



ÉTUDE HMUC DU SAGE ESTUAIRE DE LA LOIRE

SYNTHÈSE DE LA PHASE 2 – ÉTAT DES
LIEUX DES VOIETS HMUC



© Philippe MARCHAND





SOMMAIRE

1.	HYDROLOGIE & HYDROGÉOLOGIE.....	3
1.1.	Réseau hydrométrique et reconstitution des régimes hydrologiques	3
1.2.	Analyse de l'hydrologie mesurée et observée.....	5
1.3.	Contexte géologique et hydrogéologique	7
1.4.	Analyse quantitative de la ressource souterraine	8
2.	CLIMAT	12
2.1.	Le climat actuel (normales climatiques)	12
2.2.	Analyse de l'évolution passée du climat.....	16
2.3.	Les projections climatiques.....	20
3.	MILIEUX	25
3.1.	Contexte environnemental	25
3.2.	Détermination des débits biologiques.....	26
4.	USAGES.....	29
4.1	Alimentation en eau potable	29
4.2	Industrie et autres activités économiques	30
4.3	Agriculture	33
4.4	Prélèvements induits par l'évaporation des plans d'eau.....	37
4.5	Assainissement (collectif et non collectif)	40
4.2	Autres usages.....	42
4.3	Usages économiques et de loisirs en lien avec la ressource en eau.....	43
4.4	Bilan	43



INTRODUCTION

Le périmètre du SAGE Estuaire de la Loire s'étend sur 3 855 km², hors masses d'eau côtières. Il intègre la Loire depuis l'amont d'Ancenis jusqu'à l'embouchure vers l'océan Atlantique. Il comprend notamment les affluents Erdre, Brivet, Goulaine, Divatte, Robinets, Acheneau, Tenu ainsi que les marais du nord Loire et les fleuves côtiers de Piriac-sur-Mer au nord, jusqu'à la pointe Saint-Gildas sur la commune de Préfailles au sud. Il couvre 15 intercommunalités et 158 communes des départements de Loire-Atlantique, du Maine-et-Loire et du Morbihan.

L'engagement d'une étude Hydrologie-Milieus-Usages-Climat (HMUC) doit permettre d'approfondir la connaissance de la ressource quantitative sur le territoire dans un contexte de changement climatique afin d'aboutir à la définition de débits objectifs d'étiage, de volumes prélevables qui pourraient être répartis entre les différents usagers, et de conditions de prélèvements hivernaux.

Cette étude HMUC comporte 4 phases distinctes :

Phase 1 : Appropriation du territoire ;

Phase 2 : Etat initial, diagnostic des volets Hydrologie, Milieux, Usages, Climat et croisement des volets ;

Phase 3 : Définition des débits objectifs d'étiage, proposition de scénarios de volumes prélevables et analyse des conditions de prélèvements hivernaux pour caractériser les entités hydrologiques ;

Phase 4 : Identification des limites de l'étude et évaluation des perspectives.

L'étude HMUC est composée de 4 volets. Un état des lieux sera réalisé pour chaque volet et leur croisement permettra d'aboutir à un diagnostic global.



Analyse de l'**Hydro(géo)logie** : caractérisation du fonctionnement de l'hydrologie, en particulier en étiages ; caractérisation du fonctionnement des eaux souterraines, de la piézométrie et analyse de la variation du niveau des nappes ; etc.



Analyse des **Milieus** : caractérisation de l'état des milieux et détermination des débits écologiques.



Analyse des **Usages de l'eau** : caractérisation fine des prélèvements et restitutions au milieu, des transferts d'eau entre les entités du SAGE et au-delà du SAGE, des usages dépendants de l'eau, des aménagements modifiant l'hydrologie (plans d'eau, ...) ; prospective d'évolution des usages ; analyse des modalités de gestion de la ressource.



Analyse des **effets du changement Climatique** : caractérisation du climat et son évolution passée et future ; qualification des impacts sur l'hydrologie et la recharge des nappes.

Elle s'applique sur l'ensemble du territoire du SAGE à l'exception de la Loire (qui fait elle-même l'objet d'une étude HMUC) et des zones de marais dont la gestion est différente.

L'objet de ce document est de rendre compte des traitements réalisés lors de la phase 2 de l'étude. Il s'entend comme un document de travail synthétisant de façon concise les premiers éléments d'analyse. L'ensemble des résultats présentés dans cette synthèse peuvent être amenés à évoluer et sont donc à considérer avec toute la réserve qu'il se doit.



1. HYDROLOGIE & HYDROGÉOLOGIE

1.1. RESEAU HYDROMETRIQUE ET RECONSTITUTION DES REGIMES HYDROLOGIQUES

L'estuaire de la Loire est un territoire peu instrumenté d'un point de vue hydrométrique. Ainsi, sur le périmètre d'étude, seules quatre stations hydrométriques sont en activité aujourd'hui, toutes localisées sur les deux entités de l'Erdre (2 sur l'Erdre et 1 sur le Gesvres) et du Hâvre (1 sur le Hâvre). Si les stations sur l'Erdre présentent des chroniques longues et robustes, ce n'est pas le cas sur le Gesvres et le Hâvre pour lesquelles des données ne sont disponibles que de, respectivement, 2015 à 2020 et 2016 à 2020.

