



19NHF015  
Mars 2022

## Etude « Hydrologie Milieux Usages Climat » (H.M.U.C.) pour la mise en œuvre du SAGE Clain

### Phase 1 – Synthèse



#### CONSULTING

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

SAFEGE SAS - SIÈGE SOCIAL  
Parc de l'Île - 15/27 rue du Port  
92022 NANTERRE CEDEX  
[www.safeg.com](http://www.safeg.com)



## Phase 1 – Synthèse

Etude « Hydrologie Milieux Usages Climat » (H.M.U.C.) pour la mise en œuvre du SAGE Clain



**Maître d'ouvrage : EPTB Vienne**

**Numéro du projet : 19NHF015**

**Intitulé du projet : Etude « Hydrologie Milieux Usages Climat » (H.M.U.C.) pour la mise en œuvre du SAGE Clain**

**Intitulé du rapport : Phase 1 – Synthèse**

| Version      | Rédacteur  | Vérificateur   | Date d'envoi | Commentaires                                                          |
|--------------|------------|----------------|--------------|-----------------------------------------------------------------------|
| <b>V 1.0</b> | Max MENTHA | Didier DAGORNE | 14/01/2022   | Version initiale                                                      |
| <b>V 2.0</b> | Max MENTHA | -              | 25/01/2022   | Corrections suite à remarques de l'EPTB Vienne                        |
| <b>V 3.0</b> | Max MENTHA | Max MENTHA     | 07/03/2022   | Version modifiée suite aux remarques du COTECHe 6                     |
| <b>V 4.0</b> | Max MENTHA | Max MENTHA     | 31/03/2022   | Version modifiée suite aux remarques du Bureau de CLE du 23 mars 2022 |

# SOMMAIRE

|          |                                                                   |           |
|----------|-------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>PREAMBULE .....</b>                                            | <b>7</b>  |
| 1.1      | Contexte de l'étude.....                                          | 7         |
| 1.2      | Périmètre de l'étude .....                                        | 8         |
| 1.3      | Objectifs visés.....                                              | 10        |
| 1.4      | Déroulement de la mission .....                                   | 11        |
| 1.5      | Clé de lecture .....                                              | 11        |
| <b>2</b> | <b>RAPPEL DE LA SECTORISATION DU TERRITOIRE D'ETUDE .....</b>     | <b>13</b> |
| <b>3</b> | <b>VOLET « USAGES » .....</b>                                     | <b>15</b> |
| 3.1      | Objectifs visés.....                                              | 15        |
| 3.2      | Eléments de méthode .....                                         | 15        |
| 3.3      | Résultats obtenus.....                                            | 17        |
| <b>4</b> | <b>VOLET « HYDROLOGIE ».....</b>                                  | <b>36</b> |
| 4.1      | Objectifs visés.....                                              | 36        |
| 4.2      | Eléments de méthode .....                                         | 36        |
| 4.3      | Résultats obtenus.....                                            | 37        |
| <b>5</b> | <b>VOLET « MILIEUX » .....</b>                                    | <b>51</b> |
| 5.1      | Objectifs visés.....                                              | 51        |
| 5.2      | Eléments de méthode .....                                         | 51        |
| 5.3      | Résultats obtenus.....                                            | 52        |
| <b>6</b> | <b>VOLET « CLIMAT ».....</b>                                      | <b>66</b> |
| 6.1      | Objectifs visés.....                                              | 66        |
| 6.2      | Eléments de méthode .....                                         | 66        |
| 6.3      | Résultats obtenus.....                                            | 66        |
| <b>7</b> | <b>CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES POUR LA SUITE DE L'ETUDE .....</b> | <b>72</b> |
| <b>8</b> | <b>GLOSSAIRE ET ACRONYMES.....</b>                                | <b>73</b> |
| 8.1      | Glossaire .....                                                   | 73        |
| 8.2      | Acronymes.....                                                    | 77        |

|          |                                                                                                                  |           |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>9</b> | <b>ANNEXES .....</b>                                                                                             | <b>78</b> |
| 9.1      | Annexe 1 : données valorisées et hypothèses formulées dans le cadre du bilan des usages.....                     | 78        |
| 9.2      | Annexe 2 : Définitions relatives à la compréhension de concepts hydrologiques .....                              | 84        |
| 9.3      | Annexe 3 : Modalités de la modélisation hydrologique et de la reconstitution de l'hydrologie désinfluencée ..... | 89        |
| 9.4      | Annexe 4 : Choix des stations de référence pour l'application du protocole ESTIMHAB .....                        | 93        |
| 9.5      | Annexe 5 : Références bibliographiques pour l'analyse du changement climatique.....                              | 96        |
| 9.6      | Annexe 6 : Scénarios climatiques du GIEC .....                                                                   | 97        |

# LISTE DES FIGURES

|                                                                                                                                                                                          |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figure 1 : Carte de situation du bassin du Clain - 2018 (Source : PAGD SAGE Clain, version adoptée par la CLE le 10/03/2021).....                                                        | 9   |
| Figure 2 : Périmètre de l'étude HMUC = Périmètre du SAGE Clain (Source : EPTB Vienne).....                                                                                               | 10  |
| Figure 3 : Sectorisation du territoire en 11 unités de gestion superficielles (Source : EPTB Vienne, COTECH Clain, SUEZ Consulting, 2020) .....                                          | 14  |
| Figure 4 : Sectorisation du territoire en 11 unités de gestion superficielles (Source : EPTB Vienne, COTECH Clain, SUEZ Consulting, 2020) .....                                          | 16  |
| Figure 5 : Périmètre du SAGE Clain - Evolution de la population de 2000 à 2018 et à l'horizon 2050 (source : INSEE, SUEZ Consulting 2020) .....                                          | 17  |
| Figure 6 : Périmètre du SAGE Clain – Répartition géographique de la population communale au 1 <sup>er</sup> janvier 2019 (Source : INSEE, EPTB Vienne, SUEZ Consulting 2020) .....       | 19  |
| Figure 7 : Evolution annuelle des prélèvements en eau actuels et futurs (2030 et 2050) sur le périmètre du SAGE Clain, par type d'usage .....                                            | 22  |
| Figure 8 : Evolution annuelle des prélèvements en eau actuels et futurs (2030 et 2050) sur le périmètre du SAGE Clain, par type de ressource .....                                       | 22  |
| Figure 9 : Répartition mensuelle des prélèvements en eau actuels sur le bassin .....                                                                                                     | 24  |
| Figure 10 : Périmètre du SAGE Clain - Evolution des prélèvements annuels puisant dans l'infratoarcien .....                                                                              | 26  |
| Figure 11 : Périmètre du SAGE Clain – Comparaison des volumes prélevés dans l'infra-toarcien avec les volumes prélevés dans les autres masses d'eau souterraines .....                   | 26  |
| Figure 12 : Evolution annuelle des restitutions en eau actuelles et futures (2030 et 2050) sur le périmètre du SAGE Clain, par type d'usage .....                                        | 28  |
| Figure 13 : Evolution annuelle des restitutions en eau actuelles et futures (2030 et 2050) sur le périmètre du SAGE Clain, par type de ressource .....                                   | 29  |
| Figure 14 : Evolution mensuelle des restitutions en eau actuelles sur le bassin sur la période 2000-2018.....                                                                            | 30  |
| Figure 15 : Bilan quantitatif actuel sur le périmètre du SAGE Clain et perspectives d'évolution future aux horizons 2030 et 2050.....                                                    | 31  |
| Figure 16 : Bilan global des prélèvements par usage et par unité de gestion en 2018 sur le périmètre du SAGE du Clain .....                                                              | 34  |
| Figure 17 : Bilan global des restitutions par usage et par unité de gestion en 2018 sur le périmètre du SAGE Clain.....                                                                  | 35  |
| Figure 18 : Succession des aquifères et aquitards présents sur le territoire du SAGE Clain (source : CPGF Horizons).....                                                                 | 39  |
| Figure 19 : Esquisse piézométrique réalisée sur la base de la campagne de 2019 (source : CPGF Horizons) .....                                                                            | 41  |
| Figure 20 : Comparaison du QMNA5 influencé au QMNA5 désinfluencé sur les unités de gestion du bassin versant du Clain (Sources : EPTB Vienne, Suez Consulting) .....                     | 50  |
| Figure 3 : Exemple de représentation graphique du débit moyen journalier, du débit moyen mensuel et du module d'un cours d'eau sur une année donnée.....                                 | 85  |
| Figure 4 : Exemple de représentation graphique du VCN30 et du QMNA d'un cours d'eau donné sur une année donnée .....                                                                     | 88  |
| Figure 5 : Représentation schématique du niveau piézométrique dans un contexte de nappe libre (gauche) et de nappe captive (droite) .....                                                | 88  |
| Figure 21 : Principe méthodologique de reconstitution des débits influencés (Sources : SUEZ Consulting, 2019).....                                                                       | 89  |
| Figure 22 : Structure de modèle en régime influencé et illustration du principe de calage (Sources : SUEZ Consulting, 2021) ....                                                         | 90  |
| Figure 23 : Principe méthodologique de reconstitution des débits désinfluencés (Sources : SUEZ Consulting, 2019) .....                                                                   | 92  |
| Figure 24 : Structure de modèle en régime désinfluencé (Sources : SUEZ Consulting, 2021) .....                                                                                           | 92  |
| Figure 76 : Localisation des stations ESTIMHAB et études antérieures .....                                                                                                               | 95  |
| Figure 108 : Scénarios SRES - Principales hypothèses prises pour les différents scénarios (Source : Portail DRIAS) .....                                                                 | 98  |
| Figure 109 : Comparaison des évolutions du forçage radiatif associé aux différents scénarios climatiques.....                                                                            | 99  |
| Figure 110 : Émissions de dioxyde de carbone (CO2) selon les profils représentatifs d'évolution de concentration (RCP) (Source : Rapport de synthèse de l'AR5 du GIEC) .....             | 100 |
| Figure 111 : Émissions de dioxyde de carbone (CO2) selon les trajectoires socioéconomiques partagées (SSP) (Source : Rapport de synthèse à l'attention des décideurs, AR6 du GIEC) ..... | 101 |

## LISTE DES TABLEAUX

|                                                                                                                                                                                                                      |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tableau 1 : Scénarios tendanciel d'évolution des usages.....                                                                                                                                                         | 17 |
| Tableau 2 : Bilan annuel des prélèvements en eau sur le périmètre du SAGE Clain (m <sup>3</sup> /an).....                                                                                                            | 21 |
| Tableau 3 : SAGE Clain - Bilan des prélèvements estivaux (du 1er avril au 31 octobre) et hivernaux (du 1er novembre au 31 mars) moyens sur la période 2000-2018.....                                                 | 24 |
| Tableau 4 : Bilan annuel des restitutions d'eau sur le bassin (m <sup>3</sup> /an) .....                                                                                                                             | 28 |
| Tableau 5 : SAGE Clain - Bilan des rejets estivaux (du 1er avril au 31 octobre) et hivernaux (du 1er novembre au 31 mars) moyens sur la période 2000-2018.....                                                       | 30 |
| Tableau 6 : Prélèvement net à l'échelle du bassin versant (m <sup>3</sup> /an).....                                                                                                                                  | 33 |
| Tableau 7 : Bilan des prélèvements nets estivaux (du 1er avril au 31 octobre) et hivernaux (du 1er novembre au 31 mars) moyens sur la période 2000-2018.....                                                         | 33 |
| Tableau 8 : Synthèse de l'analyse hydro-climatique .....                                                                                                                                                             | 38 |
| Tableau 9 : Stations hydrométries exploitées pour l'analyse diachronique (Source : Banque Hydro).....                                                                                                                | 42 |
| Tableau 10 : Comparaison de l'effet des prélèvements nets sur l'hydrologie des différentes unités de gestion (Source : Suez Consulting 2021) .....                                                                   | 49 |
| Tableau 17 : Synthèse du contexte environnemental .....                                                                                                                                                              | 53 |
| Tableau 97 : Gammes de débits proposées pour les débits estivaux.....                                                                                                                                                | 62 |
| Tableau 103 : Tableau de synthèse .....                                                                                                                                                                              | 64 |
| Tableau 11 : Synthèse sur l'évolution du climat (Sources : DRIAS, SUEZ Consulting) .....                                                                                                                             | 68 |
| Tableau 12 : Synthèse des QMNA5 (L/s) en situation actuelle et future, influencée et désinfluencée.....                                                                                                              | 69 |
| Tableau 13 : Hypothèses de consommation unitaire du bétail (Sources : Entretiens et ateliers réalisés dans le cadre d'autres études similaires, CA 86, SUEZ Consulting 2019).....                                    | 80 |
| Tableau 14 : Largeur de la bande tampon en fonction du rang de Strahler du cours d'eau (Source : EPTB Vienne, 2018).....                                                                                             | 81 |
| Tableau 15 : Volumes restitués par les STEU - Ratios de retour au milieu naturel par type de traitement (Source : EPTB Vienne, SUEZ Consulting 2018) .....                                                           | 82 |
| Tableau 16 : Valeurs simulées et écarts aux valeurs observées sur la plus longue période disponible (Source : Suez Consulting 2021) .....                                                                            | 93 |
| Tableau 18 : Contrôle de vérification hydrologique pour les stations étudiées en 2019.....                                                                                                                           | 95 |
| Tableau 19 : Vérification des variables morphologiques pour les stations étudiées en 2019 (exposant de largeur généralement compris entre 0 et 0.3 / exposant de hauteur généralement compris entre 0.2 et 0.6)..... | 96 |

## 1 PREAMBULE

### 1.1 Contexte de l'étude

Le bassin du Clain, classé en Zone de répartition des eaux (ZRE) par décret depuis le 29 avril 1994, connaît un déséquilibre chronique entre les besoins en eau et les ressources disponibles. Des mesures de restrictions des prélèvements d'eau (arrêtés) sont régulièrement observées sur le territoire. Les problématiques hydrauliques impactent fortement les fonctionnalités des milieux aquatiques, ainsi que la biodiversité avec des assecs constatés sur l'amont des principaux affluents du Clain et des étiages très prononcés, particulièrement sur la Vonne, l'Auxance, la Clouère, le Miosson, mais aussi le Clain au niveau de Poitiers. Ces étiages et assecs sont des phénomènes en partie naturels mais ils sont amplifiés par les prélèvements d'eaux souterraines et superficielles.

Les caractéristiques particulières du territoire liées aux échanges nappe-rivière ainsi que les nombreuses interrogations sur les débits et piézométries objectifs motivent l'engagement d'une étude « Hydrologie, Milieux, Usages, Climat » (dite H.M.U.C.), encadrée par le SDAGE Loire-Bretagne 2016-2021 au chapitre 7 qui pose la maîtrise des prélèvements en eau comme un élément essentiel à la reconquête du bon état écologique des cours d'eau et à la préservation des écosystèmes qui leur sont liés, dans un contexte de changement climatique.

Cette étude permettra de mieux déterminer les paramètres sur lesquels influencer pour restaurer l'équilibre, sachant que la part des facteurs naturels et anthropiques dans la constitution des phénomènes est mal connue. La CLE du SAGE Clain a souhaité engager cette étude spécifique pour mieux comprendre le fonctionnement hydrologique du bassin versant du Clain, évaluer la disponibilité de la ressource en eau et identifier les moyens pour rétablir l'équilibre entre les besoins et la ressource disponible en préservant les milieux. Il s'agira d'établir un diagnostic hydrologique dans un contexte de changement climatique.

A l'issue de cette étude HMUC, la Commission Locale de l'Eau doit être en mesure de déterminer des préconisations de gestion de la ressource en eau sur le bassin versant du Clain : renforcement des suivis existants (stations hydrologiques et piézomètres), définition de débits objectifs d'étiage complémentaires à ceux figurant dans le SDAGE ou révision des objectifs existants, réflexion sur les débits biologiques, débits d'alerte et de crise, définition de volumes prélevables.



## 1.2 Périmètre de l'étude

Le périmètre de l'étude est le périmètre du SAGE. Il s'appuie sur les contours du bassin hydrographique du Clain mais présente une **particularité** : **une partie de son bassin topographique (la partie amont de la Dive du sud) est associée au SAGE de la Sèvre Niortaise et Marais Poitevin et est donc exclue du périmètre** (cf. Figure 2). En effet, La Dive du Sud perd plus de 50% de ses eaux (100% à l'étiage) entre les communes de Lezay et de Rom, au profit de la Sèvre Niortaise **par transfert souterrain à travers la nappe du Dogger**, notamment au niveau du gouffre de Borchard. Dans un même temps, la remontée du socle en aval de Rom ferait obstacle au libre écoulement des eaux souterraines vers le Clain, faisant office de seuil hydraulique<sup>1</sup>. Ce fonctionnement particulier justifie le périmètre retenu pour le SAGE Clain. C'est pourquoi cette partie du bassin versant topographique a été rattachée au bassin de la Sèvre-Niortaise.

De plus, les eaux souterraines du **secteur de la Vienne temporaire** s'écoulant vers le bassin de la Vienne, elles n'alimentent pas le bassin du Clain.

Enfin, le **secteur des Saizines** dans le département de la Charente comporte des forages dans l'Infratoarcien situés sur le bassin piézométrique du Clain qui sont **inclus à l'analyse**.

Le Clain draine un bassin versant topographique de 3 209 km<sup>2</sup> et parcourt 125 km de sa source sur la commune de Hiesse (16) à sa confluence avec la Vienne à Cenon sur Vienne (86).

Le **périmètre du SAGE du Clain** s'étend quant à lui sur **2 882 km<sup>2</sup>** (en excluant la Dive amont) et concerne un linéaire de cours d'eau d'environ **1 000 km** (d'après la BD Carthage©).

Il concerne **3 départements** de la région Nouvelle-Aquitaine et **147 communes** au 1<sup>er</sup> janvier 2019 :

- **Charente** : 4 communes – 46 km<sup>2</sup>
- **Deux-Sèvres** : 29 communes – 393 km<sup>2</sup>
- **Vienne** : 109 communes – 2 450 km<sup>2</sup>

Le Clain est alimenté par de nombreux affluents, avec un réseau hydrographique **plus développé en rive gauche**, avec les affluents suivants : Le Payroux, la Dive de Couhé, la Vonne, La Boivre, l'Auxance et la Pallu. En **rive droite**, la Clouère et le Miosson sont les affluents principaux.

Il est à noter que les **têtes de bassin versant** du Clain, de la Clouère, de la Vonne, de l'Auxance et de la rive gauche de la Pallu se situent sur des **zones de socle granitique**, favorisant le ruissellement superficiel et donc l'apparition de nombreux chevelus de cours d'eau. Sur le reste du bassin versant recouvrant l'aquifère libre du Dogger, l'infiltration est dominante et les cours d'eau – moins nombreux – sont en communication avec la nappe, avec la présence de nombreuses sources et résurgences. **A l'étiage, l'aquifère du Dogger est un soutien important du débit des cours d'eau** du bassin versant et notamment du Clain, phénomène particulièrement marqué en aval de Poitiers. Le périmètre du SAGE est ainsi divisé en **9 sous bassins versants**.

Le périmètre du SAGE Clain compte **17 masses d'eau superficielles**, qui sont toutes des masses d'eau naturelles et est concerné par **9 masses d'eau souterraines** dont 4 nappes libres (Jurassique supérieur,

<sup>1</sup> **Rapport BRGM/RP-64816-FR** de novembre 2015 « Actualisation 2008-2011 du modèle maillé des aquifères du Jurassique en Poitou-Charentes »



## Phase 1 – Synthèse

### Etude « Hydrologie Milieux Usages Climat » (H.M.U.C.) pour la mise en œuvre du SAGE Clain



Dogger, Cénomanien et Alluvions de la Vienne) et 5 nappes captives (InfraToarcien, Jurassique supérieur, Dogger, les masses d'eau du Thouet et du Massif central BV Vienne).

La carte présentée à la figure suivante situe le bassin versant du Clain (en vert) au sein du bassin de la Vienne (en bleu) et du bassin Loire-Bretagne (en blanc).

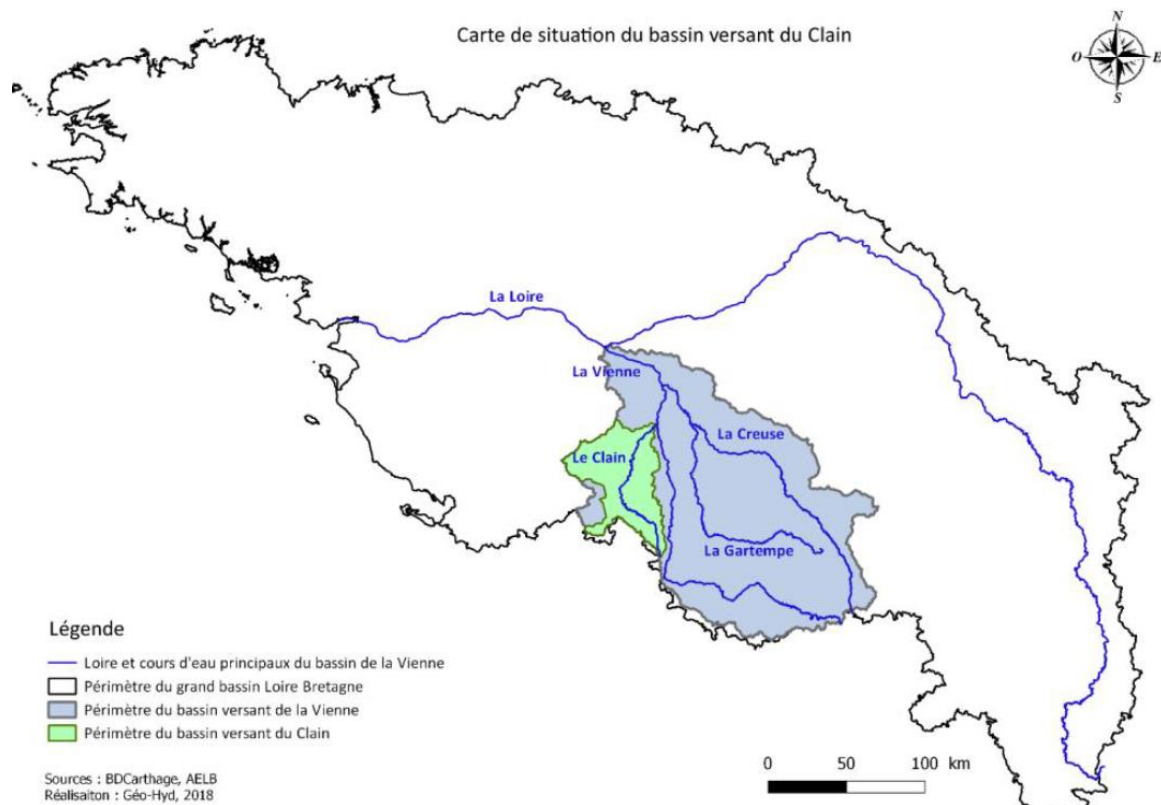


Figure 1 : Carte de situation du bassin du Clain - 2018 (Source : PAGD SAGE Clain)

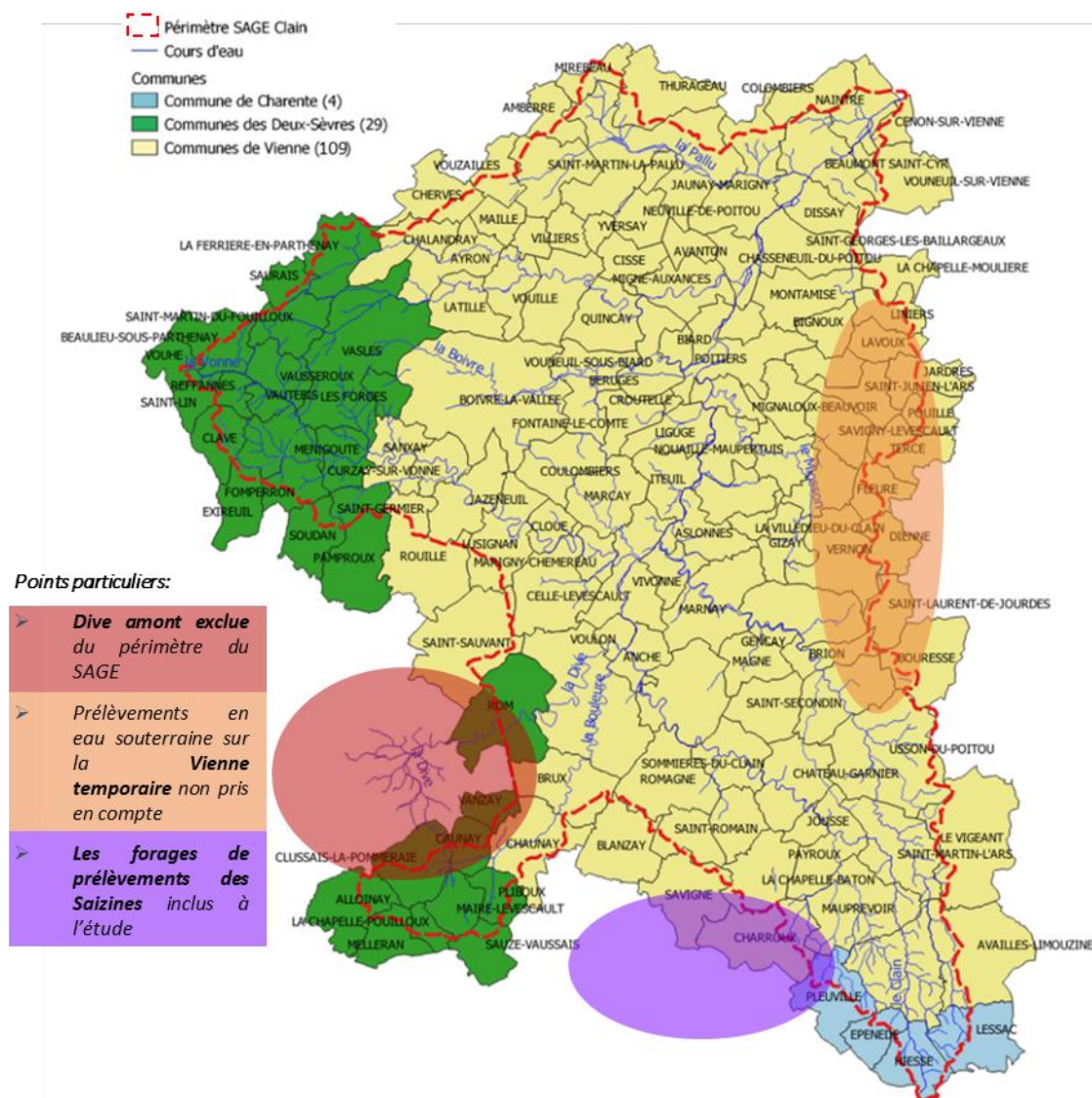


Figure 2 : Périmètre de l'étude HMUC = Périmètre du SAGE Clain (Source : EPTB Vienne)

### 1.3 Objectifs visés

L'étude détaille le **fonctionnement hydrologique et hydrogéologique du bassin**, et s'intéresse particulièrement aux relations nappes-rivières et aux usages (plans d'eau, prélèvements...). Elle définit des débits biologiques, qui intègrent le débit minimum d'une rivière pour garantir la vie, la circulation et la reproduction des espèces y vivant. Ces débits minimums sont établis en étiage et en période hivernale. Ces débits doivent être comparés aux débits statistiques et notamment au QMNA5 (Le QMNA5 correspond au débit moyen mensuel minimum de période de retour 5 ans, c'est-à-dire ayant une chance sur cinq de ne pas être dépassé pour une année donnée).

L'étude doit répondre aux **objectifs suivants** :

- **Synthétiser, actualiser et compléter les connaissances** et analyses déjà disponibles sur le bassin versant du Clain, au regard des 4 volets « H.M.U.C. » ;

- ▶ **Rapprocher et croiser les 4 volets « H.M.U.C. »** afin d'établir un diagnostic hydrologique permettant de caractériser la nature et les causes des assecs relevés sur le bassin ;
- ▶ **Elaborer des propositions d'actions** pour une gestion équilibrée et durable des ressources en eau dans un contexte de changement climatique ;
- ▶ En fonction des résultats, **proposer et permettre un choix explicite de la CLE** sur les adaptations possibles à apporter aux dispositions du SDAGE (suivi hydrologique, conditions estivales de prélèvement, valeurs de DOE/DSA/DCR<sup>2</sup>, etc.).

### 1.4 Déroulement de la mission

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

- ❖ Phase 1 : Etat des lieux / Synthèse et actualisation des éléments « H.M.U.C. »
  - Volet « Hydrologie / Hydrogéologie »
  - Volet « Milieux »
  - Volet « Usages »
  - Volet « Climat »
- ❖ Phase 2 : Diagnostic / Croisement des 4 volets « H.M.U.C. »
- ❖ Phase 3 : Proposition d'actions et d'adaptation du SDAGE

Le présent document constitue une synthèse des objectifs visés, des méthodes d'analyse appliquées et des résultats obtenus dans le cadre de chacun des 4 volets de phase 1.

- ⇒ L'objectif de cette synthèse est de fournir un premier axe de lecture de ces éléments, la lecture pouvant ensuite être complétée à l'aide des rapports associés à chaque volet.

### 1.5 Clé de lecture

Le présent document se veut aussi pédagogique que possible. Pour en faciliter la lecture, les précisions suivantes sont apportées :

- ❖ Un glossaire et une liste des acronymes sont donnés en fin de document. Ils permettent de comprendre les différents termes techniques employés ;

---

<sup>2</sup> Le DOE (débit objectif d'étiage) s'inscrit dans la gestion structurelle et est un débit au-dessus duquel il est considéré que dans la zone d'influence du point nodal, l'ensemble des usages est possible en équilibre avec le bon fonctionnement des milieux aquatiques en moyenne huit années sur dix. Fixé au point nodal, c'est un débit moyen mensuel d'étiage.

Le DSA (débit seuil d'alerte) s'inscrit dans la gestion de crise et est une valeur « seuil » de débit (journalier) qui déclenche les premières mesures de restriction pour certaines activités.

Le DCR (débit de crise) s'inscrit dans la gestion de crise et est le débit moyen journalier « en dessous duquel seules les exigences de la santé, de la salubrité publique, de la sécurité publique et de l'alimentation en eau de la population et les besoins des milieux naturels peuvent être satisfaits ».

## Phase 1 – Synthèse

Etude « Hydrologie Milieux Usages Climat » (H.M.U.C.) pour la mise en œuvre du SAGE Clain

---



- ❖ Des références à d'autres documents de l'étude sont parfois présentées **en vert**, afin d'assurer la compréhension de certains concepts-clé.

Pour approfondir sa connaissance sur les différentes méthodes employées et résultats obtenus, le lecteur est invité à consulter les rapports spécifiquement rédigés pour chaque volet de l'étude.

## 2 SECTORISATION DU TERRITOIRE D'ETUDE

Le périmètre du SAGE Clain est vaste : il s'étend sur près de 3 000 km<sup>2</sup>. Dans l'optique d'aboutir à un diagnostic, des seuils de gestion et des recommandations adaptés aux différentes spécificités du périmètre d'étude, ce dernier **a été découpé en 11 unités de gestion superficielles cohérentes** (voir Figure 3) basées sur :

- ❖ Le découpage des masses d'eau superficielles et la position des stations hydrométriques existantes ;
- ❖ Le découpage des masses d'eau souterraines et la position de piézomètres existants et représentatifs des sous-bassins concernés ;
- ❖ Les zones prioritaires retenues pour le contrat territorial de gestion quantitative du Clain (Source : Diagnostic du SAGE Clain, novembre 2012) ;
- ❖ Les Unités de gestion identifiées pour la gestion des prélèvements dans le cadre du règlement du SAGE Clain (2017) ;

De plus amples informations sur la définition des unités de gestion peuvent être retrouvées au chapitre 4 de la *Note technique de proposition de points de définition des débits biologiques* de la présente étude.

Cette sectorisation du territoire en 11 unités de gestion cohérentes permettra, dans la suite de l'étude, la **définition de débits et de volumes de référence** garantissant un équilibre entre les besoins en eau du territoire et la disponibilité des ressources.



## Phase 1 – Synthèse

Etude « Hydrologie Milieux Usages Climat » (H.M.U.C.) pour la mise en œuvre du SAGE Clain

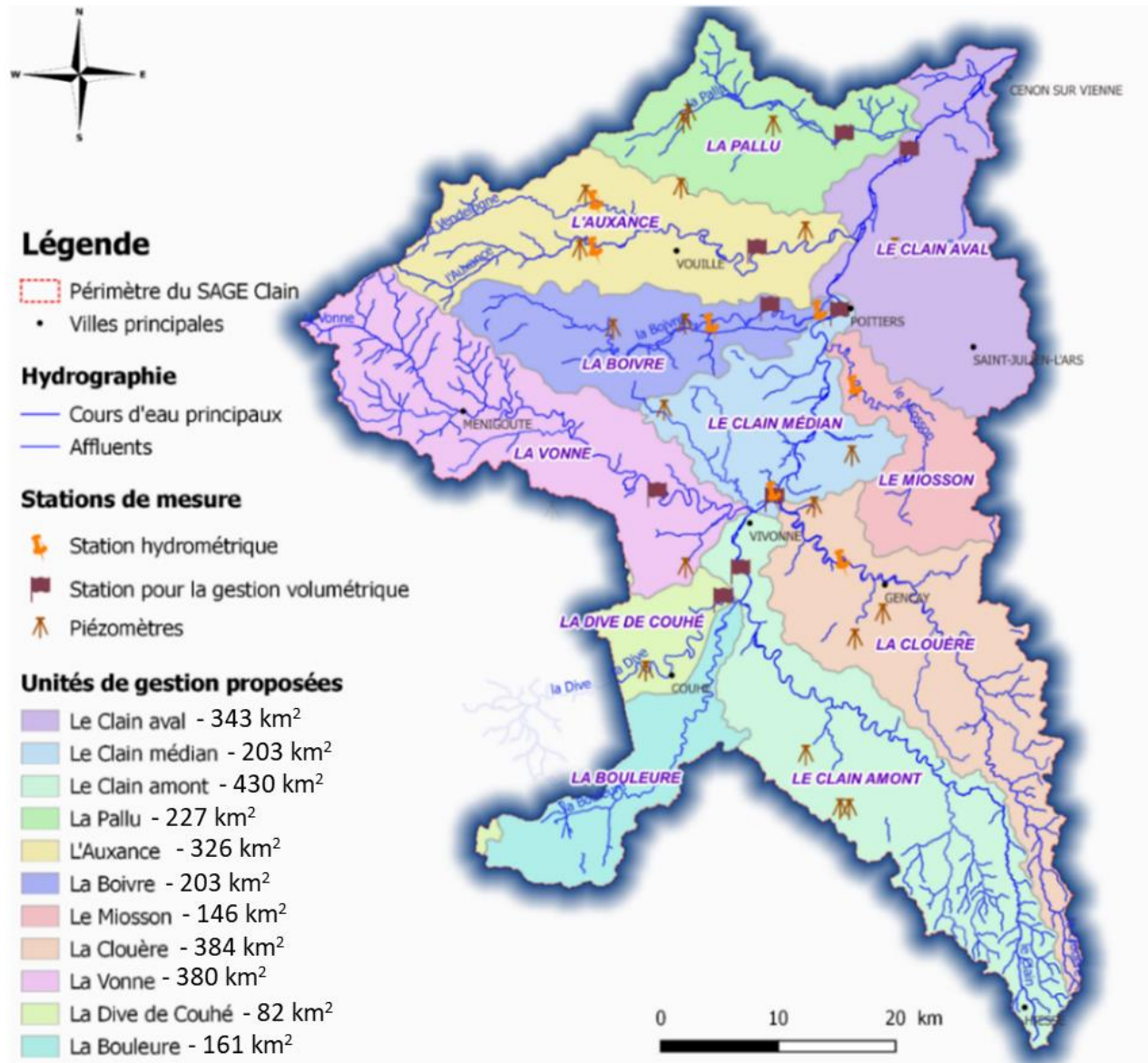


Figure 3 : Sectorisation du territoire en 11 unités de gestion superficielles (Source : EPTB Vienne, COTECH Clain, SUEZ Consulting, 2020)

### 3 VOLET « USAGES »

#### 3.1 Objectifs visés

Etablir, à l'échelle de chaque unité de gestion, le bilan des volumes d'eau prélevés du milieu naturel et rejetés vers ce dernier par les activités anthropiques :

- ❖ Sur la période 2000-2018 ;
- ❖ Au pas de temps annuel et mensuel ;
- ❖ Tout en caractérisant la ressource concernée ;
- ❖ En estimant les incertitudes liées à l'estimation des volumes concernés par chaque type d'usage.

Présenter l'évolution future de ces usages jusqu'à l'horizon 2050 d'après 3 scénarios tendanciels d'évolution coconstruits avec les acteurs du territoire.

#### 3.2 Eléments de méthode

- ❖ Collecte de données auprès des bases de données nationales et des acteurs du territoire ;
- ❖ Analyse des données et de leurs lacunes ;
- ❖ Elaboration concertée d'hypothèses de calcul visant à combler les lacunes observées, dans l'optique d'aboutir à un bilan exhaustif des usages de l'eau ;
- ❖ Qualification des incertitudes liées à la connaissance de chaque usage, sur la période actuelle et aux horizons futurs, en concertation avec les acteurs du territoire ;
- ❖ Réalisation de bilans, à l'aide des données récoltées et des hypothèses formulées :
  - Par type d'usage, à l'échelle du territoire d'étude ;
  - Par unité de gestion, tous usages inclus.

