéristiques d'été de 1993 à 2020 (Sources : Banque Hydro, SUEZ Consulting 2020)

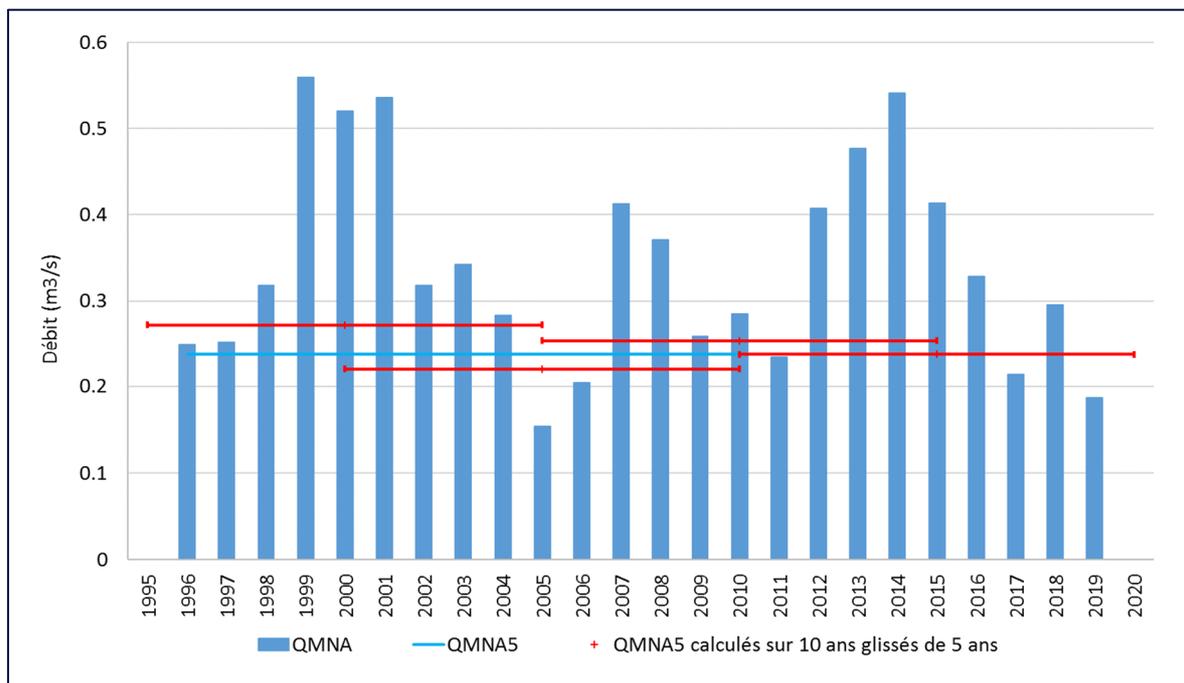


Figure 35 : L'Orthe - Stationnarité des débits caractéristiques d'été de 1996 à 2020
(Sources : Banque Hydro, SUEZ Consulting 2020)

A partir des graphiques précédents, plusieurs cas peuvent être distingués :

- ❖ **Une augmentation progressive du QMNA5 sur la période 2000-2020.** Ce constat est valable pour l'Orne Saosnoise. L'augmentation du QMNA5 est de l'ordre de 0.16 m³/s. Cette tendance peut signifier qu'il y a eu une baisse progressive des prélèvements sur ce bassin au cours des deux dernières décennies.
- ❖ **Pas d'évolution notable des débits caractéristiques d'été.** Ce constat est valable pour la Sarthe, la Vaudelle et l'Orthe. Les valeurs du QMNA5 calculées sur 10 ans oscillent autour de la valeur statistique sur l'ensemble de la période disponible. A priori, les usages de l'eau sont restés stables sur ces secteurs et il n'y a pas eu de modification majeure de l'hydrologie du bassin versant.
- ❖ **Une légère diminution des débits caractéristiques d'été de 2000 à 2020.** Les cours d'eau concernés par cette observation sont la Sarthe amont, l'Hoëne et le Merdereau. En effet, nous observons que les QMNA5 glissants sur 2005-2015 et 2010-2020 diminuent et qu'ils sont également inférieurs au QMNA5 calculé sur la période intégrale des données disponibles (diminution de l'ordre de 0.1 m³/s pour la Sarthe en amont et l'Hoëne, 0.03 m³/s pour le Merdereau). **La diminution des débits semble liée à la baisse annuelle de la pluviométrie observée aux stations de de Villaine-La-Juhel, d'Alençon et Soligny-la-Trappe sur la même période.** Toutefois, cette évolution peut être liée à d'autres facteurs : augmentation des pressions de prélèvements ou anthropisation des cours d'eau.
- ❖ **L'évolution des débits caractéristiques est moins visible sur l'Ornette.** Il semble que les débits caractéristiques d'été sont stables sur ce cours d'eau.

4.3.2.3 Comparaison des débits en différents points du bassin versant

Pour le régime moyen, **les données de débits sont globalement cohérentes d'amont en aval du bassin versant à l'exception des données de débits mesurées à la station de la Bienne à Thoiré-Sous-Contensor**. Pour toutes les stations sauf celle de la Bienne, le module croît en fonction de la surface de bassin versant drainée (cf. Figure 36). Il est nécessaire cependant de relativiser la relation linéaire qui semble ressortir du graphique. Les débits mesurés à l'aval du bassin versant pouvant être fortement influencés par les actions anthropiques sur l'amont du territoire.

Pour le bassin de la Bienne, le débit interannuel est faible comparé à la surface du bassin. Cette caractéristique peut-être due à la pluviométrie moyenne interannuelle moins importante sur ce bassin versant.

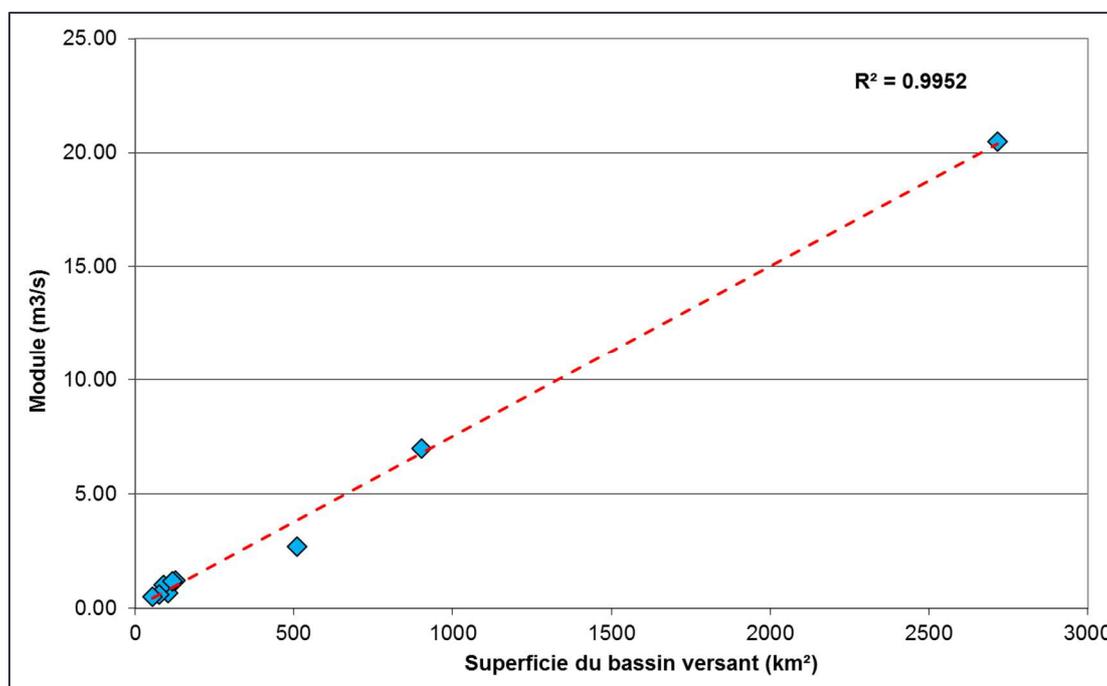


Figure 36 : SAGE Sarthe amont – Evolution du module mesuré au droit des stations de référence en fonction de des surfaces de bassin drainées par les stations (Sources : Suez Consulting, Banque Hydro, 2020).

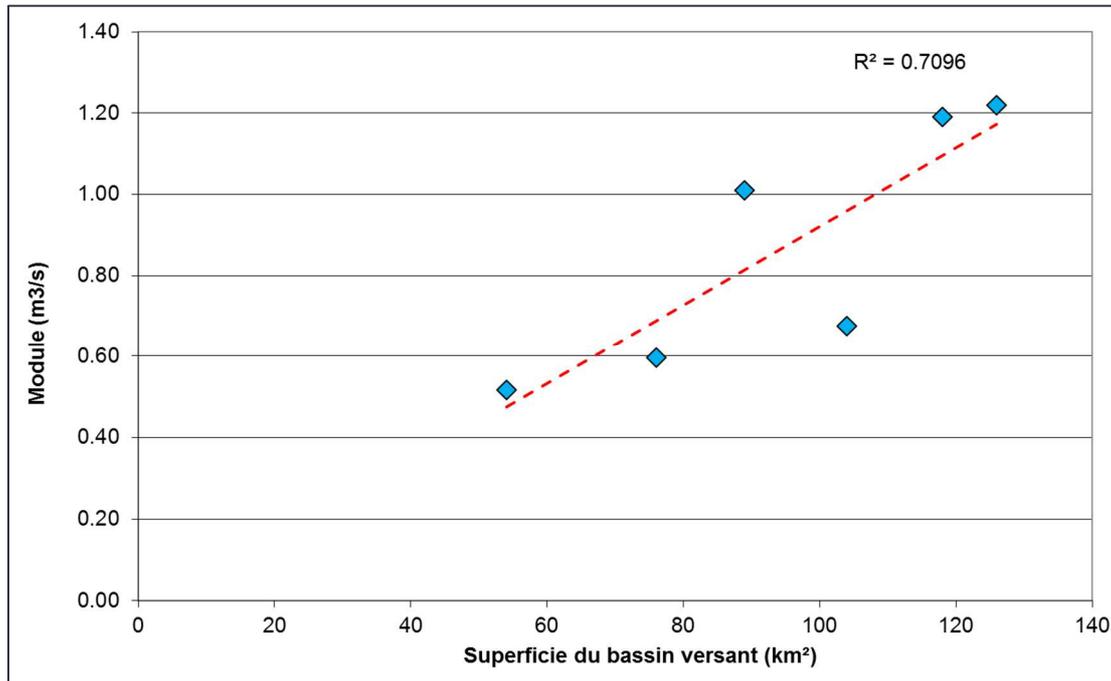


Figure 37 : SAGE Sarthe amont – Zoom sur l'évolution du module mesuré au droit des stations de référence en fonction de des surfaces de bassin drainées par les stations (Sources : Suez Consulting, Banque Hydro, 2020).

Les graphiques suivants présentent respectivement le QMN, VCN10, VCN5 (calculés la plus longue période de disponibilité des données) au niveau des 9 stations de référence. Ces indicateurs sont spécialement sensibles aux phénomènes hydrologiques particuliers (sécheresses sévères et/ou événements de pluie intenses) et doivent être considérés avec la plus grande précaution.

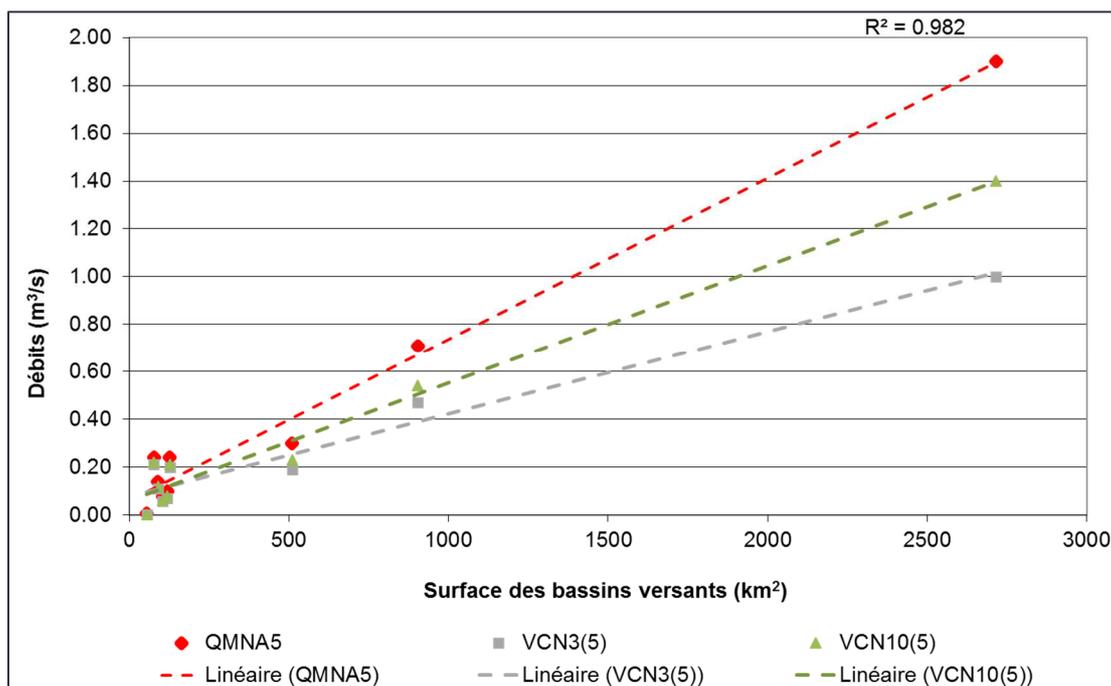


Figure 38 : SAGE Sarthe amont- Evolution de QMNA5, VCN3(5) et VCN10(5) en fonction de la surface drainée aux stations de référence (Source : Suez Consulting, Banque Hydro 2020)

Les variables débitométriques ne sont pas proportionnelles à la surface de bassin versant. Les débits stagnent ou diminuent alors que les surfaces de bassins versant augmentent.

Les explications de ce phénomène peuvent être les suivantes :

- ▶ Régime pluviométrique plus faible à l'est du bassin versant que sur l'ouest ;
- ▶ Présence d'obstacles à l'écoulement (ouvrages) sur les cours d'eau conduisant à stocker et à évaporer une large partie des volumes s'écoulant à l'étiage, au détriment de l'aval ;
- ▶ Prélèvements importants entre les stations, conduisant à subtiliser en partie les volumes s'écoulant naturellement vers l'aval.

L'analyse sur les usages, puis la reconstitution de l'hydrologie désinfluencée devront permettre de mieux identifier les facteurs influençant les écoulements à l'étiage sur le bassin versant de la Sarthe.

4.4 Réseau d'observation des écoulements

4.4.1 Principe du réseau ONDE de suivi des écoulements

L'OFB (anciennement ONEMA) a développé depuis 2012, un réseau d'observation visuelle de l'écoulement des cours d'eau, appelé Observatoire National Des Étiages (ONDE). Ce réseau prend le relai du Réseau Départemental d'Observation des Écoulements (RDOE) et du Réseau d'Observation de Crise des Assecs (ROCA), déployés respectivement depuis 1990 et 2004. Il est un des outils listés dans la circulaire du 18 mai 2011 relative aux mesures exceptionnelles de limitation ou de suspension des usages de l'eau en période de sécheresse.

Dans chaque département, les agents de l'OFB réalisent ainsi, entre mai et septembre, un suivi mensuel des écoulements sur un réseau de stations bien défini. En période de crise, un suivi renforcé, dont l'activation peut être déclenchée par le Préfet de département ou par l'OFB, est mis en place. Ce suivi de crise départemental peut s'effectuer à une période différente du suivi usuel et à une fréquence plus importante.

Ces réseaux d'observation des écoulements visent à répondre à un double objectif : constituer un réseau de connaissance stable sur les étiages estivaux et être un outil d'aide à la gestion des périodes de crise hydrologique.

Sur le terrain, les modalités pour l'observation des écoulements se définissent selon :

Écoulement visible

L'écoulement est continu, il est permanent et visible à l'œil nu.

Écoulement visible faible

De l'eau est présente et un courant est visible, mais le débit faible ne garantit pas un bon fonctionnement biologique.

Écoulement non visible

Le lit mineur présente toujours de l'eau mais le débit est nul. Généralement, soit l'eau est présente sur toute la station mais il n'y a pas de courant (dans les grandes zones lenticques, par exemple), soit il ne reste que quelques flaques sur plus de la moitié du linéaire.

Phase 1 | Objectif 1 : Appréhender le fonctionnement des différents cours d'eau et nappes souterraines du périmètre du SAGE

Etude sur la gestion quantitative des ressources en eau du bassin Sarthe amont et élaboration de programmes d'actions dans le cadre de la révision du SAGE

Assec

L'eau est totalement évaporée ou infiltrée sur plus de 50% de la station. La station est "à sec".

Une modalité spécifique '**observation impossible**' permet d'indiquer que l'observateur n'a pas pu réaliser d'observation propre à l'écoulement du cours d'eau lors de son déplacement sur la station, en raison de conditions exceptionnelles : problèmes d'accessibilité, modification des conditions environnementales de la station, etc.

'**L'absence de données**' indique que l'observation n'a pas été réalisée.

4.4.2 Suivi des écoulements sur la zone d'étude

Sur la période 2014-2020, le bassin de la Sarthe amont a été couvert par **23 stations ONDE au total** (cf. Figure 39), dont les caractéristiques sont présentées ci-dessous.

Tableau 19 : SAGE Sarthe amont - Stations ONDE (Sources : www.onde.eaufrance.fr)

Département	Code station	Cours d'eau	Unité de gestion & Sous unité de gestion	Commune
53	M0105611	L'Ornette	L'Ornette	GESVRES
53	M0105612	Ruisseau le Terrançon	L'Ornette	SAINT-PIERRE-DES-NIDS
53	M0124011	La Vaudelle	La Vaudelle	IZE
61	M0000001	Fresbee	La Sarthe à Saint-Ceneri-le-Gerei	MONTCHEVREL
61	M0020001	La Tanche	La Sarthe à Saint-Ceneri-le-Gerei	SAINT-LEGER-SUR-SARTHE
61	M0030001	Ruisseau de Neauphe sous Essai	La Sarthe à Saint-Ceneri-le-Gerei	BURSARD
61	M0030002	Le Vande	La Sarthe à Saint-Ceneri-le-Gerei	SAINT-GERVAIS-DU-PERRON
61	M0040611	La Briante	La Sarthe à Saint-Ceneri-le-Gerei	SAINT-NICOLAS-DES-BOIS
61	M0050611	Le Cuissai	La Sarthe à Saint-Ceneri-le-Gerei	CUISSAI
72	M0020002	Le Chedouet	La Sarthe à Saint-Ceneri-le-Gerei	VILLENEUVE EN PERSEIGNE
72	M0134012	Le Deffay	L'Orthe	MONT-SAINT-JEAN
72	M0140002	Le Rocher Reine	L'Orthe	ASSE-LE-BOISNE
72	M0156512	Le Rosay Nord	La Sarthe Neuville sur Sarthe	ANCINNES
72	M0160001	Le Vieilleville	La Bienne	NEUFCHATEL-EN-SAOSNOIS
72	M0210001	Longuève Sarthe Amont	La Sarthe Neuville sur Sarthe	SAINT-REMY-DE-SILLE
72	M0234012	Le Rutin	L'Orne Saosnoise	AILLIERES-BEAUVOIR

Phase 1 | Objectif 1 : Appréhender le fonctionnement des différents cours d'eau et nappes souterraines du périmètre du SAGE



Etude sur la gestion quantitative des ressources en eau du bassin Sarthe amont et élaboration de programmes d'actions dans le cadre de la révision du SAGE

Département	Code station	Cours d'eau	Unité de gestion & Sous unité de gestion	Commune
72	M0243011	La Gandelée	L'Orne Saosnoise	LUCE-SOUS-BALLON
72	M0260001	L'Antonnière	Sarthe aval	DEGRE
72	M0140001	Le Rocher Reine	La Sarthe Neuville sur Sarthe	ASSE-LE-BOISNE
72	M0134011	Le Deffay	L'Orthe	MONT-SAINT-JEAN
72	M0234011	Le Rutin	L'Orne Saosnoise	SAINT-LONGIS
72	M0227741	L'Orne Saosnoise	L'Orne Saosnoise	COURCIVAL
72	M0156511	Le Rosay Nord	La Sarthe Neuville sur Sarthe	COULOMBIERS

Phase 1 | Objectif 1 : Appréhender le fonctionnement des différents cours d'eau et nappes souterraines du périmètre du SAGE

Etude sur la gestion quantitative des ressources en eau du bassin Sarthe amont et élaboration de programmes d'actions dans le cadre de la révision du SAGE

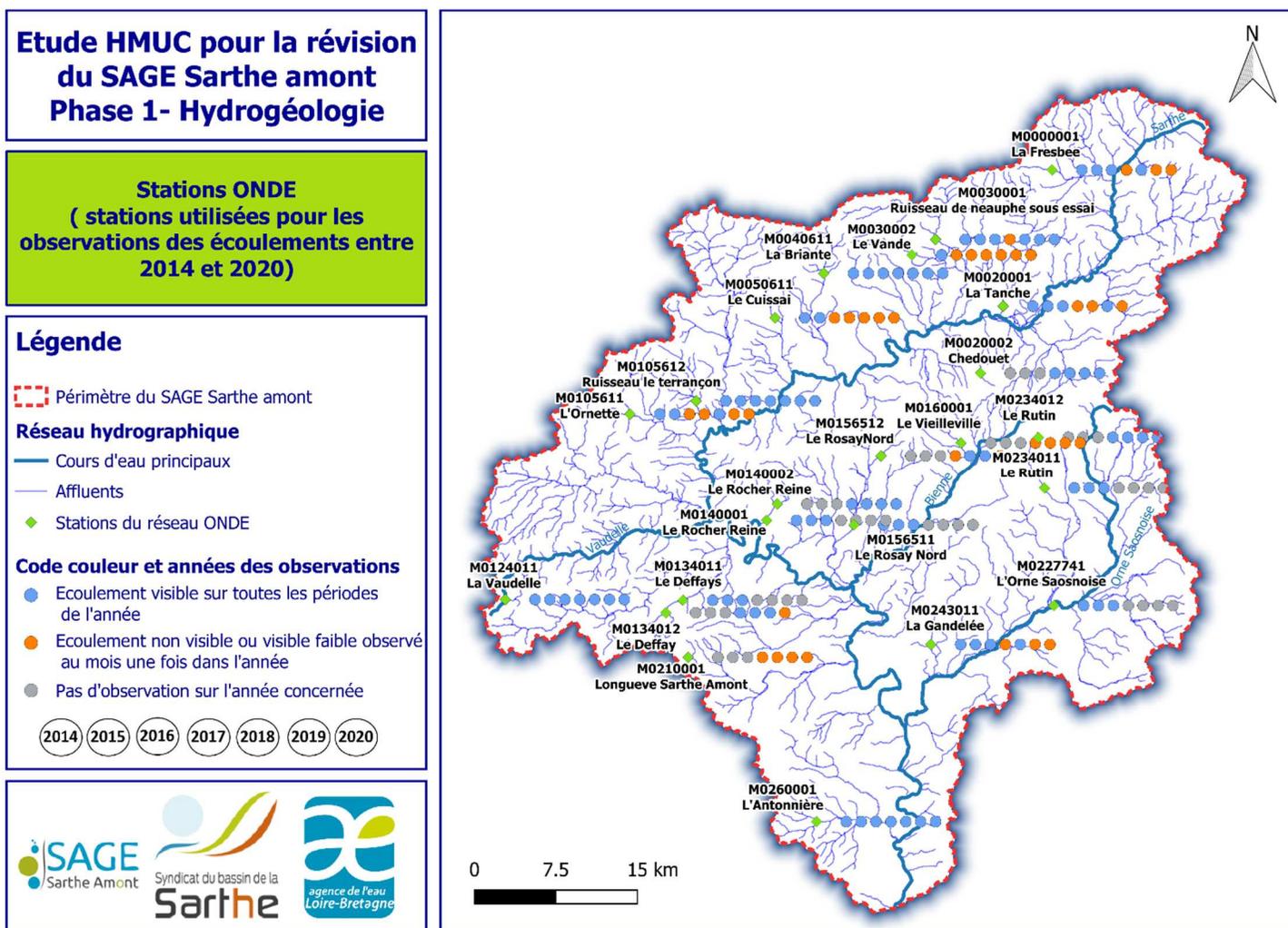


Figure 39 : BV Sarthe amont - Localisation des stations ONDE et bilan 2014-2020 des observations (Sources : SbS, OFB, SUEZ Consulting 2021)

Phase 1 | Objectif 1 : Appréhender le fonctionnement des différents cours d'eau et nappes souterraines du périmètre du SAGE



Etude sur la gestion quantitative des ressources en eau du bassin Sarthe amont et élaboration de programmes d'actions dans le cadre de la révision du SAGE

Tableau 20 : Tableau récapitulatif des stations ONDE

Dépt.	Code ONDE	Station	Observations			
			Absence de données	Assec (Nbre d'année avec au moins un assec visible)	Écoulement non visible (nbre année avec au moins un écoulement non visible)	Écoulement visible faible (Nbre années avec au moins un écoulement visible faible)
53	M0105611	L'Ornette	0	0	2	4
53	M0105612	Ruisseau le Terrançon	0	0	0	0
53	M0124011	La Vaudelle	0	0	0	0
61	M0000001	Fresbee	0	0	2	2
61	M0020001	La Tanche	0	0	1	3
61	M0030001	Ruisseau de Neauphe sous Essai	0	0	1	0
61	M0030002	Le Vande	0	0	6	1
61	M0040611	La Briante	0	0	0	0
61	M0050611	Le Cuissai	0	0	2	4
72	M0020002	Le Chedouet	3	0	0	0
72	M0134012	Le Deffay	3	0	1	0
72	M0140002	Le Rocher Reine	3	0	0	0
72	M0156512	Le Rosay Nord	3	0	1	2
72	M0160001	Le Vieilleville	3	0	4	0
72	M0210001	Longuève Sarthe Amont	3	0	4	0
72	M0234012	Le Rutin	3	0	0	0
72	M0243011	La Gandelée	0	0	3	2
72	M0260001	L'Antonnière	0	0	0	0
72	M0140001	Le Rocher Reine	4	0	0	0
72	M0134011	Le Deffays	4	0	0	0
72	M0234011	Le Rutin	4	0	0	0
72	M0227741	L'Orne Saosnoise	4	0	0	0

Phase 1 | Objectif 1 : Appréhender le fonctionnement des différents cours d'eau et nappes souterraines du périmètre du SAGE

Etude sur la gestion quantitative des ressources en eau du bassin Sarthe amont et élaboration de programmes d'actions dans le cadre de la révision du SAGE

Dépt.	Code ONDE	Station	Observations			
			Absence de données	Assec (Nbre d'année avec au moins un assec visible)	Écoulement non visible (nbre année avec au moins un écoulement non visible)	Écoulement visible faible (Nbre années avec au moins un écoulement visible faible)
72	M0156511	Le Rosay Nord	4	0	0	0

Sur les 23 stations ONDE, **11 stations présentent des observations d'écoulements visibles faibles et d'écoulements non visibles sur la période 2014-2020.**

Aucun n'assec a été observé sur les 23 stations entre 2014 et 2020 sur le périmètre SAGE Sarthe amont.

