

Syndicat Mixte du Bassin de
l'Authion et de ses Affluents
(SMBAA)

ÉTUDE HYDROLOGIE-
MILIEUX-USAGES-CLIMAT

Révision des Volumes
Prélevables 2015

Rapport de phase 1

51618 | septembre 2022 - v2 | TFC

	16 Boulevard de L'Ecce Homo – 49100 Angers Setec-hydratec – hydratec@hydra.setec.fr – une société du groupe setec. T : 02 2 41 57 03 30			Directeur de Projet	Moreau
				Responsable d'affaire	TFC
				N° Affaire	51618
<i>Fichier : 51618_HMUC_Authion_Phase1_v2.docx</i>					
V.	Date	Etabli par	Vérfié par	Nb. pages	Observations / Visa
V1	août 2022	TFC EGI APL	RBE OOR	141	Première version
V2	septembre 2022	TFC EGI APL	RBE OOR	141	Version amendé suite remarques client

TABLE DES MATIERES

1.	CONTEXTE ET OBJET DE L'ETUDE	12
1.1	Contexte géographique	12
1.2	Objet de l'étude	13
1.3	Organisation générale de l'étude et objet de la phase 1	14
2.	VOLET HYDROLOGIE SUPERFICIELLE	16
2.1	Données relatives au fonctionnement hydrologique des eaux superficielles	16
2.2	Aménagements hydrauliques ayant un impact sur l'hydrologie	19
2.3	Plans d'eau	27
2.4	Pluviométrie	28
2.5	Evapo-transpiration	32
2.6	Analyse des mesures quantitatives de surface	33
2.8	Synthèse	52
3.	VOLET HYDROLOGIE SOUTERRAINE	53
3.1	Contexte géologique	53
3.2	Contexte hydrogéologique	61
3.3	Réseaux de mesure des eaux souterraines	65
3.4	Interprétation initiale du fonctionnement hydrologique et hydrogéologique	81
3.5	Synthèse	97
4.	VOLET USAGES	98
4.1	Précisions préalables	98
4.2	Entretiens réalisés et sources des données	99
4.3	Irrigation	100
4.4	Abreuvement du bétail	106
4.5	Aspersion anti-gel	109
4.6	Eau potable	110
4.7	Industrie	118
4.8	Synthèse	122
5.	VOLET MILIEUX	127
5.1	État des masses d'eau	127
6.	VOLET CLIMAT	131
6.1	Quelques définitions	131
6.2	Etude ICC-hydroqual	132
6.3	Explore 2070	132
6.4	Drias	134
6.5	Conséquences du changement climatique sur les usages de l'eau	137
7.	CONCLUSION	138

8. GLOSSAIRE	140
9. BIBLIOGRAPHIE ET SITOGRAPHIE (NON EXHAUSTIVE)	141

ILLUSTRATIONS

Figure 1.1 : Bilan des unités de gestion et des zones d'alerte (étude de définition des volumes prélevables, SMBAA, 2017)	13
Figure 1.2 : Définition du DMB (source : Office Français de la Biodiversité)	14
Tableau 2.1 : Points de mesure disponibles	17
Figure 2.2 : Localisation des points de mesure	18
Figure 2.3 : Localisation des prises d'eau en Loire	19
Figure 2.4 : Volumes annuels prélevés en Loire au droit de la prise d'eau à Saint-Patrice (source : SYDEVA)	21
Figure 2.5 : Volumes annuels prélevés en Loire au droit de la prise d'eau à Varennes-sur-Loire (source : SYDEVA)	21
Figure 2.6 : Volumes annuels prélevés en Loire au droit de la prise d'eau à Saint-Martin-de-la-Place (source : SYDEVA)	21
Figure 2.6 : Cumul des volumes annuels prélevés en Loire au droit des 3 prises d'eau (source : SYDEVA)	22
Figure 2.7 : Localisation du réseau d'irrigation BBJ	22
Figure 2.8 : Volumes annuels prélevés pour l'alimentation du réseau BBJ (source : SYDEVA)	23
Figure 2.9 : Volumes cumulés des prélèvements sur le réseau BBJ (source : SYDEVA)	24
Figure 2.10 : Volumes annuels stockés par la retenue des Mousseaux (source : SYDEVA)	25
Figure 2.11 : Localisation des ouvrages de régulation et des ouvrages de franchissement	26
Figure 2.12 : Type d'ouvrages de régulation présents sur le bassin de l'Authion	27
Figure 2.13 : Précipitations moyennes annuelles (source Météo France)	29
Figure 2.14 : Stations pluviométriques de Météo France considérées	30
Figure 2.15 : Cumuls annuels des précipitations pour les stations pluviométriques considérées (2001-2021)	31
Figure 2.16 : Précipitations moyennes mensuelles pour les stations pluviométriques considérées (2001-2021) avec les minimum et maximum observés	32
Figure 2.17 : Comparaison des chroniques de données au droit des stations hydrologiques	33
Figure 2.18 : Disponibilité des données débitmétriques sur l'Authion aux Ponts-de-Cé (2008-2021)	34
Figure 2.19 : Disponibilité des données débitmétriques sur l'Authion au Gué de Fresne (2009-2021)	34
Figure 2.20 : Disponibilité des données débitmétriques sur le Couasnon à Gée (2010-2021)	34
Figure 2.21 : Disponibilité des données débitmétriques sur le Lathan au Moulin Guet (2012-2021)	34
Figure 2.22 : Disponibilité des données débitmétriques sur le Lathan aux Mousseaux (2004-2021)	35
Figure 2.23 : Disponibilité des données débitmétriques sur le Lathan à la digue de Pincemaille (2013-2021)	35
Figure 2.24 : Disponibilité des données débitmétriques sur le Changeon au Moulin Foulon (2010-2021)	35

Figure 2.25 : Comparaison des données débitmétriques sur l'Authion aux Ponts-de-Cé (2008-2021) à la pluviométrie	38
Figure 2.26 : Comparaison des données débitmétriques sur l'Authion au Gué de Fresne (2009-2021) à la pluviométrie	38
Figure 2.27 : Comparaison des données débitmétriques sur le Couasnon à Gée (2010-2021) à la pluviométrie	39
Figure 2.28 : Comparaison des données débitmétriques sur le Lathan au Moulin Guet (2012-2021) à la pluviométrie	39
Figure 2.29 : Comparaison des données débitmétriques sur le Lathan aux Mousseaux (2004-2021) à la pluviométrie	40
Figure 2.30 : Comparaison des données débitmétriques sur le Lathan à la digue de Pincemaille (2013-2021) à la pluviométrie	40
Figure 2.31 : Comparaison des données débitmétriques sur le Changeon au Moulin Foulon (2010-2021) à la pluviométrie	41
Figure 2.32 : Grandeurs statistiques estimées pour les régimes ordinaires au droit des stations débitmétriques considérées	43
Figure 2.33 : Grandeurs statistiques estimées pour les régimes d'étiages et de crues au droit des stations débitmétriques considérées	44
Figure 2.34 : Points de suivi des assecs sur le bassin de l'Authion	48
Figure 2.35 : Légende pour les résultats des observations des assecs	48
<i>Figure 3.1 : Carte géologique du bassin Loire-Bretagne et situation du Bassin versant de l'Authion (Source : BRGM)</i>	54
<i>Figure 3.2 : Légende de la carte géologique présentée en Figure 3.1</i>	55
Figure 3.3 : Log stratigraphique simplifié de la géologie du bassin versant de l'Authion (d'après Talbot, BRGM, 1971)	58
<i>Figure 3.4 : Carte géologique harmonisée du bassin versant de l'Authion, au 1/50 000e (source : BRGM)</i>	59
<i>Figure 3.5 : Légende de la carte géologique harmonisée du bassin versant de l'Authion, présentée en Figure 3.4</i>	60
<i>Figure 3.6 : Localisation des forages du suivi souterrain du BRGM dans le territoire du SAGE Authion, et à proximité immédiate (ADES, BRGM)</i>	68
<i>Figure 3.7 : Chroniques piézométriques des forages dans les Alluvions de la Loire moyenne (FRGG137)</i>	69
<i>Figure 3.8 : Niveaux de référence de la nappe alluviale de la Loire au droit du piézomètre de Villebernier (BSS001HKXQ), selon l'IPS (2005-2022)</i>	70
<i>Figure 3.9 : Chroniques piézométriques des forages dans les sables et faluns du Turonien supérieur au Sénonien (FRGG088 – 121AB11)</i>	71
<i>Figure 3.10 : Chroniques piézométriques des forages dans la craie micacée et tuffeau du Turonien moyen à inférieur (FRGG088 – 121AB07)</i>	72
<i>Figure 3.11 : Niveaux de référence de la nappe des sables et faluns au droit du piézomètre de Pontigné (BSS001DPYT), selon l'IPS (2004 – 2022)</i>	73
<i>Figure 3.12 : Niveaux de référence de la nappe de la craie et tuffeau au droit du piézomètre de Channay-sur-Lathan (BSS001FEWY), selon l'IPS (2005 – 2022)</i>	74
<i>Figure 3.13 : Chroniques piézométriques des forages dans les sables et grès du Cénomaniens libre (FRGG146)</i>	75

<i>Figure 3.14 : Chroniques piézométriques des forages dans les sables et grès du Cénomaniens captif (FRGG142)</i>	75
<i>Figure 3.15 : Niveaux de référence de la nappe du Cénomaniens libre au droit du piézomètre de Brion (BSS001FDU), selon l'IPS (2009 – 2022)</i>	77
<i>Figure 3.16 : Chroniques piézométriques des forages dans les calcaires du Jurassique captifs (FRGG073 & FRGG120)</i>	78
<i>Figure 3.17 : Localisation des ouvrages souterrains suivis par le SBMAA</i>	80
<i>Figure 3.18 : Interactions rivière-nappe : cours d'eau drainant (a), perdant (b) et perdant séparé de la nappe par une zone non saturée (c)</i>	81
<i>Figure 3.19 : Variations des cotes piézométriques de la nappe alluviale à Villebernier (BSS001HKXQ) et des débits de la Loire à Saumur (L8000010) entre 2005 et 2022</i>	83
<i>Figure 3.20 : Analyse graphique des cotes piézométriques de la nappe alluviale à Villebernier (BSS001HKXQ) en fonction des débits de la Loire à Saumur (L8000010)</i>	83
<i>Figure 3.21 : Variations des cotes piézométriques de la nappe alluviale à Vivy (BSS001HKZE) et des débits de l'Authion à Saint-Martin-de-la-Place (Station SYDEVA du Gué de Fresne) entre 2012 et 2022</i>	84
<i>Figure 3.22 : Analyse graphique des cotes piézométriques de la nappe alluviale à Vivy (BSS001HKZE) en fonction des débits de l'Authion à Saint-Martin-de-la-Place (Station SYDEVA du Gué de Fresne)</i>	84
<i>Figure 3.23 : Mesures souterraines de la campagne de mesures du 30/05 – 03/06/2022, sur fond de carte géologique harmonisée (au 1/50 000e, BRGM)</i>	86
<i>Figure 3.24 : Mesures de hauteur d'eau, dans les tronçons hydrographiques, effectuées lors de la campagne de mesures du 30 mai au 03 juin 2022.</i>	87
<i>Figure 3.25 : Représentation des sources de données et incertitude de la carte IGN RGE Altitude (Géoportail)</i>	88
<i>Figure 3.26 : Figure issue du rapport de Talbot (BRGM, 1971) démontrant l'estimation de la Transmissivité au sein des formations alluviales, entre les Ponts-de-Cé et Saumur (d'après l'interprétation d'essais de pompage).</i>	89
<i>Figure 3.27 : Carte piézométrique de la nappe alluviale, du 30 mai au 03 juin 2022, sur fond de carte géologique harmonisée (au 1/50 000e, BRGM)</i>	92
<i>Figure 3.28 : Carte piézométrique de la nappe des faluns du Miocène, du 30 mai au 03 juin 2022, sur fond de carte géologique harmonisée (au 1/50 000e, BRGM)</i>	93
<i>Figure 3.29 : Carte piézométrique de la nappe de l'Eocène, du 30 mai au 03 juin 2022, sur fond de carte géologique harmonisée (au 1/50 000e, BRGM)</i>	94
<i>Figure 3.30 : Carte piézométrique de la nappe de la craie du Séno-Turonien, du 30 mai au 03 juin 2022, sur fond de carte géologique harmonisée (au 1/50 000e, BRGM)</i>	95
<i>Figure 3.31 : Carte piézométrique de la nappe du Cénomaniens inférieur, du 30 mai au 03 juin 2022, sur fond de carte géologique harmonisée (au 1/50 000e, BRGM)</i>	96
<i>Figure 4.1 : Répartition saisonnière moyenne de prélèvements. (Source Dossier d'autorisation des prélèvements en Loire du SYDEVA)</i>	100
<i>Figure 4.2 : Evolution des volumes prélevés pour l'usage irrigation (Source OUGC) en mètres cube par an et précipitations estivales cumulées (mai à septembre) en mm</i>	102
<i>Figure 4.3 : Etat de la réserve hydrique (Bulletin Inf'eau, OUGC)</i>	102
<i>Figure 4.2 : Estimation de l'évapotranspiration potentielle des plans d'eau du territoire</i>	105

<i>Figure 4.4 : Evolution des volumes d'eau prélevés dans le milieu pour l'abreuvement du bétail entre 2010 et 2020 (Source : Recensement général agricole et méthode de calcul chambre d'agriculture des Pays de la Loire)</i>	108
<i>Figure 4.5 : Prélèvements destinés à l'alimentation en eau potable et rejets des stations d'épuration</i>	111
<i>Figure 4.6 : Identification des points des forages destinés à l'alimentation en eau potable (source : BRGM et EPCI fp)</i>	112
<i>Figure 4.7 : Evolution des volumes d'eau prélevés par forages pour l'usage eau potable (sources : BRGM et EPCI)</i>	114
<i>Figure 4.8 : Evolution des volumes d'eau rejetés par les stations d'épuration (Source : SISPEA 37 et 49)</i>	117
<i>Figure 4.9 : répartition des volumes prélevés pour un usage industriel par secteur d'activité (Données : DREAL, 2019)</i>	118
<i>Figure 4.10 : Evolution 2015-2020 des volumes prélevés en m³ pour un usage industriel (Données : DREAL, 2019)</i>	120
<i>Figure 4.11 : Evolution 2015-2020 des volumes prélevés en m³ par industriel présent sur le bassin versant de l'Authion (Données : DREAL, 2019)</i>	120
<i>Figure 4.12 : Synthèse des usages (volumes moyens par an)</i>	122
<i>Figure 4.13 : Evolution des usages selon trois scénarios (source : SDAGE Artois Picardie)</i>	126
<i>Figure 5.1 : Etat des masses d'eau sur le territoire d'étude (Fish-Pass)</i>	128
<i>Figure 6.1 : Résultats de l'étude Explore 2070 sur l'évolution relative possible (en %) des débits moyens annuels et des débits d'étiage</i>	133
<i>Figure 6.2 : Résultats de l'étude Explore 2070 sur la variation de la recharge des nappes</i>	134
<i>Figure 6.3 : Indice d'humidité des sols pour le scenario socioéconomique intermédiaire A1B</i>	135
<i>Figure 6.4 : Ecart des cumuls de précipitations entre la période de référence (1976-2005) et l'horizon moyen (2055) le scenario 8.5 (sans politique climatique) - médiane de l'ensemble des modèles B</i>	136

TABLEAUX

<i>Tableau 1 : Condition d'exploitation des prises d'eau en Loire (source : arrêté inter-préfectoral n°89 du 7 avril 2021)</i>	19
<i>Tableau 2 : Modalités d'exploitations des prises d'eau (source : arrêté inter-préfectoral n°89 du 7 avril 2021)</i>	20
<i>Tableau 3 : Débit minimum au Pont Bourguignon (source : arrêté inter-préfectoral n°89 du 7 avril 2021)</i>	20
<i>Tableau 4 : Conditions d'exploitation de la prise d'eau dans l'Authion (source : arrêté inter-préfectoral n°89 du 7 avril 2021)</i>	23
<i>Tableau 5 : Précipitations mensuelles (en mm) d'avril à octobre à la station de Saint-Mathurin-sur-Loire pour les années 2007,2010,2014 et 2020</i>	24
<i>Tableau 6 : Précipitations mensuelles (en mm) à la station de Savigné-sur-Lathan pour les années 2007,2010,2014 et 2020</i>	25
<i>Tableau 9 : Synthèses des résultats des observations des assecs par masse d'eau principale</i>	49
<i>Tableau 10 : Présentation des formations aquifères et nappes au droit du territoire du bassin versant de l'Authion</i>	61

Tableau 11 : Présentation du réseau de suivi des forages souterrains, par le BRGM (Source ADES, BRGM)	67
Tableau 12 : Analyse statistique des mesures dans les alluvions de la Loire (Figure 3.7)	70
Tableau 13 : Qualification des niveaux de références de l'IPS	71
Tableau 14 : Analyse statistique des mesures dans les sables et faluns du Séno-Turonien (Figure 42)	72
Tableau 15 : Analyse statistique des mesures dans la craie et tuffeau du Séno-Turonien (Figure 45)	73
Tableau 16 : Analyse statistique des mesures dans les sables du Cénomaniens captifs (Figure 46)	76
Tableau 17 : Analyse statistique des mesures dans les sables et grès du Cénomaniens captif (Figure 47)	77
Tableau 18 : Analyse statistique des mesures dans les calcaires du Jurassique captif (Figure 49)	79
Tableau 7 : ETP moyenne mensuelle (mm) sur la période 1991-2020 à la station Météo France Beaucozé	104
<i>Tableau 8 : Estimation de l'évapotranspiration potentielle des plans d'eau du territoire</i>	104
Tableau 19 : consommation journalière nécessaire pour l'élevage des différents cheptels	106
Tableau 20 : Nombre de têtes de bétail sur le bassin versant de l'Authion	107
Tableau 21 : Consommation d'eau totale par cheptel	107
Tableau 22 : Répartition de l'origine de l'eau pour l'abreuvement du bétail	108
Tableau 23 : Nombre d'heures d'aspersion et volumes prélevés pour l'usage anti-gel de l'AOC Bourgueil	109
Tableau 24 : Etat écologique de l'année 2019 des cours d'eau (EDL 2019, mise en page Fish-Pass)	129

1. CONTEXTE ET OBJET DE L'ETUDE

1.1 CONTEXTE GEOGRAPHIQUE



1497 km²
52 communes
6 EPCI
166 000 habitants en 2019

1.1.1 Présentation du bassin versant

Le bassin versant de l'Authion est situé entre le département du Maine et Loire et d'Indre et Loire. Ce territoire de 1497 km² comprend :

- le Val d'Authion, au Sud, qui borde la Loire et présente des pentes très faibles. Son altitude varie entre 17 et 28 m NGF,
- les collines et plateaux au Nord du Val d'Authion, drainés principalement par le Changeon, le Lathan et le Couason. Le relief y est plus vallonné avec des pentes comprises entre 5 ‰ et 3 %.

1.1.2 Un régime hydraulique et hydrologique contrôlé

Le bassin versant de l'Authion est naturellement sous influence directe de la Loire qui, en période de crue, refoulait autrefois dans la basse vallée de l'Authion, entraînant d'importantes inondations.

Dès le Moyen-âge, des travaux de construction de digues et de portes, empêchant le déversement des hautes eaux de la Loire dans le Val, ont isolé le val d'Authion du lit de la Loire. **La morphologie des cours d'eau a ensuite été modifiée dans le but d'assécher les terres en période de crue et de les irriguer en période d'été.**

A partir des années 1970, le val d'Authion est devenu un pôle d'excellence de l'agriculture notamment orientée vers les cultures spécialisées (maraîchage, semences, arboriculture, horticulture). Pour accompagner ce développement, de nombreux chenaux ont été créés pour assainir les surfaces agricoles et les irriguer par adduction d'eau en partie prélevée en Loire puis envoyés dans les réseaux d'irrigation sous pression.

Aujourd'hui, Le Lane, l'Authion et les canaux sont réalimentés en eau par 3 stations de pompage en Loire prélevant **jusqu'à 28 millions de m³/an¹**. Ces pompes sont situées à :

- Saint Patrice ;
- Varennes sur Loire ;
- Saint Martin de la Place.

Le barrage des Mousseaux permet également un soutien d'été du Lathan (5 Millions de m³).

Ces aménagements ont conduit à un régime hydraulique totalement contrôlé par la régulation d'ouvrages, avec des pentes d'écoulement très faibles à nulles et des sens d'écoulement pouvant s'inverser au gré des règles de gestion des ouvrages. Le régime hydrologique est également

¹ Arrêté inter préfectoral DIDD-BPEF-2021 N°B9 du 7 avril 2021, révisé tous les 10 ans

modifié avec des débits estivaux soutenus sur le Lathan, supérieurs aux débits de printemps par exemple.

1.1.3 Un bassin versant déficitaire

Les SDAGE du bassin Loire-Bretagne (2010-2015, 2016-2021 et 2022-2027) l'ont désigné comme « bassin nécessitant de prévenir l'apparition d'un déficit quantitatif ».

L'étude de détermination des Volumes Prélevables (VP) réalisée en 2015, a permis de dresser l'identification des unités de gestion (UG) en situation d'équilibre ou de déséquilibre quantitatif. **Ces UG sont le Lathan (UG6 & UG7), les Aulnaies (UG4), le Couasnon (UG5).** Les données sur le bassin des trois rus (UG 9) sont insuffisantes pour caractériser l'unité de gestion.

De nombreux cours d'eau situés en amont du bassin versant, et non régulés par le soutien d'étiage, subissent des assecs fréquents.



Figure 1.1 : Bilan des unités de gestion et des zones d'alerte (étude de définition des volumes prélevables, SMBAA, 2017)

1.2 OBJET DE L'ETUDE

L'étude Hydrologie, Milieux, Usages, Climat (HMUC) a pour objectif d'affiner les connaissances sur l'adéquation besoins-ressources, et d'estimer les tendances d'évolution climatique, démographique et économique afin d'adapter au mieux la gestion des ressources en eau.

Les résultats de l'étude HMUC, validés par la Commission Locale de l'Eau (CLE) seront intégrés au Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE) pour :

- Ajuster les débits et niveaux piézométriques d'objectifs d'étiage (DOE et POE) ;
- Mettre à jour les volumes prélevables, définis en 2015, et préciser des conditions de prélèvements estivales et hivernales.

1.2.1 Définition des volumes prélevables

Le volume prélevable est défini à l'article R.211-21-1 du code de l'environnement, il correspond au « volume pouvant statistiquement être prélevé huit années sur dix en période de basses eaux dans le milieu naturel aux fins d'usages anthropiques, en respectant le bon fonctionnement des milieux aquatiques dépendant de cette ressource et les objectifs environnementaux du SDAGE.

Il est issu d'une évaluation statistique des besoins minimaux des milieux sur la période de basses eaux. Il est réparti entre les usages, en tenant compte des enjeux environnementaux, économiques et sociaux (...). »

Le débit d'objectif d'étiage est le débit permettant la satisfaction des besoins minimaux des milieux (Débits Minimum Biologiques ou DMB) et au-dessus duquel les besoins des usages sont satisfaits.

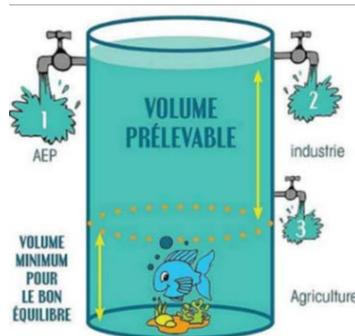
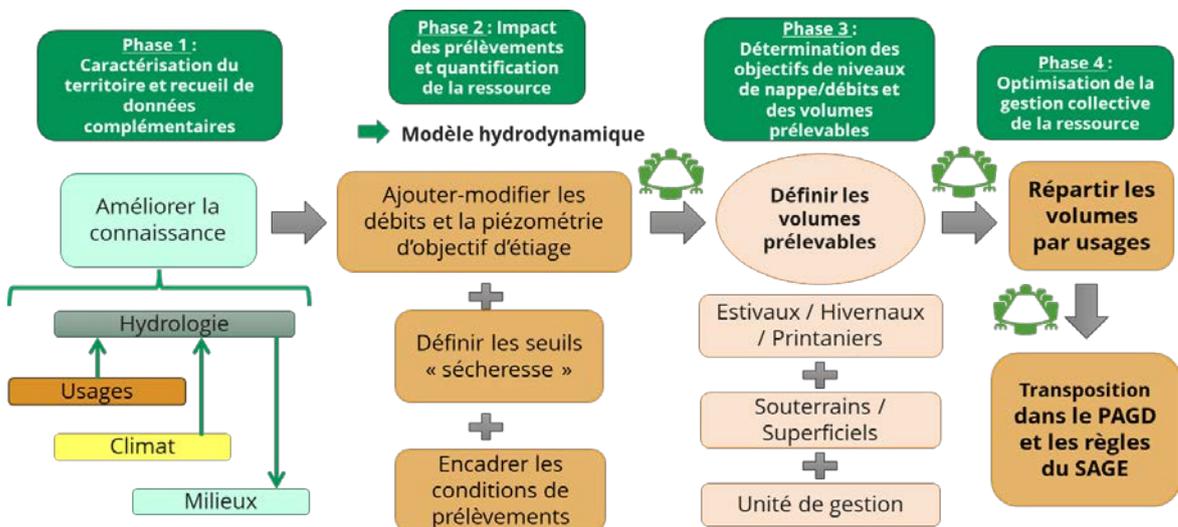


Figure 1.2 : Définition du DMB (source : Office Français de la Biodiversité)

1.3 ORGANISATION GENERALE DE L'ETUDE ET OBJET DE LA PHASE 1

La présente étude comprend 4 phases, décrite dans le schéma ci-dessous.



Le présent rapport concerne la Phase 1 « Caractérisation du territoire et recueil des données complémentaires ».

Il est découpé en 6 chapitres :

1. Contexte et objet de l'étude

2. Volet hydrologie superficielle
3. Volet hydrologie souterraine
4. Volet usages
5. Volet milieux
6. Volet climat
7. Conclusion

2. VOLET HYDROLOGIE SUPERFICIELLE

2.1 DONNEES RELATIVES AU FONCTIONNEMENT HYDROLOGIQUE DES EAUX SUPERFICIELLES

Les chroniques de données ont été complétées depuis l'étude VP de 2012-2015. Les données hydrologiques suivantes ont été collectées :

- Données disponibles sur le bassin de l'Authion issues du suivi réalisé par le SYDEVA au droit des stations hydrologiques automatisées suivantes :

L'Authion aux Ponts-de-Cé (2008-2021),
L'Authion au Gué de Fresne (2009-2021),
Le Couasnon à Gée (2010-2021),
Le Lathan au Moulin Guet (2012-2021),
Le Lathan aux Mousseaux (2004-2021),
Le Lathan à la digue de Pincemaille (2013-2021),
Le Lathan à la Moutonnerie (2021),
Le Lathan à Rillé amont (2021),
Le Changeon au Moulin Foulon (2010-2021).

- Données disponibles sur le bassin de l'Authion issues des jaugeages réalisés par le SYDEVA, le SMBAA et la DDT d'Indre-et-Loire (mesures pluriannuelles).

- Données historiques disponibles sur le bassin de l'Authion issues de la banque Hydro Portail au droit des stations suivantes :

L'Authion à Longué-Jumelles (L910 0001, 1967-1980),
L'Authion aux Ponts-de-Cé (L922 0001, 1967-1972),
Les Aunaies à Bauné (L922 0002 01, 1967-1978),
Le Bras du Lathan à Vernantes (L911 0005 01, 1974-1982),
Le Changeon à Benais (L900 0006, 1966-1993),
Le Couasnon à Gée (L921 0002, 1967-1983),
Le Couasnon à Pontigné (L920 0002 01, 1967-1984),
Le Gravot à Bourgueil (L900 0004 01, 1967-1971),
Le Lane à Saint-Patrice (L900 0005 01, 1966-1996),
Le Lathan à Rillé (L911 0004 01, 1967-1980),
Le Lathan à Vernantes (L911 0006 01, 1967-1982),
Le Tarry à Mazé (L921 0003, 1967-1983).

- Données du suivi des assecs réalisé par l'ONEMA au droit des stations de l'Observatoire national des étiages (Onde).
- Données du suivi des assecs réalisé par le SMBAA.
- Données du suivi du barrage des Mousseaux (cote et débit).
- Données du suivi de la station d'exhaure des Ponts-de-Cé (débit).

Le fonctionnement hydrologique global du système « Authion » a été caractérisé avec :

- Les ouvrages hydrauliques existants,
- La réalimentation par la retenue de Rillé, par la Loire (prélèvements par les stations du SYDEVA, le réseau sous pression Beaufort-Brion-Jumelles),

- Les données hydrométriques disponibles citées précédemment,
- Les données météorologiques mises à jour et réactualisées (auprès de Météo France, de la supervision du SYDEVA notamment).

Le tableau ci-dessous rassemble l'ensemble des points de suivi fixes de mesures de débit et de cote disponibles sur le bassin versant de l'Authion. Tous les points d'observations du réseau ONDE et des syndicats n'y figurent pas.

Tableau 2.1 : Points de mesure disponibles

Point de mesure	Cours d'eau	Localisation	Type de suivi	Type mesure
PM1	Authion	Pont Bourguignon	Q	Mesures automatisées
PM2	Authion	Gué de Fresne	Q, Z	Mesures automatisées
PM3	Couasnon	Gée	Q, Z	Mesures automatisées
PM4	Lathan	Moulin Guet	Q	Mesures automatisées
PM5	Lathan	Mousseaux / Barrage	Q, Z	Mesures automatisées
PM6	Lathan	Digue Pincemaille	Q	Mesures automatisées
PM7	Changeon	Moulin Foulon	Q, Z	Mesures automatisées
PM8	Authion	Station d'exhaure - Les Ponts de Cé	Q	Mesures automatisées
PM9	Authion	Malheur	Q, Z	Jaugeages ponctuels Relevés de cote
PM10	Authion	La Prée	Z	Relevés de cote
PM11	Authion	Les Ecouards	Z	Relevés de cote
PM12	Authion	La Moutaye	Z	Relevés de cote
PM13	Authion	Les Asnières	Z	Relevés de cote
PM14	Authion	Le Poteau	Z	Relevés de cote
PM15	Authion	Les Etrepés	Z	Relevés de cote
PM16	Authion	Le Pont du Gué	Z	Relevés de cote
PM17	Authion	Le Pont de Bois	Z	Relevés de cote
PM18	Authion	La Boire des Roux RD	Z	Relevés de cote
PM19	Authion	La Ronde	Z	Relevés de cote
PM20	Authion	Les Arches	Z	Relevés de cote
PM21	Authion	Pont St René	Z	Relevés de cote
PM22	Authion	Porteau	Z	Relevés de cote
PM23	Authion	Le Grand Buzet	Z	Relevés de cote
PM24	Authion	Les Loges	Z	Relevés de cote
PM25	Authion	Brain sur Authion	Z	Relevés de cote
PM26	Ruisseau des Etangs	Gonne	Q	Jaugeages ponctuels
PM27	Les Loges RD10	RD10	Q	Jaugeages ponctuels
PM28	Automne RD10 (2 bras)	RD10 (2bras)	Q	Jaugeages ponctuels
PM29	Changeon	Moulin Boutard	Q	Jaugeages ponctuels
PM30	Aulnaies	Baune	Q	Jaugeages ponctuels
PM31	Tarry	Gruteau	Q	Jaugeages ponctuels
PM32	Couasnon	Bauge	Q	Jaugeages ponctuels
PM33	Couasnon	Singe	Q	Jaugeages ponctuels
PM34	Changeon	Palluau	Q	Jaugeages ponctuels
PM35	Curee	marais montils	Q	Jaugeages ponctuels
PM36	Curee	Moulin montils	Q	Jaugeages ponctuels
PM37	Lathan	Gue Mallard	Q	Jaugeages ponctuels
PM38	Lathan	Moutonnerie	Q	Jaugeages ponctuels
PM39	Lathan	Pingrerie	Q	Jaugeages ponctuels
PM40	Curee amont		Q	Jaugeages ponctuels
PM41	Lathan	Bras Perray	Q	Jaugeages ponctuels
PM42	Lathan	chant oiseau	Q	Jaugeages ponctuels
PM43	Lathan	Chantreau	Q	Jaugeages ponctuels
PM44	Lathan	Bief chantreau	Q	Jaugeages ponctuels
PM45	Lathan	Fortaiserie	Q	Jaugeages ponctuels
PM46	Riverolle	Mouliherne	Q	Jaugeages ponctuels
PM47	Riverolle	Frebot	Q	Jaugeages ponctuels
PM48	Authion	Patillaut	Q	Jaugeages ponctuels
PM49	Loges	Le Peu	Q	Jaugeages ponctuels

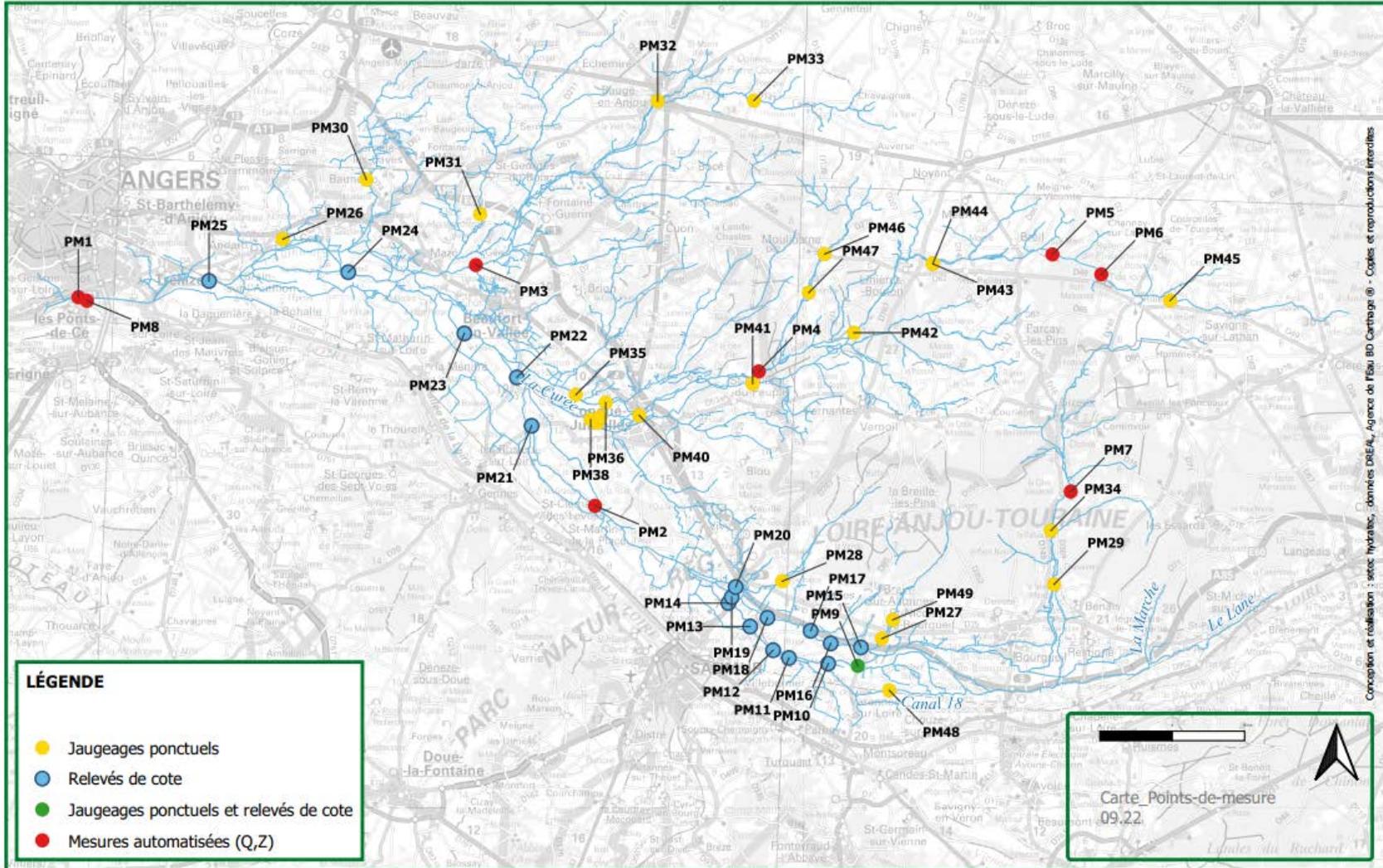


Figure 2.2 : Localisation des points de mesure

2.2 AMENAGEMENTS HYDRAULIQUES AYANT UN IMPACT SUR L'HYDROLOGIE

2.2.1 Prises d'eau en Loire

L'Authion bénéficie d'une réalimentation en eau par le biais de trois stations de pompage en Loire. Le renouvellement de l'autorisation de prélèvements en Loire et des travaux associés à cette activité a été validé par un arrêté inter-préfectoral du 7 avril 2021.

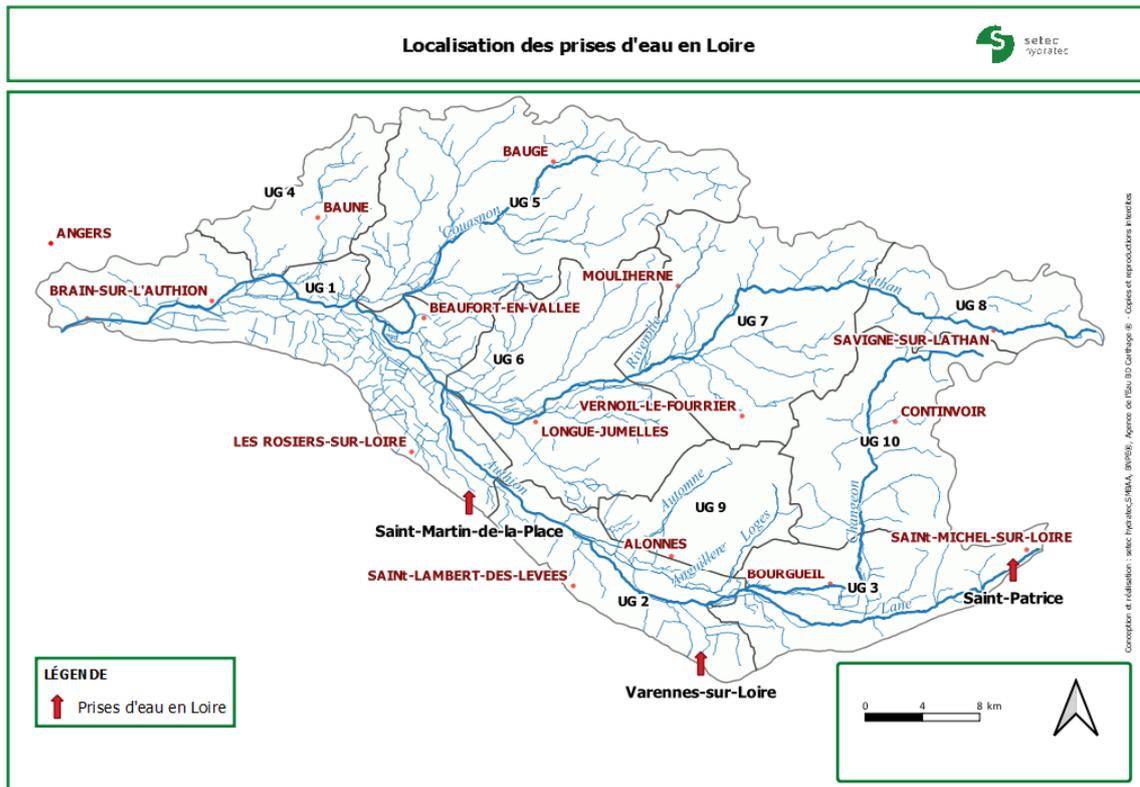


Figure 2.3 : Localisation des prises d'eau en Loire

Les caractéristiques des prélèvements sont présentées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 1 : Condition d'exploitation des prises d'eau en Loire (source : arrêté inter-préfectoral n°89 du 7 avril 2021)

Prise d'eau	Débit maximum instantané de prélèvement
Saint-Patrice	1.0 m ³ /s
Varennes-sur-Loire	1.2 m ³ /s
Saint-Martin-de-la-Place	2.5 m ³ /s
Prise d'eau	Débit journalier maximum de prélèvement
Saint-Patrice + Varennes-sur-Loire+ Saint-Martin-de-la-Place	3.3 m ³ /s
Prise d'eau	Volume maximum journalier de prélèvement

Saint-Patrice + Varennes-sur-Loire+ Saint-Martin-de-la-Place	285 120 m ³	
Prise d'eau	Volume maximum annuel de prélèvement	
Saint-Patrice + Varennes-sur-Loire+ Saint-Martin-de-la-Place	28 000 000 m ³	
	Du 1 ^{er} /04 au 30/09	Du 1 ^{er} /10 au 31/03
	26 000 000 m ³	2 000 000 m ³

Les modalités de gestion de chaque prise d'eau sont adaptées en fonction du franchissement des seuils actés par les arrêtés de préservation de la ressource en eau sur la Loire en période d'étiage.

Tableau 2 : Modalités d'exploitations des prises d'eau (source : arrêté inter-préfectoral n°89 du 7 avril 2021)

Prise d'eau	Référence de débit	Débit Loire > DOE	Débit Loire < DOE	Débit Loire < DSA	Débit Loire < DSAR	Débit Loire < DCR
Saint-Patrice	Langeais (37)	0.5 m ³ /s	0.45 m ³ /s	0.25 m ³ /s	0.15 m ³ /s	0 m ³ /s
Varennes-sur-Loire	Montjean-sur-Loire (49)	2.8 m ³ /s	2.55 m ³ /s	1.9 m ³ /s	0.35 m ³ /s	0 m ³ /s
Saint-Martin-de-la-Place	Montjean-sur-Loire (49)				0.5 m ³ /s	0 m ³ /s
Débit moyen journalier maximal simultané des trois prises d'eau		3.3 m ³ /s	3.0 m ³ /s	2.15 m ³ /s	1 m ³ /s	0 m ³ /s

Avec DOE : Débit Objectif d'Etiage, DSA : Débit Seuil d'Alerte, DSAR : Débit Seuil d'Alerte Renforcée et DCR : Débit de Crise

La prise d'eau de Varennes-sur-Loire peut alimenter l'Authion en gravitaire lorsque le débit de la Loire est supérieur à 600 m³/s. Le volume maximum annuel autorisé pour ce prélèvement en gravitaire est de 5 000 000 m³. En période estivale, les volumes prélevés gravitairement et pouvant être destinés à l'usage agricole sont déduits jusqu'à concurrence du 300 000 m³ du volume de 26 000 000 m³ autorisé sur cette période. Sur la période hivernale, les volumes étant principalement destinés à l'amélioration des milieux aquatiques sont simplement comptabilisés pour le bilan.

L'arrêté inter-préfectoral n°89 du 7 avril 2021 rappelle la disposition 2.A.1 du SAGE de l'Authion définissant des seuils de débit moyen journalier de l'Authion au Pont Bourguignon aux Ponts-de-Cé. Ces seuils doivent être respectés par le SYDEVA.

Tableau 3 : Débit minimum au Pont Bourguignon (source : arrêté inter-préfectoral n°89 du 7 avril 2021)

Débit minimum moyen journalier	Débit Loire > DOE	Débit Loire < DOE	Débit Loire < DSA	Débit Loire < DSAR	Débit Loire < DCR
Pont Bourguignon	0.5 m ³ /s	0.5 m ³ /s	0.5 m ³ /s	0.44 m ³ /s	0.25 m ³ /s

Les volumes annuels prélevés en Loire au droit de chaque prise d'eau sont présentés dans les graphiques ci-dessous.

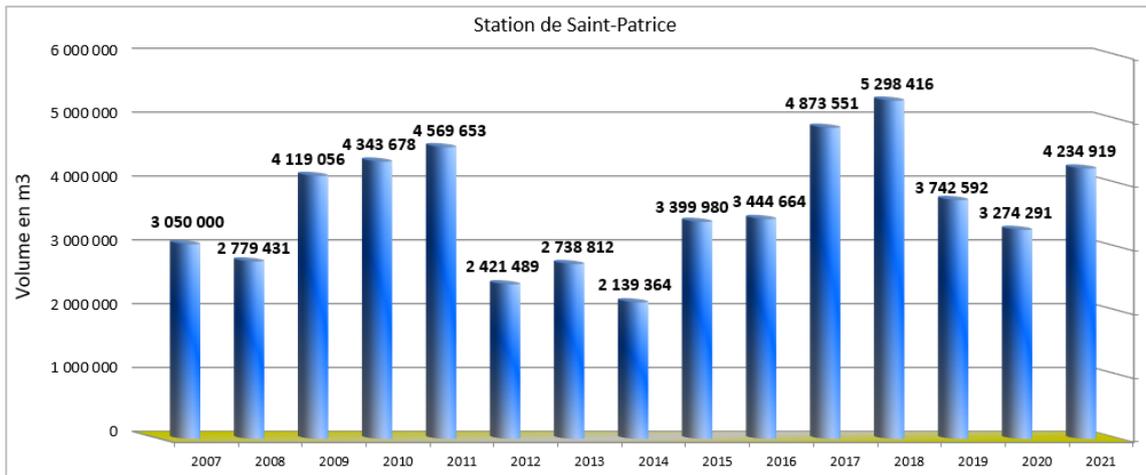


Figure 2.4 : Volumes annuels prélevés en Loire au droit de la prise d'eau à Saint-Patrice (source : SYDEVA)

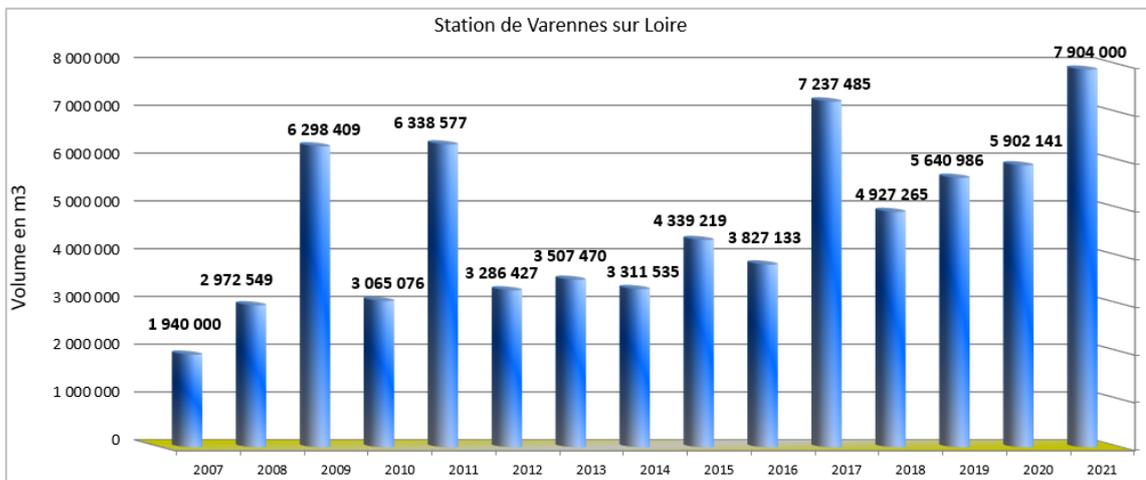


Figure 2.5 : Volumes annuels prélevés en Loire au droit de la prise d'eau à Varennes-sur-Loire (source : SYDEVA)

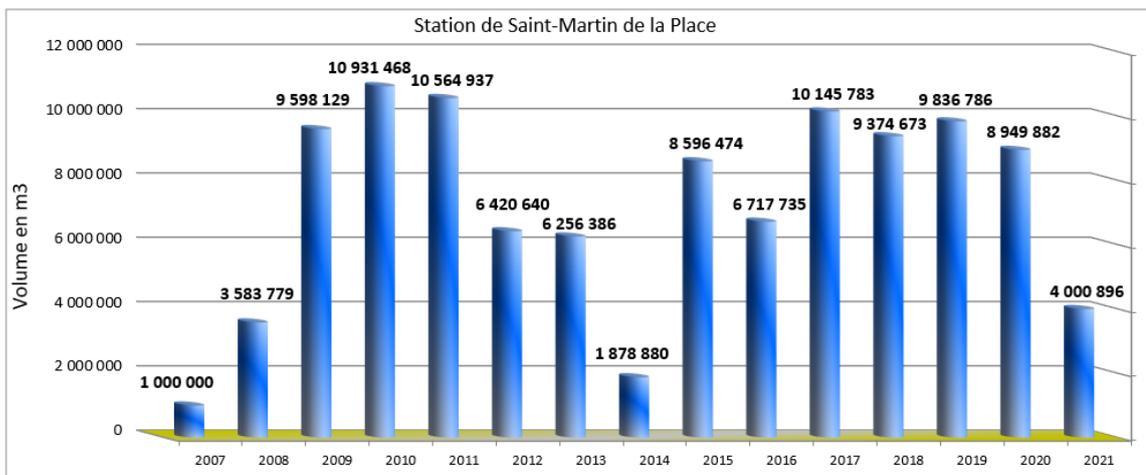
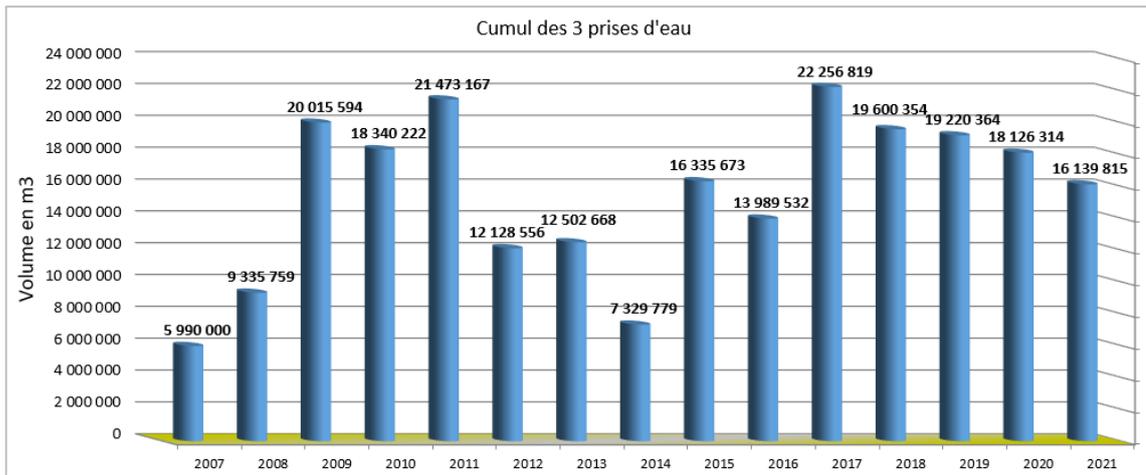


Figure 2.6 : Volumes annuels prélevés en Loire au droit de la prise d'eau à Saint-Martin-de-la-Place (source : SYDEVA)



2.2.2 Figure 2.7 : Cumul des volumes annuels prélevés en Loire au droit des 3 prises d'eau (source : SYDEVA) Réseau d'irrigation BBJ

Le réseau d'irrigation de Beaufort-en-Anjou, Brion et Longué-Jumelles (BBJ) est le principal réseau d'irrigation dans le Val de l'Authion. Ce réseau a été créé en 2006.

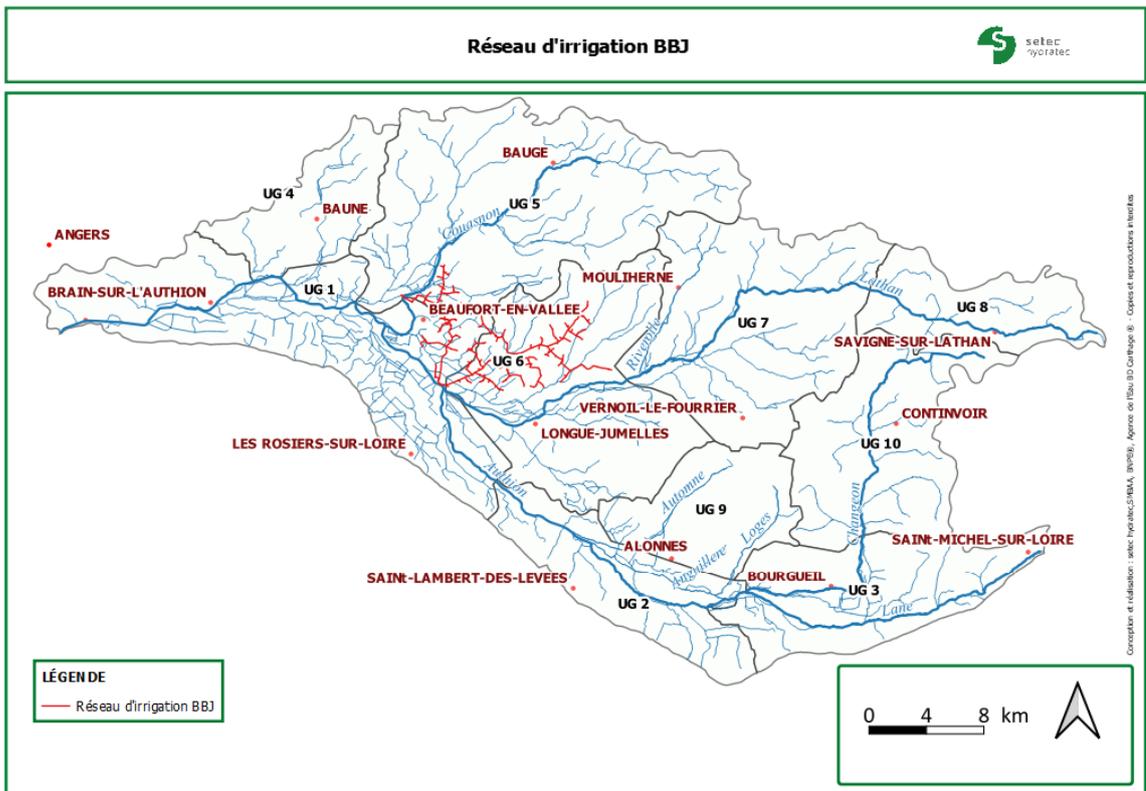


Figure 2.8 : Localisation du réseau d'irrigation BBJ

L'arrêté inter-préfectoral n°89 du 7 avril 2021 définit les valeurs maximales au niveau de la prise d'eau pour l'alimentation du réseau d'irrigation BBJ.

Tableau 4 : Conditions d'exploitation de la prise d'eau dans l'Authion (source : arrêté inter-préfectoral n°89 du 7 avril 2021)

Prise d'eau	Débit maximum de prélèvement du 16 mai au 30 septembre	Débit maximum de prélèvement du 1 ^{er} octobre au 15 mai
Beaufort-en-Anjou	1.2 m ³ /s	0.5 m ³ /s
	Volume maximal annuel	
	3 800 000 m ³	

Les prélèvements pour l'alimentation du réseau BBJ se concentrent sur la période juillet – août. Les volumes prélevés maximaux ont été observés en 2010 / 2020, et ne dépassent pas le seuil autorisé de 3 800 000 m³. Les volumes prélevés minimaux ont été observés 2007 / 2014. Les observations sont cohérentes par rapport à la pluviométrie enregistrée à la station de Saint-Mathurin-sur-Loire pour ces périodes. La période estivale en 2007 et 2014 a été relativement pluvieuse, de ce fait les besoins en irrigation n'ont pas été très importants.