Sur le territoire du SAGE Clain, les usages de l'eau sont présentés à la figure suivante :



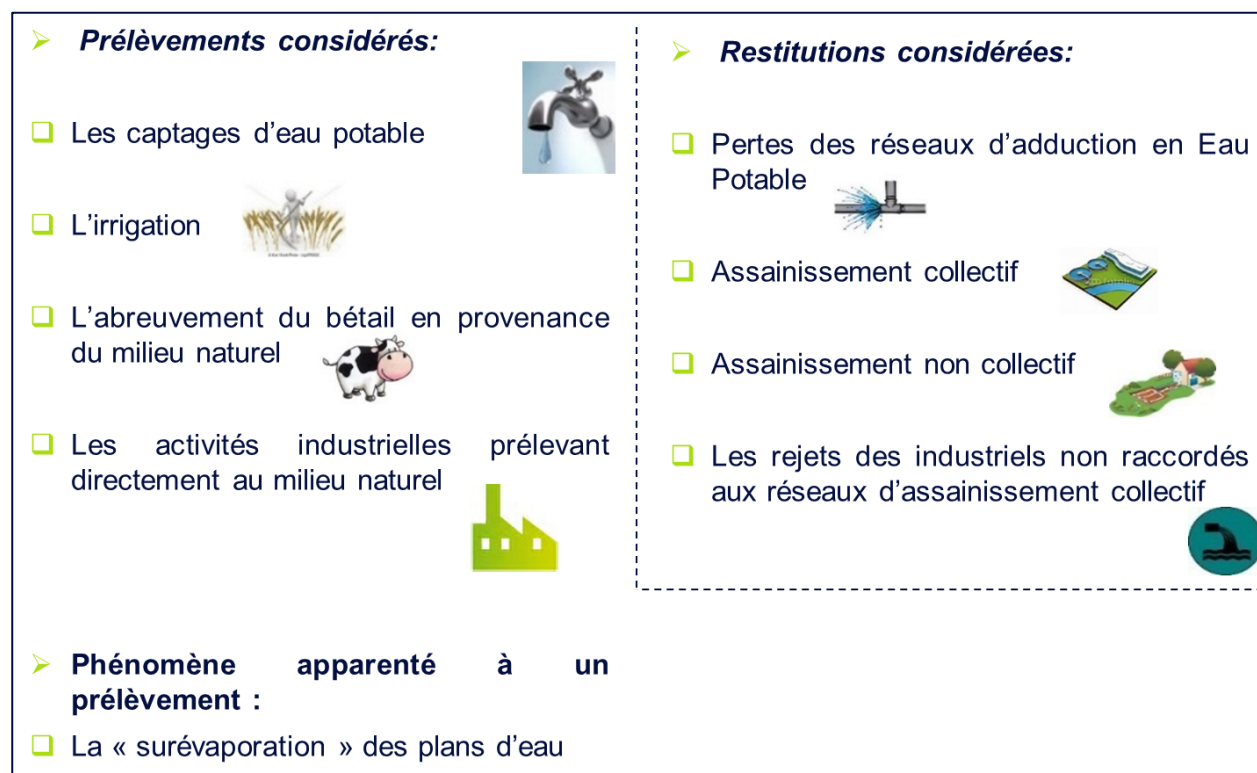


Figure 4 : Usages de l'eau considérés dans l'étude (Source : SUEZ Consulting, 2020)

L'usage « surévaporation des plans d'eau » mérite quelques explications complémentaires :

- ❖ Il s'agit de l'estimation pour l'ensemble des plans d'eau dont l'existence a une origine anthropique (qu'ils soient considérés connectés ou déconnectés du réseau hydrographique, voir hypothèses associées dans le rapport du volet « Usages »), du surplus d'évaporation occasionné par ces derniers, en comparaison à ce qu'évapotranspirerait une prairie de surface équivalente ;
- ❖ En effet, une surface d'eau libre présente un potentiel évaporatoire supérieur à celui d'une surface végétalisée. Ceci entraîne donc une soustraction d'un certain volume d'eau de l'hydrosystème.

### 3.2.1 Données valorisées et hypothèses retenues

Un large spectre de données ont été recueillies afin d'établir un bilan aussi précis que possible. Les données qui ont effectivement pu être valorisées sont présentées à l'annexe 1. Pour une vision plus exhaustive sur les données recueillies, se référer au [rapport du volet « usages »](#).

### 3.2.2 Scénarios tendanciels coconstruits

Les scénarios tendanciels d'évolution des usages coconstruits avec les acteurs du territoire sont présentés au tableau suivant. Ces scénarios tendanciels de gestion permettent de tenir compte de l'incertitude sur les évolutions futures en couvrant un panel de configurations plausibles, et d'en inférer par la suite les effets sur la ressource en eau.

## Phase 1 – Synthèse

### Etude « Hydrologie Milieux Usages Climat » (H.M.U.C.) pour la mise en œuvre du SAGE Clain



Tableau 1 : Scénarios tendanciels d'évolution des usages

|                                   | Prélèvements                           |                                   |                                                                |                                       |                                                | Restitutions            |    |     |                                      |
|-----------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------------------|-------------------------|----|-----|--------------------------------------|
|                                   | AEP                                    | Irrigation                        | Abreuvement                                                    | Industrie                             | Plans d'eau                                    | Pertes AEP              | AC | ANC | Industrie                            |
| <b>Scénario tendanciel bas</b>    | Tendanciel bas<br>120l à 2050          | -10% à 2050<br>Vprélevé 2009-2018 | Poursuite de la diminution des volumes prélevés<br>-54% à 2050 | Maintien des volumes prélevés actuels | -10% de surface de plans d'eau à 2050          | Tendanciel bas          |    |     | Maintien des volumes rejetés actuels |
| <b>Scénario tendanciel médian</b> | Tendanciel selon SDE 86<br>120l à 2050 | Maintien<br>Vprélevé 2009-2018    | Maintien des volumes prélevés actuels                          | Maintien des volumes prélevés actuels | -5% de surface de plans d'eau à 2050           | Tendanciel selon SDE 86 |    |     | Maintien des volumes rejetés actuels |
| <b>Scénario tendanciel haut</b>   | Tendanciel de maintien<br>160l à 2050  | +10% à 2050<br>Vprélevé 2009-2018 | Maintien des volumes prélevés actuels                          | Maintien des volumes prélevés actuels | Maintien de la surface de plans d'eau actuelle | Tendanciel de maintien  |    |     | Maintien des volumes rejetés actuels |

Note : sur le territoire du SAGE Clain, 45% des plans d'eau sont connectés au réseau hydrographique, tandis que les 55% restant en sont déconnectés. D'après les hypothèses retenues, ce ratio reste constant dans les scénarios tendanciels analysés.

## 3.3 Résultats obtenus

### 3.3.1 Population

La population du périmètre du SAGE Clain, selon le dernier recensement de 2016, est d'environ **270 000 habitants** pour une superficie de 2 882 km<sup>2</sup> (cf. Figure 5). La densité de population globale est de **94 habitants / km<sup>2</sup>** pour une moyenne nationale de près de 106 habitants / km<sup>2</sup> en 2019. La répartition de cette population sur le territoire montre des **zones plus denses au Nord-Est**, notamment autour de Poitiers et des zones plus rurales en Deux-Sèvres et au Sud-Est à l'amont du Clain et de la Clouère (voir Figure 6).

La population à l'**horizon 2050** du périmètre est estimée à un peu plus de **328 000 habitants**, soit une augmentation de **21%** par rapport à 2016.

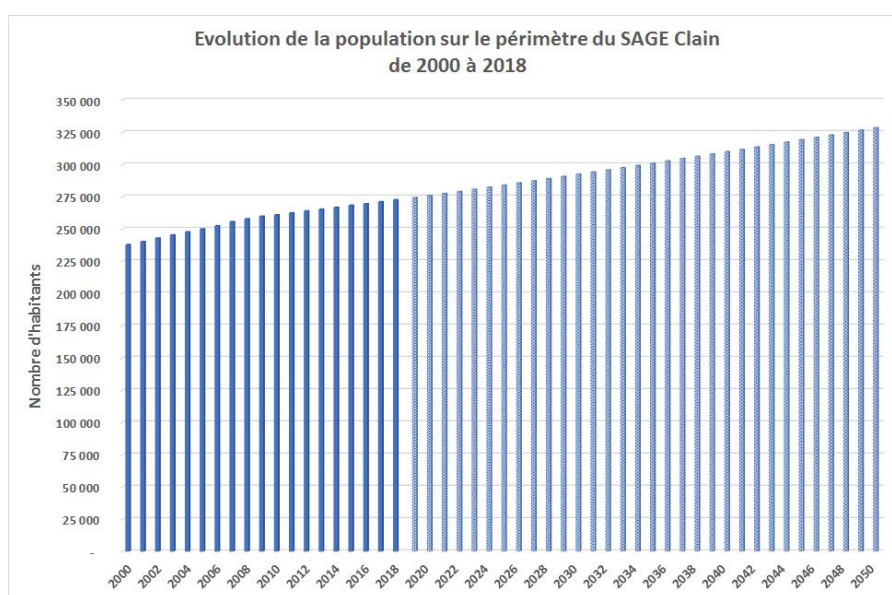


Figure 5: Périmètre du SAGE Clain - Evolution de la population de 2000 à 2018 et à l'horizon 2050 (source : INSEE, SUEZ Consulting 2020)

## Phase 1 – Synthèse

Etude « Hydrologie Milieux Usages Climat » (H.M.U.C.) pour la mise en œuvre du  
SAGE Clain

---



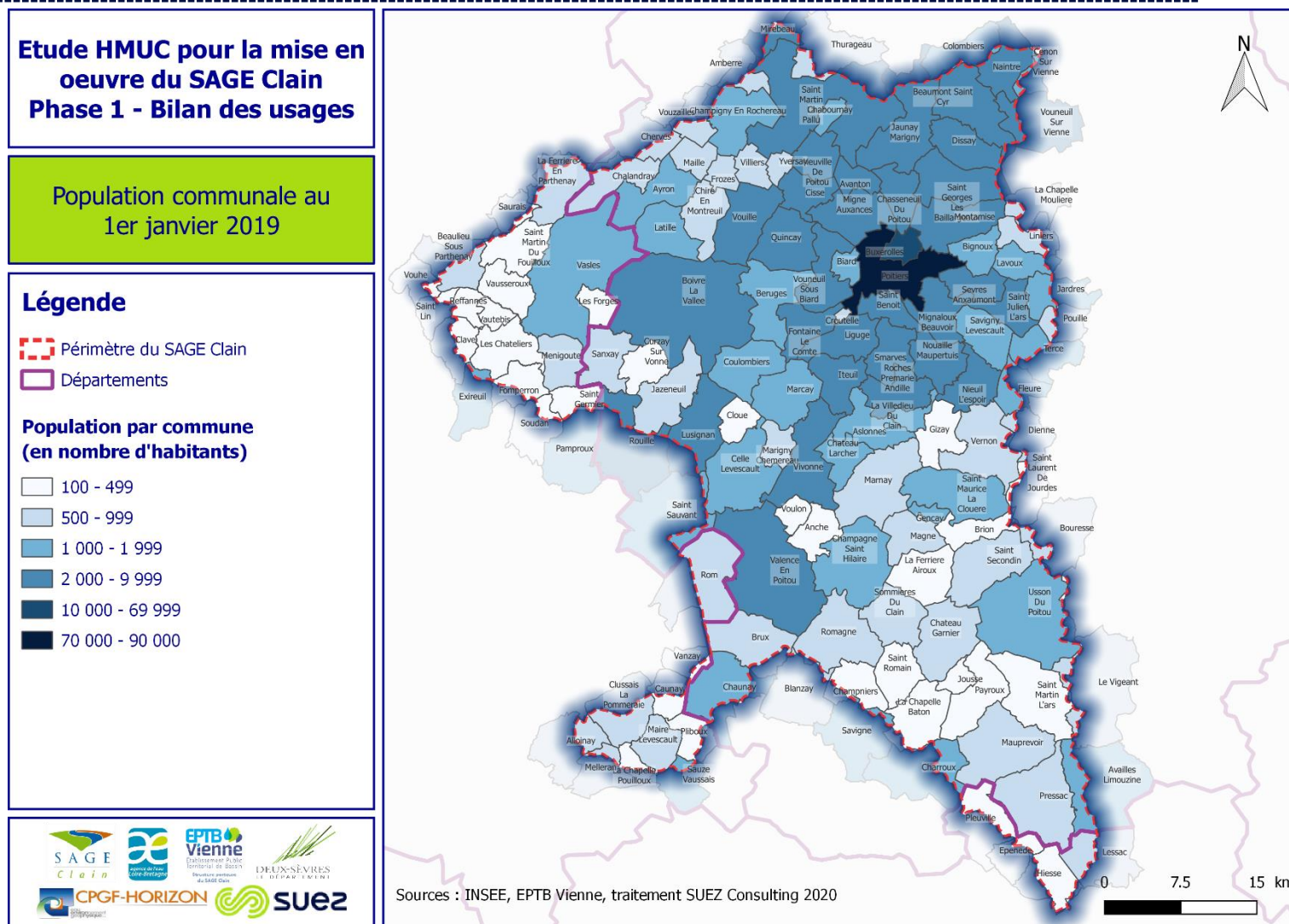


Figure 6 : Périmètre du SAGE Clain – Répartition géographique de la population communale au 1<sup>er</sup> janvier 2019 (Source : INSEE, EPTB Vienne, SUEZ Consulting 2020)

### 3.3.2 Usages à l'échelle du territoire du SAGE Clain

#### 3.3.2.1 Prélèvements

Le tableau et les graphiques suivants dressent le bilan des prélèvements effectivement réalisés sur le bassin pour :

- ❖ Les besoins en eau potable ;
- ❖ Les besoins agricoles : irrigation et abreuvement du bétail ;
- ❖ Les besoins industriels ;
- ❖ La sur-évaporation due à la présence des plans d'eau artificiels.

Ainsi, environ **47 Mm<sup>3</sup>** d'eau ont été prélevés au milieu naturel en 2018.

- ❖ L'usage majoritaire est **l'irrigation agricole avec 50% du volume total prélevé entre 2000 et 2018**, suivi par **l'AEP** (37% du volume total prélevé entre 2000 et 2018) qui représente une part presque équivalente de prélèvement à la fin de la période 2000-2018 ;
- ❖ Les prélèvements (en provenance directe du milieu naturel) pour **l'abreuvement du bétail** constituent l'usage minoritaire, avec seulement 1% du volume total prélevé sur le territoire (entre 2000 et 2018) ;
- ❖ Les prélèvements sont en majorité **souterrains** (environ aux deux tiers entre 2000 et 2018  $\approx 30$  Mm<sup>3</sup>) ;
- ❖ La **variation interannuelle des volumes prélevés est faible**, hormis pour **l'eau d'irrigation** dont le volume dépend fortement des conditions climatiques et des types de cultures, qui varient substantiellement d'une année à l'autre. L'année de plus faible prélèvement est 2014 avec **40 Mm<sup>3</sup>** tandis que l'année de plus fort prélèvement est 2003 avec environ **73 M m<sup>3</sup>**.
- ❖ On note une **tendance à la baisse des prélèvements totaux** sur la période 2000-2018, qui est surtout imputable à la diminution des prélèvements d'irrigation et dans une moindre mesure à celle des prélèvements industriels ;
- ❖ Aux horizons futurs, les volumes de prélèvements devraient globalement baisser en comparaison avec la moyenne 2000-2018, quel que soit le scénario tendanciel d'évolution des usages considéré. On note une fourchette de l'ordre de **11 000 000 m<sup>3</sup>** entre le scénario tendanciel haut (le plus pessimiste) et le scénario tendanciel bas (le plus optimiste) à l'horizon 2050.



## Phase 1 – Synthèse

Etude « Hydrologie Milieux Usages Climat » (H.M.U.C.) pour la mise en œuvre du SAGE Clain



Tableau 2 : Bilan annuel des prélèvements en eau sur le périmètre du SAGE Clain (m³/an)

|                              | AEP       |            | Irrigation |            | Abreuvement |         | Prélèvements industriels |           | Surévaporation due aux plans d'eau | Total prélèvements |            | Total prélèvements |
|------------------------------|-----------|------------|------------|------------|-------------|---------|--------------------------|-----------|------------------------------------|--------------------|------------|--------------------|
|                              | ESU       | ESOU       | ESU        | ESOU       | ESU         | ESOU    | ESU                      | ESOU      | ESU                                | ESU                | ESOU       | ESU et ESOU        |
| 2000                         | 8 302 459 | 11 726 094 | 5 845 200  | 22 953 500 | 292 118     | 292 118 | 125 600                  | 1 588 178 | 3 142 533                          | 17 707 910         | 36 559 889 | 54 267 800         |
| 2001                         | 8 579 661 | 12 226 036 | 6 641 900  | 25 703 100 | 288 485     | 288 485 | 292 800                  | 2 064 078 | 4 144 439                          | 19 947 285         | 40 281 699 | 60 228 984         |
| 2002                         | 8 467 471 | 12 742 608 | 5 757 100  | 23 320 800 | 284 852     | 284 852 | 290 100                  | 2 691 078 | 3 877 172                          | 18 676 694         | 39 039 338 | 57 716 032         |
| 2003                         | 9 214 758 | 13 019 427 | 6 664 735  | 34 705 148 | 281 219     | 281 219 | 260 600                  | 2 337 879 | 6 262 344                          | 22 683 656         | 50 343 672 | 73 027 328         |
| 2004                         | 8 760 629 | 13 167 405 | 6 760 550  | 31 428 528 | 277 586     | 277 586 | 228 200                  | 2 220 577 | 5 181 993                          | 21 208 958         | 47 094 096 | 68 303 054         |
| 2005                         | 8 710 996 | 12 233 722 | 2 809 531  | 19 884 153 | 273 953     | 273 953 | 146 900                  | 1 987 580 | 6 591 226                          | 18 532 606         | 34 379 408 | 52 912 014         |
| 2006                         | 9 109 459 | 11 184 346 | 5 228 305  | 24 462 062 | 270 320     | 270 320 | 127 600                  | 1 985 374 | 5 318 963                          | 20 054 647         | 37 902 102 | 57 956 748         |
| 2007                         | 9 115 698 | 10 339 626 | 3 670 723  | 16 782 880 | 266 687     | 266 687 | 139 500                  | 2 371 186 | 2 838 623                          | 16 031 231         | 29 760 379 | 45 791 610         |
| 2008                         | 7 742 881 | 10 435 468 | 4 435 452  | 20 947 928 | 263 054     | 263 054 | 119 600                  | 1 886 191 | 3 226 290                          | 15 787 277         | 33 532 640 | 49 319 917         |
| 2009                         | 8 100 093 | 11 297 458 | 4 231 237  | 25 187 950 | 259 421     | 259 421 | 113 511                  | 1 451 396 | 5 575 665                          | 18 279 927         | 38 196 225 | 56 476 152         |
| 2010                         | 7 813 808 | 11 202 066 | 3 862 510  | 23 955 034 | 255 788     | 255 788 | 111 361                  | 1 242 804 | 5 271 817                          | 17 315 284         | 36 655 692 | 53 970 976         |
| 2011                         | 8 204 114 | 11 263 360 | 2 831 872  | 22 224 429 | 250 218     | 250 218 | 91 243                   | 1 770 207 | 6 620 600                          | 17 998 047         | 35 508 214 | 53 506 261         |
| 2012                         | 8 388 020 | 11 270 467 | 3 545 730  | 23 104 603 | 244 648     | 244 648 | 67 577                   | 1 431 065 | 5 793 954                          | 18 039 929         | 36 050 783 | 54 090 712         |
| 2013                         | 8 265 142 | 10 936 102 | 3 779 484  | 19 752 205 | 239 078     | 239 078 | 121 852                  | 1 289 153 | 3 351 611                          | 15 757 167         | 32 216 538 | 47 973 705         |
| 2014                         | 7 466 917 | 11 634 551 | 2 459 060  | 13 002 254 | 233 508     | 233 508 | 168 826                  | 1 269 643 | 3 827 839                          | 14 156 150         | 26 139 956 | 40 296 106         |
| 2015                         | 6 772 222 | 12 020 076 | 3 801 411  | 20 028 187 | 227 938     | 227 938 | 114 330                  | 1 377 715 | 5 608 305                          | 16 524 207         | 33 653 916 | 50 178 123         |
| 2016                         | 6 786 237 | 10 924 714 | 4 165 059  | 21 910 513 | 222 368     | 222 368 | 145 941                  | 1 445 141 | 5 473 786                          | 16 793 392         | 34 502 736 | 51 296 128         |
| 2017                         | 6 380 187 | 11 299 270 | 2 184 914  | 14 251 765 | 216 799     | 216 799 | 162 801                  | 1 401 744 | 6 102 284                          | 15 046 984         | 27 169 578 | 42 216 562         |
| 2018                         | 6 541 630 | 10 508 108 | 3 161 303  | 18 444 679 | 211 229     | 211 229 | 104 143                  | 1 237 046 | 6 642 024                          | 16 660 329         | 30 401 062 | 47 061 390         |
| 2030 - Sc. tendanciel haut   | 7 718 074 | 12 397 881 | 3 529 843  | 20 943 143 | 211 229     | 211 229 | 174 250                  | 1 425 100 | 5 361 063                          | 16 994 458         | 34 977 353 | 51 971 811         |
| 2030 - Sc. tendanciel médian | 6 753 314 | 10 848 146 | 3 402 258  | 20 186 162 | 211 229     | 211 229 | 174 250                  | 1 425 100 | 5 227 037                          | 15 768 088         | 32 670 637 | 48 438 725         |
| 2030 - Sc. tendanciel bas    | 6 994 504 | 11 235 580 | 3 274 673  | 19 429 181 | 159 257     | 159 257 | 174 250                  | 1 425 100 | 5 093 010                          | 15 695 695         | 32 249 118 | 47 944 814         |
| 2050 - Sc. tendanciel haut   | 8 669 990 | 13 926 986 | 3 742 484  | 22 204 778 | 211 229     | 211 229 | 174 250                  | 1 425 100 | 5 310 504                          | 18 108 456         | 37 768 093 | 55 876 549         |
| 2050 - Sc. tendanciel médian | 6 448 305 | 10 358 196 | 3 402 258  | 20 186 162 | 211 229     | 211 229 | 174 250                  | 1 425 100 | 5 044 979                          | 15 281 020         | 32 180 686 | 47 461 707         |
| 2050 - Sc. tendanciel bas    | 6 502 492 | 10 445 239 | 3 062 032  | 18 167 546 | 98 686      | 98 686  | 174 250                  | 1 425 100 | 4 779 454                          | 14 616 915         | 30 136 572 | 44 753 487         |



## Phase 1 – Synthèse

Etude « Hydrologie Milieux Usages Climat » (H.M.U.C.) pour la mise en œuvre du SAGE Clain

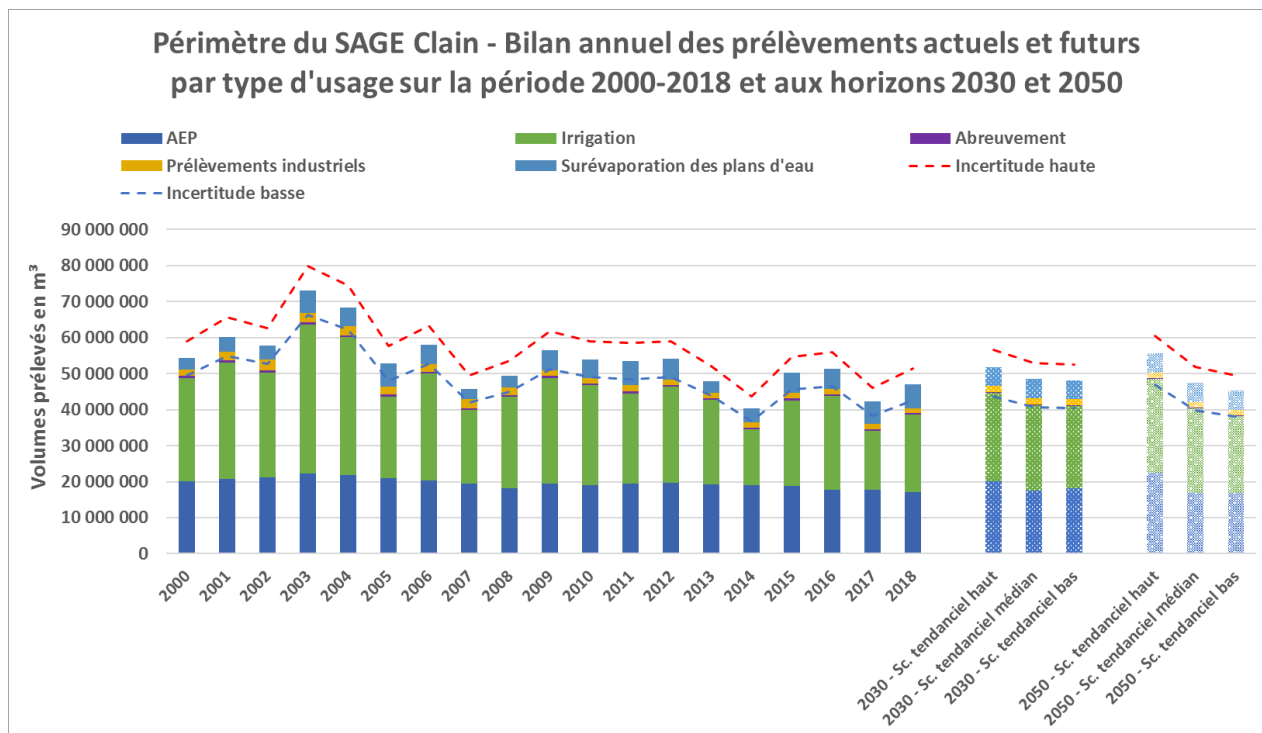


Figure 7 : Evolution annuelle des prélèvements en eau actuels et futurs (2030 et 2050) sur le périmètre du SAGE Clain, par type d'usage

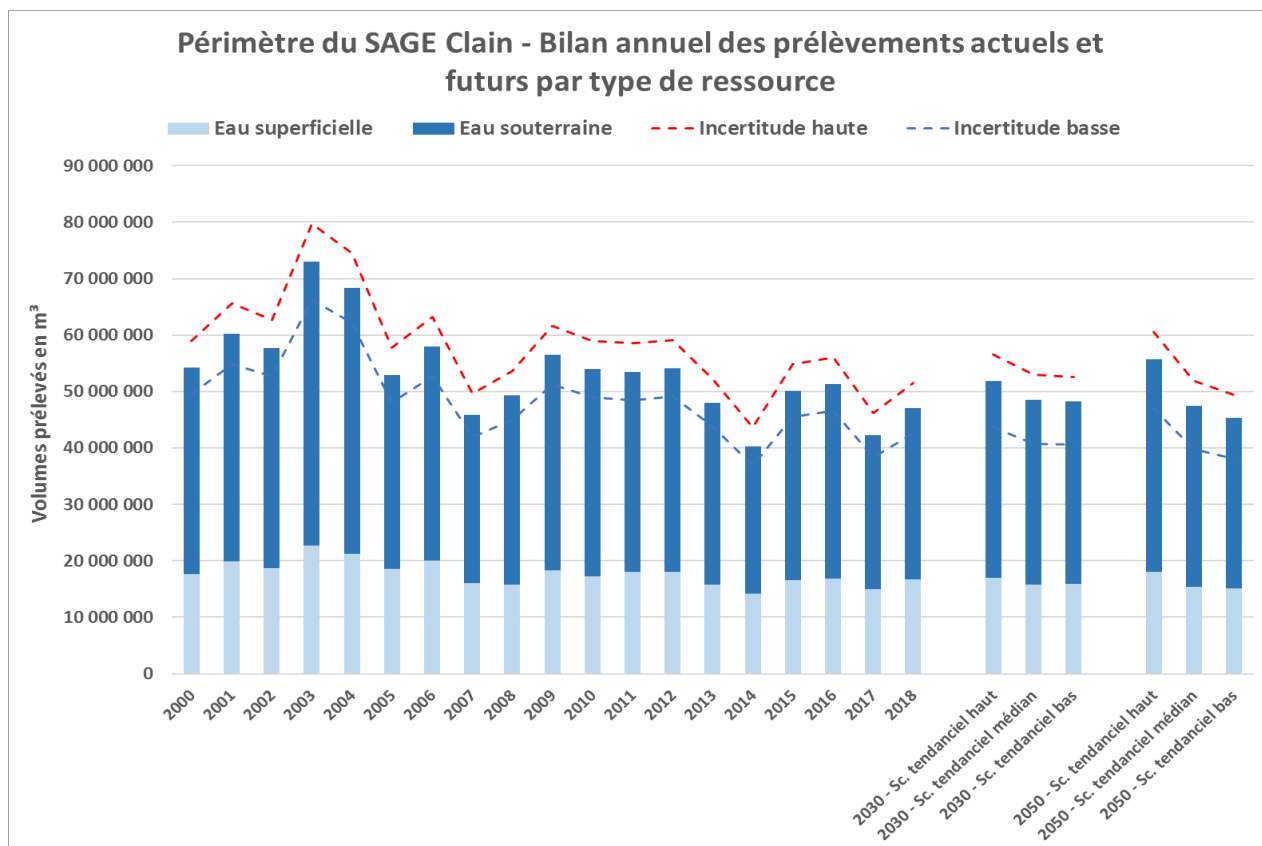


Figure 8 : Evolution annuelle des prélèvements en eau actuels et futurs (2030 et 2050) sur le périmètre du SAGE Clain, par type de ressource

Le graphique suivant permet d'analyser la répartition infra-annuelle (au pas de temps mensuel) des prélèvements sur la période 2000-2018.

Deux types d'usage présentent une **répartition particulièrement hétérogène** de leurs prélèvements sur l'ensemble de l'année. Il s'agit de **l'irrigation** agricole et, dans une moindre mesure, de la **surévaporation des plans d'eau**.

Pour **l'irrigation agricole**, on observe logiquement que les **prélèvements les plus élevés** ont lieu durant la **période estivale** (de juin à août) qui est la plus chaude, avec des volumes de loin plus élevés que le restant de l'année. On observe également des volumes conséquents en printemps (mars à mai), période de croissance de la plupart des cultures. Les volumes durant la période hivernale (décembre à mars) sont non-nuls car une partie des prélèvements se fait pour le remplissage de retenues déconnectées, au moment où le ruissellement est le plus fort (en hiver).

Pour la **surévaporation des plans d'eau**, deux **périodes de fort prélèvement s'observent**, en été et en hiver. La première est due à la forte surévaporation des plans d'eau connectés au réseau hydrographique, dont l'effet sur la ressource en eau est immédiat, la seconde est liée au remplissage des plans d'eau déconnectés du réseau hydrographique, qui a lieu en hiver.

Les prélèvements pour l'alimentation en eau potable (AEP) présentent, eux aussi, une légère augmentation en période estivale. Les autres types de prélèvements (abreuvement et industries) présentent une répartition relativement homogène sur l'ensemble de l'année.

Le mois de plus faible prélèvement est octobre, avec un volume d'environ **2 200 000 m<sup>3</sup>/mois**, ce qui correspond à environ **4% des prélèvements totaux annuels**. En cette période, les prélèvements sont dominés par **l'AEP (72% du volume prélevé sur le mois)**.

Le maximum de prélèvement mensuel est atteint au mois de juillet avec environ **11 800 000 m<sup>3</sup>/mois**, ce qui correspond à environ **22% des prélèvements totaux annuels**. En cette période, les prélèvements sont de loin dominés par **l'irrigation des cultures (77% du volume prélevé sur le mois)**.

## Phase 1 – Synthèse

Etude « Hydrologie Milieux Usages Climat » (H.M.U.C.) pour la mise en œuvre du SAGE Clain

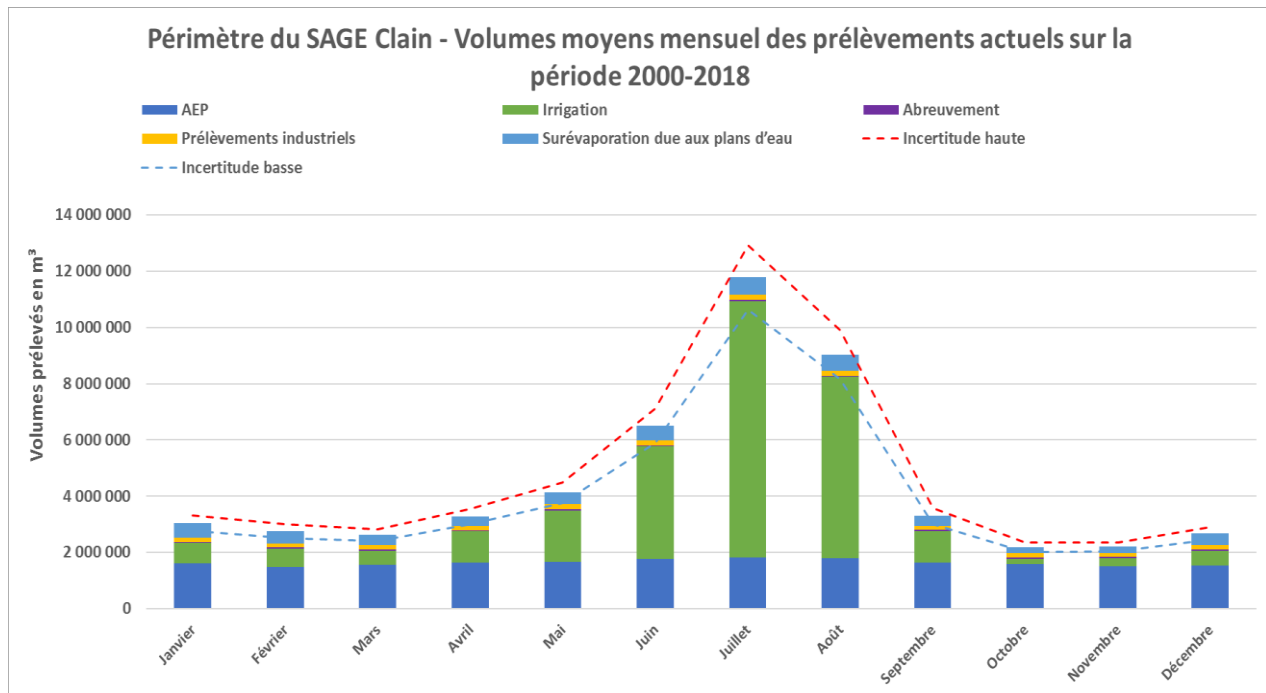


Figure 9 : Répartition mensuelle des prélèvements en eau actuels sur le bassin

Tableau 3: SAGE Clain - Bilan des prélèvements estivaux (du 1er avril au 31 octobre) et hivernaux (du 1er novembre au 31 mars) moyens sur la période 2000-2018.

|                 | AEP        | Irrigation | Abreuvement | Industries | Plans d'eau | Total prélèvements |
|-----------------|------------|------------|-------------|------------|-------------|--------------------|
| <b>Hivernal</b> | 7 675 853  | 2 705 916  | 211 608     | 729 218    | 1 967 004   | <b>13 289 600</b>  |
| <b>Estival</b>  | 11 911 162 | 23 801 045 | 299 894     | 1 164 493  | 3 025 178   | <b>40 201 772</b>  |

### A retenir :

- ❖ 33% prélevés en eaux superficielles  $\approx 18$  Mm<sup>3</sup> /an
- ❖ 67% prélevés en eaux souterraines  $\approx 36$  Mm<sup>3</sup> /an
- ❖ Poids des usages de l'eau :
  - Irrigation agricole : 49 %
  - Prélèvements pour l'alimentation en eau potable : 37%
  - Surévaporation des plans d'eau : 9%
  - Prélèvements industriels : 4 %
  - Abreuvement : 1%
- ❖ Répartition saisonnière sur l'année moyenne:
  - Période estivale (avril-octobre): 75%  $\approx 40$  Mm<sup>3</sup>
  - Période hivernale (novembre-mars): 25 %  $\approx 14$  Mm<sup>3</sup>
- ❖ 54 Mm<sup>3</sup> /an prélevés entre 2000 et 2018 sur le territoire du SAGE Clain.

#### 3.3.2.1 Prélèvements ciblés sur l'Infra-Toarcien

La nappe de l'Infra-Toarcien est classée NAEP (Nappe stratégique à réserver pour l'Alimentation en Eau Potable future : nappe qui constitue une ressource stratégique pour l'Alimentation en Eau Potable du fait de ses caractéristiques quantitatives et qualitatives) par le SDAGE Loire-Bretagne. Elle est exploitée actuellement pour l'eau potable avec des volumes prélevés généralement nettement inférieurs aux volumes autorisés. Quelques projets d'intensification des prélèvements pour l'eau potable existent dans cette ressource.

Cette dernière est aussi sollicitée de manière importante pour l'irrigation.

L'intensité des prélèvements au sein de cette nappe captive, la baisse piézométrique constatée sur certains secteurs et les conflits d'usage qui ont déjà été constatés conduisent à accorder une importance toute particulière à l'évaluation des volumes prélevables au sein de cette ressource.

Ainsi, le bilan des usages affectant cette nappe est présenté ci-après.

La nappe de l'infra-toarcien captif fait l'objet, sur le territoire d'étude, de prélèvements pour **l'irrigation, l'eau potable et l'industrie**. Le graphique suivant permet de visualiser l'évolution de ces prélèvements au cours de la période 2000-2018.