Une grande partie du territoire est donc caractérisée par l'absence de sites de suivi hydrométriques, notamment certaines entités identifiées comme « cibles » dans le cadre de l'étude HMUC (Acheneau – Tenu, Goulaine-Divatte- Robinets). Cette faible instrumentation du territoire peut s'expliquer en partie par un contexte géographique particulier. En effet, la dynamique estuarienne (marée) ainsi que les vastes zones de marais au niveau des principales confluences avec la Loire engendrent des régimes hydrologiques fortement influencés ou gérés par des systèmes complexes de vannage, rendant difficile la mise en place d'un suivi fiable des débits.

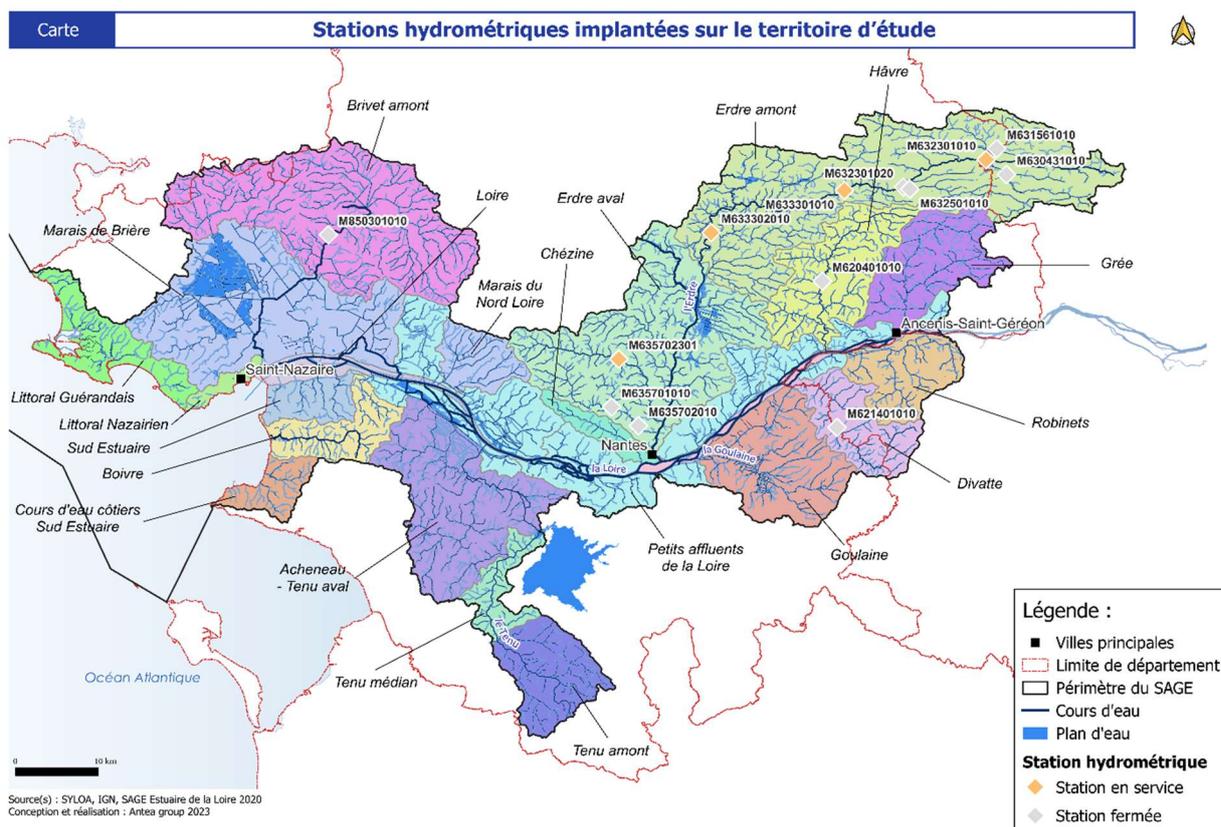


Figure 1 : Stations hydrométriques implantées sur le territoire d'étude

Face à ce constat, plusieurs méthodes visant à reconstituer des chroniques de débits journaliers à l'exutoire des entités et sous-entités non instrumentées ont été déployées :

- ◆ **Complétude des chroniques incomplètes (Gesvres et Hâvre) par modélisations pluie-débit :** une modélisation pluie – débit (modèle GR4J) a été réalisée à partir des paramètres climatiques (pluie et évapotranspiration) de la station de Nort-sur-Erdre.

- ▤ **Détermination par la méthode de transfert de bassin** : des stations hydrométriques localisées hors du périmètre d'étude mais au sein d'hydrosystèmes présentant des contextes similaires (surface, climat, géologie) ont été exploitées pour estimer les caractéristiques de certaines entités vierges de suivi (Logne et Falleron pour la sous-entité Tenu amont, et Sanguèze pour la sous-entité Divatte).
- ▤ **Modèles nationaux** : les résultats du modèle national *LoiEau* mis en place par l'INRAE et visant à caractériser des indices statistiques d'étiage, de bilan et de saisonnalité sur l'ensemble du réseau hydrographique métropolitain (hydrologie pseudo-naturelle). Les résultats du modèle national *RRP-BDMAP*, également mis en place par l'INRAE, et visant à caractériser l'hydrologie au droit des sites de pêches électriques.
- ▤ **Des méthodes complexes (agrégation)** combinant les deux méthodes précédentes sont également appliquées, notamment sur les sous-entités de l'Erdre (Erdre amont, Erdre aval).

