Les structures porteuses du projet :

Les structures partenaires :

SCHÉMA DÉPARTEMENTAL

Gestion de la ressource en Eau

État des lieux - 2020

Version finale – JUIN 2021

Photo : Le Louet (Etienne Begouen, septembre 2019)

Sommaire

I. Préambule....1
I.1. Contexte et objectifs de l'étude....1
I.2. Modalités d'organisation et de réalisation de l'étude....2
I.3. Bilan des outils disponibles....2
II. Le cadre institutionnel et réglementaire de la gestion de l'eau....3
II.1. La Directive Cadre et les lois sur l'eau....3
II.2. Les objectifs de bon état des masses d'eau....4
II.3. Le Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE)....5
II.3.1. Volet QUALITÉ du SDAGE 2016-2021....6
II.3.2. Volet QUANTITÉ du SDAGE 2016-2021....7
II.4. Les Schémas d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE)....8
II.5. Les contrats territoriaux Eau....10
II.6. Les volumes prélevables....11
II.7. Les prélèvements pour l'usage agricole....11
II.8. Les prélèvements pour l'industrie....11
II.8.1. Les installations classées pour la protection de l'environnement....12
II.8.2. Les établissements mettant sur le marché des denrées animales ou d'origine animale....13
II.9. La gestion de crise....13
II.10. Les assises de l'eau....17
II.11. Les Projets de Territoire pour la Gestion de l'Eau (PTGE)....18
II.12. Le plan d'adaptation au changement climatique pour le bassin Loire Bretagne....18
III. Etat des lieux des ressources actuelles et futures....19
III.1. La géologie en Maine-et-Loire....19
III.2. Le climat en Maine-et-Loire....20
III.2.1. Le réseau de suivi....20
III.2.2. L'évolution du climat depuis 1959....20
III.2.3. Le climat présent....25
III.2.4. Les projections climatiques....31
III.3. Les ressources en eau superficielle....41
III.3.1. Les hydro-écorégions....41
III.3.2. Le réseau hydrographique....42
III.3.3. Les bassins versants....45
III.3.4. Les principaux ouvrages hydrauliques....45
III.3.5. La température de l'eau....48
III.3.6. Le réseau de suivi qualitatif des eaux superficielles....50
III.3.7. La qualité des cours d'eau....52

III.3.8. Le réseau de suivi quantitatif des eaux superficielles 62
III.3.9. L'évolution des débits des cours d'eau depuis 1985 64
III.3.10. Les débits actuels des cours d'eau 69
III.3.11. Etat quantitatif futur des eaux superficielles 70
III.3.12. État qualitatif futur des eaux superficielles 76
III.4. Les ressources en eau souterraine 77
III.4.1. Le contexte hydrogéologique 77
III.4.2. Le réseau de suivi qualitatif des eaux souterraines 78
III.4.3. Les périmètres de protection de captages 80
III.4.4. Les captages prioritaires Grenelle 83
III.4.5. La qualité des eaux souterraines 87
III.4.6. Le réseau de suivi quantitatif des eaux souterraines 90
III.4.7. L'évolution des niveaux d'eau souterraine 93
III.4.8. La disponibilité actuelle des eaux souterraines 99
III.4.9. La sensibilité des principaux aquifères au changement climatique 104
III.4.10. État quantitatif futur des eaux souterraines 115
III.4.11. État qualitatif futur des eaux souterraines 139
IV. État des lieux des besoins actuels et futurs 140
IV.1. Général 140
IV.2. Les besoins en eau potable 143
IV.2.1. L'organisation de l'alimentation en eau potable en Maine-et-Loire 143
IV.2.2. La restitution au milieu des eaux prélevées pour l'usage eau potable 148
IV.2.3. Les besoins actuels en eau potable 151
IV.2.4. Les besoins futurs en eau potable 162
IV.3. Les besoins en eau de l'agriculture et de la pisciculture 165
IV.3.1. Usages agricoles de l'eau, méthodologie, données mobilisées et hypothèse prises. 165
IV.3.2. Les besoins actuels en agriculture 173
IV.3.3. Les besoins futures / tendances 181
IV.4. Les besoins en eau pour l'industrie, le commerce et l'artisanat 187
IV.4.1. Les usages de l'eau pour l'industrie, le commerce et l'artisanat 187
IV.4.2. La restitution au milieu des eaux prélevées pour l'industrie, le commerce et l'artisanat 189
IV.4.3. Les sources de données des prélèvements en eau pour l'industrie, le commerce et l'artisanat 189
IV.4.4. Les besoins en eau actuels pour l'industrie, le commerce et l'artisanat 190
IV.4.5. Les besoins en eau futurs pour l'industrie, le commerce et l'artisanat 192
IV.5. Les besoins en eau des milieux naturels 192
IV.5.1. Définition des « besoins en eau des milieux naturels » 192
IV.5.2. La prise en compte des milieux dans le cadre des études de volumes prélevables ou H.M.U.C dans le département 193

IV.6. La sur-évaporation des plans d'eau 200
IV.7. Autres usages 202
IV.7.1. Forêt 202
IV.7.2. Énergie 204
IV.7.3. Baignade 206
IV.7.4. Navigation 207
IV.7.5. Pêche 210
IV.7.6. Loisirs 211
V. Synthèse par bassin versant 212
VI. Synthèse de l'état des lieux 214
VII. Conclusion de l'état des lieux 217
VIII. Bibliographie 218
IX. Table des illustrations 223
X. Annexes 231

Liste des acronymes

AAPPMA : Associations Agréées pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique
ACS : Arrêté Cadre Sécheresse
ADAPAEF : Association Départementale Agréée de Pêcheurs Amateurs aux Engins et aux Filets
ADEME : Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie
ADES : Portail National d'Accès aux Données sur les Eaux Souterraines
AEP : Alimentation en Eau Potable
AFB : Agence Française pour la Biodiversité
AMAP : Associations pour le Maintien d'une Agriculture Paysanne
ARS : Agence Régionale de la Santé
BFI : Base Flow Index
BNPE : Banque Nationale des Prélèvements Quantitatifs en Eau
BRGM : Bureau de recherches géologiques et minières
BV : Bassin Versant
CE : Conformité Européenne
CERFACS : Centre Européen de Recherche et de Formation Avancée en Calculs Scientifique
CLE : Commission Locale de l'Eau
CNRM : Centre National de Recherches Météorologiques
CNRS : Centre National de la Recherche Scientifique
CRESEB : Centre de Ressources et d'Expertise Scientifique sur l'Eau de Bretagne
CRPF : Centre National de la Profession Forestière
CT Eau : Contrat Territorial Eau
DCE : Directive Cadre sur l'Eau
DDPP : Direction Départementale interministérielle en charge de la Protection des Populations
DDT : Direction Départementale des Territoires
DOE : Débit d'Objectif d'Etiage
DPF : Domaine Public Fluvial
DREAL : Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement
DUP : Déclaration d'Utilité Publique
EDE : Etablissement de l'Elevage
EDF : Électricité de France
ENS Paris : École Normale Supérieure Paris
EPCI : Etablissement Public de Coopération Intercommunale
EPTB : Établissements Publics Territoriaux de Bassin
ESO : Eau Souterraine
ESU : Eau Superficielle
ETP : Evapotranspiration Potentielle
ETR : Evapotranspiration Réelle
Etude HMUC : Etude Hydrologie, Milieux, Usages, Climat
EVHA : Evaluation de l'Habitat Physique des Poissons en Rivière
EVP : Etude de Volumes Prélevables
FEDER : Fonds Européen de Développement Régional

FRGSOS : Contrôle de surveillance de l'état chimique des eaux souterraines du bassin Loire de l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne
GEREP : Gestion Electronique du Registre des Emissions Polluantes
GES : Gaz à Effet de Serre
GIDAF : Gestion Informatisée des Données d'Autosurveillance Fréquente
GIEC : Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat
HER : Hydro-Ecorégions
HMNA : Hauteur de nappe Mensuel Minimum Annuel
HMNA5 : Hauteur de nappe Mensuel Minimum Quinquennal
I2M2 : Indice Invertébrés Multi-Métrique
IBG : Indice Biologique Global
ICPE : Installations Classées pour la Protection de l'Environnement
IDPR : Indice de Développement et de Persistance des Réseaux
INSEE : Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques
IPR : Indice Poissons Rivière
LEMA : Loi sur l'Eau et les Milieux Aquatiques
Loi EGALIM (Etats Généraux de l'alimentation) : Loi pour l'équilibre des relations commerciales dans le secteur agricole et alimentaire et une alimentation saine, durable et accessible à tous
MEFM : Masse d'Eau Fortement Modifiée
MISE : Mission Inter-services de l'Eau
MOOX : Matières Organiques et Oxydables
NAEP : Nappes à réserver en priorité à l'Alimentation en Eau Potable
NQE : Normes de Qualité Environnementale
OFB : Office Français de la Biodiversité
ONDE : Observatoire National Des Étiages
ONEMA : Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques
ONF : Office National de la Forêt
ORACLE : Observatoires Régionaux sur l'Agriculture et le Changement cLimatiquE
OUGC : Organismes Uniques de Gestion Collective
P (en mm) : Précipitation (en mm)
PAC : Politique Agricole Commun
PAGD : Plan d'Aménagement et de Gestion Durable
PCB : Polychlorobiphényle
Peff : Pluie Efficace
PLU : Plans Locaux d'Urbanisme
POE : Piézométrie d'Objectif d'Etiage
PPC : Périmètre de Protection des Captages
PPE : Périmètre de Protection Eloignée
PPI : Périmètre de Protection Immédiate
PPR : Périmètre de Protection Rapprochée
PTGE : Projet de Territoire pour la Gestion de l'Eau
PZ : Piézomètre
QA : Débit Annuel
QM : Débit Mensuel

QMNA : Débit Mensuel Minimum Annuel
QMNA5 : Débit Mensuel Minimum Quinquennal
RA : Recensement Agricole
RBESQAELB : Réseau de surveillance de la qualité des eaux souterraines du bassin Loire-Bretagne de l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne
RCA : Réseau Complémentaire Agence
RCO : Réseau de Contrôle Opérationnel
RCP : Representative Concentration Pathways (profils représentatifs d'évolution des concentration)
RCS : Réseau de Contrôle de Surveillance
RD : Réseau Départemental
RGPN : Règlement Général de Police de la Navigation Intérieure
RIPE : Ratio d'Infiltration de la Pluie Efficace
RNSISEAU : Réseau Nationale de Suivi au titre du contrôle sanitaire sur les eaux brutes
RPPN : Règlement Particulier de Police de la Navigation
RRICQPAL : Réseau qualitatif des eaux souterraines pour le suivi des installations classées pour la région Pays de Loire
RSD : Règlement Sanitaire Départemental
SAGE : Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux
SCOT : Schémas de Cohérence Territoriale
SDAGE : Schémas Directeurs d'Aménagement et de Gestion des Eaux
SIDAEP : Syndicat Interdépartemental d'Alimentation en Eau Potable de Mauges Gâtine
SISPEA : Système d'Information sur les Services Publics d'Eau et d'Assainissement
SMIDAP : Syndicat Mixte pour le Développement de l'Aquaculture et de la Pêche en Pays de la Loire
SPU : Surface Pondérée Utile
SRES : Second Report on Emission Scenario (scénarios d'évolution socio-économico-politique)
UG : Unités de Gestion
UNESCO : Organisation des Nations Unies pour l'Education, la Science et la Culture
ZEC : Zone d'Expansion de Crues
ZRE : Zone de Répartition des Eaux
ZSCE : Zones Soumises à Contraintes Environnementales

I. Préambule

I.1. Contexte et objectifs de l'étude

Les problèmes de ressource en eau sont déjà relativement marqués en Maine-et-Loire. Ainsi, au cours de l'été 2019, le débit de la Loire a dépassé la valeur minimale enregistrée depuis 30 ans (101 m^3/s en 2019 contre 114 m^3/s en 1990). De nombreux arrêtés sécheresse ont été pris par le préfet de Département pour réduire les prélèvements (notamment agricoles) et ainsi maintenir des niveaux d'eau convenables dans les rivières et les nappes souterraines. Une attention particulière des collectivités a permis d'éviter la rupture d'alimentation en eau potable sur le territoire, contrairement à d'autres départements où des coupures de service ont été observées. Le changement climatique risque d'accentuer ces problèmes de ressource en eau pouvant ainsi créer des conflits d'usage.

Ainsi, les questionnements portent à la fois sur le court terme avec la gestion des périodes de tensions sévères et ponctuelles, comme la période d'irrigation, mais également sur le long terme avec l'effet cumulé d'un déficit de recharge ou d'alimentation, associé à une augmentation des prélèvements.

Il est certain que les acteurs locaux et les actions mises en place vis-à-vis des changements climatiques jouent et joueront un rôle majeur sur l'état futur des ressources en eau.

Le Conseil départemental de Maine-et-Loire est mobilisé depuis de nombreuses années pour la préservation des ressources en eau à travers des actions de collecte et de valorisation des données sur l'eau (animation d'un observatoire de l'eau et de réseaux de suivi de la ressource, élaboration de schémas départementaux, etc…) et d'assistance technique et financière aux collectivités (assistance à la conduite de projets, organisation de journées techniques, subventions, etc...). Dans le cadre de ses compétences, il souhaite aujourd'hui contribuer à la réflexion sur la problématique de la ressource et se propose de conduire une étude prospective permettant la définition d'une stratégie de mobilisation et de gestion de la ressource en eau qui sera déclinée dans un schéma départemental.

L'étude doit permettre de collecter, de conforter et de mieux partager collectivement l'ensemble des données relatives à la ressource en eau et aux usages. Sur ces bases, elle proposera les actions à mettre en œuvre pour, d'une part, rechercher l'efficience de la consommation de l'eau, et d'autre part, optimiser la mobilisation et l'utilisation de la ressource pour l'ensemble des usages (consommation humaine, industrie, milieux naturels, agriculture).

Elle devra également, pour assurer la mise en œuvre de ces actions dans le cadre d'une gestion durable, définir les principes de base à respecter : priorité des usages, prise en compte des contraintes des milieux naturels (critères hydrologiques, environnementaux, …), critères d'acceptabilité sociale pour divers types d'aménagements envisageables, ….

Enfin, concernant l'usage agricole, compte tenu du contexte et des enjeux pour le territoire départemental, l'étude y consacrera un volet important.

I.2. Modalités d'organisation et de réalisation de l'étude

Le Conseil départemental se propose d'être maître d'ouvrage de l'étude. Le travail sera conduit en co-pilotage avec l'Etat-DDT et en concertation avec l'ensemble des acteurs de l'eau du territoire.

Le volet spécifique agricole est confié à la Chambre d'agriculture et le volet eaux souterraines est confié au BRGM dans le cadre de conventions spécifiques.

L'étude sera conduite en cohérence avec le plan d'actions et d'intervention de l'État – DDT, et de ses établissements publics (arrêté sécheresse, plans territoriaux de gestion de l'eau, …), avec la politique de la Région, ainsi qu'avec les programmes et objectifs des bassins (SAGE).

La gouvernance sera assurée en s'appuyant sur le comité départemental de l'eau.

Des groupes techniques seront mis en place pour travailler sur certains volets (ex. : groupe « Ressources en eau », groupe « Besoins Milieux », groupe « besoins Forêts et Agriculture » …).

Au niveau du calendrier, un état des lieux sera réalisé début 2021, pour aboutir à une étude de l'ensemble des solutions d'adaptation aux changements climatiques à l'été 2021. Le schéma départemental de gestion de la ressource en eau devrait ainsi être adopté fin 2021.

I.3. Bilan des outils disponibles

De nombreuses études sur le changement climatique, l'impact de ce dernier sur les ressources en eau et l'évolution des besoins des différents usagers ont été réalisées à l'échelle nationale et régionale ainsi qu'à celle du bassin versant Loire Bretagne (cf § « Bibliographie »). L'objet de cet état des lieux est de synthétiser ces documents à l'échelle départementale pour avoir une base de discussion commune avec les acteurs et usagers de l'eau.

Les études réalisées à l'échelle des structures porteuses de SAGEs telles que les études de volumes prélevables seront également utilisées. Les bassins versants non couverts par une étude volumes prélevables sont ceux de la Mayenne, du Thouet, de l'Estuaire de la Loire et de la Vilaine.

De plus, des données sur les prélèvements en eau sont disponibles *via* la banque nationale des prélèvements quantitatifs en eau (BNPE) : https://bnpe.eaufrance.fr/

Il s'agit de l'outil national dédié aux prélèvements sur la ressource en eau, pour la France métropolitaine et les départements d'outre-mer, coordonné par l'Agence Française de la Biodiversité pour le compte du Ministère de la transition écologique et solidaire.

Les données disponibles sur ce site internet sont issues de la gestion, par les agences et offices de l'eau, des redevances pour le prélèvement sur la ressource en eau (article L213-10-9). Elles sont appelées à être complétées par d'autres producteurs de données.
Les informations disponibles portent sur les volumes annuels directement prélevés sur la ressource en eau et sont déclinées par localisation et catégorie d'usage de l'eau.

Les seuils d'application de la redevance pour le prélèvement sur la ressource en eau sont fixés à 7 000 m^3/an sur le bassin Loire Bretagne.

II. Le cadre institutionnel et réglementaire de la gestion de l'eau

II.1. La Directive Cadre et les lois sur l'eau

La **Directive Cadre sur l'Eau (DCE) du 23 octobre 2000**, transposée en droit français par la **loi du 21 avril 2004** et par la **loi sur l'eau et les milieux aquatiques dite LEMA du 30 décembre 2006**, fixe des objectifs pour la préservation et la restauration de l'état des masses d'eau superficielles et souterraines.

L'objectif est d'atteindre le bon état ou le bon potentiel de l'ensemble des masses d'eau du territoire européen, ou de garantir la non dégradation du bon état (ou du bon potentiel) lorsque celui-ci est déjà atteint.

Pour les eaux souterraines, la DCE définit un bon état chimique et un bon état quantitatif.

Le bon état quantitatif est atteint lorsque le niveau de l'eau souterraine dans la masse d'eau est tel que le taux annuel moyen de prélèvements à long terme ne dépasse pas la ressource disponible de la masse d'eau souterraine.

Pour les eaux de surface, la DCE définit un bon état chimique et un bon état écologique, mais pas directement de bon état quantitatif. La quantité et la dynamique du débit des cours d'eau doivent donc être compatibles avec l'atteinte des objectifs de bon état écologique. Les aspects quantitatifs sont donc liés à la qualité de l'eau et des milieux, mais la DCE n'exige pas d'indicateurs pour caractériser spécifiquement l'état quantitatif des cours d'eau.

En 2010 et 2016, la France a rendu compte à la Commission européenne de la mise en œuvre de la DCE. Les données transmises incluaient notamment une évaluation de l'état des eaux, l'affectation à chaque masse d'eau d'un objectif et une estimation détaillée par bassin du coût des actions nécessaires pour atteindre ces objectifs.

Au-delà de l'ambition première d'atteindre les objectifs de la DCE, la **loi sur l'eau et les milieux aquatiques du 30 décembre 2006 (LEMA)** apporte des avancées concernant la prise en compte de la gestion de l'eau sur le territoire national avec notamment, des outils nouveaux de lutte contre les pollutions diffuses (zones d'alimentation de captage, zones humides d'intérêt particulier…), une nouvelle vision de l'aménagement et de la restauration des cours d'eau (continuité écologique, restauration douce…), la gestion collective des prélèvements pour l'irrigation ou encore le renforcement de la gestion locale et concertée des ressources en eau.

La **loi du 16 décembre 1964**, première grande loi française sur l'eau, organise la gestion de l'eau autour des six grands bassins hydrographiques français, issus d'un découpage naturel selon les lignes de partage des eaux. Elle promeut, à l'intérieur de chaque bassin, la notion de "gestion globale de l'eau" dans l'intérêt de tous. Elle instaure aussi le principe du "pollueur-payeur", visant à préserver la qualité de l'eau. Au sein de chaque bassin, la gestion de l'eau est attribuée à une Agence de l'eau. Le périmètre du bassin Loire-Bretagne, dont la gestion est attribuée à l'agence de l'eau Loire-Bretagne est présenté ci-dessous.

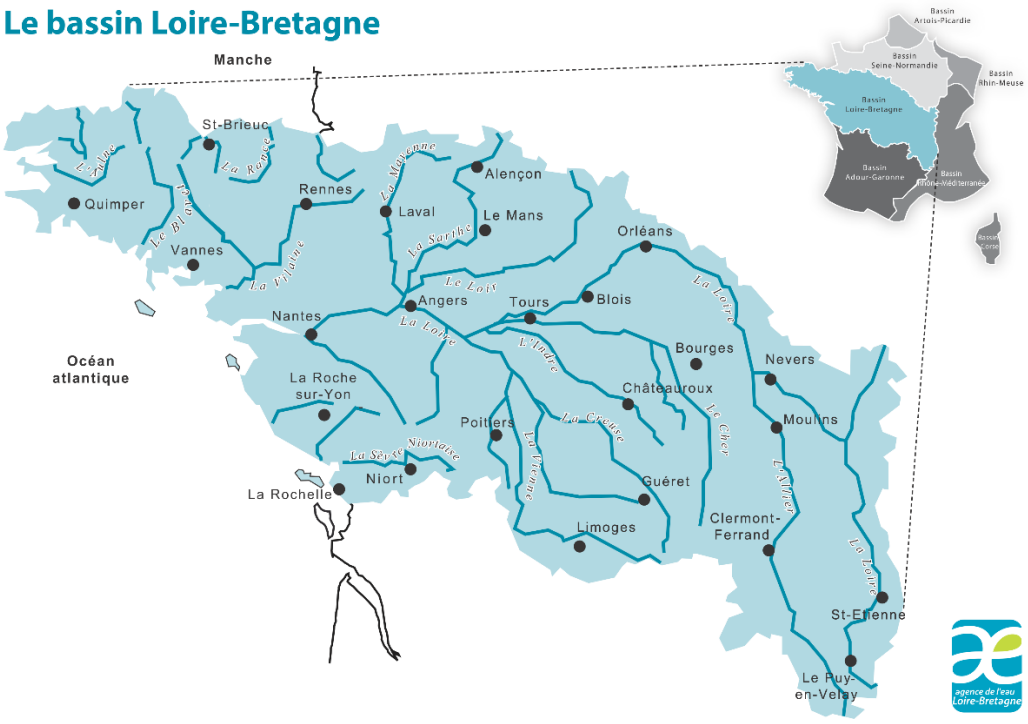


Figure 1 : Le bassin Loire-Bretagne, un des six bassins hydrographiques français (Source : Site internet de l'agence de l'eau Loire Bretagne)

La **loi sur l'eau du 3 Janvier 1992** dépasse les anciennes logiques sectorielles pour organiser la gestion de la protection des milieux aquatiques dans une approche plus équilibrée. Notamment, elle met en place les Schémas Directeurs d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE), qui fixent pour chaque grand bassin hydrographique métropolitain les orientations fondamentales en matière de gestion équilibrée de la ressource, dans l'intérêt général. Les Schémas d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE), déclinaisons locales des SDAGE sont également institués par la loi de 1992.

Cette loi a été à l'origine de la création de la mission inter-services de l'eau (MISE), dans chaque département, chargée de la coordination de la police de l'eau et a également confié la mission d'encadrer les activités de prélèvements aux préfets et leurs services dans les départements. Ces derniers sont chargés d'instruire les déclarations et demandes d'autorisations pour les activités dépassant les seuils de prélèvement d'eau fixés par le Code de l'environnement (art. R.214-1). Les prélèvements doivent respecter le principe de gestion équilibrée et durable de la ressource en eau, prenant en compte les adaptations nécessaires au changement climatique (art.L.211-1-CE).

Les SDAGE sont chargés de fixer les orientations fondamentales permettant de mettre en place cette gestion équilibrée à l'échelle de chaque grand bassin hydrographique (art.L.211-1-CE).

II.2. Les objectifs de bon état des masses d'eau

Issu de la Directive Cadre Européenne sur l'Eau (DCE) du 23 octobre 2000, le découpage en masse d'eau permet d'utiliser un référentiel élémentaire unique employé par tous les pays

membres de l'Union Européenne. Ces masses d'eau servent d'unité d'évaluation de l'état des eaux.

En Maine-et-Loire sont identifiées 106 masses d'eau pour les cours d'eau, 2 pour les plans d'eau et 29 pour les nappes.

Certaines masses d'eau sont classées comme Masse d'Eau Fortement Modifiée (MEFM), ce sont notamment les cours d'eau aménagés pour la navigation. Le bon état écologique n'est donc pas exigé mais un bon potentiel doit être recherché. Dans le Maine-et-Loire, sont classées en MEFM, les masses d'eau suivantes :

- l'Oudon en aval du Lion d'Angers,
- la Mayenne,
- la Sarthe,
- la Maine,
- l'Authion et le Lathan.

La DCE définit le bon état comme l'objectif à atteindre pour toutes les eaux : cours d'eau, plans d'eau, estuaires, eaux côtières et nappes. L'échéance à laquelle le bon état devait être atteint était fixée à l'année 2015.

En Loire-Bretagne, 61 % des cours d'eau auraient dû être en bon état écologique en 2015, contre environ 30 % actuellement. Chaque évaluation de l'état des eaux indique le chemin qu'il reste à faire pour atteindre cet objectif. Le SDAGE 2016-2021 repousse les objectifs ci-dessus à l'année 2021.

II.3. Le Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE)

Les orientations fondamentales du SDAGE et leurs dispositions sont opposables aux décisions administratives dans le domaine de l'eau (réglementation locale, programme d'aides financières, etc.), aux Schémas d'Aménagement et de gestion des Eaux (SAGE) et à certains documents tels que les plans locaux d'urbanisme (PLU), les schémas de cohérence territoriale (SCOT) et les schémas départementaux de carrière.

Le **SDAGE Loire–Bretagne 2016-2021** a été approuvé par arrêté du Préfet de bassin, le 18 novembre 2015. Ce document succède au SDAGE 2010-2015. Établi en application des articles L.212-1 et suivants du code de l'environnement, il fixe pour une période de 6 ans les grandes orientations pour une gestion équilibrée et durable de la ressource en eau ainsi que les objectifs de qualité et de quantité des eaux à atteindre dans le bassin Loire-Bretagne. En 2016, 26% des eaux du bassin Loire Bretagne étaient en bon état et 20% s'en approchaient. L'objectif du SDAGE 2016-2021 est d'atteindre 61% de bon état d'ici 2021.

Le changement climatique a été pris en compte pour l'actualisation de ce document de planification. Ainsi, le SDAGE 2016-2021 a pour objectif d'améliorer les connaissances sur l'adaptation au changement climatique en évaluant, par territoire, le degré de vulnérabilité des ressources au changement climatique et l'importance des impacts potentiels. Il a également pour but d'encourager l'adaptation au changement climatique des pratiques en matière de gestion de l'eau en fournissant aux acteurs les outils les mieux adaptés. Priorité est

ainsi donnée aux économies d'eau, à la prévention des pénuries, à la réduction des pertes sur les réseaux et à tout ce qui peut renforcer la résilience des milieux aquatiques.

Les principales orientations liées à la protection de la ressource en eau du SDAGE 2016-2021 sont présentées ci-après.

II.3.1. Volet QUALITÉ du SDAGE 2016-2021

Dans le bassin Loire-Bretagne, la ressource en eau destinée à la potabilisation est dégradée dans de nombreux secteurs, notamment en ce qui concerne les paramètres nitrates et pesticides. Il en découle les recommandations suivantes :

- Réduire la pollution par les nitrates (chapitre 2) ;
- Réduire la pollution organique et bactériologique (chapitre 3) ;
- Maîtriser et réduire la pollution par les pesticides (chapitre 4) ;
- Maîtriser et réduire les pollutions dues aux substances dangereuses (chapitre 5) ;
- Protéger la santé en protégeant la ressource en eau (chapitre 6) :

    - 6A - Améliorer l'information sur les ressources et équipements utilisés pour l'alimentation en eau potable

    - 6B - Finaliser la mise en place des arrêtés de périmètres de protection sur les captages

    - 6C - Lutter contre les pollutions diffuses par les nitrates et pesticides dans les aires d'alimentation des captages

      L'annexe n°4 du SDAGE 2016-2021 présente la liste des captages d'eau destinés à la consommation humaine, sensibles aux pollutions diffuses, nitrates et pesticides, ou susceptibles de l'être sur le bassin Loire-Bretagne. Parmi l'ensemble de ces captages sensibles, les actions correctives ou préventives sont ciblées sur les aires d'alimentation des captages jugés prioritaires listés ci-après.

        - Les Thuyas (Vritz),
        - Allonnes (Allonnes),
        - Beaufort en Vallée (Beaufort en Vallée),
        - Ribou (Cholet),
        - Prieuré de la Madeleine (Fontevraud-l'abbaye),
        - Longeron (Sèvremoine),
        - Le Louroux Beconnais (Val d'Erdre Auxence),
        - Puits de la Fontaine Bourreau (Montreuil Bellay),
        - Neuillé (Neuillé),
        - La Rucette (Cholet),
        - Oudon (Segré).

Ceci n'exclut pas la mise en œuvre d'actions préventives et/ou curatives pour les captages sensibles qui ne sont pas inclus dans la liste des captages prioritaires.

- 6D - Mettre en place des schémas d'alerte pour les captages (comprenant des stations d'alerte et des procédures à suivre en cas de pollutions accidentelles)

- 6E - Réserver certaines ressources à l'eau potable

  Dans le Maine et Loire, les nappes suivantes sont à réserver dans le futur à l'alimentation en eau potable (NAEP) :

  - Cénomanien captif (MESO FRGG142, FRGG080 pour partie, FRGG081 pour partie)
  - Dogger captif (MESO FRGG067 pour partie, FRGG132 pour partie)

II.3.2. Volet QUANTITÉ du SDAGE 2016-2021

La maîtrise des prélèvements d'eau est un élément essentiel pour le maintien, voire la reconquête, du bon état des cours d'eau et des eaux souterraines :

- Maîtriser les prélèvements d'eau (chapitre 7) :

  - 7A - Anticiper les effets du changement climatique par une gestion équilibrée et économe de la ressource en eau

  - 7B - Assurer l'équilibre entre la ressource et les besoins à l'étiage

  7B3 - En Maine-et-Loire, les bassins avec un plafonnement, au niveau actuel, des prélèvements à l'étiage pour prévenir l'apparition d'un déficit quantitatif sont les suivants :

  - Bassin de la Vilaine (hors aval du barrage de la Chapelle-Erbée),
  - Bassin de l'Oudon,
  - Bassin de la Sèvre Nantaise,
  - Bassins Layon-Aubance,
  - Bassins Evre-Thau.

  7B4 – Un bassin du Maine-et-Loire, partiellement réalimenté par la Loire, nécessite de prévenir l'apparition d'un déficit quantitatif : L'Authion.

  - 7C - Gérer les prélèvements de manière collective dans les zones de répartition des eaux et dans le bassin réalimenté nécessitant de prévenir l'apparition d'un déficit quantitatif

Les arrêtés préfectoraux du 24 janvier 2006 et du 12 mai 2011, ont permis de définir, pour le Maine et Loire, deux Zones de Répartition des Eaux (ZRE), zones caractérisées par une insuffisance quantitative chronique des ressources en eau par rapport aux besoins :

- ✓ La nappe du Cénomanien (eaux souterraines) sur les bassins versants de l'Authion et du Loir,
- ✓ Le Thouet (eaux superficielles et souterraines) sur le bassin versant du Thouet.

Le détail de l'application de la disposition 7-C sur le cas de la nappe du Cénomanien est présenté à l'article 7-C5 du SDAGE.

Le bassin versant réalimenté (partiellement par la Loire) nécessitant de prévenir l'apparition d'un déficit quantitatif est le bassin de l'Authion.

- 7D - Faire évoluer la répartition spatiale et temporelle des prélèvements, par stockage hivernal

- 7E - Gérer la crise

Le comité de bassin Loire-Bretagne prépare la mise à jour du schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux pour la période 2022-2027. L'état des lieux, première étape de cette démarche d'actualisation, a été adopté par le comité de bassin en décembre 2019. A noter que cet état des lieux s'est basé sur des données datant de 2017.

II.4. Les Schémas d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE)

Les Schémas d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE), déclinaisons locales des SDAGE. Une Commission Locale de l'Eau (CLE) est constituée pour chaque SAGE. Le rôle de la CLE concerne l'élaboration, le suivi et la mise en œuvre du SAGE. Ce travail se fait dans le cadre d'une concertation qui permet la prévention et l'arbitrage des conflits à l'échelle cohérente d'un bassin versant.

Une Commission Locale de l'Eau peut être considérée comme un "parlement de l'eau" sur le périmètre du SAGE. Sa composition est prévue à l'article L. 212-4 du code de l'environnement. Elle est composée de trois collèges distincts :

- Le collège des représentants des collectivités territoriales et des établissements publics locaux,
- Le collège des représentants des usagers, des propriétaires riverains, des organisations professionnelles et des associations concernées,
- Le collège des représentants de l'État et de ses établissements publics.

Le SAGE est constitué, depuis la LEMA de 2006, de deux documents assortis de documents cartographiques :

- Un **Plan d'Aménagement et de Gestion Durable** de la ressource en eau et des milieux aquatiques (PAGD), opposable aux décisions administratives. Il définit les objectifs du SAGE et évalue leur coût de mise en œuvre,
- Un **Règlement** opposable aux tiers. Les décisions administratives prises dans le domaine de l'eau doivent lui être conformes. Ce règlement constitue un renforcement important de la portée juridique du SAGE avec instauration d'une sanction pénale en cas de non-respect des règles qu'il édicte.

En Maine-et-Loire, il existe 11 Commissions de L'Eau (CLE) formées à ce jour. La carte ci-après présente le territoire de ces SAGEs.

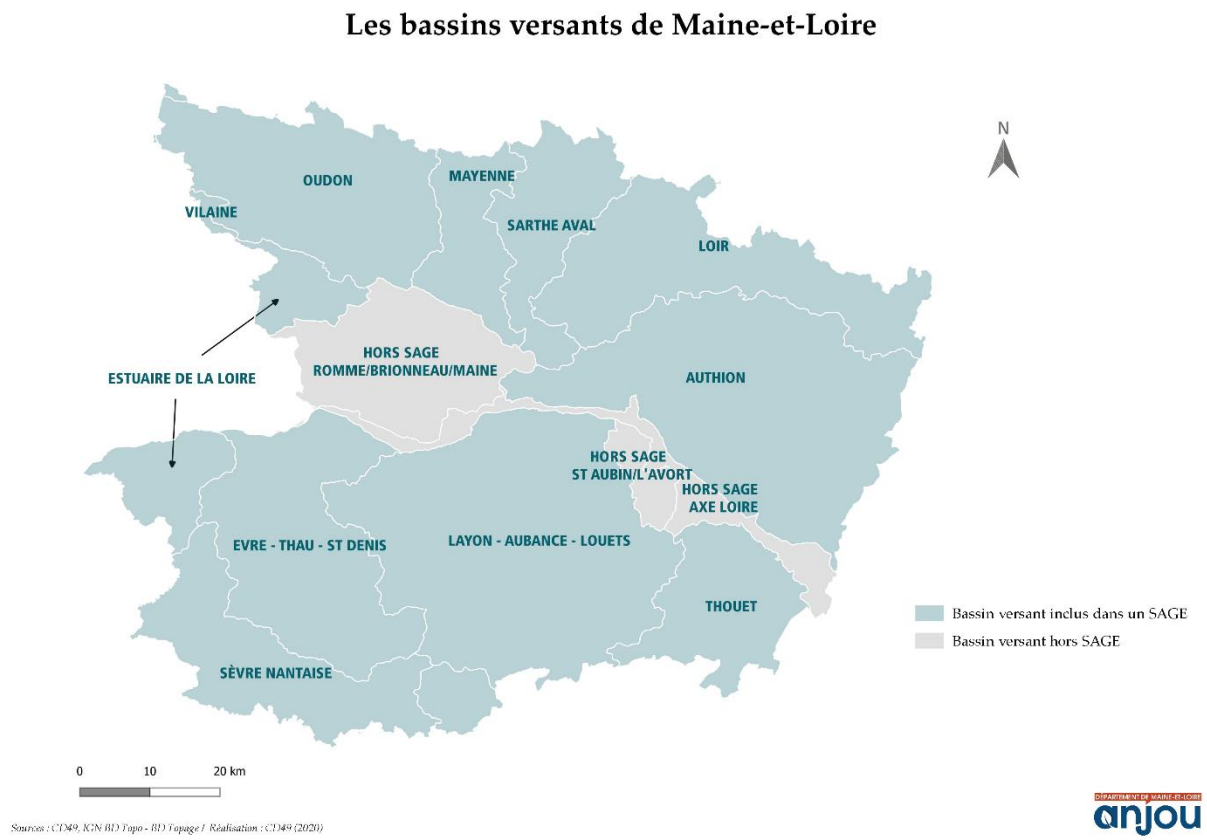


Figure 2 : Les Schémas d'Aménagement de Gestion des Eaux de Maine-et-Loire en 2020 (Source : Cd49, 2020)

En 2020, un SAGE est en cours d'élaboration (Thouet), un SAGE est en cours de révision (Estuaire de la Loire) et les autres sont en cours de mise en œuvre.

II.5. Les contrats territoriaux Eau

Le contrat territorial (CT) est un outil financier proposé par l'Agence de l'eau Loire Bretagne dans le but de réduire les différentes sources de pollution ou de dégradation physique des milieux aquatiques. Il permet d'intégrer l'ensemble des enjeux locaux mis en avant par l'état des lieux de la DCE et peut concerner une ou plusieurs thématiques. Son échelle d'intervention concerne le bassin versant ou l'aire d'alimentation de captage.

Il est conclu pour une durée de 6 ans (deux tranches de 3 ans) avec le porteur de projet, les maîtres d'ouvrage et les partenaires techniques et financiers. Les bénéficiaires sont les collectivités, les associations, les communes et leurs groupements. Il comporte deux phases :

- La phase d'élaboration (études, mobilisation des acteurs), préalable à la signature du contrat et aboutissant à la proposition d'un programme d'action,
- La phase de mise en œuvre, comprenant des actions d'accompagnement (animation, communication, suivi, évaluation).

En Maine-et-Loire, quatre CT Eau ont été signés. Trois CT Eau sont en cours d'élaboration.

La carte ci-dessous présente l'état d'avancement des CT Eau et leurs années de signature.

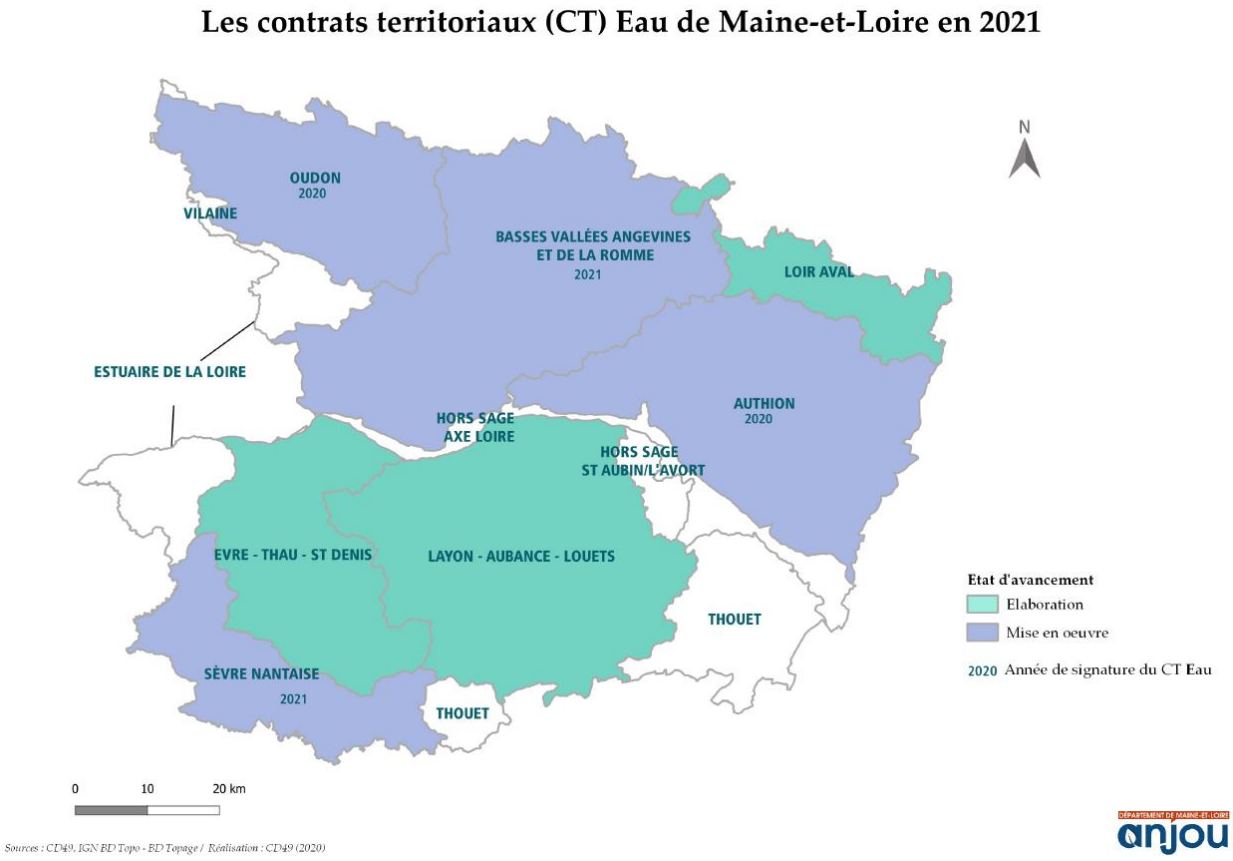


Figure 3 : Les contrats territoriaux CT Eau de Maine-et-Loire en 2021 (Source : Cd49, 2020)

II.6. Les volumes prélevables

La réforme dite « des volumes prélevables », introduite par la loi sur l'eau et les milieux aquatiques (LEMA) de 2006 et précisée par la **circulaire du 30 juin 2008** et celle du **3 août 2010**, vise à mettre en place une gestion durable (structurelle) des prélèvements.

Selon la circulaire du 30 juin 2008, une ressource en eau fait l'objet d'une gestion quantitative équilibrée lorsque, statistiquement, quatre années sur cinq (ou huit années sur dix) en moyenne, les volumes et débits maximums autorisés ou déclarés dans cette ressource, quels qu'en soient leurs usages (irrigation, alimentation en eau potable...), peuvent en totalité être prélevés dans celle-ci tout en garantissant le bon fonctionnement des milieux aquatiques correspondants. La garantie de bon fonctionnement peut, lorsqu'ils existent, s'observer par le respect des débits ou niveaux piézométriques d'objectifs, le cas échéant inscrits sous forme de débit d'objectif d'étiage (DOE) ou de piézométrie d'objectif d'étiage (POE) dans les schémas directeurs d'aménagement et de gestion des eaux (SDAGE) ou les schémas d'aménagement et de gestion des eaux (SAGE).

Dans tous les bassins en déséquilibre, les agences de l'eau et les services de l'État, ou les SAGE lorsqu'ils existent, déterminent le volume prélevable (ou condition de prélèvement maximal), tous usages confondus, garantissant le bon fonctionnement des milieux aquatiques et donc le respect huit années sur dix des DOE ou POE. Ce volume est ensuite partagé entre les grands usages (agriculture, eau potable, industrie), notamment via les règlements des SAGE.

II.7. Les prélèvements pour l'usage agricole

Pour les bassins où les déséquilibres sont particulièrement liés aux prélèvements agricoles, la LEMA (article 21) prévoit la création d'Organismes Uniques de Gestion Collective (OUGC), chargés de gérer le volume prélevable dédié à l'usage agricole. L'objectif est de bâtir, à une échelle géographique cohérente avec la ressource, une gestion collective permettant une meilleure répartition entre irrigants, d'une ressource disponible mais limitée.

Il existe deux OUGC dans le Maine-et-Loire :

- OUGC Thouet
- OUGC Authion

Un OUGC est en cours de mise en œuvre :

- OUGC Sarthe aval

A noter qu'il existe également en Maine-et-Loire, deux gestions mandataires, sur le bassin versant de la Moine Ribou-Verdon (Moine 1) (SAGE Sèvre Nantaise) et sur le bassin versant de la Thau (SAGE Evre Thau St Denis).

II.8. Les prélèvements pour l'industrie

Des données de prélèvements de certaines industries peuvent être collectées par le biais des déclarations obligatoires qu'elles doivent réalisées auprès de l'état. Il s'agit des installations

classées pour la protection de l'environnement et des établissements mettant sur le marché des denrées animales ou d'origine animale.

II.8.1. Les installations classées pour la protection de l'environnement

L'**article R214-5 du code de l'environnement** défini les usages domestique comme « […] tout prélèvement inférieur ou égal à 1 000 m³ d'eau par an, qu'il soit effectué par une personne physique ou une personne morale et qu'il le soit au moyen d'une seule installation ou de plusieurs. »

Les installations ayant un usage non domestique de l'eau, c'est-à-dire ne correspondant pas à la définition ci-dessus, sont soumis à des obligations particulières, présentées ci-dessous.

Certaines installations peuvent présenter des dangers ou des nuisances pour la commodité des riverains, la santé, la sécurité, la salubrité publique, l'agriculture, la protection de la nature et de l'environnement, la conservation des sites et des monuments. Il s'agit des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) (**articles L214-1 à L214-3 du code de l'environnement**). Une nomenclature répertorie les installations et activités concernées. Suivant le risque de dangers ou des nuisances, ces installations sont soumises à des procédures obligatoires : soit une autorisation environnementale (A) (risque fort), soit un enregistrement (E) (risque modéré), soit une déclaration (D) (risque faible).

Pour les prélèvements au milieu, la nomenclature présente des seuils différents selon le type de la ressource (eau superficielle, eau souterraine). Les seuils sont présentés dans le tableau ci-dessous.

	Seuils de prélèvements	
Régime	**Eau superficielle**	**Eau souterraine**
Autorisation	> 1 000 m³/h ou 5% débit du cours d'eau Si Zone de Répartition des Eaux (ZRE) : > 8 m3/h	> 200 000 m³/an Si ZRE : > 8 m3/h
Déclaration	> 400 m³/h ou entre 2 et 5% débit du cours d'eau Si ZRE : < 8 m3/h	> 10 000 m³/an Si ZRE : < 8 m3/h

À noter : lorsque le débit du cours d'eau en période d'étiage résulte, pour plus de moitié, d'une réalimentation artificielle, une autorisation est toujours nécessaire. Toutefois, en ce qui concerne la Seine, la Loire, la Marne et l'Yonne, il n'y a lieu à autorisation que lorsque la capacité du prélèvement est supérieure à 80 m³/h.

Les Directions Départementales interministérielles en charge de la Protection des Populations (DDPP) et les Directions Régionales de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement DREAL assurent la police des ICPE.

Les DREAL sont chargées de la surveillance et du contrôle de l'ensemble des ICPE hors activités agricoles (principalement, élevages, abattoirs et transformation de sous-produits animaux). Ces dernières étant suivies par les DDPP.

Les activités agricoles non soumises à la réglementation ICPE, le sont au titre du Règlement Sanitaire Départemental (RSD), sous le contrôle du maire.

Conformément à l'**arrêté du 26 décembre 2012 relatif au registre et à la déclaration annuelle des émissions polluantes et des déchets**, l'exploitant d'une ICPE (à l'exclusion des élevages, sauf les installations relevant de la rubrique 3660 (élevage intensif)) doit déclarer chaque année au ministre en charge des installations classées via la plateforme GEREP (Gestion électronique du registre des émissions polluantes), les données listées ci-dessous :

- les volumes d'eau consommée ou prélevée dès lors que le volume provenant d'un réseau d'adduction est supérieur à 50 000 m ³/ an ou que le volume prélevé dans le milieu naturel est supérieur à 7 000 m ³/ an ;

- les volumes d'eau rejetée, le nom, la nature du milieu récepteur dès lors que le volume de prélèvement total est supérieur à 50 000 m ³/ an.

La plateforme GEREP (Gestion électronique du registre des émissions polluantes), permet de satisfaire chaque année les obligations nationales mais également communautaires et internationales de la France en matière d'émissions polluantes.

II.8.2. Les établissements mettant sur le marché des denrées animales ou d'origine animale

Les établissements mettant sur le marché des denrées animales ou d'origine animale doivent solliciter un agrément sanitaire auprès de l'Agence Régionale de la Santé (**arrêté du 28 juin 1994** relatif à l'identification et à l'agrément sanitaire des établissements mettant sur le marché des denrées animales ou d'origine animale et au marquage de salubrité). Cette demande doit comprendre « une attestation de potabilité de l'eau ; à défaut, une attestation de raccordement au réseau public ou une copie de l'arrêté préfectoral autorisant l'utilisation d'eau d'une autre origine, avec éventuellement le résultat des analyses effectuées ».

II.9. La gestion de crise

En complément de l'organisation de la gestion durable (structurelle) et pour faire face à des situations de pénurie en eau, les préfets peuvent prendre des mesures de limitation ou de suspension provisoire des usages de l'eau.

Ces dispositions sont précisées dans les articles R.211-66 à R.211-70 du Code de l'environnement et dans la **circulaire du 18 mai 2011** relative aux mesures exceptionnelles de limitation ou de suspension des usages de l'eau en période de sécheresse. L'objectif général est d'anticiper et de gérer les situations de pénurie en assurant l'exercice des usages prioritaires, et plus particulièrement la santé, la sécurité civile, l'approvisionnement en eau potable et la préservation des écosystèmes aquatiques.

L'**arrêté cadre n°2019/DDT49-SEEF-MMT/01** relatif à la préservation de la ressource en eau en période d'étiage ou accord cadre étiage de Maine-et-Loire a pour objet d'anticiper les mesures de gestion à mettre en œuvre lors des situations de pénurie ou de sécheresse afin de

préserver la ressource en eau. Il définit des mesures de gestion graduelles permettant de préserver in-fine les usages prioritaires et les besoins des milieux. Pour cela, il :

- Délimite les zones d'alerte superficielles, souterraines et eau potable dans lesquelles peuvent s'appliquer des mesures de limitation ou d'interdiction temporaire des usages de l'eau en cas de sécheresse ou de pénurie de la ressource en eau ;
- Fixe pour chacune de ces zones d'alerte, les seuils de référence (vigilance, alerte, alerte renforcée, crise), à partir desquels des mesures de limitation ou d'interdiction temporaire des prélèvements s'appliquent ;
- Précise les mesures de gestion applicables aux différents usages de l'eau lorsque les seuils de référence sont franchis ou que les observations de l'Observatoire National Des Étiages (ONDE) le justifient ;
- Prend toute mesure en faveur de la protection des milieux et de la ressource.

Cet arrêté s'applique du 1er avril au 31 octobre. Si la situation l'exige, des mesures de limitations ou d'interdiction sont prises en dehors de cette période par arrêté préfectoral.

Les cartes ci-après présentent la délimitation des zones d'alerte pour les eaux superficielles, les eaux souterraines et l'alimentation en eau potable de l'arrêté cadre étiage du Maine-et-Loire.

Figure 4 : Délimitation des zones d'alerte des eaux superficielles (Source : Arrêté cadre étiage 2019 relatif à la préservation de la ressource en eau en période d'étiage)

Figure 5 : Délimitation des zones d'alerte des eaux souterraines (Source : Arrêté cadre étiage 2019 relatif à la préservation de la ressource en eau en période d'étiage)

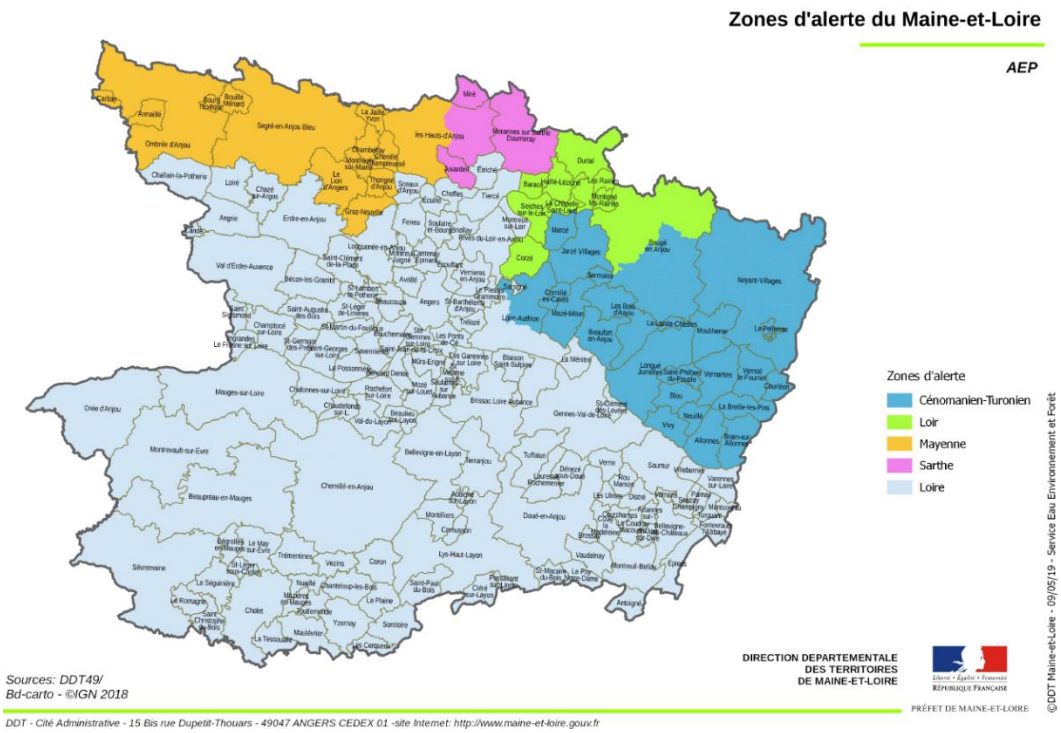


Figure 6 : Carte de délimitation des zones d'alerte eau potable (Source : Arrêté cadre étiage 2019 relatif à la préservation de la ressource en eau en période d'étiage)

Plus d'informations sur l'arrêté cadre étiage 2019 sont disponibles en annexe 6.

Le nombre de zones d'alerte concernées par un arrêté sécheresse sur la période 2017-2020 est présenté dans le tableau ci-dessous.

2017 (Arrêtés Cadre Sécheresse du 19/05/14 et du 17/05/17) :

Type de ressource	Nombre de zones d'alerte défini	Niveau d'alerte			
		Vigilance	Alerte	Alerte Renforcée	Crise
Eaux superficielles	21	21	12	16	3
Eaux souterraines	14	12	5	5	0

2018 (Arrêté Cadre Sécheresse du 17/05/17) :

Type de ressource	Nombre de zones d'alerte défini	Niveau d'alerte			
		Vigilance	Alerte	Alerte Renforcée	Crise
Eaux superficielles	21	12	12	11	1
Eaux souterraines	14	8	5	5	0

2019 (Arrêtés Cadre Sécheresse du 17/05/17 et du 3/07/2019) :

Type de ressource	Nombre de zones d'alerte défini	Niveau d'alerte			
		Vigilance	Alerte	Alerte Renforcée	Crise
Eaux superficielles	21	18	20	15	12
Eaux souterraines	14	13	10	6	4
Alimentation en eau potable	5	5	5	3	0

2020 (Arrêté Cadre Sécheresse du 3/07/2019) :

Type de ressource	Nombre de zones d'alerte défini	Niveau d'alerte			
		Vigilance	Alerte	Alerte Renforcée	Crise
Eaux superficielles	21	16	13	11	6
Eaux souterraines	14	8	9	2	1
Alimentation en eau potable	5	5	3	1	0

En plus de ces arrêtés sécheresse, des arrêtés complémentaires peuvent être pris par le préfet conformément à l'article 18 de l'arrêté cadre étiage du 3 juillet 2019. En 2019, l'arrêté du 26/07/2019 a ainsi été signé afin instaurer des mesures exceptionnelles de restrictions des prélèvements pour assurer la distribution d'eau potable sur le territoire de Noyant Villages.

II.10. Les assises de l'eau

Annoncées en novembre 2017 par le Président de la République, les Assises de l'eau sont une instance de concertation des élus locaux, des acteurs de l'eau au niveau national et à travers les comités de bassins au niveau local. Elles se sont articulées autour de deux séquences :

- Première séquence : réseaux d'eau et assainissement

D'avril à août 2018, la 1ére séquence des Assises de l'eau était consacrée aux services publics d'eau et d'assainissement. À partir d'une consultation de tous les élus sur ces enjeux, elle a abouti à 17 mesures pour relancer l'investissement.

- Deuxième séquence : changement climatique et ressource en eau

De novembre 2018 à juillet 2019, le thème du 2ème volet des Assises de l'eau était « le changement climatique et la ressource en eau : comment les territoires, les écosystèmes et l'ensemble des acteurs vont ils s'adapter ? ». Rythmée par des ateliers sur les territoires, des groupes de travail et des comités de pilotage, cette séquence a contribué à la mise en œuvre de plusieurs mesures du Plan biodiversité, notamment sur les milieux humides et la gestion des eaux fluviales. Elle a permis de faire émerger des solutions concrètes pour répondre aux défis de la gestion de l'eau face au changement climatique, autour de trois objectifs principaux :

- Protéger les captages d'eau potable pour garantir une eau de qualité à la source,

- Économiser l'eau et mieux partager la ressource. Plusieurs actions ont été définies dont les suivantes :

> Action 6 : Élaborer une cinquantaine de « projets de territoire pour la gestion de l'eau » d'ici 2022, puis atteindre 100 projets à horizon 2027.
>
> Action 7 : Tripler les volumes d'eaux non conventionnelles réutilisées d'ici 2025 en facilitant leurs usages.
>
> Action 8 : Favoriser les économies d'eau dans le secteur agricole et industriel.

- Préserver nos rivières et nos milieux humides. Plusieurs actions ont été définies dont les suivantes :

> Action 9 : Restaurer 25 000 km de cours d'eau d'ici 2022 grâce à un plan national de revitalisation des rivières.
>
> Action 10 : Doubler la superficie des aires protégées contenant des milieux humides d'ici 2030.
>
> Action 11 : Renforcer l'utilisation des solutions fondées sur la nature.

II.11. Les Projets de Territoire pour la Gestion de l'Eau (PTGE)

Dans les bassins versants en déséquilibre quantitatif structurel, il est nécessaire de mettre en place un programme d'actions permettant de rétablir l'équilibre entre prélèvements et ressources disponibles, sur la base des résultats des études volume prélevable. Si ce programme d'actions nécessite le financement d'une retenue par l'agence de l'eau, le programme doit alors être construit sous la forme d'un projet de territoire. Le contenu des projets de territoires est précisé dans une **instruction ministérielle du 4 juin 2015** relative au financement par les agences de l'eau des retenues de substitution.

Les projets de territoire :

- Doivent viser une gestion équilibrée de la ressource en eau sans en détériorer la qualité ;
- Sont le fruit d'une concertation associant tous les acteurs du territoire, pour tous les usages ;
- S'inscrivent sur des périmètres cohérents du point de vue hydrologique ou hydrogéologique ;
- Intègrent un volet de recherche de diminution des prélèvements totaux et étudient les alternatives à la création de nouvelles retenues ;
- Définissent un échéancier du retour à l'équilibre quantitatif.

Un contrat formalise les engagements des différentes parties.

Depuis, une nouvelle **instruction du gouvernement du 7 Mai 2019** relative au projet de territoire pour la gestion de l'eau est venue compléter ces prescriptions en incitant les territoires à engager des projets de territoire. Elle présente aux services déconcentrés de l'état la façon dont ils peuvent œuvrer pour accélérer la mise en place de ces PTGE.

Actuellement, deux PTGE sont en cours d'élaboration sur le Maine-et-Loire, sur les territoires des bassins versants Layon-Aubance-Louet et Oudon.

II.12. Le plan d'adaptation au changement climatique pour le bassin Loire Bretagne

Ce plan adopté par le comité de bassin Loire-Bretagne le 26 avril 2018 repose sur des principes structurants pour mobiliser les acteurs dans la durée :

- Anticiper les changements à venir et les évolutions attendues à moyen et long terme :

- Mettre en place des stratégies basées sur des scénarios « gagnant-gagnant », susceptibles de diminuer les impacts du changement climatique, d'améliorer la préservation de la biodiversité et d'augmenter la résilience des territoires au regard de l'évolution de la ressource en eau. Cela passe aussi par le maintien des activités économiques sur le territoire. Le plan s'inscrit dans la démarche de transition écologique et solidaire ;

- Améliorer et mieux diffuser la connaissance sur le changement climatique et ses impacts sur la ressource en eau ;

- S'orienter vers des mesures dites « sans regret », durables, à la fois gagnantes pour les acteurs concernés et la société, pour la politique de l'eau du comité de bassin, autant que possible multifonctionnelles et favorables à l'atténuation ;

- Eviter la maladaptation, avec des mesures qui auraient pour effet d'augmenter les émissions de gaz à effet de serre et/ou d'impacter défavorablement les ressources en eau, ou encore de reporter le problème ailleurs ou dans le temps, alors que des alternatives durables et conciliables avec une bonne gestion des ressources existent ;

- Améliorer la « résilience » des sociétés, c'est-à-dire la capacité des écosystèmes et des territoires à s'adapter, à se réorganiser pour faire face à une perturbation.

III.Etat des lieux des ressources actuelles et futures

III.1. La géologie en Maine-et-Loire

D'un point de vue géologique et hydrogéologique, le département du Maine-et-Loire se situe à la rencontre de deux domaines distincts : le Massif Armoricain formé de terrains cristallins ou métamorphiques à l'Ouest et le Bassin de Paris avec les formations sédimentaires à l'Est. Dans l'axe central du territoire départemental, cet ensemble est recouvert d'Est en Ouest par la Loire et sa plaine alluviale.

La carte ci-dessous présente, pour chaque bassin versant, la géologie dominante.

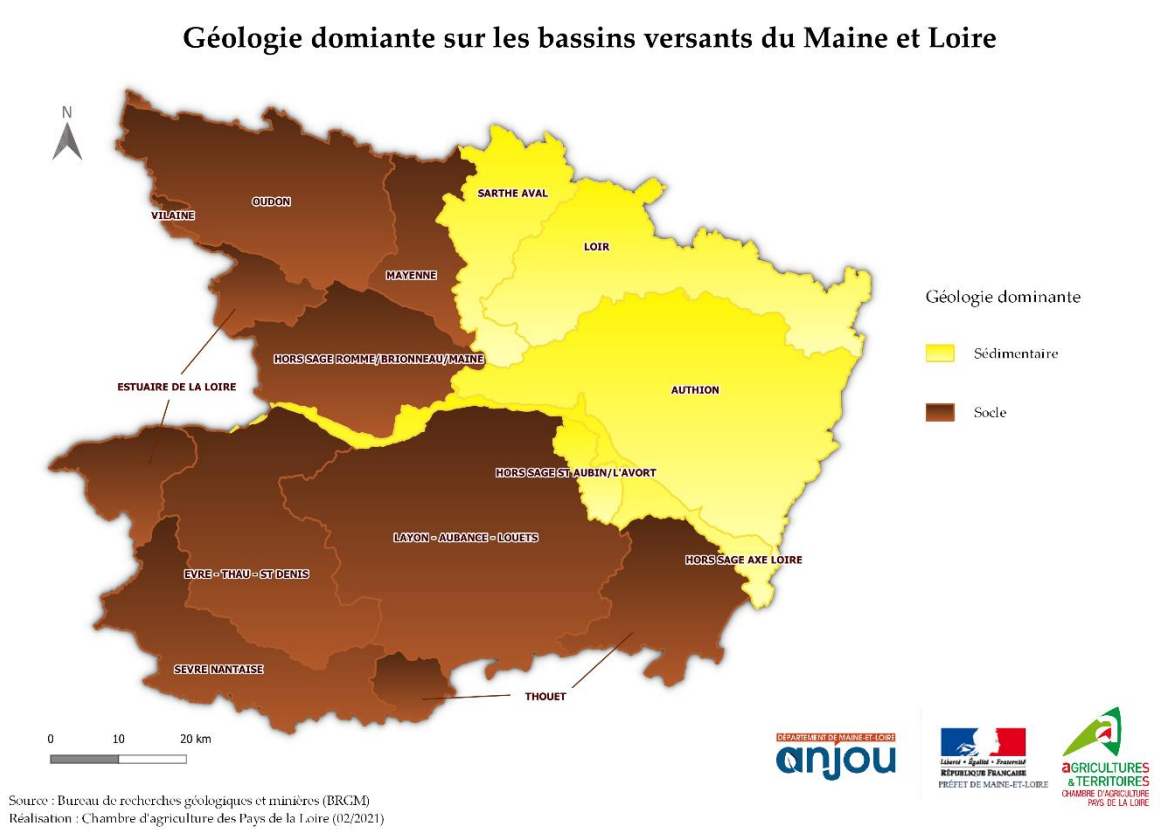


Figure 7 : Géologie dominante sur les bassins versants de Maine-et-Loire (Source : Chambre d'agriculture des Pays de la Loire, 2020)

III.2. Le climat en Maine-et-Loire

III.2.1. Le réseau de suivi

Il existe 27 stations météorologiques sur le Département du Maine-et-Loire.

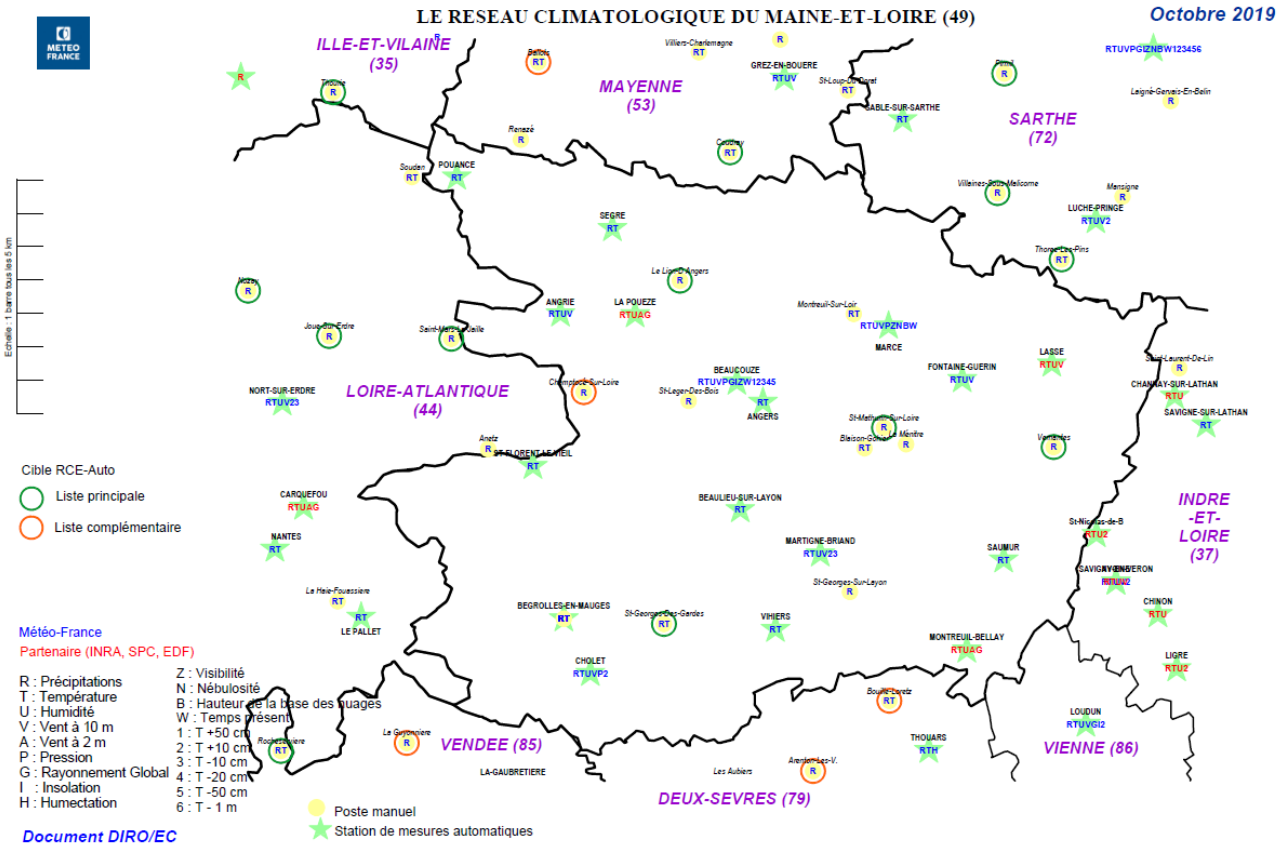


Figure 8 : Le réseau climatologique du Maine-et-Loire (Source : MétéoFrance, 2020)

III.2.2. L'évolution du climat depuis 1959

III.2.2.1. Les températures

L'évolution des températures moyennes annuelles montre un net réchauffement depuis 1959. En effet, sur la période 1959-2017, la tendance observée sur les températures moyennes annuelles se situe entre +0,2 °C et +0,3 °C par décennie, soit **+1,25 °C depuis 1959**. Les trois années les plus chaudes depuis 1959, 2011, 2014 et 2015, ont été observées au XXIème siècle.

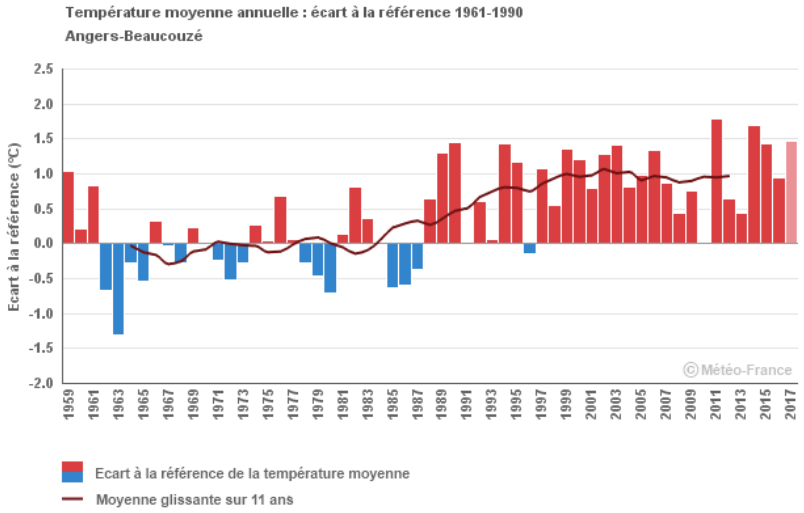


Figure 9 : Évolution de la température moyenne annuelle sur Angers-Beaucouzé entre 1959 et 2017 (Source : Site internet Climat HD)

En Pays de la Loire, le nombre annuel de journées chaudes (températures maximales supérieures à 25°C) est très variable d'une année sur l'autre. Sur la période 1961-2010, on observe une tendance en hausse de l'ordre de 4 à 6 jours par décennie soit **+ 24 à + 36 journées chaudes depuis 1959**. 1976, 1989 et 2003 sont les années ayant connu le plus grand nombre de journées chaudes.

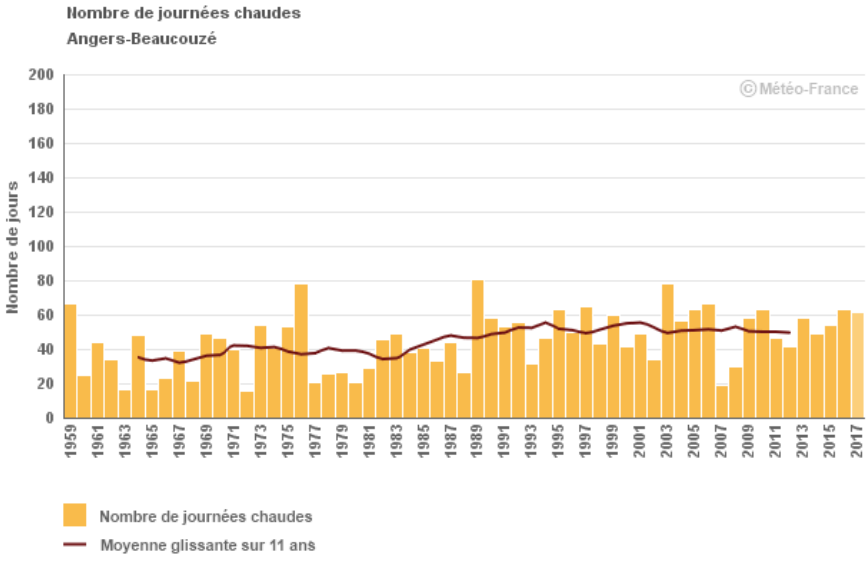


Figure 10 : Évolution du nombre de journées chaudes (> 25°C) sur Angers-Beaucouzé entre 1959 et 2017 (Source : Site internet Climat HD)

L'augmentation du nombre de journées chaudes est moins marquée pour des températures supérieures ou égales à 30°C, comme présenté sur le graphique ci-après.

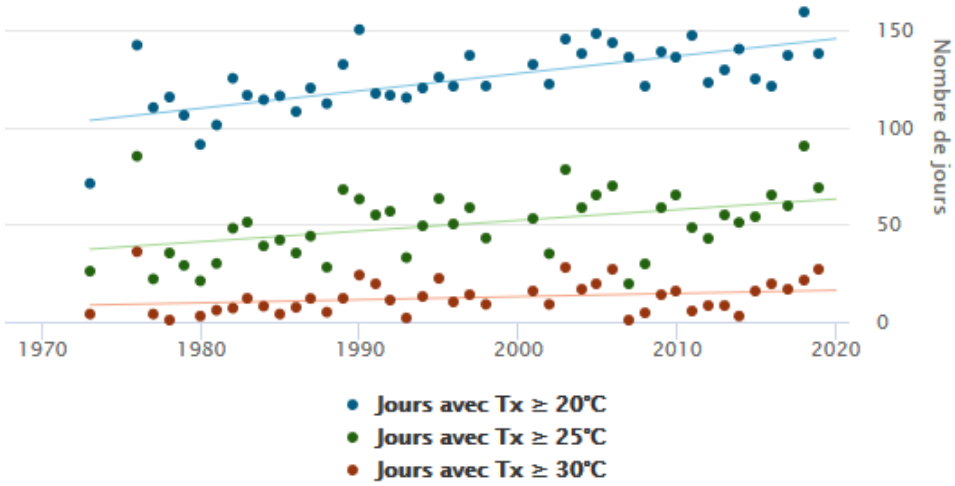


Figure 11 : Évolution du nombre de journées chaudes (≥ 20,25 et 30°C) sur Angers-Beaucouzé entre 1975 et 2019 (Source : Site internet InfoClimat)

En Pays de la Loire, le nombre annuel de jours de gel est également très variable d'une année sur l'autre. Dans les terres, il tend à diminuer de 3 à 4 jours par décennie. Malgré la tendance à la baisse, 2010 est proche des années les plus gélives (1963, 1973 et 1985). L'année 2014 détient, quant à elle, le record du plus faible nombre de jours de gel observés sur l'ensemble de la région.

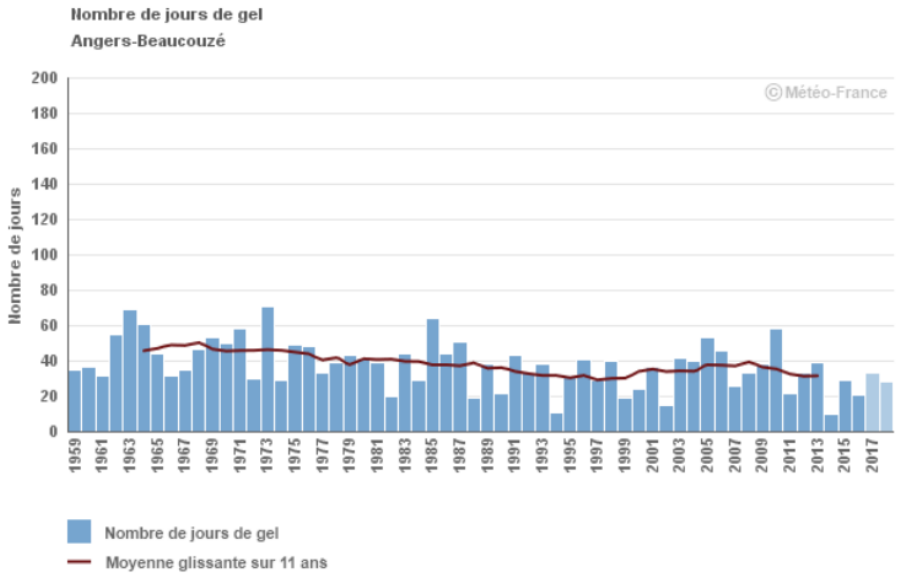


Figure 12 : Évolution du nombre de journées de gel sur Angers-Beaucouzé entre 1959 et 2017 (Source : Site internet Climat HD)

On peut observer un décalage des saisons, marqué au printemps et en fin d'été pour les températures maximales. En effet, sur la période 1989-2019, les températures maximales arrivent avec 15 jours d'avance au printemps et ont 15 jours de retard à l'automne par rapport à la période 1959-1989.

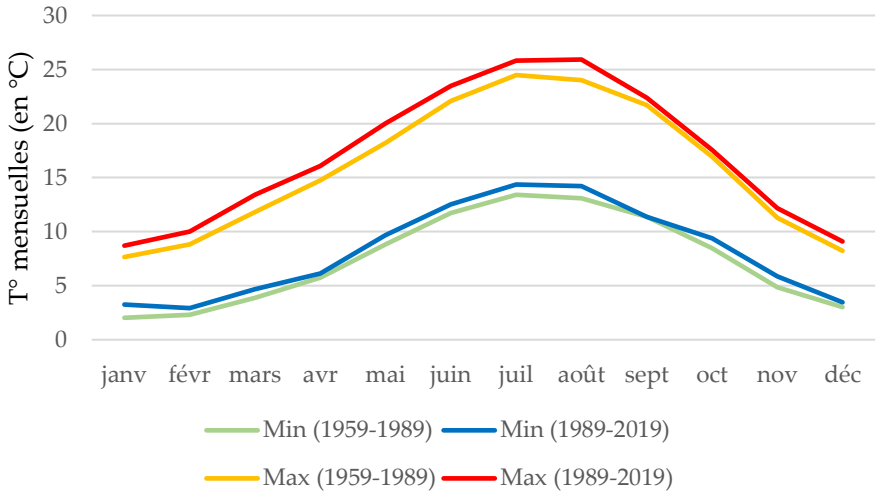


Figure 13 : Évolution des températures mensuelles minimales et maximales sur Angers-Beaucouzé entre 1959 et 2019 (Source : Données Météo-France, 2020)

III.2.2.2. Les précipitations

On peut observer une augmentation des précipitations annuelles de l'ordre de 11% depuis 1959, surtout marquée l'hiver. Ces précipitations sont tout de même caractérisées par une grande variabilité d'une année sur l'autre.

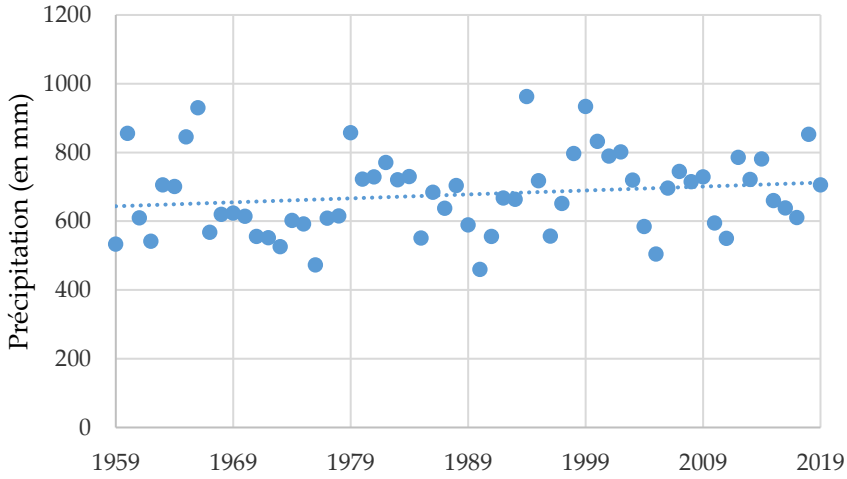


Figure 14 : Évolution des précipitations annuelles (en mm) sur Angers-Beaucouzé entre 1959 et 2019 (Source : Données Météo-France, 2020)

Le nombre de jours avec des pluviométries de fortes intensités (≥ 10 mm) semblent avoir augmenté depuis 1970 (environ 32%), comme présenté sur le graphique ci-dessous. Cette

évolution est moins marquée pour des phénomènes pluvieux journalier de plus grande intensité, de 20 ou 30 millimètres.

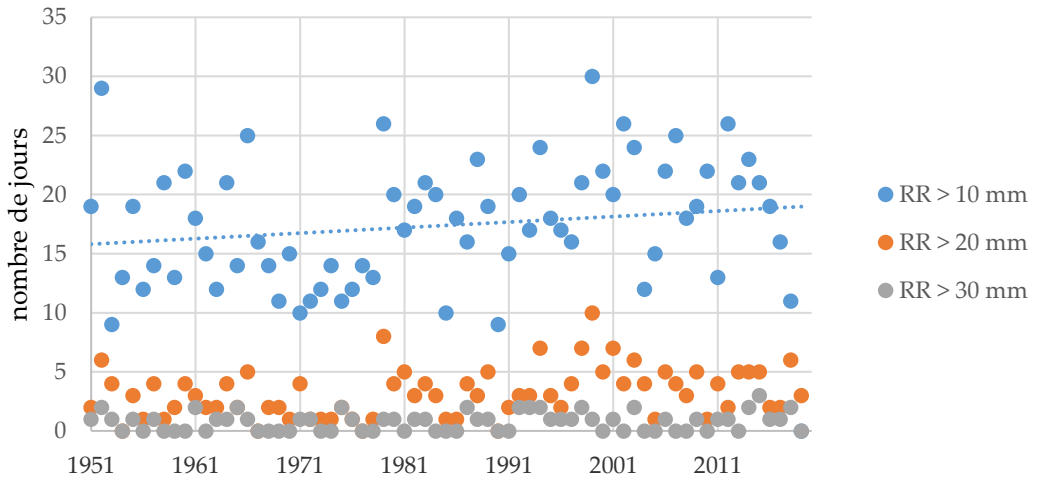


Figure 15 : Évolution des occurrences de pluviométries journalières (≥ 10, 20 et 30 mm) sur Angers-Beaucouzé entre 1959 et 2019 (Source : Données Météo-France, 2020)

Ceci peut être expliqué par le fait que la capacité de stockage d'eau de l'air augmente avec sa température, environ 7% pour 1°C supplémentaire (effet de Clausius-Clapeyron). Le réchauffement climatique peut donc engendrer une augmentation des événements de précipitations extrêmes (risque de crue) ainsi qu'une baisse des évènements pluvieux (risque de sécheresse).

Il est à noter que l'occurrence des orages, correspondant à des phénomènes pluvieux de forte intensité de courte durée (de quelques dizaines de minutes à quelques heures), ne semble pas présenter d'évolution caractéristique depuis 1970. Ces phénomènes sont caractérisés par une grande variabilité d'une année sur l'autre.

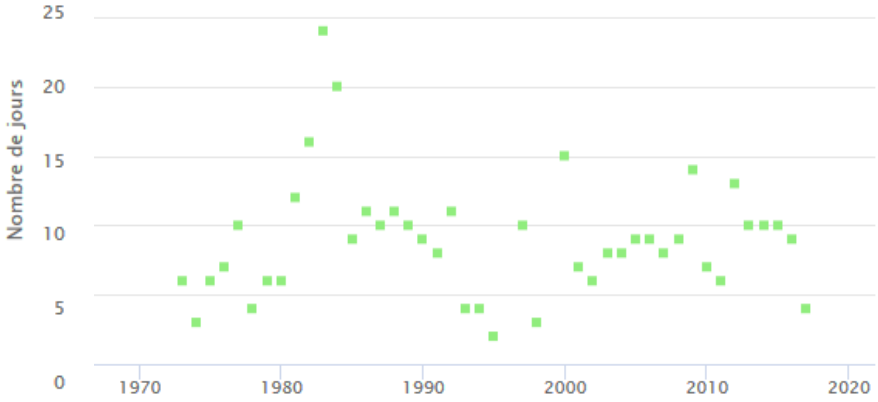


Figure 16 : Évolution des occurrences d'orage sur Angers-Beaucouzé entre 1975 et 2019 (Source : Site internet InfoClimat)

III.2.2.1. L'évapotranspiration

L'évapotranspiration moyenne annuelle a augmenté de l'ordre de 7% depuis 1959.

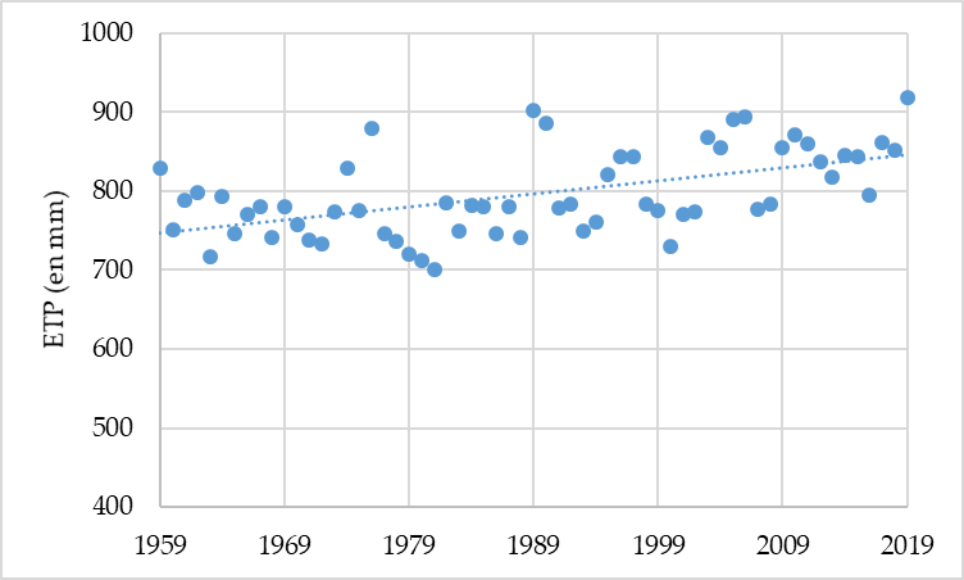


Figure 17 : Évolution de l'évapotranspiration potentielle moyenne annuelle (en mm) sur Angers-Beaucouzé entre 1959 et 2019 (Source : Données Météo-France, 2020)

III.2.3. Le climat présent

III.2.3.1. Les stations de référence

Afin d'avoir des données fiables sur la période 1959-2016. Seulement quelques stations de référence ont été sélectionnées pour étudier les données passées.

Pour la température, les stations de référence sélectionnées sont les suivantes :

Nom de la station	Numéro Météo-France	Latitude	Longitude	Altitude	Récupération
BEAUCOUZE	49020001	47°28'44"N	0°36'51"O	50	Automatique/Manuelle
BEGROLLES	49027001	47°09'07"N	0°56'15"O	100	Automatique
SAUMUR	49328001	47°15'07"N	0°04'27"O	69	Manuelle

Pour les précipitations, les stations de référence sélectionnées sont les suivantes :

Nom de la station	Numéro Météo-France	Latitude	Longitude	Altitude	Récupération
ANGRIE (CANDE)	49008001	47°33'42"N	0°58'13"O	65	Automatique/Manuelle
BEAUCOUZE	49020001	47°28'44"N	0°36'51"O	50	Automatique/Manuelle
BEGROLLES	49027001	47°09'07"N	0°56'15"O	100	Automatique
MARCE	49188001	47°33'42"N	0°19'01"O	53	Automatique/Manuelle
MONT-BELLAY-INRA	49215002	47°07'48"N	0°08'29"O	58	Automatique/Manuelle
ST MATHURIN S L	49307001	47°25'32"N	0°19'09"O	20	Manuelle
SAUMUR	49328001	47°15'07"N	0°04'27"O	69	Manuelle

Pour l'évapotranspiration, la station de référence sélectionnée est la suivante :

Nom de la station	Numéro Météo-France	Latitude	Longitude	Altitude	Récupération
BEAUCOUZE	49020001	47°28'44"N	0°36'51"O	50	Automatique/Manuelle

Le tableau ci-dessous présente, pour chaque bassin versant, les stations météo-France de référence pour les paramètres température et pluviométrie.

Bassin versant	stations météo-france de référence - Température	stations météo-france de référence - Pluviométrie
Loire	Beaucouzé ou Saumur	Beaucouzé ou Saumur
Maine	Beaucouzé	Beaucouzé
Vilaine	Beaucouzé	Angrie
Oudon	Beaucouzé	Angrie
Mayenne	Beaucouzé	Angrie
Sarthe Aval	Beaucouzé	Marcé
Loir	Beaucouzé	Marcé
Authion	Saumur	St Mathurin/Loire - Saumur
Thouet	Saumur	Montreuil-Bellay
Layon Aubance Louets	Beaucouzé	Beaucouzé - Begrolles
Evre, Thau et St Denis	Begrolles	Begrolles
Sèvre Nantaise	Begrolles	Begrolles
Estuaire de la Loire	Beaucouzé	Beaucouzé

III.2.3.2. Les températures

Le tableau ci-dessous présente les moyennes mensuelles des températures (en °C) sur la période 2010-2019 sur chacune des trois stations météorologiques de référence.

Station météo de référence	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Moyenne
BEAUCOUZE	6,0	6,1	9,0	11,6	14,5	18,3	20,6	20,0	17,2	13,7	9,5	7,1	**12,8**
BEGROLLES	5,6	5,7	8,4	11,0	14,0	17,8	20,0	19,3	16,7	13,3	9,2	6,7	**12,3**
SAUMUR	5,8	6,0	9,2	12,1	15,1	18,8	21,2	20,4	17,6	13,9	9,5	6,9	**13,0**
Moyenne	**5,8**	**5,9**	**8,9**	**11,6**	**14,5**	**18,3**	**20,6**	**19,9**	**17,2**	**13,6**	**9,4**	**6,9**	12,7

La températures moyenne annuelle en Maine-et-Loire est de **12,7 °C** (calculée sur les dix dernières années).

III.2.3.3. Les précipitations

Le tableau ci-dessous présente les moyennes mensuelles des précipitations (P) (en mm) sur la période 2009-2019 sur chacune des sept stations météorologiques de référence.

Le total moyen de précipitations annuelles en Maine-et-Loire est d'environ **690 mm** (calculé sur les dix dernières années).

Station météo de référence	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Total
ANGRIE (CANDE)	76,5	60,1	49,9	47,6	55,9	60,8	37,9	46,5	41,0	73,1	90,7	90,0	**730,0**
BEAUCOUZE	67,6	54,7	54,2	49,4	58,0	59,6	32,4	48,4	40,3	69,5	79,7	79,9	**693,6**
BEGROLLES	91,0	71,2	66,7	51,0	58,1	46,2	37,0	43,2	46,7	68,3	98,7	120,3	**798,5**
MARCE	62,9	53,1	51,0	49,3	61,3	60,4	40,9	52,2	40,7	70,0	73,8	75,2	**690,9**
MONT-BELLAY	57,0	42,0	40,2	44,4	58,2	55,4	37,5	38,3	38,8	60,2	67,5	64,5	**603,9**
ST MATHURIN SUR LOIRE	63,9	47,1	47,8	46,2	59,7	58,2	40,0	48,7	38,7	63,8	73,6	72,4	**660,1**
SAUMUR	63,0	46,8	47,5	49,0	64,6	54,2	31,6	43,3	43,1	62,0	71,8	73,4	**650,3**
Moyenne	**68,9**	**53,6**	**51,0**	**48,1**	**59,4**	**56,4**	**36,8**	**45,8**	**41,3**	**66,7**	**79,4**	**82,2**	**689,6**

III.2.3.1. La pluie efficace

La pluie efficace (Peff) est une notion permettant d'identifier la fraction des précipitations météorologiques qui donne lieu à un apport d'eau à l'hydrosystème continental. Cette alimentation de l'hydrosystème se traduit par un écoulement d'eau, décomposable d'une part en ruissellement de surface au niveau du sol, et, pour l'autre part, en une infiltration dans le sous-sol en direction des nappes d'eau souterraine. Des valeurs de pluie efficaces ont été calculées par le BRGM pour toute la France à partir d'un bilan hydrique du sol appliqué à des mailles géographiques de 8X8 km2 (maille SAFRAN).

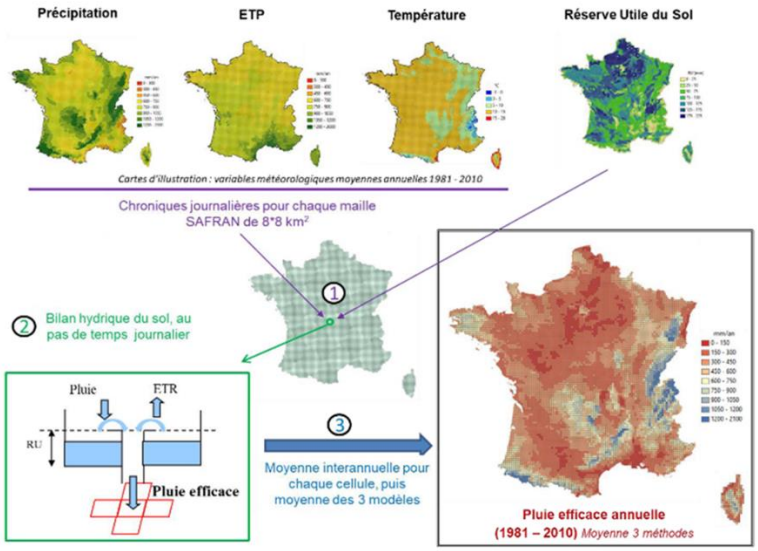


Figure 18: Méthodologie de calcul des pluies efficaces (Source : BRGM, 2020)

Une extraction de cette base de données a été réalisée à l'échelle du Maine-et-Loire sur la période 1980-2010.

Le tableau ci-après présente les moyennes mensuelles de pluies efficaces (en mm) sur la période 1980-2010 sur chacun des bassins versants du Maine-et-Loire.

Bassin versant	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Annuelle
Authion	39,4	29,3	21,0	17,1	7,9	3,0	3,1	2,0	5,3	13,8	22,8	37,1	**201,8**
Estuaire de la Loire	57,3	38,6	26,9	18,8	12,2	3,6	2,9	1,7	7,8	22,2	37,1	54,8	**283,8**
Evre - Thau - St Denis	60,5	38,4	27,6	20,1	11,9	3,9	4,9	2,6	11,2	29,6	42,4	57,9	**311,1**
Layon - Aubance - Louets	40,9	29,5	21,6	16,9	9,0	3,0	2,8	1,7	4,4	14,1	22,4	36,5	**202,8**
Loir	39,7	29,9	23,5	18,5	9,5	3,7	3,6	1,9	4,8	12,4	20,8	36,0	**204,3**
Mayenne	47,0	32,3	22,4	16,3	9,3	3,2	3,2	2,1	7,2	18,0	29,7	44,7	**235,6**
Oudon	48,7	34,7	24,7	17,5	11,3	3,8	3,0	1,6	6,0	16,4	28,1	45,6	**241,5**
Sarthe aval	47,0	32,5	23,1	16,4	9,4	3,4	3,3	2,0	6,8	17,5	28,5	44,5	**234,3**
Sèvre Nantaise	62,4	41,6	30,3	23,4	12,9	4,1	3,6	2,0	8,3	26,3	40,3	58,6	**314,0**
Thouet	38,5	27,4	19,2	16,0	8,1	2,7	2,5	1,7	4,2	14,3	22,2	34,9	**191,7**
Vilaine	58,9	39,2	27,3	18,1	14,0	4,6	3,3	1,8	7,8	23,0	36,2	56,2	**290,3**
Hors SAGE | Axe Loire	45,1	31,5	21,9	16,2	8,9	2,8	2,5	1,6	5,5	16,2	27,2	42,2	**221,8**
Hors SAGE | Romme/Brionneau/Maine	52,4	34,4	22,8	15,6	9,9	3,3	3,5	2,3	9,0	22,1	36,2	51,2	**262,7**
Hors SAGE | St Aubin/L'Avort	28,3	22,5	16,5	13,6	6,7	2,4	2,2	1,4	2,8	9,0	14,2	24,8	**144,3**
Moyenne	**47,6**	**33,0**	**23,5**	**17,5**	**10,1**	**3,4**	**3,2**	**1,9**	**6,5**	**18,2**	**29,1**	**44,7**	**238,6**

Source de données du tableau ci-dessus : Sandra Lanini, Yvan Caballero, Pierre Le Cointe, Sandra Béranger, Luc Arnaud, et al.. Recharge des aquifères à l'échelle de la France : estimation, évolution et incertitudes associées. Colloque SHFUNESCO : Sécheresses, étiages et déficits en eau, Dec 2019, Paris, France.

La pluie efficace moyenne annuelle en Maine-et-Loire est de **239 mm** (calculée sur la période 1980-2010), soit 35% des précipitations moyennes annuelles.

III.2.3.2. L'évapotranspiration

L'évapotranspiration est la quantité d'eau transférée vers l'atmosphère, par l'évaporation au niveau du sol et au niveau de l'interception des précipitations, et par la transpiration des plantes.