On observe que les **prélèvements d'irrigation sont de loin les plus importants** (ils représentent en moyenne **78%** des prélèvements ayant lieu sur cette masse d'eau). Le volume annuel prélevé pour cet usage **varie fortement**, avec un minimum à **2 000 000 m<sup>3</sup>** en 2014 et un maximum à **6 170 000 m<sup>3</sup>** en 2003.

Les **prélèvements pour l'AEP sont relativement stables** avec une valeur moyenne de **1 120 000 m<sup>3</sup>** (soit **22%**).

Les **prélèvements pour l'industrie**, quant à eux, restent **anecdotiques**.

Au cours des prochaines décennies, les prélèvements dans l'Infra-Toarcien devraient se maintenir au niveau actuel, selon les projections réalisées.

La Figure 11 permet de comparer les prélèvements puisant dans l'infra-toarcien avec les prélèvements puisant dans les autres masses d'eau souterraines. On observe que les prélèvements de l'infra-toarcien correspondent en moyenne à **11%** de l'ensemble des prélèvements souterrains, sur la période 2000-2018. En comparaison avec les autres prélèvements souterrains, **ceux de l'infra-toarcien sont particulièrement destinés à un usage agricole**.

Selon les projections réalisées, les prélèvements dans l'infratoarcien devraient moins diminuer que les autres prélèvements souterrains.

## Phase 1 – Synthèse

Etude « Hydrologie Milieux Usages Climat » (H.M.U.C.) pour la mise en œuvre du SAGE Clain

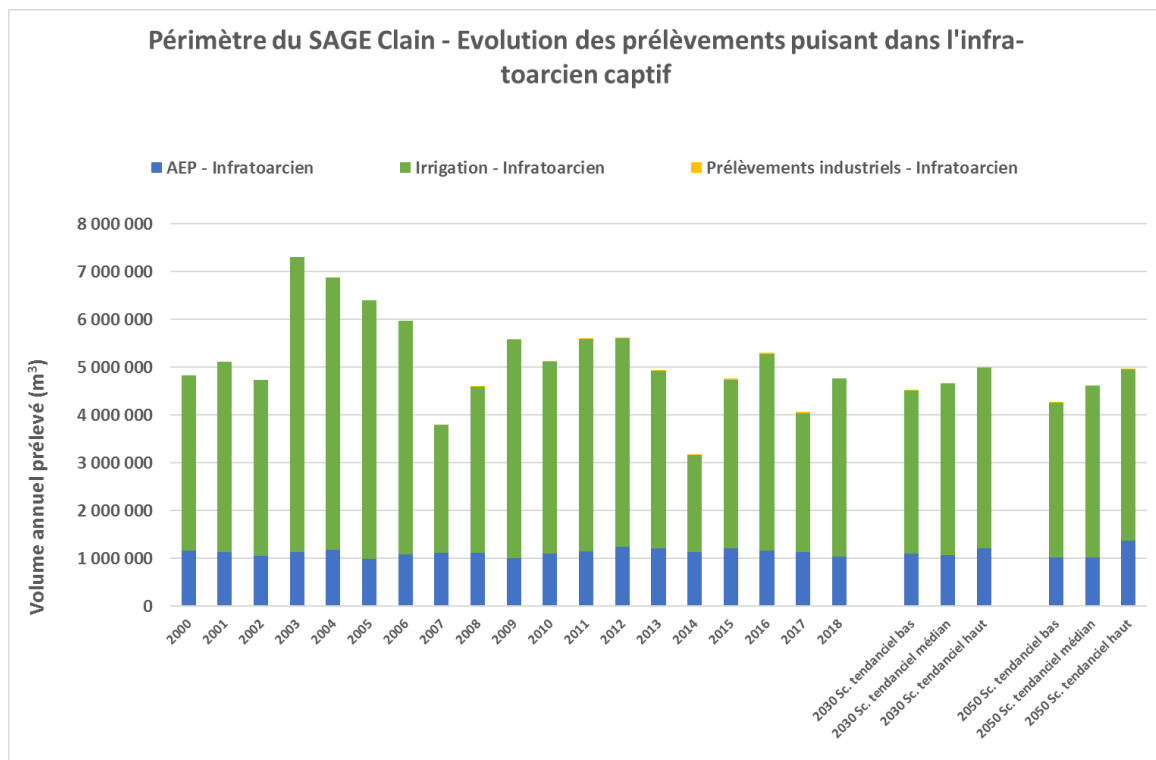


Figure 10 : Périmètre du SAGE Clain - Evolution des prélèvements annuels puisant dans l'infra-toarcien

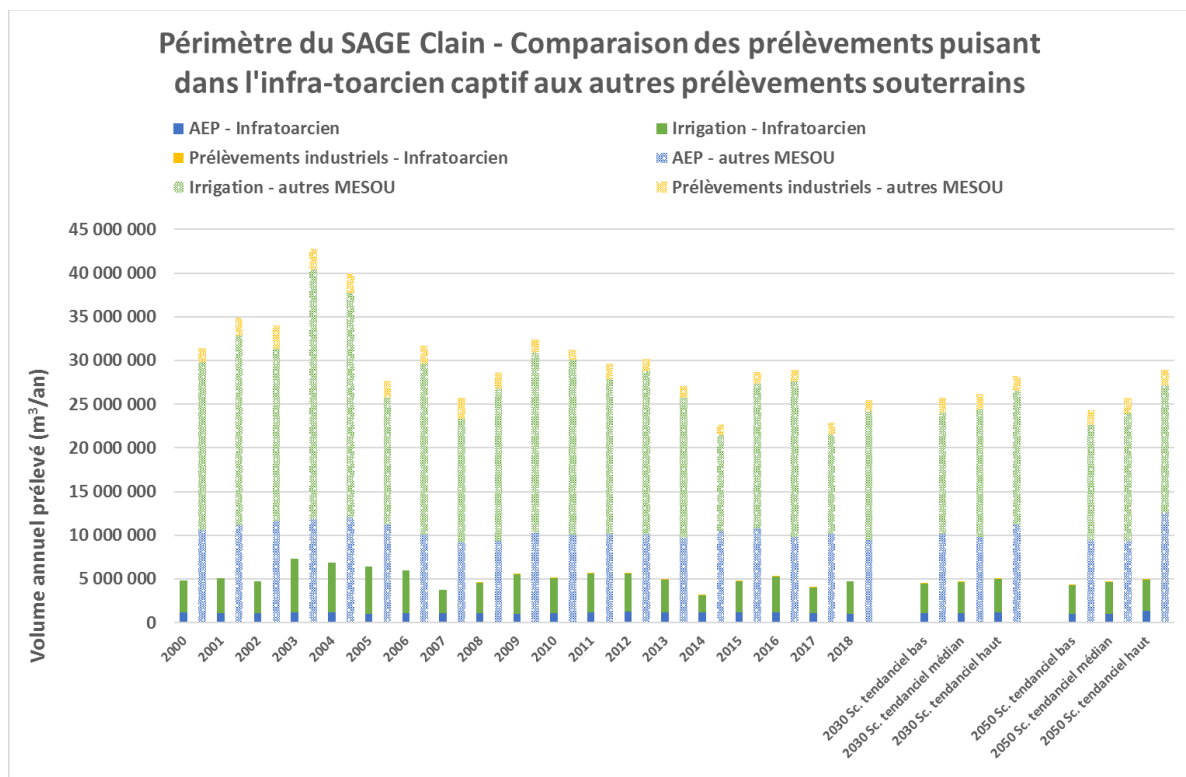


Figure 11 : Périmètre du SAGE Clain – Comparaison des volumes prélevés dans l'infra-toarcien avec les volumes prélevés dans les autres masses d'eau souterraines

#### A retenir (période 2000-2018) :

- ❖ Poids des usagers de l'eau :
  - Irrigation agricole : 78 %
  - Prélèvements pour l'alimentation en eau potable : 22 %
  - Prélèvements industriels négligeables
- ❖ 5 Mm<sup>3</sup> /an prélevés entre 2000 et 2018 dans la nappe de l'Infra-Toarcien

#### 3.3.2.2 Restitutions

Les tableaux et graphiques suivants dressent le bilan des restitutions au milieu naturel réalisées sur le bassin pour :

- ❖ Les pertes de réseau d'alimentation en eau potable AEP
- ❖ Les rejets d'assainissement collectif (AC)
- ❖ Les rejets des installations d'assainissement non collectif (ANC)
- ❖ Les rejets industriels.

Ainsi, près de **20 millions de m<sup>3</sup>** d'eau ont été restitués au milieu naturel en 2018.

- ❖ Le type de restitution majoritaire est **l'assainissement collectif**. Ce type de restitution représente environ **60% de l'ensemble des rejets** du territoire, sur la période 2000-2018. Le deuxième type de restitution est **les rejets industriels (19% de l'ensemble des rejets)**. **Les pertes AEP** sont également importantes avec **16%** des rejets totaux ;
- ❖ **L'assainissement non collectif** constitue le **plus faible type de restitution** avec **5%** du volume total restitué ;
- ❖ Les restitutions au milieu naturel sont **en majorité superficielles** (les trois quarts des restitutions entre 2000 et 2018 ≈ 15 Mm<sup>3</sup>) ;
- ❖ La **variabilité interannuelle** des restitutions reste **modérée**. Le type de prélèvement faisant le plus varier les volumes annuels est, en tout état de cause, **l'assainissement collectif**. Les plus faibles restitutions ont eu lieu en 2000 avec un total de **9 800 000 m<sup>3</sup>**, tandis que les restitutions les plus fortes ont eu lieu en 2013 avec **14 700 000 m<sup>3</sup>** ;
- ❖ On note une **tendance à la hausse** des restitutions sur la période **2000-2013**, puis une **tendance à la baisse** jusqu'à l'année **2018**. Ces évolutions sont principalement liées aux fluctuations des volumes restitués par **l'assainissement collectif** ;
- ❖ Aux horizons futurs, les volumes de restitutions devraient globalement **diminuer** en comparaison avec la moyenne 2000-2018, quel que soit le scénario d'évolution des usages considéré. On note un intervalle de près de **4 800 000 m<sup>3</sup>** entre le scénario tendanciel bas et le tendanciel haut à l'horizon 2050.



## Phase 1 – Synthèse

Etude « Hydrologie Milieux Usages Climat » (H.M.U.C.) pour la mise en œuvre du SAGE Clain



Tableau 4 : Bilan annuel des restitutions d'eau sur le bassin (m³/an)

|                              | Pertes AEP | Assainissement collectif |           | ANC       | Rejets industriels | Total rejets |           | Total rejets |
|------------------------------|------------|--------------------------|-----------|-----------|--------------------|--------------|-----------|--------------|
|                              | ESOU       | ESU                      | ESOU      | ESOU      | ESU                | ESU          | ESOU      | ESU et ESOU  |
| 2000                         | 3 394 372  | 8 973 113                | 803 729   | 838 532   | 3 787 716          | 12 760 829   | 5 036 632 | 17 797 460   |
| 2001                         | 3 469 480  | 9 240 663                | 823 071   | 840 570   | 4 184 196          | 13 424 859   | 5 133 121 | 18 557 979   |
| 2002                         | 3 469 786  | 9 472 575                | 848 995   | 840 570   | 4 700 596          | 14 173 171   | 5 159 350 | 19 332 520   |
| 2003                         | 3 469 249  | 9 868 137                | 936 058   | 840 570   | 4 178 276          | 14 046 412   | 5 245 877 | 19 292 290   |
| 2004                         | 3 469 151  | 9 868 136                | 970 857   | 840 570   | 4 146 036          | 14 014 172   | 5 280 578 | 19 294 750   |
| 2005                         | 3 469 063  | 10 488 488               | 1 027 801 | 840 570   | 4 013 556          | 14 502 043   | 5 337 435 | 19 839 478   |
| 2006                         | 3 469 392  | 10 491 560               | 1 042 299 | 809 995   | 3 995 236          | 14 486 795   | 5 321 686 | 19 808 482   |
| 2007                         | 3 488 744  | 10 491 560               | 1 091 007 | 809 995   | 3 973 956          | 14 465 515   | 5 389 746 | 19 855 261   |
| 2008                         | 3 126 486  | 10 515 482               | 1 108 619 | 813 344   | 3 340 180          | 13 855 662   | 5 048 450 | 18 904 112   |
| 2009                         | 3 481 365  | 10 632 940               | 1 528 206 | 895 643   | 3 395 472          | 14 028 412   | 5 905 214 | 19 933 627   |
| 2010                         | 3 036 138  | 10 694 017               | 1 538 297 | 889 318   | 3 425 071          | 14 119 088   | 5 463 753 | 19 582 841   |
| 2011                         | 3 433 990  | 10 702 482               | 1 240 136 | 1 000 592 | 3 314 693          | 14 017 175   | 5 674 718 | 19 691 893   |
| 2012                         | 3 505 083  | 11 865 913               | 1 371 490 | 981 564   | 3 023 743          | 14 889 656   | 5 858 136 | 20 747 792   |
| 2013                         | 4 124 406  | 13 165 709               | 1 539 666 | 915 554   | 4 072 121          | 17 237 830   | 6 579 625 | 23 817 455   |
| 2014                         | 3 753 169  | 12 837 701               | 1 427 155 | 1 039 481 | 4 047 318          | 16 885 019   | 6 279 804 | 23 164 823   |
| 2015                         | 3 564 155  | 11 796 606               | 1 550 241 | 1 147 953 | 3 610 808          | 15 407 414   | 6 262 349 | 21 669 764   |
| 2016                         | 2 393 847  | 12 113 080               | 1 603 946 | 1 153 571 | 4 029 163          | 16 142 243   | 5 151 364 | 21 293 607   |
| 2017                         | 2 372 400  | 11 212 329               | 1 420 814 | 1 085 700 | 3 219 989          | 14 432 318   | 4 878 914 | 19 311 233   |
| 2018                         | 2 453 666  | 12 088 495               | 1 409 089 | 1 094 394 | 2 918 925          | 15 007 420   | 4 957 149 | 19 964 569   |
| 2030 - Sc. tendanciel haut   | 1 880 479  | 12 619 259               | 1 624 094 | 933 524   | 3 490 680          | 16 109 940   | 4 438 097 | 20 548 036   |
| 2030 - Sc. tendanciel médian | 1 645 419  | 11 041 852               | 1 421 082 | 816 833   | 3 490 680          | 14 532 532   | 3 883 335 | 18 415 867   |
| 2030 - Sc. tendanciel bas    | 1 704 184  | 11 436 204               | 1 471 835 | 846 006   | 3 490 680          | 14 926 884   | 4 022 025 | 18 948 909   |
| 2050 - Sc. tendanciel haut   | 2 112 107  | 14 175 668               | 1 824 403 | 1 048 661 | 3 490 680          | 17 666 348   | 4 985 171 | 22 651 519   |
| 2050 - Sc. tendanciel médian | 1 570 880  | 10 543 153               | 1 356 900 | 779 942   | 3 490 680          | 14 033 833   | 3 707 721 | 17 741 554   |
| 2050 - Sc. tendanciel bas    | 1 584 080  | 10 631 751               | 1 368 302 | 786 496   | 3 490 680          | 14 122 431   | 3 738 879 | 17 861 310   |

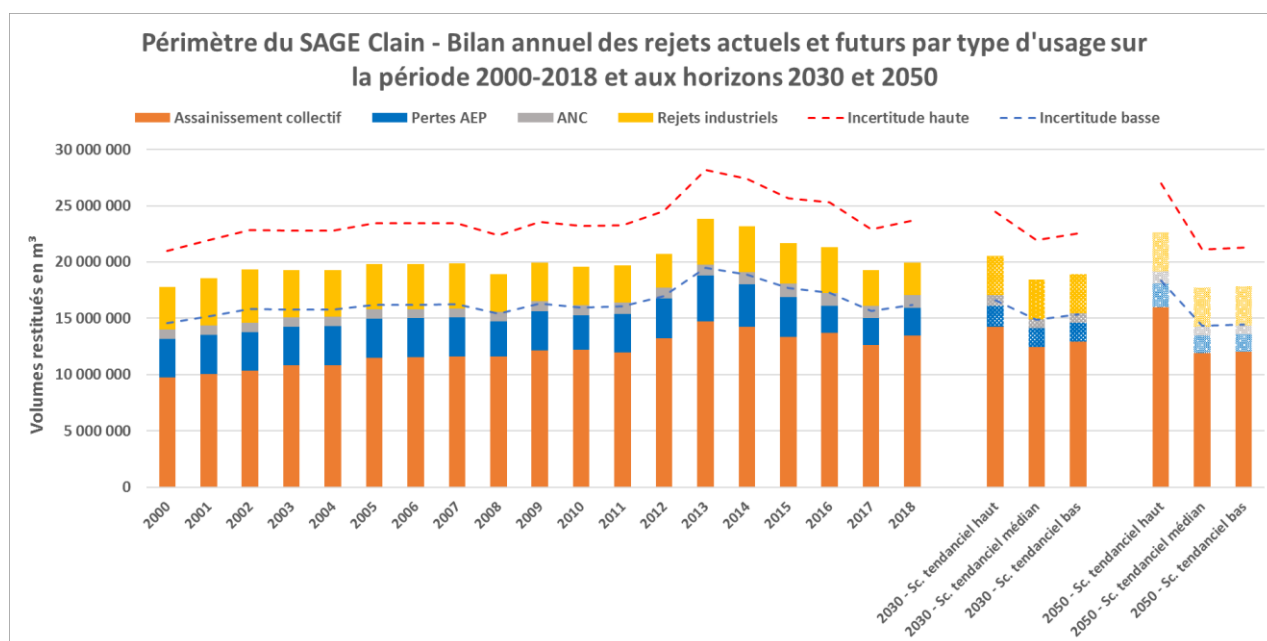


Figure 12 : Evolution annuelle des restitutions en eau actuelles et futures (2030 et 2050) sur le périmètre du SAGE Clain, par type d'usage

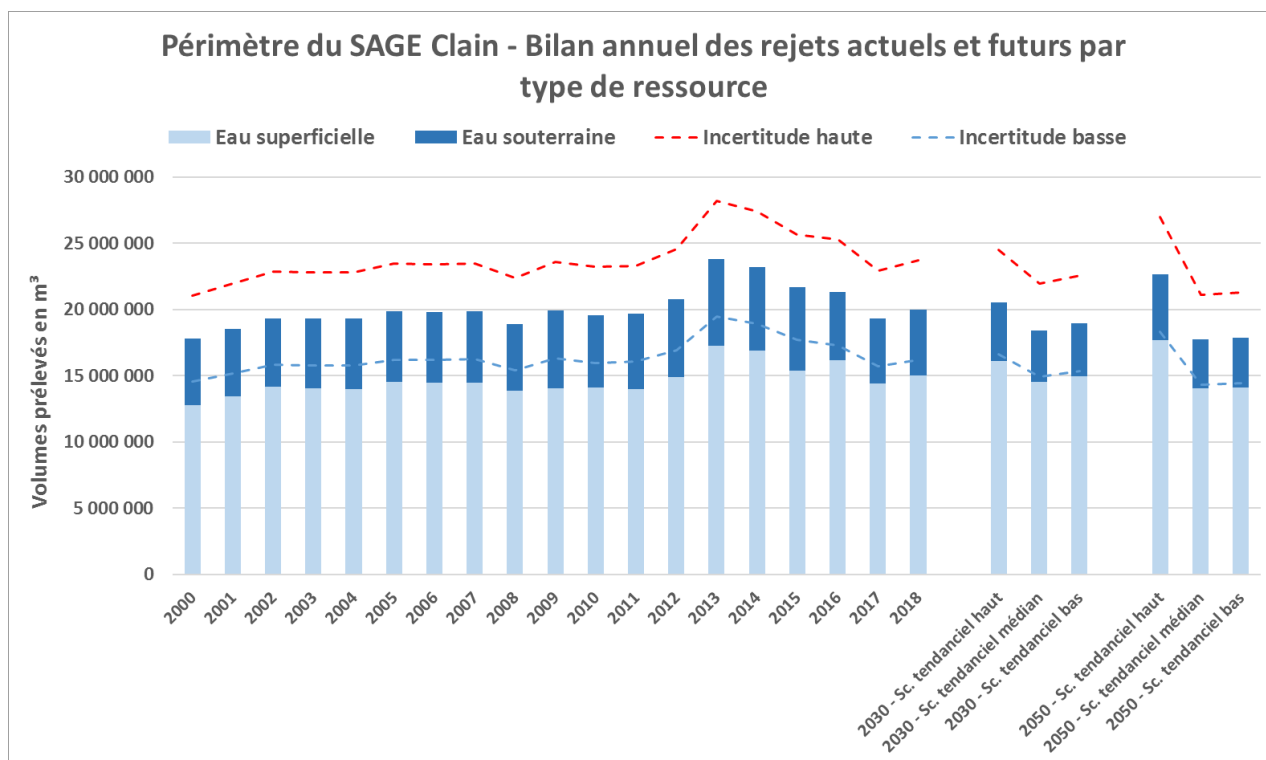


Figure 13 : Evolution annuelle des restitutions en eau actuelles et futures (2030 et 2050) sur le périmètre du SAGE Clain, par type de ressource

Le graphique suivant permet d'analyser la répartition infra-annuelle (au pas de temps mensuel) des restitutions sur la période 2000-2018.

Seules les **pertes d'alimentation en eau potable (AEP)** présentent une **répartition véritablement hétérogène** de leurs prélèvements sur l'ensemble de l'année. En effet, ces dernières sont plus faibles durant la période estivale. L'assainissement collectif connaît lui aussi une légère baisse durant cette période.

Les autres types de restitutions présentent une répartition relativement homogène sur l'ensemble de l'année.

Le mois de plus faible restitution est juillet, avec un volume d'environ **1.5 Mm³/mois**, ce qui correspond à environ **3% des prélèvements totaux annuels**.

Le maximum de restitution mensuelle est atteint au mois de mars avec environ **1.9 Mm³/mois**, ce qui correspond à environ **3% des prélèvements totaux annuels**.

En tout temps, les restitutions sont majoritairement effectuées par l'assainissement collectif.

## Phase 1 – Synthèse

Etude « Hydrologie Milieux Usages Climat » (H.M.U.C.) pour la mise en œuvre du SAGE Clain

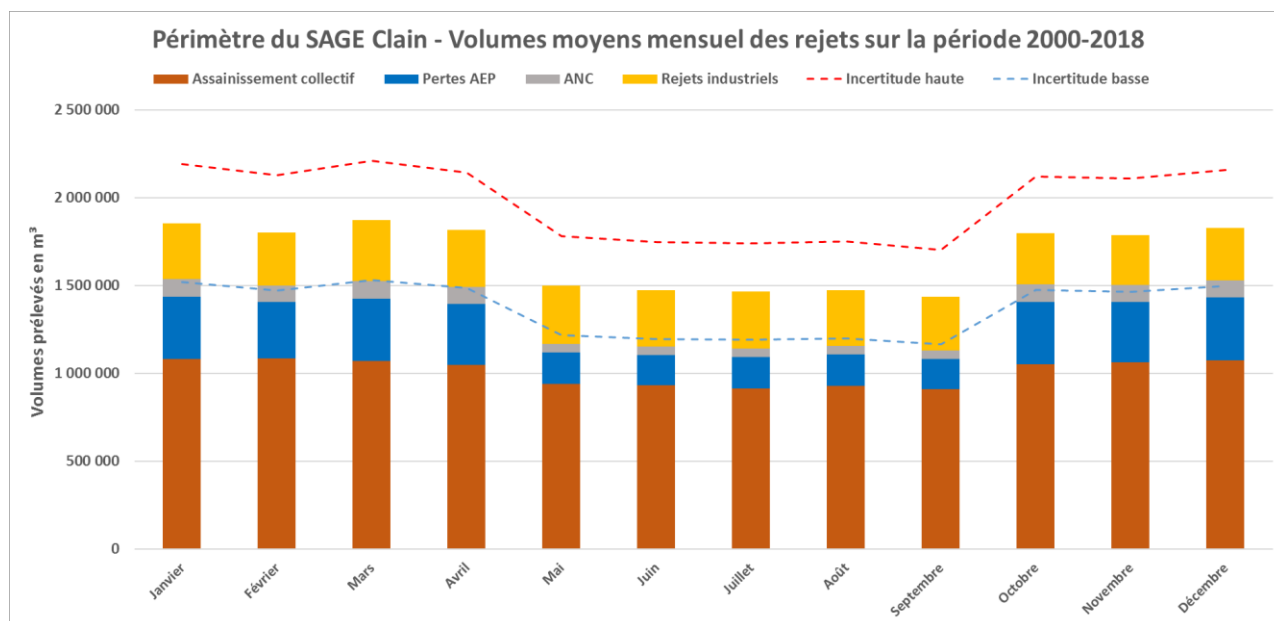


Figure 14 : Evolution mensuelle des restitutions en eau actuelles sur le bassin sur la période 2000-2018

Tableau 5: SAGE Clain - Bilan des rejets estivaux (du 1er avril au 31 octobre) et hivernaux (du 1er novembre au 31 mars) moyens sur la période 2000-2018.

|                 | Pertes AEP | Assainissement collectif | Assainissement non collectif | Rejets industriels | Total rejets      | Bilan (m3)        |
|-----------------|------------|--------------------------|------------------------------|--------------------|-------------------|-------------------|
| <b>Hivernal</b> | 1 733 930  | 5 372 422                | 488 646                      | 1 545 490          | <b>9 140 487</b>  | <b>4 149 113</b>  |
| <b>Estival</b>  | 1 578 909  | 6 722 339                | 444 959                      | 2 211 197          | <b>10 957 405</b> | <b>29 244 367</b> |

### A retenir :

- ❖ 73% restitués en eaux superficielles  $\approx 15$  Mm<sup>3</sup> /an
- ❖ 27% restitués en eau souterraines  $\approx 5$  Mm<sup>3</sup>/an
- ❖ Poids des usages de l'eau :
  - Assainissement collectif : 60 %
  - Rejets industriels : 19%
  - Pertes dans les réseaux AEP : 16%
  - Assainissement non collectif : 5%
- ❖ Répartition saisonnière sur l'année moyenne :
  - Période estivale (avril-octobre): 55%  $\approx 11$  Mm<sup>3</sup>
  - Période hivernale (novembre-mars): 45 %  $\approx 9$  Mm<sup>3</sup>
- ❖ 20 Mm<sup>3</sup> /an restitués entre 2000 et 2018 sur le territoire du SAGE Clain

Il est important de garder à l'esprit que même si les eaux restituées ont un effet bénéfique sur les débits, la qualité des eaux peut être dégradée.

#### 3.3.2.3 Prélèvement net

Sur un bassin versant donné, le prélèvement net correspond à la somme des prélèvements, soustraite de la somme des rejets y ayant lieu.

Les **volumes restitués** au milieu naturel représentent en moyenne **39% des volumes prélevés** sur la période 2000-2018. Ce ratio fluctue substantiellement, atteignant sa valeur **minimale** en 2003 avec **26%** et sa valeur **maximale** en 2014 avec **57%**.

On observe, sur la période étudiée, une tendance au rapprochement entre les volumes prélevés et les volumes restitués. Cependant, une grande part de ce rapprochement est liée au fonctionnement de la station d'épuration des eaux usées de la Folie (STEU d'une capacité de traitement de 125 000 équivalent habitant).

Aux horizons futurs, la part de restitution des volumes prélevés devrait stagner à environ 39%.

Il est important de noter qu'au niveau infra-annuel, on observe de manière générale que **la période de plus forts prélèvements coïncide avec la période de plus faibles restitutions, sur les mois estivaux, ce qui contribue à augmenter la pression sur la ressource en eau dans une période à laquelle elle est déjà naturellement mise sous tension.**

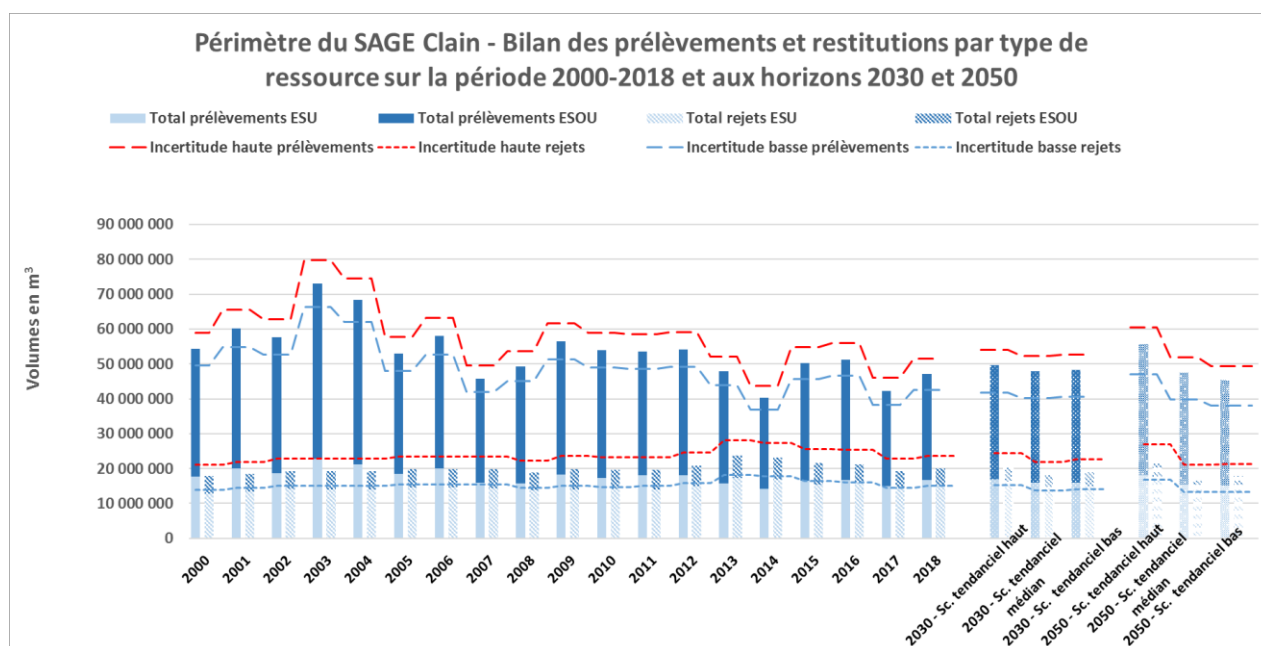


Figure 15 : Bilan quantitatif actuel sur le périmètre du SAGE Clain et perspectives d'évolution future aux horizons 2030 et 2050

#### A retenir :

- ❖ Le bilan global pour la ressource en eau est négatif, avec un prélèvement net de 27 Mm<sup>3</sup> en 2018.
- ❖ Les prélèvements sont en majorité associés à l'irrigation (concentrée sur la période estivale) et à l'alimentation en eau potable. Les restitutions sont en majorité liées à l'assainissement collectif. Elles correspondent à 1/3 des prélèvements totaux et ne compensent, à ce titre, que partiellement ces derniers.
- ❖ A l'avenir, les prélèvements devraient diminuer par rapport à la moyenne 2000-2018.

Un tableau présentant le bilan complet sur le territoire d'étude est présenté sur la page suivante.

## Phase 1 – Synthèse

Etude « Hydrologie Milieux Usages Climat » (H.M.U.C.) pour la mise en œuvre du  
SAGE Clain

---



## Phase 1 – Synthèse

Etude « Hydrologie Milieux Usages Climat » (H.M.U.C.) pour la mise en œuvre du SAGE Clain



Tableau 6 : Prélèvement net à l'échelle du bassin versant (m³/an)

|                              | Bilan      |
|------------------------------|------------|
| 2000                         | 36 470 339 |
| 2001                         | 41 671 004 |
| 2002                         | 38 383 511 |
| 2003                         | 53 735 038 |
| 2004                         | 49 008 304 |
| 2005                         | 33 072 536 |
| 2006                         | 38 148 267 |
| 2007                         | 25 936 349 |
| 2008                         | 30 415 805 |
| 2009                         | 36 542 525 |
| 2010                         | 34 388 135 |
| 2011                         | 33 814 368 |
| 2012                         | 33 342 920 |
| 2013                         | 24 156 250 |
| 2014                         | 17 131 283 |
| 2015                         | 28 508 359 |
| 2016                         | 30 002 521 |
| 2017                         | 22 905 330 |
| 2018                         | 27 096 821 |
| 2030 - Sc. tendanciel haut   | 31 423 775 |
| 2030 - Sc. tendanciel médian | 30 022 858 |
| 2030 - Sc. tendanciel bas    | 28 995 905 |
| 2050 - Sc. tendanciel haut   | 33 225 030 |
| 2050 - Sc. tendanciel médian | 29 720 152 |
| 2050 - Sc. tendanciel bas    | 26 892 177 |

Tableau 7: Bilan des prélèvements nets estivaux (du 1er avril au 31 octobre) et hivernaux (du 1er novembre au 31 mars) moyens sur la période 2000-2018.

|          | Bilan (m3) |
|----------|------------|
| Hivernal | 4 149 113  |
| Estival  | 29 244 367 |

### 3.3.3 Répartition des usages à l'échelle des unités de gestion

La répartition des usages par unité de gestion sur l'année 2018 est présentée aux figures suivantes.



### Etude HMUC pour la mise en oeuvre du SAGE Clain Phase 1 - Bilan des usages

Volumes prélevés par usage en 2018  
(millions de m3)

#### Légende

Périmètre du SAGE Clain

Réseau hydrographique

#### Types de prélèvements

Alimentation en eau potable

Irrigation

Abreuvement

Prélèvements industriels

Surévaporation des plans d'eau

#### Unités de gestion

La Boivre

La Bouleure

La Clouère

La Dive de Couhé

La Pallu

La Vonne

L'Auxance

Le Clain amont

Le Clain aval

Le Clain médian

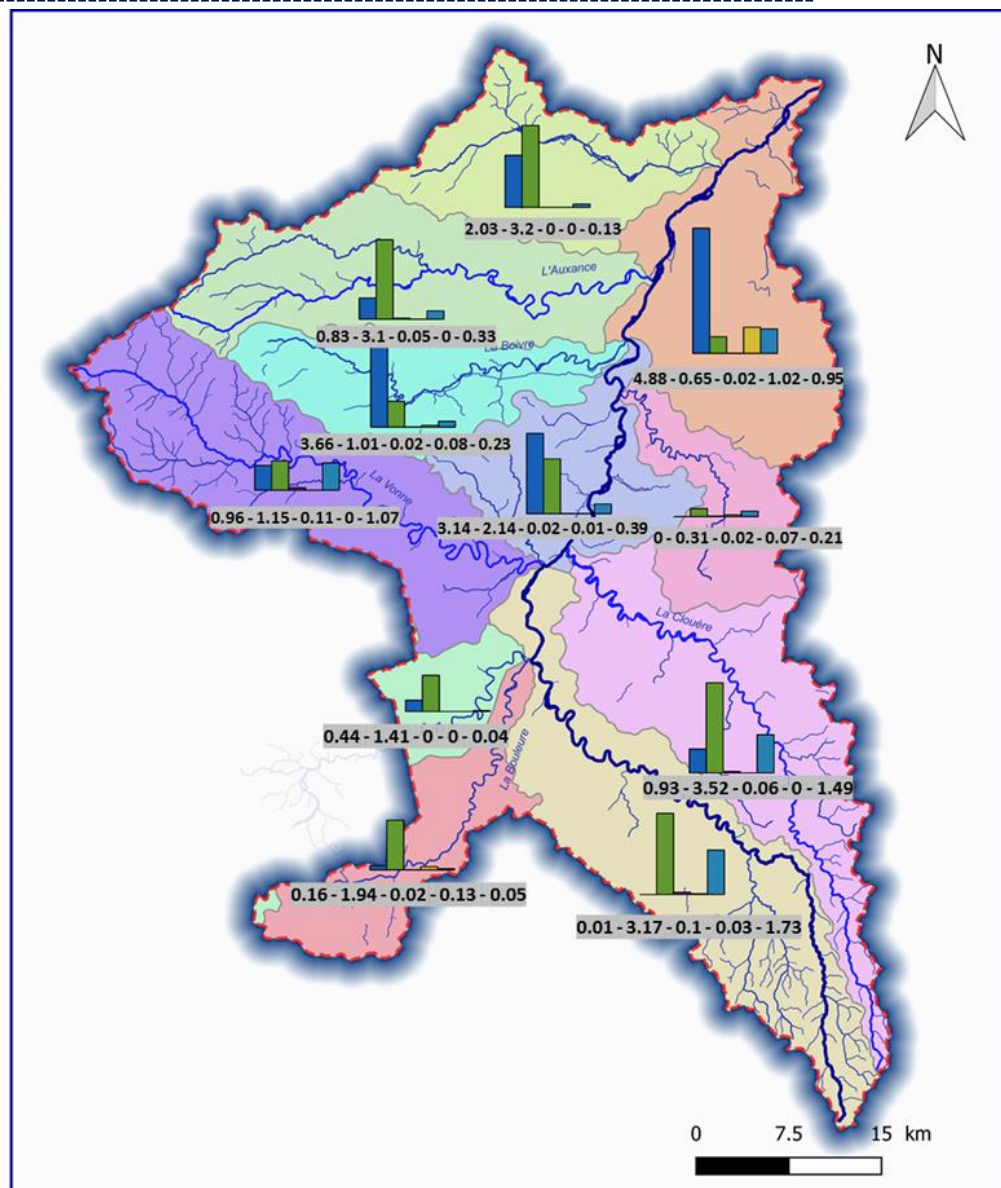


Figure 16 : Bilan global des prélèvements par usage et par unité de gestion en 2018 sur le périmètre du SAGE du Clain

### Etude HMUC pour la mise en œuvre du SAGE Clain Phase 1 - Bilan des usages

Volumes restitués par usage en 2018  
(millions de m3)

#### Légende

Périmètre du SAGE Clain

Réseau hydrographique

#### Types de restitutions

- Pertes AEP
- Assainissement collectif
- Assainissement non collectif
- Rejets industriels

#### Unités de gestion

- La Boivre
- La Bouleure
- La Clouère
- La Dive de Couhé
- La Pallu
- La Vonne
- L'Auxance
- Le Clain amont
- Le Clain aval
- Le Clain médian



Figure 17 : Bilan global des restitutions par usage et par unité de gestion en 2018 sur le périmètre du SAGE Clain

## 4 VOLET « HYDROLOGIE »

**Note préalable :** le volet « Hydrologie » faisant intervenir des notions complexes non définissables par un simple glossaire, le lecteur est invité à consulter l'annexe 2 qui définit des notions, avant d'en commencer la lecture.