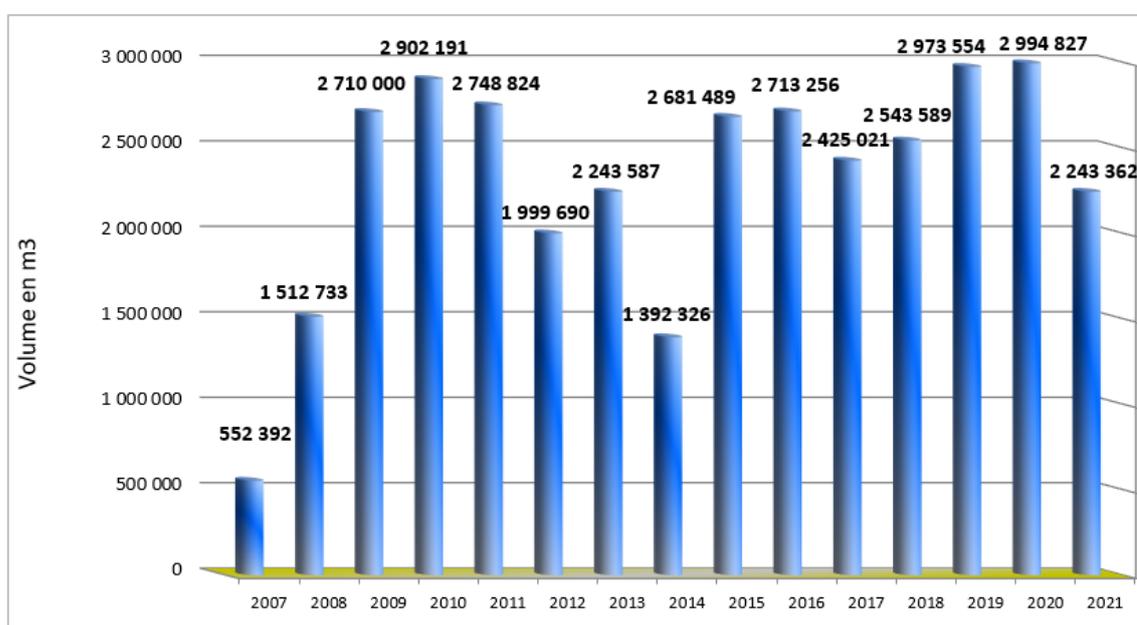


Figure 2.9 : Volumes annuels prélevés pour l'alimentation du réseau BBJ (source : SYDEVA)

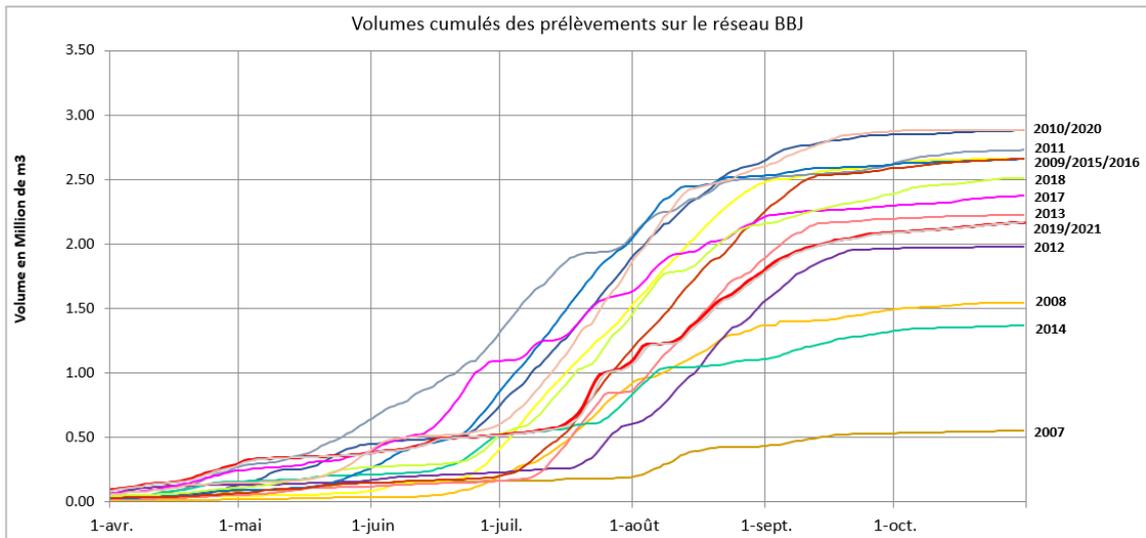


Figure 2.10 : Volumes cumulés des prélèvements sur le réseau BBJ (source : SYDEVA)

Tableau 5 : Précipitations mensuelles (en mm) d'avril à octobre à la station de Saint-Mathurin-sur-Loire pour les années 2007,2010,2014 et 2020

	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre
2007	45.6	56.9	94	81.2	63.2	11.8	24.8
2010	21.6	41.9	39.5	5.8	30.4	39.9	52.1
2014	50.6	107.1	29.9	66.1	117.3	14.2	45.6
2020	47.8	51.6	57.1	3.2	68.4	45.2	85.6

2.2.3 Retenue des Mousseaux

Le barrage des Mousseaux est implanté sur le cours d'eau du Lathan et crée une retenue artificielle sur une superficie d'environ 240 ha. En période estivale, le barrage des Mousseaux permet un soutien d'étiage du Lathan. En période hivernale, le barrage des Mousseaux se remplit progressivement jusqu'à sa capacité de stockage maximale d'environ 5 millions m³.

En 2014, le volume maximal est atteint avec 5.36 millions m³. En revanche, en 2017 et 2007 le volume stocké est inférieur à 2.5 millions m³. En comparant avec les données pluviométriques de la station de Savigné-sur-Lathan, les volumes stockés sont cohérents avec la pluviométrie observée pendant la période de remplissage de la retenue. Le cumul des précipitations entre octobre et mars est de l'ordre de 421 mm et 426 mm, respectivement pour 2010 et 2014 tandis qu'il s'abaisse à 372 mm et 278 mm pour 2007 et 2017.

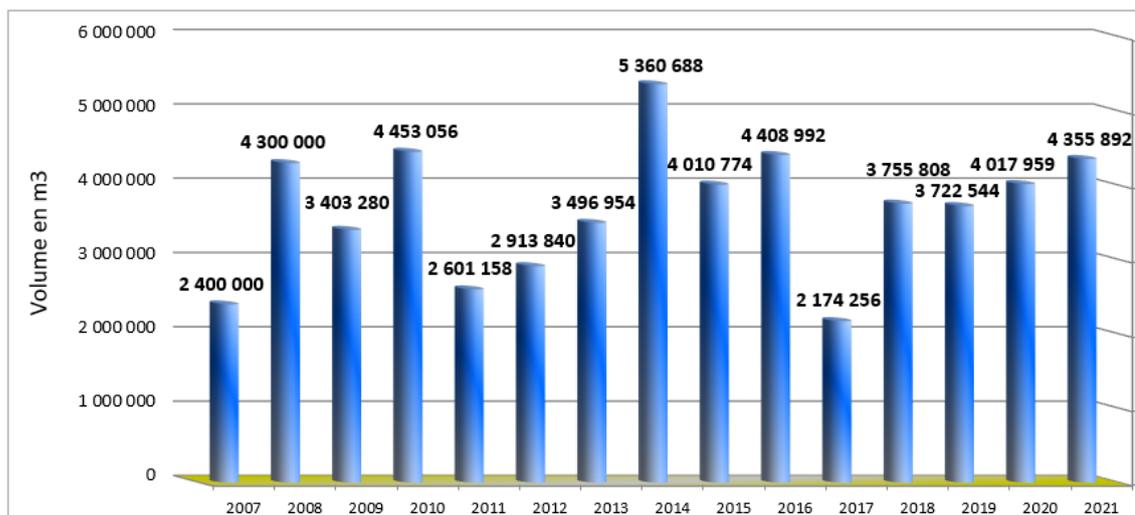


Figure 2.11 : Volumes annuels stockés par la retenue des Mousseaux (source : SYDEVA)

Tableau 6 : Précipitations mensuelles (en mm) à la station de Savigné-sur-Lathan pour les années 2007,2010,2014 et 2020

	Jan.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
2007	45.4	101.4	74.6	5.1	67.7	84.7	73.9	76.1	28.3	34.9	63	52.4
2010	30.5	78.8	61.7	14.2	21.2	64.1	32.3	27.8	62.4	64.7	77.3	108.1
2014	97.3	120	21.6	59.7	96.3	60.2	55.8	104.4	13.8	77.2	63.2	46.7
2017	24.6	54.1	59.3	6.3	65.3	71	29.7	64.2	55.9	23.8	42.9	73.8

2.2.4 Ouvrages hydrauliques

Deux principaux types d'ouvrages hydrauliques sont présents en parts égales sur le bassin de l'Authion :

- les ouvrages de régulation (nombre : 649) : clapets, vannages, barrages, batardeaux et seuils ;
- les ouvrages de franchissement (nombre : 649) : passages de buse, ponts et passerelles.

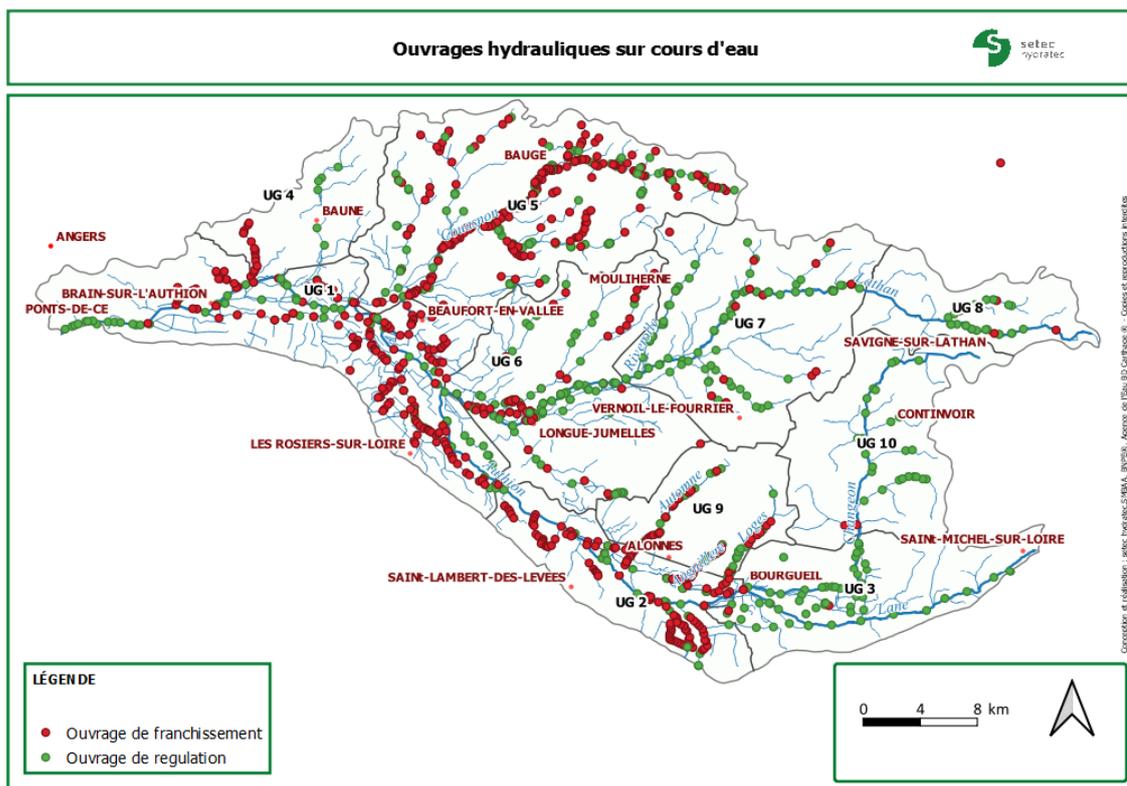


Figure 2.12 : Localisation des ouvrages de régulation et des ouvrages de franchissement

Les ouvrages de régulation impactent fortement l'hydrologie des cours d'eau : influence sur la ligne d'eau en amont, régulation des débits, dérivation vers des bras secondaires...

Ils se concentrent sur les bras principaux des cours d'eau (Authion, Couasnon, Lathan et Changeon) mais sont également présents sur le réseau hydrographique secondaire (l'Automne, l'Anguillère et le ruisseau des Loges (affluent de l'Authion), ruisseau de St-Gilles (affluent du Changeon) ...).

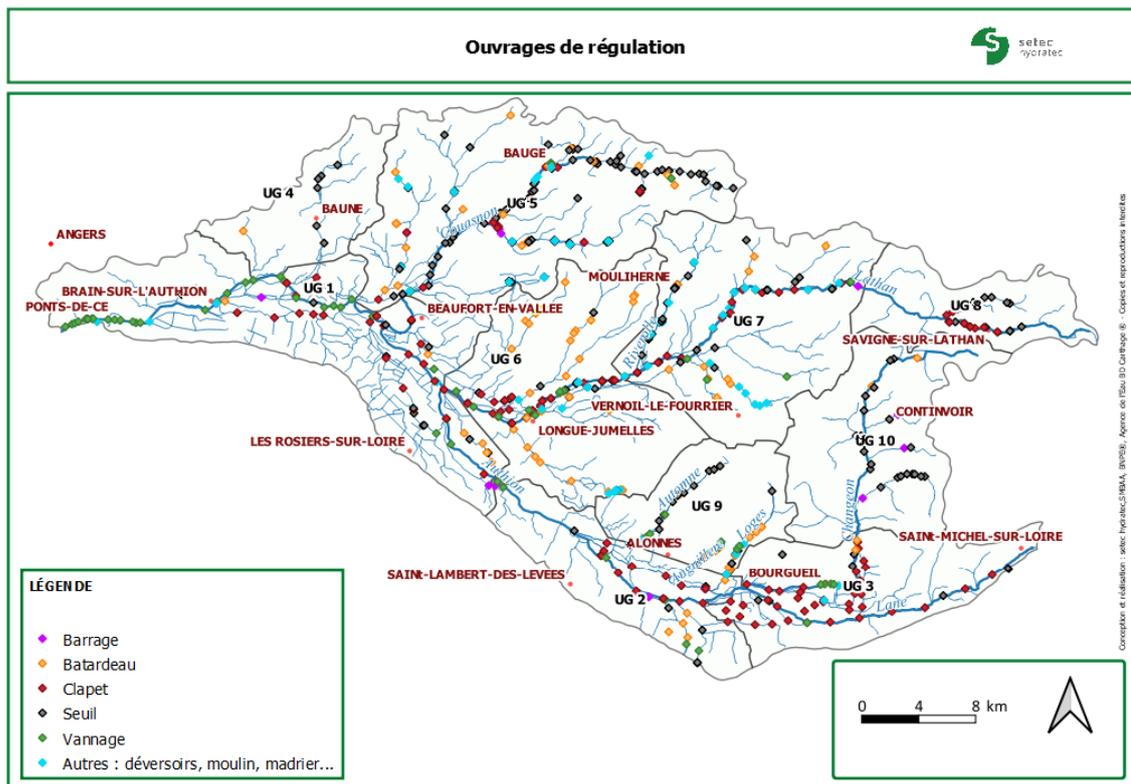


Figure 2.13 : Type d'ouvrages de régulation présents sur le bassin de l'Authion

2.3 PLANS D'EAU

Le territoire du SAGE est couvert par un nombre très important de plans d'eau. Ils sont de plusieurs types :

- La retenue des Mousseaux, d'une surface de 240 hectares (2.4 km²), déjà présentée ci-avant
- Environ 390 retenues à usage irrigation. Les prélèvements pour alimenter ces retenues sont généralement connus puisqu'ils donnent lieu à des déclarations dans le cadre du PAR.
- D'autres plans d'eau divers : mares, bassins de rétention des eaux pluviales, etc.

L'ensemble de ces plans d'eau occupent une surface de 7.8 km² hors réservoir des Mousseaux.

2.3.1 Impact des plans d'eau sur le bilan hydrologique

L'impact des plans d'eau sur le bilan hydrologique est le suivant :

- Intensification des pertes par évaporation du fait du caractère stagnant des eaux captées et des surfaces en contact avec l'atmosphère de manière d'autant plus intense que les températures atmosphériques et/ou les vitesses du vent sont élevées.
- Une partie de l'eau captée par les plans d'eau est ainsi évaporée et ne retourne potentiellement pas au milieu naturel localement.
- Captage des eaux s'écoulant en rivière (pour les plans d'eau alimentés par cours d'eau) ou des eaux issues de sources ou du ruissellement. Les volumes ainsi captés sont autant d'eau subtilisée pour le milieu naturel et les usages à l'aval.

En ce qui concerne le captage des eaux en rivière ou issues du ruissellement et de sources, l'impact sera d'autant plus important que le prélèvement s'effectue en période de tension sur la ressource (pendant l'étiage estival). Il convient donc de vérifier que les plans d'eau, bien qu'étant majoritairement remplis en période hivernale, ne continuent pas à prélever au milieu naturel durant l'étiage (compensation des volumes évaporés ou prélevés par les usages par un prélèvement au milieu). Pour cela, il convient d'analyser si le plan d'eau est connecté au milieu naturel.

Si un plan d'eau est connecté au cours d'eau (par un ouvrage non régulé, voire par la nappe alluviale), tout prélèvement ou perte par évaporation dans celui-ci sera immédiatement compensé par un nouveau prélèvement dans le cours d'eau.

En revanche, si le plan d'eau est déconnecté du cours d'eau et n'est alimenté que par pompage dans ce dernier durant la période de hautes eaux, l'impact du plan d'eau sur l'écoulement de surface à l'étiage est nul. Il peut en revanche échanger avec la nappe périphérique et/ou sous-jacente si une connexion hydraulique existe avec celle-ci.

2.3.2 Typologie des plans d'eau du territoire

La superficie des plans d'eau est très diverse (hors retenue des Mousseaux) :

- Environ 120 plans d'eau ont une superficie supérieure à 10 000 m² ;
- 286 ont une surface supérieure à 5 000 m² ;
- 2 500 ont une surface inférieure à 5 000 m².

Il n'existe pas d'analyse précise de la connexion au milieu des plans d'eau du bassin versant.

2.3.3 Calcul des volumes évaporés par les plans d'eau

Le chapitre dédié aux volumes évaporés est déplacé dans le Chapitre USAGES.

2.4 PLUVIOMETRIE

2.4.1 Variabilité géographique

De manière générale, le bassin de l'Authion est caractérisé par un climat océanique.

Toutefois, la carte des précipitations moyennes annuelles fournie par Météo France met en évidence une variabilité géographique des précipitations sur le bassin. La pluviométrie est plus marquée (précipitations supérieures à 700 mm/an) sur les têtes de bassin versant au Nord et à l'Est du bassin, tandis que le Val d'Authion se caractérise par des cumuls pluviométriques plus faibles, inférieurs à 600 mm.

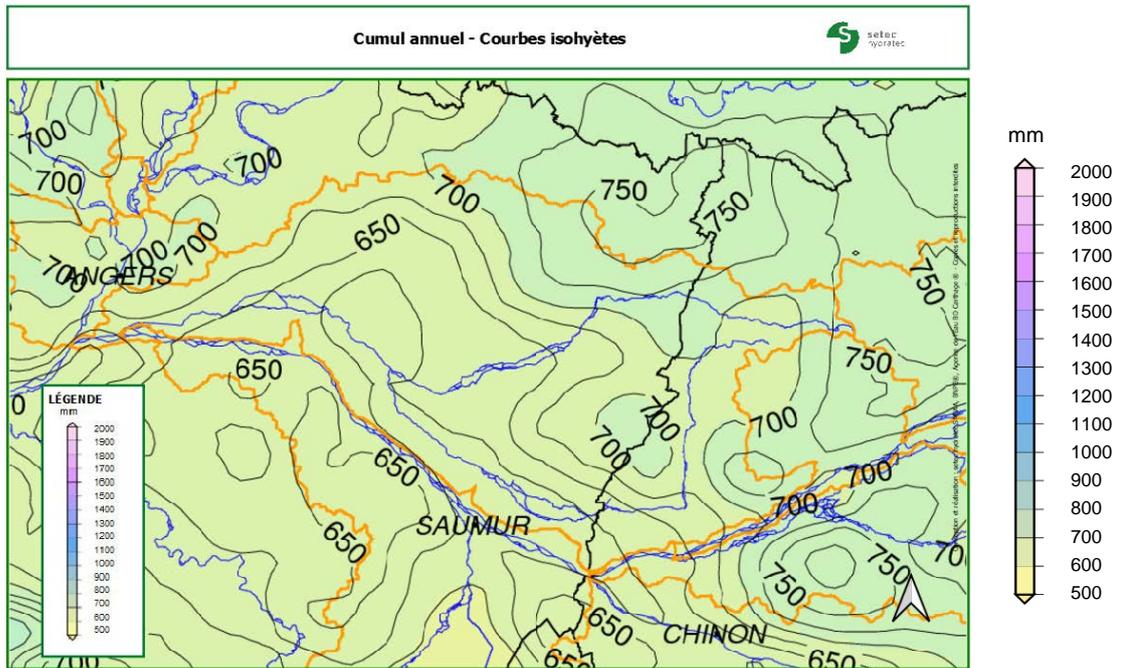


Figure 2.14 : Précipitations moyennes annuelles (source Météo France)

Au regard de cette analyse, cinq stations pluviométriques suivies par Météo France ont été considérées sur le bassin de l'Authion. Ces stations permettent d'avoir une bonne représentation de la répartition des précipitations.

- Fontaine-Guérin (2004-2021),
- Marcé (2001-2021),
- Saint-Mathurin-sur-Loire (2001-2021),
- Vernantes (2001-2021),
- Savigné-sur-Lathan (2001-2021).

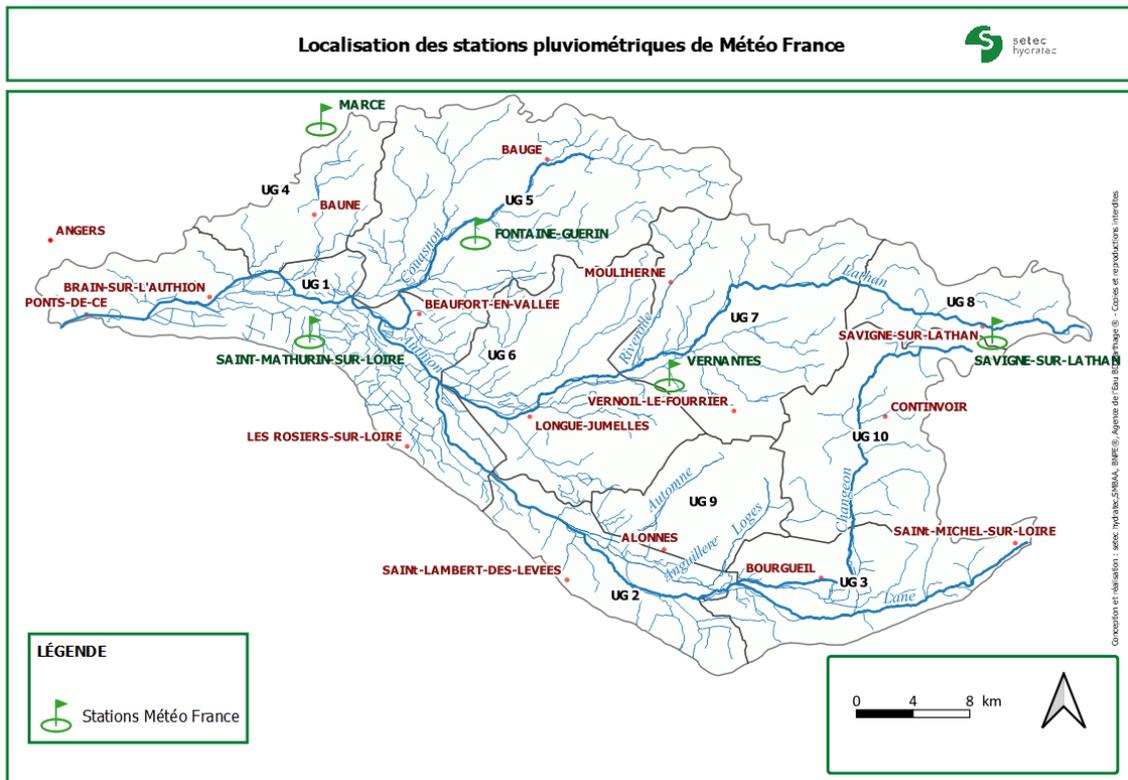


Figure 2.15 : Stations pluviométriques de Météo France considérées

2.4.2 Variabilité temporelle

Comme évoqué dans le paragraphe précédent, les stations de Savigné-sur-Lathan et Vernantes, situées à l'Est du bassin, présentent les cumuls de précipitations les plus importants. Toutefois, cette tendance n'est pas visible sur l'ensemble des années compte tenu de la variabilité des phénomènes orageux estivaux (exemple : juin 2018).

Les cumuls annuels des précipitations pour les stations pluviométriques considérées entre 2001 et 2021 décrivent des cycles de 5 ans. Le dernier cycle décrit à partir de 2018 est moins marqué. Les cumuls maximaux sont visibles en 2001, 2012 et 2018, tandis que les cumuls minimaux sont observés en 2005 et 2011.

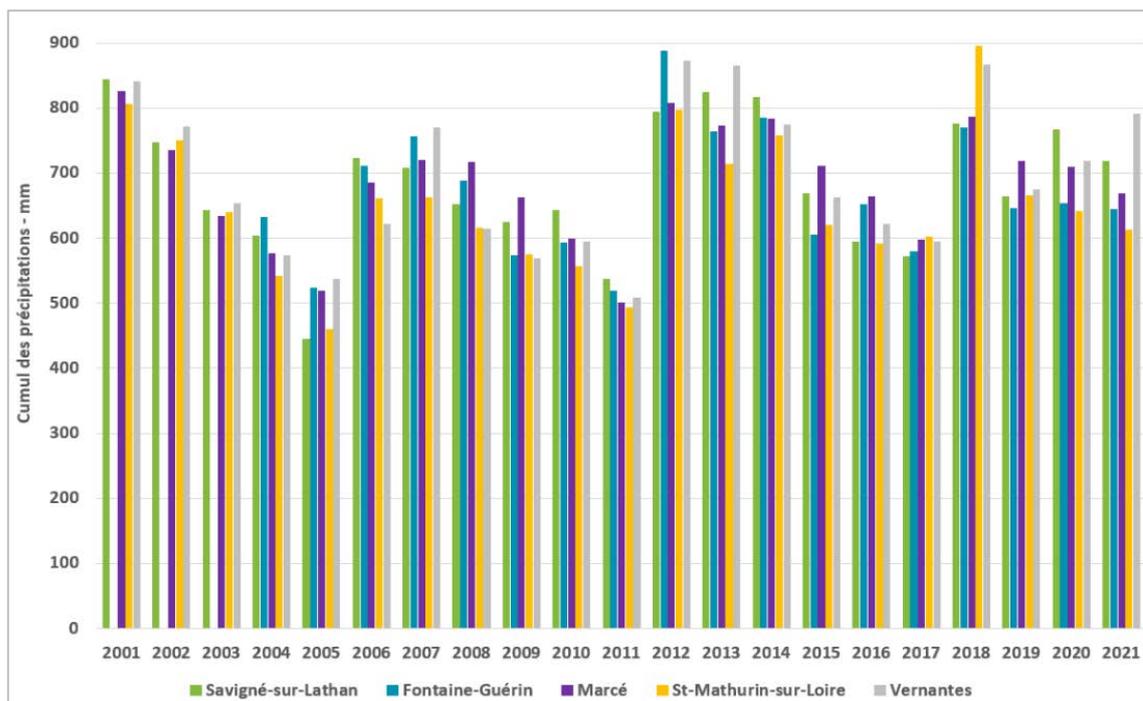


Figure 2.16 : Cumuls annuels des précipitations pour les stations pluviométriques considérées (2001-2021)

Les cumuls mensuels mettent en évidence des précipitations plus importantes d'octobre à janvier. Cela s'explique par l'observation de pluies longues et fréquentes. A noter que l'amplitude des mesures est très importante pour le mois d'octobre (~200 mm).

Le mois de mai montre également des cumuls importants, caractéristiques de pluies printanières. En revanche, deux périodes se remarquent avec des cumuls plus faibles : février – avril (fin d'hiver/début printemps) et juin-septembre (été).

A noter que l'amplitude des mesures est très importante pour le mois de juillet (~180 mm). Cette amplitude traduit notamment les orages estivaux.

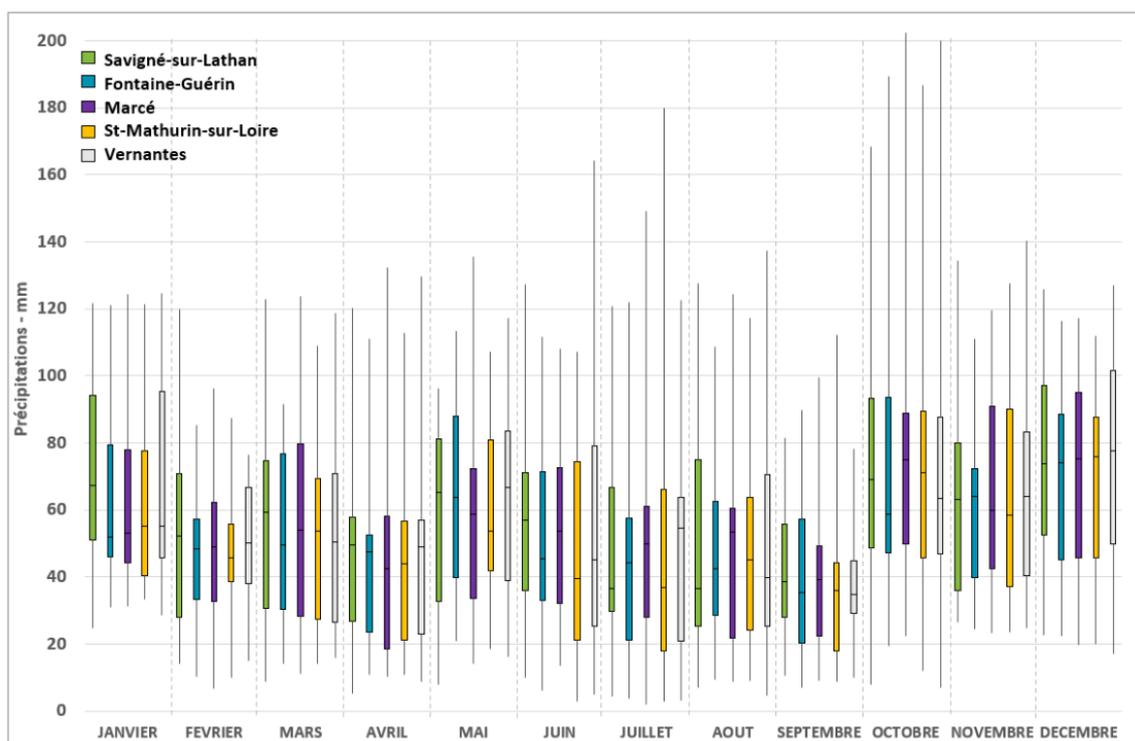


Figure 2.17 : Précipitations moyennes mensuelles pour les stations pluviométriques considérées (2001-2021) avec les minimum et maximum observés

2.5 ÉVAPO-TRANSPIRATION

L'évapotranspiration potentielle (ETP Penman moyenne) n'est pas calculée pour les stations Météo France du bassin versant. Nous reprenons ci-dessous les valeurs d'évapotranspiration potentielle fournies aux stations de Beaucouzé (Angers, 49) et Parçay-Meslay (Tours, 37).

- La station Météo France de Beaucouzé (49) :

Sur la période 1981-2010 :

janv.	fév.	mars	avril	mai	juin	juillet	août	Sept.	oct.	nov.	déc.	Cumul annuel
Evapotranspiration potentielle (ETP Penman moyenne en mm)												
12.1	23.7	52.4	83.2	113.8	141.6	146.7	120.7	78.1	39.1	13.4	9.1	833.9

Sur la période 1991-2020 :

Evapotranspiration potentielle (ETP Penman moyenne en mm)												
12.1	24.1	53.0	84.4	116.1	138.1	148.8	123.1	79.6	39.5	14.8	10.7	844.3

- La station Météo France de Parçay-Meslay (37) :

Sur la période 1991-2020 :

Evapotranspiration potentielle (ETP Penman moyenne en mm)												
11.9	24.2	55.0	87.7	116.7	140.6	154.3	129.5	85.4	41.6	15.1	10.6	872.6

Nous observons une évapotranspiration plus importante pour la station de Parçay-Meslay (37).

Nous observons également une tendance à l'augmentation de l'ETP entre la période 1981-2010 et la période 1991-2020.

2.6 ANALYSE DES MESURES QUANTITATIVES DE SURFACE

2.6.1 Disponibilité des données

De manière générale, plus une chronique de données est longue et récente, plus l'analyse statistique des données sera robuste et fiable.

Douze stations hydrologiques historiques étaient présentes sur le bassin de l'Authion. La période 1967-1980 est commune pour une majorité des stations historiques. Parmi elles, deux stations présentent une chronique importante : le Lane à Saint-Patrice (31 ans) et le Changeon à Benais (28 ans).

Un manque de données conséquent apparaît entre 1984 et 2008.

Les stations débitmétriques installées par le SYDEVA dans les années 2000 ont permis d'actualiser la connaissance hydrologique sur le bassin de l'Authion. Les stations hydrologiques sur le Lathan à la Moutonnerie et à Rillé ont été installées par le SYDEVA en 2021. Ces stations n'ont pas été considérées dans le reste du rapport compte tenu de la faible quantité de données.

Les stations suivies par le SYDEVA présentent des chroniques qui s'étendent sur plus de 9 ans. Le Lathan aux Mousseaux présente la chronique la plus importante (18 ans).

La figure ci-dessous compare les chroniques de données disponibles pour les stations hydrologiques historiques et actuelles sur le bassin de l'Authion.

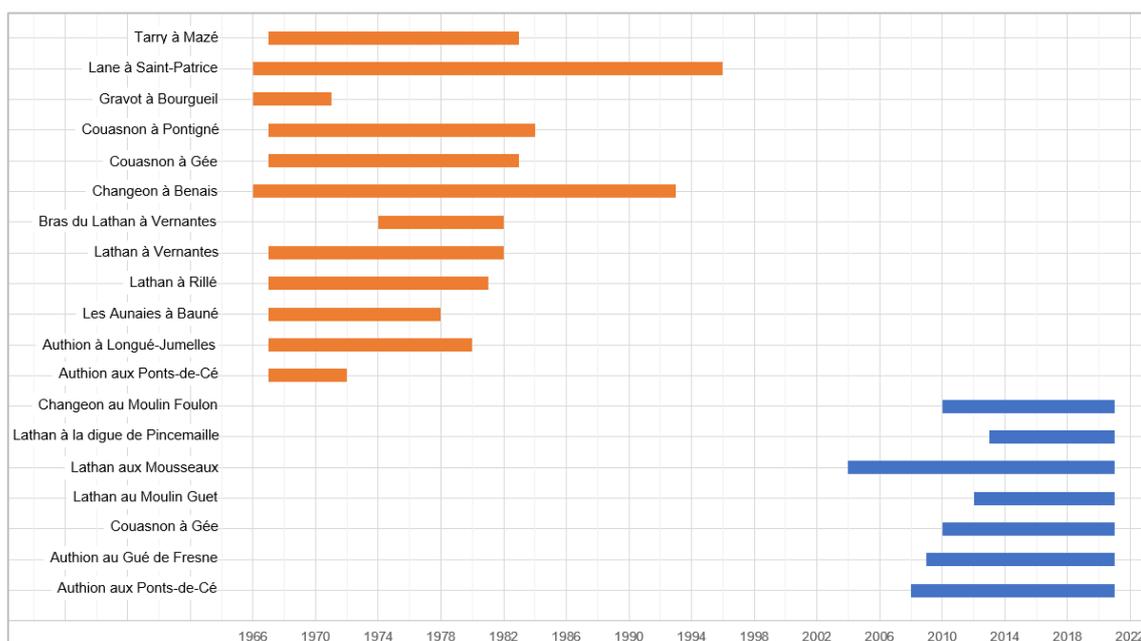


Figure 2.18 : Comparaison des chroniques de données au droit des stations hydrologiques

Dans le cadre de l'étude, des analyses statistiques spécifiques ont été réalisées sur les données issues des stations hydrologiques récentes. La chronique des données disponibles a été vérifiée par station. Les tableaux suivants indiquent le nombre de jours pour lequel des mesures ont été enregistrées par mois pour les stations suivies par le SYDEVA.

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
2008	1	29	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
2009	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
2010	31	28	31	30	31	29	30	27	30	31	28	31
2011	31	28	30	30	31	30	31	18	30	25	28	31
2012	31	26	31	21	29	30	31	31	30	31	30	31
2013	31	28	31	30	31	30	31	31	30	27	23	31
2014	31	23	20	30	31	30	31	31	30	28	30	31
2015	31	28	29	30	31	30	26	31	30	30	30	31
2016	31	29	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
2017	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
2018	0	0	0	0	0	0	27	31	30	31	30	31
2019	31	28	30	30	31	30	31	31	30	31	30	31
2020	31	29	30	30	31	30	31	31	30	31	30	30
2021	31	28	30	30	31	30	31	31	28	30	26	31

Figure 2.19 : Disponibilité des données débitmétriques sur l'Authion aux Ponts-de-Cé (2008-2021)

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
2009	0	0	0	0	0	0	3	31	30	31	30	31
2010	0	0	14	30	10	26	25	26	18	25	0	0
2011	0	9	22	29	31	28	31	31	25	19	0	14
2012	31	29	31	30	31	30	31	31	30	13	0	0
2013	0	0	0	14	28	23	30	29	30	21	8	31
2014	27	0	18	30	24	30	26	31	29	31	30	11
2015	26	5	15	29	23	30	17	31	30	23	30	30
2016	11	0	0	11	30	28	31	31	28	31	30	31
2017	9	14	30	30	31	30	31	31	30	31	15	0
2018	0	0	21	16	29	21	31	30	30	31	10	0
2019	0	0	19	30	31	28	31	31	30	30	27	13
2020	0	0	2	30	31	30	31	31	30	31	30	14
2021	0	0	26	30	31	28	31	31	28	11	0	0

Figure 2.20 : Disponibilité des données débitmétriques sur l'Authion au Gué de Fresne (2009-2021)

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
2010	31	28	27	14	31	30	31	31	30	31	14	0
2011	19	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
2012	31	29	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
2013	31	28	31	17	18	30	31	31	30	31	30	31
2014	31	23	19	30	31	30	31	31	30	31	30	31
2015	31	28	31	30	31	30	31	31	30	17	27	31
2016	31	29	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
2017	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
2018	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
2019	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
2020	31	29	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
2021	31	28	31	30	31	30	31	31	30	22	22	16

Figure 2.21 : Disponibilité des données débitmétriques sur le Couason à Gée (2010-2021)

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
2012	31	29	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
2013	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
2014	31	23	27	30	31	30	31	31	30	31	30	31
2015	31	28	31	30	31	30	31	26	30	26	30	31
2016	31	29	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
2017	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	11
2018	19	0	10	30	31	30	31	31	30	31	30	21
2019	2	28	30	30	31	30	31	31	30	31	30	31
2020	31	29	29	22	31	30	31	31	30	31	30	20
2021	31	28	12	22	31	8	0	0	0	0	0	0

Figure 2.22 : Disponibilité des données débitmétriques sur le Lathan au Moulin Guet (2012-2021)

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
2004	31	29	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
2005	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
2006	31	28	28	26	31	30	31	31	30	31	30	31
2007	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	30
2008	31	29	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
2009	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
2010	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
2011	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
2012	31	29	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
2013	7	0	0	0	0	0	0	31	31	30	31	30
2014	6	4	28	30	28	30	31	31	30	31	30	31
2015	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
2016	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
2017	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
2018	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
2019	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
2020	31	29	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
2021	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31

Figure 2.23 : Disponibilité des données débitmétriques sur le Lathan aux Mousseaux (2004-2021)

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
2013	0	0	0	0	0	0	0	6	31	30	31	3
2014	0	0	0	0	0	0	0	27	31	30	31	30
2015	6	0	0	0	0	0	1	31	31	30	31	30
2016	0	0	0	0	0	0	0	20	31	30	31	30
2017	14	28	31	30	30	30	1	31	31	30	31	28
2018	19	0	0	0	0	0	0	12	31	30	31	30
2019	0	0	0	0	0	0	0	31	31	30	23	0
2020	0	0	0	0	0	0	0	19	31	30	31	18
2021	0	0	0	0	0	0	0	7	31	30	29	13

Figure 2.24 : Disponibilité des données débitmétriques sur le Lathan à la digue de Pincemaille (2013-2021)

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
2010	31	28	31	25	6	30	31	31	30	31	30	17
2011	16	6	0	0	23	30	31	31	30	31	30	31
2012	31	29	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
2013	31	14	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
2014	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
2015	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
2016	31	29	31	30	31	30	31	31	30	31	30	2
2017	0	0	0	0	16	30	31	31	30	31	30	31
2018	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
2019	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
2020	31	29	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
2021	27	28	31	30	31	30	31	31	30	31	9	0

Figure 2.25 : Disponibilité des données débitmétriques sur le Changeon au Moulin Foulon (2010-2021)

Les chroniques de données sont globalement continues sur l'ensemble des stations suivies par le SYDEVA, exceptées les stations présentes sur l'Authion au Gué de Fresne et sur le Lathan à la digue de Pincemaille. Pour ces stations, les chroniques sont respectivement complètes à 66 % et 44 %. Tandis que pour les autres stations ce pourcentage varie entre 89 et 96 %.

Les nombres d'années hydrologiques complètes par station sont les suivants :

- L'Authion aux Ponts-de-Cé : 9 années
- L'Authion au Gué de Fresne (2009-2021) : aucune
- Le Couason à Gée (2010-2021) : 7 années
- Le Lathan au Moulin Guet (2012-2021) : 5 années
- Le Lathan aux Mousseaux (2004-2021) : 16 années
- Le Lathan à la digue de Pincemaille (2013-2021) : aucune
- Le Changeon au Moulin Foulon (2010-2021) : 8 années

2.6.2 Robustesse des données

La robustesse des données a été analysée uniquement pour les stations récentes mises en place dans les années 2000. Celles-ci sont plus représentative du fonctionnement hydrologique actuel du bassin versant de l'Authion. La robustesse des données a été vérifiée par croisement des données débitométriques et pluviométriques et à travers le retour du gestionnaire. La pluviométrie considérée correspond à ou aux station(s) présente(s) sur le bassin versant.

Il en ressort l'analyse suivante :

- **Station de l'Authion aux Ponts-de-Cé : la réponse hydrologique apparait différente selon les années en fonction des précipitations observées.**

En période estivale et lors d'un événement pluvieux intense, l'augmentation des débits reste très faible : les précipitations auront tendance à s'infiltrer dans les sols (exemple : juin 2009, mai et juin 2010, août 2011, juin 2017 et juin 2021).

Pour les périodes estivales pluvieuses (fréquences précipitations), la réponse hydrologique apparait rapide dès les premières précipitations hivernales importantes (hiver 2013, 2014, 2016 et 2021) en raison des niveaux hauts des nappes et des sols saturés.

Quand les précipitations hivernales ne s'avèrent pas importantes, l'augmentation des débits est moins marquée (hiver 2008, 2011, 2017 et 2019).

Concernant les débits d'étiage, les débits mesurés inférieurs à 3 m³/s ne sont pas très fiables. Une correction a été appliquée à ces valeurs (formule définie par le SYDEVA).

- **Station de l'Authion au Gué de Fresne : la ligne d'eau est influencée par la gestion d'un clapet à l'aval.**

Lors des événements pluvieux intenses, la réponse hydrologique à cette station est de l'ordre du jour (mai 2012 et 2020).

L'augmentation des débits hivernaux semble liée à l'accumulation des pluies automnales saturant les sols.

L'analyse reste limitée compte tenu du manque important de données en période hivernale pour les débits importants.

- **Station du Couasnon à Gée : la réponse hydrologique apparait différente selon les saisons.**

Les débits mesurés sont plutôt cohérents avec les débits jaugés.

Une nette augmentation du débit est visible lors de pluies printanières / estivales intenses, ces augmentations font notamment suite à des hivers pluvieux (mai 2014 et mai 2016, juin 2018).

En revanche, pour les pluies automnales intenses, la réponse hydrologique est totalement différente. À la suite de la période d'étiage, aucune augmentation des débits n'est observée.

- **Stations du Lathan à Moulin Guet, aux Mousseaux et à la digue de Pincemaille : la réponse hydrologique est influencée par le barrage des Mousseaux.**

Les débits de la station au Moulin Guet suivent globalement les variations saisonnières, excepté pour les hivers 2015 et 2017.

Les formes des hydrogrammes sont similaires entre le Moulin Guet et les Mousseaux. Les variations de débits sont observées sur les deux stations (mai 2015, hiver 2016, mars 2020 et février 2021). A la station des Mousseaux, les données sont manquantes durant l'hiver 2012 et 2013, l'augmentation de débits n'est pas visible.

Pour la station à la digue de Pincemaille, l'analyse reste limitée compte tenu du manque important de données. Les seuils sont posés dans l'été puis déposés avant l'hiver. Les mesures sont incohérentes lors de la baisse de niveau du lac des Mousseaux. L'augmentation des débits en mars 2017 et octobre 2018 n'est pas observée à la station des Mousseaux, ces débits sont tamponnés par la retenue.

- **Station du Changeon au Moulin Foulon : la réponse hydrologique apparait différente selon les saisons.**

L'augmentation des débits en hiver apparait très différente selon les précipitations automnales, cela est visible en comparant les hivers 2013 et 2014 aux hivers 2015, 2018 et 2019.

De manière générale, les données débitométriques sont cohérentes par rapport à la localisation des stations (comparaison amont / aval) et aux variations saisonnières et annuelles (comparaison avec les précipitations).

Ces données se montrent également robustes, par comparaison avec les débits jaugés lorsque les stations en disposent.

Le manque de données sur des chroniques plus ou moins longues est toutefois à noter, notamment sur les stations de l'Authion au Gué de Fresne et du Lathan à la digue de Pincemaille. L'analyse statistique sera limitée pour ces stations.

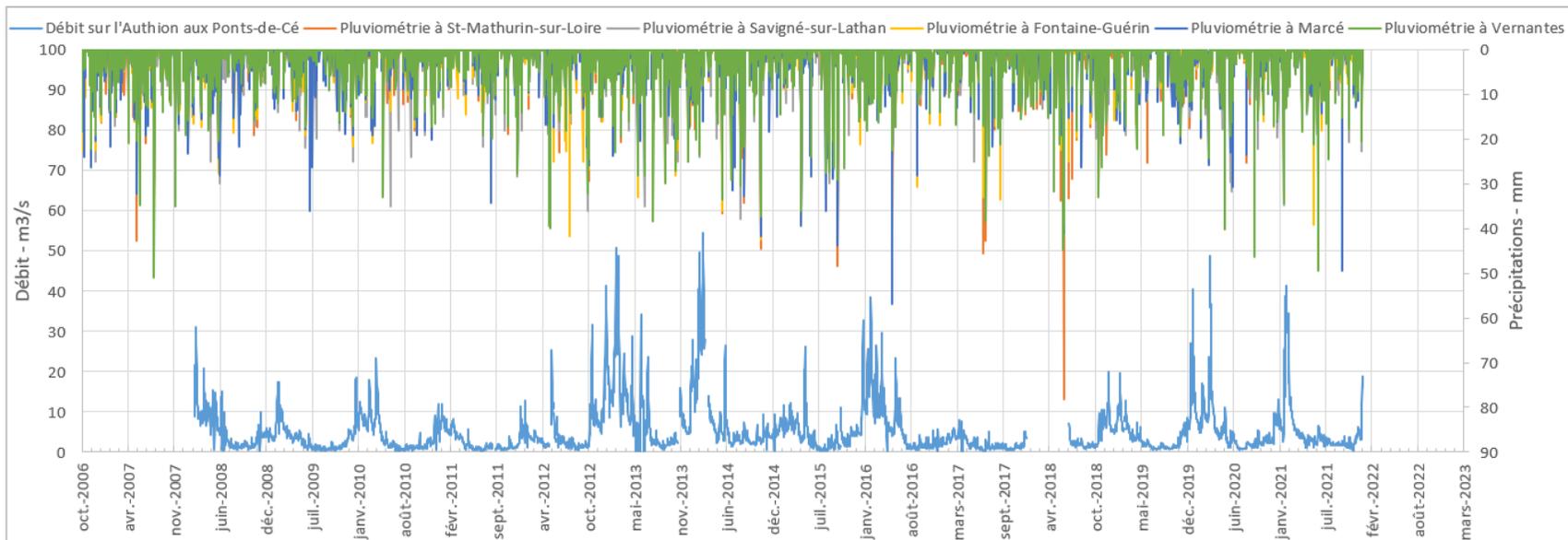


Figure 2.26 : Comparaison des données débitmétriques sur l'Authion aux Ponts-de-Cé (2008-2021) à la pluviométrie

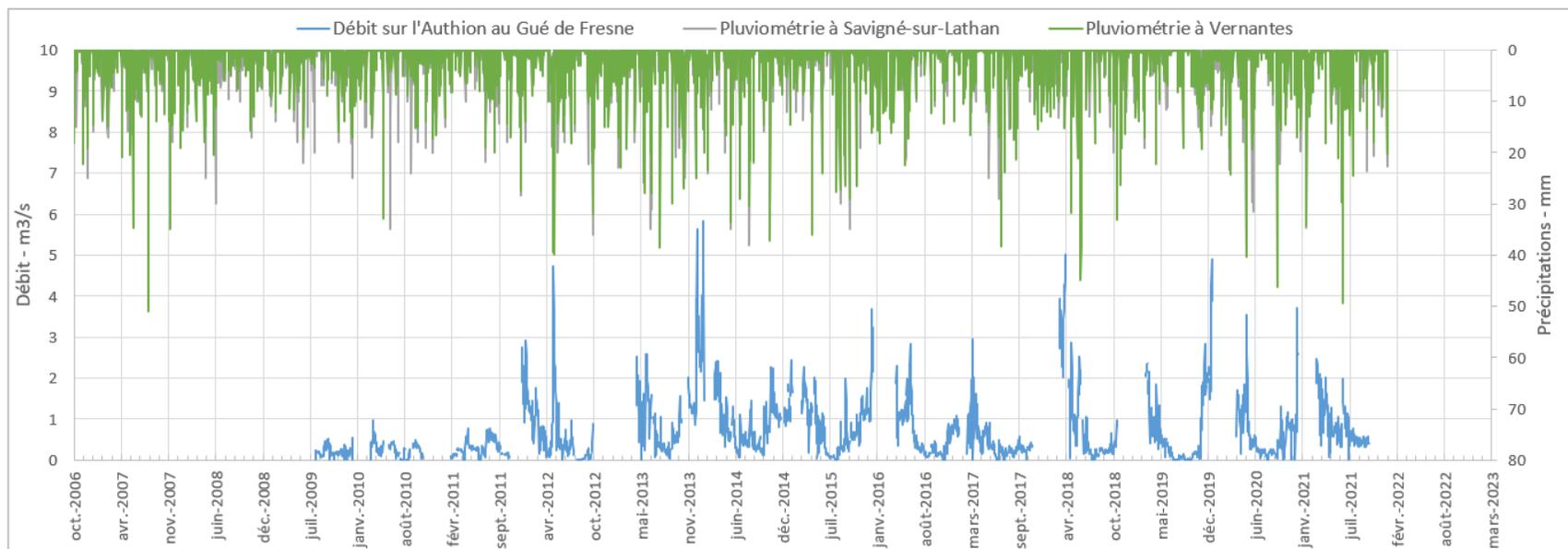


Figure 2.27 : Comparaison des données débitmétriques sur l'Authion au Gué de Fresne (2009-2021) à la pluviométrie

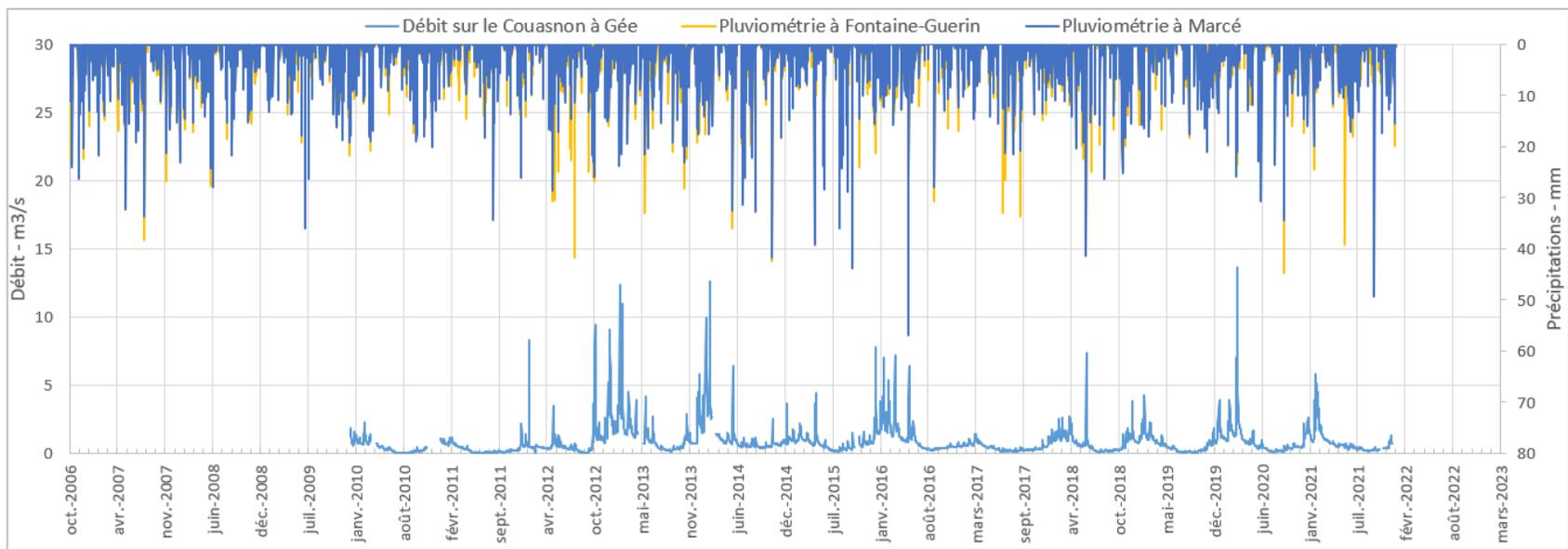


Figure 2.28 : Comparaison des données débitmétriques sur le Couason à Gée (2010-2021) à la pluviométrie

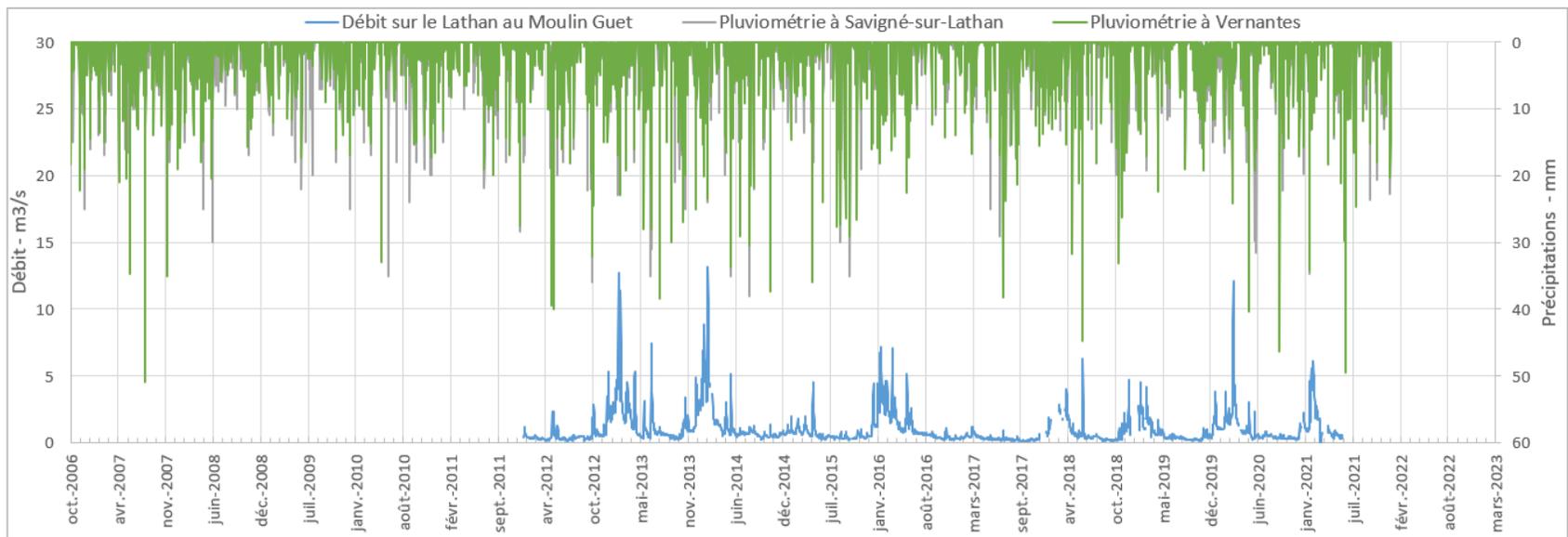


Figure 2.29 : Comparaison des données débitmétriques sur le Lathan au Moulin Guet (2012-2021) à la pluviométrie