L'évapotranspiration est une variable clé du cycle hydrologique, elle conditionne l'humidité des sols, facteur régulant le partage des précipitations entre infiltration et ruissellement ainsi que la recharge des eaux souterraines.

Il existe deux types d'évapotranspiration, selon la disponibilité des ressources en eau du sol :

- **L'évapotranspiration potentielle ou ETP** qui correspond à la quantité d'eau qui serait évaporée et transpirée si les réserves en eau du sol étaient suffisantes pour compenser les pertes maximales. C'est un concept opératoire artificiel.

Le tableau ci-dessous présente les moyennes mensuelles d'évapotranspiration potentielle (en mm) sur la période 2009-2019 sur la station météorologique de référence.

Station météo de référence	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Total
BEAUCOUZE	11,9	23,6	53,9	84,8	116,5	135,9	150,9	125,3	80,7	39,7	16,3	11,2	**850,7**

L'évaporation potentielle moyenne annuelle en Maine-et-Loire est de **851 mm** (calculée sur les dix dernières années), soit 123% des précipitations moyennes annuelles.

- **L'évapotranspiration réelle ou ETR** est la part réelle de la pluie retournant à l'atmosphère par évaporation directe par le sol comme par transpiration des végétaux. Elle est calculée par la différence entre les précipitations (brutes) et la pluie efficace.

Ces deux facteurs dépendent de très nombreux paramètres (précipitations, température, insolation, vent, végétation, nature du sol, réserve utile du sol, ...). Ils sont exprimés en hauteur d'eau précipitée (mm).

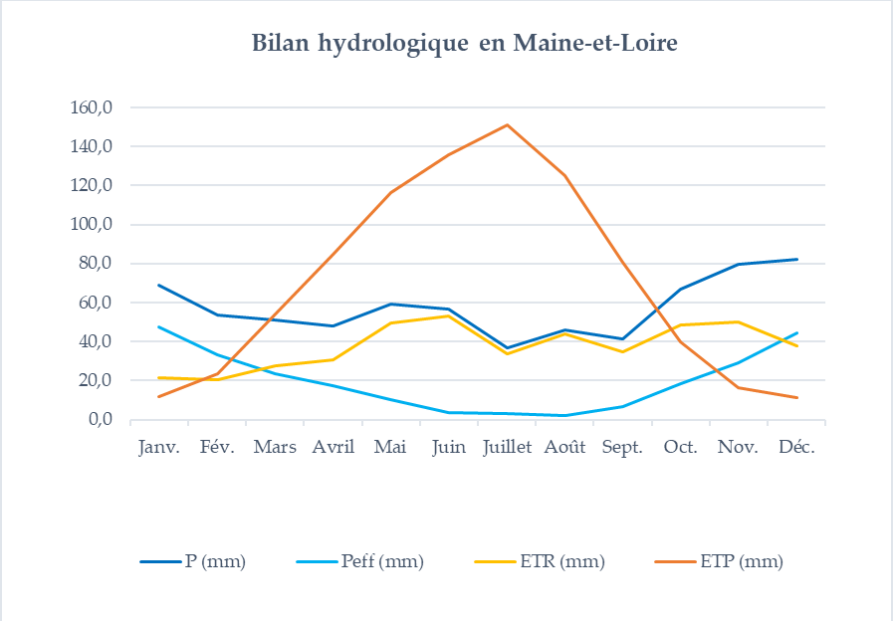
III.2.3.3. Le bilan hydrologique départemental

Le tableau ci-dessous présente les principales données mensuelles et annuelles du bilan hydrologique départemental.

	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Total
P (mm)	68,9	53,6	51,0	48,1	59,4	56,4	36,8	45,8	41,3	66,7	79,4	82,2	**689,6**
Peff (mm)	47,6	33,0	23,5	17,5	10,1	3,4	3,2	1,9	6,5	18,2	29,1	44,7	**238,6**
ETR (mm)	21,3	20,6	27,5	30,7	49,3	53,0	33,6	43,9	34,8	48,5	50,3	37,6	**451,1**
ETP (mm)	11,9	23,6	53,9	84,8	116,5	135,9	150,9	125,3	80,7	39,7	16,3	11,2	**850,7**

P : Précipitations totales – Peff : Pluie efficace – ETR : Evapotranspiration Réelle – ETP : Evapotranspiration Potentielle

Le graphique ci-dessous présente les principales données mensuelles du bilan hydrologique départemental.



P : Précipitations totales – Peff : Pluie efficace – ETR : Évapotranspiration Réelle – ETP : Évapotranspiration Potentielle

Figure 19 : Le bilan hydrologique en Maine-et-Loire (Source : Cd49, 2020)

III.2.3.4. L'indice de développement et de persistance des réseaux

L'indice de développement et de persistance des réseaux ou IDPR est un indicateur spatial créé par le BRGM pour réaliser des cartes de vulnérabilité intrinsèque des nappes aux pollutions diffuses. Il traduit l'aptitude des formations du sous-sol à laisser ruisseler ou s'infiltrer les eaux de surface. Il se fonde sur l'analyse du modèle numérique de terrain et des réseaux hydrographiques naturels, conditionnés par la géologie.

L'IDPR est compris entre 0 et 2000, une valeur de 0 correspondant à une infiltration totale de la pluie efficace. Des valeurs d'IDPR ont été calculés par le BRGM pour toute la France à une

résolution de 25m (maille de 25X25m). Une extraction a été réalisée à l'échelle du Maine-et-Loire. La carte ci-dessous présente ces résultats.

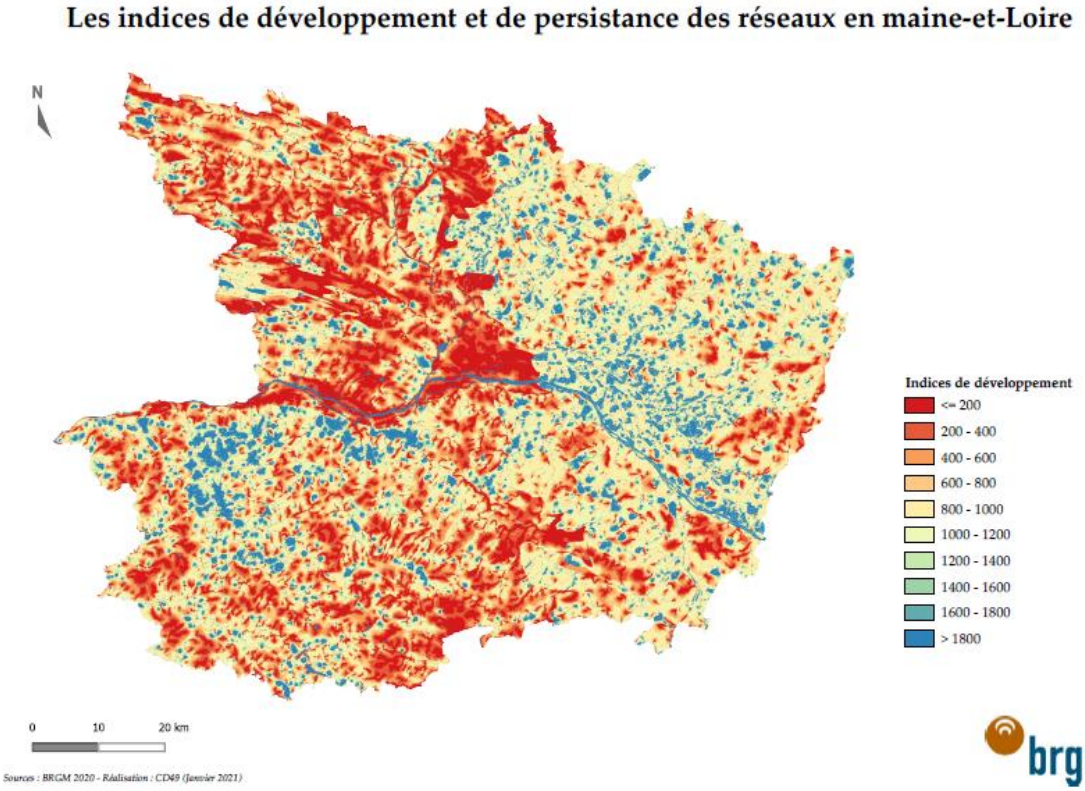


Figure 20 : Les indices de développement et de persistance des réseaux en Maine-et-Loire (Source : BRGM, 2020)

Source de données de la carte ci-dessus : Mardhel V, Pinson S, Allier S (2020) - Description of an indirect method (IDPR) to determine spatial distribution of infiltration and runoff and its hydrogeological applications to the French territory. Journal of Hydrology

Les valeurs d'IDPR nous renseigne sur le ratio d'infiltration de la pluie efficace (RIPE), c'est-à-dire sur la répartition de la pluie efficace en ruissellement et infiltration. Le RIPE est calculé selon la nature lithologique du territoire considéré, comme présenté dans le tableau ci-dessous.

Formations	Formule de calcul du RIPE
Sédimentaire et alluvial	RIPE = -5.10^{-4} . IDPR + 1.0797 avec RIPE≤1
Volcanique	RIPE = = -5.10^{-4} . IDPR + 1.0797 avec 0.75≤RIPE≤1
Karst et socle	RIPE = 0.55
Plissées	RIPE = 0.65

Source de la méthode de calcul du RIPE : Gourcy L., Brugeron A., Pinson S., Laurencelle M., Henriot A., Rambourg D. Lopez B. (2020) – Appui technique à la conception et la mise en œuvre de la politique de gestion et de protection des eaux souterraines pour l'année 2020. Rapport final. BRGM/RP-70507-FR. 35 p.

Pour la partie socle (ouest) du département, le taux d'infiltration de la pluie efficace n'est pas dépendant de l'IDPR. Il est d'environ 55% (le taux de ruissellement est donc d'environ 45%).

Pour la partie sédimentaire (est) du département, plus la valeur d'IDPR est basse, plus la zone est infiltrante. L'IDPR moyen de cette partie est d'environ 850. Le taux d'infiltration de le pluie efficace est donc de 65 % selon la formule de calcul du RIPE présentée ci-dessus (le taux de ruissellement est donc d'environ 35%).

III.2.4. Les projections climatiques

III.2.4.1. Les scénarios du GIEC

Le GIEC a défini quatre scénarios de référence, qualifiés de profils représentatifs d'évolution des concentration (RCP pour « Representative Concentration Pathways ») de Gaz à Effet de Serre (GES) allant du plus optimiste (RCP 2.6) au plus pessimiste (RCP 8.5). Pour chaque scénario, les climatologues ont déduit les conditions climatiques et les impacts du changement climatique associés.

Les profils représentatifs d'évolutions de concentration (RCP) sont des scénarios de référence du forçage radiatif sur la période 2006-2300. Exprimé en W/m2, un forçage radiatif est un changement du bilan radiatif (différence entre le rayonnement entrant et le rayonnement sortant) au sommet de la troposphère (situé entre 10 et 16 km d'altitude), dû à un changement d'un des facteurs d'évolution du climat – comme la concentration des gaz à effet de serre.

Nom	Forçage radiatif	Concentration (ppm)	Trajectoire
RCP8.5	>8,5W.m-2 en 2100	>1370 eq-CO2 en 2100	croissante
RCP6.0	~6W.m-2 au niveau de stabilisation après 2100	~850 eq-CO2 au niveau de stabilisation après 2100	Stabilisation sans dépassement
RCP4.5	~4,5W.m-2 au niveau de stabilisation après 2100	~660 eq-CO2 au niveau de stabilisation après 2100	Stabilisation sans dépassement
RCP2.6	Pic à ~3W.m-2 avant 2100 puis déclin	Pic ~490 eq-CO2 avant 2100 puis déclin	Pic puis déclin

Figure 21 : Caractéristiques principales des RCP (Source : site internet DRIAS Climat)

A ces scénarios d'évolution des concentrations en GES, sont associés des scénarios d'évolution socio-économico-politique (SRES pour « Second Report on Emission Scenario »), qui ont pour but d'évaluer les évolutions possibles de nos sociétés compatibles avec les scénarios d'évolution des concentrations en GES.

Scénario B1 dit « optimiste »	Considéré comme le scénario le plus optimiste en termes d'émissions de GES, il décrit un monde qui connaîtrait un pic de la population mondiale au milieu du siècle mais qui déclinerait ensuite et où l'accent serait mis sur des solutions mondiales orientées vers une viabilité économique et environnementale et sur une évolution plus rapide des structures économiques vers une économie de services et d'information.
Scénario A1B dit « médian »	Scénario intermédiaire, il suppose une croissance économique rapide s'appuyant notamment sur une orientation vers des choix énergétiques équilibrés entre énergies fossiles et énergies renouvelables et nucléaire ; et suppose l'introduction de nouvelles technologies plus efficaces.
Scénario A2 dit « pessimiste »	Ce scénario plus pessimiste décrit un monde très hétérogène caractérisé par une forte croissance démographique, un faible développement économique et de lents progrès technologiques

Figure 22 : Caractéristiques principales des trois SRES les plus utilisés (Source : Stratégie d'adaptation au changement climatique dans le Grand Ouest, 2013)

Si l'on compare les scénarios RCP aux scénarios SRES (cf. figure ci-dessous), on constate que le scénario RCP 8.5 est un peu plus pessimiste que le scénario SRES A2, le RCP 6 est proche du SRES A1B, tandis que le RCP 4.5 est proche du SRES B1. Le seul scénario sans équivalent est le RCP 2.6 qui intègre les effets d'une politique de réduction des émissions susceptible de limiter le réchauffement planétaire à 2°C en 2100.

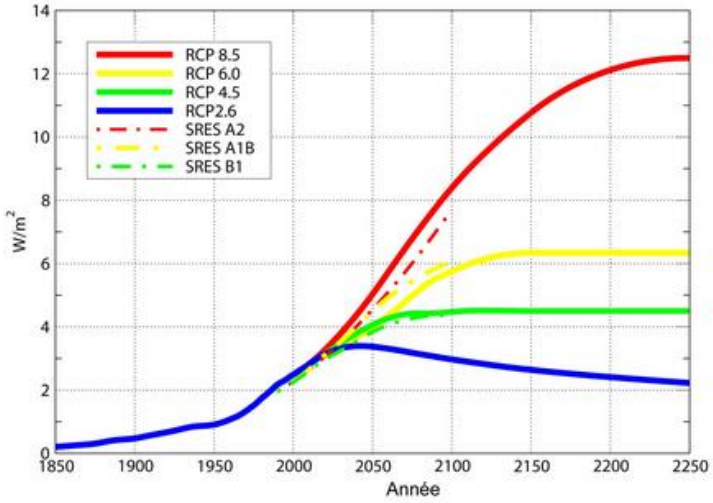


Figure 23 : Comparaison des scénarios du GIEC RCP et SRES (Source : site internet DRIAS Climat)

III.2.4.2. Les études réalisées sur le Maine-et-Loire

Différentes études de projections climatiques s'intéressant à des scénarios du GIEC et utilisant des modèles informatiques différents ont été réalisées.

Les principales caractéristiques des études de modélisation prises en compte pour le schéma départemental de gestion de la ressource en Eau sont présentées dans le tableau ci-après.

Nom du projet	Responsable du projet	Année	Echelle	Modèle Informatique*	Scénario GIEC	Période de référence	Date de projection
DRIAS	MétéoFrance	2006	Régionale	Aladin	RCP 2.6	1976-2005	2100
				Euro-Cordex	RCP 4.5		
					RCP 8.5		
					RCP 4.5		2080-2100
					RCP 8.5		2030-2050
							2080-2100
							2070-2099
					RCP 8.5		2040-2069
							2070-2099
ICC-Hydroqual	Etablissement Public Loire	2010	Bassin Loire Bretagne	Multi-GCMs	A1B	1971-2000	2050
							2100
Explore 2070	Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie	2012	Nationale	SCRATCH08	A1B	1961-1990 (ré-analyse 1958-2009)	2045-2065

* les principaux modèles informatiques utilisés sont présentés en annexe 1.

III.2.4.2.1. Projet DRIAS

Description sommaire du projet :

Le projet DRIAS est un projet national de mise à disposition, sur internet, de données et de connaissances sur le changement climatique. C'est un projet porté par MétéoFrance et par différents laboratoires de recherche sur le climat (CERFACS, CNRM, IPSL) depuis 2009. Le site est régulièrement mis à jour.

Résultats de l'étude sur l'évolution des températures moyennes annuelles :

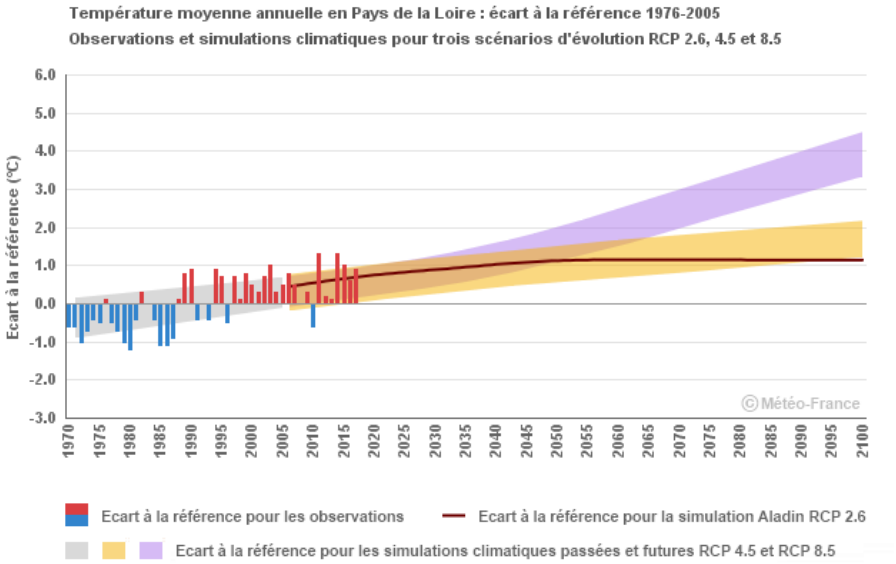


Figure 24 : Projections des températures moyennes annuelles sur la période 1976-2100 en région Pays de la Loire (Source : Site internet Climat HD)

En Pays de la Loire, les projections climatiques montrent une poursuite du réchauffement annuel jusqu'aux années 2050, quel que soit le scénario (+1°C à + 1,5°C).

Sur la seconde moitié du XXIe siècle, l'évolution de la température moyenne annuelle diffère significativement selon le scénario considéré. Le seul qui stabilise le réchauffement est le scénario RCP2.6 (lequel intègre une politique climatique visant à faire baisser les concentrations en CO2). Selon le RCP8.5 (scénario sans politique climatique), le réchauffement pourrait atteindre près de 4°C à l'horizon 2071-2100.

Résultats de l'étude sur l'évolution des températures moyennes hivernales :

En Pays de la Loire, les projections climatiques montrent une poursuite du réchauffement hivernal jusqu'aux années 2050, quel que soit le scénario (+1°C à + 1,5°C).

Sur la seconde moitié du XXIe siècle, l'évolution de la température moyenne hivernale diffère significativement selon le scénario considéré. Le seul qui stabilise le réchauffement est le scénario RCP2.6 (lequel intègre une politique climatique visant à faire baisser les concentrations en CO2). Selon le RCP8.5 (scénario sans politique climatique), la hausse des températures hivernales pourrait dépasser 3°C à l'horizon 2071-2100.

Résultats de l'étude sur l'évolution des températures moyennes estivales :

En Pays de la Loire, les projections climatiques montrent une poursuite du réchauffement estival jusqu'aux années 2050, quel que soit le scénario (+1°C à + 1,5°C).

Sur la seconde moitié du XXIe siècle, l'évolution de la température moyenne estivale diffère significativement selon le scénario considéré. Le seul qui stabilise le réchauffement est le scénario RCP2.6 (lequel intègre une politique climatique visant à faire baisser les concentrations en CO2). Selon le RCP8.5 (scénario sans politique climatique), la hausse des températures estivales pourrait atteindre 5°C à l'horizon 2071-2100.

Résultats de l'étude sur l'évolution du nombre de journées chaudes :

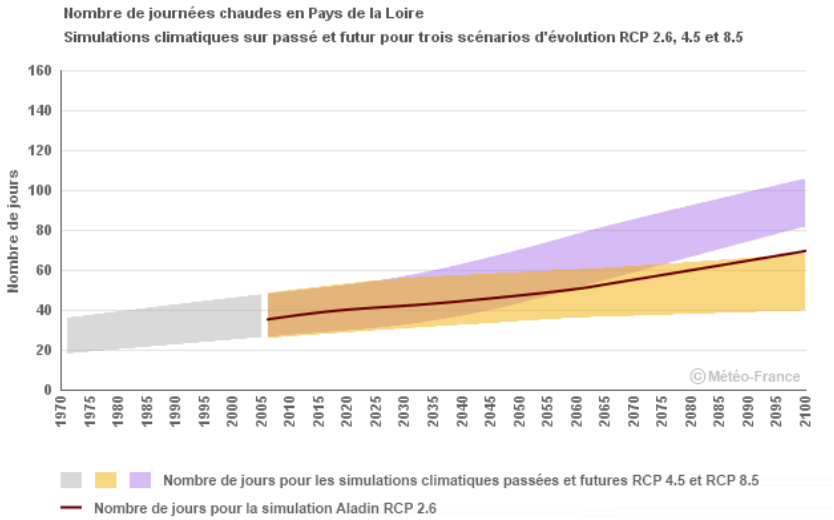


Figure 25 : Projections du nombre de journées chaudes sur la période 1976-2100 en région Pays de la Loire (Source : Site internet Climat HD)

En Pays de la Loire, les projections climatiques montrent une augmentation du nombre de journées chaudes en lien avec la poursuite du réchauffement.

Sur la première partie du XXIe siècle, cette augmentation est similaire d'un scénario à l'autre. À l'horizon 2071-2100, cette augmentation serait de l'ordre de 19 jours par rapport à la période 1976-2005 selon le scénario RCP4.5 (scénario avec une politique climatique visant à stabiliser les concentrations en CO2), et de 51 jours selon le RCP8.5 (scénario sans politique climatique).

Résultats de l'étude sur l'évolution du nombre de journées de gel :

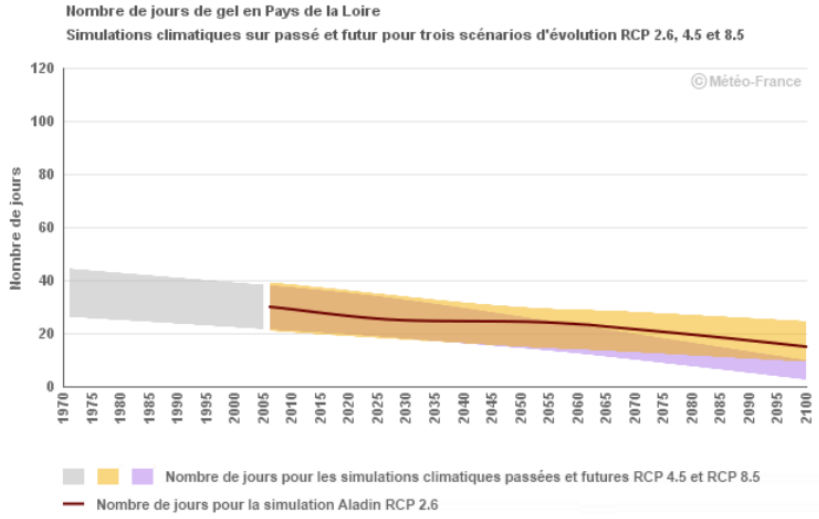


Figure 26 : Projections du nombre de journées de gel sur la période 1976-2100 en région Pays de la Loire (Source : Site internet Climat HD)

En Pays de La Loire, les projections climatiques montrent une diminution du nombre de gelées en lien avec la poursuite du réchauffement.

Jusqu'au milieu du XXIe siècle cette diminution est assez similaire d'un scénario à l'autre.

À l'horizon 2071-2100, cette diminution serait de l'ordre de 17 jours par rapport à la période 1976-2005 selon le scénario RCP4.5 (scénario avec une politique climatique visant à stabiliser les concentrations en CO_2), et de 22 jours selon le RCP8.5 (scénario sans politique climatique).

Résultats de l'étude sur l'évolution des précipitations moyennes annuelles :

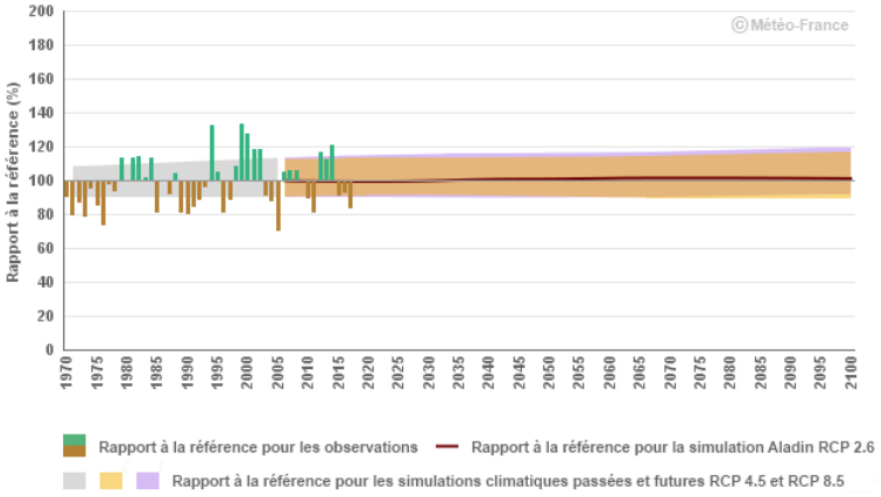


Figure 27 : Projections des précipitations moyennes annuelles sur la période 1976-2100 en région Pays de la Loire (Source : Site internet Climat HD)

En Pays de la Loire, quel que soit le scénario considéré, les projections climatiques montrent peu d'évolution des précipitations annuelles d'ici la fin du XXIe siècle.

Résultats de l'étude sur l'évolution des précipitations moyennes saisonniers :

En Pays de la Loire, quel que soit le scénario considéré, les projections climatiques montrent peu d'évolution des précipitations hivernales et estivales au cours du XXIe siècle :
- Légère augmentation des précipitations hivernales avec RCP 8.5 ;
- Légère baisse des précipitations estivales avec RCP 2.6, RCP 4.5 et RCP 8.5.

III.2.4.2.2. Projet ICC HydroQual

Description sommaire du projet :

ICC-HydroQual est une étude réalisée en 2010 par le CNRS (Toulouse), le BRGM, le Cemagref et l'université de Tours et financée par l'EPTB Loire (appel à projets de recherche lancé en 2008) dans le cadre du Plan Loire Grandeur Nature III et par des fonds FEDER. Son objet était d'étudier l'influence du changement climatique sur le comportement des cours d'eau du bassin de la Loire ainsi que des niveaux piézométriques des nappes en amont de Montjean-sur-Loire au cours du XXIe siècle. Ce projet visait également à analyser les conséquences des modifications climatiques sur le régime thermique et la qualité biogéochimique (nutriments et eutrophisation) qui sont des éléments essentiels à la définition du « bon état écologique des masses d'eau ».

Résultats de l'étude sur l'évolution des températures moyennes mensuelles :

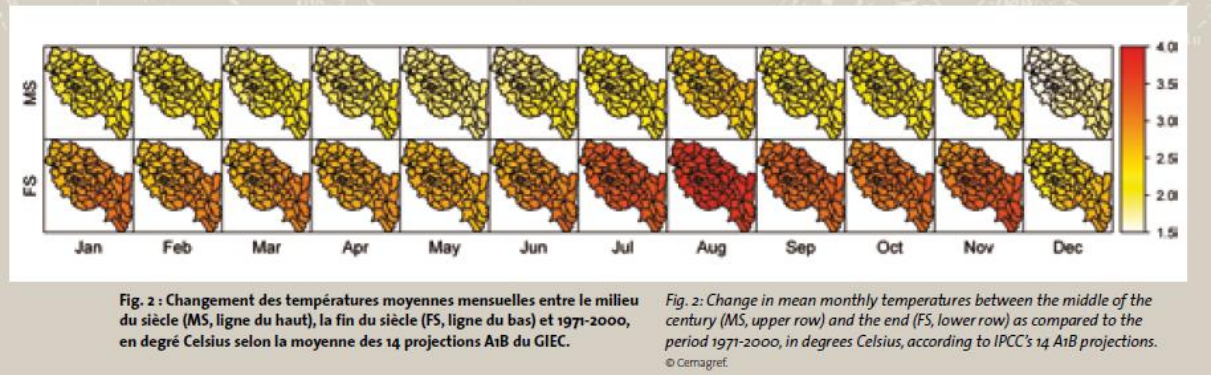


Fig. 2 : Changement des températures moyennes mensuelles entre le milieu du siècle (MS, ligne du haut), la fin du siècle (FS, ligne du bas) et 1971-2000, en degré Celsius selon la moyenne des 14 projections A1B du GIEC.

Fig. 2: Change in mean monthly temperatures between the middle of the century (MS, upper row) and the end (FS, lower row) as compared to the period 1971-2000, in degrees Celsius, according to IPCC's 14 A1B projections.

© Cemagref.

Figure 28 : Projections des températures moyennes mensuelles sur les périodes 2000-2050 (Milieu du siècle MS) et 2000-2100 (Fin du siècle FS) sur le bassin Loire Bretagne (Source : ICC-HydroQual, 2010)

Sur le bassin Loire Bretagne, les projections climatiques montrent un réchauffement moyen annuel sur l'ensemble du territoire (+ 2°C), plus prononcé en fin de siècle (+2,8°C). Ce réchauffement est plus important en été et automne, pour atteindre près de 4°C en août en fin de siècle.

Résultats de l'étude sur l'évolution des précipitations moyennes mensuelles :

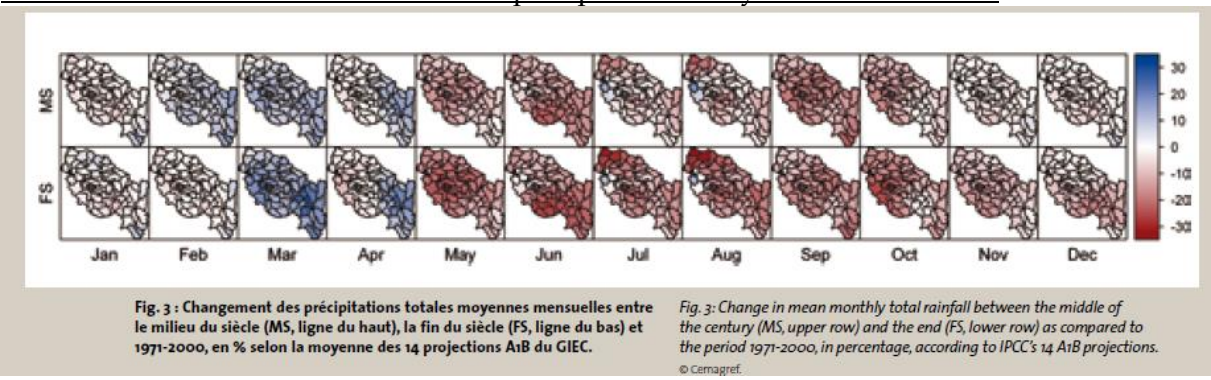


Fig. 3 : Changement des précipitations totales moyennes mensuelles entre le milieu du siècle (MS, ligne du haut), la fin du siècle (FS, ligne du bas) et 1971-2000, en % selon la moyenne des 14 projections A1B du GIEC.

Fig. 3: Change in mean monthly total rainfall between the middle of the century (MS, upper row) and the end (FS, lower row) as compared to the period 1971-2000, in percentage, according to IPCC's 14 A1B projections.

© Cemagref.

Figure 29 : Projections des précipitations moyennes mensuelles sur les périodes 2000-2050 (Milieu du siècle MS) et 2000-2100 (Fin du siècle FS) sur le bassin Loire Bretagne (Source : ICC-HydroQual, 2010)

Sur le bassin Loire Bretagne, les projections climatiques montrent une évolution de la pluviométrie saisonnière en lien avec la poursuite du réchauffement :
- forte diminution en été/automne ;
- légère augmentation au printemps.

III.2.4.2.3. Projet Explore 2070

Description sommaire du projet :

Explore 2070 est une étude nationale portée sur la période 2010-2012 par le Ministère en charge de l'écologie avec la participation de nombreux acteurs dont l'Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques (ONEMA) dans le cadre du Plan national d'adaptation au changement climatique. Son objet était d'évaluer les impacts du changement climatique sur les milieux

aquatiques et la ressource en eau à l'échéance 2070 pour anticiper les principaux défis à relever et hiérarchiser les risques et d'élaborer des stratégies d'adaptation dans le domaine de l'eau.

Les résultats obtenus en termes d'évolution climatiques et hydrologiques sont présentés en 1522 fiches synthétiques correspondants chacune à un point de calcul. Dix-huit de ces fiches sont pertinentes pour le Maine-et-Loire.

Résultats de l'étude sur l'évolution des moyennes annuelles des précipitations, des températures et de l'évapotranspiration :

Les données d'évolution climatique des fiches synthétiques du projet Explore 2070 ont été extraites des fiches synthétiques et classées selon les Bassin versant du territoire d'étude.

Le tableau ci-après présente, pour chaque point de mesure, les moyennes annuelles actuelles et les projections des moyennes annuelles futures à l'horizon 2046-2065 des précipitations, des températures et de l'évapotranspiration potentielle.

Nom du Bassin Versant	Cours d'eau	Localisation du point de mesure	N° de fiche	Moyenne annuelle sur période de référence 1961-1990				Ecart entre simulation 2046-2065 et référence 1961-1990		
				P (mm)	T (°C)	EVP (mm)	EVP (%)	P (%)	T (°C)	EVP (%)
Oudon	Oudon	Segré	882	700	10,9	655	94%	-5	2,1	22
		Andigné	883	696	10,9	656	94%	-4	2,1	22
Mayenne	Mayenne	Chambellay	879	833	10,2	603	72%	-5	2,1	23
Loir	Loir	Durtal	868	668	10,3	629	94%	-1	2,2	24
Sarthe	Sarthe	St Denis d'Anjou (72)	856	741	10,3	605	82%	-3	2,2	24
Maine	Maine	Angers	884	724	10,4	620	86%	-3	2,2	23
Loire	Loire	Montjean sur Loire	887	797	10,1	639	80%	-3	2,2	23
		Saumur	836	827	9,9	641	78%	-4	2,3	22
		Montsoreau	835	827	9,9	641	78%	-4	2,3	22
Layon-Aubance-Louets	Layon	St Georges sur Layon	885	673	11,1	677	101%	-3	2,1	22
		St Lambert du Lattay	886	657	11,2	672	102%	-2	2,1	22
Authion	Authion	Ponts de Cé	844	651	11,3	680	104%	-2	2,1	21
Thouet	Thouet	Chacé	843	716	11	681	95%	-5	2,1	22
		St Martin de Sanzay (79)	841	776	10,9	678	87%	-5	2,1	22
	Dive	Pouançay (86)	842-1	631	11,2	684	108%	-4	2,2	22
Evre-Thau-St Denis	Evre	La Chapelle St Florent	888	738	11,1	668	91%	-5	2,1	23
Sèvre Nantaise	Sèvre Nantaise	Tiffauges (82)	892	894	10,8	674	75%	-5	2,1	23
Estuaire de la Loire	Erdre	Candé	890	684	11,1	660	96%	-5	2,1	22
			Moyenne	**735,2**	**10,7**	**653,5**	**90%**	**-3,8**	**2,2**	**22,4**

Figure 30 : Moyenne annuelle sur la période de référence 1961-1990 et écart entre simulation 2046-2065 et période de référence des précipitations (P), des températures (T) et de l'évapotranspiration potentielle (ETP) (Source : Explore 2070,2012)

En Maine-et-Loire, les projections montrent une augmentation de la température moyenne annuelle de +2,2 °C (de 2,1 à 2,3 °C), une baisse des précipitations moyennes annuelles de -3,8 % (de -2 à -5%) et une augmentation de l'évapotranspiration potentielle moyenne annuelle de 22,4% (de 21 à 24%) à l'horizon 2070 comparées aux moyennes annuelles enregistrées sur la période 1961-1990.

Résultats de l'étude sur l'évolution des moyennes saisonnières des précipitations

Le tableau ci-dessous présente, pour chaque point de mesure, les projections des moyennes saisonnières futures des précipitations à l'horizon 2046-2065.

Nom du Bassin Versant	Cours d'eau	Localisation du point de mesure	N° de fiche	Moyenne annuelle sur période de référence 1961-1990	Ecart des précipitations moyennes saisonnières entre simulation 2046-2065 et référence 1961-1990 (en %)			
				P (mm)	Hiver	Printemps	Eté	Automne
Oudon	Oudon	Segré	882	700	-0,7	-1,7	-17,3	-6,7
		Andigné	883	696	-1,0	-1,3	-15,7	-6,7
Mayenne	Mayenne	Chambellay	879	833	-5,0	-3,3	-22,0	-5,0
Loir	Loir	Durtal	868	668	-0,7	-2,7	-11,7	-2,7
Sarthe	Sarthe	St Denis d'Anjou (72)	856	741	-0,7	-4,0	-15,3	-3,7
Maine	Maine	Angers	884	724	-2,3	-3,7	-13,7	-4,3
Loire	Loire	Montjean sur Loire	887	797	4,0	3,0	-10,7	-4,0
		Saumur	836	827	4,3	3,3	-11,0	-5,0
		Montsoreau	835	827	4,3	3,3	-11,0	-5,0
Layon-Aubance-Louets	Layon	St Georges sur Layon	885	673	-1,7	-3,7	3,0	-10,7
		St Lambert du Lattay	886	657	-2,0	-3,3	5,0	-9,3
Authion	Authion	Ponts de Cé	844	651	-1,7	-1,3	-0,3	-5,7
Thouet	Thouet	Chacé	843	716	-1,0	-6,0	-1,0	-11,0
		St Martin de Sanzay (79)	841	776	0,0	-5,0	-3,0	-13,0
	Dive	Pouançay (86)	842-1	631	-2,3	-4,3	0,7	-6,7
Evre-Thau-St Denis	Evre	La Chapelle St Florent	888	738	-1,7	-7,0	-6,3	-10,0
Sèvre Nantaise	Sèvre Nantaise	Tiffauges (82)	892	894	1,7	-9,0	-4,7	-14,0
Estuaire de la Loire	Erdre	Candé	890	684	0,7	-2,0	-14,0	-9,0
			Moyenne	**735,2**	**-0,3**	**-2,7**	**-8,3**	**-7,4**

Figure 31 : Écart entre simulation 2046-2065 et période de référence des précipitations – Moyennes saisonnières (Source : Explore 2070,2012)

En Maine-et-Loire, les projections montrent des baisses de précipitation en été et en automne (en moyenne -7,4 à -8,3%), une faible baisse au printemps (-2,7%) et une relative stagnation en hiver (-0,3%).

III.2.4.3. Synthèse

Évolution des températures :

Actuellement, la température annuelle moyenne en Maine-et-Loire est de 12,7°C.

Le tableau ci-dessous présente une synthèse des résultats d'études climatique présentées dans les sous-paragraphes précédents selon les scénarios du GIEC considérés.

Scénario GIEC	Projet	Échelle	2050	2070	2100
RCP 2.6 (intégration de politique climatique forte pour la baisse des GES)	DRIAS	Région Pays de la Loire	+ 1 °C		+ 1 °C
RCP 4.5 ~ B1 (optimiste) (intégration de politique climatique dont les objectifs sont compris entre ceux de RCP 2.6 et ceux de RCP 8.5)	DRIAS	Région Pays de la Loire	+ 1 °C		+ 1,5 °C
A1B ~ RCP 6.0 (intermédiaire)	ICC-HydroQual	Bassin Loire Bretagne	+ 2°C		+ 2,8 °C
	Explore 2070	Maine-et-Loire		+ 2,2 °C	
RCP 8.5 (sans politique climatique - pessimiste)	DRIAS	Région Pays de la Loire	+ 1,5 °C		+ 4 °C

Selon les études et les scénarios du GIEC considérés, la température en Maine-et-Loire augmentera de +1 à + 2°C en milieu de siècle et entre +1°C et +4°C en fin de siècle.

Selon le scénario intermédiaire du GIEC (A1B), scénario le plus étudié, la température en Maine-et-Loire augmentera de +2°C en milieu de siècle, de +2,2°C en 2070 et de +2,8°C en fin de siècle. Pour rappel, ce scénario suppose une croissance économique rapide s'appuyant notamment sur une orientation vers des choix énergétiques équilibrés entre énergies fossiles et énergies renouvelables et nucléaire et suppose l'introduction de nouvelles technologies efficaces.

Évolution des précipitations :

Scénario GIEC	Projet	Échelle	Échéance	Résultats des projections de précipitations futures				
				Été	Automne	Hiver	Printemps	Annuel
RCP 2.6	DRIAS	Région Pays de la Loire	2100	Légère baisse		Stagnation		Stagnation
RCP 4.5 ~ B1	DRIAS	Région Pays de la Loire	2100	Légère baisse		Stagnation		Stagnation
A1B	ICC-HydroQual	Bassin Loire Bretagne	2100	Forte Baisse	Forte Baisse		Légère hausse	Légère Baisse
	Explore 2070	Maine-et-Loire	2056-2065	Baisse	Baisse	Stagnation	Légère baisse	Légère Baisse
RCP 8.5	DRIAS	Région Pays de la Loire	2100	Légère baisse		Légère hausse		Stagnation

Selon les études et les scénarios du GIEC considérés, les précipitations moyennes annuelles en Maine-et-Loire devraient stagner ou légèrement baisser en 2100 par rapport à aujourd'hui (- 4 % en 2070 selon l'étude Explore). Cette baisse sera principalement observée en été et en automne (-8 % en 2070 selon l'étude Explore). Il est à noter que, bien que cette baisse soit modérée, l'augmentation des températures conduira, dans le futur, à une augmentation de l'évapotranspiration ce qui aura un impact direct sur la quantité de pluie efficace rejoignant le milieu.

III.3. Les ressources en eau superficielle

III.3.1. Les hydro-écorégions

La géologie, le relief et le climat sont déterminants pour le fonctionnement écologique des cours d'eau. Les hydro-écorégions (HER) sont des zones présentant des caractéristiques de géologie, de relief et de climat « homogènes ». On distingue deux niveaux pour les hydro-écorégions : le niveau 1 et le niveau 2. Les hydro-écorégions de niveau 2 permettent de préciser la variabilité interne des hydro-écorégions de niveau 1.

Il y a quatre hydro-écorégions de niveau 2 sur le département de Maine-et-Loire.

Nom Hydro-écorégions	SAGE concernés
Massif Armoricain (MA) -est intérieur	Oudon - Mayenne - Sarthe Aval - Vilaine
Massif Armoricain (MA) -sud intérieur	Layon Aubance Louets – Evre Thau Saint Denis - Sèvre Nantaise - Estuaire de la Loire - Mayenne - Oudon
Tables Calcaires (TC) -nord Loire-Perche	Mayenne - Sarthe Aval - Loir - Authion - Thouet - Layon Aubance louets
Tables Calcaires (TC) - sud Loire	Thouet - Layon Aubance Louets

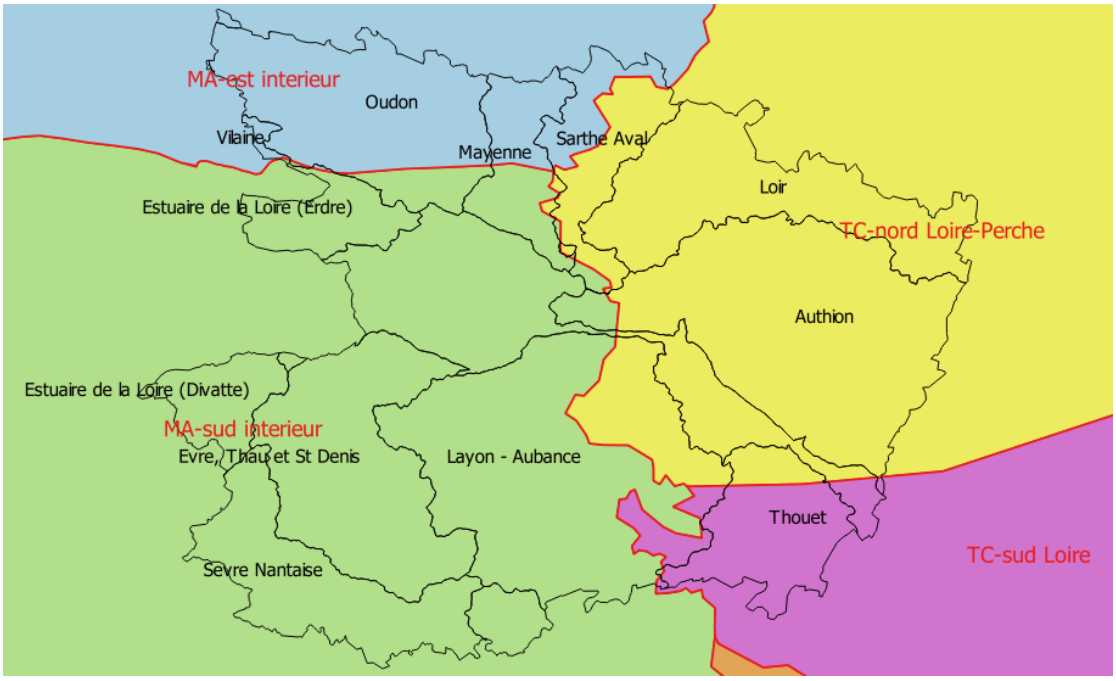


Figure 32 : Carte des hydro-écorégions de niveau 2 en Maine-et-Loire (Source : Données de la DREAL Pays de la Loire, 2020)

III.3.2. Le réseau hydrographique

Avec la Loire inscrite au patrimoine mondial de l'UNESCO et plus de 8 000 km de rivière, répartis sur 14 bassins versants, l'eau superficielle représente dans le Maine-et-Loire, un poids économique et patrimonial important. Le Maine-et-Loire est également un département de confluences et, de ce fait, reçoit les eaux de nombreux autres départements.

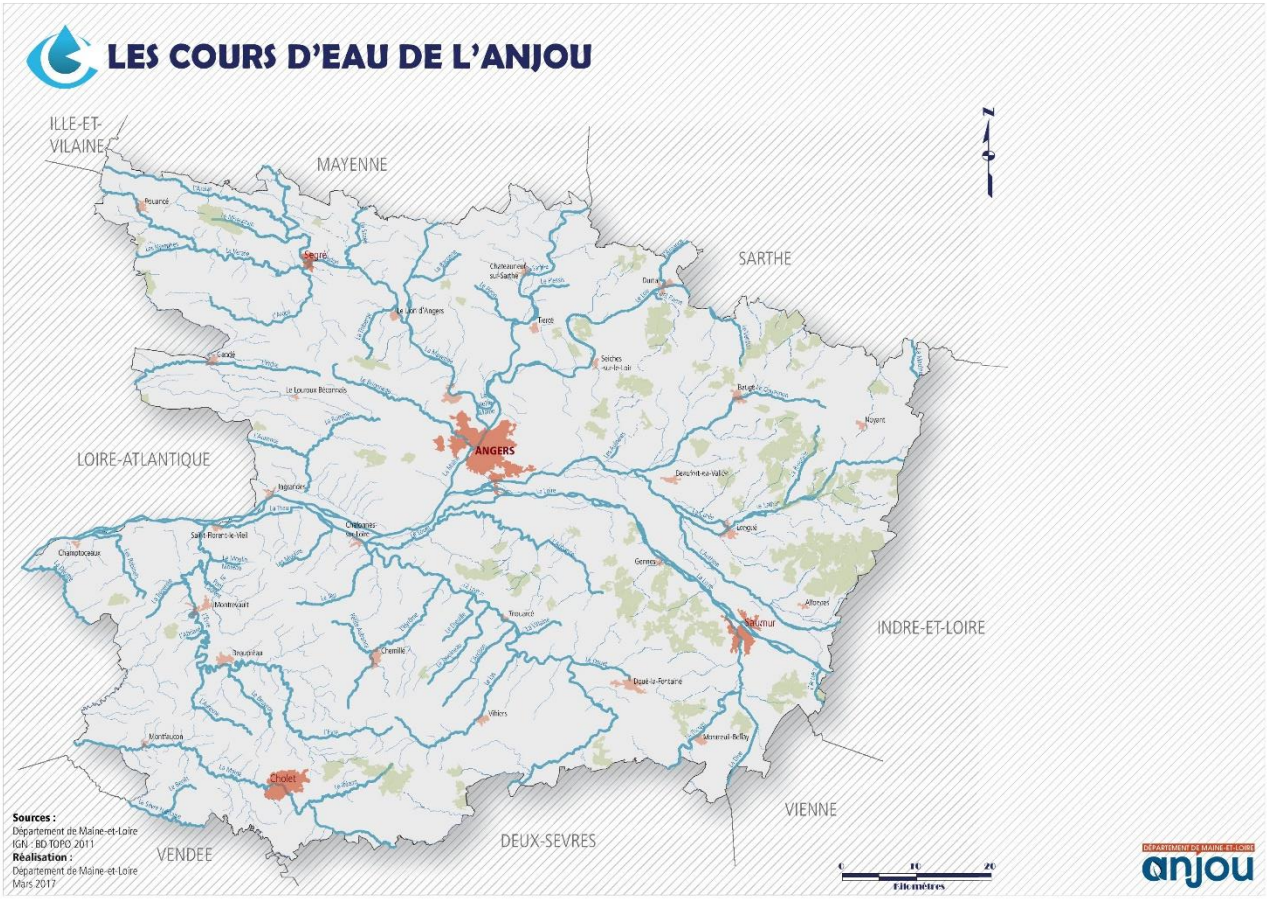


Figure 33 : Réseau hydrographique superficiel de Maine-et-Loire (Source : Cd49, 2020)

Les principaux cours d'eau du Département, utilisés comme ressource en eau sont présentés ci-dessous :

La Loire :

La Loire, le plus grand fleuve français a une longueur totale de 1 012 km (dont 94 km en Maine-et-Loire) avec un bassin versant de 115 000 km2 et une pente moyenne de 0,21‰.

En Maine-et-Loire, le régime hydrologique de la Loire est soutenu en période d'étiage par les apports amont des barrages de Naussac et Villerest. Ces dernières décennies, on a pu observer une augmentation de la pente, l'accélération des vitesses d'écoulement et l'abaissement de la ligne d'eau du aux anciennes extractions importantes de granulats. Avec la fin des extractions de granulats du lit mineur (depuis 1994), on observe une tendance à la stabilisation de la ligne d'eau d'étiage mais ce phénomène récent reste à confirmer. Les berges sont préservées et la végétation de bordure équilibrée hormis dans les secteurs urbains. De nombreuses annexes hydrauliques (boires) sont en cours de réhabilitation. Les bras de Loire sont entretenus pour favoriser la remobilisation du sable au moment des crues afin de contribuer au rehaussement de la ligne d'eau.

La Mayenne :

La Mayenne, affluent de la Maine est une rivière d'une longueur totale de 195 km (dont 37 km en Maine-et-Loire) avec un bassin versant de 5 590 km2 (dont 242 km2 en Maine-et-Loire) et

une pente moyenne de 0,19 ‰. Ce cours d'eau fait partie du Domaine Public Fluvial navigable, transféré au Département depuis 2008. Cette rivière est tronçonnée par de nombreux barrages et écluses (8 en Maine-et-Loire), ses berges sont parfois artificialisées et la végétation de bordure équilibrée. Un soutien d'étiage est assuré par le barrage de St-Fraimbault (Mayenne). Cette rivière est déjà de qualité dégradée à son entrée dans le Département.

Le Loir :

Le Loir est une rivière d'une longueur totale de 311 km (dont 43 km en Maine-et-Loire) avec un bassin versant de 7 925 km2 (dont 655 km2 en Maine-et-Loire) et une pente moyenne de 0,2 ‰. Ce cours d'eau fait partie du Domaine Public Fluvial, transféré au Département depuis mai 2009 mais est rayé de la nomenclature des voies navigables. La largeur moyenne du cours est de 45 m avec une profondeur de 3 m. Cette rivière est tronçonnée par 12 barrages en Maine-et-Loire, ses berges sont relativement bien préservées et la végétation de bordure équilibrée. L'eutrophisation est importante et précoce (dès le mois de mars).

La Sarthe :

La Sarthe, affluent de la Maine est une rivière d'une longueur totale de 280 km (dont 44 km en Maine-et-Loire) avec un bassin versant de 8 490 km2 (dont 293 km2 en Maine-et-Loire) et une pente moyenne de 0,1 ‰. Ce cours d'eau fait partie du Domaine Public Fluvial navigable, transféré au Département depuis 2008. Cette rivière est tronçonnée par de nombreux barrages et écluses (4 en Maine-et-Loire), ses berges sont parfois artificialisées et la végétation de bordure équilibrée. La largeur moyenne de la vallée s'étend sur 70 m avec une profondeur de la rivière de 4 m en moyenne. La Sarthe dispose de vastes étendues de prairies inondables.

L'Oudon :

L'Oudon, affluent de la Mayenne est une rivière de 90 km (dont 44 km en Maine-et-Loire) avec un bassin versant de 1 310 km2 (dont 692 km2 en Maine-et-Loire) et une pente moyenne de 0,32 ‰. La partie aval de Segré jusqu'à la confluence avec la Mayenne appartient au Domaine public fluvial navigable. Le lit et les berges sont uniformes avec une végétation de bordure absente à éparse. Il est tronçonné par 14 barrages dont 3 écluses en aval de Segré. Sa profondeur est de 3 m jusqu'à 4,5 m et de nombreux biefs sont eutrophisés. Ce cours d'eau subit des étiages sévères.

La Sèvre Nantaise :

La Sèvre Nantaise, affluent rive gauche de la Loire est une rivière d'une longueur totale de 136 km (dont 13 km en Maine-et-Loire) avec un bassin versant de 2 370 km2 (dont 474 km2 en Maine-et-Loire) et une pente moyenne de 1,3 ‰. Cette rivière ne concerne directement que deux communes du Maine-et-Loire. Elle est tronçonnée par 10 chaussées d'anciens moulins et 1 retenue pour la production d'eau potable. Ses berges sont préservées et la végétation de bordure équilibrée. Elle subit des pressions agricoles et domestiques à l'amont du bassin.

La Moine :

La Moine, affluent de la Sèvre nantaise est une rivière d'une longueur totale de 66 km (dont 30,5 km en Maine-et-Loire) avec un bassin versant de 382 km2 (dont 323 km2 en Maine-et-Loire) et une pente moyenne de 2,2 ‰. Le lit et les berges ont été retouchés irrégulièrement sur la majeure partie du cours, hormis sur quelques rares secteurs encore préservés et bien végétalisés. Le cours est tronçonné par environ 25 chaussées. La végétation de bordure est

équilibrée sur certains secteurs, mais absente sur d'autres (programme d'entretien des berges réalisé). Un soutien d'étiage moyen de 200 l/s existe à partir du barrage de Ribou (à Cholet).

III.3.3. Les bassins versants

La carte ci-après présente les bassins versants du Maine-et-Loire.

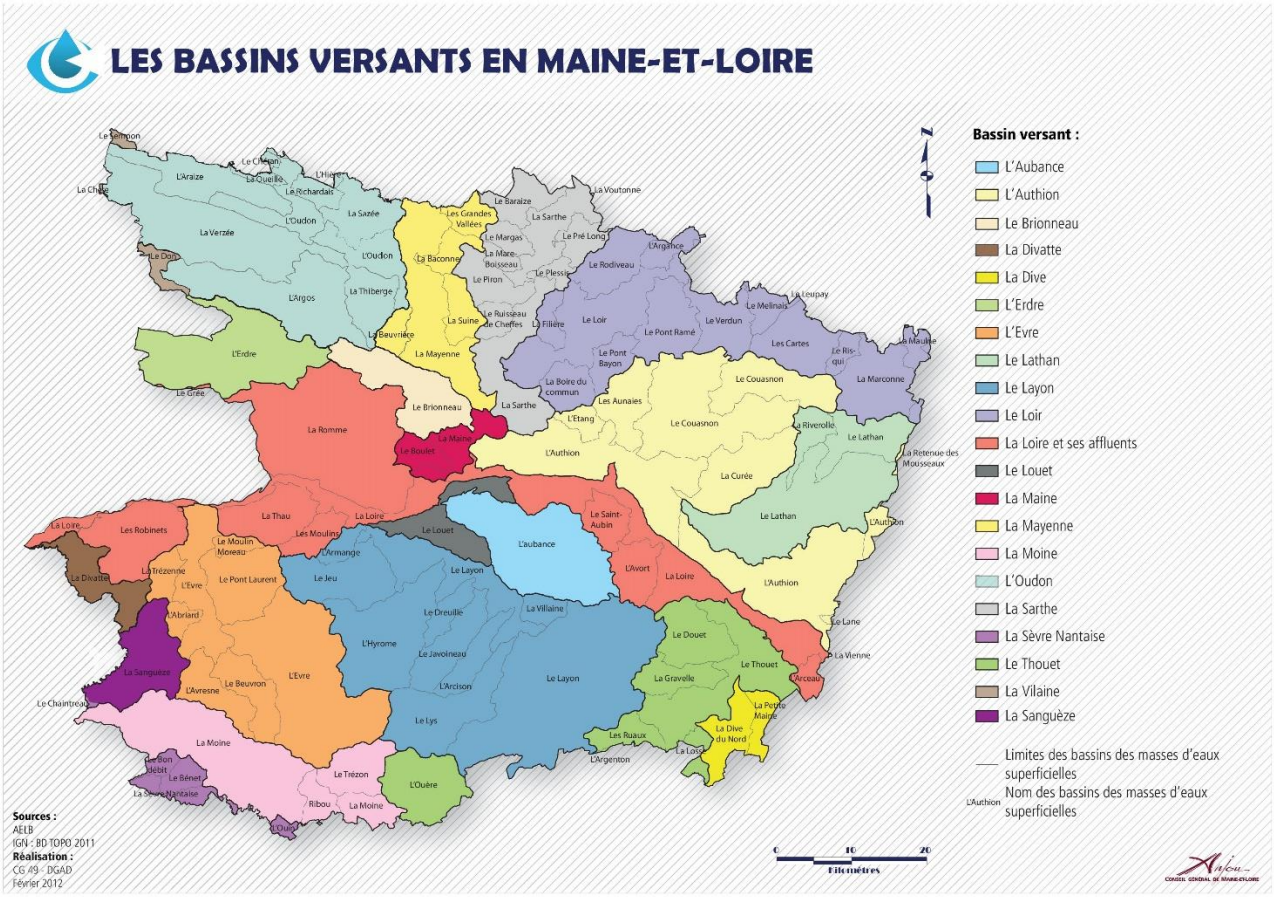


Figure 34 : Les bassins versants en Maine-et-Loire (Source : Cd49, 2020)

III.3.4. Les principaux ouvrages hydrauliques

III.3.4.1. Les barrages de Naussac et Villerest

Les ouvrages hydrauliques les plus importants du bassin Loire Bretagne sont les barrages de Villerest et de Naussac. Ils sont gérés par l'Établissement Public Loire.

Le barrage de Naussac, situé dans le département de la Lozère, a été mis en service en 1983 et permet le soutien d'étiages de l'Allier et de la Loire.

Le barrage de Villerest, situé dans le département de la Loire, a été mis en service en 1985 et permet le soutien d'étiages et l'écrêtement des crues de la Loire.

Ces deux ouvrages permettent également une production d'énergie électrique.

Figure 35 : Localisation des barrages de Villerest et de Naussac (Source : Etude d'adaptation de la gestion des barrages de Villerest et Naussac aux impacts du changement climatique, EP Loire, 2017)

Une étude sur les impacts socio-économiques du soutien d'étiage 2019 de l'Allier et de la Loire a été réalisée par L'Établissement Public Loire en 2020. Celle-ci fait apparaître une contribution de la Loire au débit mesuré à Montjean-sur-Loire, de l'ordre de 50%, dont parfois plus de 50% sont issus du soutien d'étiage par les barrages de Naussac et Villerest.

L'établissement Public Loire a également mené une étude entre 2015 et 2017 sur l'adaptation de la gestion des barrages de Villerest et Naussac aux impacts du changement climatique. Cette étude se base sur les résultats de l'étude ICC-HydroQual pour les projections climatiques et l'évolution des débits des cours d'eau et sur ceux de l'étude Explore 2070 pour l'évolution des besoins des usagers.

D'après cette étude prospective, les besoins en eau devraient nécessiter des lâchers d'eau trois plus importants en aval de Naussac et deux fois plus importants en aval de Villerest, comme présenté dans la figure ci-dessous.

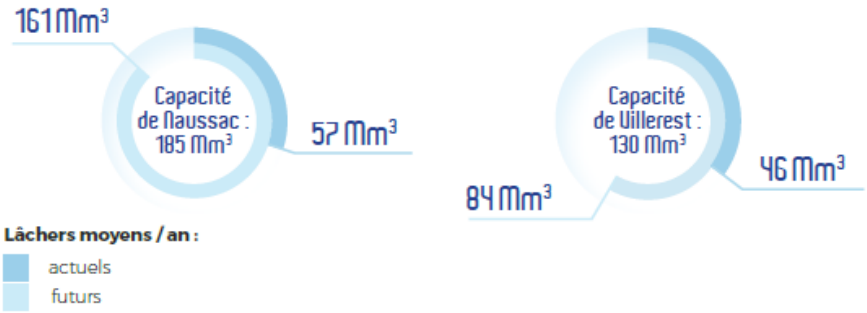


Figure 36 : La sollicitation actuelle et future des barrages de Villerest et Naussac (Source : Etude d'adaptation de la gestion des barrages de Villerest et Naussac aux impacts du changement climatique, EP Loire, 2017)

III.3.4.2. Les barrages et digues du Département

Les classes de barrages et de digues catégorisent les ouvrages en fonction de leur taille, A étant la plus importante.

Sur le département du Maine-et-Loire, il existe 9 barrages classés :

- 1 de classe A : barrage du Verdon à La Tessoualle (FR0490003-1)

- 2 de classe B : barrages du Ribou à La Tessoualle (FR0490001-1) et de Rillé à Noyant-Villages (FR0490002-1)

- 6 de classe C : barrages de l'étang des noues à Cholet (FR0490006-1), de l'étang de peronne (FR0490008-1) à Chanteloup-les-bois, de l'étang de Ste Blaise à Segré-en-Anjou-Bleu (FR0490016-1), étangs de St Aubin (FR0490018-1) et du Fourneau (FR0490010-1) à Ombrée d'Anjou

Sur le département du Maine-et-Loire, il existe 18 digues classées :

- 5 de classe A : Levée de l'Authion (FRD0490009-5), Ancienne levée de l'Authion (FRD0490009-7), levée de Sorges (FRD0490013-1), ancienne fermeture du Val d'Authion (FRD0490009-8), levée de Belle Poule (FRD0490011-2)

- 5 de classe B : Levée du Chardonnay (FRD0490004-3), levée neuve (FRD0490004-2), levée du chemin vert (FRD0490004-5), levée de Nantilly (FRD0490004-4), levée de Limoges (FRD0490004-1)

- 8 de classe C : Levée de Gohier-Blaison-St-Sulpice (FRD0490010-1), levée de St Saturnin-St-Jean-des-Mauvrets (FRD0490010-2), levée de St Maurille-les-Ponts-de-Cé (FRD0490008-1), levée de St Georges-sur-Loire (FRD0490002-1), levée de l'ile de Chalonnes-sur-Loire (FRD0490006-1), levée de Monjean-sur-Loire (FRD0490003-1), levée du Marillais (FRD0490005-1), levée rive droite canal Authion (FRD0490007-2)

La carte ci-après présente la localisation des principaux barrages et systèmes d'endiguement du Département.

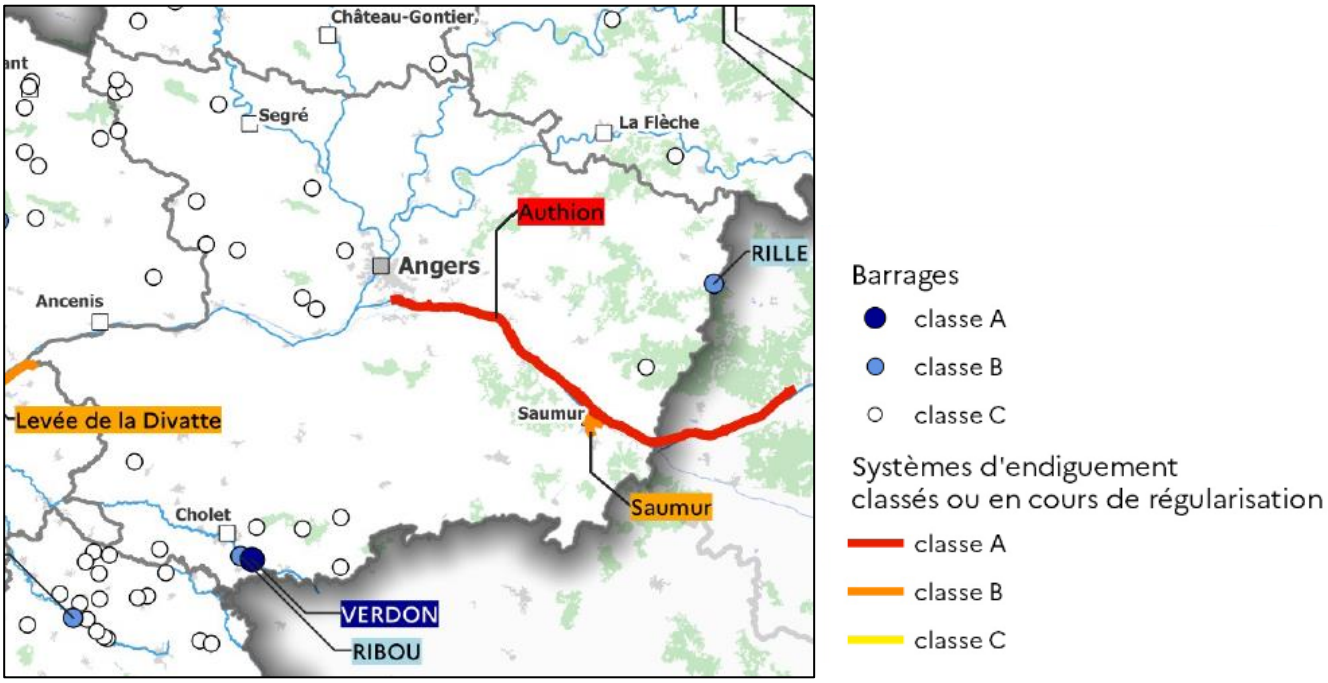


Figure 37 : Localisation des digues et barrages en Région des Pays de la Loire (Source : DREAL Pays de la Loire, 2021)

III.3.5. La température de l'eau

La température de l'eau des rivières est surtout influencée par la température de l'air mais d'autres paramètres peuvent également jouer un rôle comme l'alimentation en eau (précipitations, eaux souterraines, affluents, etc…), la morphologie du lit, le couvert végétal, le débit et les vitesses d'écoulement. Il a notamment été prouvé que l'absence de végétation en berge (ripisylve) pouvait amener une augmentation de la température estivale de l'eau de plusieurs degrés.

L'action de l'Homme sur ces différents facteurs peut donc impliquer à court terme (création d'un barrage, non entretien de la végétation de la berge, etc…) autant qu'à long terme (multiplication des plans d'eau sur un bassin versant, changement climatique, etc…) un impact significatif sur la température des cours d'eau.

L'office français de la biodiversité gère, depuis 1971, un réseau de stations de suivi thermique des rivières. Trois de ces stations se trouvent sur le territoire d'étude : sur le Loir à Corzé, sur la Loire à Montjean-sur-Loire et sur le Thouet à Artannes.

La Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement gère également, depuis 2003, un réseau de stations de suivi thermique des rivières. Sept de ces stations se trouvent sur le territoire d'étude : la Loire à Montjean-sur-Loire et Saumur, la Maine à Angers, L'Oudon à Sergé, la Moine à St Crespin sur Moine, le Layon à St Lambert-du-Lattay et le Beuvron à Andrezé. Une station sur le département de la Vendée parait également pertinente pour l'étude, celle de la Sèvre Nantaise à Tiffauges. Les graphiques ci-dessous présentent l'évolution de la température de l'eau sur l'année 2018, enregistrées sur trois stations de ce réseau.

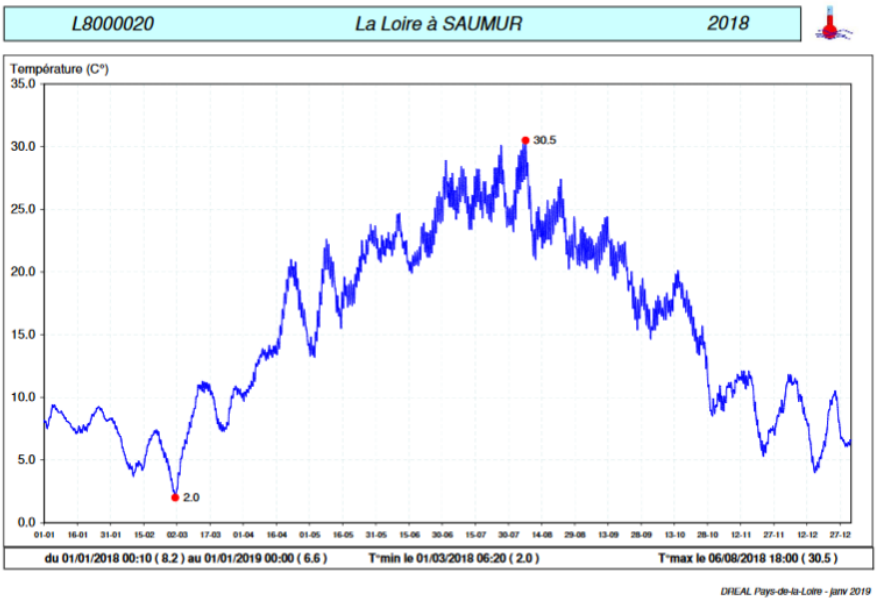


Figure 38 : Évolution de la température de l'eau de la Loire à Saumur sur l'année 2018 (Source : Site internet de la DREAL Pays de la Loire)

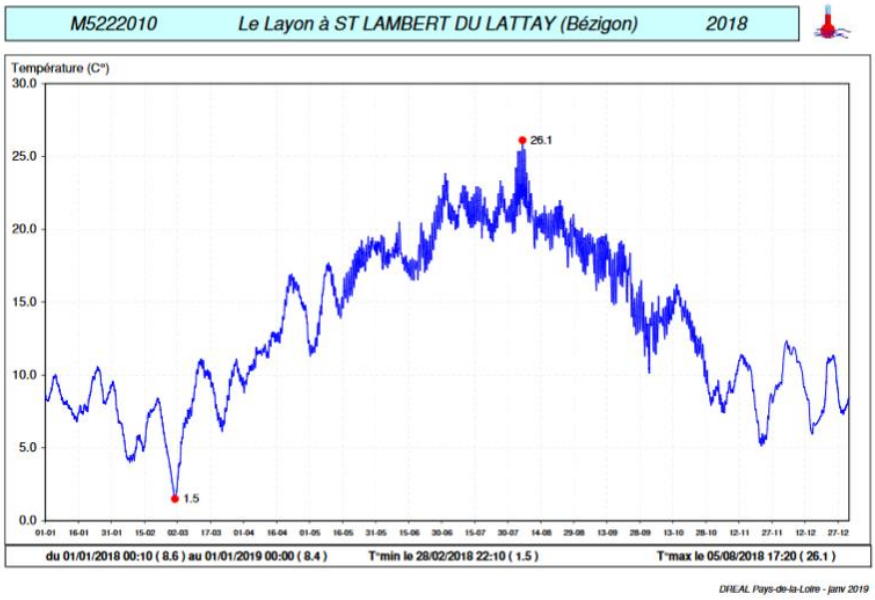


Figure 39 : Évolution de la température de l'eau de Layon à St Lambert du Lattay sur l'année 2018 (Source : Site internet de la DREAL Pays de la Loire)

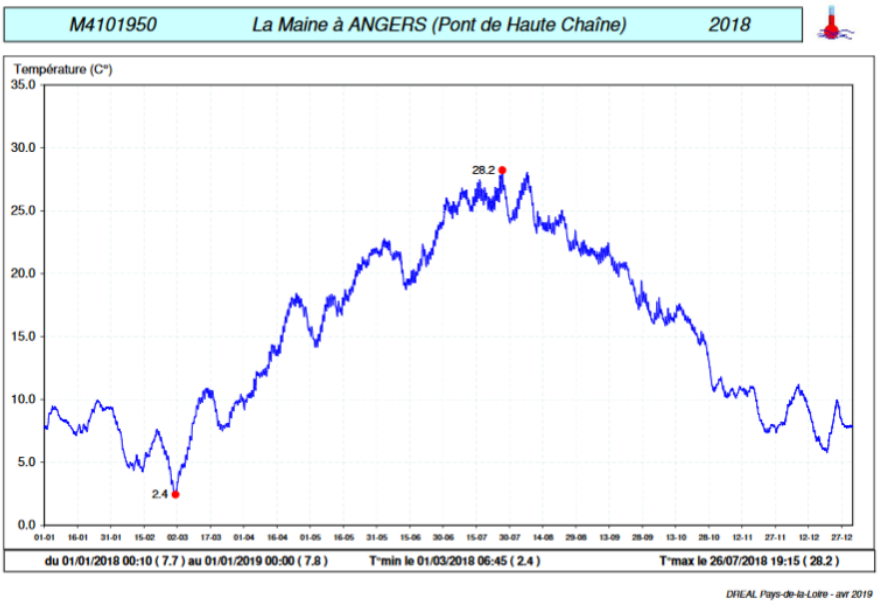


Figure 40 : Évolution de la température de l'eau de la Maine à Angers sur l'année 2018 (Source : Site internet de la DREAL Pays de la Loire)

Le tableau ci-dessous présente les moyennes mensuelles des températures de l'eau des rivières (en °C) de Maine-et-Loire sur la période 2010-2019.

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Annuelle
Moyenne Teau 2009-2019	7,0	6,2	9,2	12,4	15,3	18,1	20,3	19,5	17,7	14,7	10,2	7,4	**13,2**

La températures moyenne annuelle de l'eau en Maine-et-Loire est de **13,2 °C** (calculée sur les dix dernières années).

Dans le cadre d'une étude menée en 2016 par la DREAL, le nombre de jours par an où la température maximale journalière a dépassé les 25°C sur la période 2003-2015 a été analysé. Le tableau ci-après présente les résultats de cette analyse pour chacune des stations du réseau de suivi DREAL.

	Loire à Montjean-sur-Loire	Loire à Saumur	Maine à Angers	Oudon à Segré	Moine à St-Crespin-sur-Moine	Layon à St Lambert-du-Lattay	Beuvron à Andrezé	Sèvre Nantaise à Tiffauges (85)
2003	0	0	0	18	17	0	0	0
2004	0	0	0	3	1	0	0	0
2005	20	0	0	4	0	0	0	0
2006	32	0	0	22	5	0	0	0
2007	0	0	0	0	0	0	0	0
2008	0	0	0	0	0	0	0	0
2009	7	0	0	0	0	0	0	16
2010	0	0	0	1	4	0	0	17
2011	0	0	0	0	0	0	0	2
2012	11	1	0	0	0	0	0	6
2013	22	27	0	2	8	0	0	16
2014	8	17	4	0	0	0	2	0
2015	21	38	20	2	0	0	4	9
Somme	**121**	**83**	**24**	**52**	**35**	**0**	**6**	**66**

On observe que les rivières du Maine-et-Loire présentent des risques importants de dépassement des 25°C (département le plus à risque de la région Pays de la Loire). Ce sont à priori la Loire, la Sèvre Nantaise et l'Oudon qui présentent le plus gros risque vis-à-vis des températures élevées, et dans une moindre mesure la Moine et la Maine.

Le changement climatique a un impact sur la température de l'eau des rivières. D'après une étude menée en 2006 par l'université de Tours (Moatar et Gailhard, 2006), la température de la Loire aurait augmenté, entre 1976 et 2003, d'environ 0,8°C en moyenne annuelle et estivale. Cette élévation de la température s'accentue depuis la fin des années 80 et est principalement due au réchauffement de la température de l'air.

III.3.6. Le réseau de suivi qualitatif des eaux superficielles

Le Programme de Surveillance, mis en œuvre dans le cadre de la DCE, se décline en trois réseaux de mesure :

- Le **Réseau de Contrôle de Surveillance (RCS).** Le contrôle de surveillance a pour objectif principal de permettre une évaluation pérenne de l'état général des eaux. Il est placé sous la maîtrise d'ouvrage de l'Agence de l'Eau ou de l'État (DREAL et AFB) ;
- Le **Réseau de Contrôle Opérationnel (RCO).** Le contrôle opérationnel provisoire est destiné à suivre l'état des Masses d'Eau et des Très Petits Cours d'Eau qui n'ont pas atteint le Bon État Écologique en 2015 requis par la Directive Cadre Européenne (DCE). Il s'appuie notamment sur un partenariat avec le Département de Maine-et-Loire (Département 49) ;
- Le **Réseau Complémentaire Agence (RCA).** Ce réseau a pour objectif l'acquisition de données. Il est placé principalement sous maîtrise d'ouvrage de l'Agence de l'Eau et s'appuie sur un partenariat avec les maîtres d'ouvrages locaux.

En complément ou en appui de ce réseau, le Réseau Départemental (RD) est constitué de points suivis par le Département. Le réseau 2018 de mesure comptait 81 points répartis de la façon suivante :

- 20 points de contrôle de surveillance RCS dont 14 intégrés au réseau de contrôle opérationnel RCS/RCO ;
- 19 points de contrôle opérationnel RCO ;
- 3 points de contrôle opérationnel RCO/RD ;
- 35 points du réseau de suivi départemental RD ;
- 2 points du réseau complémentaire agence RCA ;
- 2 points sur l'Authion (EIABA).

Les cartes ci-après présentent la répartition des points de suivis de la qualité des eaux superficielles sur le territoire, selon les types de réseau (figure 40) et selon les organismes chargés du suivi de ces réseaux (figure 41).

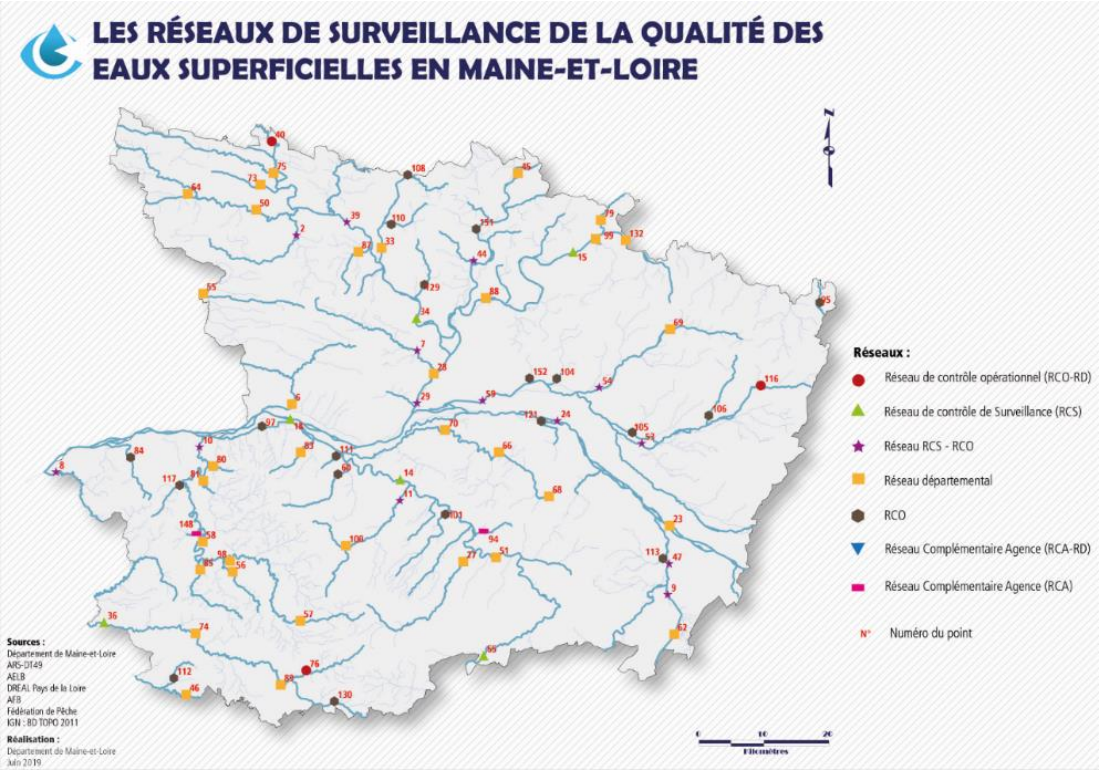


Figure 41 : Les réseaux de surveillance de la qualité des eaux superficielles (Source : Rapport sur la qualité des rivières du Département de Maine-et-Loire – Synthèse 2018)

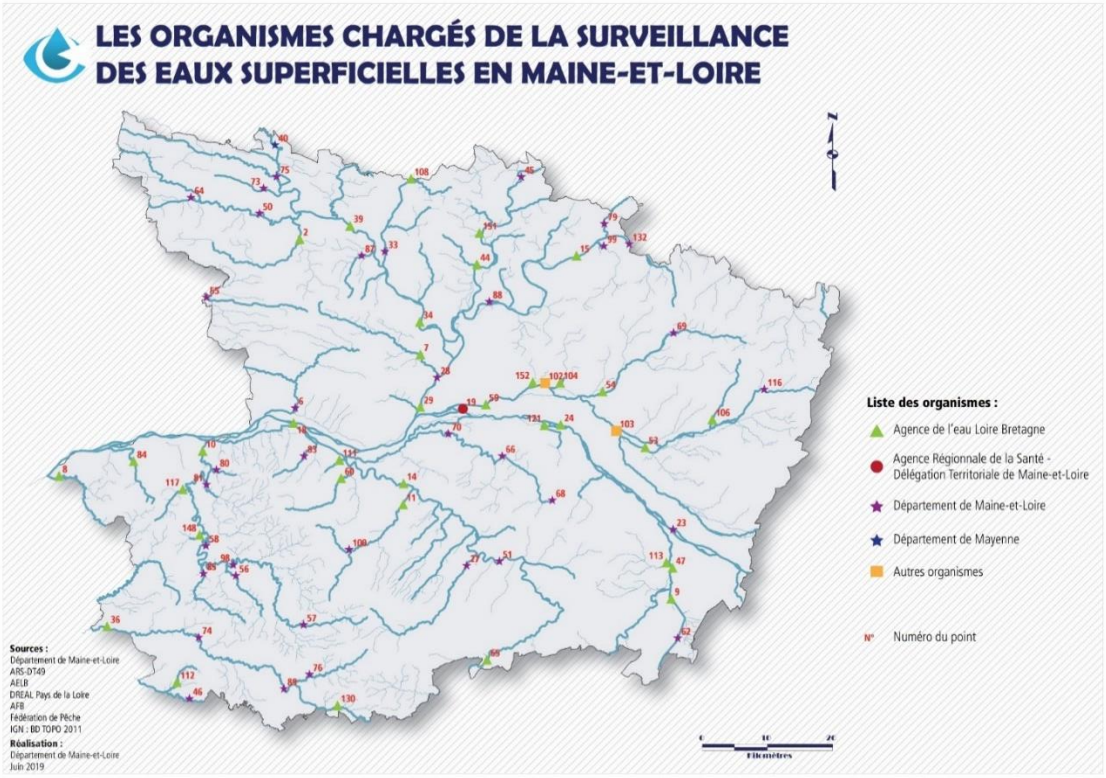


Figure 42 : Les organismes chargés de la surveillance des eaux superficielles en Maine-et-Loire (Source : Rapport sur la qualité des rivières du Département de Maine-et-Loire – Synthèse 2018)

III.3.7. La qualité des cours d'eau

L'ensemble des données sur la qualité des eaux de surface est disponible sur le portail informatique « Naïades » géré par le BRGM.

III.3.7.1. L'évaluation de l'état des masses d'eau superficielles

Afin d'acquérir des données sur l'état des masses d'eau, un programme de surveillance avec des critères définis par la réglementation a été mis en place. L'évaluation du bon état des masses d'eau s'appuie sur :

- des données mesurées pour les masses d'eau où ces mesures existent
- une analyse des pressions qui s'exercent sur chaque masse d'eau

une modélisation pour les masses d'eau où il n'a pas été encore possible d'acquérir des données mesurées.

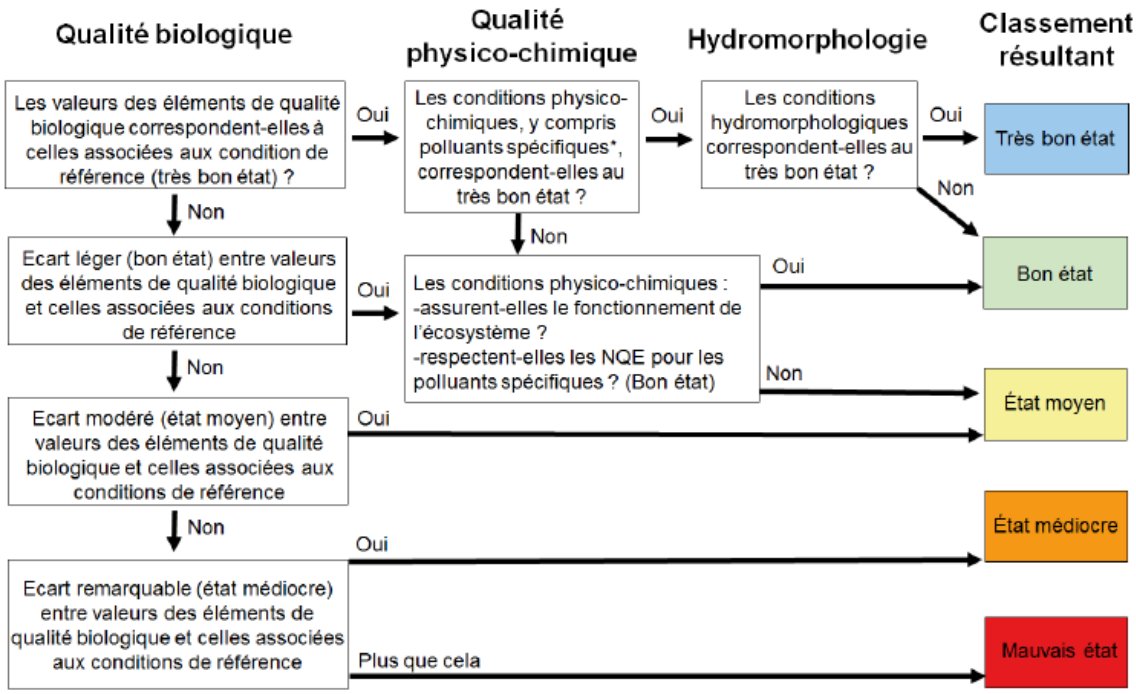
Un guide technique relatif à l'évaluation de l'état des eaux de surface continentale (Ministère de la transition écologique et solidaire, 2019) permet de préciser les modalités de l'évaluation.

Globalement, le bon état des masses d'eau repose sur :

- Le **bon état écologique** mesuré à partir des éléments biologiques (macro-invertébrés, diatomées, macrophytes, poissons) et des éléments physico-chimiques généraux (matières organiques, oxygènes dissous, température, nitrates, matières phosphorées…),

- Le **bon état chimique** mesuré à partir des résultats d'analyses de 45 substances (voir liste dans le guide cité précédemment, annexe 11),
- Le **bon état hydro-morphologique**.

Par état écologique, il faut entendre l'état biologique soutenu par l'état physico-chimique car selon la directive cadre sur l'eau, les éléments physico-chimiques généraux interviennent essentiellement comme facteurs explicatifs des conditions biologiques. Aussi, le guide précise les indicateurs, les valeurs-seuils et les modes de calcul pour chaque indicateur qu'il soit biologique, physico-chimique et chimique. De fait, une classification de l'état écologique est définie en 5 classes (très bon, bon, moyen, médiocre, mauvais).



[18] Les éléments de qualité physico-chimiques incluent à la fois les éléments physico-chimiques généraux et les polluants spécifiques de l'état écologique.

[19] Ce schéma est inspiré du document guide « approche générale de la classification de l'état écologique et du potentiel écologique, ECOSTAT, nov. 2003 ».

Figure 43 : Logigramme d'évaluation de l'état des masses d'eau (Source : Guide technique relatif à l'évaluation de l'état des eaux de surface continentale, Ministère de la transition écologique et solidaire, 2019)

III.3.7.1. État des masses d'eau superficielles 2017

Depuis 2009, six évaluations ont été réalisées pour les cours d'eau. La dernière réalisée pour l'état écologique en 2017 avec les données 2015-2016-2017 pour l'état biologique et pour l'état chimique répartit les 105 masses d'eau de Maine-et-Loire de la manière suivante :

- 6 masses d'eau qualifiées en bon état (5,7 %), contre 4,7% en 2013,
- 35 masses d'eau qualifiées en état moyen (33,3 %), contre 49,0% en 2013,
- 25 masses d'eau qualifiées en état médiocre (23,8 %), contre 29,4% en 2013,
- 39 masses d'eau qualifiées en état mauvais (37,2 %), contre 16,9% en 2013.

L'évolution défavorable de la situation par rapport à 2013 ne signifie pas forcément une dégradation des milieux aquatiques. En effet, l'évaluation de 2017 comporte moins d'estimation de l'état des masses d'eau et a pris en compte un indice biologique différent (I2M2 à la place de l'IBG en 2013).

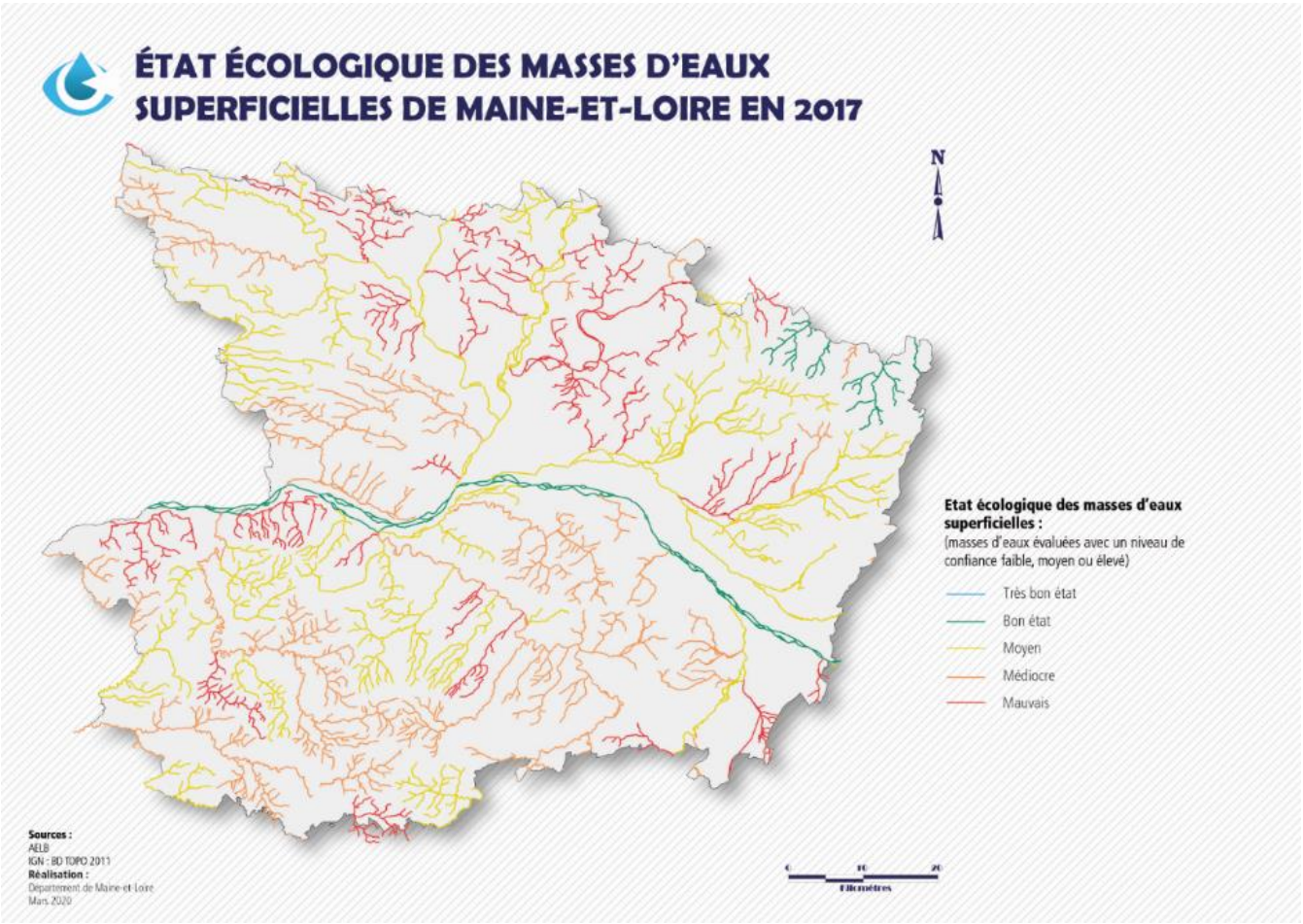


Figure 44 : État écologique 2017 des masses d'eau superficielles de Maine-et-Loire (Source : Cd49, 2020)

III.3.7.2. État biologique

État du peuplement des invertébrés :

Le fond des cours d'eau est peuplé d'une faune particulière constituée d'invertébrés (larves de libellules et autres insectes, petits mollusques, vers...) dont la présence est indispensable au bon équilibre de l'écosystème. Une altération de la qualité de l'eau est susceptible de provoquer des modifications de la composition de cette faune. La détermination des peuplements d'invertébrés, prélevés sur le terrain selon un protocole standardisé, permet donc d'apprécier la qualité globale du milieu.

La qualité est hétérogène sur l'ensemble du territoire et très dépendante des caractéristiques du site du prélèvement (diversité des milieux, habitats, débits, ripisylve, substrats…). On constate peu d'évolution sur le territoire de ce paramètre qui reste néanmoins satisfaisant.

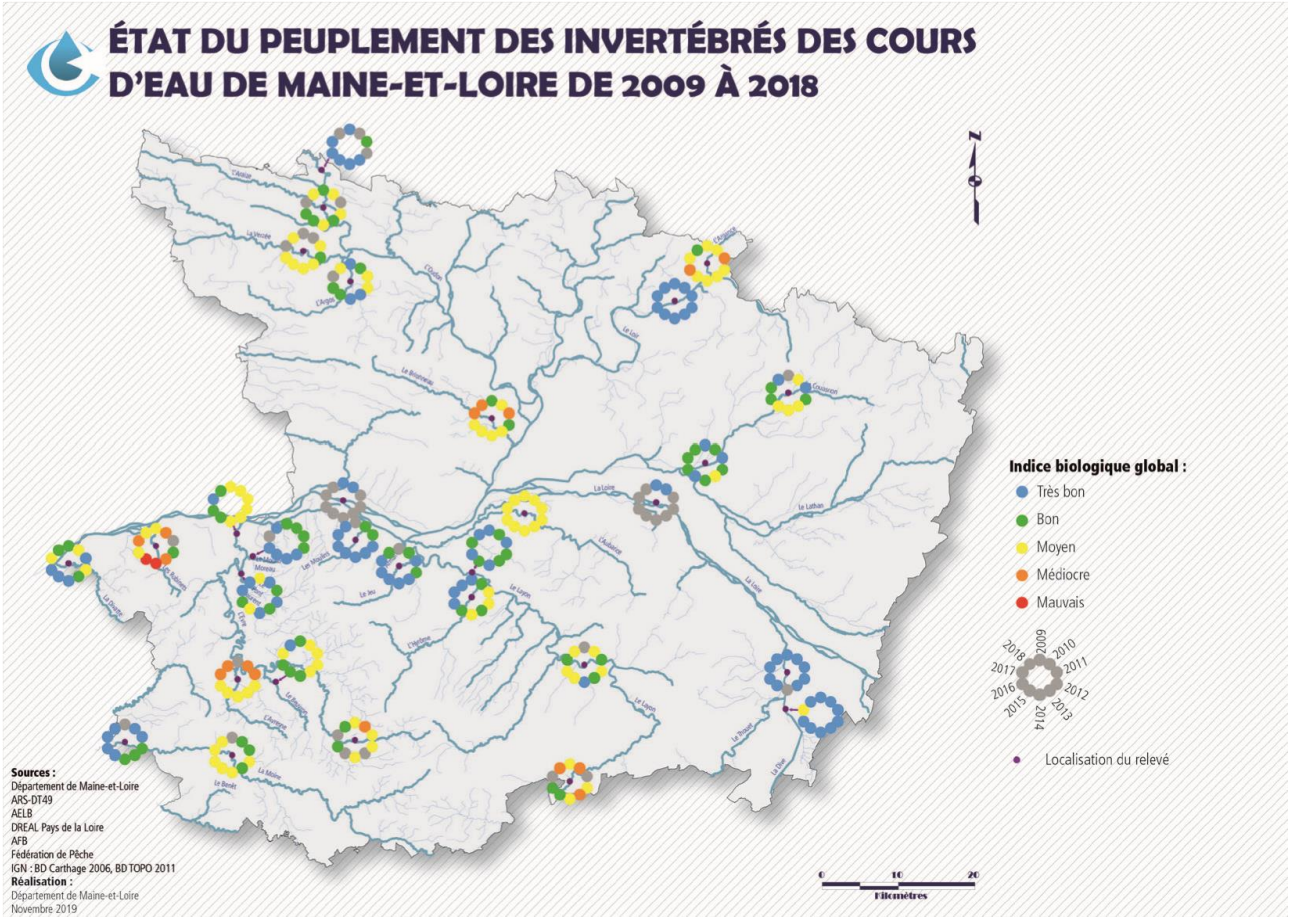


Figure 45 : État du peuplement des invertébrés des cours de Maine-et-Loire de 2009 à 2018 (Source : Rapport sur la qualité des rivières du Département de Maine-et-Loire – Synthèse 2018)

État du peuplement piscicole :

L'Indice poissons rivière (IPR) est calculé à partir de l'échantillonnage du peuplement piscicole par pêche électrique. Les poissons étant d'excellents intégrateurs de l'état des cours d'eau, cet indice permet de mettre en évidence les différentes sources de dégradation de la qualité de l'eau et des habitats (pollution, travaux hydrauliques, etc.).