Les résultats ci-dessus et leurs analyses dans les paragraphes suivants sont à prendre avec précaution pour plusieurs raisons : nous traitons d'observations visuelles (donc incluant un degré de subjectivité des observateurs), des années n'ont pas fait l'objet d'observations sur certaines stations (maximum 4 ans), et ces observations sont effectuées au niveau de stations sur les cours d'eau (ces observations peuvent ne pas être représentatives de l'intégralité du cours d'eau).

En comparant les fréquences d'observations des écoulements de 2004 à 2012 (cf. Etude de détermination des débits de référence de 2015) **à celles de 2014-2020** (cf. paragraphe précédent), on observe les évolutions suivantes :

- **La tête du bassin versant** (sous-bassin de la Sarthe à Saint-Céneri-le-Gérei) apparaît **vulnérable en période d'étiage sur la dernière décennie**. Par ailleurs, **cette sensibilité concerne la plupart des cours d'eau sur lesquels des observations sont faites**.
Des anomalies d'écoulement (non visibles et visibles faibles) sont observées sur la période 2014-2020 sur l'ensemble des cours d'eau de la tête du bassin versant alors que sur la période 2004-2012, seuls le Cuissai et la Vandré étaient concernées par des absences d'écoulement et des assecs.
Les nouveaux cours d'eau affectés sont : la Tanche avec des écoulements visibles faibles constatés un peu plus d'une année sur 3, la Fresbée avec des écoulements visibles faibles constatés une année sur 3. Il est difficile de conclure sur une réelle vulnérabilité du ruisseau de Neauphe puisqu'une seule année sur 7 a fait l'objet d'une observation d'un écoulement non visible.
- Globalement, **la majorité des cours d'eau constituant le bassin de la Sarthe à Neuville-sur-Sarthe demeurent peu sensibles en période d'étiage**, cependant quelques cours d'eau font **figures d'exception** : on note peu de changement dans les fréquences d'observation des écoulements perturbés sur les cours d'eau du Rosay Nord, du Rocher Reine et du Deffays. Aussi, ces cours d'eau restent peu sensibles en période d'étiage sur la période 2014-2020. En revanche, il semble que le cours d'eau de l'**Ornette** soit **nettement plus sensible** sur la période 2014-2020 que sur la période 2004-2012 puisque les fréquences d'observation des écoulements non visibles et visibles faibles augmentent (respectivement 1 année sur 3 et 1 année sur 2).
Le Terrançon fait figure d'exception, alors qu'il était qualifié de sensible en période d'étiage sur la période 2004-2012, aucune observation d'anomalie sur les écoulements est constatée sur 2014-2020.
- **Le sous bassin la Vaudelle** ne semble **pas concerné par les perturbations d'écoulements** : aucune perturbation enregistrée à la station d'Izé.

- **Le sous bassin de l'Orne saosnoise** demeure **peu sensible au période d'étiage**. Ainsi, aucune observation de perturbation des écoulements n'est observée aux stations de Rutin et de l'Orne. Concernant le cours de la Gandelée, il semble que sur la période 2014-2020, le cours d'eau montre moins de sensibilité en période d'étiage que lors de la période 2004-2012.
- **Le cours d'eau de l'Antonnière** n'apparaît **pas sensible à l'étiage** d'après les observations faites sur la période 2014-2020 contrairement aux observations effectuées sur la période 2004-2012.

Les observations des écoulements non visibles et insuffisants pour un bon fonctionnement biologique du cours d'eau sont présentes sur une période étendue : **de juin à septembre**.

4.5 Analyse de la gestion de crise

4.5.1 Cadre général

La loi n°92-3 adoptée le 3 janvier 1992, promulgue que l'eau fait partie du patrimoine commun de la nation. Sa protection, sa mise en valeur et le développement de la ressource utilisable sont d'intérêt général. Les dispositions de cette loi visent à une gestion équilibrée de la ressource en eau.

Les **mesures générales ou particulières** prévues par la loi du 3 janvier 1992 **pour faire face aux risques** ou aux conséquences d'accidents, de **sécheresse**, d'inondations et de pénuries sont prescrites par **arrêté des préfets des départements**. Ils définissent les **mesures et les seuils de déclenchement des restrictions d'usage** à appliquer au cours de la période d'étiage. Chacun de ces arrêtés définit des unités de gestion (ou zones d'alerte) hydrographiquement et hydrogéologiquement cohérentes. En période de basses eaux, l'atteinte des valeurs seuils entraîne la mise en place de restrictions de prélèvements graduelles jusqu'à l'interdiction totale des prélèvements. La graduation des mesures doit permettre d'anticiper la situation de crise et doit en tout état de cause **prévenir le franchissement** de débits ou niveaux en dessous desquels sont **mis en péril l'alimentation en eau potable et le bon fonctionnement des milieux aquatiques**.

L'analyse de l'historique de ces arrêtés permet de caractériser les phénomènes d'étiage sur le bassin versant et de suivre les mesures de restriction ou d'interdiction des prélèvements afin de limiter leur impact sur les masses d'eau. Les arrêtés-cadres les plus récents ont été collectés et étudiés, et une analyse des arrêtés sécheresse sur le site Propluvia (<http://propluvia.developpement-durable.gouv.fr/>) a été réalisée afin d'identifier les déséquilibres sur la zone d'étude.

L'objectif de chacun de ces arrêtés est précisé ci-dessous :

- Les **arrêtés cadres**, fixent les débits seuils d'alerte ou de crise des cours d'eau en dessous desquels des mesures de restriction ou d'interdiction des usages de l'eau s'appliquent.
- Les **arrêtés sécheresses** fixent le détail des mesures de restriction ou d'interdiction pour les différents usages de l'eau lorsque les débits seuils sont franchis.

4.5.2 Zone d'application et valeurs seuils

La gestion de la crise d'étiage au niveau départemental est actuellement régie par les arrêtés cadre suivants :

- ▷ dans l'Orne : arrêté signé le 2 juillet 2012, puis modifié le 6 février 2018 ;
- ▷ dans la Sarthe : arrêté cadre du 26 décembre 2011 ;
- ▷ dans la Mayenne : arrêté cadre du 18 juin 2019.

Le tableau suivant présente les stations de référence définies pour la gestion de crise et les débits seuils de gestion de crise associés aux zones d'alerte. Les débits seuils de crise et le DOE sont exprimés en l/s.

Phase 1 | Objectif 1 : Appréhender le fonctionnement des différents cours d'eau et nappes souterraines du périmètre du SAGE



Etude sur la gestion quantitative des ressources en eau du bassin Sarthe amont et élaboration de programmes d'actions dans le cadre de la révision du SAGE

Département	Unité de gestion	Nom de la zone d'alerte	Cours d'eau	Station de suivi	Débits seuils				DOE
					Vigilance	Alerte	Alerte Renforcée	Interdiction	
Orne	BV Sarthe Amont	Sarthe amont	Sarthe	St Cénéri le Gerei	800	650	550	550	
Sarthe	BV Sarthe Amont	Sarthe amont	Sarthe	Neuville/Souillé	2700	2200	1800	1500	1900
Mayenne	BV Sarthe Amont	Sarthe amont	Vaudelle	Saint-Georges-Le-Gaultier	200	140	120	100	
Sarthe	BV Sarthe Amont	Orne Saosnoise	Orne	Montbizot	430	350	300	240	
Sarthe	BV Sarthe Amont	Vaudelle-Merdereau-Orthe	Le Merdereau	Saint-Paul-Le-Gaultier	190	160	130	110	
Sarthe	BV Sarthe Amont	Bienne	Bienne	Thoiré-Sur-Contensor	120	100	80	60	

4.5.3 Historique des arrêtés sécheresse

Depuis 2012, le site Propluvia (<http://propluvia.developpement-durable.gouv.fr/>) permet de visualiser de façon hebdomadaire les niveaux d'alerte appliqués sur les différents bassins hydrographiques du territoire définis dans les arrêtés-cadres sécheresse. Une cartographie de ces restrictions sur le bassin est présentée sur la Figure 40 pour les mois de juin à septembre des années 2012 à 2019 (cartographie établie au 1^{er} de chaque mois). La prise en compte des arrêtés sécheresse dans la base de Propluvia n'est pas encore systématique : **les cartes ne reflètent pas toutes les restrictions réellement prises sur le territoire.** Cependant, **le Syndicat du Bassin de la Sarthe répertorie les arrêtés sécheresse s'appliquant à son bassin depuis 2012** : les paragraphes dessous prennent en compte l'analyse d'arrêtés ne figurant pas dans Propluvia.

Grâce aux bulletins de situation hydrologique du bassin Loire-Bretagne³ publiés chaque mois, une synthèse annuelle de ces cartes a été réalisée :

- ▷ **2012** : étiage plutôt tardif (grâce aux précipitations printanières importantes) et court mais de forte intensité, ce qui peut expliquer la prise d'arrêtés sécheresse de niveau vigilance et alerte sur une petite fraction du territoire (bassins versants de l'Ornette, de la Vaudelle, du Merdereau, et de l'Orthe).
- ▷ **2013** : l'année est très humide, cependant les secteurs de l'Ornette, le Merdereau, la Vaudelle, et l'Orthe sont placés en vigilance au mois de septembre.
- ▷ **2014** : pas de mesures de restriction sur le bassin versant de la Sarthe amont grâce à d'abondantes précipitations estivales. A cet été humide succède un automne beaucoup plus sec, avec le mois d'octobre le plus chaud depuis 1900. Les précipitations déficitaires des mois de septembre, octobre, novembre et décembre retardent donc fortement le remplissage des nappes et retenues, sans que

³ DREAL Centre Val de Loire, <http://www.centre-val-de-loire.developpement-durable.gouv.fr/bulletins-de-situation-hydrologique-du-bassin-r965.html>

cela n'entraîne pour autant des mesures de restrictions sur le bassin de la Sarthe amont (les cartographies des arrêtés sécheresse en 2014 ne sont pas présentées puisque qu'aucune observation de restriction ne semble observée).

- ▷ **2015** : des précipitations inférieures aux normales ont été observées au cours des mois de avril, mai et juin sur le bassin Loire-Bretagne ; cela intervient cependant après une bonne reconstitution des réserves en eau du bassin. Un mois de juillet particulièrement chaud et sec a fait évoluer défavorablement la situation hydrologique sur l'ensemble du bassin Loire-Bretagne, ce qui explique le placement de sous-secteurs du bassin de la Sarthe amont en alerte à partir du 21 juillet 2015 (aucun d'arrêté sécheresse n'est disponible pour cette situation sur Propulvia hormis quelques-uns conservés par le SbS). Les précipitations du mois d'août sont 1.5 à 3 fois supérieur aux pluies normales, aussi la sévérité de l'étiage sur le bassin versant Loire Bretagne est tempérée mais les restrictions établies au mois précédent demeurent toujours en vigueur au mois d'août et de septembre.
- ▷ **2016** : Juillet et août sont très largement déficitaires avec une pluviométrie proche de 0 mais les mois précédents ayant été bien arrosés, la situation des nappes, des retenues et des cours d'eau est encore satisfaisante. Au mois de septembre, des secteurs sont en vigilance à partir du 8 septembre : il s'agit de l'ensemble des bassins localisés en amont de la zone d'étude (arrêté sécheresse associé est l'arrêté sécheresse 2350-16-00089)
- ▷ **2017** : La pluviométrie en période de reconstitution est beaucoup plus faible que la normale sur l'ensemble du bassin Loire-Bretagne, par conséquent des secteurs sont placés en vigilance dès le mois de juin (secteurs de l'Ornette, le Merdereau, la Vaudelle, l'Orthe) et en alerte dès le 22 juin pour l'Orne Saosnoise. Progressivement, l'ensemble du bassin de la Sarthe amont sera concerné par des arrêtés sécheresse (principalement à partir de début du mois d'août) de niveau de restriction des usages divers : vigilance, alerte, alerte renforcée et crise (mois de septembre). En Sarthe, les restrictions sont levées fin août alors que les unités de gestion ornaise et mayennaise passent en crise ou en alerte renforcée pour être levées début octobre.
- ▷ **2018** : des arrêtés sécheresse de niveau vigilance sont pris en août sur le bassin versant. Le mois d'août est très sec, avec des précipitations de l'ordre de -25 mm à -50 mm des normales de saison : le nombre de secteurs placés en vigilance augmentent jusqu'au mois de septembre. Cependant, tout le bassin versant de la Sarthe amont ne semble pas concerné. Les secteurs soumis au niveau de vigilance sont : la Vaudelle, l'Orne Saosnoise, le Merdereau, l'Ornette, l'Orthe, et la Bienne.
L'étiage s'est poursuivi de manière anormalement longue, notamment avec un mois d'octobre très fortement déficitaire, de l'ordre de -50 mm à -75 mm par rapport aux normales de saison. D'après les informations collectées par le SbS, il n'y aurait cependant pas eu d'arrêtés de restrictions au-delà de la vigilance.
- ▷ **2019** : Cet été particulièrement est sec ce qui explique la mise sous vigilance, puis alerte et enfin alerte renforcée de plusieurs sous bassins du secteur d'étude. Les restrictions d'usage s'établissent sur les mois d'août et septembre, et elles s'étendent même en octobre. Le territoire est inégalement soumis à des niveaux de restrictions élevés : les niveaux de crise sont pris sur la Sarthe intermédiaire et sur la Sarthe amont (partie ornaise), la Sarthe aval et le bassin de la Bienne.
- ▷ **2020** : Un nouvel été chaud et sec, où la révision de l'arrêté cadre sécheresse de la Sarthe a pris en compte les propositions de révisions des débits seuils proposés dans l'étude de détermination

Phase 1 | Objectif 1 : Appréhender le fonctionnement des différents cours d'eau et nappes souterraines du périmètre du SAGE



Etude sur la gestion quantitative des ressources en eau du bassin Sarthe amont et élaboration de programmes d'actions dans le cadre de la révision du SAGE

des débits de référence. Il est à noter que ce nouvel ACS identifie une nouvelle station de référence pour les cours d'eau Orthe, Vaudelle et Merdereau à la demande de l'OFB dont les seuils ont été proposés par la DREAL. L'unité de gestion Orthe-Merdereau-Vaudelle en Sarthe sera placée en crise alors qu'elle passera en alerte en Mayenne. L'Alerte renforcée est mise en œuvre sur la Sarthe intermédiaire et en alerte sur la Sarthe amont. Les unités de gestion Bienne et Orne Saosnoise demeurent quant à elles en vigilance, malgré une augmentation des débits seuils sur la Bienne.

Phase 1 | Objectif 1 : Appréhender le fonctionnement des différents cours d'eau et nappes souterraines du périmètre du SAGE

Etude sur la gestion quantitative des ressources en eau du bassin Sarthe amont et élaboration de programmes d'actions dans le cadre de la révision du SAGE



Année	Juin	Juillet	Août	Septembre
2012				
2013				
2015				

Phase 1 | Objectif 1 : Appréhender le fonctionnement des différents cours d'eau et nappes souterraines du périmètre du SAGE



Etude sur la gestion quantitative des ressources en eau du bassin Sarthe amont et élaboration de programmes d'actions dans le cadre de la révision du SAGE

Année	Juin	Juillet	Août	Septembre
2016				
2017				
2018				

Phase 1 | Objectif 1 : Appréhender le fonctionnement des différents cours d'eau et nappes souterraines du périmètre du SAGE

Etude sur la gestion quantitative des ressources en eau du bassin Sarthe amont et élaboration de programmes d'actions dans le cadre de la révision du SAGE

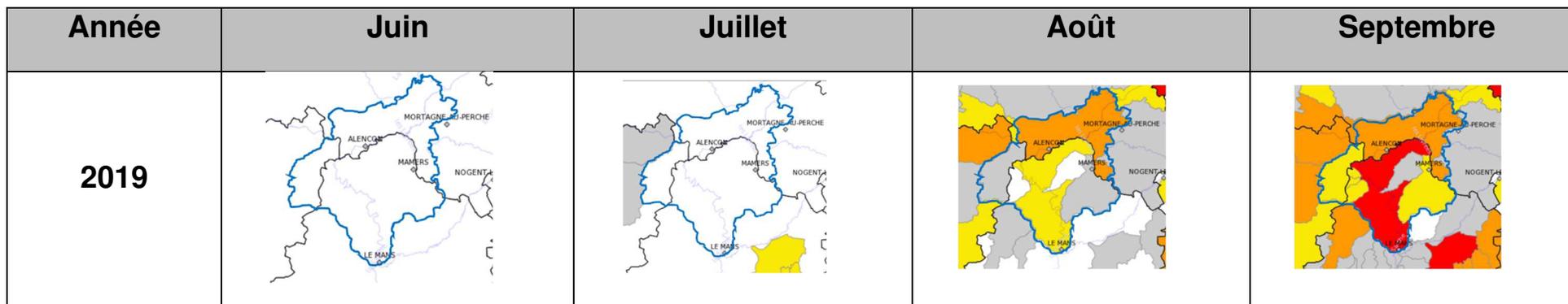


Figure 40 : BV Sarthe amont – Carte des arrêtés sécheresse au 1^{er} des mois de juin à septembre de 2012 à 2019 (Sources : Propluvia, SUEZ Consulting 202

Phase 1 | Objectif 1 : Appréhender le fonctionnement des différents cours d'eau et nappes souterraines du périmètre du SAGE



Etude sur la gestion quantitative des ressources en eau du bassin Sarthe amont et élaboration de programmes d'actions dans le cadre de la révision du SAGE

L'historique des arrêtés sécheresse pris sur le bassin versant donne un aperçu de l'état quantitatif des cours d'eau.

Sur le bassin versant, la période de restriction des usages varie selon les années mais peut s'étendre sur plusieurs mois consécutifs. **Les périodes les plus critiques** couvrent en général **les mois de juillet à septembre**.

Sur le bassin de la Sarthe amont, **les niveaux d'alerte renforcée ou d'interdictions des usages de l'eau** (sauf usages prioritaires) sont déclenchés **environ une année sur deux**. Les périodes d'étiages apparaissent donc problématiques vis-à-vis des usages sur le territoire.

Il apparaît que **certaines sous-secteurs** sont plus vite **impactés lors des périodes d'étiage** que d'autres : la Vaudelle, l'Ornette, le Merdereau, l'Orthe et la Bienne.

Il est important de souligner que la plateforme *Propluvia* peut-être sujette à des manques de données.

5 FONCTIONNEMENT HYDROGEOLOGIQUE DU BASSIN VERSANT DE LA SARTHE AMONT

5.1 La ressource en eau souterraine

5.1.1 Le contexte géologique

Le bassin versant de la Sarthe amont se situe à la limite entre le massif armoricain (partie Ouest du bassin versant) et le bassin parisien (partie Est du bassin versant).

A l'Ouest du bassin versant de la Sarthe amont, le socle de l'ère primaire, est constitué principalement de formations anciennes faiblement métamorphiques d'âge protérozoïque terminal (Briovérien : 620 Ma) à paléozoïque supérieur (Carbonifère inférieur : 325 Ma) de type schistes, calcaires et grès. Des formations plutoniques (granite, granodiorite, ...) et volcaniques (rhyolite) sont également affleurantes.

Ces formations du Massif Armoricain forment les principaux reliefs du territoire d'étude.

A l'Est et au Sud du bassin versant de la Sarthe amont affleurent **les terrains du Crétacé** (en vert clair sur la Figure 23), constitués de **Craie Cénomanienne, de Sables du Perche et de Craie Turonienne**, et reposant sur le **terrain du Jurassique** (en bleu clair sur la Figure 23), constitués de **marnes et calcaire marneux du Callovien - Oxfordien**.

Ces formations sédimentaires d'âge plus récent (secondaire et tertiaire) correspondant à la limite ouest du bassin parisien, **reposent en discordance sur celles du massif armoricain**.