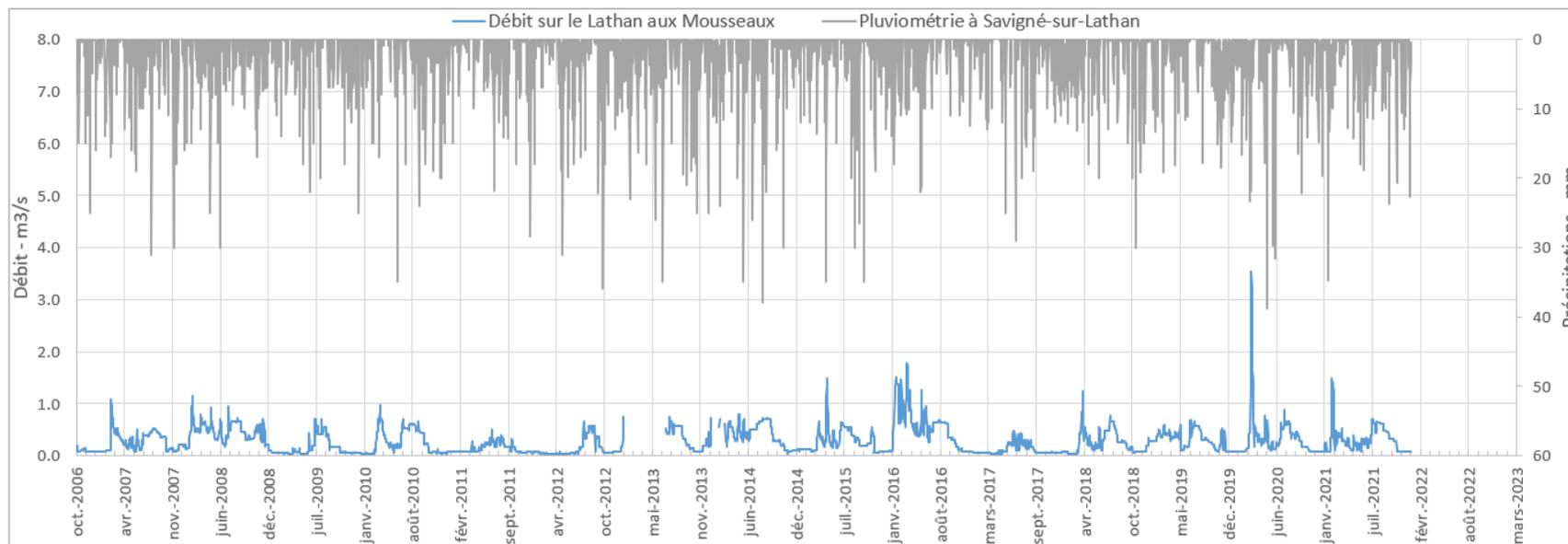


Figure 2.30 : Comparaison des données débitmétriques sur le Lathan aux Mousseaux (2004-2021) à la pluviométrie

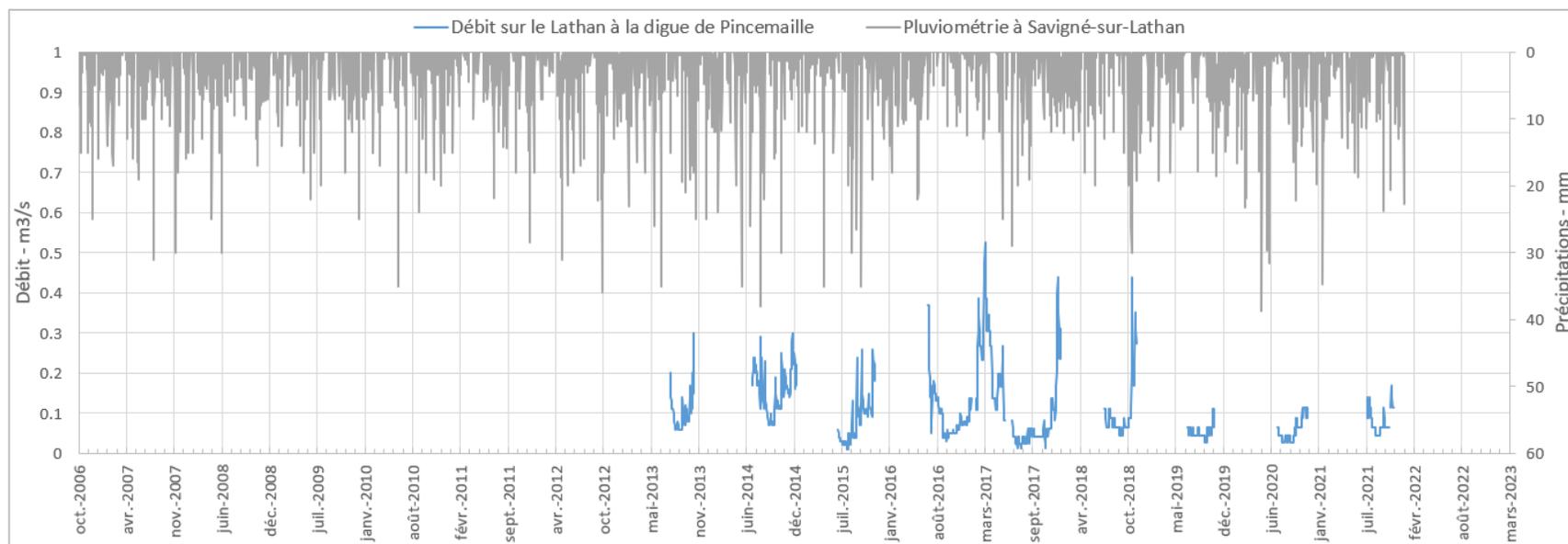


Figure 2.31 : Comparaison des données débitmétriques sur le Lathan à la digue de Pincemaille (2013-2021) à la pluviométrie

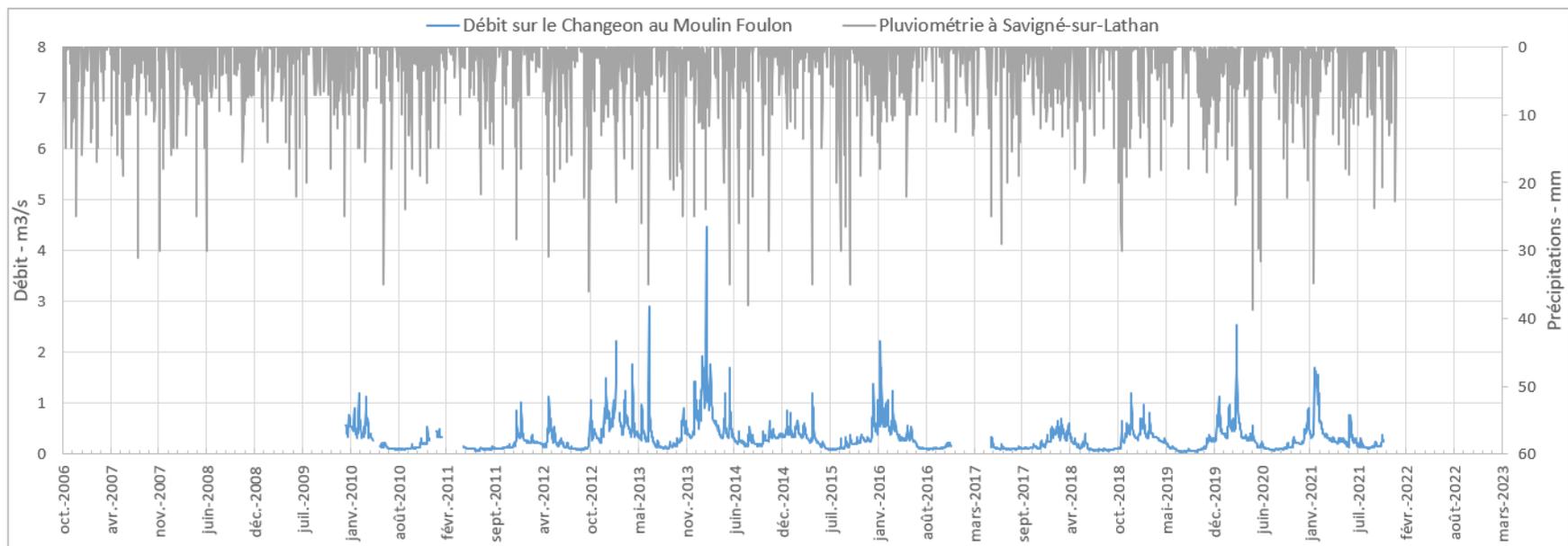


Figure 2.32 : Comparaison des données débitmétriques sur le Changeon au Moulin Foulon (2010-2021) à la pluviométrie

2.6.3 Calcul des grandeurs statistiques

Pour chaque station hydrométrique suivie par le SYDEVA disposant de mesures journalières de débit, des analyses statistiques ont été effectuées. Celles-ci ont permis d'approcher les grandeurs statistiques suivantes :

- Régime de crue :

Q5, Q10, Q20 et Q50 : débit journalier maximal annuel respectivement de période de retour 5 ans, 10 ans, 20 ans et 50 ans

- Régime ordinaire :

Module : débit annuel moyen sur une année hydrologique

Médian : débit dépassé la moitié de l'année

- Régime d'étiage :

QMM : débit moyen mensuel

QMNA2 et QMNA5 : débit mensuel minimal d'une année civile respectivement d'occurrence 2 ans et 5 ans

VCN3-2a, VCN3-5a, VCN3-10a : débit moyen minimal sur 3 jours consécutifs respectivement d'occurrence 2 ans, 5 ans et 10 ans

VCN10-2a, VCN10-5a, VCN10-10a : débit moyen minimal sur 10 jours consécutifs respectivement d'occurrence 2 ans, 5 ans et 10 ans

VCN30-2a, VCN30-5a, VCN30-10a : débit moyen minimal sur 30 jours consécutifs respectivement d'occurrence 2 ans, 5 ans et 10 ans

A noter que les chroniques de données sont relativement restreintes pour l'estimation des débits de crue journaliers Q10, Q20 et Q50. Une incertitude importante est à considérer pour ces débits. L'ajustement statistique pour les débits de crue a été effectué par une loi GEV en appliquant la méthode L-moment.

Pour les débits d'étiage, l'ajustement statistique a été effectué par une loi Galton à 2 et 3 paramètres en appliquant la méthode de vraisemblance ou la méthode des moments selon la distribution des échantillons.

Pour les stations hydrologiques historiques, les débits statistiques ont été extraits du site Hydro Portail.

Stations de débit suivies par le SYDEVA			Régime ordinaire (m3/s)													
Cours d'eau	Localisation	Chronique	Module	Médian	QMM janv.	QMM fév.	QMM mars	QMM avr.	QMM mai	QMM juin	QMM juil.	QMM août	QMM sept.	QMM oct.	QMM nov.	QMM déc.
Authion	Pont Bourguignon	2008-2021	5.353	3.755	9.798	11.543	8.704	5.513	4.935	3.344	1.759	1.673	1.535	2.450	3.393	6.998
Authion	Gué de Fresne	2009-2021	*	*	2.303	1.368	1.624	1.024	1.129	0.738	0.421	0.285	0.358	0.515	1.078	1.180
Couasnon	Gée	2010-2021	0.675	0.517	1.482	1.632	1.364	0.856	0.759	0.595	0.280	0.207	0.206	0.478	0.649	1.200
Lathan	Moulin Guet	2012-2021	1.026	0.677	1.658	2.119	1.794	1.062	0.839	0.780	0.514	0.482	0.365	0.373	0.570	1.134
Lathan	Mousseaux	2004-2021	0.242	0.204	0.110	0.281	0.385	0.328	0.246	0.283	0.476	0.497	0.338	0.185	0.129	0.097
Lathan	Digue Pincemaille	2013-2021	*	*	*	*	*	*	*	*	0.094	0.076	0.061	0.080	0.124	0.127
Changeon	Moulin Foulon	2010-2021	0.315	0.256	0.539	0.660	0.527	0.371	0.315	0.230	0.132	0.117	0.119	0.180	0.267	0.438

Stations de débit Hydro Portail			Régime ordinaire (m3/s)													
Cours d'eau	Localisation	Chronique	Module	Médian	QMM janv.	QMM fév.	QMM mars	QMM avr.	QMM mai	QMM juin	QMM juil.	QMM août	QMM sept.	QMM oct.	QMM nov.	QMM déc.
Authion	Pont Bourguignon	1967-1972	6.030	3.450	9.990	13.300	17.200	7.360	5.820	3.930	1.310	1.100	1.590	1.930	4.230	5.080
Authion	Longue-Jumelles	1967-1980	1.925	1.460	3.100	4.540	3.570	2.330	1.760	1.310	0.823	0.738	0.845	0.830	1.420	2.030
Bauné	Baune	1967-1978	0.096	0.072	0.166	0.225	0.177	0.114	0.092	0.060	0.035	0.022	0.030	0.045	0.087	0.113
Lathan	Rillé	1967-1981	0.267	0.157	0.416	0.758	0.495	0.328	0.300	0.208	0.104	0.082	0.084	0.098	0.146	0.218
Lathan	Vernantes	1967-1982	1.299	0.797	2.000	2.660	2.520	1.550	1.340	0.982	0.603	0.622	0.542	0.646	0.720	1.490
Bras du Lathan	Vernantes	1974-1982	0.132	0.090	0.173	0.325	0.238	0.138	0.145	0.088	0.057	0.055	0.075	0.072	0.090	0.140
Changeon	Benais	1966-1993	0.613	0.505	0.848	1.030	0.842	0.682	0.609	0.512	0.404	0.375	0.369	0.446	0.544	0.729
Couasnon	Gée	1967-1983	0.929	0.619	1.480	2.000	1.830	1.140	0.968	0.613	0.306	0.258	0.318	0.453	0.704	1.150
Couasnon	Pontigné	1967-1984	0.224	0.134	0.267	0.402	0.483	0.301	0.236	0.165	0.103	0.097	0.139	0.103	0.128	0.278
Gravot	Bourgueil	1966-1971	0.051	0.042	0.067	0.080	0.077	0.054	0.049	0.045	0.029	0.036	0.039	0.044	0.050	0.048
Lane	St-Patrice	1966-1996	0.166	0.106	0.309	0.397	0.281	0.183	0.165	0.134	0.072	0.051	0.060	0.056	0.108	0.198
Tarry	Mazé	1967-1983	0.096	0.058	0.167	0.202	0.182	0.108	0.093	0.051	0.040	0.029	0.033	0.046	0.069	0.133

*L'échantillon extrait ne comporte pas assez de valeurs pour pouvoir ajuster une loi de distribution.

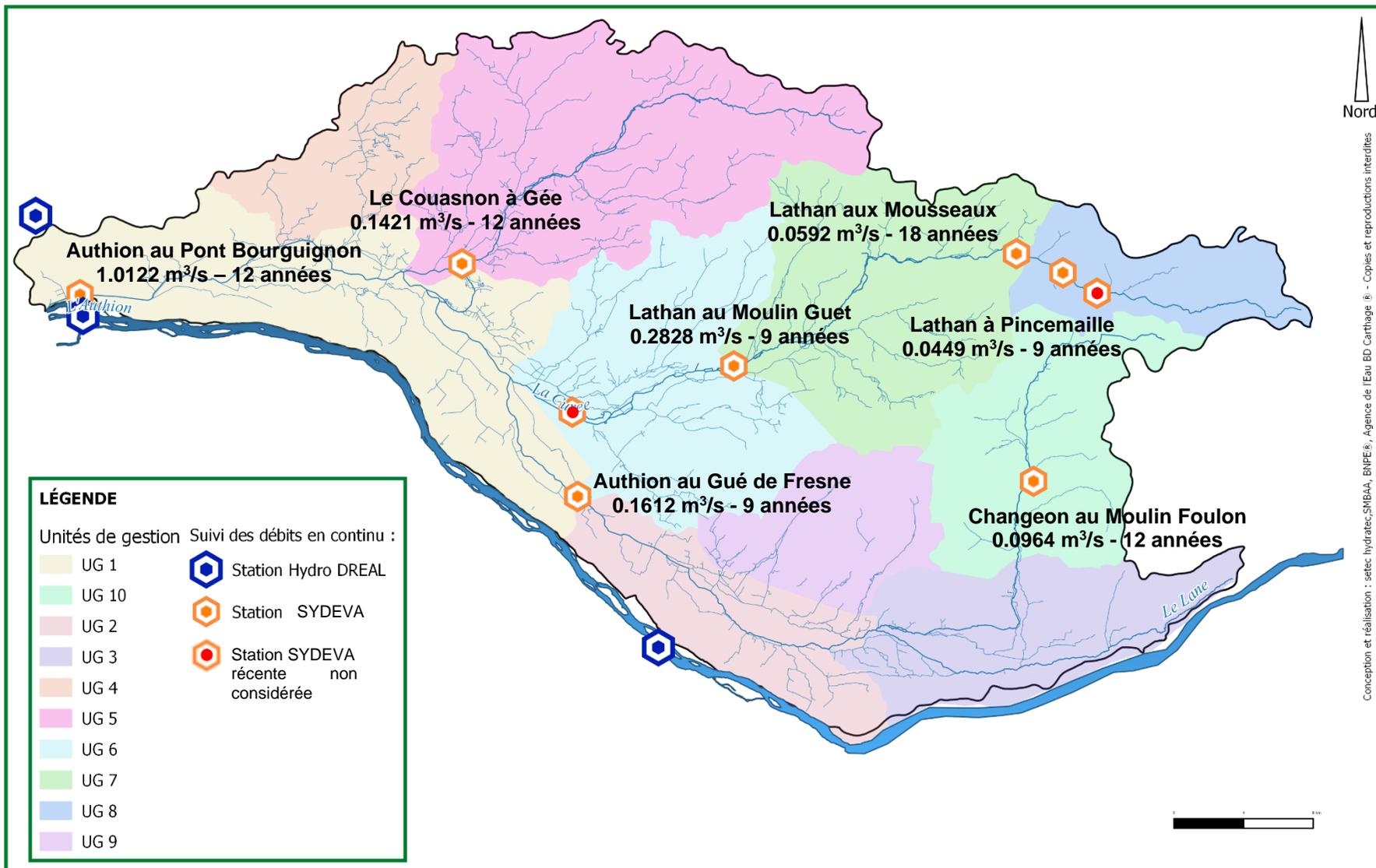
Figure 2.33 : Grandeurs statistiques estimées pour les régimes ordinaires au droit des stations débitmétriques considérées

Stations de débit suivies par le SYDEVA			Régime d'étiage (m3/s)										Régime de crues (m3/s)					
Cours d'eau	Localisation	Chronique	QMNA2	QMNA5	VCN3-2a	VCN3-5a	VCN3-10a	VCN10-2a	VCN10-5a	VCN10-10a	VCN30-2a	VCN30-5a	VCN30-10a	QJ2	QJ5	QJ10	QJ20	QJ50
Authion	Pont Bourguignon	2008-2021	1.0122	0.7648	0.5169	0.3203	0.2497	0.7804	0.5314	0.4407	1.0121	0.7645	0.6875	24.150	27.480	*	*	*
Authion	Gué de Fresne	2009-2021	0.1612	0.0872	0.0463	0.0258	0.0191	0.0829	0.0465	0.0344	0.1745	0.0865	0.0599	3.700	4.730	*	*	*
Couasnon	Gée	2010-2021	0.1421	0.0796	0.0893	0.0472	0.0338	0.1007	0.0565	0.0420	0.1209	0.0662	0.0483	8.540	10.810	*	*	*
Lathan	Moulin Guet	2012-2021	0.2828	0.2084	0.1952	0.1451	0.1242	0.2196	0.1633	0.1398	0.2623	0.1874	0.1572	7.290	9.820	*	*	*
Lathan	Mousseaux	2004-2021	0.0592	0.0428	0.0529	0.0364	0.0299	0.0575	0.0400	0.0323	0.0590	0.0428	0.0379	1.310	1.700	*	*	*
Lathan	Digue Pincemaille	2013-2021	0.0449	0.0336	0.0297	0.0167	0.0124	0.0348	0.0232	0.0187	0.0434	0.0305	0.0249	*	*	*	*	*
Changeon	Moulin Foulon	2010-2021	0.0964	0.0754	0.0785	0.0611	0.0548	0.0843	0.0656	0.0582	0.0902	0.0707	0.0632	2.060	2.690	*	*	*

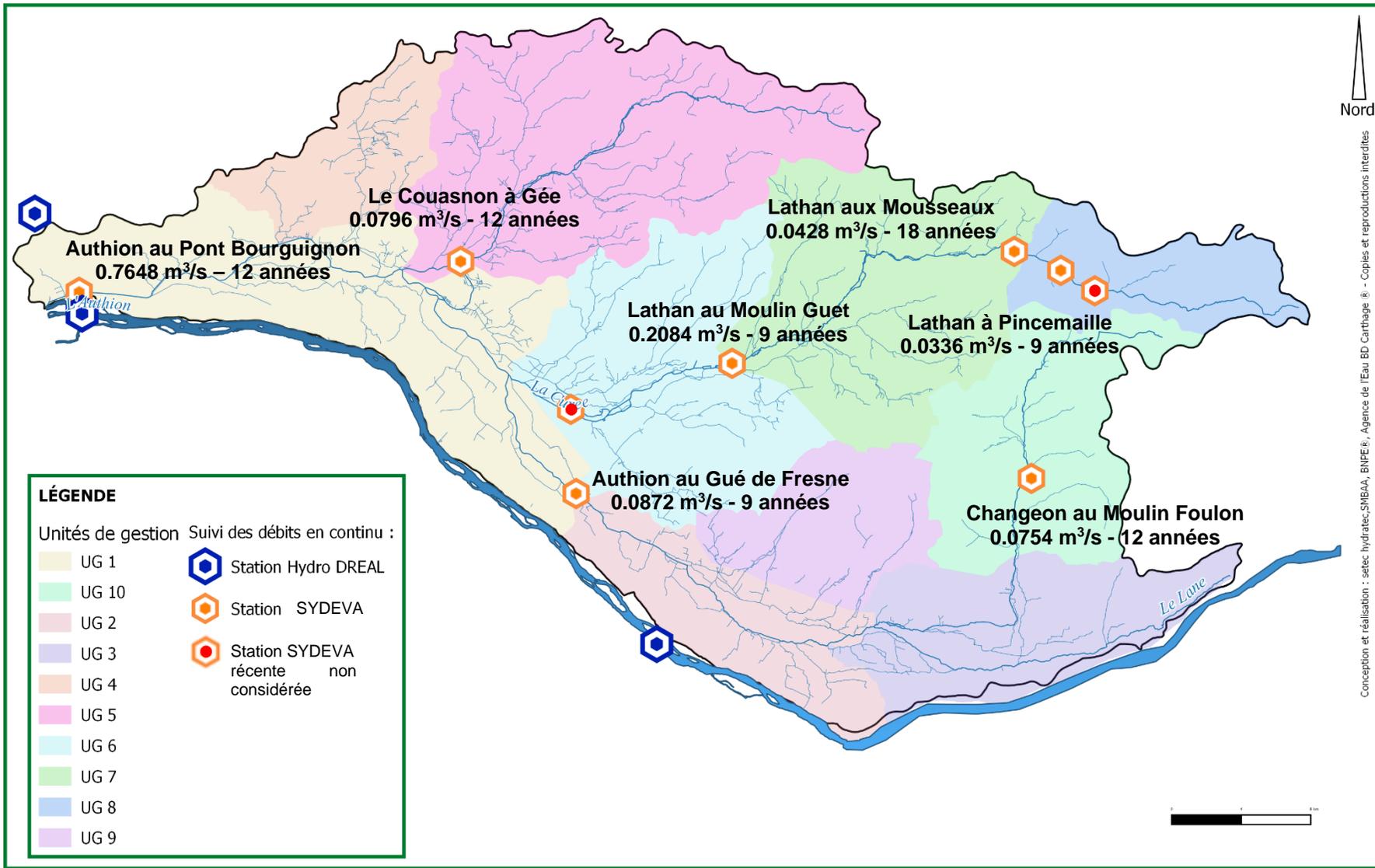
Stations de débit Hydro Portail			Régime d'étiage (m3/s)										Régime de crues (m3/s)					
Cours d'eau	Localisation	Chronique	QMNA2	QMNA5	VCN3-2a	VCN3-5a	VCN3-10a	VCN10-2a	VCN10-5a	VCN10-10a	VCN30-2a	VCN30-5a	VCN30-10a	QJ2	QJ5	QJ10	QJ20	QJ50
Authion	Pont Bourguignon	1967-1972	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Authion	Longue-Jumelles	1967-1980	*	*	0.1970	0.0867	0.0564	0.3300	0.1770	0.1280	0.4920	0.3220	0.2580	0.8400	1.050	1.190	/	/
Bauné	Baune	1967-1978	0.0145	0.0065	0.0066	0.0028	0.0018	0.0082	0.0036	0.0024	0.0124	0.0055	0.0036	1.7900	2.910	3.640	/	/
Lathan	Rillé	1967-1981	0.0563	0.0376	0.0351	0.0185	0.0133	0.0411	0.0236	0.0177	0.0544	0.0363	0.0293	7.9500	11.300	13.600	15.700	/
Lathan	Vernantes	1967-1982	0.2820	0.1440	0.1750	0.0901	0.0638	0.2040	0.1100	0.0792	0.2520	0.1330	0.0949	3.3300	5.700	7.270	8.780	/
Bras du Lathan	Vernantes	1974-1982	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Changeon	Benais	1966-1993	0.3050	0.2290	0.2630	0.1980	0.1710	0.2770	0.2090	0.1810	0.2960	0.2240	0.1940	6.5500	8.040	9.020	9.970	/
Couasnon	Gée	1967-1983	0.2110	0.1300	0.1360	0.0731	0.0528	0.1560	0.0881	0.0654	0.1960	0.1200	0.0923	1.7200	3.240	4.240	5.200	/
Couasnon	Pontigné	1967-1984	0.0612	0.0419	0.0378	0.0238	0.0187	0.0458	0.0296	0.0235	0.0543	0.0366	0.0297	1.0900	1.660	2.050	2.410	/
Gravot	Bourgueil	1966-1971	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Lane	St-Patrice	1966-1996	0.0266	0.0124	0.0132	0.0061	0.0032	0.0165	0.0075	0.0039	0.0215	0.0090	0.0043	0.8700	1.340	1.660	1.960	/
Tarry	Mazé	1967-1983	0.0170	0.0093	0.0100	0.0045	0.0030	0.0109	0.0053	0.0037	0.0148	0.0082	0.0061					

*L'échantillon extrait ne comporte pas assez de valeurs pour pouvoir ajuster une loi de distribution.

Figure 2.34 : Grandeurs statistiques estimées pour les régimes d'étiages et de crues au droit des stations débitmétriques considérées

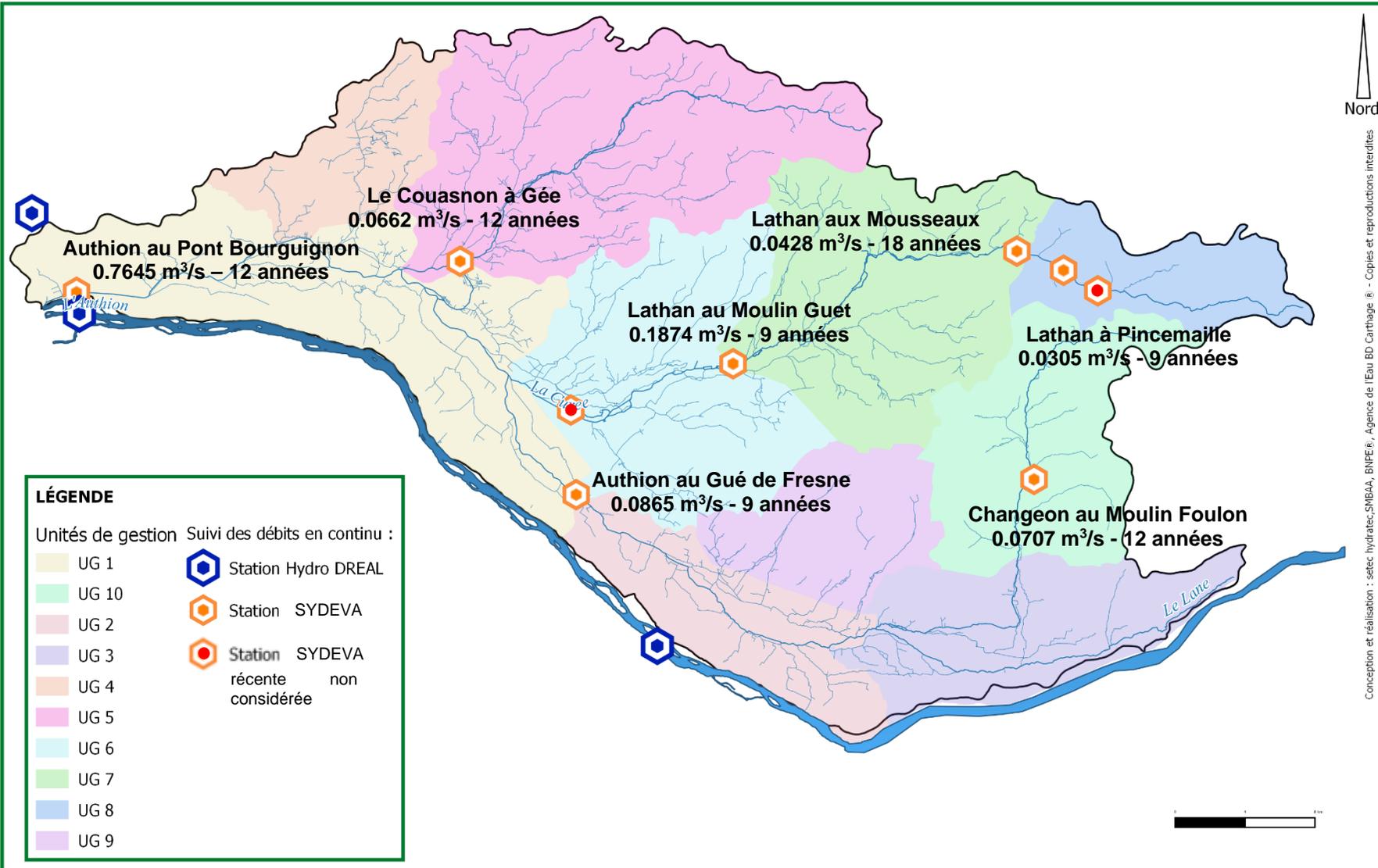


Débit mensuel minimal d'occurrence 5 ans – QMNA5



Conception et réalisation : setec hydratec, SMBAA, BNPEF, Agence de l'Eau BD Carthage - Copies et reproductions interdites





2.6.4 Réseaux ONDE

Un suivi des assecs est effectué par les agents du SMBAA sur le bassin de l'Authion. Les points de suivi se situent majoritairement sur le réseau hydrographique secondaire des cours d'eau principaux (Authion, Couasnon, Lathan et Changeon). Avec un total de 118 points, ils permettent d'améliorer la connaissance sur les assecs et d'obtenir une bonne cartographie de ces phénomènes sur l'ensemble du bassin versant.

Les données de l'observatoire national des étiages (ONDE) ont été recueillies. Ces données sont des observations visuelles réalisées par les agents départementaux de l'Office Français de la Biodiversité (OFB) pendant la période estivale sur l'écoulement des cours d'eau.

Les données du SMBAA ont également été analysées. Il s'agit d'observations visuelles réalisées par les techniciens du syndicat. Celles-ci représentent la majorité des points de suivi.

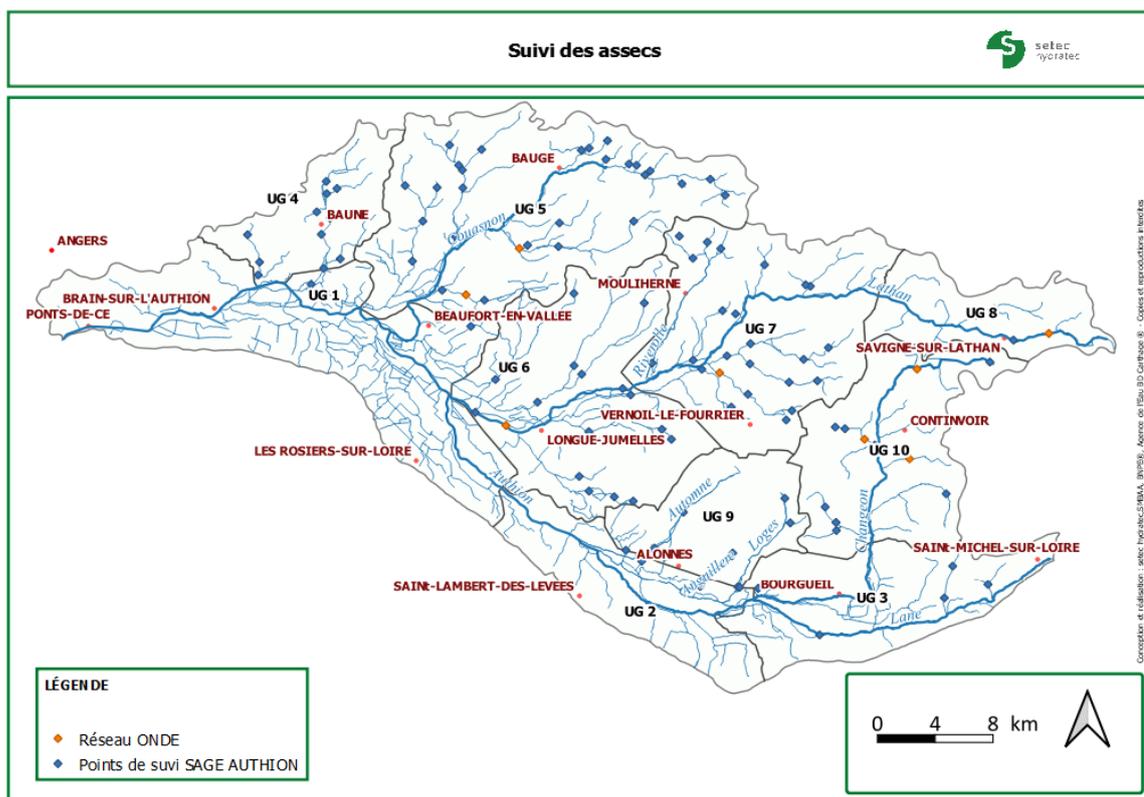


Figure 2.35 : Points de suivi des assecs sur le bassin de l'Authion

Les tableaux en page suivante synthétisent les résultats des observations des assecs selon la légende suivante :

Résultat	Écoulement
1	écoulement visible acceptable
2	écoulement visible faible
3	écoulement non visible
4	assec

Figure 2.36 : Légende pour les résultats des observations des assecs

Tableau 7 : Synthèses des résultats des observations des assecs par masse d'eau principale

Années	Les Aulnaies						Le Couasnon					
	Nombre de point suivi	Nombre d'écoulement discontinus (3)	Nombre d'assec (4)	Début d'observation assec	Fin d'observation assec	Nombre de jours d'observations	Nombre de point suivi	Nombre d'écoulement discontinus (3)	Nombre d'assec (4)	Début d'observation assec	Fin d'observation assec	Nombre de jours d'observations
2009	0	0	0			0	1	0	1	septembre	septembre	1
2010	0	0	0			0	1	0	1	juillet	août	2
2011	0	0	0			0	0	0	0			0
2012	3	0	0			7	26	3	10	juillet	octobre	67
2013	2	0	0			3	27	1	4	juillet	octobre	44
2014	0	0	0			0	26	0	4	mai	septembre	46
2015	2	0	0			1	21	2	8	juin	octobre	51
2016	4	0	0			2	2	0	0			0
2017	4	1	0			8	26	4	11	mai	décembre	70
2018	4	0	0			6	25	5	6	juin	novembre	27
2019	11	3	2	juillet	novembre	23	33	7	17	juillet	novembre	39
2020	12	0	2	juillet	novembre	36	32	2	13	mai	décembre	37
2021	12	0	1	août	novembre	19	32	4	12	février	décembre	21

Années	Lathan - Curée						3 Rus (Automne, Anguillère, Loges)					
	Nombre de point suivi	Nombre d'écoulement discontinus (3)	Nombre d'assec (4)	Début d'observation assec	Fin d'observation assec	Nombre de jours d'observations	Nombre de point suivi	Nombre d'écoulement discontinus (3)	Nombre d'assec (4)	Début d'observation assec	Fin d'observation assec	Nombre de jours d'observations
2009	0	0	0			0	0	0	0			0
2010	2	0	2			2	0	0	0			0
2011	6	0	6	juin	septembre	4	3	0	2	août	décembre	4
2012	29	6	19	juin	novembre	71	10	2	2	mars	décembre	52
2013	27	4	12	août	novembre	56	10	0	2	janvier	décembre	48
2014	33	2	4	août	novembre	57	10	0	2	avril	septembre	36
2015	35	5	16	juin	novembre	82	11	0	4	août	novembre	46
2016	35	3	16	août	décembre	75	11	1	4	juillet	décembre	44
2017	40	8	27	janvier	décembre	143	11	0	6	avril	décembre	58
2018	39	5	13	juillet	novembre	54	13	2	6	juin	septembre	21
2019	45	11	28	juillet	novembre	71	13	1	7	juillet	octobre	39
2020	51	9	22	juin	décembre	61	15	1	6	juin	novembre	43
2021	50	8	13	avril	décembre	55	15	0	3	janvier	novembre	30

Années	Changeon						Lane					
	Nombre de point suivi	Nombre d'écoulement discontinus (3)	Nombre d'assec (4)	Début d'observation assec	Fin d'observation assec	Nombre de jours d'observations	Nombre de point suivi	Nombre d'écoulement discontinus (3)	Nombre d'assec (4)	Début d'observation assec	Fin d'observation assec	Nombre de jours d'observations
2009												
2010	1	0	1	septembre	septembre	1	0	0	0			0
2011	4	0	2			1	2	1	2	mai	septembre	3
2012	13	3	6	janvier	décembre	37	3	2	1	janvier	novembre	13
2013	13	1	2	janvier	décembre	31	4	0	2	mars	décembre	18
2014	13	1	2	janvier	octobre	28	1	0	0			1
2015	13	2	4	janvier	septembre	33	4	0	2	juin	juin	5
2016	15	2	5	juillet	décembre	22	4	0	2	mai	octobre	10
2017	13	1	7	janvier	décembre	32	4	0	4	juin	octobre	16
2018	13	2	5	juillet	octobre	7	4	0	2	juillet	octobre	5
2019	15	2	8	mai	décembre	11	4	0	3	mai	décembre	3
2020	15	2	5	mai	décembre	28	4	0	2	mai	novembre	20
2021	15	2	4	janvier	décembre	19	4	0	2	janvier	décembre	13

Au cours des 10 dernières années, le nombre d'observations a significativement augmenté, ce qui a permis de consolider les chroniques de données et d'améliorer la connaissance. En lien avec le réchauffement climatique, **les assecs sont plus fréquents et plus intenses. Ces phénomènes touchent de plus en plus de cours d'eau.**

L'analyse des données recueillies amène aux commentaires suivants :

- Les Aulnaies : Le ruisseau de Pouillé est marqué par des assecs sévères et réguliers. Les assecs sont concentrés sur la période estivale et automnale. Le ruisseau des Aulnaies au Coudreau connaît également des assecs.
- Le Couasnon : Le ruisseau de la Mottais, le ruisseau de Chanzelle, le ruisseau de Vilaine, le ruisseau des Sablonnières et le ruisseau Glordières sont marqués par des assecs sévères et longs s'étendant sur la période printemps-automne.
- Le Lathan : Le Lathan amont ainsi que de nombreux affluents comme le ruisseau de Vaux, la Riverolle ou encore la Curée sont affectés par les assecs. Les assecs sont concentrés en période estivale. A noter qu'un soutien d'étiage est effectué dans le Lathan aval par la retenue des Mousseaux, qui ne connaît pas d'assec.
- Les 3 Rus : L'Automne (bras 2 et fossé Ouest), l'Anguillère et les Loges (amont et Hautes Vallées) sont marqués par des assecs sévères et réguliers. Les périodes d'assecs sont variables pouvant être dès l'hiver ou l'été jusqu'en automne/hiver.
- Le Changeon : Le ruisseau de St Gilles, le ruisseau de Graffin, le ruisseau de Gravot et le Changeon amont sont marqués par des assecs sévères et réguliers. Les premiers assecs sont souvent observés en période hivernale.
- Le Lane : Le ruisseau de la Marche et le ru de Rochecotte sont marqués par des assecs sévères et réguliers.

2.8 SYNTHÈSE

L'hydrologie de l'Authion est complexe, influencée par des prélèvements en Loire, par la retenue des Mousseaux et par une succession d'ouvrages hydrauliques (clapets, vannes, systèmes d'irrigation).

Elle suit des variations saisonnières et interannuelles cohérentes à l'échelle du bassin versant, vis-à-vis des précipitations observées sur le territoire.

Les régimes de crue sont observés notamment en période automnale et hivernale mais restent rares et peu impactant. **En revanche, les périodes d'étiage fréquentes et relativement longues et les assecs sont une source de pression importante pour les milieux et les usages.**

L'état des lieux des données hydrologiques existantes et leur analyse ont permis d'approcher les grandeurs statistiques de référence. Les observations mettent en évidence des débits d'étiages sévères pouvant durer plusieurs jours sur les principaux cours d'eau.

Dans la suite de l'étude, une modélisation hydrologique simulera 20 années hydrologiques consécutives (2001-2021) et permettra de calculer les débits de référence par unité de gestion. Trois scénarios seront considérés (actuel, naturel et projeté). La comparaison des résultats permettra de comprendre et de quantifier l'influence anthropique sur la quantité des eaux de surface (évolution passée et évolution prévisible).

Le modèle hydrologique sera calé en basant sur les données débitmétriques disponibles (suivis journaliers, mesures ponctuelles et observations des assecs).

Les résultats du modèle permettront ensuite de compléter les chroniques de données au droit des stations. De cette manière, les grandeurs statistiques seront recalculées de manière plus précise.

De plus, ces résultats seront présentés en un réseau de points de référence hydrologiques, qui s'appuiera sur le découpage des unités de gestion, afin d'y caractériser les débits.

Une interface est prévue avec le modèle souterrain, ce qui permettra d'approcher avec finesse les relations nappes-rivières.

Ces calculs permettront d'aider à la décision de valeurs pertinentes lors des choix de seuils de gestion.

3. VOLET HYDROLOGIE SOUTERRAINE

3.1 CONTEXTE GEOLOGIQUE

3.1.1 Contexte géologique général à l'échelle du bassin Loire-Bretagne

Le bassin Loire-Bretagne est marqué par une grande diversité géologique. Il est caractérisé par trois grandes régions géologiques qui sont : Le Massif armoricain à l'Ouest, le Bassin de Paris en sa partie centrale et le Massif central au Sud. La carte géologique présentée en *Figure 3.1* illustre cette diversité.

Les Massifs central et armoricain sont caractérisés par des socles cristallins. Ils sont facilement identifiables sur la carte géologique en raison de la répartition des formations cristallines. Ces dernières sont les derniers vestiges d'un ensemble géologique marqué par les chaînes de montagne varisque et hercynienne, datant de la seconde partie de l'Ere Primaire (Paléozoïque : - 300 Ma).

Le bassin parisien se définit par la succession des formations sédimentaires reposant en discordance sur les socles cristallins. Il est caractérisé par des formations du Secondaire (Mésozoïque : de -245 à - 65 Ma), du Tertiaire (Cénozoïque : de - 65 à -1.65 Ma) et des formations récentes du Quaternaire (troisième et dernière période du Cénozoïque : de -1.65 Ma à aujourd'hui).

Représentation du bassin Loire-Bretagne

Carte géologique du bassin Loire-Bretagne, et situation du bassin versant de l'Authion (Source BRGM)

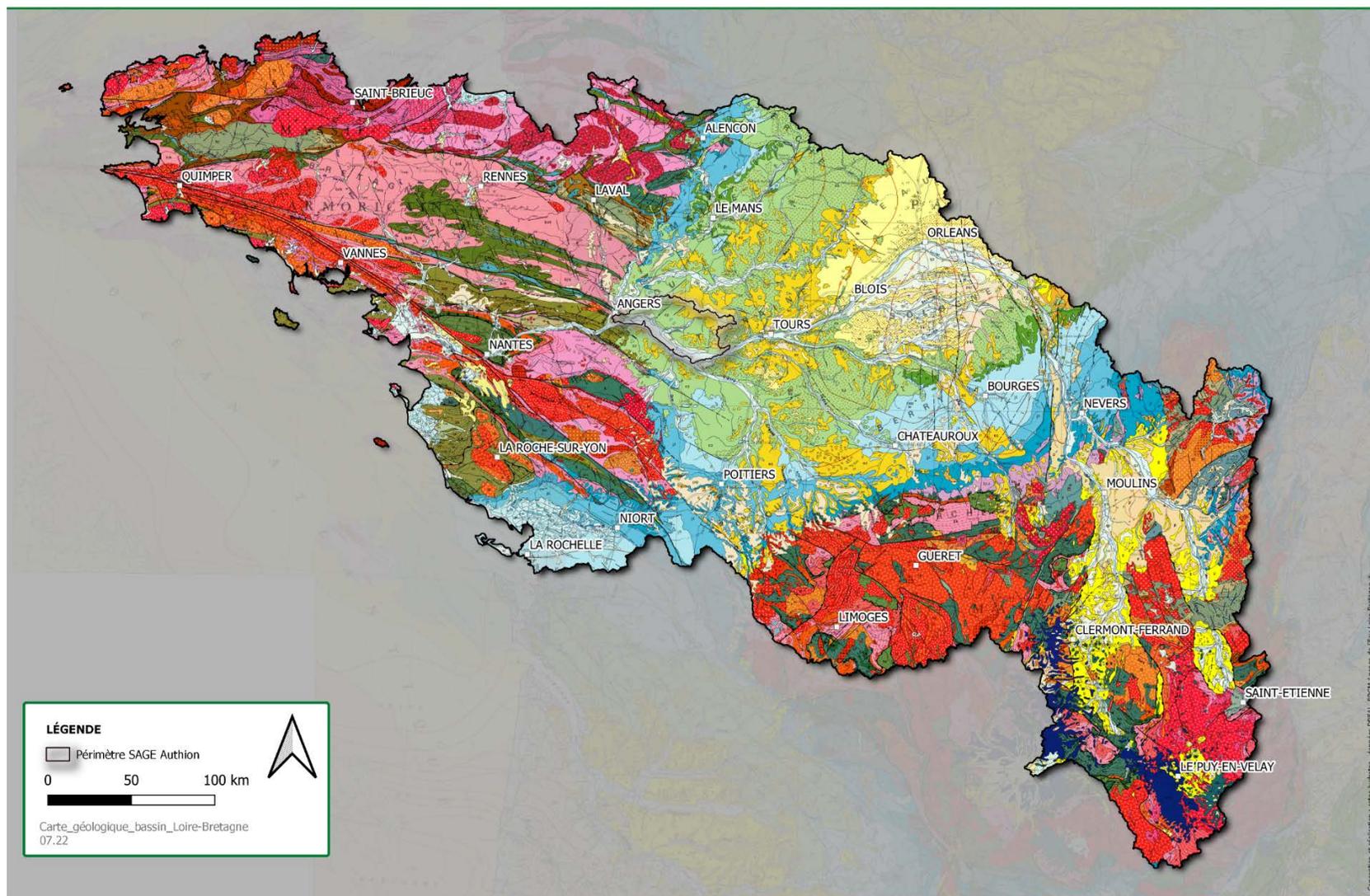


Figure 3.1 : Carte géologique du bassin Loire-Bretagne et situation du Bassin versant de l'Authion (Source : BRGM)

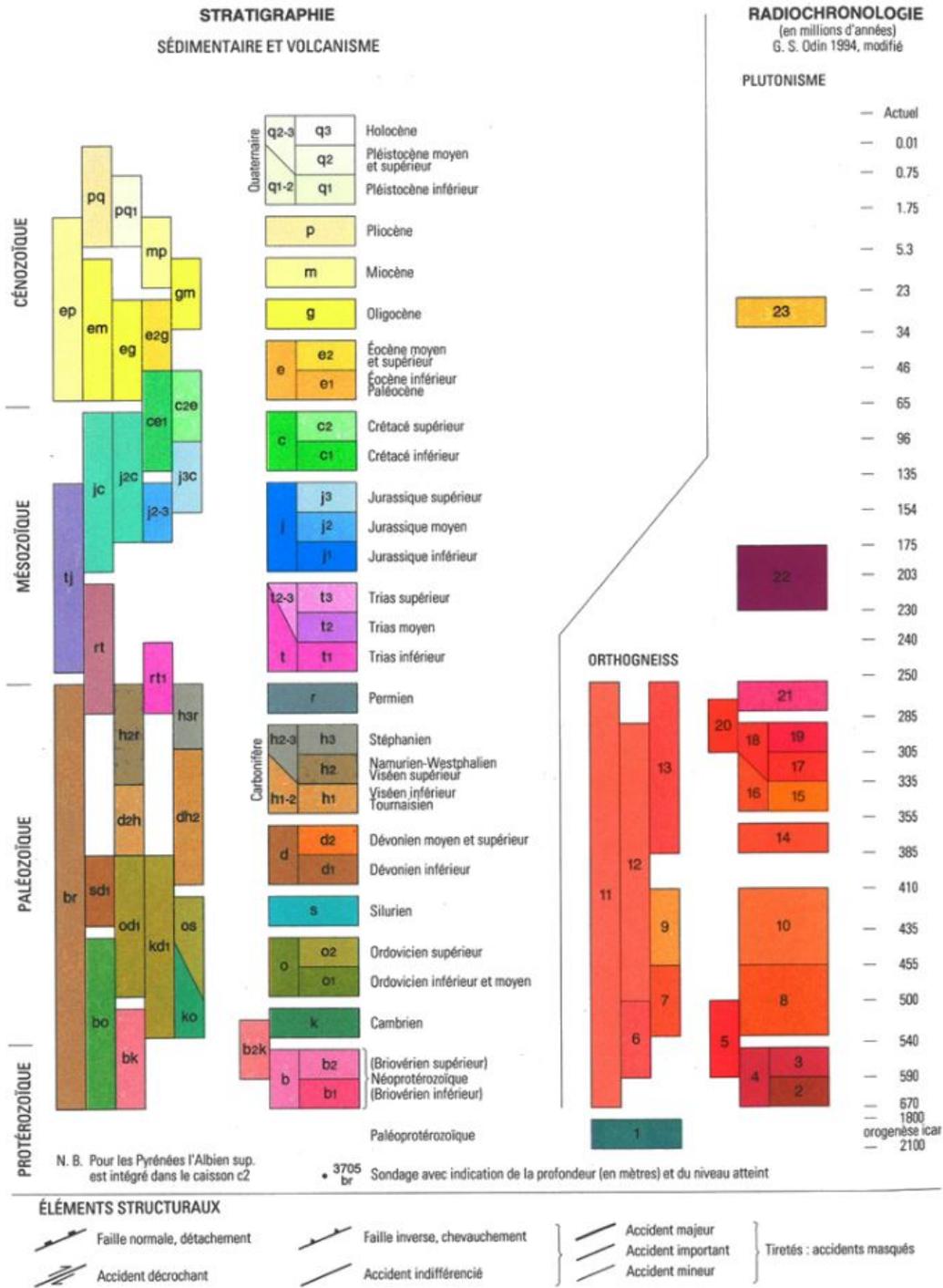


Figure 3.2 : Légende de la carte géologique présentée en Figure 3.1

3.1.2 Contexte géologique local à l'échelle du bassin de l'Authion

Le bassin de l'Authion est situé en rive droite de la Loire et comprend des formations géologiques des Eres Primaire, Secondaire, Tertiaire et Quaternaire. Il est composé en grande partie par des formations de l'Ere Secondaire de la bordure occidentale du bassin parisien, présentant des couches avec un pendage général vers l'Est. Quant à sa bordure Ouest, elle est marquée par l'amorce de l'affleurement du socle rocheux du Massif armoricain de l'Ere Primaire. Le bassin de l'Authion présente minoritairement des formations de l'Ere Tertiaire, affleurantes au Nord-Ouest. Enfin, des formations de l'ère Quaternaire sont présentes entre la Loire et l'Authion sous la forme d'alluvions anciennes et récentes.

a) Ere Primaire

Les formations Primaires du socle armoricain sont essentiellement présentes sous forme de schistes, de grès et de quartzites.

b) Ere Secondaire

L'Ere Secondaire est présente principalement sur le territoire à travers les formations du **Crétacé** :

- Le Turonien et le Sénonien, visibles sur la partie Nord-Ouest du bassin versant et dont l'épaisseur est respectivement d'environ 20 à 40 m et 30 m.

Le Turonien est constitué de plusieurs faciès. D'après l'étude hydrogéologique effectuée par le BRGM en 1971, le Turonien inférieur regroupe les formations de la craie glauconieuse, plus ou moins marneuse (20 m environ), et la craie tuffeau (30 à 40 m). La partie du Turonien supérieur regroupe quant à elle les sables glauconieux supérieurs, des grès grossiers ainsi que des sables à Bryozoaires.

Quant à la formation du Sénonien, elle est représentée par des faciès principalement sableux (fins à grossiers), localement crayeux, et sablo-argileux par intercalation. Le Sénonien s'étend sur une épaisseur allant de 25 et 35 m, sur le bassin versant de l'Authion.

- Le Cénomaniens, majoritairement sous les formations du Séno-Turonien, affleure au Nord-Ouest et au centre du bassin versant. L'épaisseur des formations du Cénomaniens est variable dans l'espace. En effet, d'après l'étude hydrogéologique du BRGM (Talbot, 1971) et le programme d'étude effectué par SOGREAH (2006), son épaisseur peut varier de 20 m à Corné (à l'Ouest du bassin versant), comme à 70 m à Bourgueil (situé à l'Est). L'épaisseur moyenne du Cénomaniens peut donc se définir autour de 40 m de profondeur.

Cette formation se distingue par plusieurs étages lithostratigraphiques. Le Cénomaniens supérieur, correspond aux marnes à Ostracées, puissantes de 10 à 15 m environ, et aux sables verts supérieurs dont l'épaisseur maximale est de 2-3 m. Le Cénomaniens moyen est notamment constitué par une succession des couches fines de marnes ou d'argiles, séparées par des lits de sables fins, dont l'épaisseur peut atteindre 60 m (Talbot, 1971). Quant au Cénomaniens inférieur, il est constitué de sables et de graviers avec une épaisseur qui varie entre 1,5 et 16 m.

Les formations du Crétacé reposent en discordance sur les calcaires du Jurassique moyen (Dogger). Les assises d'âge jurassique n'affleurent qu'en de rares endroits sur le bassin de l'Authion. En effet, ces formations apparaissent à la faveur de plis anticlinaux, de failles ou à la faveur de l'érosion des terrains sus-jacents par les cours d'eau. Par exemple, le Jurassique supérieur affleure en Indre-et-Loire dans l'île de Chouzé-sur-Loire, tandis que le Jurassique moyen affleure à Sermaise et Echemiré (au Nord du bassin versant de l'Authion), remonté par une faille de direction SO-NE.

c) Ere Tertiaire

Au Nord-Ouest du bassin, les formations Tertiaires sont représentées par l'Eocène, l'Oligocène et le Miocène affleurants :

- L'Eocène est représenté par les formations lacustres constituées de calcaires massifs et les grès du bartonien (aussi appelées « Calcaires de Noyant »),
- L'Oligocène est présent sous forme de sables et de calcaires lacustres,
- Enfin le Miocène est caractérisé par les formations à calcaires jaunes, aussi désignés « Faluns d'Anjou », du Vindobonien.

d) Ere Quaternaire

La partie sud du territoire, entre la rive gauche de l'Authion et la Loire, constituant le Val d'Authion, se compose d'alluvions déposées par les cours d'eau. Cette formation a une puissance avoisinant les 10 m et possède trois horizons correspondant à trois phases de sédimentation. Soit, du haut vers le bas :

- Au sommet sont retrouvés, des formations limono-argilo-sableuses supérieures, hétérogènes et mal graduées, sur une épaisseur moyenne comprise entre 3 et 4 m ;
- En niveau intermédiaire, des argiles noires à verdâtres, très chargée en matière organique et débris végétaux (plus ou moins sableuses), aussi appelées « Jalle », avec une épaisseur variable entre 3 et 7 m. Cette couche est discontinue et peu perméable, formant localement un aquitard. Elle semble notamment être complètement absente dans la région amont du val d'Authion ;
- A la base sont retrouvés des graviers, sables grossiers et galets généralement bien gradués, présents dans les lits anciens des cours d'eau (entre 3 et 4 m).

Ces formations alluvionnaires se retrouvent en partie remaniées avec les sables cénomaniens sous-jacents dans les vallées du Lathan et du Couasnon, rendant difficile leur distinction.

e) Log stratigraphique simplifié

L'étude hydrogéologique menée par Talbot (BRGM), en 1971, présente un log stratigraphique typique de la succession des formations géologiques retrouvées au droit du bassin versant de l'Authion. La référence de la coupe de l'étude est obtenue par l'addition d'éléments de plusieurs forages répertoriés. En effet, à l'époque et aujourd'hui encore, aucun forage ou autre ouvrage dans le bassin versant ne traverse l'ensemble des terrains du Miocène (Faluns) au Primaire (socle). Il s'agit donc d'une coupe indicative, avec des épaisseurs moyennes. Par ailleurs, il n'a pas été pris en compte les mouvements tectoniques et les variations latérale de faciès.