L'état des peuplements piscicoles en Maine-et-Loire est le plus souvent moyen, voire mauvais. Selon les conditions du milieu et l'importance des travaux de restauration des cours d'eau réalisés, ces peuplements devraient évoluer mais de façon assez lente.

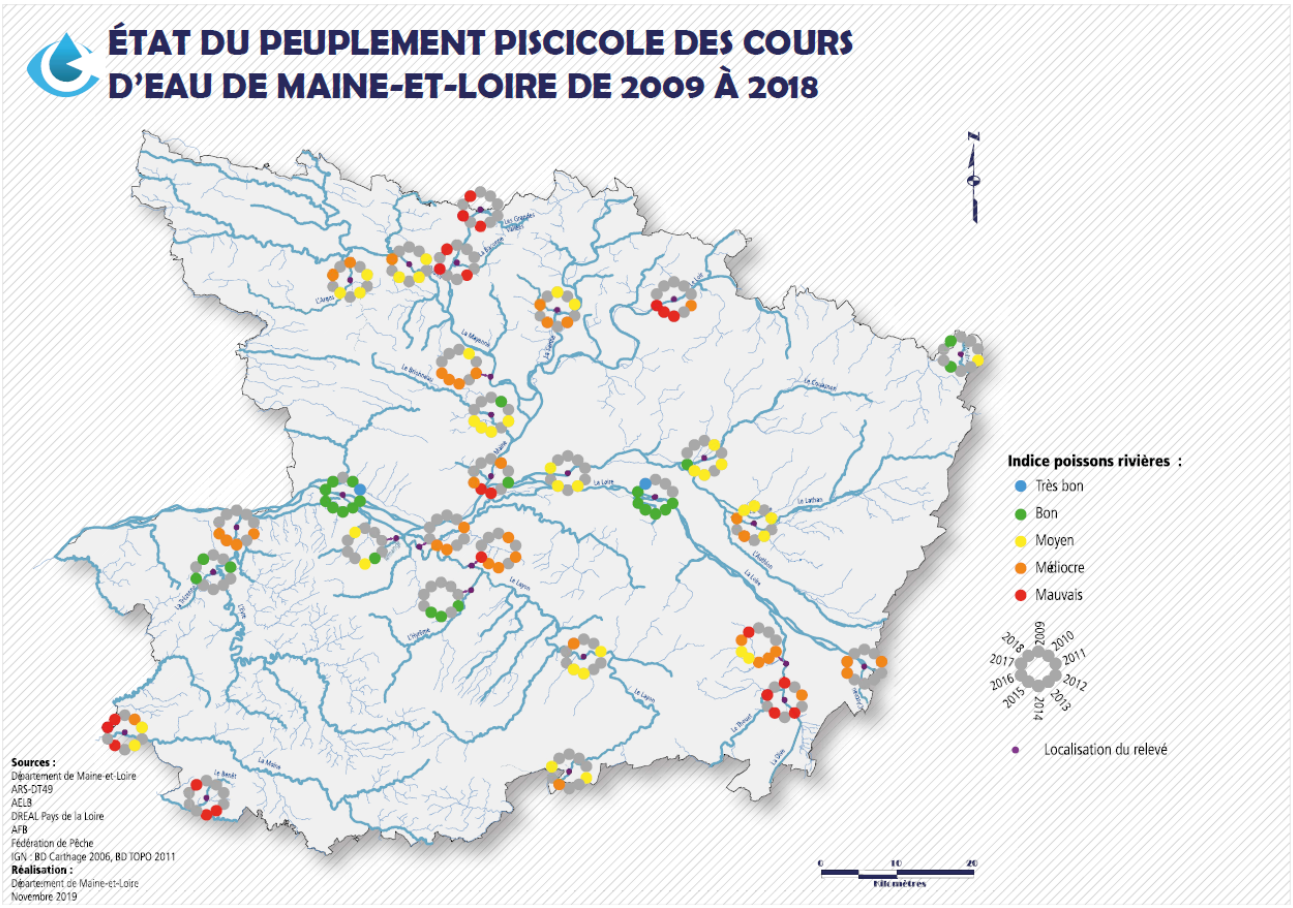


Figure 46 : État du peuplement piscicole des cours de Maine-et-Loire de 2009 à 2018 (Source : Rapport sur la qualité des rivières du Département de Maine-et-Loire – Synthèse 2018)

III.3.7.3. Etat physico-chimique

Nitrates :

La pollution par les nitrates provient de rejets multiples et présente des évolutions saisonnières sous forme de pics hivernaux. En effet, celle-ci est liée au lessivage des sols à l'occasion d'épisodes pluvieux. Malgré une légère tendance à la baisse de ces pics, ce paramètre reste médiocre. Ceci n'est pas sans conséquence notamment sur la production d'eau potable. Les nitrates contribuent en conjonction avec le phosphore à l'apparition du phénomène d'eutrophisation.

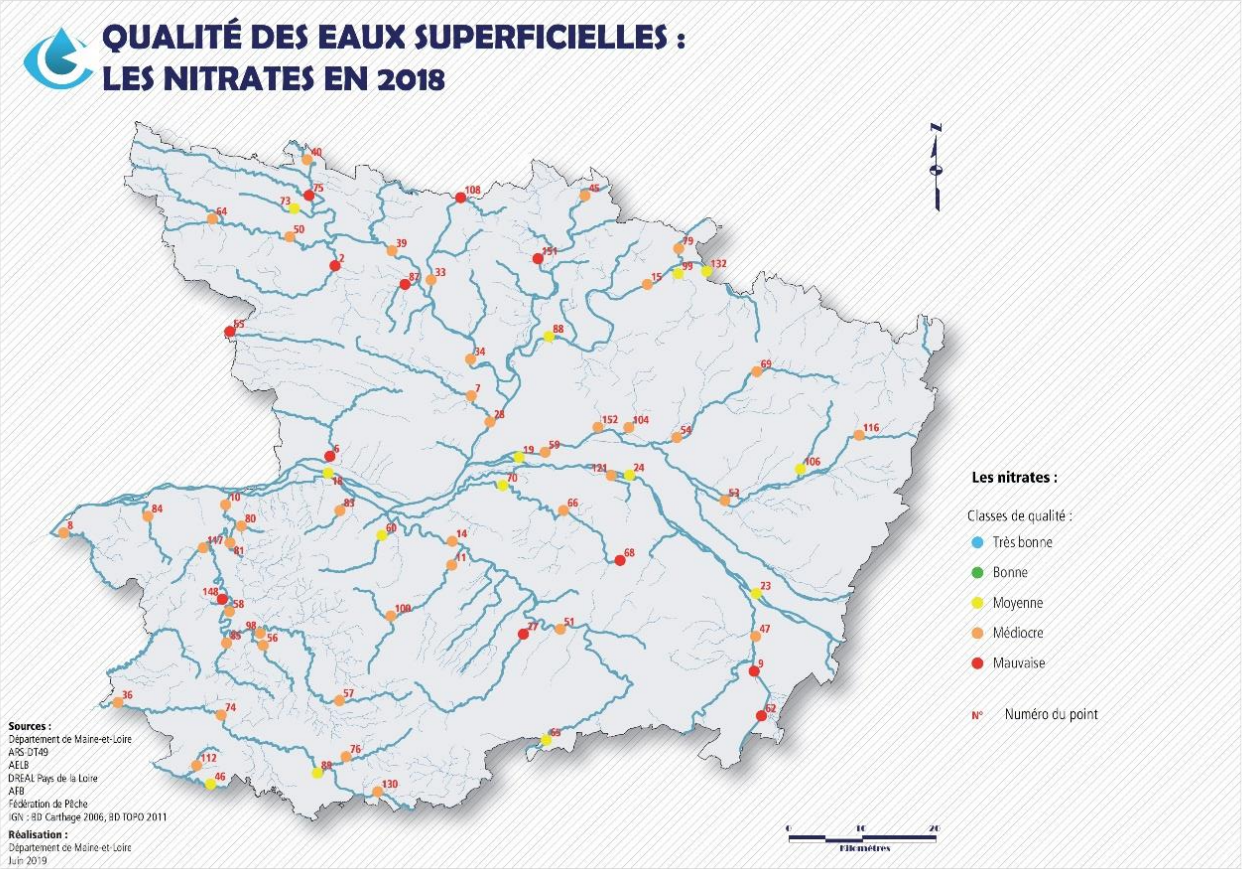


Figure 47 : Qualité des eaux superficielles pour le paramètre Nitrates en 2018 (Source : Rapport sur la qualité des rivières du Département de Maine-et-Loire – Synthèse 2018)

Matières Organiques et Oxydables :

Les matières organiques et oxydables (MOOX) représentent l'ensemble des substances dont la présence est susceptible de provoquer une consommation de l'oxygène dissous des cours d'eau. Ce paramètre évolue fortement en fonction de l'hydrologie du cours d'eau mais s'améliore doucement au fil des années.

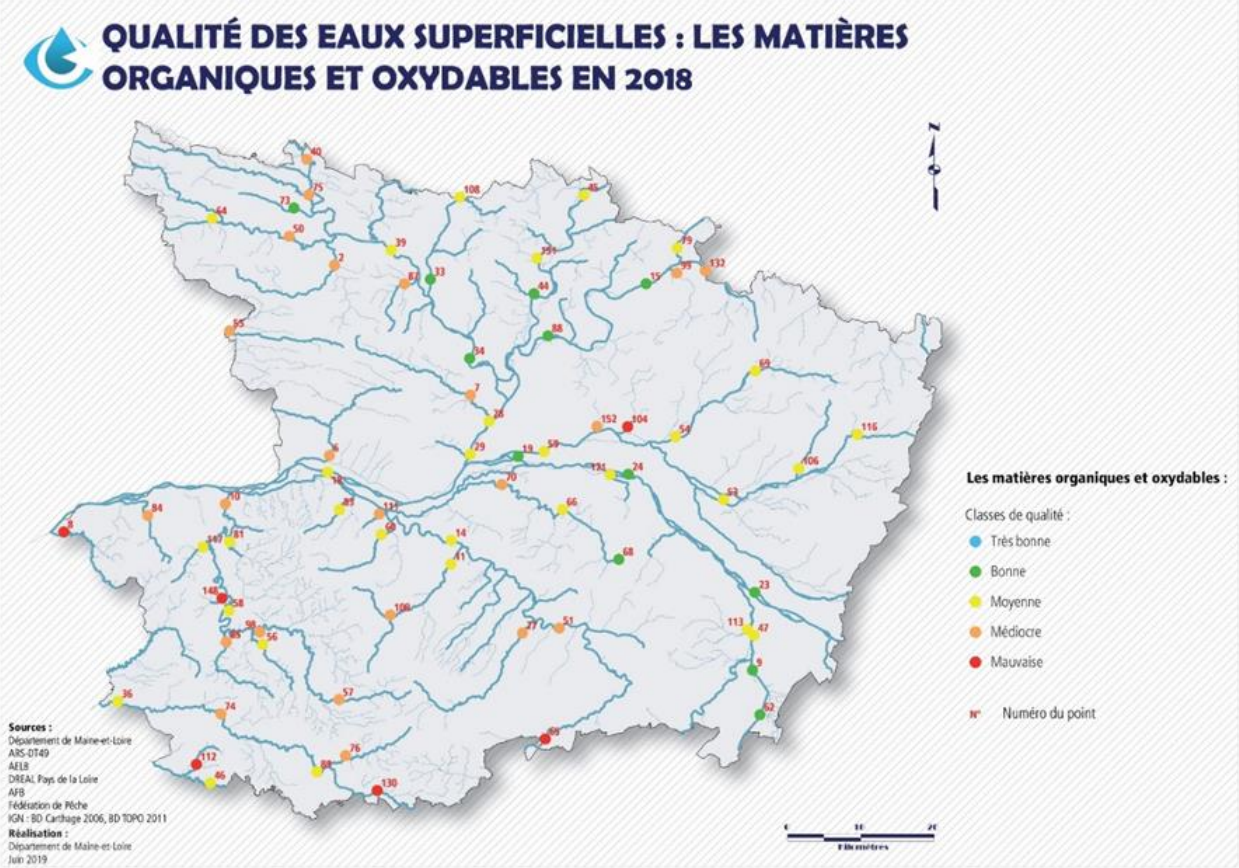


Figure 48 : Qualité des eaux superficielles pour le paramètre Matières Organiques et oxydables en 2018 (Source : Rapport sur la qualité des rivières du Département de Maine-et-Loire – Synthèse 2018)

Matières phosphorées :

La pollution par les matières phosphorées résulte essentiellement des rejets urbains (rejets de stations d'épuration et pertes par les réseaux d'assainissement), industriels ou agricoles. Le phosphore est considéré comme l'élément essentiel d'apparition du phénomène d'eutrophisation. On note une amélioration notable depuis vingt ans grâce notamment aux investissements dans le domaine de l'assainissement collectif.

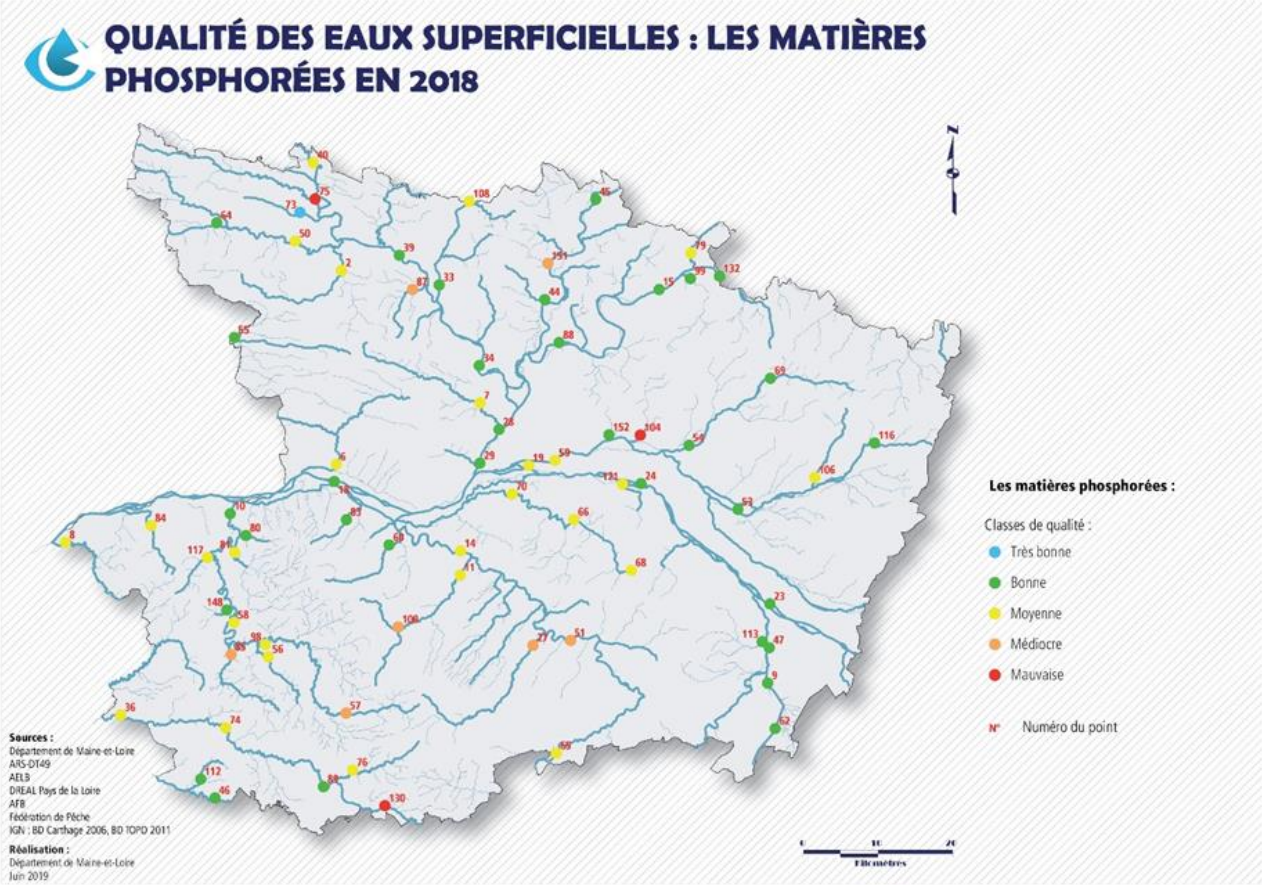


Figure 49 : Qualité des eaux superficielles pour le paramètre Matières Phosphorées en 2018 (Source : Rapport sur la qualité des rivières du Département de Maine-et-Loire – Synthèse 2018)

Matières Azotées :

Les matières azotées (hors nitrates) proviennent des rejets domestiques et industriels ainsi que des rejets d'élevage (ammonium et azote total). Elles participent aux développements d'algues dans les cours d'eau et peuvent présenter des effets toxiques sur l'écosystème aquatique, notamment pour la faune piscicole. On observe une amélioration notable et pluri-factorielle (investissements en assainissement, actions sur les rejets agricoles...) de ce paramètre.

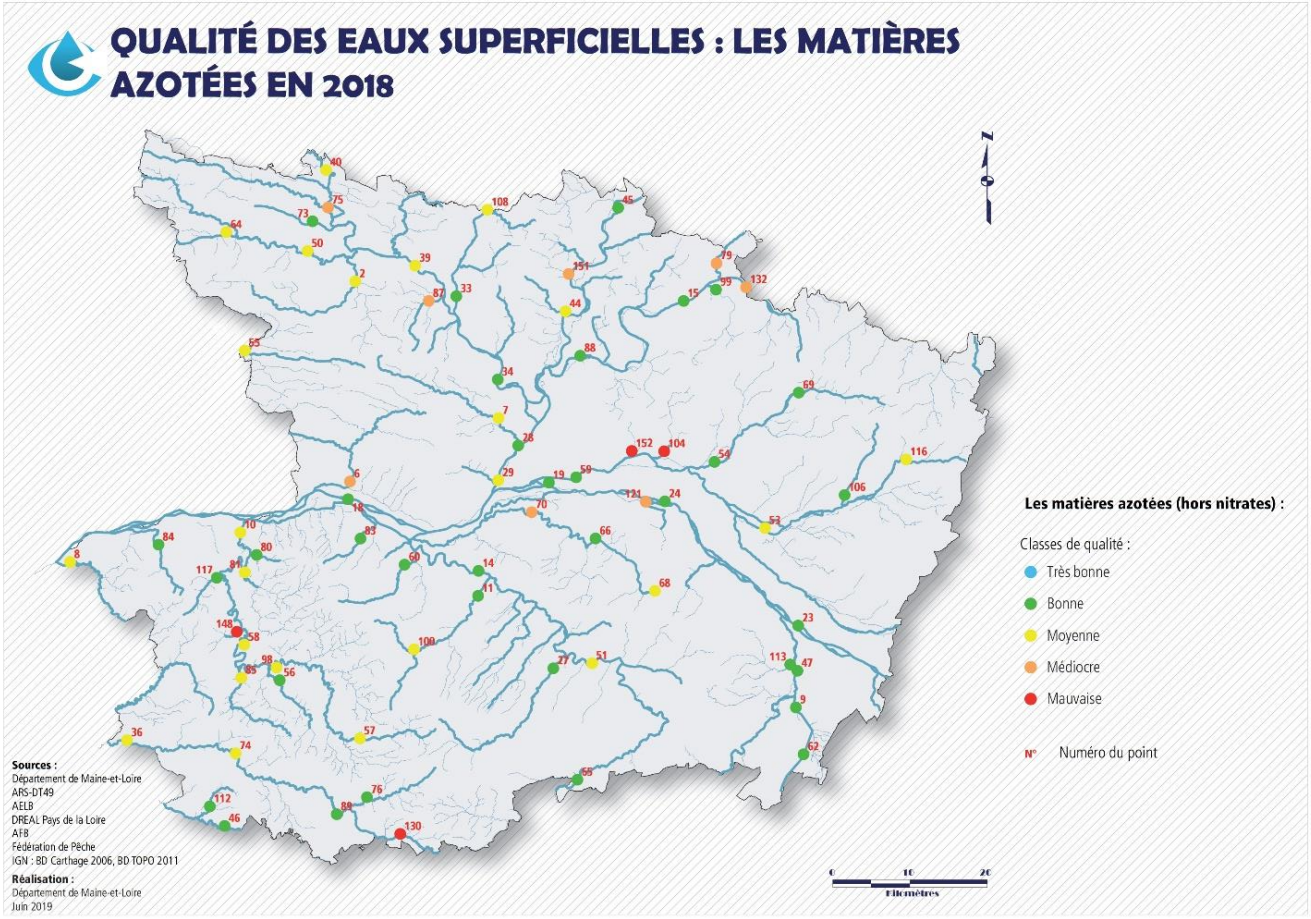


Figure 50 : Qualité des eaux superficielles pour le paramètre Matières Azotées en 2018 (Source : Rapport sur la qualité des rivières du Département de Maine-et-Loire – Synthèse 2018)

Pesticides :

Entre 2009 et 2018, plus de 3 700 prélèvements ont été effectués sur les stations situées dans le département de Maine-et-Loire. On observe une augmentation du nombre de molécules retrouvées, en corrélation avec celle du nombre de molécules recherchées. Néanmoins, la tendance à la hausse du pourcentage des molécules retrouvées confirme une réelle accumulation des pesticides dans les cours d'eau du territoire.

En 2018, 34 % des points de surveillance sont classés en bonne qualité, 49 % en qualité moyenne et 17 % en qualité médiocre voire mauvaise. Il faut toutefois noter que ce système d'évaluation de la qualité ne tient pas compte de toutes les molécules retrouvées et de toutes les analyses faites sur le territoire. Les recherches de pesticides sont effectuées par plusieurs laboratoires et le nombre de molécules recherchées peut fluctuer entre 200 et 500 avec des fréquences de 6 à 18 analyses par an.

151 molécules différentes ont été retrouvées en 2018 sur 428 molécules recherchées. Le tableau ci-après présente, pour chaque type de molécule, les fréquences de quantification et de dépassement du seuil des pesticides en 2018.

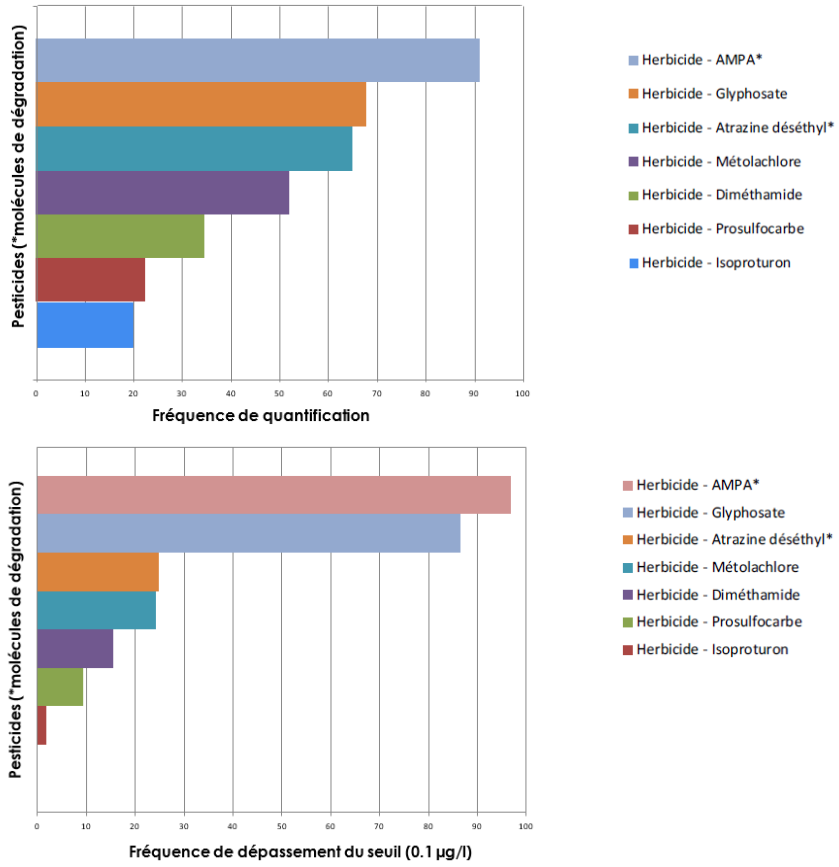


Figure 51 : fréquences de quantification et de dépassement du seuil des pesticides en 2018 (Source : Rapport sur la qualité des rivières du Département de Maine-et-Loire – Synthèse 2018)

III.3.8. Le réseau de suivi quantitatif des eaux superficielles

La Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (DREAL) est chargée du suivi quantitatif de la ressource en eaux superficielles sur son territoire.

Il existe 27 stations de suivi quantitatif des eaux superficielles en Maine-et-Loire, présentées ci-après.

Code de la station Tout décocher / cocher	Libellé de la station	Département de localisation de la station	Hauteurs Données disponibles	Débits Données disponibles
☐ L8000020	La Loire à Saumur	Maine-et-Loire (49)	1927 - 2020	*1916* - 1989 - 2020
☐ L8402130	Le Thouet [Le Thouet] à Montreuil-Bellay [Pont Napoléon]	Maine-et-Loire (49)	2007 - 2020	2007 - 2011
☐ L8402135	Le Thouet [Le Thouet] à Montreuil-Bellay [Saint Eloi]	Maine-et-Loire (49)	2011 - 2020	2012 - 2020
☐ L8602120	Le Thouet à Chacé	Maine-et-Loire (49)	2006 - 2020	2006 - 2020
☐ L8700010	La Loire aux Ponts-de-Cé	Maine-et-Loire (49)	1928 - 2020	2000 - 2011
☐ M1531610	Le Loir à Durtal	Maine-et-Loire (49)	1965 - 2020	1961 - 2020
☐ M3630910	La Mayenne à Chambellay	Maine-et-Loire (49)	1900 - 2020	1965 - 2020
☐ M3771810	L'Oudon à Châtelais [Marcillé]	Maine-et-Loire (49)	1974 - 2020	1973 - 2020
☐ M3823010	La Verzée au Bourg-d'Iré [La Pommeraye]	Maine-et-Loire (49)	1990 - 2020	1990 - 2020
☐ M3834030	L'Argos à Sainte-Gemmes-d'Andigné [Basse Rivière]	Maine-et-Loire (49)	1982 - 2020	1982 - 2020
☐ M3851810	L'Oudon à Segré [écluse de Maingué]	Maine-et-Loire (49)	1995 - 2020	1995 - 2020
☐ M4101990	La Maine à Angers [Débit]	Maine-et-Loire (49)	2014 - 2020	2014 - 2020
☐ M4114010	Le Brionneau à Avrillé [La Poële]	Maine-et-Loire (49)	1994 - 2020	1994 - 2020
☐ M5014220	L'Aubance à Soulaines-sur-Aubance [Charuau]	Maine-et-Loire (49)	1981 - 2020	1982 - 2020
☐ M5102010	Le Layon à Saint-Georges-sur-Layon	Maine-et-Loire (49)	1972 - 2020	1967 - 2020
☐ M5124310	Le Lys à Aubigné-sur-Layon [La Guimardière]	Maine-et-Loire (49)	1996 - 2020	1996 - 2020
☐ M5214020	L'Hyrome à Saint-Lambert-du-Lattay [Chauveau]	Maine-et-Loire (49)	1980 - 2020	1980 - 2020
☐ M5222010	Le Layon à Saint-Lambert-du-Lattay [Pont de Bézigon]	Maine-et-Loire (49)	1972 - 2020	1967 - 2020
☑ M5300010	La Loire à Montjean-sur-Loire	Maine-et-Loire (49)	1926 - 2020	1863 - 2020
☐ M6013010	L'Evre à la Chapelle-Saint-Florent [Pont Dalaine]	Maine-et-Loire (49)	1976 - 2020	1967 - 2020
☐ M6013030	L'Evre à Beaupréau [Moulin de la Gobinière]	Maine-et-Loire (49)	2002 - 2020	2002 - 2020
☐ M6014010	Le Beuvron à Andrezé [Tuvache]	Maine-et-Loire (49)	1976 - 2020	1975 - 2020
☐ M6323010	L'Erdre à Candé [La Grée]	Maine-et-Loire (49)	1968 - 2020	1968 - 2020
☐ M7203020	La Moine à Cholet [Pont RN 249]	Maine-et-Loire (49)	1997 - 2020	1997 - 2020
☐ M7213010	La Moine à Roussay [Clopin]	Maine-et-Loire (49)	1995 - 2020	1995 - 2020
☐ M7213020	La Moine à Saint-Crespin-sur-Moine	Maine-et-Loire (49)	1993 - 2020	1993 - 2020
☐ M7314010	La Sanguèze à Tillières [Moulin Pichon]	Maine-et-Loire (49)	1982 - 2020	1982 - 2020

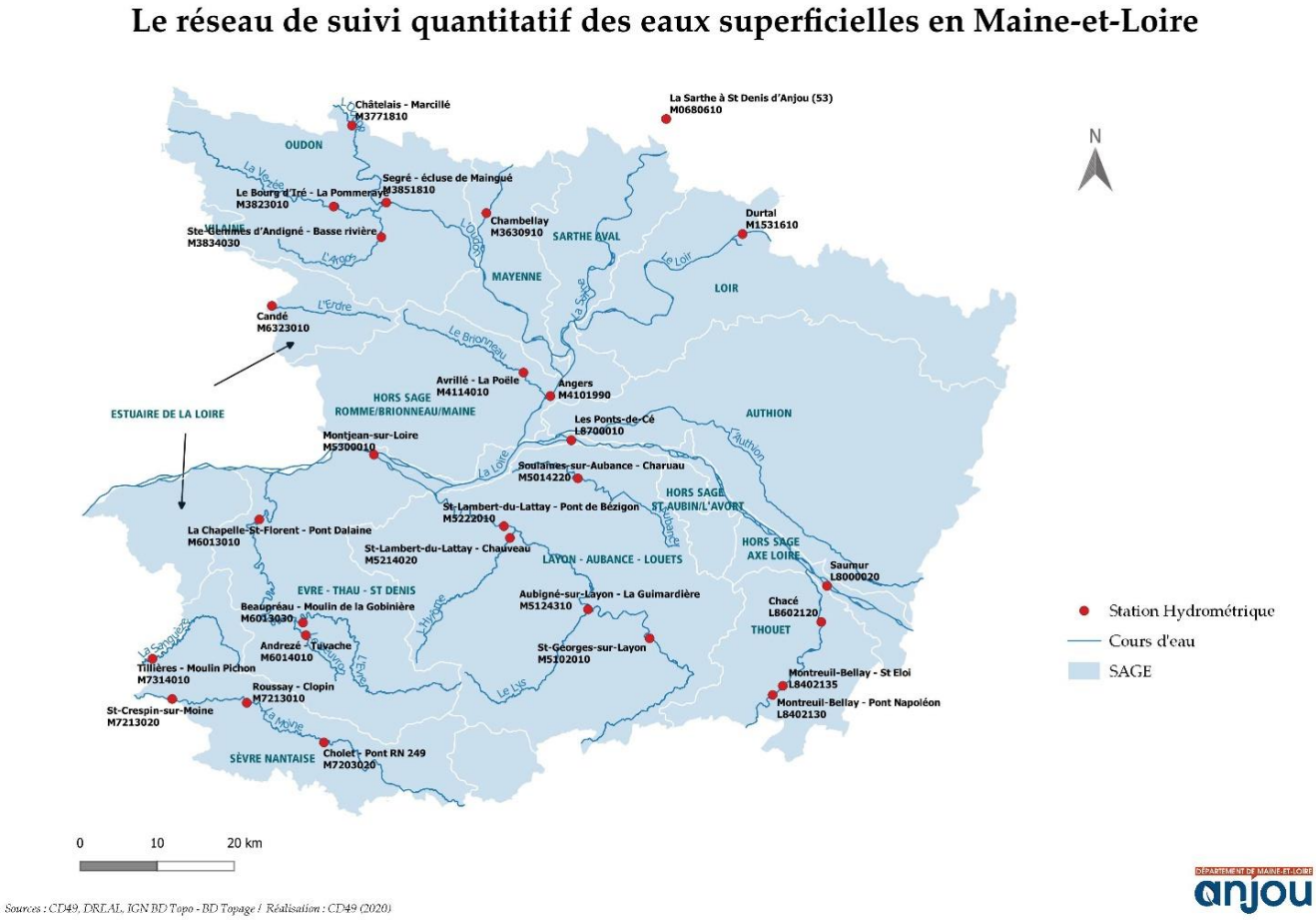


Figure 52 : Localisation des stations hydrométriques du Maine-et-Loire (Source : Banque Hydro, DREAL Pays de la Loire, 2020)

Le tableau ci-dessous présente, pour chaque SAGE, les stations hydrométriques de référence ainsi que la station la plus représentative en termes de disponibilité des données.

SAGE	Stations hydrométrique de référence	Station la plus représentative en termes de disponibilité des données
Loire	La Loire à Saumur - La Loire aux Ponts de Cé - La Loire à Montjean sur Loire	La Loire à Montjean sur Loire
Maine	La Maine à Angers	Sans objet
Brionneau	Le Brionneau à Avrillé (La Poële)	Sans objet
Vilaine	Sans objet	Sans objet
Oudon	L'Oudon à Segré (écluse de Maingué) - L'Oudon à Châtelais (Marcillé) - La Verzée au Bourg d'Iré (La Pommeraye) - L'Argos à Ste Gemmes d'Andigné (Basse rivière)	L'Oudon à Châtelais (Marcillé)
Mayenne	La Mayenne à Chambellay	La Mayenne à Chambellay
Sarthe Aval	La Sarthe à St Denis d'Anjou (53)	La Sarthe à St Denis d'Anjou (53)

SAGE	Stations hydrométrique de référence	Station la plus représentative en termes de disponibilité des données
Loir	Le Loir à Durtal	Le Loir à Durtal
Authion	Sans objet	Sans objet
Thouet	Le Thouet à Montreuil-Bellay (Pont Napoléon) - Le Thouet à Montreuil-Bellay (St Eloi) – Le Thouet à Chacé	Le Thouet à Chacé
Layon Aubance Louets	L'Aubance à Soulaines-sur-Aubance (Charuau) - Le Layon à St Georges-sur-Layon - Le Layon à St Lambert-du-Lattay (Pont de Bézigon) - Le Lys à Aubigné-sur-Layon (La Guimardière) - L'Hyrôme à St Lambert-du-Lattay (Chauveau) -	Le Layon à St Lambert-du-Lattay (Pont de Bézigon)
Evre, Thau et St Denis	L'Evre à La Chapelle-St-Florent (Pont Dalaine) - L'Evre à Beaupréau (Moulin de la Gobinière) – Le Beuvron à Andrezé (Tuvache)	L'Evre à La Chapelle-St-Florent (Pont Dalaine)
Sèvre Nantaise	La Moine à Cholet (Pont RN 249) - La Moine à Roussay (Clopin) - La Moine à St-Crespin-sur-Moine - La Sanguèze à Tillières (Moulin Pichon)	La Sanguèze à Tillières (Moulin Pichon)
Estuaire de la Loire	L'Erdre à Candé	L'Erdre à Candé

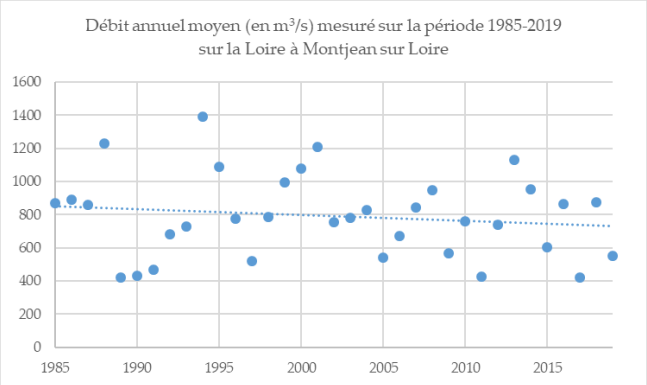
III.3.9. L'évolution des débits des cours d'eau depuis 1985

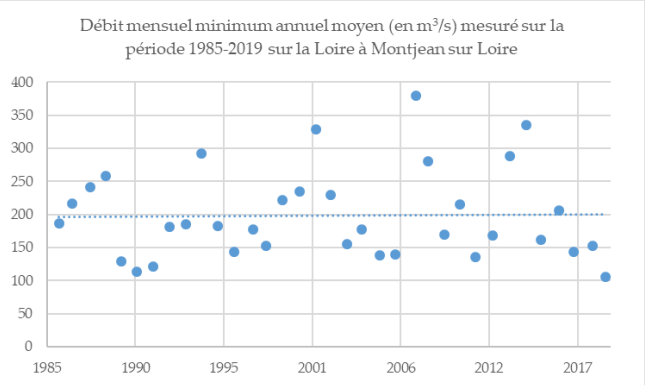
Les graphiques ci-dessous présentent l'évolution du débit annuel moyen et du débit mensuel minimum annuel (QMNA) moyen sur la période 1985-2019 de cours d'eau représentatifs du Maine-et-Loire. Les données ont été exportées depuis le site internet de la Banque Hydro.

De nombreux barrages, comme ceux de Naussac et Villerest (cf § III.3.4 Les principaux ouvrages hydrauliques) ont été installés autour des années 80. C'est pourquoi, l'année 1985 a été choisie comme limite d'analyse des données existantes.

Pour le traitement des données nous avons donc pris en compte une station hydrométrique par bassin versant qui avait au moins 34 ans d'historique, ce qui représente **9 stations.**

La Loire à Montjean-sur-Loire (station M5300010)



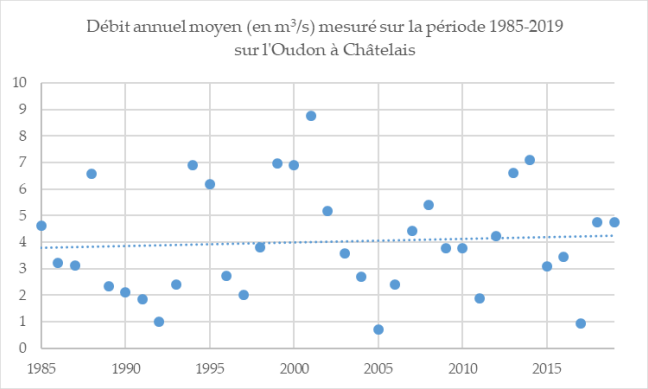


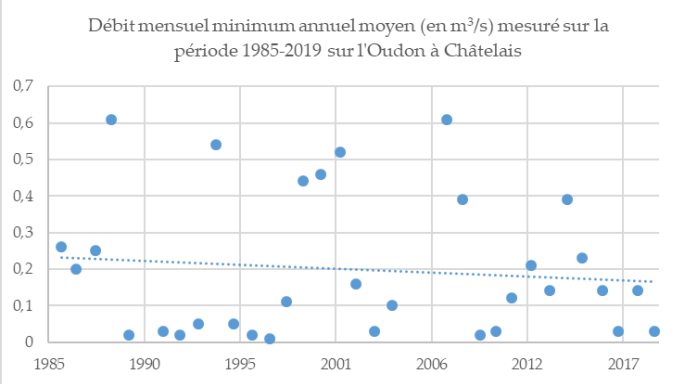
Le débit annuel moyen enregistré ces dix dernières années sur la Loire à Montjean-sur-Loire est de 717,5 m³/s.

Le débit mensuel minimum annuel moyen enregistré ces dix dernières sur la Loire à Montjean-sur-Loire est de 189,3 m³/s.

Nous pouvons observer, que depuis 1985, le débit annuel moyen a diminué (environ 14%) mais que le débit mensuel minimum annuel moyen est resté stable.

L'Oudon à Châtelais (Marcillé) (station M3771810)



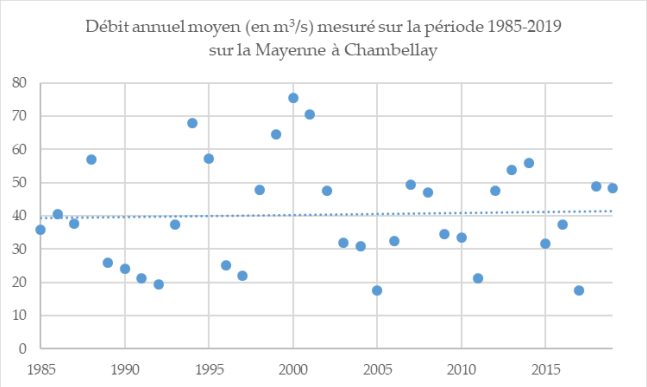


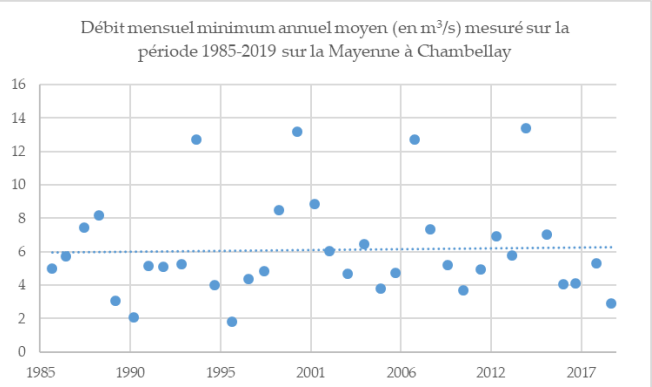
Le débit annuel moyen enregistré ces dix dernières années sur l'Oudon à Chatelais est de 4,0 m³/s.

Le débit mensuel minimum annuel moyen enregistré ces dix dernières années sur l'Oudon à Chatelais est de 0,1 m³/s.

Nous pouvons observer, que depuis 1985, le débit annuel moyen a augmenté (environ 12%) et que le débit mensuel minimum annuel moyen est resté relativement stable.

La Mayenne à Chambellay (station M3630910)



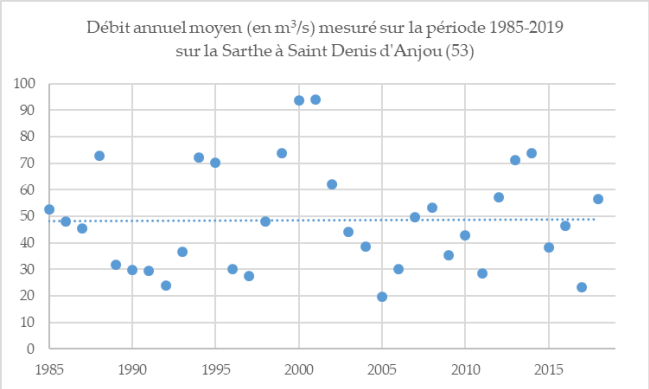


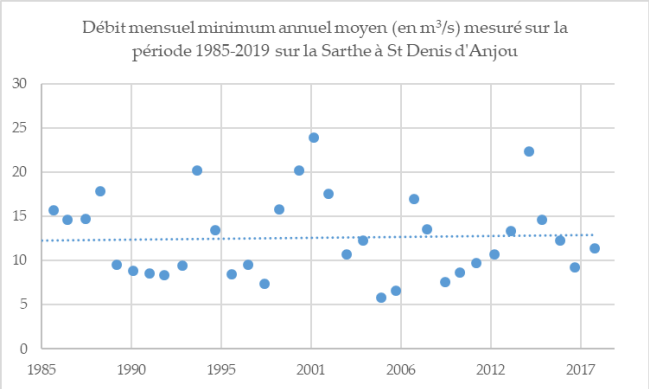
Le débit annuel moyen enregistré ces dix dernières années sur la Mayenne à Chambellay est de 39,1 m³/s.

Le débit mensuel minimum annuel moyen enregistré ces dix dernières sur la Mayenne à Chambellay est de 5,7 m³/s.

Nous pouvons observer, que depuis 1985, le débit annuel moyen et le débit mensuel minimum annuel moyen sont restés relativement stables.

La Sarthe à St Denis d'Anjou (53) (station M0680610)



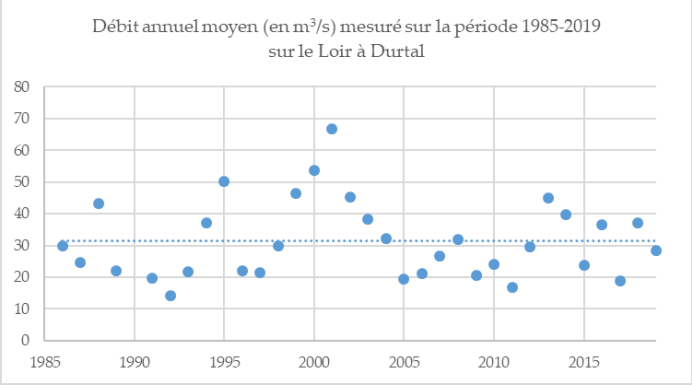


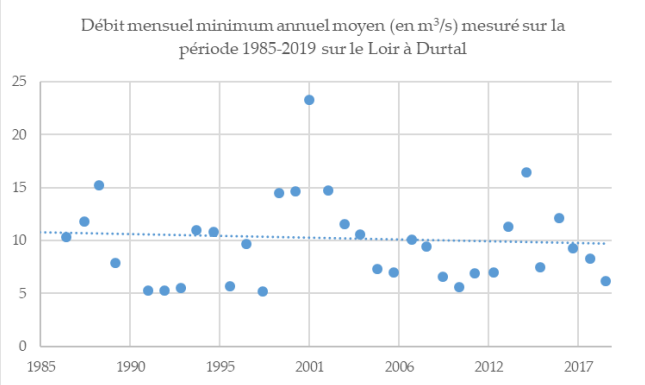
Le débit annuel moyen enregistré ces dix dernières années sur la Sarthe à St Denis d'Anjou (53) est de 47,9 m³/s.

Le débit mensuel minimum annuel moyen enregistré ces dix dernières sur la Sarthe à St Denis d'Anjou (53) est de 12,1 m³/s.

Nous pouvons observer, que depuis 1985, le débit annuel moyen et le débit mensuel minimum annuel moyen sont restés relativement stables.

Le Loir à Durtal (station M1531610)



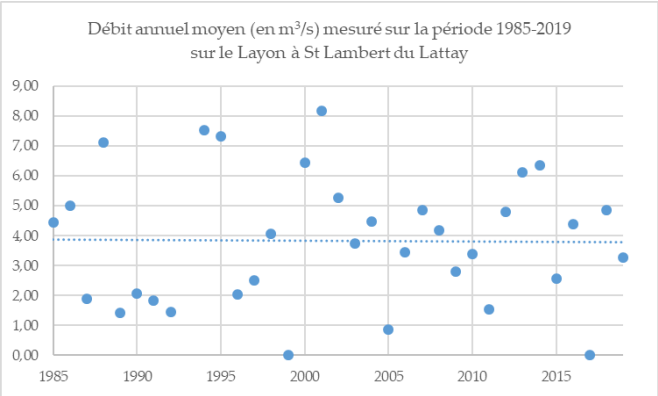


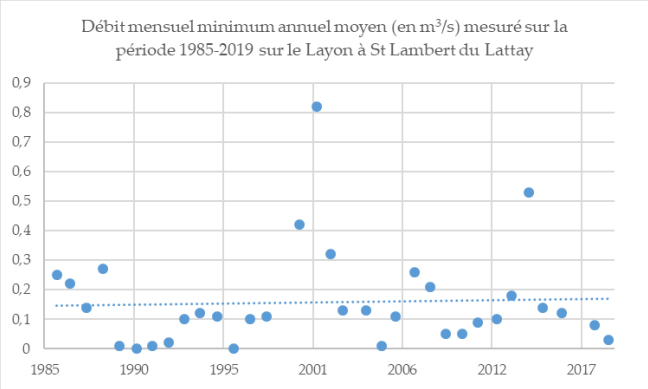
Le débit annuel moyen enregistré ces dix dernières années sur le Loir à Durtal est de 29,1 m³/s.

Le débit mensuel minimum annuel moyen enregistré ces dix dernières sur le Loir à Durtal est de 8,8 m³/s.

Nous pouvons observer, que depuis 1985, le débit annuel moyen et le débit mensuel minimum annuel moyen sont restés relativement stables.

Le Layon à St Lambert-du-Lattay (station M5222010)



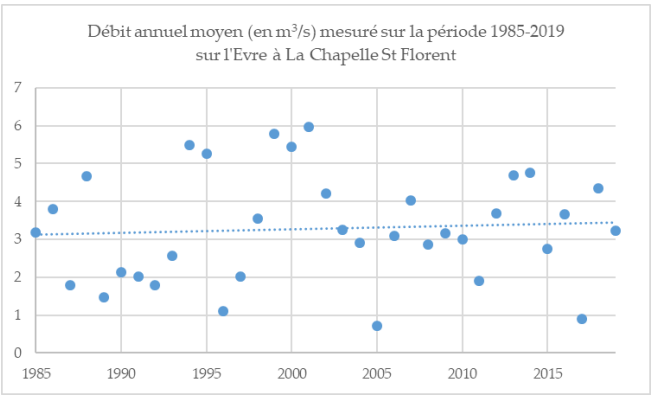


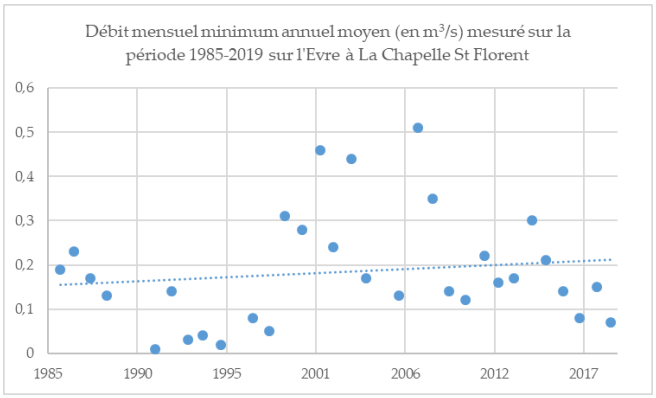
Le débit annuel moyen enregistré ces dix dernières années sur le Layon à St Lambert du Lattay est de 3,7 m³/s.

Le débit mensuel minimum annuel moyen enregistré ces dix dernières sur le Layon à St Lambert du Lattay est de 0,1 m³/s.

Nous pouvons observer, que depuis 1985, le débit annuel moyen et le débit mensuel minimum annuel moyen sont restés relativement stables.

L'Evre à La Chapelle-St-Florent (Pont Dalaine) (station M6013010)



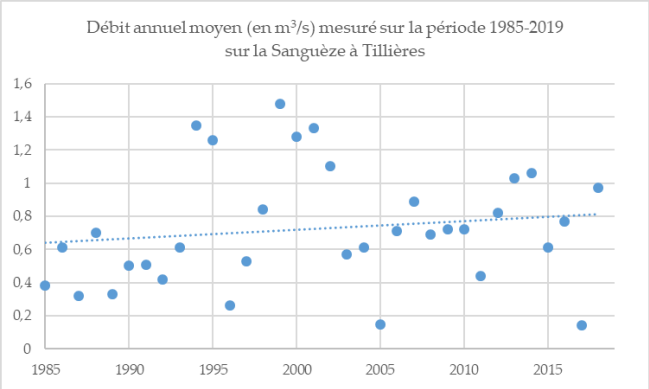


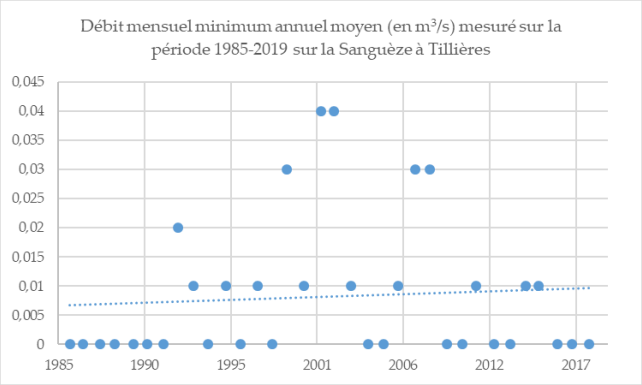
Le débit annuel moyen enregistré ces dix dernières années sur l'Evre à La Chapelle St Florent est de 3,3 m³/s.

Le débit mensuel minimum annuel moyen enregistré ces dix dernières sur l'Evre à La Chapelle St Florent est de 0,2 m³/s.

Nous pouvons observer, que depuis 1985, le débit annuel moyen a augmenté (environ 10%) mais le débit mensuel minimum annuel moyen est resté relativement stable.

La Sanguèze à Tillières (Moulin Pichon) (station M7314010)



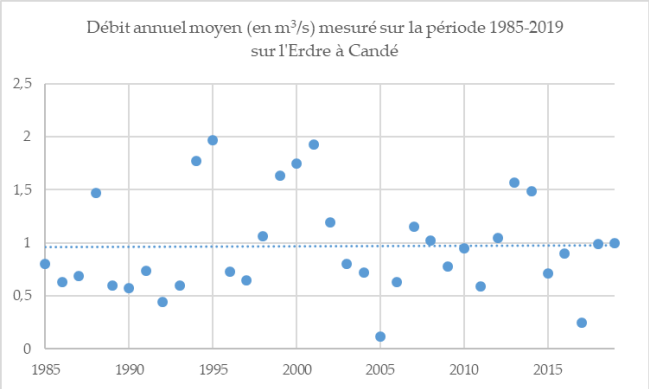


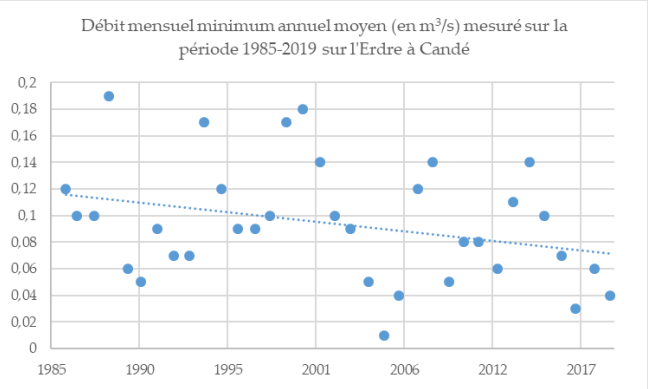
Le débit annuel moyen enregistré ces dix dernières années sur la Sanguèze à Tillières est de 0,7 m³/s.

Le débit mensuel minimum annuel moyen enregistré ces dix dernières sur la Sanguèze à Tillières est de 0,005 m³/s.

Nous pouvons observer, que depuis 1985, le débit annuel moyen a augmenté (environ 30%) mais le débit mensuel minimum annuel moyen est resté relativement stable.

L'Erdre à Candé (station M6323010)





Le débit annuel moyen enregistré ces dix dernières années sur l'Erdre à Candé est de 0,9 m³/s.

Le débit mensuel minimum annuel moyen enregistré ces dix dernières sur l'Erdre à Candé est de 0,07 m³/s.

Nous pouvons observer, que depuis 1985, le débit annuel moyen est resté stable mais le débit mensuel minimum annuel moyen a diminué (environ 30%).

Conclusions sur l'évolution passée des débits des cours d'eau

L'étude de l'évolution des débits moyens annuels des cours d'eau du Maine-et-Loire enregistrés depuis 1985, montre que seule la station située sur la Loire à Montjean-sur-Loire présente une baisse significative.

L'étude de l'évolution des débits mensuels minimums annuels des cours d'eau du Maine-et-Loire enregistrés depuis 1985, montre que seule la station située sur l'Erdre à Candé présente une baisse significative.

Il ne semble ainsi pas y avoir de baisse significative des débits des cours d'eau principaux de Maine-et-Loire depuis 1985.

III.3.10. Les débits actuels des cours d'eau

Le tableau ci-dessous présente, pour chaque station de référence, les moyennes du débit annuel moyen, des débits saisonniers (hiver et étiage), du débit mensuel minimum annuel et du débit mensuel minimum annuel de période de retour 5 ans calculées sur la période de données disponibles.

Bassin versant	Surface BV 49 (km2)	stations hydrométrique de référence	Code station	Période de collecte des données	Débit annuel moyen (m3/s)	Débit saisonner moyen (m3/s)		Débit mensuel minimum annuel (m3/s)	
						Etiage (Avril-Oct.)	Hiver (Nov.-Mars)	Moyen (QMNA)	Période de retour 5 ans (QMNA5)
Loire		La Loire à Saumur	L8000020	105 ans (1916-2020)	672	453	990	172	110
		La Loire aux Ponts de Cé	L8700010	12 ans (2000-2011)	651	442	948	179	120
		La Loire à Montjean sur Loire	M5300010	158 ans (1863-2020)	840	547	1262	206	130
Brionneau		Le Brionneau à Avrillé (La Poële)	M4114010	27 ans (1994-2020)	0,44	0,16	0,84	0,02	0,01
Maine		La Maine à Angers*	M4101990	7 ans (2014-2020)	125,08	63,48	213,96	-	-
Vilaine	23								
Oudon	697	L'Oudon à Segré (écluse de Maingué)	M3851810	26 ans (1995-2020)	8,08	2,77	15,86	0,31	0,06
		L'Oudon à Châtelais (Marcillé)	M3771810	48 ans (1973-2020)	4,00	1,54	7,59	0,19	0,02
		La Verzée au Bourg d'Iré (La Pommeraye)	M3823010	31 ans (1990-2020)	1,21	0,43	2,36	0,05	0,02
		L'Argos à Ste Gemmes d'Andigné (Basse rivière)	M3834030	39 ans (1982-2020)	0,74	0,26	1,45	0,04	0,01
Mayenne	253	La Mayenne à Chambellay	M3630910	56 ans (1968-2020)	39,40	19,34	68,28	5,94	3,30
Sarthe Aval	339	La Sarthe à St Denis d'Anjou (53)	M0680610	50 ans (1971-2020)	47,50	27,44	76,87	12,40	8,50
Loir	656	Le Loir à Durtal	M1531610	60 ans (1961-2020)	31,70	19,99	48,14	10,60	6,70
Authion	1140								
Thouet	451	Le Thouet à Montreuil-Bellay (Pont Napoléon)*	L8402130	4 ans (2008-2011)	-	-	-	-	-
		Le Thouet à Montreuil-Bellay (St Eloi)*	L8402135	9 ans (2012-2020)	14,67	5,76	27,43	-	-
		Le Thouet à Chacé	L8602120	15 ans (2006-2020)	17,20	7,51	31,70	1,72	0,76
Layon Aubance Louets	1310	L'Aubance à Soulaines-sur-Aubance (Charuau)	M5014220	39 ans (1982-2020)	0,57	0,29	0,98	0,06	0,01
		Le Layon à St Georges-sur-Layon	M5102010	54 ans (1967-2020)	0,96	0,29	1,91	0,01	0,00
		Le Layon à St Lambert-du-Lattay (Pont de Bézigon)	M5222010	54 ans (1967-2020)	3,98	1,48	7,40	0,18	0,03
		Le Lys à Aubigné-sur-Layon (La Guimardière)	M5124310	24 ans (1996-2020)	0,74	0,23	1,47	0,02	0,00
		L'Hyrôme à St Lambert-du-Lattay (Chauveau)	M5214020	41 ans (1980-2020)	0,89	0,37	1,64	0,08	0,02
Evre, Thau et St Denis	712	L'Evre à La Chapelle-St-Florent (Pont Dalaine)	M6013010	54 ans (1967-2020)	3,41	1,34	6,40	0,23	0,02
		L'Evre à Beaupréau (Moulin de la Gobinière)	M6013030	19 ans (2002-2020)	1,70	0,62	3,29	0,12	0,04
		Le Beuvron à Andrezé (Tuvache)	M6014010	46 ans (1975-2020)	0,30	0,11	0,57	0,02	0,01
Sèvre Nantaise	493	La Moine à Cholet (Pont RN 249)	M7203020	24 ans (1996-2020)	1,40	0,87	2,17	0,45	0,30
		La Moine à Roussay (Clopin)	M7213010	26 ans (1995-2020)	2,24	1,16	3,83	0,51	0,34
		La Moine à St-Crespin-sur-Moine	M7213020	28 ans (1993-2020)	3,17	1,45	5,66	0,60	0,37
		La Sanguèze à Tillières (Moulin Pichon)	M7314010	39 ans (1982-2020)	0,75	0,21	1,53	0,01	0,00
Estuaire de la Loire	316	L'Erdre à Candé	M6323010	53 ans (1968-2020)	0,98	0,40	1,83	0,09	0,03

III.3.11. Etat quantitatif futur des eaux superficielles

Les résultats de deux études réalisées au niveau national (explore 2070) et à l'échelle du bassin versant Loire Bretagne (ICC HydroQual) sont présentés dans ce paragraphe.

Les modèles informatiques utilisés dans le cadre de ces études sont présentés en annexe 1.

III.3.11.1. Projet ICC HydroQual

Dans le cadre du projet ICC-Hydroqual, un ensemble de onze stations hydrométriques ont été sélectionnées pour étudier l'évolution des variables hydrologiques à l'horizon du milieu et de la fin du siècle.

Elles correspondent pour 7 d'entre elles aux dernières stations hydrométriques des grands affluents avant la confluence avec la Loire :

- L'Allier à Cufy
- Le Cher à Savonnières
- L'Indre à Saint-Cyrans
- La Creuse à Leugny
- La Vienne à Nouatre
- Le Loir à Durtal
- La Sarthe à Saint-Denis
- La Maine à Angers

Les 3 stations restantes correspondent à des équipements situés sur la Loire :

- La Loire à Nevers
- La Loire à Cosnes-sur-Loire
- La Loire à Montjean-sur-Loire

Pour le Département de Maine-et-Loire, quatre stations sont pertinentes :

- Le Loir à Durtal
- La Sarthe à Saint-Denis
- La Maine à Angers
- La Loire à Montjean-sur-Loire

III.3.11.1.1. Les débits annuels

Les résultats de projections de l'évolution du débit annuel comparable au module (QA) des cours d'eau exprimés en % par rapport aux valeurs observés au temps présent, en fonction du modèle informatique considéré et de la période projetée, sont présentés, pour chacune des stations hydrométriques, dans le tableau ci-après.

Nom de la station	Modèle CLSM		Modèle EROS	
	2050	2100	2050	2100
Le Loir à Durtal	- 45,2 %	- 50,8 %	- 23 %	- 31,7 %
La Sarthe à Saint-Denis	- 36.2 %	- 43,2 %	- 18,5 %	- 27,2 %
La Maine à Angers	- 37,8 %	- 45,1 %	- 20,4 %	- 29 %
La Loire à Montjean-sur-Loire	- 41,5 %	- 51,9 %	- 23 %	- 34,2 %
Moyenne	**-40,2 %**	**-47,8 %**	**-21,2 %**	**-30,5 %**

Nous pouvons observer une diminution des débits annuels (QA) des cours d'eau dans le futur avec les deux modèles informatiques utilisés.

Le modèle EROS projette une diminution du débit annuel des cours d'eau d'environ 21% (+/- 13%) en 2050 et d'environ 31% (+/- 16%) en 2100 alors que le modèle CLSM projette une diminution du débit annuel des cours d'eau d'environ 40% (+/- 11%) en 2050 et d'environ 48% (+/- 16%) en 2100.

III.3.11.1.2. Les débits mensuels

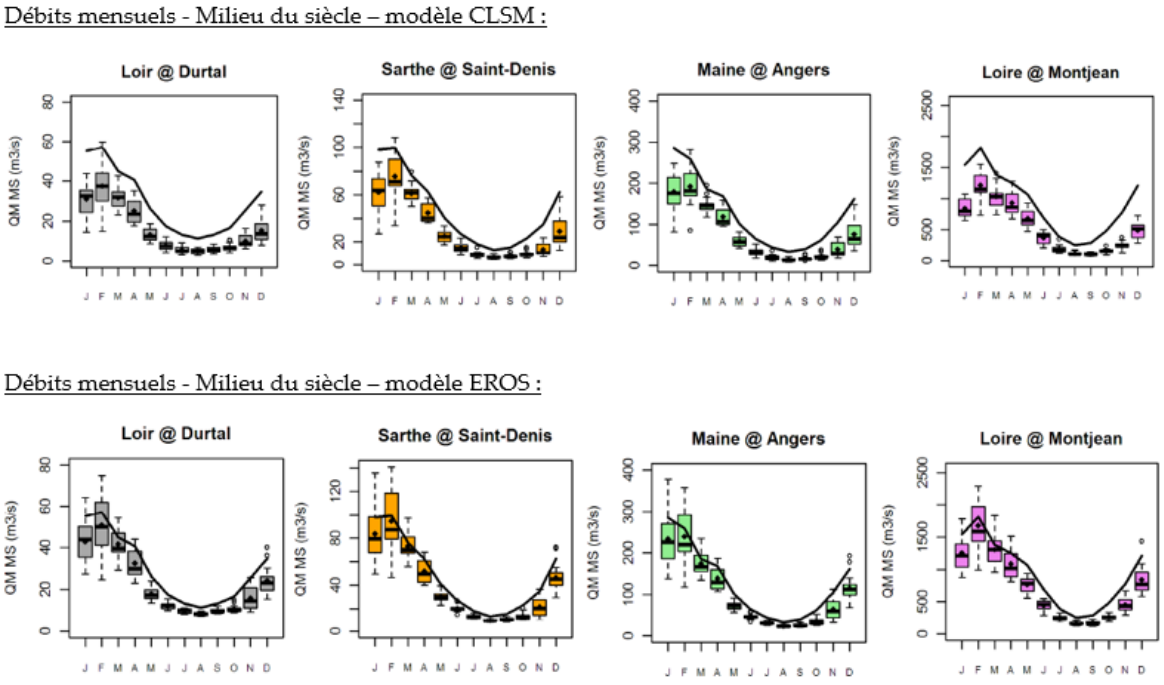
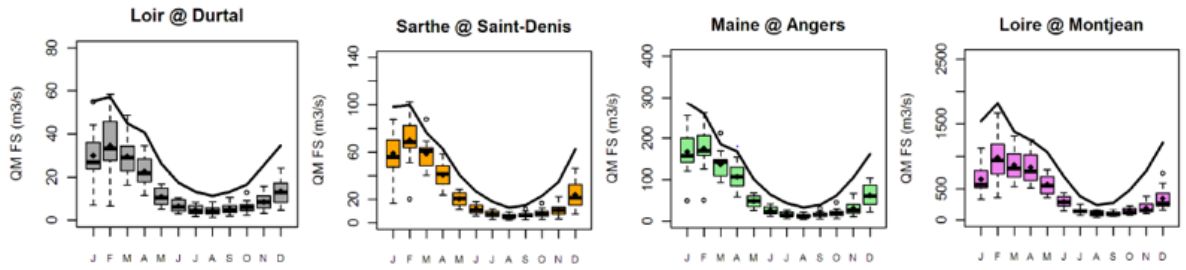


Figure 53 : Résultats de l'étude ICC-HydroQual sur l'évolution des débits mensuels au milieu du siècle (Source : ICC-HydroQual, 2010)

Débits mensuels - Fin du siècle – modèle CLSM :



Débits mensuels - Fin du siècle – modèle EROS :

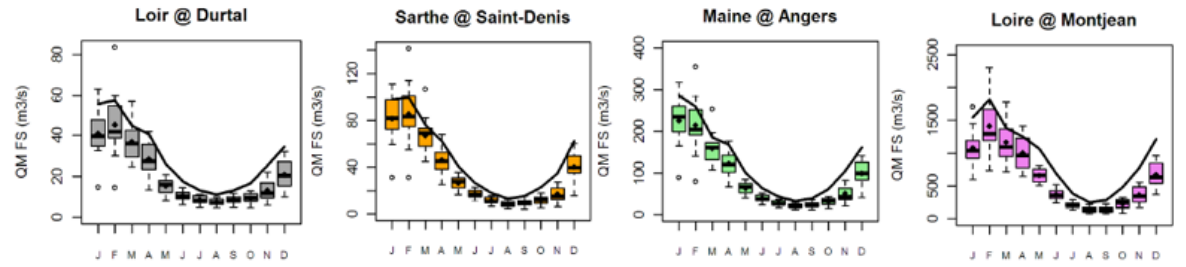


Figure 54 : Résultats de l'étude ICC-HydroQual sur l'évolution des débits mensuels en fin de siècle (Source : ICC-HydroQual, 2010)

Les graphiques ci-dessus présentent une diminution généralisée des écoulements mensuels (sur la base de la médiane) même si le modèle CLSM est plus pessimiste concernant cette diminution.

L'étude ICC-HydroQual montre que, quelques soit le modèle utilisé, l'étiage est plus important et plus long et arrive plus tôt dans l'année.

III.3.11.1.3. Les débits mensuels minimums quinquennaux

Les résultats de projections de l'évolution du débit mensuel minimum quinquennal (QMNA5) des cours d'eau exprimés en % par rapport aux valeurs observés au temps présent, en fonction du modèle informatique considéré et de la période projetée, sont présentés, pour chacune des stations hydrométriques, dans le tableau ci-après.

Nom de la station	Modèle CLSM		Modèle EROS	
	2050	2100	2050	2100
Le Loir à Durtal	- 54,9 %	- 60,4 %	- 22,8 %	- 32,9 %
La Sarthe à Saint-Denis	- 53,9 %	- 64,3 %	- 27,2 %	- 40,1 %
La Maine à Angers	- 55 %	- 62,1 %	- 25,5 %	- 37,2 %
La Loire à Montjean-sur-Loire	- 61,4 %	- 72,1 %	- 31 %	- 44,7 %
Moyenne	**-56,3 %**	**-64,7 %**	**-26,6 %**	**-38,7 %**

Nous pouvons observer une diminution des débits mensuels minimums quinquennaux (QMNA5) des cours d'eau dans le futur avec les deux modèles informatiques utilisés.

Le modèle EROS projette une diminution du débit mensuel minimum quinquennal des cours d'eau d'environ 27% (+/- 8%) en 2050 et d'environ 39% (+/- 14%) en 2100 alors que le modèle CLSM projette une diminution débit mensuel minimum quinquennal des cours d'eau d'environ 56% (+/- 13%) en 2050 et d'environ 65% (+/- 18%) en 2100.

III.3.11.2. Projet Explore 2070

Dans le cadre du projet Explore 2070, un ensemble de 1522 stations hydrométriques ont été sélectionnées pour étudier l'évolution des variables hydrologiques à l'horizon 2070, dont 18, listées ci-dessous, sont d'intérêt pour le Département de Maine-et-Loire.

Localisation (N° de fiche)	Cours d'eau	SAGE
Segré (882) Andigné (883)	Oudon	Oudon
Chambellay (879)	Mayenne	Mayenne
Durtal (868)	Loir	Loir
St Denis d'Anjou-72 (856)	Sarthe	Sarthe
Angers (884)	Maine	Hors SAGE
Montjean sur Loire (887) Saumur (836) Montsoreau (835)	Loire	Hors SAGE
St Georges sur Layon (885) St Lambert du Lattay (886)	Layon	Layon-Aubance-Louets
Ponts de Cé (844)	Authion	Authion
Chacé (843) St Martin de Sanzay-79 (841)	Thouet	Thouet
Pouançay-86 (842-1)	Dive	
La Chapelle St Florent (888)	Evre	Evre-Thau-St Denis
Tiffauges-82 (892)	Sèvre Nantaise	Sèvre Nantaise
Candé (890)	Erdre	Estuaire de la Loire

Pour comparer les résultats de projections de l'évolution, dans le futur, des débits des cours d'eau des études ICC-HydroQual et Explore 2070, les résultats d'Explore 2070 des quatre stations communes des deux projets ont été étudiés dans cette partie de l'étude : le Loire à Durtal, la Sarthe à St Denis, La Maine à Angers et la Loire à Montjean-sur-Loire.

III.3.11.2.1. Les débits annuels

Les résultats de projections de l'évolution du débit annuel (QA) des cours d'eau à l'horizon 2070 exprimés en % par rapport aux valeurs observés au temps présent, en fonction du modèle informatique considéré, sont présentés, pour chacune des stations hydrométriques, dans le tableau ci-après.

Nom de la station	Modèle GR4J	Modèle ISBA/Modcou
Le Loir à Durtal	- 44 %	- 15 %
La Sarthe à Saint-Denis	- 25 %	- 12 %
La Maine à Angers	- 28 %	- 13 %
La Loire à Montjean-sur-Loire	- 25 %	- 17 %
Moyenne	**-30,5 %**	**-14,3 %**

Nous pouvons observer une diminution des débits annuels (QA) des cours d'eau dans le futur avec les deux modèles informatiques utilisés.

Le modèle ISBA/Modcou projette une diminution du débit annuel des cours d'eau d'environ 14 % en 2070 alors que le modèle GR4J projette une diminution du débit annuel des cours d'eau d'environ 31% en 2070.

III.3.11.2.2. Les débits mensuels

Les résultats de projections de l'évolution du débit mensuel (QM) des cours d'eau à l'horizon 2070 exprimés en % par rapport aux valeurs observés au temps présent, en fonction du modèle informatique considéré, sont présentés, pour chacune des stations hydrométriques, dans le tableau ci-dessous :

Nom de la station	Janvier		Février		Mars		Avril		Mai		Juin		Juillet		Août		Septembre		Octobre		Novembre		Décembre	
Le Loir à Durtal	-43%	-21%	-43%	-12%	-35%	-6%	-38%	-18%	-44%	-35%	-46%	-21%	-40%	-7%	-49%	-10%	-61%	-12%	-73%	-30%	-56%	-23%	-45%	-41%
La Sarthe à Saint-Denis	-27%	-22%	-23%	-14%	-9%	-5%	-7%	-26%	-28%	-24%	-35%	-22%	-41%	-16%	-45%	-15%	-53%	-11%	-73%	-27%	-47%	-34%	-38%	-39%
La Maine à Angers	-30%	-20%	-28%	-13%	-11%	-8%	-10%	-27%	-34%	-29%	-35%	-23%	-39%	-16%	-41%	-14%	-54%	-14%	-73%	-30%	-44%	-35%	-41%	-40%
La Loire à Montjean-sur-Loire	-25%	-16%	-19%	0%	-4%	-1%	-9%	-18%	-28%	-42%	-36%	-38%	-35%	-26%	-43%	-18%	-50%	-20%	-66%	-34%	-52%	-1%	-46%	-26%
Moyenne	**-31%**	**-20%**	**-28%**	**-10%**	**-15%**	**-5%**	**-16%**	**-22%**	**-34%**	**-33%**	**-38%**	**-26%**	**-39%**	**-16%**	**-45%**	**-14%**	**-55%**	**-14%**	**-71%**	**-30%**	**-50%**	**-23%**	**-43%**	**-37%**

Légende :

Modèle GR4J
Modèle Isba-Modcou

Nous pouvons observer une diminution des débits mensuels (QM) des cours d'eau quel que soit le modèle utilisé.

III.3.11.2.3. La durée des périodes d'étiage

Les résultats de projections des périodes d'occurrence des étiages des cours d'eau à l'horizon 2070 exprimés en jours par rapport aux valeurs observés au temps présent, en fonction du modèle informatique considéré, sont présentés, pour chacune des stations hydrométriques, dans le tableau ci-dessous :

Nom de la station	Durée des périodes d'étiage (jours)	
Le Loir à Durtal	+ 24 jours	+ 3 jours
La Sarthe à Saint-Denis	+ 18 jours	+ 9 jours
La Maine à Angers	+ 18 jours	-1 jour
La Loire à Montjean-sur-Loire	+ 22 jours	+ 4 jours
Moyenne	**+ 20,5 jours**	**+ 4 jours**

Légende :

Modèle GR4J
Modèle Isba-Modcou

Nous pouvons observer une augmentation de la période d'étiage des cours d'eau quel que soit le modèle utilisé, de 20,5 jours selon le modèle GR4J et de 4 jours selon le modèle ISBA-Modcou.

III.3.11.2.4. Les débits mensuels minimums quinquennaux

Les résultats de projections de l'évolution du débit mensuel minimum quinquennal (QMNA5) des cours d'eau à l'horizon 2070 exprimés en % par rapport aux valeurs observés au temps présent, en fonction du modèle informatique considéré, sont présentés, pour chacune des stations hydrométriques, dans le tableau ci-dessous :

Nom de la station	Modèle GR4J	Modèle ISBA/Modcou
Le Loir à Durtal	- 62 %	- 6 %
La Sarthe à Saint-Denis	- 56 %	- 5 %
La Maine à Angers	- 53 %	- 7 %
La Loire à Montjean-sur-Loire	- 44 %	- 11 %
Moyenne	**- 53,8 %**	**- 7,3 %**

Nous pouvons observer une diminution débits mensuels minimums quinquennaux (QMNA5) des cours d'eau dans le futur avec les deux modèles informatiques utilisés.

Le modèle ISBA/Modcou projette une diminution du débit mensuel minimum quinquennal des cours d'eau d'environ 7 % en 2070 alors que le modèle GR4J projette une diminution du débit mensuel minimum quinquennal des cours d'eau d'environ 54% en 2070.

III.3.11.1. Conclusions sur l'analyse de l'état quantitatif futur des eaux superficielles

Bien qu'ils soient très différents d'un modèle à l'autre, les résultats de projections de l'évolution de l'hydrologie de surface des études ICC-HydroQual et Explore 2070, présentent tous une diminution significative des débits annuels, des débits mensuels et des débits minimums mensuels quinquennaux des cours d'eau du Département.

Les différences observées entre modèles informatiques sont principalement dues à des prises en compte différentes de l'évapotranspiration potentielle. En effet, l'évolution de ce paramètre qui varie en fonction de la température de l'air, de la vitesse du vent, du rayonnement net et de l'humidité relative de l'air est très difficile à définir et varie fortement d'un modèle informatique à l'autre.

Le projet ICC-HydroQual est élaboré à une échelle plus fine (bassin versant de la Loire) que le projet Explore 2070 (France). Nous pourrions ainsi penser qu'il est plus précis. De plus, le modèle CLSM a été défini par l'équipe de recherche du projet ICC-HydroQual comme moins pertinent que le modèle EROS. En effet, le modèle CLSM simule en permanence la présence d'une nappe perchée modélisant ainsi un comportement inadéquat où l'eau est trop disponible, entraînant une surestimation de l'évapotranspiration réelle. Les résultats de la modélisation de l'évolution de l'hydrologie de surface réalisée sous modèle EROS pour quatre stations hydrométriques semblent ainsi être les plus pertinents des quatre jeux de résultats.

En se basant sur les résultats de la modélisation EROS du projet ICC-HydroQual, les débits annuels (QA) des cours d'eau du Département pourraient diminuer d'environ 20% à l'horizon 2050 et d'environ 30% à l'horizon 2100 alors que les débits mensuels minimums quinquennaux (QMNA5) pourraient diminuer d'environ 30% à l'horizon 2050 et d'environ 40% à l'horizon 2100.

De plus, au vu des résultats des deux études considérées, il faut s'attendre, dans le futur, à une avancée dans l'année et à une prolongation de la période d'étiage.

III.3.12. État qualitatif futur des eaux superficielles

La diminution, dans le futur, des débits des cours d'eau impactera la concentration des polluants de ces milieux.

Le changement climatique aura également un impact sur la température et la biogéochimie des cours d'eau.

III.3.12.1. La température

D'après l'étude ICC-Hydroqual menée sur le bassin Loire Bretagne en 2010, la température des cours d'eau de Maine-et-Loire (températures moyenne annuelle, minimale et maximale) pourrait augmenter de 2°C en 2050 et de 2,8 °C en 2100.

Une augmentation du nombre de jours (de 5 à 10 jours) avec des températures de l'eau supérieures à 24°C, correspondant à la température létale supérieure pour le saumon atlantique pourra être observé dans le futur.

Enfin, un avancement (d'environ 9-11 jours) de la date de dépassement du seuil thermique (16°C) de reproduction de la plupart des espèces de poissons (carpes, grandes aloses, etc…) est également probable dans le futur.

III.3.12.2. La biogéochimie

D'après l'étude ICC-Hydroqual menée sur le bassin Loire Bretagne en 2010, pour les mêmes conditions d'apports diffus (agricoles) et ponctuels (urbains) qu'aujourd'hui, une augmentation de 40% de la quantité d'algues à Montjean-sur-Loire pourrait être observée dans le futur avec pour conséquence une baisse de la qualité de l'eau (perte d'oxygène, par exemple). Cette augmentation de la quantité algale de la Loire avale serait due aux évolutions hydrologique (diminution des débits) et thermique (augmentation de la température de l'eau) du fleuve, prévues à l'horizon du milieu et de la fin du siècle.

L'amélioration du traitement des eaux usées urbaines, par la généralisation de la déphosphatation, ainsi que la diminution des apports diffus agricoles, permettraient de contenir fortement le développement phyto-planctonique et donc l'eutrophisation des cours d'eau.

III.4. Les ressources en eau souterraine

III.4.1. Le contexte hydrogéologique

Le Maine-et-Loire compte trois types d'aquifères distincts :

Les alluvions de la Loire constituent l'aquifère alluvial. Constitué de sables et graviers souvent de bonne perméabilité, la masse alluviale représente un aquifère important et d'une excellente productivité dont le fonctionnement est très dépendant du régime de la Loire. Cependant, bien que leur qualité soit meilleure que celle du fleuve grâce à la filtration naturelle par le sable, les eaux de cette ressource (peu profondes et en relation directe avec le réseau hydrographique) sont très vulnérables en particulier aux pollutions accidentelles du fleuve.

Les formations sédimentaires appartenant à la bordure du Bassin parisien, dans l'Est du département, renferment des aquifères intéressants à l'échelle du Maine-et-Loire principalement dans le Cénomanien, dans le Séno-Turonien et, dans une moindre mesure, dans le Dogger (Jurassique).

Le Sénonien et le Turonien. Cet aquifère est constitué des sables fins quartzeux du Sénonien et de la craie sableuse, glauconieuse et micacée du Turonien (appelée « tuffeau ») sur laquelle ils reposent. L'aquifère des sables sénoniens est en continuité hydraulique avec celui de la craie du Turonien. C'est pourquoi on utilise le terme d'« aquifère du Séno-Turonien ». La nappe n'ennoie que les formations du Turonien.

Le Cénomanien. Ces formations à dominante sableuse forment le meilleur aquifère de la région. Bien protégée et pouvant fournir des débits intéressants, cet aquifère constitue – après les alluvions de la Loire - la principale ressource en eau souterraine du département. Là où les formations du Cénomanien affleurent, la nappe est plus vulnérable aux pollutions de surface (pollution par les phytosanitaires mise en évidence à Beaufort-en-Vallée et Mazé).

Il est également important de souligner que cette nappe fait l'objet, par arrêté ministériel, d'un classement en zone de répartition. Un arrêté du préfet en date du 24 janvier 2006 a classé 41 communes concernées par cette nappe en Zone de Répartition des Eaux (ZRE). Tout forage sollicitant cette ressource est soumis à autorisation dès que le prélèvement dépasse 10 000 m3/an et que les critères de classement sont remplis, alors qu'autrement cette exigence n'existe

qu'au-delà de 200 000 m3/an en application du décret du 17 juillet 2006 (nomenclature loi sur l'eau).

Le Jurassique (Dogger). Les formations du Dogger sont constituées de calcaires dont la perméabilité est liée à la fissuration. Ces calcaires forment un bon réservoir aquifère mais dont la productivité est très variable.

Les terrains du Massif Armoricain, présents à l'affleurement tout l'Ouest du département.

Les aquifères dits de socle. Ces aquifères, discontinus et présentant une géométrie complexe, renferment des ressources en eau souterraine moins conséquentes et moins faciles à mobiliser.

Le pliocène et le miocène. Sur ce domaine de socle, les placages superficiels de sable et les bassins sédimentaires tertiaires piégés de façon isolée constituent également des aquifères. Pour la plupart de faible extension et vulnérables aux pollutions de surface, ces aquifères présentent néanmoins un grand intérêt à l'échelle locale car ils permettent de diversifier les ressources sollicitées et, ce faisant, de sécuriser l'approvisionnement en eau potable.

III.4.2. Le réseau de suivi qualitatif des eaux souterraines

L'ensemble des données de qualité des eaux souterraines est disponible sur le portail national d'Accès aux Données sur les Eaux Souterraines (ADES), géré par le BRGM.

En Maine-et-Loire, 349 ouvrages appartenant à 9 réseaux différents permettent de suivre la qualité des eaux souterraines. La carte ci-dessous, présente la localisation des points de ces réseaux.

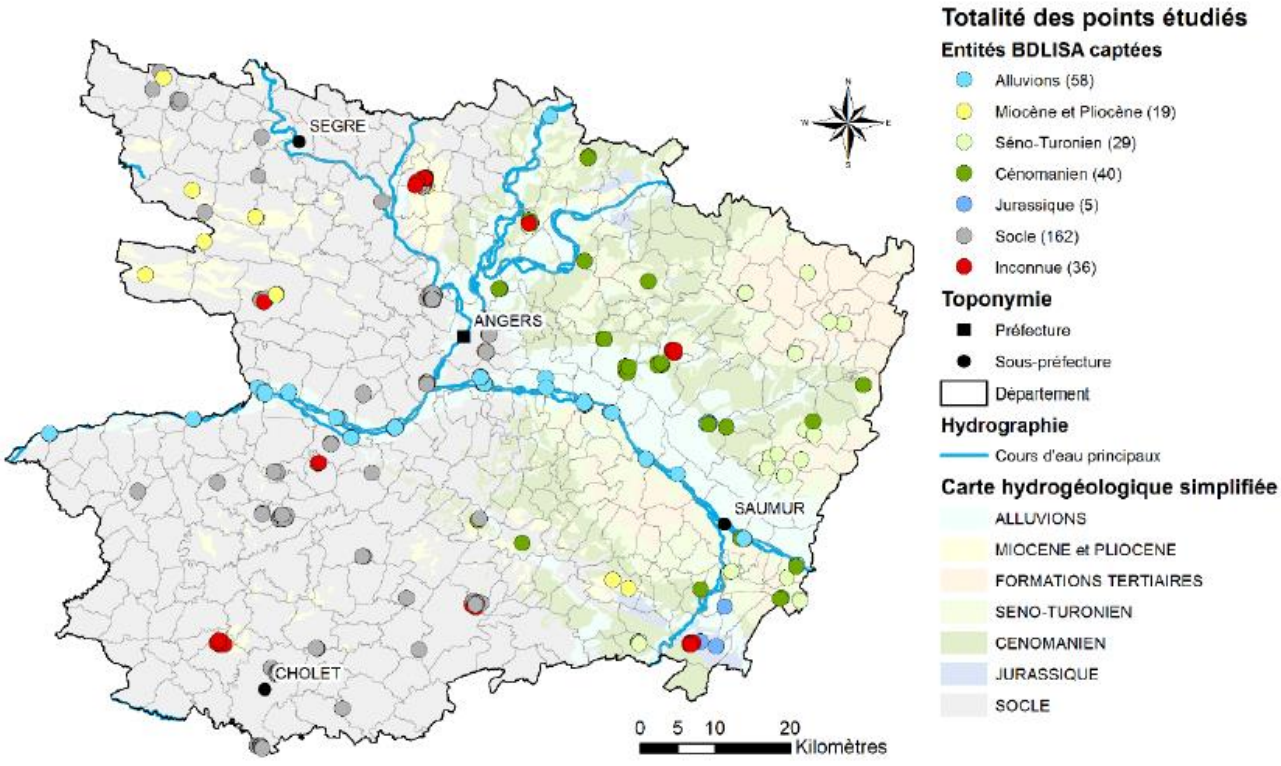


Figure 55 : Localisation des points de suivi de la qualité des eaux souterraines (Source : BRGM, 2020)

Les principaux réseaux de suivi de la qualité des eaux souterraines sont les suivants :

- **RNSISEAU** : Réseau nationale de suivi au titre du contrôle sanitaire sur les eaux brutes utilisées pour la production d'eau potable de l'Agence Régionale de la Santé.

Ce réseau comprenant le suivi de 139 ouvrages en Maine-et-Loire, est utilisé pour le contrôle sanitaire sur les eaux brutes utilisées pour la production d'eau potable. La fréquence des contrôles est liée au débit des ouvrages. Différents paramètres sont contrôlés : les paramètres organoleptiques, les phycotoxines, les micropolluants minéraux, les paramètres liés à la radioactivité et aux isotopes mais aussi les paramètres microbiologiques, les micropolluants organiques, les phytosanitaires, ainsi que les paramètres physico-chimiques.

- **RBESQAELB** : Réseau de surveillance de la qualité des eaux souterraines du bassin Loire-Bretagne de l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne.

Ce réseau comprenant le suivi de 7 ouvrages en Maine-et-Loire, a pour but d'étendre les connaissances générales sur la qualité des eaux souterraines dans le bassin Loire-Bretagne mais aussi de constituer un réseau patrimonial de connaissances. Les prélèvements sont réalisés semestriellement. Différents paramètres sont contrôlés : les micropolluants minéraux, les micropolluants organiques, les phytosanitaires ainsi que les paramètres physico-chimiques.

- **FRGSOS** : Contrôle de surveillance de l'état chimique des eaux souterraines du bassin Loire de l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne.

Ce réseau comprenant le suivi de 11 ouvrages en Maine-et-Loire, a pour but de fournir une image cohérente et globale de l'état chimique des eaux souterraines du bassin Loire-Bretagne et permettre de détecter la présence de tendance à la hausse à long terme de la pollution induite par l'activité anthropogénique. Les prélèvements sont réalisés semestriellement. Différents paramètres sont contrôlés : les micropolluants minéraux, les micropolluants organiques, les phytosanitaires ainsi que les paramètres physico-chimiques.

- **RRICQPAL** (Réseau qualitatif des eaux souterraines pour le suivi des installations classées pour la région Pays de Loire).

Ce réseau géré par le BRGM et comprenant le suivi de 202 ouvrages en Maine-et-Loire, permet le suivi de la qualité des eaux souterraines au droit ou à proximité des Installations Classées et Site (potentiellement) pollués de la région. Les points de suivi, la fréquence de suivi et les paramètres recherchés sont définis pour chaque site par arrêté préfectoral.

Les données d'autosurveillance des Installations Classées (ICPE) sont renseignées par les responsables d'installations classées via l'outil GIDAF dont l'accès est géré par les services de l'État. En Pays de la Loire, un important travail de bancarisation des données d'autosurveillance pour la période 1998-2006 a été réalisé par le BRGM à la demande de la DREAL.

III.4.3. Les périmètres de protection de captages

Les périmètres de protection des captages (PPC) sont destinés à prévenir les contaminations ponctuelles ou accidentelles par des substances polluantes autour des points de prélèvements d'eau destinée à l'alimentation des collectivités publiques et en amont des prises d'eaux superficielles.

On distingue trois types de périmètres :

1 Le périmètre de protection immédiate (PPI) dans lequel toutes les activités sont interdites en dehors de celles qui sont en liaison directe avec l'exploitation du captage.

Les terrains compris dans ce périmètre doivent être acquis en pleine propriété par le bénéficiaire du périmètre. Sa surface est de 1 000 m² en moyenne.

2 Le périmètre de protection rapprochée (PPR)

Pour les eaux souterraines, l'étendue est calculée après l'évaluation des caractéristiques hydrogéologiques du secteur (nature de la roche, fissures...), de la vulnérabilité de la nappe et des risques de pollution.

Pour les eaux de surface l'étendue est définie sur la base d'un temps de transfert des pollutions véhiculées par le cours d'eau. Il s'agit de quelques kilomètres en amont de la prise d'eau.

Les terrains compris dans ces périmètres font l'objet de servitudes. Certaines activités sont interdites, d'autres sont réglementées, soumises à des conditions d'exploitation ou des prescriptions destinées à la protection des eaux (techniques d'assainissement des eaux usées, stockage de produits dangereux, épandages...).

Ce périmètre de protection peut être divisé en un périmètre sensible avec des prescriptions importantes et un périmètre rapproché complémentaire.

3 Le périmètre de protection éloignée (PPE) renforce le précédent contre les pollutions permanentes ou diffuses, à des distances plus éloignées du lieu de captage, mais il n'est que facultatif.

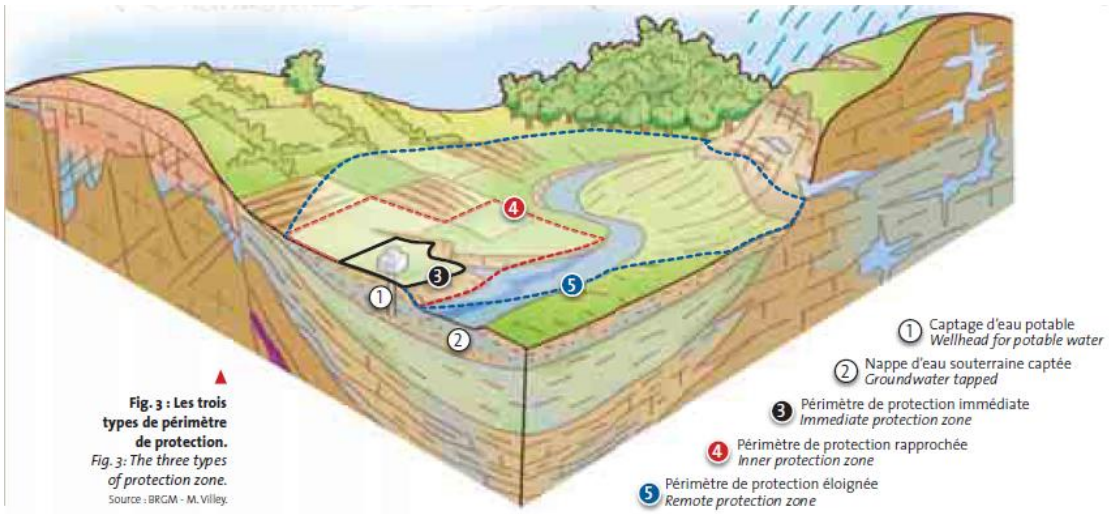


Figure 56 : Les trois types de périmètre de protection (Source : ARS, 2020)

Pour le département de Maine-et-Loire, le Préfet a confié à l'Agence Régionale de Santé (ARS), la mission de suivi et de coordination des différentes étapes de la procédure.

La proportion de captages ayant fait l'objet d'un arrêté préfectoral de DUP était de 35,5% au 1er janvier 2004, de 63,5% début 2007, 94 % fin 2012 et de 100 % aujourd'hui ce qui témoigne de la forte mobilisation sur ce thème et de l'effet bénéfique de la charte départementale adoptée début 2001 qui avait mis l'accent sur cette priorité. Le Maine-et-Loire a été le 6ème département pour lesquels la totalité des points de captage bénéficie d'une protection.

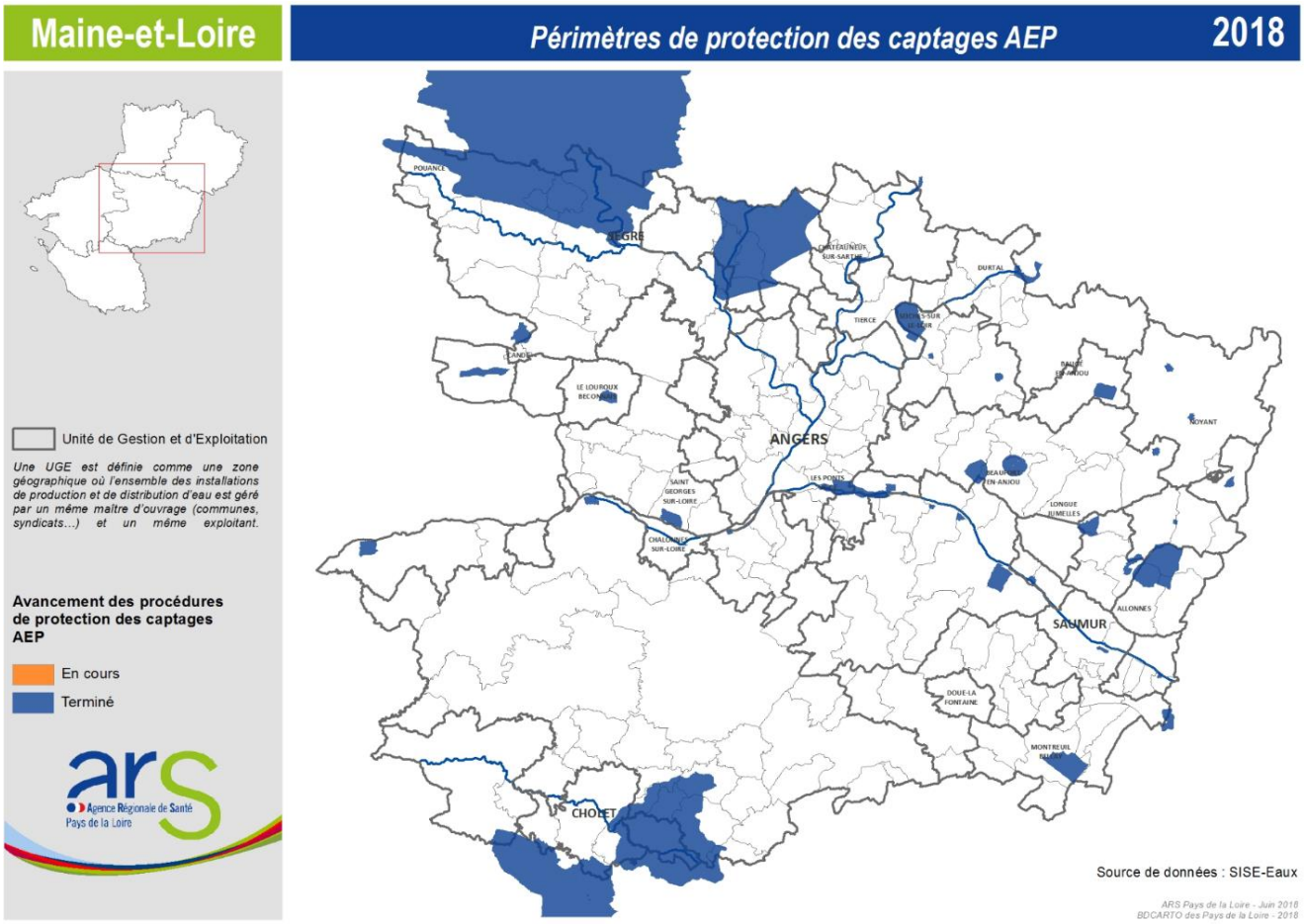


Figure 57 : périmètres de protection des captages (Source : ARS, 2020)

La prise d'un arrêté de DUP constitue une étape décisive dans la protection d'une ressource en eau puisqu'elle permet d'agir à 3 niveaux :

- Définir la zone à l'intérieur de laquelle une pollution accidentelle aura des répercussions graves sur la ressource en eau (concentration en polluant élevée – délai rapide d'arrivée de la pollution).
- Limiter de ce fait les activités nouvelles à risque dans ce périmètre de protection (périmètre de protection rapprochée). La prise en compte de ce zonage dans les documents d'urbanisme en particulier constitue une action décisive.
- Réaliser les aménagements nécessaires destinés à supprimer les risques associés aux activités présentes dans les périmètres de protection.