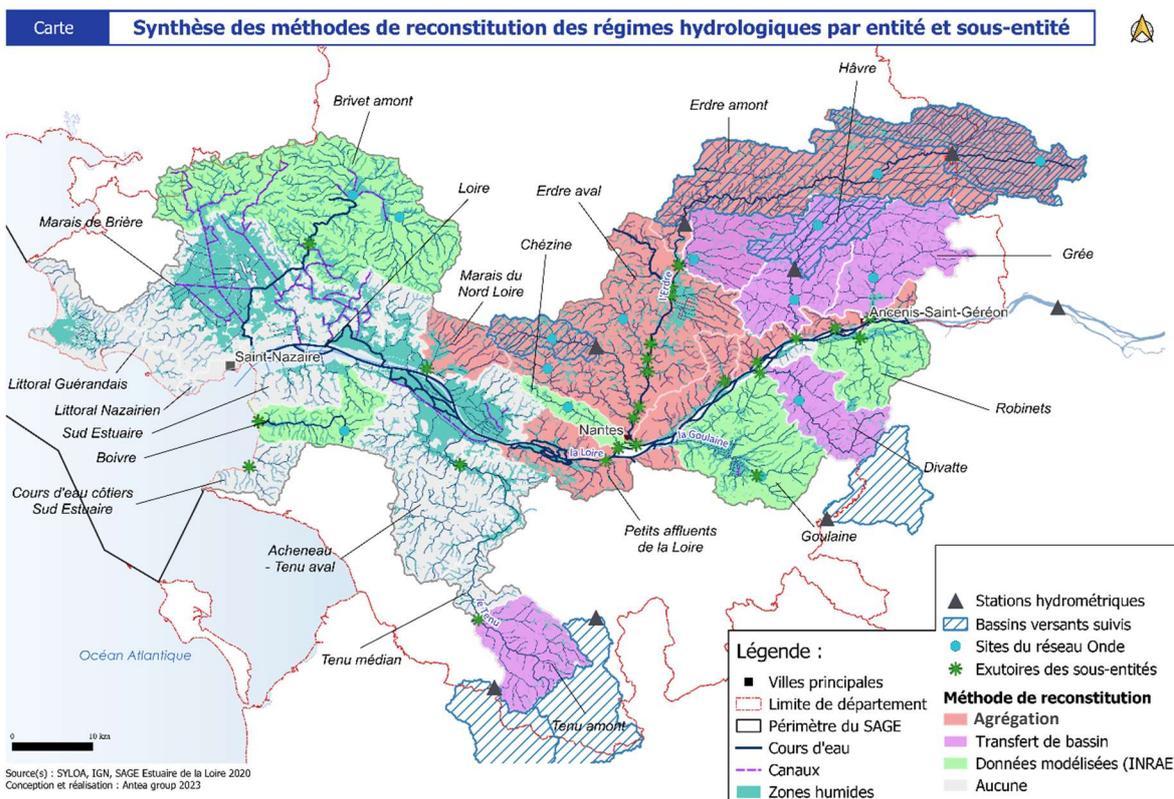


Figure 2 : Synthèse des méthodes de reconstitution des régimes hydrologiques par entités et sous-entités

Comme demandé par le Comité de pilotage, une **analyse comparative de ces différentes méthodes** a été réalisée sur les deux sous-entités hydrologiques du Tenu amont et de la Divatte.

De façon globale, cette analyse montre que :

- ▤ La méthode de transfert de bassin permet de reconstituer simplement et fidèlement les régimes hydrologiques influencés aux exutoires.

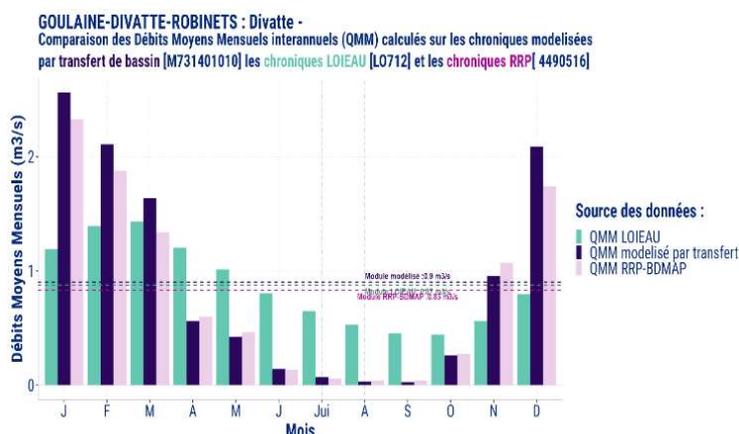


Figure 3 : Débits Moyens Mensuels (QMM) interannuels et module (QA) sur la Divatte

- Les chroniques modélisées LOIEAU, dont les résultats représentent des débits pseudo-naturels, semblent surestimer les débits notamment en période d'étiage par comparaison aux indicateurs calculés par transfert ou aux indicateurs calculés sur les chroniques modélisées des sites RRP-BDMAP. L'analyse des indicateurs montre également un décalage de la saisonnalité des régimes hydrologiques et une mauvaise représentation des hautes eaux. Pour rappel, le modèle LoiEau est un modèle focalisé sur la période de basses eaux, ce qui explique ce dernier point.

La reconstitution des régimes hydrologiques aux exutoires des entités non instrumentées se fera donc préférentiellement par la méthode de transfert de bassin ou le cas échéant à partir des données RRP-BDMAP et LoiEau.