Les alluvions, qui constituent les formations d'importance les plus récentes au droit du bassin, ne sont pas représentées sur ce log simplifié.

La Figure 3.3 présente ce log stratigraphique simplifié issu de l'étude du BRGM de 1971.

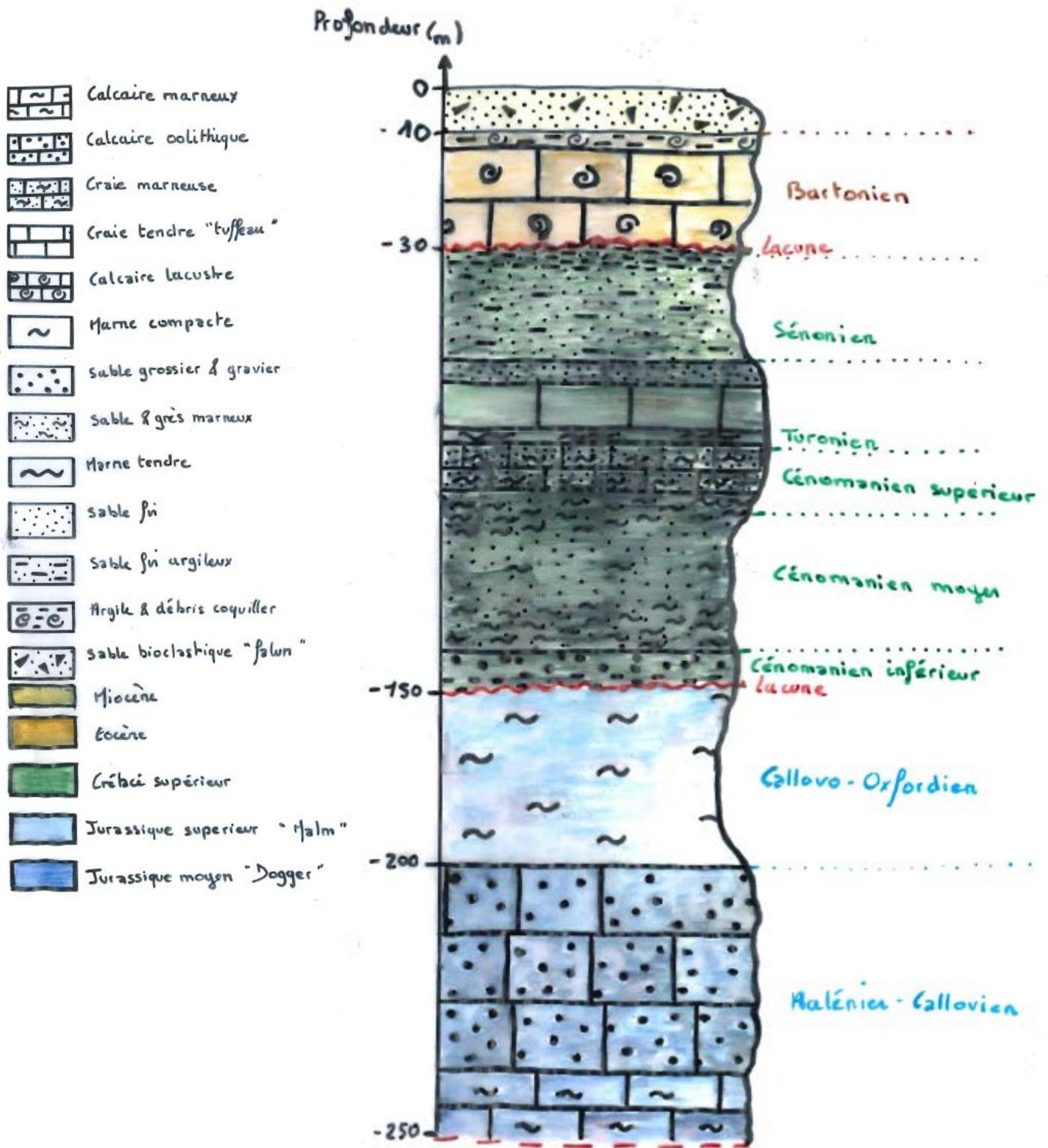


Figure 3.3 : Log stratigraphique simplifié de la géologie du bassin versant de l'Authion (d'après Talbot, BRGM, 1971)

Représentation du périmètre SAGE Authion

Carte géologique harmonisée du bassin versant de l'Authion, au 1/50 000e (Source BRGM)

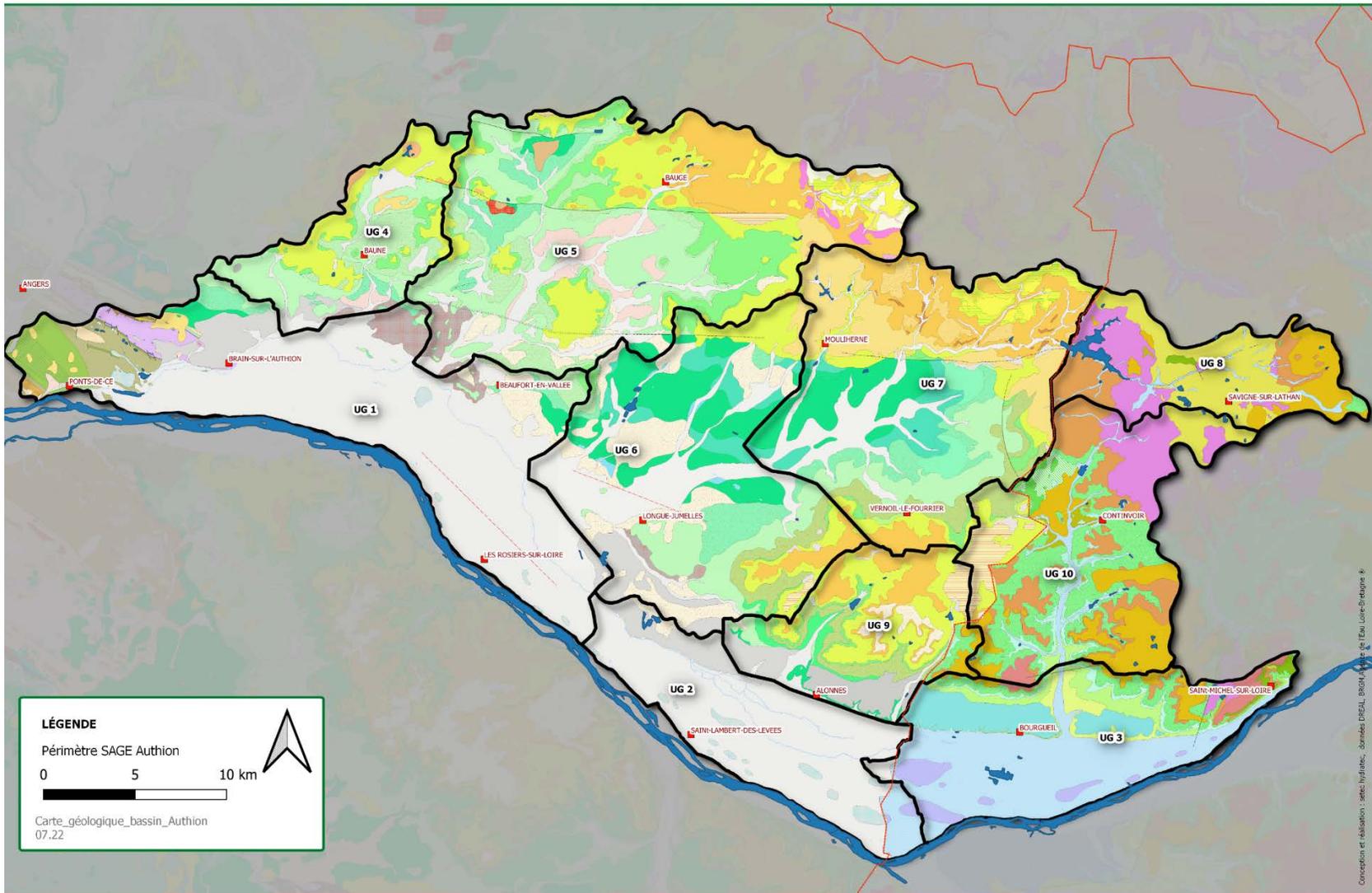


Figure 3.4 : Carte géologique harmonisée du bassin versant de l'Authion, au 1/50 000e (source : BRGM)

Légende de la carte géologique harmonisée du bassin versant de l'Authion

Source BRGM



X	Formations anthropiques, remblais - 1
LPx	Limons des plateaux à argile, sable, silex brisés - 5
LP	Limons des plateaux - 6
C	Colluvions indifférenciées - 7
CA	Colluvions de pente et de fond de vallons, essentiellement argileuses - 8
CS	Colluvions de pente et de fond de vallons, essentiellement sableuses - 9
Fz	Alluvions actuelles et subactuelles - 11
T	Tourbe - 12
Fy2	Alluvions récentes des très basses terrasses - 13
Fx	Alluvions anciennes des moyennes terrasses - 16
Fw	Alluvions anciennes des hautes terrasses - 17
Fv	Alluvions anciennes des très hautes terrasses - 18
FvS	Alluvions du cours ancien de la Sarthe - 20
FRj2s	Remaniement fluvial d'argiles à silex jurassiques - 22
N	Sables éoliens - 24
NC	Sables éoliens et colluvions associés - 26
CN/c3(sp)	Sables éoliens et colluvions associés sur Coniacien - 27
CN/c1b	Sables éoliens et colluvions associés sur Cénomaniens moyen - 28
CN/c1a-b	Sables éoliens et colluvions associés sur Cénomaniens inférieur et moyen - 29
CN/c1a-b(a)	Sables éoliens et colluvions associés sur argiles du Cénomaniens inférieur et moyen - 30
Rij2s	Argiles résiduelles à silex issues du Bajocien altéré - 35
m-p	Mio-Pliocène, graviers et sables argileux - 54
m5	Miocène supérieur: Faluns d'Anjou, unité supérieure - 56
m3	Miocène moyen, Langhien: Faluns d'Anjou, unité inférieure - 57
m1-2	Miocène inférieur laguno-marin, argiles et marnes vertes ou blanches à Bryozoaires, localement à miches calcaires - 58
g1a	Rupélien: Calcaire d'Auvergne (marin) - 65
e6-g1(m)	Eocène à Oligocène (Bartoniens à Stampien ?) - Formation laguno-lacustre beige à verte souvent riche en microcodium : marnes dominantes - 67
e6-g1(c)	Eocène à Oligocène (Bartoniens à Stampien ?) - Formation laguno-lacustre beige à verte souvent riche en microcodium : calcaires micritiques indurés dominants - 68
Re6-g1	Bartoniens supérieur-Stampien résiduel, meulrières - 69
e6-7(am)	Bartoniens supérieur - Priabonien: Calcaires lacustres, niveaux argilo-marneux blanc-verdâtre - 71
Re6(g)	Bartoniens résiduel, blocs de grès et conglomérats, graviers, cailloutis de quartz - 72
e6(g)	Bartoniens: Sables et Grès à Sabalites - 73
e4	Eocène inférieur (Spamaciens à Bartoniens ?) continental, argiles beiges, grises et rougeâtres, silteuses ou sableuses, à silex jaspés - 74
Re2-3	Placages résiduels de sables, grès et silex turoniens-coniaciens - 75
c3(sp)	Coniacien: Formation des sables, grès et argiles à spongiaires - 76
c2c(f)	Turonien supérieur: Formation des Faluns de Continvoir, sables et grès à bryozoaires - 78
c2c	Turonien supérieur: Sables glauconieux supérieurs et tuffeau - 79
c2b	Turonien moyen: Craie tuffeau d'Anjou, craie tuffeau micacée - 80
c1c-c2a-b	Cénomaniens supérieur sommital - Turonien inférieur-moyen: Craie tuffeau d'Anjou, craie marneuse à Inoceramus labiatus - 81
c1c-c2a	Cénomaniens supérieur sommital - Turonien inférieur: Craie tuffeau d'Anjou, craie glauconieuse à huîtres - 82
c1c5	Cénomaniens supérieur: Formation des Sables de Bousse et/ou des Sables et grès supérieurs à Catopygus obtusus - 85
c1cM	Cénomaniens supérieur: Formation des Marnes à Pycnodontes - 86
c1b	Cénomaniens moyen: Formation des Sables glauconieux - 89
c1a-b	Cénomaniens inférieur et moyen: Formation des Sables du Maine et/ou des Sables et argiles de Jumelles - 90
c1a-b(a)	Cénomaniens inférieur et moyen: Formation des Sables du Maine et/ou des Sables et argiles de Jumelles, faciès argileux - 91
j5b-c	Oxfordien moyen-supérieur: Formation des Marnes bleues à Encrines - 98
j2	Bajocien: Calcaires graveleux et calcaires à silex - 108
I4	Toarciens: Calcaires argileux, marnes, oolithes ferrugineuses - 111
I3	Pliensbachien: Conglomérats, calcaires gréseux, calcaires oolithiques - 112
o2PR	Formation de Pont-Réan, siltites rouges ou vertes, grès fins et argillites ocre (Arénig) - 310
bMy	Formation de la Mayenne indifférenciée, siltites, argillites, grès (Briovériens) - 319
hydro	Réseau hydrographique - 349

Figure 3.5 : Légende de la carte géologique harmonisée du bassin versant de l'Authion, présentée en Figure 3.4

3.2 CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE

Le contexte hydrogéologique a pour limites d'étude celles du bassin versant hydrographique de l'Authion, soit le périmètre défini par le SAGE. Cette délimitation ne correspond donc pas aux limites des entités hydrogéologiques. Ainsi, la zone d'étude présente plusieurs catégories de formations aquifères : des formations principales (majoritaires et productives) et des formations secondaires possédant un intérêt local et limité.

		AQUIFERES (et code entité hydrogéologique)	
		PRINCIPAUX	SECONDAIRES
FORMATIONS GEOLOGIQUES	QUATERNAIRE	Les alluvions modernes et récentes de la Loire Armoricaire (930FA, 930DA)	Les anciennes terrasses de la Loire (119AE)
	TERTIAIRE		Faluns, Sables, et formations argilo-sableuses du Miocène (104AC) Les calcaires lacustres de l'Eocène, « Calcaires de Noyant » (113AC)
	SECONDAIRES	La craie (tuffeau) et sables du Séno-Turonien (121AB) Les sables et graviers du Cénomanién inférieur (123AA)	Le complexe argilo-sableux du Cénomanién moyen Les calcaires du Jurassique moyen, « Dogger » (139AD)
	PRIMAIRES	-	Socle schisteux du Massif armoricain (Angers) (175AE)

Tableau 8 : Présentation des formations aquifères et nappes au droit du territoire du bassin versant de l'Authion

Les principales formations aquifères dans le secteur d'étude, toutes caractéristiques confondues, sont : les alluvions ligériennes, qui sont drainées par la Loire et l'Authion, la craie et sables du Séno-Turonien, ainsi que les sables et graviers du Cénomanién moyen et inférieur (partie captive).

Définitions des termes techniques d'après l'Aide-mémoire du BRGM (1972)

Coefficient de perméabilité K (m/s) : « D'après la loi de Darcy, le coef. de perméabilité K peut être défini comme le volume d'eau qui s'écoule pendant une unité de temps à travers une unité de surface d'une section de terrain ».

Coefficient d'emmagasinement S : « Il peut être défini comme le volume d'eau pouvant être libéré ou emmagasiné par un prisme vertical du matériau aquifère de section égale à l'unité ». Ainsi, ce paramètre permet de déterminer l'état d'une nappe, tel que : nappes captives [$10^{-3} < S < 10^{-6}$] et nappes libres [$10^{-2} < S < 10^{-1}$].

Transmissivité T (m²/s) : « C'est le produit du coef. de perméabilité par l'épaisseur de la couche aquifère : $T = K.b$. Ce paramètre caractérise l'aptitude de la nappe à transmettre l'eau ». La transmissivité permet notamment de démontrer l'hétérogénéité ou l'homogénéité spatiale d'un aquifère.

3.2.1 Les alluvions modernes et récentes de la Loire Armoricaire (930FA, 930DA)

Les alluvions récentes de la Loire occupent toute la partie du val d'Authion comprise entre le fleuve, la Loire, et son affluent, l'Authion, sur une superficie d'environ 280 km². Ces dernières remplissent l'ancien lit creusé par la Loire et ses affluents aux périodes préflandriennes, en recouvrant les autres formations géologiques sur une dizaine de mètres.

Ces dépôts sont caractérisés par :

- à la base, un horizon de sables grossiers en général bien triés, avec très souvent au fond une couche de galets (silex, gneiss etc.) dont les dimensions peuvent atteindre et dépasser 20 cm. L'épaisseur de cet horizon est variable, avec une moyenne de l'ordre de 2 à 4 m ;
- une couche d'argile noire, très chargée en matière organique et débris végétaux constituée vraisemblablement de sels de fer dénommée la « Jalle ». Son épaisseur est assez variable (3 mètres en moyenne). Le fond actuel du lit de la Loire repose sur ou dans la couche de Jalle.
 - qui présente à son sommet, un horizon de sables argileux hétérogènes et mal triés.

Cette nappe est très productive. En effet, les sables et graviers de la base permettraient d'exploiter de très forts débits d'une centaine de m³/h. Les précédentes études et les données disponibles sur les forages existants ont montré que les transmissivités des alluvions varient d'un horizon à un autre. En effet, les transmissivités sont comprises entre $3 \cdot 10^{-3}$ à $3 \cdot 10^{-2}$ m²/s pour les alluvions inférieures, avec un coefficient d'emmagasinement moyen de l'ordre de $1 \cdot 10^{-3}$ (Talbot, BRGM, 1971).

Toutefois, les alluvions supérieures sont peu transmissives, caractérisées par des transmissivités variantes entre $2 \cdot 10^{-5}$ et $3 \cdot 10^{-3}$ m²/s avec un coefficient d'emmagasinement moyen de l'ordre de $6 \cdot 10^{-2}$.

Les nappes alluviales, dans leur ensemble, sont des nappes subaffleurantes en étroite relation avec le réseau hydrographique de surface. Cette proximité leur confère une forte vulnérabilité face aux pollutions diffuses.

3.2.2 Les anciennes terrasses de la Loire (119AE)

Elles bordent les alluvions récentes, en rive droite de l'Authion. Il n'en subsiste en général que des lambeaux de faible épaisseur. Ces terrasses sont épaisses de 6 à 8 m, elles sont constituées à la fois par des sables, des galets, avec des intercalations d'argiles et de sables argileux.

D'après la notice explicative de la carte géologique, au 1/50 000, de Chinon (BRGM, 1975), cette formation, bien développée dans la région d'Allonnes à Bourgueil (37), contient une nappe perchée, soutenue par les marnes du Cénomaniens supérieur. La limite Sud de ce petit aquifère serait marqué par la ligne de sources, qui jalonnent le contact de la base des alluvions avec le

toit des marnes imperméables sous-jacentes. Néanmoins, nous n'avons pas pu constater si ces sources subsistent actuellement.

Les réserves de cette formation sont limitées, en raison de la faible extension des terrasses.

3.2.3 Les Faluns, Sables, et formations argilo-sableuses du Miocène (104AC)

Les formations datant du Miocène sont caractérisées sur le territoire par des dépôts à sables bioclastiques. Il s'agit de sables coquilliers déposés par les mers miocènes, formant des calcaires jaunâtres à fort taux en fossiles. Les caractéristiques hydrodynamiques de cette nappe sont très peu connues, néanmoins du fait de leur nature, on peut estimer cette formation très perméable. L'étude de l'inventaire des ressources dans la région du Lathan, menée par le BRGM en 1982, a toutefois permis de recenser des transmissivités de cette formation à $1.10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$, à Channay-sur-Lathan. Cette forte perméabilité favorise l'infiltration vers les formations sous-jacentes, ce qui rend les faluns à sec rapidement.

Cette formation est aussi appelée les « Faluns d'Anjou », et est très vulnérable aux pollutions. En effet, les calcaires du Miocène possèdent une forte porosité, dans laquelle une pollution pourrait se propager très rapidement.

La nappe des faluns sur le territoire de l'Authion est très peu représentative et limitée, par sa situation géographique (extrême Nord-Est) et par la faible épaisseur de l'aquifère (environ 10 m).

3.2.4 Les calcaires lacustres de l'Eocène, « Calcaires de Noyant » (113AC)

L'aquifère des calcaires lacustres de l'Eocène, renferme une nappe perchée subaffleurante à l'extrême Nord-Est du bassin versant, sur le territoire de Touraine. Ce dernier se compose successivement de calcaires lacustres marneux avec intercalations de niveaux sableux fins, séparés des sables du Sénonien par les couches de l'Eocène inférieur.

Cette formation est d'épaisseur variable en fonction de sa localisation et, comme les faluns, elle ne présente que très peu d'informations disponibles concernant ses caractéristiques hydrodynamiques. La capacité de la nappe à fournir de l'eau paraît faible hormis dans les zones où une fissuration des calcaires a pu se développer.

L'étude de l'inventaire des ressources dans la région du Lathan, menée par le BRGM en 1982, a toutefois permis de recenser des transmissivités de cette formation entre $0,1.10^{-3}$ (alternance marno-calcaire) et $4.10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ (calcaire), au Sud de Rillé.

3.2.5 La craie (tuffeau) et sables du Séno-Turonien (121AB)

Le complexe Séno-Turonien comprend deux formations aquifères, présentant chacune une nappe étendue. Ces formations sont principalement rencontrées dans la partie Nord-Est du bassin versant, comme démontré dans les cartes géologiques du BRGM.

La formation supérieure, le Sénonien, est constituée de sables fins à granulométrie homogène, avec des intercalations de sables plus grossiers et d'argiles, sur une épaisseur allant de 25 à 35 m. Cette formation constitue le toit des formations du Turonien.

Le Turonien présente une extension globalement peu différente de celle du Sénonien. Le Turonien présente successivement sur une épaisseur variant de 30 à 40 m, de bas en haut :

- une alternance de marnes et calcaires marneux surmontant directement les marnes à ostracées du Cénomanién supérieur,
- un horizon de craie, aussi appelé localement, le tuffeau,
- un dépôt sableux, difficilement dissociable de la formation du Sénonien.

L'aquifère du Turonien est séparé de l'aquifère sous-jacent des sables du Cénomaniens, par les marnes du Turonien inférieur et les marnes à huîtres du Cénomaniens supérieur. La séparation est moins nette avec l'aquifère sus-jacent des sables Sénoniens, où les niveaux marneux formant le toit de la couche turonienne n'assurent pas toujours une discontinuité hydraulique.

Les caractéristiques hydrodynamiques de l'aquifère du Séno-Turonien, ont été recensées dans l'étude menée par SOGREAH en 2006, relative à l'élaboration du programme d'étude de gestion de la nappe du Cénomaniens en région Pays-de-la-Loire. Cette dernière a fait l'objet d'un recensement exhaustif de 16 valeurs de coefficient d'emmagasinement et 46 valeurs de transmissivité, dans la nappe du Séno-Turonien. Les valeurs de transmissivité pour l'aquifère du Séno-Turonien sur le secteur d'étude sont comprises entre 10^{-7} et 10^{-3} , avec une valeur moyenne de 10^{-3} m²/s. Les valeurs de transmissivité s'étendent sur une large gamme, expliquée par la variabilité des faciès. A titre d'exemple, l'étude hydrogéologique du BRGM (Talbot, 1971) ainsi que l'étude de l'élaboration du programme d'étude de gestion de la nappe du Cénomaniens en région Pays-de-la-Loire (SOGREAH, 2006), recensent des transmissivités dans :

- les formations sableuses du Sénonien de l'ordre de 2.10^{-3} m²/s ;
- les formations crayeuses fissurées du Turonien de l'ordre de 3.10^{-3} m²/s ;
- les formations crayeuses saine du Turonien de l'ordre de 10^{-5} à 10^{-7} m²/s.

Tout comme leur transmissivité, les perméabilités de ces formations sont très hétérogènes. La perméabilité du tuffeau du Turonien est faible, sauf en certaines zones particulières où une perméabilité de fissures peut exister (10^{-3} m/s), tandis que les sables du Sénonien ont une perméabilité plus importante de l'ordre de 10^{-4} m/s.

En ce qui concerne les coefficients d'emmagasinement, le recensement présenté dans l'étude de SOGREAH en 2006, présente 16 valeurs comprises entre de 10^{-5} à 10^{-2} pour la nappe du Séno-Turonien, formations indifférenciées, avec une moyenne à 10^{-3} . Néanmoins, le coefficient d'emmagasinement préférentiel est de l'ordre de 10^{-2} pour les sables du Sénonien.

Bien que sa productivité soit variable, la nappe du Séno-Turonien est largement exploitée dans les parties centrales et Est du bassin versant, que ce soit pour l'irrigation ou la production d'eau potable.

La vulnérabilité de la nappe est faible en raison de la présence du toit marneux peu perméable et par les intercalations de niveaux argileux dans les sables fins du Sénonien (migration lente des substances). Toutefois, les usages nombreux de cette ressource augmentent les risques liés à des pollutions externes par l'abondance d'ouvrages souterrains.

3.2.6 La nappe des sables et graviers du Cénomaniens (123AA)

Le réservoir du Cénomaniens est contenu dans des sables et graviers d'origine fluviale. Ils contiennent une nappe étendue qui peut être libre ou captive selon sa localisation. Une petite partie du territoire du bassin versant de l'Authion présente des affleurements du Cénomaniens inférieur, rendant la nappe facilement accessible et libre. Toutefois, en dehors des zones d'affleurement des graviers, cette dernière est protégée par les marnes à ostracées du Cénomaniens supérieur (formation peu perméable) et se retrouve ainsi captive.

La couche sablo-graveleuse de cette formation atteint une puissance moyenne comprise entre 1,5 et 16 mètres.

Les caractéristiques hydrodynamiques des sables et graviers de la base du Cénomaniens ont été recensées dans l'étude menée par SOGREAH en 2006 (36 valeurs de coefficients d'emmagasinement et 403 valeurs de transmissivité). Ainsi, dans ses valeurs les plus courantes, la nappe du Cénomaniens présente : une transmissivité globalement comprise entre 5.10^{-6} et 5.10^{-2} m²/s et un coefficient d'emmagasinement variant de 10^{-5} à 10^{-1} . Il est important de noter que la variation du coefficient d'emmagasinement dépend de la nature de la ressource : de l'ordre de 10^{-2} pour une nappe libre, contre 10^{-4} pour une nappe captive. Par ailleurs, en ce qui concerne la transmissivité, l'hétérogénéité peut s'expliquer par les différences de porosité des différents

horizons, soit des différents niveaux captés au droit des mesures (cénomaniens supérieur, moyen ou inférieur).

Cette nappe est très vulnérable en ses parties libres où les formations sablo-graveleuses affleurent (Cénomaniens moyen à inférieur).

Cette nappe est vulnérable d'un point de vue quantitatif. Elle présente en effet un déficit quantitatif comparé aux usages et besoins. Ainsi, elle a été classée dans le SDAGE Loire-Bretagne, comme **Zone de Répartition des Eaux (ZRE)**, sur la partie orientale du bassin, durcissant la réglementation liée aux prélèvements. De plus, la partie captive de la nappe du Cénomaniens (inférieur), est définie en **NAEP**, soit **nappe réservée à l'Alimentation en eau potable**.

3.2.7 Les calcaires du Jurassique moyen, « Dogger » (139AD)

Les affleurements des calcaires du jurassique moyen constituent les assises des formations secondaires et sont très peu représentés sur le bassin versant de l'Authion. Ces calcaires n'affleurent qu'en de rares endroits, à la faveur de plis, failles et principalement en raison de l'érosion de la Loire.

Cette formation est principalement constituée de calcaire oolithiques, parfois fissurés, avec des intercalations de marnes. Il s'agit d'un niveau producteur d'eau, toutefois, limité dans l'espace et très profond (supérieur à 80 m de profondeur).

3.2.8 Le Socle schisteux du Massif armoricain (Angers) (175AE)

Les formations paléozoïques sont constituées essentiellement de schistes, grès et quartzites. Le socle du Massif armoricain renferme une nappe, de capacité limitée, à la faveur des fractures de la roche et des zones altérées (dans les altérites).

3.3 RESEAUX DE MESURE DES EAUX SOUTERRAINES

Le territoire du bassin versant de l'Authion dispose d'un suivi des eaux superficielles mais aussi des eaux souterraines. Le suivi des eaux souterraines se divise en deux parties :

- un suivi de 17 forages automatisés par le BRGM, auxquels peuvent s'ajouter 9 autres, à proximité immédiate de la limite amont du territoire,
- un suivi de 83 ouvrages souterrains, avec un suivi automatisé et/ou manuel avec une sonde par le SMBAA.

Ces deux réseaux de suivi sont complémentaires et présentent l'avantage de couvrir une très bonne partie du territoire, à la fois par leur répartition surfacique mais aussi par leur répartition souterraine.

3.3.1 Réseau de suivi du BRGM

Le territoire du SAGE Authion ne comporte pas moins de 17 forages automatisés par le BRGM. Ces derniers possèdent un enregistrement des niveaux piézométriques à des fréquences plus ou moins journalières selon les ouvrages, réparties sur les différents niveaux aquifères du territoire. Ces ouvrages sont spatialement bien répartis sur le bassin versant. Ils couvrent les typologies du territoire : amont / aval et plateau / vallée. Néanmoins, comme présenté en *Figure 3.6*, aucun ouvrage ne couvre le secteur des unités de gestion 1, 4, 9 et 10.

Parmi les neuf entités hydrogéologiques présentées précédemment, seulement six font l'objet d'un suivi régulier et homogène. Les nappes non couvertes par ce réseau sont : les calcaires lacustres de l'Eocène, les faluns du Miocène et le socle schisteux armoricain du Briovérien.

Les chroniques disponibles sont en moyenne supérieures à une durée de 15 ans, suffisantes pour visualiser le comportement des nappes. L'ensemble du réseau est présenté dans le Tableau 11 et sur la *Figure 3.6*. Il est à noter que parmi ces ouvrages, 2 sont actuellement inactifs et possèdent des chroniques inexploitable pour des analyses statistiques (BSS001FESG et BSS001FERN).

Aquifère surveillé [Code Masse Eau]	Entité hydrogéologique	Commune d'implantation	Dpt	N°BSS (ancien code)	Date de mesures	Référence ouvrage	Unité de gestion SAGE
[FRGG137] Alluvions Loire moyennes après Blois	[930DA03] Alluvions de la Loire moyenne après Blois	Villebernier (LD La Croix)	49	BSS001HKXQ	2006 – 2022	Actif - Arrêté étiage	UG 2
		Vivy	49	BSS001HKZE	2010 – 2022	Actif	UG 6
[FRGG088] Craie du Séno-Turonien interfluve Loire - Loir libre	[121AB07] Craie micacée et tuffeau du Turonien moyen à inférieur, bassin de la Loire du Cosson à la Maine (bassin Loire-Bretagne)	Baugé-en-Anjou - Pontigné	49	BSS001DPYT	2004 – 2022	Actif - Arrêté étiage	UG 5
		Baugé-en-Anjou - Le Guédeniau	49	BSS001FDJD	2012 – 2022	Actif	UG 5
		Vernoil-Le-Fourrier (LD Les Valoux)	49	BSS001FFLW	2012 – 2022	Actif	UG 7
		Neuillé (LD La Vallée Buton)	49	BSS001FEJP	2004 – 2022	Actif - POE	UG 6
		Noyant-Villages - Meigné-le-Vicomte (LD La Bausseraie)	49	BSS001FESG	2004 – 2006	Inactif	UG 7
		Noyant-Villages (LD Bissay)	49	BSS001FERN	2004 – 2005	Inactif	UG 7
		Baugé-en-Anjou - Vaulandry (LD La Durandière)	49	BSS001DPYR	2004 – 2022	Actif	Hors territoire
[121AB11] Sables et faluns du Turonien supérieur au Sénonien, bassin de la Loire de l'Authion à la Maine (bassin Loire-Bretagne)	Channay-sur-Lathan (LD Lessay)	37	BSS001FEWY	1993 – 2022	Actif - POE	UG 8	
		Noyant-Villages (LD Bouton)		BSS001FESA	2003 – 2022	Actif	Hors territoire
		Noyant-Villages	49	BSS001FESJ	2008 – 2022	Actif	Hors territoire
[FRGG146] Sables et grès du Cénomaniens libres Maine et Haut-Poitou	[123AE05] Sables et grès, sables et marnes glauconieux du Cénomaniens inférieur à moyen, bassins du Cher, de l'Indre et de la Loire de l'Authion à la Maine (bassin Loire-Bretagne)	Bourgueil (Chemin des Chantiers)	37	BSS001HMAP	1993 – 2022	Actif - POE	UG 3
		Brion - Les Bois D'Anjou (LD Le Bois Maudet)	49	BSS001FDFU	2004 – 2022	Actif - Arrêté étiage	UG 5
		Montigné-Lès-Rairies (LD La Montagne)	49	BSS001DPMF	2003 – 2022	Actif	Hors territoire
[FRGG142] Sables et grès du Cénomaniens captifs	[123AE05] Sables et grès, sables et marnes glauconieux du Cénomaniens inférieur à moyen, bassins du Cher, de l'Indre et de la Loire de l'Authion à la Maine (bassin Loire-Bretagne)	Fontaine-Milon - Mazé-Milon	49	BSS001FDDU	2010 – 2022	Actif - POE ²	UG 5
		Vernoil-Le-Fourrier (LD La Ville Au Fourrier)	49	BSS001FFLX	2011 – 2022	Actif - POE	UG 7
		Vivy	49	BSS001HKYR	2010 – 2022	Actif - POE	UG 6
		Baugé-en-Anjou - Pontigné	49	BSS001DQAF	2016 – 2022	Actif	UG 5
		Baugé-En-Anjou – Clefs (LD La Roche)	49	BSS001DPRP	2004 – 2006	Actif	Hors territoire
		Souvigné (LD La Conte - Pontcecoin)	37	BSS001DRGG	1993 – 2022	Actif	Hors territoire
		Souzay-Champigny	49	BSS001HLUG	2010 – 2022	Actif	Hors territoire
[FRGG073] Calcaires captifs du Jurassique supérieur sud Bassin parisien	[135AA57] Marnes et calcaires crayeux de l'Oxfordien et du Kimméridgien inférieur du Bassin parisien	Longué-Jumelles (LD Les Brionnais)	49	BSS001FDJH	2014 – 2022	Actif	UG 6
		Avoine	37	BSS001HMPB	1993 – 2022	Actif	Hors territoire
		Souvigné (LD L'Imbertiere)	37	BSS001FFSN	1993 – 2022	Actif	Hors territoire
[FRGG120] Calcaires du Lias et Dogger mayennais et sarthois captifs	[139AP14] Calcaires graveleux de la Champagne, de Conlie de l'Aalénien moyen au Bathonien (bassin Loire-Bretagne)	Fontaine-Milon - Mazé-Milon	49	BSS001FDDV	2010 – 2022	Actif	UG 5

Tableau 9 : Présentation du réseau de suivi des forages souterrains, par le BRGM (Source ADES, BRGM)

² Piézomètre de référence pour le niveau de piézométrie d'objectif d'étiage

Représentation du périmètre SAGE Authion

Localisation du réseau de suivi des eaux souterraines par le BRGM, sur fond de carte géologique harmonisée, au 1/50 000e (Source BRGM)

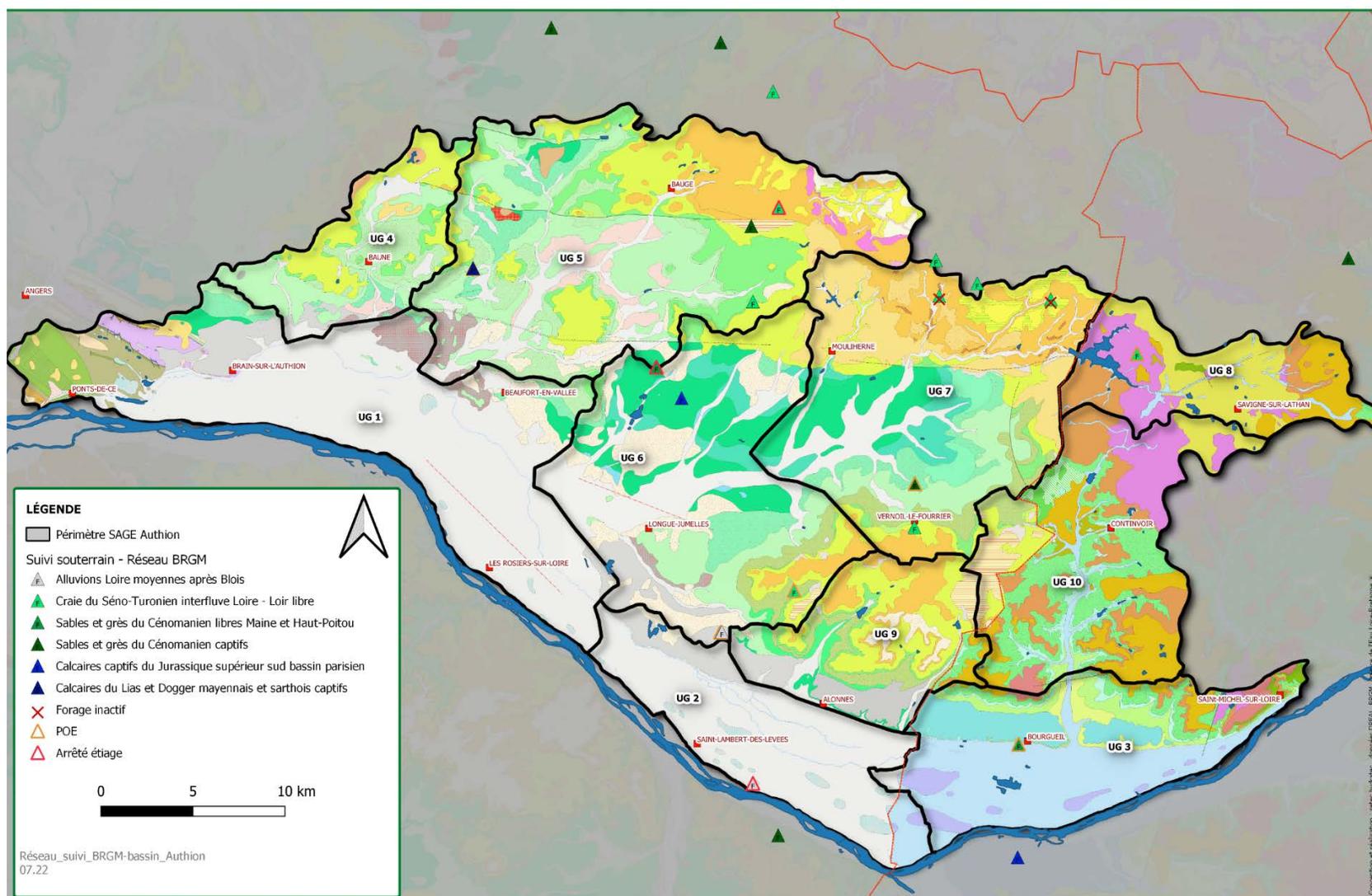


Figure 3.6 : Localisation des forages du suivi souterrain du BRGM dans le territoire du SAGE Authion, et à proximité immédiate (ADES, BRGM)

3.3.2 Analyses aux postes piézométriques

a) [FRGG137] Alluvions Loire moyenne après Blois

La nappe des alluvions possède deux forages de suivis, présentés à la *Figure 3.7*, avec des chroniques de 12 et 16 ans. Les données disponibles sur ces ouvrages sont des données piézométriques de bonne qualité de fréquence journalière, avec très peu de lacunes.

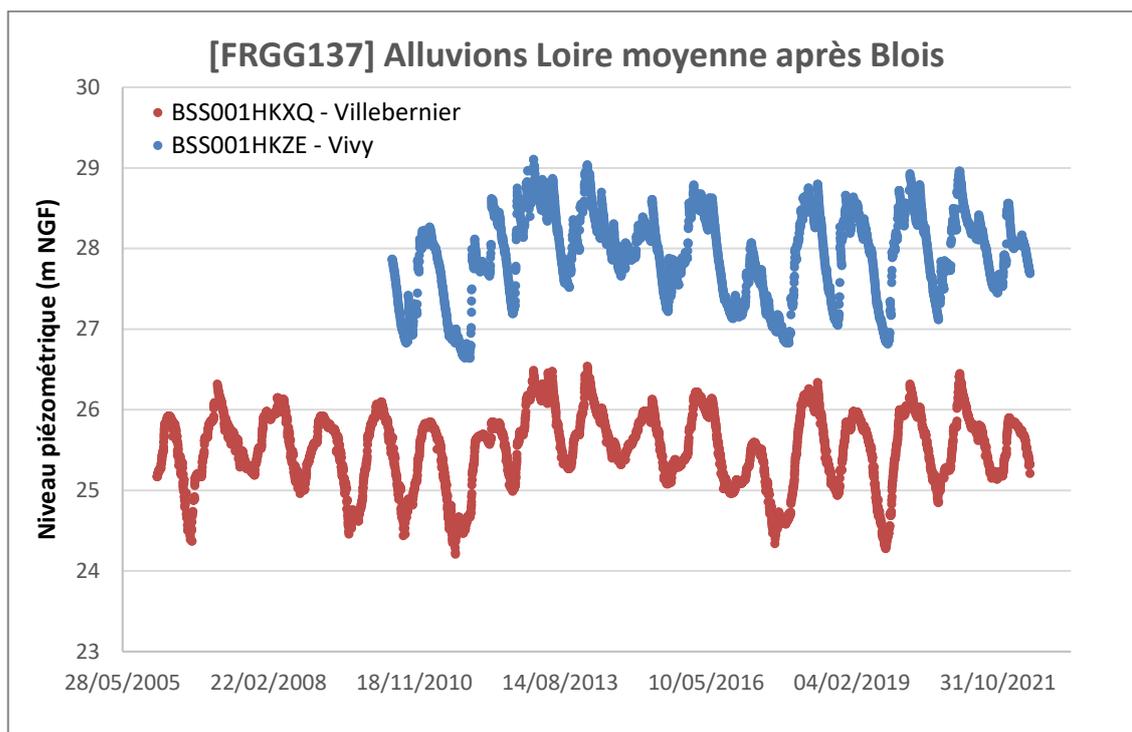


Figure 3.7 : Chroniques piézométriques des forages dans les Alluvions de la Loire moyenne (FRGG137)

D'après les chroniques piézométriques présentées, les ouvrages situés à Vivy et Villebernier, situés de part et d'autre de l'Authion, enregistrent des comportements de la nappe alluviale similaires et comparables (Tableau 12).

Le battement annuel de la nappe dans les deux ouvrages est de l'ordre de 1,3 à 1,5 m.

Le début de la période de recharge de la nappe alluviale, au droit de ces ouvrages se situe entre novembre et mars.

D'une année sur l'autre, la variabilité des minimums observés est au maximum de $\pm 1,39$ m et celle des maximums $\pm 1,22$ m, pour le forage BSS001HKXQ à Villebernier, contre respectivement de $\pm 1,43$ m et $\pm 1,42$ m, pour BSS001HKZE à Vivy.

On observe une grande régularité interannuelle des cotes de basses eaux à la différence des cotes de hautes eaux qui apparaissent davantage hétérogènes.

	Villebernier [BSS001HKXQ]	Vivy [BSS001HKZE]
Min (m NGF)	24.82	27.17
Max (m NGF)	26.14	28.68
Moyenne (m NGF)	25.53	27.90
Médiane (m NGF)	25.59	27.99
Amplitude moyenne (m)	1.32	1.51

Tableau 10 : Analyse statistique des mesures dans les alluvions de la Loire (Figure 3.7)

La chronique du piézomètre BSS001HKXQ est suffisamment longue pour permettre de réaliser des analyses statistiques sur le niveau de la nappe et de qualifier des périodes de retour, selon l'Indicateur Piézométrique Standardisé (IPS).

L'Indicateur Piézométrique Standardisé (IPS) est un mode de calcul permettant de qualifier l'écart à la moyenne des niveaux piézométriques d'une chronique. L'IPS représente l'évolution mensuelle du niveau piézométrique, au droit d'un point d'eau, comparativement aux mêmes mois des années antérieures. Autrement dit, il permet de positionner le niveau piézométrique moyen mensuel par rapport à ceux de l'ensemble de la série. Cette méthode statistique nécessite des chroniques piézométriques avec un enregistrement minimal de 15 années consécutives, avec des enregistrements homogènes et réguliers sur les cycles hydrologiques complets. Si les conditions d'application d'une approche probabiliste sont valides, il est possible d'exprimer l'IPS au travers de périodes de retour du niveau moyen mensuel observé sur un point d'eau : du plus sec (représenté en rouge) au plus humide (représenté en bleu).

La Figure 3.8 présente les niveaux de référence de la nappe alluviale, tandis que le Tableau 13 traduit la qualification des niveaux en termes de périodes de retour.

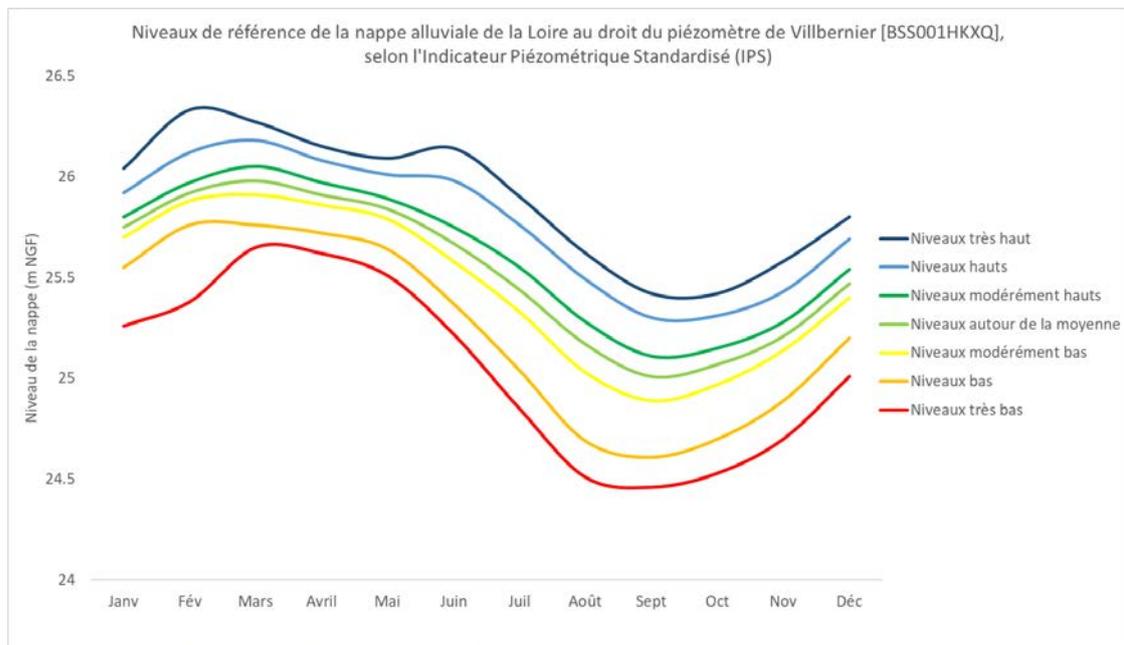


Figure 3.8 : Niveaux de référence de la nappe alluviale de la Loire au droit du piézomètre de Villebernier (BSS001HKXQ), selon l'IPS (2005-2022)

Classes de l'IPS		Qualification des niveaux de références	Période de retour
Min	Max	Niveaux très hauts	> 10 ans humide
≥ 1.8282	≤ 3.00	Niveaux hauts	entre 5 ans humide et 10 ans humide
≥ 0.842	< 1.282	Niveaux modérément hauts	entre 2.5 ans humide et 5 ans humide
≥ -0.253	< 0.842	Niveaux autour de la moyenne	entre 2.5 humide et 2.5 ans sec
≥ -0.842	< 0.253	Niveaux modérément bas	entre 2.5 ans sec et 5 ans sec
-1.282	< 0.842	Niveaux bas	entre 5 ans sec et 10 ans sec
≥ -3.000	< -1.282	Niveaux très bas	> 10 ans sec

Tableau 11 : Qualification des niveaux de références de l'IPS

b) [FRGG088] Craie du Séno-Turonien interfluve Loire - Loir libre

La nappe des sables et de la craie du Séno-Turonien possède cinq forages de suivis internes au bassin versant, et trois hors bassin, à proximité immédiate de ce dernier. Il est à noter que les deux ouvrages inactifs sur le bassin versant appartenaient à la nappe de la craie.

Les chroniques piézométriques varient entre 10 et 29 ans. Ces ouvrages appartenant au complexe du Séno-Turonien se subdivisent en deux entités hydrogéologiques que sont :

- « Sables et faluns du Turonien supérieur au Sénonien, bassin de la Loire de l'Authion à la Maine (121AB11) », présenté en Figure 3.9,
- « Craie micacée et Tuffeau du Turonien moyen à inférieur, bassin de la Loire du Cosson à la Maine (121AB07) », visible à la Figure 3.10

Dans l'ensemble, les données disponibles sur ces ouvrages sont des données piézométriques de bonne qualité de fréquence journalière, avec peu de lacunes, à l'exception du forage BSS001FESA à Noyant-Villages, présentant quelques anomalies de mesure. A savoir que les piézomètres sont associés à des niveaux aquifères distinct, toutefois, comme mentionné dans le §3.2.5, les formations du Sénonien et Turonien forment un complexe aquifère multicouches avec des nappes à la fois discontinues (séparés par des formations peu perméables) et continues.

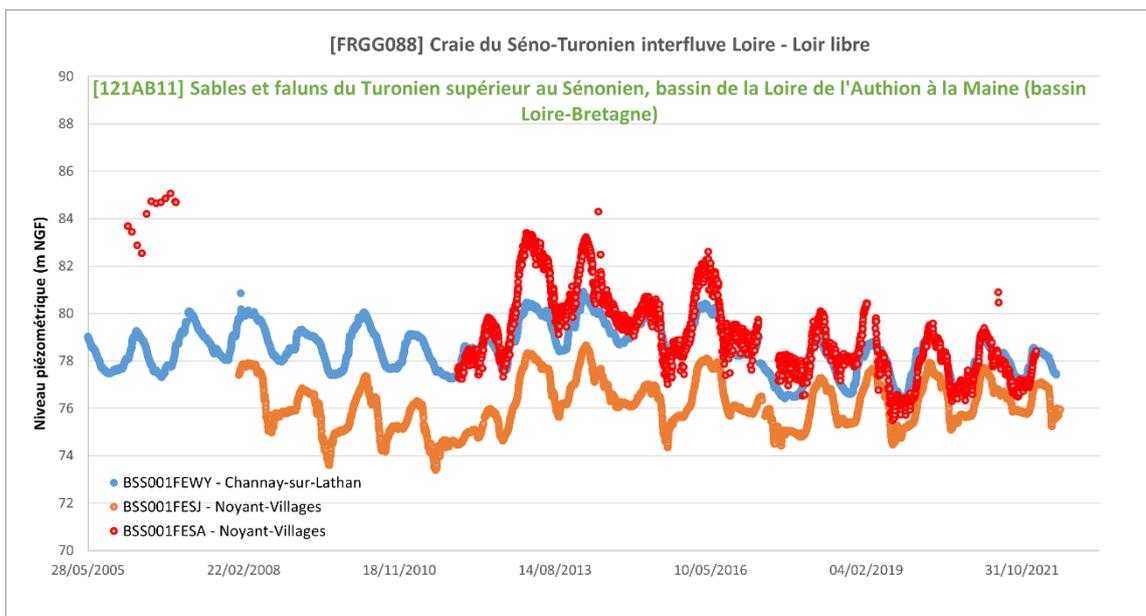


Figure 3.9 : Chroniques piézométriques des forages dans les sables et faluns du Turonien supérieur au Sénonien (FRGG088 – 121AB11)

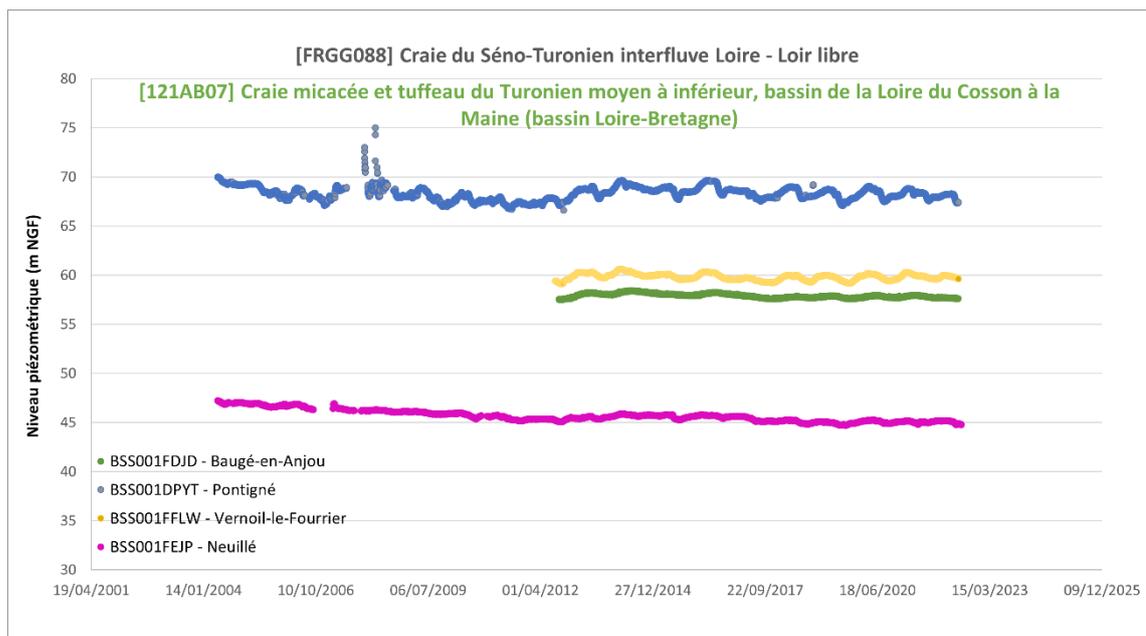


Figure 3.10 : Chroniques piézométriques des forages dans la craie micacée et tuffeau du Turonien moyen à inférieur (FRGG088 – 121AB07)

En ce qui concerne la partie inférieure à moyenne de l'aquifère, la nappe est contenue dans les formations à craie et tuffeau. Les quatre ouvrages de suivi démontrent une nappe avec une forte inertie comparée à la nappe contenue dans les sables sus-jacents du Sénonien. Ces caractéristiques sont présentées au Tableau 14 :

	Minimum (m NGF)	Maximum (m NGF)	Moyenne (m NGF)	Médiane (m NGF)	Amplitude moyenne (m)
Baugé-en-Anjou [BSS001FDJD]	57.70	58.03	57.87	57.87	0.33
Vernoil-Le-Fourrier [BSS001FFLW]	59.47	60.13	59.81	59.87	0.66
Pontigné [BSS001DPYT]	67.54	69.45	68.32	68.28	1.91
Neuillé [BSS001FEJP]	44.71	47.24	45.65	45.57	2.53

Tableau 12 : Analyse statistique des mesures dans les sables et faluns du Séno-Turonien (Figure 42)

Le battement annuel de la nappe est variable en fonction de la localisation des ouvrages, entre 0,30 m en amont du bassin versant à Baugé-en-Anjou et 2,50 m en aval, à Neuillé. La variation du battement de la nappe est très hétérogène en amont et aval du bassin versant. Cette différence peut s'expliquer par l'état de la nappe, majoritairement libre en aval du bassin versant, directement sous influence des prélèvements et de l'impluvium, tandis qu'en amont du bassin les formations du Séno-Turonien, sont localement captives sous les formations de l'Eocène (argiles sableuses Eocène). Le début de la période de recharge de cette nappe est en moyenne de janvier à juin, avant de se décharger.

D'une année à l'autre les minimums et maximums observés sont variables, comme présenté au Tableau 14 : Analyse statistique des mesures dans les sables et faluns du Séno-Turonien (Figure 42)

Seule la chronique de la BSS001DPYT à Pontigné, suffisamment longue, permet de réaliser des statistiques sur le niveau de la nappe et de qualifier des périodes de retour, selon l'Indicateur Piézométrique Standardisé (IPS).

La Figure 3.11 présente les niveaux de référence de la nappe alluviale, tandis que le Tableau 13 traduit la qualification des niveaux en termes de périodes de retour.