C'est sur ce dernier point que les efforts se portent aujourd'hui.

Un programme d'inspection de l'application des arrêtés de DUP est désormais mis en œuvre chaque année dans le département afin de vérifier le niveau de mise en œuvre des servitudes associées aux arrêtés de DUP. Par **circulaire du 30 juin 2008**, le ministère de la santé a défini les modalités d'inspection des périmètres de protection.

Il est important de noter que si certaines collectivités ont engagé sans délai la mise en œuvre des prescriptions associées aux arrêtés de DUP, d'autres ont par contre tardé à respecter les exigences figurant dans les arrêtés.

Tous les captages ont fait l'objet d'une inspection sauf les 3 sites de pompage dont les DUP ont moins de 3 ans (Allonnes, Saumur (les 3 forages du Cénomanien) et les mines de fer de Chazé-Henry).

A l'issue de ces inspections, un tableau adressé à la collectivité précise la nature des prescriptions qui ne sont pas respectées à la date de l'inspection. Ces tableaux permettent de disposer d'un état des lieux des conditions d'application des DUP des périmètres de protection. Il est prévu en 2019 de réaliser une mise à jour de ces données.

III.4.4. Les captages prioritaires Grenelle

Le Grenelle de l'Environnement, ensemble de rencontres politiques organisées en France en septembre et décembre 2007, a mis en avant la nécessité de protéger les captages d'eau potable les plus menacés. Ainsi, une liste nationale de 500 captages a pu être élaborée pour lesquels des programmes d'action agricole devraient être mis en œuvre au plus tard en 2012 afin d'assurer la protection des aires d'alimentation.

Au-delà de la lutte contre les pollutions ponctuelles traitées par les périmètres de protection, la démarche de protection des aires d'alimentation vise à réduire l'impact des pollutions diffuses d'origine agricole. Elle est encadrée par le **décret du 14 mai 2007** relatif à certaines Zones Soumises à Contraintes Environnementales (ZSCE).

Les captages ont été identifiés sur la base de trois critères :

- État de la ressource (pollutions par les nitrates et/ou les pesticides),
- Caractère stratégique (population desservie et substituabilité de la ressource),
- Volonté de reconquérir certains captages abandonnés.

Le programme d'actions est établi sous la responsabilité des services de l'état est défini à l'issue du diagnostic de vulnérabilité de la ressource en eau et d'un diagnostic territorial des pressions agricoles.

La figure ci-après, présente les principales étapes permettant la protection d'un captage « Grenelle » contre les pollutions diffuses.

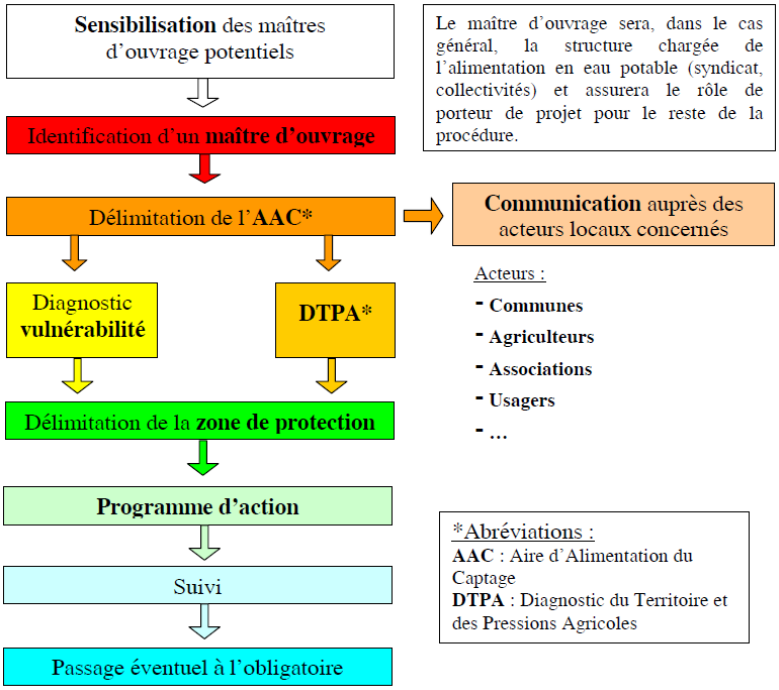


Figure 58 : Procédure pour la protection des captages Grenelle contre les pollutions diffuses (Source : Rapport DREAL « Analyse de la situation », juillet 2010)

Pour le département de Maine-et-Loire, 11 captages prioritaires ont été retenus.

Le tableau suivant présente l'état d'avancement de la démarche pour chacun de ces captages.

Nom du captage usuel		Maître d'ouvrage du captage	Date DUP pollutions ponctuelles	Etude délimitation	Diagnostic de vulnérabilité	Diagnostic territorial des pressions agricoles	Arrêté préfectoral de délimitation de la zone protection	Arrêté préfectoral de délimitation du programme d'actions	Contrat territorial (date signature ou avancement)	Animateur du contrat	Calendrier du contrat
VRITZ	LES THUYAS	SYNDICAT D'EAU DE L'ANJOU	8/10/2007	réalisée	réalisé	réalisé	Arrêté AAO du 2 janvier 2017		Signé le 26/09/2016 Evaluation prévue en 2020	DDT et Chambre d'agriculture des Pays de la Loire	2016/2020
SEGRE	SAINT AUBIN DU PAVOIL		11/10/2005	réalisée	réalisé	réalisé	Arrêté AAC 28 juillet 2014		Contrat territorial du captage de St-Aubin et des captages souterrains Evaluation en cours et écriture d'un nouveau programme d'actions	Syndicat du bassin de l'Oudon	2015/2019
LE LOUROUX-BECONNAIS	LES CHAPONNEAUX		4/04/2011	réalisée	inutile	réalisé	12 mai 2011		Approuvé CG (CP du 11 juin 2012) Signature le 21 décembre 2012 Evaluation en 2015, contrat de veille en cours	Chambre d'agriculture des Pays de la Loire	2011/2014 Contrat de veille 2016/2020
NEUILLE	BOISEAUDIER	COMMUNAUTE D'AGGLOMERATION SAUMUR VAL DE LOIRE	28/02/2008	réalisée	inutile	réalisé	12 mai 2011		Approuvé CG (CP du 11 juin 2012) Signature le 28/02/2013 Evaluation non réalisée	Chambre d'agriculture des Pays de la Loire	2011/2014
ALLONNES	LA FONTAINE F2		26/06/2017	en cours	en cours				En attente		
FONTEVRAUD-L'ABBAYE	PRIEURE DE LA MADELEINE		7/10/2009	réalisée	inutile	réalisé	en cours	en cours	inutile	Chambre d'agriculture des Pays de la Loire	
MONTREUIL-BELLAY	LA FONTAINE BOURREAU		28/12/2009	réalisée	réalisé	réalisé	12 mai 2011	en cours	Approuvé CG (CP du 3 décembre 2012) Novembre 2013 Evaluation réalisée en 2017	Chambre d'agriculture des Pays de la Loire	2011/2015

Nom du captage usuel		Maître d'ouvrage du captage	Date DUP pollutions ponctuelles	Etude délimitation	Diagnostic de vulnérabilité	Diagnostic territorial des pressions agricoles	Arrêté préfectoral de délimitation de la zone protection	Arrêté préfectoral de délimitation du programme d'actions	Contrat territorial (date signature ou avancement)	Animateur du contrat	Calendrier du contrat
BEAUFORT-EN-VALLEE	CLOS BERTIN	COMMUNAUTE DE COMMUNES BAUGEOIS VALLEE	14/12/2001 En cours de révision	réalisée	réalisé						
CHOLET	RIBOU-VERDON	COMMUNAUTE D'AGGLOMERATION DU CHOLETAIS	8/08/2006	réalisée	en cours	en cours	1er décembre 2014	2015 06 05 arrêté programme actions Ribou Avenant le 5 avril 2019	Contrat avec AELB signé le 10/10/2014	Communauté d'agglomération du Choletais	2015/2019
CHOLET	LA RUCETTE		8/08/2006	réalisée	réalisé	réalisé	5 décembre 2011		Approuvé CG (CP du 5 nov 2012) Signature le 10 décembre 2012	Communauté d'agglomération du Choletais	2011/2013 Contrat de veille en cours
LE LONGERON	BARRAGE DES TROIS RIVIERES	COMMUNAUTE D'AGGLOMERATION MAUGES COMMUNAUTE	30/12/2009	En cours	En cours	En cours		Programme d'actions validé par COPIL du 3/09/15	Contrat territorial Eau (signature en cours)	Etablissement public territorial du BV de la Sèvre Nantaise	2021/2026

III.4.5. La qualité des eaux souterraines

L'ensemble des données sur la qualité des eaux souterraine est disponible sur le portail informatique « ADES » géré par BRGM.

III.4.5.1. L'évaluation de l'état des masses d'eau souterraines

L'évaluation de l'état des masses d'eau souterraines concerne l'état quantitatif et l'état chimique. Pour qu'une masse d'eau souterraine soir considéré en bon état, elle doit présenter un bon état quantitatif et chimique.

III.4.5.2. État écologique des masses d'eau souterraines 2017

Selon la dernière évaluation de l'état écologique des masses d'eau souterraine réalisée en 2017, sur les 29 masses d'eau souterraine présentent sur le Maine-et-Loire, 15 sont classées en bon état et 14 en état médiocre.

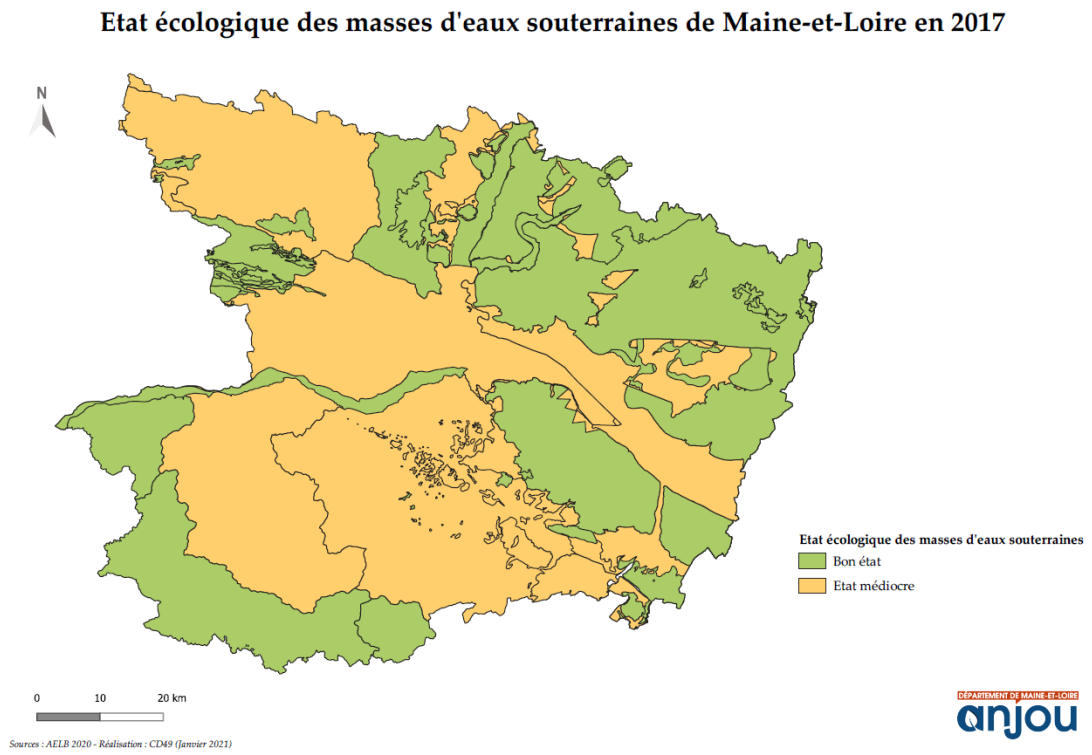


Figure 59 : État écologique des eaux souterraines de Maine-et-loire en 2017 (Source : AELB, 2020)

III.4.5.3. État quantitatif

Les objectifs du bon état quantitatif des masses d'eau souterraine sont :

- d'assurer un équilibre sur le long terme entre les volumes s'écoulant au profit des autres milieux ou d'autres nappes, les volumes captés et la recharge de chaque nappe,

- d'éviter une altération significative de l'état chimique et/ou écologique des eaux de surface liée à une baisse d'origine anthropique du niveau piézométrique,

- d'éviter une dégradation significative des écosystèmes terrestres, dépendants des eaux souterraines en relation avec une baisse du niveau piézométrique,

- d'empêcher toute invasion saline ou autre liée à une modification d'origine anthropique des écoulements.

En 2017, 25 masses d'eau souterraine du Département sont classées en bon état quantitatif et 4 en état médiocre.

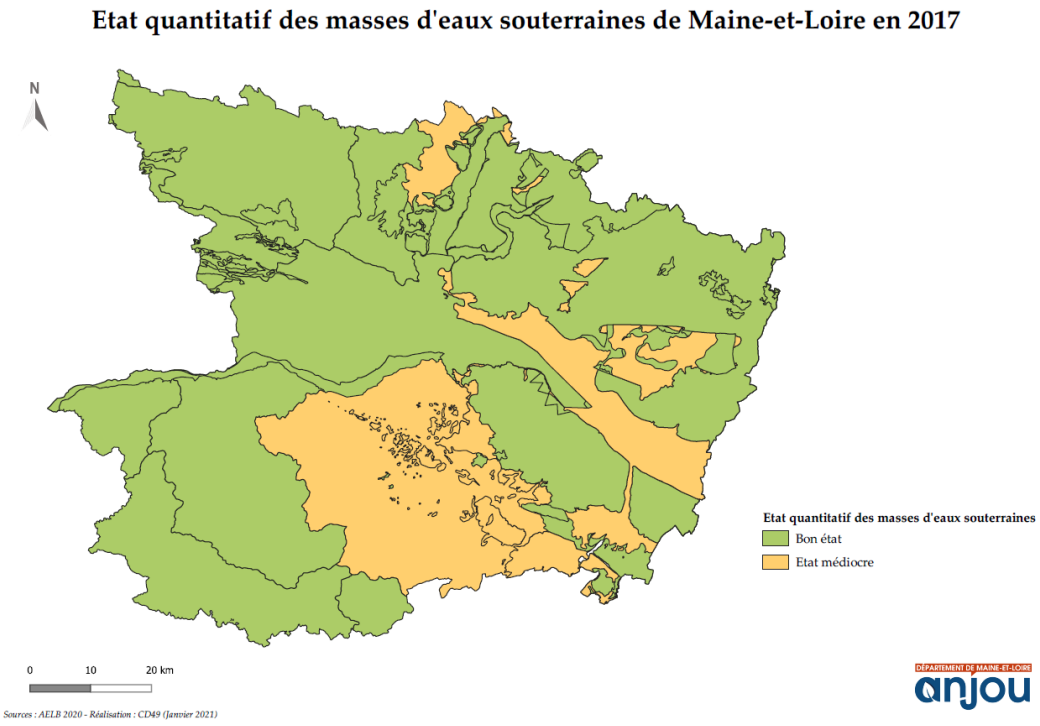


Figure 60 : État quantitatif des eaux souterraines de Maine-et-loire en 2017 (Source : AELB, 2020)

III.4.5.4. État chimique

Les substances surveillées pour évaluer la qualité chimique sont, en particulier, les pesticides, les métaux lourds, les hydrocarbures, les polychlorobiphényles (PCB), etc… auxquelles s'ajoutent les contaminants microbiologiques (par exemple, les bactéries pathogènes). La concentration de ces substances est comparée à des normes de qualité environnementale (NQE). Si la concentration de toutes les substances suivies est inférieure aux NQE, alors l'eau souterraine est estimée en bon état chimique. Si une seule molécule dépasse sa NQE, l'eau souterraine n'atteint pas le bon état chimique. La liste des substances suivies et la valeur des NQE sont révisées régulièrement. Cela permet de tenir compte de l'utilisation de nouvelles molécules et de l'avancée des connaissances ou des techniques d'analyse.

En 2017, 16 masses d'eau souterraine du Département sont classées en bon état qualitatif et 13 en état médiocre dont 5 pour l'état nitrates et pesticides, 5 pour l'état pesticide seul et 3 pour l'état nitrate seul.

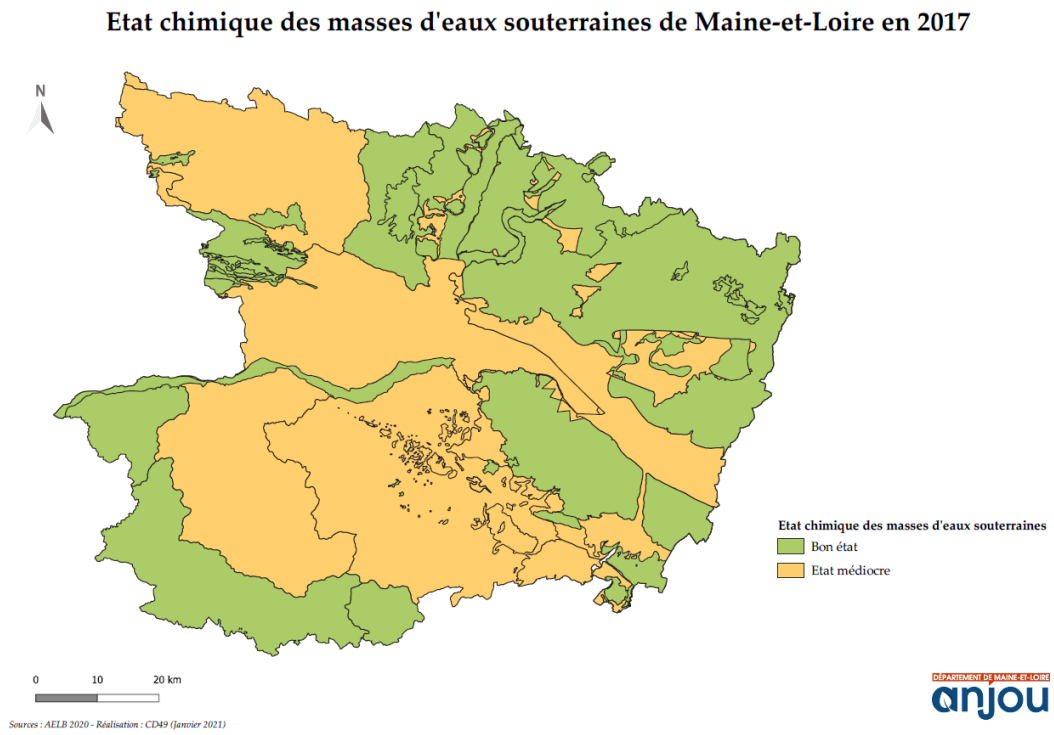


Figure 61 : État chimique des eaux souterraines de Maine-et-loire en 2017 (Source : AELB, 2020)

Nitrates :

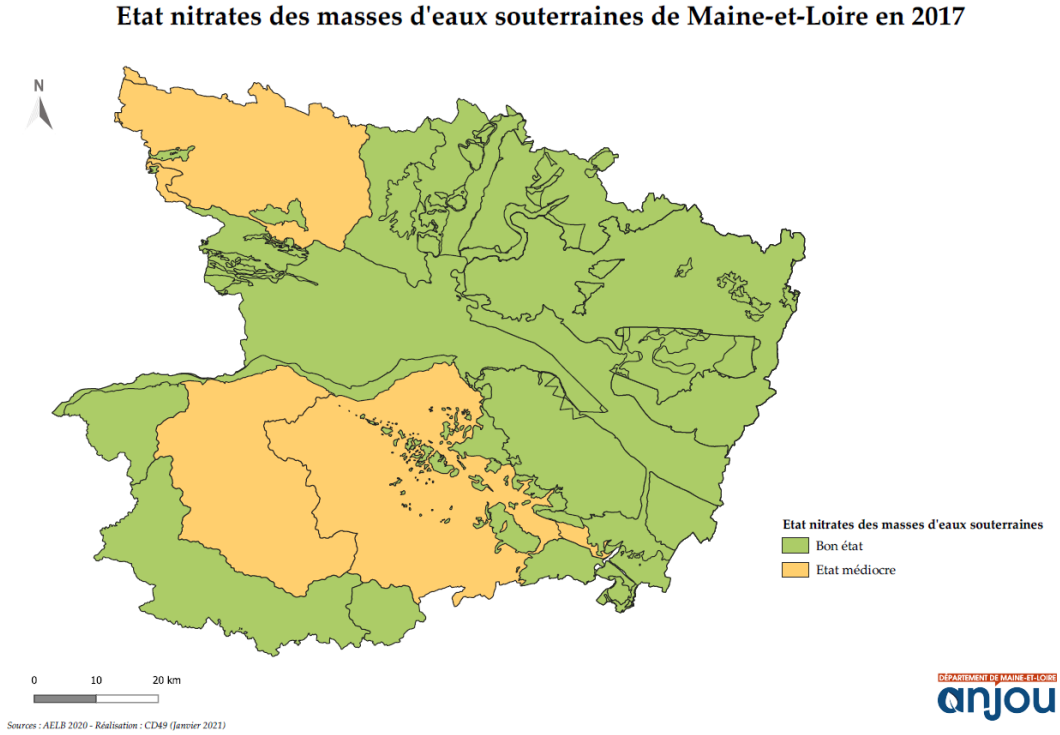


Figure 62 : État nitrates des eaux souterraines de Maine-et-loire en 2017 (Source : AELB, 2020)

Pesticides :

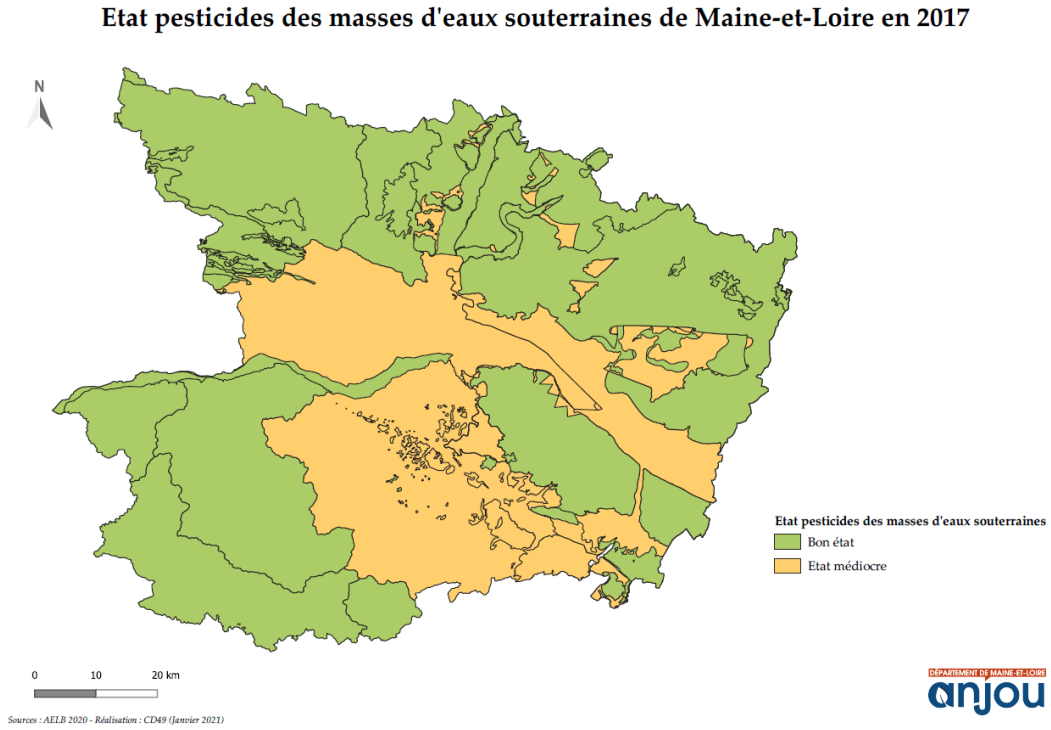


Figure 63 : État pesticides des eaux souterraines de Maine-et-loire en 2017 (Source : AELB, 2020)

III.4.6. Le réseau de suivi quantitatif des eaux souterraines

Réseau de suivi piézométrique Patrimonial

Ce réseau piézométrique permet de qualifier l'état et l'évolution des ressources en eau souterraine du département du Maine-et-Loire. Il est géré depuis 2003 par le BRGM (Direction des Pays de la Loire) et financé par l'AFB et le BRGM. Il constitue un dispositif de suivi quantitatif des eaux souterraines, conformément à la Directive Cadre sur l'Eau.
En Maine-et-Loire, ce réseau comporte 33 ouvrages répartis de manière à suivre les aquifères majeurs à l'échelle départementale et ceux, plus localisés, qui présentent un enjeu particulier (faluns du Miocène, calcaires du Bathonien-Jurassique).

Les données issues de ce réseau sont mises à disposition et téléchargeables sur le site internet public www.ades.eaufrance.fr. ADES est la banque nationale d'Accès aux Données sur les Eaux Souterraines.

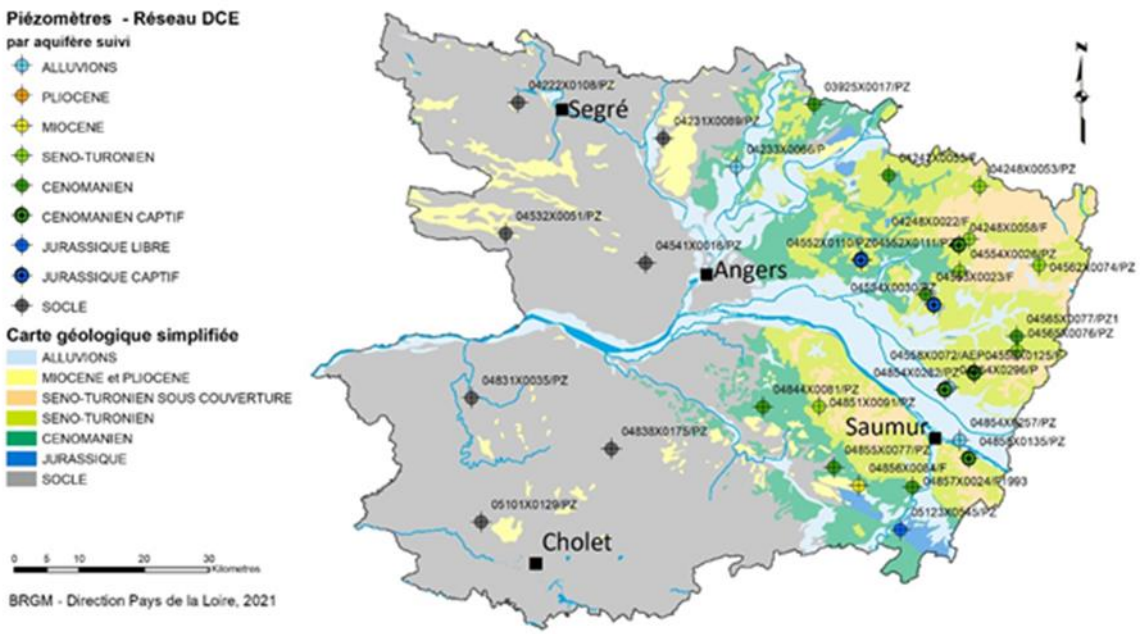


Figure 64 : Réseau piézométrique DCE, localisation des ouvrages suivis (Source : Bulletin BRGM, 2021)

SAGE	N° BSS	Commune	Aquifère	Création
Authion	04854X0257/PZ	VILLEBERNIER	Alluvions de la Loire	19/01/2006
Authion	04854X0296/P	VIVY	Alluvions de la Loire	18/06/2010
Sarthe Aval	04233X0066/P	CHEFFES	Alluvions de la Sarthe	20/10/2014
Loir	03925X0017/PZ	DAUMERAY	Cénomanien (sables)	24/01/2008
Loir	04242X0053/F	MONTIGNE LES RAIRIES	Cénomanien (sables)	01/12/2003
Authion	04552X0110/PZ	FONTAINE MILON	Cénomanien (sables)	23/10/2010
Authion	04553X0023/F	BRION	Cénomanien (sables)	18/05/2004
Layon - Aubance - Louets	04844X0081/PZ	CHAVAGNES	Cénomanien (sables)	20/10/2014
Authion	04854X0282/PZ	VIVY	Cénomanien (sables)	22/10/2010
Layon - Aubance - Louets	04855X0077/PZ	DOUE LA FONTAINE	Cénomanien (sables)	20/01/2006
Thouet	04857X0024/F1993	COUDRAY MACOUARD	Cénomanien (sables)	19/01/2006
Authion	04248X0058/F	PONTIGNE	Cénomanien captif (sables)	12/07/2016
Authion	04558X0125/F	NEUILLE	Cénomanien captif (sables)	12/07/2016
Authion	04565X0077/PZ1	VERNOIL-LE-FOURRIER	Cénomanien captif (sables)	01/09/2012
Thouet	04858X0135/PZ	SOUZAY	Cénomanien captif (sables)	16/11/2010
Thouet	05123X0545/PZ	MONTREUIL BELLAY	Jurassique (calcaires)	18/01/2006
Authion	04552X0111/PZ2	FONTAINE MILON	Jurassique captif (calcaires)	23/10/2010
Authion	04554X0030/PZ	LONGUE-JUMELLES	Jurassique captif (calcaires)	20/10/2014
Layon - Aubance - Louets	04856X0084/F	DOUE LA FONTAINE	Miocène (faluns)	19/05/2004
Authion	04248X0022/F	PONTIGNE	Séno-Turonien	19/05/2004
Authion	04554X0026/PZ	LE GUEDENIAU	Séno-Turonien	01/09/2012
Authion	04558X0072/AEP	NEUILLE	Séno-Turonien	19/05/2004
Authion	04565X0076/PZ	VERNOIL-LE-FOURRIER	Séno-Turonien	01/09/2012
Layon - Aubance - Louets	04851X0091/PZ	LOUERRE	Séno-Turonien	23/01/2008

SAGE	N° BSS	Commune	Aquifère	Création
Loir	04248X0053/PZ	VAULANDRY	Séno-Turonien captif	20/10/2014
Loir	04562X0074/PZ	NOYANT	Séno-Turonien captif	23/01/2008
Oudon	04222X0108/PZ	NOYANT LA GRAVOYERE	Socle	23/01/2008
Mayenne	04231X0089/PZ	CHAMPTEUSSE	Socle	24/01/2006
Estuaire de la Loire	04532X0051/PZ	LA CORNUAILLE	Socle	20/01/2006
Layon - Aubance - Louets	04541X0016/PZ	SAINT LAMBERT LA POTHERIE	Socle	23/01/2008
Evre - Thau - St Denis	04831X0035/PZ	SAINT PIERRE MONTLIMART	Socle	23/01/2008
Layon - Aubance - Louets	04838X0175/PZ	CHEMILLE	Socle	20/01/2006
Evre - Thau - St Denis	05101X0129/PZ	SAINT MACAIRE EN MAUGES	Socle	01/09/2012

Réseau de suivi des eaux souterraines sollicitées pour la production d'Eau potable (Réseau de suivi AEP49)

Ce réseau de suivi permet de qualifier l'état quantitatif des ressources en eau souterraine et des ouvrages sollicités pour la production d'eau potable en Maine-et-Loire. Sous la maîtrise d'ouvrage du Département, la Direction régionale Pays de la Loire du BRGM a mis en place ce réseau de suivi (opérationnel depuis 2012).

De 2012 à 2018, le réseau de suivi AEP49 est géré par le BRGM (Direction des Pays de la Loire) et est financé par le Département du Maine-et-Loire, l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne et le BRGM. A partir de 2019, l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne ne contribue plus au financement de ce réseau.

Ce réseau a été mis en place afin de répondre aux objectifs principaux suivants :

- Améliorer et diffuser la connaissance du comportement des nappes et des captages d'eau souterraine utilisés pour l'AEP,
- Prévenir et anticiper les périodes d'étiage sévère de la ressource,
- Compléter et renforcer le volet « sécurisation » du schéma départemental d'eau potable,
- Apporter un appui technique aux maîtres d'ouvrages (dans le cadre de Anjou Ingénierie Territoriale).

Le Réseau de suivi des ressources en eau souterraine utilisées pour l'AEP en Maine-et-Loire constitue un véritable outil d'aide à la décision. Au fil des années, grâce aux chroniques de suivi de plus en plus longues et à l'amélioration de la qualité des suivis, son intérêt va grandissant.

Au 1er janvier 2021, les 84 ouvrages de prélèvement en eau souterraine pour l'AEP constituent le réseau de suivi. Ces ouvrages sont répartis dans 30 unités de captage. Dans le cadre de ce réseau, les suivis sont désormais transmis pour 77 ouvrages de production (29 unités) soit 91% des ouvrages en service. 79 ouvrages sont équipés d'un suivi piézométrique.

III.4.7. L'évolution des niveaux d'eau souterraine

Pour estimer l'évolution de la disponibilité des eaux souterraines, et plus précisément pour détecter s'il y a un changement (tendance à la baisse/à la hausse ou une rupture provoquant une modification du comportement), des tests statistiques ont été appliqués sur les séries piézométriques et sur les débits de base des cours d'eau, à l'aide du logiciel ESTHER (Etude de Séries Temporelles en Hydrogéologie avec le logiciel R). Cet outil a été développé par le BRGM, pour analyser des chroniques de niveaux, débits, pluies et réaliser des études croisées pluies-débits-niveaux, apportant une aide à la détermination d'indicateurs piézométriques, à la prédétermination d'étiages et de crues, à la détection de tendances, et, plus généralement, à l'analyse de la dynamique d'une nappe.

Pour le traitement des données nous avons pris en compte les piézomètres qui avaient au moins 12 ans d'historique, ce qui représente **20 piézomètres**.

INDICE	indicateur Sècheresse	COMMUNE	AQUIFERE	1ere Année
03925X0017/PZ		DAUMERAY	CENOMANIEN	2008
04222X0108/PZ	X	NOYANT-LA-GRAVOYERE	SOCLE	2008
04231X0089/PZ	X	CHAMPTEUSSE-SUR-BACONNE	SOCLE	2006
04242X0053/F	X	MONTIGNE-LES-RAIRIES	CENOMANIEN	2003
04248X0020/F		VAULANDRY	SENO-TURONIEN	2003
04248X0022/F	X	PONTIGNE	SENO-TURONIEN	2003
04532X0051/PZ	X	LA CORNUAILLE	SOCLE	2006
04541X0016/PZ	X	SAINT-LAMBERT-LA-POTHERIE	SOCLE	2008
04553X0023/F	X	BRION	CENOMANIEN	2003
04558X0072/AEP		NEUILLE	SENO-TURONIEN	2003
04562X0074/PZ		NOYANT	SENO-TURONIEN	2008
04831X0035/PZ		SAINT-PIERRE-MONTLIMART	SOCLE	2008
04838X0175/PZ	X	CHEMILLE	SOCLE	2006
04851X0091/PZ	X	LOUERRE	SENO-TURONIEN	2008
04854X0257/PZ	X	VILLEBERNIER	ALLUVIONS LOIRE	2006
04855X0077/PZ	X	DOUE-LA-FONTAINE	CENOMANIEN	2006
04856X0084/F		DOUE LA FONTAINE	MIOCENE	2003
04857X0024/F1993		LE COUDRAY-MACOUARD	CENOMANIEN	2006
05103X0321/PZ		CHOLET	SOCLE	2006
05123X0545/PZ		MONTREUIL-BELLAY	BATHONIEN (Jurassique)	2006

Les chroniques de 04248X0020/F (VAULANDRY) et 05103X0321/PZ (CHOLET) n'ont pas été prises en compte car trop influencées par des pompages.

L'historique des piézomètres étant relativement faible (17 ans au maximum) pour une étude de tendances, ces données ont été complétées par les chroniques de débits, celles-ci ayant un historique beaucoup plus intéressant (entre 26 et 157 ans de suivi). 11 stations hydrométriques de référence ont été analysées. Ces stations sont considérées comme les plus représentatives en termes de disponibilité des données.

Code station hydrométrique ; période de suivi	Nom de la station
station M5300010; 1863-2020	La Loire à Montjean-sur-Loire
station M3771810; 1973-2020	L'Oudon à Châtelais [Marcillé]
station M0680610; 1971-2020	La Sarthe à Saint-Denis-d'Anjou [Beffes]
station M1531610; 1961-2020	Le Loir à Durtal
station M5222010; 1967-2020	Le Layon à Saint-Lambert-du-Lattay [Pont de Bézigon]
station M6013010; 1967-2020	L'Evre à la Chapelle-Saint-Florent [Pont Dalaine]
station M7314010; 1982-2020	La Sanguèze à Tillières [Moulin Pichon]
station M6323010; 1968-2020	L'Erdre à Candé [La Grée]
station M3630910; 1965-2020	La Mayenne à Chambellay
Station M4114010; 1994-2020	Le Brionneau à Avrille
Station M5014220; 1981-2020	L'Aubance à Soulaines

Le débit de base est la part du débit d'un cours d'eau qui provient du ou des aquifères qui lui sont hydrauliquement connectés. Le Base Flow Index (BFI) est le rapport entre le débit de base d'un cours d'eau et le débit total calculé sur une assez longue période. Les nombreuses études réalisées avec un calcul du BFI montrent que cet index varie de 0,15 pour des bassins très peu perméables avec des cours d'eau réagissant très rapidement à plus de 0,95 pour des bassins à forte capacité d'infiltration et des régimes d'écoulement relativement réguliers. Le débit de base traduit en particulier l'apport de la nappe au débit du cours d'eau en période d'étiage. En l'absence d'apports anthropiques (de type barrages), les variations du débit de base au cours du temps peuvent être assimilés aux variations de niveau de la nappe en relation avec le cours d'eau.

Le calcul de ce BFI a été réalisé sur les 11 stations hydrométriques sélectionnées, à l'aide de la méthode de l'Institut Hydrologique de Wallingford. Les BFI varient beaucoup selon les stations, entre 28% et 75%. Les BFI les plus faibles correspondent aux cours d'eau situés en domaine de socle alors que les BFI les plus élevés correspondent aux cours d'eau situés en domaine sédimentaire.

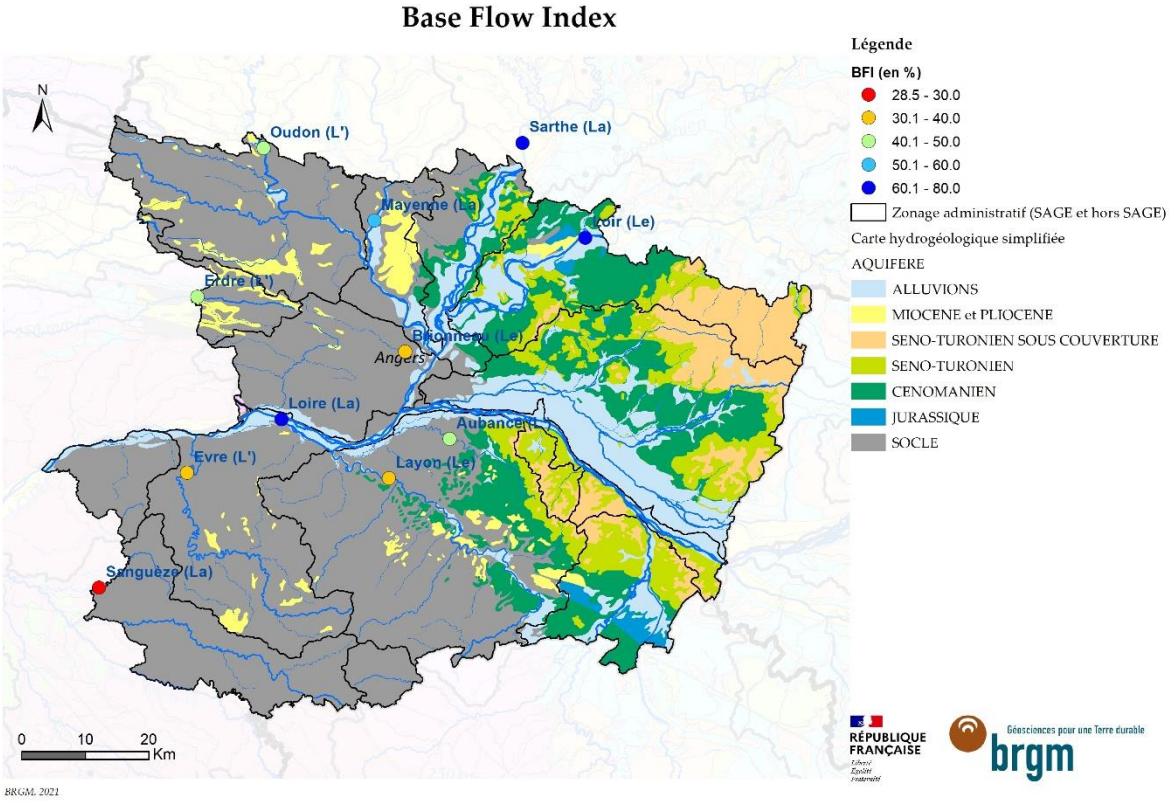


Figure 65 : Calcul du Base Flow Index sur les 11 stations hydrométriques de référence (Source : BRGM, 2020)

Code station, période	Nom station	BFI
station M5300010; 1863-2020	La Loire à Montjean-sur-Loire	0,749
station M1531610; 1961-2020	Le Loir à Durtal	0,682
station M0680610; 1971-2020	La Sarthe à Saint-Denis-d'Anjou [Beffes]	0,624
station M3630910; 1965-2020	La Mayenne à Chambellay	0,575
station M3771810; 1973-2020	L'Oudon à Châtelais [Marcillé]	0,491
Station M5014220 ; 1981-2020	L'Aubance à Soulaines	0.474
station M6323010; 1968-2020	L'Erdre à Candé [La Grée]	0,455
station M6013010; 1967-2020	*L'Evre à la Chapelle-Saint-Florent [Pont Dalaine]*	*0,391*
station M5222010; 1967-2020	*Le Layon à Saint-Lambert-du-Lattay [Pont de Bézigon]*	*0,386*
Station M4114010 ; 1994-2020	*Le Brionneau à Avrille*	*0.341*
station M7314010; 1982-2020	*La Sanguèze à Tillières [Moulin Pichon]*	*0,285*

On considère que si le BFI moyen est supérieur à 40%, la contribution de la nappe au débit du cours d'eau est significative et que la chronique du débit de base traduit le comportement de la nappe en relation avec le cours d'eau.

Nota bene : pour le débit de base de la Loire à Montjean-sur-Loire, les résultats sont à prendre avec précaution, l'apport des barrages en amont a une certaine influence.

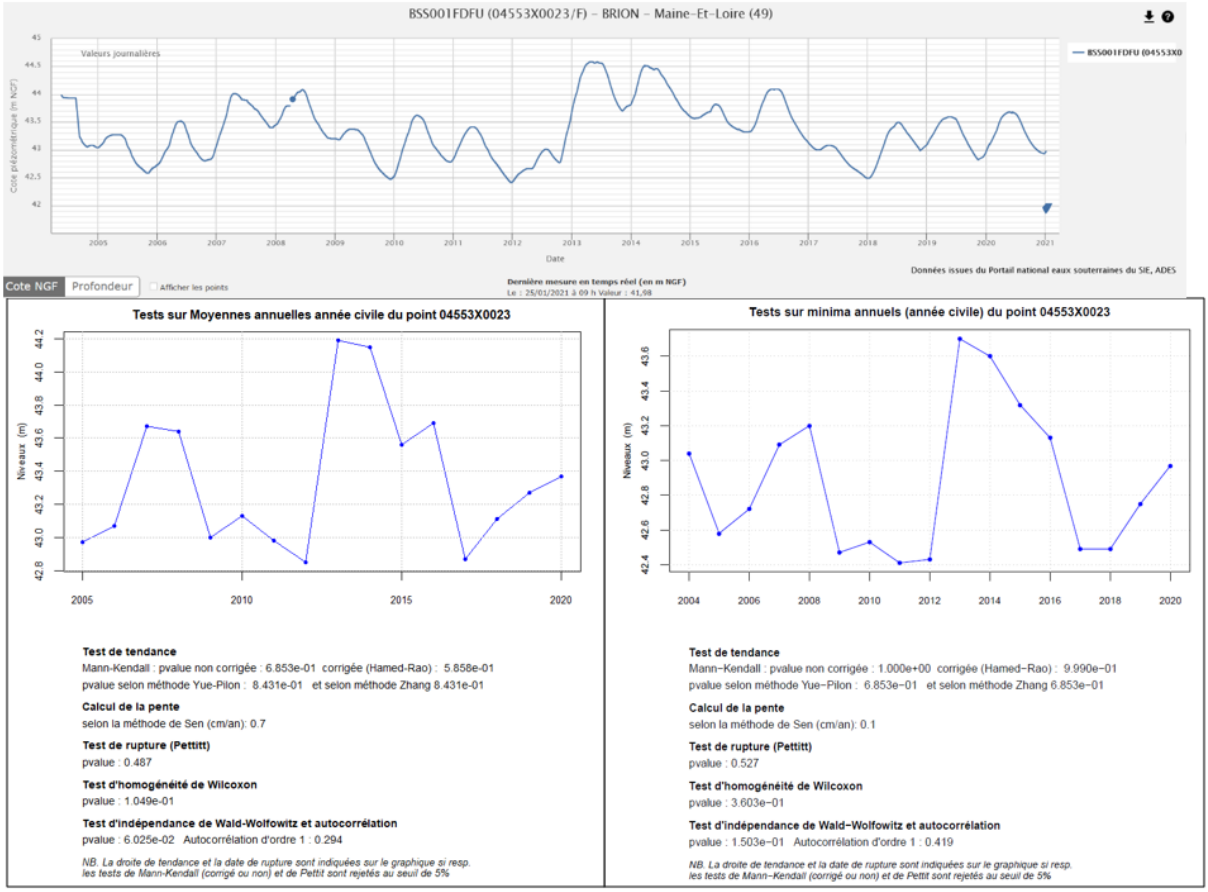
Méthodologie - tests statistiques

Les calculs de tendances ont été faits sur les moyennes annuelles et sur les minimas annuels des niveaux piézométriques et des débits de base (si le BFI est supérieur à 40%).

Le calcul de tendance est basé sur le test de Mann–Kendall et la date de rupture sur le test de Petitt. La tendance et la date de rupture sont considérés comme significatifs si les tests de Mann–Kendall (corrigé ou non) et de Pettit sont rejetés au seuil de 5%.

18 chroniques piézométriques et 7 chroniques de débits de base ont été prises en compte pour ces calculs de tendances.

La figure ci-dessous présente un exemple de calcul de tendance pour le piézomètre situé à Brion. L'ensemble des résultats de ces calculs est présenté en annexe 2.



Tests	Hypothèse Ho	P_Value	Conclusion
Test de stationnarité (ou de tendance, Mann-Kendall)	La série testée est stationnaire	< 5 ou 10%	Ho improbable => Tendance
Test d'homogénéité 1 (ou de rupture, Pettitt)	La série testée est homogène	< 5 ou 10%	Ho improbable => Rupture

Figure 66 : Exemples de résultats pour les tests statistiques – Piézomètre situé à Brion (pas de tendances, ni de ruptures) (Source : BRGM, 2020)

Résultats :

Le tableau ci-dessous présente les résultats de l'étude de tendance pour chacun des piézomètres étudiés.

INDICE / STATION	COMMUNE	chronique	tendance sur les moyennes annuelles	tendance sur les minimas annuels
03925X0017/PZ	DAUMERAY	piézométrie	absence	absence
04222X0108/PZ	NOYANT-LA-GRAVOYERE	piézométrie	absence	absence
04231X0089/PZ	CHAMPTEUSSE-SUR-BACONNE	piézométrie	absence	absence
04242X0053/F	MONTIGNE-LES-RAIRIES	piézométrie	absence	absence
04248X0022/F	PONTIGNE	piézométrie	absence	absence
04541X0016/PZ	SAINT-LAMBERT-LA-POTHERIE	piézométrie	absence	absence
04532X0051/PZ	LA CORNUAILLE	piézométrie	absence	absence
04553X0023/F	BRION	piézométrie	absence	absence
04558X0072/AEP	NEUILLE	piézométrie	**baisse**	**baisse**
04562X0074/PZ	NOYANT	piézométrie	absence	absence
04831X0035/PZ	SAINT-PIERRE-MONTLIMART	piézométrie	absence	absence
04838X0175/PZ	CHEMILLE	piézométrie	absence	absence
04851X0091/PZ	LOUERRE	piézométrie	absence	absence
04854X0257/PZ	VILLEBERNIER	piézométrie	absence	absence
04855X0077/PZ	DOUE-LA-FONTAINE	piézométrie	absence	absence
04856X0084/F	DOUE-LA-FONTAINE	piézométrie	absence	absence
04857X0024/F1993	LE COUDRAY-MACOUARD	piézométrie	absence	absence
05123X0545/PZ	MONTREUIL-BELLAY	piézométrie	absence	absence
M5300010	La Loire à Montjean-sur-Loire	Débit de base	**baisse**	absence
M1531610	Le Loir à Durtal	Débit de base	absence	absence
M0680610	La Sarthe à Saint-Denis-d'Anjou	Débit de base	absence	absence
M3630910	La Mayenne à Chambellay	Débit de base	absence	absence
M3771810	L'Oudon à Châtelais	Débit de base	absence	absence
M6323010	L'Erdre à Candé	Débit de base	absence	absence
M5014220	L'Aubance à Soulaines	Débit de base	absence	Non significatif

Conclusions sur l'évolution passée des niveaux de nappes

Pour les chroniques piézométriques, seule celle de 04558X0072/AEP (NEUILLE) montre une tendance significative à la baisse, sur les moyennes annuelles et sur les minimas annuels, avec une pente de -12 cm/an sur la période 2003 - 2020. Ce piézomètre capte la nappe du Séno-Turonien ; il est situé dans une zone où la nappe est considérée comme libre, ce qui est confirmé par le log géologique de l'ouvrage.

Pour les chroniques de débit de base, seule celle de M5300010 (La Loire à Montjean-sur-Loire) montre une tendance significative à la baisse, sur les moyennes annuelles, alors que dans le même temps le piézomètre 04854X0257/PZ (VILLEBERNIER), qui capte les alluvions de la Loire, ne montre aucune tendance significative.

Pour toutes les autres chroniques, on n'observe aucune tendance, ni à la baisse ni à la hausse, ce qui tendrait à montrer que la disponibilité des eaux souterraines est restée à peu près identique sur les 20 dernières années.

Les données sont toutefois lacunaires (l'historique de suivi piézométrique est faible et sur la période étudiée, les pressions anthropiques sont déjà importantes), il est donc recommandé d'utiliser ces résultats avec précaution.

Bien que l'analyse de tendance ne mette en évidence aucune tendance ni à la baisse ni à la hausse (car elle s'intéresse à l'échelle pluriannuelle), il est important de souligner que plusieurs chroniques piézométriques sont influencées par les prélèvements saisonniers environnants (cf. figure 66 ci-après). C'est en particulier le cas des niveaux de :

- la nappe du Cénomanien suivie à la Fontaine-Milon, Vivy, Montigné-les-Rairies et Pontigné.
- la nappe du Séno-Turonien suivie à Pontigné, Noyant et Neuillé.
- la nappe du Jurassique captive (ZRE) à Longué-Jumelles (chronique trop courte pour être analysée).

Il est utile de rappeler que les nappes du Cénomanien et du Séno-Turonien sont par ailleurs sollicitées pour la production d'eau potable et présentent donc un enjeu très important à l'échelle du Département. Des conflits d'usage existent déjà notamment à Noyant (nappe du Séno-Turonien). Une étude intitulée « Développement d'un outil SIG pour évaluer le rabattement cumulé de prélèvements en nappe dans le secteur de Noyant » en cours de réalisation par le BRGM pour le compte de la DDT, montre l'impact des prélèvements pour l'irrigation sur le rabattement de la nappe des forages AEP dans le secteur de Noyant. Ainsi, selon le scénario de pompages de référence étudié (débit de chaque forage est son débit moyen instantané, en m^3/h, sur la période 1999-2018), les prélèvements pour l'irrigation représentent 15% du rabattement du forage AEP de Bouton et 30% du rabattement du forage AEP de l'Aurière.

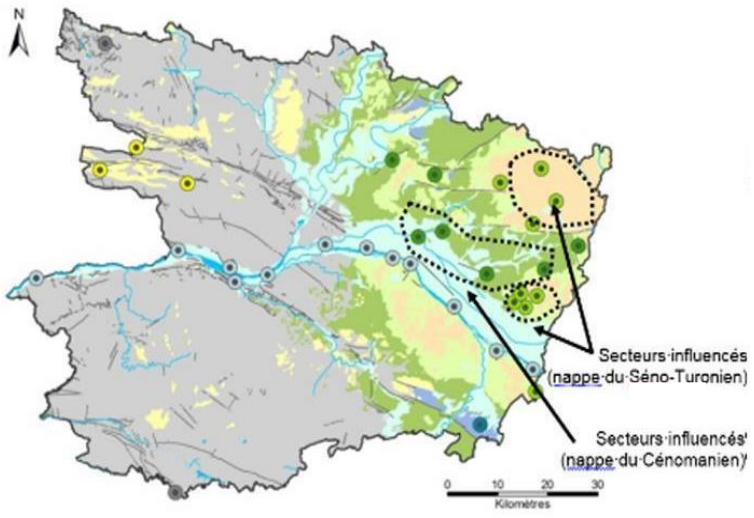


Figure 67 : Cartographie des secteurs où les suivis piézométriques sont influencés par des prélèvements saisonniers (Source : BRGM, 2020)

III.4.8. La disponibilité actuelle des eaux souterraines

Pour chaque bassin versant, un piézomètre, représentatif de chaque nappe, a été choisi. Sur ce piézomètre, à l'instar de ce qui a été fait pour les débits, quelques indicateurs sont donnés sur les niveaux d'eau actuels, sur la période récente d'observations (entre 6 et 17 ans, selon les piézomètres) :

- les niveaux moyens mensuels pour chaque mois,
- le niveau moyen annuel,
- la moyenne des niveaux moyens mensuels minimum de chaque année (moyenne des HMNA) ;
- le minimum de la série des HMNA ;
- le max de la série des HMNA ;
- le HMNA5 (période de retour 5 ans sec), lorsqu'une analyse fréquentielle (ajustement selon la loi gamma) est possible.

Les piézomètres (PZ) sélectionnés sont présentés dans le tableau ci-après.

SAGE	NAPPE	PZ nappe	PZ ACS*
AUTHION	Alluvions de la Loire	Vivy (04854X0296/P)	non
	Cénomanien	Brion (04553X0023/F)	oui
	Séno-Turonien	Pontigné (04248X0022/F)	oui
	Jurassique	Fontaine-Milon (04552X0111/PZ)	non
ESTUAIRE DE LA LOIRE	Socle	La Cornuaille (04532X0051/PZ)	oui
EVRE THAU ST DENIS	Socle	Saint Pierre Montlimard (04831X0035/PZ)	non
LOIRE LAYON AUBANCE LOUETS	Séno-Turonien	Louerre (04851X0091/PZ)	oui
	Socle	Chemillé (04838X0175/PZ)	oui
	Cénomanien	Chavagnes (04844X0081/PZ)	non
LOIR	Séno-Turonien	Vaulandry (04248X0053/PZ)	non
	Cénomanien	Montigné-les-Rairies (04242X0053/F)	oui
MAYENNE	Socle	Champteussé-sur-Baconne (04231X0089/PZ)	oui
OUDON	Socle	Ballots (03555X6010/PZ1)	proposé
	Socle	Noyant-la-Gravoyère (04222X0108/PZ)	oui
SARTHE AVAL	Alluvions de la Sarthe	Cheffes (04233X0066/P)	non
	Cénomanien	Daumeray (03925X0017/PZ)	non
SEVRE NANTAISE	Socle	Saint Macaire en Mauges (05101X0129/PZ)	non
THOUET	Faluns du Miocène	Doué-la-Fontaine (04856X0084/F)	non

SAGE	NAPPE	PZ nappe	PZ ACS*
	Cénomanien	Doué-la-Fontaine (04855X0077/PZ)	oui
	Jurassique	Montreuil-Bellay (05123X0545/PZ)	non
VILAINE	Socle	La Cornuaille (04532X0051/PZ)	oui
Hors SAGE - Axe Loire	Alluvions de la Loire	Villebernier (04854X0257/PZ)	oui
	Cénomanien	Souzay-Champigny (04858X0135/PZ)	non
Hors SAGE - St Aubin / L'Avort	Séno-Turonien	Louerre (04851X0091/PZ)	oui
Hors SAGE - Romme Brionneau	Socle	Saint-Lambert-la-Potherie (04541X0016/PZ)	oui

* *Piézomètre utilisé dans le cadre de l'Arrêté Cadre Sécheresse (ACS)*

Les niveau piézométriques moyens mensuels et annuels sur la période indiquée sont présentés dans le tableau ci-après.

				HIVER					ETIAGE							Annuel
Piézo	Période		Nombre années	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	
Ballots (03555X6010/PZ1)	12/2003	12/2020	17	82.70	83.48	84.55	85.36	85.57	85.34	85.07	84.73	84.14	83.43	82.86	82.37	84.18
Daumeray (03925X0017/PZ)	01/2008	11/2020	13	48.48	48.38	48.46	48.74	49.07	49.25	49.27	49.22	49.13	49.01	48.82	48.64	48.87
Noyant-la-Gravoyère (04222X0108/PZ)	01/2008	11/2020	13	49.80	49.80	49.94	50.09	50.21	50.26	50.25	50.21	50.14	50.04	49.94	49.85	50.05
Champteussé-sur-Baconne (04231X0089/PZ)	01/2006	11/2020	15	43.49	44.35	45.44	46.34	47.01	47.31	47.22	46.63	45.50	44.33	43.47	43.08	45.35
Cheffes (04233X0066/P)	11/2014	12/2020	6	15.46	15.73	16.07	16.50	16.62	16.21	15.96	16.01	15.73	15.50	15.41	15.36	15.87
Montigné-les-Rairies (04242X0053/F)	01/2008	11/2020	13	48.48	48.38	48.46	48.74	49.07	49.25	49.27	49.22	49.13	49.01	48.82	48.64	48.87
Pontigné (04248X0022/F)	05/2004	11/2020	17	68.10	68.25	68.15	68.34	68.58	68.70	68.74	68.61	68.36	67.98	68.05	68.07	68.31
Vaulandry (04248X0053/PZ)				trop influencé												
La Cornuaille (04532X0051/PZ)	01/2006	11/2020	15	52.94	53.33	53.54	53.62	53.57	53.39	53.25	53.01	52.61	52.33	52.23	52.46	53
Saint-Lambert-la-Potherie (04541X0016/PZ)	01/2008	11/2020	13	54.03	54.26	54.53	54.72	54.81	54.77	54.70	54.59	54.33	54.02	53.86	53.83	54.37
Fontaine-Milon (04552X0111/PZ)	12/2003	12/2020	17	82.70	83.48	84.55	85.36	85.57	85.34	85.07	84.73	84.14	83.43	82.86	82.37	84.18

				HIVER						ETIAGE						Annuel
Brion (04553X0023/F)	05/2004	11/2020	17	43.04	43.06	43.15	43.31	43.47	43.60	43.67	43.66	43.56	43.39	43.22	43.09	43.35
Saint Pierre Montlimard (04831X0035/PZ)	01/2008	11/2020	13	84.57	84.75	85.42	85.93	86.25	86.25	86.11	85.87	85.54	85.20	84.89	84.65	85.46
Chemillé (04838X0175/PZ)	01/2006	11/2020	15	73.97	74.21	74.46	74.63	74.67	74.55	74.45	74.29	74.03	73.87	73.72	73.80	74.21
Chavagnes (04844X0081/PZ)	10/2014	12/2020	6	71.04	71.12	71.23	71.40	71.52	71.47	71.43	71.38	71.25	71.13	71.04	71.01	71.24
Louerre (04851X0091/PZ)	01/2008	11/2020	13	60.62	60.66	60.72	60.80	60.83	60.84	60.83	60.81	60.75	60.69	60.63	60.61	60.73
Villebernier (04854X0257/PZ)	01/2006	11/2020	15	25.18	25.45	25.70	25.89	25.97	25.92	25.85	25.70	25.39	25.09	24.96	25.01	25.5
Vivy (04854X0296/P)	06/2010	12/2020	11	27.63	27.91	28.16	28.35	28.38	28.25	28.25	28.09	27.76	27.47	27.29	27.36	27.89
Doué-la-Fontaine (04855X0077/PZ)	01/2006	11/2020	15	53.52	53.74	54.01	54.39	54.40	54.32	54.21	54.00	53.77	53.55	53.39	53.34	53.9
Doué-la-Fontaine (04856X0084/F)	05/2004	11/2020	17	58.64	58.68	58.92	59.17	59.45	59.58	59.53	59.37	59.07	58.89	58.68	58.66	59.04
Souzay-Champigny (04858X0135/PZ)	11/2010	12/2020	10	24.14	24.27	24.42	24.52	24.54	24.51	24.54	24.49	24.29	24.13	24.00	23.98	24.32
Saint Macaire en Mauges (05101X0129/PZ)	09/2012	12/2020	8	99.19	99.51	99.79	100.03	100.08	99.92	99.77	99.63	99.36	99.08	98.89	98.95	99.51
Montreuil-Bellay (05123X0545/PZ)	04/2006	10/2020	15	37.64	37.77	38.13	38.45	38.69	38.50	38.51	38.41	38.18	37.90	37.70	37.60	38.12

La moyenne, minimum et maximum des niveaux moyens mensuels minimum de chaque année (HMNA) et HMNA5 (loi gamma) pour chaque piézomètre est présenté dans le tableau ci-après.

Piézo	Période		Nombre années	moyenne des HMNA (mNGF)	min des HMNA (mNGF)	max des HMNA (mNGF)	HMNA5 (mNGF)
Ballots (03555X6010/PZ1)	12/2003	12/2020	17	82.17	80.4	83.7	81.39
Daumeray (03925X0017/PZ)	01/2008	11/2020	13	48.18	47.5	49.51	historique trop faible
Noyant-la-Gravoyère (04222X0108/PZ)	01/2008	11/2020	13	49.68	49.05	50.26	historique trop faible
Champteussé-sur-Baconne (04231X0089/PZ)	01/2006	11/2020	15	42.94	40.94	46.86	41.61
Cheffes (04233X0066/P)	11/2014	12/2020	6	historique trop faible			
Montigné-les-Rairies (04242X0053/F)	01/2008	11/2020	13	48.19	47.5	49.51	historique trop faible
Pontigné (04248X0022/F)	05/2004	11/2020	17	67.73	66.87	69.16	67.26
Vaulandry (04248X0053/PZ)				trop influencé			
La Cornuaille (04532X0051/PZ)	01/2006	11/2020	15	52.18	51.68	52.72	51.95
Saint-Lambert-la-Potherie (04541X0016/PZ)	01/2008	11/2020	13	53.78	53.16	54.26	historique trop faible
Fontaine-Milon (04552X0111/PZ)	12/2003	12/2020	17	82.17	80.44	83.75	81.39
Brion (04553X0023/F)	05/2004	11/2020	17	42.92	42.43	43.73	42.58
Saint Pierre Montlimard (04831X0035/PZ)	01/2008	11/2020	13	84.41	83.49	85.02	historique trop faible
Chemillé (04838X0175/PZ)	01/2006	11/2020	15	73.6	73.24	74.04	73.39
Chavagnes (04844X0081/PZ)	10/2014	12/2020	6	historique trop faible			
Louerre (04851X0091/PZ)	01/2008	11/2020	13	60.58	60.39	60.92	historique trop faible
Villebernier (04854X0257/PZ)	01/2006	11/2020	15	24.9	24.36	25.39	24.64
Vivy (04854X0296/P)	06/2010	12/2020	11	27.19	26.69	27.81	historique trop faible
Doué-la-Fontaine (04855X0077/PZ)	01/2006	11/2020	15	53.32	52.99	53.64	53.17
Doué-la-Fontaine (04856X0084/F)	05/2004	11/2020	17	58.4	57.68	59.16	58.03
Souzay-Champigny (04858X0135/PZ)	11/2010	12/2020	10	23.96	23.56	24.4	historique trop faible

Piézo	Période		Nombre années	moyenne des HMNA (mNGF)	min des HMNA (mNGF)	max des HMNA (mNGF)	HMNA5 (mNGF)
Saint Macaire en Mauges (05101X0129/PZ)	09/2012	12/2020	8	historique trop faible			
Montreuil-Bellay (05123X0545/PZ)	04/2006	10/2020	15	37.34	36.67	38.08	37

III.4.9. La sensibilité des principaux aquifères au changement climatique

III.4.9.1. Méthodologie

La sensibilité (ou inversement la résistance) des ressources en eau souterraine au manque d'alimentation (ou au surplus) dépend :

- des caractéristiques des aquifères (taille, perméabilité),
- des entrées (alimentations : recharge par les pluies ou apport de la rivière) et des sorties (restitution vers les rivières, vers les sources et prélèvements anthropiques).

Les fluctuations du niveau piézométrique traduisent le déséquilibre entre flux entrant et flux sortant. En analysant ce signal, il est possible de déterminer certaines caractéristiques de la nappe (variation potentielle de stock, inertie).

Différents outils d'analyse, précédemment développés par le BRGM dans la région Grand Est à l'aide du code R (https://www.r-project.org/), ont été utilisés. Ces outils permettent de caractériser la dynamique des nappes captées et leur sensibilité aux phénomènes extrêmes.

❑ 1er outil : battement historique observé au cours du temps
- Objectif : évaluer si les niveaux piézométriques varient considérablement au cours du temps
- Intérêt : quantifier la variation potentielle du stock
- Méthode : battement « historique » observé au cours de la chronique, c'est-à-dire la différence entre les niveaux piézométriques historiques maximum et minimum
- Limites : Sensible aux valeurs "atypiques" et si le piézomètre n'est pas représentatif de la nappe (car influencé par un prélèvement par exemple), alors cet indicateur peut s'avérer trompeur.

❑ 2ème outil : courbe de décharge et le calcul du temps de demi décroissance des niveaux
- Objectif : évaluer la vitesse de vidange (inertie lors de l'absence d'apport)
- Intérêt : estimer la résistance de la nappe au déficit pluviométrique
- Méthode : procédure automatisée créée par le brgm à partir d'une méthode manuelle
- Limite : présuppose une vidange exponentielle des niveaux piézométriques, nécessite des séries non influencées

❑ 3ème outil : le périodogramme
- Objectif : identifier les « cycles » principaux des séries piézométriques (saisonnier, interannuel) en lien avec la variabilité climatique

- Intérêt : mesurer la réactivité d'une nappe aux apports (et au manque d'apports)
- Méthode : périodogramme de Lomb-Scargle
- Limite : biais résultant de l'application sur des chroniques non homogènes (tendances, ruptures) ou trop courtes par rapport à la dynamique de la nappe

Ces outils ont été mis en œuvre sur les 18 piézomètres du département du Maine-et-Loire ayant au moins 12 ans d'historique et sur le piézomètre du département de la Mayenne, situé à Ballots (Socle) et utilisé sur le bassin de l'Oudon comme indicateur sécheresse. La figure ci-après présente les résultats de cette analyse pour le piézomètre St-Pierre-Montlimart (Socle). L'ensemble des résultats sont présentés en annexe 3.

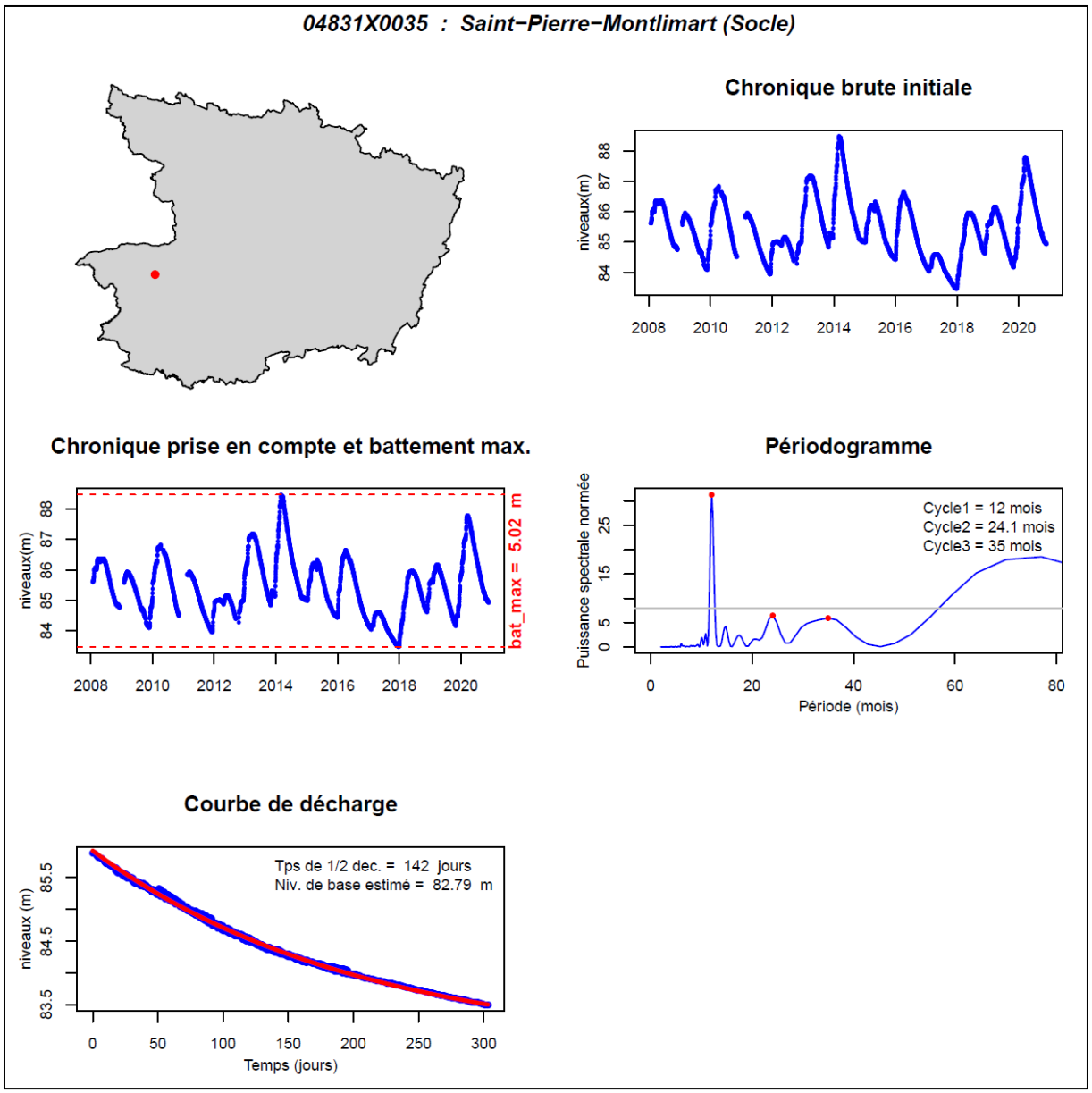


Figure 68 : Exemple de mise en œuvre des trois outils pour caractériser la sensibilité de la nappe au changement climatique (piézomètre de Saint-Pierre-Montlimart dans le Socle) (Source : BRGM, 2020)

En parallèle, une analyse bibliographique a été menée pour qualifier chaque aquifère selon ses paramètres hydrodynamiques.

La sensibilité à la sécheresse hydrogéologique a été définie à partir des critères décrits ci-dessus, variation du stock au cours du temps, vitesse de décharge et cyclicité. La variation du stock au cours du temps est qualifiée en trois classes (faible / moyenne / forte), en calculant la différence entre la cote maximale historique (Hmax) et la cote minimale historique ou le minimum absolu (Hmin) des niveaux piézométriques mesurés, en mètre NGF, cf tableau ci-dessous.

Battement historique	Classes
$H_{max} - H_{min} < 3$ m	faible
3 m $\leq H_{max} - H_{min} < 5$ m	moyenne
5 m $\leq H_{max} - H_{min} < 40$ m	forte

La sensibilité à la sécheresse (faible, moyenne et forte) est définie à partir de la classe de variation du stock. Puis, pour qualifier les ouvrages les plus inertiels, les deux critères vitesse de décharge et cyclicité sont croisées. Si la vitesse de décharge est supérieure à 60 jours et/ou si le périodogramme met en évidence une composante pluriannuelle, la sensibilité est qualifiée avec l'indication « avec inertie ».

III.4.9.2. Étude de la dynamique des aquifères de socle

Les propriétés hydrogéologiques des aquifères de socle sont hétérogènes car elles sont étroitement dépendantes des caractéristiques physiques de la partie superficielle des roches de socle (principalement liées aux processus d'altération et d'érosion subis dans le passé) et de la fissuration de la roche "saine" (densité et ouverture des discontinuités).
Les paramètres hydrodynamiques sont, dans le Maine-et-Loire, d'après l'analyse bibliographique, très variables selon le contexte et le degré de fissuration :

- Transmissivité de l'ordre de 4. 10^{-4} $m^2.s^{-1}$
- Coefficient d'emmagasinement de l'ordre de 4. 10^{-2} en contexte granitique / 5. 10^{-3} en contexte schisteux

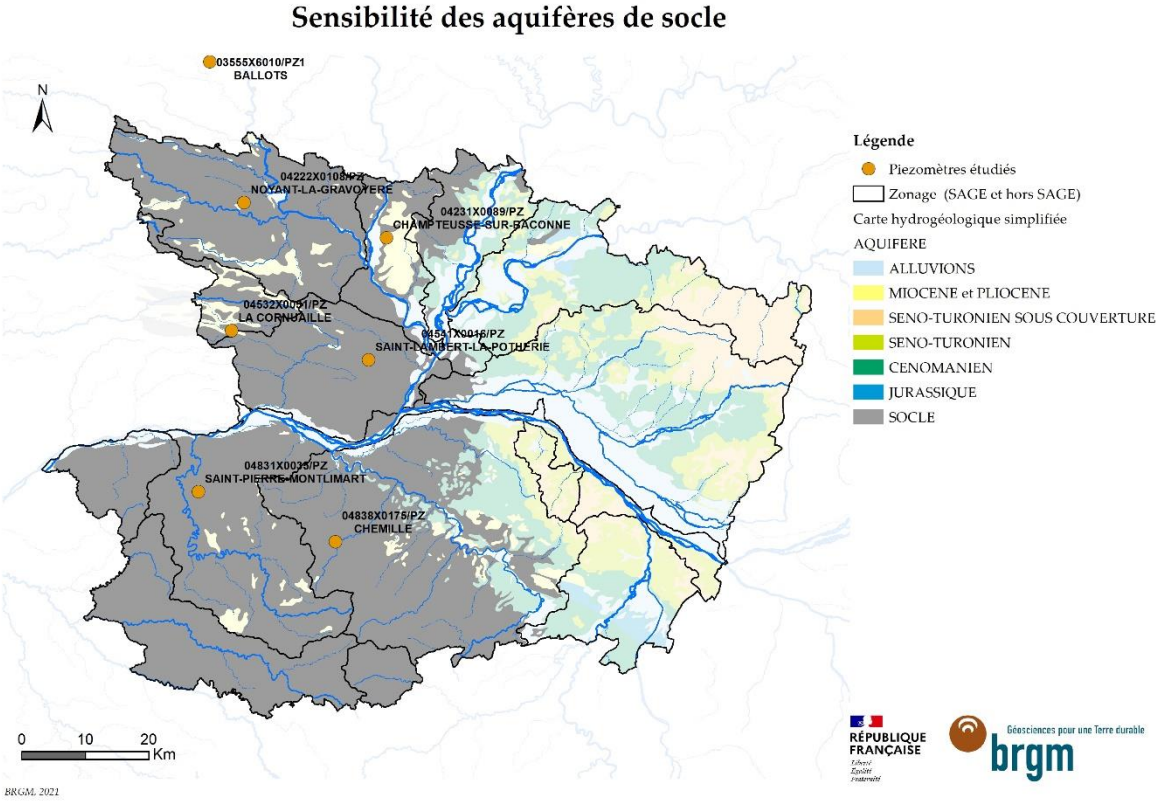


Figure 69 : Piézomètres étudiés pour caractériser la sensibilité des aquifères de socle (Source : BRGM, 2020)

Nom du piézomètre	Battement	Vidange	Périodogramme	Sensibilité
Ballots (53)	6.89 m	Environ 70 j (! incertitudes)	Comportement mixte (cycle annuel et composante pluriannuelle)	Forte avec inertie
Noyant-La-Gravoyere	*2.29 m*	/	*Très forte inertie*	*Non représentatif des aquifères de socle*
Champteusse-sur-Baconne	8.52 m	Environ 80 j (! incertitudes)	Comportement mixte (cycle annuel et composante pluriannuelle)	Forte avec inertie
La Cornuaille	2.77 m	/	Assez réactif (pas de composante pluriannuelle)	Faible
Saint-Lambert-la-Potherie	2.19 m	/	Assez réactif (pas de composante pluriannuelle)	Faible
Saint-Pierre-Montlimart	5.02 m	140 j	Comportement mixte (cycle annuel et composante pluriannuelle)	Forte avec inertie
Chemillé	2.11 m	/	Assez réactif (pas de composante pluriannuelle)	Faible

Dans le Socle (partie est du département), la sensibilité des ressources en eau souterraine au manque d'alimentation (ou au surplus) va donc être très hétérogène. Certains piézomètres traduisent une variation de stock qui peut être importante d'une année sur l'autre et une certaine inertie. La sensibilité de ces aquifères à une sécheresse prolongée va être assez forte (baisse non négligeable du niveau) mais va être retardée dans le temps (vitesse de vidange assez lente). A contrario, certains piézomètres traduisent une variation de stock plus faible (2 à 3 m) et une baisse beaucoup plus rapide (nappe très réactive). Pour ces nappes-là, qualifiée de moins sensibles, car les variations de stock sont moindres, la résistance à la sécheresse sera très faible.

L'étude des chroniques piézométriques confirment l'hétérogénéité du comportement des aquifères de socle.

III.4.9.3. Étude de la dynamique des aquifères sédimentaires (Calcaires du Jurassique moyen - Dogger)

Cet aquifère affleure peu. Il est libre à Montreuil-Bellay. Au Sud de la faille de Montreuil-Bellay, l'aquifère est captif sous les argiles de base du Cénomanien ; au Nord, il devient captif sous les marnes de l'Oxfordien moyen et sous recouvrement du Cénomanien (transgressif).
Les eaux souterraines circulent à la faveur des réseaux de fractures et de fissures affectant les calcaires : la productivité est donc variable car elle dépend du degré de fissuration de la roche. Les quelques forages qui exploitent l'eau de cette nappe fournissent des débits compris entre 15 et 70 $m^3.h^{-1}$. 21 valeurs de transmissivité ont été collectées, mais aucune valeur de coefficient d'emmagasinement. Les transmissivités sont en moyenne de 3. 10^{-3} $m^2.s^{-1}$ (valeur min : $1.2.10^{-4}$ $m^2.s^{-1}$ et valeur max : $7.1.10^{-2}$ $m^2.s^{-1}$).

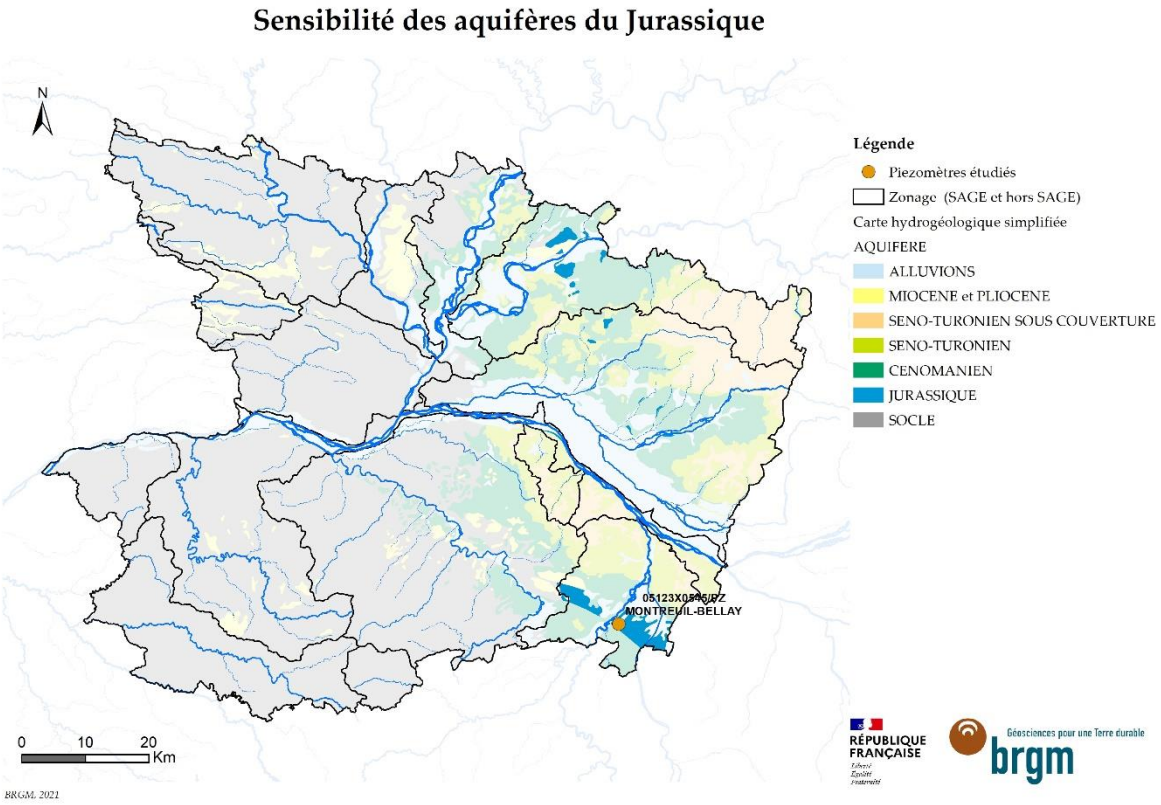


Figure 70 : Piézomètre étudié pour caractériser la sensibilité des aquifères du Jurassique (Source : BRGM, 2020)

Nom du piézomètre	Battement	Vidange	Périodogramme	Sensibilité
Montreuil-Bellay	3.89 m	/	Comportement mixte (cycle annuel et composante pluriannuelle)	Moyenne avec inertie

Un seul piézomètre suit cet aquifère, il est situé dans la partie libre et montre un réservoir assez inertiel avec une variation de stock moyenne (environ 4m).

III.4.9.4. Étude de la dynamique des aquifères sédimentaires (Sables du Cénomanien inférieur à moyen)

La nappe des sables du Cénomanien est alimentée d'une part par les pluies efficaces et les cours d'eau au niveau des affleurements et, d'autre part, par drainance, c'est-à-dire verticalement à travers des aquifères sous-jacents (Calcaires du Jurassique) ou sus-jacents (Craie du Séno-Turonien). La productivité de l'aquifère, généralement bonne, dépend de l'épaisseur des sables et de leur teneur en argile dans les zones d'affleurement. En domaine captif, les débits restent élevés.

168 valeurs de transmissivité ont été collectées, elles varient de $2.5.10^{-5}$ $m^2.s^{-1}$ à $7.4.10^{-2}$ $m^2.s^{-1}$ (Valeur moyenne : $5.5.10^{-3}$ $m^2.s^{-1}$).

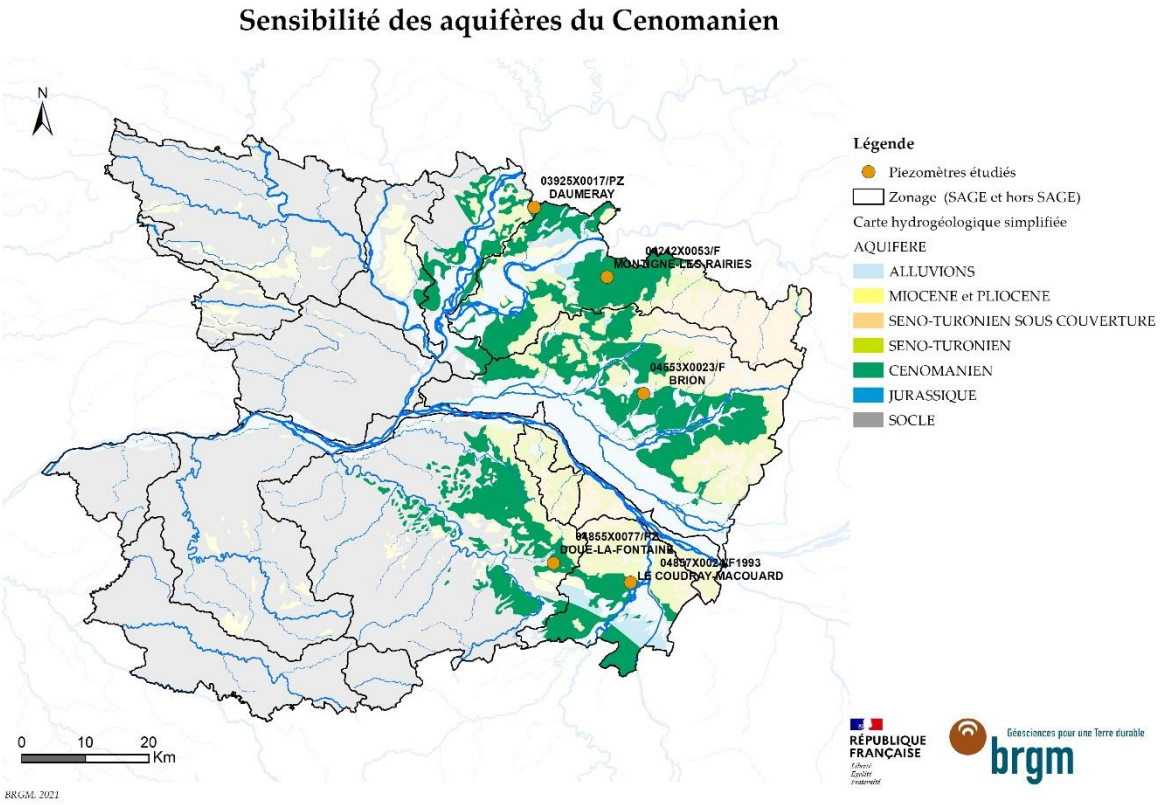


Figure 71 : Piézomètres étudiés pour caractériser la sensibilité des aquifères du Cénomanien (Source : BRGM, 2020)

Nom du piézomètre	Battement	Vidange	Périodogramme	Sensibilité
Daumeray	3.79 m	/	Comportement à dominante pluriannuelle	Moyenne avec inertie
Montigné-Les-Rairies	1.85 m	/	Comportement mixte (cycle annuel et composante pluriannuelle)	Faible avec inertie
Brion	2.17 m	/	Comportement à dominante pluriannuelle	Faible avec inertie
Doué-la-Fontaine	1.86 m	Environ 90 j (! incertitudes)	Comportement mixte (cycle annuel et composante pluriannuelle)	Faible avec inertie
Le Coudray Macouard	/	/	/	Non représentatif, trop influencé

La sensibilité de la nappe des sables du cénomanien aux sécheresses climatiques est plutôt faible : la variation de stock entre une année excédentaire et une année déficitaire n'est pas très importante. Ceci confirme que cette nappe est alimentée non seulement par la pluie mais aussi par les cours d'eau et par drainance verticale. Et en plus, la nappe est dotée d'inertie, elle résistera donc assez bien au début des sécheresses.

III.4.9.5. Étude de la dynamique des aquifères sédimentaires (Craie du Turonien et Sables du Sénonien)

La craie sableuse du Sénonien-Turonien est un ensemble très épais (plus de 150 m au centre de la Touraine) mais de composition verticale inégale. Les principales subdivisions sont :

- Sénonien : Craie blanche à silex, sables
- Turonien supérieur : Tuffeau de Touraine
- Turonien moyen : Craie se chargeant progressivement en argile vers sa base
- Turonien inférieur : Craie marneuse, pratiquement imperméable.

Bien que poreuse, la craie est intrinsèquement peu perméable ; elle n'est aquifère que par une perméabilité secondaire créée par la fissuration de la roche, condition rencontrée sur les structures faillées, ou par altération, laquelle est maximale dans les axes de drainage et en particulier dans les vallées des cours d'eau permanents. 10 valeurs de transmissivité ont été collectées, elles se situent entre $4.5.10^{-4}$ $m^2.s^{-1}$ et 5.10^{-3} $m^2.s^{-1}$ (Valeur moy : $1.9.10^{-3}$ $m^2.s^{-1}$).

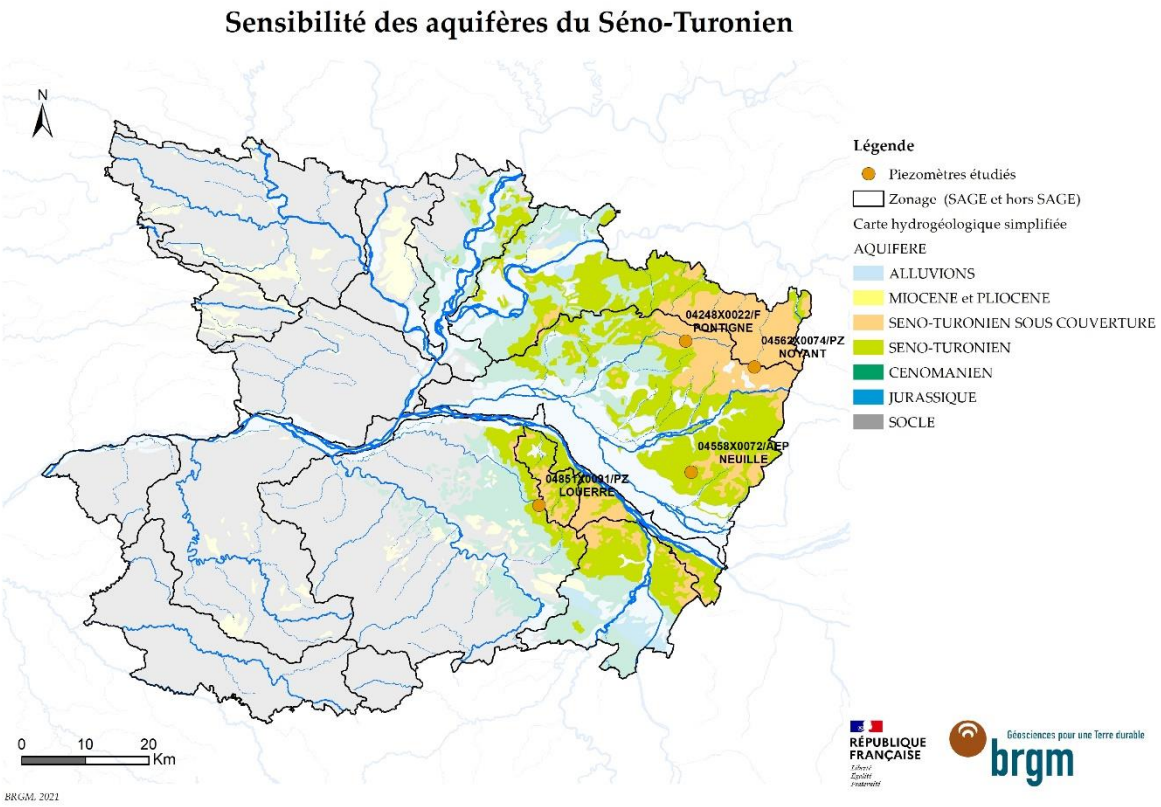


Figure 72 : Piézomètres étudiés pour caractériser la sensibilité des aquifères du Séno-Turonien (Source : BRGM, 2020)

Nom du piézomètre	Battement	Vidange	Périodogramme	Sensibilité
Pontigné	3.03 m	/	/	Chronique trop influencée
Neuillé	/	/	/	Chronique trop influencée
Noyant	5.27 m	/	/	Chronique trop influencée
Louerre	1.05 m	/	Comportement mixte (cycle annuel et composante pluriannuelle)	Faible avec inertie

Les piézomètres qui suivent la nappe de la craie sableuse du Séno-Turonien, avec un historique de plus de 12 ans, sont tous influencés, il est donc difficile de caractériser la sensibilité de cette ressource aux sécheresses météorologiques. Il semblerait toutefois qu'il y ait une certaine inertie et des battements très variables selon l'épaisseur des formations du Séno-Turonien. Le comportement naturel de l'aquifère reste assez mal connu, les nouveaux piézomètres permettront sûrement de mieux suivre cette ressource importante.

III.4.9.6. Étude de la dynamique des aquifères dans les formations du tertiaires (Faluns du Miocène et Sables du Pliocène)

Les formations tertiaires sont caractérisées par leur lithologie, à savoir des marnes et calcaires éocènes, des faluns miocènes et des sables pliocènes. Elles sont très localisées. Etant donné l'extension et l'épaisseur de ces formations aquifères, le Pliocène et le Miocène ne constituent pas une réserve importante en eau souterraine à l'échelle du département, mais ces formations présentent néanmoins de bonnes caractéristiques hydrodynamiques et peuvent avoir un intérêt localement. Trois valeurs de transmissivités ont été recensées, de l'ordre de grandeur de 4.10^{-3} $m^2.s^{-1}$.

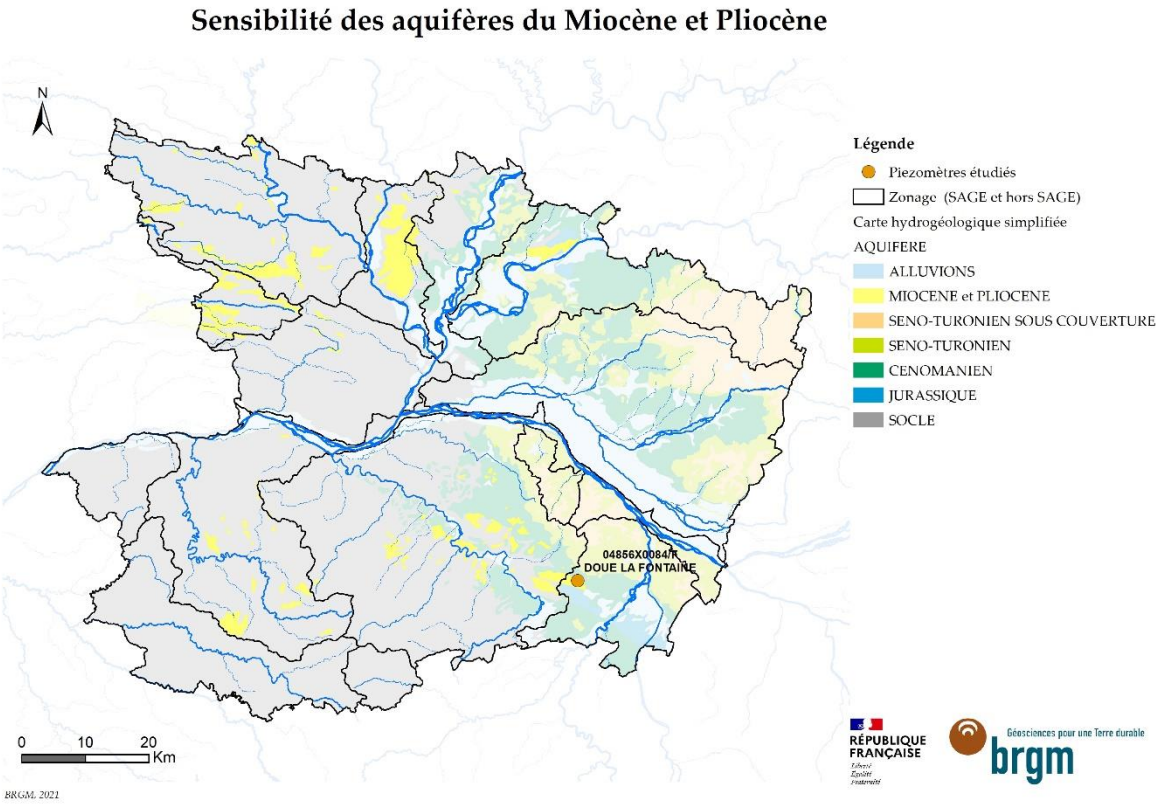


Figure 73 : Piézomètre étudié pour caractériser la sensibilité des formations du tertiaire (Source : BRGM, 2020)

Nom du piézomètre	Battement	Vidange	Périodogramme	Sensibilité
Doué-la-Fontaine	3.56 m	Environ 200 j (! incertitudes)	Comportement à composante pluriannuelle	Moyenne avec inertie

Un seul piézomètre suit l'aquifère du Miocène, il est situé dans les faluns à Doué-la-Fontaine, ses fluctuations montrent un réservoir assez inertiel avec une variation de stock moyenne (3,6 m).