### 4.1 Objectifs visés

- ❖ Apporter une compréhension approfondie du fonctionnement hydrologique et hydrogéologique du territoire du SAGE Clain, ainsi que des interactions nappe-rivière, à l'échelle de chaque unité de gestion, depuis la moitié du XXème siècle jusqu'à aujourd'hui, et plus en particulier sur la période 2000-2018 ;
- ❖ Evaluer l'effet des usages anthropiques de l'eau sur l'hydrosystème à l'aide d'une reconstitution de l'hydrologie désinfluencée de ces derniers, réalisée par modélisation hydrologique.

### 4.2 Eléments de méthode

- ❖ Dans un premier temps, une analyse du climat (analyse hydro-climatique) sur la période d'étude (2000-2018) est réalisée à l'aide de données Météo-France, afin de connaître et comprendre, au niveau de chaque unité de gestion, les évolutions des principaux précurseurs de la ressource en eau disponible ; **la pluviométrie et l'évapotranspiration** ;
- ❖ Par la suite, une analyse du fonctionnement hydrogéologique est réalisée à partir des études disponibles et d'une campagne piézométrique menée dans le cadre de l'étude afin de :
  - Caractériser les nappes en présence ;
  - Comprendre et caractériser l'évolution de leur niveau ;
  - Comprendre et caractériser les interactions nappe-rivière.
- ❖ Ensuite, une analyse des indicateurs disponibles concernant l'hydrologie des cours d'eau est réalisée à l'aide des données du réseau hydrométrique français, de l'Observatoire National Des Etiages et des outils en place pour la gestion de crise. Ceci permet de :
  - Caractériser le fonctionnement actuel des cours d'eau, en lien avec l'analyse climatique et hydrogéologique déjà menées ;
  - Pré-identifier les points sensibles du territoire d'étude.
- ❖ Finalement, les données météorologiques, hydrométriques, piézométriques et le bilan des usages réalisé dans le cadre de l'étude sont valorisés dans le cadre d'une modélisation permettant de reconstituer, les débits et niveau de nappe qui auraient lieu en l'absence d'usages anthropiques de l'eau (on parle d'hydrologie désinfluencée). Cette modélisation (dont les modalités sont décrites à l'annexe 3) permet de caractériser, au niveau de chaque unité de gestion, la pression exercée par les usages sur la ressource en eau (débits et niveaux de nappes), en particulier en période d'étiage.

### 4.3 Résultats obtenus

#### 4.3.1 Analyse hydro-climatique

## Phase 1 – Synthèse

### Etude « Hydrologie Milieux Usages Climat » (H.M.U.C.) pour la mise en œuvre du SAGE Clain



Tableau 8 : Synthèse de l'analyse hydro-climatique

|                                                               | Pluviométrie                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | ETP                                                                                                                                                                        | Précipitations nettes                                                                                                                                                                                                                                          |
|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Comparaison du territoire d'étude au territoire métropolitain | <b>Pluviométrie moyenne</b> par rapport à la normale du territoire métropolitain                                                                                                                                                                                                                                                            | <b>ETP moyenne</b> par rapport à la normale du territoire métropolitain (a priori légèrement plus forte ; ~+ 5%)                                                           | Pas d'information spécifique<br>Précipitations nettes a priori dans la <b>moyenne</b> métropolitaine                                                                                                                                                           |
| Analyse pour la période 2000-2018                             | Alternance d'années sèches (2004, 2005 et 2017) et humides (2000, 2006 et 2013)<br><br><b>Importantes d'octobre à janvier + pic de précipitations en mai</b><br><br><b>Influence de l'altitude</b> (confirmée par une corrélation pour les stations d'analyse) : cumuls annuels moyens plus bas au Nord-Est (aval) du périmètre du BV Clain | Alternance d'années sèches et humides<br><br><b>Augmentation de janvier à juillet (maximum) puis diminution jusqu'à décembre</b><br><br>Homogène sur le territoire d'étude | Alternance d'années sèches et humides<br><br><b>Positives d'octobre à mars inclus, négatives d'avril à septembre. Minimales en juillet, maximale en décembre</b><br><br><b>Influence de l'altitude</b> (directement issue de la dépendance des précipitations) |
| Comparaison au climat passé (évolution entre 1959 et 2017)    | <b>Maintien</b><br><br>Augmentation légère en été                                                                                                                                                                                                                                                                                           | <b>Augmentation</b><br><br>Tendance à l'augmentation généralisée, particulièrement marquée en été                                                                          | <b>Diminution</b><br><br>Diminution, principalement par l'augmentation significative de l'ETP                                                                                                                                                                  |



### 4.3.2 Analyse du fonctionnement hydrogéologique et des interactions nappe-rivière

#### 4.3.2.1 Principaux aquifères

La succession des aquifères et aquitards présents sur le territoire du SAGE Clain est synthétisée sur le schéma suivant :

- ❖ Les formations de l'Aalénien, du Bajocien, du Bathonien et du Callovien constituent l'aquifère du Dogger (Jurassique moyen) ;
- ❖ Les formations de l'Hettangien-Sinemurien et du Pliensbachien forment l'aquifère appelé « infra-Toarcien ».

| Stratigraphie         | Lithologie                                                                      | Hydrogéologie                 | Masse d'eau DCE (l : partie libre ; c : partie captive)  |
|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|----------------------------------------------------------|
| Quaternaire           | Alluvions récentes et actuelles                                                 | Aquifère alluvial             | FRGG110                                                  |
| Pliocène              | Argiles et limons                                                               | Aquitard semi-perméable       | FRGG083                                                  |
| Oligocène             | Calcaires lacustres                                                             |                               |                                                          |
| Eocène                | Argile à silex                                                                  |                               |                                                          |
| Turonien              | Craie                                                                           | Aquifère                      | FRGG087                                                  |
| Cénomanién            | Sables                                                                          | Aquifère                      | FRGG142 (c) et FRGG122 (l)                               |
|                       | Marnes                                                                          | Aquitard                      |                                                          |
| Oxfordien             | Calcaires argileux<br>Calcaires bioclastiques / Marnes                          | Aquifère Jurassique supérieur | FRGG073 (c) et FRGG072 (l)                               |
| Callovien             | Calcaires blancs fins                                                           | Aquifère Dogger               | FRGG067 (c)<br>FRGG066 (l)<br>FRGG065 (l)<br>FRGG063 (l) |
| Bathonien             | Calcaires graveleux à silex                                                     |                               |                                                          |
| Bajocién              | Calcaires bioclastiques à silex ponctué                                         |                               |                                                          |
|                       | Calcaires bioclastiques à entroques                                             |                               |                                                          |
|                       | Calcaires dolomitiques                                                          |                               |                                                          |
| Aalénien              | Calcaires bioclastiques à oolites, calcaires dolomitiques et calcaires argileux |                               |                                                          |
| Toarcien              | Marnes et calcaires marneux                                                     | Aquitard                      |                                                          |
| Pliensbachien         | Calcaires gréseux dolomitiques                                                  | Aquifère Infra-Toarcien       | FRFG078<br>FRGG064                                       |
| Hettangien Sinémurien | Dolomies et calcaires dolomitiques                                              |                               |                                                          |
| Socle                 | Granites et schistes                                                            | Aquitard                      | FRGG057 et FRGG052                                       |

Figure 18 : Succession des aquifères et aquitards présents sur le territoire du SAGE Clain (source : CPGF Horizons)



Les nappes alluviales sont répandues sur tous les cours d'eau (alluvions actuelles) et d'extensions très limitées, à l'exception de l'aval du bassin du Clain (en aval de Poitiers), où l'aquifère est composé des alluvions actuelles, récentes et anciennes, lui conférant une géométrie continue et d'épaisseur suffisante pour comporter une nappe. Les alluvions sont en continuité hydraulique avec l'aquifère sous-jacent, généralement du Dogger ou du Jurassique supérieur.





L'aquifère du Jurassique supérieur (calcaires de l'Oxfordien supérieur), est séparé de l'aquifère du Dogger sous-jacent par le niveau imperméable des calcaires argileux de l'Oxfordien moyen, sauf dans la partie aval du bassin de la Pallu où les deux aquifères sont continus. Deux entités distinctes d'aquifère jurassique supérieur sont localisées sur le périmètre du SAGE Clain : sur la partie amont du bassin de la Dive et de la Bouleure et sur la partie aval du bassin du Clain, au Nord de la faille de Villiers. L'aquifère, en général limité, sans grande capacité d'emménagement, se développe en étroite relation avec les cours d'eau sous l'effet de l'altération et de la fissuration.



L'aquifère du Dogger est le réservoir le plus étendu sur le bassin du Clain et le plus productif. Il est limité à la base par les marnes du Toarcien qui forment un écran imperméable vis-à-vis de l'aquifère sous-jacent de l'Infra-Toarcien. Dans les parties où l'aquifère est captif, son toit imperméable est constitué par les calcaires marneux du Callovien et du Jurassique supérieur. Mais dans les parties où la nappe est libre, sur les plateaux, les calcaires du Dogger affleurent peu car ils sont recouverts d'une couche d'altérites sablo-argileuses plus ou moins épaisse qui se mélange avec des dépôts fluviaux.

Au niveau des affleurements, l'infiltration d'une partie des eaux météoriques s'y fait rapidement et même, localement, à la faveur de gouffres en raison du caractère karstique de cet aquifère.



L'aquifère de l'infra-Toarcien est presque entièrement captif sur le bassin du Clain. Les formations affleurent très localement dans les têtes de bassin de la Vonne, de la Clouère et du Clain, où les épaisseurs sont très réduites, et au niveau des horsts de Champagné-St-Hilaire et de Ligugé. La nappe se développe à la faveur de la fissuration des formations.

#### 4.3.2.2 Modalités d'écoulement des eaux souterraines

La campagne piézométrique réalisée en novembre 2019 sur 928 points offre un état de connaissance générale de la piézométrie de la première nappe à l'échelle du périmètre SAGE Clain (généralement nappe du Dogger). Cette esquisse permet de délimiter des sous-bassins hydrogéologiques, drainés par les cours d'eau.



Esquisse piézométrique (novembre 2019)

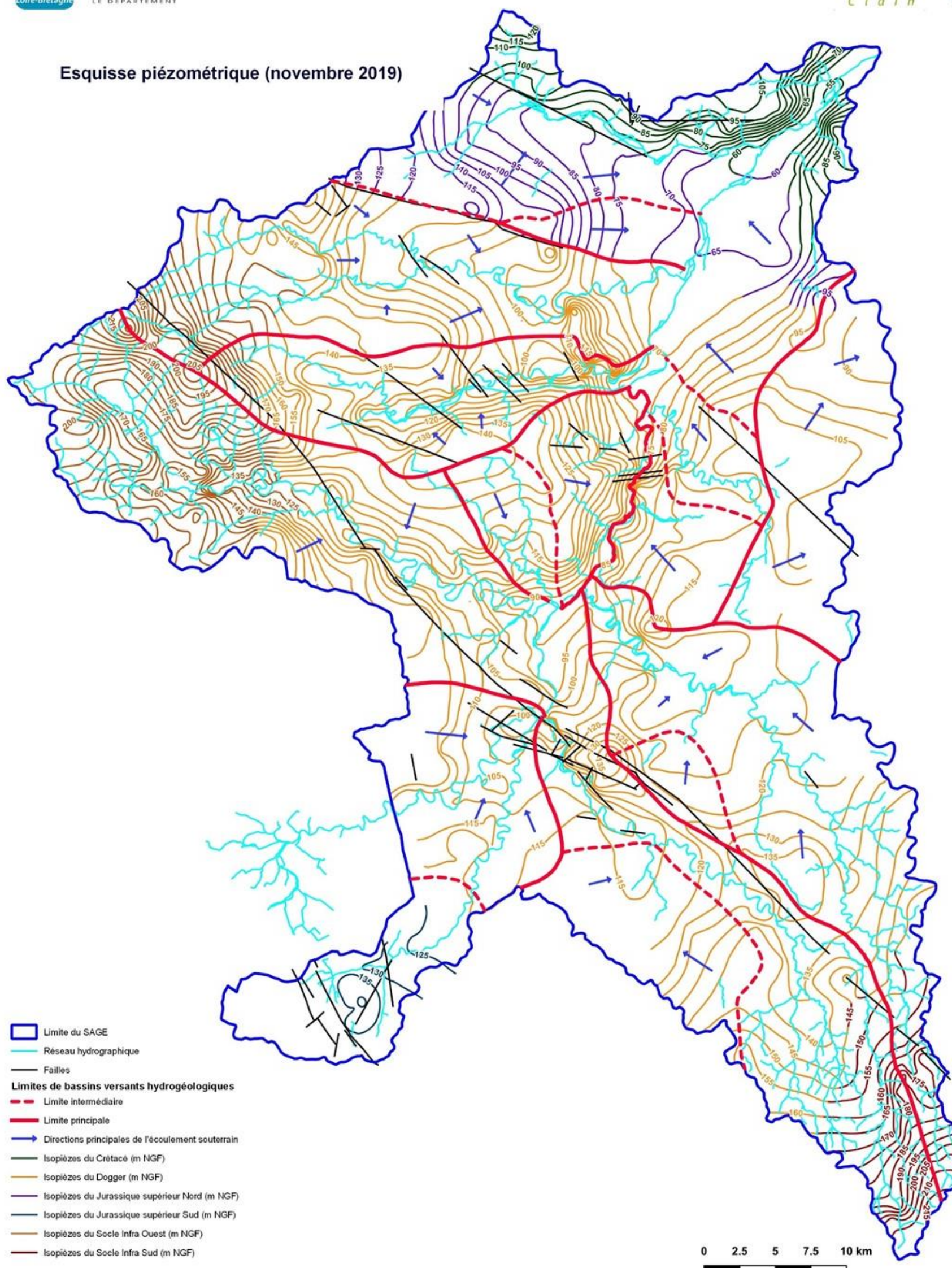


Figure 19 : Esquisse piézométrique réalisée sur la base de la campagne de 2019 (source : CPGF Horizons)



### 4.3.2.1 Approche des relations nappes/rivières par décomposition des hydrogrammes

L'écoulement de base d'un cours d'eau représente la part du débit de ce cours d'eau provenant du ou des aquifères qui lui sont hydrauliquement connectés.

Sur le cycle hydrologique analysé (01/04/2020 au 31/03/2021), la grande majorité des stations hydrométriques (existantes et installées temporairement dans le cadre de la tranche optionnelle) montre une participation des eaux souterraines à l'apport débitmétrique global comprise entre 40% et 60%, soit une part significative. En phase d'étiage, le débit du réseau hydrographique est exclusivement assuré par l'apport des nappes d'eau souterraines. Trois stations hydrométriques présentent des apports en eaux souterraines particulièrement importants : la Pallu en amont de Vendevre du Poitou, la Belle à Magné, le Bé à Sommières-du-Clain.

A l'inverse, certaines stations présentent des apports en eaux souterraines particulièrement faibles : l'Auxance en amont de la station de Latillé, le Miosson à Smarves.

Enfin, les différentes stations hydrométriques installées sur le cours du Clain montrent des apports de nappe croissants, compris entre 47 et 54 % de l'amont vers l'aval.

### 4.3.3 Analyse du fonctionnement hydrologique

#### 4.3.3.1 Analyse des débits mesurés

##### 4.3.3.1.1 Evolution des débits dans le passé proche (période 1969-1987 vs 2000-2018)

Du fait de leurs chroniques de mesure de débit particulièrement longues, trois stations hydrométriques ont pu être valorisées dans le cadre d'une analyse diachronique permettant d'évaluer l'évolution des débits dans un passé proche.

Tableau 9 : Stations hydrométriques exploitées pour l'analyse diachronique (Source : Banque Hydro)

| Code de la station                 | L2253010         | L2321610                  | L2501610          |
|------------------------------------|------------------|---------------------------|-------------------|
| Nom de la station                  | La Vonne à Cloué | Le Clain à Vivonne Danlot | Le Clain à Dissay |
| Surface drainée (km <sup>2</sup> ) | 303              | 1805                      | 2881              |

- ❖ On observe une **diminution généralisée des débits entre la période 1969-1987 et 2000-2018**, d'autant plus marquée sur les débits statistiques d'étiage (QMNA5 et VCNs). Durant la période 2000-2018, on retrouve de plus nombreuses années pour lesquelles le débit moyen annuel est plus faible que le module. Ceci est notamment lié à la raréfaction des années à fort débit hivernal, dont l'occurrence peut jouer un rôle important pour la recharge des nappes ;

- ❖ Cette diminution des débits est accompagnée **par un début de basses eaux précoce<sup>3</sup>**, avancé d'un mois pour les trois stations étudiées entre les deux périodes. On remarque en effet une baisse importante des débits moyens mensuels printaniers ;
- ❖ **La sévérité des étiages, caractérisée par le rapport Module/QMNA5, a fortement augmenté** entre 1969-1987 et 2000-2018 pour les stations du Clain à Vivonne Danlot et à Dissay ;
- ❖ On remarque par ailleurs que les débits mensuels quinquennaux secs ont diminués sur toute l'année et sur chaque station, ce qui témoigne d'une diminution significative des débits sur les années sèches ;

Pour les deux périodes d'étude, le régime hydrologique observé aux trois stations est pluvial avec des hivers humides et des étiages prononcés en été, particulièrement entre les mois de juillet et d'octobre.

Parmi les phénomènes expliquant ces évolutions, on recense le changement climatique comme élément explicatif principal. D'autres facteurs comme l'évolution de l'occupation du sol, des usages de l'eau et des caractéristiques hydrauliques des cours d'eau peuvent également influencer les débits.

#### 4.3.3.1.2 Analyse des débits sur la période 2000-2018

Les éléments principaux observés sont les suivants :

- ❖ **Une période de basses eaux allant des mois de mai à novembre** inclus s'observe sur l'ensemble des cours d'eau avec une exception; **la Pallu présente une période de basses eaux s'étendant de juillet à décembre**, ce qui représente un décalage conséquent par rapport aux autres cours d'eau. Le bassin suit ainsi un **régime pluvial classique avec des hivers humides et des étiages prononcés en été** ;
- ❖ **Les bassins de la Dive de Couhé, de la Vonne et du Miosson** présentent un **écart relativement marqué** entre leur module et leurs débits caractéristiques d'étiage; **les étiages y sont par conséquent sévères**;
- ❖ A l'inverse, **la Clouère, la Boivre et l'Auxance** présentent un **écart plus modéré** entre leur module et leurs débits caractéristiques d'étiage, ce qui signifie que leurs **étiages sont moins marqués** que ceux du reste du territoire ;
- ❖ **Le débit annuel moyen du Clain surpasse celui de chacun de ses affluents** dès la Station de Vivonne (Petit Allier) ;
- ❖ On retrouve une **bonne correspondance avec le climat** concernant les débits moyens annuels. En effet, les années **2005, 2011, 2015 et 2017** apparaissent comme particulièrement **sèches**, tandis que les années **2000-2001 et 2013** sont plus **humides**. On note également une certaine inertie de l'hydrologie par rapport aux facteurs climatiques. En effet, malgré une bonne reprise de la pluviométrie efficace théorique en 2006-2008, les débits peinent à remonter à la suite de la sécheresse de 2005. A l'inverse, on note un bon maintien des débits sur l'année 2014 malgré une légère baisse de la pluviométrie ;
- ❖ La Vonne présente des débits spécifiques relativement élevés en période hivernale (mais pas en période estivale), tandis que le Miosson et la Pallu en présentent de relativement faibles;

<sup>3</sup> Les périodes de basses eaux ont été identifiées comme étant les mois pour lesquels le débit moyen interannuel est en-deçà du module.

- ❖ La Pallu présente un cycle annuel particulier, avec un **bon maintien (relatif) des débits jusqu'au mois de juin** ;
- ❖ La Pallu et le Miosson présentent un **régime particulier aussi**, puisqu'il varie très peu au cours de l'année, en comparaison avec les autres cours d'eau. Il est important de noter que la Pallu présente des assècs récurrents ;
- ❖ La Dive de Couhé présente des débits mensuels quinquennaux secs spécifiques légèrement plus bas que les autres cours d'eau en période estivale, ce qui corrobore le fonctionnement particulier lui étant attribué (pertes vers le territoire du SAGE de la Sèvre-Niortaise). Néanmoins, elle suit un **régime globalement proche de celui des autres cours d'eau** ;
- ❖ Concernant les débits mensuels quinquennaux secs, qui donnent des indications sur le comportement des cours d'eau lors de périodes particulièrement sèches, on observe également la configuration classique d'un régime pluvial, avec quelques particularités :
  - Le Miosson présente des débits mensuels quinquennaux secs particulièrement faibles sur l'ensemble de l'année, en comparaison aux autres cours d'eau ;
  - La Vonne a tendance à maintenir une bonne productivité en période hivernale, même en conditions sèches.

Les points particuliers évoqués ci-dessus peuvent s'expliquer de la manière suivante :

- ❖ La forte variation de débits de la Vonne entre l'été et l'hiver est probablement liée à la situation hydrogéologique particulière du bassin. En effet :
  - Une part importante de ce bassin se trouve sur le socle, ce qui favorise le ruissellement direct au détriment de la recharge de réservoirs souterrains. On observe donc une forte augmentation des débits en hiver, et une évaporation facilitée en été ;
  - Les gradients hydrauliques des aquifères sont très élevés en comparaison avec les autres sous-bassins versants du territoire. Ainsi, le drainage de la nappe du Dogger vers les cours d'eau y est bien marqué avec la présence de nombreuses sources au contact Aalénien/Toarcien. Le contexte karstique aidant, on peut s'attendre à ce qu'une part importante de l'eau infiltrée dans la nappe ressurgisse rapidement dans le cours d'eau ;
- ❖ La faible productivité du Miosson peut s'associer à au moins trois facteurs :
  - Les précipitations y sont significativement plus faibles que sur les parties plus au Sud du territoire d'étude ;
  - Une zone de perte a été identifiée (environ 1 km entre la Houcharde et la Cadouillère). Les écoulements perdus rejoignent le Clain à la source de Preuilly ;
  - Sur la partie amont du bassin, les écoulements souterrains sont dirigés vers la Vienne, la surface du bassin hydrogéologique associé à la rivière est donc limitée ;
  - Quatrième facteur éventuel : Selon les esquisses anciennes (Chamayou 1978) et la carte piézométrique réalisée à l'étiage 2019, le Miosson est déconnecté du Dogger dans cette zone, et ne bénéficie en ce sens d'aucun (ou de très faibles) apports. D'autres esquisses à plus large échelle (BRGM 2004), montreraient que le Miosson constitue un drain pour la nappe du Dogger. Les analyses de CPGF Horizons mettent en évidence que le Miosson est,

au moins sur une partie de son cours et sur une partie du temps, perché par rapport à la nappe du Dogger ;

- ❖ La faible productivité de la Pallu peut s'associer à :
  - Des précipitations significativement plus faibles que sur les parties plus au Sud du territoire d'étude ;
  - Sa déconnection saisonnière des nappes souterraines, au moins dans sa partie amont ;
  - L'orientation des écoulements souterrains sur la partie aval de son bassin, en rive droite, qui sont dirigés vers le Clain, ce qui limite l'étendue du bassin versant hydrogéologique associé à la rivière ;
  - La légère inertie constatée sur les volumes annuels écoulés par rapport la pluviométrie efficace témoigne du rôle important des nappes dans la contribution aux débits. En effet, les cycles de recharge-apport aux cours d'eau introduisent une latence de la réponse hydrologique aux phénomènes météorologiques.

L'analyse des chroniques hydrométriques permet également de définir une période d'étiage :

- ❖ On observe qu'en situation moyenne, une période de très bas débit se démarque très clairement entre les mois de juillet et d'octobre, avec moins de 5% du volume annuel écoulé sur chacun de ces mois. Cette période constitue un « **plateau bas** » **encadré par des débits significativement plus élevés au mois de juin et au mois de novembre.**
- ❖ En situation sèche, on note un comportement similaire, avec toutefois une reprise plus modérée au mois de novembre. La part d'écoulement y ayant lieu reste malgré tout significativement plus élevée que celle des mois de juillet à octobre.
- ❖ La période d'étiage retenue pour les cours d'eau du SAGE Clain s'étend donc du **mois de juillet au mois d'octobre**. Une exception concerne la Pallu, qui du fait de son fonctionnement particulier, présente une période d'étiage allant du mois d'août au mois de novembre.

Mise en perspective avec l'hydrologie de la France entière :

- ❖ Dans le cadre d'une convention<sup>4</sup> ONEMA-CEMAGREF/Irstea (aujourd'hui respectivement OFB et INRAE), une cartographie consensuelle du module et du QMNA5 couvrant plus de 99% du réseau hydrographique français a été produite à l'aide d'une approche multi-modèle. Il est en particulier intéressant d'évaluer le rapport module/QMNA5 afin d'appréhender la sévérité des étiages ;
- ❖ Ce dernier permet de mettre en évidence l'occurrence d'étiages relativement sévères sur le périmètre du SAGE, en particulier au niveau des têtes de bassins.

#### 4.3.3.2 Analyse du réseau ONDE

Les cours d'eau du périmètre du SAGE Clain ont connu des étiages plus sévères que l'ensemble de la métropole en 2012, 2017 et 2018, tandis qu'ils ont connu des étiages similaires à moins sévères que l'ensemble de la métropole entre 2013 et 2016

<sup>4</sup> Partenariat 2011 – Domaine Hydromorphologie et altérations physiques des hydrosystèmes continentaux – Action Prédétermination des étiages.



## Phase 1 – Synthèse

### Etude « Hydrologie Milieux Usages Climat » (H.M.U.C.) pour la mise en œuvre du SAGE Clain



On constate que le bassin du Clain est sujet aux assecs répétés, en particulier au niveau des bassins de la Bouleure, de la Vonne, de la Clouère et de la Pallu.

#### 4.3.3.3 Analyse des arrêtés de restriction

Les zones d'alerte de la Clouère et de la Vonne, en second lieu, sont particulièrement soumises aux restrictions d'alerte renforcée ou de crise. Le bassin de la Clouère est par ailleurs particulièrement sujet aux assecs (d'après les analyses du réseau ONDE)

Les restrictions sécheresse (tous seuils confondus) surviennent majoritairement sur une période allant d'août à octobre, le mois de septembre étant particulièrement concerné ;

Les années 2013 et 2014 n'ont fait l'objet que de très peu de restrictions sur le bassin du Clain, en raison d'importantes précipitations estivales ;

Les années 2017 à 2019 apparaissent, selon le critère des restrictions, comme très sèches. L'année 2019, en particulier, a fait l'objet de coupures estivales sur l'infra-Toarcien.

#### 4.3.3.4 A retenir

##### ❖ Analyse diachronique

L'analyse diachronique mettant en perspective les périodes 1969-1987 et 2000-2018 montre une diminution généralisée des débits, d'autant plus marquée sur les étiages (la sévérité des étiages augmente fortement sur le Clain).

Le début des basses eaux intervient de plus en plus tôt, tandis que la fin des basses eaux intervient au même moment.

On observe également que les situations de stress hivernal sont plus sévères aujourd'hui.

Entre les deux périodes, on note la stabilité d'un régime pluvial classique.

##### ❖ Analyse hydrologique par unité de gestion sur la période 2000-2018

On observe sur l'ensemble des unités de gestion un régime pluvial classique, sauf pour la Pallu dont le cycle est légèrement décalé.

La période de basses eaux intervient de mai à novembre, sauf pour la Pallu (pour laquelle elle a lieu de juillet à décembre, ce qui doit être modéré par l'utilisation d'une chronique hydrométrique relativement courte pour ce cours d'eau).

Les étiages les plus sévères ont lieu sur la Dive de Couhé, la Vonne et le Miosson (rapport module/QMNA5 fort). Ils sont plus modérés sur la Clouère, la Boivre et l'Auxance (rapport module/QMNA5 plus modéré).

La Vonne est très productive en moyennes et hautes eaux et relativement peu productive en été, probablement en lien avec sa situation largement sur socle et ses aquifères réactifs (du fait du fort gradient hydraulique).

Le Miosson est très peu productif, en raison des faibles précipitations, de pertes rejoignant le Clain, d'écoulements souterrains partiellement dirigés vers le bassin versant de la Vienne, et d'une situation perchée sur au moins une partie de son cours.

La Pallu est très peu productive, partiellement en raison de faibles précipitations, déconnection des nappes sur sa partie amont et écoulements souterrains dirigés vers le Clain sur sa partie aval, en rive droite. On verra dans la suite du rapport que cette faible productivité est également largement liée à une pression d'usages particulièrement forte sur ce cours d'eau

Le rôle important du compartiment souterrain est confirmé par une légère inertie des écoulements par rapport aux phénomènes météorologiques.

#### ❖ Détermination de la période d'étiage

Une période de très bas débit se démarque très clairement entre les mois de juillet et d'octobre, avec moins de 5% du volume annuel écoulé sur chacun de ces mois. Cette période constitue un « plateau bas » encadré par des débits significativement plus élevés au mois de juin et au mois de novembre. **La période d'étiage retenue pour les cours d'eau du SAGE Clain s'étend donc du mois de juillet au mois d'octobre.** Une exception concerne la Pallu, qui du fait de son fonctionnement particulier, présente une période d'étiage allant du mois d'août au mois de novembre.

#### ❖ Mise en perspective de l'hydrologie par rapport à l'ensemble du territoire national

Il apparaît, d'après la cartographie consensuelle issue du partenariat INRAE/OFB, que les étiages du territoire du SAGE Clain sont marqués, en particulier au niveau des têtes de bassin.

#### ❖ ONDE

Les cours d'eau du périmètre du SAGE Clain ont connu des étiages plus sévères que l'ensemble de la métropole en 2012, 2017 et 2018, tandis qu'ils ont connu des étiages similaires à moins sévères que l'ensemble de la métropole entre 2013 et 2016

On constate que le bassin du Clain est sujet aux assecs répétés, en particulier au niveau des bassins de la Bouleure, de la Vonne, de la Clouère et de la Pallu.

#### ❖ Analyse des arrêtés de restriction

Les zones d'alerte de la Clouère et de la Vonne, en second lieu, sont particulièrement soumises aux restrictions d'alerte renforcée ou de crise. Le bassin de la Clouère est par ailleurs particulièrement sujet aux assecs (d'après les analyses du réseau ONDE)

Les restrictions sécheresse (tous seuils confondus) surviennent majoritairement sur une période allant d'août à octobre, le mois de septembre étant particulièrement concerné ;

Les années 2013 et 2014 n'ont fait l'objet que de très peu de restrictions sur le bassin du Clain, en raison d'importantes précipitations estivales ;

Les années 2017 à 2019 apparaissent, selon le critère des restrictions, comme très sèches. L'année 2019, en particulier, a fait l'objet de coupures estivales sur l'infratoarcien.

### 4.3.4 Reconstitution de l'hydrologie désinfluencée

L'impact des prélèvements est visible sur la totalité des unités de gestion du bassin du Clain, par un écart entre le régime influencé (plus bas) et le régime désinfluencé (plus haut). Le tableau et la figure suivante permettent de résumer l'impact au niveau de chaque unité de gestion, et de les comparer entre elles.

Il est intéressant de comparer dans un premier temps la magnitude générale des prélèvements avec la quantité d'eau moyenne écoulée de chaque unité de gestion (le module). On observe, d'après la dernière

colonne du tableau suivant, que la **pression globale de prélèvement est particulièrement marquée** sur la **Pallu, la Boivre et l'Auxance**, tandis qu'elle est **quasiment nulle, voire négative au niveau du Clain médian, du Miosson et du Clain aval** (essentiellement en raison de la présence de la STEU de la Folie pour ce dernier).

Cette comparaison permet d'appréhender en ordre de grandeur l'intensité de l'activité humaine sur chaque unité de gestion, mais elle ne permet pas d'en déduire directement l'effet sur les débits. En effet, cela dépend par exemple de la répartition infra-annuelle des prélèvements et des débits, des relations nappes rivières... Afin de prendre en compte ces facteurs, il convient de comparer les indicateurs issus des modélisations.

On observe ainsi que **la Pallu est effectivement soumise à une pression anthropique très importante**, puisque **son module est diminué de 20% par les prélèvements nets** et puisque **ses indicateurs statistiques d'étiage de fréquence quinquennale sont diminués de 98%**, entre la situation désinfluencée et influencée. Pour ce cours d'eau aux assecs récurrents, il ressort des analyses réalisées que **l'activité anthropique constitue une cause prépondérante de ces derniers**.

**La Bouleure, la Vonne et l'Auxance** subissent également une **pression marquée**, particulièrement visible en période d'étiage, lors d'épisodes de sécheresse (**écart de plus de 80% entre la situation désinfluencée et influencée sur les indicateurs quinquennaux**). Pour la Bouleure et l'Auxance, ceci s'explique par des prélèvements nets marqués. Pour la Vonne, ses **étiages naturellement faibles** la rendent plus vulnérable que les autres cours d'eau, ce qui explique en partie qu'elle subisse une pression élevée malgré un prélèvement net relativement peu important.

Pour la **Boivre**, le bilan sur les étiages est plus modéré, malgré un prélèvement net marqué. Ceci est lié à ses **étiages naturellement soutenus**. Cependant, ces derniers ne suffisent pas à compenser les prélèvements dont l'effet reste relativement marqué (**écart de plus de 60% entre les indicateurs quinquennaux influencés et désinfluencés**).

Le **Clain à tous ses niveaux, ainsi que la Dive de Couhé**, subissent également une pression conséquente malgré un prélèvement net modéré (**écart de plus de 30% entre les indicateurs quinquennaux influencés et désinfluencés**). Ceci peut s'expliquer par une **concentration du prélèvement net en période estivale**, lorsque l'hydrologie est la plus vulnérable.

**La Clouère** présente un **impact modéré** grâce à ses **étiages naturellement soutenus**. **Le Miosson**, quant à lui, présente de faibles volumes de prélèvements et un prélèvement net négatif (du fait des rejets importants y ayant lieu). Ainsi, ses indicateurs d'étiage sont équivalents en situation influencée et désinfluencée. **Il s'agit d'une unité de gestion dont l'impact quantitatif global peut être considéré nul**.

**La durée des étiages est fortement influencée par les activités anthropiques**. En effet, on observe qu'en situation influencée les QMNA5 et QMNA2 influencés ne sont pas atteints sur des durées plus de deux fois plus longues qu'en situation désinfluencée. Ceci est valable pour l'intégralité des unités de gestion, hormis le Miosson.

Les faibles prélèvements hivernaux actuels, conjointement aux débits élevés y ayant lieu, expliquent la proximité entre régime influencé et désinfluencé en dehors de la période d'étiage.