Phase 1 | Objectif 1 : Appréhender le fonctionnement des différents cours d'eau et nappes souterraines du périmètre du SAGE

Etude sur la gestion quantitative des ressources en eau du bassin Sarthe amont et élaboration de programmes d'actions dans le cadre de la révision du SAGE

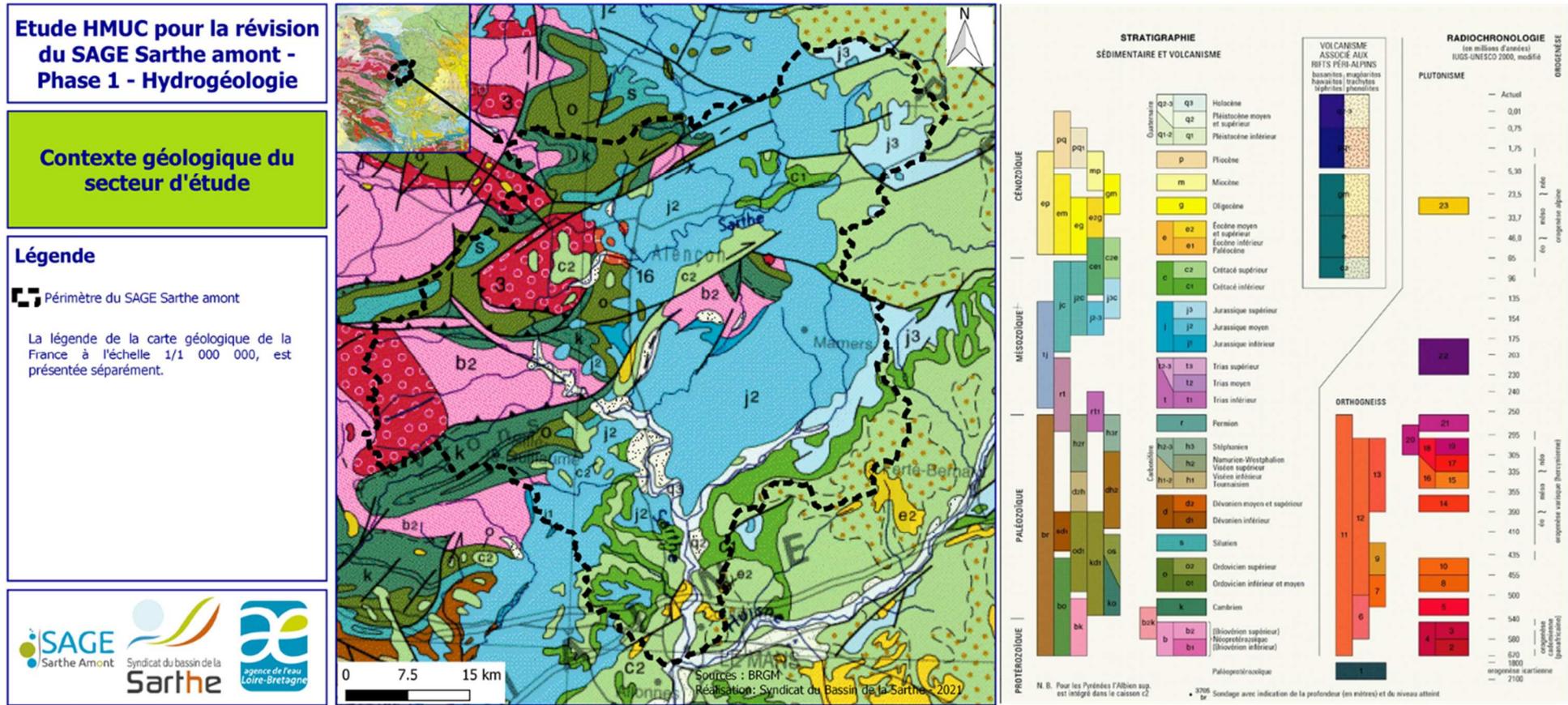


Figure 41: Contexte géologique du bassin versant de la Sarthe amont (Source : BRGM – Infoterr)

La variété et la succession de ces horizons géologiques engendrent une diversité des nappes présentes sur le secteur d'études. Les différents aquifères présents au niveau du bassin versant de la Sarthe amont sont présentés dans le sous-chapitre suivant.

5.1.2 Les formations aquifères

La nature des roches formant le **socle Armoricaïn (roches métamorphiques peu perméables) favorise une réponse rapide à la pluviométrie** (débits importants en période hivernale – faibles débits d'étiage). **Le contexte hydrogéologique de ces formations ne permet pas l'existence de grands aquifères.**

Parmi les formations géologiques sédimentaires du bassin parisien, plusieurs constituent des aquifères d'importance. Ainsi, **les niveaux sablo-graveleux de la base du Cénomaniën** (Crétacé supérieur) constituent **l'aquifère le plus intéressant du département pour la ressource en eaux souterraines.**

Les dépôts alluvionnaires récents de la vallée de la Sarthe renferment **une nappe alluvionnaire, très productive mais sensible aux pollutions.**

Les éléments présentés ci-dessous sont, pour une large part, repris de l'étude du BRGM de 2007 : « *Étude des risques d'inondation par remontées de nappes sur le bassin de la Maine* ».

Le bassin versant de la Sarthe Amont contient trois grands types de gisements d'eau souterraine :

- ▷ Des nappes de socles, en général de petite extension,
- ▷ Des nappes sédimentaires libres, d'extension variable,
- ▷ Des nappes sédimentaires captives.

Des circulations karstiques peuvent être localement envisagées sur le bassin versant.

Les nappes alluviales constituent un type particulier de nappes, formées par les grands épandages de sables et graviers des rivières. Elles sont par nature **le lieu privilégié des échanges entre les cours d'eau et les autres grandes nappes libre plus profondes.**

Les principaux gisements d'eaux souterraines du bassin versant de la Sarthe Amont sont présentés dans la Figure 42 suivante.

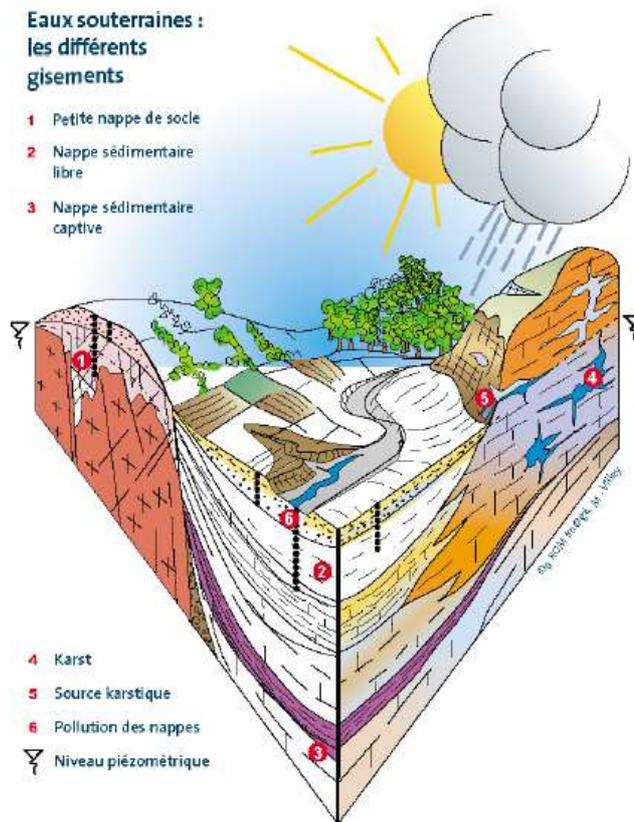


Figure 42 : Principaux gisements d'eaux souterraines du bassin versant de la Sarthe Amont (source : BRGM)

5.1.2.1 Eaux souterraines en contexte de socle

Dans les terrains de socle, la productivité des aquifères est étroitement liée à la présence d'altérites et au degré de fracturation des niveaux sous-jacents. Les altérites qui se caractérisent par une forte porosité et une faible perméabilité constituent un réservoir qui alimente l'horizon fissuré par drainance. Ce dernier est généralement beaucoup plus perméable en raison de l'interconnexion des fissures qui favorise la circulation des eaux souterraines. C'est dans cet horizon que les venues d'eau sont les plus importantes.

Un système aquifère en domaine de socle est à la fois **un réservoir** capable d'emmagasiner des volumes plus ou moins importants d'eau **provenant des pluies infiltrées**, et **un conducteur** permettant les **écoulements souterrains et la vidange progressive du réservoir vers des exutoires naturels** que sont les rivières. En domaine de socle ces deux fonctions sont le plus souvent séparées :

- ▷ Le rôle de réservoir est assuré principalement grâce à l'altération de la roche en place. ;
- ▷ L'eau souterraine circule surtout par le réseau de fissures et de fractures existant plus bas, dans la roche « saine » ou moins atteinte par l'altération.

Les eaux souterraines sont donc situées au sein de deux aquifères superposés et en contact permanent : celui des altérites et celui du milieu fissuré.

5.1.2.2 Eaux souterraines en contexte sédimentaire

A. Nappe de la Craie

Le Crétacé supérieur, du Sénonien au Cénomanién, est constitué de Craie franche dans sa partie supérieure, de plus en plus marneuse à partir du Turonien, vers le bas.

La nappe de la Craie est drainée par les cours d'eau et est en continuité avec les nappes alluviales. Les fluctuations saisonnières et interannuelles sont importantes. Des phénomènes karstiques peuvent se développer localement.

B. Nappe des Sables du Perche

Les Sables du Cénomanién supérieur, dits du Perche, forment les meilleurs aquifères du bassin versant en termes de productivité.

Les variations piézométriques de l'aquifère sont d'amplitude faible (2 à 3 mètres), avec parfois une tendance pluriannuelle peu marquée.

Cette nappe affleure dans la partie Est du bassin versant.

C. Nappe des Calcaires du Jurassique

Le calcaire étant intrinsèquement compact, les forages ne sont productifs que lorsque celui-ci est fracturé, comme le long des accidents armoricains NW-SE.

L'amplitude de battements de ces nappes est faible, pluri-métrique sans variations interannuelles notables compte-tenu d'un important drainage par les cours d'eau qui les traversent.

Deux nappes circulent dans les formations calcaires jurassiques :

- ▷ La nappe du Dogger (Bajocien.-Bathonien.) ;
- ▷ La nappe du Malm (Oxfordien).

Elles sont individualisées par les niveaux marneux imperméables calloviens. L'écoulement de ces deux nappes s'effectue du Nord-Est vers le Sud-Ouest. **Lorsqu'elles se trouvent en position captive celles-ci présentent une très forte productivité.**

Peu de données sont disponibles concernant les paramètres hydrodynamiques dans leur partie captive.

Il sera cependant retenu pour :

- ▷ L'aquifère du Malm (Pascaud et al., 1973)
 - Transmissivité de l'ordre de 1.10^{-2} m²/s ;
 - Coefficient d'emmagasinement de l'ordre de 1.10^{-4} ;
- ▷ L'aquifère du Dogger (Roux et al., 2006) : transmissivité moyenne estimée à 1.10^{-2} m²/s.

Les masses d'eau souterraines du bassin de la Sarthe amont et en bordure de celui-ci sont représentées sur la Figure 43.

Phase 1 | Objectif 1 : Appréhender le fonctionnement des différents cours d'eau et nappes souterraines du périmètre du SAGE

Etude sur la gestion quantitative des ressources en eau du bassin Sarthe amont et élaboration de programmes d'actions dans le cadre de la révision du SAGE

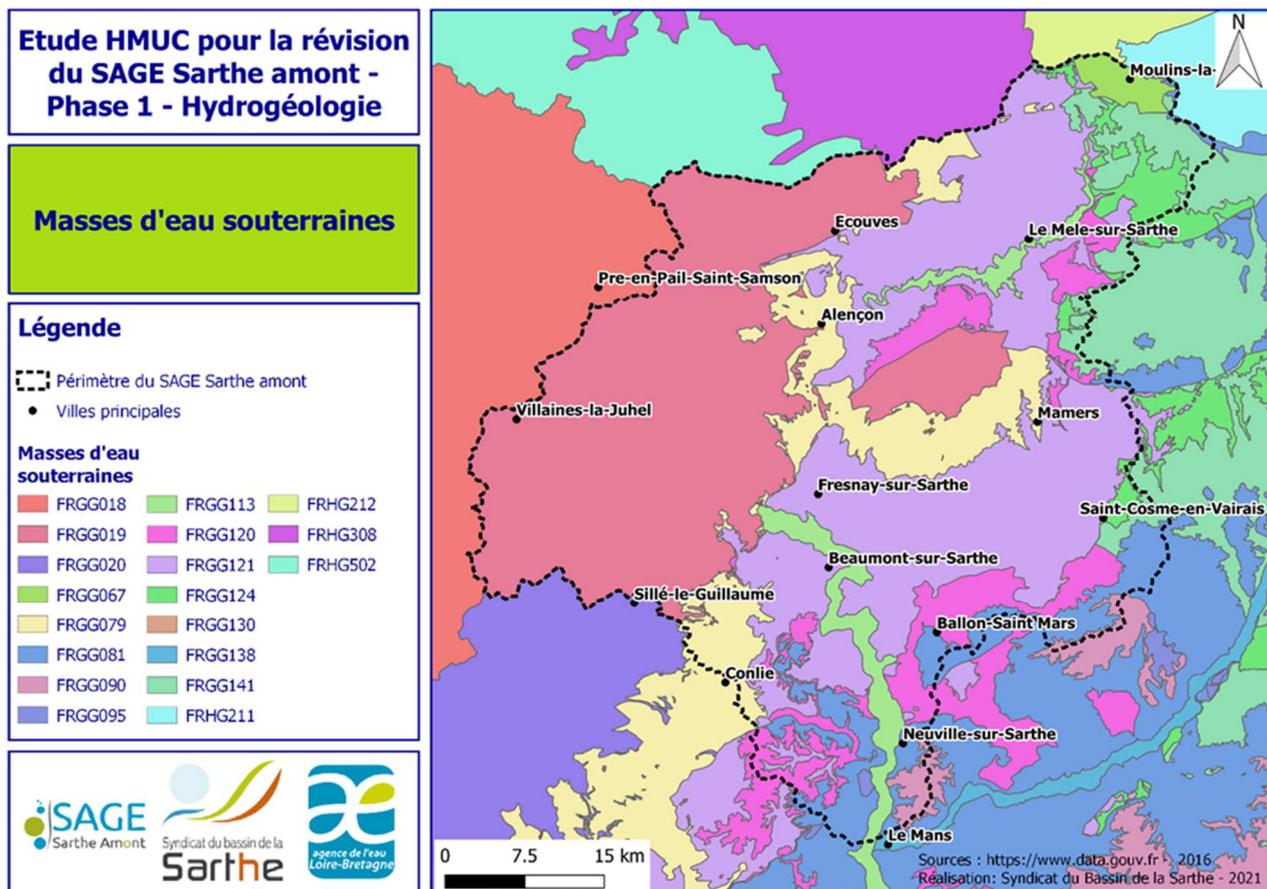


Figure 43: Masses d'eau du bassin versant de la Sarthe amont (Source : <https://www.data.gouv.fr/fr/datasets/masses-deau-souterraines-france-entiere-version-rapportage-2016/>)

5.1.3 Les masses d'eau souterraines

Ces aquifères sont décomposés en 12 masses d'eau souterraine DCE sur le territoire, présentées dans le Tableau 21 et sur la Figure 44 :

Tableau 21 : Masses d'eau souterraine du territoire (Sources : <https://www.data.gouv.fr/fr/datasets/masses-deau-souterraines-france-entiere-version-rapportage-2016/>)

Aquifère	Code masse d'eau souterraine	Libellé masse d'eau souterraine
Aquifères du socle	FRGG019	Bassin versant de la Sarthe amont
Jurassique	Lias FRGG130	Calcaires et marnes du Berry captifs
	Nappe du Dogger FRGG079	Calcaires et marnes du Lias et Dogger mayennais et sarthois libres

Phase 1 | Objectif 1 : Appréhender le fonctionnement des différents cours d'eau et nappes souterraines du périmètre du SAGE

Etude sur la gestion quantitative des ressources en eau du bassin Sarthe amont et élaboration de programmes d'actions dans le cadre de la révision du SAGE

Aquifère		Code masse d'eau souterraine	Libellé masse d'eau souterraine
	(Bajocien-Bathonien)	FRGG120	Calcaires du Lias et Dogger mayennais et sarthois captifs
		FRGG067	Calcaires à silex du Dogger captifs
	Marnes calloviennes	FRGG121	Marnes du Callovien Sarthois libres
	Nappe du Malm (Oxfordien)	FRGG124	Calcaires de l'Oxfordien dans l'Orne et Sarthe libres
		FRGG141	Calcaires de l'Oxfordien dans l'Orne et Sarthe captifs
Crétacé	Nappe des Sables du Perche	FRGG081	Sables et grès du Cénomaniens sarthois libres et captifs
	Nappe de la Craie	FRGG090	Craie du Séno-Turonien de l'unité du Loir libre
Tertiaire		FRGG095	Sables et calcaires lacustres des bassins tertiaires de Touraine libres
Alluvions		FRGG113	Alluvions de la Sarthe

Phase 1 | Objectif 1 : Appréhender le fonctionnement des différents cours d'eau et nappes souterraines du périmètre du SAGE



Etude sur la gestion quantitative des ressources en eau du bassin Sarthe amont et élaboration de programmes d'actions dans le cadre de la révision du SAGE

Etude HMUC pour la révision du SAGE Sarthe amont - Phase 1 - Hydrogéologie

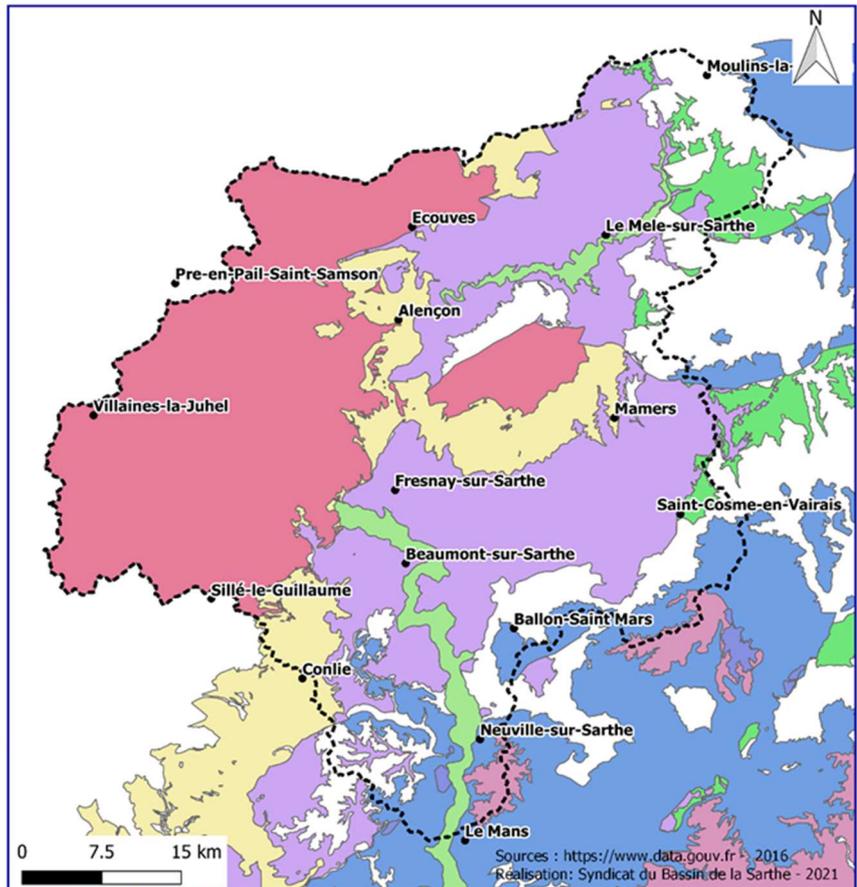
Masses d'eau souterraines libres du bassin versant de la Sarthe amont

Légende

- Périmètre du SAGE Sarthe amont
- Villes principales

Masses d'eau souterraines libres du secteur d'étude

- FRGG019
- FRGG079
- FRGG081
- FRGG090
- FRGG095
- FRGG113
- FRGG121
- FRGG124



Phase 1 | Objectif 1 : Appréhender le fonctionnement des différents cours d'eau et nappes souterraines du périmètre du SAGE

Etude sur la gestion quantitative des ressources en eau du bassin Sarthe amont et élaboration de programmes d'actions dans le cadre de la révision du SAGE

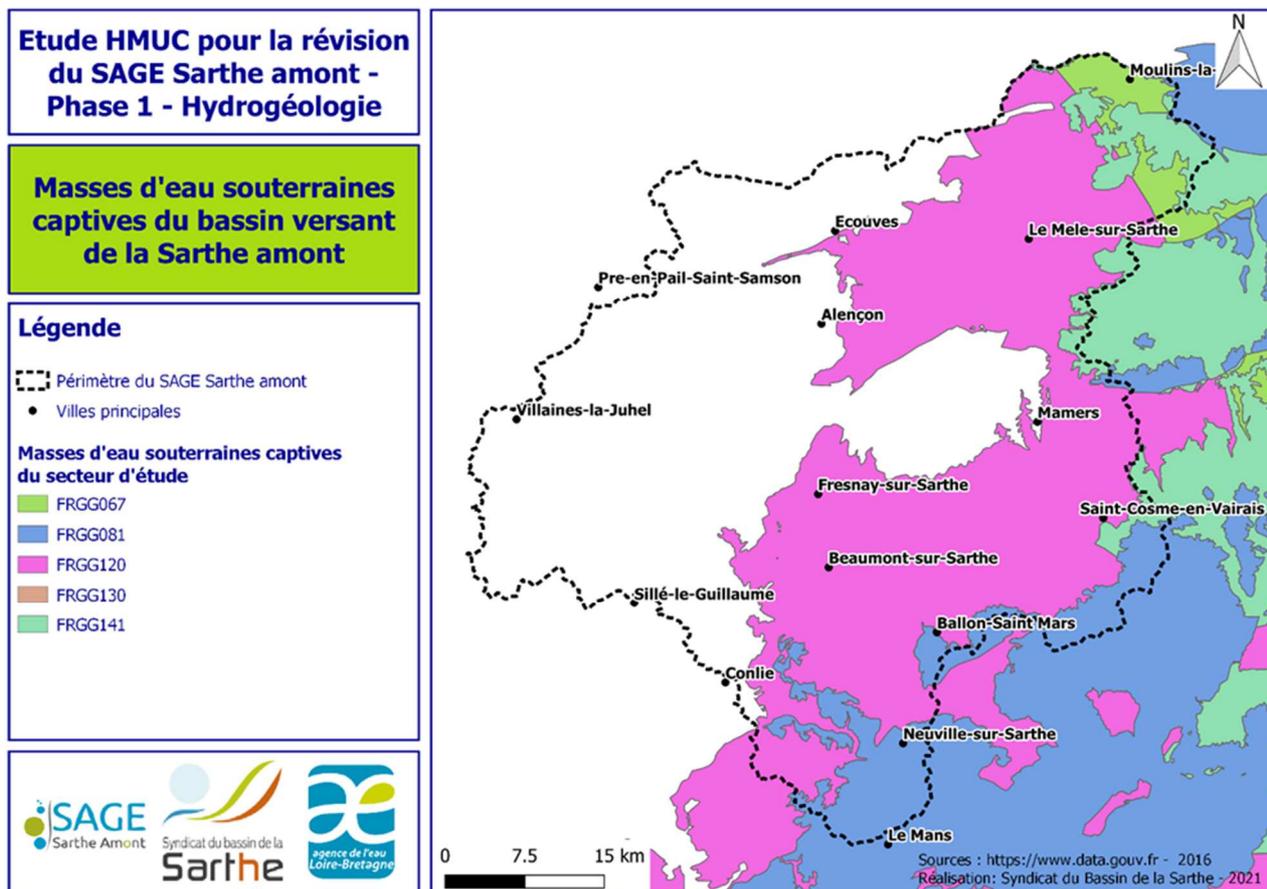


Figure 44 : Masses d'eau souterraines libres et captives du périmètre (Sources : <https://www.data.gouv.fr/>, AELB, SUEZ Consulting 2021)

Les masses d'eau présentes sur le secteur du bassin versant de la Sarthe amont et indiquées dans le SDAGE Loire-Bretagne 2016-2021 comme les nappes faisant partie de celles « à réserver dans le futur à l'alimentation en eau potable », inscrites au registre des zones protégées (disposition 6E-1 du SDAGE) sont les suivantes :

- ▷ FRGG081 pour partie : Cénomaniens captifs,
- ▷ FRGG141 : Jurassique supérieur captif,
- ▷ FRGG067 pour partie, FRGG120 : Dogger captif,
- ▷ FRGG079 et FRGG130 pour parties, FRGG120 : Lias captif.

Pour ces nappes, les implications sont présentées dans la disposition 6E-2 du SDAGE, rappelées ci-dessous :

Disposition 6E-2 du SDAGE Loire-Bretagne 2016-2021



Des schémas de gestion peuvent être élaborés pour les masses d'eau des nappes à réserver pour l'alimentation en eau potable afin de préciser les prélèvements, autres que ceux pour l'alimentation en eau potable par adduction publique, qui peuvent être permis à l'avenir. Les prélèvements pour les usages autres doivent nécessiter un haut degré d'exigence en termes de qualité d'eau (eau de process agroalimentaire ou d'industries spécialisées) ou répondre aux besoins d'abreuvement des animaux en l'absence de solutions alternatives, ou encore doivent être motivés par des raisons de sécurité civile. Les schémas analyseront également l'évolution prévisible des prélèvements et leur impact à moyen terme sur l'équilibre quantitatif de la nappe.

En l'absence de schéma de gestion de ces nappes :

- ❖ les prélèvements supplémentaires sur des ouvrages existants ou nouveaux ne pourront être acceptés que pour l'alimentation en eau potable par adduction publique ;
- ❖ des prélèvements nouveaux pour un autre usage seront possibles uniquement en remplacement de prélèvements existants dans le même réservoir et le même secteur, et en l'absence de déficit quantitatif de la nappe concernée.