À titre informatif, la chronique de débits de la Loire à Montjean-sur-Loire a également fait l'objet d'une analyse.

1.2. ANALYSE DE L'HYDROLOGIE MESUREE ET OBSERVEE

La connaissance de l'hydrologie du territoire repose sur plusieurs sources de données différant selon leur méthode d'acquisition :

- Les chroniques mesurées ou calculées** à partir des courbes de tarage au droit des stations hydrométriques gérées par la DREAL Pays de la Loire ;
- Les observations d'écoulement effectuées sur les sites du réseau ONDE** par l'Office Français de la Biodiversité (OFB) ;
- Les réseaux annexes de suivi (hauteur d'eau ou observations)** portés par certaines structures du territoire, notamment sur les sous-entités du Brivet amont et Goulaine-Divatte-Robinets.

L'axe Loire marque un gradient sur les régimes hydrologiques des cours d'eau du territoire avec :

- Au sud de la Loire** : des cours d'eau suivis dont les débits moyens spécifiques sont plus élevés et dont la variabilité interannuelle est plus importante (élasticité des régimes hydrologiques) ;
- Au nord de la Loire** : des cours d'eau suivis dont les débits moyens spécifiques sont plus faibles et présentant une variabilité moins marquée.

L'analyse des indicateurs de la période de basses eaux et notamment du QMNA5 (débit mensuel minimal annuel de retour 5 ans) permet de mettre en évidence les principaux cycles hydrologiques secs et humides des cours d'eau. Ainsi, les années 2005/2006, 2011 (Loire), 2017/2018 /2019 et 2020 (Loire) sont caractérisées comme sèches, à l'inverse des années 2000/2001, 2007/2008, 2014 plutôt à tendance humide. Les débits mensuels les plus faibles sont majoritairement observés sur les mois d'août et de septembre.



Figure 4 : Variation du débit moyen mensuel et Evolution des QMNA sur l'Erdre à Nort-sur-Erdre sur la période 2000- 2020

Les années sèches identifiées ressortent bien lors de l'analyse des franchissements des débits de gestion définis au point nodal de Nort-sur-Erdre. Ainsi, les années 2005, 2017 et 2019 présentent des périodes relativement longues de franchissement des seuils d'alerte (DSA) et de crise (DCR).



Figure 5 : Évolution du nombre de jours de franchissement du DCR (seuils en vigueur en 2019)

Ces trois années sont également celles où un franchissement du DOE (Débit d'Objectif d'Étiage) fixé à 0,08 m³/s est observé.

Si l'on se focalise sur la période d'étiage, des étiages très fractionnés sont observés sur les cours d'eau suivis au sud de la Loire (Falleron, Logne) mais aussi sur l'Erdre avec en moyenne entre 5 et 10 épisodes annuels. Durant les années exceptionnellement sèches observées sur la période cible (2005, 2010, 2011 et 2017), la durée des étiages est multipliée par 3.

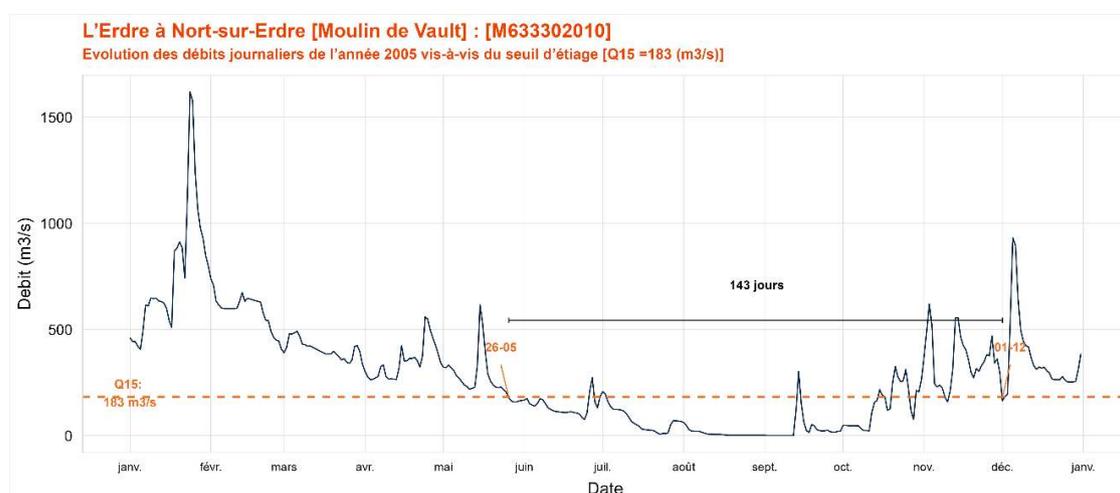


Figure 6 : Caractérisation de l'étiage pour l'année 2005 sur l'Erdre à Nort-sur-Erdre

Globalement, les déficits annuels moyens engendrés par l'étiage sont compris entre 10 000 m³ (Sanguèze) et 300 000 m³ (Erdre), ce qui représente en moyenne moins de 1% des volumes annuels totaux écoulés. Logiquement, ces déficits sont plus importants sur les années sèches où ils peuvent représenter jusqu'à 20% du volume total écoulé sur l'année.