III.4.9.7. Étude de la dynamique des aquifères alluviaux (alluvions de la Loire et de la Sarthe)

Les alluvions de la Loire et de la Sarthe constituent un excellent aquifère. Les alluvions de la Loire sont assez hétérogènes car transmissivité, perméabilité et coefficient d'emmagasinement sont variables en fonction de l'épaisseur des formations, de l'éloignement par rapport au fleuve et de la constitution de la séquence sable/jalle/sable. Globalement, les caractéristiques hydrodynamiques de cet aquifère sont bonnes : Transmissivité comprise entre 0,09 et 0,0045 $m^2.s^{-1}$; Coefficient d'emmagasinement compris entre 2% et 16%.

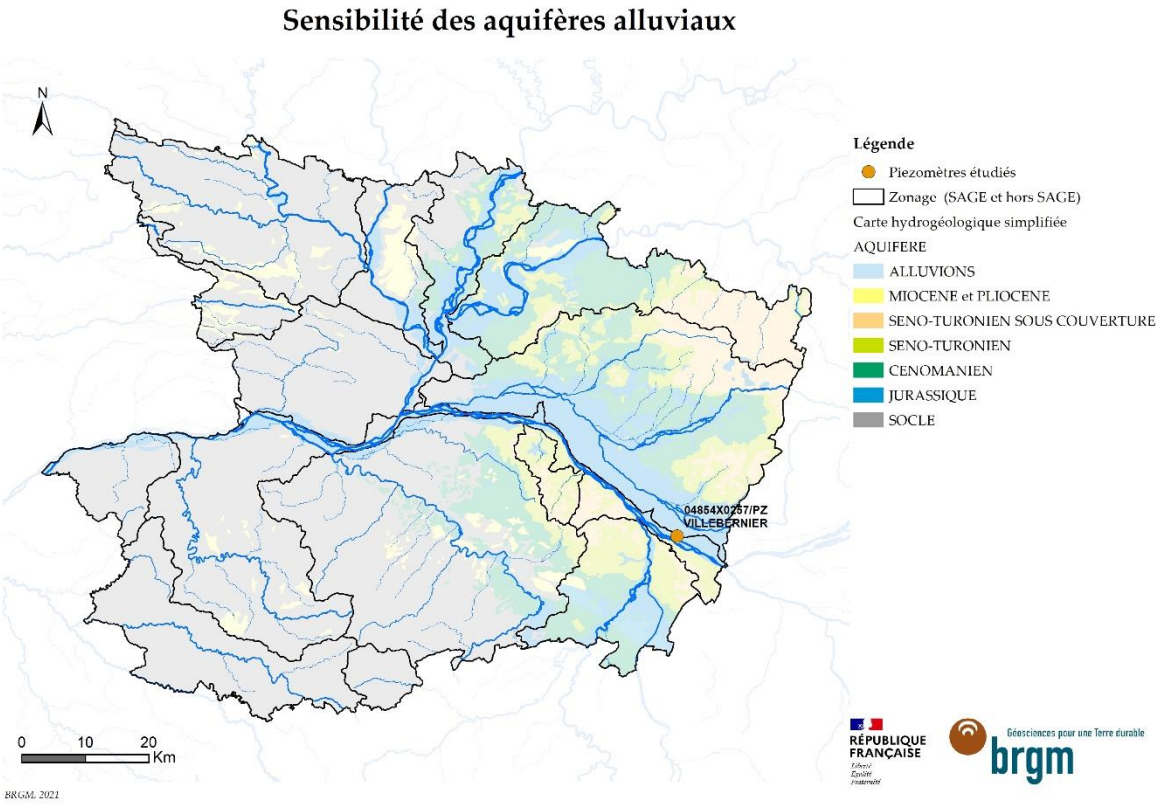


Figure 74 : Piézomètre étudié pour caractériser la sensibilité des formations alluviales (Source : BRGM, 2020)

Nom du piézomètre	Battement	Vidange	Périodogramme	Sensibilité
Villebernier	2.33 m	/	Comportement mixte (avec un cycle annuel dominant)	Faible

Un seul piézomètre a été analysé, il montre une variation de stock faible (2.33 m) et une nappe assez réactive, ce qui est bien représentatif des alluvions. La nappe alluviale est alimentée non seulement par la pluie mais aussi par le fleuve et est donc moins sensible à une sécheresse météorologique.

III.4.9.8. Synthèse sur la sensibilité des aquifères du Maine-et-Loire au changement climatique

Le département possède de nombreuses ressources en eau souterraine, avec des caractéristiques très différentes. Certaines nappes sont très en lien avec les cours d'eau (échanges tout au long de l'année) et vont aussi drainer le cours d'eau en étiage (nappe alluviale, nappe des sables du Cénomanien). Alors que certaines dépendent essentiellement, pour leur alimentation, de la recharge par les précipitations (aquifères de socle par exemple).

Globalement les nappes dans le sédimentaire sont dotées d'une bonne inertie : quand elles fonctionnent naturellement, elles ne vont pas se vidanger très rapidement suite à un phénomène de sécheresses.

Certains aquifères sont des réservoirs de taille importante avec de bonnes propriétés hydrodynamiques (craie sableuses du Séno-Turonien, sables du Cénomanien, alluvions de la Loire et de la Sarthe) et d'autres sont beaucoup plus localisés, mais leurs bonnes propriétés en font aussi des réservoirs intéressants localement. En effet, les valeurs de coefficient d'emmagasinement et de transmissivité (liées à la productivité des captages) sont des indices qui définissent l'aptitude de l'aquifère à stocker et à délivrer de l'eau.

L'influence des prélèvements est très visible sur tous les ouvrages captant la nappe de la craie sableuse du Séno-Turonien. La manière dont la nappe se vidange est donc difficile à caractériser.

Dans ce secteur, à l'ouest du département (ouvrages du Coudray Macouard, de Pontigné, de Neuillé et de Noyant), les activités anthropiques ont un impact sur les niveaux d'eau souterraine. Des problèmes quantitatifs ont déjà été rencontrés, par exemple durant l'été 2019 sur le bassin versant de l'Authion entraînant la mise en place de restrictions des prélèvements pour assurer la continuité de la distribution d'eau potable sur le territoire de Noyant Villages. L'influence des prélèvements sur la ressource n'a pas pu être quantifiée dans le cadre de cette étude globale sur les aquifères du Maine-et-Loire.

III.4.10. État quantitatif futur des eaux souterraines

Les résultats de deux projets réalisées au niveau national (AquiFR) et à l'échelle du bassin versant Loire Bretagne (ICC HydroQual, 2010 complété par Loire thermique 2016-2019) sont étudiés dans le cadre de cette étude.

III.4.10.1. Présentation du projet AquiFR.

En 2018, une étude sur l'évolution future de la ressource en eau souterraine avec la plate-forme AquiFR a été réalisée par Habets et al. (2018). Dans le département du Maine-et-Loire, les charges piézométriques mensuelles simulées par le modèle « Loire » dans le cadre de cette étude nationale ont pu être récupérées et analysées.

Ce projet est multipartenaire est inclus la participation de plusieurs organismes de recherche (Météo France, le CNRS, l'ENS Paris, le BRGM, MINES ParisTech, le CERFACS, Géosciences Rennes, le LHYGES de Strasbourg)

Le modèle « Loire » de la plate-forme AquiFR a été initialement développé à l'Ecole des Mines de Paris dans le cadre de la thèse de Céline Monteil en 2011 avec le code de calcul EauDyssée pour le compte d'EDF. Il comprend un maillage souterrain composé de trois couches superposées représentant l'aquifère de Beauce, l'aquifère de la Craie et le Cénomanien. La résolution spatiale de ce maillage s'échelonne de 1 à 4 km. La figure suivante montre l'étendue du maillage souterrain et les couches affleurantes du modèle (seule la partie est sédimentaire du département du Maine-et-Loire est représentée par le modèle).

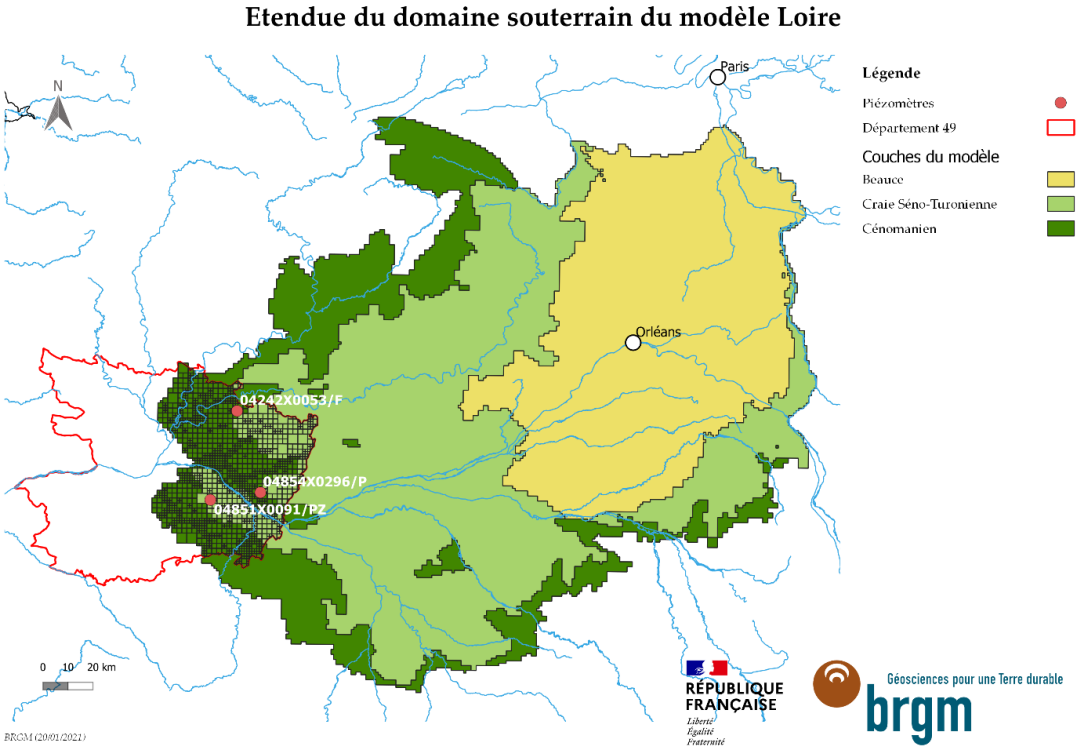


Figure 75 : Étendue du domaine souterrain représenté dans le modèle Loire d'AquiFR. Le maillage du modèle est représenté sur la partie correspondant au département 49 (Source : BRGM, 2020)

III.4.10.2. Incertitude dans les études d'impact

La chaîne de modélisation aboutissant à la production de ces projections hydrologiques régionalisées s'appuie sur des simulations de modèles climatiques à l'échelle du globe, eux-mêmes conditionnés par des hypothèses de développement socio-économique, ainsi que sur une méthode de régionalisation. L'enchaînement des mailles de cette chaîne introduit à chaque étape une source d'incertitude de sorte que cette dernière augmente au fur et à mesure que l'on descend la chaîne de modélisation (cf figure ci-après).

Dans la version actuelle du modèle Loire implémentée dans AquiFR, la pluie efficace est calculée par le modèle de surface Surfex (Le Moigne et al., 2020) sur une grille de résolution 8 km. Ce modèle n'a pas fait l'objet d'une recalibration vis-à-vis de cette pluie efficace spatialisée, ce qui engendre une source d'incertitude supplémentaire pour l'interprétation des résultats de l'étude d'impact du changement climatique avec ce modèle.

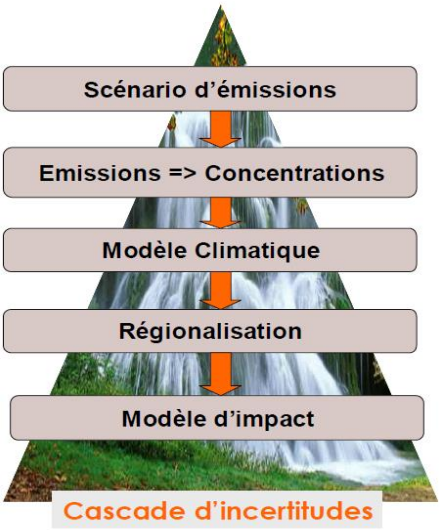


Figure 76 : Cascade des incertitudes pour une étude d'impact du changement climatique (Source : Boé, 2017)

III.4.10.3. Méthodologie

Les projections hydrologiques réalisées par Habets et al. (2018) à partir des simulations Surfex fournies par Météo France comprennent au total deux ensembles de projections couvrant la période 1950 – 2100. Ces deux ensembles correspondent aux deux scénarios d'émission de gaz à effet de serre (GES) RCP 4.5 et RCP 8.5.

Le scénario RCP 4.5 correspond à un scénario médian ayant comme objectif une limitation de la hausse de la température globale moyenne de l'air à 2 °C d'ici à la fin du siècle.

Le scénario RCP 8.5 est le scénario le plus pessimiste basé sur une politique du « laisser-faire » et table sur une hausse de plus de 4 °C.

L'ensemble correspondant au scénario RCP 4.5 contient 15 projections hydrologiques, basées sur 15 modèles climatiques et régionalisés par Dayon et al. (2015) et celui correspondant au scénario RCP 8.5 contient 14 projections hydrologiques, également basées sur 14 modèles climatiques et régionalisés avec la même méthode.

Il est d'usage d'évaluer les changements futurs par rapport à la période actuelle en se basant sur des moyennes temporelles calculées sur des fenêtres de l'ordre de plusieurs dizaines d'années. En climatologie, les normales de références sont calculées sur des périodes de 30 ans. Dans la présente analyse de résultats, les changements climatiques futurs sont analysés sur deux périodes de 30 ans à moyennes (2040 – 2069) et longues (2070 – 2099) échéances par rapport à une période de référence (1976 – 2005) de 30 ans. Les scénarios RCPs comprennent chacun une période historique de 1950 à 2005 basée sur des observations de GES, ce qui justifie la date de fin de la période référence fixée à 2005, et une période future de 2006 à 2100 correspondant au scénario prospectif.

III.4.10.4. Impacts sur la piézométrie

Les incertitudes mentionnées précédemment font que la comparaison au niveau d'un piézomètre reste un exercice délicat. Néanmoins, l'évolution du climat futur est présentée pour une sélection de trois piézomètres dans le Séno-Turonien (04851X0091/PZ), le Cénomanien (04242X0053/F) et les Alluvions de la Loire (04854X0296/P). Cette évolution est également présentée en moyenne sur tous le domaine souterrain modélisé. La figure ci-après présente l'évolution en moyenne annuelle du niveau piézométrique aux trois piézomètres et en moyenne spatiale sur toutes les mailles du domaine souterrain simulé sur le département, pour les deux scénarios RCP 4.5 et RCP 8.5. Les enveloppes représentent la mesure de la dispersion de l'ensemble des simulations autour de la moyenne d'ensemble pour chaque scénario.

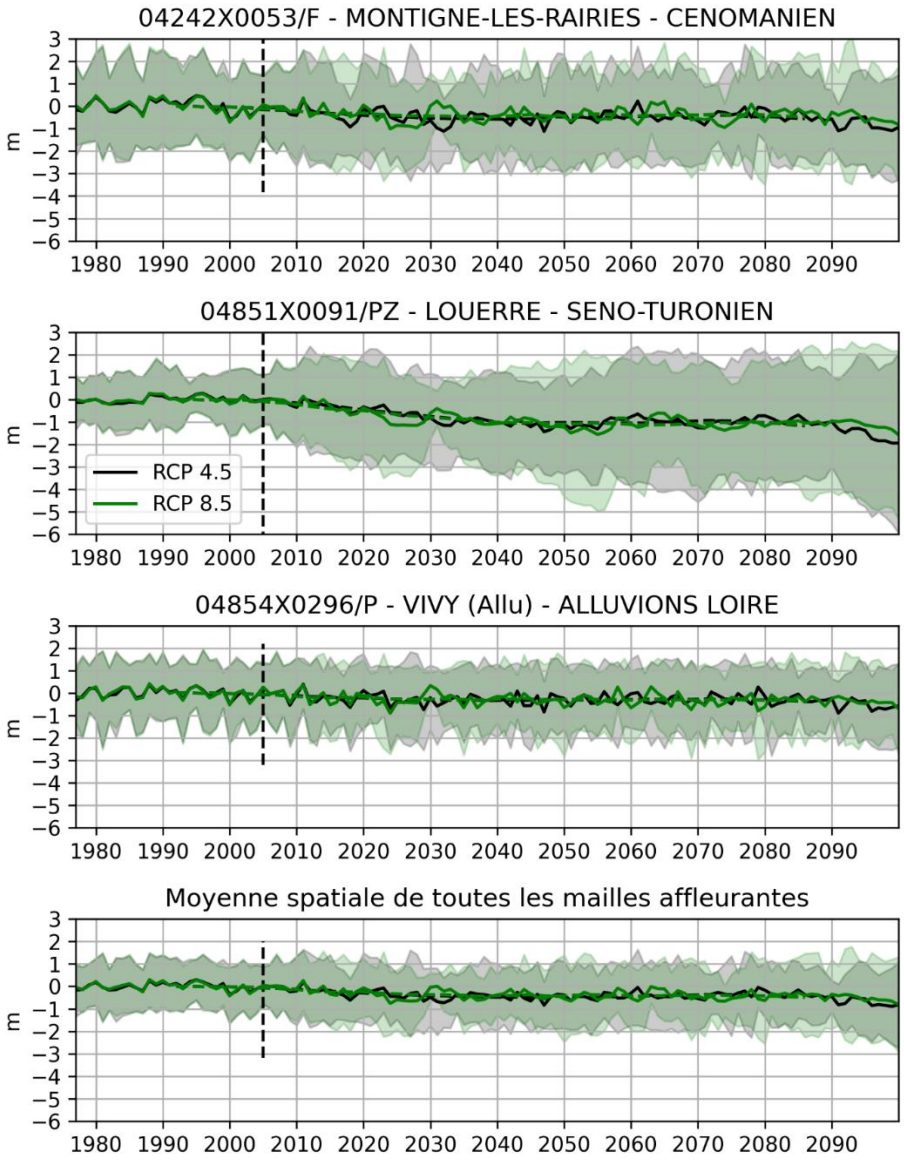


Figure 77 : Évolution des charges piézométriques en moyenne annuelle pour les deux scénarios RCP 4.5 (noir) et RCP 8.5 (vert) sur la période 1975 – 2100 pour les 3 piézomètres et pour la moyenne spatiale de toutes les mailles souterraines affleurantes. L'évolution est donnée en anomalie par rapport à la moyenne 1976 – 2005. Les enveloppes correspondent à l'estimation à [5-95 %] de la plage d'incertitude, centrée autour de la moyenne d'ensemble des simulation, estimé à 1.64 fois l'écart type entre les simulations. Les trais pointillés correspondent à une moyenne mobile de 30 ans (Source : BRGM, 2020)

La moyenne des scénarios montre une baisse du niveau annuel comprise entre 0 et 1 m d'ici à la fin du siècle quel que soit le scénario envisagé, pour les trois piézomètres ainsi que sur l'ensemble du domaine. Parmi les trois piézomètres proposés, le piézomètre le plus impacté est celui du Séno-Turonien.

La dispersion des modèles par rapport aux charges moyennes annuelles est du même ordre de grandeur quelle que soit la période de temps considérée, excepté pour le piézomètre de Louerre du Séno-Turonien où elle augmente au cours de la période future.

Le tableau suivant présente l'écart des charges piézométriques en moyenne annuelle sur 30 ans pour les deux périodes futures à moyennes et longues échéances par rapport à la période de référence. Ces écarts sont calculés à partir de la moyenne de l'ensemble des simulations de chaque scénario RCP. De plus, les valeurs entre crochets correspondent aux écarts minimums et maximums de l'ensemble des simulations pour chaque RCP.

		04242X0053/F *Cénomanien à Brion*	**04851X0091/PZ** *Séno-Turonien à Louerre*	**04854X0296/P** *Alluvions de la Loire à Vivy*	**Mailles**
2040-2069	**RCP 4.5**	-0.50 [-1.37;0.11]	-1.05 [-3.97;-0.02]	-0.31 [-0.88;0.08]	-0.46 [-1.30;-0.01]
	RCP 8.5	-0.35 [-1.45;0.69]	-1.06 [-4.63;0.15]	-0.28 [-0.98;0.18]	-0.38 [-1.47;0.30]
2070-2099	**RCP 4.5**	-0.55 [-1.31;0.47]	-1.17 [-4.53;0.38]	-0.37 [-0.89;0.08]	-0.48 [-1.36;0.21]
	RCP 8.5	-0.46 [-2.03;0.55]	-1.12 [-4.41;0.77]	-0.35 [-1.26;0.29]	-0.48 [-1.58;0.42]

Les écarts moyens sont tous négatifs. Le piézomètre 04851X0091/PZ (Séno-Turonien) semble être le plus impacté par l'évolution future du climat avec une baisse du niveau moyen de plus d'1 m. Le scénario le plus pessimiste table sur une baisse de plus de 4 m par rapport à la période de référence.

Pour l'ensemble des résultats, les baisses s'accentuent à l'échéance 2070-2099. On note également que le scénario RCP 4.5 présente des résultats plus pessimistes que le scénario RCP 8.5, avec toutefois une plage d'incertitude plus grande que le scénario RCP 4.5.

En complément, le tableau suivant fournit la part des simulations prévoyant une baisse de niveau (écart négatif) dans le futur parmi l'ensemble des simulations de chaque scénario RCP. A minima 70 % des simulations s'accordent à un écart négatif quelle que soit la configuration donnée.

		04242X0053/F *Cénomanien à Brion*	**04851X0091/PZ** *Séno-Turonien à Louerre*	**04854X0296/P** *Alluvions de la Loire à Vivy*	**Mailles**
2040-2069	**RCP 4.5**	80 %	100 %	80 %	100 %
	RCP 8.5	79 %	86 %	86 %	79 %
2070-2099	**RCP 4.5**	93 %	80 %	93 %	87 %
	RCP 8.5	71 %	71 %	86 %	71 %

Les figures ci-après présentent l'évolution des cycles saisonniers moyens mensuels des niveaux piézométriques, en valeur absolue et en anomalies par rapport à la période de référence, pour les simulations RCP 4.5 et RCP 8.5. Ces graphiques sont obtenus en moyennant sur chaque période de 30 ans les 30 valeurs de chaque mois (mois de janvier, de février, etc.).

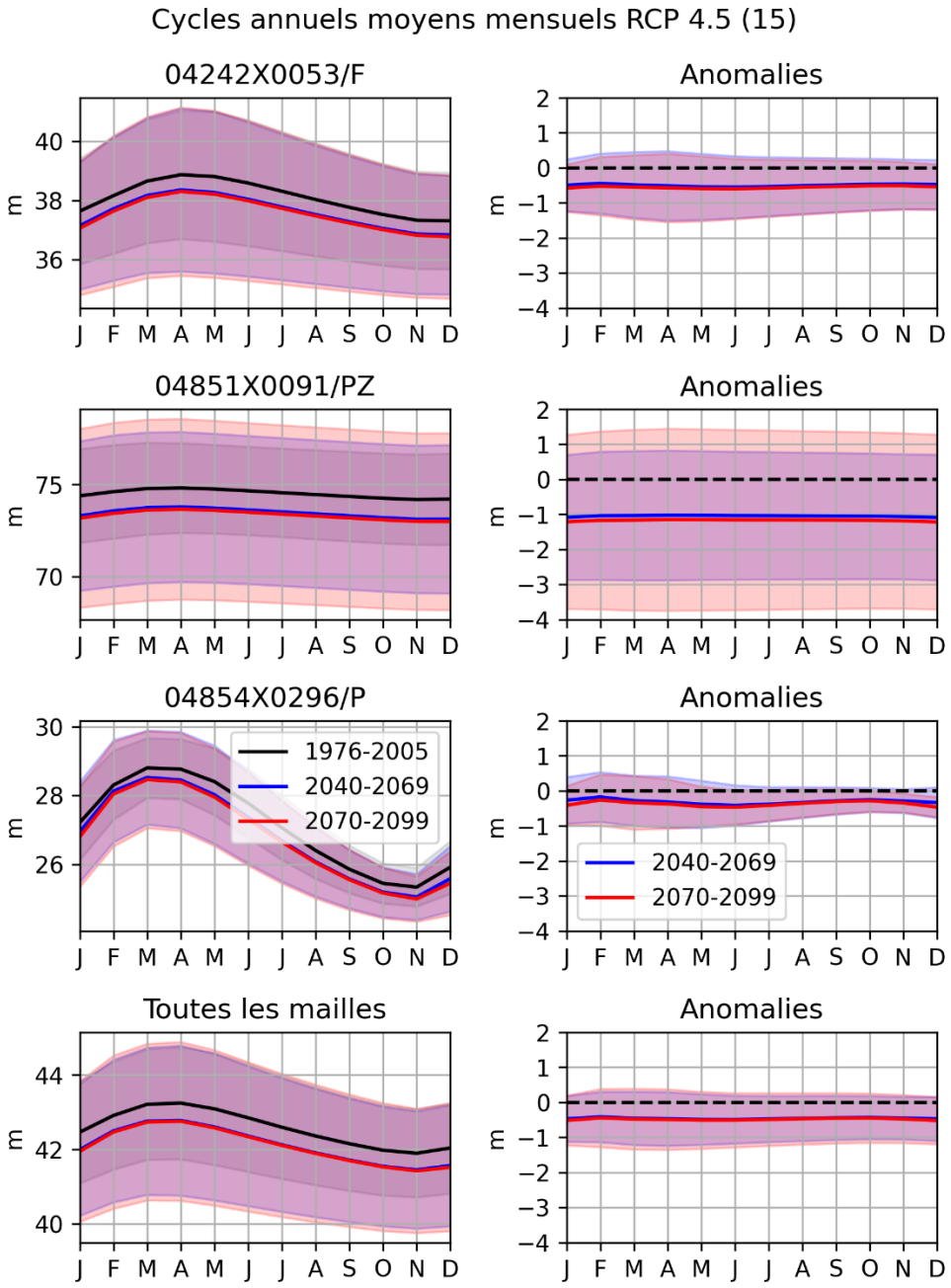


Figure 78 : Cycles saisonniers moyens des variations de charges piézométriques mensuelles moyennées pour le scénario RCP 4.5 en valeur absolue et en anomalie par rapport à la période de référence. Les traits pleins représentent les moyennes d'ensemble et les enveloppes l'estimation à [5-95 %] de la plage d'incertitude, centrée sur la moyenne d'ensemble, estimée à 1.64 fois l'écart-type des simulations (Source : BRGM, 2020)

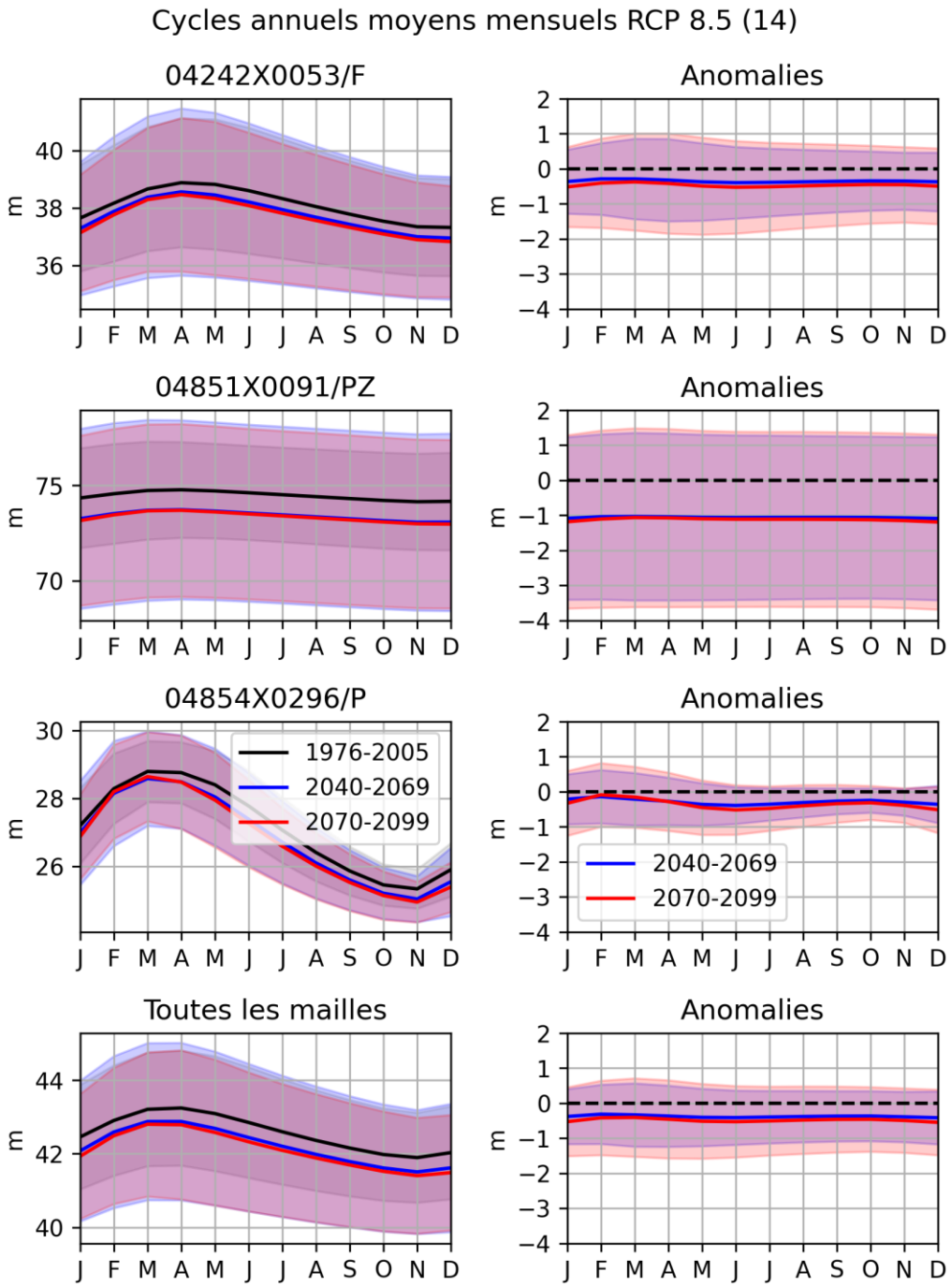


Figure 79 : Cycles saisonniers moyens des variations de charges piézométriques mensuelles moyennées pour le scénario RCP 8.5 en valeur absolue et en anomalie par rapport à la période de référence. Les traits pleins représetnent les moyennes d'ensemble et les enveloppes l'estimation à [5-95 %] de la plage d'incertitude, centrée sur la moyenne d'ensemble, estimée à 1.64 fois l'écart-type des simulations (Source : BRGM, 2020)

On observe une saisonnalité pour le piézomètre des alluvions de la Loire avec des écarts plus importants en période estivale. Pour les autres piézomètres, les écarts restent constants en toute saison.

Les figures ci-après montrent les cartes d'anomalies de charges piézométriques en moyenne d'ensemble entre la période 2070-2099 et la période 1976-2005 sur le domaine simulé, respectivement pour les simulations RCP 4.5 et RCP 8.5. Elles permettent d'apprécier la répartition spatiale des impacts du climat sur les niveaux moyens de piézomètre. Les baisses apparaissent en général sur les reliefs entre les cours d'eau. Elles peuvent aller jusqu'à 4 mètres sur certain relief. Aucune baisse n'est apparente au niveau de la plaine alluviale de la Loire.

En complément, la figure 81 montre la répartition spatiale des écarts-types des simulations du scénario RCP 8.5 à échéance 2070-2099 et permet d'apprécier la dispersion de l'ensemble de simulations dans l'espace.

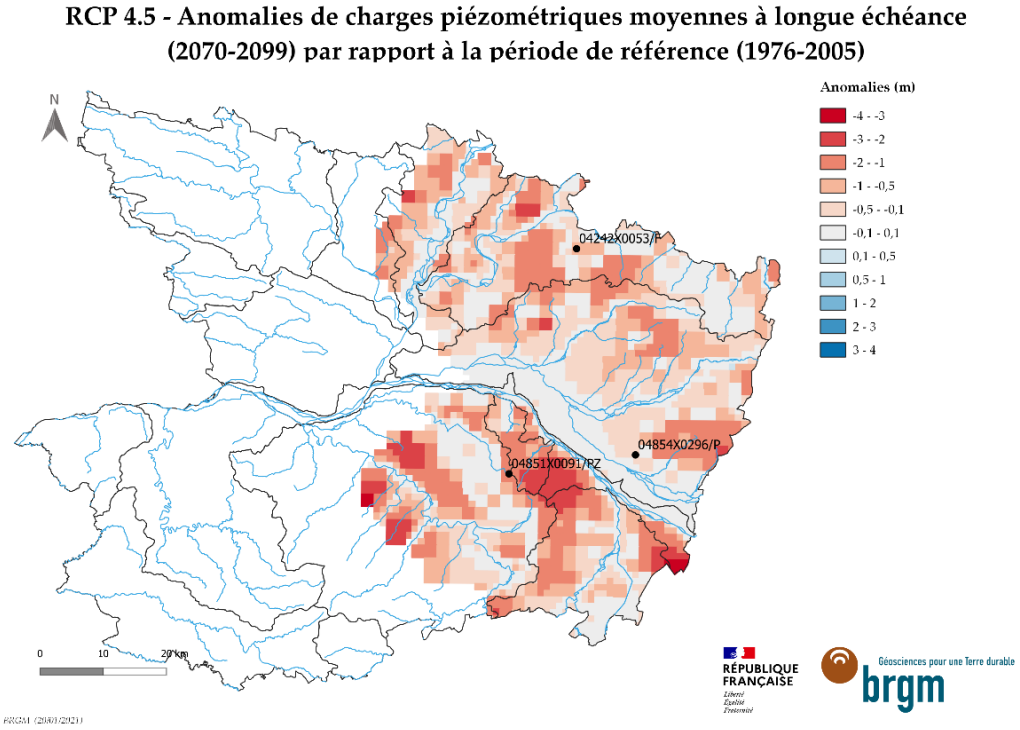


Figure 80 : Anomalies de charges piézométriques moyennes sur 30 ans entre la période 2070-2099 et la période 1976-2005 pour l'ensemble des mailles du domaine simulé et pour la moyenne des simulations RCP 4.5 (Source : BRGM, 2020)

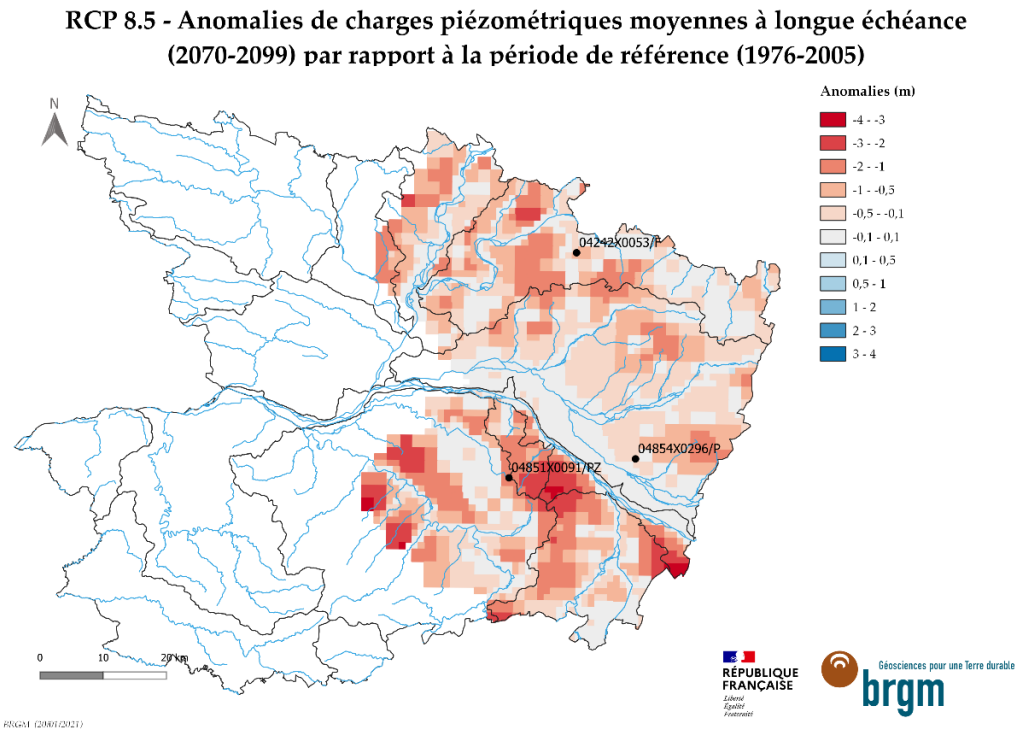


Figure 81 : Anomalies de charges piézométriques moyennes sur 30 ans entre la période 2070-2099 et la période 1976-2005 pour l'ensemble des mailles du domaine simulé et pour la moyenne des simulations RCP 8.5 (Source : BRGM, 2020)

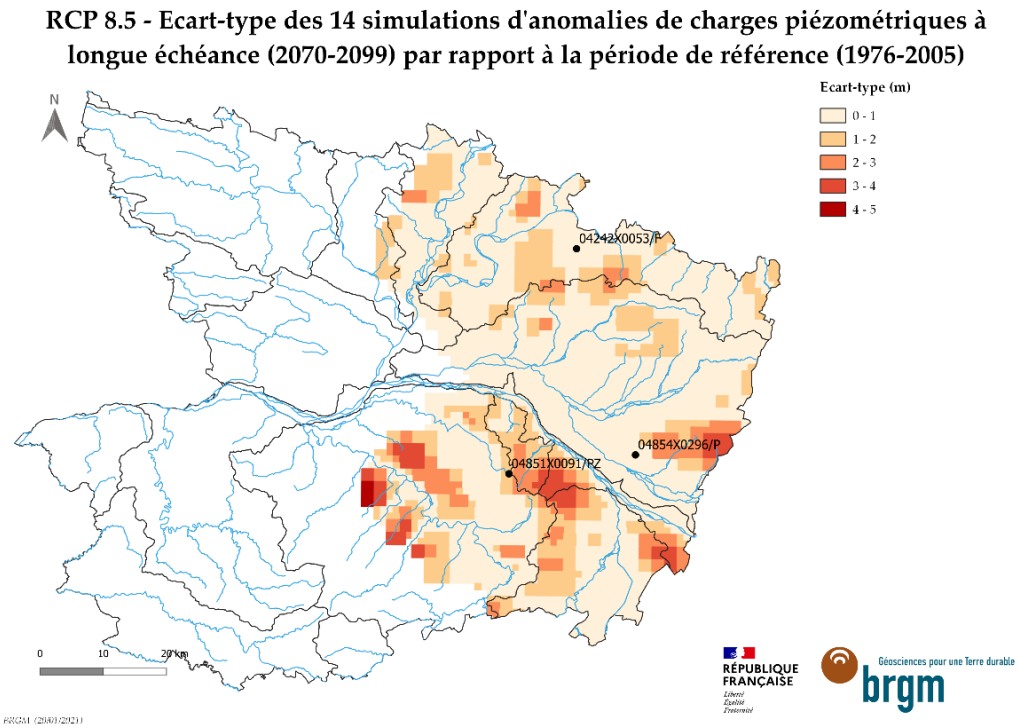


Figure 82 : Écart type des anomalies de charges piézométriques moyennes sur 30 ans entre la période 2070-2099 et la période 1976-2005 pour l'ensemble des mailles du domaine simulé, calculé à partir des simulations RCP 8.5 (Source : BRGM, 2020)

III.4.10.5. Présentation du modèle EROS-Loire

Le code de calcul EROS du BRGM (Thiéry, 2018a, http://eros.brgm.fr/) permet de simuler simultanément les débits de cours d'eau et les niveaux piézométriques dans un bassin versant découpé en sous-bassins interconnectés en grappes. Le débit à l'exutoire d'un sous-bassin est égal au débit résultant du bilan de la pluie et de l'évapotranspiration potentielle (ETP) sur le sous-bassin auquel se rajoute la somme des débits des sous-bassins situés directement en amont. En fait la contribution des sous-bassins amont prend en compte le retard dû au temps de propagation du débit. Dans chaque sous-bassin on peut disposer, ou non :

- D'un historique de débit à l'exutoire,
- D'un historique de niveaux piézométriques en un point représentatif de la nappe sous-jacente.

Dans chaque sous-bassin de la grappe est réalisé un bilan : Pluie, Neige, ETP qui permet de déterminer les différentes composantes :

- L'évapotranspiration réelle (ETR)
- Le ruissellement qui constitue la composante rapide du débit de rivière
- L'infiltration vers la nappe qui permet de simuler les variations du niveau piézométrique et qui donne lieu à la composante lente du débit de rivière

Ce bilan est réalisé par un module GARDÉNIA (Thiéry, 2014, 2015a, http://gardenia.brgm.fr/).

Le modèle ÉROS-Loire a été développé dans le cadre de plusieurs projets de recherche auxquels a participé le BRGM :

- Le projet « ICC-HYDROQUAL » en 2010-2011, piloté par Florentina Moatar (Université de Tours, UMR ISTO, maintenant à l'INRAE)
- Le projet « Loire Thermique » en 2013-2014, également piloté par Florentina Moatar. Poursuivi en 2019-2021

Dans les deux cas la fonction du modèle était principalement la simulation des débits dans les cours d'eau. Le domaine modélisé avec ÉROS est le bassin de la Loire depuis la source jusqu'à la station de Montjean (proche son estuaire) ce qui représente un bassin versant total de 100 000 km².

Pour la présente étude, il est apparu que la discrétisation en 68 sous-bassins de la version 2010-2011 (ICC-HYDROQUAL) du modèle était insuffisante pour bien représenter le département du Maine et Loire et on a donc choisi la version « Loire-Thermique » du modèle, discrétisée plus finement (368 sous-bassins), de conception plus récente et plus à jour.

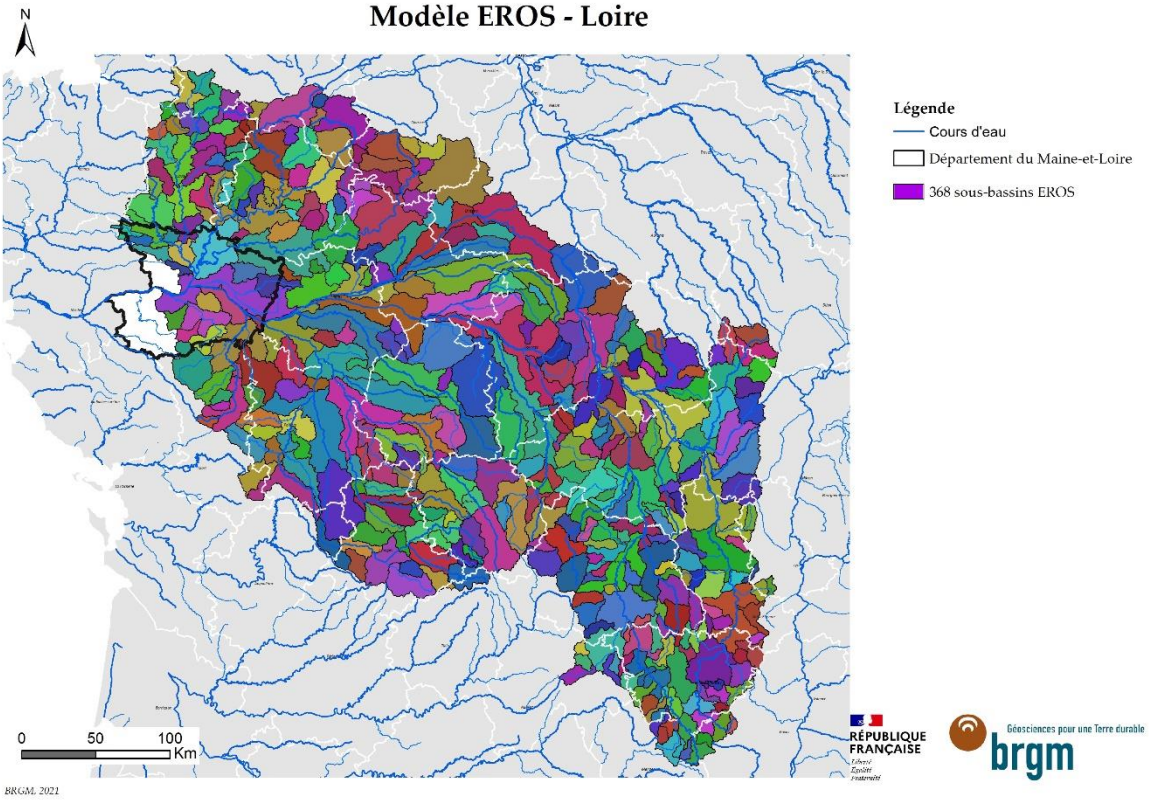


Figure 83 : Le modèle EROS-Loire-Thermique : Modélisation du Bassin de la LOIRE à Montjean (110 000 km²) en 368 sous-bassins. Visualisation des 368 sous-bassins (Source : BRGM, 2020)

Le modèle ÉROS-Loire-Thermique calcule les débits à l'exutoire des 368 bassins du domaine ainsi que les composantes superficielles et souterraines de l'écoulement. La modélisation est réalisée au pas de temps journalier à partir des données journalières de pluies, de neige, de température et de l'évapotranspiration potentielle (ETP). Les paramètres du modèle sont calibrés pour reproduire le mieux possible les débits journaliers mesurés dans chacun des 368 bassins sur la période : 1971-2018 (17163 jours).

III.4.10.6. Mis à jour du modèle ÉROS-Loire sur le département du Maine-et-Loire

Parmi les sous-bassins du modèle ÉROS-Loire, 19 d'entre eux ont leur centroïde situé dans la zone d'étude. En revanche environ 30 % de la superficie du département ne fait pas partie des sous-bassins du modèle car elle génère des écoulements qui se dirigent directement vers la mer ou bien vers la Loire mais en aval de Montjean. Deux bassins versants supplémentaires correspondant à cette zone ont donc été ajoutés, un au Nord de Montjean et l'autre au Sud-Ouest de Montjean et 23 piézomètres ont été intégrés au modèle (cf. chapitre suivant). Les débits des cours d'eau du Maine & Loire sont bien simulés. La Figure 84 présente les coefficients de Nash calculés sur la racine carrée des débits simulés (courbe bleue) et sur le débit naturel (courbe rouge). La figure montre que pour 50 % des bassins le coefficient de Nash sur la racine carrée du débit simulé est supérieur à 0,86, et pour 80 % des piézomètres ce coefficient de Nash est supérieur à 0,83.

À titre d'exemple le débit observé et simulé est présenté pour deux petits bassins versants suivis pendant une longue période : la Figure 85 pour le bassin du Brionneau à Avrillé et la Figure 86 pour le bassin de l'Aubance à Soulaine. Dans les deux cas les débits sont bien simulés, y compris les faibles débits d'étiage.

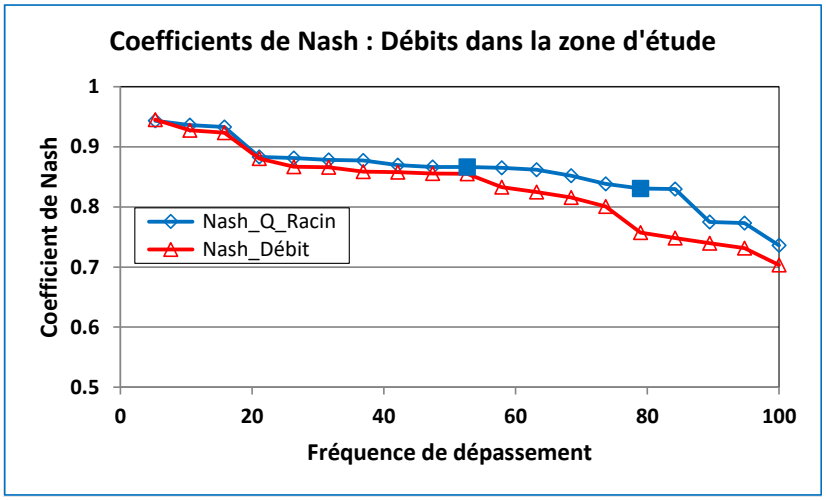


Figure 84 : Répartition statistique des coefficients de Nash sur les débits des cours d'eau dans les bassins situés dans le Maine et Loire modélisés par le modèle ÉROS / En bleu : Coefficient de Nash sur la racine carrée du débit, en rouge : Coefficient de Nash sur le débit naturel (Source : BRGM, 2020)

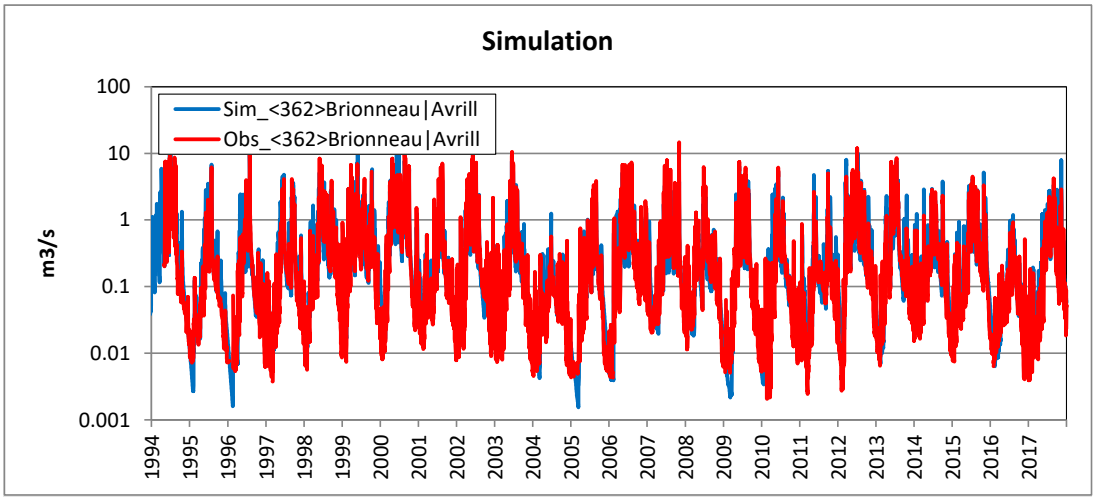


Figure 85 : Modèle ÉROS-Loire : Simulation du débit du Brionneau à Avrillé. Échelle logarithmique pour mieux visualiser les débits d'étiage de l'ordre de 0.001 m3/s à 0.01 m3/s (Source : BRGM, 2020)

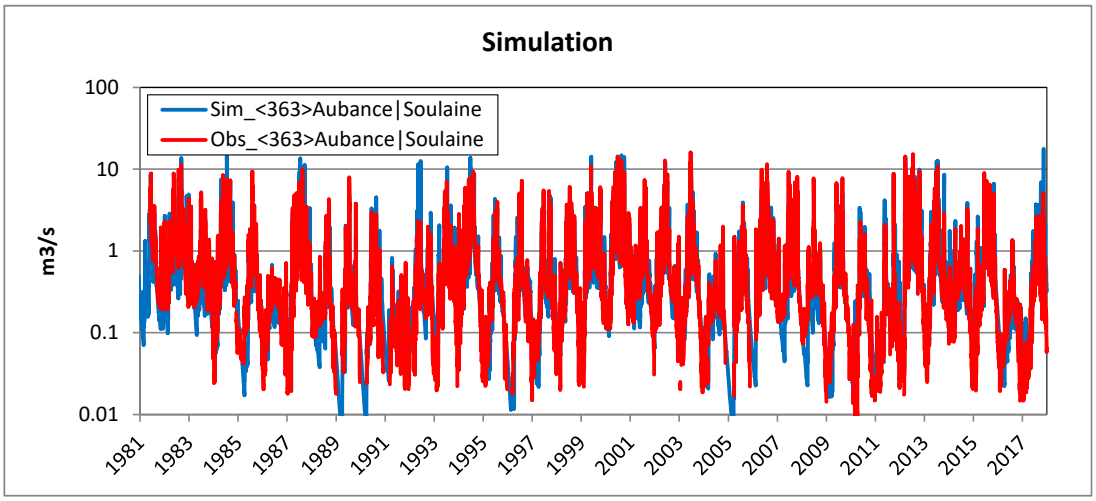


Figure 86 : Modèle ÉROS-Loire : Simulation du débit de l'Aubance à Soulaine. Échelle logarithmique pour mieux visualiser les débits d'étiage de l'ordre de 0.01 m3/s (Source : BRGM, 2020)

III.4.10.7. Résultats de la modélisation avec ÉROS des 23 piézomètres sélectionnés sur la zone d'étude

23 piézomètres ont été sélectionnés et modélisés simultanément avec le modèle ÉROS-Loire en utilisant pour chaque piézomètre les données de pluie, neige, ETP et température du sous-bassin dans lequel il est situé. Les paramètres du modèle ÉROS, en particulier ceux qui contrôlent le niveau piézométrique, comme le coefficient d'emmagasinement et le niveau de base, ont été calibrés pour simuler le mieux possible les historiques de niveaux piézométriques.

Indice Piézo	Commune	Lieu-dit
03925X0017/PZ	DAUMERAY	La tabardière
04222X0108/PZ	NOYANT-LA-GRAVOYERE	Les friches
04231X0089/PZ	CHAMPTEUSSE-SUR-BACONNE	Grand Bois de Tessecourt
04233X0066/P	CHEFFES	Puits existant
04242X0053/F	MONTIGNE-LES-RAIRIES	La Montagne
04248X0022/F	PONTIGNE	Le grand Trouve
04532X0051/PZ	LA-CORNUAILLE	Terrain communal
04541X0016/PZ	SAINT-LAMBERT-LA-POTHERIE	Centre technique
04552X0111/PZ	FONTAINE-MILON	Bassin de lagunage
04553X0023/F	BRION	
04554X0026/PZ	LE-GUEDENIAU	Cimetière
04562X0074/PZ	NOYANT	Ancienne gare / site des associations
04565X0076/PZ	VERNOIL-LE-FOURRIER	Les Valoux
04831X0035/PZ	SAINT-PIERRE-MONTLIMART	Centre technique
04838X0175/PZ	CHEMILLE	Centre technique communal
04844X0081/PZ	CHAVAGNES-LES-EAUX	La Grande Frardière
04851X0091/PZ	LOUERRE	Lisière du bois - Vau
04854X0257/PZ	VILLEBERNIER	La Croix
04854X0296/P	VIVY_(Allu)	Cimetière
04855X0077/PZ	DOUE-LA-FONTAINE	Les Blanchisseries
04856X0084/F	DOUE-LA-FONTAINE	

Indice Piézo	Commune	Lieu-dit
05101X0129/PZ	**SAINT-MACAIRE-EN-MAUGES**	**La Croix Verte**
05123X0545/PZ	**MONTREUIL-BELLAY**	**Enceinte sportive**

Un très bon ajustement a été obtenu pour les niveaux de 22 parmi les 23 piézomètres, le 23ème (04248X0022/F, Pontigne) étant un peu moins bien simulé.

La Figure 87 montre que pour 50 % des piézomètres le coefficient de Nash sur les niveaux simulés est supérieur à 0,87, et pour 80 % des piézomètres le coefficient de Nash est supérieur à 0,79. La Figure 88 et la Figure 89 montrent les niveaux simulés des piézomètres situés sur les communes de Daumeray et de Brion.

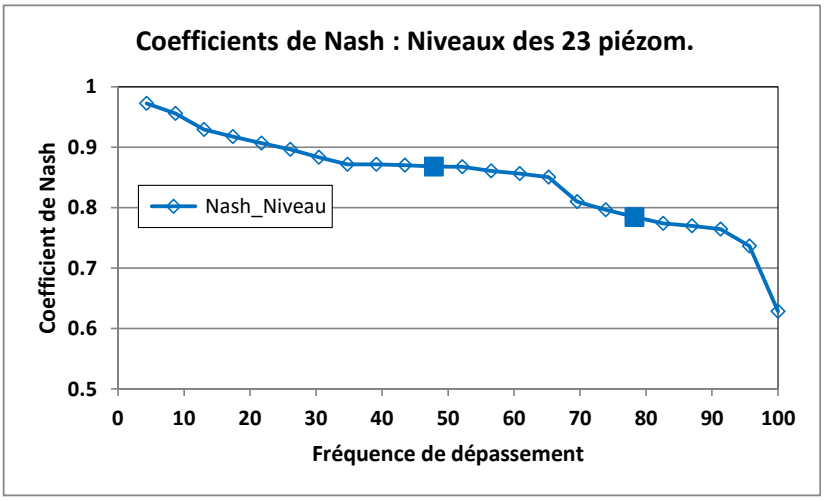


Figure 87 : Répartition statistique des coefficients de Nash des 23 piézomètres modélisés (Source : BRGM, 2020)

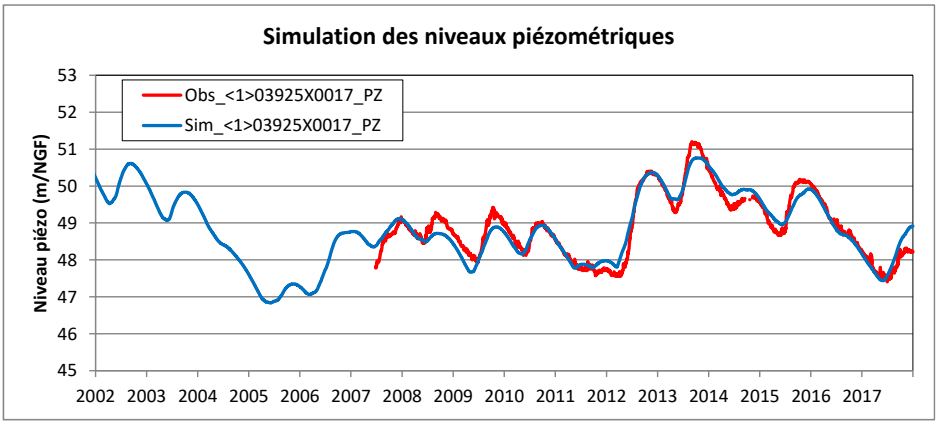


Figure 88 : Contrôle de la simulation du piézomètre Daumeray (03925X0017/PZ) (Source : BRGM, 2020)

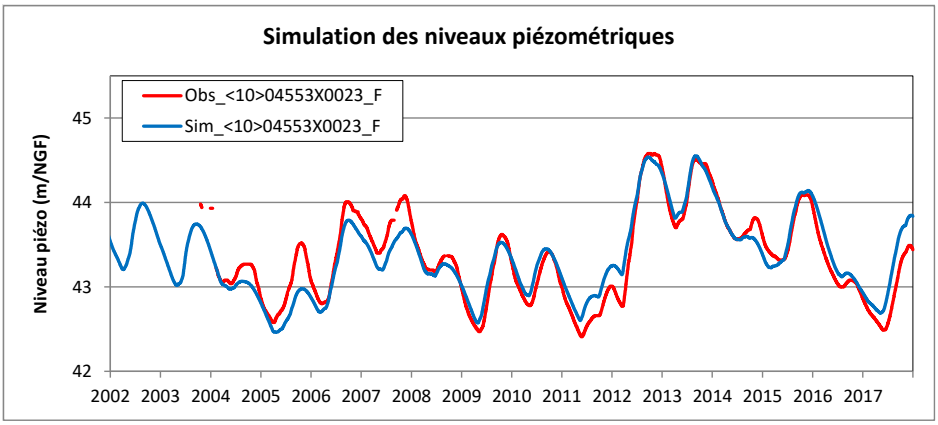


Figure 89 : Contrôle de la simulation du piézomètre Brion (04553X0023/F) (Source : BRGM, 2020)

III.4.10.8. Évolution temporelle des données climatiques du Maine et Loire sur la période 1958-2018

L'intérêt du modèle est de pouvoir générer une longue série de débits à partir de la période 1958-2018 pour laquelle les données météorologiques sont disponibles.

Dans le but d'analyser si les ressources en eau naturelles ont évolué sur les 60 ans de la période 1958-2018 on a examiné l'évolution temporelle de l'évapotranspiration potentielle (ETP) et celle de la pluie.

Pour ces analyses préliminaires, compte tenu de la zone étudiée de faible extension spatiale, on a choisi un sous-bassin situé vers le centre de la zone d'étude. On a alors analysé :

- La somme annuelle de l'ETP de chaque année (années civiles)
- La somme annuelle de la pluie de chaque année (années civiles)

Évolution de l'ETP annuelle sur les 60 ans de la période 1958-2018 :

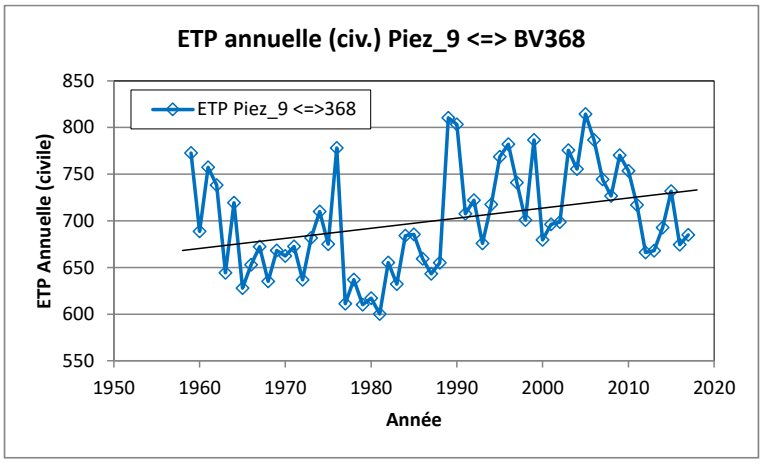


Figure 90 : Évolution de l'ETP annuelle au centre de la zone d'étude de 1958 à 2018. On observe une augmentation de 10,8 mm/ « décade » soit 1,5 % par décade (Source : BRGM, 2020)

Sur ce sous-bassin (Figure 90) on remarque une légère augmentation de l'ETP Penman. Cette augmentation est de 10,8 mm/10 ans (10,8 mm/« décade »), soit rapporté à la valeur moyenne de l'ETP qui est de 700 mm environ, une augmentation de l'ETP de 1,5 % par « décade ».

Évolution de la pluie annuelle sur les 60 ans de la période 1958-2018 :

Sur ce même sous-bassin, on ne remarque aucune variation de la pluie annuelle (Figure 91).

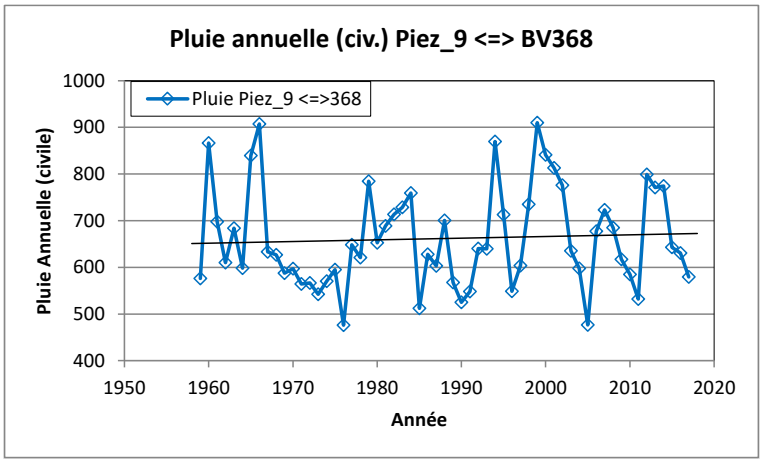


Figure 91 : Évolution de la pluie annuelle au centre de la zone d'étude de 1958 à 2018. On n'observe aucune tendance de diminution ni d'augmentation (Source : BRGM, 2020)

Il apparaît que, en moyenne annuelle, les variations climatiques sont très faibles, et devraient donc a priori générer des simulations en équilibre. Il est cependant possible que pour un même total de pluie annuel, il y ait un peu moins de pluie l'été et un peu plus l'hiver ce qui pourrait avoir quelque influence.

III.4.10.9. Simulation avec ÉROS des niveaux des 23 piézomètres de la zone d'étude sur la période 1958-2018

Le modèle une fois calibré a été utilisé pour calculer les niveaux des 23 piézomètres de la zone d'étude sur la période de 60 ans 1958-2018, période sur laquelle les données climatiques (pluie, neige, ETP, température) sont disponibles. On obtient de longues séries piézométriques qui peuvent être utilisées pour vérifier avec fiabilité les éventuelles tendances.

À titre d'exemple la Figure 92 et la Figure 93 présentent respectivement les niveaux des piézomètres Daumeray (03925X0017/PZ) et Brion (04553X0023/F), reconstitués à l'aide du modèle sur la période 1958-2018.

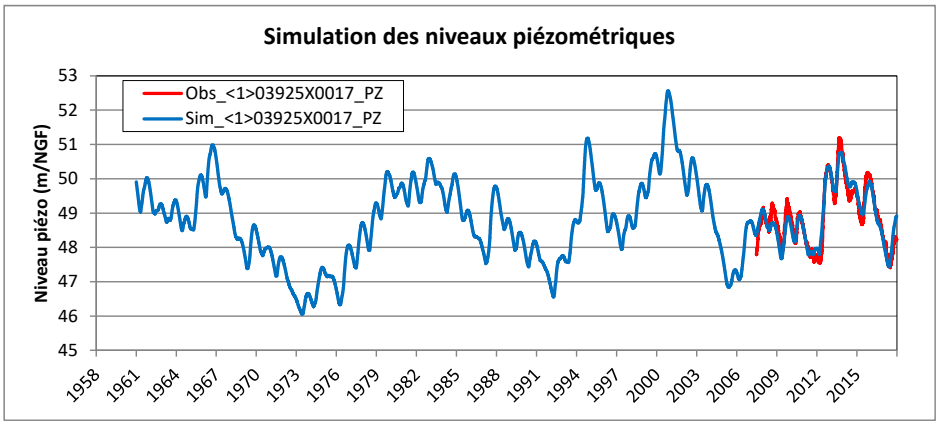


Figure 92 : Simulation sur 60 ans des niveaux du piézomètre Daumeray (03925X0017/PZ) (Source : BRGM, 2020)

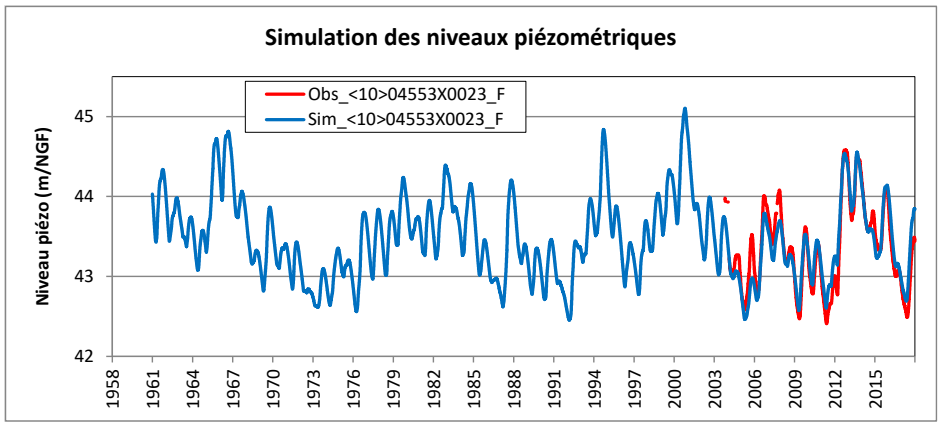


Figure 93 : Simulation sur 60 ans des niveaux du piézomètre Brion (04553X0023/F) (Source : BRGM, 2020)

Les résultats obtenus confirment les analyses de tendances faites au chapitre III.4.77 : il n'y a pas de tendances à la baisse sur les 23 chroniques de niveaux piézométriques reconstitués entre 1958 et 2018.

III.4.10.10. Simulation avec ÉROS des niveaux des 23 piézomètres de la zone d'étude avec des scénarios de changement climatique sur la période 1951-2100

Les scénarios climatiques sont issus des données actualisées en avril 2021 du portail DRIAS de Météo-France (http://www.drias-climat.fr/). Le modèle climatique (Global/Régional) utilisé est celui-ci : CNRM-CM5-LR/ALADIN63, c'est-à-dire un modèle climatique assez « médian »

Trois scénarios de changements climatiques ont été simulés successivement :

- Le scénario Rcp-2.6 plutôt optimiste (augmentation limitée du taux de CO_2).
- Le scénario Rcp-4.5 qui est un scénario médian.
- Le scénario Rcp-8.5 avec une forte augmentation du taux de CO_2.

Il est apparu que même avec le scénario Rcp-8.5 les variations de niveaux piézométriques étaient généralement faibles. On a donc analysé ce scénario plus en détail. Pour analyser les résultats, les différences sont exprimées par rapport à la période 1976-2005 pour les prévisions aux deux horizons : « 2051-2070 » et « 2071-2100 » sur les variables suivantes :

- Le niveau moyen mensuel du mois minimal de l'année,
- Le niveau moyen annuel.

III.4.10.10.1. Scénario Rcp-8.5

Évolution du niveau mensuel minimal de l'année pour les 23 piézomètres :

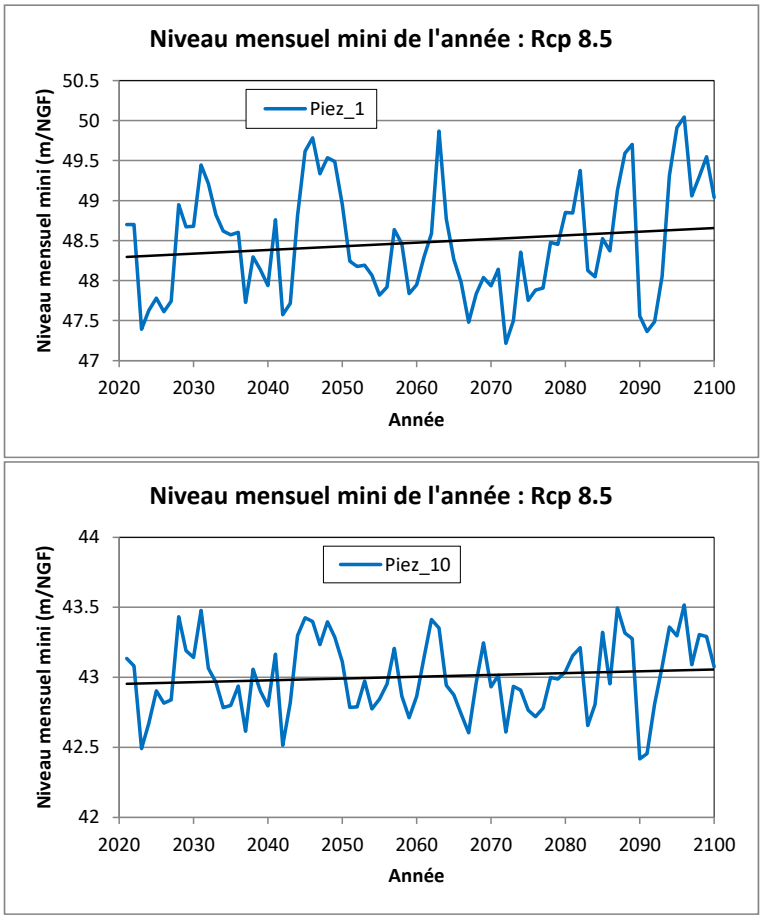


Figure 94 : Scénario Rcp 8.5 période 2021-2100 : Évolution du niveau mensuel minimal de l'année. En haut : Piézomètre Daumeray (03925X0017/PZ), en bas piézomètre Brion (04553X0023/F) (Source : BRGM, 2020)

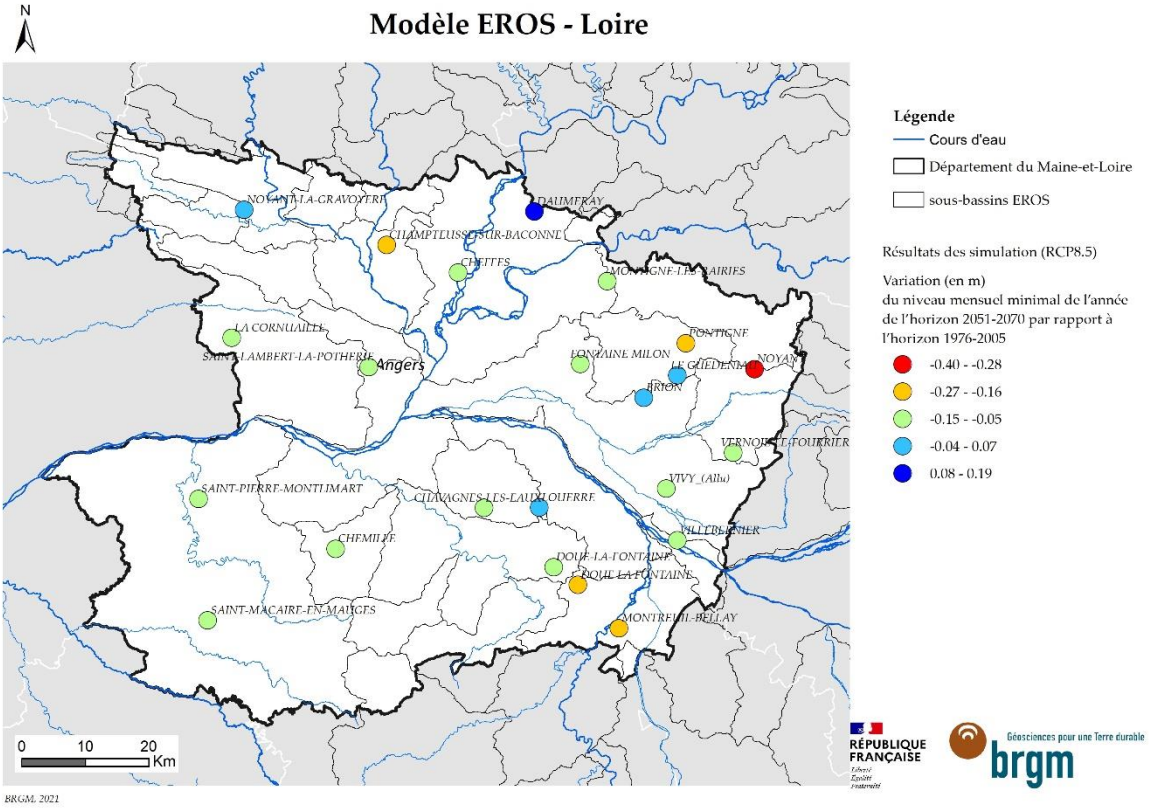


Figure 95 : Scénario Rcp 8.5 : Variation en m du niveau mensuel minimal de l'année de l'horizon 2051-2070 par rapport à l'horizon 1976-2005. Pour les 23 piézomètres modélisés, les variations de niveau sont le plus souvent comprises entre -28 cm et +7 cm (Source : BRGM, 2020)

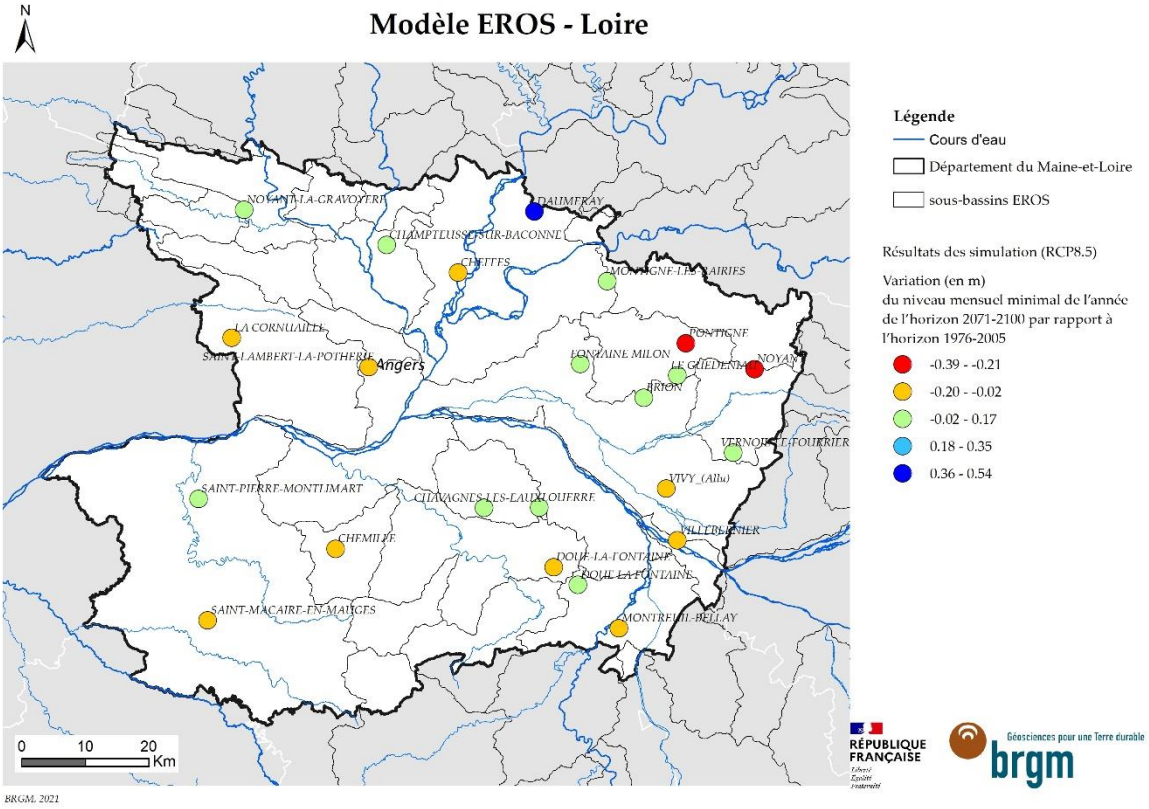


Figure 96 : Scénario Rcp 8.5 : Variation en m du niveau mensuel minimal de l'année de l'horizon 2071-2100 par rapport à l'horizon 1976-2005. Pour les 23 piézomètres modélisés, les variations de niveau sont le plus souvent comprises entre -20 cm et +15 cm (Source : BRGM, 2020)

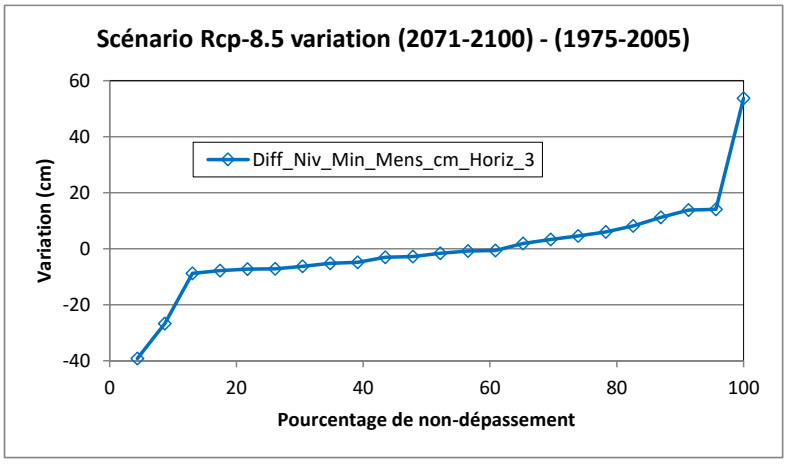


Figure 97 : Scénario Rcp 8.5 : répartition de la variation du niveau mensuel minimal de l'année de l'horizon 2071-2100 par rapport à l'horizon 1976-2005. Pour 80 % des piézomètres la variation de niveau est comprises entre -9 cm et +14 cm (Source : BRGM, 2020)

Évolution du niveau moyen de l'année pour les 23 piézomètres :

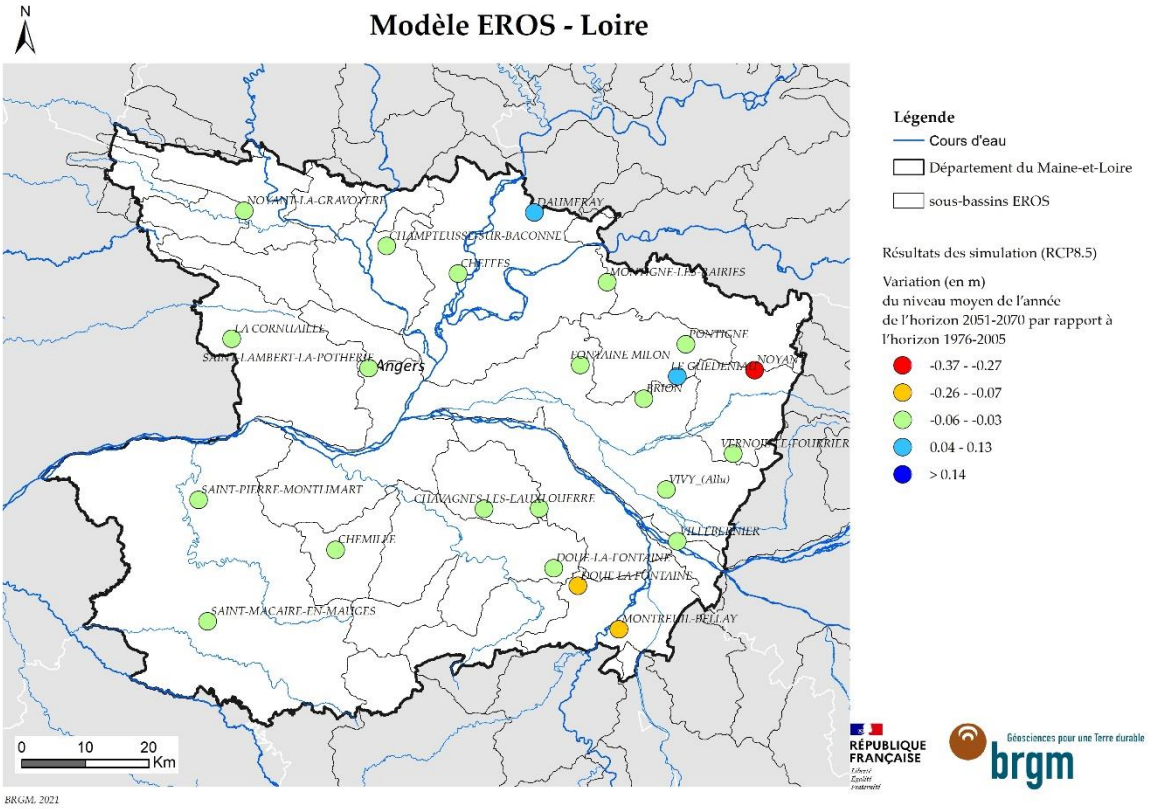


Figure 98 : Scénario Rcp 8.5 : Variation en m du niveau moyen de l'année de l'horizon 2051-2070 par rapport à l'horizon 1976-2005. Pour les 23 piézomètres modélisés, les variations de niveau sont le plus souvent comprises entre -7 cm et +3 cm (Source : BRGM, 2020)

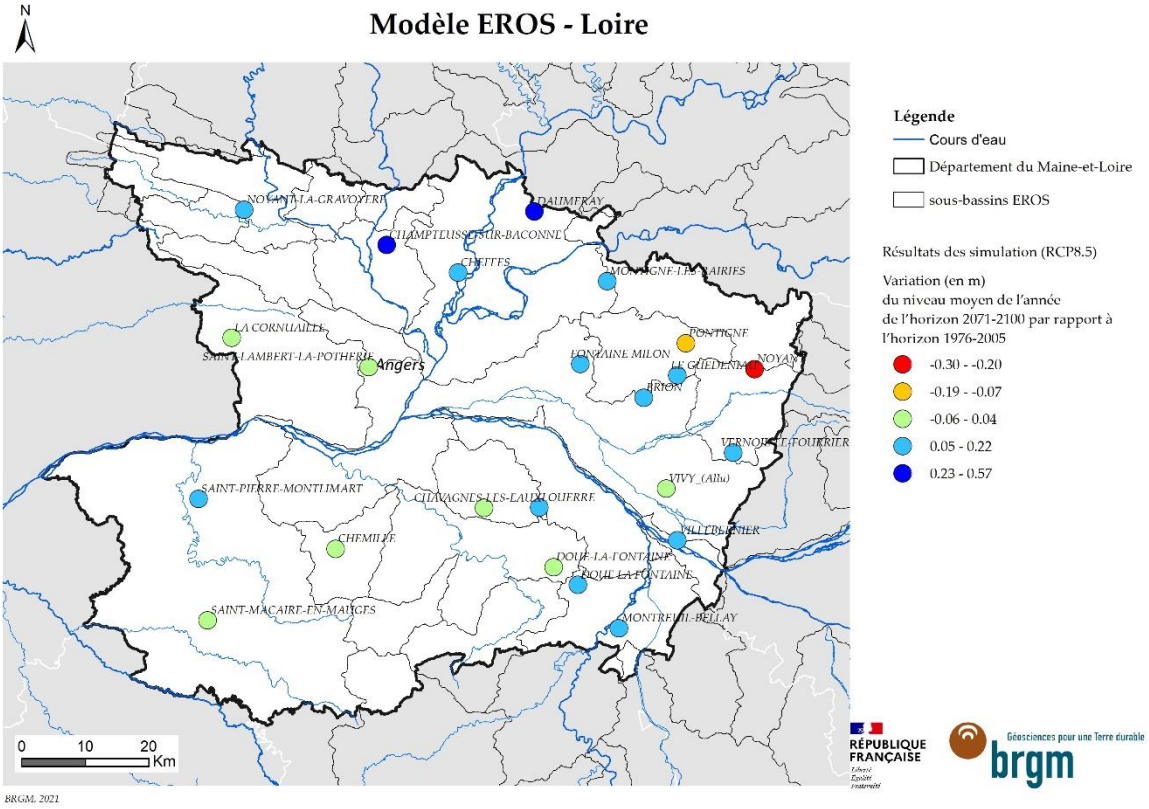


Figure 99 : Scénario Rcp 8.5 : Variation en m du niveau moyen de l'année de l'horizon 2071-2100 par rapport à l'horizon 1976-2005. Pour les 23 piézomètres modélisés, les variations de niveau sont le plus souvent comprises entre -12 cm et +22 cm (Source : BRGM, 2020)

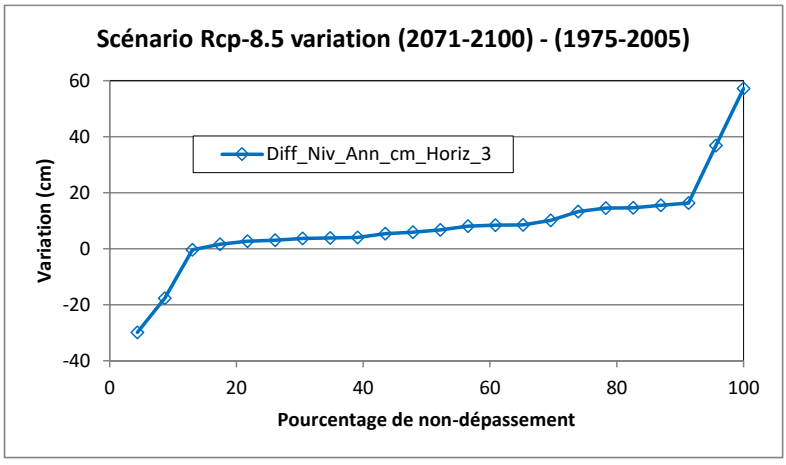


Figure 100 : Scénario Rcp 8.5 : répartition de la variation du niveau moyen de l'horizon 2071-2100 par rapport à l'horizon 1976-2005. Pour 80 % des piézomètres la variation de niveau est comprises entre 0 cm et +16 cm (Source : BRGM, 2020)

III.4.10.10.2. Scénario Rcp-2.6

Il apparaît qu'avec ce scénario, pour les 23 piézomètres modélisés, le niveau mensuel minimal de l'année diminue un peu plus qu'avec le scénario Rcp-8.5, en revanche le niveau piézométrique moyen augmente davantage.

Évolution du niveau mensuel minimal de l'année pour les 23 piézomètres :

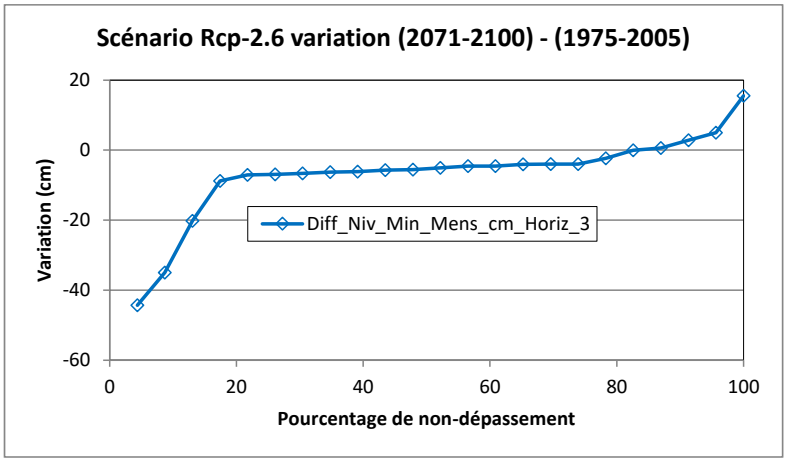


Illustration 1 - Scénario Rcp 2.6 : répartition de la variation du niveau mensuel minimal de l'année de l'horizon 2071-2100 par rapport à l'horizon 1976-2005. Pour 80 % des piézomètres la variation de niveau est comprises entre -20 cm et +3 cm (Source : BRGM, 2020)

Évolution du niveau moyen de l'année pour les 23 piézomètres :

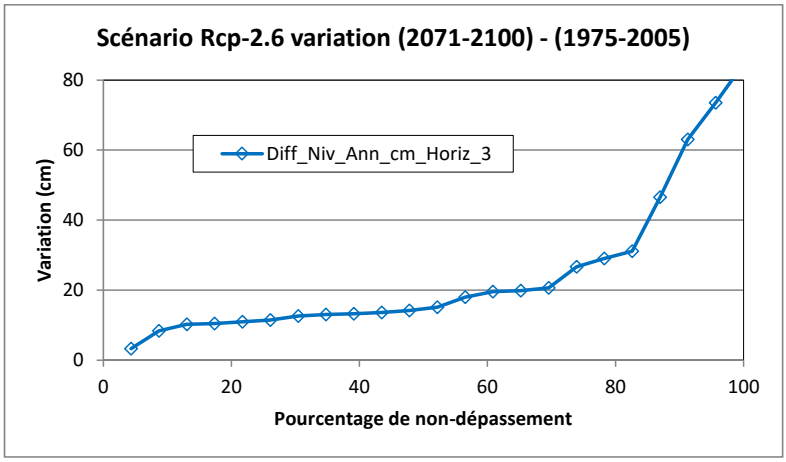


Illustration 2 - Scénario Rcp 2.6 : répartition de la variation du niveau moyen de l'horizon 2071-2100 par rapport à l'horizon 1976-2005. Pour 80 % des piézomètres la variation de niveau est comprises entre +10 cm et +60 cm (Source : BRGM, 2020)

III.4.10.11. Conclusion de la simulation avec ÉROS des niveaux des 23 piézomètres de la zone d'étude avec des scénarios de changement climatique sur la période 1951-2100

L'analyse des simulations réalisées avec les scénarios de changement climatique Rcp-2.6, Rcp-4.5 et Rcp-8.5 montrent des effets très faibles sur les niveaux piézométriques.

Quand il y a une baisse de niveau, ce qui n'est pas toujours le cas, cette baisse est généralement inférieure à 20 cm. Quand il y a une remontée de niveau, cette remontée ne dépasse généralement pas 60 cm.

III.4.10.12. Conclusions sur l'analyse de l'état quantitatif futur des eaux souterraines

Si les modélisations réalisées amènent à conclure que le changement climatique ne devrait pas occasionner d'évolution notable de l'état quantitatif des ressources en eaux souterraines, il est nécessaire de nuancer cette conclusion. En effet, le changement climatique induira une saisonnalité plus marquée avec plus de précipitations en hiver et au printemps, nettement moins en été et en automne. Par ailleurs, les épisodes de pluie extrêmes seront plus fréquents.

De ce fait, la recharge des nappes pourra s'amorcer plus tardivement dans l'année. En période estivale, les sols étant plus secs et les pluies plus rares, il est possible que les usages évoluent. Aussi, s'il existe déjà des conflits d'usage, ceux-ci pourraient s'accentuer à l'avenir sans la mise en place d'outils de gestion.

Par ailleurs, en domaine de socle, l'écoulement des eaux - accéléré par les systèmes de drainage - seront également impactés. Aussi, veiller à ralentir les écoulements permettrait de préserver la recharge des nappes et de bénéficier de leur rôle tampon.

III.4.11. État qualitatif futur des eaux souterraines

Il y a peu de connaissance sur l'état qualitatif futur des eaux souterraines.

Comme pour les eaux superficielles, une diminution de la quantité d'eau pourrait amener une concentration des eaux en polluants. La température des eaux souterraines pourrait être également amenée à augmenter.

IV. État des lieux des besoins actuels et futurs

IV.1. Général

A noter qu'en matière de gestion de la ressource en eau, la priorité doit être donnée à la satisfaction des exigences de la santé, de la salubrité publique et de l'alimentation en eau potable (Code de l'Environnement, Article L211-1).

Pour la rédaction de ce chapitre, les données volumétriques de prélèvement des ressources sur la période 2011-2018 ont été extraites depuis la Banque Nationale des Prélèvements quantitatifs en Eau (BNPE), outil national de collecte les données des redevances des agences et offices de l'eau : https://bnpe.eaufrance.fr.

Le tableau ci-dessous présente les volumes prélevés sur le bassin versant Loire-Bretagne selon le type d'usage pour les années 2017 et 2018.

	2017	2018	Moyenne
Prélèvement alimentation canal	308 745 967	287 291 947	298 018 957
Prélèvement irrigation	536 436 666	623 425 921	579 931 294
Prélèvement eau potable	988 738 297	995 660 152	992 199 225
Prélèvement industries (centrales EDF)	1 785 803 900	1 537 060 900	1 661 432 400
Prélèvement industries (autres industries)	154 990 380	169 400 802	162 195 591
Total	**3 774 715 210**	**3 612 839 722**	**3 693 777 466**

Le graphique ci-dessous présente la répartition des volumes prélevés sur le bassin Loire Bretagne sur la période 2017-2018. Les prélèvements pour le fonctionnement des centrales EDF représentent environ 45% des prélèvements totaux.

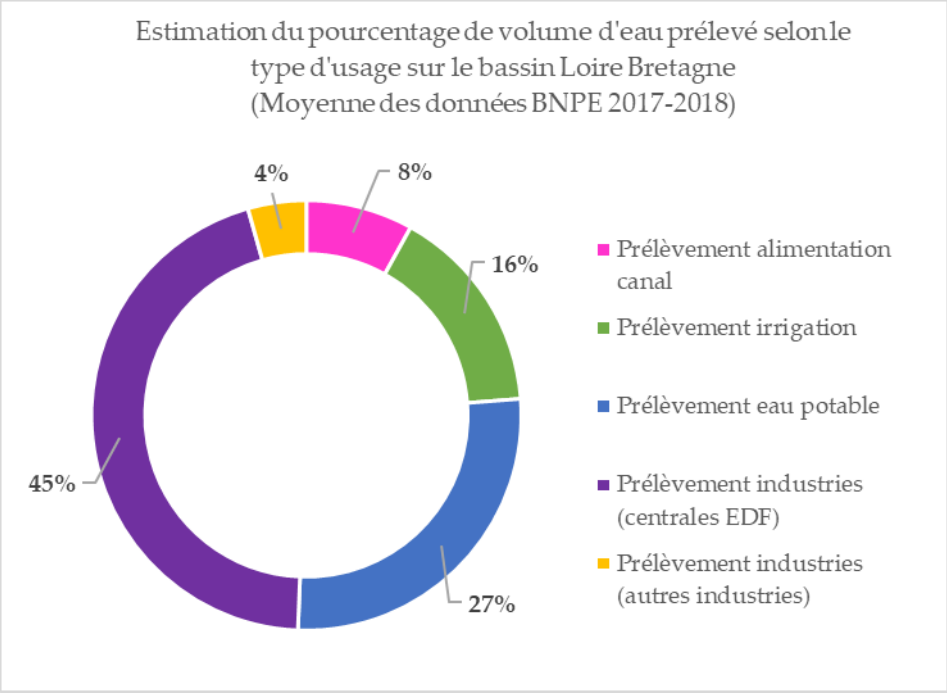


Figure 101 : Estimation du pourcentage de volume prélevé selon le type d'usage sur le bassin Loire Bretagne (Source : Moyenne des données BNPE 2017-2018)

Le tableau ci-dessous présente les volumes prélevés sur le Département du Maine-et-Loire selon le type d'usage pour la période 2011-2017.