Tableau 10 : Comparaison de l'effet des prélèvements nets sur l'hydrologie des différentes unités de gestion (Source : Suez Consulting 2021)

|                  | Module (L/s) |              |                       | QMNA5 (L/s) |             |                       | VCN30(5) (L/s) |             |                       | VCN30(2) (L/s) |             |                       | Analyse des prélèvements nets |                                  |
|------------------|--------------|--------------|-----------------------|-------------|-------------|-----------------------|----------------|-------------|-----------------------|----------------|-------------|-----------------------|-------------------------------|----------------------------------|
|                  | Infl.        | Désinfl.     | Ecart (% de Désinfl.) | Infl.       | Désinfl.    | Ecart (% de Désinfl.) | Infl.          | Désinfl.    | Ecart (% de Désinfl.) | Infl.          | Désinfl.    | Ecart (% de Désinfl.) | Prélèvement net moyen (m3/an) | Rapport prélèvement net / module |
| Le Clain amont   | 6177 (6.9)   | 6480 (7.23)  | 5%                    | 624 (0.7)   | 951 (1.06)  | 34%                   | 598 (0.67)     | 915 (1.02)  | 35%                   | 1119 (1.25)    | 1496 (1.67) | 25%                   | 9595125 (10711)               | 5%                               |
| La Bouleure      | 1356 (8.45)  | 1445 (9)     | 6%                    | 20 (0.13)   | 159 (0.99)  | 87%                   | 19 (0.12)      | 150 (0.94)  | 88%                   | 92 (0.57)      | 250 (1.56)  | 63%                   | 2788290 (17371)               | 7%                               |
| La Dive de Couhe | 2294 (7.51)  | 2356 (7.71)  | 3%                    | 151 (0.5)   | 241 (0.79)  | 37%                   | 143 (0.47)     | 227 (0.74)  | 37%                   | 298 (0.98)     | 395 (1.29)  | 25%                   | 1954565 (6398)                | 3%                               |
| La Vonne         | 3266 (8.6)   | 3357 (8.84)  | 3%                    | 33 (0.09)   | 226 (0.6)   | 86%                   | 31 (0.08)      | 212 (0.56)  | 85%                   | 155 (0.41)     | 329 (0.87)  | 53%                   | 2871399 (7560)                | 3%                               |
| La Clouere       | 2384 (6.2)   | 2496 (6.49)  | 5%                    | 375 (0.97)  | 529 (1.37)  | 29%                   | 352 (0.92)     | 503 (1.31)  | 30%                   | 548 (1.43)     | 710 (1.85)  | 23%                   | 3511591 (9133)                | 5%                               |
| Le Clain médian  | 13346 (6.64) | 14011 (6.97) | 5%                    | 1231 (0.61) | 2066 (1.03) | 40%                   | 1181 (0.59)    | 1990 (0.99) | 41%                   | 2188 (1.09)    | 3068 (1.53) | 29%                   | 20982245 (10441)              | 5%                               |
| Le Miosson       | 369 (2.52)   | 370 (2.53)   | 0%                    | 30 (0.21)   | 30 (0.21)   | 0%                    | 28 (0.19)      | 28 (0.19)   | 1%                    | 58 (0.4)       | 58 (0.4)    | 0%                    | 15032 (103)                   | 0%                               |
| La Boivre        | 1192 (5.86)  | 1360 (6.69)  | 12%                   | 114 (0.56)  | 309 (1.52)  | 63%                   | 103 (0.51)     | 300 (1.48)  | 66%                   | 240 (1.18)     | 442 (2.17)  | 46%                   | 5285272 (26001)               | 14%                              |
| L'Auxance        | 1591 (4.88)  | 1713 (5.25)  | 7%                    | 47 (0.14)   | 327 (1)     | 86%                   | 44 (0.14)      | 313 (0.96)  | 86%                   | 237 (0.73)     | 502 (1.54)  | 53%                   | 3771873 (11558)               | 8%                               |
| La Pallu         | 717 (3.16)   | 883 (3.89)   | 19%                   | 4 (0.02)    | 194 (0.85)  | 98%                   | 4 (0.02)       | 183 (0.81)  | 98%                   | 43 (0.19)      | 315 (1.39)  | 86%                   | 5201123 (22935)               | 23%                              |
| Le Clain aval    | 19689 (6.33) | 20753 (6.68) | 5%                    | 2074 (0.67) | 3323 (1.07) | 38%                   | 1944 (0.63)    | 3146 (1.01) | 38%                   | 3456 (1.11)    | 4849 (1.56) | 29%                   | 33406825 (10745)              | 5%                               |

Note :

- Les valeurs entre parenthèses sont les débits spécifiques. L'échelle de couleur utilisée permet d'identifier les unités de gestion les plus impactées, selon l'indicateur présenté ;
- Les prélèvements nets présentés impliquent non seulement les usages superficiels, mais également souterrains

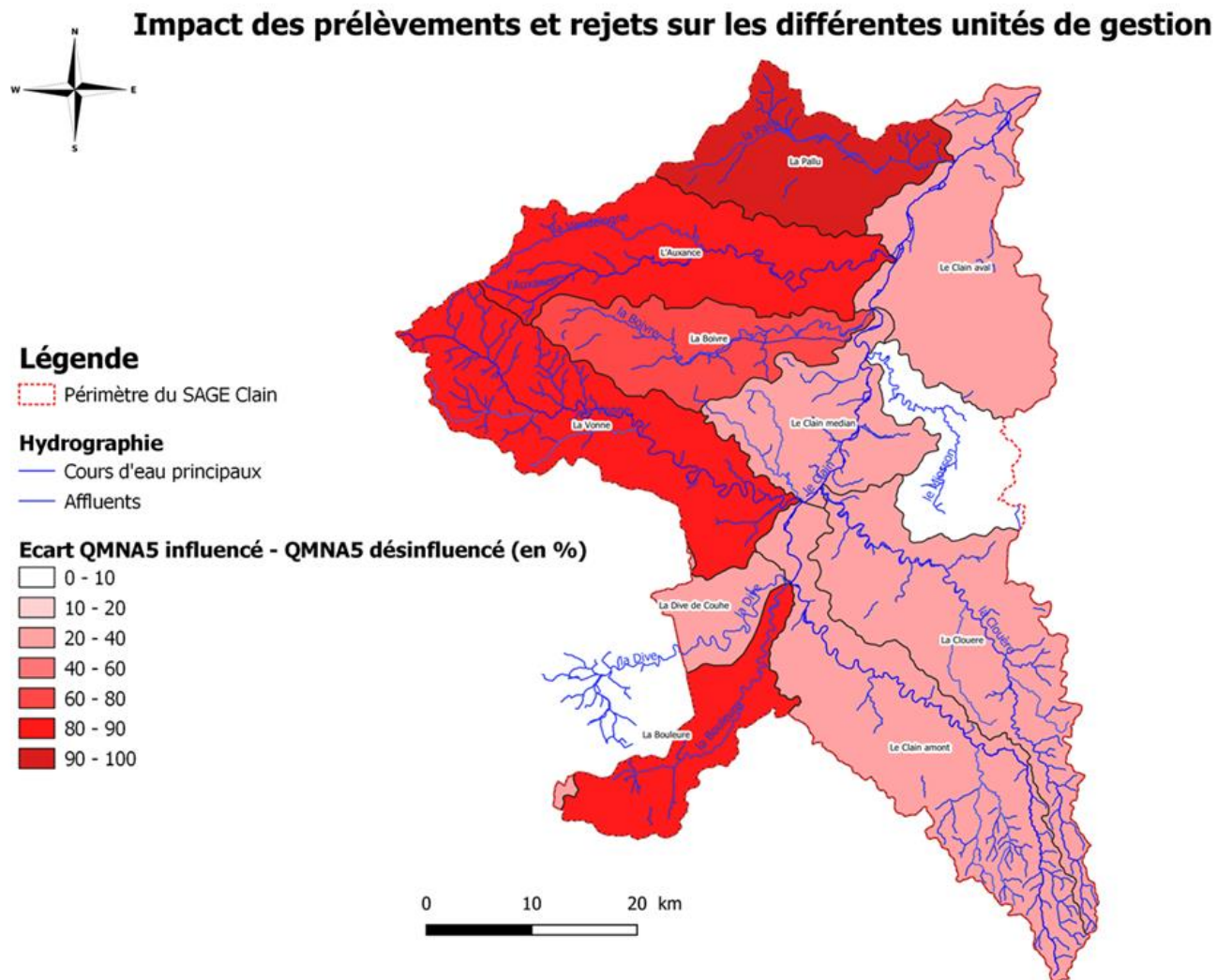


Figure 20 : Comparaison du QMNA5 influencé au QMNA5 désinfluencé sur les unités de gestion du bassin versant du Clain (Sources : EPTB Vienne, Suez Consulting)



## 5 VOLET « MILIEUX »

### 5.1 Objectifs visés

- ❖ Comprendre le contexte environnemental des cours d'eau du bassin versant ;
- ❖ Evaluer l'effet des débits sur le bon fonctionnement des cours d'eau (hydromorphologique, biologique) ;
- ❖ Identifier les espèces-cibles (ou représentatives) des unités de gestion du bassin versant ;
- ❖ Définir des débits biologiques permettant la réalisation du cycle de vie des espèces-cibles identifiées.

### 5.2 Eléments de méthode

- ❖ Dans un premier temps, un état des lieux écologique du territoire d'étude est dressé. Les éléments sont abordés par thématique et permettent d'avoir une vue d'ensemble du bassin versant étudié : ses dysfonctionnements, ses atouts et ses enjeux.
  - Sont abordés :
    - Le contexte piscicole ;
    - La thermie ;
    - L'état écologique et l'état chimique ;
    - L'hydromorphologie ;
    - Les patrimoines naturels remarquables ;
    - Les plans d'eau ;
    - Les notions de cours d'eau listés.
  - Chaque élément est, quand cela est possible, recoupé au regard du contexte environnemental dans lesquels évoluent les cours d'eau du territoire. Une synthèse de cette analyse est réalisée à l'échelle de chaque unité de gestion étudiée, ce qui permet de mettre en évidence dans quelle mesure une unité de gestion présente un contexte favorable ou défavorable d'un point de vue quantitatif et qualitatif de la ressource ;
- ❖ Dans un second temps, la problématique des débits biologiques est abordée :
  - La méthodologie de détermination des débits biologiques en période de basses eaux s'appuie sur le protocole ESTIMHAB<sup>5</sup>, sur l'hydrologie désinfluencée des cours d'eau et sur le contexte environnemental dressé en première partie.
    - ESTIMHAB s'appliquant sur un tronçon de cours d'eau de longueur équivalent à environ 15 fois la largeur de ce dernier, la première étape consiste en l'identification de tronçons éligibles à l'approche et représentatifs du fonctionnement du cours d'eau. La méthodologie ayant permis l'identification

---

<sup>5</sup> Le protocole ESTIMHAB permet d'évaluer l'habitabilité (au sens hydraulique du terme) en fonction du débit d'un tronçon de cours d'eau par une espèce ou un groupe d'espèces piscicole(s). [Le protocole est décrit dans de plus amples détails dans le rapport du volet « Milieux ».](#)

des stations au niveau desquelles a été mis en œuvre le protocole est reprécisée en annexe 4. Une présentation plus détaillée de la démarche d'identification de ces stations est donnée dans la note technique de proposition de points de définition des débits biologiques.

- Ce protocole permet d'analyser l'habitabilité des cours d'eau par un cortège d'espèces piscicoles représentatives des différents types de cours d'eau de France. Il est donc nécessaire d'identifier, pour chaque unité de gestion, les espèces cibles à retenir pour l'analyse. La méthodologie de détermination de ces espèces cibles s'appuie sur les données de pêche, le contexte environnemental et l'expertise territoriale.
- Enfin, une approche de détermination des débits biologiques hivernaux/printaniers est proposée. Cette dernière se base sur l'analyse de débits et de fonctionnement de frayères à Brochet (naturelles et aménagées), espèce très représentative du bassin versant. Le suivi des frayères n'étant pas homogène sur l'ensemble du bassin, la robustesse de l'analyse réalisée est évaluée au niveau de chaque unité de gestion. Cela permet non seulement d'évaluer les valeurs obtenues en connaissance de cause dans la suite de l'étude, mais également de préflécher les préconisations d'action qui seront formulées en matière d'amélioration de la connaissance. Afin de déterminer les débits biologiques hivernaux on s'appuie :
  - Pour les frayères aménagées fonctionnant par débordement, sur leur débit de connexion établi par la FDAAPPMA 86 au niveau d'une station hydrométrique de référence attribuée à ces frayères ;
  - Pour les frayères naturelles, sur leur débit limite de fonctionnement et sur leur débit de remplissage optimal établi par la FDAAPPMA 86 au niveau d'une station hydrométrique de référence attribuée à ces frayères.

## 5.3 Résultats obtenus

### 5.3.1 Analyse du contexte environnemental

Le tableau suivant synthétise les principales données concernant le contexte environnemental du territoire d'étude. L'analyse du contexte est présentée par la suite par unités de gestion.

## Phase 1 – Synthèse

Etude « Hydrologie Milieux Usages Climat » (H.M.U.C.) pour la mise en œuvre du SAGE Clain



Tableau 11 : Synthèse du contexte environnemental

| Nom de l'unité de gestion                         | Contexte piscicole         | Etat piscicole | Classement cours d'eau | Axe migrateur             | Thermie aux espèces repères | Etat écologique | Etat chimique (avec ubiquistes) | Altérations recensées                                                                            | Milieux remarquables                                         |
|---------------------------------------------------|----------------------------|----------------|------------------------|---------------------------|-----------------------------|-----------------|---------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| Le Clain amont                                    | Cyprinicole (BRO)          | Très perturbé  | Liste 1                | Anguille et Truite de mer | Bonne                       | Moyen           | Bon                             | Manque d'eau, Morphologie dégradée, plans d'eau et continuité écologique altérée                 | Réservoir biologique, Natura 2000, ENS, ZNIEFF Zones humides |
| La Dive de Couhé aval (analysée avec la Bouleure) | Intermédiaire (BRO et TRF) | Très perturbé  | Liste 1                | -                         | Bonne                       | Moyen           | NC                              | Manque d'eau, Morphologie dégradée et continuité écologique altérée                              | Réservoir biologique, Natura 2000, ENS, ZNIEFF Zones humides |
| La Bouleure (analysée avec la Dive de Couhé)      | Intermédiaire (BRO et TRF) | Très perturbé  | Liste 1                | -                         | Bonne                       | Moyen           | NC                              | Manque d'eau                                                                                     | ZNIEFF et ENS Zones humides                                  |
| La Vonne                                          | Cyprinicole (BRO)          | Très perturbé  | Liste 1                | -                         | Bonne                       | Moyen           | Bon                             | Manque d'eau et continuité écologique altérée                                                    | Réservoir biologique, ZNIEFF et ENS Zones humides            |
| La Clouère                                        | Cyprinicole (BRO)          | Très perturbé  | Liste 1 et 2           | -                         | Bonne                       | Moyen           | Bon                             | Morphologie dégradée, Continuité écologique altérée et plans d'eau                               | Réservoir biologique, ZNIEFF et ENS Zones humides            |
| Le Clain médian                                   | Cyprinicole (BRO)          | Très perturbé  | Liste 1 et 2           | Anguille et Truite de mer | Bonne                       | Moyen           | Bon                             | Manque d'eau, continuité écologique altérée, chenalisation et plans d'eau                        | Réservoir biologique, ZNIEFF et ENS                          |
| Le Miosson                                        | Cyprinicole (BRO)          | Peu Perturbé   | -                      | -                         | Bonne                       | Moyen           | Bon                             | Continuité écologique altérée, Morphologie dégradée et présence de plans d'eau en tête de bassin | ZNIEFF Zones humides                                         |

## Phase 1 – Synthèse

Etude « Hydrologie Milieux Usages Climat » (H.M.U.C.) pour la mise en œuvre du SAGE Clain



| Nom de l'unité de gestion | Contexte piscicole         | Etat piscicole | Classement cours d'eau | Axe migrateur                               | Thermie aux espèces repères | Etat écologique | Etat chimique (avec ubiquistes) | Altérations recensées                                              | Milieux remarquables                                         |
|---------------------------|----------------------------|----------------|------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------|-----------------|---------------------------------|--------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| La Boivre                 | Intermédiaire (BRO et TRF) | Très perturbé  | Liste 1                | -                                           | Bonne                       | Moyen           | Bon                             | Morphologie dégradée, continuité écologique altérée et plans d'eau | Réservoir biologique, ZNIEFF et ENS Zones humides            |
| L'Auxance                 | Intermédiaire (BRO et TRF) | Très perturbé  | Liste 1                | -                                           | Bonne                       | Moyen           | Bon                             | Morphologie dégradée, continuité écologique altérée et plans d'eau | Réservoir Biologique, Natura 2000, ENS, ZNIEFF Zone humide   |
| La Pallu                  | Salmonicole (TRF)          | Très perturbé  | Liste 2                | -                                           | Mauvaise                    | Moyen           | Bon                             | Assèchement, Morphologie dégradée et continuité écologique altérée | Natura 2000, ENS, ZNIEFF                                     |
| Le Clain aval             | Cyprinicole (BRO)          | Très perturbé  | Liste 1 et 2           | Alose, lamproies, Anguille et Truite de mer | Bonne                       | Moyen           | Mauvais                         | Chenalisation, continuité écologique altérée et lit majeur aménagé | Réservoir biologique, Natura 2000, ENS, ZNIEFF Zones humides |

Si les bassins versants étudiés ici présentent un fort potentiel d'un point de vue des milieux, les cours d'eau accusent de nombreuses altérations venant perturber leur état écologique. En conséquence, les contextes piscicoles sont perturbés et les milieux sont altérés.

#### 5.3.1.1 Le Clain amont

L'unité de gestion s'inscrit dans un contexte cyprinicole très perturbé. La thermie est adéquate sur le Clain pour son espèce repère, le Brochet, qui peut réaliser son cycle complet.

Néanmoins plusieurs perturbations existent sur ce secteur :

- ❖ La présence de **plans d'eau** et d'**importants prélèvements** altère l'hydrologie des cours d'eau de cette unité de gestion où un **manque d'eau est relevé** ;
- ❖ La mise en bief et les opérations de travaux hydrauliques des années 1960 – 1970 ont conduit à une **banalisation des habitats** et un **colmatage important**. Sur la moitié aval de la masse d'eau, une pression significative sur **le gabarit du cours d'eau (partie aval de l'unité de gestion) et la qualité du substrat**. Ce sur-calibrage peut avoir d'importantes répercussions sur l'intensité des étiages et la dynamique des écoulements en hiver ;
- ❖ Les ouvrages hydrauliques présents **fragmentent la continuité écologique** et provoquent des **zones de remous** qui tendent à homogénéiser les habitats ;
- ❖ En lit majeur, **l'aménagement des plans d'eau** a conduit à la réduction du chevelu hydrographique et des annexes hydrauliques.

Ces constats concernant la **morphologie et l'hydrologie** peuvent être mis en corrélation avec **l'état écologique moyen** actuel de la masse d'eau. La modification morphologique, la présence d'ouvrages et le manque d'eau ont un **impact sur les peuplements piscicoles et sur la physico-chimie du milieu**. L'indice Poisson-Rivière, attestant de l'état de qualité des peuplements piscicoles est **moyen**. Ce dérèglement est l'expression sans aucun doute d'une perte de qualité des habitats aquatiques et d'une homogénéisation des habitats conduisant à la modification des peuplements au profit d'espèces affectionnant les eaux calmes et réchauffées. La tête de bassin est également affectée par la **présence de nombreux étangs** qui favorisent la colonisation du cours d'eau par des cyprinidés d'écoulements lents.

Ajoutons que le **taux en oxygène est sur certaines années de qualité moyenne**, ce qui peut conduire également à une dégradation des milieux et des habitats, l'oxygène dissous étant crucial pour la vie aquatique.

Cependant, **il n'est pas remarqué de tendance particulière concernant l'évolution de l'état écologique de la masse d'eau ou de la thermie ces 15 dernières années**. Des actions sont prévues dans les 5 prochaines années afin d'améliorer l'état des habitats du milieu, en berge ou dans le cours d'eau.

Ainsi, nous pouvons conclure sur le fait que cette unité de gestion présente un **contexte environnemental global défavorable**, qu'il faudra prendre en compte dans l'analyse ESTIMHAB. Le Clain est inscrit dans le SDAGE comme **réservoir biologique et représente un axe migrateur pour l'Anguille et la Truite de mer**.



#### 5.3.1.2 La Dive de Couhé

La Dive de Couhé se caractérise par un contexte intermédiaire très perturbé dont les espèces repère sont la Truite fario et le Brochet. Le Brochet colonise les grandes zones végétalisées en amont tandis que la Truite fario évolue dans les eaux libres en aval. Pour cette espèce, les reproductions se font plutôt sur le cours d'eau voisin, la Bouleure. La **thermie actuelle de la Dive est adéquate pour ces espèces**.

La Dive est marquée par un **manque d'eau important**. L'analyse REH met à ce propos en évidence des compartiments **débits et ligne d'eau très altérés** en raison des **plans d'eau**, des **ouvrages transversaux** et des **prélèvements réalisés**. S'y ajoutent des pertes souterraines à la faveur du territoire du SAGE de la Sèvre-Niortaise (décrits en détails dans le rapport du volet « hydrologie »). Les pressions s'exercent principalement sur le lit mineur (gabarit et fond du lit) ainsi que la continuité écologique, très fragmentée avec un taux d'étagement élevé (101%).

**L'homogénéisation des habitats, leur fragmentation et les assecs accentués** par les dérèglements morphologiques provoquent un dérèglement dans les peuplements piscicoles. Ceci se traduit par un **IPR dégradé** et un **état écologique moyen** à l'échelle de la masse d'eau. Les paramètres physico-chimiques semblent cependant ne pas être trop impactés, au vu des résultats de l'EDL du SDAGE.

Si l'évolution de l'état écologique ne marque pas de tendance, il semble prudent de préciser, qu'une **légère hausse de la température** est observée sur ce cours d'eau depuis ces dernières années. Des actions de restauration sont prévues afin de défragmenter et diversifier les habitats, ce qui pourra avoir un effet bénéfique sur les peuplements.

Nous concluons sur le fait que cette unité de gestion présente **un contexte environnemental global défavorable**, en partie lié à sa géologie, à prendre en compte dans l'analyse ESTIMHAB. La Dive de Couhé est un réservoir biologique.

#### 5.3.1.3 La Bouleure

La Bouleure se caractérise par un contexte intermédiaire très perturbé dont les espèces repère sont la Truite fario et le Brochet. La rivière est un **lieu de reproduction pour la Truite fario**.

Comme la Dive, la Bouleure a subi d'importantes modifications de sa morphologie conduisant aujourd'hui des désordres sur le plan du gabarit et de la qualité de son substrat. Elle est également impactée par la rupture de la continuité écologique.

Etant un affluent de la Dive, les conclusions sur son état écologique sont similaires à cette dernière.

Ainsi, de la même manière, **cette unité de gestion présente un contexte environnemental global défavorable**, qu'il faudra prendre en compte dans l'analyse ESTIMHAB.

#### 5.3.1.4 La Vonne

La Vonne est marquée par un contexte piscicole cyprinicole très perturbé dont l'espèce repère est le Brochet. De **grandes frayères sont en effet disponibles pour cette espèce**. La **thermie est adéquate** pour un tel contexte sur ce cours d'eau.

La masse d'eau est cependant impactée par le manque d'eau lié à des prélèvements pour l'irrigation et l'alimentation en eau potable importants (REH 2011). **Les ouvrages transversaux induisent également une**

**pression** sur le milieu avec un taux d'étagement s'élevant à 17%. En particulier, la **continuité sédimentaire est fortement altérée** induisant un dysfonctionnement de la dynamique sédimentaire et une perte de qualité de substrat.

Les **désordres observés sur ce cours d'eau altèrent les milieux et les peuplements**. Ceci se traduit dans l'EDL du SDAGE par un **état écologique moyen** à l'échelle de la masse d'eau. Les **paramètres biologiques sont fréquemment dégradés** : peuplements piscicoles (sur-représenté par des espèces de milieux lents), invertébrés ou macro-invertébrés. Les causes peuvent être théoriquement nombreuses mais au vu des désordres évoqués, **ils semblent que les causes morphologiques** soient prépondérantes. **La physico-chimie est satisfaisante** sur ce cours d'eau, hormis à de rares occasions en raison d'une augmentation de la température (2017 par exemple).

**L'évolution de l'état écologique ne marque pas de tendance** sur la dernière décennie : elle est globalement dégradée. Aucune tendance n'est également remarquée sur la thermie, qui présentent toutefois quelques pics d'élévation en 1997, 2007 et 2017.

Au vu de ces quelques altérations, nous considérons ici que **la Vonne présente un contexte environnemental légèrement défavorable**, lié essentiellement aux prélèvements et ouvrages transversaux. Ceci est pris en compte dans la détermination des débits biologiques. **La Vonne est un réservoir biologique inscrit dans le SDAGE AELB.**

### 5.3.1.5 La Clouère

Le contexte piscicole de la Clouère est **cyprinicole très perturbé** avec le Brochet en espèce repère. La **thermie est adéquate** sur ce cours d'eau pour un tel contexte. Notons que, sans les travaux hydrauliques passés, la Clouère présenterait **sans doute un potentiel salmonicole** car la Truite fario est observée sur certains de ces affluents. Néanmoins, la **thermie est légèrement élevée** pour un contexte salmonicole.

Les désordres hydrologiques sont importants sur cette unité de gestion :

- ❖ **La présence de plans d'eau** perturbe l'hydrologie en court-circuitant les écoulements ;
- ❖ La **mauvaise gestion des vannages** et la **présence d'ouvrages hydrauliques** provoquent des assèchs sur les affluents ;
- ❖ Les **prélèvements liés à l'irrigation** ont un impact sur la nappe d'accompagnement, en particulier en amont.

Ajoutons à cela que la Clouère a subi des travaux hydrauliques altérant ses habitats et dans une moindre mesure sa résilience vis-à-vis des phénomènes d'étiage.

Sur le plan morphologique, les pressions les plus importantes relevées dans l'état des lieux du SDAGE sont liées aux ouvrages transversaux qui altèrent la continuité sédimentaire et une fragmentation marquée (taux d'étagement à 30%) Le fond du lit est également très altéré, sans doute en raison des travaux hydrauliques passés.

**L'état écologique de cette masse d'eau présente des résultats satisfaisants** entre 2013 et 2017, a contrario de années précédentes (2007 – 2012) où **l'état écologique était moyen**. Des actions depuis 2011 (date du REH) ont pu avoir lieu, expliquant en partie cette amélioration. A ce titre, il est à noter que la Clouère fait l'objet d'un programme de restauration (priorité 1).

Nous remarquons **une amélioration de l'état écologique de cette masse d'eau depuis 2013 (l'état écologique validé par l'Agence reste moyen dans le dernier état des lieux)**, mais une prudence est à accorder au vu des résultats moyens de la physico-chimie en 2019. Des problèmes liés à une **baisse du taux de l'oxygène et de la température** sont en effet ponctuellement notés. **L'évolution de la thermie ne marque cependant pas de tendance** particulière malgré deux pics importants.

La Clouère, dans la situation actuelle, présente un **contexte environnemental défavorable**. La Clouère est un **réservoir biologique** inscrit dans le SDAGE.

### 5.3.1.6 Le Clain médian

L'unité de gestion est marquée par un contexte cyprinicole très perturbé. Si le Brochet peut accomplir son cycle de reproduction, les **affluents présentent également un potentiel salmonicole**, réduit drastiquement par d'importants assèchs. Provenant des plans d'eau voisins, les espèces inféodées aux écoulements lents ont également colonisé le milieu. **La thermie sur le Clain est adéquate** pour le contexte cyprinicole.

Les désordres **sont hydrologiques** (manque d'eau) et **morphologiques** (chenalisation, présence de plans d'eau). Les prélèvements sont importants et altèrent le débit dans le cours d'eau (REH 2011). D'un autre côté, les travaux hydrauliques et les ouvrages hydrauliques participent à **banaliser les habitats lenticques et fragmenter le cours d'eau**. Ce constat est amplement partagé dans le dernier état des lieux du SDAGE. Le **taux d'étagement est estimé à 65%**.

La dernière évaluation de l'état écologique rapporte un **état moyen**, mais ce dernier est parfois bien plus dégradé au cours de la dernière décennie (**jusqu'à l'état mauvais**). Ces effets sont marqués chez les peuplements piscicoles. **La chenalisation** et la **colonisation des espèces provenant des étangs** expliquent la **dégradation de cet indice** (écart entre peuplements théoriques et observés). La **physico-chimie reste toutefois en bon état** sur la dernière décennie.

**L'état écologique est donc variable selon les années étudiées sans marquer une tendance à l'évolution particulière**. Plus récemment, le bilan oxygène (2019) est en mauvais état. Cette valeur ponctuelle ne reflète pas l'état physico-chimique observé depuis la dernière décennie. **Aucune tendance n'est également remarquée dans l'analyse de la thermie**. En revanche sur les 50 dernières années, les travaux hydrauliques ont conduit à **réduire le potentiel salmonicole du cours d'eau**. Les actions à venir concernent principalement **la restauration de la continuité écologique** au niveau de deux points de blocage.

Ainsi, **nous considérons que le contexte environnemental est défavorable** sur cette unité de gestion. Le Clain est un **axe migrateur de la Truite de mer et de l'Anguille** sur ce secteur. Il est inscrit en tant que **réservoir biologique** dans le SDAGE 2016-2021.

### 5.3.1.7 Le Miosson

Le Miosson présente un contexte cyprinicole peu perturbé et la **thermie du cours d'eau est adéquate**.

En revanche, **cela ne signifie pas pour autant que le cours d'eau est en bon état**. Le Miosson a en effet subi de nombreux travaux hydrauliques qui ont conduit à **favoriser les espèces de milieux lents au détriment d'espèces d'eaux vives**. La dynamique des écoulements est marquée par une fragmentation longitudinale (taux d'étagement de 31%) et la pression de nombreux **plans d'eau en amont**. Les pressions concernant le **gabarit, le fond du lit et la continuité sédimentaire** sont fortes sur ce cours d'eau.

L'état écologique de la **masse d'eau est moyen**. Ceci est traduit à travers des **peuplements de macro-invertébrés dégradé**, mais également dans la physico-chimie. Le **bilan oxygène est très altéré** certaines années en raison d'une importante de quantité de Carbone Organique Dissous, issu d'un fort apport en matière organique et de nutriments phosphatés. Des pics d'arsenics sont également notés. Ces désordres physico-chimiques ont sans aucun doute un impact sur les peuplements observés. **Ils sont reliés à la faible capacité auto-épuratoire du cours d'eau, dû à la faiblesse des écoulements.**

**Aucune tendance n'est observée dans l'évolution de l'état écologique, la dégradation est constante.** A l'avenir, le Miosson fera l'objet d'un programme de restauration qui permettra d'améliorer l'état actuel.

A ce titre, nous considérons ici que le **Miosson présente un contexte environnemental défavorable.**

### 5.3.1.8 La Boivre

La Boivre présente un contexte intermédiaire très perturbé où la Truite fario et le Brochet sont les espèces repères. Généralement, la **thermie est adéquate pour ces deux contextes** mais le cours d'eau peut présenter des **eaux légèrement trop chaudes pour la Truite fario**, lors des périodes estivales.

Les quelques désordres morphologiques ont pour origine la **présence d'ouvrages transversaux**, les **travaux hydrauliques des années 60/70** et les **plans d'eau**. Les pressions sont fortes sur le **fond du lit**, impactés par les opérations de curages et la fragmentation de la continuité sédimentaire. Cette **dégradation de la qualité du substrat** entraîne une dégradation de la qualité de l'habitat pour plusieurs espèces comme le Chabot. Les **problématiques d'assecs et de perte quantitative** ont conduit à la disparition progressive de la Truite fario. Auparavant présente sur l'ensemble du bassin, elle n'est localisée aujourd'hui qu'à l'amont.

**L'état écologique de la masse d'eau est moyen.** Sa dégradation est liée à **un déséquilibre des peuplements piscicoles** (sans doute lié aux raisons citées ci-dessus) et **de la physico-chimie**, déclassée par **le bilan oxygène** et la **présence d'arsenic**. La diminution des débits participe également à ces phénomènes car la faiblesse des écoulements entraîne la perte de la capacité auto-épuratoire du cours d'eau. Ces altérations peuvent **avoir d'importants impacts sur la vie aquatique** et la composition des peuplements avec la disparition des espèces les plus polluo-sensibles.

A ce titre, il semblerait que **l'hydrologie et la physico chimie soient des facteurs limitants** pour les espèces. L'accentuation des étiages a de toute évidence conduit à réduire les populations de Truite fario. Ce constat n'a pas évolué durant la dernière décennie. **Nous ne remarquons par ailleurs pas de tendance particulière** concernant l'évolution de la thermie au cours des dernières décennie. A l'avenir, des travaux sont envisagés pour restaurer la continuité écologique et renaturer le cours d'eau. Une réflexion sur la gestion artificielle des débits est également prévue.

Au regard de ces éléments, nous considérons que la Boivre se place **dans un contexte environnemental défavorable**. La Boivre est inscrit comme **réservoir biologique** dans le SDAGE 2016-2021.

### 5.3.1.9 L'Auxance

L'Auxance présente un contexte intermédiaire très perturbé dont les espèces repères sont le Brochet et la Truite fario. La **thermie est adéquate** sur le cours d'eau, bien qu'elle puisse être légèrement trop élevée en période estivale pour un contexte salmonicole. A l'instar de la Boivre, les populations de Truite fario étaient

bien développées sur l'ensemble du bassin. Aujourd'hui, l'espèce est principalement retrouvée en amont du bassin en raison de la dégradation de l'hydrologie.

Les désordres sont les mêmes que ceux cités pour la Boivre, si ce n'est que des pressions liées au gabarit du lit sont aussi présentes.

**L'état écologique de la masse d'eau est moyen**, dégradé par la physico-chimie en raison **d'importants taux en nitrates**. Néanmoins les **indices biologiques montrent de bons résultats** laissant supposer que ces taux de nutriments n'altèrent que faiblement les peuplements.

L'analyse des données montre **un état écologique relativement constant** sur les quinze dernières années, oscillant **entre le bon état et l'état moyen**, en fonction des déclassements liés à la concentration excessive de nitrates. Cette fluctuation de taux de nitrates peut être lié :

- ❖ Aux **modifications de l'apport en nutriments** ;
- ❖ Aux **conditions hydrologiques et hydrauliques**, avec une surconcentration des nutriments en période de basses eaux. A ce titre, l'accentuation des étiages, comme c'est le cas sur l'Auxance, **peut entraîner une augmentation excessive** de la concentration en nitrates et favoriser les pics observés.

**L'évolution de la thermie ne met pas en évidence de tendance particulière.**

En raison de sa sensibilité aux assecs et à la pollution des nitrates, nous considérons que **l'Auxance évolue dans un contexte environnemental défavorable**. L'Auxance est inscrite comme **réservoir biologique** dans le SDAGE 2016-2021.

#### 5.3.1.10 La Pallu

La Pallu est caractérisée par un **contexte salmonicole très perturbé**. L'espèce repère est la Truite fario. Parmi les stations étudiées, celle située en aval révèle **des températures trop élevées** pour un contexte salmonicole.

Le cours d'eau a souffert de nombreux désordres morphologiques liés aux travaux hydrauliques des années 60/70 et de la présence d'ouvrages transversaux, **provoquant des zones de remous et la mise en bief**. Au-delà **des effets néfastes sur les habitats**, ces opérations favorisent **l'accentuation des assecs** (déconnexion du cours d'eau avec sa nappe alluviale et surlargeurs du lit), déjà sévères en raison de conditions hydrogéologiques particulières et des prélèvements. Ces assecs ont des **conséquences dramatiques sur les populations de Chabot et de Truite fario sur la partie aval du cours d'eau, qui peinent à coloniser ce secteur**. Hormis la continuité sédimentaire qui semble globalement préservée, les pressions s'exercent sur tous les compartiments. La Pallu est le seul cours d'eau principal ayant une pression liée à la connexion latérale élevée.

**L'état écologique de la Pallu est moyen** en raison d'un **déclassement par les indices biologiques** (macro-invertébré et piscicole) et des **paramètres physico-chimiques mauvais**. Cet état s'explique par des **concentrations de nitrates importantes**. Notons que **la température est trop élevée pour un contexte salmonicole**. Les étiages accentués, combinés à une situation morphologique dégradée peuvent expliquer l'augmentation de valeur de ces deux paramètres. Notons que la concentration de nitrates dépend également d'apports **sans doute favorisés par un important réseau de drainage en lit majeur**.

Au cours de la dernière décennie, l'état écologique de la Pallu est resté dégradé (parfois jusqu'au mauvais état) avec **une altération constante et systématique des paramètres physico-chimiques par les nitrates**. L'état biologique est plus variable avec des dégradations plus ou moins marquées (notons un IPR en mauvais état en 2018, soulignant que l'état du cours d'eau n'est pas à l'amélioration, malgré un très bon score en 2016).

Marqué par **des étiages sévères** mais **un potentiel salmonicole encore actuel indéniable**, nous considérons que la Pallu est caractérisée par un **contexte environnemental (en partie liée à sa géologie) défavorable**.

#### 5.3.1.11 Le Clain aval

Le Clain aval présente un contexte cyprinicole très perturbé dont l'espèce repère est le Brochet. **La thermie sur ce cours d'eau est adéquate** pour un tel contexte.

Sur ce secteur, le Clain est **chenalisé, très artificialisé** et fait **l'objet de nombreux prélèvements**. Avec un **taux d'étagement très important de 94%**, les ouvrages transversaux exercent également une pression **importante sur le milieu et la morphologie**. La dynamique des écoulements est perturbée (diminution du débit) : les **habitats sont banalisés au détriment des espèces rhéophiles** qui voient disparaître leurs habitats.

L'état écologique de la **masse d'eau est moyen** avec un déclassement des indices biologiques (IPR, IBMR et IBD). En revanche, l'analyse des **paramètres physico-chimiques met en évidence de bons résultats**. Ce constat est observé sur les 15 dernières années, hormis ponctuellement, où les concentrations en arsenic sont légèrement trop élevées (2009 et 2019).

Les observations menées sur le Clain aval corrobore les analyses de l'état des lieux écologique : **la chenalisation et l'artificialisation du lit provoque la raréfaction des espèces les plus rhéophiles** et plus sensibles au détriment des espèces de milieux lents ou plus résistantes. Ceci est confirmé par les notes de l'IPR, parfois médiocre (2010). **Aucune tendance concernant l'évolution de la thermie n'est observée**.

Au regard de l'ensemble de ces éléments, nous considérons que **cette unité de gestion est caractérisée par un contexte environnemental défavorable**. Le Clain est un axe **migrateur de l'Alose, de lamproies, de la Truite de mer et de l'Anguille** sur ce secteur. Il est inscrit en tant que **réservoir biologique** dans le SDAGE 2016-2021.



### 5.3.2 Détermination des débits biologiques

#### 5.3.2.1 Débits biologiques en période de basses eaux

Le tableau suivant récapitule les gammes de débits proposées ainsi que le niveau de robustesse des résultats au regard des variables de contrôle du modèle.