Le gradient nord/sud Loire est également observable dans l'analyse de la période d'étiage, avec des étiages plus précoces et plus longs sur les cours d'eau du sud et des étiages plus tardifs et plus courts sur les cours d'eau du nord. Ainsi, les cours d'eau sud Loire entrent en période d'étiage sur les dix derniers jours de juillet pour un pic atteint mi/fin août et une sortie d'étiage vers la fin septembre/début octobre. En moyenne sur ces cours d'eau, la période d'étiage dure 55 jours, soit environ 2,5 mois. Les cours d'eau localisés au nord de la Loire entrent en étiage plutôt sur la première quinzaine d'août avec un pic et une sortie d'étiage tous deux observés sur le mois de septembre. Leur durée moyenne se situe autour de 45-50 jours.

Des tendances d'évolutions significatives sont observées sur 3 des 8 cours d'eau instrumentés du territoire, ou qui ont servi à interpoler des débits :

- ▬ Le Falleron avec des tendances à la hausse marquées sur les volumes déficitaires, des dates d'entrée en étiage plus précoces et une durée du phénomène plus longue ;
- ▬ La Sanguèze avec une augmentation significative des volumes déficitaires ;
- ▬ La Loire à Montjean-sur-Loire avec un décalage du pic de l'étiage vers la fin août.



L'analyse des observations sur les 15 sites du réseau ONDE, répartis de manière plus homogène sur le territoire, apporte une information complémentaire sur la période d'étiage des secteurs amont et notamment des secteurs non instrumentés. Trois types de secteurs peuvent être distingués sur le territoire :

- 🌿 Les secteurs sur lesquels la proportion d'écoulements critiques (assecs + écoulements non visibles) est majoritaire (>50%). Il s'agit des secteurs du Brivet, de la Grée et du Gueubert ;
- 🌿 Les secteurs sur lesquels les écoulements critiques ne sont pas majoritaires mais significatifs : l'Erdre amont, le Brivet canalisé (canal de la Fleur), le Hâvre, le Donneau, la Divatte, le Gesvres et le Cens ;
- 🌿 Les secteurs sur lesquels les écoulements critiques sont très rares et l'écoulement visible est prépondérant. C'est notamment le cas des sites localisés sur l'Erdre amont (Erdre, Guinelière), l'Erdre aval (Hocmard), la Chézine et le Boivre.

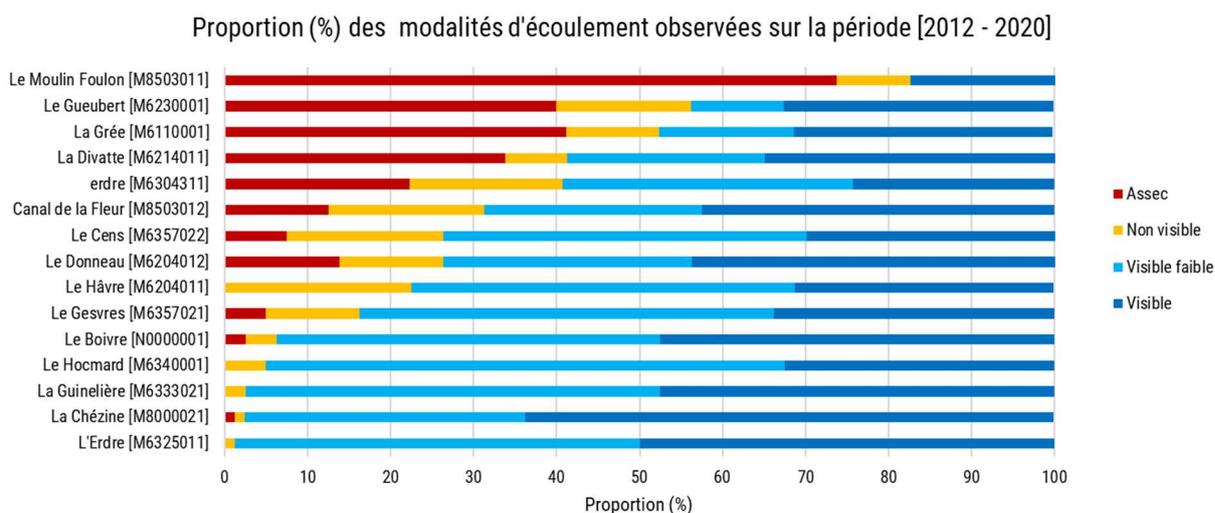


Figure 7 : Répartition des proportions d'écoulements critiques (assecs + non visibles) et visibles (visibles + visibles faibles)

1.3. CONTEXTE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE

Le secteur d'étude est composé essentiellement d'un socle ancien datant du paléozoïque recouvert localement par une couverture sédimentaire. Trois domaines géologiques le composent : le domaine varisque ligéro-séan, le domaine varisque nantais et le domaine varisque sud-armoricain.

La couverture sédimentaire comprend essentiellement des formations tertiaires et des formations superficielles du Plio-Quaternaire représentées principalement par les alluvions de la Loire et de la Vilaine. Quelques bassins se sont comblés de formations pouvant être carbonatées (Bassins de Nort-sur-Erdre, Bassin de Campbon) ou sableuses (sables et faluns dans le Bassin de Saint-Sulpice des Landes).