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	Moyenne
Usage eau potable	57 705 168	57 369 544	55 454 931	54 468 918	55 498 615	57 012 907	57 313 707	**56 177 405**
Irrigation	62 665 821	44 698 570	53 274 242	34 417 322	57 955 894	58 420 638	52 204 306	**51 948 113**
Industries	3 865 557	3 733 305	7 799 242	3 628 582	3 695 575	3 283 606	3 369 595	**4 196 495**
Total	**124 236 546**	**105 801 419**	**116 528 415**	**92 514 822**	**117 150 084**	**118 717 151**	**112 887 608**	**112 491 406**

Les prélèvements d'eau effectués en Maine-et-Loire représentent 6% des prélèvements totaux du bassin Loire Bretagne pour l'usage eau potable, 9% de ceux pour l'usage agricole (irrigation) et 3% de ceux pour l'usage industriel.

Sur le Département du Maine-et-Loire, sur la période 2011-2017, l'usage eau potable représente en moyenne 50% des prélèvements totaux du Département alors que les usages pour l'irrigation et l'industrie représentent respectivement 46% et 4% des prélèvements totaux, comme le montre le graphique ci-après.

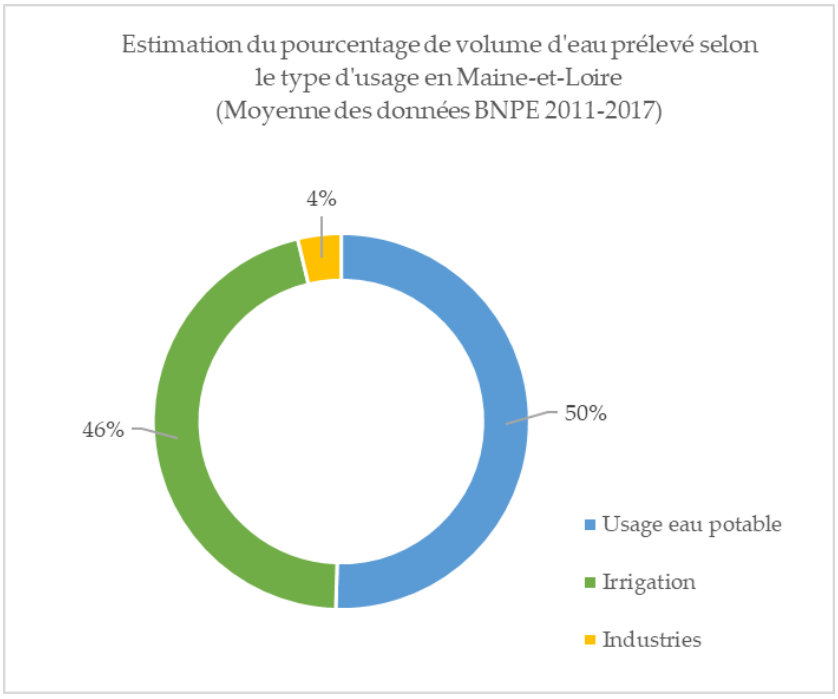


Figure 102 : Estimation du pourcentage d'eau prélevée selon le type d'usage en Maine-et-Loire (Source : Moyenne des données BNPE 2011-2017)

En comparaison, les pourcentages d'eau prélevée selon le type d'usage dans les autres départements de la région Pays de la Loire sont présentés ci-dessous :

	Maine-et-Loire	Vendée	Sarthe	Loire-Atlantique	Mayenne
Usage eau potable	50%	45%	50%	71%	87%
Irrigation	46%	52%	33%	17%	6%
Industries	4%	2%	17%	12%	7%

Les volumes annuels prélevés (en m³/an) selon le type d'usage en Maine-et-Loire sont relativement stables sur la période 2011-2017 (cf graphique ci-après) à part pour les usages d'eau liés à l'irrigation qui dépendent des conditions météorologiques.

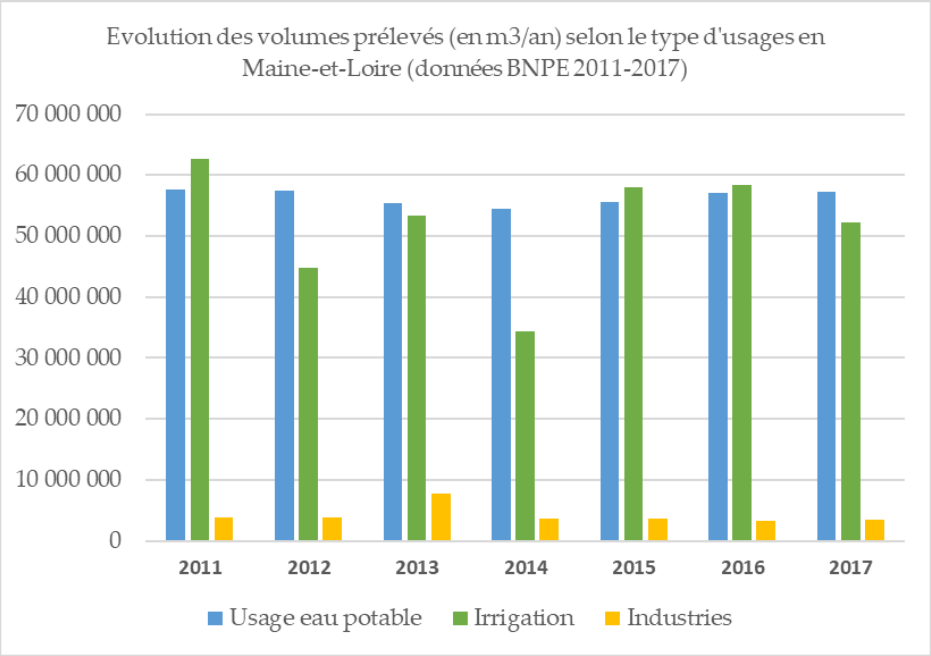


Figure 103 : Evolution des volumes annuels prélevés (m³/an) selon le type d'usage en Maine-et-Loire (Source : données BNPE 2011-2017)

La carte ci-dessous présente la localisation géographique des prélèvements en Maine-et-Loire pour l'année 2017, tous usages confondus.

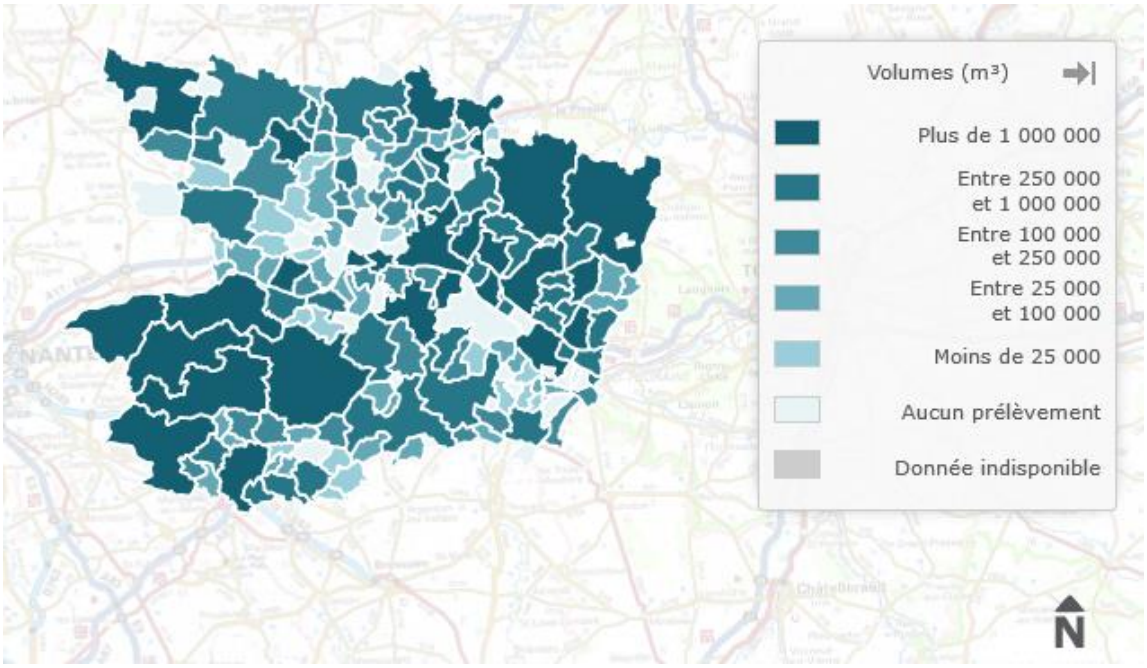


Figure 104 : Localisation des prélèvements d'eau en Maine-et-Loire pour l'année 2017 (Source : site internet BNPE, 2020)

A noter que sur une même ressource, les prélèvements des différents usages sont interdépendants. Le prélèvement d'eaux souterraines pour l'irrigation peut ainsi limiter le prélèvement pour l'alimentation en eau potable dû à l'abaissement du niveau de la nappe lors du pompage (effet de cône de rabattement).

IV.2. Les besoins en eau potable

L'usage eau potable couvre l'ensemble des prélèvements et des consommations réalisées par les collectivités locales pour l'approvisionnement en eau potable des ménages et des activités de production assimilées domestiques, aussi appelés « gros consommateurs ». Ces derniers correspondent aux commerces, activités tertiaires et industries dont la consommation en eau se situe en dessous des seuils fixés par l'agence de l'eau pour la catégorie « industries ».

IV.2.1. L'organisation de l'alimentation en eau potable en Maine-et-Loire

IV.2.1.1. Les structures compétentes pour l'alimentation en eau potable

Au 1er janvier 2020, le département de Maine-et-Loire est divisé en 7 structures administratives compétentes en matière de distribution ou de production d'eau potable :

- 2 syndicats : 1 syndicat de production, le SIDAEP Mauges Gâtines et un syndicat de distribution, le Syndicat d'Eau de l'Anjou.
- 1 Communauté Urbaine (Angers Loire Métropole)
- Communautés d'agglomération (Saumur Val de Loire, Agglomération du Choletais et Mauges Communauté)
- 1 Communauté de communes (Baugeois Vallée)

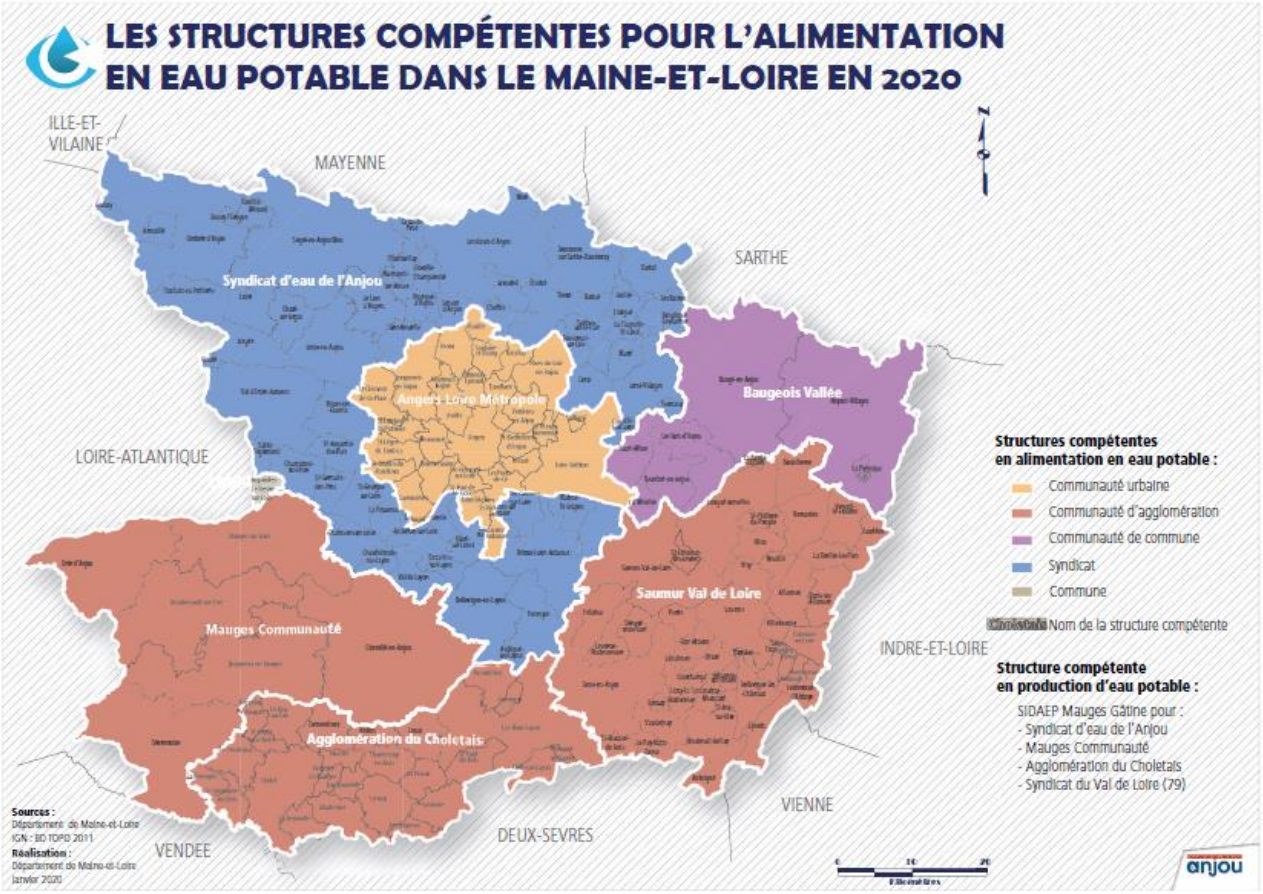


Figure 105 : Les structures compétentes pour l'alimentation en eau potable dans le Maine-et-Loire en 2020 (Source : Cd49, 2020)

IV.2.1.2. L'origine de l'eau potable distribuée

L'alimentation en eau potable du département de Maine-et-Loire est assurée à la fois par des eaux souterraines et des eaux superficielles.

La carte ci-après présente l'origine des eaux distribuées pour chaque commune.

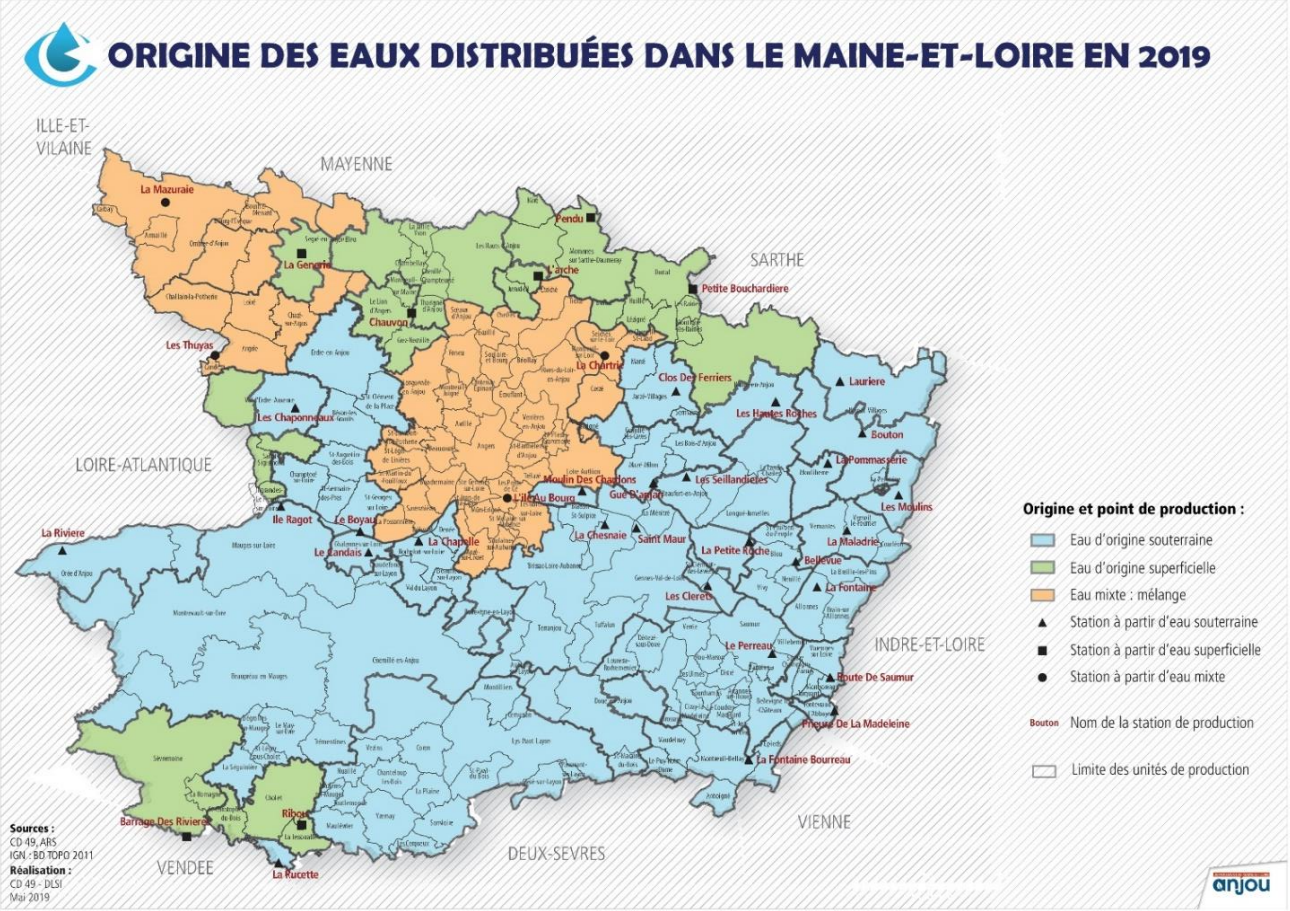


Figure 106 : L'origine de l'eau distribuée en Maine-et-Loire en 2019 (Source : Schéma départemental d'alimentation en eau potable 2019)

Au total, le département compte 42 sites de prélèvement d'eaux brutes destinées à la consommation humaine :

- Ressources en eau superficielle (ESU) : 9 sites de pompages dans les rivières et 1 prise d'eau de secours dans une réserve d'eau aux Ponts de Cé (fosse de Sorges)
- Ressources en eau souterraine (ESO) : 32 sites dont 12 sites de pompages dans les alluvions de la Loire et 20 sites de captages dans les différents autres aquifères,

IV.2.1.3. Les usines de production d'eau potable

En 2017, il y avait 39 usines de production d'eau potable sur le Département. En 2020, suite à l'abandon de deux sites (Le Candais et La Bohalle), il n'y a plus que 37 usines sur le Département. La carte ci-après présente, pour chacune d'elle, son nom, sa capacité de production (en m³/j) ainsi que les volumes annuels prélevés (en m³/an) en 2017.

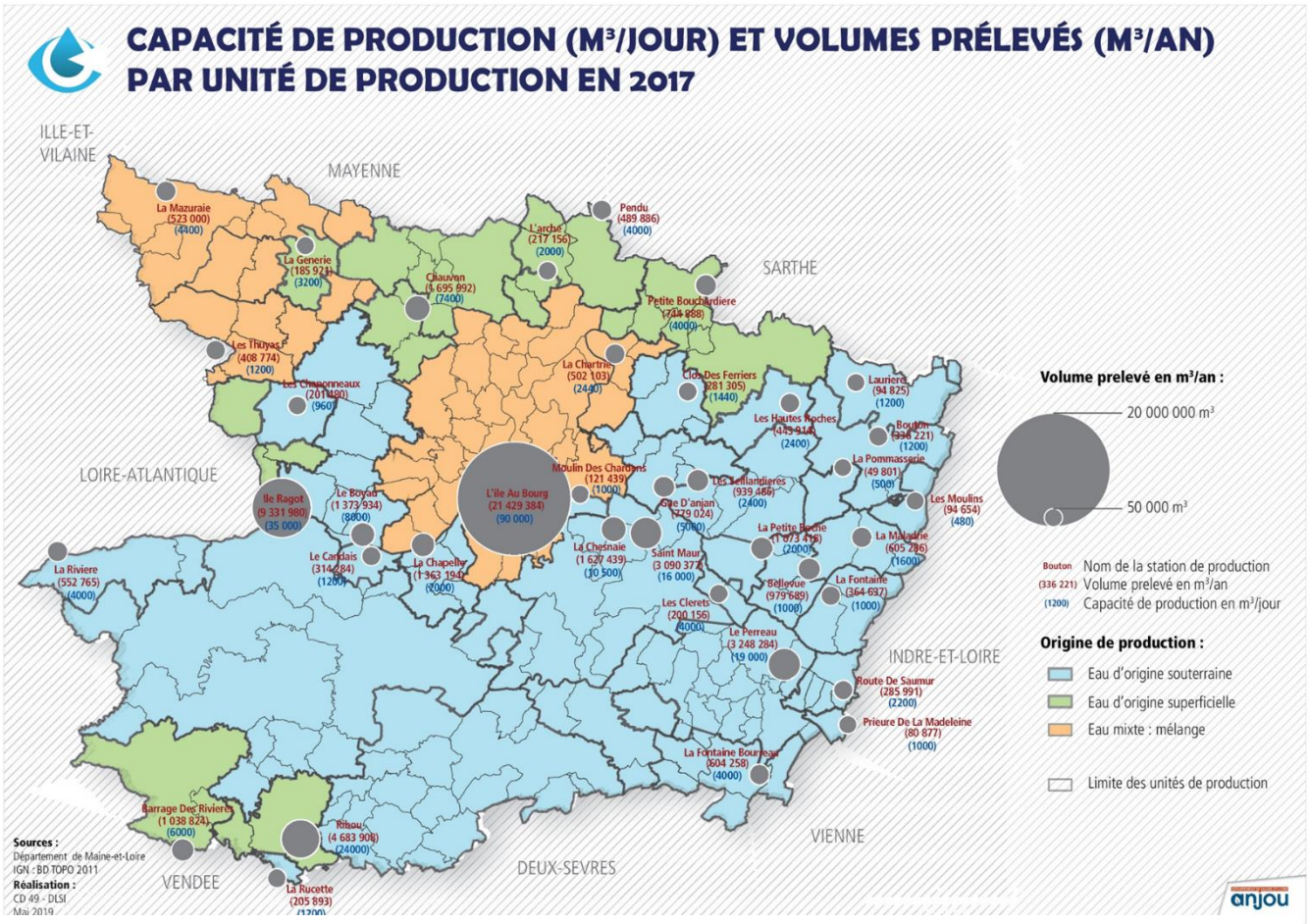


Figure 107 : Capacité de production (m3/j) et volumes prélevés (m³/an) en 2017 par unité de production (Source : Schéma départemental d'alimentation en eau potable 2019)

Certaines usines seront abandonnées dans le futur afin de pallier à des problèmes de qualité de l'eau (brutes et/ou distribuée), de vétusté des ouvrages, de sécurisation de la ressource et/ou afin de rationaliser le nombre d'ouvrages sur une même ressource :

Usine abandonnée	Usine de remplacement	Raisons de l'abandon
« **Le Candais** » à Chalonnes-sur-Loire (abandonnée le 31/12/19) BV de prélèvement : Layon Aubance Louets Ressource : Nappe alluviale	« **Le Boyau** » à St Georges-sur-Loire BV de prélèvement : Hors SAGE - Axe Loire Ressource : Nappe alluviale *<u>Remarque</u> : Travaux prévus pour passer d'une capacité de production de 400 à 450 m3/h*	Usine vétuste et située en zone inondable
« **La Chapelle** » à Rochefort-sur-Loire (projet d'abandon) BV de prélèvement : Hors SAGE - Axe Loire Ressource : Nappe alluviale		Usine vétuste et située en zone inondable
« **Moulin des Chardons** » à la Bohalle (Loire-Authion) (abandonnée le 1/01/20) BV de prélèvement : Hors SAGE - Axe Loire Ressource : nappe alluviale	« **L'île au Bourg** » aux Ponts de Cé BV de prélèvement : Hors SAGE - Axe Loire Ressources : mixte – nappe alluviale et Loire	Usine vétuste
« **La Chartrie** » à Seiches-sur-le Loir (projet d'abandon) BV de prélèvement : Loir Ressources : Loir	« **La Petite Bouchardière** » à Durtal BV de prélèvement : Loir Ressources : Loir	Usine vétuste et réhabilitation compliquée au vu des contraintes topographiques et de sa situation vis-à-vis du PPRI
« **La Generie** » à Segré BV de prélèvement : Oudon Ressource : Oudon	« **Chauvon** » au Lion d'Angers BV de prélèvement : Mayenne Ressource : Mayenne et « La Mazuraie » à Chazé-Henry BV de prélèvement : Oudon Ressource : socle (anciennes mines de fer)	Problème de qualité (dérogation pour nitrates, matières organiques et pesticides) et de quantité (étiage sévère) de l'eau brute. Usine en zone inondable et non sécurisée.
« **Les Clérets** » à St Martin de la Place BV de prélèvement : Axe Loire Ressource : nappe alluviale	« **Le Perreau (Petit Puy)** » à Saumur BV de prélèvement : Axe Loire Ressource : nappe alluviale	Usine vétuste

Le tableau ci-après, classe, selon le bassin versant d'implantation, les usines d'eau potable en fonctionnement, récemment abandonnées ainsi que celles pour lesquels un projet d'abandon est en cours.

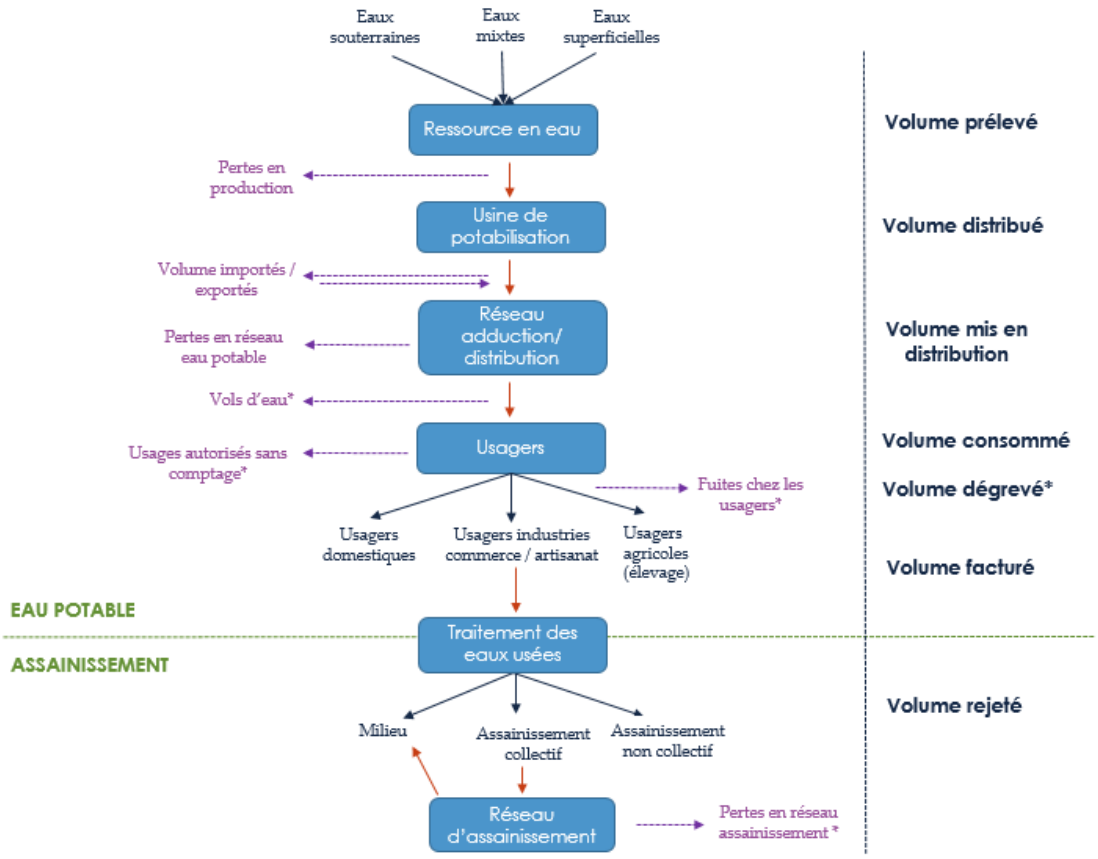
SAGE	Nom de l'usine d'eau potable	Commune d'implantation
AUTHION	Les Hautes Roches	Pontigné
	Les Moulins	Parcay Pins
	La Petite roche	Saint Philbert du Peuple
	La Maladrie	Vernantes
	Les Seillandières	Beaufort en Vallée
	Les Conglands / Gué d'Anjan	Mazé
	La Pommasserie	Mouliherne
	Clos des Ferriers	Jarzé
	Bellevue	Neuillé
	La fontaine	Allones
EVRE THAU ST DENIS		
ESTUAIRE DE LA LOIRE	Les Chaponneaux	Louroux Beconnais
	La Rivière	Champtoceaux
	Les Thuyas (Station les Nouettes, Vritz)	Vritz (44)
LAYON AUBANCE LOUETS	Le candais*	Chalonnes sur Loire
LOIR	L'aurière	Genneteil
	Bouton	Noyant
	La Petite bouchardière	La Bouchardière (Durtal)
	La Chartrie**	Seiches sur le Loir (Matheflon)
MAYENNE	Usine de Daon	Daon (53)
	Chauvon	Le Lion d'Angers
OUDON	La Mazuraie (mine de fer)	Chazé Henry
	La Generie (Filière Oudon)**	Segré
SARTHE AVAL	L'Arche	Chateauneuf/Sarthe
	Le Pendu	Morannes
SEVRE NANTAISE	Barrage des trois rivières	Le Longeron
	Moulin Ribou	Cholet
	La Rucette	Cholet
THOUET	La Fontaine Bourreau	Montreuil Bellay
Axe Loire	La Chapelle**	Rochefort sur Loire
	Les clérets**	Saint Martin de la Place
	Les prés Pacaud	Montsoreau
	Moulin des Chardons	La Bohalle
	Ile ragot	Montjean sur Loire
	St Maur	Le Thoureil
	L'Ile au Bourg*	Les Ponts de Cé
	Le Perreau (Petit Puy)	Saumur
	Prieuré de la Madeleine	Fontevraud
Romme/Brionneau/Maine	Le Boyau	Saint Georges sur Loire
St Aubin/L'Avort	La Chesnaie	Saint Remy la Varenne
* Usine d'eau potable récemment abandonnée		
** Usine d'eau potable avec un projet d'abandon en 2020		

IV.2.2. La restitution au milieu des eaux prélevées pour l'usage eau potable

IV.2.2.1. Le cycle de l'eau et les volumes associés

Le schéma ci-daprès, présente le petit cycle de l'eau à l'échelle d'un bassin versant depuis le prélèvement de l'eau brute au rejet de l'eau au milieu via les systèmes d'assainissement ainsi que les types de volumes associés.

Afin de simplifier l'étude, certains volumes ont été considérés comme nuls dans le cas où ils étaient faibles (vols d'eau, fuites chez les usagers) ou difficiles à quantifier (usages autorisés sans comptage, pertes en réseau).



* *Volumes considérés comme nuls dans le cadre de cette étude départementale.*

Figure 108 : Schéma petit cycle de l'eau et volumes associés (Source : Cd49, 2020)

Le volume prélevé correspond à un prélèvement brut de l'eau au milieu.

Le prélèvement net correspond à la différence entre le volume prélevé et le volume rejeté (ou restitué) au milieu. Il permet d'appréhender le volume réellement consommé par les usagers de l'eau.

IV.2.2.2. Les rendements de production des usines d'eau potable

Les rendements de production des usines d'eau potable dépendent du type de ressource utilisé (eau souterraine/eau superficielle/eau mixte) et de l'efficacité des procédés de traitement.

Ils ont été estimés à **92%** dans le cadre de cette étude.

IV.2.2.3. Les rendements de distribution des réseaux d'eau potable

Les rendements de distribution des réseaux des service d'eau potable du Maine-et-Loire sont relativement hauts, variant de 71,9% à 95,8%. (cf carte ci-dessous) pour l'année 2018.

Le rendement moyen départemental est de 86,7%. En comparaison, le rendement moyen national est de 80,6% pour cette même année.

Pour simplifier les calculs, un rendement de **85%** a été retenu dans le cadre de cette étude.

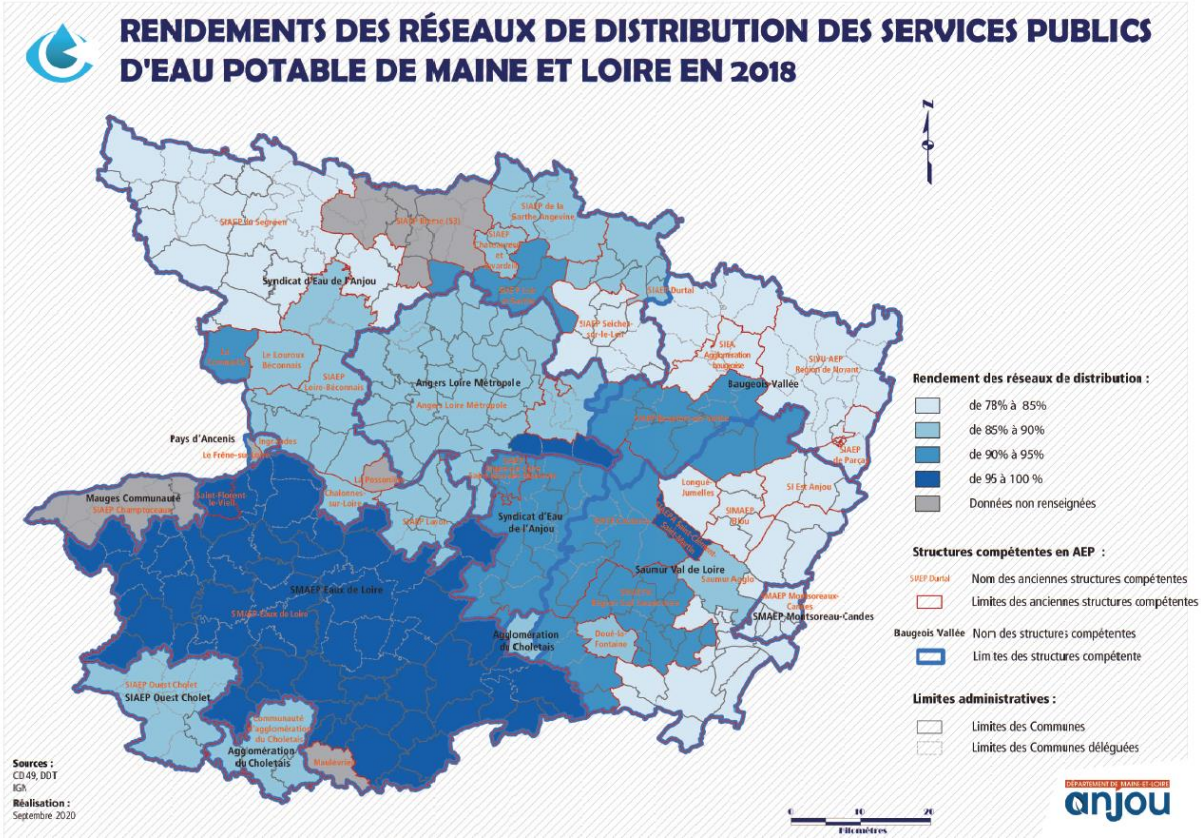


Figure 109 : Rendement des réseaux de distribution en 2018 en Maine-et-Loire (Source : Observatoire nationale des services publics de l'eau et de l'assainissement (SISPEA), 2020)

Afin de limiter les pertes en eau dans le futur, ces taux élevés de rendements de distribution devront être maintenus par la mise en place, par les collectivités compétentes, d'une gestion patrimoniale efficace et par un renouvellement régulier des réseaux.

IV.2.2.4. Définition du volume consommé

A partir des rendements de production (8%) et de distribution (85%) définis précédemment, nous pouvons estimer que les volumes consommés correspondent à environ **80%** des volumes prélevés.

IV.2.2.5. L'assainissement des eaux

Dans le Maine-et-Loire, environ 20% de l'eau potable consommé pour l'usage domestique est assaini en non collectif. Ce volume n'est pas considéré comme restitué au milieu (aquatique) dans le cadre de cette étude. 80% des volumes consommés sont considérés comme restitués au milieu via l'assainissement collectif.

IV.2.2.6. Le taux de restitution au milieu

Par soucis de simplification, les restitutions au milieu par infiltration des fuites de réseaux et *via* les systèmes d'assainissement non collectif n'ont pas été considérées pour cette étude.

La restitution au milieu est estimée à **65%** pour l'usage eau potable domestique en considérant un rendement de production et distribution d'environ 80% et un taux d'assainissement non collectif de 20%.

La restitution au milieu est estimée à **0%** pour l'usage eau potable agricole (élevage).

La restitution au milieu est estimée à **75%** pour l'usage eau potable industrielle en considérant un rendement de production et distribution d'environ 80% et un taux d'utilisation de 7% (Source : Recueil des méthodes de caractérisation des pressions, Agence Française de la Biodiversité, 2012).

En considérant les différents taux d'usage pour chaque activité, la restitution au milieu pour l'usage eau potable (considérant toutes les activités) est estimée à **60%**.

IV.2.3. Les besoins actuels en eau potable

IV.2.3.1. Les besoins actuels en eau potable à l'échelle du Maine-et-Loire

En Maine-et-Loire, la proportion d'eaux souterraines et d'eaux superficielles prélevées annuellement pour l'usage eau potable est relativement stable sur la période 2011-2018. Environ 38% des eaux prélevées pour l'usage eau potable provient d'eaux superficielles, 62 % provient d'eaux souterraines (comprenant les prélèvements dans les nappes alluviales).

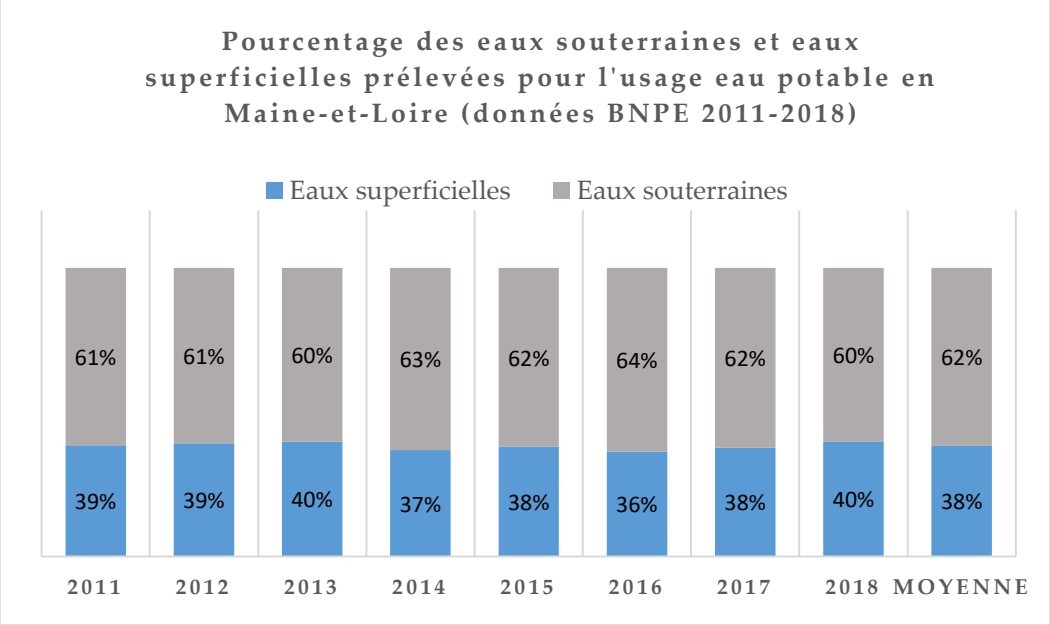


Figure 110 : Pourcentage des eaux souterraines et eaux superfcielles prélevées pour l'usage eau potable en Maine-et-Loire (Source : données BNPE 2011-2018)

La figure ci-après présente l'estimation du pourcentage d'eau prélevée pour l'usage eau potable selon la ressource sollicitée.

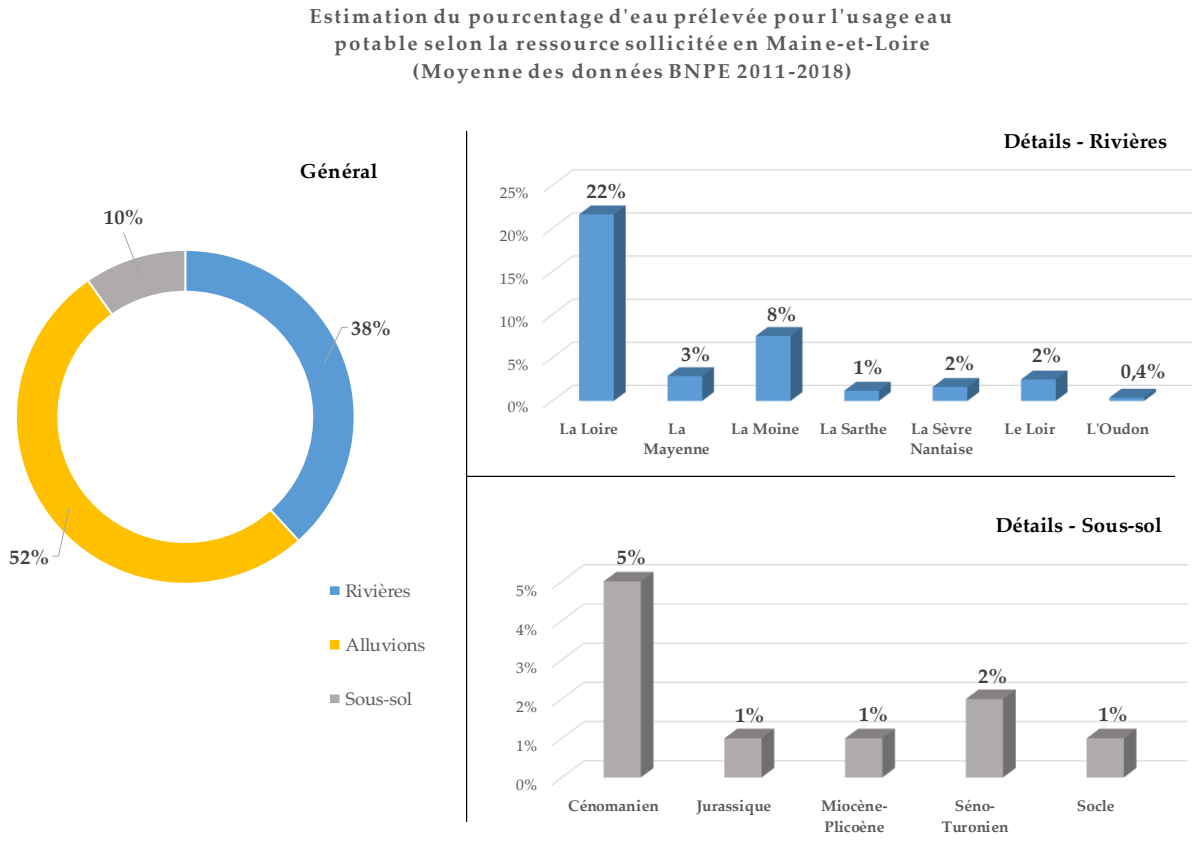


Figure 111 : Estimation du pourcentage d'eau prélevée pour l'usage eau potable selon la ressource sollicitée en Maine-et-Loire (Source : Moyennes des données BNPE 2011-2018)

Le graphique ci-après présente l'évolution des volumes annuels prélevés (en m^3/an) pour l'usage eau potable selon la ressource sollicitée pour la période 2011-2018. Les volumes totaux du Maine-et-Loire sont relativement stables sur cette période ; la moyenne de prélèvement étant de 56,2 millions de m^3 par an. Il y a également, sur cette période, assez peu d'évolution de sollicitation des différentes ressources.

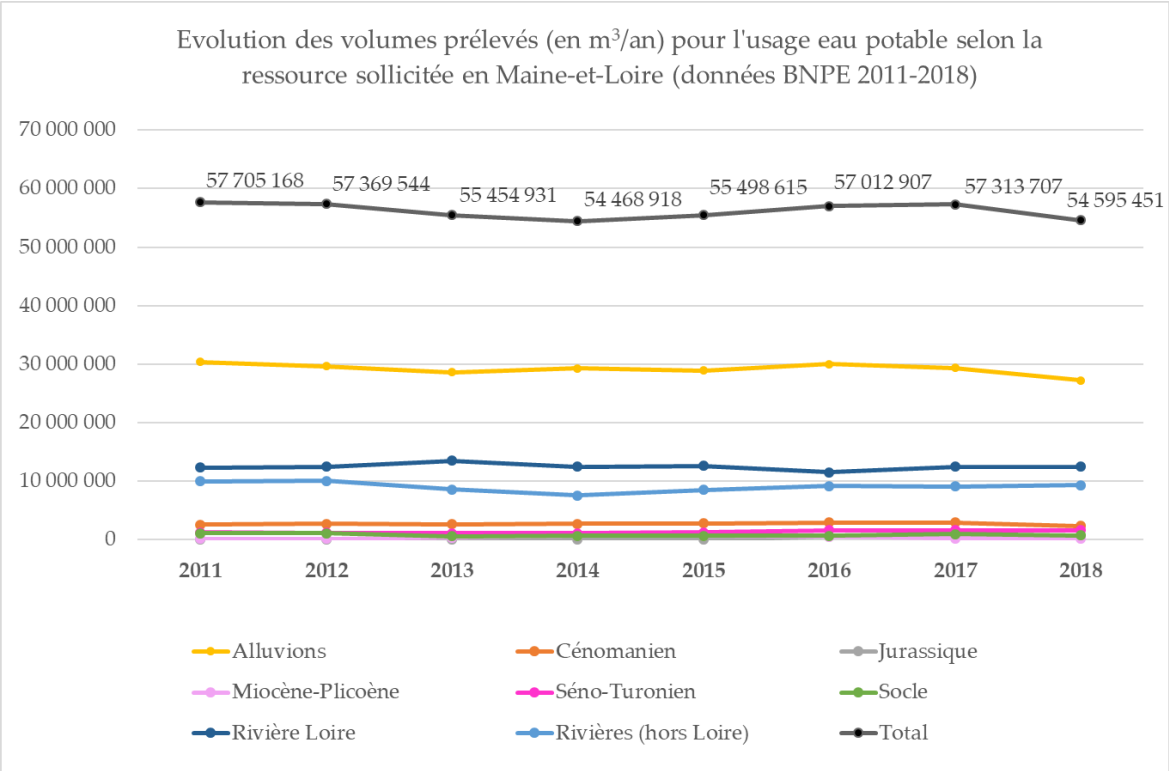


Figure 112 : Évolution des volumes annuels prélevés (m³/an) pour l'usage eau potable selon la ressource sollicitée (Source : Cd49, 2020)

IV.2.3.2. Les besoins actuels en eau potable à l'échelle des bassins versants

IV.2.3.2.1. Les volumes prélevés pour la production d'eau potable

Le tableau ci-dessous présente, pour chaque territoire de SAGE, les volumes annuels prélevés pour l'usage eau potable (en m³/an) sur la période 2016-2018.

	2016	2017	2018	Moyenne
Authion	3 840 679	3 791 059	3 223 082	3 618 273
Estuaire de la Loire	1 155 117	754 245	888 419	932 594
Evre - Thau - St Denis	0	0	0	0
Layon - Aubance - Louets	186 091	314 284	262 786	254 387
Loir	1 525 113	1 583 212	1 631 857	1 580 061
Mayenne	1 734 138	1 695 992	1 854 393	1 761 508
Oudon	689 216	709 221	775 757	724 731
Sarthe Aval	708 026	707 042	722 964	712 677
Sèvre Nantaise	5 654 956	5 860 474	5 587 538	5 700 989
Thouet	630 271	629 982	585 942	615 398
Vilaine	0	0	0	0
Hors SAGE - Axe Loire	37 980 403	38 266 773	36 939 830	37 729 002
Hors SAGE - St Aubin/L'Avort	1 579 577	1 627 439	845 079	1 350 698
Hors SAGE - Romme/Brionneau/Maine	1 329 320	1 373 984	1 277 804	1 327 036
TOTAL	**57 012 907**	**57 313 707**	**54 595 451**	**56 307 355**

La figure ci-après présente l'estimation du pourcentage d'eau prélevée annuellement pour l'usage eau potable selon le territoire du SAGE.

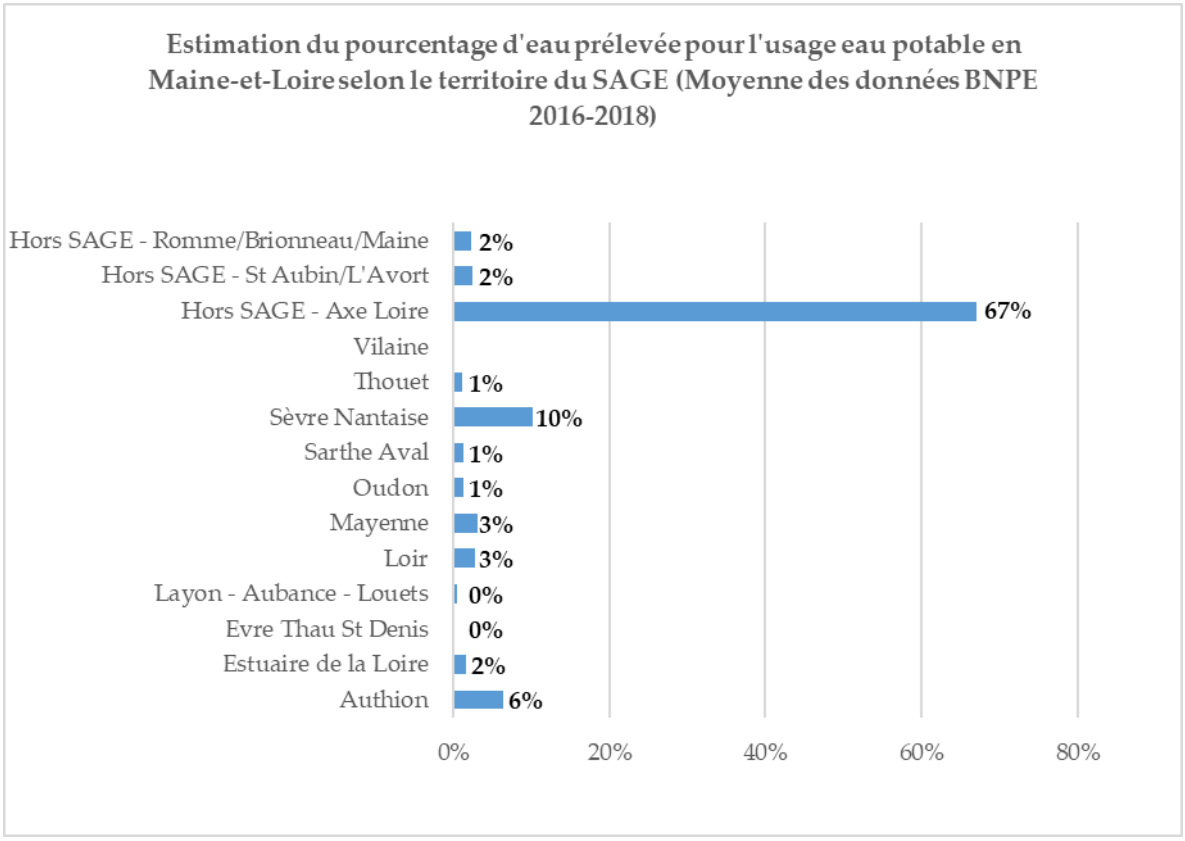


Figure 113 : Estimation du pourcentage d'eau prélevée pour l'usage eau potable en Maine-et-Loire selon le territoire du SAGE (Source : Moyennes des données BNPE 2016-2018)

Les tableaux ci-dessous présentent, pour chaque territoire de SAGE, les volumes moyens prélevés pour l'usage eau potable (en m³/an) selon la ressource sollicitée sur la période 2016-2018.

Eaux souterraines :

	Alluvions	Cénomanien	Jurassique	Miocène-Plicoène	Séno-Turonien	Socle	TOTAL
Authion		2 423 359			1 194 915		**3 618 273**
Estuaire de la Loire	622 521			310 073			**932 594**
Evre - Thau - St Denis							**0**
Layon - Aubance - Louets	254 387						**254 387**
Loir		158 219			337 256		**495 475**
Mayenne							**0**
Oudon						530 153	**530 153**
Sarthe Aval							**0**
Sèvre Nantaise						252 936	**252 936**
Thouet			615 398				**615 398**
Vilaine							**0**
Hors SAGE - Axe Loire	25 295 842	186 038			82 023		**25 563 903**
Hors SAGE - St Aubin/L'Avort	1 350 698						**1 350 698**
Hors SAGE - Romme/Brionneau/Maine	1 327 036						**1 327 036**
TOTAL	28 850 484	2 767 616	615 398	310 073	1 614 193	783 089	**34 940 853**

Eaux superficielles :

	La Loire	La Mayenne	La Moine	La Sarthe	La Sèvre Nantaise	Le Loir	L'Oudon	TOTAL
Authion								**0**
Estuaire de la Loire								**0**
Evre - Thau - St Denis								**0**
Layon - Aubance - Louets								**0**
Loir						1 084 586		**1 084 586**
Mayenne		1 761 508						**1 761 508**
Oudon							194 579	**194 579**
Sarthe Aval				712 677				**712 677**
Sèvre Nantaise			4 415 901		1 032 153			**5 448 053**
Thouet								**0**
Vilaine								**0**
Hors SAGE - Axe Loire	12 165 099							**12 165 099**
Hors SAGE - St Aubin/L'Avort								**0**
Hors SAGE - Romme/Brionneau/Maine								**0**
TOTAL	**12 165 099**	**1 761 508**	**4 415 901**	**712 677**	**1 032 153**	**1 084 586**	**194 579**	**21 366 502**

L'étude des données collectées en 2019 dans le cadre du réseau départemental de suivi quantitatif des eaux souterraines, permet d'identifier l'évolution moyenne des volumes mensuels prélevés pour l'usage eau potable. Les graphiques ci-dessous montrent cette évolution pour les aquifères les plus sollicités du département pour l'année 2019.

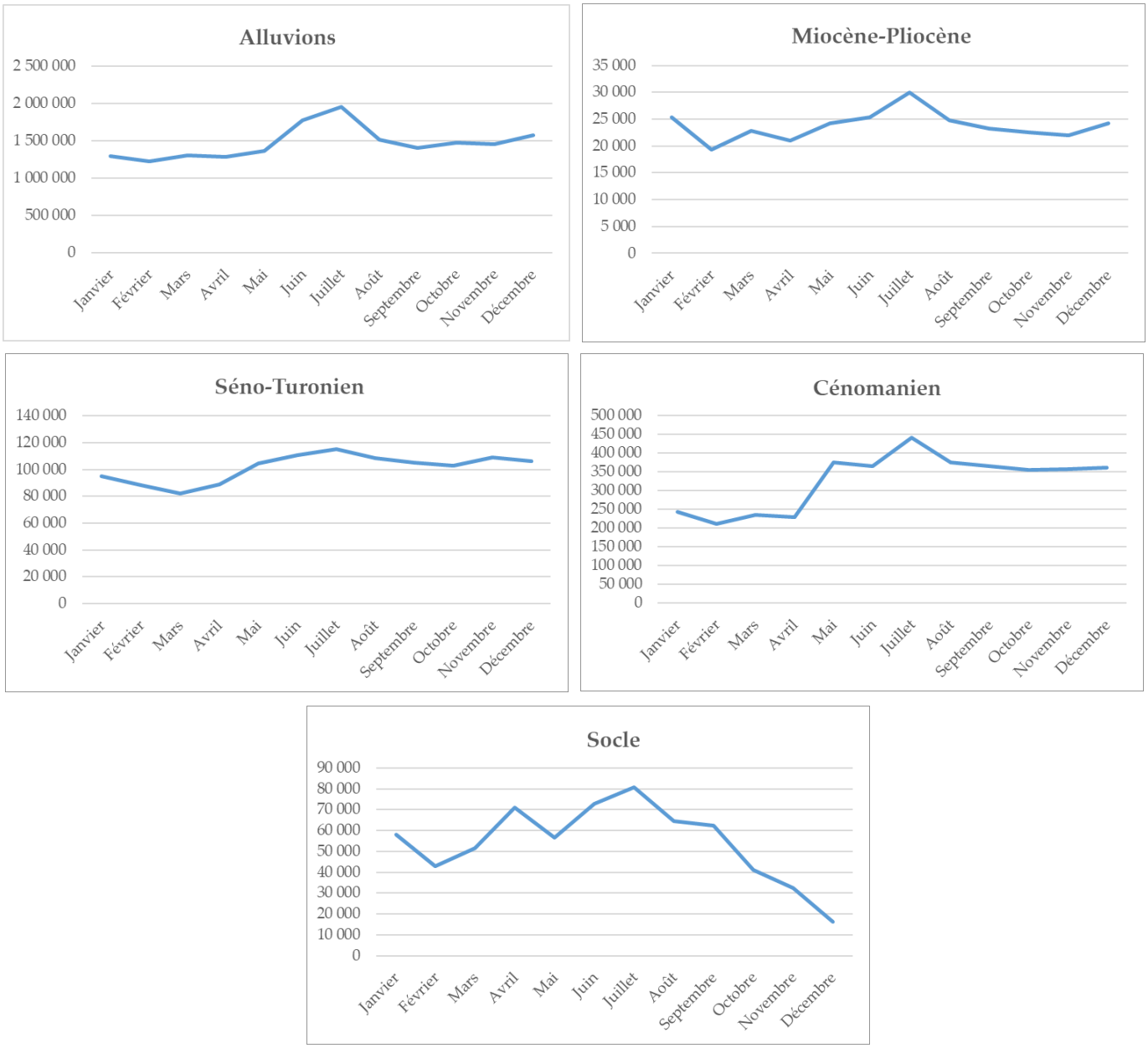


Figure 114 : Évolution des volumes d'eau mensuels prélevés (en m³/mois) pour l'usage eau potable en 2019 selon le type d'aquifère sollicité (Source : Cd49, 2020)

Le tableau ci-dessous présente la répartition des volumes d'eau souterraine prélevés pour l'usage eau potable en fonction du mois de l'année sur la période 2017-2019.

	2017	2018	2019	Moyenne 2017-2019
Janvier	9,3%	8,1%	7,3%	**8,2%**
Février	8,4%	6,9%	6,7%	**7,3%**
Mars	8,5%	5,6%	7,1%	**7,1%**
Avril	7,9%	8,2%	7,2%	**7,8%**
Mai	9,2%	8,8%	8,1%	**8,7%**
Juin	10,1%	7,2%	9,9%	**9,1%**
Juillet	9,5%	10,3%	11,1%	**10,3%**
Août	8,0%	9,5%	8,8%	**8,8%**
Septembre	8,3%	9,4%	8,3%	**8,7%**
Octobre	6,9%	8,9%	8,4%	**8,1%**
Novembre	6,9%	8,4%	8,3%	**7,9%**
Décembre	7,0%	8,6%	8,8%	**8,1%**

Mars est le mois pour lequel le volume prélevé pour l'usage eau potable est le plus faible et juillet, le mois pour lequel le volume prélevé pour l'usage eau potable est le plus élevé.

Le graphique ci-dessous présente l'évolution moyenne des volumes d'eau mensuels prélevés pour l'usage eau potable sur la période 2017-2019.

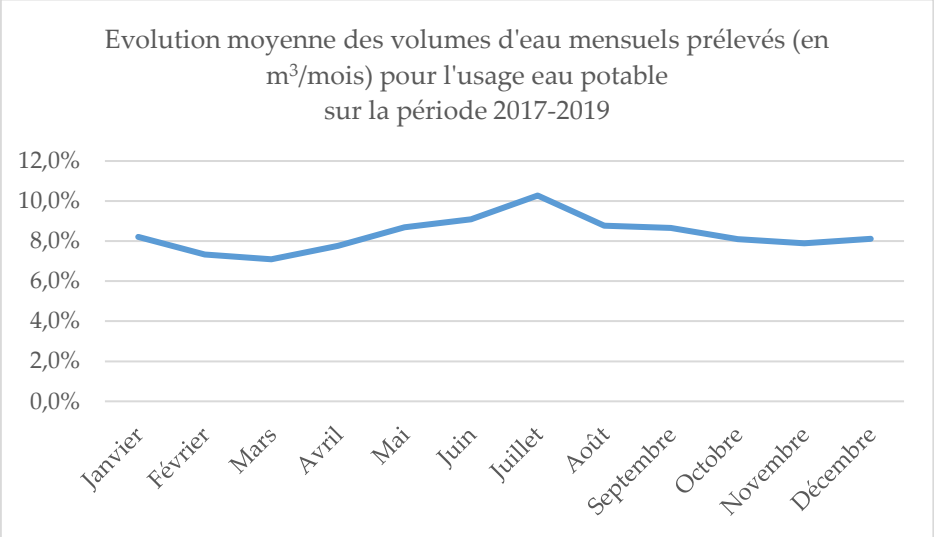


Figure 115 : Évolution moyenne des volumes d'eau mensuels (m³/mois) pour l'usage eau potable sur la période 2017-2019 (Source : Cd49, 2020)

En considérant la répartition annuelle des volumes prélevés pour l'usage eau potable ci-avant, nous pouvons estimer les volumes mensuels moyens prélevés sur chaque bassin versant.

Volumes mensuels moyens prélevés de janvier à juin :

	Volume annuel moyen (m^3/an)	Volume mensuel moyen (m^3/mois)					
		Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin
Authion	3 618 273	287 988	258 257	256 786	274 924	317 174	330 691
Estuaire de la Loire	932 594	74 227	66 565	66 185	70 860	81 750	85 234
Evre - Thau - St Denis	0	0	0	0	0	0	0
Layon - Aubance - Louets	254 387	20 247	18 157	18 054	19 329	22 299	23 250
Loir	1 580 061	125 761	112 778	112 135	120 056	138 506	144 409
Mayenne	1 761 508	140 203	125 729	125 013	133 843	154 412	160 993
Oudon	724 731	57 683	51 728	51 434	55 067	63 529	66 237
Sarthe Aval	712 677	56 724	50 868	50 578	54 151	62 473	65 135
Sèvre Nantaise	5 700 989	453 756	406 913	404 594	433 173	499 743	521 041
Thouet	615 398	48 981	43 925	43 674	46 759	53 945	56 244
Vilaine	0	0	0	0	0	0	0
Hors SAGE - Axe Loire	37 729 002	3 002 947	2 692 940	2 677 593	2 866 727	3 307 285	3 448 236
Hors SAGE - St Aubin/L'Avort	1 350 698	107 505	96 407	95 858	102 629	118 401	123 447
Hors SAGE - Romme/Brionneau/Maine	1 327 036	105 622	94 718	94 179	100 831	116 327	121 284
TOTAL	**56 307 355**	**4 481 645**	**4 018 986**	**3 996 082**	**4 278 348**	**4 935 845**	**5 146 201**

Volumes mensuels moyens prélevés de juillet à décembre :

	Volume annuel moyen (m^3/an)	Volume mensuel moyen (m^3/mois)					
		Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Authion	3 618 273	337 911	325 126	328 696	310 288	291 099	299 332
Estuaire de la Loire	932 594	87 095	83 800	84 720	79 975	75 029	77 152
Evre - Thau - St Denis	0	0	0	0	0	0	0
Layon - Aubance - Louets	254 387	23 757	22 858	23 109	21 815	20 466	21 045
Loir	1 580 061	147 562	141 979	143 538	135 500	127 120	130 715
Mayenne	1 761 508	164 508	158 283	160 021	151 060	141 718	145 726
Oudon	724 731	67 683	65 122	65 837	62 150	58 306	59 956
Sarthe Aval	712 677	66 557	64 039	64 742	61 116	57 337	58 958
Sèvre Nantaise	5 700 989	532 417	512 273	517 897	488 893	458 659	471 631
Thouet	615 398	57 472	55 298	55 905	52 774	49 510	50 911
Vilaine	0	0	0	0	0	0	0
Hors SAGE - Axe Loire	37 729 002	3 523 520	3 390 207	3 427 430	3 235 484	3 035 392	3 121 243
Hors SAGE - St Aubin/L'Avort	1 350 698	126 142	121 369	122 702	115 830	108 667	111 740
Hors SAGE - Romme/Brionneau/Maine	1 327 036	123 932	119 243	120 552	113 801	106 763	109 783
TOTAL	**56 307 355**	**5 258 556**	**5 059 598**	**5 115 150**	**4 828 687**	**4 530 066**	**4 658 192**

IV.2.3.2.2. Les volumes eau potable consommés pour l'ensemble des usages

A partir des rendements de production (8%) et de distribution (85%) définis précédemment, nous pouvons estimer que les volumes consommés correspondent à environ **80%** des volumes prélevés (cf IV-2-2-4).

Le volume moyen consommé pour l'ensemble des usages en Maine-et-Loire est estimé à 45 045 884 m^3/an.

IV.2.3.2.3. Les volumes eau potable consommés pour l'usage domestique

La consommation moyenne annuelle d'un habitant de Maine-et-Loire est estimée à 45 m³, soit 125 L/jour. Celle-ci est relativement stable sur la période 2012-2017 comme le montre le tableau ci-dessous.

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	Moyenne
Volume total comptabilisé domestique (m3)	36 548 307	37 253 903	38 307 065	41 997 592	36 842 628	35 071 948	37 571 781
Population	819 366	823 546	829 103	833 080	833 602	833 268	828 661
Consommation moyenne (m3/hab./an)	45	45	46	50	44	42	45
Consommation moyenne (l/hab./jour)	122	124	127	138	121	115	125

* *Source des données : Observatoire nationale des services publics de l'eau et de l'assainissement (SISPEA)*

Sur la période 2012-2017, la consommation moyenne des habitants de Maine-et-Loire est inférieure à la moyenne nationale qui est de 53 m³/an soit 145 L/jour.

A noter que des volumes consommés non domestique peuvent être compris dans les volumes comptabilisés domestiques car les collectivités compétentes en eau potable n'ont pas une connaissance fine du type d'usager auquel elles fournissent l'eau. Un travail de fléchage au moment de la facturation pourrait être mené par ces structures afin de mieux connaître les activités de leurs usagers. La consommation moyenne annuelle par habitant pourrait ainsi être précisée.

Le tableau ci-après présente, pour chaque territoire de SAGE, le nombre d'habitants au 1er janvier 2017 (population INSEE 2020) ainsi que les besoins actuels en eau potable pour l'usage domestique basés sur la consommation annuelle estimée à 45 m³/an/habitant en Maine-et-Loire.

	Population 2020 (nombre d'habitants)	Besoins actuels en eau potable (m3/an)
Authion	104 352	4 695 840
Estuaire de la Loire	22 762	1 024 290
Evre - Thau - St Denis	75 048	3 377 160
Layon - Aubance - Louets	101 783	4 580 235
Loir	35 605	1 602 225
Mayenne	20 530	923 850
Oudon	42 038	1 891 710
Sarthe aval	44 375	1 996 875
Sèvre Nantaise	98 824	4 447 080
Thouet	51 416	2 313 720
Vilaine	0	0
Hors SAGE - Axe Loire	9 181	413 145
Hors SAGE - Romme/Brionneau/Maine	222 659	10 019 655
Hors SAGE - St Aubin/L'Avort	4 695	211 275
TOTAL	**833 268**	**37 497 060**

Remarque : Aucune commune du Maine-et-Loire n'a été rattachée au SAGE Vilaine.

Le volume consommé pour l'usage domestique est estimé à 37 497 060 m³/an, soit **83%** du volume total d'eau potable consommé.

Les volumes prélevés sur un bassin versant ne sont pas forcément consommés sur ce même territoire. En effet, de nombreux échanges d'eau entre collectivités compétentes sont observés en Maine-et-Loire.

La carte ci-après présente les capacités d'échange d'eau entre collectivités compétentes en eau potable.

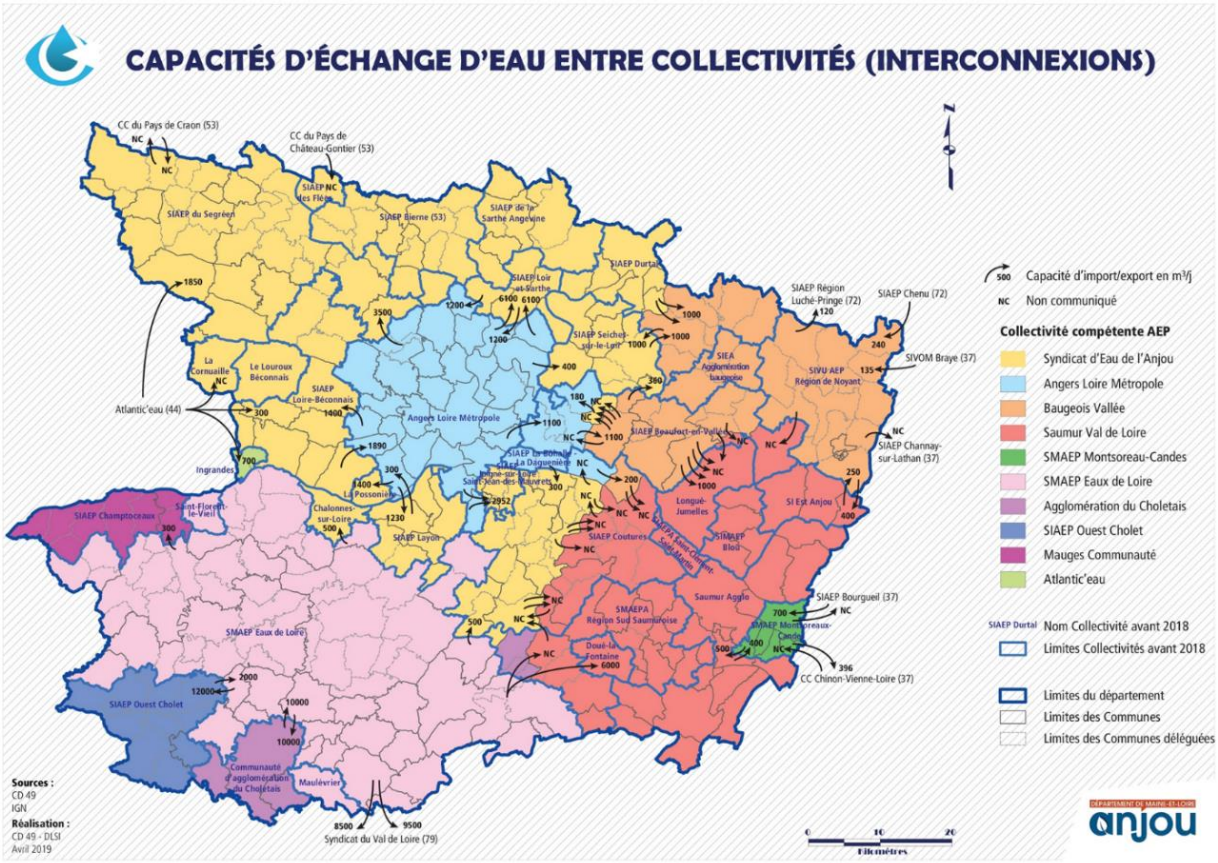


Figure 116 : Capacité d'échange d'eau entre collectivités (interconnexions) (Source : Schéma départemental d'alimentation en eau potable 2019)

Le tableau ci-après présente les échanges d'eau estimés (en m³/an) pour la consommation domestique entre bassins versants du territoire, basés sur le volume d'eau consommé par habitant en 2020.

		BASSIN VERSANT EXPORTATEUR										
BASSIN VERSANT IMPORTATEUR		Authion	Estuaire de la Loire	Layon - Aubance - Louets	Loir	Mayenne	Oudon	Sarthe aval	Sèvre Nantaise	Thouet	Hors SAGE Axe Loire	TOTAL
Authion		2 547 405		208 080	31 005						1 909 350	**4 695 840**
Estuaire de la Loire			700 020								324 270	**1 024 290**
Evre - Thau - St Denis			135 495						324 855		2 916 810	**3 377 160**
Layon - Aubance - Louets				1 259 235							3 321 000	**4 580 235**
Loir		149 985			789 075			70 335			592 830	**1 602 225**
Mayenne						238 275					685 575	**923 850**
Oudon			199 755			633 735	886 995				171 225	**1 891 710**
Sarthe aval						128 115		513 495			1 355 265	**1 996 875**
Sèvre Nantaise									3 632 085		814 995	**4 447 080**
Thouet										346 050	1 967 670	**2 313 720**
Hors SAGE	Axe Loire			180 675							232 470	**413 145**
	Romme/Brionneau/Maine		146 430								9 873 225	**10 019 655**
	St Aubin/L'Avort			211 275								**211 275**
TOTAL		**2 697 390**	**1 181 700**	**1 859 265**	**820 080**	**1 000 125**	**886 995**	**583 830**	**3 956 940**	**346 050**	**24 164 685**	**37 497 060**

La carte ci-après présente les taux d'importation ainsi que les taux d'auto-approvisionnement des bassins versants estimés (en %) pour la consommation domestique, basés sur le volume d'eau consommé par habitant en 2020.

Les échanges d'eau potable entre bassins versants en Maine-et-Loire en 2020

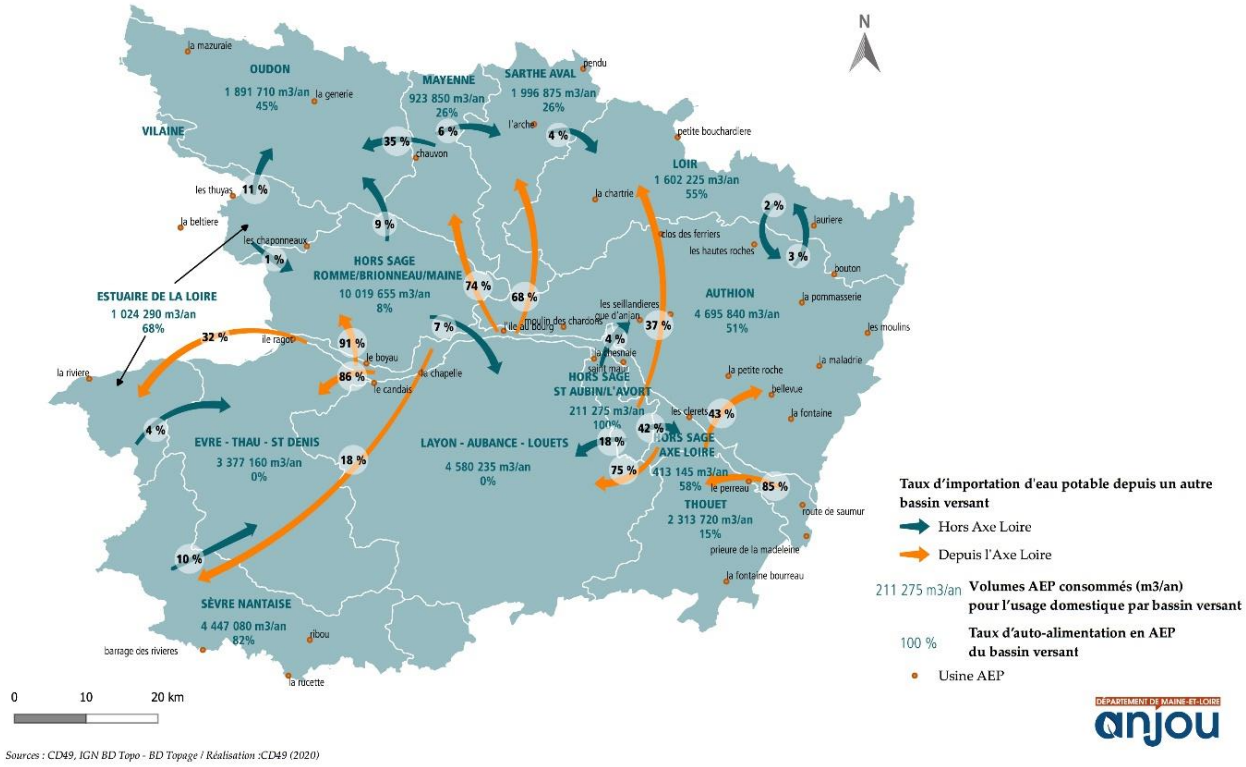


Figure 117 : Les échanges d'eau réalisés entre bassins versants du maine-et-Loire en 2020 (Source : Cd49, 2020)

IV.2.3.2.4. Les volumes consommés pour l'usage agricole

Le volume d'eau potable prélevé pour l'élevage (abreuvement) est estimé à 4 346 690 m³, soit environ **10%** du volume total d'eau potable consommé.

Le détail des volumes eau potable prélevés pour l'élevage sont présentées dans la partie IV-3-1-2 du rapport « Les besoins en eau de l'élevage ».

IV.2.3.2.5. Les volumes eau potable consommés pour l'industrie, le commerce et l'artisanat

Les volumes prélevés au réseau eau potable pour l'industrie, le commerce et l'artisanat ne sont connus que pour les Installations Classées Pour la protection de l'Environnement (ICPE) via le logiciel GEREP (cf paragraphe II-8-1 « Installations Classées Pour la protection de l'Environnement »). Ce volume est estimé à 2 800 305 m³/an, soit 45% des volumes totaux prélevés par ce type d'industrie.

Une estimation du volume eau potable consommé par les secteurs de l'industrie, du commerce et de l'artisanat peut être faite en retirant au volume total d'eau potable consommé, les volumes consommés pour les usages eau potable et agricole (élevage), soit 3 202 134 m³/an, environ **7%** du volume total d'eau potable consommé.

IV.2.4. Les besoins futurs en eau potable

IV.2.4.1. Besoins futurs en eau potable pour l'usage domestique

Le Maine-et-Loire compte 833 268 habitants au 1er janvier 2020 (recensement 2017).

Selon les projections de l'INSEE, la population du Maine-et-Loire augmentera de 6% à l'horizon 2030 et de 18% à l'horizon 2050, atteignant 983 256 habitants.

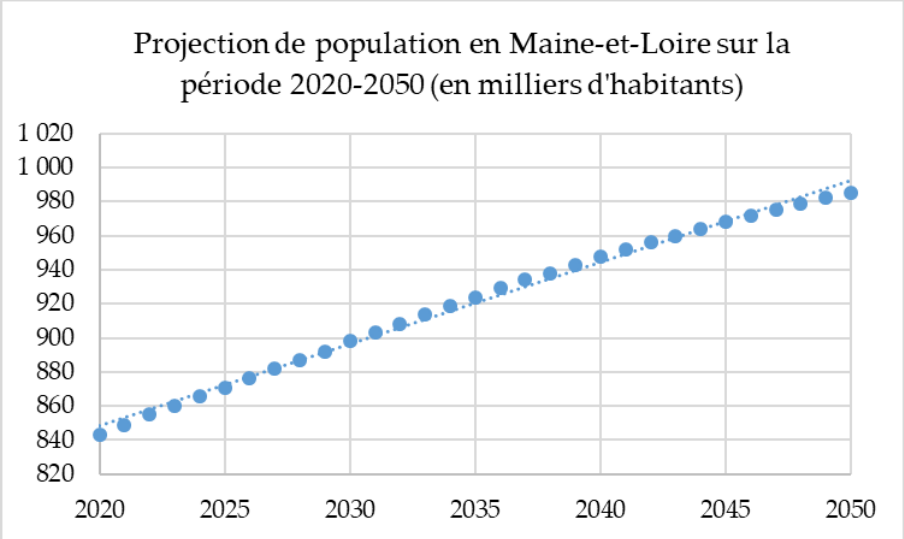


Figure 118 : Projection de population en Maine-et-Loire sur la période 2020-2050 (en milliers d'habitants) (Source : site internet de l'INSEE)

En considérant, une tendance stable, la population augmenterait de 29% (1 074 916 habitants) en 2070 et de 46% (1 216 571 habitants) en 2100.

Le tableau ci-dessous présente la répartition de la population du Maine-et-Loire actuelle et future en fonction des bassins versants, en considérant que l'augmentation de population est homogène sur le territoire d'étude.

	Population 2020	Population 2030	Population 2050	Population 2070	Population 2100
Authion	104 352	110 613	123 135	134 614	152 354
Estuaire de la Loire	22 762	24 128	26 859	29 363	33 233
Evre - Thau - St Denis	75 048	79 551	88 557	96 812	109 570
Layon - Aubance - Louets	101 783	107 890	120 104	131 300	148 603
Loir	35 605	37 741	42 014	45 930	51 983
Mayenne	20 530	21 762	24 225	26 484	29 974
Oudon	42 038	44 560	49 605	54 229	61 375
Sarthe aval	44 375	47 038	52 363	57 244	64 788
Sèvre Nantaise	98 824	104 753	116 612	127 483	144 283
Thouet	51 416	54 501	60 671	66 327	75 067
Hors SAGE - Axe Loire	9 181	9 732	10 834	11 843	13 404
Hors SAGE - Romme/Brionneau/Maine	222 659	236 019	262 738	287 230	325 082
Hors SAGE - St Aubin/L'Avort	4 695	4 977	5 540	6 057	6 855
TOTAL	**833 268**	**883 264**	**983 256**	**1 074 916**	**1 216 571**

Le tableau ci-dessous présente les besoins actuels et futurs en eau potable et le pourcentage d'évolution des volumes consommés (par rapport à 2020) considérant une consommation des ménages de **45 m³/an/habitant** pour chaque bassin versant.

	2020	2030	2050	2070	2100
Authion	4 695 840	4 977 590	5 541 091	6 057 634	6 855 926
Estuaire de la Loire	1 024 290	1 085 747	1 208 662	1 321 334	1 495 463
Evre - Thau - St Denis	3 377 160	3 579 790	3 985 049	4 356 536	4 930 654
Layon - Aubance - Louets	4 580 235	4 855 049	5 404 677	5 908 503	6 687 143
Loir	1 602 225	1 698 359	1 890 626	2 066 870	2 339 249
Mayenne	923 850	979 281	1 090 143	1 191 767	1 348 821
Oudon	1 891 710	2 005 213	2 232 218	2 440 306	2 761 897
Sarthe aval	1 996 875	2 116 688	2 356 313	2 575 969	2 915 438
Sèvre Nantaise	4 447 080	4 713 905	5 247 554	5 736 733	6 492 737
Thouet	2 313 720	2 452 543	2 730 190	2 984 699	3 378 031
Hors SAGE - Axe Loire	413 145	437 934	487 511	532 957	603 192
Hors SAGE - Romme/Brionneau/Maine	10 019 655	10 620 834	11 823 193	12 925 355	14 628 696
Hors SAGE - St Aubin/L'Avort	211 275	223 952	249 305	272 545	308 462
TOTAL	**37 497 060**	**39 746 884**	**44 246 531**	**48 371 207**	**54 745 708**
Evolution depuis 2020		**6%**	**18%**	**29%**	**46%**

Le tableau ci-dessous présente la projection des volumes prélevés par bassin versant en considérant une évolution similaire entre volumes consommés et volumes prélevés sans politique d'économie d'eau mise en œuvre (+ 6% en 2030, + 18% en 2050, + 29% en 2070 et + 46% en 2100).

	2020	2030	2050	2070	2100
Authion	3 618 273	3 835 370	4 269 563	4 667 573	5 282 679
Estuaire de la Loire	932 594	988 549	1 100 461	1 203 046	1 361 587
Evre - Thau - St Denis	0	0	0	0	0
Layon - Aubance - Louets	254 387	0	0	0	0
Loir	1 580 061	1 674 864	1 864 472	2 038 278	2 306 889
Mayenne	1 761 508	1 867 198	2 078 579	2 272 345	2 571 801
Oudon	724 731	768 215	855 183	934 903	1 058 108
Sarthe Aval	712 677	755 438	840 959	919 354	1 040 509
Sèvre Nantaise	5 700 989	6 043 049	6 727 167	7 354 276	8 323 444
Thouet	615 398	652 322	726 170	793 864	898 482
Vilaine	0	0	0	0	0
Hors SAGE - Axe Loire	37 729 002	39 992 742	44 520 222	48 670 413	55 084 343
Hors SAGE - St Aubin/L'Avort	1 350 698	1 431 740	1 593 824	1 742 401	1 972 020
Hors SAGE - Romme/Brionneau/Maine	1 327 036	1 406 658	1 565 902	1 711 876	1 937 473
TOTAL	**56 307 355**	**59 416 146**	**66 142 502**	**72 308 329**	**81 837 333**
Evolution depuis 2020		**+6%**	**17%**	**28%**	**45%**

IV.2.4.2. Besoins futurs en eau potable pour l'usage non domestique

IV.2.4.2.1. Besoins futurs en eau potable pour l'usage agricole

Les besoins futurs en eau potable pour l'usage agricole (élevage) sont estimés à 4 019 402 en 2030, soit une baisse par rapport à 2020 d'environ 8% et à 3 282 060 m3/an en 2050, soit une baisse par rapport à 2020 d'environ 24%.

Le détail des besoins futurs eau potable pour l'élevage sont présentées dans la partie IV-3-3-3 du rapport « Chiffrage sur l'évolution de chaque usage des usages agricoles sur le département du Maine et Loire »

IV.2.4.2.2. Besoins futurs en eau potable pour l'industrie, le commerce et l'artisanat

Les prélèvements futurs au réseau d'eau potable de l'industrie, du commerce et de l'artisanat sont difficiles à prévoir car ils dépendent de plusieurs facteurs présentés ci-dessous :

- Évolution des structures sectorielles
- Évolution des procédés (innovations technologiques / fermeture de circuits d'eau)
- Évolution de la réglementation (normes sanitaires et notamment bactériologiques en lien avec la réutilisation des eaux)
- Évolution des restrictions du SDAGE et des SAGE
- Augmentation du prix de l'eau (levier sécurisation de l'approvisionnement en eau prédomine aujourd'hui sur l'aspect économique)

A défaut de prévisions réalistes, les besoins futurs (2050) pour l'usage de l'industrie du commerce et de l'artisanat seront considérés comme identiques à ceux de 2020.

IV.3. Les besoins en eau de l'agriculture et de la pisciculture

IV.3.1. Usages agricoles de l'eau, méthodologie, données mobilisées et hypothèse prises.

IV.3.1.1. Méthodologie appliquée

Le schéma départemental de gestion de la ressource en eau a pour but de présenter des données quantifiées sur les usages de l'eau pour l'ensemble des bassins versants du Maine et Loire sur une temporalité mensuelle et une distinction de l'origine des ressources. Ces éléments seront retranscrits pour chaque bassin versant sous forme de fiche synthèse avec des volumes utilisés mensuellement pour chaque usage (cf. annexe 4).

Le schéma départemental de gestion de la ressource en eau a séparé cette utilisation de l'eau par groupe d'usager. Les usagers agricoles comportent l'abreuvement, l'irrigation des cultures, la lutte antigel par aspersion, les activités aquacoles,…

L'un des objectifs est de faire un état des lieux des données disponibles sur le département. Les données peuvent être deux types :

- Données déclarées et regroupées par type d'usagers :

Ces données sont factuelles et déclarées annuellement par les usagers. Des seuils peuvent être appliqués et réduire la pertinence des données.

- Données estimées à partir d'hypothèses et/ou de valeurs de référence :

A partir de données issues de recensement plus ou moins récentes, des hypothèses d'utilisation des ressources en eau par unité sont proposées ou choisies suite à une validation du groupe de travail sur les besoins en eau de la forêt et de l'agriculture.

Les besoins seront répartis par bassin versant, par origine de la ressource en eau, eau potable (AEP), eau souterraine (ESO) et eau superficielle (ESU) et par mois.

IV.3.1.2. Les besoins en eau de l'élevage

L'abreuvement consiste à apporter de l'eau à des animaux. L'abreuvement en élevage peut être réalisé sous différentes manières via l'utilisation des ressources présentes sur ou à proximité des parcelles agricoles (étangs, cours d'eau) ou via la mobilisation de ressources de l'extérieur (forage, eau potable, prise d'eau sur une rivière,…). L'eau distribuée ne doit pas être impropre à la consommation.

La méthode employée pour estimer les besoins en eau dans le Maine et Loire consiste à déterminer l'eau nécessaire à l'abreuvement. C'est l'usage majoritaire pour l'utilisation de la ressource en eau pour l'élevage. Les eaux d'entretien (lavages) et les fuites sont également présentes dans les besoins en eau de l'élevage.

Pour déterminer cette valeur, les effectifs des animaux présents sur le territoire ont été croisés par la référence standard d'abreuvement par type d'animaux. Un travail de référencement

bibliographique a été réalisé pour déterminer les consommations unitaires de chaque bétail. Les effectifs ont été fournis par différentes bases de données.

L'évaluation de la consommation journalière des animaux d'élevage

Les **consommations d'eau par les animaux d'élevage** varient selon le type d'animal, leur niveau de production, leur stade physiologique, l'environnement, l'alimentation et leur activité physique. Des articles scientifiques (Massabie, IFIP) présentent le besoin en eau par type d'animaux d'élevage.

Comme dit précédemment, le département du Maine et Loire présente plusieurs études volumes prélevables (EVP). Certaines d'entre elles donnent des approches sur les consommations unitaires en eau des animaux. Ces consommations ont été présentées et votées en commission locale de l'eau, lors de la validation des études volumes prélevables.

Suite à une rencontre des filières agricoles et d'un groupe de travail il a été pris comme référence les consommations moyennes du tableau ci-après. Ces consommations unitaires sont issues des différentes études volumes prélevables les plus récentes, de revues scientifiques et de retours d'expériences. Sur le bassin versant de l'Authion, un détail sur le volet bovin est présent à contrario des autres études volumes prélevables qui donnaient une valeur moyenne de 7L/j par effectifs de bovins. Ainsi il a été proposé de suivre les consommations par animaux proposés dans le cadre de cette évaluation des volumes prélevable du bassin versant de l'Authion complété par l'analyse de l'institut du porc sur la filière porcine. Ces consommations prennent en compte les eaux de lavages. Sur le département de la Mayenne, l'étude du Conseil Départemental de la Mayenne a estimé à 24,2% des eaux consommées pour l'abreuvement. Par exemple il est pris 73,4L d'eau par jour pour une vache laitière d'abreuvement, l'eau de lavage correspond à 17,7L, soit une consommation journalière de 91,2L sur le département de la Mayenne.

Le tableau ci-après présente les consommations unitaires des différents cheptels, exprimées en m^3 par jour.

Estimation des besoins en eau pour l'élevage (m3/j)	
Elevage	***Consommation m3/j***
Bovins	voir détail
Caprins	0,007
Ovins	0,007
Truies	0,022
Porcs engraissement	0,007
Volailles	0,0002
Equidés	0,04
Lapin	0,0005

Estimation des besoins en eau pour	
Elevage	***Consommation m3/j***
Vache laitières	0,1
Vache allaitante	0,05
broutard-veaux de bou	0,025
génisse lait et viande <1	0,025
génisse lait et viande er	0,035
génisse lait et viande >	0,05
male <1an	0,025
male entre 1 et 2ans	0,035
male >2ans	0,05

Les effectifs des cheptels

Selon les bases de données utilisées, les cheptels peuvent être reliés à la commune ou à la communauté de commune. Il a été réalisé un travail cartographique pour associer à chaque commune ou chaque communauté de commune la proportion de chacun des bassins versant étudiés.

Les bases de données qui ont été utilisées sont les suivantes :

- Bovins, ovins, caprins et porcins via l'établissement de l'élevage (EDE) des Pays de la Loire. L'EDE est un organisme qui réglemente l'identification et la traçabilité des bovins, ovins, caprins et porcins jusqu'à leur mort. Les données bovines, ovines et caprines, sont à l'échelle communale. Elles datent de 2019. Pour les porcs, les données sont à l'échelle des EPCI et datent de 2018

- Les effectifs des volailles sont disponibles via le recensement agricole de 2010. Le RA2010 donne par établissement public de coopération intercommunale (EPCI) la surface en bâtiments de volailles. En moyenne un mètre carré de bâtiments de volailles est composé de 15 à 24 volailles.

-Les effectifs des lapins sont disponibles via le recensement agricole de 2010 également.

Suite au recensement agricole de 2020, l'ensemble de ces données seront mises à jours.

Nous négligerons la présence des équidés sur le département.

Allocation de l'origine de l'eau selon les animaux :

Selon le type d'animaux et la zone d'étude des allocations de l'origine de la ressource en eau ont été proposé. Les études volumes prélevables donnent une allocation pour l'AEP et les milieux en fonction des animaux. Les milieux sont composés de ressources superficielles et de ressources souterraines, une allocation est proposée par la suite. (EVP Evre Thau St Denis Layon Aubance Louets, EVP Authion, EVP Loir, EVP Oudon, Sage Mayenne, …). Après proposition en groupe de travail il est retenu d'associer les allocations suivantes sur les territoires étudiés :

Authion / Loir / Sarthe aval / Sèvre Nantaise	Volailles, lapin et Veaux de boucherie : 100 % AEP Porcs : 75% AEP / 25 % milieu Bovins lait ou allaitant, ovins, caprins : 50% AEP / 50% milieu
Estuaire de la Loire / Evre Thau St Denis / Layon Aubance Louets / Thouet / Hors SAGE : Axe Loire / Hors Sage : St Aubin-L'Avort / Hors Sage : Romme-Brionneau-Maine	30 % AEP et 70% Milieu
Mayenne	38% AEP et 62% Milieu
Oudon	66,6 % AEP et 33,3% Milieu

Dans le cas où un bassin ne présente pas d'EVP, il a été rapproché du bassin versant le plus proche avec les mêmes caractéristiques géologiques dominantes (en bleu dans le tableau). Certaines études ont été réalisées sur des territoires en majorité extérieurs du Maine et Loire, les données d'abreuvement ne correspondaient pas à la réalité du territoire au sein du département (ex Loir). Il a été décidé d'appliquer la même règle que pour les territoires sans EVP.

Répartition de l'origine de la ressource pour l'abreuvement :

L'origine de l'eau potable est à rattacher avec la partie IV-2 « Les besoins en eau potable ».

Selon le territoire l'origine de la ressource en eau mobilisée dans le milieu est différente. Sur des sols granitiques l'eau va être mobilisée via les réserves remplies par ruissellement ou directement sur des forages profonds captant des poches d'eau captives. Sur un territoire sédimentaire, l'eau est plus facilement disponible via des forages de nappes alluviales et sur les cours d'eau. Il est proposé que sur le sédimentaire la majorité d'eau d'abreuvement provienne de l'eau souterraine et que sur le socle la répartition est à 50-50 (difficulté de caractériser les prélèvements en nappe). Seul l'axe Loire est considéré comme 100% eaux superficielles, les prélèvements se font en direct sur la Loire ou un de ses bras et indirectement sur les alluvions en rives gauche et droite de la Loire. Ces répartitions font suites aux différents groupes de travail agriculture et forêt et des retours d'expériences.

Le tableau ci-dessous présente, les dominantes géologiques retenues pour chaque bassin versant étudié (cf paragraphe III.1 La géologie en Maine-et-Loire) et l'impact sur la mobilisation de la ressource en eau pour l'élevage.

Bassins versants Sédimentaires 90% ESO / 10% ESU	**Bassin versant axe Loire 100% ESU**	**Bassins versants Socle 50% ESO / 50% ESU**
Authion / Loir / Sarthe / Hors Sage (St Aubin/L'Avort)	Hors Sage (Axe Loire)	Estuaire de la Loire / Evre Thau St Denis / Layon Aubance Louets / Mayenne / Oudon / Sèvre Nantaise / Thouet / Vilaine / Hors Sage : Romme_ Brionneau_ Maine

Répartition temporelle de l'utilisation de la ressource pour l'abreuvement

Comme vu précédemment, la partie estivale est composée de 7 mois et la partie hivernale de 5 mois. Les études volumes prélevables se basent également sur cette répartition. Il est proposé d'allouer un tiers des prélèvements à l'hiver entre Novembre et Mars (5 mois) et les deux autres tiers des prélèvements à l'été entre Avril et Octobre (7 mois Par exemple pour un mois d'été, la ressource en eau représente 9,5% et 6,6% pour l'hiver sur la totalité de l'usage. La hausse de la consommation estivale en eau est lissée sur les 7 mois de l'été.

Limite de l'approche :

Le bilan des prélèvements impose de considérer que l'eau utilisée est totalement consommée par l'usage abreuvement. Dans les faits, cette eau est transformée partie en lait et en viande par exemple (87% d'eau dans le lait).

IV.3.1.3. La lutte antigel par aspersion

En période de floraison les arbres fruitiers (pommiers, poiriers,…) et la vigne sont exposés à des risques de gel qui réduit fortement les rendements escomptés. Depuis quelques années des épisodes de gel se font ressentir sur le département. Pour lutter contre le gel plusieurs techniques ont été développées au fil du temps. Les techniques les plus connues sont les tours à vents, les bougies et l'aspersion. Cette dernière consiste à envelopper les bourgeons et les fleurs pas une fine pellicule d'eau à une température de zéro degré Celsius.