Les schémas de gestion sont élaborés suivant les cas :

- ❖ par la commission locale de l'eau si les masses d'eau concernées sont situées sur le périmètre d'un Sage ;
- ❖ par une commission inter-Sage si les masses d'eau concernées sont situées sur plusieurs Sage ;
- ❖ par les services des préfets si les masses d'eau concernées sont hors d'un périmètre de Sage ou en partie seulement sur un périmètre de Sage et dans ce dernier cas avec la commission locale de l'eau.

Les zones de répartition des eaux (ZRE) sont présentées sur la Figure 45.

Dans une ZRE, les seuils d'autorisation et de déclarations des prélèvements dans les eaux superficielles comme dans les eaux souterraines sont abaissés. Ces dispositions sont destinées à permettre **une meilleure maîtrise de la demande en eau, afin d'assurer au mieux la préservation des écosystèmes aquatiques et la conciliation des usages économiques de l'eau.** Dans une ZRE, les prélèvements d'eau supérieurs à 8 m³/h sont soumis à autorisation et tous les autres sont soumis à déclaration.

La disposition 7C-5 du SDAGE concerne la gestion de la nappe du Cénomani en fonction des zones géographiques.

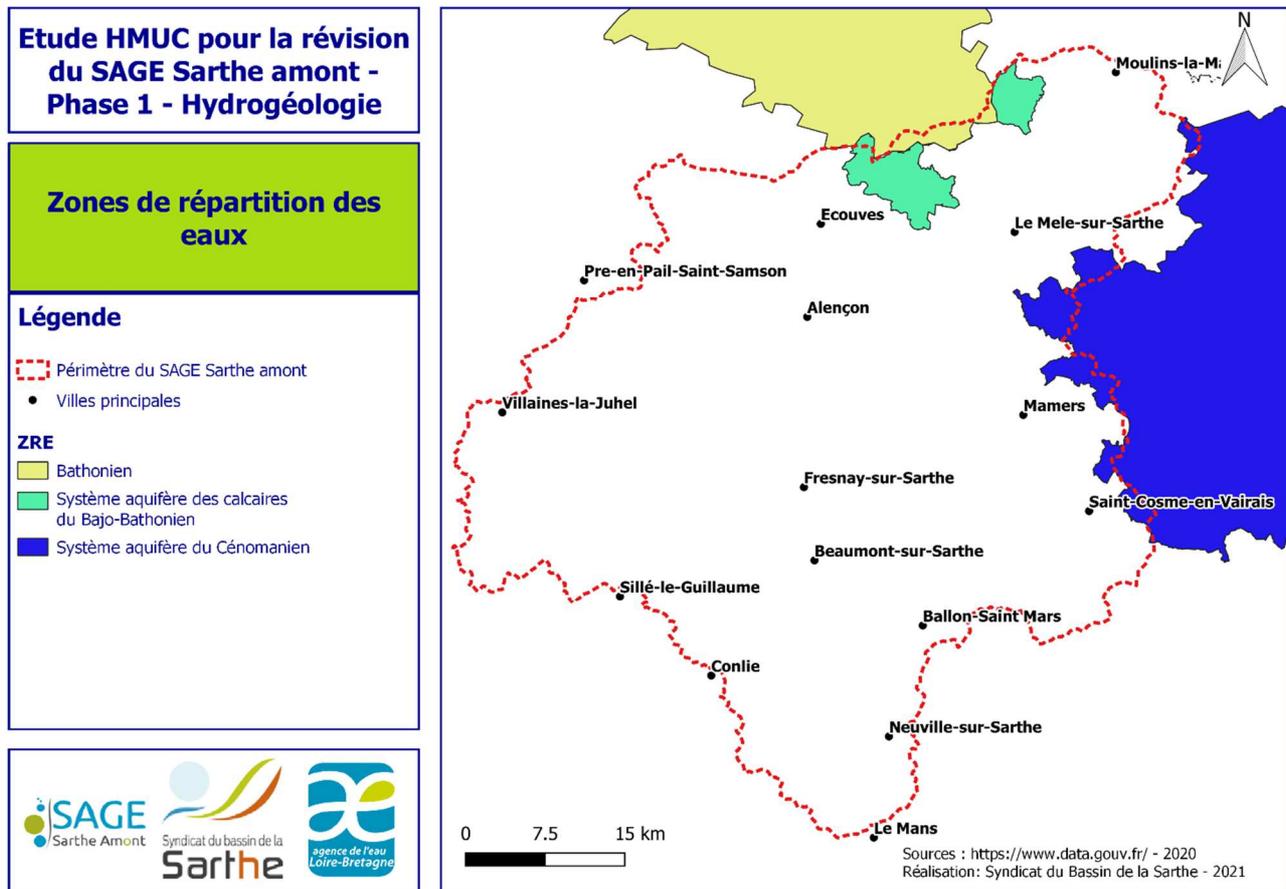


Figure 45:Zones de répartition des eaux (source : <https://www.data.gouv.fr/>)

Focus sur le secteur du synclinal des Coevrons

Le synclinal des Coevrons a fait l'objet d'une étude détaillée par Pivette Consultant en 2010.

Seuls l'Orthe, la Longuève et le Souci (tributaire du Lombron), appartiennent au périmètre du SAGE Sarthe amont. Les masses d'eaux souterraines de ces secteurs correspondent à des aquifères de socles.

L'Erve et la Vègre, affluents de la Sarthe également, appartiennent quant à eux au périmètre du SAGE Sarthe aval et sont donc exclus du secteur d'étude.

5.2 Suivi piézométrique

5.2.1 Points de suivi quantitatif

Les **points ADES** (Portail national d'accès aux données sur les eaux souterraines) disposant de données quantités (suivi piézométriques) présents sur le bassin versant de la Sarthe amont ou à proximité de celui-ci captant des masses d'eau concernant le secteur d'étude sont présentés sur la Figure 46 et le Tableau 22, en fonction de la masse d'eau captée (Figure 46 et Tableau 22).

Phase 1 | Objectif 1 : Appréhender le fonctionnement des différents cours d'eau et nappes souterraines du périmètre du SAGE

Etude sur la gestion quantitative des ressources en eau du bassin Sarthe amont et élaboration de programmes d'actions dans le cadre de la révision du SAGE

Les chroniques piézométriques disponibles par masse d'eau sont présentées dans les sous-chapitres 5.2.2.2 à 5.2.2.4.

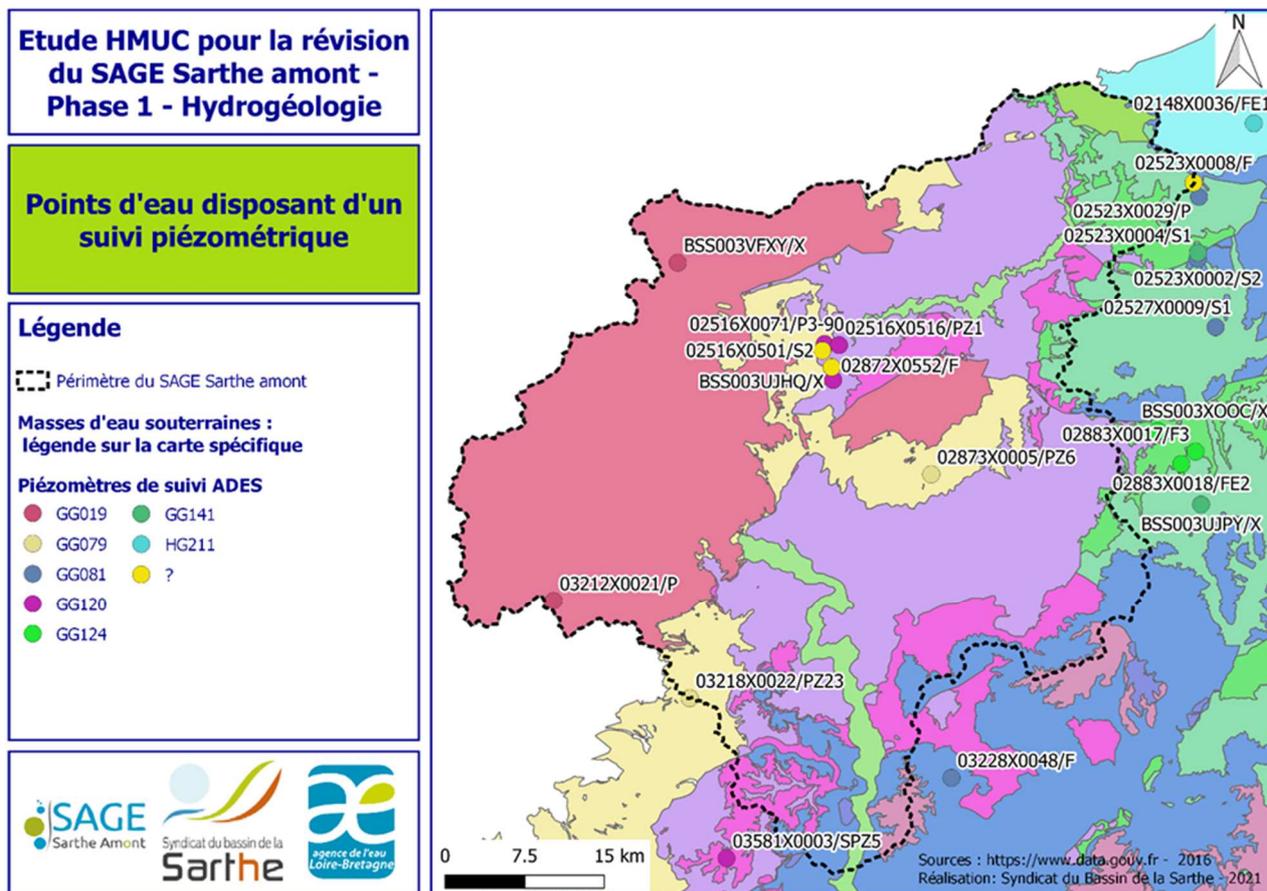


Figure 46 : Localisation des points de suivis piézométriques (Source : ADES)

Tableau 22 : Points de suivis piézométriques ADES

Ancien code BSS	Nouveau code BSS	Masse d'eau captée
02523X0008/F	BSS000TTJM	?
02516X0501/S2	BSS000TTED	
BSS003UJHQ/X	BSS003UJHQ	
BSS003VFXY/X	BSS003VFXY	GG019
03212X0021/P	BSS000XWUY	GG079
02873X0005/PZ6	BSS000VXLF	
03218X0022/PZ23	BSS000XXGK	
02527X0009/S1	BSS000TTNK	GG081
02523X0002/S2	BSS000TTJF	
02523X0029/P	BSS000TTKJ	

Phase 1 | Objectif 1 : Appréhender le fonctionnement des différents cours d'eau et nappes souterraines du périmètre du SAGE

Etude sur la gestion quantitative des ressources en eau du bassin Sarthe amont et élaboration de programmes d'actions dans le cadre de la révision du SAGE

Ancien code BSS	Nouveau code BSS	Masse d'eau captée
03228X0048/F	BSS000XXVC	
02872X0552/F	BSS000VXKY	GG120
02516X0516/PZ1	02516X0516/PZ1	
02516X0071/P3-90	BSS000TTBM	
03581X0003/SPZ5	BSS000ZTNH	
02883X0017/F3	BSS000VXYQ	GG124
BSS003XOOC/X	NUBSS003XOOCLL	
02883X0018/FE2	BSS000VXYR	
BSS003UJPY/X	BSS003UJPY	GG141
02523X0004/S1	BSS000TTJH	
02148X0036/FE1	BSS000RFGE	HG211

5.2.2 Analyse des chroniques piézométriques

5.2.2.1 Aquifères du socle

Les suivis piézométriques des points captant la « masse d'eau FRGG019 » sont présentés sur la Figure 47.

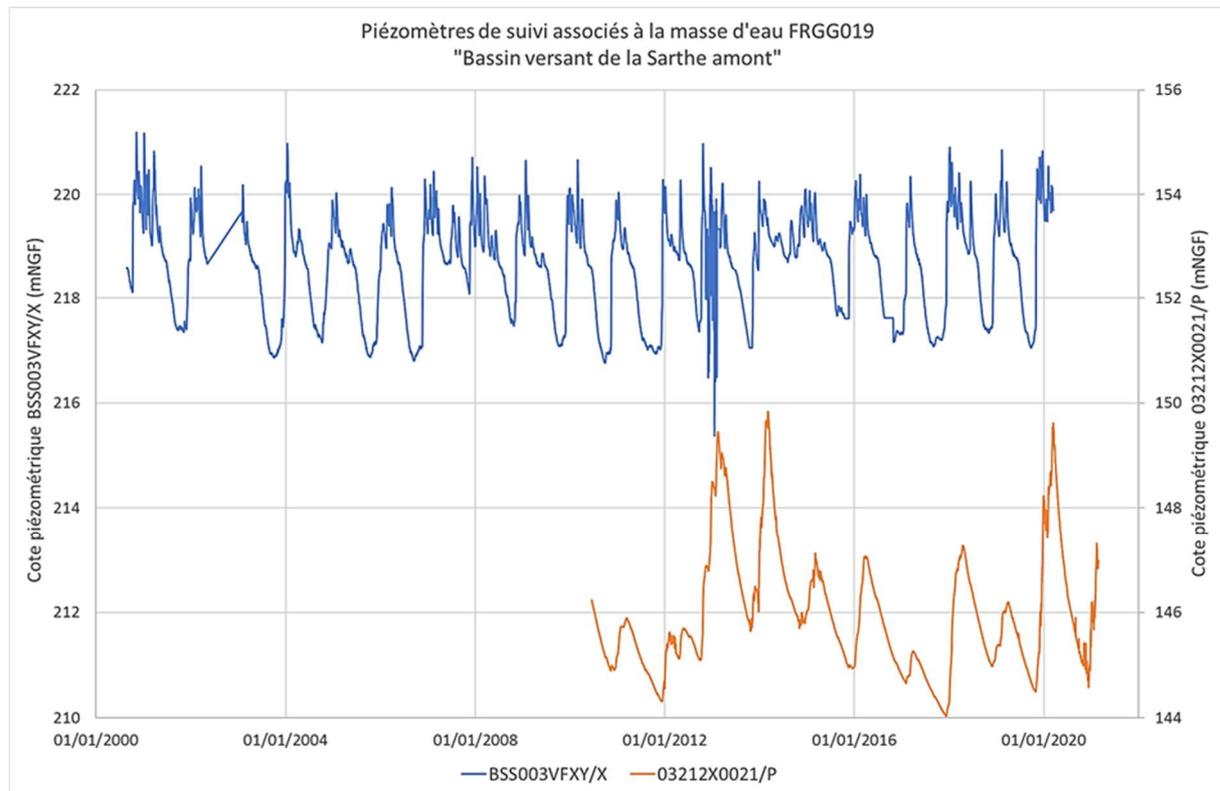


Figure 47 : Chroniques piézométriques des points de suivi associés à la masse d'eau FRGG019 (source : ADES)

Ces deux points présentent des cycles annuels marqués par une **période de hautes eaux vers les mois de décembre-avril** et une **période de basses eaux vers les mois de septembre-novembre voire décembre**. Ces cycles sont caractérisés par une **fluctuation piézométrique de plusieurs mètres**, avec une **recharge rapide entre les basses eaux et les hautes eaux**.

Pour rappel, **la productivité des aquifères de socle est étroitement liée à la présence et à l'épaisseur des altérites et au degré de fracturation des niveaux sous-jacents**.

Le point 03212X0021/P est situé à Saint Pierre sur Orthe. Il capte les calcaires et schistes du Cambrien. Globalement la rivière draine la nappe sauf à certains endroits où une déconnection apparente peut être observée.

5.2.2.2 Nappe du Dogger (Jurassique)

Les suivis piézométriques des points captant la « **masse d'eau FRGG079** » sont présentés sur la Figure 48.

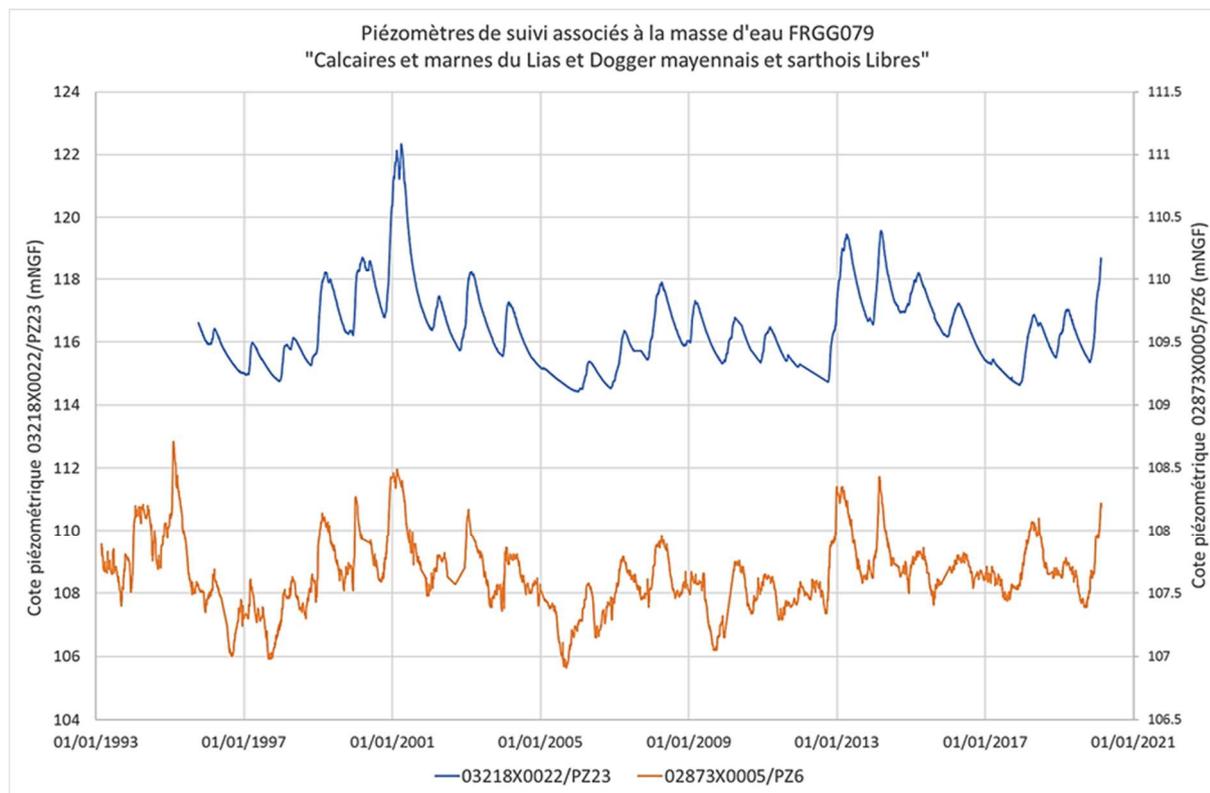


Figure 48 : Chroniques piézométriques des points de suivi associés à la masse d'eau FRGG079 (source : ADES)

Ces chroniques mettent en évidence, pour la masse d'eau « **Calcaires et Marnes du Lias et Dogger mayennais et sarthois libres** » :

- Un cycle annuel de hautes-eaux (vers février – mars – avril) et basses eaux (entre octobre et janvier environ) avec des fluctuations piézométriques de l'ordre d'un demi-mètre à deux mètres en moyenne, parfois plus importantes.
- Un cycle pluriannuel de six à huit ans de vidange / remplissage marqués par une amplitude piézométrique pouvant atteindre jusqu'à 7 mètres environ.

Les suivis piézométriques des points captant la masse d'eau FRGG120 « **Calcaires du Lias et Dogger mayennais et sarthois captifs** » sont présentés sur la Figure 49.

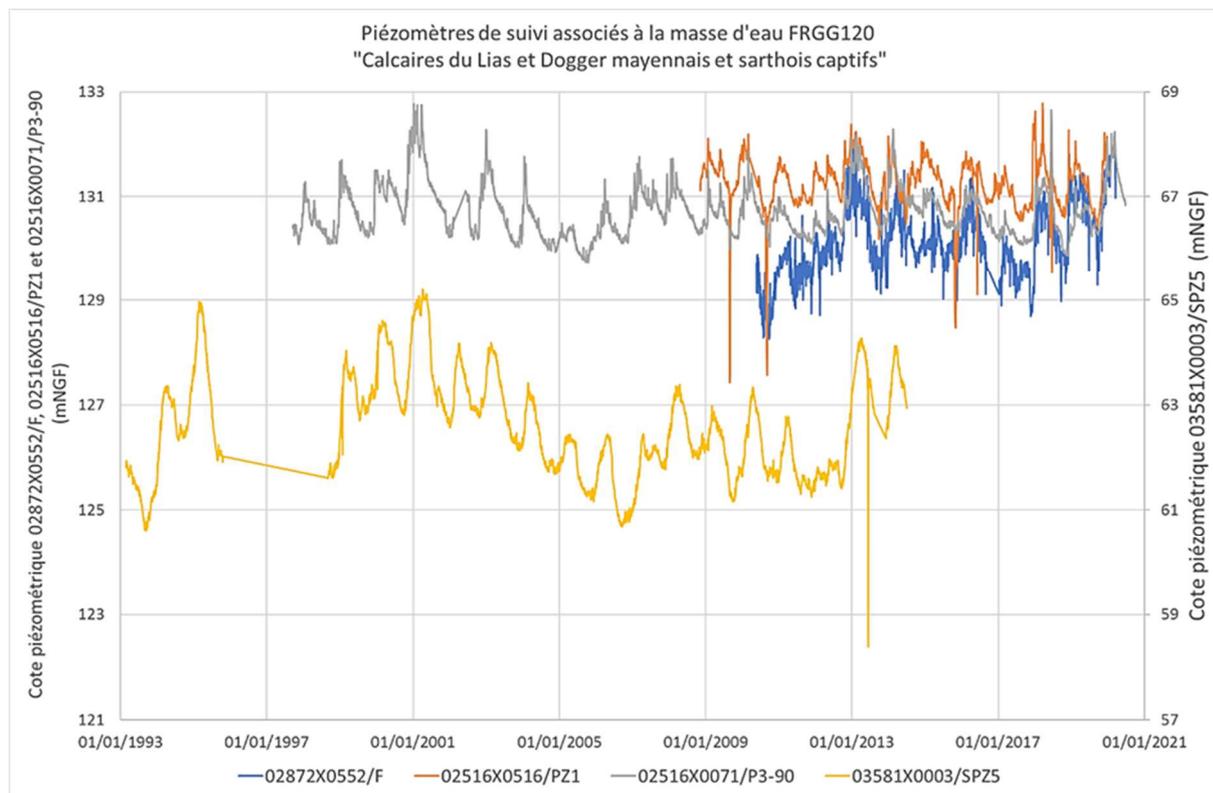


Figure 49 : Chroniques piézométriques des points de suivi associés à la masse d'eau FRGG120 (source : ADES)

Ces chroniques présentent, pour la masse d'eau « Calcaires du Lias et Dogger mayennais et sarthois captifs », des cycles annuels marqués par une **période de hautes eaux vers les mois de décembre-mars** et une **période de basses eaux vers les mois d'octobre-novembre voire décembre**. Ces cycles sont caractérisés par une **fluctuation piézométrique d'un à deux mètres, avec une recharge rapide entre les basses eaux et les hautes eaux et une vidange plus lente**.

Le piézomètre 03581X0003/SPZ5, qui présente des niveaux plus bas, se situe au sud du bassin versant de la Sarthe amont, à l'extérieur de celui-ci, alors que les trois autres piézomètres se situent géographiquement plus proches les uns des autres, à l'intérieur du bassin versant (cf Figure 46).

5.2.2.3 Nappe des calcaires de l'Oxfordien (Jurassique)

Les suivis piézométriques des points captant la « masse d'eau FRGG124 » sont présentés sur la Figure 33.