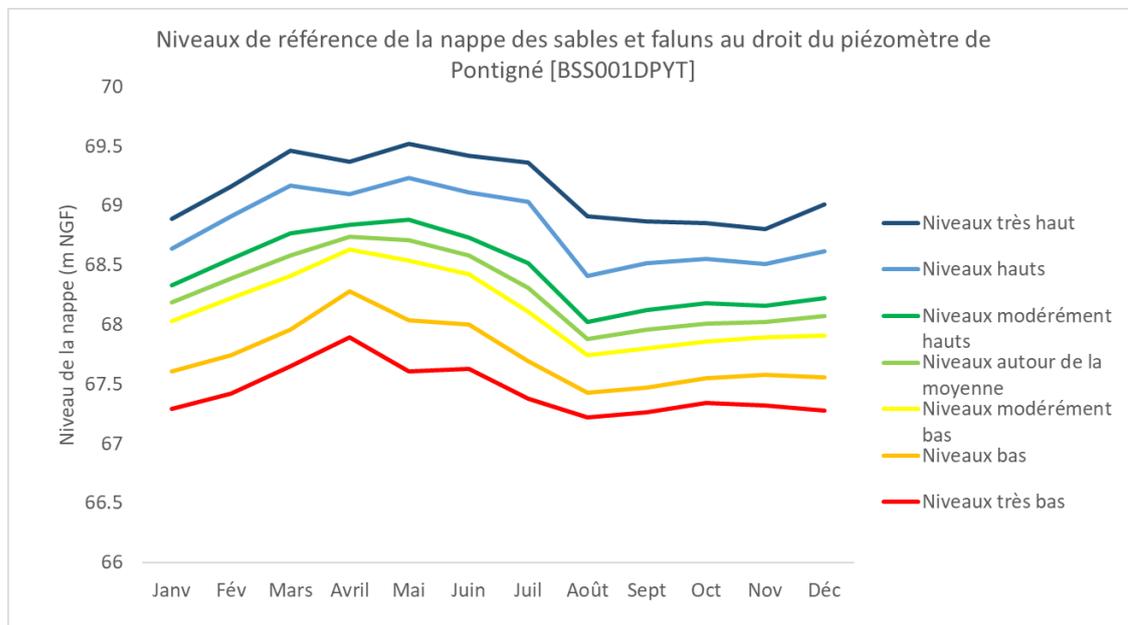


Figure 3.11 : Niveaux de référence de la nappe des sables et faluns au droit du piézomètre de Pontigné (BSS001DPYT), selon l'IPS (2004 – 2022)

En ce qui concerne la partie supérieure de l'aquifère, la nappe est contenue dans les formations à sables et faluns. Les trois ouvrages de suivi, présentés sur la Figure 3.12, démontrent de grandes variabilités et amplitudes comparées à la nappe sous-jacente. Il peut notamment être observé une baisse d'environ 3 m du niveau piézométrique depuis 2016, sur l'ouvrage BSS001FESA à Noyant-Villages.

	Minimum (m NGF)	Maximum (m NGF)	Moyenne (m NGF)	Médiane (m NGF)	Amplitude moyenne (m)
Channay-sur-Lathan [BSS001FEWY]	77.85	79.98	78.85	78.79	2.13
Noyant-Villages [BSS001FESJ]	74.81	77.46	76.17	76.08	2.64
Noyant-Villages [BSS001FESA]	75.51	81.85	79.64	78.83	6.33

Tableau 13 : Analyse statistique des mesures dans la craie et tuffeau du Séno-Turonien (Figure 45)

Le battement annuel de la nappe présente une forte variation en fonction de la localisation des ouvrages, entre 2 m et 6 m, bien que proches géographiquement.

Le début de la période de recharge de cette nappe est en moyenne de janvier à avril, avant de se décharger.

D'une année à l'autre, les minimums observés sont variables, comme présenté au Tableau 15. Il en est de même pour les maximums.

Seule la chronique de la BSS001FEWY, à Channay-sur-Lathan, est suffisamment longue pour permettre de réaliser des statistiques sur le niveau de la nappe et de qualifier des périodes de retour, selon l'Indicateur Piézométrique Standardisé (IPS).

La Figure 3.12 présente les niveaux de références de la nappe alluviale, tandis que le Tableau 13 traduit la qualification des niveaux en termes de périodes de retour.

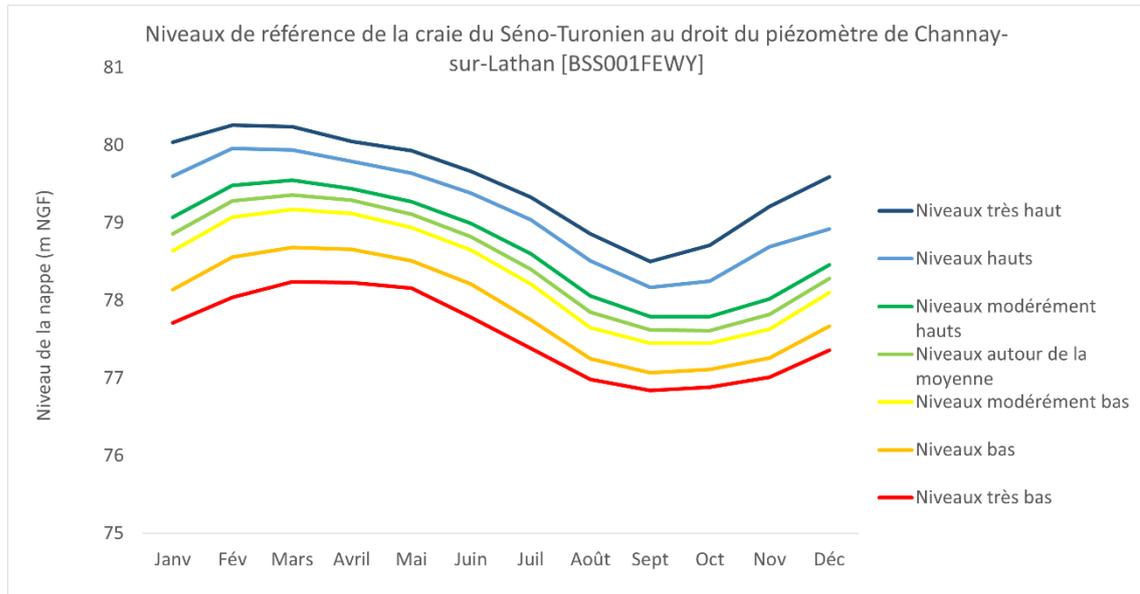


Figure 3.12 : Niveaux de référence de la nappe de la craie et tuffeau au droit du piézomètre de Channay-sur-Lathan (BSS001FEWY), selon l'IPS (2005 – 2022)

c) [FRGG146] Sables et grès du Cénomaniens libre Maine et Haut-Poitou & [FRGG142] Sables et grès du Cénomaniens captif

Les nappes des sables et grès du Cénomaniens sont suivies par un total de 10 forages, dont 4 situés hors des limites du bassin versant.

Les chroniques piézométriques disponibles varient entre 6 et 29 ans. Ces ouvrages sont répartis selon les différents niveaux aquifères. En effet, l'aquifère du Cénomaniens peut se subdiviser en deux entités hydrogéologiques distinctes :

- les sables et grès du Cénomaniens inférieur à moyen libre,
- les sables et grès du Cénomaniens inférieur à moyen captif

Dans l'ensemble, les données disponibles sur ces ouvrages sont des données piézométriques de bonne qualité de fréquence journalière, avec quelques lacunes.

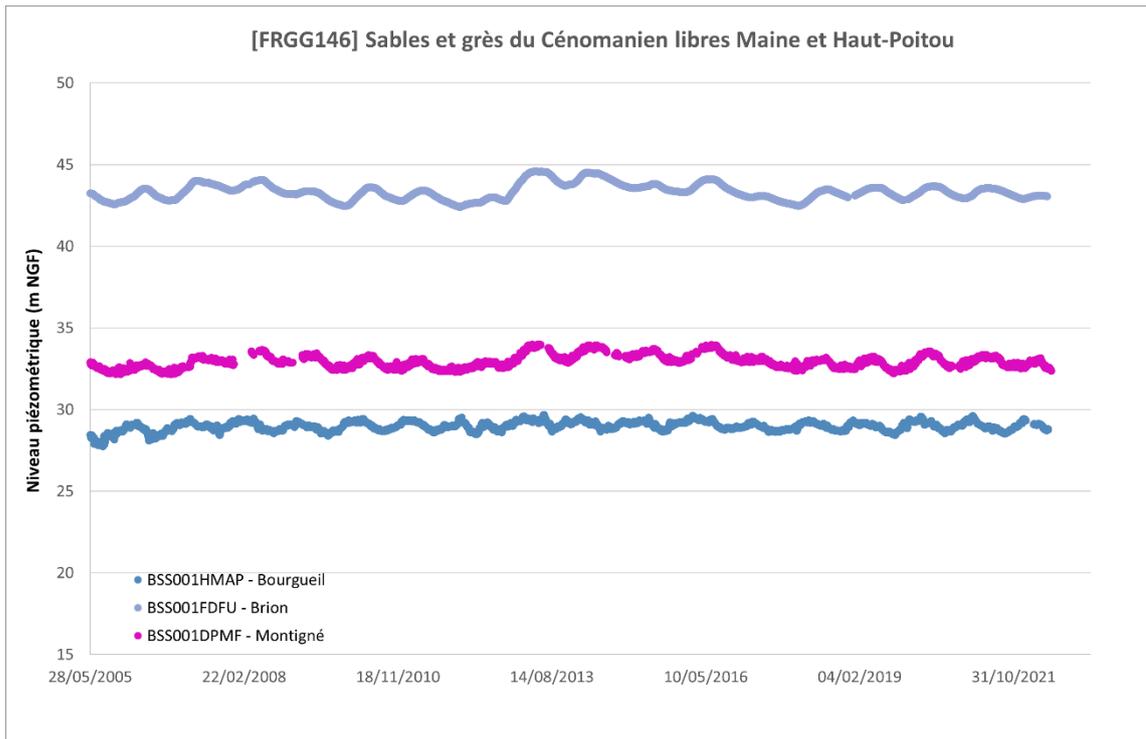


Figure 3.13 : Chroniques piézométriques des forages dans les sables et grès du Cénomaniens libre (FRGG146)

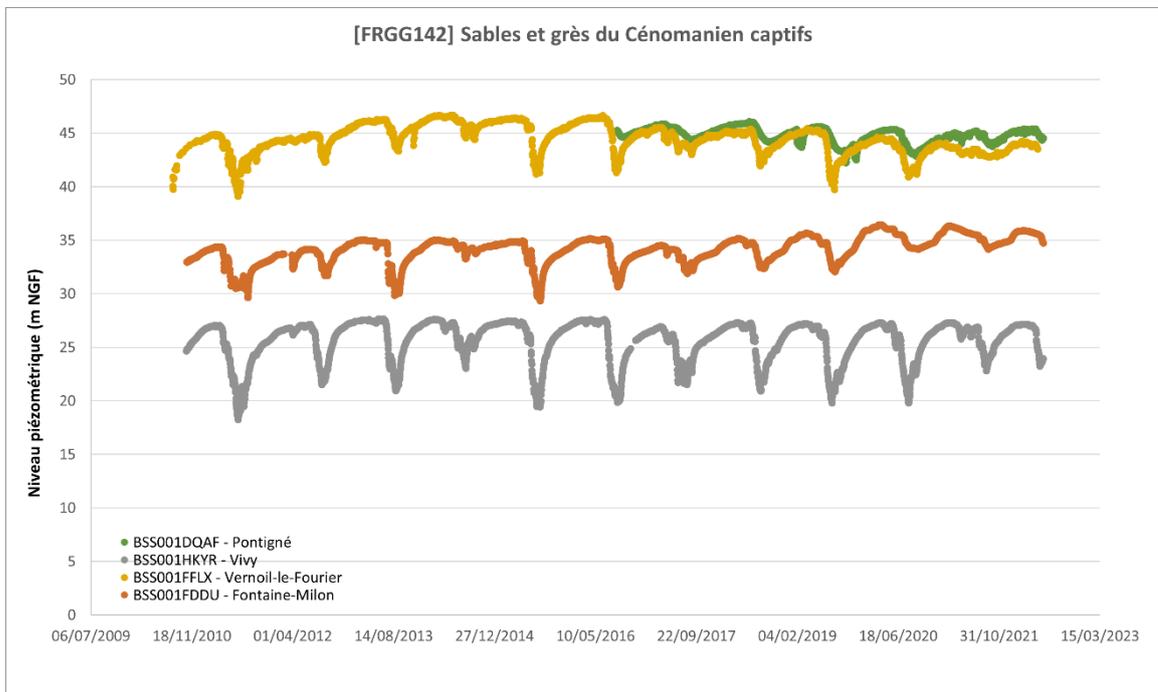


Figure 3.14 : Chroniques piézométriques des forages dans les sables et grès du Cénomaniens captif (FRGG142)

En ce qui concerne la partie libre de l'aquifère, la nappe est contenue dans des formations sableuses à gréseuses. Cette ressource possède un suivi de trois forages, présentés sur la Figure 3.13. Ces derniers captent une nappe présentant de faibles variations de l'amplitude

interannuelle, comparée à la nappe contenue dans les formations similaires captives. Ces caractéristiques sont présentées au Tableau 16 :

	Montigné-lès-Rairies [BSS001DPMF]	Bourgueil [BSS001HMAP]	Brion [BSS001DFDU]
Minimum (m NGF)	32.15	28.44	42.88
Maximum (m NGF)	34	29.42	43.71
Moyenne (m NGF)	32.93	28.94	43.32
Médiane (m NGF)	32.91	28.96	43.29
Amplitude moyenne (m)	1.9	0.97	0.83

Tableau 14 : Analyse statistique des mesures dans les sables du Cénomaniens captifs (Figure 46)

Le battement annuel de la nappe varie légèrement en fonction de la localisation des ouvrages, entre 0.8 et 1.9 m.

Le début de la période de recharge de cette nappe est en moyenne du mois d'avril à juin, avant de se décharger.

D'une année à l'autre les minimums observés sont variables, comme présenté au Tableau 16. Il en est de même pour les maximums.

Seules les chroniques des ouvrages BSS001DFDU (Brion) et BSS001DPMF (Montigné-lès-Rairies), sont suffisamment longues, ce qui permet de réaliser des statistiques sur le niveau de la nappe et de qualifier des périodes de retour, selon l'Indicateur Piézométrique Standardisé (IPS).

La *Figure 3.15* présente les niveaux de référence de la nappe du Cénomaniens libre, tandis que le Tableau 13 traduit la qualification des niveaux en termes de périodes de retour.

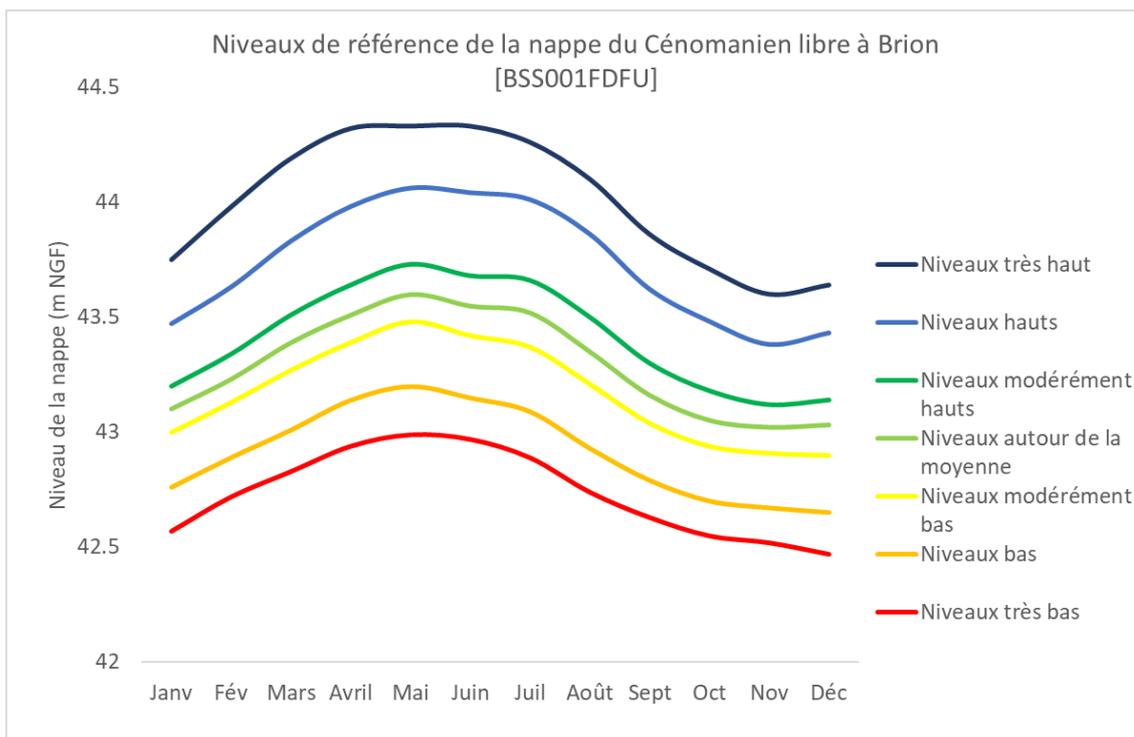


Figure 3.15 : Niveaux de référence de la nappe du Cénomanien libre au droit du piézomètre de Brion (BSS001FDFU), selon l'IPS (2009 – 2022)

En ce qui concerne la partie de l'aquifère en état captif, la nappe est également contenue dans des formations sableuses à gréseuses. Cette ressource possède un suivi de huit forages, dont seulement quatre sont internes aux limites du bassin versant. Ils sont présentés sur la Figure 3.14. Ces derniers présentent une nappe avec de grandes variations de l'amplitude interannuelle, en comparaison à la nappe contenue dans les formations similaires sus-jacentes. Ces caractéristiques sont présentées au Tableau 17 :

	Minimum (m NGF)	Maximum (m NGF)	Moyenne (m NGF)	Médiane (m NGF)	Amplitude moyenne (m)
Vivy [BSS001HKYR]	21.21	27.24	25.69	26.43	6.03
Vernoil-Le-Fourrier [BSS001FFLX]	41.77	45.38	44.28	44.52	3.60
Pontigné [BSS001DQAF]	43.76	45.55	44.86	44.93	1.79
Fontaine-Milon [BSS001FDDU]	32.05	35.15	34.18	34.35	3.10
Longué-Jumelles [BSS001FDJH]	33.43	36.15	35.39	35.67	2.73

Tableau 15 : Analyse statistique des mesures dans les sables et grès du Cénomanien captif (Figure 47)

Le battement annuel de la nappe présente une forte variation en fonction de la localisation des ouvrages, entre 2 m dans la partie centrale et amont du bassin versant, contre 6 m dans le val d'Authion.

Le début de la période de recharge de cette nappe est en moyenne de novembre à mai, avant de se décharger.

D'une année à l'autre, les minimums observés sont variables, comme présenté au Tableau 17. Il en est de même pour les maximums.

Aucune chronique piézométrique ne permet de réaliser des statistiques sur le niveau de la nappe, afin de qualifier les périodes de retour, selon l'IPS, pour cette nappe au droit de la zone d'étude. En effet, les suivis disponibles sont inférieurs à 15 ans.

d) [FRGG073] Calcaires captifs du Jurassique supérieur Sud bassin parisien & [FRGG120] Calcaires du Lias et Dogger mayennais et sarthois captifs

Les formations calcaires du Jurassique renferment plusieurs niveaux aquifères (*Figure 3.16*) :

- les calcaires du Jurassique supérieur (captifs),
- les calcaires du Jurassique moyen (captifs)

Ces deux ressources sont à l'état captif. Sur le territoire du bassin versant de l'Authion, on retrouve deux forages de suivis dans ces nappes : un dans le niveau supérieur et un seul dans le niveau moyen. Les chroniques piézométriques associées sont respectivement de 8 et 12 ans, ainsi elles ne permettent pas de réaliser des statistiques sur le niveau de la nappe selon l'IPS. Ainsi, il n'a pas été possible de faire des comparaisons des comportements hydrodynamiques pour chaque nappe (voir Tableau 18). Ces nappes sont minoritaires sur le bassin versant, et peu exploitées.

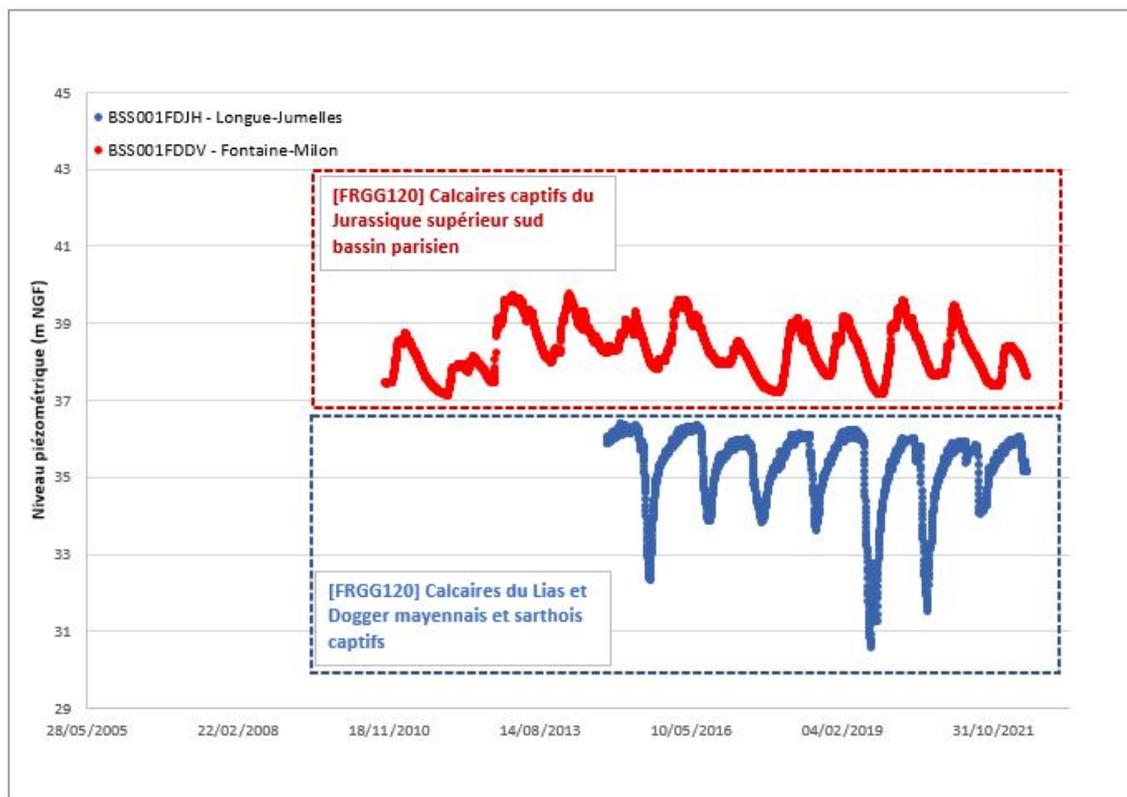


Figure 3.16 : Chroniques piézométriques des forages dans les calcaires du Jurassique captifs (FRGG073 & FRGG120)

D'après les chroniques disponibles, le battement de la nappe supérieure est de l'ordre de 1.6 m, au droit de l'ouvrage BSS001FFDV, tandis que pour la nappe dans le Jurassique moyen, il est

de l'ordre de 5.8 m (BSS001FDJH). Il peut être remarqué que la nappe du Dogger a une réponse plus intense à sa décharge, comparée à la nappe supérieure.

Bien que séparées dans des niveaux distincts, il semblerait que les nappes aient une période de recharge similaire s'étalant d'octobre à mai.

	J_{sup}	J_{moy}
	Fontaine-Million [BSS001FFDDV]	Longué-Jumelles [BSS001FDJH]
Min (m NGF)	37.57	30.59
Max (m NGF)	39.17	36.42
Moyenne (m NGF)	38.27	35.30
Médiane (m NGF)	38.28	35.67
Amplitude moyenne (m)	1.60	5.83

Tableau 16 : Analyse statistique des mesures dans les calcaires du Jurassique captif (Figure 49)

3.3.3 Réseau de suivi du SMBAA

En complément du suivi des eaux souterraines par le BRGM, le SMBAA réalise depuis plusieurs années un suivi de 69 ouvrages souterrains. Parmi ces 69 ouvrages, en 2022, 49 sont suivis régulièrement à l'aide d'une sonde piézométrique manuelle. Les 20 ouvrages restants sont équipés par des enregistreurs automatiques de mesure de niveau de nappes (voir Figure 3.17). Ce suivi est constitué de piézomètres et majoritairement de puits particuliers ou communaux.

Le nombre d'ouvrages suivi varie en fonction de l'accessibilité des ouvrages et de l'accord avec les propriétaires des ouvrages. Chaque ouvrage possède un identifiant attribué par le syndicat.

Ce suivi régulier apporte de nombreuses connaissances sur l'état quantitatif des différentes nappes en plusieurs points du bassin versant.

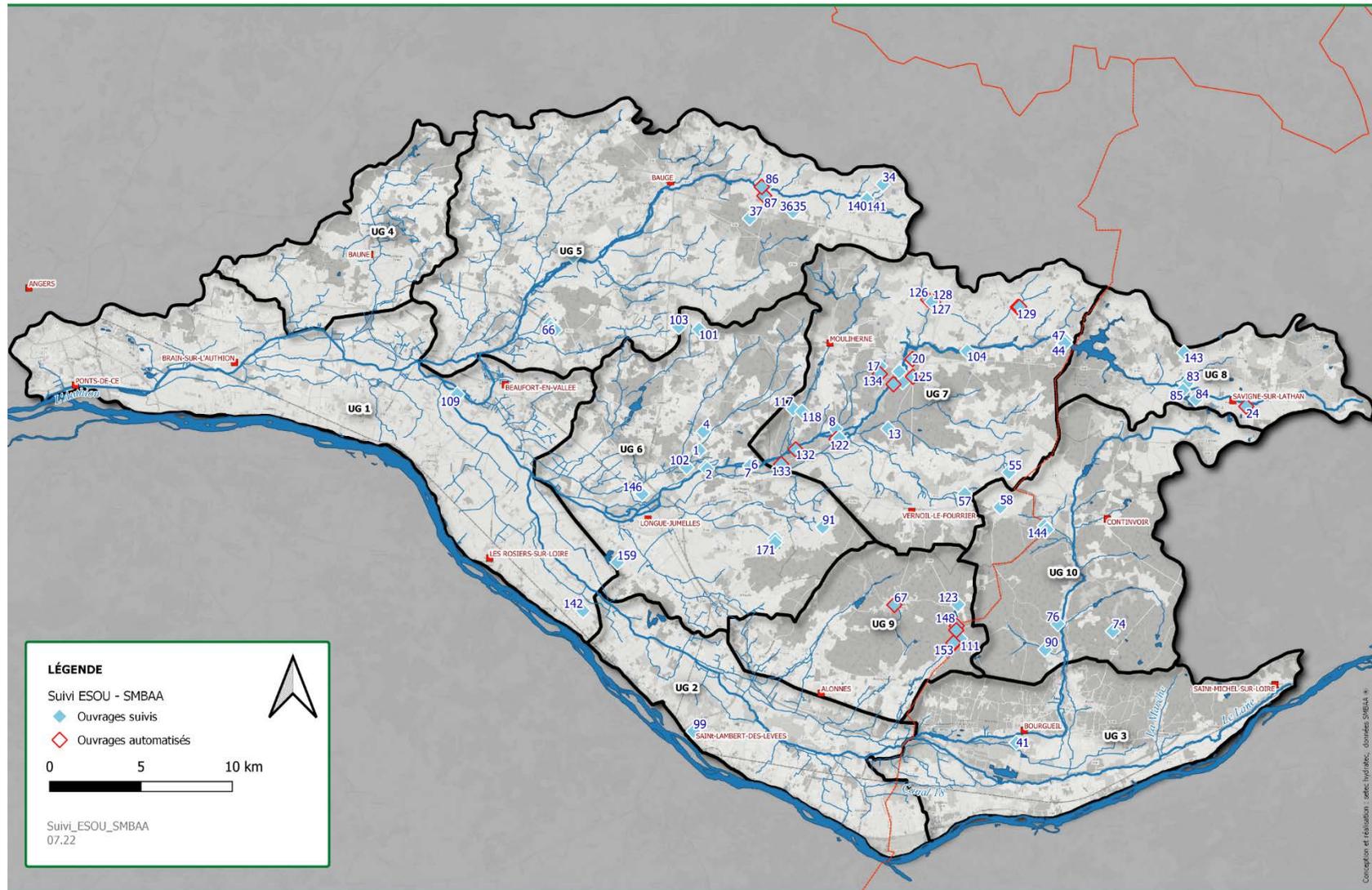


Figure 3.17 : Localisation des ouvrages souterrains suivis par le SBMAA

3.4 INTERPRETATION INITIALE DU FONCTIONNEMENT HYDROLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE

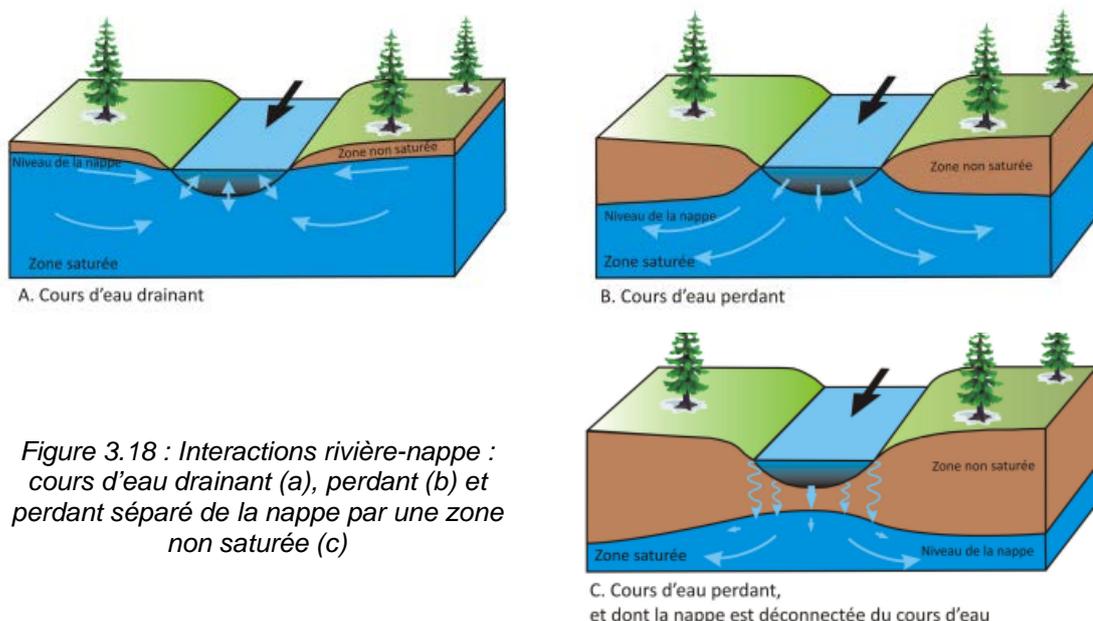
Les mécanismes influençant les échanges de flux entre les nappes et les cours d'eau sont complexes. Ils sont variables dans l'espace et dans le temps. A titre d'exemple, ces mécanismes résultent notamment :

- de la structure géologique déterminant le fonctionnement hydrodynamique des réservoirs,
- de la différence de potentiel entre les fils d'eau de surface et les charges piézométriques,
- de la perméabilité des sols,
- des prélèvements des nappes,
- de la géomorphologie et la hauteur du fil d'eau dans les lits des cours d'eau,
- du degré de colmatage des berges et des lits des rivières, ...

Les échanges nappe-rivière peuvent se définir de différentes manières, à la fois dans un sens comme dans l'autre, suivant les charges hydrauliques et les saisons. Ils peuvent ainsi se caractériser des manières suivantes (Figure 3.18) :

- apport des eaux souterraines au réseau hydrographique surfacique, notamment avec un rôle de soutien des débits des cours d'eau ;
- apport des eaux souterraines aux zones humides associées aux cours d'eau,
- apport d'eau des rivières vers les aquifères.

Les variations saisonnières peuvent être observées selon la saison hydrologique (hautes-eaux, moyennes-eaux et basses-eaux), aussi bien sur les eaux de surface que sur les eaux souterraines. Ces variations sont également observées sur le long terme avec les changements climatiques globaux, tels que : la répartition des pluies, des phénomènes extrêmes ou encore la pression croissante des usages.



3.4.1 Analyse de la relation nappe-rivière par une approche systémique

Les relations entre les cours d'eau et les nappes subaffleurantes peuvent être étudiées par des méthodes graphiques et analytiques.

La visualisation graphique simultanée des chroniques piézométriques et de débits permet de vérifier la possibilité de leurs corrélations. Cette relation $Q = f(h)$ permet de déterminer d'éventuels effets de seuil et de changement de régime d'écoulement ; effets de pompages ; déphasage dans le temps (notamment en période de crue).

Cette méthodologie peut être utilisée pour des cours d'eau en contact avec des formations aquifères affleurantes par état, renfermant une ou plusieurs nappes subaffleurantes. Il est nécessaire d'avoir à disposition au minimum une station hydrométrique et un forage automatisé captant la nappe d'intérêt à proximité. Les données d'analyses doivent comporter des enregistrements réguliers, avec un pas de temps adapté aux variations hydrodynamiques des masses d'eau, sur au minimum 10 années, soit 10 cycles hydrologiques.

Parmi les 9 stations hydrométriques du SYDEVA, et les 3 stations de la DREAL, ayant une disponibilité de données valables, seulement 3 d'entre-elles sont à proximité immédiate de forages captant une nappe subaffleurante. L'une de ces stations est la station hydrométrique située en aval de la retenue de Mousseaux, où les débits sont très influencés par la gestion de l'ouvrage. Il n'a donc pas été possible de faire d'association avec cette station.

Ainsi, sur le bassin versant de l'Authion, seulement deux associations pour une analyse des relations nappe-rivière par une approche systémique est possible. Ces couples analytiques sont :

- La nappe alluviale à Villebernier (BSS001HKXQ) – la Loire à Saumur (station DREAL L8000010)
- La nappe alluviale à Vivy (BSS001HKZE) – l'Authion à Saint-Martin-de-la-Place (station SYDEVA du Gué de Fresne)

Les analyses graphiques des cotes piézométriques des nappes alluviales en fonction de la Loire et de l'Authion, sont présentées respectivement : en Figure 3.20 et Figure 3.19 pour l'Authion et en Figure 3.21 et Figure 3.22 pour la Loire.

Pour les deux couples analytiques, il semblerait y avoir une même tendance observée des variations des débits des cours d'eau et les cotes piézométriques de la nappe alluviale. En effet, les hausses de débits s'accompagneraient d'une hausse du niveau de la nappe. Toutefois, ces observations sont remises en question lors de la mise en relation de niveaux de nappes et de débits (Figure 3.20 et Figure 3.22). Il peut être observé des nuages de points plus ou moins condensés, suivant une loi exponentielle avec un coefficient de corrélation $R^2 < 0,9$ ($R^2 = 0,43$ pour l'Authion et $0,44$ pour la Loire). Ces coefficients indiquent une faible corrélation entre les données superficielles et souterraines. Il ne peut donc pas être émis d'hypothèses sur le comportement des relations nappes-rivières entre ces deux points.

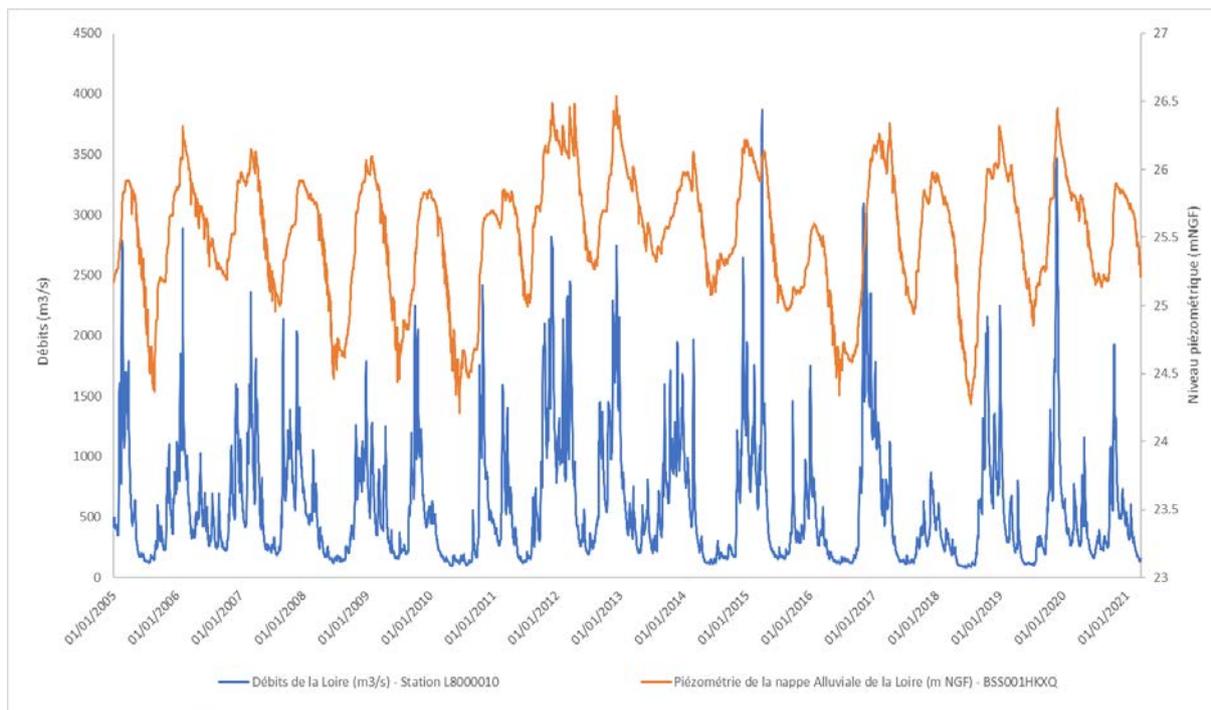


Figure 3.19 : Variations des cotes piézométriques de la nappe alluviale à Villebernier (BSS001HKXQ) et des débits de la Loire à Saumur (L8000010) entre 2005 et 2022

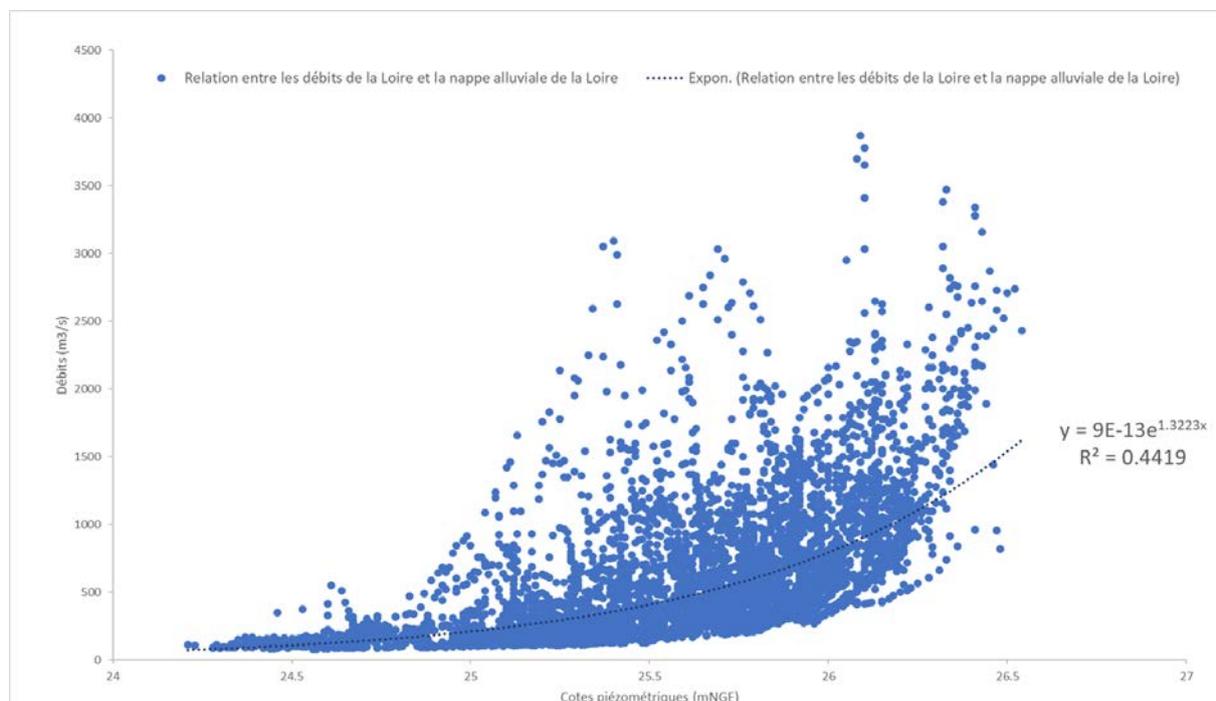


Figure 3.20 : Analyse graphique des cotes piézométriques de la nappe alluviale à Villebernier (BSS001HKXQ) en fonction des débits de la Loire à Saumur (L8000010)

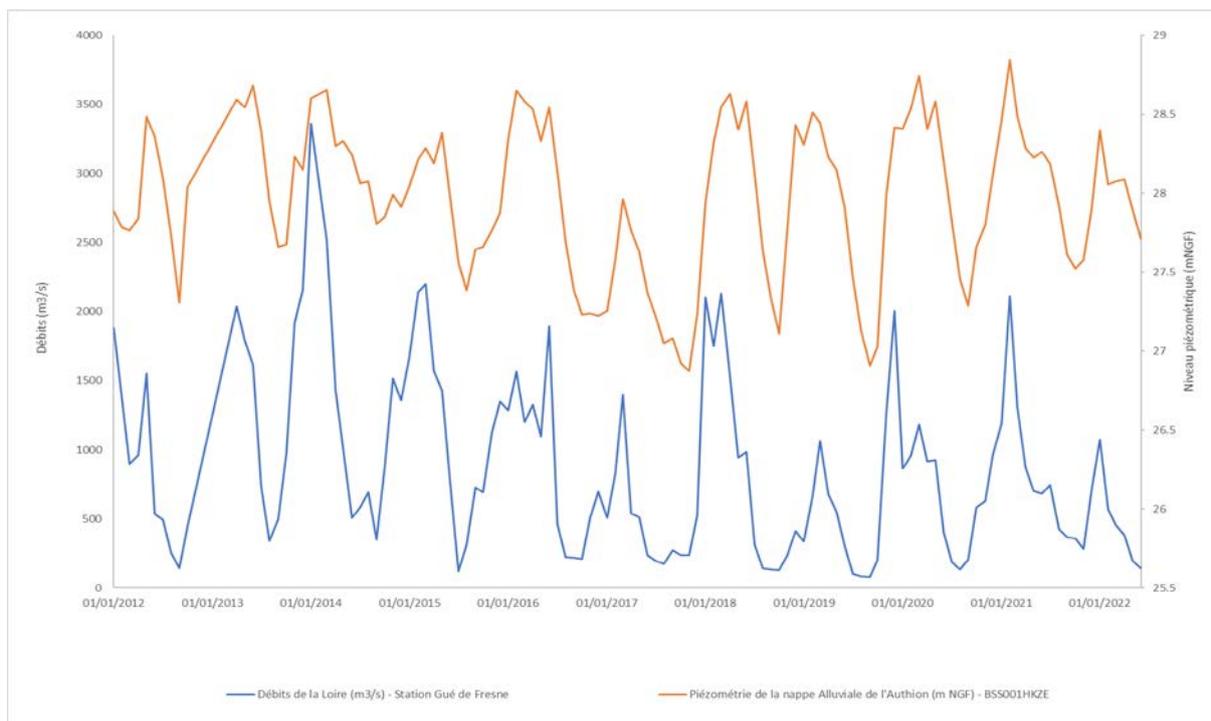


Figure 3.21 : Variations des cotes piézométriques de la nappe alluviale à Vivy (BSS001HKZE) et des débits de l'Authion à Saint-Martin-de-la-Place (Station SYDEVA du Gué de Fresne) entre 2012 et 2022

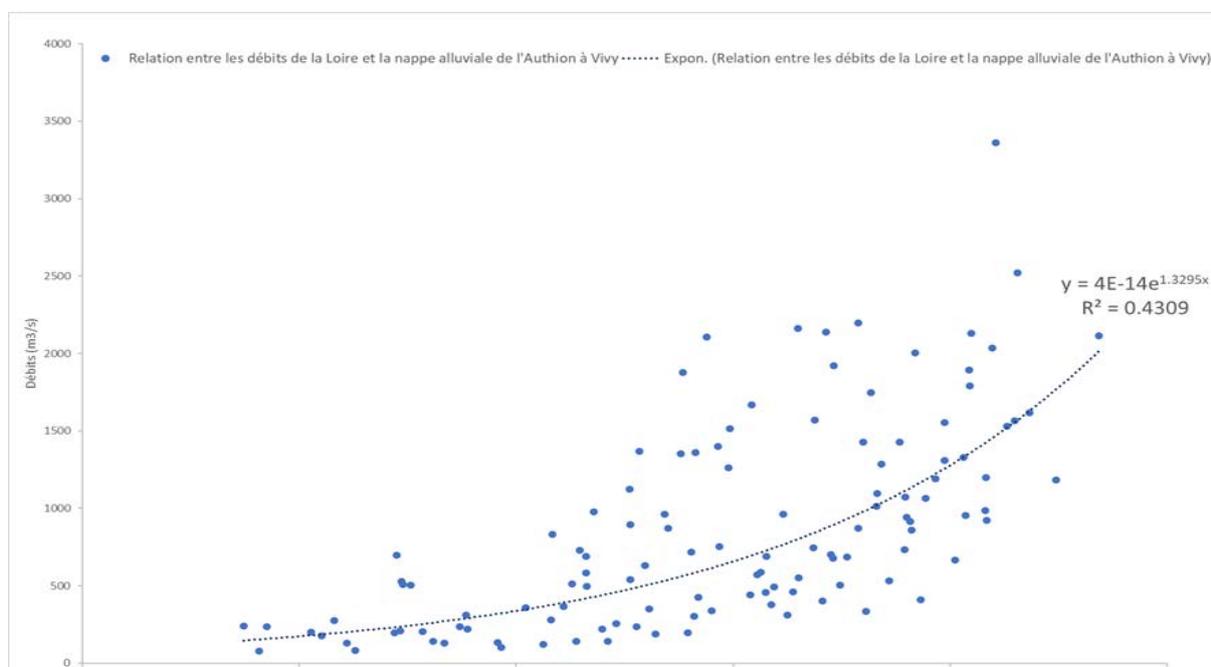


Figure 3.22 : Analyse graphique des cotes piézométriques de la nappe alluviale à Vivy (BSS001HKZE) en fonction des débits de l'Authion à Saint-Martin-de-la-Place (Station SYDEVA du Gué de Fresne)

3.4.2 Identification et analyse des relations nappe – rivière selon des données spatialisées

a) Présentation de la campagne de mesures

Afin d'appréhender le fonctionnement du bassin versant et les interactions surface-souterrain, Setec hydratec a mené une campagne de mesures, en collaboration avec le SMBAA, du 30 mai 2022 au 03 juin 2022. D'après les normales piézométriques de fin mai à début juin, le niveau des nappes est en Hautes-Eaux en début de décharge. Néanmoins, avec le contexte hydrique de l'année 2022, ayant présenté une faible pluviométrie impactant la recharge hivernale des souterraines, la campagne de mesures effectuée en mai – juin 2022 se situe davantage en période de Basses-Eaux³.

Cette campagne de mesures a permis de relever 28 mesures de hauteurs d'eau superficielles et 59 mesures de niveaux de nappes, ayant pu être nivelées.

Pendant cette campagne, en complément des relevés effectués manuellement, il a été récupéré les chroniques des 14 ouvrages automatisés par le SMBAA et 21 données des forages ADES environnant, pour l'élaboration des cartes piézométriques.

Il a ainsi été mesuré un total de 95 cotes piézométriques réparties sur l'ensemble des niveaux aquifères, sur la période du 30/05/2022 au 03/06/2022.

Chaque point de mesure, superficiel et souterrain, a fait l'objet de la création d'une fiche ouvrage, en prenant comme modèle les fiches existantes du réseau de suivi souterrain du SMBAA. Il n'en a pas été créé pour les forages du BRGM. Les fiches ont par ailleurs été transmises au SMBAA après la campagne de mesures effectuée.

Les cartes répertoriant la localisation des points de mesures, sont présentées en pages suivantes, en *Figure 3.23* et *Figure 3.24*.

³ A noter que si cette campagne avait été effectuée plus tard dans la saison estivale, nous aurions pu nous attendre à des niveaux de très Basses-Eaux.

Représentation du périmètre du bassin versant de l'Authion

Localisation des mesures souterraines effectuées lors de la campagne de mesures du 30 mai au 03 juin 2022, sur fond de carte géologique harmonisée (au 1/50 000e, BRGM)

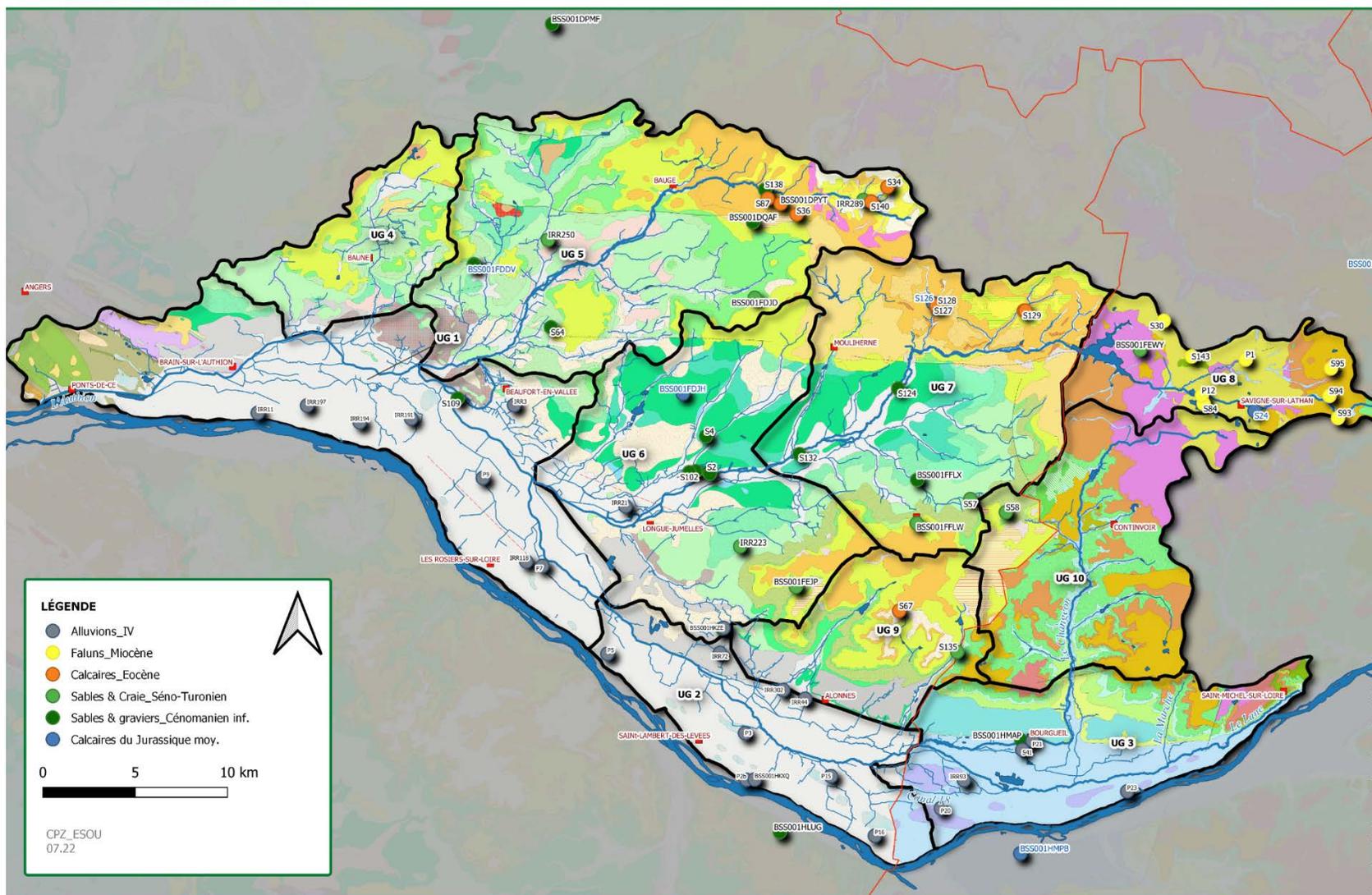


Figure 3.23 : Mesures souterraines de la campagne de mesures du 30/05 – 03/06/2022, sur fond de carte géologique harmonisée (au 1/50 000e, BRGM)

Représentation du périmètre du bassin versant de l'Authion

Localisation des mesures de hauteur d'eau, dans les tronçons hydrographiques, effectuées lors de la campagne de mesures du 30 mai au 03 juin 2022

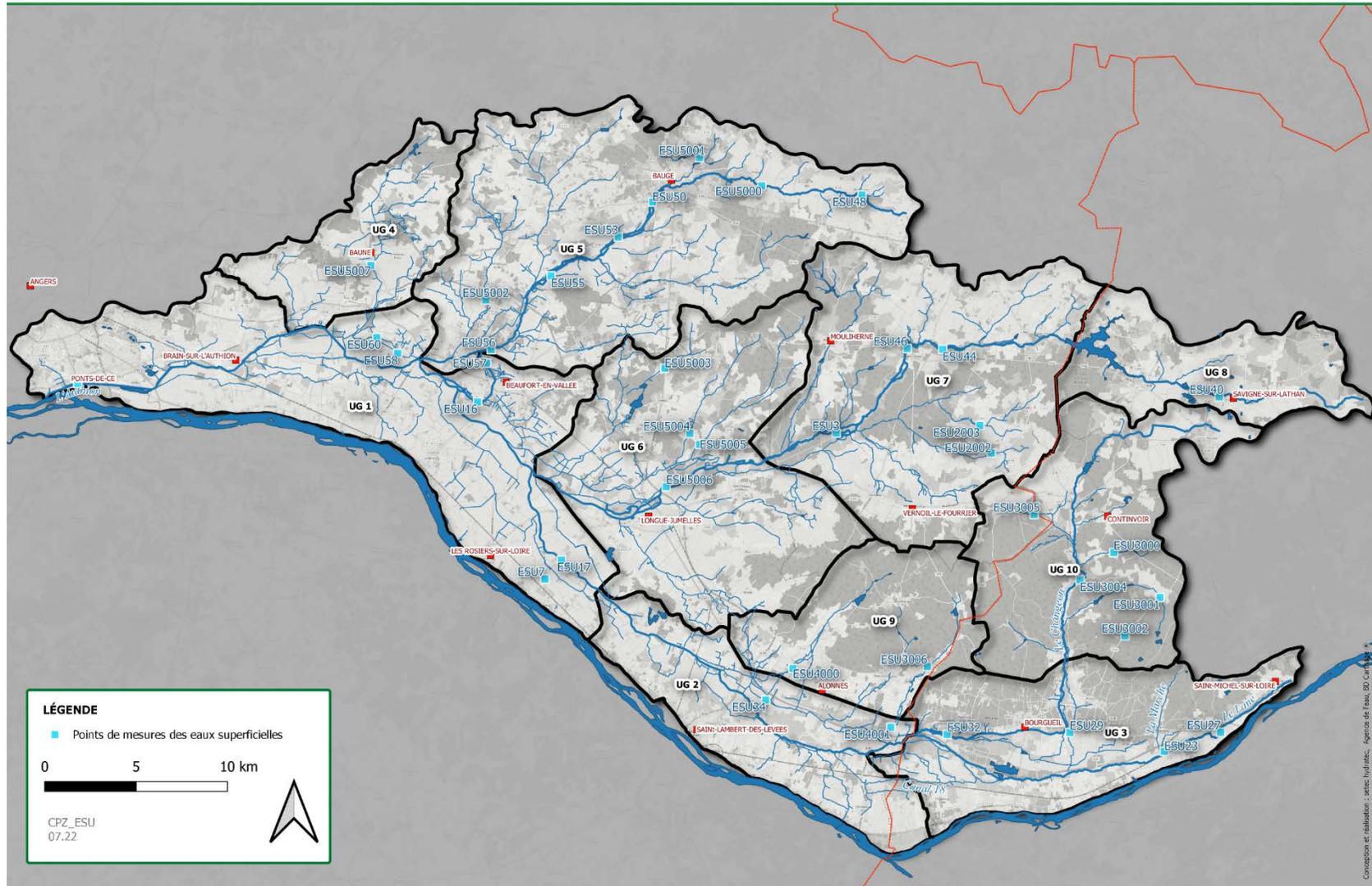


Figure 3.24 : Mesures de hauteur d'eau, dans les tronçons hydrographiques, effectuées lors de la campagne de mesures du 30 mai au 03 juin 2022.

b) Atlas cartographique des cartes piézométriques

Les cartes piézométriques ont été réalisées sur la base des relevés effectués lors de la campagne de mesures (superficiels et souterrains) du 30/05/2022 au 03/06/2022. Elles ne représentent donc pas l'extension intégrale des nappes du référentiel de la BD Lisa.