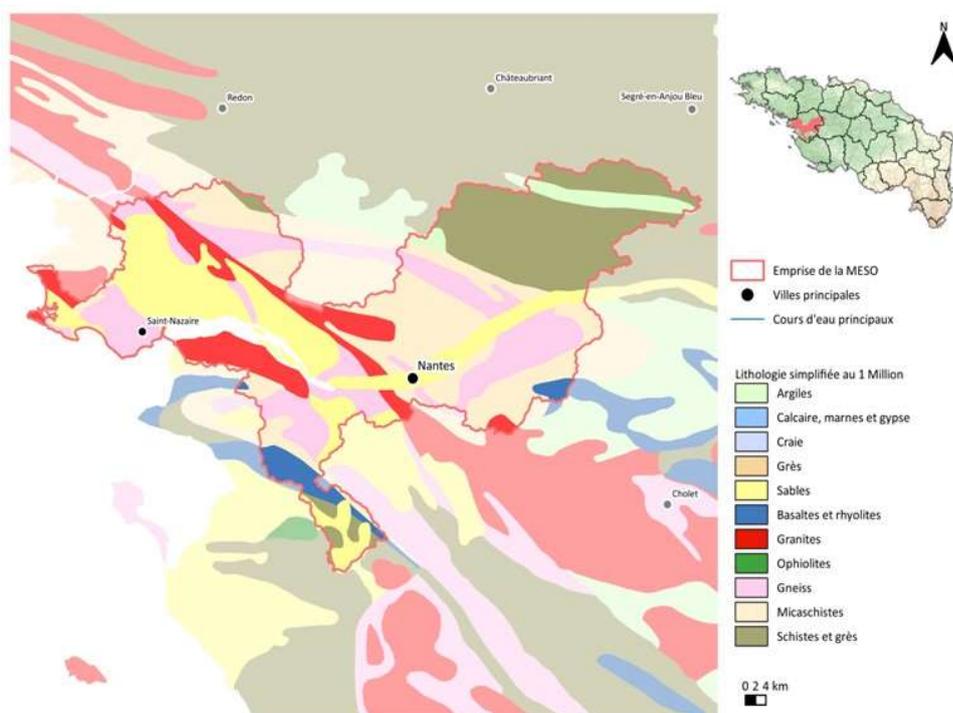


Figure 8 : Lithologie simplifiée au millionième (BRGM) du périmètre du SAGE Estuaire de la Loire

Directement lié au contexte géologique, les aquifères présents sur le territoire du SAGE sont de trois types :

- ▬ Les aquifères alluvionnaires (alluvions de la Loire) ;
- ▬ Les aquifères sédimentaires carbonatés et sableux tertiaires, relativement profonds et localisés dans les bassins d’effondrement ;
- ▬ Les aquifères de socle dont les caractéristiques dépendent principalement de l’altération et du degré de fissuration de la roche.

1.4. ANALYSE QUANTITATIVE DE LA RESSOURCE SOUTERRAINE

Le territoire d’étude dispose de 44 points de suivi (piézomètres) dont 19 points ont plus de 10 ans de suivi. L’entité hydrogéologique FRGG0022 du bassin versant de la Loire est de loin la plus suivie avec 21 points de suivi. Cette entité couvre une grande partie du territoire et plusieurs entités BDLisa.

Parmi les autres entités hydrogéologiques, les entités FRGG114 : Alluvions de la Loire armoricaine et FRGG139 : Sables et calcaires du bassin tertiaire de Nort-sur-Erdre libres se démarquent avec 5 à 6 points de suivi. Sur le reste des entités hydrogéologiques, 1 à 2 points de suivi sont recensés, parfois arrêtés aujourd’hui.

Taux de complétude des différentes années par piézomètre

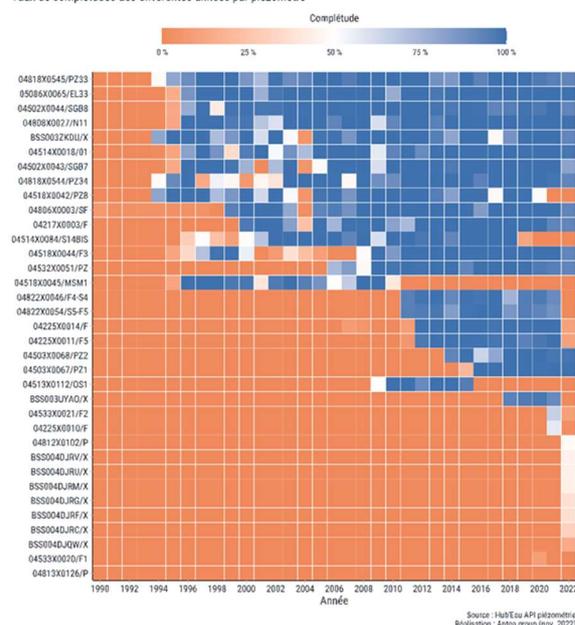


Figure 9 : Complétude des chroniques de données des piézomètres du territoire créés avant mai 2022

L'analyse des différentes chroniques de niveau fait ressortir :