Cette technique demande des capacités de prélèvement importantes sur un laps de temps court. Les systèmes de lutte antigel sont dimensionnés pour apporter en moyenne 40m³/ha.

La lutte antigel via aspersion mobilise de l'eau en sortie de printemps, plus de 95% de cette eau retourne au milieu via infiltration ou ruissellement. La lutte antigel est un usage mineur vis-à-vis des autres usages agricoles, il est proposé de ne faire apparaître que le prélèvement net sur les mois d'avril et de mai.

Aujourd'hui les arboriculteurs recherchent des parcelles non gélives pour éviter les périodes de gel.

A noter : Le taux de restitution au milieu de la lutte antigel par aspersion serait plutôt estimé à ***80%*** *selon de récentes études menées courant 2021.*

Les surfaces couvertes par le système d'aspersion pour la lutte antigel :

Aucune donnée factuelle n'est disponible. Les données d'utilisation spatiale de la technique de lutte antigel via aspersion sont issues de la concertation avec les filières arboricoles. La section viticole du département n'utilise pas, voire de manière très minoritaire, la lutte antigel via aspersion.

Répartition de l'origine de la ressource pour la lutte antigel :

Cette technique mobilise de grand volume d'eau sur un temps réduits, suite aux échanges avec la filière arboricole, ces prélèvements ne sont possibles que sur les axes des cours d'eau principaux du département. Le prélèvement est considéré en totalité sur les eaux superficielles (cours d'eau, nappes alluviale et réserves d'eau) soit 100% eaux superficielles.

Répartition temporelle de la lutte antigel

L'utilisation de la ressource en eau est centrée sur les floraisons des arbres fruitiers. Il est proposé d'allouer 50% sur Avril et 50 % sur Mai.

IV.3.1.4. L'irrigation

L'irrigation est une opération culturale qui consiste à apporter artificiellement de l'eau à des végétaux cultivés pour augmenter le rendement et la qualité de ces végétaux. Elle est réalisée sur le département depuis la sécheresse de 1976. Les politiques nationales successives à partir de 1977 ont conduit les exploitations agricoles à développer l'irrigation sur leurs terres. Des subventions, via la politique agricole commune, ont été attribuées jusqu'en 2010 pour les parcelles irriguées.

Les cultures irriguées sur le département sont diverses et variées. Les exploitations en polycultures élevages l'utilisent pour assurer une production fourragère suffisante pour subvenir aux besoins de ses cheptels. Les maraîchers et les horticulteurs l'utilisent l'ensemble de l'année pour irriguer leurs plants. Les arboriculteurs ont recours à l'irrigation pour assurer le rendement de leurs arbres fruitiers.

Les surfaces irriguées sur le département :

Ces données sont issues d'un travail de centralisation des données du recensement agricole de 2010 et d'une consolidation sur le secteur Authion via l'OUGC en place par la Chambre d'agriculture des Pays de la Loire en 2018 (C. Gohier). Les données sont spatialisées par bassins versant. Depuis 2010, les surfaces irriguées ne sont plus renseignées au sein de la déclaration PAC annuelle.

Les volumes utilisés en irrigation :

Chaque exploitation agricole doit se déclarer à l'Agence de l'Eau dès que son irrigation est supérieure à 1000m^3 par an. Les points de prélèvements sont équipés de compteurs relevés le 1er janvier de chaque année. Il s'agit de données factuelles. Elles ne sont pas exhaustives car certaines exploitations agricoles ne déclarent pas les volumes prélevés à l'Agence de l'eau. Ces données sont disponibles sur la banque nationale des prélèvements quantitatifs en eau (BNPE). Chaque prélèvement d'eau est associé à un point géo-référencé. L'association aux bassins versants est donc possible. Les prélèvements sont disponibles de 2008 à 2018. Dans les faits, l'Agence de l'eau recouvre les redevances à partir de 7000m^3. Certains irrigants ne se déclarent pas par méconnaissance du système ou par choix.

L'origine spatiale et temporelle de l'eau d'irrigation :

Les données issues de la BNPE séparent les données en eau de surface et en eau souterraine. Avant cette base de données listait le mode d'alimentation des plans d'eau (prélèvement cours d'eau, prélèvement nappe, alimentation ruissellement, alimentation conjointe par ruissellement et source, prélèvement sur source). Ce niveau de détails n'est plus disponible. A partir des expériences de gestions collectives et d'hypothèses, la répartition ci-après a été proposée.

Mois	*Sédimentaire*		*Socle*			
	ESU (Dominante rivières)	ESO	ESU (Dominante Retenue)			ESO
			ESU (Retenue connectées (15%)	ESU Retenues déconnectées (85%)	Bilan	
Janvier	1%	1%	20%	30%	28,5%	1%
Février	1%	1%	10%	15%	14,3%	1%
Mars	1%	1%	3%	5%	4,7%	1%
Avril	3%	3%	0%	0%	0,0%	3%
Mai	5%	5%	0%	0%	0,0%	5%
Juin	10%	10%	3%	0%	0,5%	10%
Juillet	35%	35%	7%	0%	1,1%	35%
Août	30%	30%	7%	0%	1,1%	30%
Septembre	8%	8%	5%	0%	0,8%	8%
Octobre	4%	4%	10%	0%	1,5%	4%
Novembre	1%	1%	15%	20%	19,3%	1%
Décembre	1%	1%	20%	30%	28,5%	1%

Hypothèses prises :

- Sur les zones sédimentaires, la présence de retenues est négligeable par rapport au prélèvement sur cours d'eau. Les cours d'eau du Maine et Loire profitent d'un apport de grand bassin versant hors département et/ou de nappe d'accompagnement qui soutiennent le débit durant l'étiage.

- Sur les zones de socle, il est pris une dominante d'utilisation de la ressource en eau superficielle via des retenues qui sont plus ou moins connectés au milieu superficiel. Par extrapolation du bassin versant de l'Hyrôme, il est considéré un taux de 15% des retenues d'irrigation connectées au milieu en été.

- Les retenues connectées mobilisent l'eau l'hiver en grande partie. En été selon leur degré de connexion au milieu superficiel, elles vont également mobiliser une partie de la ressource. Nous proposons une répartition au tiers sur l'été.
- Les retenues déconnectées prélèvent l'eau en hiver, majoritairement sur les mois de novembre à janvier, une fois remplies elles sont considérées transparentes sur le réseau hydrographique.

IV.3.1.5. L'activité aquacole

Sur le département, l'activité aquacole regroupe la pisciculture, l'algoculture et la salmoniculture.

- La salmoniculture dérivation de cours d'eau quasiment transparent sur le volet quantitatif, avec des normes de rejets pour la qualité.

- L'algoculture en circuits fermées (hors sol), exemple de la spiruline. Ces activités consomment peu d'eau annuellement.

- La pisciculture, élevage extensif sur de grandes surfaces d'eau. Cette eau doit être présente sur l'ensemble du cycle d'engraissement des poissons d'eaux douces. Des variations de niveau et de température peuvent être favorables au développement de certaines espèces piscicoles.

Majoritairement les plans d'eau en barrage de cours d'eau ou sur le lit mineur au niveau des têtes de bassin versant.

Il y a quatre types de sorties d'eau identifiés sur un plan d'eau de pisciculture :

- les vidanges avec une fréquence tous les 1 à 3 ans, c'est une donnée quantifiable ;

- les fuites par percolation avec une fréquence journalière, c'est une donnée très difficilement quantifiable. Il faut connaître les perméabilités des fonds de réserve et des digues ;

- l'évaporation (phénomènes physique) et la transpiration (plantes) avec des fréquences journalières. C'est une donnée difficilement quantifiable ;

- le maintien d'un débit réservé pour les plans d'eau sur cours d'eau avec une fréquence journalière. Cette donnée est quantifiable.

Les surfaces de plans d'eau piscicoles :

Le SMIDAP (Syndicat Mixte pour le Développement de l'Aquaculture et de la Pêche en Pays de la Loire) a réalisé une étude à l'échelle régionale sur les évolutions géographiques et sociales des étangs et autres plans d'eau artificiels, en 2008. En moyenne un plan d'eau de pisciculture a une profondeur de 1m à 1m50. Les plans d'eau sur le Maine et Loire se localisent sur les zones de socles (historique).

Les prélèvements en eau :

Les vidanges sont réalisées d'octobre à janvier selon les types d'étangs (attente du refroidissement des eaux avant la pêcherie). Ces vidanges peuvent également être interdites par l'arrêté cadre sécheresse, des dérogations peuvent être demandées. Après la vidange d'un étang ce dernier est soit mis en assec pendant 3-4 semaines ou rempli directement. Le remplissage se fait en période hivernale de janvier à mars. Les hypothèses prises sont un remplissage des plans d'eau en moyenne une année sur deux, avec une réduction des volumes en eau des étangs d'un tiers sur deux années (effets cumulés des pluies météorologiques et de l'évaporation des plans d'eau). Le prélèvement net sur l'année est positif mais une partie est restituée sur les mois d'octobre à janvier.

IV.3.1.6. Les autres usages mineurs

Des usages mineurs émergent sur le territoire. L'aspersion d'eau sur les toitures des bâtiments d'élevage (volailles, bovins…) est étudiée pour le rafraîchissement de l'atmosphère. Quelques cas sont présents sur le territoire, mais sont négligeables en termes quantitatifs sur la ressource en eau.

L'eau de lavage des légumes est également un poste consommateur d'eau. Généralement l'eau est issue du réseau d'eau potable ou de forage. Les volumes mobilisés sont négligeables par rapport aux autres usages.

IV.3.2. Les besoins actuels en agriculture

IV.3.2.1. Les besoins actuels pour l'abreuvement

IV.3.2.1.1. Données effectifs (cheptel)

L'analyse des données donne la répartition des effectifs des animaux sur la figure 80 par bassins versants. Il ressort une dominante de l'élevage bovin sur le territoire. Les territoires avec les élevages de volaille et porcs les plus importants sont les bassins versants du Layon – Aubance – Louets et celui de l'Evre – Thau – St Denis. Le bassin versant Layon – Aubance - Louets est également le bassin versant avec le plus de bovins (lait, viande et veaux).

Effectif	Bovin Lait	Bovin Viande	Veaux	Ovin	Caprins	Lapin (mère)	Porc place truie	Porc place engraissement	Volaille en m²
Authion	31 117	39 972	38 911	5 594	7 120	-	1 526	6 753	36 466
Estuaire de la Loire	8 544	10 975	10 684	1 536	1 955	7 891	1 645	12 173	80 563
Evre - Thau - St Denis	19 443	24 975	24 313	3 495	4 448	23 674	4 572	32 978	205 126
Layon - Aubance - Louets	35 763	45 940	44 722	6 429	8 183	-	4 474	29 780	218 269
Loir	17 847	22 926	22 318	3 208	4 083	15 783	1 616	9 660	53 474
Mayenne	6 895	8 857	8 622	1 239	1 578	-	336	2 064	30 898
Oudon	18 971	24 369	23 722	3 410	4 340	-	4 544	27 854	95 786
Sarthe aval	9 231	11 858	11 543	1 659	2 112	-	582	4 243	42 616
Sèvre Nantaise	13 361	17 163	16 708	2 402	3 057	23 674	3 438	22 624	120 865
Thouet	12 294	15 793	15 374	2 210	2 813	7 891	791	4 860	21 250
Vilaine	609	783	762	110	139	-	174	1 052	3 008
Hors SAGE - Axe Loire	6 378	8 192	7 975	1 146	1 459		197	1 422	16 865
Hors SAGE - St Aubin/L'Avort	2 211	2 840	2 764	397	506	-	12	151	4 303
Hors SAGE - Romme/Brionneau/Maine	13 173	16 921	16 472	2 368	3 014		424	2 096	51 350
TOTAL	195 836	251 563	244 889	35 203	44 807	78 914	24 331	157 711	980 839

IV.3.2.1.2. Résultats par bassin versant et à l'échelle départementale

Consommation en eau

Vis-à-vis de l'effectif la consommation s'élève en moyenne à 10,8 Mm3 par an sur le département. Plus de 75% des volumes sont mobilisés par la filière bovine.

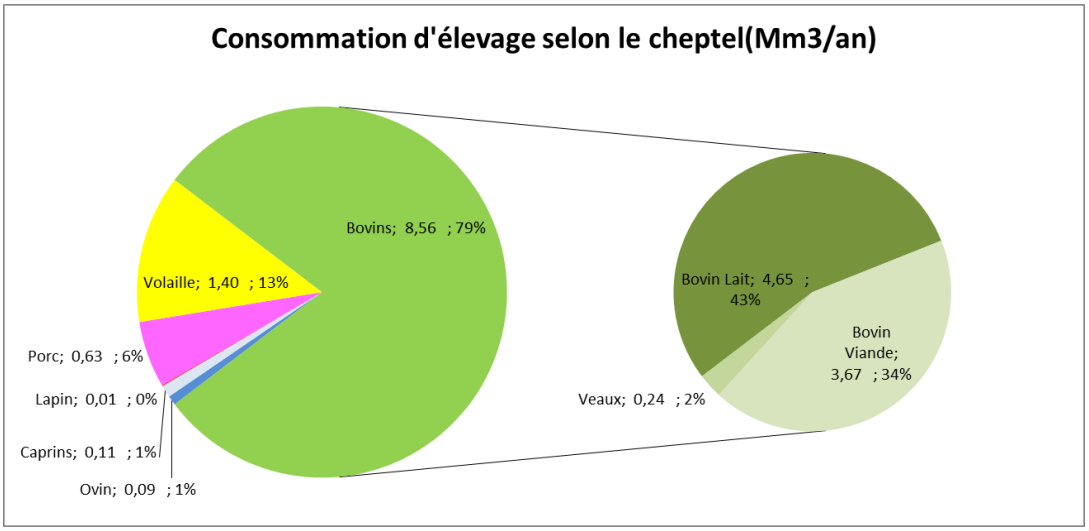


Figure 119 : Répartition de la consommation en eau de l'élevage sur le Maine et Loire, en Mm3 et pourcentage (Source : Chambre d'agriculture des Pays de la Loire, 2020)

Les cheptels bovins laitiers et cheptel bovin viande dominent les consommations en eau sur le territoire du Maine et Loire.

Le tableau ci-après présente le détail des consommations par cheptel et bassin versant, en m³.

Animaux	Bovin	*Bovin Lait*	*Bovin Viande*	*Veaux*	Ovin	Caprins	Lapin	Porc	Volaille	*Total*
Authion	1 360 750	739 111	582 728	38 911	14 291	18 190	-	30 692	51 910	**1 475 833**
Estuaire de la Loire	373 611	202 932	159 995	10 684	3 924	4 994	789	46 443	114 681	**544 443**
Evre - Thau - St Denis	850 223	461 811	364 100	24 313	8 930	11 366	2 367	126 745	291 996	**1 291 627**
Layon - Aubance - Louets	1 563 937	849 475	669 741	44 722	16 425	20 907	-	117 230	310 705	**2 029 205**
Loir	780 469	423 923	334 228	22 318	8 197	10 433	1 578	39 348	76 121	**916 147**
Mayenne	301 521	163 775	129 123	8 622	3 167	4 031	-	8 336	43 984	**361 038**
Oudon	829 580	450 598	355 259	23 722	8 713	11 090	-	112 536	136 351	**1 098 269**
Sarthe aval	403 669	219 258	172 867	11 543	4 240	5 396	-	16 260	60 664	**490 229**
Sèvre Nantaise	584 272	317 356	250 209	16 708	6 136	7 811	2 367	89 376	172 052	**862 014**
Thouet	537 636	292 025	230 237	15 374	5 647	7 187	789	19 620	30 250	**601 129**
Vilaine	26 645	14 473	11 411	762	280	356	-	4 267	4 281	**35 830**
Hors SAGE - Axe Loire	278 888	151 482	119 431	7 975	2 929	3 728	-	5 468	24 007	**315 021**
Hors SAGE - Romme/ Brionneau/ Maine	576 034	312 881	246 681	16 472	6 050	7 700	-	9 124	73 097	**672 005**
Hors SAGE - St Aubin/ L'Avort	96 672	52 509	41 399	2 764	1 015	1 292	-	511	6 125	**105 615**
Total	**8 563 908**	**4 651 610**	**3 667 409**	**244 889**	**89 944**	**114 482**	**7 891**	**625 956**	**1 396 224**	**10 798 405**
Proportion	**79,3%**	**43,1%**	**34,0%**	**2,3%**	**0,8%**	**1,1%**	**0,1%**	**5,8%**	**12,9%**	**100,0%**

Répartition temporelle et origine de la ressource de la consommation

Les prélèvements pour l'abreuvement sont réalisés en majorité sur la période estivale. 7,2 Mm³ d'eau sont consommés sur cette période contre 3,6 Mm³ en hiver.

Le tableau ci-après présente la répartition de l'usage élevage en fonction des saisons et de l'origine de la ressource, en m³

Ressources	AEP		Milieu ESU		Milieu ESO		Total		
	Eté	Hiver	Eté	Hiver	Eté	Hiver	Eté	Hiver	%
Authion	527 333	263 667	45 656	22 828	410 900	205 450	983 889	491 944	**14%**
Estuaire de la Loire	108 889	54 444	127 037	63 518	127 037	63 518	362 962	181 481	**5%**
Evre Thau Saint-Denis	258 325	129 163	301 380	150 690	301 380	150 690	861 085	430 542	**12%**
Layon - Aubance - Louets	405 841	202 920	473 481	236 741	473 481	236 741	1 352 803	676 402	**19%**
Loir	345 279	172 640	26 549	13 274	238 937	119 468	610 764	305 382	**8%**
Mayenne	91 463	45 732	74 615	37 307	74 615	37 307	240 692	120 346	**3%**
Oudon	244 060	122 030	244 060	122 030	244 060	122 030	732 179	366 090	**10%**
Sarthe aval	190 189	95 094	13 663	6 832	122 967	61 484	326 819	163 410	**5%**
Sèvre Nantaise	365 943	182 972	20 873	10 437	187 860	93 930	574 676	287 338	**8%**
Thouet	120 226	60 113	140 263	70 132	140 263	70 132	400 753	200 376	**6%**
Vilaine	7 962	3 981	7 962	3 981	7 962	3 981	23 886	11 943	**0%**
Hors SAGE - Axe Loire	76 759	38 380	133 255	66 627	-	-	210 014	105 007	**3%**
Hors SAGE - Romme/ Brionneau/ Maine	21 123	10 562	24 644	12 322	24 644	12 322	70 410	35 205	**1%**
Hors SAGE - St Aubin/ L'Avort	134 401	67 201	156 801	78 401	156 801	78 401	448 004	224 002	**6%**
Sous-total	2 897 794	1 448 897	1 790 237	895 119	2 510 906	1 255 453	7 198 937	3 599 468	**100%**
Total		**4 346 690**		**2 685 356**		**3 766 359**		**10 798 405**	
Proportion	**40%**		**25%**		**35%**		**100%**		

Sur le département, 40% des prélèvements pour l'élevage ont comme origine l'eau potable. Cette partie de prélèvement est à rattacher avec la partie éponyme. Environ 6,5 Mm^3 sont prélevés dans les milieux superficiels et souterrains sur l'ensemble des bassins versant. C'est l'eau d'origine souterraine qui est la plus utilisée parmi les eaux du milieu. Le bassin versant avec la pression élevage la plus forte sur son territoire se révèle être le consommateur d'eau le plus important pour cet usage avec 2 Mm^3.

IV.3.2.1. Les besoins actuels de la lutte antigel par aspersion

IV.3.2.1.1. Données et limites

Le recensement agricole de 2010 donne les surfaces arboricoles du département. Environ 4000 ha d'arbres fruitiers sont cultivés sur le département. La lutte antigel est réalisée sur les bassins versants de l'Est du Maine et Loire à dires d'experts. Un besoin de 40m^3/ha/h est nécessaire pour lutte contre le gel pendant 5 heures de suites. Aujourd'hui l'aspersion est utilisée en moyenne 2 jours par an.

Le tableau ci-après présente l'estimation des surfaces arboricoles protégées contre le gel via aspersion en ha (retour d'expérience des syndicats arboricoles).

Bassin versant présentant une lutte antigel via aspersion	**Surfaces équipée (en ha)**
Authion	170
Loir	240
Mayenne	170
Sarthe Aval	270
Thouet	10
TOTAL	860

Ces bassins sont en majorité à dominantes sédimentaire, le prélèvement est réalisé en direct sur un cours d'eau. La lutte antigel est considérée comme négligeable sur les autres bassins versants constitutifs du département

IV.3.2.1.2. Résultats par bassin versant et à l'échelle départementale

Le tableau ci-après présente l'évolution du prélèvement nette pour la lutte antigel via aspersion sur les bassins versants du département présentant des systèmes de lutte en m³.

Nb jours lutte antigel	2 jours		5 jours		10 jours	
Mois	avril	mai	avril	mai	avril	mai
Authion	1 718	1 718	4 296	4 296	8 592	8 592
Loir	2 352	2 352	5 879	5 879	11 758	11 758
Mayenne	1 672	1 672	4 179	4 179	8 358	8 358
Sarthe Aval	2 698	2 698	6 746	6 746	13 493	13 493
Thouet	104	104	261	261	521	521
Sous-total	8 544	8 544	21 360	21 360	42 720	42 720
TOTAL		**17 088**		**42 720**		**85 440**

L'eau aspergée n'est pas consommée par la plante et survient souvent à une période de saturation en eau du sol. Après avoir appliqué un retour à 95% du prélèvement, le besoin en eau net de la technique d'aspersion s'élève ainsi à environ 17 000 m³ pour deux jours de lutte (soit 341 760 m³ de prélèvement brut). Certaines années le besoin de lutte antigel via aspersion est plus important. Ces extrêmes se répercutent par des jours supplémentaires de lutte antigel (lutte antigel de 5 jours en fréquence cinquantennale). Les prélèvements nets restent limités à 43 000 et 85 000 m³ (soit 860 000 et 1 700 000 m³ de prélèvement brut) pour 5 et 10 jours de lutte.

La lutte antigel vient en compétition avec le besoin d'irrigation estivale. En général, les autorisations de prélèvements sont comptabilisées d'avril à octobre. C'est à l'arboriculteur de juger de son volume d'eau à allouer à la lutte antigel et l'irrigation de ses arbres fruitiers.

*A noter : Le taux de restitution au milieu de la lutte antigel par aspersion serait plutôt estimé à **80%** selon de récentes études menées courant 2021. Après avoir appliqué un retour à 80% du prélèvement, le besoin en eau net de la technique d'aspersion serait ainsi compris entre 68 800 et 344 000 m³/an.*

IV.3.2.2. Les besoins actuels de l'irrigation

IV.3.2.2.1. Les cultures irriguées dans le Maine et Loire

L'irrigation occupe 47 000 ha sur le département du Maine et Loire. Soit 10% de la Surface Agricole Utile du département. Les secteurs majoritairement irrigués sont les exploitations de polycultures élevages, les céréaliculteurs, les semenciers. L'arboriculture, le maraîchage et l'horticulture mobilisent également la ressource en eau sur 10000 ha en moyenne. Les bassins versants avec l'irrigation la plus importante sont l'Authion (35%), le Layon (15%) et l'Evre Thau St Denis (13%).

MAIS GRAIN IRRI	6 410
MAIS FOURRAGE IRRI	15 248
ARBORICULTURE	4 036
MARAICHAGE-LEGUMES	2 694
HORTICULTURE	3 513
SEMENCES	10 741
SCOP-PRAIRIES-AUTRES	4 474
TOTAL	*47 117*

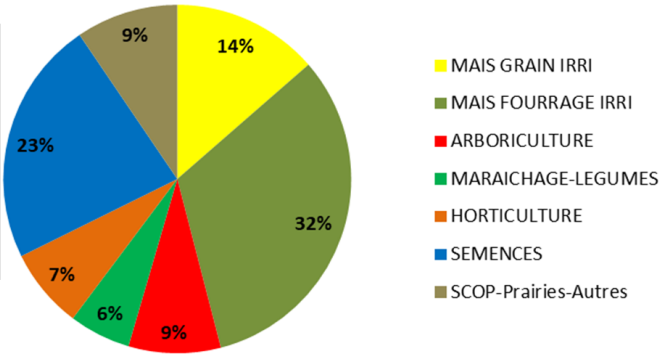


Figure 120 : Répartition des cultures irriguées au sein du Maine et Loire, en ha (Source : Chambre d'agriculture des Pays de la Loire, 2020)

IV.3.2.2.2. Les volumes mobilisés par l'irrigation

Les volumes annuels depuis 2008 jusqu'à 2018 ont évolué selon les bassins versant et les années climatiques. Le tableau ci-après présente les données de la BNPE sur les Prélèvements annuels d'irrigation sur le département du Maine et Loire par bassins versant, en m3.

Bassins versants	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Moyenne
Authion	18 166 331	24 639 278	26 252 583	26 117 200	16 731 725	20 764 942	12 618 224	24 408 427	24 989 216	20 683 668	20 468 173	21 439 979
Estuaire de la Loire	486 400	667 126	713 654	518 557	495 206	625 638	496 273	590 975	557 150	578 648	579 284	573 537
Evre - Thau - St Denis	5 186 780	7 103 171	8 002 199	6 820 214	6 118 219	6 709 191	4 069 810	6 439 185	6 674 438	6 109 851	6 256 448	6 317 228
Layon - Aubance - Louets	5 209 253	6 429 569	7 509 662	7 138 233	4 939 345	5 829 281	3 375 474	6 071 583	6 590 536	5 921 003	5 495 900	5 864 531
Loir	4 686 994	6 482 378	7 286 768	7 228 536	4 331 174	5 509 455	3 874 044	5 961 702	5 679 344	5 478 675	5 010 469	5 593 594
Mayenne	1 820 100	2 503 930	2 382 149	2 258 174	1 890 645	2 338 932	1 483 201	2 271 405	1 864 911	2 086 249	1 828 440	2 066 194
Oudon	986 100	1 246 390	1 345 291	1 221 524	892 756	1 125 835	822 757	1 173 323	1 188 002	956 506	1 242 206	1 109 154
Sarthe aval	1 567 046	2 485 809	2 462 535	2 615 959	1 410 234	1 844 475	1 411 628	1 903 674	1 634 714	1 814 462	1 718 931	1 897 224
Sèvre Nantaise	1 977 200	2 896 555	3 351 565	2 760 086	2 541 761	2 989 392	1 813 242	2 987 932	3 205 537	2 970 946	2 883 028	2 761 567
Thouet	1 003 600	1 295 907	1 652 769	1 585 487	1 081 821	1 262 830	676 482	1 485 873	1 423 896	1 199 423	933 973	1 236 551
Vilaine	66 500	108 248	103 915	80 805	53 775	72 570	59 116	84 163	75 821	77 332	97 950	80 018
Hors SAGE - Axe Loire	2 713 298	3 663 119	3 842 856	3 784 788	3 265 892	3 421 742	2 797 350	3 596 484	3 731 287	3 424 210	3 180 689	3 401 974
Hors SAGE - St Aubin/ L'Avort	223 300	334 830	424 156	557 404	340 783	352 032	235 642	388 493	469 984	465 079	323 479	374 107
Hors SAGE - Romme /Brionneau/Maine	426 200	611 817	754 749	737 482	660 279	754 739	564 800	753 329	781 976	632 130	797 031	679 503
Total général	44 519 102	60 468 127	66 084 841	63 424 449	44 753 615	53 601 054	34 298 043	58 116 548	58 866 812	52 398 182	50 816 001	53 395 161

Légende du tableau : En bleu et en rouge, prélèvements le plus faible et le plus fort sur chaque bassin versant entre 2008 et 2018

L'irrigation est un usage qui peut être plus ou moins sollicités. Un été pluvieux comme celui de 2014 a mobilisé environ 34 Mm^3 pour l'irrigation alors qu'une campagne d'irrigation sèche peut mobiliser plus de 66 Mm^3 d'eau, comme pour 2010. 40% des prélèvements sont réalisés sur le bassin versant de l'Authion, vient ensuite l'Evre Thau St Denis avec 12% et le Layon Aubance Louets avec 11%. Cette prédominance de ces bassins versant va de pair avec la surface irriguée sur chaque d'entre eux.

Le tableau ci-après présente les données de la BNPE concernant les prélèvements pour l'irrigation par bassins versants du Maine et Loire (moyenne des prélèvements de 2008 à 2018 en m3).

	Eaux superficielles (m3)			Eaux souterraines (m3)		
Bassins versants	Hiver	Été	% Origine	Hiver	Été	% Origine
Authion	482 053	9 159 007	45%	589 946	11 208 972	55%
Estuaire de la Loire	352 243	17 760	65%	10 177	193 357	35%
Evre - Thau - St Denis	4 077 569	205 592	68%	101 703	1 932 364	32%
Layon - Aubance - Louets	2 317 756	116 862	42%	171 496	3 258 418	58%
Loir	154 616	2 937 696	55%	125 064	2 376 219	45%
Mayenne	1 790 289	90 267	91%	9 282	176 357	9%
Oudon	707 180	35 656	67%	18 316	348 002	33%
Sarthe aval	65 273	1 240 181	69%	29 589	562 182	31%
Sèvre Nantaise	1 913 674	96 488	73%	37 570	713 835	27%
Thouet	419 938	21 173	36%	39 772	755 668	64%
Vilaine	-	-	0%	4 001	76 017	100%
Hors SAGE - Axe Loire	119 128	2 263 441	70%	50 970	968 434	30%
Hors SAGE - St Aubin/L'Avort	1 495	28 401	8%	17 211	327 001	92%
Hors SAGE - Romme/Brionneau/Maine	395 588	19 946	61%	13 198	250 771	39%
TOTAL	**12 796 801**	**16 232 470**	**54%**	**1 218 295**	**23 147 596**	**46%**

L'irrigation du Maine et Loire est issue à environ 54% de prélèvement en eaux superficielles (cours d'eau, plans d'eau réalimentés par eaux de ruissellement, dérivation, nappe d'accompagnement) et environ 46% par des prélèvements dans les eaux souterraines (forages, plan d'eau réalimenté par forage de nappe profondes). La Mayenne est le bassin versant présentant le taux d'utilisation de la ressource en eau superficielle le plus important.

La temporalité de l'utilisation de la ressource en eau montre une utilisation plus importante de l'eau en été 74%. Le bassin versant présentant la plus grande mobilisation de la ressource en eau en hiver est le bassin Evre Thau St Denis avec 4,1Mm³ stocké en hiver contre 0,2Mm³ prélevé sur le milieu en été.

IV.3.2.3. Les besoins actuels de l'aquaculture

IV.3.2.3.1. Données (SMIDAP)

A partir de l'étude du SMIDAP, l'estimation des surfaces (en ha) en étangs piscicoles sur le département est la suivante :

Bassin versant	Authion	Estuaire de la Loire	Evre - Thau - St Denis	Layon - Aubance - Louet	Loir	Mayenne	Oudon	Sarthe aval	Sèvre Nantaise	Thouet	Vilaine	Hors SAGE - Axe Loire	Hors SAGE - Romme/Brionneau/Maine	Hors SAGE - St Aubin/L'Avort	Total
Surface en eau (ha)	27,4	7,3	34,2	28,7	11,7	10,8	76,9	21,2	36,4	0,0	2,1	11,2	23,2	3,9	294,9
Densité (ha/km² de bv)	0,024	0,023	0,048	0,022	0,018	0,043	0,111	0,063	0,074	0,000	0,094	0,048	0,048	0,048	0,041

Les bassins versants qui comportent la densité la plus élevées de plans d'eau sont les bassins reposant sur une géologie de socle. Cela est à relier à des raisons topographiques, hydrogéologiques ou géologiques. La présence de nombreuses dépressions naturelles, d'un réseau hydrographique dense et d'une nature de sol imperméable (argiles) permettent facilement la création d'étang (SMIDAP). Ces bassins versants sur socles montrent des prédispositions à la rétention d'eau. Dès le Moyen Age, les étangs sont créés pour l'usage de la pisciculture.

IV.3.2.3.2. Résultats par bassin versant et à l'échelle départementale

La vidange des plans d'eau se centre sur 4 mois en fin d'octobre à janvier, tandis que le remplissage se fait soit directement après la vidange ou après un temps d'assec de l'étang sur 3 mois de janvier à mars.

Le tableau ci-après présente les volumes (en m³) vidangés et prélevés sur le Maine-et-Loire.

Bassins versants	Volumes vidangés en m3 (Oct-Jan)	Volumes prélevés en m3 (Jan-Mars)	Prélèvements nets
Authion	114 167	171 250	57 083
Estuaire de la Loire	30 381	45 571	15 190
Evre - Thau - St Denis	142 379	213 569	71 190
Layon - Aubance - Louets	119 584	179 375	59 792
Loir	48 732	73 098	24 366
Mayenne	44 868	67 302	22 434
Oudon	320 505	480 757	160 252
Sarthe aval	88 460	132 689	44 230
Sèvre Nantaise	151 599	227 399	75 800
Thouet	-	-	-
Vilaine	8 722	13 082	4 361
Hors SAGE - Axe Loire	46 703	70 054	23 351
Hors SAGE - St Aubin/ L'Avort	16 189	24 283	8 094
Hors SAGE - Romme/ Brionneau/Maine	96 463	144 695	48 232
Total	1 228 750	1 843 125	614 375

Le prélèvement net de la pisciculture s'élève à 614 375 m3. Cet usage est important pour le bassin versant de l'Oudon. La vidange des plans d'eau intervient en fin de période estivale et permet de participer à la réalimentation des cours d'eau des bassins versants. Le prélèvement est réalisé pendant les périodes de hautes eaux et est imputé à la partie hivernale.

IV.3.2.4. Bilan des besoins actuels

IV.3.2.4.1. Échelle départementale temporalité et origine de la ressource

	HIVER					ÉTÉ							
ACTUEL	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	TOTAL
Total_Abreuvement_ESU	179 024	179 024	179 024	179 024	179 024	255 748	255 748	255 748	255 748	255 748	255 748	255 748	**2 685 356**
Total_Abreuvement_ESO	251 091	251 091	251 091	251 091	251 091	358 701	358 701	358 701	358 701	358 701	358 701	358 701	**3 766 359**
Total_Abreuvement_AEP	289 779	289 779	289 779	289 779	289 779	413 971	413 971	413 971	413 971	413 971	413 971	413 971	**4 346 690**
Total_Irrigation;"_ESU	2 585 774	3 749 237	3 749 237	1 956 875	755 678	493 539	822 565	1 701 730	5 890 021	5 067 456	1 410 438	846 721	**29 029 271**
Total_Irrigattion_ESO	243 659	243 659	243 659	243 659	243 659	730 977	1 218 295	2 436 589	8 528 062	7 309 767	1 949 271	974 636	**24 365 891**
Total_Pisciculture_ESU	- 307 188	- 307 188	307 188	614 375	614 375	-	-	-	-	-	-	- 307 188	**614 375**
Total_Lutte_antigel_ESU	-	-	-	-	-	8 544	8 544	-	-	-	-	-	**17 088**
Bilan origine													
Total_AEP	*289 779*	*289 779*	*289 779*	*289 779*	*289 779*	*413 971*	*413 971*	*413 971*	*413 971*	*413 971*	*413 971*	*413 971*	***4 346 690***
Total_ESU	2 457 610	3 621 073	4 235 448	2 750 274	1 549 077	757 831	1 086 857	1 957 478	6 145 769	5 323 204	1 666 186	795 282	**32 346 090**
Total_ESO	494 750	494 750	494 750	494 750	494 750	1 089 678	1 576 995	2 795 290	8 886 763	7 668 468	2 307 972	1 333 336	**28 132 250**
Bilan usage													
Total_Abreuvement	719 894	719 894	719 894	719 894	719 894	1 028 420	1 028 420	1 028 420	1 028 420	1 028 420	1 028 420	1 028 420	**10 798 405**
Total_Irrigation	2 829 433	3 992 896	3 992 896	2 200 534	999 337	1 224 515	2 040 859	4 138 319	14 418 082	12 377 223	3 359 709	1 821 357	**53 395 161**
Total_Lutte Antigel	-	-	-	-	-	8 544	8 544	-	-	-	-	-	**17 088**
TOTAL Agriculture					**17 614 564**							**46 596 091**	**64 210 655**
TOTAL Pisciculture					**921 563**							- 307 188	**614 375**

La moyenne des usages agricoles et piscicoles représente 64,8 Mm3 sur l'ensemble du département. L'irrigation est l'usage prédominant sur le Maine et Loire avec 83%, soit 53,4Mm³. L'abreuvement mobilise en moyenne 17% de la ressource en eau agricole, 10,8Mm³. La pisciculture mobilise 0,6Mm³ par an. La lutte via l'aspersion est négligeable devant les

autres besoins agricoles. Dans le cas d'une année sèche les besoins peuvent s'élever à environ 80Mm³. A contrario une période estivale humide, l'eau agricole représentera environ 47 Mm3.

En période estivale, 46,3 Mm³ d'eau sont utilisés en moyenne, 72 % de la ressource en eau. Le mois de juillet est celui qui consomme le plus d'eau sur l'ensemble de l'année avec 15,4Mm³, suivi du mois d'août pour 13,4 Mm³. La période hivernale mobilise 18,5 Mm³, soit un peu plus d'un quart du volume annuel. Le mois d'octobre utilise 2,6 Mm³ d'eau en moyenne, c'est le mois où la ressource en eau est le moins mobilisée dans l'année.

L'alimentation en eau potable représente 4,3 Mm³ d'eau par an, soit 6,7 % de l'eau agricole. L'eau agricole est utilisée directement via le milieu superficiel et souterrain pour 49,9% et 43,4% respectivement. De la même manière le mois de juillet mobilise-le plus d'eau d'origine superficielle et souterraine.

La pisciculture est un usage apportant 0,9 Mm³ en fin de période estivale et début hivernale via les vidanges des étangs pour les pêcheries.

IV.3.2.4.2. Par bassin versant : temporalité et origine de la ressource.

Le tableau suivant montre la répartition des prélèvements en eau des différents usages par bassin versant. Chaque bassin versant présente en annexe une fiche des besoins agricoles en eau qui sectorise les besoins par ressources et par mois.

Actuel			Abreuvement (m3)			Irrigation (m3)		Pisciculture (m3)	Antigel (m3)	Total (m3)		
Bassins versants	Surface (km²)	Ratio 49	AEP_Abr	ESU_Abr	ESO_Abr	ESU_Irr	ESO_Irr	ESU_Pisci	ESU_Anti		%	m3/km²
Authion	1139	15,9%	791 000	68 483	616 350	9 641 060	11 798 918	57 083	3 437	22 976 332	35%	20 179
Estuaire de la Loire	313	4,4%	163 333	190 555	190 555	370 003	203 534	15 190	-	1 133 171	2%	3 625
Evre - Thau - St Denis	711	9,9%	387 488	452 070	452 070	4 283 161	2 034 067	71 190	-	7 680 045	12%	10 795
Layon - Aubance - Louets	1309	18,3%	608 761	710 222	710 222	2 434 617	3 429 914	59 792	-	7 953 528	12%	6 078
Loir	653	9,1%	517 919	39 823	358 405	3 092 311	2 501 283	24 366	4 703	6 538 810	10%	10 012
Mayenne	252	3,5%	137 195	111 922	111 922	1 880 555	185 639	22 434	3 343	2 453 010	4%	9 722
Oudon	694	9,7%	366 090	366 090	366 090	742 836	366 318	160 252	-	2 367 675	4%	3 411
Sarthe aval	338	4,7%	285 283	20 495	184 451	1 305 454	591 770	44 230	5 397	2 437 080	4%	7 215
Sèvre Nantaise	489	6,8%	548 915	31 310	281 790	2 010 162	751 405	75 800	-	3 699 380	6%	7 567
Thouet	450	6,3%	180 339	210 395	210 395	441 111	795 440	-	208	1 837 888	3%	4 085
Vilaine	22	0,3%	11 943	11 943	11 943	-	80 018	4 361	-	120 208	0%	5 391
Hors SAGE - Axe Loire	233	3,3%	115 139	199 882	-	2 382 570	1 019 404	23 351	-	3 740 346	6%	16 028
Hors SAGE - St Aubin/L'Avort	81	1,1%	31 685	36 965	36 965	29 896	344 211	8 094	-	487 817	1%	6 030
Hors SAGE - Romme/Brionneau	482	6,7%	201 602	235 202	235 202	415 534	263 969	48 232	-	1 399 740	2%	2 904
Total	7166	100,0%	4 346 690	2 685 356	3 766 359	29 029 271	24 365 891	614 375	17 088	64 825 030	100%	9 046
			40%	25%	35%	55%	45%					
					10 798 405		**53 395 161**	**614 375**	**17 088**	**64 825 030**		

Le bassin versant avec le prélèvement le plus important et le taux d'utilisation le plus grand est celui de l'Authion, ce dernier comptabilise plus du tiers des prélèvements du département, 23 Mm3 et plus de 20000 m³/km². Plus de 95% de son prélèvement est relié directement à l'usage de l'irrigation. 95% du prélèvement est réalisé sur la période estivale. Les bassins versants avec la mobilisation la plus faible de la ressource en eau pour le domaine agricole sont les secteurs Hors SAGE Romme/Brionneau/Maine, Oudon et Estuaire de la Loire. Ces territoires sont à dominantes d'élevages, l'abreuvement représente plus de 45% de l'usage agricole. La pression de l'irrigation sur le territoire du Maine et Loire est visible sur la figure ci-après.

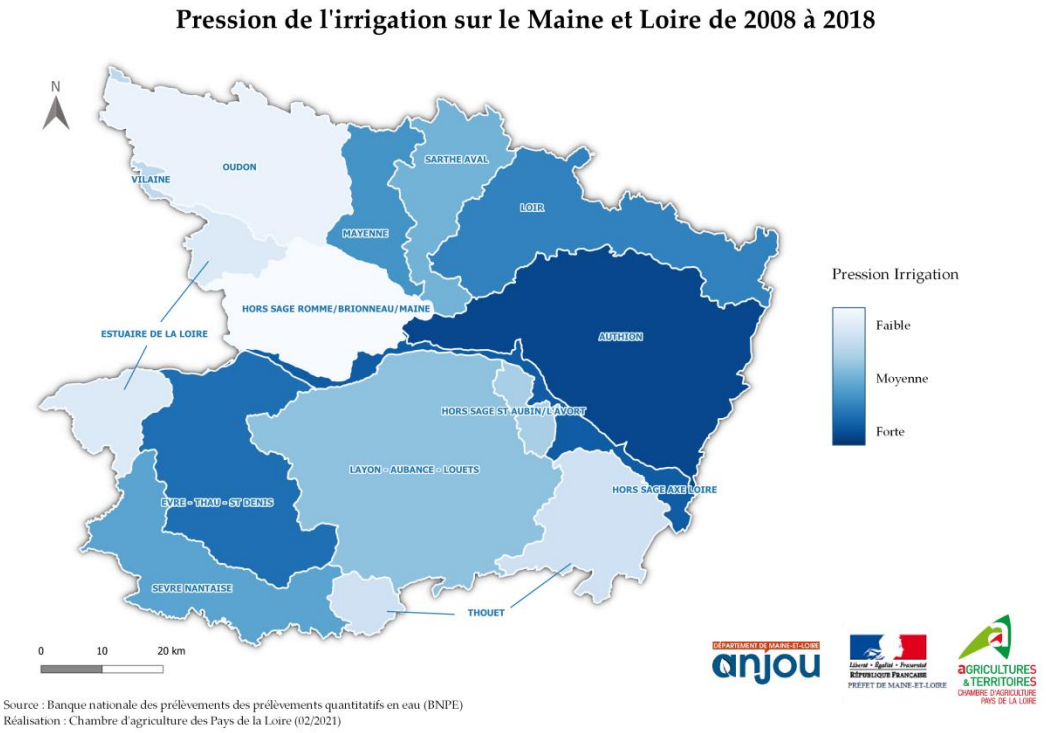


Figure 121 : Pression de l'irrigation sur le Maine-et-Loire de 2008 à 2018 (Source : Chambre d'agriculture des Pays de la Loire, 2020)

IV.3.3. Les besoins futures / tendances

Préalable : Les évolutions des besoins futures de l'agriculture sont fonctions de différents critères qui à l'heure de l'étude ne peuvent être connus et maîtrisés totalement. Les évolutions proposées se basent sur des retours d'experts, d'analyses de modèles climatiques et de prospectives d'évolution de l'agriculture. Ces évolutions pourront être modifiées selon les politiques développées sur les territoires étudiés à l'échelle locale, régionale et nationale. Des actions de réduction d'utilisation d'eau sont déjà engagées sur certains territoires (SDAGE, SAGE, Contrats territoriaux, …). L'état des lieux des besoins futurs présente une évolution des besoins en eau avec le changement climatique et l'évolution de l'agriculture pris en considération.

Les répartitions spatiales et temporelles des prélèvements restent identiques aux prélèvements actuels. Selon l'évolution des politiques agricoles menées ces répartitions de prélèvements pourront être modifiées dans l'actualisation du schéma départemental.

IV.3.3.1. L'impact du changement climatique sur la ressource en eau et son utilisation agricole

Au sein de la partie III.2.4 « Les projections climatiques », les différents modèles de changement climatique prévoient des évolutions significatives de la température et de la pluviométrie sur les périodes estivales. Ces modifications entraineront une évolution de 2°C à 4°C de la température moyenne à horizon 2100 et une intensification des phénomènes extrêmes avec des canicules plus fréquentes et des périodes sans pluies plus longues. Ces impacts du changement climatique seront directement visibles sur les usagers agricoles de la ressource en eau.

L'abreuvement des animaux sera plus conséquent en période estivale. Suite au groupe de travail, il a été retenu une augmentation de l'usage de l'eau pour les élevages à 5% et 10% supplémentaires pour les mois de juin, septembre et de juillet, août respectivement à horizon 2030 et 15% sur les deux mois d'été à horion 2050. Des quantités d'eau plus importantes pourront être utilisées pour hydrater les animaux et refroidir leur environnement.

Le changement climatique aura également un impact sur l'évapotranspiration des cultures qui devrait augmenter dans le futur.

Une analyse des bilans hydriques a été réalisée pour voir l'évolution de la demande climatique sur le département du Maine et Loire au fil du XXIe siècle. Via l'analyse de la BD ClimA-XXI, des évolutions se dégagent à des projections futures proches et lointaines. Dans le cadre de l'étude, le futur proche sera étudié.

IV.3.3.1.1. Projet Climat XXI / Oracle

Description sommaire du projet :

Les Observatoires Régionaux sur l'Agriculture et le Changement cLimatiquE (ORACLE) sont un des axes de travail portés par les Chambres d'agriculture et l'ADEME (Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie) pour l'adaptation au changement climatique au niveau local. Ils mesurent les évolutions climatiques et agricoles constatées au sein de chaque région (passé récent), et aident à l'identification des voies d'adaptation (actuelles). ORACLE permet de construire un consensus des constats de la météo passée. C'est un outil pour intégrer l'adaptation et l'atténuation dans le conseil.

Ces observatoires sont complémentaires à des travaux de modélisation qui eux portent sur les futurs proche et lointain via la projection **ClimA –XXI, se basant sur la modélisation du projet DRIAS**. Depuis 2018 la Chambre d'agriculture couple les observations et les projections pour décrire l'évolution climatique et agro-climatique attendue au cours du XXIe siècle à partir de projections climatiques de type GIEC. Elle permet donc d'analyser l'évolution future de la faisabilité de productions agricoles départementales sous influence du changement climatique.

ClimA-XXI utilise les projections DRIAS pour observer l'évolution d'indicateurs agro-pédo-climatiques précis dont des pratiques culturales dépendent directement.

Oracle est obtenu par maillage de grilles de 25km par 25km, tandis que ClimA XXI par des grilles de 5km par 5km. ClimA-XXI propose également une analyse passée des indicateurs.

Résultats de l'étude :

Les résultats de ces outils sont à utiliser pour chaque grille du territoire. Deux types d'indicateurs sont mobilisables. Les indicateurs classiques correspondant par exemple à l'évolution des températures, des pluviométries, des stades culturaux, etc… Des indicateurs de risques ont été développés par la Chambre d'Agriculture. Un des risques étudiées est le risque de sécheresse estivale reliée au nombre de jours de stress thermique et à la pluviométrie.

Les indicateurs climatiques sont modélisés pour deux scénarios du GIEC le RCP4.5 et le RCP8.5. Pour chaque scénario deux projections sont étudiées, l'un correspondant à un futur proche (horizon 2030/2050) et l'autre à un futur lointain (2080/2100).

Dans le cadre de cette étude, le changement climatique a été analysé dans un futur proche sous les deux scénarios. L'évolution du bilan hydrique entre juin et août a été analysée.

Le tableau ci-après présente l'évolution des bilans hydriques estivaux (en mm) sur 5 villes du Maine et Loire entre la période historique et le futur proche selon deux scénarios du GIEC.

	Bilan hydrique de juin à aout moyen en mm			Comparaison	
Villes	**Période historique recalculée (1976-2005)**	**Futur proche Scénario RCP 4.5**	**Futur proche Scénario RCP 8.5**	**RCP4.5 par rapport à Période historique**	**RCP8.5 par rapport à Période historique**
Combrée	-217	-232	-223	-15	-6
Montreuil-Bellay	-244	-253	-257	-9	-13
Cholet	-226	-249	-237	-23	-11
Château neuf	-227	-254	-235	-27	-8
Avrillé	-229	-259	-247	-30	-18

Ces 5 villes quadrillent le Maine et Loire, une tendance générale est que la période estivale sera de plus en déficit hydrique dans un futur proche. L'évolution sera de l'ordre de -5mm (environ -2%) à -30 mm (environ -13%). L'analyse des tendances montre des écart-type dans les données très important. A horizon 2030-2050 les périodes estivales seront en moyenne plus sèches mais les extrêmes seront également plus forts.

L'analyse de la base de données sur l'évolution de l'apparition des périodes de gel printaniers diminueront avec le changement climatique. Par exemple à Avrillé, une moyenne de 4,8 jours de gel est observée historiquement en moyenne de mars à avril. Pour un futur proche ce nombre de jours passera à 2,1 et 2 jours pour les scénarios RCP 4.5 et RCP8.5 respectivement.

IV.3.3.2. Prospective économique de l'évolution de l'agriculture dans le Maine et Loire

IV.3.3.2.1. Évolution filières animales

Les études prospectives consistent à projeter les évolutions possibles des filières agricoles. Elles identifient ainsi les opportunités et les enjeux à relever pour les filières de production agricole concernées. En raison de sa diversité, l'agriculture ligérienne est soumise à de nombreuses problématiques que le pôle Economie-Prospective des Chambres d'agriculture traite dans le cadre d'études prospectives de filières : évolution des marchés, renouvellement des actifs, évolution des politiques publiques, etc. pour lui permettre de s'adapter et de renforcer son développement. A l'échelle départementale, il est observé une diminution du nombre d'éleveurs et une augmentation des effectifs par exploitation agricole.

Ceci se répercutera sur les effectifs des cheptels étudiés. Le pôle a défini la projection suivante pour l'élevage bovin entre 2018 et 2030 :

Bovin viande : -21% / Bovin lait : -7% / Bovin mâle (veaux) : -17%

Par continuité d'évolution économique de l'agriculture, il est proposé de prolonger ces évolutions à horizon 2050:

Bovin viande : -54% / Bovin lait : -19% / Bovin mâle (veaux) : -17%

Aucune prospective n'a été réalisée sur l'évolution des cheptels ovins, caprins, volaille et porcins à horizon 2030. Il est proposé de garder les mêmes effectifs pour ces cheptels à horizon 2030 et 2050. Le schéma départemental sera actualisé avec les prospectives futures sur ces évolutions de cheptel.

Il est rappelé que près de 80% du volume alloué à l'élevage l'est pour la filière bovine.

IV.3.3.2.2. Évolution filières végétales

Suite à une rencontre avec les filières végétales dans le Maine et Loire le 8 octobre 2020, chacune s'est exprimée sur son évolution potentielle.

Filière viticole :

Aujourd'hui, la filière viticole ne souhaite pas avoir recourt à l'irrigation de ces cultures à l'avenir. Elle concentre ses efforts dans la sélection de porte-greffes résistants à la chaleur. La lutte antigel via aspersion pourrait être étudiée sur le Maine et Loire mais sur de très petites surfaces.

Conséquence sur la mobilisation de la ressource : Pas d'utilisation d'eau dans le futur

Filière arboricole :

Cette filière voit le nombre de ses actifs diminuer, les entreprises arboricoles s'agrandissent ou sont abandonnées. Les parcellaires gélifs sont délaissés au profit de parcelles plus saine. Des efforts dans l'apport d'eau via l'irrigation sont réalisés pour économiser l'eau. Les parcelles irriguées le sont de plus en plus par la technique du goutte à goutte. L'enrouleur est encore

utilisé pour lutter contre le gel. Des travaux sur l'utilisation de porte-greffes plus résistants à la chaleur sont également en cours

Conséquence sur la mobilisation de la ressource : Surfaces en lutte antigel identiques, surface cultivées identiques et apports en eau identiques

Filière horticole :

La filière n'a pas pour le moment identifié de développement potentiel de ses activités sur le département. Elle pense que ses actifs diminueront avec le temps. Les horticulteurs ont déjà développé des techniques pour récupérer l'eau des plates-formes de pépinières hors sol.

Filière maraîchage :

Il n'y pas eu de travaux de prospection de réalisés sur le Maine et Loire. Les exploitations agricoles ne sont pas toujours reprises sinon à l'agrandissement. De nombreuses installations locales sur des petites surfaces (maraîchage local) sont enregistrées. Ces nouveaux maraîchers s'intègrent dans des projets locaux pour le développement de l'alimentation locale (cantine scolaire, AMAP,…). Les surfaces en maraîchage se stabiliseront à l'état actuel avec une légère augmentation possible.

Des surfaces supplémentaires en contrat chez les agriculteurs pourraient voir le jour sur les périodes automnales et hivernales de l'année.

Conséquence sur la mobilisation de la ressource en eau : Surfaces cultivées et apports identiques

Filière semence :

Le territoire et en particulier le bassin versant de l'Authion présentent de forts atouts pour les producteurs de semences (climat tempéré, sols, accès à l'eau, savoir-faire et infrastructures présentes). Les surfaces se maintiendront à l'avenir. Les besoins en eau resteront plus ou moins identiques à ceux d'aujourd'hui. La filière se diversifiera avec de nouvelles productions (tournesol, luzerne, colza, trèfle violet). Le maïs semence a atteint son apogée en 2020. Des facteurs externes pourront impacter l'évolution des surfaces à l'avenir : la concurrence et l'implantation à l'international, la loi EGALIM et l'évolution de la PAC.

Conséquence sur la mobilisation de la ressource en eau : Surfaces cultivées identiques et apports augmentés d'un tour d'eau à horizon 2050 pour faire face au déficit hydrique.

Filière élevage :

La filière élevage va voir son affouragement impacté directement par les changements climatiques. La filière prévoit une augmentation des surfaces irriguées en maïs fourrage et en prairies irriguées.

Conséquence sur la mobilisation de la ressource en eau : Augmentation de 10 et 15% des surfaces en maïs fourrage en 2030 et 2050. Le maïs présentera un tour d'eau supplémentaire en 2050. Augmentation de 5% et 10% des prairies irriguées en 2030 et 2050. Les prairies demanderont un et deux tours d'eau supplémentaires en 2030 et 2050 respectivement.

Filière grandes cultures :

La filière voit une montée de l'irrigation par opportunisme des céréales à pailles sur mai et juin. Cette irrigation est déjà réalisée sur les territoires plus au Sud du Maine et Loire (Vendée et Deux Sèvres). Les céréales à paille sont irriguées à 2,5% d'après le RA 2010. Selon la filière, les économies d'eau ne pourront pas pallier l'augmentation du déficit hydrique et un tour d'eau supplémentaire sera réalisé pour le maïs en particulier.

Conséquence sur la mobilisation de la ressource en eau : Surfaces en céréales à paille irriguées augmentées de 5 et 10% à horizon 2030 et 2050, avec un tour d'eau supplémentaire sur l'ensemble du département. Chaque bassin versant verrait sa part de céréales irriguées augmenter de 2,5 points et 7,5 points, en 2030 et 2050 respectivement. Maintien des surfaces en maïs grain avec un tour d'eau supplémentaire à horizon 2050.

IV.3.3.2.3. Évolution filière piscicole

Les surfaces des plans d'eau piscicoles resteront identiques à l'avenir. L'évaporation des plans d'eau augmentera avec l'augmentation de l'ETP sur le Maine et Loire.

Conséquence sur la mobilisation de la ressource en eau : Les plans d'eau vidangeront moins de volumes suite à deux années en eau. Le groupe de travail a estimé à 5% l'augmentation de l'évaporation des plans d'eau à horizon 2050.

IV.3.3.3. Chiffrage sur l'évolution de chaque usage des usages agricoles sur le département du Maine et Loire

Prenant en compte l'ensemble de ces hypothèses développées, la projection des besoins futurs a été réalisée à horizon 2030 et 2050. Les fiches bassins versants présentées en annexe donnent l'évolution des ressources en eau pour chaque usage et chaque bassin versant.

Le tableau ci-après présente l'évolution des prélèvements agricoles selon leur usage, leur origine et la période étudiée, en m³.

	Actuel				2030				2050			
Bilan origine	Hiver	Été	Total	Rép origine	Hiver	Été	Total	Rép origine	Hiver	Été	Total	Rép origine
Total_AEP	1 448 897	2 897 794	4 346 690	6,7%	1 302 584	2 716 818	4 019 402	6,1%	1 058 729	2 223 331	3 282 060	4,3%
Total_ESU	14 613 482	17 732 608	32 346 090	49,9%	15 277 481	18 004 068	33 281 549	50,3%	17 958 426	21 209 943	39 168 369	51,4%
Total_ESO	2 473 748	25 658 502	28 132 250	43,4%	2 426 922	26 387 549	28 814 471	43,6%	2 438 054	31 360 259	33 798 313	44,3%
Bilan usage				Rép usage				Rép usage				Rép usage
Total_Abreuvement	3 599 468	7 198 937	10 798 405	16,7%	3 220 335	6 716 699	9 937 034	15,0%	2 588 446	5 435 738	8 024 184	10,4%
Total_Irrigation	14 015 095	39 380 066	53 395 161	82,4%	14 865 089	40 681 835	55 546 924	84,0%	18 866 762	49 340 707	68 207 469	88,7%
Total_Lutte Antigel	-	17 088	17 088	0,0%	-	17 088	17 088	0,0%	-	17 088	17 088	0,0%
Total_Pisciculture	921 563	- 307 188	614 375	0,9%	921 563	- 307 188	614 375	0,9%	944 602	- 299 508	645 094	0,8%
Agriculture et Pisciculture_Total	**18 536 126**	**46 288 903**	**64 825 030**		**19 006 987**	**47 108 435**	**66 115 421**		**22 399 810**	**54 494 025**	**76 893 835**	
Répartition Hiver/Eté	**28,6%**	**71,4%**			**28,7%**	**71,3%**			**29,1%**	**70,9%**		

Sur l'ensemble du département, la pression due à l'abreuvement diminuerait à horizon 2030 et 2050 de 0,8Mm³ et 2,8Mm³ respectivement. L'eau potable utilisée essentiellement pour l'abreuvement diminuera dans la part de l'origine de la ressource en eau.

Les projections climatiques et les retours filières se répercutent avec une augmentation de la quantité et de la part de l'irrigation dans l'utilisation de la ressource en eau. Sans effort sur les

économies d'eau et de limitation au prélèvement, l'irrigation augmenterait de 2,2Mm³ en 2030 puis de 14,8Mm³ en 2050 par rapport à aujourd'hui.

Environ 13 Mm³ supplémentaires seront utilisés par les usagers agricoles d'ici 2050 ; sans changements. La répartition temporelle des prélèvements augmenterait légèrement en hiver. Selon les politiques et les actions mises en œuvre les répartitions de l'origine des ressources et de la temporalité pourront évoluées.

Le bassin versant avec le prélèvement le plus important restera l'Authion avec plus de 23 700m³/km² utilisé d'ici 2050 contre 20000m³/km² aujourd'hui.

IV.4. Les besoins en eau pour l'industrie, le commerce et l'artisanat

IV.4.1. Les usages de l'eau pour l'industrie, le commerce et l'artisanat

Avant d'être utilisé par une industrie, un commerce ou un artisanat l'eau est prélevée (au milieu par l'intermédiaire d'un captage d'eau superficielle ou d'eau souterraine, ou au réseau d'eau potable), elle peut être traitée (clarification, désinfection, potabilisation, déminéralisation, etc…), est utilisée puis une partie est rejetée au milieu (assainissement collectif, non collectif ou station d'épuration privée)

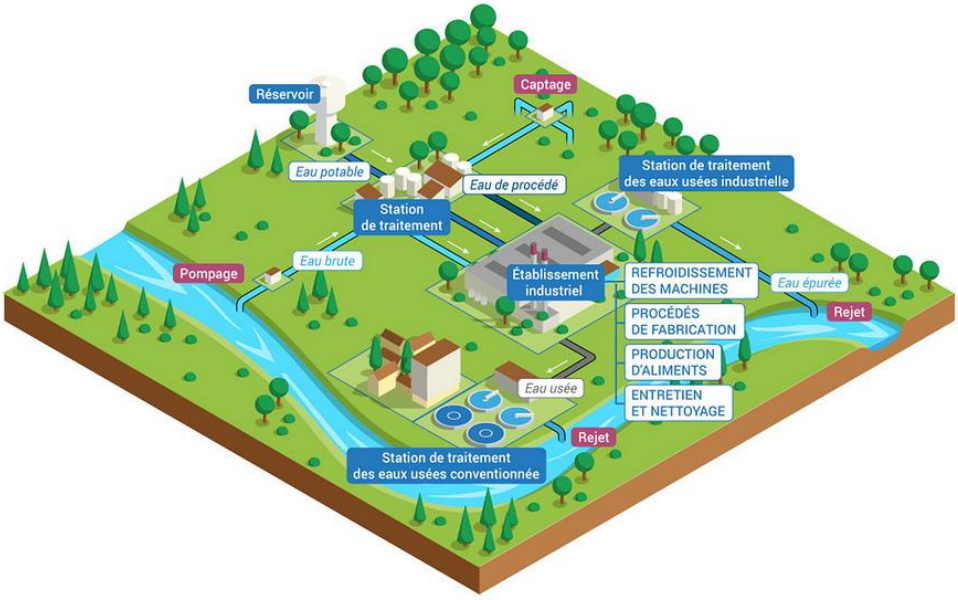


Figure 122 : Le cycle de l'eau de l'industrie, le commerce et l'artisanat, (Source : Agence française pour la biodiversité, 2018)

On peut distinguer trois grandes familles d'usages :

- En amont du process : lavage ou transport de matière première ;

- Utilisation de l'eau dans le process lui-même : agent de fabrication, lavage du produit ;
- Indirectement dans le process, production d'utilités :
  - Soit pour le chauffage des produits (vapeur, eaux chauffées)
  - Soit pour le refroidissement des équipements (eau de refroidissement, eau glacée, etc…)

Les prélèvements les plus importants en volume sont destinés au refroidissement. Ils sont effectués majoritairement en rivière pour être rejetés sur place, quasiment au point de prélèvement. Les circuits de refroidissement peuvent être de différents types, impactant plus ou moins le prélèvement sur la ressource :

- les circuits fermés : la (quasi) intégralité de l'eau est réinjectée dans le système suite à un refroidissement par contact avec un fluide secondaire (air ou eau). Seuls des appoints en eau sont effectués en remplacement des eaux évaporées ou purgées. Ce type de circuit limite très fortement les prélèvements en eau ;

- les circuits mixtes ou semi-ouverts : Une partie de l'eau est réinjectée dans le système suite à un refroidissement par évaporation partielle dans un réfrigérant atmosphérique.

- les circuits ouverts : le site prélève le volume d'eau dont l'activité a besoin. Une fois utilisé, l'eau est rejetée.

Les circuits mixtes ou semi-ouverts sont les plus utilisés car ils ont un impact environnemental moindre que les circuits ouverts et ils sont plus économiques que les circuits fermés.

Remarque : La fermeture des circuits oblige, pour éviter les problèmes de développement d'organismes pathogènes, à traiter les eaux. Des problèmes de corrosion peuvent également apparaître sur les canalisations, entraînant des rejets en polluants métalliques dans les effluents.

Le tableau ci-après présente, l'usage de l'eau pour des activités industrielles représentatives du Maine-et-Loire (Sources : Étude Explore 2070, 2012)

Type d'activité	FONCTIONS					UTILITES	
	Lavage matière première	Tansport matière première	Addition au produit	Fabrication du produit	Lavage produits/ appareils	Refroidissement	Chaudières
Agro-alimentaire - Conserverie alimentaire	XXX	-	-	XXX	-	XXX	XXX
Agro-alimentaire - Fabrication de plats préparés	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX
Agro-alimentaire - Fruits et légumes							
Agro-alimentaire - Industrie de viande	XXX	XXX	-	-	XXX	XXX	-
Agro-alimentaire - Industrie du lait	-	-	XXX	-	XXX	XXX	XXX
Agro-alimentaire - pain et patisseries							
Agro-alimentaire - Semences							
BTP	-	XXX	XXX	XXX	XXX	-	-
Déchets	-	-	-	-	XXX	-	-
Elevage							
Etablissement public							
Fabrication d'équipements	XXX	-	-	-	XXX	XXX	-
Fleurs et plantes							
Industrie des boissons alcoolisées	XXX	-	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX
Industrie extractive	XXX	-	-	-	XXX	XXX	-
Location de terrains							
Loisir							
Militaire							
Papiers et cartons	XXX	-	X	XXX	XXX	XX	XXX
Pharmaceutique							
Soutien aux cultures							
Textile et cuir	XXX	-	-	XXX	XXX	-	XXX
Travail des métaux	XXX	-	-	-	XXX	XXX	-
Verre et matériaux de construction	XXX	-	-	-	XXX	XXX	X

Remarques :

- Le nombre de croix indique l'importance croissante (tant quantitative que qualitative) de l'usage de l'eau dans le secteur

- La comparaison intersectorielle n'est pas pertinente

- ' – ' signifie que le secteur n'utilise pas (ou de façon marginale) cette fonction

- Une case vide signifie que l'information n'est pas connue

X : peu important ; XX : moyennement important ; XXX : important ; XXXX : très important

IV.4.2. La restitution au milieu des eaux prélevées pour l'industrie, le commerce et l'artisanat

La part d'eau prélevée et restituée directement au milieu par l'industrie, le commerce et l'artisanat a été définie à hauteur de 93% pour cette étude (Source : Recueil des méthodes de caractérisation des pressions, Agence Française de la Biodiversité, 2012).

IV.4.3. Les sources de données des prélèvements en eau pour l'industrie, le commerce et l'artisanat

Des données de prélèvements des usagers de l'industrie, du commerce et de l'artisanat peuvent être récupérées auprès de différents acteurs :

- La DREAL et les DDPP pour les prélèvements des Industries Classées Pour l'Environnement ou ICPE (via le logiciel GEREP) (cf § I.7)

- L'Agence de l'eau Loire Bretagne pour les structures soumises à la redevance pour les prélèvements sur la ressource en eau (via la Banque Nationale de Prélèvements Quantitatifs en Eau ou BNPE) (cf § I-3)

- Les EPCI compétents en eau potable via les factures d'eau.

Dans le cadre de cette étude, seules les bases de données GEREP et BNPE ont été analysées.

Prélèvements au milieu :

En 2018, sur les 4 581 290 m³ estimées prélevés au milieu en Maine-et-Loire par le secteur industriel, 72% ont été déclarés à la BNPE (cf tableau ci-après).

Source de données	Volumes d'eau prélevés en 2018 (m3)			*Répartition*
	ICPE	Hors ICPE	TOTAL	
Données BNPE	2 143 319	1 157 123	**3 300 442**	*72%*
Complément données GEREP	1 280 848	-	**1 280 848**	*28%*
TOTAL	**3 424 167**	**1 157 123**	**4 581 290**	***100%***

Les volumes prélevés par les ICPE non déclarés à la BNPE concernent pour 85% des industries extractives (carrières) et des industries de gestion et traitement des déchets.

Les données de la BNPE ne sont pas exhaustives et ne permettent pas d'avoir une représentation précise des volumes d'eau prélevés au milieu pour l'usage de l'industrie, du commerce et de l'artisanat.

Prélèvement au réseau d'eau potable :

Les volumes prélevés par l'industrie, le commerce et l'artisanat au réseau d'eau potable sont compris dans les volumes eau potable déclarés à la BNPE (cf § IV-2-3).

L'extraction des données du logiciel GEREP permet de connaître les volumes prélevés par les ICPE au réseau domestique (environ 45% du volume total prélevé par les ICPE en 2018).

Type d'eau	Volumes d'eau prélevés en 2018		
	ICPE	Hors ICPE	TOTAL
Eau souterraine	2 398 034	891 107	**3 289 141**
Eau superficielle	1 026 133	266 016	**1 292 149**
Eau potable	2 800 305	?	**2 800 305**
TOTAL	**6 224 472**	**1 157 123**	**7 381 595**

Le volume d'eau potable prélevé par les industries hors ICPE, les commerces et l'artisanat restent inconnus. Ce volume est compris dans les volumes distribués aux particuliers (usages assimilés domestiques).

IV.4.4. Les besoins en eau actuels pour l'industrie, le commerce et l'artisanat

Les tableaux ci-dessous présentent les données de la BNPE complétées des données GEREP pour l'année 2018.

Le tableau ci-après présente les volumes prélevés en Maine-et-Loire selon les types d'activité représentatives du département.

Type d'activité	Volumes d'eau prélevé en 2018 (m3)			*Répartition*
	Eau souterraine	**Eau superficielle**	**TOTAL**	
Agro-alimentaire - Conserverie alimentaire	119 953	0	**119 953**	*3%*
Agro-alimentaire - Fabrication de plats préparés	45 926	0	**45 926**	*1%*
Agro-alimentaire - Fruits et légumes	550 348	0	**550 348**	*12%*
Agro-alimentaire - Industrie de viande	170 025	0	**170 025**	*4%*
Agro-alimentaire - Industrie du lait	82 384	166 439	**248 823**	*5%*
Agro-alimentaire - pain et patisseries	381	0	**381**	*0%*
Agro-alimentaire - Semences	125 188	0	**125 188**	*3%*
Sous-total agro-alimentaire	*1 094 205*	*166 439*	*1 260 644*	*28%*
BTP	55 253	0	**55 253**	*1%*
Déchets	152 701	0	**152 701**	*3%*
Elevage	2 693	0	**2 693**	*0%*
Etablissement public	0	52 023	**52 023**	*1%*
Fabrication d'équipements	20 069	301 553	**321 622**	*7%*
Fleurs et plantes	17 478	0	**17 478**	*0%*
Industrie des boissons alcoolisées	4 346	0	**4 346**	*0%*
Industrie extractive	1 080 732	225 181	**1 305 913**	*29%*
Location de terrains	0	0	**0**	*0%*
Loisir	145 872	179 806	**325 678**	*7%*
Militaire	25 950	4 864	**30 814**	*1%*
Papiers et cartons	18 576	0	**18 576**	*0%*
Pharmaceutique	71 223	0	**71 223**	*2%*
Soutien aux cultures	60	0	**60**	*0%*
Textile et cuir	49 687	304 903	**354 590**	*8%*
Travail des métaux	0	57 380	**57 380**	*1%*
Verre et matériaux de construction	120 377	0	**120 377**	*3%*
Non défini	429 919	0	**429 919**	*9%*
TOTAL	**3 289 141**	**1 292 149**	**4 581 290**	*100%*
Répartition selon type d'eau	*72%*	*28%*	*100%*	*0%*

Le tableau ci-après présente les volumes prélevés en Maine-et-Loire selon les bassins versants de prélèvement.

Bassin versant	Volumes d'eau prélevés en 2018 (m3)			*Répartition*
	Eau souterraine	Eau superficielle	TOTAL	
SAGE : Authion	652 242	0	**652 242**	*14%*
SAGE : Estuaire de la Loire	975 280	0	**975 280**	*21%*
SAGE : Evre, Thau et St Denis	0	166 439	**166 439**	*4%*
SAGE : Layon - Aubance	834 001	86 210	**920 211**	*20%*
SAGE : Loir	18 576	0	**18 576**	*0,4%*
SAGE : Mayenne	0	298 278	**298 278**	*7%*
SAGE : Oudon	0	0	**0**	*0%*
SAGE : Sarthe Aval	179 055	304 903	**483 958**	*11%*
SAGE : Sèvre Nantaise	40 041	323 216	**363 257**	*8%*
SAGE : Thouet	165 879	0	**165 879**	*4%*
SAGE : Vilaine	0	0	**0**	*0%*
Hors SAGE - Axe Loire	341 014	59 127	**400 141**	*9%*
Hors SAGE - Romme/Brionneau/Maine	55 253	53 976	**109 229**	*2%*
Hors SAGE - St Aubin/L'Avort	27 800	0	**27 800**	*1%*
TOTAL	3 289 141	1 292 149	**4 581 290**	*100%*

Les volumes mensuels prélevés pour l'industrie, le commerce et l'artisanat sont difficiles à déterminer. Ils ont été considérés comme constant dans le cadre de cette étude, soit environ 381 774 m³/mois.

IV.4.5. Les besoins en eau futurs pour l'industrie, le commerce et l'artisanat

L'évolution des besoins en eau pour les secteurs de l'industrie, du commerce et de l'artisanat est difficile à prévoir. Plusieurs facteurs peuvent influer sur l'évolution de ce besoin :

- Évolution des structures sectorielles
- Évolution des procédés (innovations technologiques / fermeture de circuits d'eau)
- Évolution de la réglementation (normes sanitaires et notamment bactériologiques en lien avec la réutilisation des eaux)
- Évolution des restrictions du SDAGE et des SAGE
- Augmentation du prix de l'eau (levier sécurisation de l'approvisionnement en eau prédomine aujourd'hui sur l'aspect économique)

IV.5. Les besoins en eau des milieux naturels

Les paragraphes ci-après présente une synthèse des échanges du groupe de travail « Besoins des milieux naturels »

IV.5.1. Définition des « besoins en eau des milieux naturels »

Les milieux naturels inféodés au milieu aquatique sont divers : la ripisylve, les forêts alluviales, les zones humides, les mares, les tourbières, les lits de la rivière, les zones d'expansion de crues, les annexes hydrauliques, les têtes de bassin versants, etc... Leurs fonctionnements sont dépendants de la présence d'eau, qu'elle soit temporaire (notion de saisonnalité) ou

permanente. Ils sont caractérisés par un biotope (caractéristiques physiques et chimiques du milieu) et une biocénose (espèces habitant le milieu) particuliers.

Ces milieux ont des besoins quantitatifs en eau :

- Besoin de circulation d'eau au sein du cours d'eau (amont/aval, latéral), dans le lit majeur, pour la morphologie du cours d'eau et pour le déplacement des espèces (continuité),

- Besoin d'eau en quantité suffisante permettant une diversité/hétérogénéité des zones (présence de zones d'ombres et de zones de faibles/forts courants, etc…),

- Besoin de respecter les variations naturelles, dynamiques des niveaux d'eau (basses eaux / hautes eaux), et la diversité (alternance),

- Besoin de maintenir des connections pour l'alimentation (nappe, lit majeur, …)

Ces milieux ont également des besoin "qualitatifs" en eau (bonne qualité physico-chimique, vie aquatique, température, …) lié au maintien d'un grand cycle de l'eau fonctionnel.

IV.5.2. La prise en compte des milieux dans le cadre des études de volumes prélevables ou H.M.U.C dans le département

IV.5.2.1. La méthodologie

Les études réalisées dans la cadre du chapitre 7 du SDAGE visent à caractériser l'état de la ressource en eau sur des unités de gestion d'un bassin versant, en distinguant la période estivale et la période hivernale, et en tenant compte du besoin des milieux en termes d'habitats. Cela consiste à décrire les fluctuations des débits des cours d'eau et des hauteurs de nappe en prenant soin de distinguer l'impact des prélèvements (hydrologie désinfluencée).

Une étude HMUC permet d'estimer les besoins des espèces par une méthode simplifiée dite des micro-habitats, et d'identifier les usages anthropiques, notamment les prélèvements en tenant compte de l'impact du changement climatique sur la disponibilité de la ressource.

La méthode dite des habitats ou micro-habitats est « basée sur l'identification des débits caractéristiques à partir desquels le potentiel d'habitat des espèces se dégrade très significativement ». Ces méthodes se sont développées à partir des années 1970 et constituent aujourd'hui la majorité des méthodes utilisées pour définir des débits écologiques permettant d'estimer les besoins en eau des milieux aquatiques.

L'outil de modélisation utilisé est le plus souvent celui des méthodes EVHA (EValuation de l'HAbitat – Ginot, 1998) ou ESTIMHAB (ESTIMation de l'HABitat, Lamouroux et Capra, 2002) qui consiste à analyser les conditions de vie dans le cours d'eau pour une espèce donnée à un stade de développement précis. Les poissons ont effectivement des préférences variables en matière de hauteur d'eau, de granulométrie du substrat et de vitesse de courant selon les espèces et les stades de développement. La littérature fournit de nombreuses données sur les espèces, mais il est également nécessaire de tenir compte des autres facteurs limitant le développement des poissons (physico-chimie, morphologie, continuité, etc…)

Dans ces méthodes, le potentiel d'habitat d'une espèce est évalué en croisant des indicateurs physiques (hauteur d'eau, vitesse du courant, diamètre du substrat) avec les préférences spécifiques d'une espèce.

Les résultats sont donnés sous forme de surface pondérée utile (SPU) correspondant à la « surface d'habitat favorable », pouvant être traduite en débit écologique.

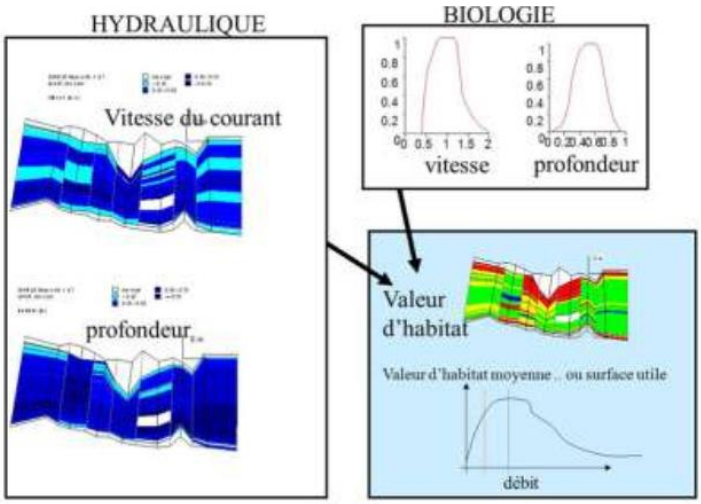


Figure 123 : Schéma de principe des méthodes microhabitats (Source : IRSTEA, année non définie)

IV.5.2.2. Éléments d'analyse des méthodes de définition des besoins du milieu naturel pour proposition de pistes d'amélioration

Les différentes méthodes utilisées permettant de mesurer les débits écologiques se limitent souvent à étudier un seul aspect de la vie des milieux aquatiques. En focalisant sur la qualité de l'habitat des poissons. En supposant qu'ils sont de bons indicateurs de l'état de santé du milieu, la méthode permet de mesurer l'impact des débits sur les caractéristiques morpho-hydrauliques. Il n'existe cependant pas de valeur « miracle » de débit minimal à laisser passer scientifiquement validée.

Par ailleurs, le besoin qualitatif des milieux peut être influencé par d'autres variables comme la morphologie du cours d'eau, le pH, l'oxygène, la température, la présence de polluants… Il serait réducteur de considérer que le débit est le seul facteur limitant de la qualité des habitats.

Le guide du Centre de Ressources et d'Expertise Scientifique sur l'Eau de Bretagne (CRESEB) paru en 2015 précise une méthodologie permettant de gérer la ressource en tenant compte de la vie piscicole. L'enjeu est bien d'assurer un équilibre entre les besoins anthropiques et les besoins de l'écosystème en fonction de la ressource disponible soit à l'échelle d'un ouvrage soit à l'échelle d'un bassin versant (approche globale).

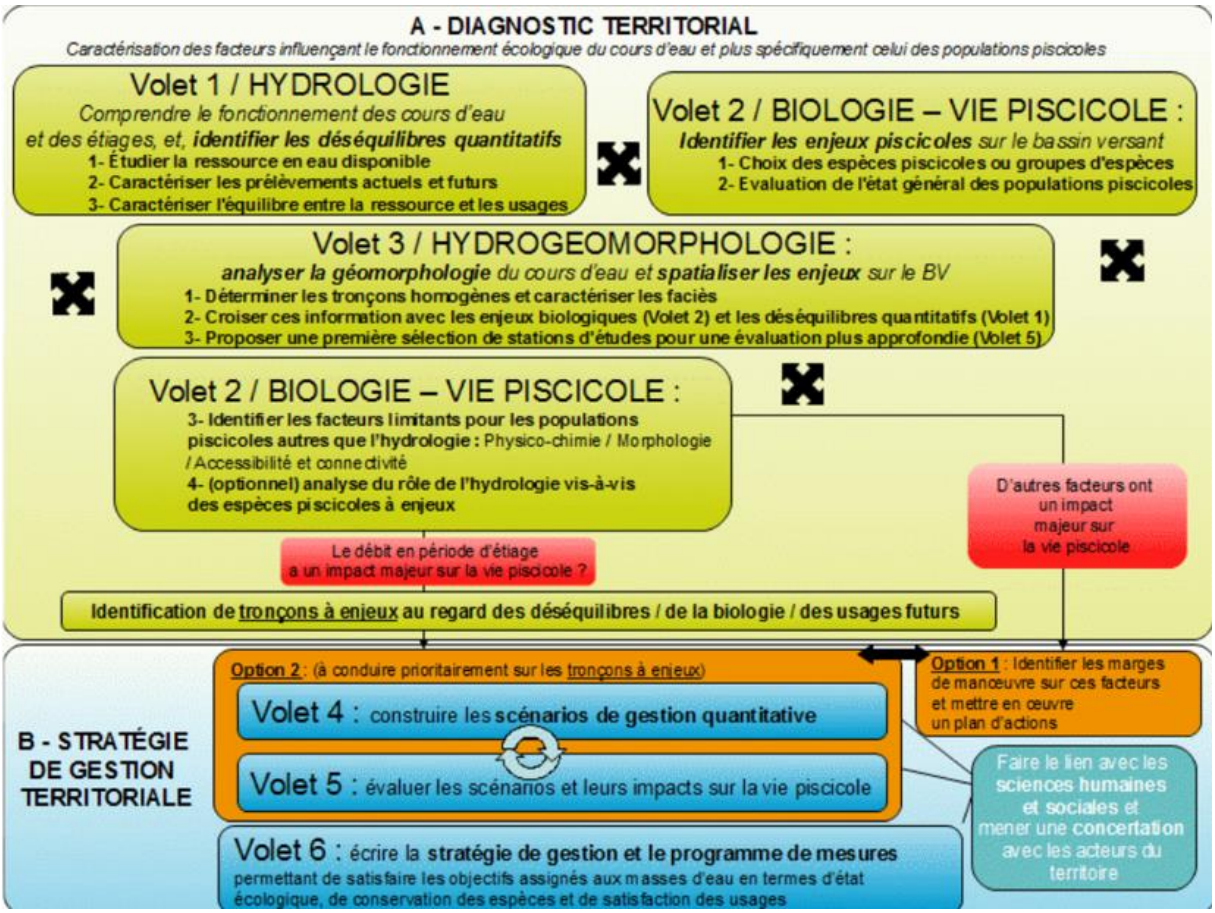


Figure 124 : Synoptique des étapes de travail à conduite pour appréhender la gestion quantitative de la ressource, intégrant la préservation des habitats piscicoles, Source : CRESEB, 2015)

Cette démarche globale permet de répondre à un ensemble de questions relatives à la gestion quantitative en intégrant les besoins des milieux. Au-delà de l'analyse théorique et bibliographique, cette méthodologie fait appel à un niveau d'expertise pour la modélisation des données complexes.

Le Tableau ci-après dresse le comparatif des avantages/inconvénients des méthodes permettant la quantification du potentiel d'habitat piscicole (EVHA, LAMMI, ESTIMHAB).

Items	Champs	Avantages / points forts	Inconvénients / points faibles
Domaine d'application	*espèces recherchées* *écoulements* *granulométrie* *morphologie*	- bonnes connaissances sur certaines espèces de poissons - modèle de « transects » répétible à l'infini	- pas adapté aux mesures de débits complexes - pas adapté aux rivières de plaine (pente faible) - pas adapté aux rivières chenalisées ou artificielles - non applicable aux débits extrêmes
Précision/Objectivité	*nombre de transects* *calibration du modèle* *extrapolation*	- précis si nombre de mesures suffisantes - extrapolation possible si modèles bien calés	- peut s'avérer coûteux et chronophage (nb de transects à respecter) - perte de précision sur certains modèles
Conditions d'utilisation	*espèces recherchées* *topographie* *vitesse d'écoulement*	- bibliographie abondante	- peut nécessiter une topographie complète - doit être complété par une expertise terrain
Méthodologie **Résultats** **Interprétation**	*forme du rendu* *fiabilité*	- méthodologie éprouvée	- ne s'applique qu'aux espèces de poissons - certains modèles ne proposent pas de cartographie - pas de possibilité d'intégrer d'autres modèles biologiques

Les échanges ayant eu lieu dans le cadre des ateliers du groupe de travail « besoins des milieux » ont permis de mettre en relief certains points importants concernant l'interprétation des résultats des études de volumes prélevables qui incluent notamment la partie relative aux débits écologiques.

Globalement le modèle des micro-habitats est jugé bon, la méthodologie parait rigoureuse et combine une expertise « terrain » permettant de conforter les résultats. Bien que ces résultats puissent parfois être techniquement discutables, il n'en demeure pas moins qu'ils conduisent à des conclusions ayant parfois un impact non négligeable en matière de prise de décision.

C'est davantage la complexité de ces études qui est évoquée, avec la difficulté de communiquer les résultats au grand public et aux élus membres des comités de pilotage. La notion de coût important est également soulignée, alors que ce type d'étude se focalise souvent sur les principaux axes des bassins versants, faisant l'impasse sur les affluents et ne propose que peu de points de mesure de débit minimum biologique. D'autres biais méthodologiques sont cités, comme le calcul de la sur-évaporation des plans d'eau ou la relation avec les aménagements déjà existants et leurs impacts « historiques » sur la ressource au moment de l'évaluation des volumes prélevables.

Au final, il est considéré comme nécessaire de peaufiner la méthodologie des études de volumes prélevables pour en faire un outil plus efficace, facilement transposable en termes d'actions et de règles de gestion et aussi d'insister plus fortement sur la pédagogie.

Les questions relatives à la connaissance et aux besoins des milieux naturels font ressortir la grande diversité de ces milieux, qui ne sauraient se limiter aux espèces de poissons. Au-delà de la simple question de la diversité, il y a aussi l'impact de nombreux paramètres autre que le débit qui sont à prendre en compte dans les diagnostics.

L'amélioration des connaissances passe par l'étude des relations nappe/rivière, la hiérarchisation des zones humides et le fonctionnement des têtes de bassin-versants, ou encore le rôle des crues morphogènes et créatrice de zones de frayères. Toutes ces questions sont à aborder localement à l'échelle des bassins versants ou des unités de gestion en incluant un large volet d'étude et d'expertise de terrain.

IV.5.2.3. Les principaux résultats

Le tableau ci-dessous présentes les sept Études Volumes Prélevables (EVP) qui ont été réalisées sur le Maine-et-Loire depuis 2012.

SAGE	Bureau d'étude	Année de réalisation
SAGE Sèvre Nantaise	SAFEGE	2012
SAGE Authion	Antea Groupe	2015
SAGE Oudon	SAFEGE	2015
SAGE Evre-Thau-St Denis	SAFEGE	2016
SAGE Layon-Aubance-Louets	SAFEGE	2016
SAGE Loir	SAFEGE	2017
SAGE Sarthe aval	SAFEGE	2017

A noter que pour certains territoires porteurs de SAGE, ces études de volumes prélevables seront mis à jour dans le cadre d'étude **Hydrologie, Milieux, Usages, Climat (H.M.U.C)**. Des études HMUC sont déjà, ou seront prochainement lancées sur les bassins versant de l'Authion, de l'Estuaire de la Loire, de la Sèvre Nantaise et de la Vilaine. Des réflexions sont également en cours pour le lancement d'étude HMUC sur l'Oudon, la Mayenne et le Thouet.

IV.5.2.3.1. Les volumes prélevables

Les volumes prélevables peuvent être définis selon :
- le type de ressource : Eaux souterraines / Eaux superficielles
- le type de gestion de la ressource : Individuelle / Collective

Le tableau ci-après présente les principaux résultats des EVP réalisées sur le département.

Légende :

ESU : Prise en compte eaux superficielles
ESO : Prise en compte aux souterraines
ND : Non défini
UG : Unité de gestion

					HIVER					ETIAGE							Annuel
BV	**ME**	**UG 49**	**ESO/ESU**	**Type de gestion**	**Novembre**	**Décembre**	**Janvier**	**Février**	**Mars**	**Avril**	**Mai**	**Juin**	**Juillet**	**Août**	**Septembre**	**Octobre**	
Sarthe Aval	**Sarthe**	**Sarthe Aval**	ESU	individuelle	4 655 916	4 811 113	4 811 113	4 384 321	4 811 113	4 655 916	4 811 113	11 303 312	7 048 549	5 447 932	4 948 431	4 811 113	**66 499 942**
				collective	5 322 998	5 500 431	5 500 431	5 012 490	5 500 431	5 322 998	5 500 431	11 303 312	7 048 549	5 447 932	4 948 431	5 500 431	**71 908 865**
	Baraize	**Baraize**	ESU	individuelle	41 206	42 579	42 579	38 802	42 579	41 206	42 579	0	0	0	0	42 579	**334 109**
				collective	47 570	49 156	49 156	44 795	49 156	47 570	49 156	0	0	0	0	49 156	**385 715**
Loir	**Loir**	**Loir Aval**	ESU	individuelle	2 249 619	2 324 606	2 324 606	2 118 391	2 324 606	2 249 619	2 324 606	1 790 366	1 283 537	1 108 827	1 312 873	2 324 606	**23 736 262**
				collective	2 918 523	3 015 807	3 015 807	2 748 276	3 015 807	2 918 523	3 015 807	1 790 366	1 283 537	1 108 827	1 312 873	3 015 807	**29 159 960**
	Loir	**Loir à Durtal**	ESU	individuelle	2 849 139	2 944 110	2 944 110	2 682 939	2 944 110	2 849 139	2 944 110	3 073 660	932 541	887 890	2 844 795	2 944 110	**30 840 653**
				collective	3 234 888	3 342 718	3 342 718	3 046 187	3 342 718	3 234 888	3 342 718	3 073 660	932 541	887 890	2 844 795	3 342 718	**33 968 439**
	Argance	**Argance**	ESU	individuelle	48 699	50 322	50 322	45 858	50 322	48 699	50 322	120 016	0	0	0	50 322	**514 882**
				collective	52 331	54 076	54 076	49 279	54 076	52 331	54 076	120 016	0	0	0	54 076	**544 337**
Layon Aubance Louet	**Layon**	**Layon amont**	ESU	individuelle	331 000	342 000	342 000	312 000	342 000	-	-	-	-	-	-	-	**1 669 000**
				collective	409 000	423 000	423 000	385 000	423 000	-	-	-	-	-	-	-	**2 063 000**
	Layon	**Hyrôme**	ESU	individuelle	177 000	183 000	183 000	167 000	183 000	-	-	-	-	-	-	-	**893 000**
				collective	304 000	314 000	314 000	287 000	314 000	-	-	-	-	-	-	-	**1 533 000**
	Layon	**Lys**	ESU	individuelle	260 000	269 000	269 000	245 000	269 000	-	-	-	-	-	-	-	**1 312 000**
				collective	361 000	373 000	373 000	340 000	373 000	-	-	-	-	-	-	-	**1 820 000**
	Layon	**Layon intermédiaire**	ESU	individuelle	1 104 000	1 141 000	1 141 000	1 040 000	1 141 000	-	-	-	-	-	-	-	**5 567 000**
				collective	1 404 000	1 451 000	1 451 000	1 323 000	1 451 000	-	-	-	-	-	-	-	**7 080 000**
	Layon	**Layon aval**	ESU	individuelle	1 476 000	1 525 000	1 525 000	1 390 000	1 525 000	-	-	-	-	-	-	-	**7 441 000**
				collective	1 927 000	1 991 000	1 991 000	1 815 000	1 991 000	-	-	-	-	-	-	-	**9 715 000**
	Louet	**Aubance Amont**	ESU	individuelle	162 000	167 000	167 000	152 000	167 000	-	-	-	-	-	-	-	**815 000**
				collective	208 000	215 000	215 000	196 000	215 000	-	-	-	-	-	-	-	**1 049 000**
	Louet	**Louet**	ESU	individuelle	183 000	189 000	189 000	172 000	189 000	-	-	-	-	-	-	-	**922 000**
				collective	296 000	306 000	306 000	279 000	306 000	-	-	-	-	-	-	-	**1 493 000**
Evre Thau St Denis	**Evre**	**Evre amont**	ESU	individuelle	594 000	614 000	614 000	559 000	614 000	-	-	-	-	-	-	-	**2 995 000**
				collective	916 000	946 000	946 000	862 000	946 000	-	-	-	-	-	-	-	**4 616 000**
	Evre	**Beuvron amont**	ESU	individuelle	95 000	98 000	98 000	90 000	98 000	-	-	-	-	-	-	-	**479 000**
				collective	165 000	171 000	171 000	155 000	171 000	-	-	-	-	-	-	-	**833 000**
	Evre	**Evre intermédiaire**	ESU	individuelle	792 000	818 000	818 000	745 000	818 000	-	-	-	-	-	-	-	**3 991 000**
				collective	1 224 000	1 265 000	1 265 000	1 152 000	1 265 000	-	-	-	-	-	-	-	**6 171 000**
	Evre	**Evre aval**	ESU	individuelle	544 000	562 000	562 000	513 000	562 000	-	-	-	-	-	-	-	**2 743 000**
				collective	947 000	978 000	978 000	891 000	978 000	-	-	-	-	-	-	-	**4 772 000**
	Moulins	**Moulins**	ESU	individuelle	44 000	45 000	45 000	41 000	45 000	-	-	-	-	-	-	-	**220 000**
				collective	57 000	59 000	59 000	54 000	59 000	-	-	-	-	-	-	-	**288 000**
	Tau	**Tau**	ESU	individuelle	152 000	157 000	157 000	143 000	157 000	-	-	-	-	-	-	-	**766 000**
				collective	215 000	223 000	223 000	203 000	223 000	-	-	-	-	-	-	-	**1 087 000**
Sèvre Nantaise	**Moine**	**Moine 1**	ESU		555 317	555 317	555 317	555 317	555 317	829 400	428 500	259 200	267 800	187 500	155 500	555 317	**5 459 800**
	Moine	**Moine 2**	ESU		0	0	0	0	0	829 400	428 500	259 200	267 800	187 500	155 500	0	**2 127 900**
	Sanguèze	**Sanguèze**	ESU		0	0	0	0	0	518 400	267 800	0	0	0	0	0	**786 200**
Oudon	**Oudon**	**Oudon aval**	ESU	individuelle	495 900	512 400	512 400	466 900	512 400	-	-	100 300	74 400	48 500	21 900	21 900	**2 767 000**
			ESU	collective	595 000	614 900	614 900	560 300	614 900	-	-	100 300	74 400	48 500	21 900	21 900	**3 267 000**
	Oudon	**Oudon moyen**	ESU	individuelle	595 000	614 900	614 900	560 300	614 900	-	-	183 200	154 900	126 500	58 700	85 100	**3 608 400**
			ESU	collective	694 200	717 400	717 400	653 700	717 400	-	-	183 200	154 900	126 500	58 700	85 100	**4 108 500**
	Misengrain	**Misengrain**	ESU	individuelle	59 500	61 500	61 500	56 000	61 500	-	-	11 400	5 700	-	-	-	**317 100**
			ESU	collective	69 400	71 700	71 700	65 400	71 700	-	-	11 400	5 700	-	-	-	**367 000**
	Argos	**Argos**	ESU	individuelle	178 500	184 500	184 500	168 100	184 500	-	-	102 300	92 000	81 700	36 800	36 900	**1 249 800**
			ESU	collective	218 200	225 500	225 500	205 500	225 500	-	-	102 300	92 000	81 700	36 800	36 900	**1 449 900**
	Verzée	**Verzée**	ESU	individuelle	297 500	307 400	307 400	280 200	307 400	-	-	105 500	80 300	55 100	-	-	**1 740 800**
			ESU	collective	376 900	389 400	389 400	354 900	389 400	-	-	105 500	80 300	55 100	-	-	**2 140 900**
	Araize	**Araize**	ESU	individuelle	138 800	143 500	143 500	130 700	143 500	-	-	68 000	58 600	49 100	22 100	19 400	**917 200**
			ESU	collective	198 300	205 000	205 000	186 800	205 000	-	-	68 000	58 600	49 100	22 100	19 400	**1 217 300**
Authion	**Authion**	**Val d'Authion aval**	ESU							10 102 400							**10 793 162**
			ESO							4 830 290							**7 607 253**
	Authion	**Val d'Authion moyen**	ESU							3 546 025							**3 788 488**
			ESO							655 453							**1 324 956**
		Bassins des 3 Rus	ESU							126 130							**134 754**
			ESO							1 760 637							**2 381 308**
	Aulnaies	**Aulnaies Etang et affluents**	ESU							139 062							**148 571**
			ESO							1 162 969							**1 594 351**
	Couasnon	**Couasnon et ses affluents**	ESU							457 509							**488 792**
			ESO							4 019 939							**6 510 573**
	Lathan	**Lathan aval et affluents**	ESU							1 186 505							**1 267 634**
			ESO							1 909 307							**3 360 094**
	Lathan	**Lathan moyen et affluents**	ESU							606 532							**648 004**
			ESO							1 992 240							**2 711 261**

IV.5.2.3.2. Les déficits quantitatifs

Les études volumes prélevables permettent de définir des Unités de Gestion (UG) cohérentes pour gérer les prélèvements en eau. Le déficit quantitatif et les volumes prélevables sont ainsi étudiés à l'échelle de ces UG. Les Unités de Gestion en déficit quantitatif sont des zones où les prélèvements sont trop importants pour que les milieux naturels puissent assurer leurs besoins.