Chaque point de mesure des eaux souterraines a été associé à un niveau de nappe, selon la cote piézométrique (mètre NGF - IGN69), la géologie locale, la profondeur de l'ouvrage et la coupe technique (si disponible). A savoir que tous les points de mesures effectués sur le terrain et ayant pu être nivelés, ont été utilisés pour l'interprétation des cartes piézométriques, y compris ceux ayant pu être sous l'influence de pompage en cours.

Le territoire du bassin versant de l'Authion présente plusieurs sources superficielles, qui ont été utilisées pour le calage des isopièzes quand celles-ci ne présentaient pas de trop grande divergence avec les mesures effectuées sur le terrain. Les sources sont des points de résurgence des nappes, et témoignent donc des limites de celles-ci, généralement dans les vallées topographiques (talweg) ou coteaux par exemple. Comme pour les mesures souterraines, chaque source a été associée à une nappe, selon sa cote et la géologie affleurante. Il faut toutefois émettre un point de vigilance sur l'incertitude des données cotées des sources. Ces dernières n'ont pas été cotées en m NGF par un GPS de type GNSS, contrairement aux autres mesures, mais à l'aide de l'outil altimétrique disponible sur Géoportail. À savoir que l'outil altimétrie de Géoportail se réfère à l'IGN RGE Alti®.

Le RGE ALTI® est mis à jour à partir des levés obtenus par LIDAR aéroporté ou par corrélation d'images aériennes. La précision varie selon les zones. Ainsi, les cotes topographiques indiquées par l'outil sur le bassin versant de l'Authion, ont des *erreur moyenne quadratique (emq)* inférieure à 30 cm, dans le Val d'Authion et dans la partie occidentale du territoire du bassin versant de l'Authion. Toutefois, le nord du bassin et la partie orientale présente des *emq* entre 70 cm et jusqu'à potentiellement 8 m par endroit. Dans ces zones, notamment le long du Changeon, les sources n'ont pas forcément été prises en compte, lorsque la cote altimétrique ne semblait pas être cohérente avec les relevés effectués lors de la campagne de mesures.

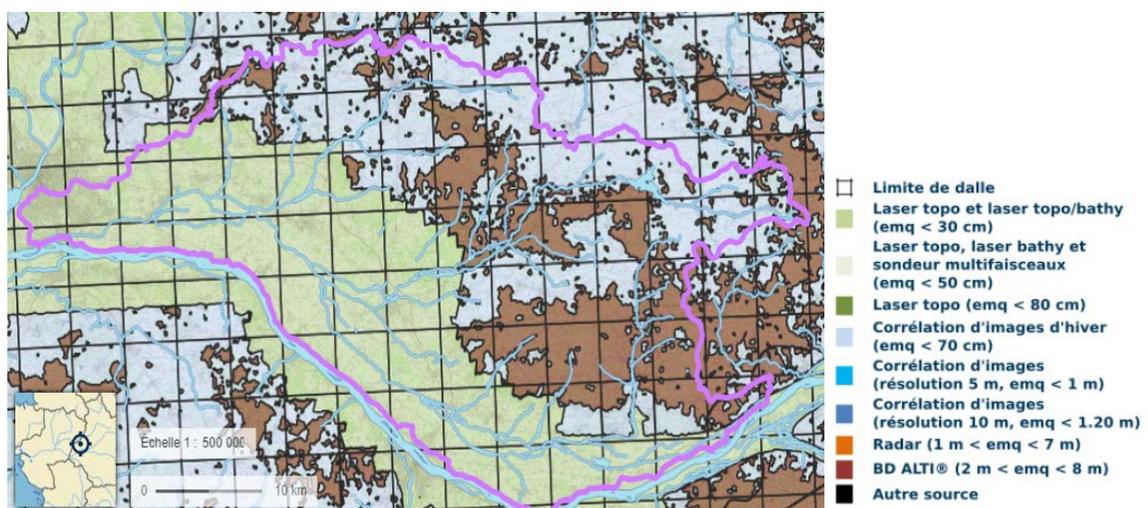


Figure 3.25 : Représentation des sources de données et incertitude de la carte IGN RGE Alti® (Géoportail)

Dans un premier temps, les données disponibles ont été interpolées à l'aide de l'outil SAGAgis, selon un krigeage ordinaire. Le krigeage est une méthode d'interpolation ou extrapolation des valeurs d'une variable géolocalisée en tenant compte de la dépendance structurale, ou corrélation spatiale, des données. L'avantage de cette méthodologie est la quantification des corrélations spatiales.

Dans un second temps, les interpolations des isopièzes ont été ajustées en fonction de la géologie, de la topographie, et du réseau hydrographique.

Définitions des termes techniques d'après l'Aide-mémoire du BRGM (1972)

Lignes de courant et sens d'écoulement : « Les isopièzes sont des équipotentiellles (la charge hydraulique est la même le long d'une isopièze). Les lignes de courant qui définissent la direction et le sens des écoulements de la nappe, sont perpendiculaires aux isopièzes et vont dans le sens des potentiels décroissants (de la plus élevées à la plus faible) ».

Gradient hydraulique : « Le gradient hydraulique entre deux points de la surface piézométrique est l'équivalent de la pente en topographie. Il est plus faible sous les plaines et les plateaux que sous les coteaux. On le détermine en calculant le rapport de la différence de potentiel entre deux points (donc ici une différence de charge hydraulique) par la distance séparant les deux points. »

• La nappe alluviale du Quaternaire

La carte piézométrique de la nappe alluviale est présentée en Figure 3.26.

Les niveaux piézométriques varient entre 18 et 34 m NGF, entre les communes de Brain-sur-l'Authion (49) et Saint-Michel-sur-Loire (37). L'axe de drainage principal des écoulements de la nappe des alluvions est donc du Sud-Est au Nord-Ouest, suivant l'écoulement de la Loire et de l'Authion.

Le gradient hydraulique de cette nappe est variable. Il est plus intense dans la partie orientale du val d'Authion, entre 0,1 et 0,2 %, tandis que dans sa partie occidentale, le gradient hydraulique est de l'ordre de 0,03 %. Le gradient hydraulique correspond à la pente de la surface de la nappe. Plus ce gradient hydraulique est fort, plus la dynamique d'écoulement des eaux est faible. Ce paramètre dépend donc de la topographie et de la nature de l'aquifère. Dans le cas de la nappe alluviale du Val d'Authion la différence du gradient hydraulique d'Est en Ouest est faible à moyen. Ce phénomène peut s'expliquer par plusieurs facteurs :

- par la topographie, qui est notamment plus accentuée à l'Est du Val d'Authion, notamment avec la présence des coteaux de Bourgueil ;
- par la baisse de la Transmissivité de l'aquifère. Bien que l'étude menée en 1971 par le BRGM (Talbot) a estimé la variation de la Transmissivité au sein du Val d'Authion entre les Ponts-de-Cé et Saumur (tel que démontré dans la Figure 3.26), nous ne disposons pas d'estimation de ce paramètre pour l'amont du Val ;
- ou par l'accumulation des deux phénomènes précédemment cités.

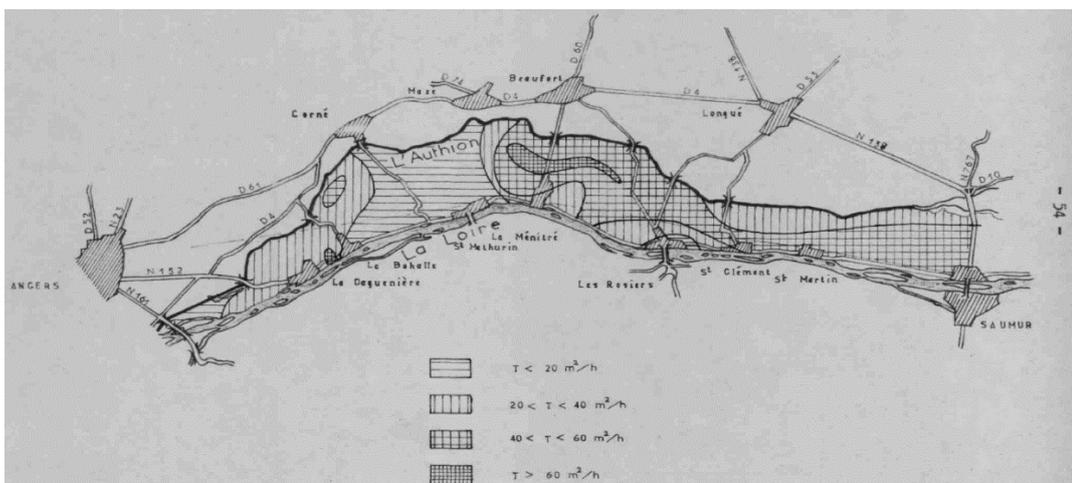


Figure 3.26 : Figure issue du rapport de Talbot (BRGM, 1971) démontrant l'estimation de la Transmissivité au sein des formations alluviales, entre les Ponts-de-Cé et Saumur (d'après l'interprétation d'essais de pompage).

D'après l'allure générale des isopièzes convexes, il semblerait que la nappe alluviale alimente l'Authion. A l'inverse, il semblerait que la nappe soit alimentée par le Lathan en amont du Val.

Il y a une incertitude quant au tracé de la courbe de niveaux à +28 m NGF. En effet :

- d'une part il y a une isopièze tracée ne prenant en compte que les mesures piézométriques effectuées sur le terrain (isopièze en trait continu) ;
- d'autre part, il y a été tracé une isopièze prenant en compte les mesures piézométriques effectuées sur le terrain et la présence des sources naturelles (3 sources entre Chouzé-sur-Loire et Varennes-sur-Loire), indiquées sur les cartes IGN (scan 25, en trait pointillé).

Ces deux isopièzes arborent des allures différentes, et indiquent des gradients hydrauliques variables (plus ou moins fort). A ce stade de l'étude, il est émis des interrogations sur la prise en compte ou non des sources naturelles répertoriées sur les cartes IGN. En effet, ces sources n'ont pas fait l'objet de vérification sur le terrain, lors de la campagne de mesure. Par conséquent, pour la suite l'étude, il sera gardé le tracé de l'isopièzes sans la prise en compte des sources.

• La nappe des Faluns du Miocène

La carte piézométrique de la nappe des faluns du Miocène est présentée en *Figure 3.27*.

Les niveaux piézométriques varient entre 79 et 104 m NGF, entre les communes de Rillé (37) et Ambillou (37). L'axe de drainage principal des écoulements de la nappe des faluns est donc d'Est en Ouest, suivant l'écoulement du Lathan.

Le gradient hydraulique de cette nappe est variable. Il est plus important dans la partie orientale de l'UG 8, à environ 0.7 %, contre 0.2 % pour sa partie occidentale. Le gradient hydraulique suit la direction de la surface topographie. En effet, la nappe des faluns se situe à une profondeur d'environ 2 m, sous la surface du sol.

D'après l'allure générale des isopièzes concaves, il semblerait que la nappe des faluns soit alimentée par le Lathan amont. A l'approche de la retenue de Mousseaux, à Rillé, il peut être remarqué un inversement des tendances. Ce recul des niveaux piézométrique pourrait s'expliquer par la présence de la retenue, induisant une vallée d'écoulement souterrain au Nord du Lathan.

• La nappe des calcaires lacustres de l'Eocène

La carte piézométrique de la nappe des calcaires lacustres de l'Eocène est présentée en *Figure 3.28*.

Les niveaux piézométriques varient entre 58 et 79 m NGF, sur les unités de gestion 5 et 7, entre les communes de Baugé-en-Anjou (49) et Chigné (49) (hors bassin-versant). L'axe de drainage principal des écoulements de la nappe des calcaires lacustres est du Nord-Est au Sud-Ouest, suivant l'écoulement du Couasnon.

Le gradient hydraulique de cette nappe apparaît constant, de l'ordre de 0,3%.

D'après l'allure générale concave des isopièzes, il semblerait que la nappe des calcaires lacustres soit drainée par le Couasnon.

• La nappe de la craie du Séno-Turonien

La carte piézométrique de la nappe de la craie du Séno-Turonien est présentée à la page suivante, en *Figure 3.29*.

Les niveaux piézométriques varient entre 32 et 76 m NGF, sur la partie centrale du bassin versant, soit les unités de gestion 5 à 10. L'axe de drainage principal des écoulements de la nappe de la craie du Séno-Turonien est du Nord-Nord-Est au Sud-Sud-Ouest, suivant l'écoulement du Couasnon et du Lathan.

Le gradient hydraulique de cette nappe apparaît constant, de l'ordre de 0,1 et 0,3 %.

D'après l'allure générale des isopièzes, il semblerait que la nappe de la craie alimente le Couasnon, le Lathan et leurs affluents. Néanmoins, cette observation est hypothétique en raison du nombre limité de points de mesure dans le secteur, par rapport à la surface interpolée.

- **La nappe des sables et grès du Cénomaniens (inférieur)**

La carte piézométrique de la nappe des sables et grès du Cénomaniens (inférieur) est présentée en *Figure 3.30*.

Les niveaux piézométriques varient entre 18 et 44 m NGF, sur la partie centrale du bassin versant. L'axe de drainage principal des écoulements de la nappe des sables et grès du Cénomaniens inférieur est du Nord-Est au Sud -Ouest.

Le gradient hydraulique de cette nappe est plus ou moins constant, variant entre 0,1 et 0,2 %.

La nappe du Cénomaniens basal est très peu affleurante sur le territoire. En sa partie affleurante, sur les UG 6 et 7, il semblerait que la nappe du Cénomaniens alimente le Lathan. Néanmoins, cette observation est hypothétique en raison du nombre limité de points de mesure dans le secteur, par rapport à la surface interpolée.

Représentation du périmètre du bassin versant de l'Authion

Carte piézométrique de la nappe alluviale, du 30 mai au 03 juin 2022, sur fond de carte géologique harmonisée (au 1/50 000e, BRGM)

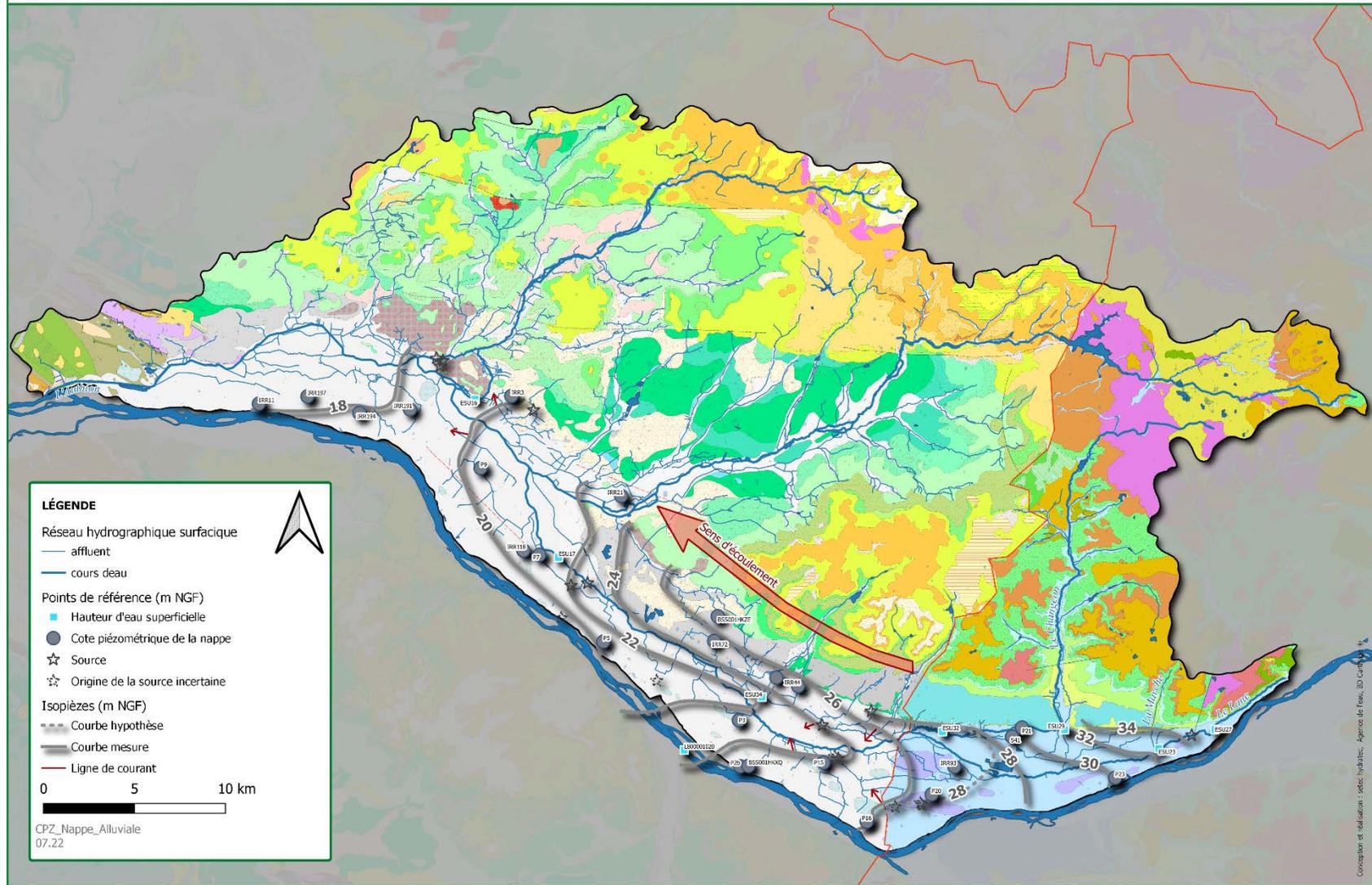


Figure 3.27 : Carte piézométrique de la nappe alluviale, du 30 mai au 03 juin 2022, sur fond de carte géologique harmonisée (au 1/50 000^e, BRGM)

Représentation du périmètre du bassin versant de l'Authion

Carte piézométrique de la nappe des faluns du Miocène, du 30 mai au 03 juin 2022, sur fond de carte géologique harmonisée (au 1/50 000e, BRGM)

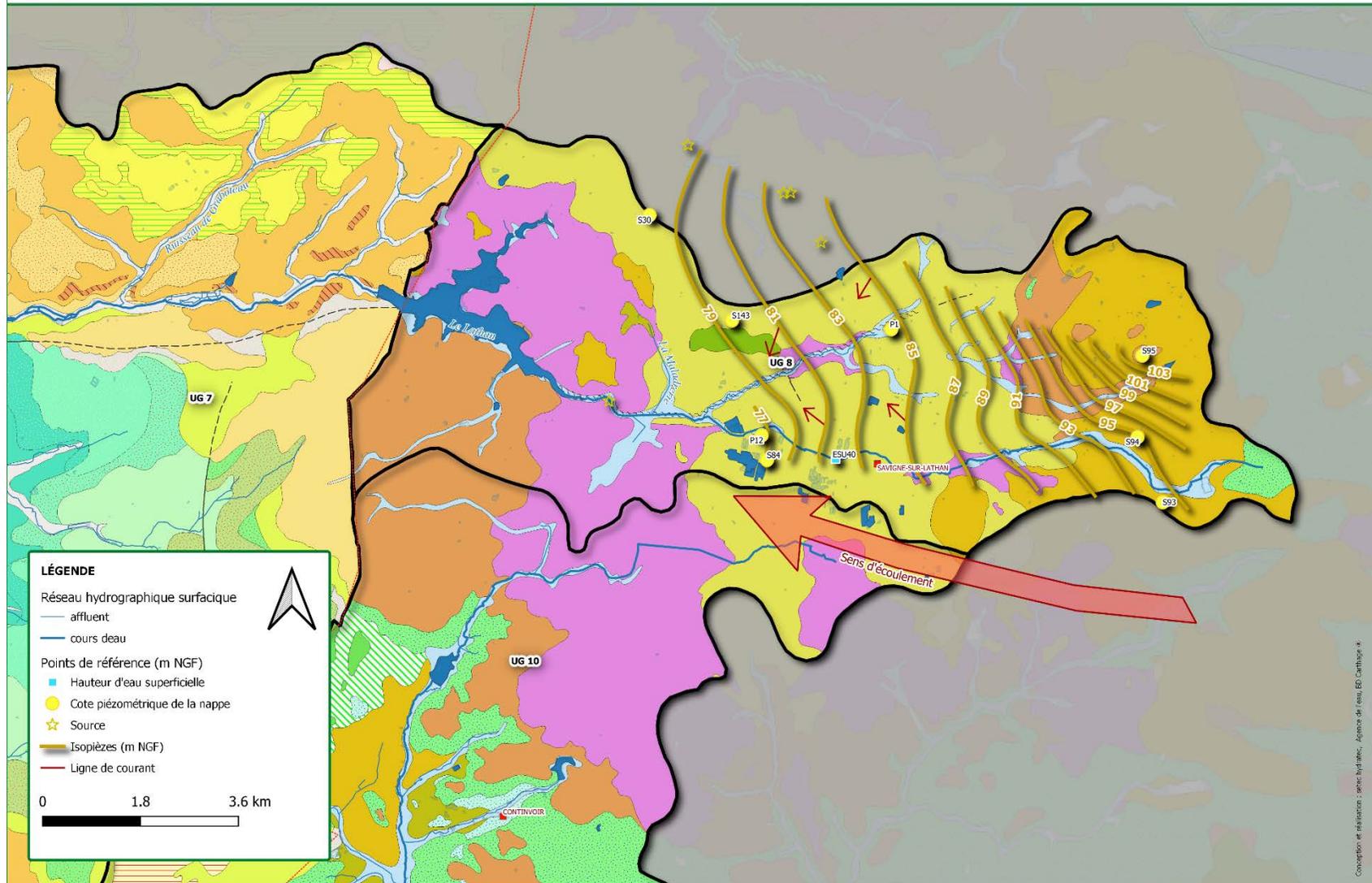


Figure 3.28 : Carte piézométrique de la nappe des faluns du Miocène, du 30 mai au 03 juin 2022, sur fond de carte géologique harmonisée (au 1/50 000e, BRGM)

Représentation du périmètre du bassin versant de l'Authion

Carte piézométrique de la nappe des calcaires lacustres de l'Eocène, du 30 mai au 03 juin 2022, sur fond de carte géologique harmonisée (au 1/50 000e, BRGM)

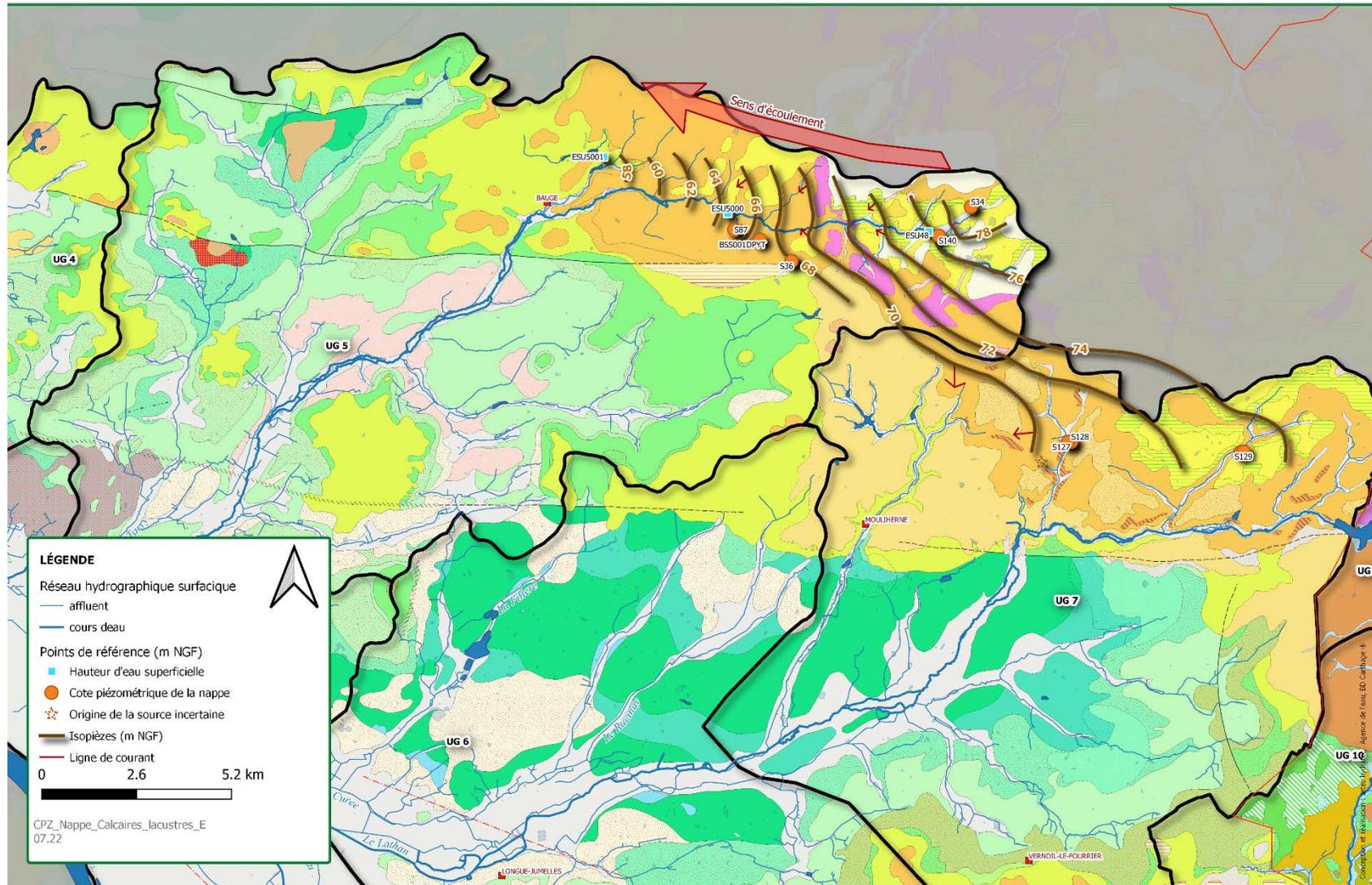


Figure 3.29 : Carte piézométrique de la nappe de l'Eocène, du 30 mai au 03 juin 2022, sur fond de carte géologique harmonisée (au 1/50 000e, BRGM)

Représentation du périmètre du bassin versant de l'Authion

Carte piézométrique de la nappe de la craie du Séno-Turonien, du 30 mai au 03 juin 2022, sur fond de carte géologique harmonisée (au 1/50 000e, BRGM)

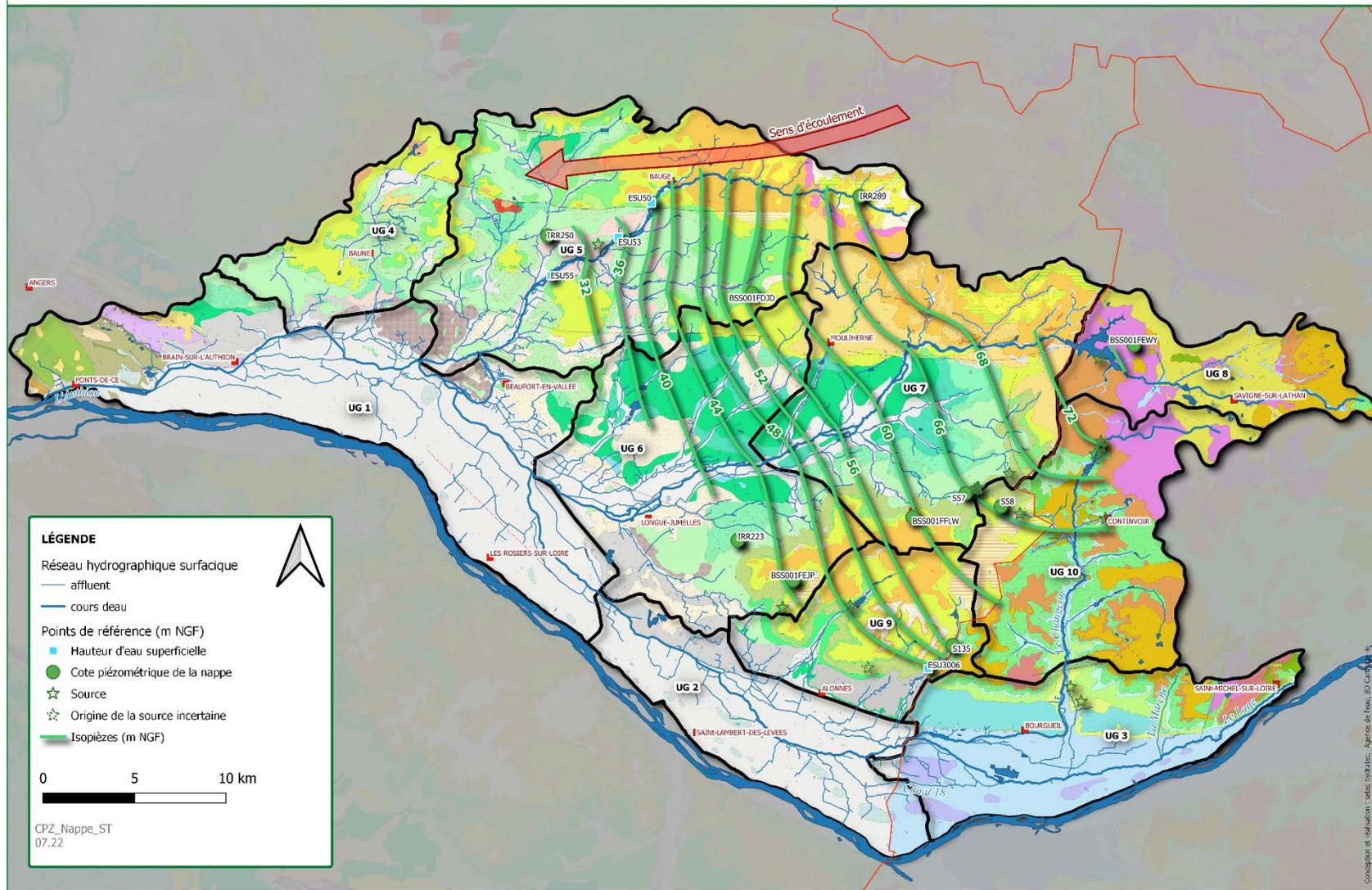


Figure 3.30 : Carte piézométrique de la nappe de la craie du Séno-Turonien, du 30 mai au 03 juin 2022, sur fond de carte géologique harmonisée (au 1/50 000e, BRGM)

Représentation du périmètre du bassin versant de l'Authion

Carte piézométrique de la nappe des sables et grès du Cénomanien inférieur, du 30 mai au 03 juin 2022, sur fond de carte géologique harmonisée (au 1/50 000e, BRGM)

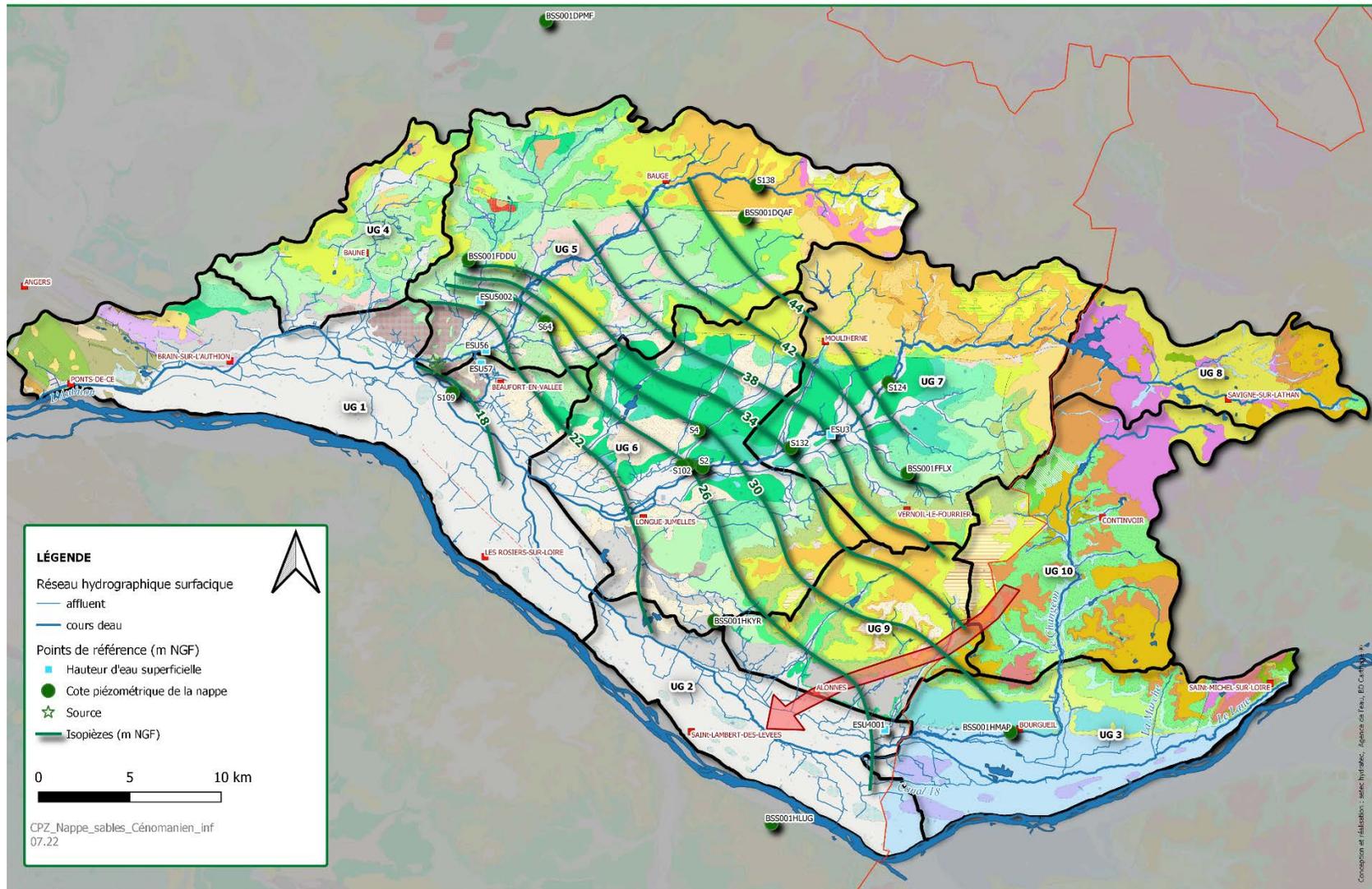


Figure 3.31 : Carte piézométrique de la nappe du Cénomanien inférieur, du 30 mai au 03 juin 2022, sur fond de carte géologique harmonisée (au 1/50 000e, BRGM)

3.5 SYNTHÈSE

Le bassin de l'Authion est situé en rive droite de la Loire et comprend des formations géologiques diversifiées des Eres :

- **Primaire** : socle du Massif armoricain ;
- **Secondaire** : Jurassique moy. à sup. et Crétacé sup. (Cénomaniens, Turonien, Sénonien) ;
- **Tertiaire** : Paléogène (Eocène), Néogène (Miocène) ;
- **Quaternaire**

Outre leur répartition hétérogène sur le territoire et la complexité tectonique, ces formations sont majoritairement aquifères et forment des réservoirs de différentes importances. En effet, il y a d'une part les **aquifère principaux que constituent : les alluvions modernes et récentes de la Loire (930FA & 930DA) ; les sables et craie du Séno-Turonien (121AB) et les sables et graviers du Cénomaniens inférieur (123 AA)**. D'autre part, il y a les aquifères secondaires qui sont : les anciennes terrasses de la Loire (119AE) ; les faluns du Miocène (107AC) ; les calcaires lacustres de l'Eocène (113AC) ; les calcaires du Jurassique moyen (139AD) et le socle du Massif armoricain (175AE)

Ces réservoirs possèdent des propriétés physiques et hydrodynamiques différentes, si bien que leurs interactions sont complexes aussi bien entre eux qu'avec le réseau hydrographique de surface. Pour ces raisons, les différentes nappes du territoire subissent un suivi régulier par un réseau de piézomètres du BRGM, et par de nombreux ouvrages souterrains suivis par le Syndicat Mixte du Bassin versant de l'Authion et de ses Affluents. Ces suivis, sur des périodes plus ou moins longues, permettent d'appréhender les dynamiques des nappes sur un ou plusieurs cycles hydrologiques. Ils permettent également de déterminer des statistiques de référence selon le retour de niveau de la nappe de suivi (IPS, §3.3.2).

L'objectif de la phase est 1 de l'étude H.M.U.C. consiste entre-autre à comprendre les interactions des ressources. Dans cet optique, des approches d'analyses graphiques entre les débits des cours d'eau et des cotes piézométriques de la nappe alluviale ont été menés. De plus, Setec Hydratec a effectué une campagne de mesures en amorce de la période de basses eaux (mai-juin), afin de permettre la création de cartes piézométriques pour chacun des aquifères présents au droit du bassin.

Dans l'ensemble, d'après l'interprétation des cartes piézométriques interpolées, les nappes secondaires en amont du bassin versant (telles que la nappe des faluns du Miocène et des calcaires lacustres de l'Eocène) se vidangent pour alimenter les cours d'eau.

En ce qui concerne la nappe alluviale, elle semble démontrer un fonctionnement complexe, à la fois drainée par l'Authion dans son Val, et alimentée par le Lathan et le Couason.

Enfin, pour ce qui est des nappes de la craie du Séno-Turonien et des sables et graviers du Cénomaniens inférieur, elles s'écoulent vers la Loire, néanmoins leurs interactions restent à être confirmées (observations limitées par le faible nombre de mesures sur le terrain).

L'analyse des échanges nappe-rivières se poursuivra dans la phase 2 de l'étude, via la modélisation géologique des formations dans un premier temps puis la modélisation hydrodynamique des écoulements souterrains.

4. VOLET USAGES

4.1 PRECISIONS PREALABLES

Ce chapitre dresse l'inventaire des principaux volumes prélevés par usage, ainsi que des volumes restitués.

La période d'inventaire des prélèvements s'étend de 2001 à 2021. Néanmoins, la disponibilité des données est plus complète sur les années récentes et seule la période 2018-2021 présente une disponibilité satisfaisante.

Les usages concernés sont les activités humaines qui prélèvent et consomment de l'eau. Les usages non-consommateurs ne sont pas traités dans cette étude.

L'élaboration de cet inventaire s'est basée premièrement sur la base de données BNPE de l'Agence de l'eau Loire Bretagne (seules les données de prélèvement acquises dans le cadre de la redevance « prélèvements sur la ressource en eau » sont disponibles dans la BNPE. Le recouvrement des redevances se fait à partir d'un seuil de 10 000 m³/an et 7 000 m³/an en zone de répartition des eaux).

Cette base de données n'étant pas exhaustive et peu précise, un travail de recoupement de données a été réalisé.

Les résultats présentés dans les sous-chapitres suivants correspondent à la donnée la plus précise collectée.

- Concernant le volet irrigation, la mise en place de l'OUGC et le suivi régulier permet de dresser un inventaire fiable de cet usage, sans seuil minimal de déclaration.
- Concernant l'eau potable, les suivis menés par le BRGM ainsi que les historiques de prélèvements fournis par les collectivités locales permettent un inventaire précis et fiable.
- Concernant le volet industriel, des hypothèses ont dû être prises pour estimer les volumes prélevés inférieurs aux seuils de déclaration. D'autre part, nous ne disposons pas d'information concernant la répartition annuelle des prélèvements industriels.
- Le volet abreuvement du bétail et aspersion anti-gel sont également des volets moins connus, avec en ce qui concerne l'aspersion anti-gel, une variabilité dans le temps importante, dépendante des conditions climatiques.
- Les prélèvements liés aux puits privés pour un usage domestique ne sont pas connus. Des hypothèses sont formulées dans le rapport.
- Les rejets diffus (fuites de réseau d'eau potable, rejets d'assainissement non collectif) sont estimés sur la base d'hypothèses.
- Les rejets ponctuels issus des industriels ou des stations d'épuration comportent également un degré d'incertitude, en particulier concernant la localisation exacte du rejet.

Dans l'ensemble, l'inventaire des usages s'est appuyé sur l'ensemble des sources de données disponibles. Des recoupements entre les différentes sources d'informations ont été réalisés de façon à identifier les valeurs aberrantes.

De plus, le travail final a été comparé aux différents travaux menés sur le territoire (précédente étude « volumes prélevables », schéma directeur de gestion de la ressource en eau du Maine et Loire). L'approche menée dans le cadre de la présente étude a permis d'approfondir et d'identifier plusieurs préleveurs non identifiés précédemment.

La précision de l'information est également la plus forte pour les usages majoritaires (irrigation, AEP).

Une des principales limites de cet inventaire est l'incomplétude des données concernant des prélèvements et usages plus anciens (avant les années 2010).

4.2 ENTRETIENS REALISES ET SOURCES DES DONNEES

Entre mars et mai 2022, des entretiens ont été réalisés avec les membres du Comité Technique de suivi de l'étude HMUC (COTECH). Ces échanges ont permis de lister l'ensemble des prélèvements en eau du bassin versant.

Les entretiens ont été réalisés avec les membres du comité technique, complété par des échanges avec certains EPCI.

Les principales données collectées ayant permis l'inventaire des prélèvements et rejets sur le territoire sont :

- Plans annuels de Répartition, OUGC de l'Authion
- Inventaire des volumes prélevés pour l'irrigation, OUGC de l'Authion
- Base de données des ICPE (GEREP), DREAL des Pays de la Loire, Unité Territoriale de Maine et Loire
- Base de données des établissements économiques SIRENE®, INSEE
- Recensement Général Agricole 2010 et 2020, DRAAF des Pays de la Loire
- Schéma Directeur de Gestion de la Ressource en Eau, Département de Maine et Loire
- SISPEA 49 et 37
- Captages d'eau potable suivis par le BRGM
- Suivi des volumes prélevés pour l'AEP, EPCI à fiscalité propre (CC Touraine Ouest Val de Loire, CC Baugeois vallée, CA Saumur Val de Loire)
- Tableau de bord du SAGE Authion, SMBAA
- BNPE, Agence de l'Eau Loire Bretagne
- Volumes utilisés pour l'aspersion anti-gel, syndicat des vins de Saint Nicolas de Bourgueil
- Inventaire des plans d'eau, DDT 49,
- DDT37

4.3 IRRIGATION



En synthèse :

2 200 points de prélèvement dont en moyenne :

- 34 % dans les cours d'eau
- 30 % dans la nappe alluviale
- 24% dans les autres nappes
- 12% dans les retenues

**Entre 15 et 30 millions de m³ dont, en moyenne, :
75% entre juin et août**

L'usage irrigation est l'usage majoritaire de l'eau sur le bassin versant. Entre 16 et 18 000 hectares sont irrigués annuellement dont plus de la moitié en productions végétales spécialisées (semences, maraîchage, horticulture, pépinières, arboriculture...).

Depuis 2015, les prélèvements à usage d'irrigation du bassin de l'Authion sont gérés par l'Organisme Unique de Gestion Collective (OUGC). Cet organisme répartit les volumes prélevables entre les irrigants en fonction des volumes prélevables par unité de gestion définis dans le SAGE.

Le Plan Annuel de Répartition (PAR) regroupe chaque année les demandes des quelques 650 exploitations irrigantes (sur près de 1 200 exploitations en activité), d'après l'OUGC, réparties sur plus de 2 500 points de prélèvements, dont 8 réseaux d'irrigation sous pression :

- Réseau SIVD
- Réseau SIERIB
- Réseau Villebernier
- Réseau Russe
- Réseau Porteau
- Réseau BBJ
- Réseau Petit Port

La carte ci-après localise l'ensemble des points de prélèvement faisant l'objet d'une demande dans le PAR 2021.

Les données collectées par l'OUGC et retranscrites dans le PAR sont issues des déclarations des irrigants qui réalisent eux-mêmes deux relèves des compteurs d'eau par an. Les agriculteurs souhaitant bénéficier d'un volume d'eau doivent se déclarer auprès de l'OUGC. La base de données est réputée exhaustive. Le nombre de points de prélèvement et les volumes d'eau associés sont plus complets que la base BNPE. Certains particuliers ayant exercé une profession agricole, maintiennent une activité et ne sont toutefois pas identifiés dans le PAR.

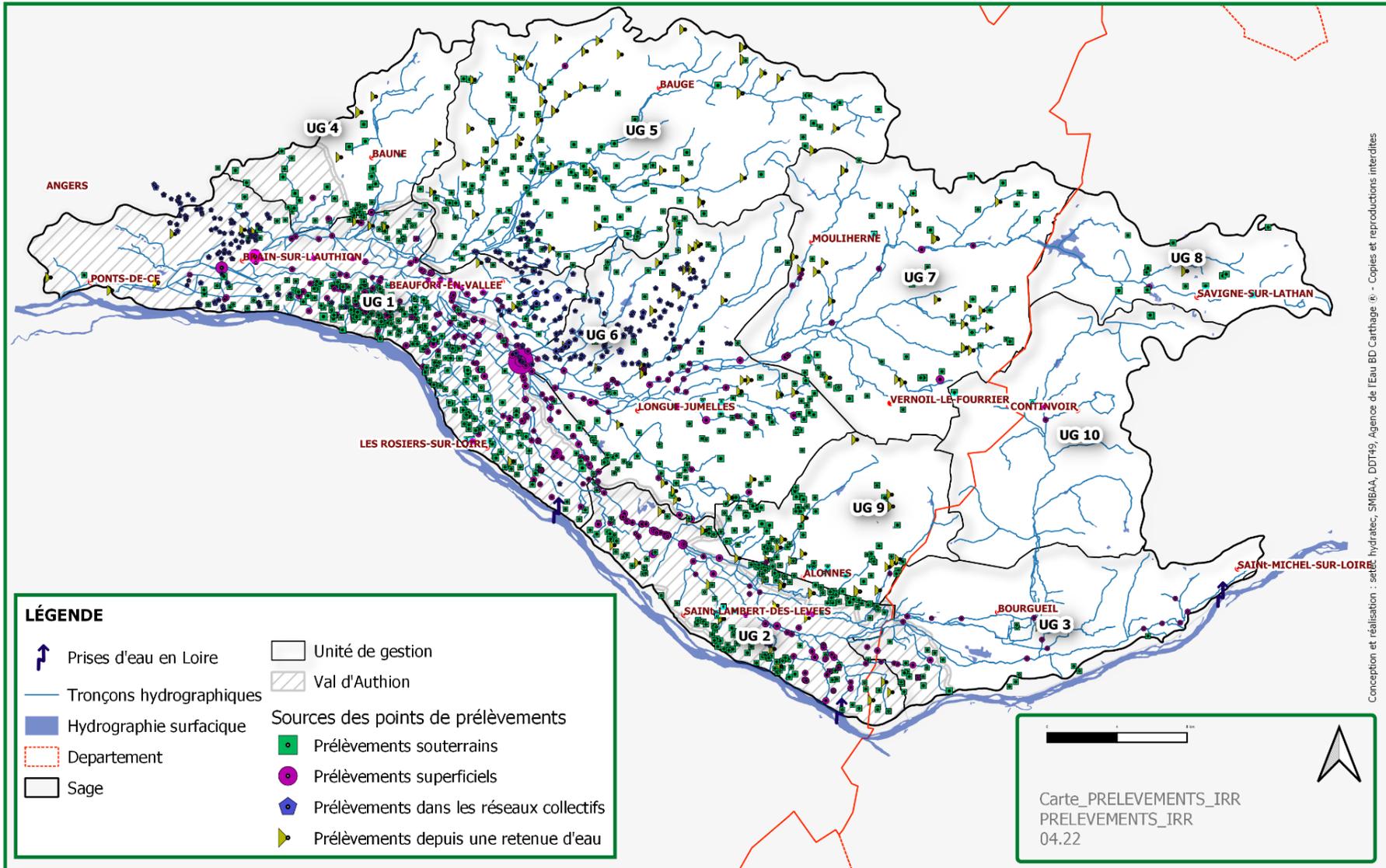
90 % des prélèvements ont lieu entre mai et septembre et 75 % des prélèvements sont réalisés entre juin et août. La variation mensuelle moyenne est présentée ci-dessous :

Total annuel	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Entre 16 et 33 Millions m³	0.5 %	0.5 %	2%	4%	6%	13 %	31 %	31 %	9%	2%	0.5 %	0.5 %

Figure 4.1 : Répartition saisonnière moyenne de prélèvements. (Source Dossier d'autorisation des prélèvements en Loire du SYDEVA)

Périmètre d'étude

Recensement des volumes alloués pour l'usage agricole tout compris - PAR sur l'année 2021



La figure ci-dessous présente les volumes prélevés entre 2010 et 2021, ainsi que le cumul des précipitations sur la période estivale (de mai à septembre).

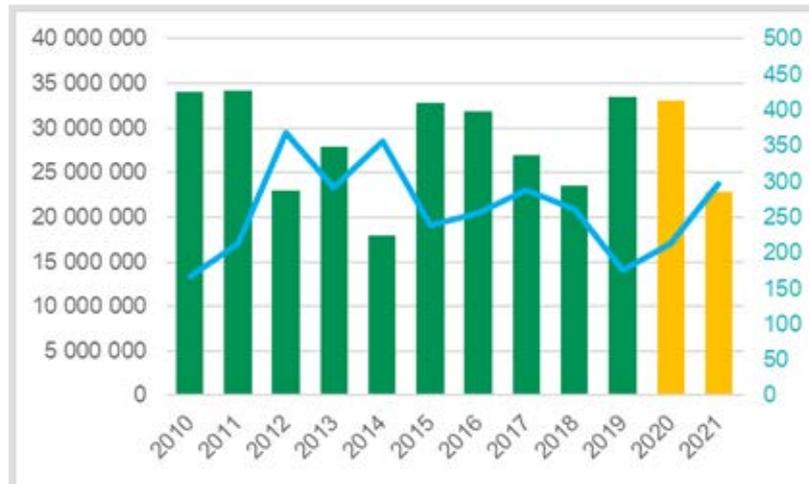


Figure 4.2 : Evolution des volumes prélevés pour l'usage irrigation (Source OUGC) en mètres cube par an et précipitations estivales cumulées (mai à septembre) en mm

Les besoins en eau pour l'irrigation sont directement corrélés aux conditions climatiques. Ainsi des quantités d'eau précipitées faibles et des températures élevées assèchent les sols et engendrent un besoin accentué d'irrigation. L'OUGC publie chaque semaine un bulletin conseil à destination des agriculteurs. Ce bulletin (Inf'eau) fournit des conseils d'irrigation en fonction des stades de cultures, des autorisations de prélèvements, et de l'état de la réserve hydrique, à partir d'un réseau de sondes capacitives,

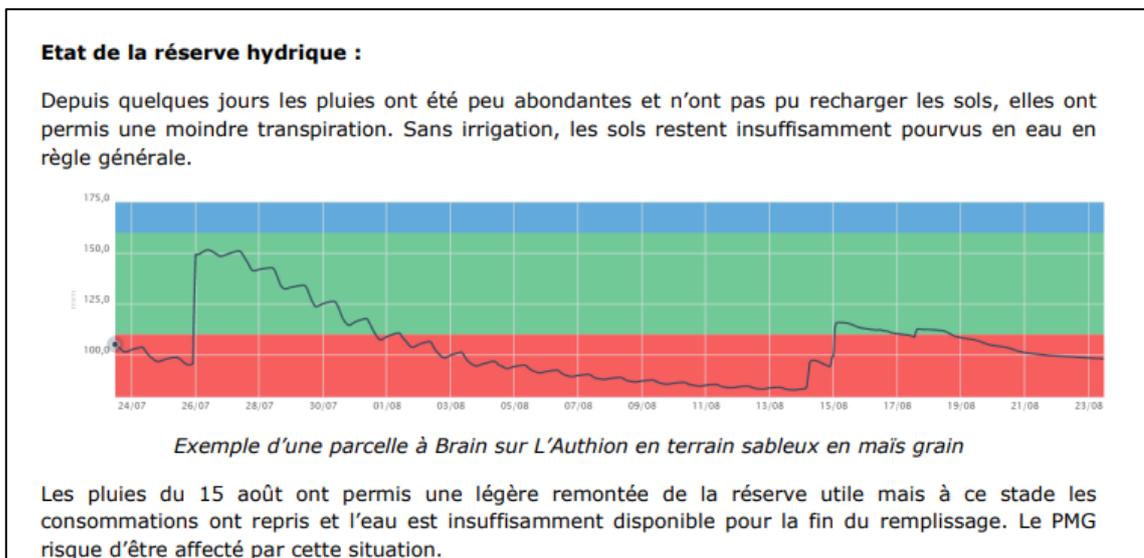


Figure 4.3 : Etat de la réserve hydrique (Bulletin Inf'eau, OUGC)

La répartition des volumes consommés évolue chaque année et dépend des demandes des irrigants formulées à l'OUGC et de l'attribution des volumes en fonction des volumes prélevables du SAGE par unité de gestion et par ressource.

En moyenne, entre 2010 et 2021, la répartition par ressource était la suivante :

- 34 % dans les cours d'eau
- 30 % dans la nappe alluviale
- 24% dans les autres nappes
- 12% dans les retenues
- **Concernant les 397 retenues :**
- 139 sont alimentées par ruissellement pluvial (retenues collinaires)
- 117 par une source
- 127 par une ressource souterraine ou alluviale
- 13 par les cours d'eau

4.3.1 Les retenues et prélèvements hivernaux

Il existe plus de 397 plans d'eau dédiés à l'irrigation sur le bassin versant de l'Authion (d'après le PAR 2021). Dont :

- 16 alimentés par des prélèvements en cours d'eau
- 138 alimentés par ruissellement
- 126 alimentés par une ressource souterraine
- 117 alimentés par une source

Extrait du règlement intérieur de l'OUGC :

Les prélèvements réalisés dans les réserves, retenues ou plans d'eau d'irrigation peuvent, selon leur mode d'alimentation et leur connexion au milieu, être affectés de manière différenciée à l'une ou l'autre des périodes estivale ou hivernale.

Les retenues d'eau d'irrigation peuvent être alimentées par divers moyens et sur les 2 périodes (été, hiver ou les 2) et leur usage en irrigation peut également se répartir sur les 2 périodes. On distingue les 2 cas suivants :

- 1. **Prélèvements actifs dans le milieu pour remplissage des retenues déconnectées**, par dérivation de cours d'eau ou par prélèvement actif (pompage) dans un cours d'eau ou une nappe d'eau souterraine ou superficielle pour un usage en irrigation en période estivale ou hivernale,
- 2. **Prélèvements directs pour usage d'irrigation dans les retenues :**
 - Collinaires, déconnectées du milieu (remplissage passif par interception du ruissellement hivernal et des réseaux de fossés et/ou de drainage),
 - ou alimentées par captage d'une source,
 - ou en connexion permanente avec un cours d'eau ou la nappe alluviale,

Dans le cas de retenues connectées au milieu, le prélèvement est affecté à la période estivale, tandis que pour les retenues déconnectées, le prélèvement est affecté à la période de remplissage, en hiver le plus souvent.

4.3.2 Evaporation des plans d'eau

Dans le cas d'un plan d'eau connecté au milieu naturel, tout prélèvement ou perte par évaporation sera en partie compensé par un nouveau prélèvement dans le cours d'eau.

Il n'est pas possible de déterminer si les prélèvements connus par l'OUGC pour l'alimentation des plans d'eau intègrent ou n'intègrent pas la lame d'eau évaporée.

L'état des lieux du SDAGE Loire Bretagne présente une méthode concernant la pression exercée par l'interception des flux générée par les plans d'eau :

« La pression d'interception des débits par les plans d'eau, consécutive à l'évaporation qu'ils induisent, a également un impact sur le débit d'étiage des cours d'eau et sur leur réchauffement. »

La méthode développée permet d'estimer les volumes prélevés dans le milieu en période estivale :

« Lorsque les prélèvements sont effectués dans une retenue artificielle, on ne prend en compte dans le calcul que les volumes au-delà de la capacité nominale de la retenue, car on considère que tout volume inférieur à cette capacité a été intercepté et stocké en hiver. Donc seuls les volumes au-delà de cette capacité nominale sont considérés comme prélevés en période d'étiage. »

- **Calcul de l'évapotranspiration potentielle affectée à la surface de plans d'eau du territoire (évaporation brute)**

Nous proposons de calculer l'évaporation potentielle (ETP Penman-Monteith⁴, fournie par MétéoFrance à la station de Beaucouzé) pour approcher les quantités d'eau évaporées par les plans d'eau du territoire.