Phase 1 | Objectif 1 : Appréhender le fonctionnement des différents cours d'eau et nappes souterraines du périmètre du SAGE

Etude sur la gestion quantitative des ressources en eau du bassin Sarthe amont et élaboration de programmes d'actions dans le cadre de la révision du SAGE

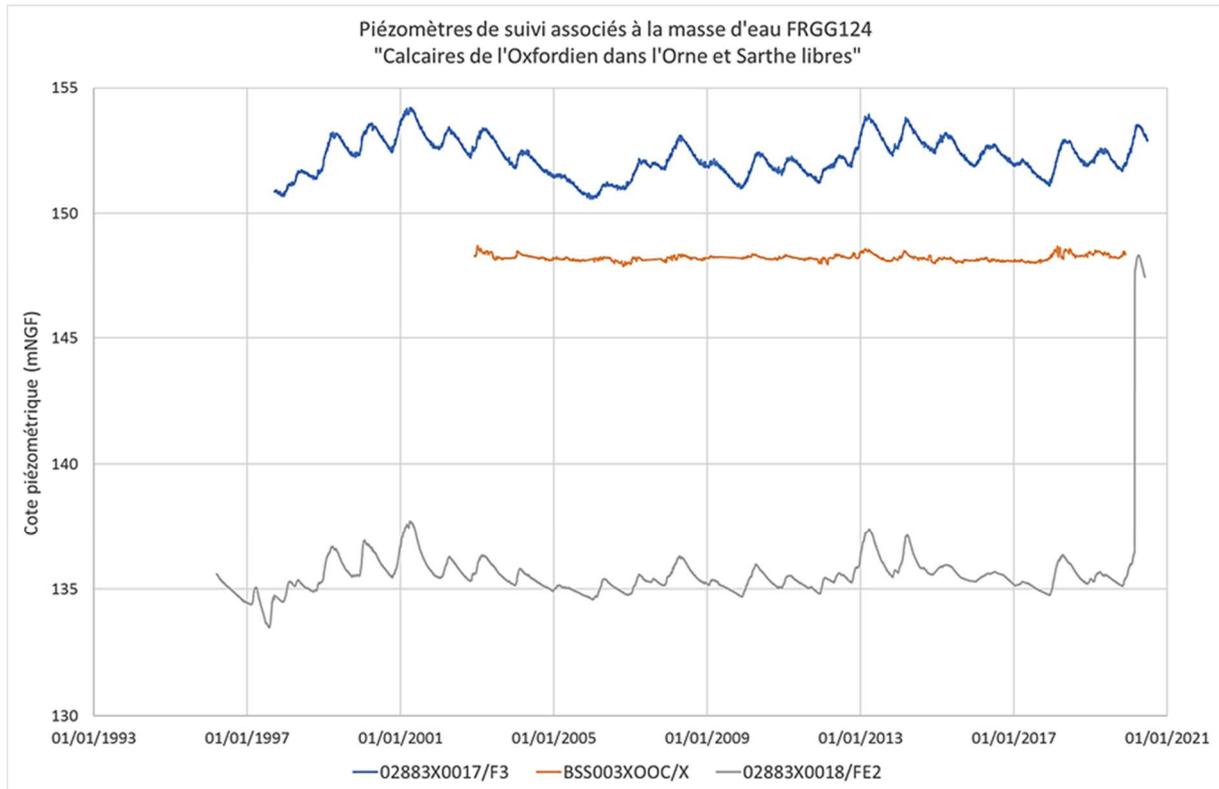


Figure 50 : Chroniques piézométriques des points de suivi associés à la masse d'eau FRGG124 (source : ADES)

Ces chroniques présentent, pour la masse d'eau « Calcaires de l'Oxfordien dans l'Orne et Sarthe libres », des cycles annuels marqués par une **période de hautes eaux vers les mois de mars-mai** et une **période de basses eaux vers les mois d'octobre-décembre**. Ces cycles sont caractérisés par une **fluctuation piézométrique d'un à deux mètres**.

Des cycles pluriannuels de 5 à 7 ans et d'amplitude piézométrique pouvant atteindre 3,5 mètres semblent également être mis en évidence.

Les fluctuations sont moins importantes sur le piézomètre BSS003XOOC/X, qui présente des fluctuations de quelques dizaines de centimètres maximum. Ces fluctuations moins importantes **peuvent être dues à un colmatage de l'ouvrage**.

Les suivis piézométriques des points captant la masse d'eau **FRGG141 « Calcaires de l'Oxfordien dans l'Orne et Sarthe captifs »** sont présentés sur Figure 51.

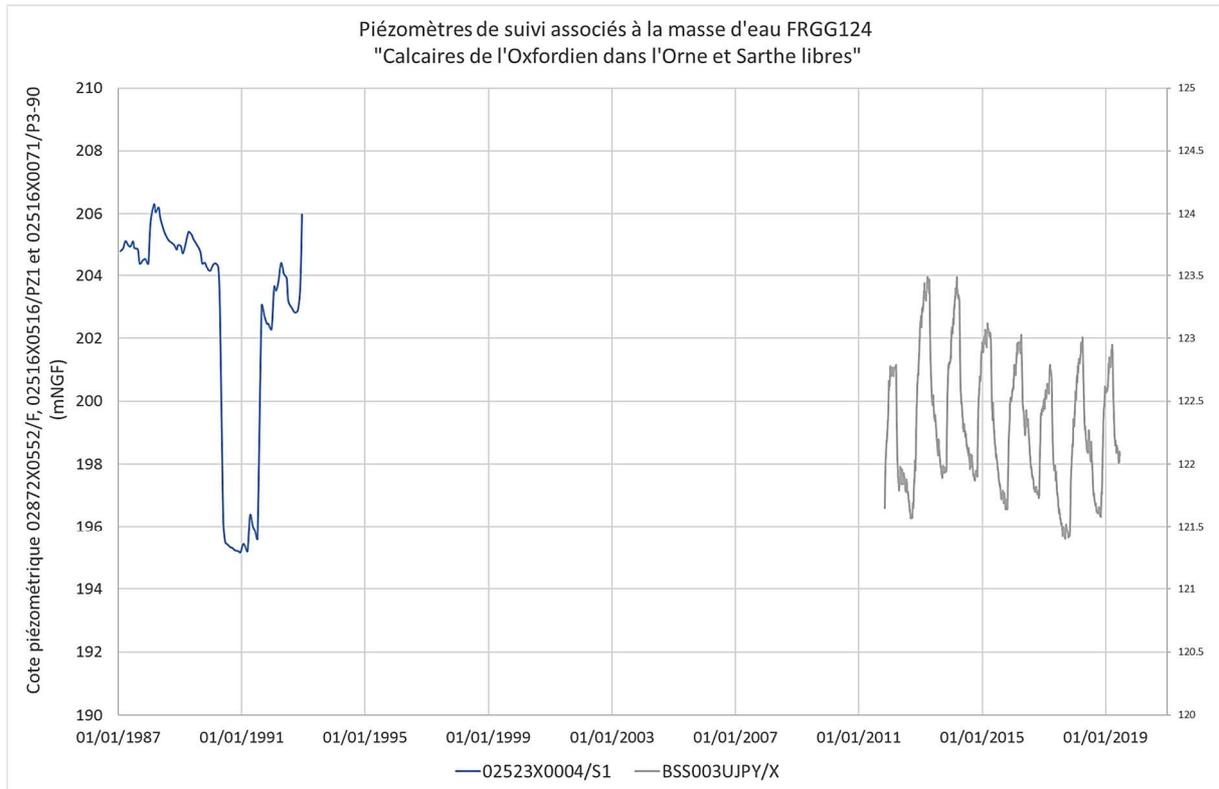


Figure 51 : Chroniques piézométriques des points de suivi associés à la masse d'eau FRGG141 (source : ADES)

La chronique du piézomètre 02523X0004/S1 est trop courte et semble impactée par un prélèvement, elle ne peut pas être analysée.

La chronique du piézomètre BSS003UJPY/X présente des cycles annuels marqués par une **période de hautes eaux vers les mois de mars-avril** et une **période de basses eaux vers le mois d'octobre**. Ces cycles sont caractérisés par une **fluctuation piézométrique de l'ordre d'1,5 mètre**.

5.2.2.4 Nappe des sables du Cénomanién

Les suivis piézométriques des points captant la masse d'eau FRGG081 « Sables et grès du Cénomanién sarthois libres et captifs » sont présentés sur la Figure 52.

Phase 1 | Objectif 1 : Appréhender le fonctionnement des différents cours d'eau et nappes souterraines du périmètre du SAGE

Etude sur la gestion quantitative des ressources en eau du bassin Sarthe amont et élaboration de programmes d'actions dans le cadre de la révision du SAGE

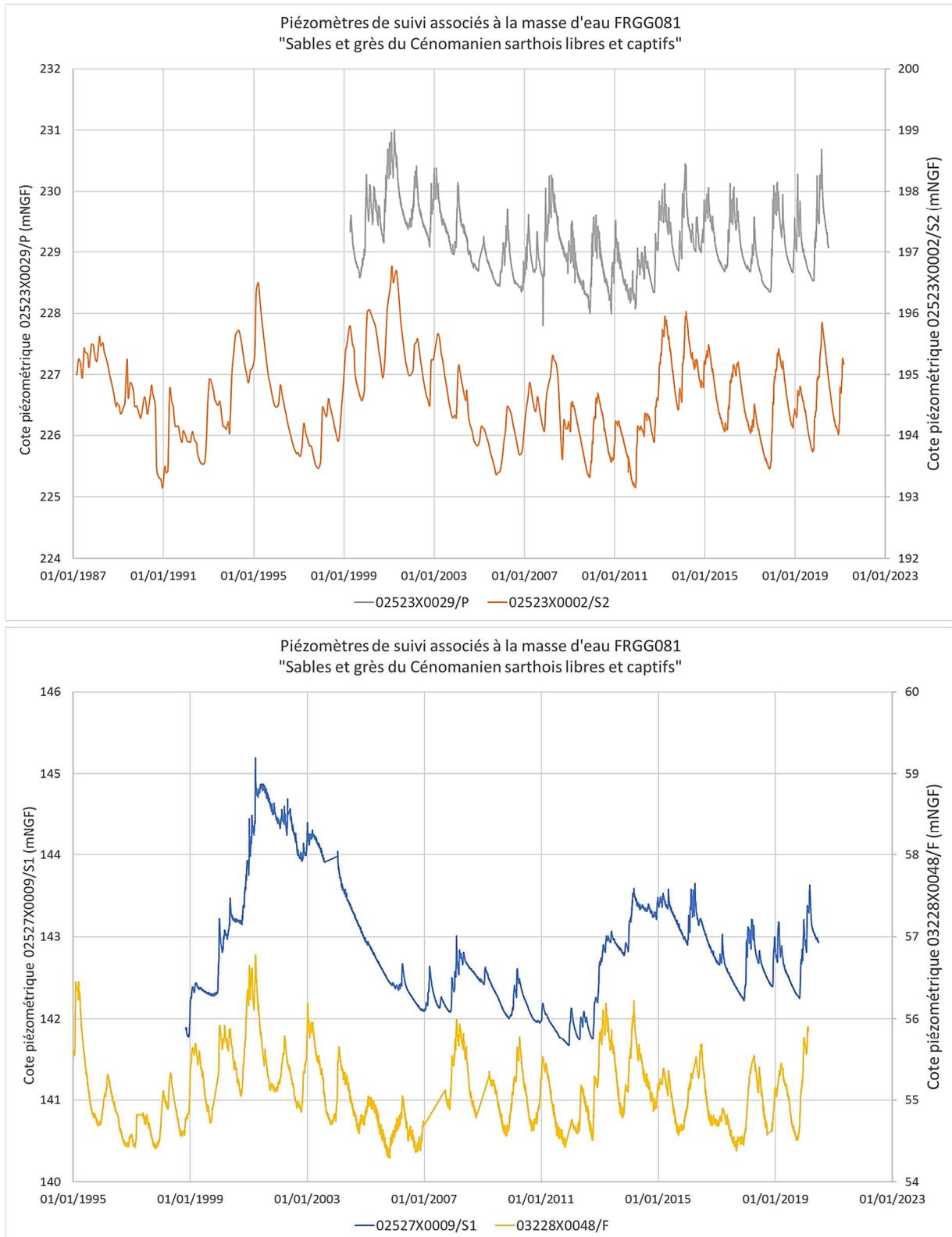


Figure 52 : Chroniques piézométriques des points de suivi associés à la masse d'eau FRGG081 (source : ADES)

Ces chroniques mettent en évidence, pour la masse d'eau « **Sables et grès du Cénomaniens sarthois libres et captifs** » :

- Un cycle annuel de hautes-eaux (vers février – mars – avril) et basses eaux (entre septembre et janvier environ) avec des fluctuations piézométriques de l'ordre d'un à deux mètres en moyenne.
- Un cycle pluriannuel de six à sept ans de vidange / remplissage marqués par une amplitude piézométrique pouvant atteindre 3 mètres environ.

5.3 Relation nappes/rivières

5.3.1 Description générale des échanges nappes/rivières

L'étude du contexte géologique et hydrogéologique du bassin versant de la Sarthe amont met en évidence **une relation nappe-rivière importante notamment pour les aquifères du Jurassique et du Crétacé**. En effet, **les étiages sont soutenus par les formations aquifères traversées par les cours d'eau**.

5.3.2 Quantification de la contribution des nappes

Les 9 stations hydrométriques disponibles sur le secteur d'étude pour quantifier la contribution des nappes sont présentées sur la Figure 46.

Le débit d'une rivière est constitué de **deux composantes principales** : une part provenant des **ruissellements** issus des précipitations, une autre **d'origine souterraine** correspondant à l'alimentation par les eaux souterraines :

- ▷ La première composante est caractérisée d'écoulement rapide : la répercussion d'une forte pluie se fera rapidement ressentir sur le débit du cours d'eau.
- ▷ La deuxième correspond quant à elle à un écoulement lent correspondant à la contribution de l'écoulement souterrain. **Cette alimentation d'origine souterraine est qualifiée de débit de base**. La Figure 53 illustre cette partition et la détermination du **BaseFlow (débit de base)**.

Les chroniques de débits des stations hydrométriques du territoire d'étude ont été traitées à l'aide du **filtre numérique développé par Chapman**, qui permet la séparation de l'hydrogramme en ces deux composantes :

1. la composante associée aux basses fréquences correspondant à **l'écoulement lent (flux d'infiltration)**. ;
2. la composante associée aux hautes fréquences correspondant à **l'écoulement rapide (flux provenant du ruissellement)**.

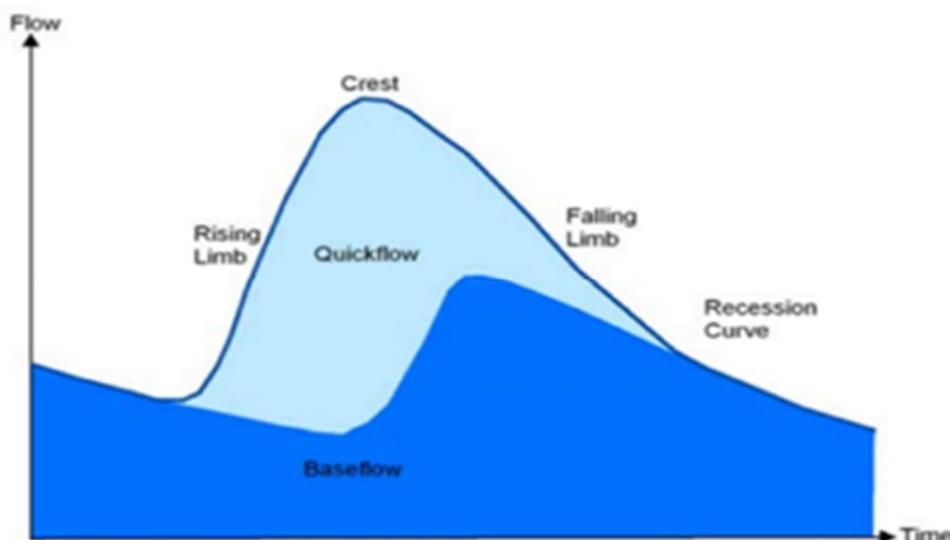


Figure 53 : Schéma conceptuel du filtre de Chapman

Cette technique de filtrage, développée par Chapman pour l'identification des composantes liées aux eaux souterraines dans les écoulements naturels, utilise un filtre numérique décrit par l'équation suivante :

$$Q_k = \frac{3\alpha - 1}{3 - \alpha} Q_{k-1} + \frac{1 - \alpha}{3 - \alpha} (Y_k + Y_{k-1})$$

Y_k : débit de la rivière au jour k

Q_k : débit de base au jour k

$\alpha = 0.925$

L'objectif d'un tel filtre est, à partir du signal d'entrée, c'est-à-dire le débit mesuré au cours d'eau, de filtrer les hautes fréquences considérées comme correspondant aux fluctuations liées directement au ruissellement pour ne laisser passer que les basses-fréquences, considérées comme correspondant à l'écoulement de base.

La décomposition de l'hydrogramme de débit de 2 stations, sur la période 2017-2019, est présentée ci-après.

Le rapport entre le débit de base et le débit total, « Base Flow Index », est révélateur de l'existence de stocks d'eau plus ou moins importants. Cet indicateur varie entre 0 et 100 %. **Plus il est élevé, plus la contribution des stocks d'eau est importante.** Sur un bassin pluvial, un BFI proche de 100% est donc révélateur d'une forte composante souterraine sur les débits du cours d'eau. Ce calcul de détermination de débit de base permet d'estimer l'ordre de grandeur de la participation de la nappe au débit de cours d'eau sur une période donnée : moyenne du Base Flow Index sur cette période. Au vu de la complexité du signal d'entrée et des paramètres considérés, la valeur estimée ne doit pas être considérée comme une valeur réelle absolue. De plus, la période choisie pour l'application du filtre est susceptible d'impacter les résultats (périodes très pluvieuses ou au contraire sécheresses marquées). La longueur des chroniques disponibles est relativement faible ce qui ne permet pas d'apprécier la variabilité pluriannuelle de la contribution.

Les graphiques suivants présentent le débit total (courbe bleue), le débit de base (courbe orange) et le BFI (courbe grise) de 3 stations hydrométriques. Le BFI et sa décomposition par groupe de débit est présentée dans le graphique en haut à droite de chaque figure.

Phase 1 | Objectif 1 : Appréhender le fonctionnement des différents cours d'eau et nappes souterraines du périmètre du SAGE

Etude sur la gestion quantitative des ressources en eau du bassin Sarthe amont et élaboration de programmes d'actions dans le cadre de la révision du SAGE

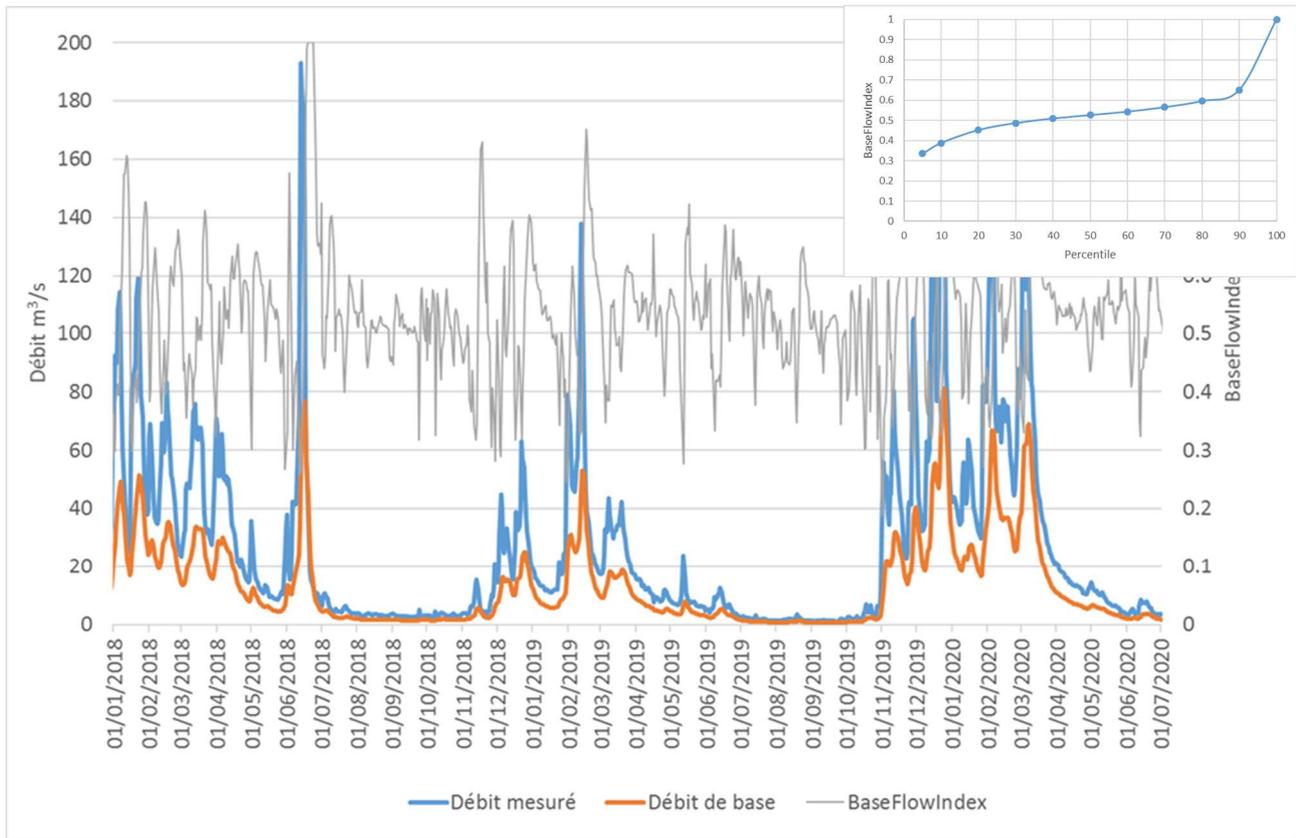


Figure 54 : Résultats de la décomposition de l'hydrogramme de débit de la station n°M0250610 – La Sarthe à Neuville-sur-Sarthe [Montreuil]

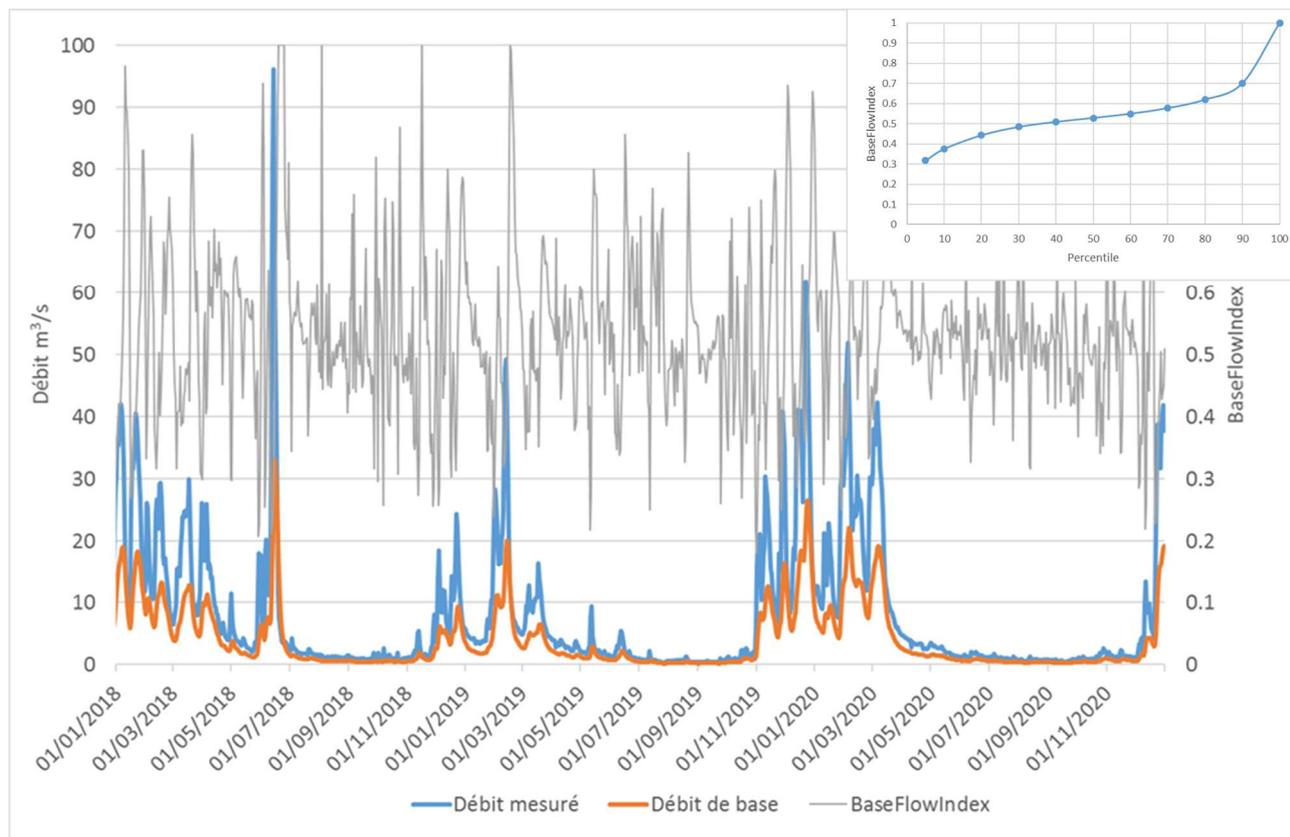


Figure 55 : Résultats de la décomposition de l'hydrogramme de débit de la station n°M0050620– La Sarthe à Saint-Céneri-le-Gérei [Moulin du Désert]

L'approche consiste à étudier les valeurs de percentiles des débits de base « BaseFlowIndex » évalués sur la période couverte pour permettre d'observer l'évolution de la contribution de la nappe dans le temps.