La carte ci-après présente les conclusions des études de volumes prélevables sur l'étude du déficit quantitatif (estival et/ou hivernal) des unités de gestion.

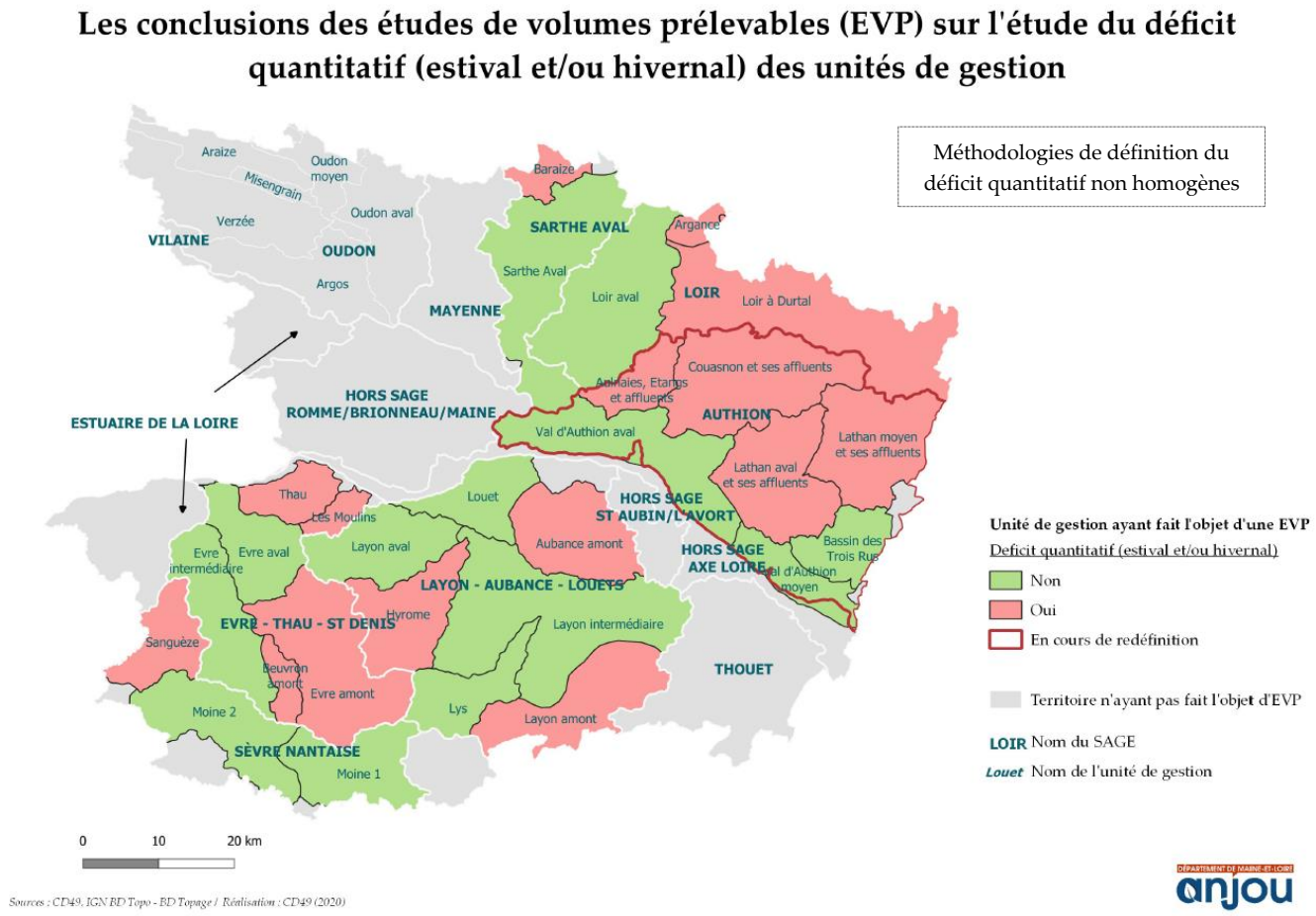


Figure 125 : Les conclusions des études de volumes prélevables (EVP) sur l'étude du déficit quantitatif des unités de gestion (Source : Données des études volumes prélevables, 2020)

Remarque :

Il est à noter que les EVP ont été conduites selon des méthodologies différentes et à partir du niveau de connaissance de l'époque, en matière de prélèvements notamment, et que le statut d'équilibre / déséquilibre est parfois confirmé, parfois infirmé par des études plus poussées qui ont pu y être menées depuis. C'est notamment le cas sur des secteurs où une gestion collective a été mise en place.

Secteur de l'Authion :

- le cumul des prélèvements est inférieur aux volumes prélevables sur les unités de gestion Couasnon, Lathan Moyen, Lathan aval et Aulnaies-Etang et affluents qui sont donc excédentaires ou à l'équilibre,

- le cumul des prélèvements est inférieur aux volumes prélevables sur l'unité de gestion Bassin des 3 Rus qui est globalement déficitaire,

- le Val d'Authion moyen a été défini en équilibre global dans le cadre de l'EVP mais cela masque un fort excédent pour les eaux superficielles et un déficit marqué pour les eaux souterraines.

Secteur d'Evre Thau St Denis :

- avec la mise en place d'une gestion collective sur le bassin versant de la Thau et avec l'activation du volume prélevable de Gestion collective, ce bassin n'est plus identifié comme en déficit.

IV.6. La sur-évaporation des plans d'eau

Les plans d'eau sont des étendues d'eau qui peuvent, sous certaines conditions, évaporer des volumes d'eau plus importants qu'un sol, qui présente une capacité de rétention des eaux limitée.

Il est important de noter qu'il existe peu de connaissance scientifique sur le phénomène de sur-évaporation des plans d'eau. C'est un phénomène difficile à appréhender car dépendant de nombreux paramètres, climatiques (température, pluviométrie, vent, etc…), hydrogéologique (capacité estimée du sol qui se tiendrait en lieu et place du plan d'eau à restituer de l'eau aux plantes) et intrinsèques aux caractéristiques du plan d'eau (profondeur, étendue, forme, altitude, végétation environnante, présence de plantes aquatiques, géomorphologie, etc…).

De nombreuses méthodes existent pour estimer la sur-évaporation des plans d'eau. La méthode retenue dans le cadre de ce schéma départemental est celle du **bilan hydrologique**, qui est celle utilisée dans les Etudes Volumes Prélevables réalisées sur le département.

La sur évaporation des plans d'eau peut ainsi être estimée en calculant la différence entre l'évapotranspiration potentielle et l'évapotranspiration réelle. Celle-ci est considérée comme nulle lorsque l'évapotranspiration réelle calculée est supérieure à l'évapotranspiration potentielle.

Le tableau ci-dessous présente les valeurs moyennes mensuelles de sur évaporation des plans d'eau calculées en Maine-et-Loire.

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Total
ETR (mm)	21,3	20,6	27,5	30,7	49,3	53,0	33,6	43,9	34,8	48,5	50,3	37,6	**451,1**
ETP (mm)	11,9	23,6	53,9	84,8	116,5	135,9	150,9	125,3	80,7	39,7	16,3	11,2	**850,7**
Surévaporation (mm)	0,0	3,0	26,4	54,2	67,1	82,9	117,3	81,3	45,9	0,0	0,0	0,0	**475,1**

La sur évaporation totale des plans d'eau du Maine-et-Loire est estimée à **475 mm/an (soit 4 750 m3/ha/an)**, soit 56% de l'évapotranspiration potentielle moyenne annuelle.

Il n'y a pas de sur évaporation entre octobre et janvier. La sur évaporation des plans d'eau se fait principalement (plus de 90% des volumes totaux sur évaporés) entre les mois d'Avril et Septembre.

Le graphique ci-dessous présente les valeurs moyennes mensuelles d'évapotranspiration potentielle, réelle et de sur évaporation des plans d'eau calculées en Maine-et-Loire.

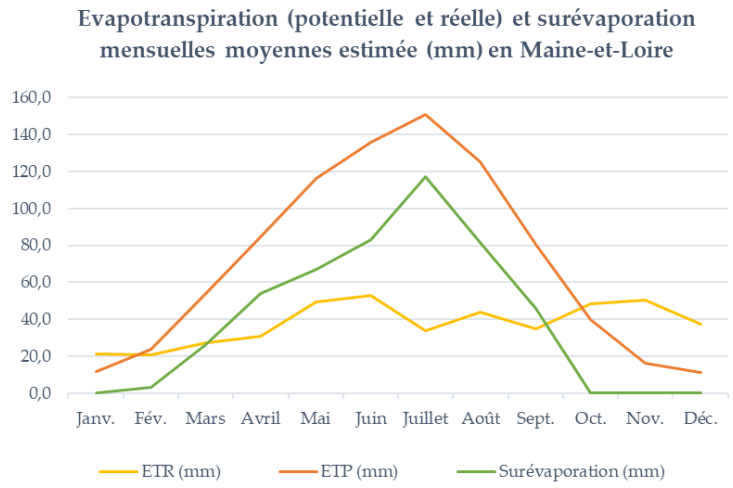


Figure 126 : Les valeurs d'évapotranspiration (réelle et potentielle) et de surévaporation mensuelles moyennes estimées (en mm) en Maine-et-Loire (Source : Cd49, 2020)

Afin de connaitre les surfaces de plans d'eau par bassin versant, les données concernant les lacs, les mares, les réservoirs, les bassins et les retenues ont été extraites d'une base de données fournie par la DREAL. Cela correspond à une surface totale de 6 215 ha en Maine-et-Loire.

L'impact du volume évaporé par un plan d'eau sur la ressource n'est pas le même suivant que le plan d'eau est connecté ou non au réseau hydrographique. Dans le cas d'une connexion directe du plan d'eau, le volume évaporé est quasi-immédiatement compensé par un prélèvement direct au milieu naturel. Ce qui n'est pas le cas pour un plan d'eau non connecté au réseau hydrographique, dont l'évaporation sera plutôt compensée par un prélèvement au milieu hors de la période d'étiage.

Dans le cadre de cette étude, les plans d'eau ont été considérés comme connectés au milieu aquatique s'ils se situaient à moins de 20 mètres d'un cours d'eau. Selon cette hypothèse, 30% des plans d'eau ou assimilés du Maine-et-Loire sont connectés, ce qui correspond à une surface d'environ 1 849 ha.

Le domaine public fluvial a été assimilé aux plans d'eau pour le calcul de la sur évaporation. Cette surface est estimée à 1 160 ha.

Les surfaces des plans d'eau ou assimilés considérés comme connectés au milieu aquatique sont présentées, par bassin versant, dans le tableau ci-après.

Bassin versant	Surface des plans d'eau connectés (< 20 m) en ha	Surface du domaine public fluvial en ha	Surface total plans d'eau connectés et assimilés en ha	Surface total plans d'eau en ha	*% de connexion des plans d'eau*
Authion	201,0		**201,0**	**724,8**	*28%*
Estuaire de la Loire	91,5		**91,5**	**290,7**	*31%*
Evre - Thau - St Denis	271,8		**271,8**	**705,6**	*39%*
Layon - Aubance - Louets	302,3		**302,3**	**945,7**	*32%*
Loir	151,3	220,5	**371,8**	**564,8**	*27%*
Mayenne	45,0	350,7	**395,7**	**225,7**	*20%*
Oudon	185,0	124,1	**309,1**	**555,8**	*33%*
Sarthe aval	54,6	317,0	**371,6**	**282,4**	*19%*
Sèvre Nantaise	216,8		**216,8**	**784,4**	*28%*
Thouet	82,8		**82,8**	**223,0**	*37%*
Vilaine	28,6		**28,6**	**43,1**	*66%*
Hors SAGE | Axe Loire	1,5		**1,5**	**170,5**	*1%*
Hors SAGE | Romme/Brionneau/Maine	211,4	147,3	**358,7**	**675,9**	*31%*
Hors SAGE | St Aubin/L'Avort	5,2		**5,2**	**23,1**	*23%*
TOTAL	**1 848,8**	**1 159,5**	**3 008,3**	**6 215,3**	*30%*

Le Maine-et-Loire comprend 3 008 ha de plans d'eau ou assimilés connectés, ce qui correspond à une sur évaporation d'environ 14 288 000 m³ (dont 5 510 000 m³, soit 39% pour le domaine public fluvial).

Le groupe de travail Besoins Forêt et Agriculture a estimé à 5% l'augmentation de l'évaporation des plans d'eau à horizon 2050 (cf partie IV.3.3.2.3. Évolution filière piscicole).

IV.7. Autres usages

IV.7.1. Forêt

La forêt et un enjeu pour le Département du Maine-et-Loire, que ce soit pour les activités économiques (scierie, bois de chauffage, bois industriel, agroforesterie, etc..) et de loisirs qu'elle permet ou pour les services environnementaux qu'elle rend (qualité de l'air, qualité des eaux, préservation de la biodiversité, stockage carbone).

La forêt est sensible au changement climatique. Ceci se traduit par une mortalité et une sensibilité aux maladies/ravageurs accrues (développement des scolytes sur les pins par exemple). Le développement de scolytes ces dernières années a plutôt été observé sur les épicéas qui subissent de plein fouet le changement climatique. Cette essence est très peu présente sur notre département.

L'impact du changement climatique s'observe plus particulièrement sur les peuplements de châtaignier dans notre département. Les sécheresses successives et les fortes températures estivales augmentent de manière très significative la sensibilité de cette essence à certaines maladies et notamment à l'encre du châtaignier dont l'agent pathogène responsable est un phytophthora. Les Correspondants Observateurs du département de la Santé des Forêts note également des cas de dépérissements dans les futaies de chênes (plus spécifiquement sur le chêne pédonculé qui est plus sensible aux manques d'eau) et sur des pins sylvestres.

Une solution d'adaptation réside dans le choix des essences (privilégier le cèdre par exemple). Si le cèdre peut effectivement être une des solutions, ce n'est pas la seule essence de substitution

envisageable (robinier, chêne rouge, chêne pubescent …). La principale règle à respecter consiste à implanter une essence adaptée à la station, c'est-à-dire au sol et à la réserve utile en eau.

En 2014, il existait 110 000 ha de forêt en Maine-et-Loire, composée pour deux tiers de feuillus (chênes, châtaignier, peuplier...) et pour un tiers de résineux (pins maritimes, pins Laricio, pins sylvestres, douglas...). Le département du Maine et Loire est boisé à hauteur de 15,5%. La forêt appartient à 90% à des propriétaires privés, le reste à l'Etat ou des collectivités. Les forêts publiques sont administrées par l'Office National de la Forêt (ONF).

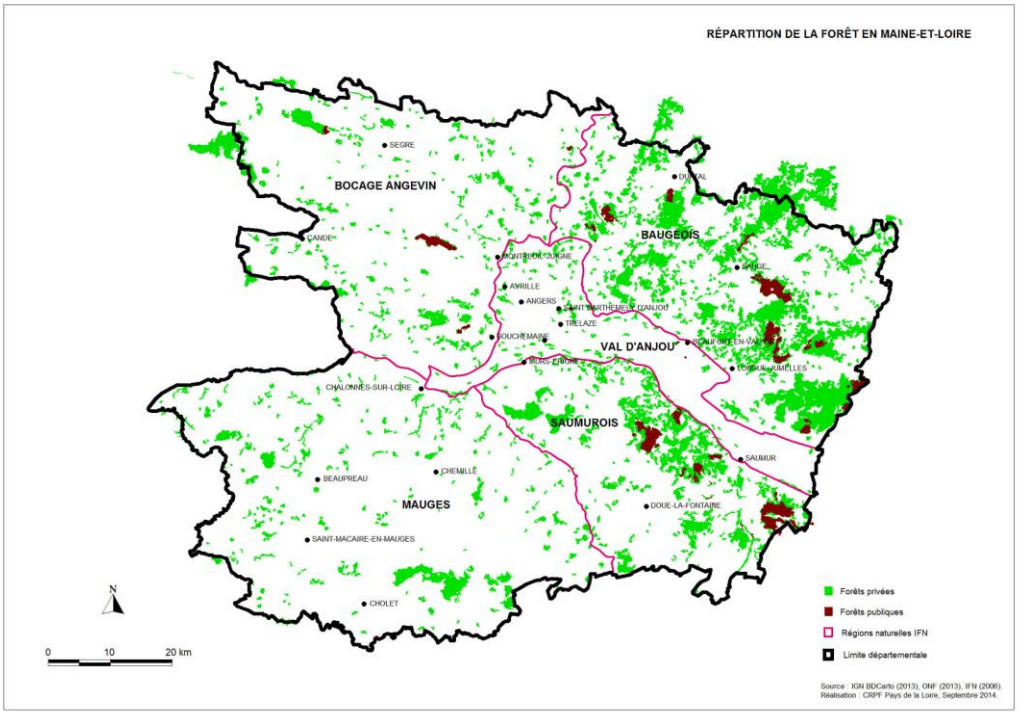


Figure 127 : Répartition de la forêt en Maine-et-Loire (Source : ONF, 2020)

Les forêts privées peuvent présenter un document de gestion durable. Il s'agit en majorité d'un plan simple de gestion. Le plan de gestion est obligatoire pour les forêts de plus de 25ha et est agréé par le Centre Régional de la Propriété Forestière. Il permet de mieux connaître son bois ou sa forêt, de définir des objectifs et faciliter les choix et décisions à prendre, de prévoir et de réaliser un programme précis de coupes et travaux sans démarche administrative supplémentaire, d'établir un bilan périodique et d'intéresser ses héritiers au patrimoine forestier familial.

Les forêts publiques sont gérées conformément à un document de gestion durable appelé "document d'aménagement forestier" lequel est approuvé par un arrêté du préfet de région.

La production moyenne de bois est estimée à 600 000 m3/an pour le Maine et Loire. Cependant, on estime à 400 000 m3 de bois récolté (déclaré et non déclarée (bois de chauffage)). La forêt du Maine et Loire est donc vieillissante, ce qui limite sa capacité de stockage de carbone et de phytoremédiation.

Les besoins en eau des forêts sont difficiles à déterminer car il ne s'agit pas d'un usage préleveur. Les forêts ont besoin de niveaux de nappe suffisamment hauts pour résister aux stress hydriques

estivaux. Ainsi le maintien de l'équilibre ressources/usages est important pour ne pas assécher les horizons exploités par les racines des arbres (3-4 mètres maxi).

Afin de prendre en compte le besoin en eau des forêts, des seuils minimums de hauteurs de nappes pourraient être définis en fonction de la saison pour l'usage « forêt ».

A noter que le Centre National de la Profession Forestière (CRPF) mène actuellement une étude sur l'évolution des niveaux de nappes et le stress hydrique des arbres sur le bassin versant de l'Authion.

IV.7.2. Énergie

Énergie nucléaire

Les centrales nucléaires permettent de créer de l'énergie électrique à partir de la combustion nucléaire.

Dans une centrale nucléaire, l'eau est nécessaire pour différents usagers :

- Refroidir les installations,

- Constituer des réserves pour réaliser des appoints ou disposer de stockage de sécurité,

- Alimenter les circuits de lutte contre les incendies,

- Alimenter les installations sanitaires et les équipements de restauration des salariés.

Les centrales nucléaires en bord de Loire sont équipées de circuits de refroidissement fermés, c'est-à-dire qu'une partie de l'eau est réutilisée. L'eau est prélevée dans le fleuve, réchauffée par le condenseur de la turbine puis refroidie au sein d'une tour aéroréfrigérante par le courant d'air qui monte à l'intérieur. Une partie de l'eau (environ 37,5%) s'évapore dans l'atmosphère tandis qu'une autre partie est renvoyée vers le condenseur. Un appoint d'eau (prélèvement) d'environ 2 m³/s pour une tranche nucléaire de 1 300 MW, est réalisé pour compenser l'eau évaporée et le débit de purge (1,25 m³/s).

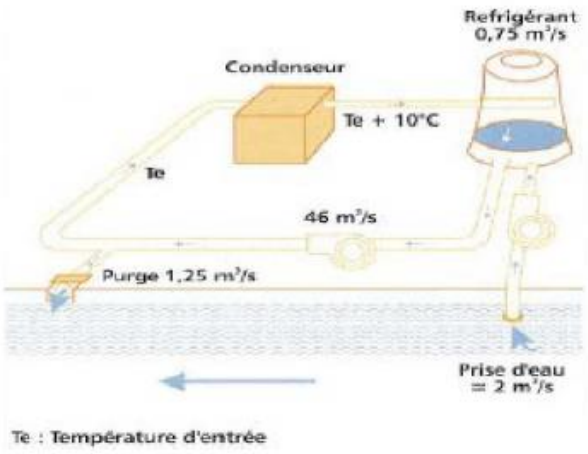


Figure 128 : Les flux d'eau dans les circuits de refroidissement fermés des centrales nucléaires (Source : Etude Explore 2070, Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie, 2012)

Chaque centrale nucléaire dispose d'un arrêté de prélèvements et de rejets d'eau qui lui est propre. Ces autorisations définissent, en fonction des caractéristiques de chaque centrale et de son

environnement, les conditions de prélèvements de l'eau ainsi que les limites de rejets en effluents radioactifs, chimiques et thermiques. Si les normes réglementaires de ces arrêtés ne peuvent être respectées, les centrales nucléaires peuvent voir leur production diminuer ou être mises à l'arrêt.

En période d'étiage, des lâchers d'eau en provenance des retenues sur la Loire peuvent être effectués pour compenser le débit évaporé dans les aéroréfrigérants, dans la mesure des réserves disponibles.

Les rejets thermiques sont réglementés par la Directive européenne du 18 juillet 1978, codifiée par la directive européenne 2006/44/CE du 6 septembre 2006 concernant la qualité des eaux douces ayant besoin d'être protégées ou améliorée pour être aptes à la vie des poissons.

L'échauffement des rivières par les rejets (purges) des centrales nucléaires équipées de circuits fermés ne doit pas dépasser 1°C entre la prise d'eau et la limite du panache de rejet (à 50 mètres du point de rejet).

L'échauffement du milieu aquatique dépend de trois facteurs principaux :

- La production de la centrale qui varie en fonction de la demande d'électricité,

- Le débit du cours d'eau soumis à des variations saisonnières,

- Les conditions météorologiques qui influencent l'efficacité des aéroréfrigérants.

La carte ci-après présente l'ensemble du parc national de centrales nucléaires

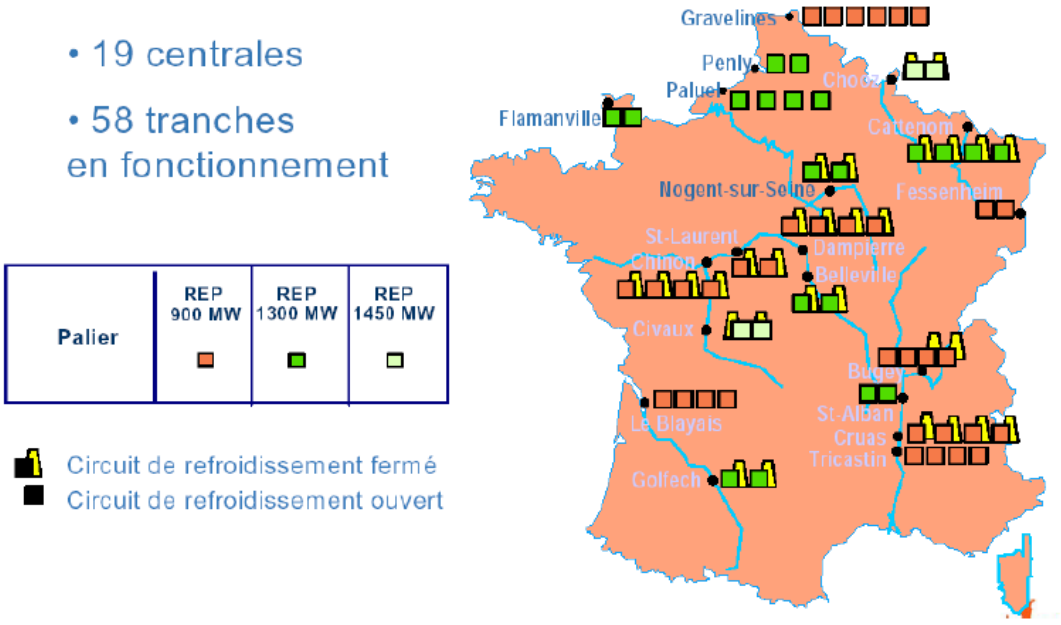


Figure 129 : Le parc de centrales nucléaires et les systèmes de refroidissement (Source : Étude Explore 2070, Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie, 2012)

Avec 1 661 432 400 m³/an d'eau prélevée, l'usage d'eau pour la production d'énergie nucléaire représente environ 45% des prélèvements totaux du bassin Loire Bretagne.

Les centrales du bassin Loire-Bretagne produisent environ 20% de l'énergie nucléaire française.

Il existe 4 centrales nucléaires prélevant en Loire dont les principales caractéristiques sont présentées dans le tableau ci-après.

Nom	Département	Type de circuit	Source d'eau douce	Capacité de tranche (MW)	Nombre de tranches	Capacité totale (MW)	Année de mise en service	Volume prélevé en 2018 (m^3)	Projet de fermeture
Belleville-sur-Loire	Cher	Fermé	Loire	1 300	2	2 600	1988	189 441 185	-
Chinon	Indre-et-Loire	Fermé	Loire	900	4	3 600	1984	184 765 008	2 réacteurs en 2035
Dampierre-en-Burly	Loiret	Fermé	Loire	900	4	3 600	1980	196 717 430	2 réacteurs en 2035
Saint-Laurent-des-eaux	Loir-et-Cher	Fermé	Loire	900	4	3 600	1983	93 244 089	-
TOTAL						**13 400**		**664 167 712**	

Visant à ramener à 50 % la production d'électricité d'origine nucléaire dans le mix énergétique, le gouvernement prévoit la fermeture de 14 réacteurs nucléaires d'ici 2035, dont deux sur les stations de Dampierre-en-Burly et Saint-Laurent-des-eaux. Cette fermeture engendrerait une baisse d'environ 208 millions de m^3 d'eau/an soit 30% de volumes d'eau prélevés en Loire pour l'activité nucléaire.

IV.7.3. Baignade

En 2019, on compte sur le département 19 sites de baignade en eau douce.

La qualité des baignades est suivie par l'Agence Régionale de Santé avec un suivi tous les 15 jours de la qualité microbiologique.

En 2013, le classement des baignades a été réalisé selon une nouvelle méthode d'évaluation issue de la directive cadre européenne des eaux de baignade. Cette nouvelle méthode regroupe les résultats de 4 années de suivi analytique.

En 2019, sur les 19 baignades du Maine-et-Loire, 14 sont classées en qualité excellente, 3 en bonne qualité, 1 en qualité insuffisante et 1 non classée.

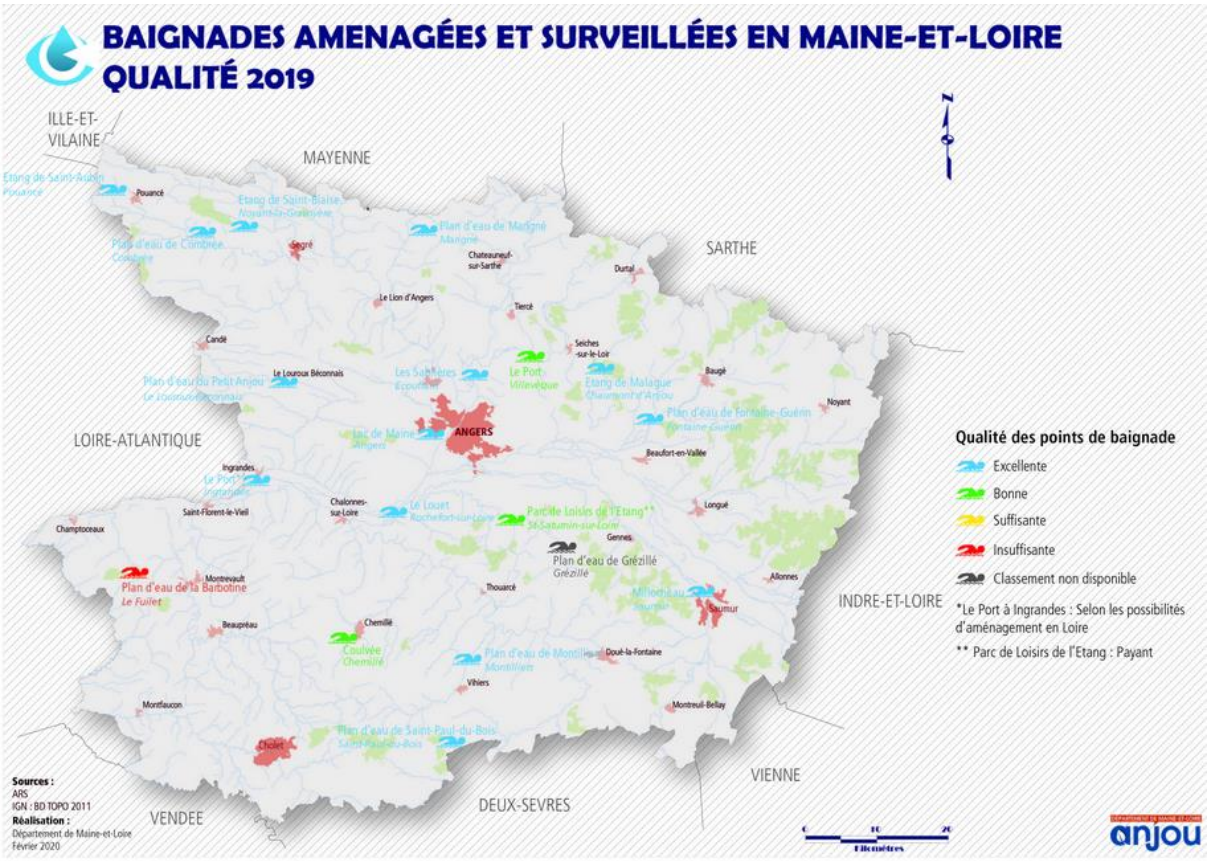


Figure 130 : Qualité des points de baignades aménagées et surveillées en Maine-et-Loire en 2019 (Source : Cd49, 2020)

Pour certaines baignades sensibles au développement d'algues, les analyses microbiologiques sont complétées par une recherche des cyanobactéries (des micro-algues susceptibles de produire des toxines lors de circonstances environnementales particulières). En nombre important, ces algues donnent une coloration verte intense ou bleue à l'eau. Les toxines peuvent être à l'origine de troubles de santé lors de contacts avec l'eau : irritations de la peau ou des muqueuses, troubles digestifs.

A noter, la directive européenne sur la qualité des eaux de baignade, instaure également l'établissement de profils de baignade. Ces profils correspondent à une identification et à l'étude des sources de pollution pouvant affecter la qualité de l'eau. Ces études sont établies pour chaque eau de baignade et destinées à évaluer leur vulnérabilité et les risques de pollutions potentielles. Étudier la vulnérabilité des baignades permet de renforcer les outils de prévention à la disposition des gestionnaires. L'objectif à long terme est de n'avoir aucun rejet polluant dans une zone de baignade.

IV.7.4. Navigation

Le Maine-et-Loire possède un important réseau hydrographique. C'est la plus vaste confluence du bassin de la Loire. Le domaine public fluvial de Maine-et-Loire offre des possibilités de navigation sur environ 170 kilomètres.

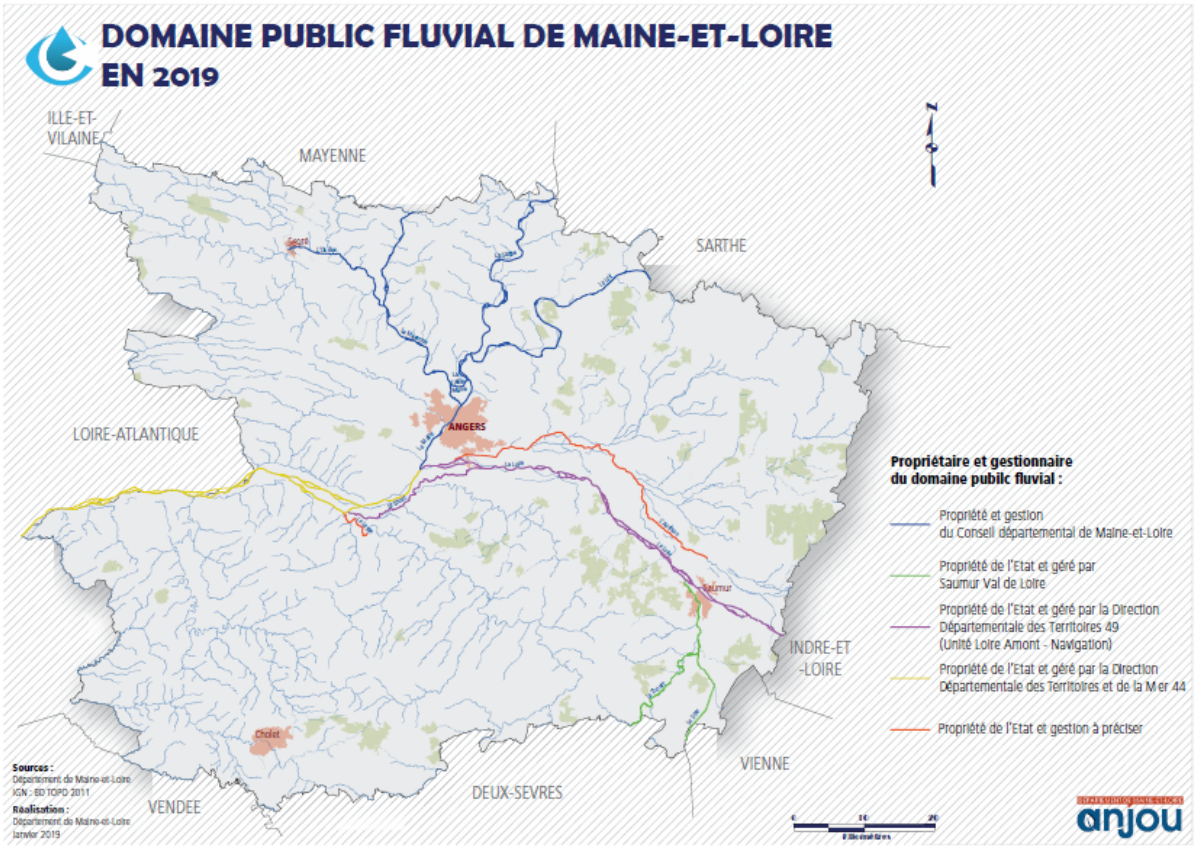


Figure 131 : Le domaine public fluvial (Source : Cd49, 2020)

La Loire n'est aujourd'hui navigable, pour les plus gros bateaux, que dans son estuaire, jusqu'à Nantes environ. Elle reste néanmoins classée « voie navigable intérieure » sur 54 kilomètres, à partir de Bouchemaine et jusqu'à Nantes. Des baliseurs interviennent entre Les Ponts-de-Cé et Montsoreau pour entretenir environ 500 bouées, qui indiquent les limites de navigation, notamment les bancs de sable. Plus de 25 000 personnes fréquentent chaque année cette portion de fleuve pour la navigation de tourisme.

Le Conseil Départemental est propriétaire et gestionnaire du domaine public fluvial départemental qui est constitué :

- d'un réseau de cours d'eau navigables comprenant :

- la Maine (depuis son origine au confluent de la Mayenne et de la Sarthe jusqu'à son débouché dans la Loire),
- la Vieille Maine
- la Mayenne (depuis la limite avec le département de la Mayenne sur la commune de La Jaille-Yvon, jusqu'à son débouché dans la Maine),
- l'Oudon (depuis l'origine de sa partie domaniale sur la commune de Segré au niveau du Moulin sous la Tour, jusqu'à son débouché dans la Mayenne),
- la Sarthe (depuis la limite avec le département de La Sarthe sur la commune de Morannes, jusqu'à son débouché dans la Maine),

Les activités de tourisme fluvial et de navigation avec de petits bateaux de plaisance et habitables sont importantes au niveau des rivières comme la Maine, la Sarthe, la Mayenne et la partie aval de l'Oudon qui comptent près de 115 km de voies navigables. Ce parcours est jalonné de 16 écluses et 17 barrages. Les passages par écluses par an sont compris entre 1 100 à 2 600 sur la Mayenne, de 400 à 650 sur l'Oudon et de 750 à 800 sur la Sarthe.

- d'une partie non navigable correspondant à la rivière le Loir (depuis la limite avec le département de la Sarthe sur la commune de Durtal, jusqu'à son débouché dans la Sarthe), soit un linéaire de 43 km ponctués de 14 barrages, dont 13 domaniaux.

Le Domaine Public Fluvial départemental comprend également 93 km de boires, 15 maisons éclusières, 15 ha de parcelles cadastrées et 17 pontons d'accostage.

Des abaissements de niveaux d'eau des rivières du DPF sont occasionnellement opérés par ouverture des barrages pour des raisons techniques (contrôle et entretien des équipements). Ces événements, appelés écourues ont lieu tous les 3 ans à l'automne (période d'étiage), et sont organisées conjointement par les départements du Maine-et-Loire, de la Sarthe et de la Mayenne, sur les sections navigables des rivières du bassin de la Maine, de façon alternée. En 2020, des écourues sont prévues sur le Loir et une partie de la Sarthe (travaux en cours), en 2021, sur la Mayenne et en 2022 sur la Sarthe.

La navigation en Maine-et-Loire est réglementée par le Règlement Général de Police de la Navigation Intérieure (RGPN) ainsi que par l'arrêté Cadre Etiage du Département (entre le 1er Avril et le 31 Octobre). Sur le DPF départemental, elle est également réglementée par le Règlement Particulier de Police de la Navigation (RPPN) et par un arrêté pris annuellement par le Président du Conseil Départemental, précisant les modalités de gestion du domaine pour l'année.

Le RPPN précise notamment les tirants d'eau nécessaires à la navigation pour chaque voie navigable du DPF départemental.

L'article 11 de l'accord cadre du Département, présenté ci-après, précise les mesures applicables au domaine de la navigation, en période d'étiage selon le niveau de pénurie de la ressource en eau mesuré.

Usages de l'eau concernés	Mesures applicables dès franchissement		
	du seuil d'alerte	**du seuil d'alerte renforcée**	**du débit seuil de crise**
Gestion des ouvrages	Interdiction de toute manœuvre d'ouvrage (vannage, clapet…) ayant une incidence sur la ligne d'eau ou le débit du cours d'eau		
Gestion de la navigation	Application des dispositions spécifiques prévues dans les réglements particuliers de police de la navigation en période d'insuffisance d'eau		
	En l'absence de dispositions spécifiques dans les réglements particuliers, les mesures ci-dessous sont applicables		
	Regroupement des bateaux pour limiter les manœuvres ayant une incidence sur la ligne d'eau ou le débit du cours d'eau : objectif de diminution de 20% par jour des éclusées par écluse	Regroupement des bateaux pour limiter les manœuvres ayant une incidence sur la ligne d'eau ou le débit du cours d'eau : objectif de diminution de 40% par jour des éclusées par écluse	Limitation au strict minimum des manœuvres, information préalable de la DDT compétente, établissement d'un planning adapté à la situation des cours d'eau

Pour le DPF, l'article 11 du Règlement Particulier de Police de la Navigation (RPPN) indique les restrictions et interdictions à la navigation en périodes de glaces et de crues.

Des avis à la batellerie sont régulièrement édités par les gestionnaires des cours d'eau pour informer les usagers des évolutions des conditions de navigation.

Le Conseil Département met également à disposition des usagers un Guide de la navigation.

IV.7.5. Pêche

La Fédération de Maine-et-Loire pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique rassemble environ 36 000 pêcheurs au sein de 39 Associations Agréées pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique (AAPPMA) et d'une Association Départementale Agréée de Pêcheurs Amateurs aux Engins et aux Filets (ADAPAEF).

La Fédération de pêche de Maine-et-Loire a pour mission de protéger, gérer, mettre en valeur les milieux aquatiques et promouvoir le loisir pêche sous toutes ses formes.

La pêche en eau douce est réglementée par la loi pêche du 29 juin 1984 ainsi que par la loi sur l'eau et les milieux aquatiques de 2006.

Chaque année, les dates d'ouverture de pêche sont définies par arrêté préfectoral selon les espèces et selon les catégories de cours d'eau.

L'accès à la pêche dépend du caractère public ou privé du cours d'eau. Le domaine public appartient à l'État qui loue ses lots aux Associations Agréées pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique alors que le domaine privé appartient au propriétaire riverain qui autorise ou non l'accès des rives aux pêcheurs.

Pour tenir compte de la biologie des espèces, les cours d'eau et plans d'eau sont classés en deux catégories piscicoles :
- la première catégorie comprend ceux où l'on devrait retrouver naturellement des salmonidés (comme la truite) ainsi que des espèces dites d'accompagnement (loches, vairons, chabots…),
- la seconde catégorie regroupe tous les autres cours d'eau et plans d'eau où l'on retrouve les cyprinidés (gardon, brème, carpe…) ainsi que la plupart des carnassiers (brochet, sandre, perche…).

Ce classement conditionne en partie la réglementation de la pêche.

La carte ci-après présente la localisation des sièges d'association de pêche ainsi que les principales caractéristiques des cours d'eau du Maine-et-Loire.

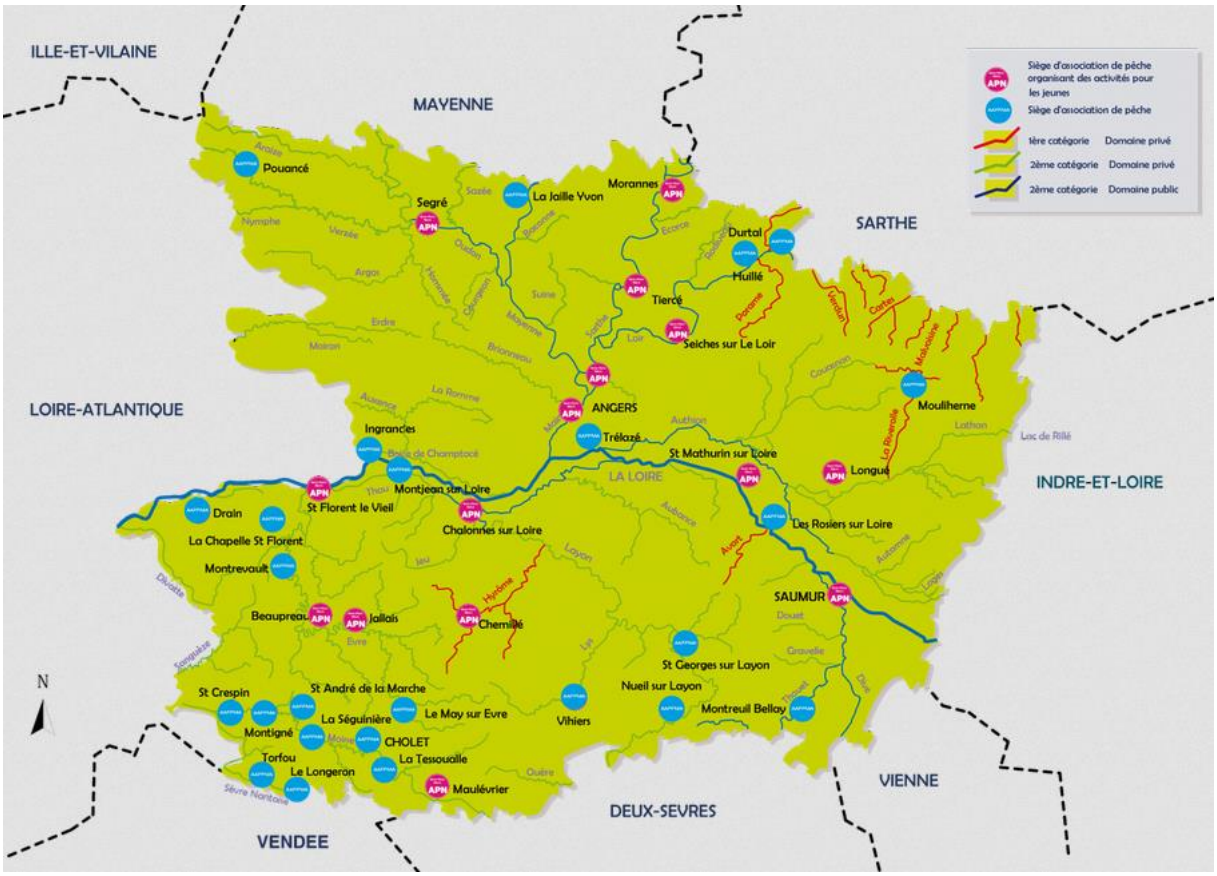


Figure 132 : Localisation des sièges d'association de pêche et principales caractéristiques des cours d'eau du Département (Source : Site internet de la Fédération de Maine-et-Loire pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique)

IV.7.6. Loisirs

Le département compte sur le territoire de nombreux sites de loisirs nautiques dont le canoë kayak. La Loire, le Louet, le Thouet, le Loir et la Mayenne présentent un réel potentiel quant au développement de la pratique de la randonnée nautique tout en nécessitant de nombreux aménagements et la mise en place d'une gestion durable des équipements. La randonnée pédestre et cycliste est également très liée aux cours d'eau : itinéraire Loire à vélo, chemin de service et de randonnée sur la Mayenne, etc…

Les milieux aquatiques du Maine-et-Loire sont peuplés d'une grande diversité d'espèces faunistiques et floristiques (oiseaux, loutres, batraciens, reptiles, etc…). Ils sont des supports d'observation et d'étude pour les scientifiques et naturalistes. Ils sont également depuis des siècles source d'inspiration pour les artistes (peintres, poètes, architectes).

V. Synthèse par bassin versant

Le détail du présent état des lieux pour chaque bassin versant est présenté, dans un dossier annexe, sous la forme de fiches de synthèse par bassin versant.

Le tableau ci-après présente la synthèse des résultats de l'état des lieux à l'échelle de chaque bassin versant étudié.

Bassin versant	Gestion Collective	concerné par orientation SDAGE	Sensibilité des ressources au changement climatique		Part des besoins					Augmentation estimée des besoins futurs (2050)
			Eaux superficielles	Eaux souterraines	Eau potable	Industrie	Agriculture	Pisciculture	Surévaporation plans d'eau	
AUTHION	OUGC*	7 B-4***	Forte	Selon nappes : Faible / Historique trop faible / Chronique trop influencée	13%	2%	80%	1%	3%	18%
ESTUAIRE DE LA LOIRE			Forte	Faible	28%	29%	28%	1%	13%	9%
EVRE THAU SAINT DENIS	Gestion mandataire sur l'UG "Thau"	7 B-3**	Forte	Forte (avec inertie)	0%	2%	81%	2%	14%	26%
LAYON AUBANCE LOUETS	Gestion mandataire sur l'UGs "Hyrôme" et "Aubance Amont" en cours de mise en œuvre	7 B-3	Forte	Selon nappe : Faible / Historique trop faible	3%	9%	72%	2%	14%	18%
LOIR			Forte	Selon nappe : Faible / chronique trop influencée	17%	0%	64%	1%	18%	19%
MAYENNE			Forte	Forte (avec inertie)	28%	5%	36%	1%	30%	12%
OUDON		7 B-3	Forte	Forte (avec inertie)	14%	0%	35%	9%	42%	3%
SARTHE AVAL	OUGC en cours de mise en œuvre		Forte	Selon nappe : Moyenne / historique trop faible	15%	8%	44%	2%	31%	12%
SEVRE NANTAISE	Gestion mandataire sur les lacs Ribou et Verdon et la Moine Aval (UGs Moine 1 et 2)	7 B-3	Forte	Historique trop faible	54%	3%	33%	2%	9%	19%
THOUET	OUGC		Forte	Selon nappe : Faible / Moyenne	22%	6%	59%	0%	14%	6%
VILAINE		7 B-3	Forte	Faible	0%	0%	41%	5%	54%	7%
Hors SAGE - AXE LOIRE			Forte	Selon nappe : Faible / Historique trop faible	90%	1%	9%	0%	0%	17%
Hors SAGE - ST AUBIN/L'AVORT			Forte	Faible	38%	1%	13%	1%	47%	13%
Hors SAGE - ROMME/BRIONNEAU/MAINE			Forte	Faible	48%	4%	42%	5%	1%	15%

* OUGC : Organisme Unique de Gestion Collective

** 7 B-3 : Bassins avec un plafonnement, au niveau actuel, des prélèvements à l'étiage pour prévenir l'apparition d'un déficit quantitatif

*** 7 B-4 : Bassin réalimenté nécessitant de prévenir l'apparition d'un déficit quantitatif

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

DÉPARTEMENT DE MAINE-ET-LOIRE
anjou

VI. Synthèse de l'état des lieux

L'augmentation de température, estimée à + 2°C en milieu de siècle et à + 3°C en fin de siècle en Maine-et-Loire devrait considérablement augmenter le phénomène d'évapotranspiration (environ + 20%). L'évolution, dans le futur, des précipitations est plus difficile à prévoir. D'après les projections actuelles, les précipitations moyennes annuelles devraient stagner voire légèrement baisser au cours du siècle, plus particulièrement à l'été et à l'automne.

L'augmentation de la température et de l'évaporation ainsi que la baisse des précipitations auront un impact sur le débit et donc la qualité des cours d'eau du territoire. D'après les études actuelles, les débits annuels des cours d'eau du département pourraient ainsi diminuer de -20% (2050) à -30% (2100) et les débits mensuels minimums de -30% (2050) à -40% (2100). Une avancée dans l'année et une prolongation de la période d'étiage sont également attendues.

De plus, les épisodes de pluie devraient, à l'avenir, être moins nombreux mais plus forts dû au fait que la capacité de stockage d'eau de l'air augmente avec sa température, environ 7% pour 1°C supplémentaire (effet de Clausius-Clapeyron). Ce phénomène aurait pour conséquence d'augmenter le ruissellement des eaux pluviales au dépend de leur infiltration, et ainsi diminuer la recharge des nappes.

Ainsi ce sera la disponibilité et la qualité de l'ensemble des ressources en eau qui seront impactées par le réchauffement climatique.

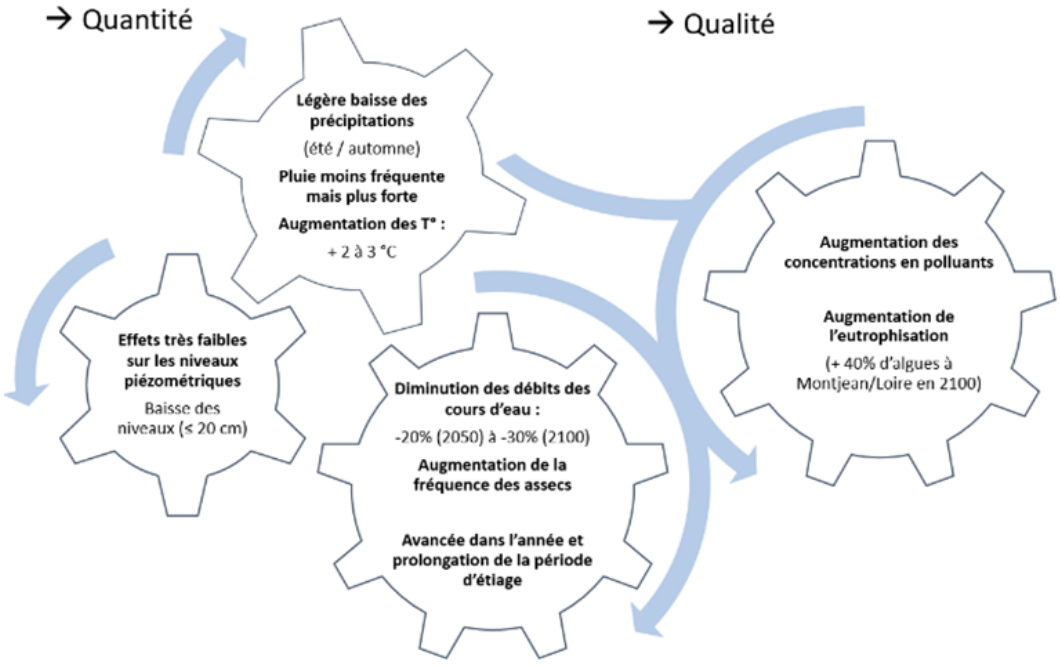


Figure 133 : Synthèse de l'effet du changement climatique sur la disponibilité des ressources en eau en Maine-et-Loire (Source : Cd49, 2020)

L'augmentation des températures peut également induire une augmentation des prélèvements sur la ressource pour les usages domestiques et pour l'agriculture, particulièrement pendant les périodes de sécheresse, ce qui impactera encore plus les ressources en eau du territoire.

L'étude a permis de définir les volumes actuellement prélevés en Maine-et-Loire pour les usages eau potable, agricole et industriel. La figure ci-contre présente une synthèse de la répartition des volumes par type d'usages et d'activités.

En Maine-et-Loire, en 2020, les prélèvements sur la ressource sont estimés à **121,4 Mm³**, dont la répartition est présentée dans la figure ci-contre.

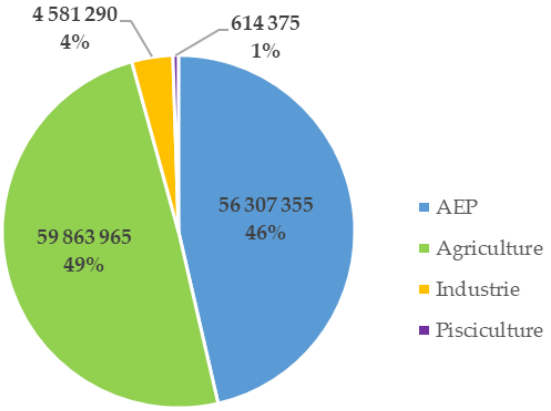


Figure 134 : Répartition des prélèvements selon les usages (Source : Cd49, 2020)

La figure ci-dessous présente, pour chaque usage, la répartition des prélèvements selon les activités.

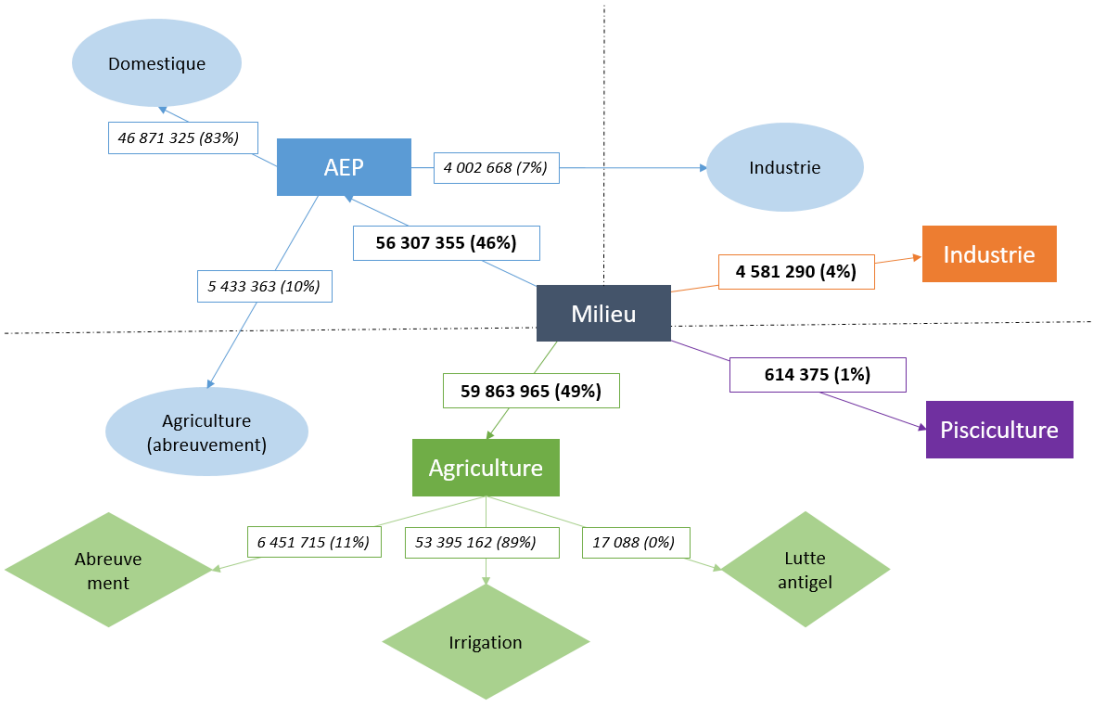


Figure 135 : Répartition des prélèvements selon les activités (Source : Cd49, 2020)

La répartition de ces prélèvements a été étudiée dans cet état des lieux, par mois et par type de ressource.

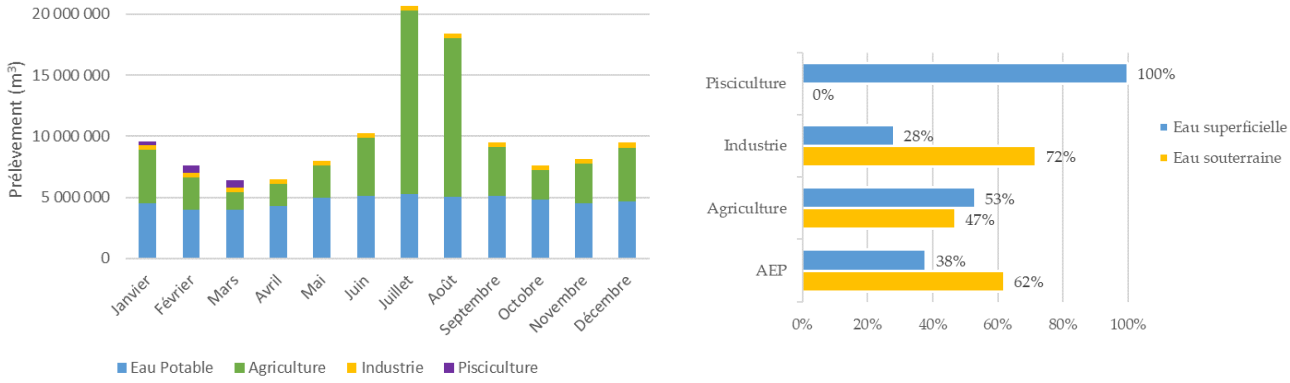


Figure 136 : Répartition des prélèvements selon le mois (à gauche) et selon le type de ressource (à droite) (Source : Cd49, 2020)

Il est à noter qu'une partie de ces prélèvements est renvoyée au milieu via les systèmes d'assainissement. Ce taux de restitution a été défini, dans cette étude, à 60% pour l'usage eau potable et à 93% pour l'usage industriel. La différence entre les volumes prélevés et les volumes restitués peut être définie comme le prélèvement net de l'usage considéré (en comparaison au prélèvement brut).

D'autres besoins, qui ne sont pas des usages préleveurs ont été considérés dans le cadre de cette étude départementale : Milieux naturels, forêt, énergie, baignade, navigation, pêche et loisirs.

La sur-évaporation des plans d'eau a été estimée à 14,3 Mm^3.

Pour les usages préleveurs, l'étude a permis d'étudier les besoins futurs. Ainsi, si aucune politique d'économie et de gestion de l'eau n'est mise en place sur le Maine-et-Loire, l'augmentation des besoins en eau est estimée à + 4% à l'horizon 2030 (126 Mm^3/an) et à +19% à l'horizon 2050 (144,3 Mm^3/an). Le tableau ci-dessous présente les projections des besoins futurs selon les types d'usage et les types d'activités en 2030 et 2050.

Usage	2020	2030		2050	
AEP	**56 307 355**	**59 416 146**	6%	**66 142 502**	17%
Abreuvement	*6 451 715*	*5 917 632*	*-8%*	*4 742 124*	*-26%*
Irrigation	*53 395 162*	*55 546 924*	*4%*	*68 207 469*	*28%*
Antigel	*17 088*	*17 088*	*0%*	*17 088*	*0%*
Total agriculture	**59 863 965**	**61 481 644**	**3%**	**72 966 681**	**22%**
Industrie	**4 581 290**	**4 581 290**	0%	**4 581 290**	0%
Pisciculture	**614 375**	**614 375**	**0%**	**645 094**	**5%**
TOTAL	**121 366 985**	**126 093 455**	**4%**	**144 335 567**	**19%**

VII. Conclusion de l'état des lieux

Les problèmes de ressource en eau sont déjà relativement marqués en Maine-et-Loire. Ainsi, en 2019, de nombreux arrêtés sécheresse ont été pris par le préfet du Département pour minimiser les prélèvements (notamment agricoles) et ainsi maintenir des niveaux d'eau convenables dans les rivières et les nappes souterraines. Des bassins versants présentent déjà des enjeux de déficits quantitatifs avec, pour certains d'entre eux, des plafonnements, au niveau actuel, des prélèvements à l'étiage.

Le changement climatique est déjà visible sur le Maine-et-Loire et continuera à s'amplifier et à impacter l'ensemble des ressources en eau. Il s'observera, dans les années à venir par une baisse des débits et une augmentation de la fréquence des assecs des cours d'eau. En parallèle, le changement climatique mais également la dynamique du territoire devrait voir augmenter les besoins en eau des usagers (domestiques et agricoles notamment). Les conflits d'usage deviendront donc de plus en plus fréquents dans le futur. Une meilleure gestion des ressources du territoire doit être réfléchie aujourd'hui, pour prévenir les problèmes de demain.

La pertinence des différentes solutions (déploiement de techniques fondées sur la nature, économies d'eau, substitution de la ressource, etc…) doit être étudiée à l'échelle de chaque bassin versant du territoire et avec chaque usager de l'eau. Une concertation avec l'ensemble des acteurs du territoire qui sera touché par la raréfaction de l'eau, bien commun de notre territoire, semble ainsi indispensable. Ce sera l'objectif de la phase suivante du projet de schéma départemental de gestion de la ressource en eau intitulée « Étude de solution pour une gestion équilibrée et durable de la ressource en eau ».

VIII. Bibliographie

Général :

Les résultats des études volumes prélevables (EVP) ont été utilisés sur l'ensemble de l'étude :

- EVP Sèvre Nantaise, SAFEGE, 2012
- EVP Authion, Antea Group, 2015
- EVP Oudon, SAFEGE, 2015
- EVP Evre-Thau-St Denis, SAFEGE, 2016
- EVP Layon-Aubance-Louets, SAFEGE, 2016
- EVP Loir, SAFEGE, 2017
- EVP Sarthe Aval, SAFEGE, 2017

Cadre institutionnel et réglementaire de la gestion de l'eau :

Ministère de la Transition écologique et solidaire, Article « Les assises de l'eau »,

https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/assises-leau (Consultation en mars 2020)

Office Français de la Biodiversité, Le Portail technique « Outils - Gestion quantitative », https://professionnels.ofb.fr/fr/node/48 (Consultation en février 2020)

Agence de l'eau Loire Bretagne, Schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux 2016-2021 Bassin Loire-Bretagne, 2015

Climat :

MétéoFrance, portail internet « Climat HD »,

http://www.meteofrance.fr/climat-passe-et-futur/climathd (Consultation en février 2020)

Ministère de la Transition écologique et solidaire, portail internet « DRIAS »,

http://www.drias-climat.fr/ (Consultation en mars 2020)

Parc Naturel Régional Loire Anjou Touraine, Diagnostic de vulnérabilité/opportunité du PNR Loire Anjou Touraine face au changement climatique, 2016

Agence de l'eau Rhône-Méditerranée et Corse, Impacts du changement climatique dans le domaine de l'eau sur les bassins Rhône-Méditerrannée et Corse - Bilan actualisé des connaissances, 2016

Délégation interministérielle à l'aménagement du territoire et à l'attractivité régionale, Stratégie d'adaptation au changement climatique dans le Grand Ouest, 2013

Etablissement Public Loire, ICC-HYDROQUAL Impact du changement climatique sur l'hydrosystème Loire - HYDROlogie (action 1), Régime thermique (action 2), QUALité des Eaux (action 3), 2010

Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie, Explore 2070 Eau et Changement Climatique, 2012

Association Infoclimat, site internet

https://www.infoclimat.fr/ (Consultation en novembre 2020)
Bureau de Recherches Géologiques et Minières, Calculs de pluie efficace au pas journalier avec les sous-programmes Climat et Clidat, 1977

Bureau de Recherches Géologiques et Minières, Recharge des aquifères à l'échelle de la France : estimation, évolution et incertitudes associées, 2019

Bureau de Recherches Géologiques et Minières, Description of an indirect method (IDPR) to determine spatial distribution of infiltration and runoff and its hydrogeological applications to the French territory. Journal of Hydrology, 2020

Bureau de Recherches Géologiques et Minières, Appui technique à la conception et la mise en œuvre de la politique de gestion et de protection des eaux souterraines pour l'année 2020. Rapport final. BRGM/RP-70507-FR, 2020

Groupement d'Expert International sur l'Evolution du Climat (GIEC), L'atténuation du changement climatique, 2014

Ressources en eau superficielles :

Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie, Guide technique relatif à l'évaluation de l'état des eaux de surface continentales (cours d'eau, canaux, plans d'eau), 2019

Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie, site internet « Banque Hydro », http://www.hydro.eaufrance.fr/ (Consultation en mars 2020)

Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement des Pays de la Loire, site internet, http://www.pays-de-la-loire.developpement-durable.gouv.fr/ (Consultation en avril 2020)

Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement des Pays de la Loire, Rapport d'étude « Température des cours d'eau sur le périmètre de la cellule Qualité des eaux – Synthèse 2003-2015, 2016 »

Université de Tours, Water Temperature Behaviour in the River Loire since 1976 and 1981, Florantina Moatar et Joël Gailhard, 2006

Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie, Portail internet de données sur la qualité des eaux de surface, http://www.naiades.eaufrance.fr (Consultation en avril 2020)

Etablissement Public Loire, Etude d'adaptation de la gestion des barrages de Villerest et Naussac aux impacts du changement climatique, 2017

Conseil Départemental de Maine-et-Loire, Site de l'observatoire de l'eau,

https://www.eau-anjou.fr/ (Consultation en mars 2020)

Conseil Départemental de Maine-et-Loire, Rapport sur la qualité des rivières du Département de Maine-et-Loire – Synthèse 2018, 2019

Etablissement Public Loire, ICC-HYDROQUAL Impact du changement climatique sur l'hydrosystème Loire - HYDROlogie (action 1), Régime thermique (action 2), QUALité des Eaux (action 3), 2010

Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie, Explore 2070 Eau et Changement Climatique, 2012

Ressources en eau souterraine :

Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie, Portail internet national d'accès aux données sur les eaux souterraines, https://ades.eaufrance.fr/ (Consultation en avril 2020 et en décembre 2020)

Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM), Bilan 2016 et perspectives 2017 pour le réseau de suivi des ressources en eau souterraine utilisées pour l'AEP en Maine-et-Loire, 2017 et rapports techniques en lien avec les indicateurs sécheresses, 2016

Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM), Allier D., Vergnes J.P., Thiéry D., Vernoux J.F., Rouxel E., Chrétien P., Etat quantitatif actuel et évolution future des ressources en eau souterraine du département du Maine-et-Loire. Rapport final. BRGM/RP-70635-FR, 100 p.,71 ill., 16 tabl., 2 ann., 2021

Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM), Logiciels EROS et ESTHER, https://www.brgm.fr/fr/resultats-donnees/logiciels

Météo France, CNRS, ENS Paris, BRGM, MINES ParisTech, CERFACS, Géosciences Rennes, LHYGES de Strasbourg, plate-forme de modélisation AquiFR, http://www.geosciences.ens.fr/aqui-fr/

Alimentation en eau potable :

Agences et offices de l'eau, Banque Nationale des Prélèvements quantitatifs en Eau (BNPE), https://bnpe.eaufrance.fr (Consultation en avril 2020)

Instant National de la Statistique et des Etudes Economiques, Site internet, https://www.insee.fr/fr/accueil (Consultation avril 2020)

Office Français de la Biodiversité, Site internet de l'Observatoire nationale des services publics de l'eau et de l'assainissement (SISPEA), http://www.services.eaufrance.fr/ (Consultation avril 2020)

Office Français de la Biodiversité, Comprendre pour agir « La prévision à moyen et long terme de la demande en eau potable – bilan des méthodes et pratiques actuelle », 2019

Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie, Explore 2070 Eau et Changement Climatique, 2012

Industrie, Ccommerce et Artisanat

Agence de l'eau Seine Normandie, Elaboration de scénarios d'évolution des besoins en eau à comparer à la disponibilité en eaux superficielles du bassin Seine Normandie, 2007

Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie, Explore 2070 Eau et Changement Climatique, 2012

Agriculture :

AGRESTE, Recensement agricole 2010, 2011

Banque nationale des prélèvements quantitatifs en eau, https://bnpe.eaufrance.fr/ (Consultation en février 2021)

Conseil département de la Mayenne, Impacts du changement climatique sur les besoins et la ressource en eau en Mayenne : Gestion quantitative des usages de l'eau, perspectives d'évolution et pistes d'adaptation, 2020

GOHIER C, Stage Chambre d'agriculture des pays de la Loire ; Etat des lieux technico-économique et étude prospective des besoins en développement de l'irrigation en Maine et Loire, 2018

IFIP - Institut du porc, La consommation d'eau en élevage de porcs Des leviers pour réduire la consommation d'eau en élevage de porcs, 2014

Massabie P. et *al.*, 2009, *Maîtrise des consommations d'eau en élevage : élaboration d'un référentiel, identification des moyens de réduction, construction d'une démarche de diagnostic*, Innovations Agronomiques 30 (2013), 87-101.
https://www6.inrae.fr/ciag/content/download/5106/40240/file/Vol30-7-Massabie.pdf

SMIDAP (Syndicat Mixte pour le Développement de l'Aquaculture et de la Pêche en Pays de la Loire) Evolutions géographiques et sociales des étangs et des autres plans d'eau dans la région des Pays de la Loire, 2008

Milieux

Office Français de la Biodiversité, Site internet du Service d'Administration National des Données et Référentiels sur l'Eau (SANDRE), https://www.sandre.eaufrance.fr/
(Consultation janvier 2021)

Centre de Ressources et d'Expertise Scientifique sur l'Eau de Bretagne, Guide « Débit Minimum Biologique (DMB) et gestion quantitative de la ressource en eau, Comment définir une gestion quantitative équilibrée de la ressource en eau dans les bassins bretons en intégrant la préservation des milieux aquatiques et la vie piscicole ? », 2015

Conseil Départemental de la Mayenne, Rapport d'étude « impacts du changement climatique sur les besoins et la ressource en eau en Mayenne – Gestion quantitative des usages de l'eau, perspectives d'évolution et pistes d'amélioration », 2020

Sur évaporation des plans d'eau

Université d'Orléans, L'évaporation dans le bilan hydrologique des étangs du Centre-Ouest de la France (Brenne et Limousin), 2017

Energie

Agence de l'eau Loire Bretagne, Etat des lieux 2019 du schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux 2022-2027 Bassin Loire-Bretagne, 2019

EDF, L'utilisation de l'eau dans les centrales nucléaires, note d'information, 2015

EDF, Centrales nucléaires et environnement – Prélèvements et rejets, 2006

Navigation :

Site internet participatif Wiki-Anjou https://www.wiki-anjou.fr, (Consultation en mai 2020)

Département de Maine-et-Loire, Observatoire de l'eau https://www.eau-anjou.fr (Consultation en mai 2020)

Département de Maine-et-Loire, https://www.maine-et-loire.fr/aides-et-services/ (Consultation en mai 2020)

Pêche :

Fédération de Maine-et-Loire pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique, Site internet, https://www.fedepeche49.fr (Consultation en mai 2020)

Fédération Nationale de la Pêche en France, Site internet, https://www.federationpeche.fr (Consultation en mai 2020)

Restitutions au milieu :

Office Français de la Biodiversité, Recueil des méthodes de caractérisation des pressions – Partie II : Dispositifs de caractérisation des pressions sur les eaux de surface, 2012

IX. Table des illustrations

Figure 1 : Le bassin Loire-Bretagne, un des six bassins hydrographiques français (Source : Site internet de l'agence de l'eau Loire Bretagne) *4*

Figure 2 : Les Schémas d'Aménagement de Gestion des Eaux de Maine-et-Loire en 2020 (Source : Cd49, 2020) *9*

Figure 3 : Les contrats territoriaux CT Eau de Maine-et-Loire en 2021 (Source : Cd49, 2020) *10*

Figure 4 : Délimitation des zones d'alerte des eaux superficielles (Source : Arrêté cadre étiage 2019 relatif à la préservation de la ressource en eau en période d'étiage) *15*

Figure 5 : Délimitation des zones d'alerte des eaux souterraines (Source : Arrêté cadre étiage 2019 relatif à la préservation de la ressource en eau en période d'étiage) *15*

Figure 6 : Carte de délimitation des zones d'alerte eau potable (Source : Arrêté cadre étiage 2019 relatif à la préservation de la ressource en eau en période d'étiage) *16*

Figure 7 : Géologie dominante sur les bassins versants de Maine-et-Loire (Source : Chambre d'agriculture des Pays de la Loire, 2020) *19*

Figure 8 : Le réseau climatologique du Maine-et-Loire (Source : MétéoFrance, 2020) *20*

Figure 9 : Évolution de la température moyenne annuelle sur Angers-Beaucouzé entre 1959 et 2017 (Source : Site internet Climat HD) *21*

Figure 10 : Évolution du nombre de journées chaudes (> 25°C) sur Angers-Beaucouzé entre 1959 et 2017 (Source : Site internet Climat HD) *21*

Figure 11 : Évolution du nombre de journées chaudes (≥ 20,25 et 30°C) sur Angers-Beaucouzé entre 1975 et 2019 (Source : Site internet InfoClimat) *22*

Figure 12 : Évolution du nombre de journées de gel sur Angers-Beaucouzé entre 1959 et 2017 (Source : Site internet Climat HD) *22*

Figure 13 : Évolution des températures mensuelles minimales et maximales sur Angers-Beaucouzé entre 1959 et 2019 (Source : Données Météo-France, 2020) *23*

Figure 14 : Évolution des précipitations annuelles (en mm) sur Angers-Beaucouzé entre 1959 et 2019 (Source : Données Météo-France, 2020) *23*

Figure 15 : Évolution des occurrences de pluviométries journalières (≥ 10, 20 et 30 mm) sur Angers-Beaucouzé entre 1959 et 2019 (Source : Données Météo-France, 2020) *24*

Figure 16 : Évolution des occurrences d'orage sur Angers-Beaucouzé entre 1975 et 2019 (Source : Site internet InfoClimat) *24*

Figure 17 : Évolution de l'évapotranspiration potentielle moyenne annuelle (en mm) sur Angers-Beaucouzé entre 1959 et 2019 (Source : Données Météo-France, 2020) *25*

Figure 18: Méthodologie de calcul des pluies efficaces (Source : BRGM, 2020) *27*

Figure 19 : Le bilan hydrologique en Maine-et-Loire (Source : Cd49, 2020) *29*

Figure 20 : Les indices de développement et de persistance des réseaux en Maine-et-Loire (Source : BRGM, 2020) *30*

Figure 21 : Caractéristiques principales des RCP (Source : site internet DRIAS Climat) *31*

Figure 22 : Caractéristiques principales des trois SRES les plus utilisés (Source : Stratégie d'adaptation au changement climatique dans le Grand Ouest, 2013) *32*

Figure 23 : Comparaison des scénarios du GIEC RCP et SRES (Source : site internet DRIAS Climat) *32*

Figure 24 : Projections des températures moyennes annuelles sur la période 1976-2100 en région Pays de la Loire (Source : Site internet Climat HD) *34*

Figure 25 : Projections du nombre de journées chaudes sur la période 1976-2100 en région Pays de la Loire (Source : Site internet Climat HD) *35*

Figure 26 : Projections du nombre de journées de gel sur la période 1976-2100 en région Pays de la Loire (Source : Site internet Climat HD) *35*

Figure 27 : Projections des précipitations moyennes annuelles sur la période 1976-2100 en région Pays de la Loire (Source : Site internet Climat HD) *36*

Figure 28 : Projections des températures moyennes mensuelles sur les périodes 2000-2050 (Milieu du siècle MS) et 2000-2100 (Fin du siècle FS) sur le bassin Loire Bretagne (Source : ICC-HydroQual, 2010) *37*

Figure 29 : Projections des précipitations moyennes mensuelles sur les périodes 2000-2050 (Milieu du siècle MS) et 2000-2100 (Fin du siècle FS) sur le bassin Loire Bretagne (Source : ICC-HydroQual, 2010) *37*

Figure 30 : Moyenne annuelle sur la période de référence 1961-1990 et écart entre simulation 2046-2065 et période de référence des précipitations (P), des températures (T) et de l'évapotranspiration potentielle (ETP) (Source : Explore 2070,2012) *38*

Figure 31 : Écart entre simulation 2046-2065 et période de référence des précipitations – Moyennes saisonnières (Source : Explore 2070,2012) *39*

Figure 32 : Carte des hydro-écorégions de niveau 2 en Maine-et-Loire (Source : Données de la DREAL Pays de la Loire, 2020) *42*

Figure 33 : Réseau hydrographique superficiel de Maine-et-Loire (Source : Cd49, 2020) *43*

Figure 34 : Les bassins versants en Maine-et-Loire (Source : Cd49, 2020) *45*

Figure 35 : Localisation des barrages de Villerest et de Naussac (Source : Etude d'adaptation de la gestion des barrages de Villerest et Naussac aux impacts du changement climatique, EP Loire, 2017) *46*

Figure 36 : La sollicitation actuelle et future des barrages de Villerest et Naussac (Source : Etude d'adaptation de la gestion des barrages de Villerest et Naussac aux impacts du changement climatique, EP Loire, 2017) *46*

Figure 37 : Localisation des digues et barrages en Région des Pays de la Loire (Source : DREAL Pays de la Loire, 2021) *47*

Figure 38 : Évolution de la température de l'eau de la Loire à Saumur sur l'année 2018 (Source : Site internet de la DREAL Pays de la Loire) *48*

Figure 39 : Évolution de la température de l'eau de Layon à St Lambert du Lattay sur l'année 2018 (Source : Site internet de la DREAL Pays de la Loire) *49*

Figure 40 : Évolution de la température de l'eau de la Maine à Angers sur l'année 2018 (Source : Site internet de la DREAL Pays de la Loire) *49*

Figure 41 : Les réseaux de surveillance de la qualité des eaux superficielles (Source : Rapport sur la qualité des rivières du Département de Maine-et-Loire – Synthèse 2018) *51*

Figure 42 : Les organismes chargés de la surveillance des eaux superficielles en Maine-et-Loire (Source : Rapport sur la qualité des rivières du Département de Maine-et-Loire – Synthèse 2018) .52

Figure 43 : Logigramme d'évaluation de l'état des masses d'eau (Source : Guide technique relatif à l'évaluation de l'état des eaux de surface continentale, Ministère de la transition écologique et solidaire, 2019) 53

Figure 44 : État écologique 2017 des masses d'eau superficielles de Maine-et-Loire (Source : Cd49, 2020) 54

Figure 45 : État du peuplement des invertébrés des cours de Maine-et-Loire de 2009 à 2018 (Source : Rapport sur la qualité des rivières du Département de Maine-et-Loire – Synthèse 2018) .55

Figure 46 : État du peuplement piscicole des cours de Maine-et-Loire de 2009 à 2018 (Source : Rapport sur la qualité des rivières du Département de Maine-et-Loire – Synthèse 2018) 56

Figure 47 : Qualité des eaux superficielles pour le paramètre Nitrates en 2018 (Source : Rapport sur la qualité des rivières du Département de Maine-et-Loire – Synthèse 2018) 57

Figure 48 : Qualité des eaux superficielles pour le paramètre Matières Organiques et oxydables en 2018 (Source : Rapport sur la qualité des rivières du Département de Maine-et-Loire – Synthèse 2018) 58

Figure 49 : Qualité des eaux superficielles pour le paramètre Matières Phosphorées en 2018 (Source : Rapport sur la qualité des rivières du Département de Maine-et-Loire – Synthèse 2018) .59

Figure 50 : Qualité des eaux superficielles pour le paramètre Matières Azotées en 2018 (Source : Rapport sur la qualité des rivières du Département de Maine-et-Loire – Synthèse 2018) 60

Figure 51 : fréquences de quantification et de dépassement du seuil des pesticides en 2018 (Source : Rapport sur la qualité des rivières du Département de Maine-et-Loire – Synthèse 2018) 61

Figure 52 : Localisation des stations hydrométriques du Maine-et-Loire (Source : Banque Hydro, DREAL Pays de la Loire, 2020) 63

Figure 53 : Résultats de l'étude ICC-HydroQual sur l'évolution des débits mensuels au milieu du siècle (Source : ICC-HydroQual, 2010) 71

Figure 54 : Résultats de l'étude ICC-HydroQual sur l'évolution des débits mensuels en fin de siècle (Source : ICC-HydroQual, 2010) 72

Figure 55 : Localisation des points de suivi de la qualité des eaux souterraines (Source : BRGM, 2020) 78

Figure 56 : Les trois types de périmètre de protection (Source : ARS, 2020).....81

Figure 57 : périmètres de protection des captages (Source : ARS, 2020) 82

Figure 58 : Procédure pour la protection des captages Grenelle contre les pollutions diffuses (Source : Rapport DREAL « Analyse de la situation », juillet 2010) 84

Figure 59 : État écologique des eaux souterraines de Maine-et-loire en 2017 (Source : AELB, 2020) 87

Figure 60 : État quantitatif des eaux souterraines de Maine-et-loire en 2017 (Source : AELB, 2020) 88

Figure 61 : État chimique des eaux souterraines de Maine-et-loire en 2017 (Source : AELB, 2020)89

Figure 62 : État nitrates des eaux souterraines de Maine-et-loire en 2017 (Source : AELB, 2020)..89

Figure 63 : État pesticides des eaux souterraines de Maine-et-loire en 2017 (Source : AELB, 2020) *90*

Figure 64 : Réseau piézométrique DCE, localisation des ouvrages suivis (Source : Bulletin BRGM, 2021) *91*

Figure 65 : Calcul du Base Flow Index sur les 11 stations hydrométriques de référence (Source : BRGM, 2020) *95*

Figure 66 : Exemples de résultats pour les tests statistiques – Piézomètre situé à Brion (pas de tendances, ni de ruptures) (Source : BRGM, 2020) *96*

Figure 67 : Cartographie des secteurs où les suivis piézométriques sont influencés par des prélèvements saisonniers (Source : BRGM, 2020) *98*

Figure 68 : Exemple de mise en œuvre des trois outils pour caractériser la sensibilité de la nappe au changement climatique (piézomètre de Saint-Pierre-Montlimart dans le Socle) (Source : BRGM, 2020) *105*

Figure 69 : Piézomètres étudiés pour caractériser la sensibilité des aquifères de socle (Source : BRGM, 2020) *107*

Figure 70 : Piézomètre étudié pour caractériser la sensibilité des aquifères du Jurassique (Source : BRGM, 2020) *109*

Figure 71 : Piézomètres étudiés pour caractériser la sensibilité des aquifères du Cénomanien (Source : BRGM, 2020) *110*

Figure 72 : Piézomètres étudiés pour caractériser la sensibilité des aquifères du Séno-Turonien (Source : BRGM, 2020) *111*

Figure 73 : Piézomètre étudié pour caractériser la sensibilité des formations du tertiaire (Source : BRGM, 2020) *113*

Figure 74 : Piézomètre étudié pour caractériser la sensibilité des formations alluviales (Source : BRGM, 2020) *114*

Figure 75 : Étendue du domaine souterrain représenté dans le modèle Loire d'AquiFR. Le maillage du modèle est représenté sur la partie correspondant au département 49 (Source : BRGM, 2020) 116

Figure 76 : Cascade des incertitudes pour une étude d'impact du changement climatique (Source : Boé, 2017) *117*

Figure 77 : Évolution des charges piézométriques en moyenne annuelle pour les deux scénarios RCP 4.5 (noir) et RCP 8.5 (vert) sur la période 1975 – 2100 pour les 3 piézomètres et pour la moyenne spatiale de toutes les mailles souterraines affleurantes. L'évolution est donnée en anomalie par rapport à la moyenne 1976 – 2005. Les enveloppes correspondent à l'estimation à [5-95 %] de la plage d'incertitude, centrée autour de la moyenne d'ensemble des simulation, estimé à 1.64 fois l'écart type entre les simulations. Les trais pointillés correspondent à une moyenne mobile de 30 ans (Source : BRGM, 2020) *119*

Figure 78 : Cycles saisonniers moyens des variations de charges piézométriques mensuelles moyennées pour le scénario RCP 4.5 en valeur absolue et en anomalie par rapport à la période de référence. Les traits pleins représentent les moyennes d'ensemble et les enveloppes l'estimation à [5-95 %] de la plage d'incertitude, centrée sur la moyenne d'ensemble, estimée à 1.64 fois l'écart-type des simulations (Source : BRGM, 2020) *121*

Figure 79 : Cycles saisonniers moyens des variations de charges piézométriques mensuelles moyennées pour le scénario RCP 8.5 en valeur absolue et en anomalie par rapport à la période de

référence. Les traits pleins représetnent les moyennes d'ensemble et les enveloppes l'estimation à [5-95 %] de la plage d'incertitude, centrée sur la moyenne d'ensemble, estimée à 1.64 fois l'écart-type des simulations (Source : BRGM, 2020).....122

Figure 80 : Anomalies de charges piézométriques moyennes sur 30 ans entre la période 2070-2099 et la période 1976-2005 pour l'ensemble des mailles du domaine simulé et pour la moyenne des simulations RCP 4.5 (Source : BRGM, 2020) 123

Figure 81 : Anomalies de charges piézométriques moyennes sur 30 ans entre la période 2070-2099 et la période 1976-2005 pour l'ensemble des mailles du domaine simulé et pour la moyenne des simulations RCP 8.5 (Source : BRGM, 2020) 124

Figure 82 : Écart type des anomalies de charges piézométriques moyennes sur 30 ans entre la période 2070-2099 et la période 1976-2005 pour l'ensemble des mailles du domaine simulé, calculé à partir des simulations RCP 8.5 (Source : BRGM, 2020).....124

Figure 83 : Le modèle EROS-Loire-Thermique : Modélisation du Bassin de la LOIRE à Montjean (110 000 km^2) en 368 sous-bassins. Visualisation des 368 sous-bassins (Source : BRGM, 2020)...126

Figure 84 : Répartition statistique des coefficients de Nash sur les débits des cours d'eau dans les bassins situés dans le Maine et Loire modélisés par le modèle ÉROS / En bleu : Coefficient de Nash sur la racine carrée du débit, en rouge : Coefficient de Nash sur le débit naturel (Source : BRGM, 2020) 127

Figure 85 : Modèle ÉROS-Loire : Simulation du débit du Brionneau à Avrillé. Échelle logarithmique pour mieux visualiser les débits d'étiage de l'ordre de 0.001 m3/s à 0.01 m3/s (Source : BRGM, 2020) 127

Figure 86 : Modèle ÉROS-Loire : Simulation du débit de l'Aubance à Soulaine. Échelle logarithmique pour mieux visualiser les débits d'étiage de l'ordre de 0.01 m3/s (Source : BRGM, 2020) 128

Figure 87 : Répartition statistique des coefficients de Nash des 23 piézomètres modélisés (Source : BRGM, 2020) 129

Figure 88 : Contrôle de la simulation du piézomètre Daumeray (03925X0017/PZ) (Source : BRGM, 2020) 129

Figure 89 : Contrôle de la simulation du piézomètre Brion (04553X0023/F) (Source : BRGM, 2020) 130

Figure 90 : Évolution de l'ETP annuelle au centre de la zone d'étude de 1958 à 2018. On observe une augmentation de 10,8 mm/ « décade » soit 1,5 % par décade (Source : BRGM, 2020).....130

Figure 91 : Évolution de la pluie annuelle au centre de la zone d'étude de 1958 à 2018. On n'observe aucune tendance de diminution ni d'augmentation (Source : BRGM, 2020).....131

Figure 92 : Simulation sur 60 ans des niveaux du piézomètre Daumeray (03925X0017/PZ) (Source : BRGM, 2020) 132

Figure 93 : Simulation sur 60 ans des niveaux du piézomètre Brion (04553X0023/F) (Source : BRGM, 2020) 132

Figure 94 : Scénario Rcp 8.5 période 2021-2100 : Évolution du niveau mensuel minimal de l'année. En haut : Piézomètre Daumeray (03925X0017/PZ), en bas piézomètre Brion (04553X0023/F) (Source : BRGM, 2020) 133

Figure 95 : Scénario Rcp 8.5 : Variation en m du niveau mensuel minimal de l'année de l'horizon 2051-2070 par rapport à l'horizon 1976-2005. Pour les 23 piézomètres modélisés, les variations de niveau sont le plus souvent comprises entre -28 cm et +7 cm (Source : BRGM, 2020) 134

Figure 96 : Scénario Rcp 8.5 : Variation en m du niveau mensuel minimal de l'année de l'horizon 2071-2100 par rapport à l'horizon 1976-2005. Pour les 23 piézomètres modélisés, les variations de niveau sont le plus souvent comprises entre -20 cm et +15 cm (Source : BRGM, 2020) 135

Figure 97 : Scénario Rcp 8.5 : répartition de la variation du niveau mensuel minimal de l'année de l'horizon 2071-2100 par rapport à l'horizon 1976-2005. Pour 80 % des piézomètres la variation de niveau est comprises entre -9 cm et +14 cm (Source : BRGM, 2020).....135

Figure 98 : Scénario Rcp 8.5 : Variation en m du niveau moyen de l'année de l'horizon 2051-2070 par rapport à l'horizon 1976-2005. Pour les 23 piézomètres modélisés, les variations de niveau sont le plus souvent comprises entre -7 cm et +3 cm (Source : BRGM, 2020).....136

Figure 99 : Scénario Rcp 8.5 : Variation en m du niveau moyen de l'année de l'horizon 2071-2100 par rapport à l'horizon 1976-2005. Pour les 23 piézomètres modélisés, les variations de niveau sont le plus souvent comprises entre -12 cm et +22 cm (Source : BRGM, 2020).....137

Figure 100 : Scénario Rcp 8.5 : répartition de la variation du niveau moyen de l'horizon 2071-2100 par rapport à l'horizon 1976-2005. Pour 80 % des piézomètres la variation de niveau est comprises entre 0 cm et +16 cm (Source : BRGM, 2020) 137

Figure 101 : Estimation du pourcentage de volume prélevé selon le type d'usage sur le bassin Loire Bretagne (Source : Moyenne des données BNPE 2017-2018) 140

Figure 102 : Estimation du pourcentage d'eau prélevée selon le type d'usage en Maine-et-Loire (Source : Moyenne des données BNPE 2011-2017).....141

Figure 103 : Evolution des volumes annuels prélevés (m^3/an) selon le type d'usage en Maine-et-Loire (Source : données BNPE 2011-2017).....142

Figure 104 : Localisation des prélèvements d'eau en Maine-et-Loire pour l'année 2017 (Source : site internet BNPE, 2020).....142

Figure 105 : Les structures compétentes pour l'alimentation en eau potable dans le Maine-et-Loire en 2020 (Source : Cd49, 2020).....144

Figure 106 : L'origine de l'eau distribuée en Maine-et-Loire en 2019 (Source : Schéma départemental d'alimentation en eau potable 2019) 145

Figure 107 : Capacité de production (m3/j) et volumes prélevés (m^3/an) en 2017 par unité de production (Source : Schéma départemental d'alimentation en eau potable 2019) 146

Figure 108 : Schéma petit cycle de l'eau et volumes associés (Source : Cd49, 2020).....149

Figure 109 : Rendement des réseaux de distribution en 2018 en Maine-et-Loire (Source : Observatoire nationale des services publics de l'eau et de l'assainissement (SISPEA), 2020).....150

Figure 110 : Pourcentage des eaux souterraines et eaux superfcielles prélevées pour l'usage eau potable en Maine-et-Loire (Source : données BNPE 2011-2018).....151

Figure 111 : Éstimation du pourcentage d'eau prélevée pour l'usage eau potable selon la ressource sollicitée en Maine-et-Loire (Source : Moyennes des données BNPE 2011-2018).....152

Figure 112 : Évolution des volumes annuels prélevés (m^3/an) pour l'usage eau potable selon la ressource sollicitée (Source : Cd49, 2020).....153

Figure 113 : Estimation du pourcentage d'eau prélevée pour l'usage eau potable en Maine-et-Loire selon le territoire du SAGE (Source : Moyennes des données BNPE 2016-2018).....154

Figure 114 : Évolution des volumes d'eau mensuels prélevés (en m^3/mois) pour l'usage eau potable en 2019 selon le type d'aquifère sollicité (Source : Cd49, 2020).....156

Figure 115 : Évolution moyenne des volumes d'eau mensuels (m^3/mois) pour l'usage eau potable sur la période 2017-2019 (Source : Cd49, 2020).....157

Figure 116 : Capacité d'échange d'eau entre collectivités (interconnexions) (Source : Schéma départemental d'alimentation en eau potable 2019).....160

Figure 117 : Les échanges d'eau réalisés entre bassins versants du maine-et-Loire en 2020 (Source : Cd49, 2020).....161

Figure 118 : Projection de population en Maine-et-Loire sur la période 2020-2050 (en milliers d'habitants) (Source : site internet de l'INSEE).....162

Figure 119 : Répartition de la consommation en eau de l'élevage sur le Maine et Loire, en Mm3 et pourcentage (Source : Chambre d'agriculture des Pays de la Loire, 2020).....173

Figure 120 : Répartition des cultures irriguées au sein du Maine et Loire, en ha (Source : Chambre d'agriculture des Pays de la Loire, 2020).....177

Figure 121 : Pression de l'irrigation sur le Maine-et-Loire de 2008 à 2018 (Source : Chambre d'agriculture des Pays de la Loire, 2020).....181

Figure 122 : Le cycle de l'eau de l'industrie, le commerce et l'artisanat, (Source : Agence française pour la biodiversité, 2018).....187

Figure 123 : Schéma de principe des méthodes microhabitats (Source : IRSTEA, année non définie).....194

Figure 124 : Synoptique des étapes de travail à conduite pour appréhender la gestion quantitative de la ressource, intégrant la préservation des habitats piscicoles, Source : CRESEB, 2015).....195

Figure 125 : Les conclusions des études de volumes prélevables (EVP) sur l'étude du déficit quantitatif des unités de gestion (Source : Données des études volumes prélevables, 2020).....199

Figure 126 : Les valeurs d'évapotranspiration (réelle et potentielle) et de surévaporation mensuelles moyennes estimées (en mm) en Maine-et-Loire (Source : Cd49, 2020).....201

Figure 127 : Répartition de la forêt en Maine-et-Loire (Source : ONF, 2020).....203

Figure 128 : Les flux d'eau dans les circuits de refroidissement fermés des centrales nucléaires (Source : Etude Explore 2070, Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie, 2012).....204

Figure 129 : Le parc de centrales nucléaires et les systèmes de refroidissement (Source : Étude Explore 2070, Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie, 2012).....205

Figure 130 : Qualité des points de baignades aménagées et surveillées en Maine-et-Loire en 2019 (Source : Cd49, 2020).....207

Figure 131 : Le domaine public fluvial (Source : Cd49, 2020).....208

Figure 132 : Localisation des sièges d'association de pêche et principales caractéristiques des cours d'eau du Département (Source : Site internet de la Fédération de Maine-et-Loire pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique).....211

Figure 133 : Synthèse de l'effet du changement climatique sur la disponibilité des ressources en eau en Maine-et-Loire (Source : Cd49, 2020).....214

Figure 134 : Répartition des prélèvements selon les usages (Source : Cd49, 2020).....215

Figure 135 : Répartition des prélèvements selon les activités (Source : Cd49, 2020).....215

Figure 136 : Répartition des prélèvements selon les saisons à gauche et selon le type de ressource (à droite (Source : Cd49, 2020)).....216

X. Annexes

ANNEXE 1 : Modèles informatiques utilisés pour les projections climatiques et pour les projections de l'état quantitatif des ressources en eau

ANNEXE 2 : Tendances des niveaux piézométriques des eaux souterraines

ANNEXE 3 : Résultats sur la sensibilité des aquifères au changement climatique par piézomètre

ANNEXE 4 : Fiches « Besoins agricoles par bassin versant »

ANNEXE 5 : Fiche « Besoin agricole global »

ANNEXE 6 : Fiche « La gestion des étiages en Maine-et-Loire »

DÉPARTEMENT DE MAINE-ET-LOIRE

anjou

CS 94104 - 49 941 ANGERS CEDEX 9