Tableau 12 : Gammes de débits proposées pour les débits estivaux

| Unité de gestion | Gamme de débits proposées (L/s) | Robustesse (coefficient hydraulique) | Indicateur de l'hydrologie désinfluencée (L/s) <sup>6</sup> |
|------------------|---------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| Clain amont      | 1000 - 1470                     | Moyenne                              | QMNA5 : 937<br>VCN30(2) : 1470<br>Module : 6376             |
| La Dive de Couhé | 280 - 400                       | Satisfaisante                        | QMNA5 : 266<br>VCN30(2) : 403<br>Module : 2290              |
| La Bouleure      | 105 - 220                       | Satisfaisante                        | QMNA5 : 108<br>VCN30(2) : 161<br>Module : 855               |
| La Vonne         | 200 - 330                       | Satisfaisante                        | QMNA5 : 226<br>VCN30(2) : 329<br>Module : 3357              |
| La Clouère       | 450 - 710                       | Satisfaisante                        | QMNA5 : 529<br>VCN30(2) : 710<br>Module : 2496              |
| Le Clain médian  | 1800 - 3300                     | Moyenne                              | QMNA5 : 2036<br>VCN30(2) : 3010<br>Module : 13641           |
| Le Miosson       | 25 - 50                         | Satisfaisante                        | QMNA5 : 25<br>VCN30(2) : 50<br>Module : 336                 |
| La Boivre        | 250 - 420                       | Satisfaisante                        | QMNA5 : 279<br>VCN30(2) : 399<br>Module : 1275              |
| L'Auxance        | 250 - 510                       | Moyenne                              | QMNA5 : 318<br>VCN30(2) : 465<br>Module : 1485              |
| La Pallu         | 150 - 250                       | Satisfaisante                        | QMNA5 : 153<br>VCN30(2) : 250<br>Module : 666               |
| Le Clain aval    | 3200 - 4850                     | Moyenne                              | QMNA5 : 3323<br>VCN30(2) : 4849<br>Module : 20753           |

<sup>6</sup> Les valeurs relatives à l'hydrologie désinfluencée présentées ici ne correspondent pas systématiquement à celle présentées dans le volet « Hydrologie », car elles ont été recalculées au niveau de la station ESTIMHAB, qui ne se situe pas systématiquement au niveau de l'exutoire des unités de gestion analysées.

Les débits biologiques définis dans le cadre du présent rapport s'appliquent au niveau des stations ESTIMHAB retenues. Ces points ont été stratégiquement localisés à proximité de l'exutoire des unités de gestion. Ainsi, il sera possible, pour répondre aux besoins de la suite de l'étude, de calculer leurs valeurs équivalentes au niveau des exutoires des unités de gestion qui constitueront les points au niveau desquels les réflexions de la suite de l'étude seront menées.

Il apparaît que les courbes d'habitat obtenues présentent une typologie relativement aplatie en comparaison avec des courbes qui seraient obtenues sur des cours d'eau moins anthropisés. Cela témoigne d'une faible variation des conditions hydrauliques d'écoulement en fonction du débit, ce qui peut être rapproché des analyses réalisées dans le cadre du contexte environnemental, mettant en évidence un taux d'étagement des cours d'eau élevé et une forte présence de travaux de recalibrage sur le territoire d'étude.

Ces phénomènes nuisent à l'habitabilité des cours d'eau et leur remédiation occupe une place aussi importante que le maintien des débits dans le cadre de la préservation des milieux aquatiques. Ils peuvent également contribuer à expliquer le fait que les gammes de débits biologiques retenues soient fréquemment élevées au regard de l'hydrologie désinfluencée (dépassement fréquent du QMNA5 désinfluencé par la marge basse de la gamme retenue). Ceci sera pris en compte dans la suite de l'étude.

#### 5.3.2.2 Débits biologiques hors période de basses eaux

Une synthèse des débits biologiques hors période de basses eaux retenus est donnée dans le tableau suivant. Pour rappel, la méthode employée pour définir les débits biologiques hivernaux est définie au paragraphe 5.2.

## Phase 1 – Synthèse

Etude « Hydrologie Milieux Usages Climat » (H.M.U.C.) pour la mise en œuvre du SAGE Clain



Tableau 13 : Tableau de synthèse

| Unité de gestion | 1ère ébauche de gamme / débits biologiques (m3/s) | Période à respecter pour assurer le fonctionnement | Robustesse                                                              | Pistes de réflexion                                                                                                       |
|------------------|---------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Clain amont      | 27,5 en débit de connexion                        | Ponctuellement de mi-janvier à mars                | <b>Très Faible</b> (une seule frayère aménagée suivie)                  | Approfondissement des connaissances                                                                                       |
| Clain médian     | 21 en débit limite de fonctionnement              | En continu de mi-janvier à mai                     | <b>Satisfaisant</b> (6 frayères naturelles suivies)                     | -                                                                                                                         |
|                  | 70 en débit de remplissage optimal                | Ponctuellement en début de période de reproduction |                                                                         |                                                                                                                           |
| Clain aval       | 18 en débit limite de fonctionnement              | En continu de mi-janvier à mai                     | <b>Moyen</b> (4 frayères naturelles suivies)                            | -                                                                                                                         |
|                  | 37,5 en débit de remplissage optimal              | Ponctuellement en début de période de reproduction |                                                                         |                                                                                                                           |
| Clouère          | 5 en débit limite de fonctionnement               | En continu de mi-janvier à mai                     | <b>Faible</b> (une seule frayère naturelle suivie)                      | Approfondissement des connaissances                                                                                       |
| Vonne            | 43 en débit de connexion                          | Ponctuellement de mi-janvier à mars                | <b>Moyen</b> (4 frayères aménagées suivies)                             | Approfondissement des connaissances recommandé pour appréhender le débit limite de fonctionnement des frayères naturelles |
| Boivre           | 4 en débit de connexion                           | Ponctuellement de mi-janvier à mars                | <b>Faible</b> (deux frayères aménagées suivies)                         | Approfondissement des connaissances                                                                                       |
|                  | 0,7 en débit de retour au cours 'eau              | Ponctuellement de fin avril à mai                  |                                                                         |                                                                                                                           |
| Pallu            | 0,6 en débit limite de fonctionnement             | En continu de mi-janvier à mai                     | <b>Satisfaisant</b> (3 frayères naturelles suivies et savoir empirique) | Approfondissement de connaissances nécessaire pour connaître débit de remplissage optimum                                 |
| Autres UG        | Non déterminé                                     | -                                                  | <b>Absence de suivi frayères à Brochet</b>                              | Approfondissement des connaissances                                                                                       |

## Phase 1 – Synthèse

Etude « Hydrologie Milieux Usages Climat » (H.M.U.C.) pour la mise en œuvre du SAGE Clain

---



Il est admis qu'une frayère naturelle en bon état fonctionne en moyenne **3 années sur 7**. Cette fréquence doit donc être gardée à l'esprit dans le cadre de réflexions ultérieures.

**Cette méthode a permis d'établir avec plus ou moins de robustesse des valeurs à retenir dans le cadre de la définition des débits biologiques hivernaux.** Ces derniers permettront d'appuyer les réflexions concernant la définition des seuils de gestion lors du croisement avec les autres volets, en phase 2 de la présente étude.

## 6 VOLET « CLIMAT »

### 6.1 Objectifs visés

- ❖ Appréhender les évolutions prévisibles du climat et de la ressource en eau à horizon proche (2050) ;
- ❖ Caractériser l'impact cumulé du changement climatique et des différents scénarios tendanciels d'évolution de l'usage de la ressource en eau, à ce même horizon.

### 6.2 Eléments de méthode

- ❖ Restituer les perspectives d'évolution du climat et de la ressource en eau à partir des études les plus récentes à ces sujets (voir références associées en annexe 5), à l'échelle du périmètre d'étude ;
- ❖ Analyser l'évolution des paramètres climatiques directement à l'aide des données Météo France (plus précisément, issues du jeu de données de projection DRIAS-2020) à l'horizon 2050 ;
- ❖ Analyser l'évolution de la ressource en eau et des effets sur cette dernière du changement climatique pour différents scénarios tendanciels d'usages (voir 3.2.2) à l'horizon 2050, à l'aide du modèle construit et exploité dans le cadre du volet Hydrologie ;
- ❖ Réunir ces pôles d'analyses afin de conclure sur le risque de déficit hydrologique et l'évolution à venir des tensions quantitatives sur le territoire d'étude.

### 6.3 Résultats obtenus

#### 6.3.1 Conclusions des études existantes sur le changement climatique et son impact sur la ressource en eau

La diversité des méthodologies et modèles employés dans le cadre des différentes études et projets analysés implique une variabilité dans les résultats obtenus concernant les projections aux horizons futurs des paramètres climatiques et hydrologiques. On constate toutefois que pour les scénarios climatiques s'apparentant au scénario RCP 4.5 (scénario d'évolution climatique valorisé dans la suite des analyses, voir annexe 6) et que les résultats convergent vers des **tendances d'évolution similaire à l'horizon 2050** :

- ❖ Augmentation des températures de l'air :
  - +2.2°C répartis sur l'ensemble de l'année entre 1961-1990 et 2045-2065 selon l'étude Explore 2070 ;
  - +2°C à l'année, +3°C en août entre 1971-2000 et l'horizon 2050 selon l'étude ICC Hydroqual ;
- ❖ Augmentation de l'évapotranspiration généralisée sur l'année mais particulièrement marquée en période estivale et automnale :
  - +22% d'ETP à l'année avec une augmentation particulièrement marquée en automne (+50%) entre 1961-1990 et 2045-2065 selon Explore 2070 ;
- ❖ Augmentation de la variabilité pluviométrique avec une diminution des précipitations estivales, une légère augmentation hivernale et une faible diminution généralisée à l'année :
  - Diminution importante en mai et en fin d'été-début d'automne (-20%) entre 1961-1990 et 2045-2065 selon Explore 2070 ;

- Diminution de l'ordre de -20% en fin de printemps et début d'automne entre 1971-2000 et 2050 selon l'étude ICC Hydroqual ;
- ❖ Diminution généralisée des débits avec une intensification des étiages : plus fréquents, plus sévères et plus longs (prolongation sur la période automnale) :
  - Entre 1961-1990 et 2045-2065 selon Explore 2070 :
    - Diminution de l'ordre de -20 à -30% des débits moyens à l'année, avec une diminution marquée sur la période été-automne (-50%) ;
    - Diminution des débits mensuels quinquennaux secs de l'ordre de -50% en automne ;
    - Diminution du QMNA5 de l'ordre de -20 à -40%.
  - Entre 1960-1990 et 2035-2065 selon la thèse de Gildas Dayon :
    - Diminution jusqu'à -20% des débits moyens printaniers, et jusqu'à -35% pour les débits moyens estivaux et automnaux ;
    - Diminution de l'ordre de -30% pour les QMNA5.
- ❖ Diminution des niveaux et de la recharge des nappes :
  - De -20 à -30% entre 1961-1990 et 2045-2065 selon Explore 2070.
- ❖ Augmentation des températures de l'eau :
  - Significative sur les affluents, en particulier les petits (de l'ordre de 2°C entre 1994-2011 et 2082-2099 selon l'étude de l'Université de Tours).

Ces observations sont valables pour le bassin du Clain et plus largement à l'échelle du bassin versant de la Loire. Toutefois, des modélisations spécifiques au bassin du Clain sont nécessaires afin d'obtenir des analyses chiffrées de l'évolution des ressources en eau sur le bassin du Clain à l'horizon 2050.

#### 6.3.2 Analyse de l'évolution des paramètres climatiques d'après les données DRIAS

*Note préalable : afin de décrire l'évolution du climat de la manière la plus objective possible, il a été choisi d'analyser les résultats obtenus par l'exécution du modèle climatique ALADIN63\_CNRM-CM5 auquel le scénario climatique RCP 4.5 a été appliqué. Ce couple modèle-scénario présente l'avantage de fournir des résultats médians lorsqu'ils sont comparés à l'ensemble des résultats disponibles sur le portail DRIAS. Cependant, l'analyse d'un seul couple modèle-scénario ne permet pas d'appréhender les incertitudes liées à l'évaluation du changement climatique futur, ce qu'il convient de garder à l'esprit lors de l'analyse des résultats présentés par la suite.*

Le tableau suivant synthétise les analyses des paragraphes précédents à l'horizon 2050. Les évolutions à l'horizon 2030 ne sont pas mentionnées ici car elles sont majoritairement dépendantes de la variabilité interne du climat, et ne reflètent pas les effets du changement climatique.

Les évolutions du climat aux horizons futurs impactent directement la ressource en eau, par l'augmentation de l'évapotranspiration mais également par la modification du cycle hydrologique et du cycle de recharge des nappes souterraines. Ces projections sont à mettre en relation avec les évolutions projetées des usages



de l'eau (présentées dans le rapport dédié au volet usages) afin de se faire une idée claire de l'évolution de la disponibilité en eau, en période d'étiage notamment. C'est ce qui fait l'objet du paragraphe suivant.

**Tableau 14 : Synthèse sur l'évolution du climat (Sources : DRIAS, SUEZ Consulting)**

|                                              |                                        | <b>Horizon 2050</b>                                                                                                                                                            |
|----------------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Températures</b>                          | <b>Moyenne annuelle</b>                | +1.0°C par rapport à la moyenne 2000-2018                                                                                                                                      |
|                                              | <b>Moyenne mensuelle</b>               | Augmentation généralisée, de plus de 1.5°C en janvier, mai, juin et novembre                                                                                                   |
| <b>Evapo transpiration potentielle (ETP)</b> | <b>Cumul annuel</b>                    | +6.9% par rapport à la moyenne 2000-2018                                                                                                                                       |
|                                              | <b>Cumul mensuel</b>                   | Augmentation centrée sur l'été (presque 80% de l'augmentation a lieu entre juin et septembre)                                                                                  |
| <b>Pluviométrie</b>                          | <b>Cumul annuel</b>                    | Tendance peu marquée et non significative – maintien des cumuls annuels                                                                                                        |
|                                              | <b>Nombre de jours de pluie</b>        | Tendance peu marquée à la baisse – diminution de l'ordre de 5%                                                                                                                 |
|                                              | <b>Saisonnalité des précipitations</b> | Diminution des cumuls pluviométriques de début d'automne et de printemps (jusqu'à -20%), et légère augmentation des cumuls estivaux et hivernaux. Pluies estivales plus rares. |
| <b>Sécheresses</b>                           | <b>Tendance d'évolution</b>            | Augmentation de l'intensité très marquée sur toute l'année                                                                                                                     |

#### 6.3.3 Modélisation de l'évolution de la ressource en eau à l'horizon 2050

Le tableau suivant donne le QMNA5 de chaque unité de gestion du secteur d'étude durant la période d'étude et à l'horizon 2050, en situation influencée et désinfluencée. L'échelle de couleur utilisée permet d'estimer l'écart entre chaque situation et la situation désinfluencée de la période d'étude (plus la case est rouge, plus l'écart avec le QMNA5 de la situation désinfluencée actuelle est important).

Tableau 15 : Synthèse des QMNA5 (L/s) en situation actuelle et future, influencée et désinfluencée

|                  | Période actuelle 2000-2018 |                                                      | Horizon 2050 (2040-2059)                                            |                                                                       |                                                                          |                                                                        |
|------------------|----------------------------|------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
|                  | Désinfluencé               | Influencé (Ecart avec désinfl. en % de désinfluencé) | S1: Désinfluencé (Ecart avec désinfl. 2000-2018 en % de ce dernier) | S2: Tendanciel bas (Ecart avec désinfl. 2000-2018 en % de ce dernier) | S3: Tendanciel médian (Ecart avec désinfl. 2000-2018 en % de ce dernier) | S4: Tendanciel haut (Ecart avec désinfl. 2000-2018 en % de ce dernier) |
| Le Clain amont   | 1 219                      | 792 (35%)                                            | 1066 (13%)                                                          | 580 (52%)                                                             | 497 (59%)                                                                | 382 (69%)                                                              |
| La Bouleure      | 216                        | 20 (91%)                                             | 176 (19%)                                                           | 26 (88%)                                                              | 24 (89%)                                                                 | 21 (90%)                                                               |
| La Dive de Couhe | 336                        | 232 (31%)                                            | 259 (23%)                                                           | 126 (63%)                                                             | 106 (68%)                                                                | 48 (86%)                                                               |
| La Vonne         | 315                        | 192 (39%)                                            | 229 (27%)                                                           | 98 (69%)                                                              | 89 (72%)                                                                 | 72 (77%)                                                               |
| La Clouere       | 679                        | 479 (29%)                                            | 633 (7%)                                                            | 474 (30%)                                                             | 453 (33%)                                                                | 428 (37%)                                                              |
| Le Clain median  | 2 782                      | 1674 (40%)                                           | 2394 (14%)                                                          | 1444 (48%)                                                            | 1349 (52%)                                                               | 1203 (57%)                                                             |
| Le Miosson       | 58                         | 53 (9%)                                              | 51 (12%)                                                            | 41 (29%)                                                              | 39 (33%)                                                                 | 44 (24%)                                                               |
| La Boivre        | 416                        | 169 (59%)                                            | 356 (14%)                                                           | 143 (66%)                                                             | 123 (70%)                                                                | 42 (90%)                                                               |
| L'Auxance        | 486                        | 309 (36%)                                            | 387 (20%)                                                           | 141 (71%)                                                             | 104 (79%)                                                                | 101 (79%)                                                              |
| La Pallu         | 383                        | 146 (62%)                                            | 296 (23%)                                                           | 29 (92%)                                                              | 22 (94%)                                                                 | 14 (96%)                                                               |
| Le Clain aval    | 4 611                      | 2899 (37%)                                           | 4013 (13%)                                                          | 2523 (45%)                                                            | 2405 (48%)                                                               | 2284 (50%)                                                             |

On note que **l'effet du changement climatique seul**, tel qu'il peut être exprimé en comparant la situation désinfluencée future à la situation désinfluencée actuelle, provoque **une diminution des QMNA5** variant entre 10 et 20% selon les unités de gestion considérées. Les moins concernées sont la Clouère et le Miosson tandis que **les plus concernées sont la Vonne, la Dive de Couhé et la Pallu**. A l'échelle annuelle, le changement climatique devrait provoquer une **importante accentuation des phénomènes de sécheresse hivernale** sur l'ensemble du territoire d'étude, avec une diminution de l'ordre de 40 à 50% des débits mensuels quinquennaux secs.

**L'effet conjugué du changement climatique et de l'évolution des usages de l'eau** provoque, pour certaines unités de gestion, **une forte diminution du QMNA5 par rapport à la configuration actuelle**. Il s'agit, du plus fortement au moins fortement concerné, **de l'Auxance, de la Dive de Couhé, de la Vonne et de la Pallu**. De manière générale, on observera une accentuation de l'écart entre la situation influencée et désinfluencée en raison de l'évolution des usages. Seule la Clouère fait véritablement exception à ce principe. Pour ce cours d'eau, on observe d'après nos modélisations une faible diminution des débits naturels dans le futur, ainsi qu'une faible évolution des usages.

**Certaines unités de gestions sont très sensibles au scénario d'évolution d'usages considéré, comme par exemple la Dive de Couhé, la Boivre et la Pallu. Pour ces dernières, la manière dont les usages devraient évoluer sera probablement particulièrement déterminante pour leurs étiages.**

**Concernant la piézométrie**, Il apparaît important de relever que l'évolution des niveaux de nappes restituée par nos modélisations diverge des résultats présentés dans les différentes ressources bibliographiques analysées. En effet, nos modélisations indiquent une augmentation de ce dernier, alors que toutes les ressources bibliographiques font état d'une diminution. Ceci peut s'expliquer par le fait que le modèle

climatique utilisé (ALADIN63\_CNRM-CM5, scénario RCP 4.5) présente une augmentation significative des précipitations entre novembre et avril/mai (particulièrement sur janvier) pour une augmentation très modérée de l'ETP sur cette période, ce qui peut s'expliquer par la faible incidence de l'augmentation des températures basses à cette période et l'absence de transpiration. En synthèse, les paramètres nécessaires à la recharge des nappes sont favorisés par l'utilisation de ce modèle climatique. L'absence de baisse, ou l'augmentation raisonnable de la piézométrie ne paraît pas illogique dans ce contexte.

Compte tenu du fait que nos modélisations ne s'appuient que sur un scénario et modèle climatique, il convient de ne pas s'appuyer sur ce résultat (l'augmentation du niveau des nappes) pour formuler des interprétations, et de privilégier les études s'étant basées sur de multiples modèles et scénarios, plus robustes. De plus, les variations restent modérées (on n'observe pas de forte augmentation du niveau des nappes).

Ce constat n'entre pas en contradiction avec la diminution observée des débits statistiques d'été, car leur baisse s'explique notamment par l'amenuisement du ruissellement et l'évaporation accentuée des écoulements en rivière. Il convient également de rappeler que les cotes piézométriques considérées ici sont des moyennes mensuelles interannuelles, et non des indicateurs statistiques révélateurs de situations particulièrement sèches.

Lorsqu'on s'intéresse aux dynamiques de recharge-vidange des nappes, on observe que les modélisations indiquent **une accentuation de la recharge sur les deux premiers mois de l'année**, puis **une légère atténuation de cette dernière en fin de printemps** (qui ne compense généralement pas l'accroissement hivernal). Sur le reste de l'année, **le régime piézométrique moyen ne devrait pas changer substantiellement**.

### A Retenir :

D'après nos modélisations, on peut établir le classement de risque de déficit hydrologique suivant :

- ❖ Unités de gestion concernées par un **très fort risque de déficit quantitatif** (QMNA5 influencé futur < 20% du QMNA5 désinfluencé actuel) :
  - **Pallu ;**
  - **Bouleure ;**
- ❖ Unités de gestion concernées par un **fort risque de déficit quantitatif** (QMNA5 influencé futur < 50% du QMNA5 désinfluencé actuel) :
  - **Auxance ;**
  - **Vonne ;**
  - **Boivre** (si l'on considère le scénario tendanciel haut, le risque devient très fort pour cette unité de gestion) ;
  - **Dive de Couhé** (si l'on considère le scénario tendanciel haut, le risque devient très fort pour cette unité de gestion) ;
  - **Clain amont ;**
  - **Clain médian ;**
- ❖ Unités de gestion concernées par un **risque de déficit quantitatif moyen** (QMNA5 influencé futur < 60% du QMNA5 désinfluencé actuel) :
  - **Clain aval ;**
- ❖ Unités de gestion concernées par un **risque de déficit quantitatif modéré** (QMNA5 influencé futur < 70% du QMNA5 désinfluencé actuel) :
  - **Clouère ;**
  - **Miosson.**

# 7 CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES POUR LA SUITE DE L'ETUDE

La phase 1 d'état des lieux des volets Hydrologie, Milieux, Usages et Climat de la présente étude a permis :

- ❖ De sectoriser le territoire d'étude en unités de gestion cohérentes, à l'échelle desquelles l'ensemble des analyses réalisées sont menées ;
- ❖ De réunir, compiler et compléter les données existantes du territoire au regard de chacun des 4 volets étudiés (Hydrologie, Milieux, Usages, Climat) ;
- ❖ D'appréhender les lacunes de ces dernières ;
- ❖ De formuler et mettre en œuvre des hypothèses et méthodes permettant de les combler ;
- ❖ D'établir, sur ces bases, l'état des lieux et l'actualisation des connaissances sur l'ensemble des volets concernés (Hydrologie, Milieux, Usages, Climat).

La suite de l'étude HMUC permettra de croiser les résultats des quatre volets analysés, ce qui permettra la définition de volumes prélevables et débits objectifs d'étiage, en phase 2 de la présente étude, et à terme de proposer des préconisations d'amélioration de la connaissance et de la gestion de la ressource en eau sur l'ensemble du territoire d'étude (phase 3).

## 8 GLOSSAIRE ET ACRONYMES

### 8.1 Glossaire

**Alluvions:** Les alluvions sont un dépôt de sédiments d'un cours d'eau constitué, selon les régions et la force des courants, de galets, de graviers, de boues et de limons. Dans certaines vallées ces alluvions constituent une couche géologique qui peut contenir de l'eau sous forme de nappe phréatique ou d'aquifère ;

- ❖ **Aquifère:** Formation géologique, continue ou discontinue, contenant de façon temporaire ou permanente de l'eau mobilisable, constituée de roches perméables (formation poreuses, karstiques ou fissurées) et capable de la restituer naturellement ou par exploitation (drainage, pompage, ...) ;
- ❖ **Aquitard:** sont les formations géologiques qui sont considérés tellement peu perméables qu'elles ne peuvent constituer un intérêt hydrogéologique ;
- ❖ **Assec:** Assèchement temporaire d'un cours d'eau ou d'un tronçon de cours d'eau ou d'un plan d'eau ;
- ❖ **Bassin versant :** Surface d'alimentation d'un cours d'eau ou d'un plan d'eau. Le bassin versant se définit comme l'aire de collecte des eaux, considérée à partir d'un exutoire : elle est limitée par le contour à l'intérieur duquel toutes les eaux s'écoulent en surface et en souterrain vers cet exutoire. Ses limites sont les lignes de partage des eaux. ;
- ❖ **Contexte piscicole:** renvoie au découpage effectué dans le PDPG (Plan Départemental de Protection du milieu aquatique et de Gestion des ressources piscicoles). Ce découpage du réseau hydrographique en portions cohérentes d'un point de vue biologique fait notamment écho à la typologie piscicole des cours d'eau. Elles sont définies comme des unités au sein desquelles les espèces repères peuvent effectuer la totalité de leur cycle biologique.
- ❖ **Cyprinicole :** Se dit des cours d'eau calmes et tempérés où vivent entre autres la famille des cyprinidés comme le gardon ou la brème ou encore la famille des Esocidés comme le brochet ;
- ❖ **Débit :** Volume d'eau qui traverse une section transversale d'un cours d'eau dans un laps de temps déterminé. Les débits des cours d'eau sont exprimés en m<sup>3</sup>/s ou, pour les petits cours d'eau, en l/s ;
- ❖ **Débit biologique:** débit minimum à conserver dans le lit d'un cours d'eau afin de garantir en permanence la vie, la reproduction et la circulation des espèces aquatiques ;
- ❖ **Débit d'alerte renforcée :** Débit intermédiaire entre le débit seuil d'alerte et le débit d'étiage de crise, permettant d'introduire des mesures de restriction progressives des usages. Ce débit d'alerte renforcée est défini de manière à laisser un délai suffisant avant le passage du seuil de crise, pour la mise en place de mesures effectives ;
- ❖ **Débit objectif d'étiage:** Les DOE (débits d'objectif d'étiage) sont les débits « permettant de satisfaire l'ensemble des usages en moyenne huit années sur dix et d'atteindre le bon état des eaux ». Le Glossaire sur l'eau apporte les précisions suivantes : Valeur de débit moyen mensuel au point nodal (point clé de gestion) au-dessus de laquelle, il est considéré qu'à l'aval du point nodal, l'ensemble des usages (activités, prélèvements, rejet...) est en équilibre avec le bon fonctionnement du milieu aquatique. C'est un objectif structurel, arrêté dans les SDAGE, SAGE et documents équivalents, qui prend en compte le développement des usages à un certain horizon. Il peut être affecté d'une marge de tolérance et modulé dans l'année en fonction du régime (saisonnalité). L'objectif DOE est atteint



par la maîtrise des autorisations de prélèvements en amont, par la mobilisation de ressources nouvelles et des programmes d'économies d'eau portant sur l'amont et aussi par un meilleur fonctionnement de l'hydrosystème ;

- ❖ **Débit seuil d'alerte (DSA)** : Valeur "seuil" de débit d'étiage qui déclenche les premières mesures de restriction pour certaines activités. Ces mesures sont prises à l'initiative de l'autorité préfectorale, en liaison avec une cellule de crise et conformément à un plan de crise. En dessous de ce seuil, l'une des fonctions (ou activités) est compromise. Pour rétablir partiellement cette fonction, il faut donc en limiter temporairement une autre : prélèvement ou rejet (premières mesures de restrictions). En cas d'aggravation de la situation, des mesures de restrictions supplémentaires sont progressivement mises en œuvre pour éviter de descendre en dessous du débit de crise (DCR) ;
- ❖ **Débit de crise (DCR)** : Le DCR (débit de crise) est le débit moyen journalier en dessous duquel seules les exigences de la santé, de la salubrité publique, de la sécurité publique et de l'alimentation en eau de la population et les besoins des milieux naturels peuvent être satisfaits. À ce niveau, toutes les mesures de restriction des prélèvements et des rejets doivent donc avoir été mises en œuvre ;
- ❖ **Débit spécifique** : Débit par unité de superficie de bassin versant exprimé généralement en litres/seconde/km<sup>2</sup>. Permet la comparaison entre des cours d'eau sur des bassins versants différents ;
- ❖ **Espèce-cible** : Espèce sur laquelle le choix d'étude est portée. Ce choix est animé par plusieurs raisons qui sont définies en fonction de l'étude (du fait de leur caractère patrimonial, de leur abondance relative, d'une protection particulière ou des usages halieutiques ...).
- ❖ **Espèce repère** : L'espèce repère permet de déterminer l'état du contexte piscicole considéré. Sa biologie et son écologie sont bien connus et son exigence vis-à-vis de son milieu fait d'elle un excellent bioindicateur. Le principe de l'espèce repère repose sur le fait que si elle peut accomplir son cycle de vie normalement dans le contexte piscicole considéré, les autres espèces de ce même contexte (dites accompagnatrices) peuvent le faire également. Les espèces repères sont la Truite fario pour les cours d'eau salmonicoles et le Brochet pour les cours d'eau cyprinicoles. Ce sont en effet des poissons bien connus des pêcheurs, ont de fortes exigences écologiques vis-à-vis de leur milieu et sont très sensibles à la qualité de l'eau.
- ❖ **Étagement** : Le taux d'étagement rend compte de la perte artificielle de la pente d'un cours d'eau (hauteur de chute cumulé sur le tronçon/ dénivelé naturel sur ce même tronçon) ;
- ❖ **Évapotranspiration** : Emission de la vapeur d'eau résultant de deux phénomènes : l'évaporation, qui est un phénomène purement physique, et la transpiration des plantes. La recharge des nappes phréatiques par les précipitations tombant en période d'activité du couvert végétal peut être limitée. En effet, la majorité de l'eau est évapotranspirée par la végétation. Elle englobe la perte en eau due au climat, les pertes provenant de l'évaporation du sol et de la transpiration des plantes ;
- ❖ **Exutoire** : En hydrologie on utilise ce terme pour désigner l'issue (ou l'une des issues) d'un système physique (élémentaire ou complexe) traversé par un fluide en mouvement ;
- ❖ **Frayère** : Lieu de reproduction des poissons, des amphibiens, des mollusques et des crustacés (ils y pondent leurs œufs). Les bancs de graviers, les bras morts, les forêts alluviales, les prairies inondables, les racines d'arbres constituent ces zones de frai ;

- ❖ **Hautes eaux** : La période des hautes eaux correspond (dans le cadre de la présente étude) à la période où le débit du cours d'eau est supérieur à son module ;
- ❖ **Hydrogramme** : Courbe d'évolution du débit en fonction du temps en un point donné d'un réseau ou d'un cours d'eau ;
- ❖ **Hydromorphologie** : Etude de la morphologie et de la dynamique des cours d'eau, notamment l'évolution des profils en long et en travers, et du tracé planimétrique ;
- ❖ **Hydrosystème** : (dans le cadre de ce rapport) Ensemble des compartiments impliqués dans le cycle de l'eau ;
- ❖ **Masse d'eau souterraine** : La Directive Cadre sur l'Eau (DCE-2000/60/CE) introduit la notion de « masses d'eaux souterraines » qu'elle définit comme « un volume distinct d'eau souterraine à l'intérieur d'un ou de plusieurs aquifères ». La délimitation des masses d'eaux souterraines est fondée sur des critères hydrogéologiques, puis éventuellement sur la considération de pressions anthropiques importantes. Ces masses d'eau sont caractérisées par six types de fonctionnement hydraulique, leur état (libre/captif) et d'autres attributs. Une masse d'eau correspond d'une façon générale sur le district hydrographique à une zone d'extension régionale représentant un aquifère ou regroupant plusieurs aquifères en communication hydraulique, de taille importante ;
- ❖ **Masse d'eau superficielle** : Il s'agit d'un découpage élémentaire des milieux aquatiques destinée à être l'unité d'évaluation de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE-2000/60/CE). Une masse d'eau de surface est une partie distincte et significative des eaux de surface, telles qu'un lac, un réservoir, une rivière, un fleuve ou un canal, une partie de rivière, de fleuve ou de canal, une eau de transition ou une portion d'eaux côtières. Pour les cours d'eau, la délimitation des masses d'eau est basée principalement sur la taille du cours d'eau et la notion d'hydro-écorégion ;
- ❖ **Modèle hydrologique (ou pluie/débit)** : Outil numérique de représentation de la relation pluie-débit à l'échelle d'un bassin versant. Il permet de transformer des séries temporelles décrivant le climat d'un bassin versant donné (séries de précipitations et de températures par exemple, séries qui sont les entrées du modèle hydrologique) en une série de débits (sortie du modèle hydrologique) ;
- ❖ **Nappe souterraine** : Ensemble de l'eau contenue dans une fraction perméable de la croûte terrestre totalement imbibée, conséquence de l'infiltration de l'eau dans les moindres interstices du sous-sol et de son accumulation au-dessus d'une couche imperméable ;
- ❖ **Nappe captive** : Volume d'eau souterraine généralement à une pression supérieure à la pression atmosphérique car isolée de la surface du sol par une formation géologique imperméable. Une nappe peut présenter une partie libre et une partie captive. Les nappes captives sont souvent profondes, voire très profondes (1000 m et plus) ;
- ❖ **Nappe libre** : Volume d'eau souterraine dont la surface est libre, c'est-à-dire à la pression atmosphérique. La surface d'une nappe libre fluctue donc sans contrainte. Ces nappes sont souvent peu profondes ;
- ❖ **Nappe d'accompagnement (ou nappe alluviale)** : Nappe d'eau souterraine voisine d'un cours d'eau dont les propriétés hydrauliques sont très liées à celles du cours d'eau. L'exploitation d'une telle nappe induit une diminution du débit d'étiage du cours d'eau, soit parce que la nappe apporte moins d'eau au cours d'eau, soit parce que le cours d'eau se met à alimenter la nappe ;

- ❖ **Piézométrie:** Hauteur du niveau d'eau dans le sol. Elle est exprimée soit par rapport au sol en m, soit par rapport à l'altitude zéro du niveau de la mer en m NGF (Nivellement Général Français). La surface de la nappe correspond au niveau piézométrique ;
- ❖ **QMNA5 :** Le QMNA5 correspond au débit moyen mensuel minimum de période de retour 5 ans, c'est-à-dire ayant une chance sur cinq de ne pas être dépassé pour une année donnée.
- ❖ **Radier :** Partie d'un cours d'eau peu profonde à écoulement rapide dont la surface est hétérogène et « cassée » au-dessus des graviers/galets ou des substrats de cailloux.
- ❖ **Rang de Strahler:** Rang d'un cours d'eau déterminé d'après la méthode de Strahler, méthode communément retenue car simple à mettre en œuvre. Dans cette méthode, les cours d'eau issus d'une source sont notés de rang 1, puis chaque fois que deux tronçons de même ordre confluent, ils forment un tronçon d'ordre supérieur, tandis qu'un cours d'eau qui reçoit un affluent d'ordre inférieur conserve le même ordre ;
- ❖ **Recalibrage :** Intervention sur une rivière consistant à reprendre en totalité le lit et les berges du cours d'eau dans l'objectif prioritaire d'augmenter la capacité hydraulique ;
- ❖ **Régime pluvial:** Le régime pluvial est un modèle de régime hydrologique simple (caractérisé par une seule alternance annuelle de hautes et de basses eaux). Il se retrouve dans les bassins versants principalement alimentés par des précipitations sous forme de pluie ;
- ❖ **Reproducteur :** dans le cadre du rapport, désigne les brochets en âge de procréer.
- ❖ **Réservoir biologique:** Les réservoirs biologiques correspondent à des espaces vitaux pour la biodiversité aquatique : ce sont des espaces de vie pour la flore et la faune, habitats, zones de reproduction, nourriceries ou refuges.
- ❖ **Ressuyage :** Dans le contexte de ce rapport, retrait de l'eau de la zone provoquant son assèchement ;
- ❖ **Salmonicole :** Se dit des cours d'eau Frais et oxygénés où vivent les poissons appartenant à la famille des Salmonidés dont l'espèce repère est la truite fario ;
- ❖ **Socle :** Les domaines de « socle » en géologie concernent les régions constituées d'un ensemble rocheux induré, composé de roches cristallines, plutoniques (granite, roches basiques...) et de celles résultant du métamorphisme de roches sédimentaires (gneiss, schistes, micaschistes...) ;
- ❖ **Station hydrologique ou hydrométrique :** Une station hydrologique, également appelée station hydrométrique, sert à l'observation d'un ou de plusieurs éléments déterminés en vue de l'étude de phénomènes hydrologiques. Dans le cadre de la présente étude, l'élément concerné est le débit ;
- ❖ **Surévaporation:** La surévaporation désigne la portion de la quantité d'eau évaporée par un plan d'eau artificiel qui n'aurait pas été évaporée si ce plan d'eau n'existait pas ;
- ❖ **Unité de gestion:** Dans le cadre de cette étude, une unité de gestion désigne une zone géographique dont les délimitations sont hydrologiquement cohérentes, au sein de laquelle des caractéristiques spécifiques ont été identifiées, du point de vue de l'hydrologie, des milieux, des usages et du climat.