Le BFI des dix premiers percentiles correspond au BFI moyen des 10 % des valeurs les plus faibles. Les percentiles 20, 50 et 80 ont été extraits afin de comparer les stations entre elles. Pour chaque station, la période de mesure couverte est indiquée.

Tableau 23 : Estimation de la médiane et des percentiles 20 et 80 des valeurs de « BaseFlowIndex » pour les principales stations

N°Station	Dénomination	Période couverte	Valeur du percentile		
			50	20	80
M0250610	LA SARTHE A NEUVILLE-SUR-SARTHE [MONTREUIL]	01/01/1973 – 31/12/2020	0,53	0,45	0,60
M0050620	LA SARTHE à SAINT-CENERI-LE-GEREI [MOULIN DU DESERT]	01/01/1979 – 31/12/2020	0,53	0,44	0,62
M0243010	L'ORNÉ SAOSNOISE à MONTBIZOT [MOULIN NEUF CIDRERIE]	08/11/1967 – 31/12/2020	0,53	0,45	0,60
M0153010	LA BIENNE à THOIRE-SOUS-CONTENSOR	10/10/1991 – 31/12/2020	0,55	0,45	0,64
M0124010	LA VAUELLE à SAINT-GEORGES-LE-GAULTIER	07/10/1992 – 31/12/2020	0,55	0,45	0,63

Phase 1 | Objectif 1 : Appréhender le fonctionnement des différents cours d'eau et nappes souterraines du périmètre du SAGE

Etude sur la gestion quantitative des ressources en eau du bassin Sarthe amont et élaboration de programmes d'actions dans le cadre de la révision du SAGE

N°Station	Dénomination	Période couverte	Valeur du percentile		
			50	20	80
M0014110	L'HOENE à LA MESNIERE [LA FOUELRIE]	12/10/1979 – 31/12/2020	0,53	0,47	0,61
M0134010	L'ORTHE à DOUILLET [LE JOLY]	23/11/1995 – 31/12/2020	0,54	0,46	0,61
M0114910	LE MERDEREAU à SAINT-PAUL-LE-GAULTIER [CHIANTIN]	13/12/1984 – 31/12/2020	0,58	0,45	0,67
M0104010	L'ORNETTE à SAINT-PIERRE-DES-NIDS [LARRAY]	15/10/1992 – 31/12/2020	0,65	0,42	0,85

Les résultats sur les stations présentées ci-dessus conduisent aux constats suivants :

- D'une manière générale, on constate que les percentiles 50 montre un BFI moyen proche de 0,53 ce qui tend à indiquer que **la contribution des nappes est importante pour toutes les principales stations** du secteur d'étude ;
- Globalement, les stations semblent présenter des amplitudes de BFI intermédiaires avec des valeurs allant entre 0,42 à 0,85 des percentiles 20 et 80.

Les résultats de décomposition des hydrogrammes de débits aux autres stations hydrométriques que celles de la Sarthe à Saint-Céneri-Le-Gérei et à Neuville-Sur-Sarthe sont présentés en annexe.

6 CONCLUSION ET SUITE DE L'ETUDE

Les grands bassins versants réglementaires issus de l'étude 2015 sont peu sensibles en période d'étiage.

Pourtant, des arrêtés sécheresse sont pris fréquemment sur le SAGE Sarthe amont, et le nombre de cours d'eau concernés par ces arrêtés n'a cessé d'augmenter sur les 3 dernières années (2017 à 2019). Ce qui rend compte que **les usages ne sont pas toujours satisfaits actuellement** avec les ressources disponibles sur le territoire. En parallèle, l'analyse de l'évolution des débits, des pluies et de l'évapotranspiration sur **les vingt dernières années laisse craindre une aggravation de la non-satisfaction des usages pour le futur proche.**

L'analyse des évolutions des débits des cours d'eau montrent une baisse de ceux-ci sur les mois estivaux durant la dernière décennie. Bien que ces diminutions demeurent faibles et que l'on constate très peu d'évolution des débits d'étiage, **le constat est plus alarmant concernant l'évolution des pluies et du phénomène d'évapotranspiration.** En effet, la baisse de la pluviométrie sur les mois de juillet, octobre et novembre couplée à une forte augmentation de l'ETP sur les mois estivaux **aggrave le déficit pluviométrique actuel sur le territoire.**

Les résultats sont différents sur les bassins versants nouvellement intégrés à l'étude de gestion quantitative. Bien que les bassins de l'Hoëne et de l'Orthe ne semblent pas concernés par une vulnérabilité quelconque en période d'étiage, **le Merdereau est sensible et l'Ornette est caractérisée par une sensibilité critique en période d'étiage.** Les évolutions des variables hydroclimatiques, explicitées au paragraphe précédent, laisse présager **une augmentation de leur sensibilité pour les premiers et une aggravation des tensions quantitatives actuelles déjà sévères sur le bassin de l'Ornette.**

Les nouvelles observations des écoulements effectuées par l'OFB sur les sept dernières années confortent les résultats du diagnostic sur l'ensemble du territoire : **de nombreux cours d'eau présentent une faible sensibilité en période d'étiage.** Cependant, on remarque une **augmentation des fréquences d'observations d'écoulements faibles et pas visibles à toutes les stations de mesure du territoire,** signe de tensions quantitatives à venir.

L'analyse et les observations hydrologiques effectuées sur 2000-2020 ne sont pas alarmantes mais l'évolution des paramètres hydro climatiques et de la fréquence des observations d'anomalies sur les écoulements entre les deux périodes 2000-2011 et 2012-2020 constituent des signes précurseurs de l'apparition de tensions quantitatives sur le territoire. Ces dernières rendront plus difficile la satisfaction des usages et l'atteinte du bon état écologique des masses d'eau superficielles.

La diversité des formations géologiques favorise la présence de différents types d'aquifères. Ces derniers se décomposent en 12 masses d'eau souterraine DCE sur le territoire, dont certaines sont indiquées dans le SDAGE Loire-Bretagne 2016-2021 comme les nappes faisant partie de celles « à réserver dans le futur à l'alimentation en eau potable, inscrites au registre des zones protégées ». Une partie des aquifères du territoire sont classées en zones de répartition des eaux (ZRE), destinées à permettre une meilleure maîtrise de la demande en eau. D'autre part, la connectivité nappe-rivière est importante sur le territoire : elle diminue la sensibilité de cours d'eau en période d'étiage, mais augmente la vulnérabilité de certaines nappes aux pollutions.

Le bassin versant de la Sarthe amont se situe à la limite entre le massif armoricain (partie Ouest du bassin versant), socle de l'ère primaire, et le bassin parisien (partie Est et Sud du bassin versant), où affleurent les

Phase 1 | Objectif 1 : Appréhender le fonctionnement des différents cours d'eau et nappes souterraines du périmètre du SAGE



Etude sur la gestion quantitative des ressources en eau du bassin Sarthe amont et élaboration de programmes d'actions dans le cadre de la révision du SAGE

terrains du Crétacé, constitués de Craie Cénomaniennne, de Sables du Perche et de Craie Turonienne, et reposant sur le terrain du Jurassique, constitués de marnes et calcaire marneux du Callovien - Oxfordien.

Ces formations sédimentaires du bassin parisien reposent en discordance sur celles du massif armoricain.

La nature des roches formant le socle Armoricaïn (roches métamorphiques peu perméables) favorise une réponse rapide à la pluviométrie (débits importants en période hivernale – faibles débits d'été). **Le contexte hydrogéologique de ces formations ne permet pas l'existence de grands aquifères.** Dans les terrains de socle, la productivité des aquifères est étroitement liée à la présence d'altérites et au degré de fracturation des niveaux sous-jacents.

Parmi les formations géologiques sédimentaires du bassin parisien, plusieurs constituent des aquifères d'importance. Ainsi, **les niveaux sablo-graveleux de la base du Cénomanienn (Crétacé supérieur) constituent l'aquifère le plus intéressant du département pour la ressource en eaux souterraines.** Les variations piézométriques de l'aquifère sont d'amplitude faible (2 à 3 mètres), avec parfois une tendance pluriannuelle peu marquée.

Les dépôts alluvionnaires récents de la vallée de la Sarthe renferment une nappe alluvionnaire, très productive mais sensible aux pollutions.

La nappe de la Craie est drainée par les cours d'eau et est en continuité avec les nappes alluviales. Les fluctuations saisonnières et interannuelles sont importantes. Des phénomènes karstiques peuvent se développer localement.

Deux nappes circulent dans les formations calcaires jurassiques, la nappe du Dogger (Bajocienn-Bathonien.) et la nappe du Malm (Oxfordien). Elles sont individualisées par les niveaux marneux imperméables calloviens. L'écoulement de ces deux nappes s'effectue du Nord-Est vers le Sud-Ouest. **Lorsqu'elles se trouvent en position captive celles-ci présentent une très forte productivité.** L'amplitude de battements de ces nappes est faible, pluri-métrique sans variations interannuelles notables compte-tenu d'un important drainage par les cours d'eau qui les traversent.

Ainsi, l'analyse des caractéristiques du fonctionnement hydrogéologique des cours d'eau et des nappes souterraines du périmètre du SAGE Sarthe amont permet d'appréhender le niveau de tension quantitative actuelle sur la ressource en eau et d'identifier les facteurs possiblement à l'origine de ces pressions. Par ailleurs, cette analyse constitue une première étape dans la préparation des chroniques de données hydrologiques et climatiques qui serviront à l'élaboration de la modélisation hydrologique future.

7 GLOSSAIRE

Les définitions présentées ci-dessous proviennent des sites <http://www.glossaire-eau.fr/glossaire>, <https://www.sandre.eaufrance.fr/>, <http://www.hydro.eaufrance.fr/glossaire.php> et du SDAGE Loire-Bretagne 2016-2021.

- ❖ **Affluent** : Se dit d'un cours d'eau qui rejoint un autre cours d'eau, généralement plus important, en un lieu appelé confluence ;
- ❖ **Amont** : Partie d'un cours d'eau qui, par rapport à un point donné, se situe entre ce point et sa source ;
- ❖ **Aquifère** : Formation géologique, continue ou discontinue, contenant de façon temporaire ou permanente de l'eau mobilisable, constituée de roches perméables (formation poreuses, karstiques ou fissurées) et capable de la restituer naturellement ou par exploitation (drainage, pompage, ...) ;
- ❖ **Assec** : Assèchement temporaire d'un cours d'eau ou d'un tronçon de cours d'eau ou d'un plan d'eau ;
- ❖ **Aval** : Partie d'un cours d'eau qui, par rapport à un point donné, se situe après ce point, dans le sens de l'écoulement de l'eau ;
- ❖ **Banque hydro** (<http://www.hydro.eaufrance.fr/>) : Service français d'accès à des données hydrologiques fournies par des services de l'Etat (Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement - DREAL, Voies navigables de France - VNF) et d'autres producteurs ;
- ❖ **Basses eaux** : Cf. §2 Définitions préalables ;
- ❖ **Bassin versant** : Surface d'alimentation d'un cours d'eau ou d'un plan d'eau. Le bassin versant se définit comme l'aire de collecte des eaux, considérée à partir d'un exutoire : elle est limitée par le contour à l'intérieur duquel toutes les eaux s'écoulent en surface et en souterrain vers cet exutoire. Ses limites sont les lignes de partage des eaux. ;
- ❖ **Courbe de tarage** : Courbe décrivant la relation expérimentale entre les hauteurs d'eau et les débits correspondants d'un cours d'eau ou d'un canal, établie à partir de mesures de vitesses à travers une section de référence ;
- ❖ **Débit** : Volume d'eau qui traverse une section transversale d'un cours d'eau dans un laps de temps déterminé. Les débits des cours d'eau sont exprimés en m³/s ou, pour les petits cours d'eau, en l/s ;
- ❖ **Débit caractéristique d'étiage** : Cf. §2 Définitions préalables ;
- ❖ **Débit d'alerte renforcée** : Débit intermédiaire entre le débit seuil d'alerte et le débit d'étiage de crise, permettant d'introduire des mesures de restriction progressives des usages. Ce débit d'alerte renforcée est défini de manière à laisser un délai suffisant avant le passage du seuil de crise, pour la mise en place de mesures effectives ;
- ❖ **Débit Objectif d'Etiage (DOE)** : Les DOE (débits d'objectif d'étiage) sont les débits « permettant de satisfaire l'ensemble des usages en moyenne huit années sur dix et d'atteindre le bon état des eaux ». Le Glossaire sur l'eau apporte les précisions suivantes : Valeur de débit moyen mensuel au point nodal (point clé de gestion) au-dessus de laquelle, il est considéré qu'à l'aval du point nodal, l'ensemble des usages (activités, prélèvements, rejet...) est en équilibre avec le bon fonctionnement du milieu aquatique. C'est un objectif structurel, arrêté dans les SDAGE, SAGE et documents équivalents, qui prend en compte le développement des usages à un certain horizon. Il peut être affecté d'une marge de tolérance et modulé dans l'année en fonction du régime (saisonnalité). L'objectif DOE est atteint par la maîtrise des autorisations de prélèvements en amont, par la mobilisation de ressources nouvelles et des programmes d'économies d'eau portant sur l'amont et aussi par un meilleur fonctionnement de l'hydrosystème ;

- ❖ **Débit seuil d'alerte (DSA)** : Valeur "seuil" de débit d'étiage qui déclenche les premières mesures de restriction pour certaines activités. Ces mesures sont prises à l'initiative de l'autorité préfectorale, en liaison avec une cellule de crise et conformément à un plan de crise. En dessous de ce seuil, l'une des fonctions (ou activités) est compromise. Pour rétablir partiellement cette fonction, il faut donc en limiter temporairement une autre : prélèvement ou rejet (premières mesures de restrictions). En cas d'aggravation de la situation, des mesures de restrictions supplémentaires sont progressivement mises en œuvre pour éviter de descendre en dessous du débit de crise (DCR) ;
- ❖ **Débit de crise (DCR)** : Le DCR (débit de crise) est le débit moyen journalier en dessous duquel seules les exigences de la santé, de la salubrité publique, de la sécurité publique et de l'alimentation en eau de la population et les besoins des milieux naturels peuvent être satisfaits. À ce niveau, toutes les mesures de restriction des prélèvements et des rejets doivent donc avoir été mises en œuvre ;
- ❖ **Débit mensuel quinquennal sec** : Cf. §2 Définitions préalables ;
- ❖ **Débit spécifique** : Débit par unité de superficie de bassin versant exprimé généralement en litres/seconde/km². Permet la comparaison entre des cours d'eau sur des bassins versants différents ;
- ❖ **Désinfluencée (hydrologie)** : L'hydrologie désinfluencée englobe l'ensemble des processus hydrologiques qui auraient lieu en l'absence d'actions anthropiques de prélèvements et de rejets d'eau dans le milieu naturel ;
- ❖ **Etiage** : Cf. §2 Définitions préalables ;
- ❖ **Evapotranspiration** : Emission de la vapeur d'eau résultant de deux phénomènes : l'évaporation, qui est un phénomène purement physique, et la transpiration des plantes. La recharge des nappes phréatiques par les précipitations tombant en période d'activité du couvert végétal peut être limitée. En effet, la majorité de l'eau est évapotranspirée par la végétation. Elle englobe la perte en eau due au climat, les pertes provenant de l'évaporation du sol et de la transpiration des plantes ;
- ❖ **Exutoire** : En hydrologie on utilise ce terme pour désigner l'issue (ou l'une des issues) d'un système physique (élémentaire ou complexe) traversé par un fluide en mouvement ;
- ❖ **Hautes eaux** : La période des hautes eaux correspond (dans le cadre de la présente étude) à la période où le débit du cours d'eau est supérieur à son module ;
- ❖ **Influencée (hydrologie)** : L'hydrologie influencée englobe l'ensemble des processus hydrologiques qui ont lieu en présence d'actions anthropiques de prélèvements et de rejets d'eau dans le milieu naturel. Il s'agit des processus hydrologiques ayant réellement lieu ;
- ❖ **Isohyète** : Une isohyète est, sur une carte météorologique, une ligne reliant des points d'égale quantité de précipitations tombées en une période déterminée ;
- ❖ **Masse d'eau souterraine** : La Directive Cadre sur l'Eau (DCE-2000/60/CE) introduit la notion de « masses d'eaux souterraines » qu'elle définit comme « un volume distinct d'eau souterraine à l'intérieur d'un ou de plusieurs aquifères ». La délimitation des masses d'eaux souterraines est fondée sur des critères hydrogéologiques, puis éventuellement sur la considération de pressions anthropiques importantes. Ces masses d'eau sont caractérisées par six types de fonctionnement hydraulique, leur état (libre/captif) et d'autres attributs. Une masse d'eau correspond d'une façon générale sur le district hydrographique à une zone d'extension régionale représentant un aquifère ou regroupant plusieurs aquifères en communication hydraulique, de taille importante ;
- ❖ **Masse d'eau superficielle** : Il s'agit d'un découpage élémentaire des milieux aquatiques destinée à être l'unité d'évaluation de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE-2000/60/CE). Une masse d'eau de surface est une partie distincte et significative des eaux de surface, telles qu'un lac, un réservoir, une rivière, un fleuve ou

un canal, une partie de rivière, de fleuve ou de canal, une eau de transition ou une portion d'eaux côtières. Pour les cours d'eau, la délimitation des masses d'eau est basée principalement sur la taille du cours d'eau et la notion d'hydro-écorégion ;

- ❖ **Modèle hydrologique (ou pluie/débit)** : Outil numérique de représentation de la relation pluie-débit à l'échelle d'un bassin versant. Il permet de transformer des séries temporelles décrivant le climat d'un bassin versant donné (séries de précipitations et de températures par exemple, séries qui sont les entrées du modèle hydrologique) en une série de débits (sortie du modèle hydrologique) ;
- ❖ **Module** : Cf. §2 Définitions préalables ;
- ❖ **Nappe souterraine** : Ensemble de l'eau contenue dans une fraction perméable de la croûte terrestre totalement imbibée, conséquence de l'infiltration de l'eau dans les moindres interstices du sous-sol et de son accumulation au-dessus d'une couche imperméable ;
- ❖ **Nappe captive** : Volume d'eau souterraine généralement à une pression supérieure à la pression atmosphérique car isolée de la surface du sol par une formation géologique imperméable. Une nappe peut présenter une partie libre et une partie captive. Les nappes captives sont souvent profondes, voire très profondes (1000 m et plus) ;
- ❖ **Nappe libre** : Volume d'eau souterraine dont la surface est libre, c'est-à-dire à la pression atmosphérique. La surface d'une nappe libre fluctue donc sans contrainte. Ces nappes sont souvent peu profondes ;
- ❖ **Nappe d'accompagnement** : Nappe d'eau souterraine voisine d'un cours d'eau dont les propriétés hydrauliques sont très liées à celles du cours d'eau. L'exploitation d'une telle nappe induit une diminution du débit d'étiage du cours d'eau, soit parce que la nappe apporte moins d'eau au cours d'eau, soit parce que le cours d'eau se met à alimenter la nappe ;
- ❖ **Piézométrie** : Hauteur du niveau d'eau dans le sol. Elle est exprimée soit par rapport au sol en m, soit par rapport à l'altitude zéro du niveau de la mer en m NGF (Nivellement Général Français). La surface de la nappe correspond au niveau piézométrique ;
- ❖ **QMNA** : Cf. §2 Définitions préalables ;
- ❖ **QMNA5** : Cf. §2 Définitions préalables ;
- ❖ **Recharge de nappe ou d'aquifère** : La réalimentation des aquifères ou infiltration résulte naturellement d'un processus hydrologique par lequel les eaux de surface percolent à travers le sol et s'accumulent sur le premier horizon imperméable rencontré ;
- ❖ **Socle** : Les domaines de « socle » en géologie concernent les régions constituées d'un ensemble rocheux induré, composé de roches cristallines, plutoniques (granite, roches basiques...) et de celles résultant du métamorphisme de roches sédimentaires (gneiss, schistes, micaschistes...) ;
- ❖ **Station hydrologique ou hydrométrique** : Une station hydrologique, également appelée station hydrométrique, sert à l'observation d'un ou de plusieurs éléments déterminés en vue de l'étude de phénomènes hydrologiques. Dans le cadre de la présente étude, l'élément concerné est le débit ;
- ❖ **Station limnimétrique** : Un limnimètre ou station limnimétrique est un équipement qui permet l'enregistrement et la transmission de la mesure de la hauteur d'eau (en un point donné) dans un cours d'eau. Les hauteurs sont souvent exprimées soit en mètres, soit en centimètres ;
- ❖ **Stationnarité** : Une des grandes questions dans l'étude de séries temporelles (ou chronologiques) est de savoir si celles-ci suivent un processus stationnaire. On entend par là le fait que la structure du processus sous-jacent supposé évolue ou non avec le temps. Si la structure reste la même, le processus est dit alors stationnaire ;

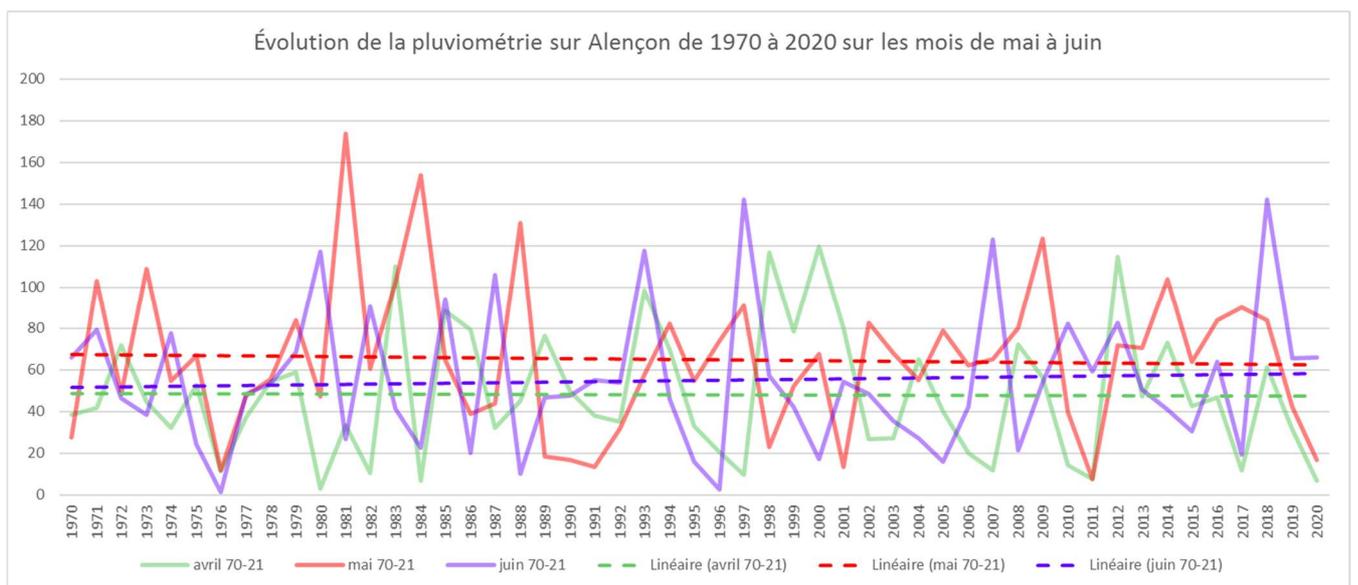
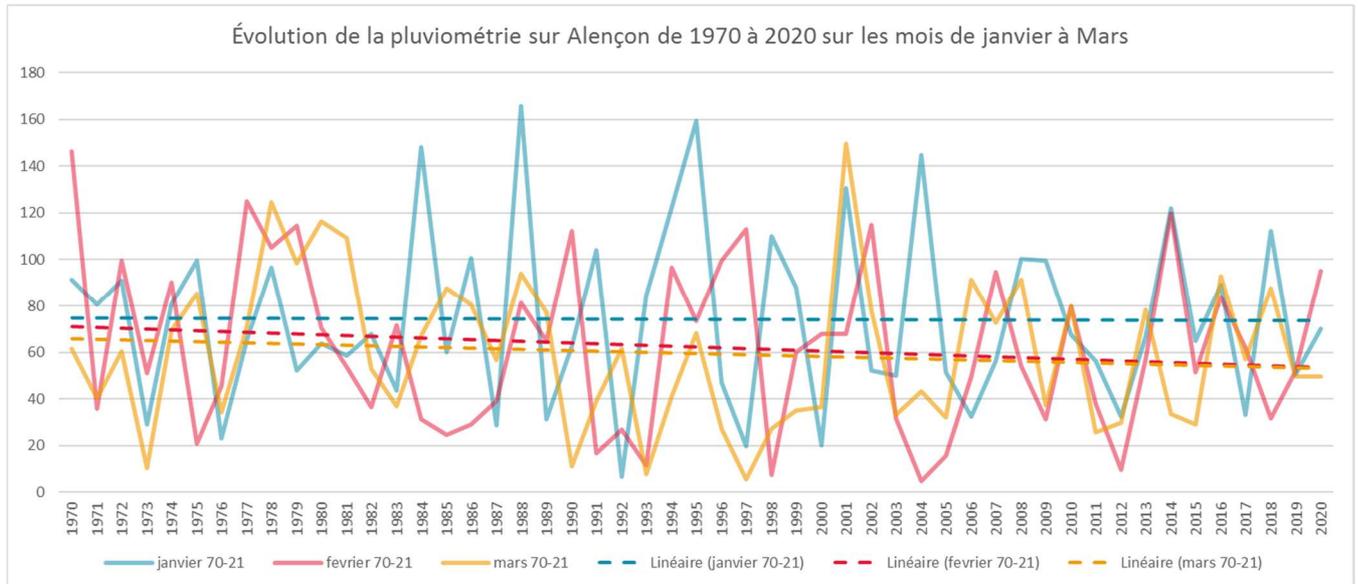
Phase 1 | Objectif 1 : Appréhender le fonctionnement des différents cours d'eau et nappes souterraines du périmètre du SAGE