- 🌿 Six groupes de comportement différent en fonction de la réponse du signal :
 - **G1 : saisonnalité et variation journalière assez marquée** (22 points répartis sur 6 entités hydrogéologiques différentes). Ces aquifères sont libres et donc essentiellement soumis à la recharge pluviométrique ;
 - **G2 : saisonnalité et variation journalière marquée** (3 points sur l'entité FRGG022 - Bassin versant de l'estuaire de la Loire). Ces aquifères sont libres et soumis à la recharge pluviométrique et probablement à l'alimentation ponctuelle du cours d'eau en période de crue ;
 - **G3 : saisonnalité - variation journalière très peu marquée** (11 points répartis sur 5 entités différentes). Ces aquifères sont libres, soumis à la recharge pluviométrique. L'influence de zone humide et/ou de prélèvements influence la réponse piézométrique de quelques points ;
 - **G4 : saisonnalité - variation journalière marquée - influence Loire** (5 points sur l'entité FRGG114 - Alluvions de la Loire armoricaine). Ces aquifères sont libres et soumis à la recharge pluviométrique et probablement à l'alimentation ponctuelle de la Loire en période de crue ;
 - **G5 : saisonnalité et variations journalières plus ou moins marquées** (1 point sur l'entité FRGG114 - Alluvions de la Loire Armoricaine). **Cet aquifère est captif, il est soumis à la recharge pluviométrique et probablement à l'influence de la zone humide. Toutefois, la réponse à cette recharge est amortie ;**
 - **G6 : saisonnalité décalée et variation journalière marquée (captif) - signal atypique** (1 point sur l'entité FRGG038 - Calcaires et sables du bassin tertiaire de Campbon captif). Cet aquifère captif est soumis à la recharge pluviométrique avec un déphasage dans le temps ;

- 🌿 Des corrélations d'une part entre la Loire et la nappe avec des variations quasi synchrones du niveau de la nappe avec le débit du cours d'eau (point de suivi: BSS001HBQA (04818X0544/PZ34), BSS001HEEA (04822X0054/S5-F5), BSS001HEDS (04822X0046/F4-S4), BSS003UYAO). L'amplitude est assez forte et se réduit avec la distance ; et d'autre part entre les zones humides et la nappe avec une inertie plus marquée de la nappe (BSS001JNYB (05072X0116/PZ), BSS001EUZK (04518X0044/F3), BSS003UYAO et BSS001GPCB (04808X0027/N11)) ;

- 🌿 Une cyclicité en majorité de 12 mois. En d'autres termes, le cycle de recharge / décharge des aquifères se fait donc sur une année. Une dizaine de piézomètres affiche une cyclicité plus importante principalement dans les contextes sablo-argileux ;



Tableau 1 : Caractéristiques des 11 piézomètres présentant une cyclicité plus importante

BSS_NEW	code_bss	nom commune	Code MESO	Nom MESO	nbre année	Périodogramme (ADES)	cyclicité période tot.
BSS001DMWC	04225X0011/F5	Montsoreau	GG022	Bassin versant de l'estuaire de la Loire	12,0	saisonnalité et pluriannualité	Cyclicité principale : 144 mois, cyclicité secondaire : 12 mois.
BSS001EYJM	04532X0051/PZ	Val d'Erdre-Auxence	GG022	Bassin versant de l'estuaire de la Loire	17,9	saisonnalité et pluriannualité	Cyclicité principale : 72 mois, cyclicité secondaire : 120 mois.
BSS001ETCD	04503X0067/PZ1	Campbon	GG038	Calcaires et sables du bassin tertiaire de Campbon captif	8,1	saisonnalité et pluriannualité	100 mois
BSS001ETCE	04503X0068/PZ2	Campbon	GG038	Calcaires et sables du bassin tertiaire de Campbon captif	8,7	saisonnalité et pluriannualité	108 mois
BSS001GPCB	04808X0027/N11	Frossay	GG114	Alluvions de la Loire Armoricaïne	28,1	saisonnalité et pluriannualité	Cyclicité principale : 120 mois, cyclicité secondaire : 360 mois.
BSS001HEDS	04822X0046/F4-S4	Orée d'Anjou	GG114	Alluvions de la Loire armoricaïne	12,9	saisonnalité et pluriannualité	Cyclicité principale : 40 mois, cyclicité secondaire : 32 mois.
BSS003UYAO		Orée D'Anjou	GG114	Alluvions de la Loire armoricaïne	5,9	saisonnalité	Cyclicité principale : 72 mois, cyclicité secondaire : 36 mois.
BSS001EUNG	04514X0084/S14BIS	Nort-sur-Erdre	GG139	Sables et calcaires du bassin tertiaire de Nort-sur-Erdre libres	22,5	saisonnalité et pluriannualité	Cyclicité principale : 135 mois, cyclicité secondaire : 90 mois.
BSS003ZKDU	BSS003ZKDU/X	Nort-sur-Erdre	GG139	Sables et calcaires du bassin tertiaire de Nort-sur-Erdre libres	29,8	saisonnalité et pluriannualité	Cyclicité principale : 72 mois, cyclicité secondaire : 120 mois.
BSS001EUZK	04518X0044/F3	Petit-Mars	GG140	Sables et calcaires du bassin tertiaire de Mazerolles captifs	28,1	saisonnalité et pluriannualité	Cyclicité principale : 360 mois, cyclicité secondaire : 180 mois.
BSS001DLRR	04217X0003/F	Saint-Sulpice-des-Landes	GG148	Bassins tertiaires du socle amoricain	23,9	saisonnalité et pluriannualité	Cyclicité principale : 58 mois, cyclicité secondaire : 12 mois.