### 8.2 Acronymes

- ❖ AELB : Agence de l'Eau Loire-Bretagne
- ❖ AEP: Alimentation en Eau Potable
- ❖ ANC: Assainissement non collectif
- ❖ BD ERU: Base de Données des Eaux Résiduaire Urbaines
- ❖ BRO : Brochet
- ❖ BV: Bassin Versant
- ❖ CA: Chambre d'Agriculture
- ❖ CLE: Commission Locale de l'Eau
- ❖ DCR: Débit de Crise
- ❖ DDT : Direction Départementale des Territoires
- ❖ DOE: Débit Objectif d'Etiage
- ❖ DRAAF: Direction Régionale de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Forêt
- ❖ DSA: Débit Seuil d'Alerte
- ❖ EDL : Etat Des Lieux
- ❖ ENS: Espace Naturel Sensible
- ❖ ETP: EvapoTranspiration Potentielle
- ❖ HMUC: Hydrologie, Milieux, Usages, Climat
- ❖ INSEE : Institut national de la statistique et des études économiques
- ❖ IPR : Indice Poisson Rivière
- ❖ ONDE: Observatoire National Des Etiages
- ❖ RCP: Representative Concentration Pathway
- ❖ REH : Réseau d'Evaluation des Habitats
- ❖ SAGE: Schéma d'Aménagement et de Gestion de l'Eau
- ❖ SDAGE: Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion de l'Eau
- ❖ SDE 86 : Schéma Départemental de l'Eau de la Vienne
- ❖ SISPEA : Système d'Informations sur les Services Publics d'Eau et d'Assainissement
- ❖ SMEG : Syndicat mixte des eaux de Gâtine
- ❖ STEU: Station de Traitement des Eaux Usées
- ❖ TRF : Truite Fario
- ❖ UG: Unité de Gestion
- ❖ ZNIEFF: Zone naturelle d'intérêt écologique, faunistique et floristique
- ❖ ZRE: Zone de Répartition des Eaux

## 9 ANNEXES

### 9.1 Annexe 1 : données valorisées et hypothèses formulées dans le cadre du bilan des usages

#### 9.1.1 Population

La connaissance de la démographie et de son évolution au sein du territoire d'étude est nécessaire pour l'estimation des volumes et de leur répartition temporelle pour certains usages (AEP, assainissement).

##### 9.1.1.1 Données valorisées

Les données sources sont :

- ❖ La **population INSEE** par commune pour les années **1999** et de **2006 à 2017** ;
- ❖ **L'évolution INSEE** de la population **de 2013 à 2050 à l'échelle départementale**, selon les projections du **scénario central**, scénario qui retient les hypothèses centrales sur les trois composantes de l'évolution du nombre d'habitants : fécondité, mortalité et migrations.

##### 9.1.1.2 Hypothèses de calcul

- ❖ Pour la **période 2000-2018**, la donnée INSEE de chaque commune des années 1999 et de 2006 à 2017 a été utilisée. Pour les années 2000-2005 et 2017-2018, la population a été estimée par régression linéaire.
- ❖ A partir de l'année **2019 jusqu'à 2050**, l'évolution départementale INSEE a permis de définir un taux de croissance annuel moyen par département.

#### 9.1.2 Alimentation en eau potable (AEP)

##### 9.1.2.1 Données valorisées

Les données sources sont :

- ❖ Les volumes annuels prélevés par point de captage et la description de ces points (ressource prélevée superficielle ou souterraine, masse d'eau concernée), sur la période 2000-2018, acquis auprès de l'Agence de l'eau Loire-Bretagne ;
- ❖ Les volumes mensuels prélevés sur la quasi-totalité des captages, acquis auprès du SMAEP 4B, de la Communauté urbaine de Grand Poitiers et d'Eaux de Vienne ;
- ❖ Une clé de répartition mensuelle des prélèvements AEP construite par le BRGM.

##### 9.1.2.2 Hypothèses de calcul

- ❖ Les prélèvements sur source sont considérés comme étant des prélèvements superficiels, étant entendu qu'en l'absence de prélèvement, l'eau provenant des sources rejoindrait le compartiment superficiel ;
- ❖ Concernant les points de captage dont la répartition mensuelle des volumes prélevés n'est pas connue, la clé de répartition du BRGM est appliquée.

#### 9.1.3 Irrigation

##### 9.1.3.1 Données valorisées

Les données sources sont :

- ❖ Les volumes annuels prélevés par point de captage et la description de ces points (ressource prélevée superficielle ou souterraine, masse d'eau concernée), sur la période 2000-2018, acquis auprès de l'AELB ;
- ❖ Une clé de répartition mensuelle des prélèvements d'irrigation construite par le BRGM, applicable à la période 2000-2011 ;
- ❖ Les volumes mensuels prélevés par point de captage, acquis auprès de la DDT 86 (donnée partielle, ne couvrant pas l'intégralité des points de captages ni l'intégralité de la période d'étude) ;
- ❖ Les surfaces irriguées par type de culture, reconstituées à l'aide des données du Registre parcellaire Graphique (RPG) et du Recensement Général Agricole (RGA) ;

##### 9.1.3.2 Hypothèses de calcul

- ❖ Les prélèvements sur source, en nappe alluviale et en nappe profonde sont considérés comme étant :
  - Superficiels dès lors que le captage se trouve à moins de 6 mètres de profondeur et à proximité du cours d'eau ;
  - Souterrains dès lors que le captage se trouve à plus de 6 mètres de profondeur et/ou éloigné du cours d'eau ;
- ❖ Pour les points de captages et les années auxquels la répartition mensuelle des volumes prélevés n'est pas connue (à l'exception des retenues déconnectées du réseau hydrographique) :
  - Pour la période estivale (avril-octobre) :
    - Application de la clé de répartition du BRGM sur la période 2000-2011 ;
    - Ventilation selon le besoin en eau théorique des plantes (voir paragraphe 5.2.2.4.2 du rapport du volet « usages » pour plus de détails) sur la période 2012-2018.
  - Pour la période hivernale (novembre-mars) :
    - Répartition uniforme des prélèvements.
- ❖ Pour les prélèvements en retenues déconnectées du réseau hydrographique, la répartition infra-annuelle des prélèvements se fait selon les mêmes hypothèses que celles énoncées pour la surévaporation des plans d'eau (voir paragraphe 9.1.6.2).

#### 9.1.4 Abreuvement du bétail

##### 9.1.4.1 Données valorisées

- ❖ Nombre de têtes par type de bétail en 2000 et 2010, à partir du Recensement Général ;
- ❖ Nombre de têtes par type de bétail en 2018, acquis auprès de la DRAAF NA ;
- ❖ Evolution départementale (Vienne) des cheptels, acquise auprès de la DRAAF NA ;



- ❖ Tableau de consommation journalière du cheptel, co-validé avec la Chambre d'agriculture de la Vienne ;

#### 9.1.4.2 Hypothèses de calcul

- ❖ Régression linéaire des cheptels entre les années 2000, 2010 et 2018 ;
- ❖ Consommation journalière par type de bétail donnée au tableau suivant ;
- ❖ Eau d'abreuvement provenant :
  - A 70% des réseaux AEP, donc non comptabilisée car prise en compte par l'usage AEP ;
  - A 30% du milieu naturel dont :
    - 50% depuis le compartiment superficiel ;
    - 50% depuis le compartiment souterrain.
- ❖ Répartition des prélèvements uniforme sur l'année.

Tableau 16 : Hypothèses de consommation unitaire du bétail (Sources : Entretiens et ateliers réalisés dans le cadre d'autres études similaires, CA 86, SUEZ Consulting 2019)

| Type de bétail        | Consommation journalière moyenne (L/j) |
|-----------------------|----------------------------------------|
| Vaches laitières      | 100                                    |
| Vaches allaitantes    | 50                                     |
| Bovin > 1 an          | 50                                     |
| Bovin < 1 an          | 25                                     |
| Chèvres               | 10                                     |
| Brebis                | 10                                     |
| Truies reproductrices | 25                                     |
| Autres porcins        | 10                                     |
| Volailles             | 0,2                                    |

#### 9.1.5 Prélèvements industriels

##### 9.1.5.1 Données valorisées

- ❖ Les volumes annuels prélevés par point de captage et la description de ces points (ressource prélevée superficielle ou souterraine, masse d'eau concernée), sur la période 2000-2018, acquis auprès de l'AELB ;
- ❖ Information du Futuroscope : 50% des volumes annuels prélevés entre mai et août ;

##### 9.1.5.2 Hypothèses de calcul

- ❖ Les prélèvements sur source, en nappe alluviale et en nappe profonde sont considérés comme étant :
  - Superficiels dès lors que le captage se trouve à moins de 6 mètres de profondeur et à proximité du cours d'eau ;
  - Souterrains dès lors que le captage se trouve à plus de 6 mètres de profondeur et/ou éloigné du cours d'eau ;
- ❖ Concernant la répartition infra-annuelle des prélèvements :

- Pour activités industrielles de loisir et les parcs d'attraction, 50% des prélèvements ont lieu entre mai et août et 50% entre septembre et avril ;
- Pour les autres activités industrielles, répartition uniforme sur l'ensemble de l'année.

#### 9.1.6 Cas particulier des plans d'eau

##### 9.1.6.1 Données valorisées

- ❖ Inventaires des plans d'eau de l'EPTB Vienne, des DDT de la Vienne, des Deux-Sèvres et de la Charente ;
- ❖ Données météorologiques à partir de 7 stations Météo France.

##### 9.1.6.2 Hypothèses de calcul

- ❖ Le calcul du volume d'eau prélevé au milieu naturel en lien avec la présence de plans d'eau s'effectue en établissant la différence (appelée surévaporation) entre le volume évaporé par les plans d'eau et le volume qui serait évapotranspiré par des prairies de surface équivalente. Ce calcul s'appuie sur le principe du bilan hydrique ;
- ❖ Concernant la répartition infra-annuelle de l'effet de cette surévaporation, une distinction est faite entre les plans d'eau considérés connectés au réseau hydrographique et ceux considérés déconnectés de ce dernier :
  - Pour les plans d'eau connectés, la surévaporation se traduit instantanément par un prélèvement au milieu ;
  - Pour les plans d'eau déconnectés, le prélèvement au milieu naturel intervient lors du remplissage de ces derniers, qui peut avoir lieu de manière décalée par rapport à la surévaporation. Le remplissage de ces plans d'eau se faisant par ruissellement, on s'appuie donc sur la part ruisselée des hydrogrammes pour calculer la répartition infra-annuelle du prélèvement associé.
- ❖ Les plans d'eau sont considérés connectés si au moins l'une des conditions suivantes est remplie :
  - Ils sont situés en nappe alluviale ;
  - Ils sont compris dans une bande tampon encadrant les cours d'eau, dont la dimension est associée au rang de Strahler de ces derniers (voir tableau suivant).

Tableau 17 : Largeur de la bande tampon en fonction du rang de Strahler du cours d'eau (Source : EPTB Vienne, 2018)

| Rang de Strahler           | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6    | 7    |
|----------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|
| Largeur de la bande tampon | 12m | 18m | 30m | 45m | 90m | 165m | 360m |

#### 9.1.7 Pertes dans les réseaux de distribution d'eau potable

##### 9.1.7.1 Données valorisées

- ❖ Rendements des réseaux de distribution AEP par gestionnaire sur les années 2008-2018, à partir de la base de données SISPEA.

### 9.1.7.2 Hypothèses de calcul

- ❖ Les rendements des années 2000-2007 sont considérés égaux à ceux de l'année 2008 ;
- ❖ Les pertes AEP alimentent les eaux souterraines, puisque les réseaux sont enterrés ;
- ❖ Les volumes restitués sont répartis uniformément sur l'année ;
- ❖ Les volumes restitués sont répartis spatialement au prorata de la population communale ;
- ❖ Le taux de retour des pertes AEP est considéré comme étant de 50% entre mai et septembre, afin de tenir compte des pertes captées par la végétation et les pertes évaporées.

### 9.1.8 Rejets d'assainissement collectif

#### 9.1.8.1 Données valorisées

- ❖ Fichier des STEU avec type de traitement, coordonnées points de rejets, type du milieu de rejet et débit entrant (m<sup>3</sup>/j), de 2009 à 2018, à partir de la BD ERU ;

#### 9.1.8.2 Hypothèses de calcul

- ❖ Le débit de sortie est considéré égal au débit d'entrée des STEU ;
- ❖ Sur la période 2000-2008, il est considéré pour chaque STEU un débit de sortie égal à la moyenne des valeurs de 2009-2018 ;
- ❖ Le compartiment réceptionnant les rejets de STEP est :
  - Superficiel si le type de traitement est : Boues activées / Filtre à sable / Biodisques / Autres procédés ;
  - Souterrain si le type de traitement est : Lagunes / filtres plantés de roseaux / Lit bactérien.
- ❖ La répartition infra-annuelle des rejets diffère selon le type de traitement. Elle est donnée pour chacun d'entre eux au tableau suivant.

Tableau 18 : Volumes restitués par les STEU - Ratios de retour au milieu naturel par type de traitement (Source : EPTB Vienne, SUEZ Consulting 2018)

| Mois      | Boues activées | Lagunes | Filtres plantés | Disques biologiques |
|-----------|----------------|---------|-----------------|---------------------|
| Janvier   | 8.6%           | 11.4%   | 9.3%            | 8.6%                |
| Février   | 8.6%           | 11.4%   | 9.3%            | 8.6%                |
| Mars      | 8.6%           | 11.4%   | 9.3%            | 8.6%                |
| Avril     | 8.6%           | 11.4%   | 9.3%            | 8.6%                |
| Mai       | 8.0%           | 4.0%    | 7.0%            | 8.0%                |
| Juin      | 8.0%           | 4.0%    | 7.0%            | 8.0%                |
| Juillet   | 8.0%           | 4.0%    | 7.0%            | 8.0%                |
| Août      | 8.0%           | 4.0%    | 7.0%            | 8.0%                |
| Septembre | 8.0%           | 4.0%    | 7.0%            | 8.0%                |
| Octobre   | 8.6%           | 11.4%   | 9.3%            | 8.6%                |
| Novembre  | 8.6%           | 11.4%   | 9.3%            | 8.6%                |
| Décembre  | 8.6%           | 11.4%   | 9.3%            | 8.6%                |

### 9.1.9 Rejets d'assainissement non collectif (ANC)

#### 9.1.9.1 Données valorisées

- ❖ Nombre d'installations ANC :
  - Sur le département de la Vienne entre 2007 et 2018, acquis auprès d'Eaux de Vienne ;
  - Sur les communes du SMEG entre 2013 et 2018, acquis auprès du SMEG ;
  - Sur les communes des CC Mellois-en-Poitou et Haut-Val-de-Sèvre à partir de 2015, acquis auprès de ces dernières ;
  - Sur les communes de Charente en 2018, acquis auprès de Charente Eaux
- ❖ Taux moyen d'occupation des logements, acquis auprès du Département de la Vienne (SDE 86).

#### 9.1.9.2 Hypothèses de calcul

- ❖ Pour les années auxquelles le nombre d'installation ANC est inconnu, il est pris comme étant égal à la valeur connue la plus proche ;
- ❖ Le volume restitué au milieu naturel est considéré comme étant le produit du taux moyen d'occupation des foyers, du ratio moyen de 80L/j/habitant et du nombre d'installations ANC ;
- ❖ Les installations ANC étant majoritairement enterrées, les volumes associés rejoignent le milieu par infiltration, et atteignent donc le compartiment souterrain ;
- ❖ Les volumes restitués par l'ANC sont répartis uniformément sur l'année ;
- ❖ Le taux de retour des rejets ANC est considéré comme étant de 50% entre mai et septembre, afin de tenir compte des pertes captées par la végétation et les pertes évaporées.

### 9.1.10 Rejets industriels

#### 9.1.10.1 Données valorisées

- ❖ Fichier de volumes estimatifs de rejets mensuel par point et par masse d'eau en 2018, acquis auprès de la DREAL NA ;
- ❖ Chroniques des rejets de la carrière GSM dans la Ménophe entre 2008 et 2018, acquis auprès de la DDT 86

#### 9.1.10.2 Hypothèses de calcul

- ❖ Pour les industries dont le volume restitué au milieu naturel n'est pas connu, nous considérerons qu'ils représentent 80% des volumes prélevés par l'activité ;
- ❖ Les volumes restitués au milieu naturel sont considérés comme de l'eau superficielle ;
- ❖ Les volumes restitués par l'activité industrielle seront répartis uniformément sur les 365 jours de l'année à l'exception des eaux d'exhaure de la carrière de GSM GRANULATS (données mensuelles à disposition).

### 9.2 Annexe 2 : Définitions relatives à la compréhension de concepts hydrologiques

- ❖ **Evapotranspiration potentielle (ETP) :** Quantité maximale d'eau susceptible d'être évaporée par évapotranspiration sous un climat donné par un couvert végétal continu bien alimenté en eau. Elle comprend donc l'évaporation du sol/substrat et la transpiration de la végétation d'une région donnée pendant le temps considéré. Elle s'exprime en hauteur d'eau.
- ❖ **Précipitations nettes théoriques :** Soustraction des précipitations par l'ETP.
- ❖ **Débit :** Volume d'eau qui traverse un point donné d'un cours d'eau dans un laps de temps déterminé.
- ❖ **Débit spécifique :** Débit divisé par la superficie du bassin versant drainé. Ce type de donnée permet de comparer le comportement hydrologique de cours d'eau de différentes ampleurs.
- ❖ **Module : Débit moyen interannuel :**

Le module est la **moyenne des débits moyens annuels** calculés sur une année hydrologique et sur l'ensemble de la période d'observation de la station. Ce débit donne une indication sur le volume annuel moyen écoulé et donc sur la disponibilité globale de la ressource d'un bassin versant. Il doit être calculé sur une période d'observations suffisamment longue pour être représentative des débits mesurés ou reconstitués.

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

- ❖ **Débit moyen mensuel (QMM) :** Moyenne, pour un mois donné, des débits moyens journaliers mesurés

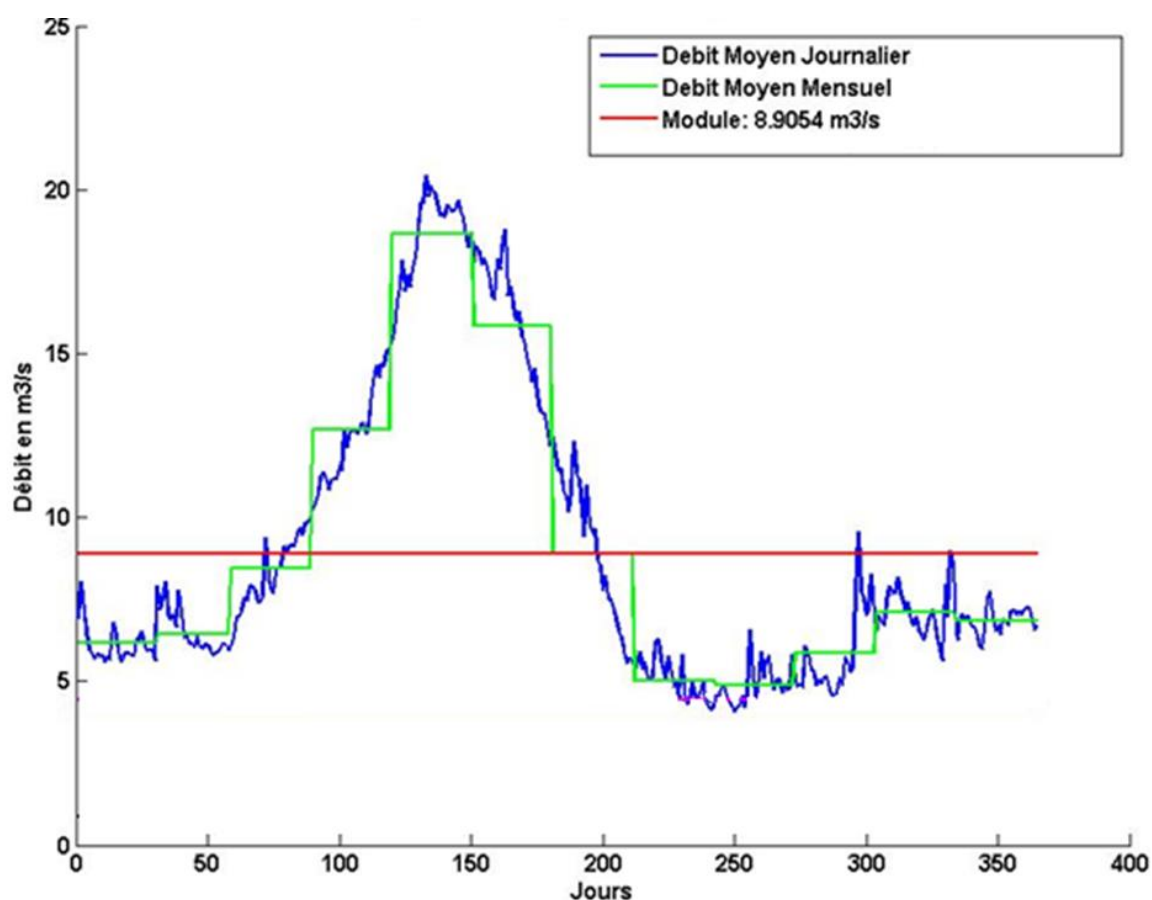


Figure 21 : Exemple de représentation graphique du débit moyen journalier, du débit moyens mensuel et du module d'un cours d'eau sur une année donnée

### ❖ Basses eaux :

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

### ❖ Etiage :

Une certaine ambiguïté subsiste quant à la définition du terme « étiage ». Ces dernières convergent toutefois vers les notions suivantes :

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



- Un événement qui se décrit non seulement par la valeur de débit non-dépassée, mais également par sa durée.

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

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

#### ❖ QMNA : Débit moyen mensuel minimum de l'année :

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

#### ❖ QMNA5 : Débit d'étiage quinquennal :

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

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

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

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

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

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

Nota : Il est intéressant de comparer le QMNA au VCN30. Le VCN30 correspond à la moyenne mobile la plus faible de l'année calculée sur 30 jours consécutifs, car il se rapproche en termes de durée de l'échelle mensuelle. Ces deux grandeurs devraient être proches, mais dans certains contextes des écarts importants

peuvent apparaître, notamment lors d'années pluvieuses et dans le cas de bassins imperméables qui ont une réponse rapide aux impulsions pluviométriques.

#### ❖ Débit mensuel interannuel quinquennal sec (QMNA5) :

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

#### ❖ Débit d'étiage vs débit caractéristique d'étiage :

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

- Le QMNA de l'année 2010 correspond au débit mensuel (calendaire) le plus bas de l'année 2010 ;
- Le VCN10 de l'année 2011 correspond au plus bas débit calculé sur 10 jours consécutifs de l'année 2011.

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

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

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

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

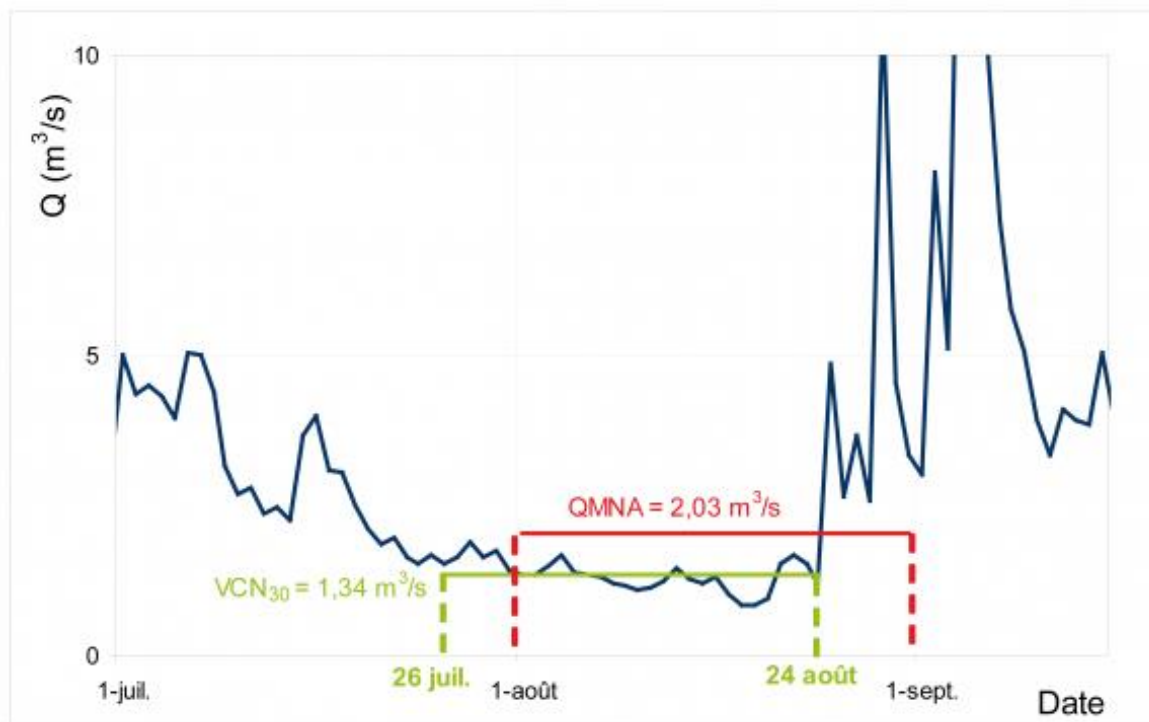


Figure 22 : Exemple de représentation graphique du VCN30 et du QMNA d'un cours d'eau donné sur une année donnée

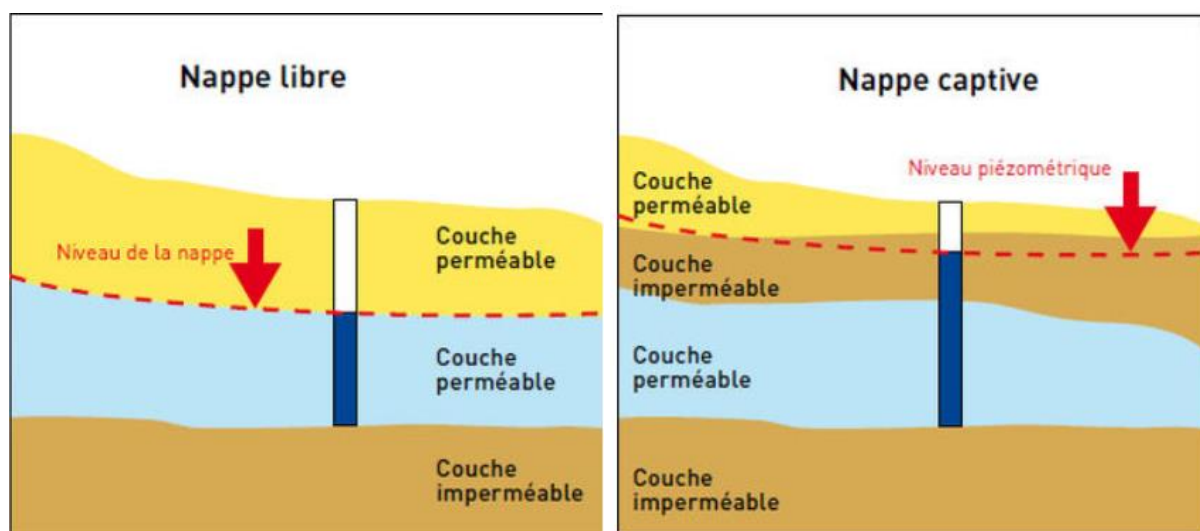


Figure 23 : Représentation schématisée du niveau piézométrique dans un contexte de nappe libre (gauche) et de nappe captive (droite)

❖ **Débit journalier maximal annuel, de période de retour 10 ans (QJXA10) :**

Pour chaque année, on enregistre le débit journalier maximal. On classe ensuite ces débits par ordre croissant. On peut alors associer à chaque débit maximal une fréquence de dépassement et construire la distribution de débits. Cette distribution est ajustée par la loi de Gumbel. On calcule ensuite les quantiles pour les périodes de retour T ans (soit les fréquences de non-dépassement =  $1 - 1/T$ )

### 9.3 Annexe 3 : Modalités de la modélisation hydrologique et de la reconstitution de l'hydrologie désinfluencée

#### 9.3.1 Reconstitution des débits et niveaux influencés

En situation actuelle, les débits caractéristiques d'étiage influencés peuvent se calculer à partir de la chronique journalière des débits transitant par l'exutoire du bassin versant analysé, sur une période aussi étendue que possible. Pour un point de référence donné, la connaissance de cette chronique dans la configuration « situation actuelle » peut s'acquérir par l'analyse de mesures hydrométriques, lorsque ces dernières sont disponibles :

- ▶ Au niveau du point de référence considéré ;
- ▶ Sur toute la période d'analyse considérée (2000-2018) ;
- ▶ A un pas de temps le plus petit possible (à minima journalier) ;
- ▶ Sans lacunes.

Lorsque ces mesures sont inexistantes ou incomplètes, il convient de reconstituer les débits. En l'absence de station hydrométrique avec une chronique de données suffisamment longue sur le territoire d'étude, l'approche la plus pertinente consiste en la réalisation d'une modélisation hydrologique de type pluie/débit (également au pas de temps journalier) à l'échelle du bassin versant drainé au niveau du point de référence considéré. Les principes méthodologiques sont détaillés ci-dessous.

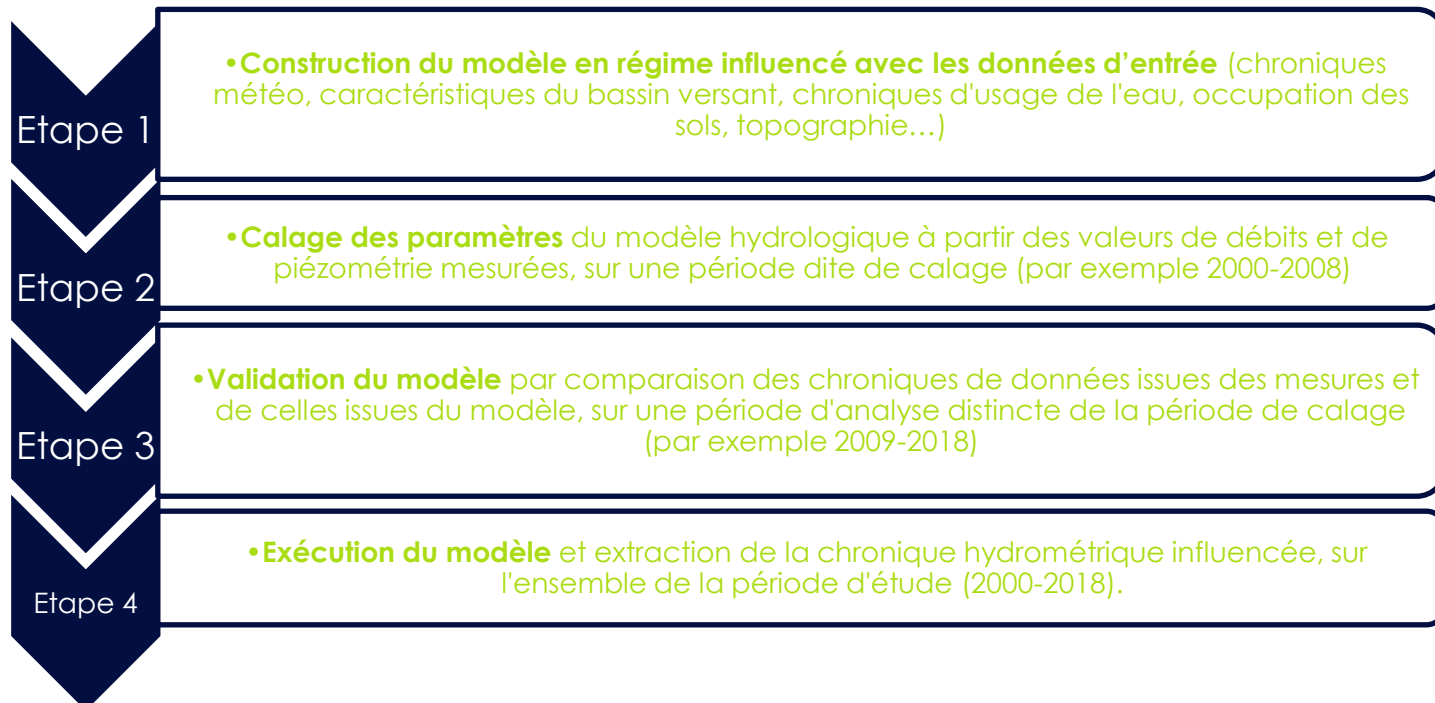


Figure 24 : Principe méthodologique de reconstitution des débits influencés (Sources : SUEZ Consulting, 2019)

## Phase 1 – Synthèse

Etude « Hydrologie Milieux Usages Climat » (H.M.U.C.) pour la mise en œuvre du SAGE Clain

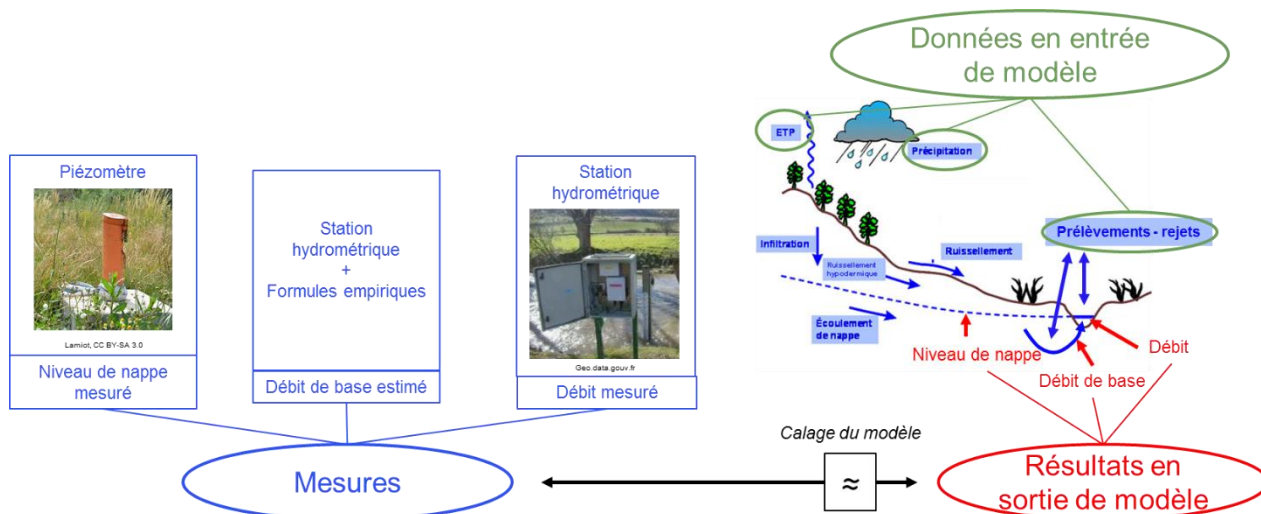


Figure 25 : Structure de modèle en régime influencé et illustration du principe de calage (Sources : SUEZ Consulting, 2021)

Pour chacun des bassins modélisés, le calage est réalisé par itérations en ajustant les paramètres du modèle, dans le respect de leur gamme de validité et dans le but d'optimiser les critères suivants par rapport aux valeurs mesurées :

- Reconstitution du module, du QMNA5 et du VNC30(5) ;
- Maximisation du coefficient de Nash mensuel sur les débits mensuels et sur les débits mensuels estivaux (juillet à octobre) ;
- Reconstitution des QMN5 et des QMNA.

Le processus de calage prend fin dès lors que l'amélioration d'un de ces indicateurs de calage entraîne la détérioration d'un ou plusieurs autres indicateurs.

Les modèles ayant vocation de prendre en compte l'effet des usages souterrains et de restituer fidèlement les débits d'étiage qui sont principalement issus des apports de nappe, il convient d'assurer également une représentation cohérente des phénomènes souterrains. Ceci permettra notamment de garantir la robustesse des modèles lorsqu'ils seront utilisés en projection future, dans le cadre du volet climat. En effet, un modèle reconstituant bien l'ensemble des phénomènes hydrologiques et hydrogéologiques du système représenté est susceptible de restituer de meilleurs résultats lorsqu'il est appliqué à des conditions autres que celles sur lesquelles il a été calé qu'un modèle dont seule une fraction des phénomènes hydrologiques sont correctement représentées). Ainsi, on s'attache également, dans le cadre du calage des modèles hydrologiques, à restituer de manière satisfaisante les principales composantes du compartiment souterrain et des interactions nappe-rivière. Concrètement, il s'agit d'optimiser les critères suivants :

- Coefficient de Nash et reconstitution de la chronique mensuelle du débit de base (en comparant les valeurs simulées avec la moyenne des valeurs obtenues par CPGF Horizon à l'aide de méthodes de reconstitution empiriques couramment employées : Filtre de Chapman, Filtre d'Eckhart et Base flow Index BGS). Ces reconstitutions étant elles-mêmes entachées d'une certaine incertitude, on ne recherchera pas un calage aussi fin concernant le débit de base que concernant les indicateurs de débits total précédemment mentionnés. Dans les cas où le modèle présenterait une bonne reproduction des débits estivaux et de la piézométrie, mais une mauvaise reproduction des débits

de base estimés, on favorisera les indicateurs débit et piézométrie pour l'évaluation du calage, ces derniers étant mesurés et non estimés ;

- Coefficient de Nash, RMSE (voir glossaire) et reconstitution de la chronique mensuelle de la côte piézométrique, telle que mesurée au niveau du piézomètre considéré le plus représentatif du compartiment souterrain du secteur modélisé. La modélisation réalisée dans la présente étude étant de type global, le compartiment souterrain est simplifié<sup>7</sup>. Ainsi, on s'attache essentiellement à reproduire le phasage du cycle de montée descente de la nappe, les amplitudes relatives observées et l'évolution interannuelle des niveaux. Pour ce faire, une opération de centrage-normage du niveau simulé sur le niveau observé est réalisée, d'après la moyenne et l'amplitude des chroniques piézométriques observées.