Etude sur la gestion quantitative des ressources en eau du bassin Sarthe amont et élaboration de programmes d'actions dans le cadre de la révision du SAGE

- ❖ **Surévaporation** : La surévaporation désigne la portion de la quantité d'eau évaporée par un plan d'eau artificiel qui n'aurait pas été évaporée si ce plan d'eau n'existait pas ;
- ❖ **Tension de vapeur** : La pression de vapeur saturante est la pression à laquelle la phase gazeuse d'une substance est en équilibre avec sa phase liquide ou solide à une température donnée dans un système fermé ;
- ❖ **Unité de gestion** : Dans le cadre de cette étude, une unité de gestion désigne une zone géographique dont les délimitations sont hydrologiquement cohérentes, au sein de laquelle des caractéristiques spécifiques ont été identifiées, du point de vue de l'hydrologie, des milieux, des usages et du climat ;
- ❖ **VCNd** : Cf. §2 Définitions préalables ;
- ❖ **Volume prélevable** : le volume prélevable est le volume que le milieu est capable de fournir dans des conditions écologiques satisfaisantes, pour satisfaire tous les usages ;
- ❖ **Zone de répartition des eaux** : Zone comprenant les bassins, sous-bassins, fractions de sous-bassins hydrographiques et systèmes aquifères définis dans le décret du 29 avril 1994. Les zones de répartition des eaux (ZRE) sont des zones où est constatée une insuffisance, autre qu'exceptionnelle, des ressources par rapport aux besoins. Elles sont définies afin de faciliter la conciliation des intérêts des différents utilisateurs de l'eau. Les seuils d'autorisation et de déclaration du décret nomenclature y sont plus contraignants. Dans chaque département concerné, la liste de communes incluses dans une zone de répartition des eaux est constatée par arrêté préfectoral.

8 ANNEXES

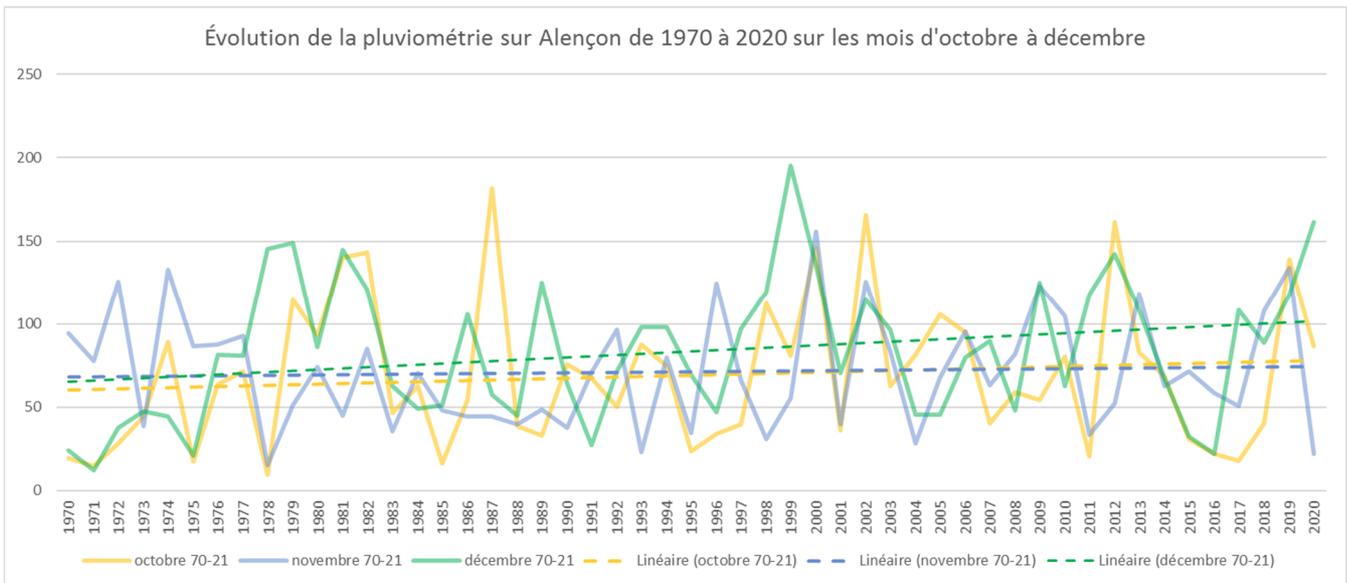
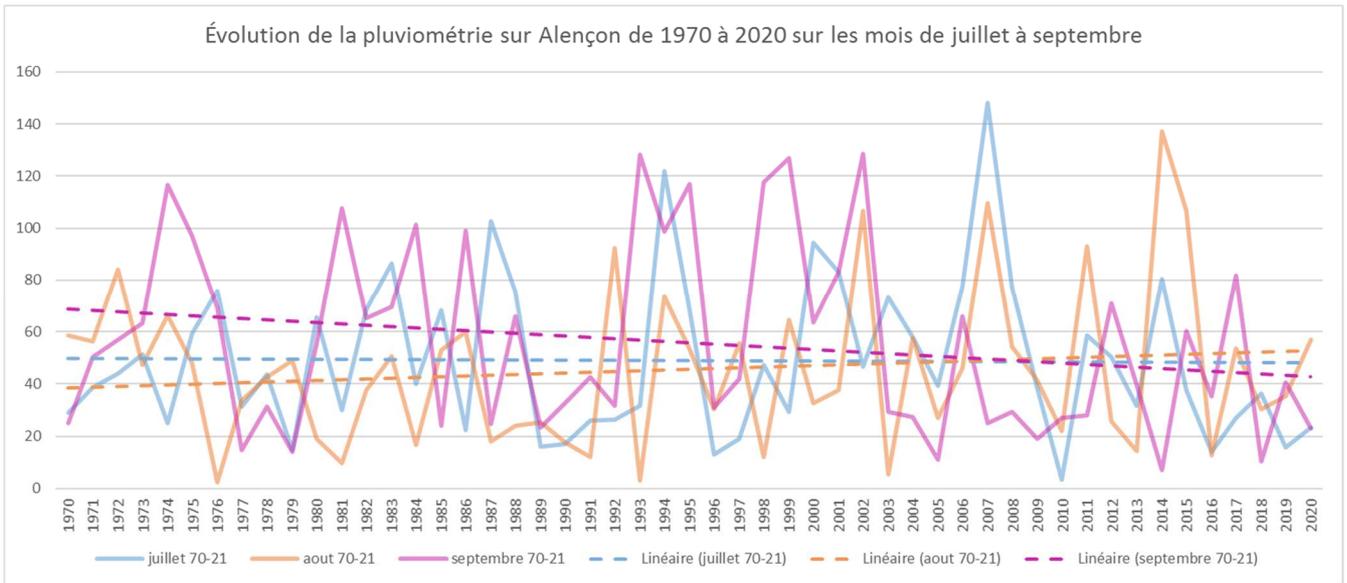
8.1 Annexe 1 : Graphiques des évolutions du cumul mensuel des pluviométries sur 60 ans à la station de Alençon (n°61001001)



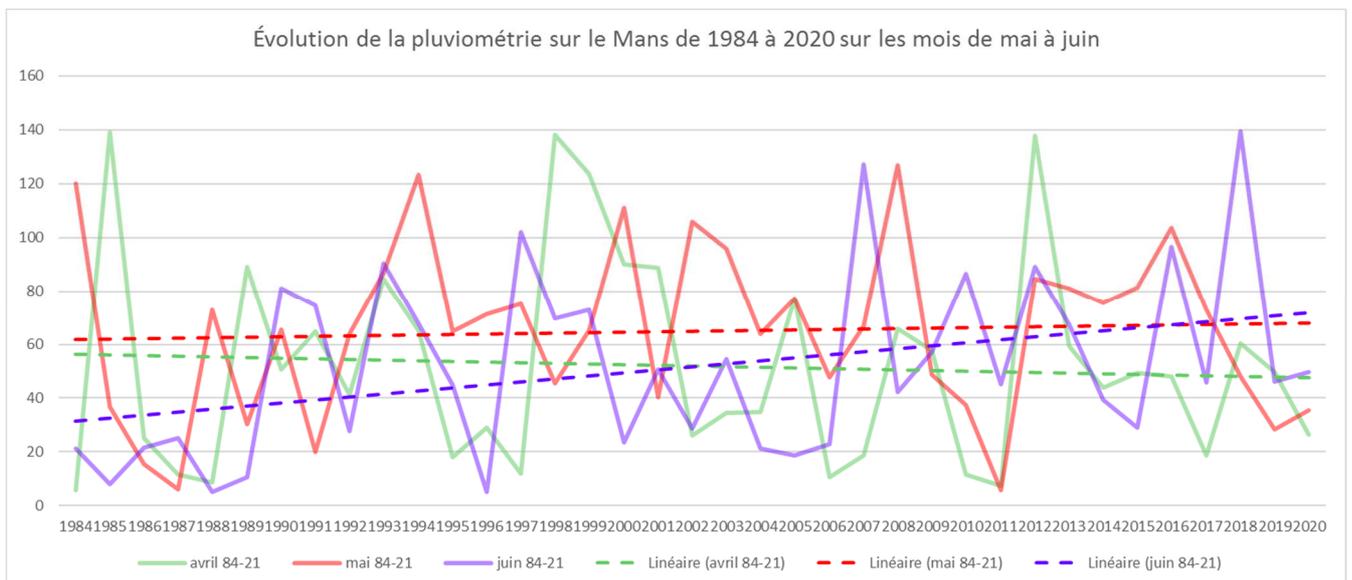
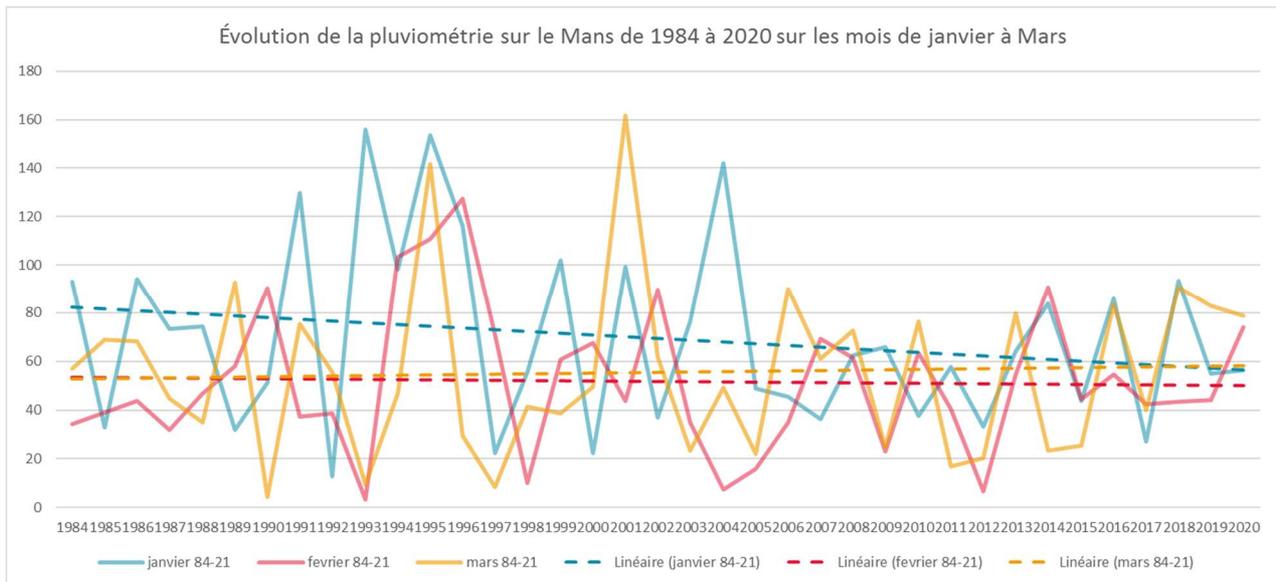
Phase 1 | Objectif 1 : Appréhender le fonctionnement des différents cours d'eau et nappes souterraines du périmètre du SAGE



Etude sur la gestion quantitative des ressources en eau du bassin Sarthe amont et élaboration de programmes d'actions dans le cadre de la révision du SAGE



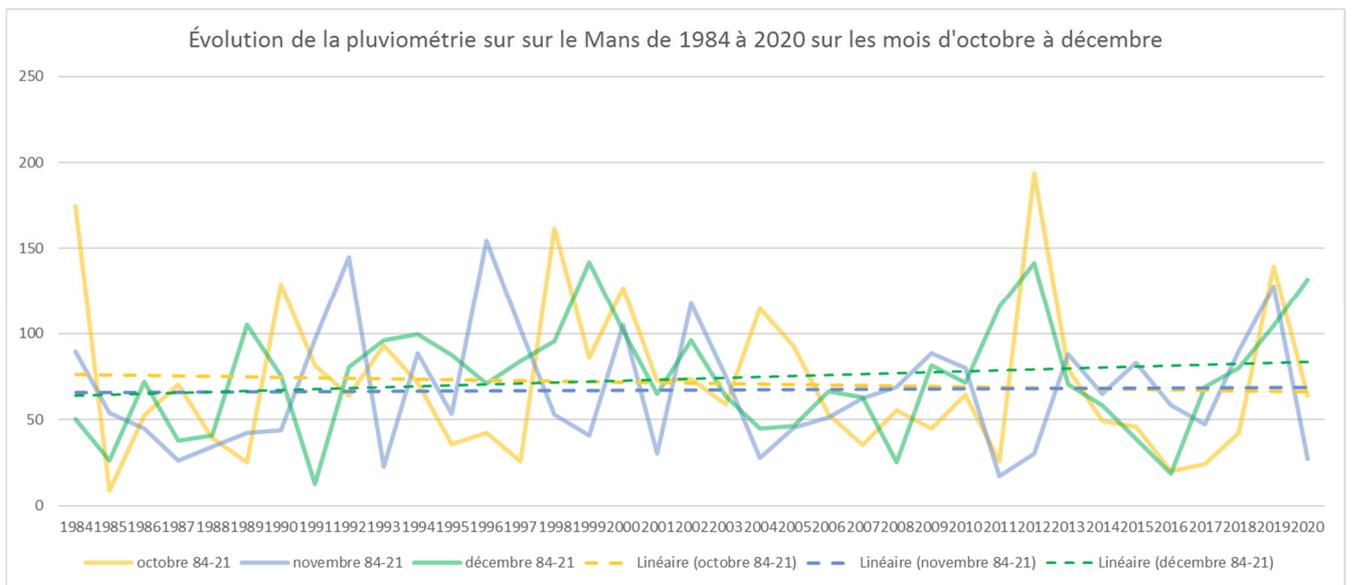
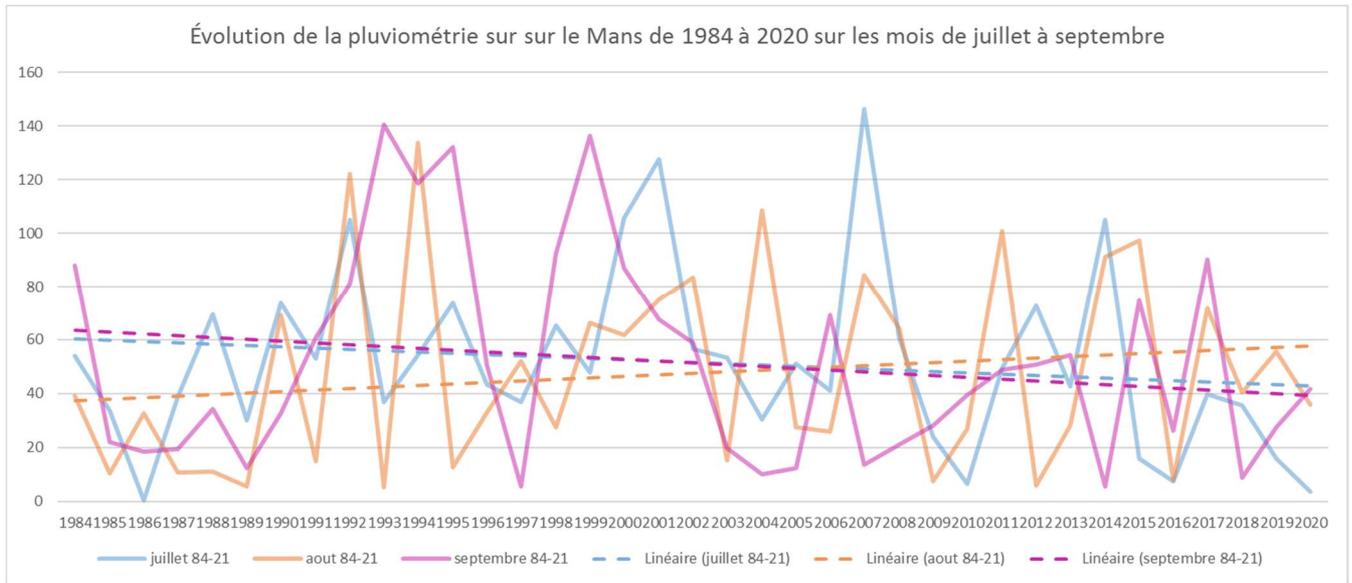
8.1 Annexe 2 : Graphiques des évolutions du cumul mensuel des pluviométries sur 36 ans à la station Le Mans (n°72181001)



Phase 1 | Objectif 1 : Appréhender le fonctionnement des différents cours d'eau et nappes souterraines du périmètre du SAGE



Etude sur la gestion quantitative des ressources en eau du bassin Sarthe amont et élaboration de programmes d'actions dans le cadre de la révision du SAGE



8.2 Annexe 3 : Indicateurs de la qualité des mesures de débits aux stations hydrométriques des unités de gestion

La Sarthe à Saint-Céneri-Le-Gérei [Moulin du Désert] - M0050620

Tableau 24 : Indicateurs de la qualité des mesures de débits à la station hydrométrique la Sarthe à Saint-Céneri-Le-Gérei (Sources : Banque Hydro)

Année	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
Débit												
Hauteur		XXX		XXX	XXX		XXX				XXX	

Année	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Débit												
Hauteur			XXX									

Année	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Débit												
Hauteur												

Année	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Débit								XXX
Hauteur								

Légende : (les années incomplètes sont représentées par des **XXX**)

Débits :				
 : absents	 : validés douteux	 : provisoires	 : validés bons	 : invalidés
Hauteurs :				
 : absentes	 : disponibles			

Phase 1 | Objectif 1 : Appréhender le fonctionnement des différents cours d'eau et nappes souterraines du périmètre du SAGE



Etude sur la gestion quantitative des ressources en eau du bassin Sarthe amont et élaboration de programmes d'actions dans le cadre de la révision du SAGE

La Vaudelle à Saint-Georges-le-Gaultier – M0124010

Tableau 25 : Indicateurs de la qualité des mesures de débits à la station hydrométrique la Vaudelle à Saint-Georges-le-Gaultier (Sources : Banque Hydro)

Année	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Débit	XXX											
Hauteur												

Année	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Débit												
Hauteur												

Année	2016	2017	2018	2019	2020
Débit					XXX
Hauteur					

Légende : (les années incomplètes sont représentées par des XXX)

Débits :									
<input type="checkbox"/>	: absents	<input type="checkbox"/>	: validés douteux	<input type="checkbox"/>	: provisoires	<input type="checkbox"/>	: validés bons	<input type="checkbox"/>	: invalidés
Hauteurs :									
<input type="checkbox"/>	: absentes	<input type="checkbox"/>	: disponibles						

La Bienne à Thoiré-sous-Contensor – M0153010

Tableau 26 : Indicateurs de la qualité des mesures de débits à la station hydrométrique la Bienne à Thoiré-sous-Contensor (Sources : Banque Hydro)

Année	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Débit	XXX											
Hauteur												

Année	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Débit												
Hauteur												

Année	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Débit						XXX
Hauteur						

Légende : (les années incomplètes sont représentées par des XXX)

Débits :									
<input type="checkbox"/>	: absents	<input type="checkbox"/>	: validés douteux	<input type="checkbox"/>	: provisoires	<input type="checkbox"/>	: validés bons	<input type="checkbox"/>	: invalidés
Hauteurs :									
<input type="checkbox"/>	: absentes	<input type="checkbox"/>	: disponibles						

Phase 1 | Objectif 1 : Appréhender le fonctionnement des différents cours d'eau et nappes souterraines du périmètre du SAGE



Etude sur la gestion quantitative des ressources en eau du bassin Sarthe amont et élaboration de programmes d'actions dans le cadre de la révision du SAGE

L'Orne Saosnoise à Montbizot – M0243010

Tableau 27 : Indicateurs de la qualité des mesures de débits à la station hydrométrique l'Orne Saosnoise à Montbizot (Sources : Banque Hydro)

Année	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978
Débit	XXX											
Hauteur												

Année	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
Débit								XXX	XXX			
Hauteur									XXX			

Année	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Débit		XXX	XXX									
Hauteur												

Année	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Débit												
Hauteur				XXX			XXX		XXX			

Année	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Débit						XXX
Hauteur						

Légende : (les années incomplètes sont représentées par des **XXX**)

Débits :

□ : absents ■ : validés douteux ■ : provisoires ■ : validés bons ■ : invalidés

Hauteurs :

□ : absentes ■ : disponibles

Phase 1 | Objectif 1 : Appréhender le fonctionnement des différents cours d'eau et nappes souterraines du périmètre du SAGE



Etude sur la gestion quantitative des ressources en eau du bassin Sarthe amont et élaboration de programmes d'actions dans le cadre de la révision du SAGE

La Sarthe à Neuville sur Sarthe – M0250610

Tableau 28 : Indicateurs de la qualité des mesures de débits à la station hydrométrique la Sarthe à Neuville-sur-Sarthe (Sources : Banque Hydro)

Année	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
Débit												
Hauteur												

Année	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
Débit					XXX							
Hauteur											XXX	XXX

Année	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Débit												
Hauteur	XXX	XXX				XXX	XXX		XXX		XXX	XXX

Année	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Débit								XXX	XXX	XXX		XXX
Hauteur	XXX											

Légende : (les années incomplètes sont représentées par des XXX)