La moyenne de l'ETP calculée par la méthode Penman-Monteith⁵ sur la période 1991-2020 à la station de Beaucouzé est la suivante :

Tableau 17 : ETP moyenne mensuelle (mm) sur la période 1991-2020 à la station Météo France Beaucouzé

Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
12.1	24.1	53.0	84.4	116.1	138.1	148.8	123.1	79.6	39.5	14.8	10.7
Total annuel (moyenne 1991-2020) : 844.3 mm											

Tableau 18 : Estimation de l'évapotranspiration potentielle des plans d'eau du territoire

Mois	janvier	février	mars	avril	mai	juin	juillet	août	septembre	octobre	novembre	décembre
ETP réf. Beaucouzé (1991 -2020) en mm	12.10	24.10	53.00	84.40	116.10	138.10	148.80	123.10	79.60	39.50	14.80	10.70

⁴H.L. Penman, « Natural evaporation from open water, bare soil, and grass », *Proc. Roy. Soc.*, London, U.K., vol. A193, n° 1032, 1948, p. 120–145.

Quantité d'eau évaporée pour 7.8 km ³ de plan d'eau en m ³	94 380	187 980	413 400	658 320	905 580	1 077 180	1 160 640	960 180	620 880	308 100	115 440	83 460
--	--------	---------	---------	---------	---------	-----------	-----------	---------	---------	---------	---------	--------

La quantité d'eau évaporée par les plans d'eau du territoire (hors Rillé) serait de l'ordre de 6.5 millions m³.

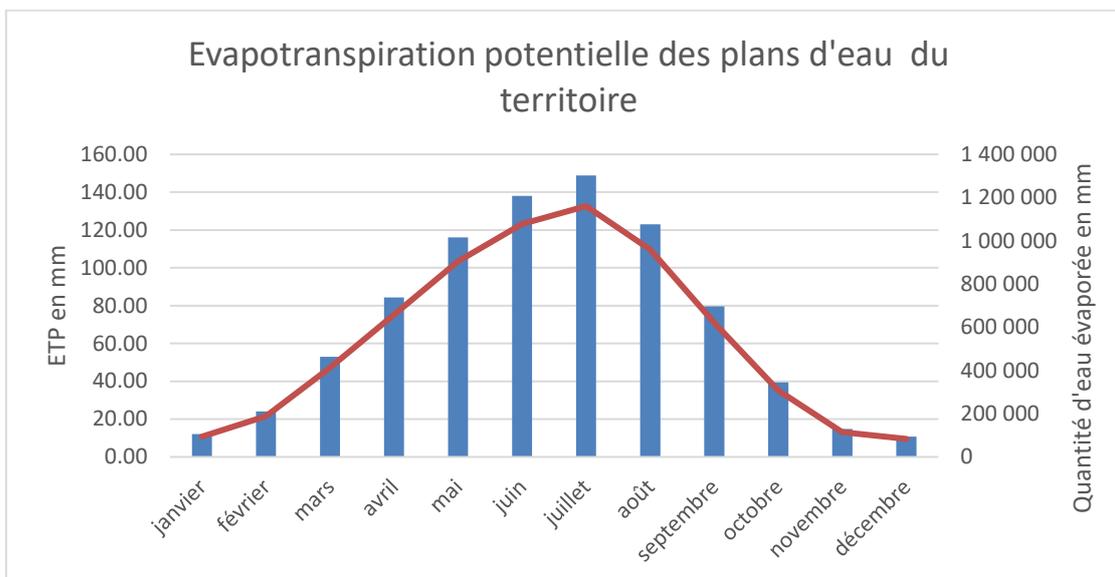


Figure 4.4 : Estimation de l'évapotranspiration potentielle des plans d'eau du territoire

- **Autre approche : le calcul de la sur-évaporation**

Le Schéma Directeur des ressources en eau du Maine et Loire propose d'utiliser l'estimation de la sur-évaporation d'un plan d'eau par rapport à une surface de gazon ras. La valeur moyenne proposée est de 475 mm/an (soit 4 750 m³/ha/an), soit 56% de l'évapotranspiration potentielle moyenne annuelle.

La sur évaporation totale des 780 hectares de plans d'eau du bassin de l'Authion et ses affluents serait alors 780ha * 4750 = 3.7 Millions m³

Dans cette étude, le pourcentage estimé des plans d'eau connecté au milieu est de 28 %, soit un impact de la sur-évaporation des plans d'eau de 960 000 m³.

4.3.3 Conclusion sur l'impact des plans d'eau sur le bilan hydrique du territoire

En fonction du type d'alimentation du plan d'eau, le remplissage des plans d'eau est une perte pour la recharge des nappes. Néanmoins, la présence de retenues permet de substituer un prélèvement hivernal à un prélèvement estival, c'est à dire en période de stress hydrique.

L'enjeu essentiel est l'identification des plans d'eau connectés au milieu naturel, qui compensent les pertes par évaporation par des prélèvements dans le milieu en période estivale.

4.4 ABREUUREMENT DU BETAIL

Le territoire comprend entre 250 et 300 exploitations agricoles pratiquant de l'élevage.

Les cheptels présents sont composés d'environ 73 000 têtes de bétail en 2020.

Les calculs réalisés ci-après reprennent les consommations moyennes par type de bétail fournies par la Chambre d'agriculture dans le cadre du Schéma Départemental pour la Gestion de la Ressource en Eau (SDGRE) du Maine et Loire. Les données du Recensement Général Agricole 2020, publiées en avril 2022 ont été utilisées.

4.4.1 Consommation d'eau par tête de bétail

Une part importante de la consommation en eau provient de l'élevage. L'abreuvement des animaux n'est pas le seul facteur de la consommation, l'eau de lavage et l'eau de process sont également à prendre en compte. Les consommations d'eau par les animaux d'élevage varient selon le type d'animal. La méthode proposée ci-après reprend les valeurs de consommation du SDGRE du Maine-et-Loire.

Les tableaux ci-dessous présentent la consommation journalière nécessaire pour l'élevage des différents cheptels de l'Authion. Des sous-catégories pour les bovins existent, puisque la différence entre une vache laitière et une génisse de moins d'1 an est d'un facteur 4.

Élevage	Besoin en eau pour l'élevage (m ³ / j)	Élevage bovin	Besoin en eau pour l'élevage (m ³ / j)
Bovins	Tableau ci-contre →	Vache laitière	0.1
Caprins	0,007	Vache allaitante	0.05
Ovins	0,007	Broutard	0.025
Truies	0,022	Génisse lait et viande < 1 an	0.025
Volailles	0,0002	Génisse lait et viande entre 1 et 2 ans	0.035
Équidés	0,04	Génisse lait et viande > 2 ans	0.05
Lapins	0,0005	Male < 1an	0.025
		Male entre 1 et 2 ans	0.035
		Male > 2 ans	0.05

Tableau 19 : consommation journalière nécessaire pour l'élevage des différents cheptels

4.4.2 Effectif des cheptels

Les effectifs des cheptels situés sur les communes appartenant au bassin de l'Authion sont connus à la suite du recensement agricole de 2010 et 2020.

Le tableau ci-dessous présente le nombre de tête des différents cheptels du recensement agricole de l'année 2010 et 2020.

Type d'élevage	Nombre de têtes de bétail	
	2010	2020
Total bovin	52 041	44 155
Total ovin	4 472	3 908

Total caprin	6 828	7 375
Total équin	1 849	1 462
Total porcin	13 935	12 853
Total volaille	486 398	384 189
Lapins	3 468	1 635

Tableau 20 : Nombre de têtes de bétail sur le bassin versant de l'Authion

4.4.3 Calcul de la consommation en eau pour l'élevage

La base de données du recensement agricole n'apporte pas de détails concernant les sous-catégories d'élevage des bovins (vaches laitières et vaches allaitantes) alors que les consommations d'eau varient fortement pour ces deux types d'élevage.

Avec l'hypothèse que la répartition des sous-catégories de l'élevage bovin est homogène sur le territoire de l'Authion, l'étude du SDGRE du Maine-et-Loire permet de déterminer la consommation moyenne unitaire de l'élevage bovin de l'Authion. Cette consommation est obtenue en divisant le volume d'eau consommé pour les bovins (annuel) par l'effectif de bovins.

Volume d'eau consommé par les bovins de l'Authion (m ³)	Effectif de bovin de l'Authion
1 321 839	71 089

Consommation quotidienne unitaire = Volume consommé / (Effectif x 365,25)

Consommation quotidienne unitaire = 1 321 839 / (71 089 x 365,25)

Consommation quotidienne unitaire = 0.0509 m³/jour/bovin

Le tableau ci-dessous présente l'évolution de la consommation annuelle en eau pour le cheptel des communes appartenant au bassin versant de l'Authion de 2010 à 2020.

	Consommation 2010 (m ³ /an)	Consommation 2020 (m ³ /an)
Total bovin	967 658	821 024
Total ovin	11 434	9 992
Total caprin	17 457	18 856
Total équin	27 014	21 360
Total porcin	111 975	103 280
Total volaille	35 531	28 065
Lapins	633	299
Total	1 171 702	1 002 876

Tableau 21 : Consommation d'eau totale par cheptel

- La consommation en eau pour l'élevage provient à 82% de l'élevage de bovins.
- La consommation totale pour l'élevage a diminué de 14% entre 2010 et 2020.
- La consommation totale annuelle pour l'élevage du cheptel de l'Authion est d'environ 1 000 000 m³ d'eau.

4.4.4 Origine de l'eau pour l'abreuvement

Selon le type d'animaux et la zone d'étude, des allocations de l'origine de la ressource en eau ont été proposées. Ces allocations pour les cheptels de l'Authion sont présentées dans le tableau ci-dessous.

	AEP	Eau du milieu
Bovin	50%	50%
Ovin	50%	50%
Caprin	50%	50%
Équin	Non renseigné	
Porcin	75%	25%
Volaille	100%	0%
Lapin	100%	0%

Tableau 22 : Répartition de l'origine de l'eau pour l'abreuvement du bétail

Pour l'élevage équin, la proportion AEP/Eau du milieu n'est pas renseignée. Le postulat est que l'AEP et l'eau du milieu soient respectivement de 50%.

4.4.5 Synthèse pour l'usage abreuvement du bétail

Le territoire comprend entre 250 et 300 exploitations agricoles pratiquant de l'élevage.

Les cheptels présents sont composés d'environ 73 000 têtes de bétail en 2020.

En fonction des cheptels présents et des consommations moyennes, le prélèvement global associé à cet usage est de **426 371 m³** par an (contre 500 306 m³ en 2010)

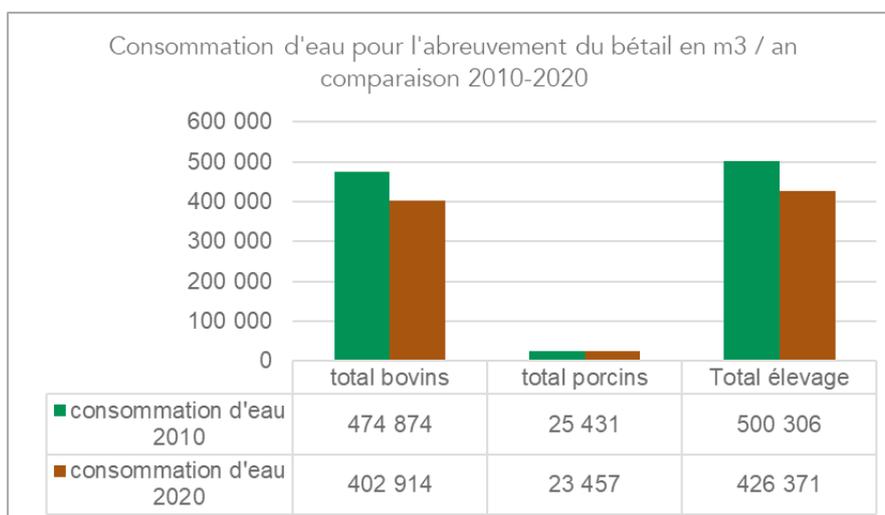


Figure 4.5 : Evolution des volumes d'eau prélevés dans le milieu pour l'abreuvement du bétail entre 2010 et 2020 (Source : Recensement général agricole et méthode de calcul chambre d'agriculture des Pays de la Loire)

4.5 ASPERSION ANTI-GEL

Des prélèvements dédiés à la lutte anti-gel sont présents, essentiellement pour la viticulture (AOC Bourgueil) et, dans une moindre mesure, pour l'arboriculture.

Ces prélèvements ont lieu de façon ponctuelle entre avril et mai, en fonction des jours de gel.

En 2021, on compte environ 190 points de prélèvements dans le vignoble et 20 pour l'arboriculture.

Les consommations d'eau transmises par le Syndicat des vins de St Nicolas de Bourgueil sont :

	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Nombre d'heures d'aspersion	14	0	30	14	32	26
Volumes prélevés en m³	28 291	0	60 624	28 291	94 361	72 157

Tableau 23 : Nombre d'heures d'aspersion et volumes prélevés pour l'usage anti-gel de l'AOC Bourgueil

Il s'agit de prélèvements dans le milieu superficiel (Lane et affluents). Les volumes restitués au milieu (ruissellement/infiltration) sont estimés par la DDT 37 à 78% des volumes prélevés⁶.

Pour rappel, ces prélèvements, non compris dans le PAR déposé par l'OUGC, doivent faire l'objet d'une déclaration au titre de la Loi sur l'Eau et sont de ce fait soumis à certaines contraintes (respect du débit minimum biologique notamment).

D'autre part, certains agriculteurs irrigants déposent une demande de volume d'eau dédié à cet usage dans le PAR. Ces volumes demandés sont inférieurs à 50 000 m³ au total.

Le volume total associé à cet usage est compris entre 0 et 150 000 m³ par an (arboriculture et viticulture confondue)

⁶ Le calcul de la restitution au milieu réalisé par la DDT 37 correspond au calcul de l'écoulement dans un bilan hydrique (précipitations + aspersion = Evapotranspiration + lame d'eau infiltrée + lame d'eau ruisselée)

4.6 EAU POTABLE



En synthèse :

5 millions de m³ par an
35 forages souterrains
0 prélèvement superficiel
Stable entre 2010 et 2020

Au 1er janvier 2022, 5 structures administratives sont compétentes en matière de distribution ou de production d'eau potable sur le bassin versant :

- 1 Communauté Urbaine (Angers Loire Métropole)
- 1 Communauté d'agglomération (Saumur Val de Loire)
- 3 Communautés de communes (CC) (Baugeois Vallée, Chinon Vienne Loire, Touraine Ouest Val de Loire)
- 1 syndicat de production pour la CC Anjou Loire Sarthe (Syndicat des eaux d'Anjou)

Le territoire comprend **35 forages prélevant au total 5 millions de m³ par an**. Il s'agit uniquement de prélèvements d'eau souterraine. Les nappes utilisées pour l'eau potable sont la nappe du Cénomaniens captif (réservée à cet usage) et les nappes du Sénonien, Turonien et Séno-Turonien. Le territoire ne possède pas de prélèvements destinés à l'alimentation en eau potable dans le milieu superficiel. Un prélèvement a lieu dans la nappe alluviale de la Loire.

Les prélèvements sont assez régulièrement répartis dans l'année avec une période de pointe estivale estimée à 1,12 fois la moyenne annuelle.

La carte en page suivante localise l'ensemble des points de prélèvements destinés à l'alimentation en eau potable ainsi que les stations d'épuration, qui achèvent le petit cycle de l'eau, en rejetant dans le milieu superficiel en aval l'eau potable prélevée dans le milieu souterrain en amont.

Prélèvements destinés à l'alimentation en eau potable (AEP) et rejets issus des stations d'épuration

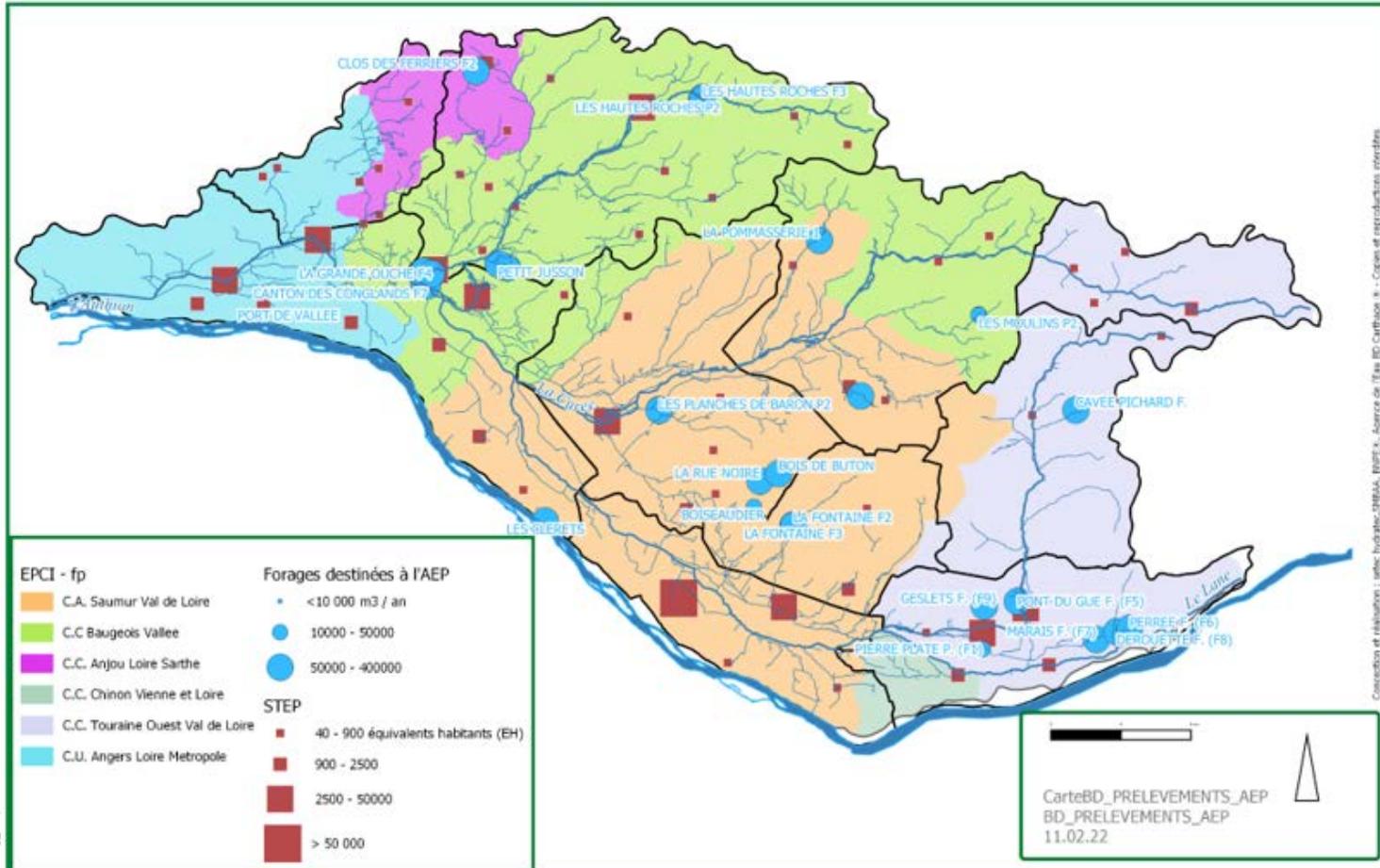


Figure 4.6 : Prélèvements destinés à l'alimentation en eau potable et rejets des stations d'épuration

L'alimentation en eau potable du bassin versant de l'Authion est exclusivement assurée par des eaux souterraines à partir des forages suivants :

CAPTAGE	CAPTAGE	COMMUNE	Ressource exploitée	Colonne1
49000796	FOSSE DE SORGES	49246	Prélèvement en Loire avec un rejet dans l'Authion.	Angers Lorie Métropole
49000291	LE CLOS BERTIN F1	49021	Cénomaniens moy. et inf.	CC
49000679	LE CLOS BERTIN F2	49021	Cénomaniens moy. et inf.	Baugeois vallées
	LES PIECES DU BOIS	49021	Cénomaniens moy. et inf.	
49000659	PETIT JUSSON	49021	Cénomaniens moy. et inf.	
49000748	LES HAUTES ROCHES F3	49245	Turonien	
49000501	LES HAUTES ROCHES P1	49245	Turonien	
49000502	LES HAUTES ROCHES P2	49245	Turonien	
49000695	CANTON DES CONGLANDS F7	49194	Cénomaniens	
49000298	LA GRANDE OUCHE F4	49194	Cénomaniens	
49000749	LES CHAINTRES F8	49194	Cénomaniens	
49000682	LES GAINS F5	49194	Cénomaniens moy. et inf.	
49000683	LES GAINS F6	49194	Cénomaniens inf.	
49000237	LES MOULINS P1	49234	Cénomaniens	
49000238	LES MOULINS P2	49234	Cénomaniens inf.	
49000378	LES CLERETS	49304	Alluvions de la Loire	CA
49000658	BOIS DE BUTON	49368	Turonien inf.	Saumur Val de Loire
49000059	BOISEAUDIER	49224	Turonien	
49000060	LA RUE NOIRE	49224	Nappe du tuffo-turonien	
49000681	LA FONTAINE F1	49002	Turonien	
49000680	LA FONTAINE F2	49002	Turonien	
49000148	LA FONTAINE F3	49002	Turonien	
49000657	LA LANDE DE L'ETANG F2	49045	Turonien sup. et moy.	
49000054	LA POMMASSERIE 1	49221		
49000055	LA POMMASSERIE S4	49221	Turonien	
49000511	LES PLANCHES DE BARON P1	49311	Cénomaniens inf.	
49000512	LES PLANCHES DE BARON P2	49311	Cénomaniens inf.	
49000777	LA MALADRIE	49368	Cénomaniens	
49000072	CLOS DES FERRIERS F2	49163	Cénomaniens inf.	Syndicat des eaux d'Anjou
37000211	CAVEE PICHARD F.	37082	Turonien	CC Touraine
37000812	PIERRE PLATE P. (F1)	37031	Cénomaniens	
37000813	MOULIN AUMONE F. (F4 COURSANNE)	37031	Cénomaniens inf.	
37000816	PONT DU GUE F. (F5)	37031	Cénomaniens inf.	
37000817	MARAIS F. (F7)	37193	Cénomaniens	
37000818	PERREE F. (F6)	37120	Cénomaniens	
37000819	DEROUILLE F. (F8)	37120	Cénomaniens inf.	
37001220	GESLETS F. (F9)	37031	Cénomaniens moy.	

Figure 4.7 : Identification des points des forages destinés à l'alimentation en eau potable (source : BRGM et EPCI fp)

A noter que :

- la fosse de Sorges située sur le territoire d'Angers Loire Métropole est une ressource de secours. L'alimentation en eau potable de l'agglomération provient de la Loire, avec un captage associé à une usine de traitement aux Ponts de Cé. La ressource de secours est prélevée en Loire, néanmoins un rejet permettant d'assurer le fonctionnement du site est réalisé dans l'Authion juste en amont du Pont Bourguignon ;
- le captage de Port de Vallée, situé à la Bohalle (Loire Authion), prélevait environ 20 000 m³/an jusqu'en 2019. Il a été abandonné en 2020, à la suite de la prise de compétence par Angers Loire Métropole.

Le tableau ci-après présente l'évolution des prélèvements associés à chaque captage entre 2016 et 2020. Lorsque nous disposons d'une information approximative, elle est indiquée en *marron italique*.

Les volumes prélevés par captage vont de 11 000 m³ par an à 380 000 m³ par an.

Les volumes varient peu entre 2016 et 2020. En effet, la croissance démographique du territoire est modérée, par ailleurs, les consommations d'eau potable par habitant diminuent régulièrement, notamment grâce aux économies d'eau apportées par les nouveaux équipements électroménagers.

Figure 4.8 : Evolution des volumes d'eau prélevés par forages pour l'usage eau potable
(sources : BRGM et EPCI)

EPCI	Étiquettes de lignes	2016	2017	2018	2019	2020
CC Touraine	PERREE F. (F6)	154 032	174 693	188 797	168 253	105021
CC Touraine	DEROUILLE F. (F8)	296 398	296 879	297 187	290 436	181657
CC Touraine	MARAIS F. (F7)					167000
CC Touraine	GESLETS F. (F9)	207 360	216 785	222 163	257 627	148660
CC Touraine	PONT DU GUE F. (F5)					176000
CC Touraine	CAVEE PICHARD F (ou Containvoir La barre)	<i>inconnu</i>	<i>inconnu</i>	56 600	62 260	51 987
CC Touraine	PIERRE PLATE P. (F1)	52 360	52 692	44 860	41 705	32 698
CC Touraine	MOULIN AUMONE F. (F4 COURSANNE)	<i>fermé</i>	<i>fermé</i>	<i>fermé</i>	<i>fermé</i>	<i>fermé</i>
CA Saumur Val de Loire	ALLONNES LA FONTAINE F1 (04861X0538/P)					
CA Saumur Val de Loire	ALLONNES LA FONTAINE F2 (04861X0556/P2)	<i>315000</i>	315000	333000	352000	465 000
CA Saumur Val de Loire	ALLONNES LA FONTAINE F3 (04861X0557/P3)					
CA Saumur Val de Loire	VERNANTES BOIS DE BUTON (04565X0042/F)	<i>176000</i>	176000	174000	156000	158000
CA Saumur Val de Loire	PLANCHES DE BARON P1 (04558X0069/F)	<i>324000</i>	324000	296000	291000	277000
CA Saumur Val de Loire	MOULIHERNE LA POMMASSERIE S4 (04561X0026/AEP)					52000
CA Saumur Val de Loire	SAINT PHILBERT DU PEUPLE PLANCHES DE BARON P2 (04558X0066/F2)	<i>324000</i>	324000	296000	291000	277000
CA Saumur Val de Loire	NEUILLE LA PETITE RUE NOIRE (04558X0073/F)	<i>115000</i>	115000	111000	110000	113000
CA Saumur Val de Loire	NEUILLE BOISAUDIER (04854X0222/F)	<i>46000</i>	46000	45000	47000	63000
CA Saumur Val de Loire	BREILLE LES PINS LA LANDE DE L'ETANG (04565X0040/F)	<i>43000</i>	43000	9000	53000	48000
CA Saumur Val de Loire	LA MALADRIE	<i>214000</i>	214000	235000	249000	333000
CC Baugeois vallée	BEAUFORT EN VALLEE LES PIECES DE BOIS (04552X0129/F)	138 342	203 247	219 849	242 851	233 454
CC Baugeois vallée	MAZE LES GAINS F5 (04552X0067/S5-FS)	250 548	229 837	234 272	200 186	215 021
CC Baugeois vallée	MAZE CANTON DES CONGLANDS F7 (04552X0085/F7)	223 674	245 905	217 119	191 464	205 113
CC Baugeois vallée	BEAUFORT EN VALLEE PETIT JUSSON (04552X0081/FPJ)	71 370	197 480	215 170	180 163	191 656
CC Baugeois vallée	MAZE LA GRANDE OUCHE F4 (04552X0094/F4)	247 745	278 700	241 131	186 155	186 507
CC Baugeois vallée	PONTIGNE LES HAUTES ROCHES F3 (04248X0041/F3)	156 553	157 411	119 915	153 623	150 585
CC Baugeois vallée	MAZE LES CHAINTRES F8 (04552X0083/F8)	270 812	234 205	205 023	194 700	148 912
CC Baugeois vallée	PONTIGNE LES HAUTES ROCHES P2 (04248X0015/F)	168 708	155 466	167 087	173 427	148 596
CC Baugeois vallée	MAZE LES GAINS F6 (04552X0084/F6)	148 479	186 386	174 137	138 609	143 217
CC Baugeois vallée	PONTIGNE LES HAUTES ROCHES P1 (04248X0001/F1)	135 392	131 011	139 576	132 531	133 564
CC Baugeois vallée	BEAUFORT EN VALLEE LE CLOS BERTIN 1 (04552X0069/F1)	63 805	55 763	67 367	70 731	73 460
CC Baugeois vallée	BEAUFORT EN VALLEE LE CLOS BERTIN 2 (04552X0070/F2)	94 164	79 274	84 635	74 416	63 257
CC Baugeois vallée	PARCAY LES PINS LES MOULINS P1 (04562X0003/AEP)	27 488	11	23 599	43 608	15 934
CC Baugeois vallée	PARCAY LES PINS LES MOULINS P2 (04562X0046/AEP)	29 633	86 828	51 078	29 565	11 198
Syndicat des eaux d'Anjou	CLOS DES FERRIERS F2	<i>inconnu</i>	<i>inconnu</i>	287 609	305 556	312 929
Total général (m3)		4 293 863	4 539 573	4 756 174	4 686 866	4 882 426

4.6.1 Fuites des réseaux d'eau potable

Une partie de l'eau prélevée pour l'usage eau potable ne parvient pas au robinet du consommateur.

En effet, le rendement moyen des réseaux de distribution d'eau potable est estimé à 80%, ce qui correspond à une restitution totale moyenne de **1 Million de m³ par an**.

Les pertes en réseau ne peuvent pas être localisées, elles sont considérées comme diffuses. De plus, seule les fuites ayant lieu en hiver, dans une réserve utile du sol saturée, permettent la recharge des nappes.

4.6.2 Puits et forages particuliers

Les prélèvements en eau issus des puits privés ne peuvent pas être précisément quantifiés dans la mesure où il n'existe aucun recensement exhaustif des puits privés et des volumes associés à l'heure actuelle.

Le décret du 2 juillet 2008 relatif aux puits et forages privés impose que « *Tout prélèvement, puits ou forage réalisé à des fins d'usage domestique de l'eau fait l'objet d'une déclaration auprès du maire de la commune concernée. Est assimilé à un usage domestique de l'eau tout prélèvement inférieur ou égal à 1 000 m³ d'eau par an, qu'il soit effectué par une personne physique ou une personne morale et qu'il le soit au moyen d'une seule installation ou de plusieurs* ».

Les communes sont donc censées disposer d'un inventaire à jour de l'ensemble des puits et forages privés existant sur leur territoire. Néanmoins, ces inventaires sont rarement disponibles, le plus souvent incomplets et ne recensent pas les volumes effectivement prélevés.

Nous proposons donc d'approcher les volumes à partir d'une hypothèse :

10% des 70 000 foyers utilisent des puits domestiques à raison de 100 m³/an, soit un volume de 700 000 m³ par an

Nous proposons de considérer entre 0.5 et 1 million m³ / an pour cet usage.

4.6.3 Rejets d'eaux usées

L'eau à usage domestique est en grande partie restituée au milieu naturel en aval. Cette restitution se fait via les stations d'épuration, le plus souvent en milieu superficiel, et via l'assainissement individuel de façon diffuse.



60 stations d'épuration
Entre 4 et 5 millions m³ rejetés dans les cours d'eau

20 000 installations ANC soit 1.7 millions m³

a) L'assainissement collectif

Les données relatives aux rejets domestiques sont obtenues à partir de l'Observatoire des services publics d'eau et d'assainissement (*SISPEA*).

Les stations d'épuration collectives du territoire traitent et rejettent les eaux issues :

- des particuliers situés sur le réseau de collecte
- des précipitations collectées sur les zones urbaines concernées par des réseaux unitaires
- de certains industriels

Le territoire comprend 60 stations d'épuration, en excluant la station d'épuration de Saumur dont le rejet est effectué en Loire. Les eaux rejetées représentent en moyenne 3 millions de m³/an entre 2015 et 2020.

Compte tenu de la stabilité de la consommation AEP sur ces dernières années, il est possible de conclure, sans trop de marge d'erreur, que les volumes restitués via les stations d'épuration domestiques sont restés constants également.

b) L'assainissement individuel

Sur le territoire rural qu'est le bassin versant de l'Authion, les rejets d'assainissement individuels sont importants.

Le SAGE recense environ 42 352 habitants concernés par des installations individuelles soit environ 20 000 installations ANC soit une charge d'environ 31 764 Equivalent Habitant⁷.

En appliquant un ratio de 150 litres par équivalent habitant et par jour, ce qui représente 54 m³/an, **le volume total d'eau issu de l'assainissement individuel correspond à 1 740 000 millions m³ par an.**

Comme les fuites de réseau d'eau potable, les rejets d'assainissement individuels représentent des faibles volumes individuels, diffus sur le territoire. En conséquence, lorsque la réserve utile du sol n'est pas saturée, l'eau rejetée n'alimente pas les nappes.

⁷ 1 habitant = 0.75 EH

c) Total des rejets d'assainissement

Au total, l'assainissement collectif et non collectif produit un rejet dans le milieu (superficiel pour les STEP, souterrain pour l'ANC) variable entre 4 et 5 millions de m³.

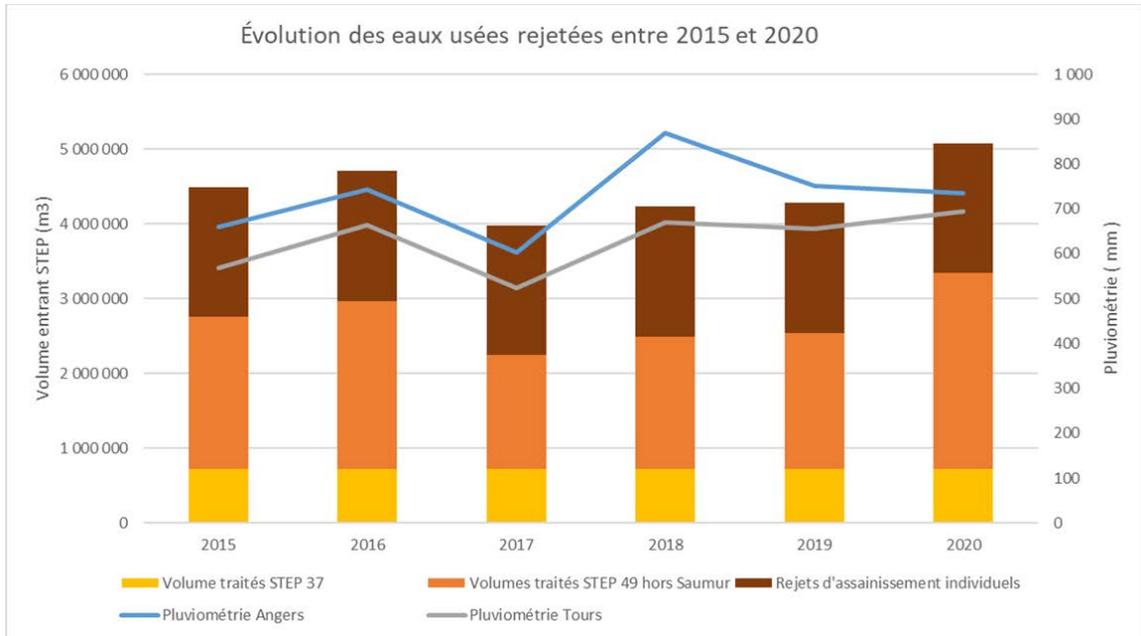


Figure 4.9 : Evolution des volumes d'eau rejetés par les stations d'épuration (Source : SISPEA 37 et 49)

4.7 INDUSTRIE

Les valeurs présentées ci-dessous sont issues de la base de données BNPE de l'Agence de l'eau, de la base de données GEREP (déclarations de prélèvements et rejets pour les ICPE soumises à enregistrement ou autorisation), et une analyse des établissements économiques situés sur le territoire (base de données SIRENE, INSEE).



Environ 40 activités industrielles
1.5 million m³ prélevés
1.3 million m³ rejetés

Le total des prélèvements connus pour le secteur industriel s'élève à **1.3 million de mètres cubes par an**.

Les principales industries préleveuses sont les ardoisières de Trélazé⁸, France Champignon et la fromagerie Tessier. Ces trois industries représentent 75% des prélèvements, et utilisent une ressource souterraine.

Viennent ensuite plusieurs entreprises tournées vers la production, transformation et vente du végétal.

La consommation d'eau industrielle est réputée régulière tout au long de l'année, avec une période de pointe estivale concernant l'industrie du végétal.

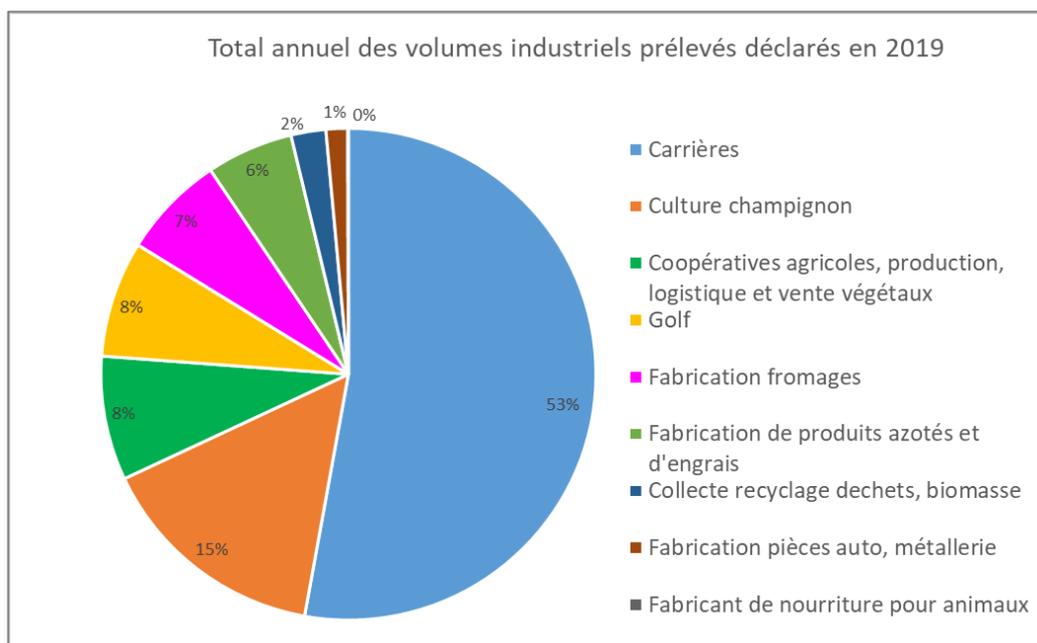
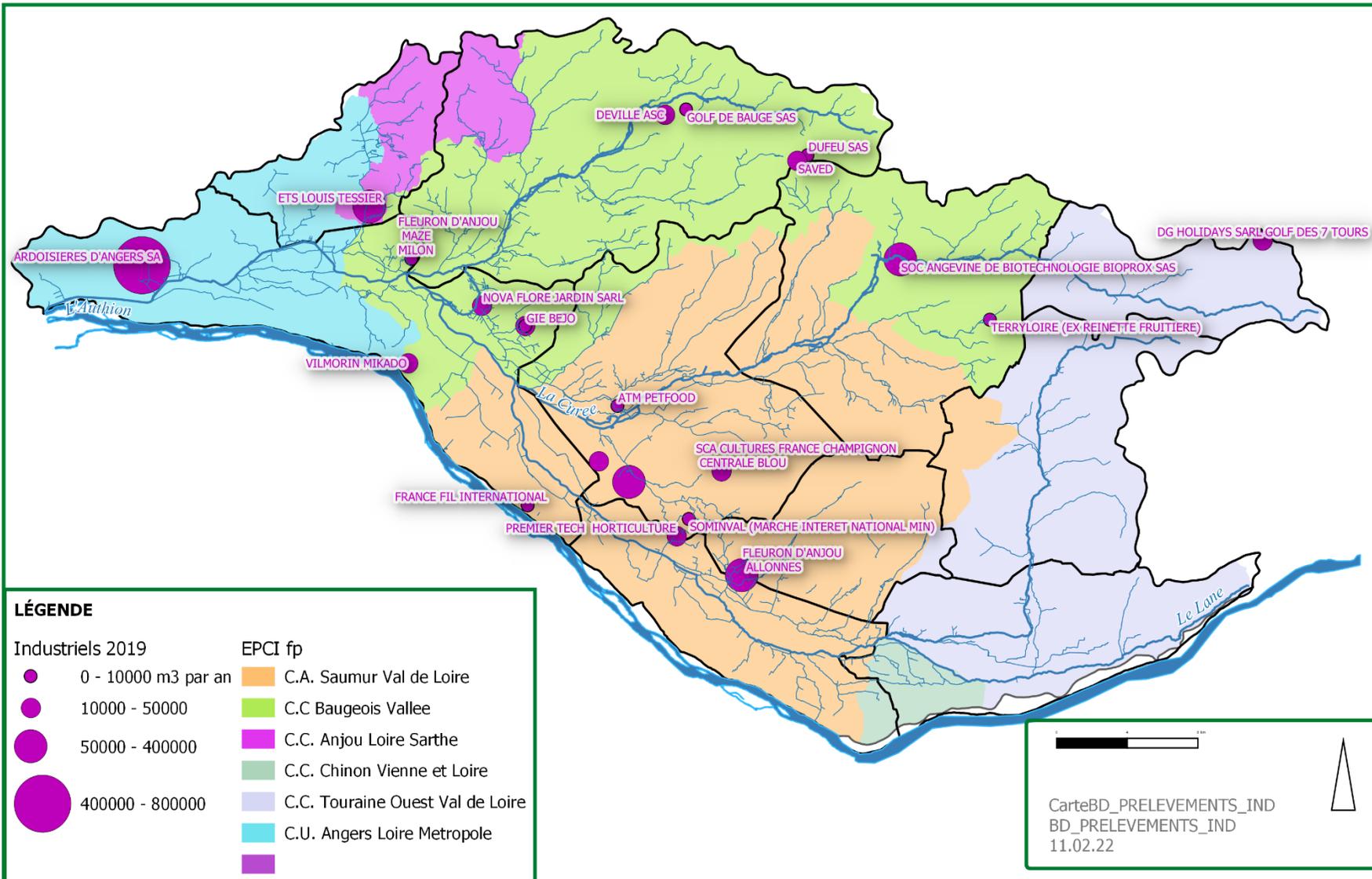


Figure 4.10 : répartition des volumes prélevés pour un usage industriel par secteur d'activité (Données : DREAL, 2019)

⁸ Le site des Ardoisières de Trélazé n'est plus en activité depuis 2013. Néanmoins, les anciennes fosses d'exploitations se remplissent naturellement d'eau (exhaure de nappe). Les eaux rejoignent le réseau pluvial puis le ruisseau du Montgazon, puis l'Authion..

Recensement des volumes prélevés pour un usage industriel en 2019



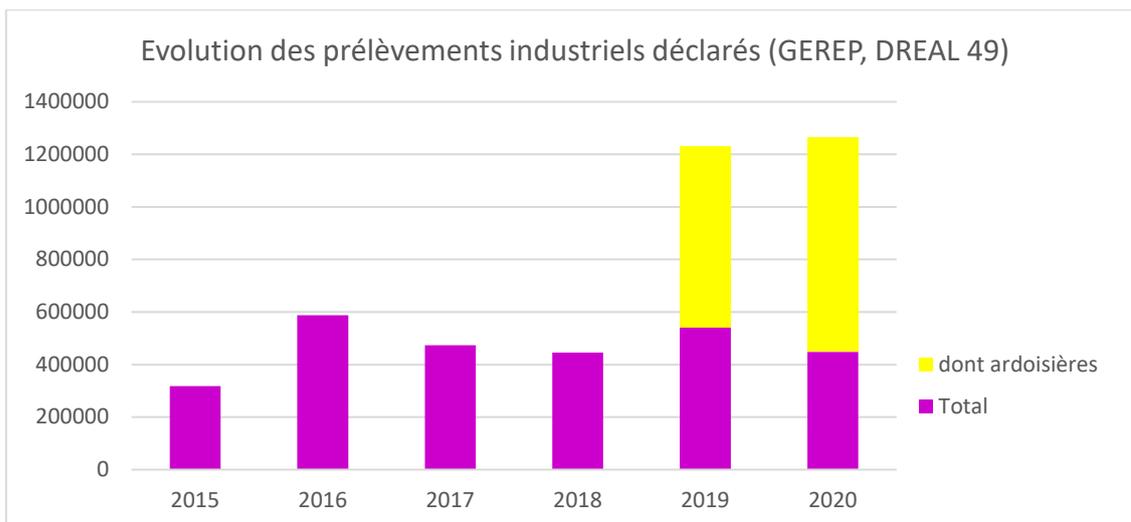


Figure 4.11 : Evolution 2015-2020 des volumes prélevés en m³ pour un usage industriel (Données : DREAL, 2019)

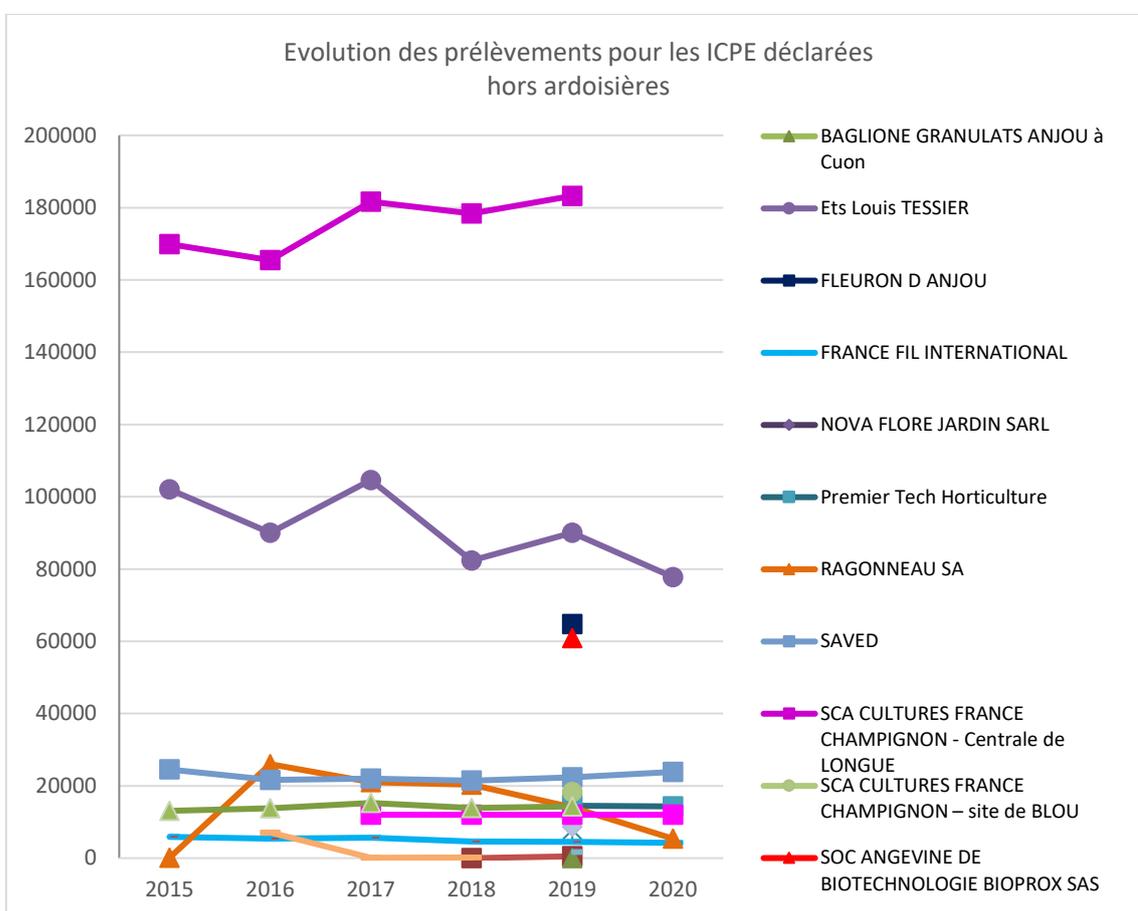


Figure 4.12 : Evolution 2015-2020 des volumes prélevés en m³ par industriel présent sur le bassin versant de l'Authion (Données : DREAL, 2019)

4.7.1 Limites et hypothèses

Les déclarations sur GEREPE ne concernent que les ICPE soumises au régime de l'autorisation ou de l'enregistrement (ICPE A ou E) prélevant plus de 7000 m³/an dans le milieu et/ou plus de 50 000 m³/an sur le réseau AEP, ont l'obligation de déclarer les volumes prélevés sur GEREPE.

Concernant les rejets, seules les ICPE A ou E, dont le volume de rejet total est supérieur à 50 000 m³/an ou rejetant une substance au-delà d'un seuil fixé par l'arrêté ministériel du 31/01/2008, ont l'obligation de déclarer les volumes d'eau rejetés.

En dessous de ces seuils, les installations n'ont pas d'obligation de se déclarer. Un certain nombre d'industries sont ainsi présentes sur le territoire mais avec des prélèvements inférieurs au seuil de déclaration.

Pour compléter les données issues de la base GEREPE, nous avons analysé les activités économiques présentes sur le territoire (base INSEE).

- Certaines activités ont été ajoutées aux volumes connus car la DREAL disposait d'informations précises sur leurs prélèvements.
- Certaines activités ont été écartées ; typologie d'activité peu susceptibles de disposer d'un prélèvement dans le milieu. Toutes les activités du secteur tertiaire (commerce, administration, ...) ont été écartées.
- Pour les activités restantes, nous formulons l'hypothèse de 12 activités susceptibles de disposer d'un prélèvement dans le milieu (activités liées au végétal) pour 10 000 m³ / an en moyenne pour chacune d'elle.

Ainsi, pour l'usage industriel nous obtenons :

- **28 industries connues déclarant des prélèvements—volume total prélevé 1 372 000 m³ / an — volume rejeté connu 1 194 000 m³**
- **40 industries au total avec un prélèvement milieu—volume total prélevé 1 500 000 m³ / an — volume rejeté 1 200 000 m³**

4.8 SYNTHÈSE

4.8.1 Bilan des prélèvements/rejets

L'ensemble des volumes prélevés s'élèvent à 39 millions de mètres cubes en moyenne par an. Le principal consommateur d'eau du territoire est le secteur agricole, pour un usage d'irrigation. Cet usage est fortement variable en fonction de conditions climatiques, de la répartition des précipitations dans l'année, de la sécheresse de sols, des températures.

Le schéma suivant illustre les principaux prélèvements et rejets pour une année, avec un été plutôt sec (par exemple 2015, 2016, 2018, 2019).

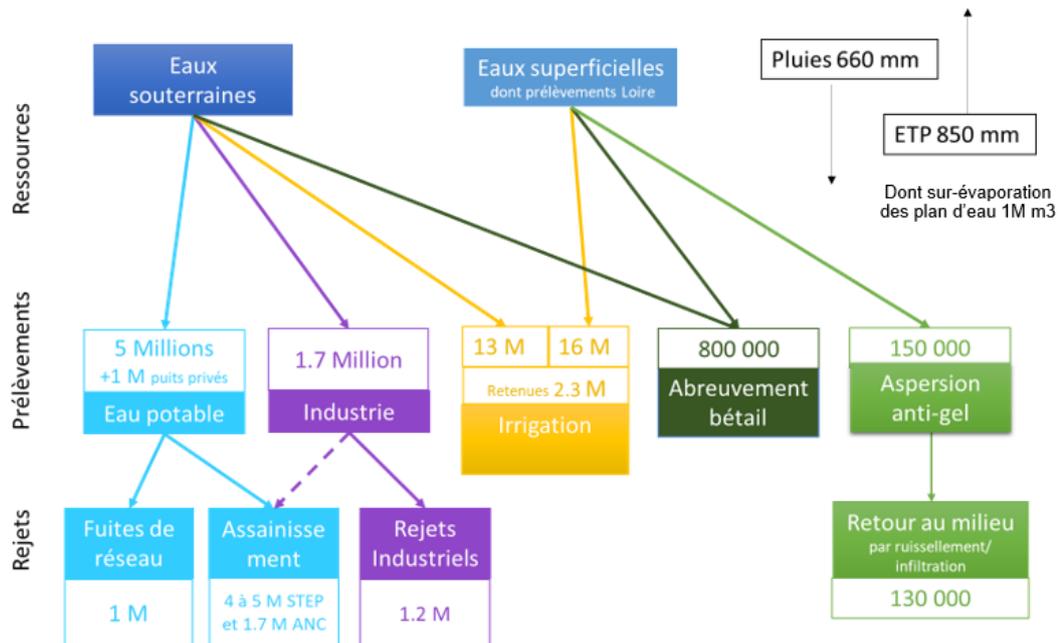


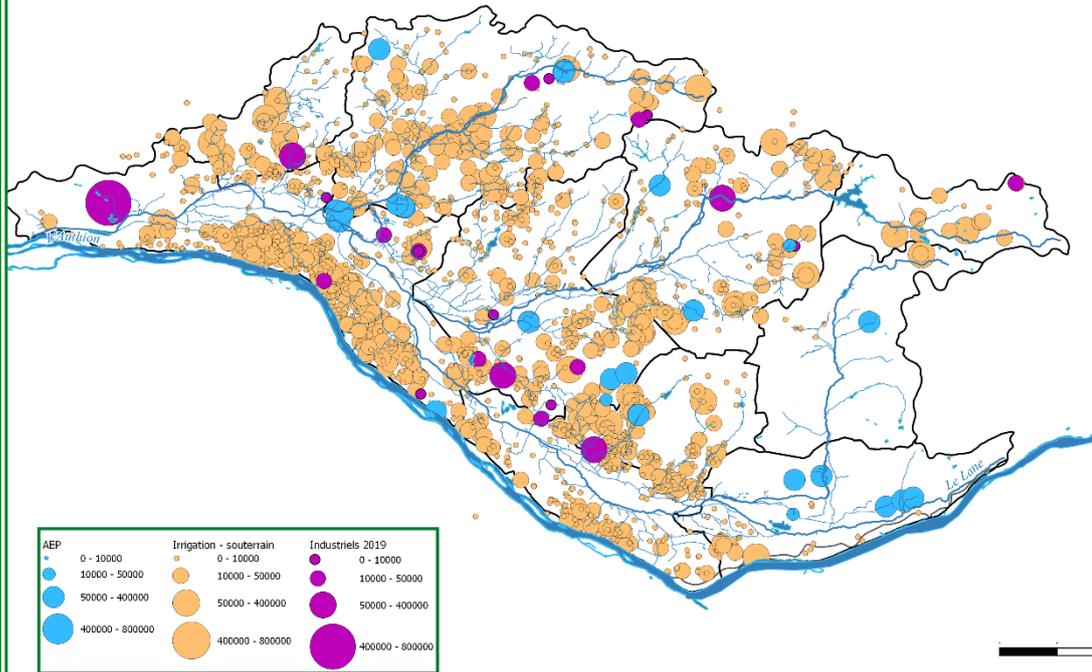
Figure 4.13 : Synthèse des usages (volumes moyens par an)

Les pages suivantes présentent l'ensemble des points de prélèvements identifiés :

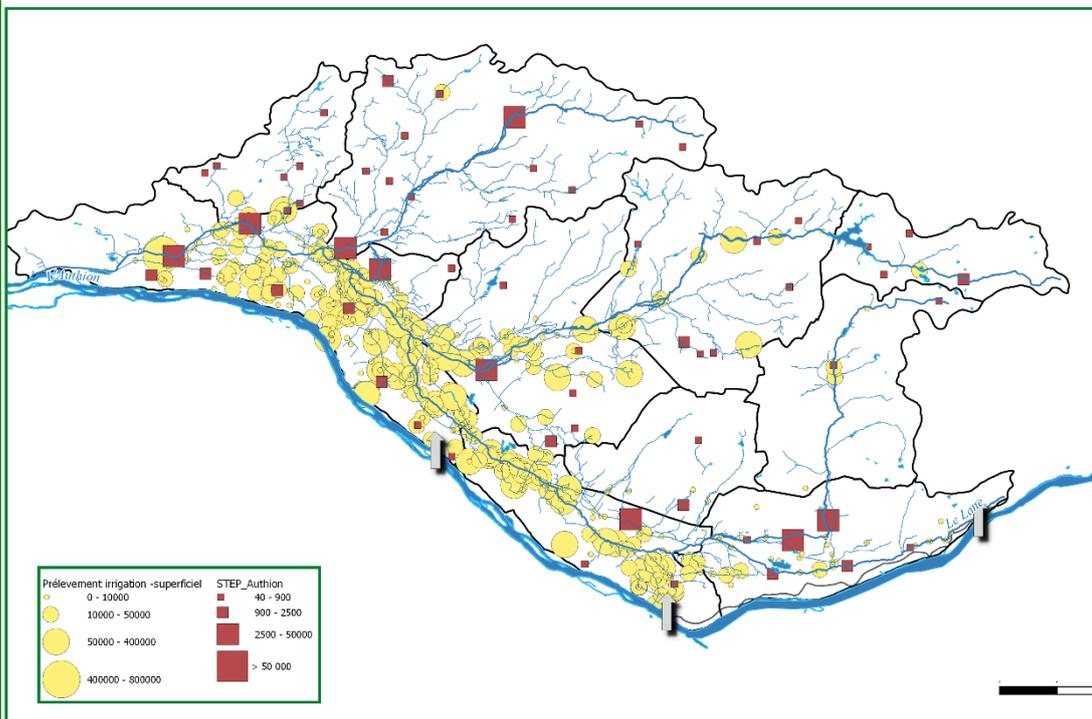
- Ensemble des prélèvements dans le milieu superficiel ;
- Ensemble des prélèvements dans le milieu souterrain ;
- Ensemble des prélèvements dans les milieux souterrains et superficiel.