Il convient d'avoir à l'esprit que l'essentiel de l'effort de calage concerne les débits. En effet :

- Les chroniques hydrométriques constituent un indicateur de calage fiable, représentatif de l'ensemble du bassin versant drainé à son amont, par contraste avec les chroniques piézométriques qui ne sont que le témoin d'un point localisé qui n'est pas systématiquement représentatif du comportement de la nappe sur l'ensemble du bassin représenté ;
- Le débit est plus intégrateur des phénomènes du bassin que la piézométrie, qui peut ne pas être très bien corrélée au débit associé (karst, failles etc.) ;
- L'effort de calage accentué sur les débits d'étiage, qui sont principalement issus des nappes, garantit une bonne représentation des processus d'échanges nappe-rivière ;
- Les chroniques de débit modélisées et les indicateurs en étant issus vont être largement utilisées dans la suite de l'étude (pour la définition de débits objectifs d'étiage, de volumes prélevables en eau superficielle et en nappe libre). En revanche, les niveaux de nappe modélisés sont moins cruciaux, l'analyse des piézométries objectives d'étiage pouvant être réalisée à l'aide d'analyses statistiques sur les chroniques observées.

#### 9.3.2 Reconstitution des débits et niveaux désinfluencés

Afin d'évaluer l'impact actuel des usages anthropiques sur la ressource en eau et *in fine*, sur les milieux aquatiques, il convient de calculer les débits caractéristiques d'étiage en régime « désinfluencé » en situation actuelle.

La démarche générale adoptée pour reconstituer l'hydrologie désinfluencée du bassin versant du Clain est récapitulée par le synoptique suivant :

---

<sup>7</sup> Réservoir vide, à la différence d'un milieu solide poreux, et le niveau piézométrique modélisé est une hauteur d'eau théorique en l'absence d'aquifère perméable, différent du niveau piézométrique observé dont les variations sont plus importantes du fait de la matrice poreuse en présence.



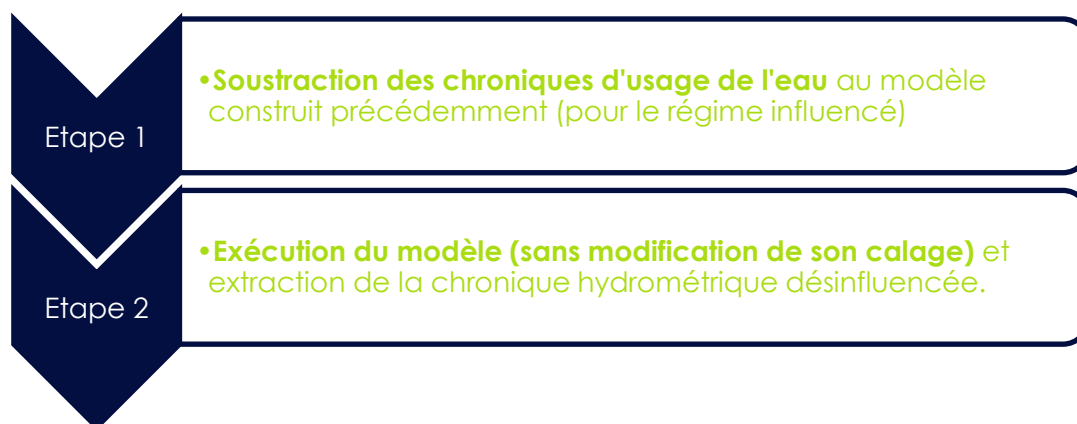


Figure 26 : Principe méthodologique de reconstitution des débits désinfluencés (Sources : SUEZ Consulting, 2019)

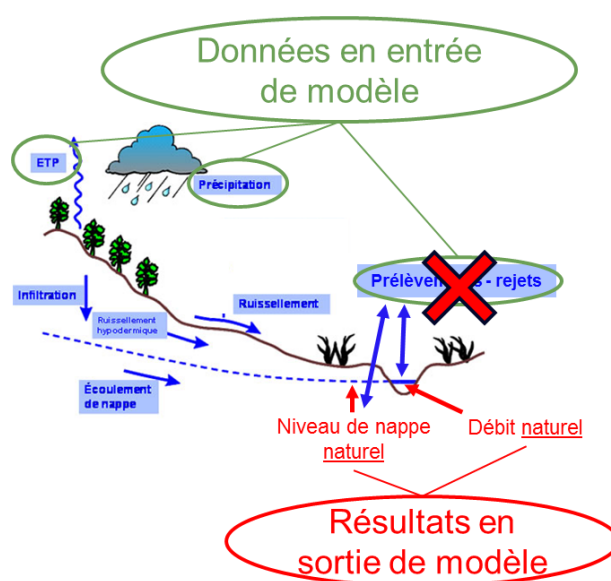


Figure 27 : Structure de modèle en régime désinfluencé (Sources : SUEZ Consulting, 2021)

### 9.3.3 Evaluation du calage des modèles construits au niveau de chaque unité de gestion

Le tableau suivant présente les valeurs simulées des indicateurs d'étiage sur la période 2000-2018 (ou la plus longue période d'observation disponible) et leur écart aux valeurs observées sur cette même période pour chaque unité de gestion.

On observe une bonne à très bonne performance des modélisations, malgré un contexte géologique karstifié. En effet, les modèles reproduisent bien les bas débits, tout en représentant correctement le cycle hydrologique annuel. La prise en compte du compartiment souterrain permet une bonne représentativité des processus d'échanges nappe-rivière, particulièrement déterminants en période d'étiage.

Tableau 19 : Valeurs simulées et écarts aux valeurs observées sur la plus longue période disponible (Source : Suez Consulting 2021)

| Unité de gestion           | Période de comparaison                     | Reconstitution du module                   | Reconstitution du QMNA5                    | Reconstitution du VNC30 (5)                |
|----------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|
| Clain amont                | 2000-2018                                  | 6,18 m3/s<br>(102,3% de la valeur mesurée) | 0,62 m3/s<br>(77,7% de la valeur mesurée)  | 0,6 m3/s (77,3% de la valeur mesurée)      |
| Dive de Couhé              | 2000-2018<br>(lacunes en 2000, 2005, 2006) | 2,29 m3/s<br>(96,4% de la valeur mesurée)  | 0,2 m3/s<br>(104,6% de la valeur mesurée)  | 0,19 m3/s (103% de la valeur mesurée)      |
| Vonne                      | 2000-2018                                  | 2,77 m3/s<br>(94,3% de la valeur mesurée)  | 0,13 m3/s<br>(80,6% de la valeur mesurée)  | 0,12 m3/s<br>(78,6% de la valeur mesurée)  |
| Clouère                    | 2000-2018<br>(lacunes en 2000 et 2001)     | 2,38 m3/s<br>(112,5% de la valeur mesurée) | 0,36 m3/s<br>(114,4% de la valeur mesurée) | 0,34 m3/s<br>(115,5% de la valeur mesurée) |
| Clain médian               | 2000-2018                                  | 13,32 m3/s<br>(98,9% de la valeur mesurée) | 1,28 m3/s<br>(79,4% de la valeur mesurée)  | 1,23 m3/s<br>(82,6% de la valeur mesurée)  |
| Miosson                    | 2000-2018<br>(lacunes en 2006 et 2007)     | 0,33 m3/s<br>(104,2% de la valeur mesurée) | 0,02 m3/s<br>(81,7% de la valeur mesurée)  | 0,02 m3/s<br>(83,4% de la valeur mesurée)  |
| Boivre                     | 2007-2018                                  | 1,15 m3/s<br>(96,8% de la valeur mesurée)  | 0,18 m3/s<br>(85,8% de la valeur mesurée)  | 0,17 m3/s<br>(89,5% de la valeur mesurée)  |
| Auxance                    | 2000-2018<br>(lacunes de 2005 à 2007)      | 1,51 m3/s<br>(97,8% de la valeur mesurée)  | 0,21 m3/s<br>(91,2% de la valeur mesurée)  | 0,2 m3/s (89,9% de la valeur mesurée)      |
| Pallu                      | 2010-2018                                  | 0,52 m3/s<br>(96,7% de la valeur mesurée)  | 0,02 m3/s<br>(111,8% de la valeur mesurée) | 0,02 m3/s<br>(118,9% de la valeur mesurée) |
| Clain aval                 | 2000-2018<br>(année 2000 exceptionnelle)   | 19,62 m3/s<br>(94,7% de la valeur mesurée) | 2,49 m3/s<br>(83,7% de la valeur mesurée)  | 2,43 m3/s<br>(81,6% de la valeur mesurée)  |
| Ecart simulé-mesuré < 5 %  |                                            |                                            |                                            |                                            |
| Ecart simulé-mesuré <15 %  |                                            |                                            |                                            |                                            |
| Ecart simulé-mesuré < 25 % |                                            |                                            |                                            |                                            |
| Ecart simulé-mesuré > 25%  |                                            |                                            |                                            |                                            |

## 9.4 Annexe 4 : Choix des stations de référence pour l'application du protocole ESTIMHAB

La mise en œuvre du protocole ESTIMHAB passe par plusieurs étapes qui sont décrites ci-après, à savoir :

1. **Identification et caractérisation** du site d'étude ;
2. **Campagnes de terrain** ;
3. **Saisie des données d'entrée** dans le modèle d'habitat.

#### 9.4.1 Principes de localisation des sites

Le choix des tronçons d'étude pour l'application de la méthode ESTIMHAB est particulièrement important et nécessite une bonne connaissance du contexte global du cours d'eau.

Les tronçons de cours d'eau retenus doivent répondre aux **critères suivants** :

- ❖ Le **domaine de validité du protocole** doit être respecté ;
- ❖ La **morphologie du tronçon étudié** doit être naturelle ou peu modifiée. Les secteurs canalisés, rectifiés, aménagés.... sont à éviter ; Ainsi, une alternance de faciès morphologiques représentative du cours d'eau (radiers, plats, mouilles) est préférable, se traduisant généralement par des vitesses d'écoulement variables le long du tronçon ;
- ❖ **L'accès au cours d'eau doit être aisé et sans danger** ;
- ❖ La **proximité relative de stations hydrométriques** permettant un suivi des débits dans le cours d'eau est à privilégier ;
- ❖ **L'absence d'assecs naturels** sur le cours d'eau investigué. En effet, l'application du protocole n'a de sens que si les conditions naturelles du cours d'eau en période de basses eaux sont susceptibles de permettre le développement piscicole, ce qui n'est pas le cas en cas d'assecs.

L'ensemble de ces conditions ont été respectées lors de l'inspection de terrain réalisée par le bureau d'études AQUASCOP. En particulier, les tronçons retenus encadrent bien les secteurs à diversité de faciès accrue. Dans notre cas, la majorité des cours d'eau du territoire présente une morphologie relativement dégradée. Les secteurs les moins altérés (avec une alternance de faciès maximisée) ont été sélectionnés lors d'une campagne de terrain en concertation avec les acteurs locaux.

#### 9.4.2 Localisation des sites prospectés

A partir des informations précédentes, et en analysant la localisation et la hauteur de chute des obstacles à l'écoulement sur le territoire, nous avons identifié **19 tronçons de cours d'eau** susceptibles de se voir appliquer le protocole ESTIMHAB, représentant un **linéaire de près de 25 km**. La carte présentée en montre que la majorité de ces segments sont à l'exutoire des sous-bassins versants, afin d'être représentatifs de la superficie drainée des unités de gestion.

Des études ayant déjà été menées à ce sujet, **leurs résultats ont été valorisés** sur les bassins versants de la Dive du Sud, de la Bouleure et de la Pallu. Ainsi, la méthode ESTIMHAB a été déployée sur les **8 sous-bassins restants** identifiés dans le périmètre du SAGE Clain.

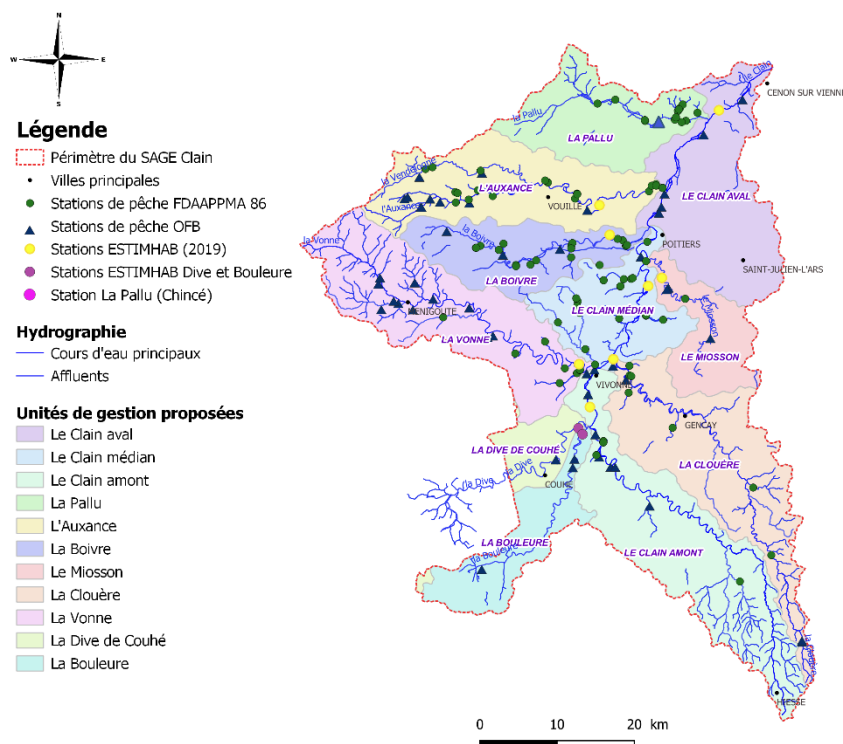


Figure 28 : Localisation des stations ESTIMHAB et études antérieures

### 9.4.3 Campagne de terrain et contrôle de validité du modèle

Deux campagnes de terrain ont été réalisées par un bureau d'étude spécialisé en hydrobiologie à deux périodes de l'année. Le 20 août 2020 est la date de campagne de basses eaux (débit Q1). La seconde campagne a été réalisée le 28 octobre 2020 en période de moyennes eaux (débit Q2).

- Les valeurs hydrologiques (Q50) sont issues de l'étude de la banque de données HYDRO disponible.
- Une veille hydrologique a permis de valider les dates de terrain de manière à ce que  $Q2 > 2*Q1$ , condition préalable à la mise en place de la modélisation ESTIMHAB.

Le contrôle de validité du modèle est indiqué ci-dessous :

Tableau 20 : Contrôle de vérification hydrologique pour les stations étudiées en 2019

| Unité de gestion | Q1    | Q2    | Q50   | Q2>Q1*2 | Q1/10  | Q50>Q1/10 | 5*Q2  | 5*Q2>Q50 |
|------------------|-------|-------|-------|---------|--------|-----------|-------|----------|
| Clain amont      | 1,57  | 5,7   | 3,29  | OK      | 0,157  | OK        | 28,5  | OK       |
| Vonne            | 0,403 | 1,531 | 1,12  | OK      | 0,0403 | OK        | 7,655 | OK       |
| Clouère          | 0,749 | 1,663 | 1,31  | OK      | 0,0749 | OK        | 8,315 | OK       |
| Clain médian     | 3,108 | 8,146 | 7,48  | OK      | 0,3108 | OK        | 40,73 | OK       |
| Miosson          | 0,07  | 0,151 | 0,173 | OK      | 0,007  | OK        | 0,755 | OK       |
| Boivre           | 0,276 | 0,748 | 0,477 | OK      | 0,0276 | OK        | 3,74  | OK       |
| Auxance          | 0,466 | 1,807 | 0,943 | OK      | 0,0466 | OK        | 9,035 | OK       |

## Phase 1 – Synthèse

Etude « Hydrologie Milieux Usages Climat » (H.M.U.C.) pour la mise en œuvre du SAGE Clain



|            |      |        |      |    |       |    |        |    |
|------------|------|--------|------|----|-------|----|--------|----|
| Clain aval | 5,56 | 12,939 | 12,3 | OK | 0,556 | OK | 64,695 | OK |
|------------|------|--------|------|----|-------|----|--------|----|

Ajoutons à ce tableau la validation des conditions suivantes :

- Les **hauteurs d'eau moyennes à Q1** sont inférieures à celles relevées en Q2 ;
- Les **largeurs en eau moyennes à Q1** sont inférieures à celles relevées en Q2 ;
- Les **hauteurs d'eau étaient inférieures à 2 m lors du passage sur le terrain.**

**Tableau 21 : Vérification des variables morphologiques pour les stations étudiées en 2019 (exposant de largeur généralement compris entre 0 et 0.3 / exposant de hauteur généralement compris entre 0.2 et 0.6)**

| Unité de gestion | Pente du cours d'eau | Largeur Plein bord (m) | Longueur du tronçon (m) | Largeur mouillée Q1 (m) | Hauteur d'eau Q1 (m) | Largeur mouillée Q2 (m) | Hauteur d'eau Q2 (m) | Exposant de géométrie hydraulique largeur | Exposant de géométrie hydraulique hauteur |
|------------------|----------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|----------------------|-------------------------|----------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|
| Clain amont      | < 0,5%               | 21                     | 380                     | 20,58                   | 1,21                 | 24,43                   | 1,29                 | 0,13                                      | 0,05                                      |
| Vonne            | < 0,5%               | 16                     | 250                     | 14,99                   | 0,33                 | 15,39                   | 1,531                | 0,02                                      | 0,26                                      |
| Clouère          | < 0,5%               | 14,5                   | 250                     | 10,14                   | 0,49                 | 10,69                   | 0,62                 | 0,06                                      | 0,29                                      |
| Clain médian     | < 0,5%               | 35                     | 520                     | 26,78                   | 1,3                  | 27,09                   | 1,45                 | 0,01                                      | 0,12                                      |
| Miosson          | < 0,5%               | 6                      | 140                     | 3,62                    | 0,19                 | 3,96                    | 0,27                 | 0,12                                      | 0,46                                      |
| Boivre           | < 0,5%               | 9                      | 135                     | 6,83                    | 0,25                 | 7,49                    | 0,35                 | 0,09                                      | 0,34                                      |
| Auxance          | < 0,5%               | 10                     | 150                     | 8,64                    | 0,62                 | 9,5                     | 0,8                  | 0,07                                      | 0,19                                      |
| Clain aval       | < 0,5%               | 45                     | 700                     | 32,2                    | 1,08                 | 33,04                   | 1,23                 | 0,03                                      | 0,15                                      |

On note que les exposant de géométrie hydraulique pour la hauteur sont relativement bas pour les stations situées le long du Clain. Cela signifie que la hauteur moyenne varie peu en fonction du débit. Ainsi, sans que cela ne proscrive l'exploitation des résultats du protocole au niveau de ces stations, une vigilance particulière doit être observée lors de leur interprétation.

## 9.5 Annexe 5 : Références bibliographiques pour l'analyse du changement climatique

Agence de l'eau Loire-Bretagne. 2018. « Plan d'adaptation au changement climatique pour le bassin Loire Bretagne ».

Beaufort, Aurélien, Florentina Moatar, et Florence Curie. 2015. Températures des cours d'eau : analyse des données et modélisation, application au bassin de la Loire. Université François Rabelais de Tours, Laboratoire GÉHCO-GéoHydrosystèmes.

Dayon, Gildas. 2015. « Evolution du cycle hydrologique continental en France au cours des prochaines décennies ». Université Toulouse 3 Paul Sabatier.

Douez, O., F. Bichot, et L. Petit. 2011. Contribution à la gestion quantitative des ressources en eau à l'aide du modèle Jurassique de Poitou-Charentes. BRGM/RP-59288-FR.

Ducharne, Agnès, Dominique Thiéry, Eric Sauquet, Jean-Philippe Vidal, Alexis Bernard, Vincent Bustillo, et Florentina Moatar. 2010. Impact du Changement Climatique sur l'hydrosystème Loire : HYDROlogie, Régime thermique, QUALité des eaux. Université François Rabelais de Tours.

Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, et S. L. Connors. 2021. Climate Change 2021 : The physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the INtergovernmental Panel on Climate Change. IPCC.

Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie. 2012a. Explore 2070 - Hydrologie souterraine Poitou Charente. BRGM/RP-61483-FR.

Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie. 2012b. Synthèse du projet Explore 2070 - Hydrologie souterraine. BRGM, Mines ParisTech.

Oudin, Ludovic. 2004. « Recherche d'un modèle d'évapotranspiration potentielle pertinent comme entrée d'un modèle pluie-débit global ». Ecole Nationale du Génie Rura, des Eaux et Forêts, Paris.

Pachauri, R. K., et L. A. Meyer. 2014. Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva, Switzerland: IPCC.

Région Nouvelle Aquitaine. 2018. Anticiper les changements climatiques en Nouvelle-Aquitaine pour agir dans les territoires. 978-2-9564516-0-0.

Stollsteiner, Philippe. 2012. Explore 2070 - Evaluation de l'impact du changement climatique - Rapport final. RP-61483-FR-vol 1. BRGM.

Thiery, D. 1990. Logiciel MARTHE. Modélisation d'Aquifère par un maillage rectangulaire en régime transitoire pour un calcul hydrodynamique des écoulements - version 4.3. BRGM R 32210 EAU 4S 90.

## 9.6 Annexe 6 : Scénarios climatiques du GIEC

### 9.6.1 Scénarios SRES (AR4)

Jusqu'à récemment, les études réalisées sur l'évolution du climat s'appuyaient largement sur **l'état de connaissance réalisé en 2007** (désigné par l'acronyme **AR4** pour « **fourth assessment report** »).

Lors de cet état de connaissance, la stratégie suivie était séquentielle. Le point de départ était une synthèse des travaux de modélisation économique qui conduit à définir un **ensemble de scénarios d'évolution possible de nos sociétés et modes de vie**, prenant en compte des choix en matière d'énergie et de rapports à la mondialisation : développements démographiques et économiques futurs, régionalisation, production et utilisation d'énergie, technologie, agriculture, gestion forestière et occupation du sol. Ces scénarios, appelés **SRES** (du nom du rapport spécial publié en 2000 pour les présenter, **Special Report on Emissions Scenarios**) proposaient plusieurs évolutions (cf. Figure 29) :

**Scénario A1** : Réduction des inégalités Nord-Sud avec un développement économique sur le schéma actuel. La famille de scénarios A1 se scinde **en trois groupes** qui décrivent des directions possibles de l'évolution technologique dans le système énergétique. Les trois groupes A1 se distinguent par leur accent technologique :



## Phase 1 – Synthèse

### Etude « Hydrologie Milieux Usages Climat » (H.M.U.C.) pour la mise en œuvre du SAGE Clain



Forte intensité de combustibles fossiles (**A1FI**),

Sources d'énergie autres que fossiles (**A1T**),

Equilibre entre les sources (**A1B**)

**Scénario B1** : Réduction des inégalités Nord-Sud avec un développement soucieux de l'environnement et du développement durable.

**Scénario A2** : Développement hétérogène avec un développement économique sur le schéma actuel.

**Scénario B2** : Développement hétérogène avec un développement soucieux de l'environnement et du développement durable.

| Scénario | Population | Economie | Environ. | Equité | Technologie | Mondial. |
|----------|------------|----------|----------|--------|-------------|----------|
| A1FI     |            |          |          |        |             |          |
| A1B      |            |          |          |        |             |          |
| A1T      |            |          |          |        |             |          |
| B1       |            |          |          |        |             |          |
| A2       |            |          |          |        |             |          |
| B2       |            |          |          |        |             |          |

Figure 29 : Scénarios SRES - Principales hypothèses prises pour les différents scénarios (Source : Portail DRIAS)

Ces scénarios se traduisaient ensuite en termes **d'émission de gaz à effet de serre**. Ces évolutions d'émissions de GES étaient alors utilisées par les climatologues comme données d'entrée des modèles de projections climatiques. Enfin, les projections climatiques alimentent les modèles d'impact (sur l'hydrosystème, les écosystèmes, la socio-économie...).

#### 9.6.2 Scénarios RCP (AR5)

Depuis l'AR4, les déterminants socio-économiques tels que l'économie, les technologies, les politiques publiques, et la connaissance du système climatique ont évolué.

Le GIEC a décidé de définir des **nouveaux scénarios** pour mieux prendre en compte ce nouveau contexte et permettre aux économistes et aux climatologues de ne plus travailler de manière séquentielle mais parallèle. Il s'agit de **quatre scénarii de trajectoire de forçage radiatif** dits « **RCP** » (Representative Concentration Pathways).

En comparaison avec les SRES, Les scénarios RCP présentent les caractéristiques principales suivantes :

Ils ne sont pas nécessairement plus capables de représenter les développements futurs que les scénarios SRES (en raison des très fortes incertitudes liées à ces derniers), mais permettent une meilleure prise en compte des informations disponibles à ce jour ;

Contrairement aux scénarios SRES, ils ne sont pas basés sur des pronostics socio-économiques. Les RCP peuvent ainsi représenter toute une gamme de politiques climatiques pour le XXI<sup>e</sup> siècle ;

Ils intègrent une meilleure prise en compte des gaz à effet de serre de courte durée de vie et des changements de l'occupation du territoire, des évolutions démographiques, du développement des pays émergents et des politiques climatiques envisageables ;

Ils n'ont pas été définis par le GIEC lui-même, mais lui ont été soumis par la communauté scientifique internationale. Enfin, contrairement aux scénarios SRES, ces nouveaux scénarios ne sont pas définis par le GIEC lui-même, mais ont été établis par la communauté scientifique pour répondre aux besoins du GIEC.

Ces scénarii sont détaillés ci-dessous :

RCP2.6 : correspond à un scénario avec une politique climatique visant à faire baisser les concentrations en CO<sub>2</sub> afin de limiter le réchauffement planétaire à 2°C en 2100. Il exige que l'on investisse dans l'atténuation sans tarder et que l'on adopte des techniques à émissions négatives plus tard au cours du présent siècle (pic puis déclin) ;

RCP4.5 : correspond à un scénario avec une politique climatique visant à stabiliser les concentrations en CO<sub>2</sub> avant 2100 (stabilisation sans dépassement) ;

RCP6.0 : correspond à un scénario avec une politique climatique visant à stabiliser les concentrations en CO<sub>2</sub> après 2100 (stabilisation sans dépassement) ;

RCP8.5 : Scénario sans politique climatique (concentration en CO<sub>2</sub> croissante).

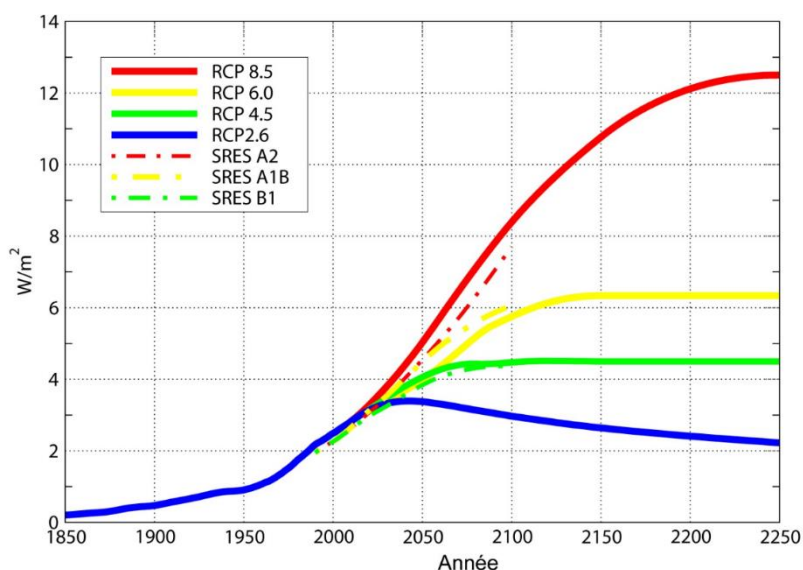


Figure 30 : Comparaison des évolutions du forçage radiatif associé aux différents scénarios climatiques

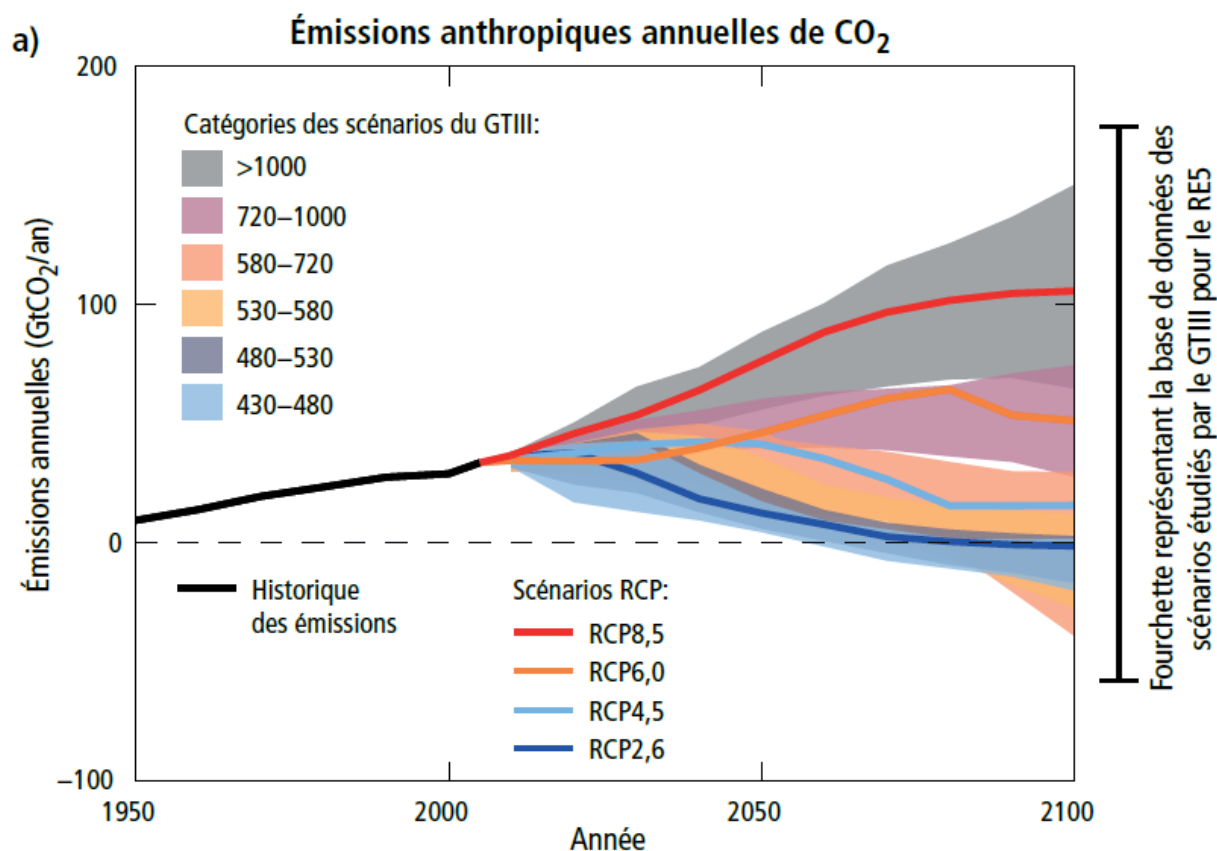


Figure 31 : Émissions de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) selon les profils représentatifs d'évolution de concentration (RCP) (Source : Rapport de synthèse de l'AR5 du GIEC)

### 9.6.3 Scénarios SSP (AR6)

Source : 6<sup>ème</sup> édition du rapport du GIEC / Résumé à l'attention des décideurs

Un ensemble de cinq nouveaux scénarios d'émissions illustratifs est pris en compte de manière cohérente dans ce rapport pour explorer la réponse climatique à un éventail plus large d'avenirs en matière de gaz à effet de serre (GES), d'utilisation des terres et de polluants atmosphériques que celui évalué dans l'AR5. Cet ensemble de scénarios conditionne les projections climatiques issues des modèles. Ces projections tiennent compte de l'activité solaire et du forçage de fond des volcans. Les résultats du 21<sup>e</sup> siècle sont fournis pour le court terme (2021-2040), le moyen terme (2041-2060) et le long terme (2081-2100) par rapport à 1850-1900, sauf indication contraire.

Les scénarios commencent en 2015 et incluent des scénarios avec des émissions de GES élevées et très élevées (SSP3-7.0 et SSP5-8.5) et des émissions de CO<sub>2</sub> qui doublent à peu près par rapport aux niveaux actuels d'ici 2100 et 2050, respectivement, des scénarios avec des émissions de GES intermédiaires (SSP2-4.5) et les émissions de CO<sub>2</sub> restant autour des niveaux actuels jusqu'au milieu du siècle, et des scénarios avec des émissions de GES très faibles et faibles et des émissions de CO<sub>2</sub> diminuant à zéro net vers ou après 2050, suivis de niveaux variables d'émissions nettes négatives de CO<sub>2</sub> (SSP1-1.9 et SSP1 -2.6), comme illustré à la figure suivante. Les émissions varient entre les scénarios en fonction des hypothèses socio-économiques, des niveaux d'atténuation du changement climatique et, pour les aérosols et les précurseurs de l'ozone non

## Phase 1 – Synthèse

Etude « Hydrologie Milieux Usages Climat » (H.M.U.C.) pour la mise en œuvre du SAGE Clain



méthaniques, des contrôles de la pollution atmosphérique. Des hypothèses alternatives peuvent entraîner des émissions et des réponses climatiques similaires, mais les hypothèses socio-économiques et la faisabilité ou la probabilité de scénarios individuels ne font pas partie de l'évaluation.

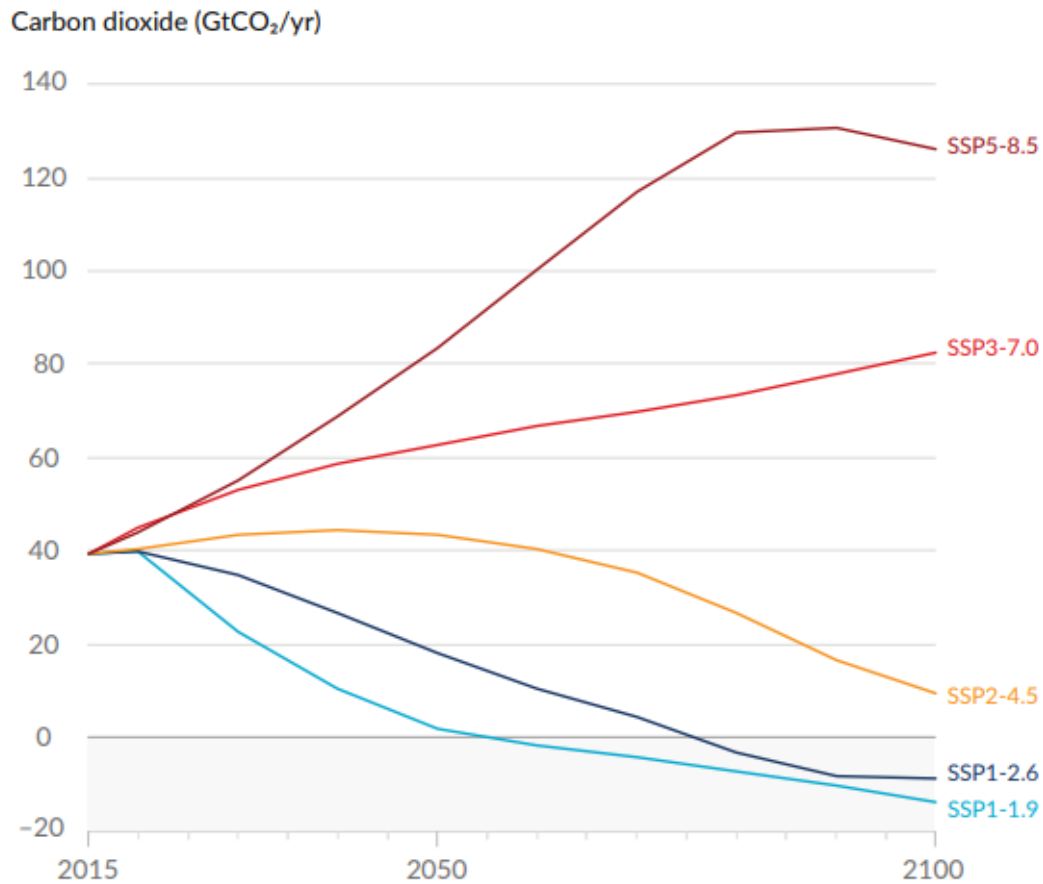


Figure 32 : Émissions de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) selon les trajectoires socioéconomiques partagées (SSP) (Source : Rapport de synthèse à l'attention des décideurs, AR6 du GIEC)