Débits :	
<input type="checkbox"/> : absents	<input type="checkbox"/> : validés douteux
<input type="checkbox"/> : absents	<input type="checkbox"/> : provisoires
<input type="checkbox"/> : absents	<input type="checkbox"/> : validés bons
<input type="checkbox"/> : absents	<input type="checkbox"/> : invalidés
Hauteurs :	
<input type="checkbox"/> : absentes	<input type="checkbox"/> : disponibles

Phase 1 | Objectif 1 : Appréhender le fonctionnement des différents cours d'eau et nappes souterraines du périmètre du SAGE



Etude sur la gestion quantitative des ressources en eau du bassin Sarthe amont et élaboration de programmes d'actions dans le cadre de la révision du SAGE

La Sarthe à Souillé – M0250620

Tableau 29 : Indicateurs de la qualité des mesures de débits à la station hydrométrique la Sarthe à Souillé (Sources : Banque Hydro)

Année	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Débit					XXX							
Hauteur		XXX		XXX	XXX		XXX		XXX	XXX		

Année	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Débit						XXX						
Hauteur		XXX			XXX	XXX	XXX	XXX				

Année	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Débit	XXX							
Hauteur								

Légende : (les années incomplètes sont représentées par des **XXX**)

Débits :	
<input type="checkbox"/> : absents	<input type="checkbox"/> : validés douteux
<input type="checkbox"/> : provisoires	<input type="checkbox"/> : validés bons
<input type="checkbox"/> : invalidés	
Hauteurs :	
<input type="checkbox"/> : absentes	<input type="checkbox"/> : disponibles

8.1 Annexe 4 : Indicateurs de la qualité des mesures de débits aux stations hydrométriques des sous unités de gestion

L'Hoëne à la Mesnière [La Foulerie] – M0014110

Tableau 30 : Indicateurs de la qualité des mesures de débits à la station hydrométrique l'Hoëne à la Mesnière (Sources : Banque Hydro)

Année	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
Débit	XXX											XXX
Hauteur												XXX

Année	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Débit							XXX					
Hauteur							XXX	XXX			XXX	

Année	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Débit		XXX	XXX						XXX		XXX	XXX
Hauteur											XXX	XXX

Année	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Débit	XXX	XXX				XXX
Hauteur	XXX	XXX				

Légende : (les années incomplètes sont représentées par des XXX)

Débits :									
<input type="checkbox"/>	: absents	<input type="checkbox"/>	: validés douteux	<input type="checkbox"/>	: provisoires	<input type="checkbox"/>	: validés bons	<input type="checkbox"/>	: invalidés
Hauteurs :									
<input type="checkbox"/>	: absentes	<input type="checkbox"/>	: disponibles						

Phase 1 | Objectif 1 : Appréhender le fonctionnement des différents cours d'eau et nappes souterraines du périmètre du SAGE



Etude sur la gestion quantitative des ressources en eau du bassin Sarthe amont et élaboration de programmes d'actions dans le cadre de la révision du SAGE

L'Ornette à Saint-Pierre-des-Nids [Larray] – M0104010

Tableau 31 : Indicateurs de la qualité des mesures de débits à la station hydrométrique l'Ornette à Saint-Pierre-des-Nids [Larray] (Sources : Banque Hydro)

Année	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Débit	XXX											
Hauteur	XXX											

Année	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Débit												
Hauteur												

Année	2016	2017	2018	2019	2020
Débit					XXX
Hauteur					

Légende : (les années incomplètes sont représentées par des **XXX**)

Débits :	<input type="checkbox"/> : absents	<input type="checkbox"/> : validés douteux	<input type="checkbox"/> : provisoires	<input type="checkbox"/> : validés bons	<input type="checkbox"/> : invalidés
Hauteurs :	<input type="checkbox"/> : absentes	<input type="checkbox"/> : disponibles			

Le Merdereau à Saint-Paul -le-Gaultier– M0124010

Tableau 32 : Indicateurs de la qualité des mesures de débits à la station hydrométrique le Merdereau à Saint-Paul -le-Gaultier (Sources : Banque Hydro)

Année	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
Débit	XXX											
Hauteur												

Année	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Débit												
Hauteur												

Année	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Débit												
Hauteur												

Année	2020
Débit	XXX
Hauteur	

Phase 1 | Objectif 1 : Appréhender le fonctionnement des différents cours d'eau et nappes souterraines du périmètre du SAGE



Etude sur la gestion quantitative des ressources en eau du bassin Sarthe amont et élaboration de programmes d'actions dans le cadre de la révision du SAGE

Légende : (les années incomplètes sont représentées par des **XXX**)

Débits :				
<input type="checkbox"/> : absents	<input type="checkbox"/> : validés douteux	<input type="checkbox"/> : provisoires	<input type="checkbox"/> : validés bons	<input type="checkbox"/> : invalidés
Hauteurs :				
<input type="checkbox"/> : absentes	<input type="checkbox"/> : disponibles			

L'Orthe à Douillet [Le Joly] – M0134010

Année	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Débit	XXX											
Hauteur												

Année	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Débit												
Hauteur												

Année	2019	2020
Débit		XXX
Hauteur		

Légende : (les années incomplètes sont représentées par des **XXX**)

Débits :				
<input type="checkbox"/> : absents	<input type="checkbox"/> : validés douteux	<input type="checkbox"/> : provisoires	<input type="checkbox"/> : validés bons	<input type="checkbox"/> : invalidés
Hauteurs :				
<input type="checkbox"/> : absentes	<input type="checkbox"/> : disponibles			

8.2 Annexe 5 : Contribution des nappes aux cours d'eau évaluée au droit des stations hydrométriques (Filtre de Chapman)

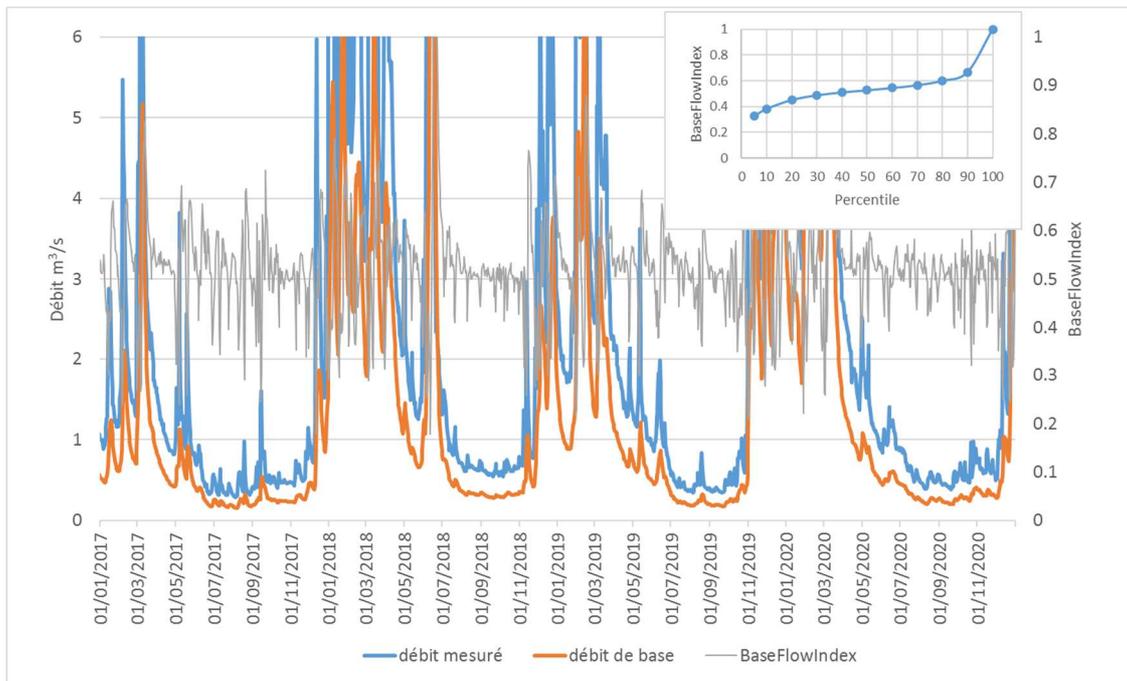


Figure 56: Résultats de la décomposition de l'hydrogramme de débit de la station de Montbizot (Moulin Neuf Cidrierie)

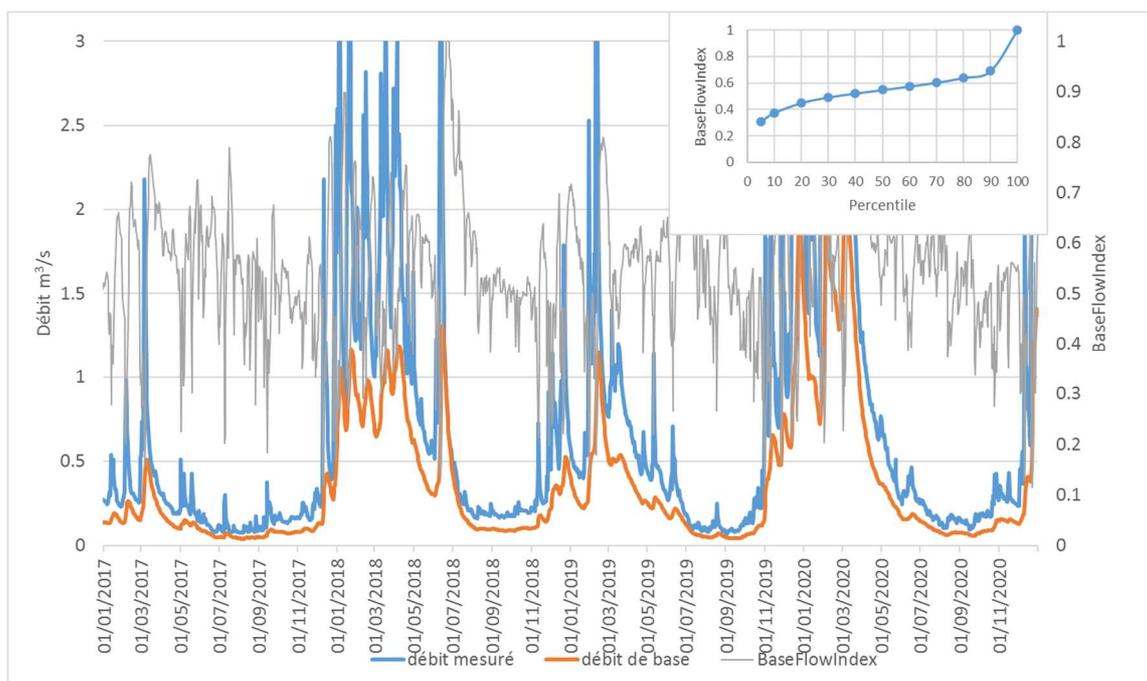


Figure 57: Résultats de la décomposition de l'hydrogramme de débit de la station de Thoiré-sous-Contensor.

Phase 1 | Objectif 1 : Appréhender le fonctionnement des différents cours d'eau et nappes souterraines du périmètre du SAGE



Etude sur la gestion quantitative des ressources en eau du bassin Sarthe amont et élaboration de programmes d'actions dans le cadre de la révision du SAGE

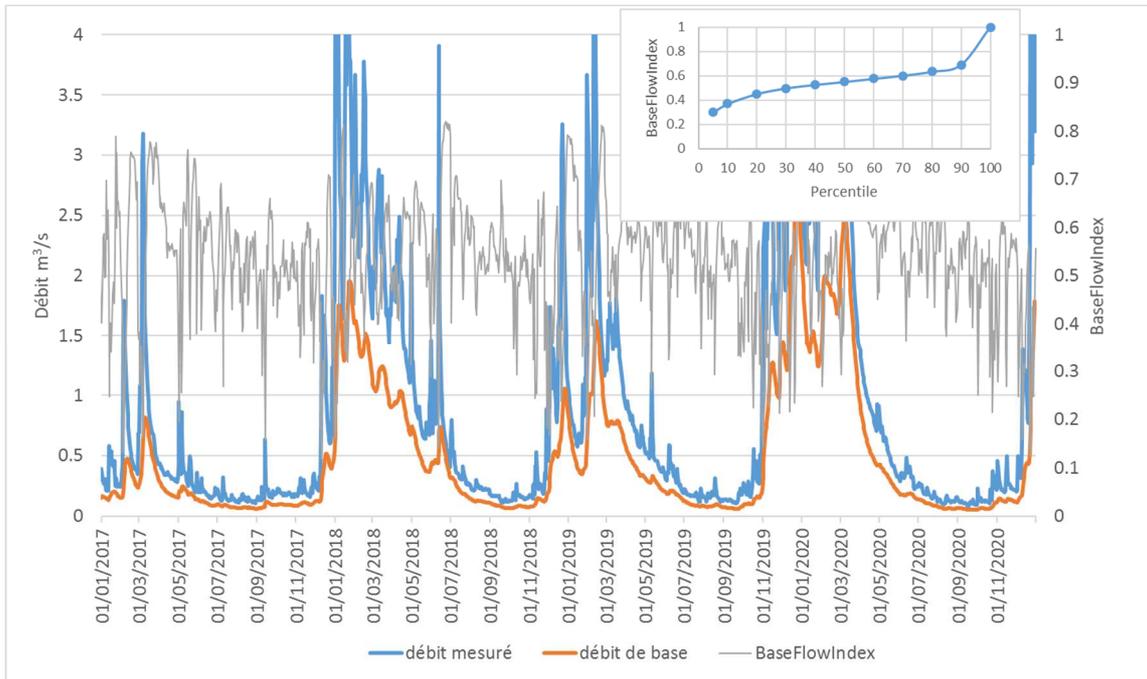


Figure 58: Résultats de la décomposition de l'hydrogramme de débit de la station de Saint-Georges-le-Gautier.

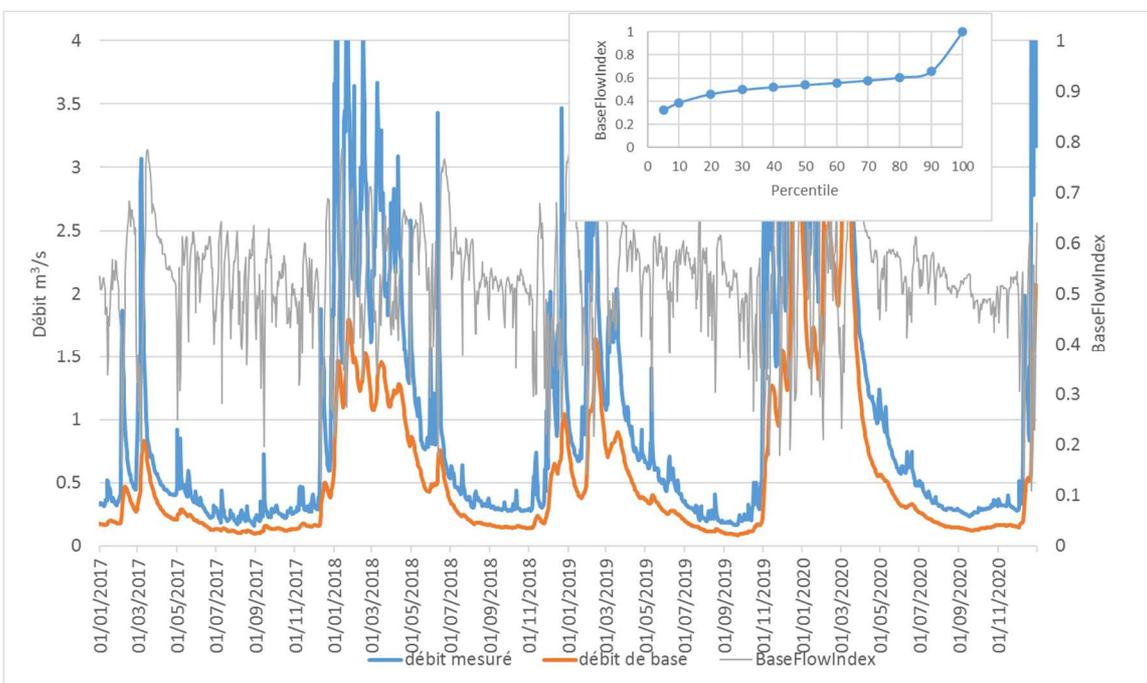


Figure 59: Résultats de la décomposition de l'hydrogramme de débit de la station de Douillet (Le Joly).

Phase 1 | Objectif 1 : Appréhender le fonctionnement des différents cours d'eau et nappes souterraines du périmètre du SAGE



Etude sur la gestion quantitative des ressources en eau du bassin Sarthe amont et élaboration de programmes d'actions dans le cadre de la révision du SAGE

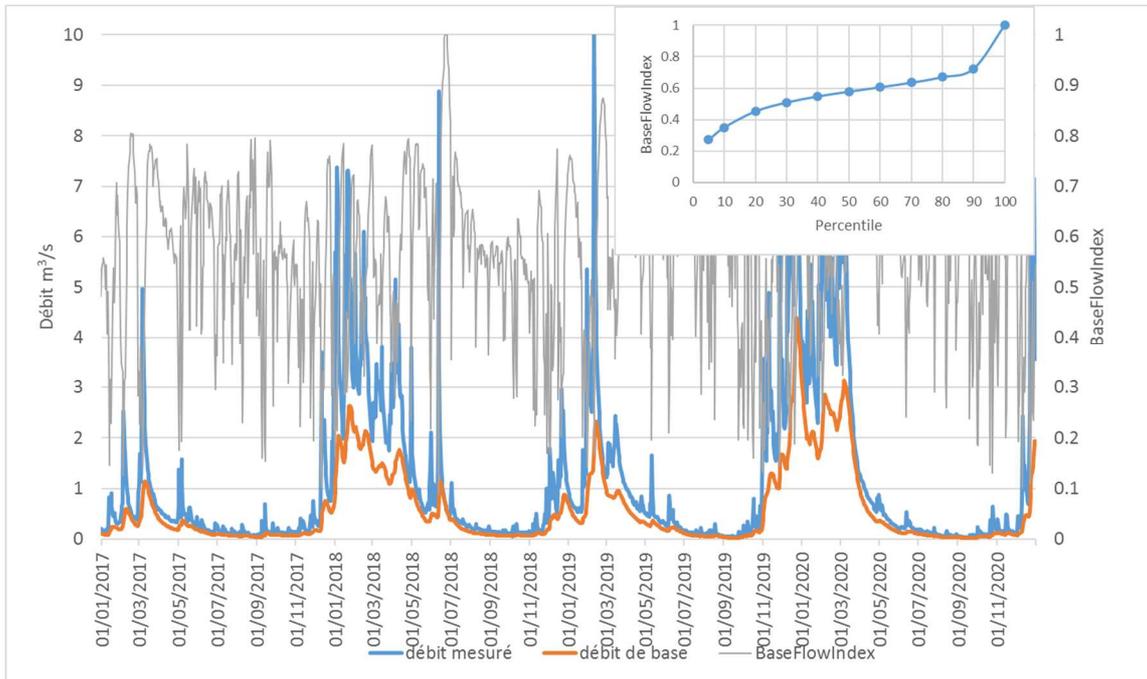


Figure 60: Résultats de la décomposition de l'hydrogramme de débit de la station de Saint Paul le Gaultier (Chianti).

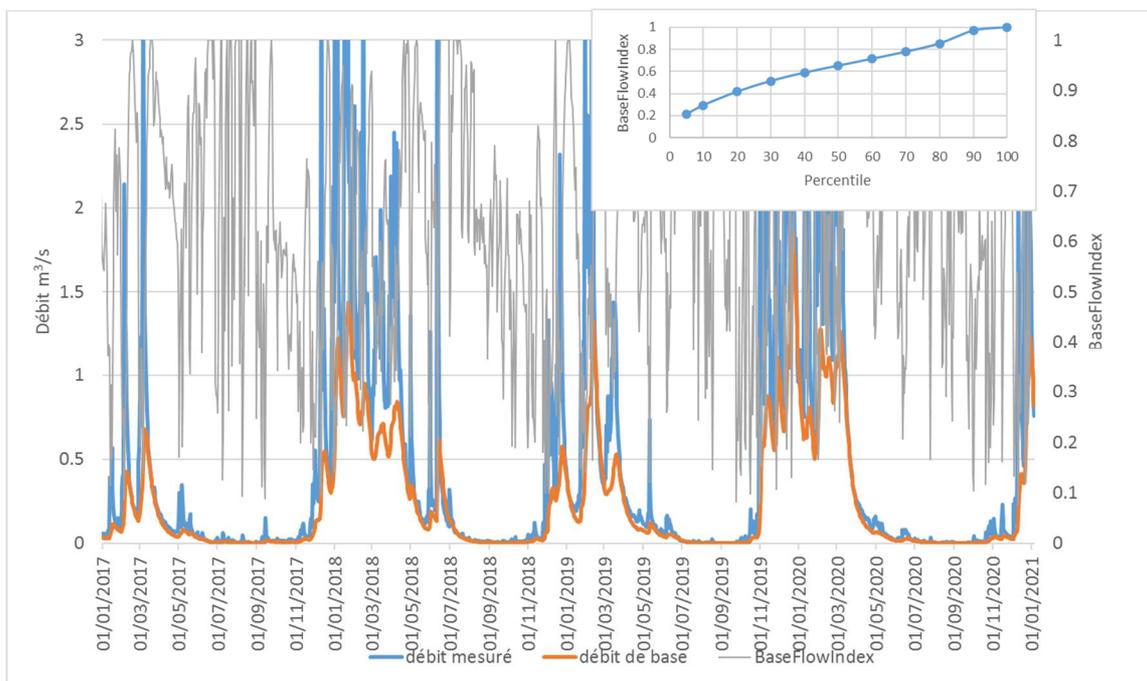


Figure 61: Résultats de la décomposition de l'hydrogramme de débit de la station de Saint-Pierre-les-Nids (Larray).

Phase 1 | Objectif 1 : Appréhender le fonctionnement des différents cours d'eau et nappes souterraines du périmètre du SAGE

Etude sur la gestion quantitative des ressources en eau du bassin Sarthe amont et élaboration de programmes d'actions dans le cadre de la révision du SAGE

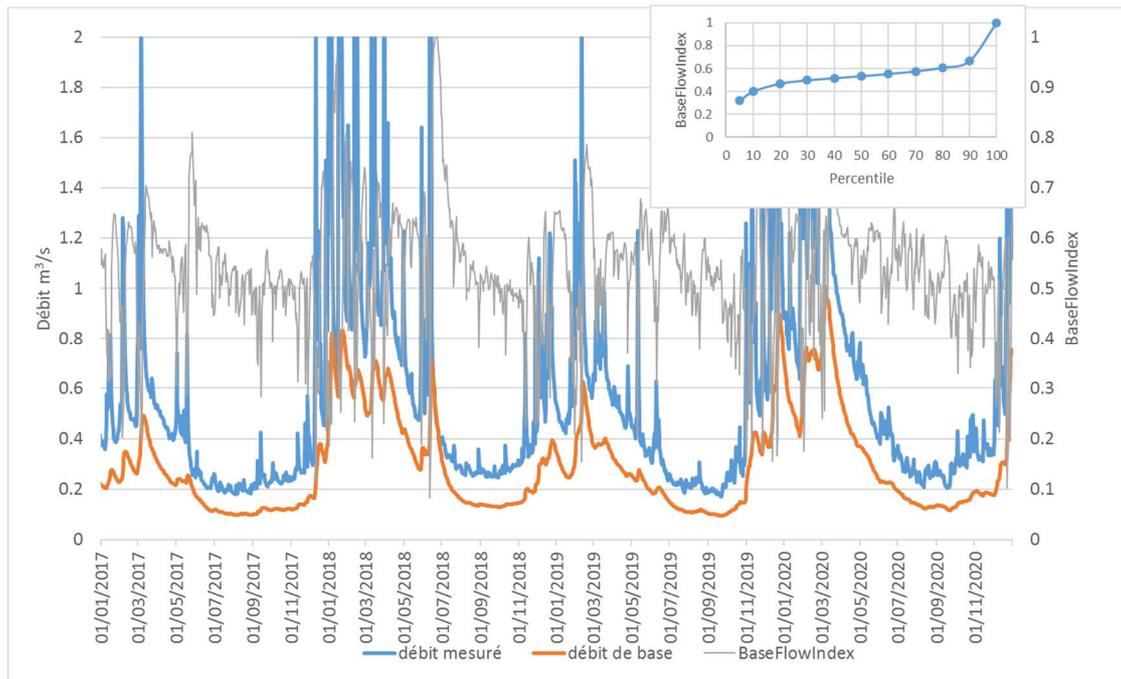


Figure 62: Résultats de la décomposition de l'hydrogramme de débit de la station de La Mesnière (La Foulérie).