Un atlas présentant les prélèvements de chaque unité de gestion est proposé en annexe.

Ensemble des prélèvements et rejets dans le milieu souterrain

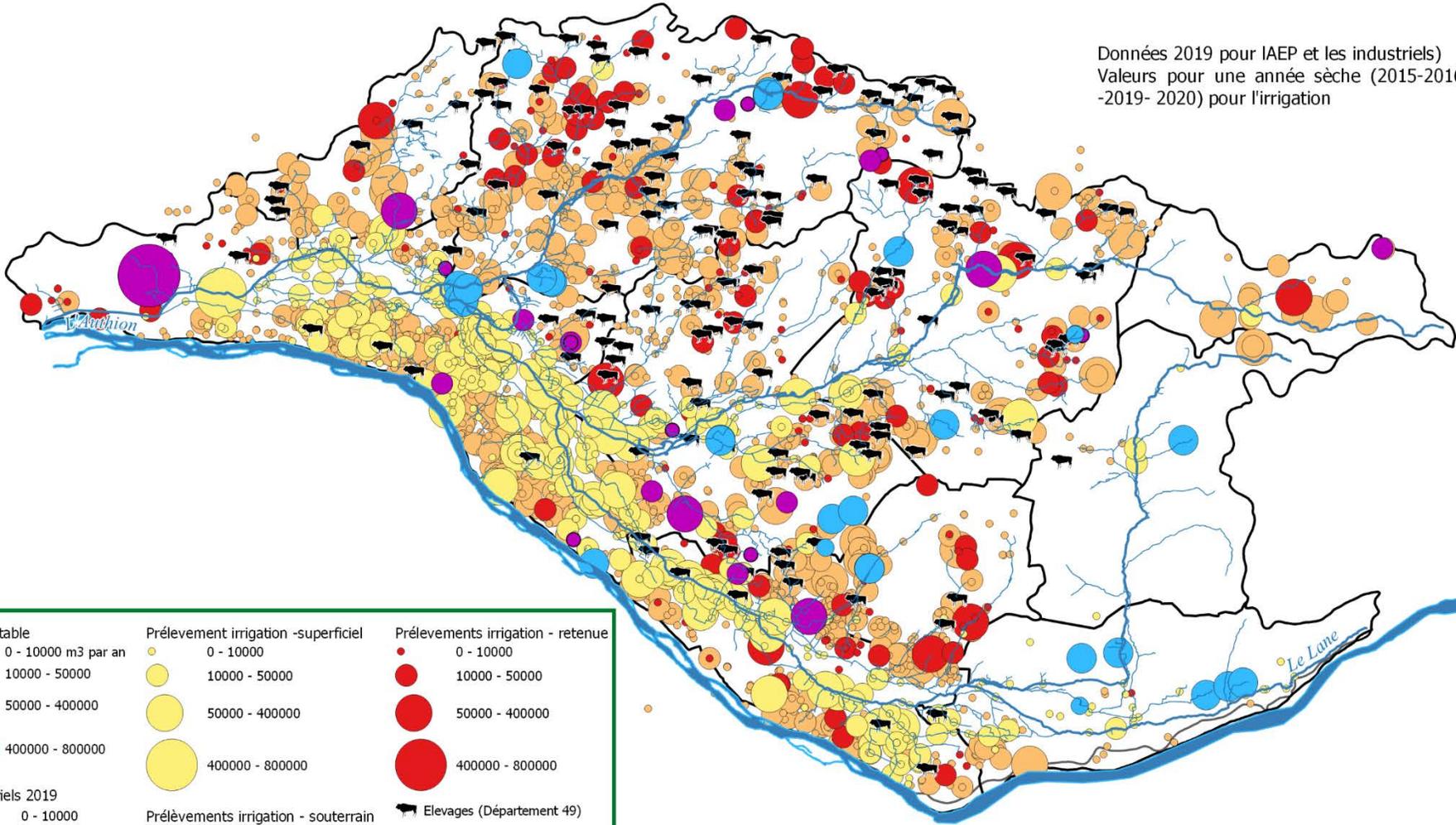


Ensemble des prélèvements et rejets dans le milieu superficiel



Ensemble des prélèvements

Données 2019 pour IAEP et les industriels)
Valeurs pour une année sèche (2015-2016
-2019- 2020) pour l'irrigation



Eau potable	Prélèvement irrigation -superficiel	Prélèvements irrigation - retenue
● 0 - 10000 m3 par an	● 0 - 10000	● 0 - 10000
● 10000 - 50000	● 10000 - 50000	● 10000 - 50000
● 50000 - 400000	● 50000 - 400000	● 50000 - 400000
● 400000 - 800000	● 400000 - 800000	● 400000 - 800000
Industriels 2019	Prélèvements irrigation - souterrain	🐄 Elevages (Département 49)
● 0 - 10000	● 0 - 10000	
● 10000 - 50000	● 10000 - 50000	
● 50000 - 400000	● 50000 - 400000	
● 400000 - 800000	● 400000 - 800000	



4.8.2 Evolution des usages

Des facteurs démographiques et économiques sont susceptibles de faire évoluer les prélèvements en eau liés aux différents usages d'ici 2040.

Plusieurs trajectoires sont possibles en fonction des enjeux propres à chaque usage, de l'importance du changement climatique ou encore des décisions politiques et réglementaires adoptées.

On distingue les plus souvent trois types de trajectoires :

- Un scénario d'évolution des usages qui prolonge les tendances observées les dernières années ou *scénario de base* ;
- Un scénario d'économie d'eau et d'adaptation du territoire ou *scenario optimiste* ;
- Un scénario d'accélération des consommations, porté par la hausse des températures et l'absence d'adaptation du territoire ou *scenario pessimiste*.

Le tableau ci-dessous, issu du SDAGE Artois Picardie, présente les évolutions de consommation d'eau en fonction des scénarios pour chaque facteur d'évolution.

Le scenario de base admet les évolutions suivantes, valables également sur le bassin Loire Bretagne :

- Croissance modérée du nombre d'habitants (avec augmentation du nombre de ménages mais diminution du nombre de personnes par foyer).
- Stabilisation des volumes d'eau potable consommés du fait du renouvellement des équipements électro-ménagers, avec toutefois un risque d'augmentation liée à l'augmentation des températures.
- Poursuite ou accélération des tendances passées dans le secteur agricole (augmentation de la surface agricole utilisée par exploitation, hausse de l'irrigation). Toutefois, la hausse des coûts de l'énergie pourrait avoir un effet ralentisseur.
- Optimisation des pratiques agricoles pour faire face aux conséquences du changement climatique.
- Augmentation modérée des surfaces artificialisées, voire stabilisation avec un objectif de « zéro artificialisation nette »⁹.

⁹ <https://www.strategie.gouv.fr/publications/objectif-zero-artificialisation-nette-leviers-protoger-sols>

	Famille de facteurs	Facteurs d'évolution	Tendances sur les 15 dernières années	Evolutions d'ici 2040		
				A - Scénario optimiste	Scénario de base	B - Scénario pessimiste
Consommation d'eau	A l'échelle du territoire	Nbre d'habitants	→	→	↗	↗
		Nbre de ménages	↗	↗		
		Taille ménages	↘	↘		
	A l'échelle individuelle	Conso équipements (électroménager, récup. eau, piscines)	↘ (équipements moins cons. d'eau)	↘	→	↗
		Volume consommé par habitant	↘ Prise de conscience accrue de l'importance des économies d'eau			
	Exogènes	Chaleurs	↗	↗ à ↗		
Volumens domestiques consommés			→	↘	→	↗
Activités assimilées domestiques			Même évolution que pour les ménages			
Agriculture	Marchés et cours mondiaux	Coût de l'énergie	↗	↗		
		Ouverture marchés (? prix de vente)	→	Accélération des tendances passées		
	Attentes & modes de consommation de la société		Cons. mieux selon son rythme de vie			
	Débouchés		Développement marchés de niche			
	Démographie agricole	Nbre chefs d'exploitation	↘	↘	↘	
	Intégration de l'environnement	Surfaces en herbe	↘	→	↘	→
Modes de production		Conventionnel : 94% AB : 3% Intégré : 2% Raisonné : 1%	Conventionnel : 0% AB : 37% Intégré : 37% Raisonné : 26%	Conventionnel : 40% AB : 15% Intégré : 15% Raisonné : 30%		
Changement climatique			Optimisation des pratiques et des rotations		Pratiques intensives	
Artificialisation des sols	Démographie	Evolution de la localisation de l'habitat	-60% de log. individuels +2% de log. collectifs	Densification de l'habitat		Etalement urbain
	Création de bâtiments, aménagements infrastructures associées	N ^o surfaces c. commerciaux	↗	↘	↗	↗
		Surf ^o plateformes logistiques	+1 300 ha en 2017	+600 ha (lié au port de Dunkerque et canal Seine Nord Europe)		
		Nbre n ^o routes	↗	↘	↗	↗
Surfaces artificialisées			↗	↗	↗	

Tableau 25 : 3 scénarios d'évolution pour le bassin Artois Picardie à l'horizon 2040

Légende : en orange les évolutions négatives, en bleu celles qui sont positives :
 ↘ au moins -20% ; ↘ entre -20 et -5% ; → entre -5 et +5% ;
 ↗ entre +5 et +20% ; ↗ au moins +20%.

Figure 4.14 : Evolution des usages selon trois scénarios (source : SDAGE Artois Picardie)

5. VOLET MILIEUX



Fortes dégradations morphologiques des cours d'eau
Aucune masse d'eau n'atteint le bon état écologique
Fonctionnalités des milieux moyenne à mauvaise en ce qui concerne les aspects piscicoles

La qualité des cours d'eau du bassin versant de l'Authion est fortement influencée par les activités humaines du territoire.

Les aménagements successifs ont dégradé la morphologie des cours d'eau en particulier dans le département du Maine-et-Loire. Les pressions physico-chimiques sont fortes sur toutes les masses d'eau (phosphore, nitrates, phytosanitaires ...).

Aucune masse d'eau n'atteint le bon état écologique. La situation écologique est préoccupante, en particulier sur les affluents à moindre débit (le Lane, le Changeon, les Aulnaies, la Riverolle et la Curée).

Concernant les aspects piscicoles, la majeure partie du territoire est dans un contexte cyprinicole, avec comme espèce repère : le brochet. Pour les têtes de bassin du Couason, du Changeon et de la Riverolle, le contexte est intermédiaire avec pour espèce repère la truite fario.

La fonctionnalité de ces milieux est largement dégradée, avec des contextes « mauvais » dans tout le Maine-et-Loire, « médiocre » à « moyen » dans l'Indre-et-Loire.

L'analyse complète de l'état des milieux est disponible dans le rapport fourni en annexe.

5.1 ÉTAT DES MASSES D'EAU

13 masses d'eau cours d'eau et 1 masse d'eau plan d'eau sont présentes sur le territoire d'étude :

- Huit masses d'eau présentent un état écologique moyen,
- Deux masses d'eau présentent un état médiocre,
- Quatre masses d'eau présentent un état mauvais.

La figure suivante présente les masses d'eau et leur état écologique par unité de gestion.

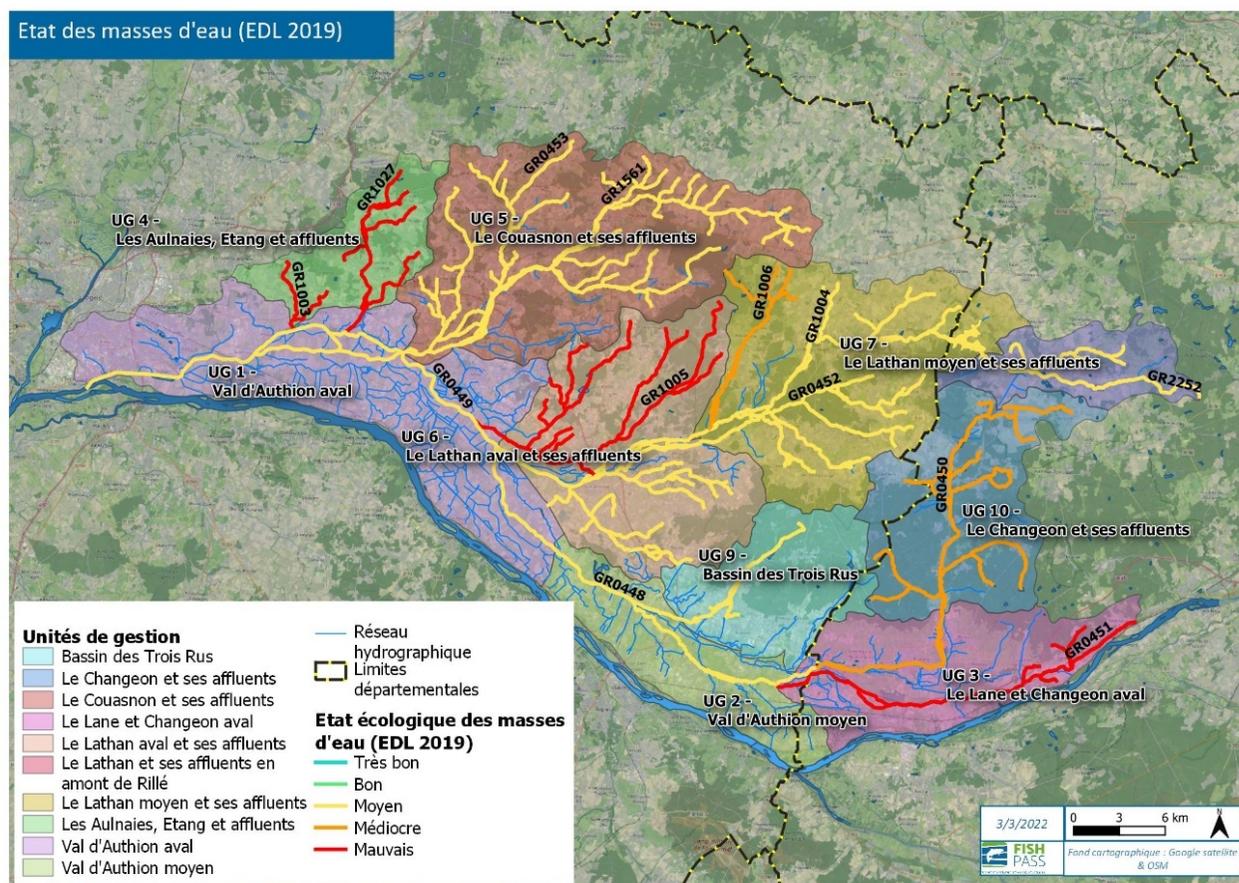


Figure 5.1 : Etat des masses d'eau sur le territoire d'étude (Fish-Pass)

. Les tableaux ci-après présentent la synthèse de la qualité des masses d'eau du territoire. Ils sont issus de l'analyse de la bibliographie fournie par le SMBA

Tableau 24 : Etat écologique de l'année 2019 des cours d'eau (EDL 2019, mise en page Fish-Pass)

Masses d'eau	Type de la masse d'eau	Etat écologique - 2019	Objectif d'état écologique	Paramètres déclassants et pressions
FRGR0448 - L'AUTHION ET SES AFFLUENTS DEPUIS BRAIN-SUR-ALLONNES JUSQU'A LA CONFLUENCE AVEC LE LATHAN	MEFM	Moyen	Bon potentiel 2027	Physico-chimie, Pesticides, Micropolluants, Obstacles à l'écoulement, Hydrologie
FRGR0449 - L'AUTHION DEPUIS LA CONFLUENCE DU LATHAN JUSQU'A LA CONFLUENCE AVEC LA LOIRE	MEFM	Moyen	Bon potentiel 2027	IBD, IPR, Physico-chimie, Pesticides, Micropolluants, Obstacles à l'écoulement, Hydrologie
FRGR0450 - L'AUTHION ET SES AFFLUENTS DEPUIS LA SOURCE JUSQU'A BRAIN-SUR-ALLONNES	NATURELLE	Médiocre	Objectif moins strict 2027	IBMR, IPR, Morphologie, Obstacles à l'écoulement
FRGR0451 - LE LANE ET SES AFFLUENTS DEPUIS LA SOURCE JUSQU'A LA CONFLUENCE AVEC L'AUTHION	NATURELLE	Mauvais	Objectif moins strict 2027	IBD, I2M2, IBMR, Physico-chimie, Macropolluants ponctuels, Pesticides, Morphologie, Obstacles à l'écoulement, Hydrologie
FRGR0452 - LE LATHAN ET SES AFFLUENTS DEPUIS LA CONFLUENCE DU PONT MENARD JUSQU'A LA CONFLUENCE AVEC L'AUTHION	MEFM	Moyen	Bon potentiel 2027	IBD, IPR, Physico-chimie, Macropolluants ponctuels, Pesticides, Obstacles à l'écoulement, Hydrologie
FRGR0453 - LE COUASNON ET SES AFFLUENTS DEPUIS LE VIEIL-BAUGE JUSQU'A LA CONFLUENCE AVEC L'AUTHION	NATURELLE	Moyen	Objectif moins strict 2027	Pesticides, Morphologie, Obstacles à l'écoulement, Hydrologie
FRGR1003 - L'ETANG ET SES AFFLUENTS DEPUIS LA SOURCE JUSQU'A LA CONFLUENCE AVEC L'AUTHION	NATURELLE	Mauvais	Objectif moins strict 2027	I2M2, IPR, Physico-chimie, Macropolluants ponctuels, Pesticides, Morphologie, Hydrologie
FRGR1004 - LE LATHAN ET SES AFFLUENTS DEPUIS LA RETENUE DES MOUSSEAUX JUSQU'A LA CONFLUENCE DU PONT MENARD	MEFM	Moyen	Bon potentiel 2027	I2M2, Physico-chimie, Pesticides, Micropolluants, Obstacles à l'écoulement
FRGR1005 - LA CUREE ET SES AFFLUENTS DEPUIS LA SOURCE JUSQU'A LA CONFLUENCE AVEC L'AUTHION	NATURELLE	Mauvais	Bon état 2027	IBD, IPR, Physico-chimie, Pesticides, Micropolluants, Morphologie, Obstacles à l'écoulement, Hydrologie
FRGR1006 - LA RIVEROLLE ET SES AFFLUENTS DEPUIS LA SOURCE JUSQU'A LA CONFLUENCE AVEC LE LATHAN	NATURELLE	Médiocre	Bon état 2027	IBD, I2M2, IPR, Pesticides, Obstacles à l'écoulement, Hydrologie
FRGR1027 - LE RUISSEAU DES AULNAIES ET SES AFFLUENTS DEPUIS LA SOURCE JUSQU'A LA CONFLUENCE AVEC L'AUTHION	NATURELLE	Mauvais	Objectif moins strict 2027	IBD, I2M2, Physico-chimie, Macropolluants ponctuels, Pesticides, Micropolluants, Morphologie, Obstacles à l'écoulement, Hydrologie
FRGR1561 - LE COUASNON ET SES AFFLUENTS DEPUIS LA SOURCE JUSQU'A LE VIEIL-BAUGE	NATURELLE	Moyen	Bon état 2027	Pesticides, Morphologie, Obstacles à l'écoulement, Hydrologie
FRGR2252 - LE LATHAN ET SES AFFLUENTS DEPUIS LA SOURCE JUSQU'A LA RETENUE DES MOUSSEAUX	NATURELLE	Moyen	Objectif moins strict 2027	I2M2, Physico-chimie, Macropolluants ponctuels, Pesticides, Morphologie, Obstacles à l'écoulement, Hydrologie
FRGL089 - RETENUE DES MOUSSEAUX	MEFM	Moyen	Objectif moins strict 2027	IPLAC, Physico-chimie, Nitrates, Phosphore

MEFM : masse d'eau fortement modifiée

Qualité biologique		Qualité piscicole	Morphologie Taux de rectitude	
UG1 Val d'Authion aval	Médiocre à mauvaise pour les indices IBG/I2M2 ; Moyenne pour l'indice diatomées ; Médiocre pour l'indice poisson rivière .	Contexte piscicole cyprinicole en état mauvais avec pour espèce repère le brochet.	UG 1	Taux rectitude
			Faible	3.2%
			Moyen	9.4%
			Fort	87.4%
UG2 Val d'Authion moyen	L'Authion à Allonnes : Bonne qualité vis-à-vis de l'IBD, l'I2M2 et l'IPR Station 04590005, médiocre pour l'IPR Station 04590011, qualité moyenne vis-à-vis de l'IBD, l'I2M2 et l'IPR	Contexte piscicole cyprinicole en état mauvais avec pour espèce repère le brochet.	UG 2	Taux rectitude
			Faible	15.05%
			Moyen	9.3%
			Fort	75.65%
UG 3 – Le Lane et le Changeon aval	Moyen à mauvaise pour les indices IBG/I2M2 Bonne pour l'indice diatomées ; Bonne pour l'indice poisson rivière.	Contexte piscicole cyprinicole en état moyen à mauvais avec pour espèce repère le brochet. La partie amont du Changeon est en contexte intermédiaire en état moyen avec pour espèce repère la truite de rivière.	UG 3	Taux rectitude
			Faible	9.44%
			Moyen	19.03%
			Fort	71.53%
UG 4 – Les Aulnaies, étang et affluents	Bonne pour l'indice diatomées ; Mauvaise pour l'indice poisson rivière.	Contexte piscicole cyprinicole en état mauvais avec pour espèce repère le brochet.	UG 4	Taux rectitude
			Faible	0%
			Moyen	0%
			Fort	100%
UG 5 – Le Couasnon et ses affluents	Bonne pour les indice diatomées et I2M2 ; Bonne à mauvaise pour l'indice poisson rivière.	Contexte piscicole cyprinicole en état mauvais avec pour espèce repère le brochet. La partie amont du Couasnon (commune de Vieil Baugé) est en contexte intermédiaire en état mauvais avec pour espèce repère la truite de rivière.	UG 5	Taux rectitude
			Faible	3.4%
			Moyen	26.2%
			Fort	70.4%
UG 6 – Le Lathan aval et ses affluents	Bonne à moyenne pour l'indice diatomées ; Médiocre pour l'IBG/I2M2	Contexte piscicole cyprinicole en état mauvais avec pour espèce repère le brochet.	UG 6	Taux rectitude
			Faible	0%
			Moyen	17.9%
			Fort	82.1%
UG 7 – Le Lathan moyen et ses affluents	Très bonne à moyenne pour l'indice diatomées Moyenne à bonne pour l'IBG/I2M2	Contexte piscicole cyprinicole en état mauvais avec pour espèce repère le brochet. La Riverolle (affluent rive droite du Lathan) est en contexte intermédiaire en état médiocre avec pour espèce repère la truite de rivière.	UG 7	Taux rectitude
			Faible	15.2%
			Moyen	24.2%
			Fort	60.6%
UG 8 – Le Lathan et ses affluents en amont de Rillé	Médiocre pour l'IBG/I2M2 Mauvaise pour l'IPR	Contexte piscicole cyprinicole en état moyen avec pour espèce repère le brochet.	UG 8	Taux rectitude
			Faible	0%
			Moyen	35.6%
			Fort	64.4%
UG 9 – Bassin des Trois Ru	Bonne pour l'IBD Bonne pour l'I2M2 En 2019 et 2021, la qualité des cours d'eau via l'IPR est médiocre.	L'Automne et le Rau de la Petite Hurtaudière présentent un contexte piscicole cyprinicole en état mauvais avec pour espèce repère le brochet. Le Rau des Loges est en contexte intermédiaire en état médiocre avec pour espèce repère la truite de rivière.	UG 9	Taux rectitude
			Faible	0%
			Moyen	57.1%
			Fort	42.9%
UG 10 – Le Changeon et ses affluents	Bonne pour l'IBD ; Médiocre à Très Bonne pour l'IBG/I2M2 ; Bonne pour l'IPR	Contexte intermédiaire en état moyen avec pour espèce repère la truite de rivière.	UG 10	Taux rectitude
			Faible	25.9%
			Moyen	18.3%
			Fort	55.8%

6. VOLET CLIMAT

Les développements présentés dans ce chapitre sont issus :

- De l'étude Explore 2070 (ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie (2012). Hydrologie de surface A1 — Rapport de synthèse)
- 1 De l'étude Impact du changement climatique sur l'hydrosystème Loire : HYDROlogie, régime thermique, QUALité - ICC-HYDROQUAL (2013) Moatar, F., Bustillo, V., Ducharme, A., Billen, G., Garnier, J., Silvestre, M., Callens, J., Thiery, D., Sauquet, E., Vidal, J.P, 107 p.
- Le portail DRIAS, les futurs du Climat
- 2 Du rapport du GIEC Pays de la Loire, Virginie Raison-Victor, présidente du GIEC des Pays de la Loire Antoine Charlot, directeur du Comité 21 Grand Ouest, juin 2022, 120 p.



L'augmentation de la température moyenne de l'air va entraîner une hausse de l'évapotranspiration et donc une baisse des débits annuels des cours d'eau.

Selon Explore 2070, au sein du bassin Loire-Bretagne le débit moyen annuel des cours d'eau devrait baisser de 10 à 40 % et la recharge des nappes souterraines serait également affectée avec une baisse comprise entre 25 et 30 % à l'horizon 2070.

6.1 QUELQUES DEFINITIONS

6.1.1 Modèle climatique

Un modèle climatique est la **représentation numérique de la planète** et des interactions entre ses différents réservoirs qui modulent le climat : l'atmosphère, l'océan et les surfaces continentales. Il existe un très grand nombre de modèles.

Le projet DRIAS regroupe un ensemble de modèles climatiques qui sont établis sur les différents scénarios d'émissions (RCP 2.6, RCP 4.5, RCP 6.0 et RCP 8.5). Les projections climatiques doivent être analysées en prenant en compte la dispersion des modèles pour réduire l'incertitude inhérente aux différents modèles.

Par exemple : SAFRAN/France est un système d'analyse à méso-échelle de variables atmosphériques près de la surface. Il utilise des observations de surface, combinées à des données d'analyse de modèles météorologiques. Ces paramètres (température, humidité de l'air, vent, précipitations solides et liquides, rayonnement solaire et infrarouge incident), sont analysés par pas de 300m d'altitude. Ils sont ensuite interpolés sur une grille de calcul régulière (8 x 8 km).

6.1.2 Scénario d'émissions des gaz à effet de serre

Les modèles climatiques se basent sur des scénarios correspondants à des trajectoires socio-économiques différentes. Il existe plusieurs générations de scénarios d'émissions. Les scénarios utilisés par la DRIAS vont du plus optimiste (RCP 2.6 qui intègre les effets d'une politique de

réduction des émissions susceptible de limiter le réchauffement planétaire à 2°C en 2100) au plus pessimiste (RCP 8.5, émissions croissantes).

Les projections climatiques utilisées dans le cadre des projets de recherche Explore 2070 et ICC Hydroqual sont issues des modèles climatiques du 4ème rapport du GIEC (2007).

6.1.3 Modèle hydrologique

Pour passer d'une projection climatique aux conséquences sur les débits des cours d'eau, **un modèle hydrologique** ou **modèle pluie-débit**, est nécessaire.

ICC Hydroqual et Explore 2070 sont des projets de modélisation hydrologique associant des projections climatiques locales, basées sur des scénarios de gaz à effet de serre du GIEC.

Ces deux projets constituent la référence nationale et locale pour mesurer l'impact du changement climatique sur les débits des cours d'eau et la recharge des nappes.

6.2 ETUDE ICC-HYDROQUAL

Le projet ICC-HYDROQUAL (Impact du Changement Climatique sur l'hydrosystème Loire : HYDROlogie, Régime thermique, QUALité des eaux) publié en 2010, réunit l'université de Tours, l'UMR Sisyphe, le BRGM et le Cemagref.

Ce projet a pour objectif d'étudier l'influence du changement climatique sur le comportement des cours d'eau du bassin de la Loire ainsi que sur les niveaux des nappes. Ce projet vise également à analyser les conséquences des modifications climatiques sur le régime thermique et la qualité biogéochimique (nutriments et eutrophisation) qui sont des éléments essentiels à la définition du « bon état écologique » au sens de la DCE.

D'après l'étude ICC-HydroQual, le débit d'étiage de la Loire et de ses principaux affluents baisserait fortement d'environ 25 à 50 % en milieu du siècle, et de 30 à 60 % en fin du siècle.

Les étiages seraient plus sévères avec des durées accrues. Cette modification serait due à l'augmentation des pertes par évapotranspiration et à la baisse globale des précipitations (légère augmentation des précipitations au printemps compensée par une forte diminution sur le reste de l'année).

6.3 EXPLORE 2070

Le dernier exercice national de projections hydrologiques a eu lieu en 2012 dans le cadre du projet Explore 2070 et s'appuyait sur des scénarios d'émissions l'AR4 (scénario de 2007 utilisé avant le quatrième rapport du GIEC).

Le projet Explore 2070, qui s'est déroulé de juin 2010 à octobre 2012 a été porté par la direction de l'Eau et de la biodiversité, du ministère en charge de l'écologie avec la participation de l'Onema, du CETMEF, des agences de l'eau, des DREAL de bassin, du CGDD, de la DGEC et de la DGPR. Il a rassemblé une centaine d'experts venant d'établissements de recherche et de bureaux d'études spécialisés.

Le projet Explore 2070 a étudié 1522 bassins versants, dont celui de l'Authion dont les indicateurs sont fournis à la station des Ponts de Cé.

Pour l'ensemble du territoire national, les résultats d'Explore 2070 fournissent les indicateurs suivants :

- Le débit moyen annuel pourrait baisser de 10 à 40% ;

- la recharge des nappes souterraines serait également affectée par une baisse comprise entre 25 et 30 % à l'horizon 2070.
- La cause prépondérante de la baisse du débit est l'augmentation significative de l'évapotranspiration : l'évapotranspiration annuelle pourrait augmenter de 15 à 30% et jusqu'à 40% en été.

La **baisse des débits moyens** et celle des débits d'étiage (QMNA5) est d'avantage liée à **l'augmentation de la température** qu'aux évolutions sur les précipitations. L'augmentation de la température entraine une augmentation nette de l'évapotranspiration, ce qui va limiter fortement les volumes disponibles pour les écoulements.

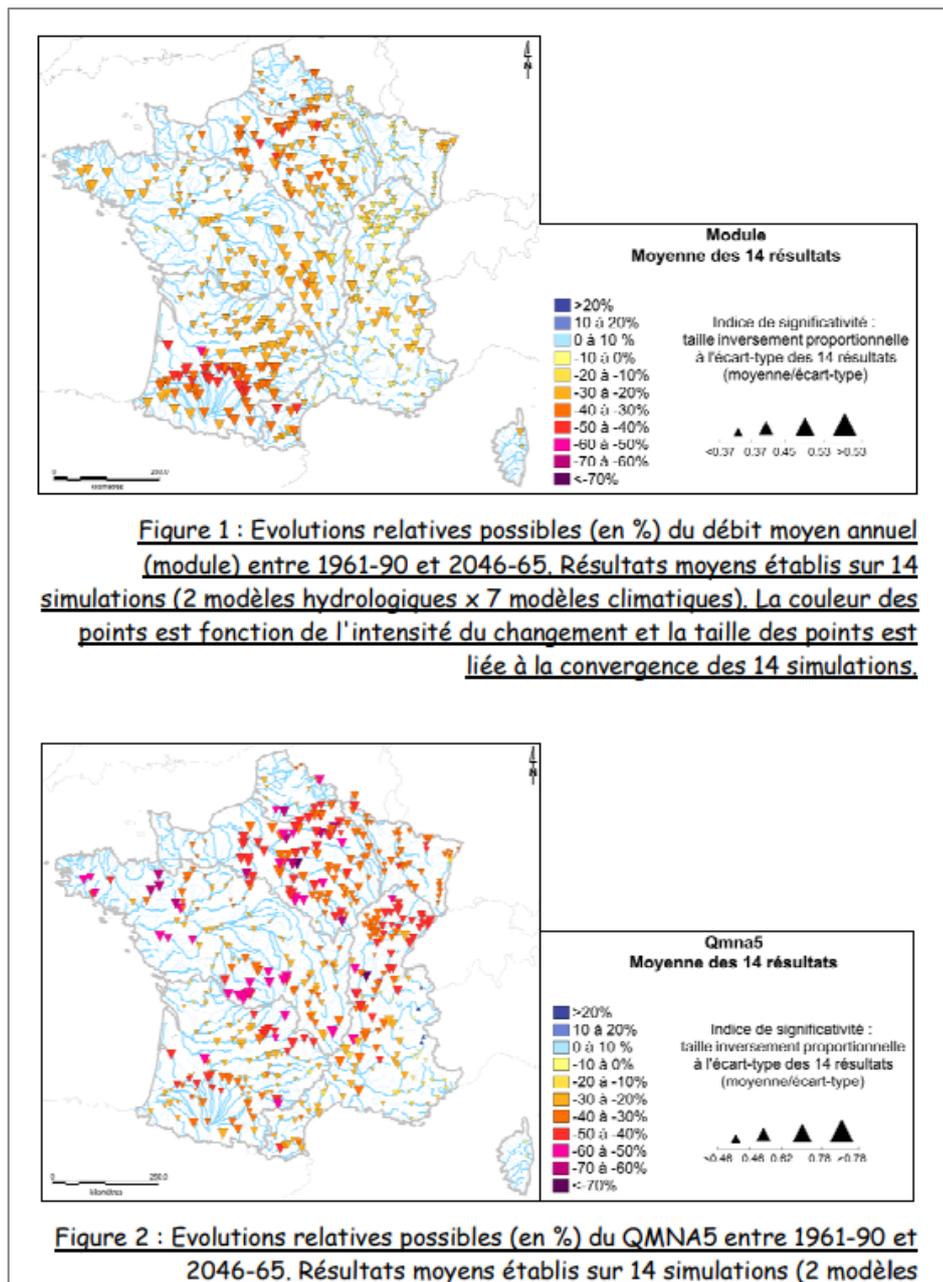


Figure 6.1 : Résultats de l'étude Explore 2070 sur l'évolution relative possible (en %) des débits moyens annuels et des débits d'étiage

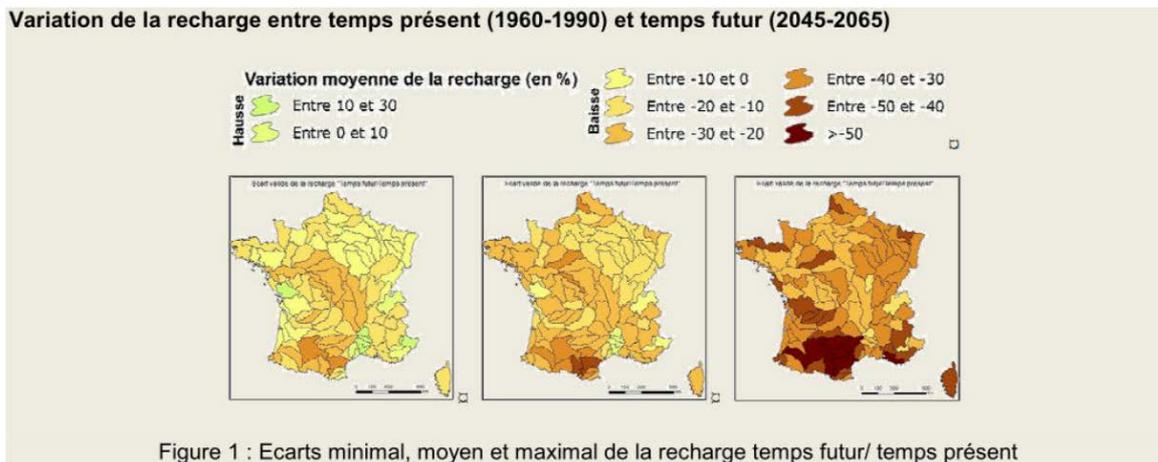


Figure 6.2 : Résultats de l'étude Explore 2070 sur la variation de la recharge des nappes

6.4 DRIAS

Le projet DRIAS est un projet national de mise à disposition des données et de connaissances sur le changement climatique notamment sur l'évolution des températures et des précipitations. C'est un projet porté par Météo France et par différents laboratoires de recherche sur le climat (CERFACS, CNRM, IPSL) depuis 2009.

Le site internet propose de visualiser les projections climatiques fournies par les modèles de climat, pour les scénarios les plus récents (RCP) présentés dans le dernier rapport du GIEC.

Le site met également à disposition les variables et indicateurs climatiques issus des simulations climatiques régionalisées.

Les développements ci-dessous sont issus du rapport disponible à l'adresse suivante : <http://www.drias-climat.fr/document/rapport-DRIAS-2020-red3-2.pdf>

6.4.1 Projections climatiques

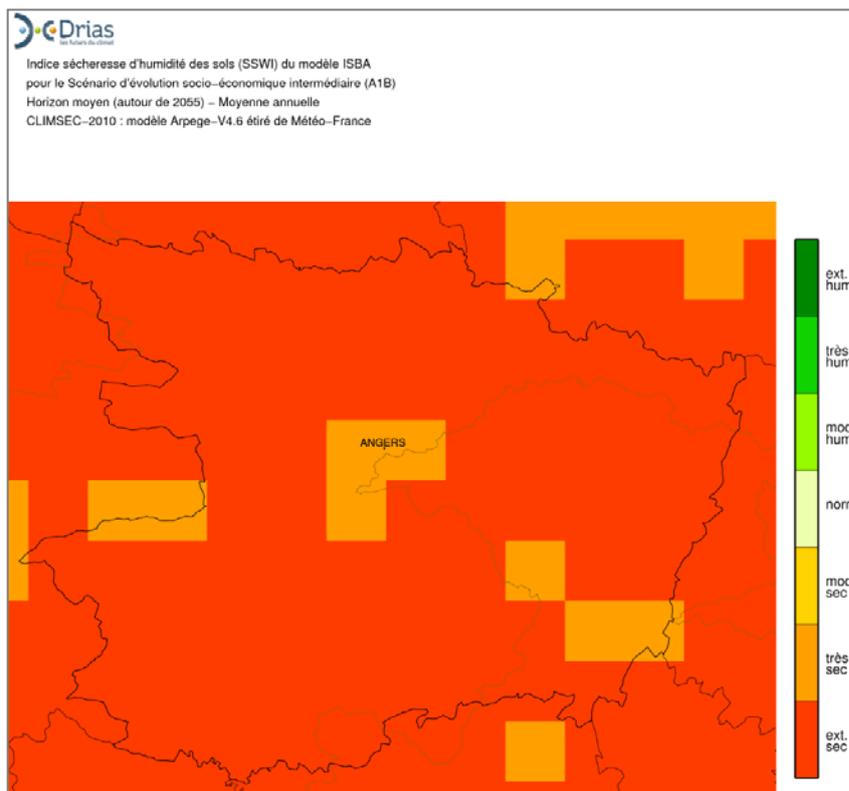
Les effets du changement climatique, du fait de l'augmentation de l'évaporation sous l'effet des températures, sont plus intenses sur les sécheresses du sol et les sécheresses hydrologiques (débits des cours d'eau et niveau des nappes).

Les sécheresses météorologiques, caractérisées uniquement par le déficit de précipitations sur une longue période, sont moins marquées, avec des différences inter- modèles importantes.

a) Sécheresse des sols

Comme le montre la carte ci-dessous, par rapport à la référence de 1970, l'indice de sécheresse des sols en 2055 avec un scénario intermédiaire montre que les sols dans les années à venir seront extrêmement secs.

Figure 6.3 : Indice d'humidité des sols pour le scénario socioéconomique intermédiaire A1B

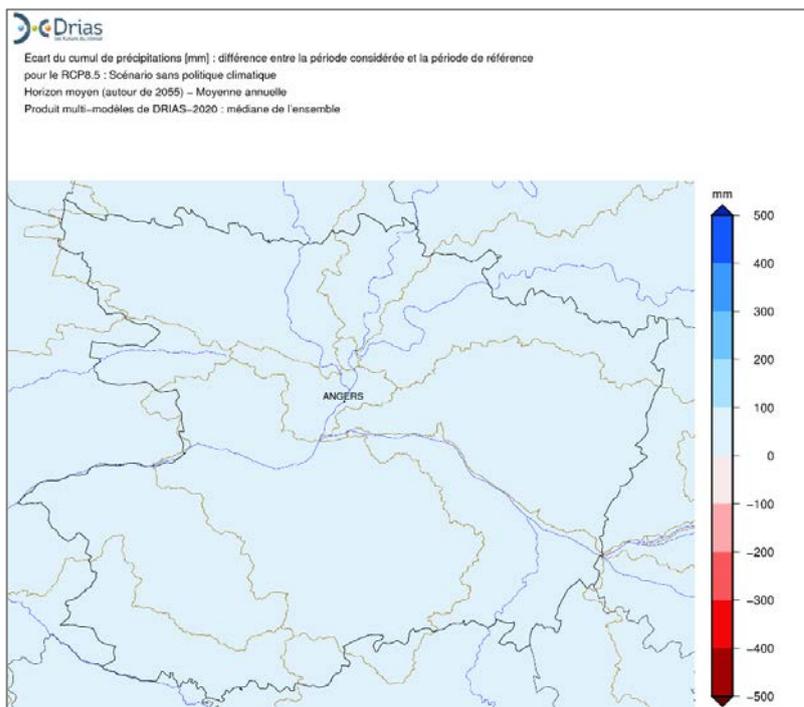


b) Sécheresses météorologiques

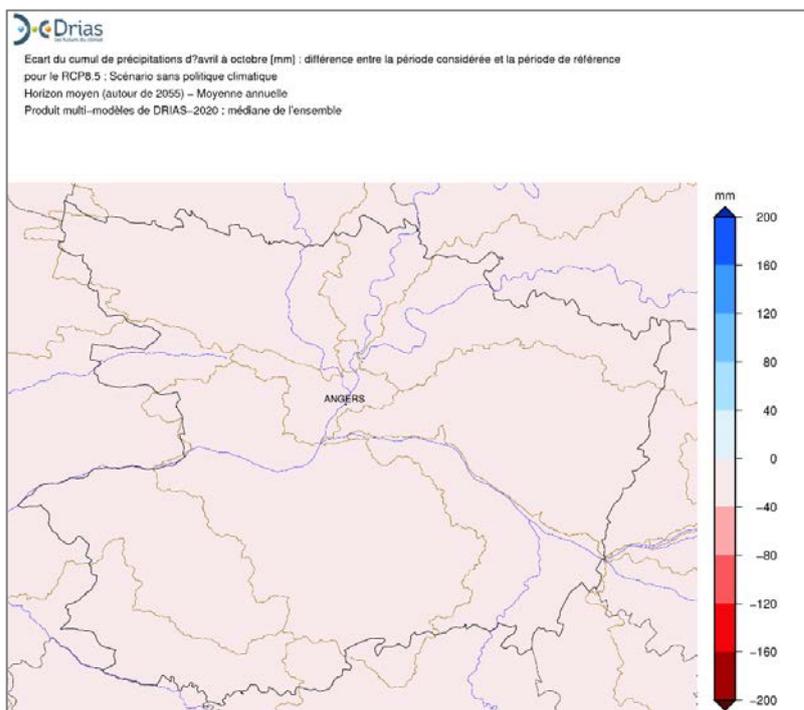
Les précipitations annuelles en Pays de la Loire resteront stables. On observe une légère diminution des précipitations d'avril à octobre mais elle est compensée le reste de l'année.

Figure 6.4 : Ecarts des cumuls de précipitations entre la période de référence (1976-2005) et l'horizon moyen (2055) le scénario 8.5 (sans politique climatique) - médiane de l'ensemble des modèles B

Cumul annuel :



Avril à octobre :



6.5 CONSEQUENCES DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LES USAGES DE L'EAU

6.5.1 L'agriculture

Une conséquence très importante pour l'agriculture concerne la baisse de la disponibilité de la ressource en eau, liée d'une part à la baisse attendue des précipitations estivales et à l'augmentation de l'évapotranspiration potentielle.

Le projet Climator a été mené de 2007 à 2010 sous maîtrise d'ouvrage de l'agence nationale pour la recherche. Il a caractérisé l'agriculture française selon les impacts potentiels du changement climatique :

- le timing : diverses possibilités de modification des calendriers cultureux pour répondre à l'augmentation des températures sont envisagées ;
- l'eau : le bilan hydrique sera de plus en plus déséquilibré ; cela se fera sentir sur le confort hydrique des cultures pluviales, et sur les capacités d'irrigation des cultures irriguées ;
- l'irrigation : les besoins vont évoluer et le projet Climator considère l'avancée des calendriers d'irrigation, renforcée par des choix variétaux plus précoces, comme une adaptation efficace à la moindre disponibilité en eau ;
- la matière organique, dont le stock dans le sol dépend beaucoup du système de culture ;
- le rendement, dont les facteurs limitants dépendront plus fortement des conditions d'alimentation hydrique et des fortes températures en fin de cycle.

6.5.2 L'eau potable

Les conséquences du changement climatique sur l'eau potable, seront plus limitées sur le bassin versant de l'Authion :

- Les eaux utilisées pour l'alimentation en eau potable sont issues de ressources souterraines et donc moins exposées aux dégradations de la qualité (développement des cyanobactéries, favorisé par le réchauffement des eaux)
- L'inertie des nappes comme le Cénomaniens, par ailleurs réservé à cet usage¹⁰, limite les risques d'abaissement brutal en période de crise.
- Néanmoins, un abaissement de la recharge pourrait fragiliser certains captages.
- Par ailleurs, les stations exploitant la nappe alluviale de la Loire, bénéficient du soutien d'étiage des retenues en amont de la Loire.

6.5.3 L'industrie

La consommation d'eau par l'industrie est peu dépendante des conditions climatiques.

Certains industriels, comme la fromagerie Tessier, mettent en œuvre des actions d'économies d'eau et s'engagent à une limitation des prélèvements dans le milieu naturel (Cénomaniens).

¹⁰ sauf pour les forages (pour l'irrigation par exemple) qui étaient préexistants à la prise de cette disposition dans le SDAGE.

7. CONCLUSION

La première phase de l'étude HMUC a permis de caractériser le territoire du bassin versant de l'Authion pour chaque volet. Ce travail basé sur une étude bibliographique approfondie, l'analyse des données hydrométriques disponibles et la campagne de mesures a permis de dresser un certain nombre de conclusions :

- **HYDROLOGIE :**

L'influence du soutien d'étiage est majeure sur les cours d'eau réalimentés. On note par exemple que le QMNA5 du Lathan équivaut à 75 % du module.

Pour les cours d'eau non réalimentés comme le Couasnon ou le Changeon, on note que les débits d'étiage sont supérieurs à 50 % du module (respectivement 56 % et 78 %), avec certainement un soutien par la nappe. Le travail de modélisation hydrogéologique qui sera réalisé en phase 2 permettra de mieux définir les échanges nappes-rivières.

Sur les parties amont des bassins versants, les cours d'eau, moins soutenus par les nappes, connaissent des assecs fréquents et longs, susceptibles de s'aggraver avec le changement climatique.

Concernant l'hydrogéologie, le rapport décrit les différentes nappes. La campagne réalisée en fin de saison hivernale, montre des niveaux très bas, après un hiver marqué par de très faibles précipitations.

- **MILIEUX :**

La qualité des cours d'eau du territoire est moyenne à dégradée, tant en physico-chimie qu'en qualité biologique.

La majeure partie du territoire est dans un contexte cyprinicole, avec comme espèce repère : le brochet.

Pour les têtes de bassin du Couasnon, du Changeon et de la Riverolle, le contexte est intermédiaire avec pour espèce repère la truite fario.

- **USAGES :**

Le travail d'inventaire approfondi a permis la constitution d'une base de données des usages plus complète que celle de la précédente étude de définition des volumes prélevables. L'évolution des volumes est d'avantage liée à une amélioration de la connaissance qu'à une réelle hausse de la consommation.

Les prélèvements à usage agricole concernent les milieux superficiels et souterrains. En revanche, tous les autres prélèvements exploitent uniquement les nappes souterraines (industriels, eau potable, irrigation dans les unités de gestion amont).

Si certains usages rejettent autant d'eau qu'ils en prélèvent, ces restitutions ont lieu dans les cours d'eau.

- **CLIMAT :**

Les modèles climatiques ne sont pas formels sur l'évolution des précipitations. En revanche, ils s'accordent sur l'augmentation des températures qui sera à l'origine d'une forte augmentation du phénomène d'évapotranspiration et d'une sécheresse des sols, ce qui perturbera le cycle hydrologique (recharge des nappes, écoulements).

La baisse des débits et l'augmentation des températures risquent d'aggraver les tensions sur le milieu naturel et sur l'ensemble du couvert végétal (forêts et cultures), on peut attendre une demande en eau croissante pour ces usages.

Les tableaux suivants synthétisent les éléments du bilan hydrique du territoire.

Le travail de phase 2 permettra de constituer un modèle hydrologique de surface et un modèle souterrain. Ces modèles intégreront les différents prélèvements et rejets identifiés en phase 1, ainsi que les chroniques météorologiques sur la période 2001-2021.

Ce travail de modélisation permettra de compléter le bilan hydrique « influencé » par unité de gestion, en tenant compte des échanges nappes-rivières.

Dans un second temps, ces prélèvements seront retirés, permettant d'obtenir des niveaux piézométriques et des débits « désinfluencés ».

Bilan hydrique naturel (entrées/sorties)		Répartition annuelle											
Type	Total annuel	Janv.	Fev.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Précipitations annuelles à Fontaine Guerin en mm	666.2 mm	63.1	47.2	55.9	47.5	64	49.6	44.9	48.6	42.1	73	63.9	66.4
Evapo-transpiration potentielle à Beaucozéz en mm	844.3 mm	12.1	24.1	53	84.4	116.1	138.1	148.8	123.1	79.6	39.5	14.8	10.7
Ruissellement		Phase 2 / construction du modèle											
Infiltration		Phase 2 / construction du modèle											

Apports d'origine anthropique		Répartition annuelle											
Type	Total annuel	Janv.	Fev.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Prélèvements en Loire <i>Surface / localisé</i>	28 Millions m ³	0.5%	0.5%	2%	4%	6%	13%	31%	9%	2%	0.5%	0.5%	0.5%
Rejets assainissement collectifs (STEP) <i>Surface / localisé</i>	2.7 millions m ³	8.3%	8.3%	8.3%	8.3%	8.3%	8.3%	8.3%	8.3%	8.3%	8.3%	8.3%	8.3%
Rejets assainissement individuels (ANC) <i>Souterrain / diffus</i>	2.5 millions m ³	8.2%	7.3%	7.1%	7.8%	8.7%	9.1%	10.3%	8.8%	8.7%	8.1%	7.9%	8.1%
Rejets industriels <i>Surface / localisé</i>	1.3 millions m ³	8.3%	8.3%	8.3%	8.3%	8.3%	8.3%	8.3%	8.3%	8.3%	8.3%	8.3%	8.3%
Fuites réseau AEP <i>Souterrain / diffus</i>	1 million m ³	8.2%	7.3%	7.1%	7.8%	8.7%	9.1%	10.3%	8.8%	8.7%	8.1%	7.9%	8.1%

Prélèvements d'origine anthropique		Répartition annuelle											
Type	Total annuel	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Irrigation <i>mixte</i>	Entre 16 Millions – 33 Millions m ³	0.5%	0.5%	2%	4%	6%	13%	31%	9%	2%	0.5%	0.5%	0.5%
Elevage <i>mixte</i>	entre 400 000 et 800 000 m ³	8.2%	7.3%	7.1%	7.8%	8.7%	9.1%	10.3%	8.8%	8.7%	8.1%	7.9%	8.1%
Industrie <i>souterrain</i>	1, 7 Millions m ³	8.3%	8.3%	8.3%	8.3%	8.3%	8.3%	8.3%	8.3%	8.3%	8.3%	8.3%	8.3%
Eau potable <i>souterrain</i>	5 Millions m ³	8.2%	7.3%	7.1%	7.8%	8.7%	9.1%	10.3%	8.8%	8.7%	8.1%	7.9%	8.1%

8. GLOSSAIRE

AELB : Agence de l'Eau Loire-Bretagne
AEP : Alimentation en Eau Potable
ANC : Assainissement non collectif
BNPE : Banque Nationale des Prélèvements quantitatifs en Eau
BRGM : Bureau de Recherches Géologiques et Minières
COTECH : Comité TECHnique
DCE : Directive Cadre sur l'Eau
DCR : Débits de Crise
DDT : Direction Départemental des Territoire
DOE : Débits Objectifs d'Étiage
DRAAF : Direction régionale de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Forêt
DREAL : Direction régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement
DSA : Débits d'étiage « Seuil Alerte »
EPCI : Établissement Public de Coopération Intercommunale
H.M.U.C. : Hydro-logie-géologique, Milieux, Usage et Climat
ICPE : Installation Classée pour la Protection de l'Environnement
INSEE : Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques
ISTEA : Institut National de recherche en Sciences et Technologies pour l'Environnement et l'Agriculture
OUGC : Organisme Unique de Gestion Collective
PCR : Piézométrie de CRise
POE : Piézométrie d'Objectif d'Étiage
PTGE : Projets de Territoires pour la Gestion de l'Eau
SAGE : Schéma d'Aménagement de Gestion des Eaux
SDAGE : Schéma Directeur d'Aménagement de Gestion des Eaux
SDAEP : Schéma directeur pour l'alimentation en eau potable
SDGRE : Schéma Départemental de Gestion de la Ressource en Eau
SMBAA : Syndicat Mixte du Bassin Versant de l'Authion et de ses Affluents
SIRENE : Système national d'Identification et du Répertoire des ENtreprises et de leurs Etablissements
SISPEA : Système d'Information sur les Services Publics d'Eau et d'Assainissement
STEP : Station d'épuration
VP : Volumes Prélevables

9. BIBLIOGRAPHIE ET SITOGRAPHIE (non exhaustive)

- Agence de l'eau Loire-Bretagne**, octobre 2013.
Le schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux (SDAGE) 2010-2015 du bassin Loire-Bretagne. 252 p.
- Agence de l'eau Loire-Bretagne**, mars 2022.
Le schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux (SDAGE) 2022-2027 du bassin Loire-Bretagne. Tome 1 à tome 3.
- Agence de l'eau Loire-Bretagne**, juin 2022.
Analyses Hydrologie – Milieu – Usage et Climat. Guide et recommandations méthodologiques. 64 p.
- BRGM, Talbot H**, février 1971.
Etude hydrogéologique du bassin de l'Authion et des alluvions de la Loire entre Angers et Nantes. Rapport 72 SGN-273-AME. 90 p.
- BRGM, Vernoux J.F., Seguin J.J.**, mars 2013.
Etablissement d'un réseau de référence piézométrique pour le suivi de l'impact du changement climatique sur les eaux souterraines et essai de détermination d'un index piézométrique standardisé. Rapport BRGM/RP-61807-FR. 110 p.
- BRGM, Forkasiewicz J.**, juillet 1972.
Interprétation des données de pompages d'essai pour l'évaluation des paramètres aquifères. Aide-Mémoire. 2^{ème} Edition. Rapport SGN-004-BPL. 216 p.
- BRGM**.
Portail internet d'accès aux données géologiques INFOTERRE. <https://ades.eaufrance.fr/> (dernière consultation en juillet 2022)
- Conseil départemental du Maine-et-Loire**, juin 2021.
Schéma départemental de Gestion de la ressource en eau (SDGRE). État des lieux. 240 p.
- GIEC et Comité 21 Grand Ouest**, juin 2022.
GIEC des Pays-de-la-Loire. 1^{er} Rapport. 120 p.
- Moatar, F., Bustillo, V., Ducharne, A., Billen, G., Garnier, J., Silvestre, M., Callens, J., Thiery, D., Sauquet, E., Vidal, J.P.**, novembre 2010.
ICC-HYDROQUAL - Impact du Changement Climatique sur l'hydrosystème Loire. 107 p.
- Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie**, octobre 2012.
Explore 2070 : Elaboration et évaluation de stratégies d'adaptation face à l'évolution des hydrosystèmes et des milieux côtiers dans un contexte de changement climatique à l'horizon 2050-2070. Hydrologie de surface A1 — Rapport de synthèse. 162 p.
- Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie**.
Portail national d'accès aux données sur les eaux souterraines ADES. <https://ades.eaufrance.fr/> (dernière consultation en juillet 2022)
- Météo France**.
Portail DRIAS : mise à disposition des projections climatiques régionalisées. <http://www.driasclimat.fr/> (dernière consultation en juin 2022)
- SOGREAH**, avril 2006
Programme d'étude et de modélisation pour la gestion de la nappe. Rapport N°2730117
- Syndicat mixte du bassin versant de l'Authion et de ses affluents (SMBAA)**, janvier 2009.
Schéma d'aménagement de gestion des eaux de l'Authion. 272 p.