- ✎ Une dizaine de piézomètre (localisés sur les entités hydrogéologiques FRGG022, FRGG025, FRGG114, FRGG118, FRGG139 et FRGG140) affichent des tendances d'évolution significatives de leurs niveaux moyens mensuels dont 6 d'entre eux présentent ponctuellement des tendances à la baisse et 4 points des tendances à la hausse. Ces tendances ponctuelles peuvent avoir plusieurs explications : modification des prélèvements et/ou des apports sur certaines périodes par le cours d'eau proche, ou encore une modification de la recharge ;
- ✎ Les mois les plus secs communs seraient septembre et octobre pour les entités hydrogéologiques FRGG22, FRGG25, FRGG38, FRGG114, FRGG118 et FRGG140, décembre pour l'entité hydrogéologique FRGG148 et mixte pour l'entité hydrogéologique FRGG139 ;
- ✎ Les caractéristiques des sécheresses sont variables en magnitude, durée et intensité en fonction du contexte climatique local et hydrogéologique. Les entités hydrogéologiques peuvent présenter plusieurs typologies de sécheresse en fonction de la période et du point de suivi. Selon les données de l'IPS et de la magnitude de la sécheresse, l'année sèche commune à toutes est l'année 2017 sur la période 2012-2020. Localement, certaines entités hydrogéologiques peuvent présenter des sécheresses importantes également en 2012, 2015, 2018 ou 2019.

Tableau 2 : Résultats du calcul de l'IPS moyen annuel



Compte tenu de la disponibilité des chroniques, ce calcul n'a été possible que sur 16 points de suivis

Code BSS	masse d'eau	Libellé masse d'eau Entité hydrogéologique	nature	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
04225X0011/F5	GG022	Bassin versant de l'estuaire de la Loire	Socle	1,61	1,08	-0,09	-0,4	-0,39	-1,3	-0,37	-0,52	0,01	0,59
04225X0014/F	GG022	Bassin versant de l'estuaire de la Loire	Socle	-0,16	0,59	0,35	-0,36	0,26	-1,26	0,24	-0,48	0,11	0,79
04532X0051/PZ	GG022	Bassin versant de l'estuaire de la Loire	Socle	0,42	0,52	0,4	0,14	0,21	-1,1	0	-0,54	0,21	-0,12
05086X0065/EL33	GG022	Bassin versant de l'estuaire de la Loire	Socle	-0,86	0,18	-0,9	-0,03	0,93	-0,53	0,38	0,03	0,68	0,15
04806X0003/SF	GG025	Bassin versant de la baie de Bourgneuf - Marais Breton	Socle	0,24	0,67	0,9	0,39	0,1	-0,78	-0,24	-0,68	0,01	-0,62
04808X0027/N11	GG114	Alluvions de la Loire Armoricaïne	Alluvial	-1,12	-0,13	-0,24	-0,18	0	-1,21	0,1	0,68	1,01	1,11
04818X0544/PZ34	GG114	Alluvions de la Loire armoricaïne	Alluvial	0,27	0,8	0,7	0,21	0,38	-1,2	-0,17	-0,52	-0,16	-0,27
04818X0545/PZ33	GG114	Alluvions de la Loire armoricaïne	Alluvial	0,15	1,13	0,87	0,19	0,28	-0,95	-0,08	-0,91	-0,22	-0,19
04822X0046/F4-S4	GG114	Alluvions de la Loire armoricaïne	Alluvial	-1,02	0,48	0,12	-0,57	0,22	-0,15	0,64	-0,18	0,23	0,59
04822X0054/S5-F5	GG114	Alluvions de la Loire armoricaïne	Alluvial	0,27	0,04	-0,47	-1,4	-0,64	-0,05	0,72	0,24	0,53	0,7
04502X0043/SGB7	GG118	Sables et calcaires du bassin tertiaire de St-Gildas-des-Bois libres	Sédimentaire	0,15	0,42	0,87	-0,26	-0,34	-1,47	0,09	-0,18	0,78	-0,1
04502X0044/SGB8	GG118	Sables et calcaires du bassin tertiaire de St-Gildas-des-Bois libres	Sédimentaire	0,17	0,41	0,75	0,03	0,02	-1,37	-0,16	-0,34	0,62	-0,14
04514X0018/O1	GG139	Sables et calcaires du bassin tertiaire de Nort-sur-Erdre libres	Sédimentaire	0,11	0,59	0,45	0,03	0,22	-1,33	0,02	-0,46	0,05	0,29
BSS003ZKDU/X	GG139	Sables et calcaires du bassin tertiaire de Nort-sur-Erdre libres	Sédimentaire	-0,98	0,48	1,4	0,19	-0,01	-0,87	-0,98	-0,6	0,88	0,35
04518X0044/F3	GG140	Sables et calcaires du bassin tertiaire de Mazerolles captifs	Sédimentaire	0,27	0,61	0,37	-0,24	-0,11	-0,63	-0,09	-0,19	0,64	-0,34
04217X0003/F	GG148	Bassins tertiaires du socle armoricaïn	Sédimentaire	-1,04	0,29	1,21	0,33	0,68	-1,25	0,22	-0,23	0,1	-0,4

Les résultats sont cohérents avec la nature des entités hydrogéologiques du territoire qui sont majoritairement libres : cyclicité 12 mois, variabilité saisonnière et parfois journalière, amplitude des variations mensuelles et annuelles réduites, sécheresses communes et plus ou moins marquées.

Quelques entités hydrogéologiques FRGG148, FRGG38 et FRGG114 se distinguent de ces comportements avec notamment des amplitudes annuelles et mensuelles plus marquées. L'entité FRGG148 présente le moins d'épisodes secs (1 seul point de suivi) sur la période tout comme l'entité FRGG114 (4 points de suivi).

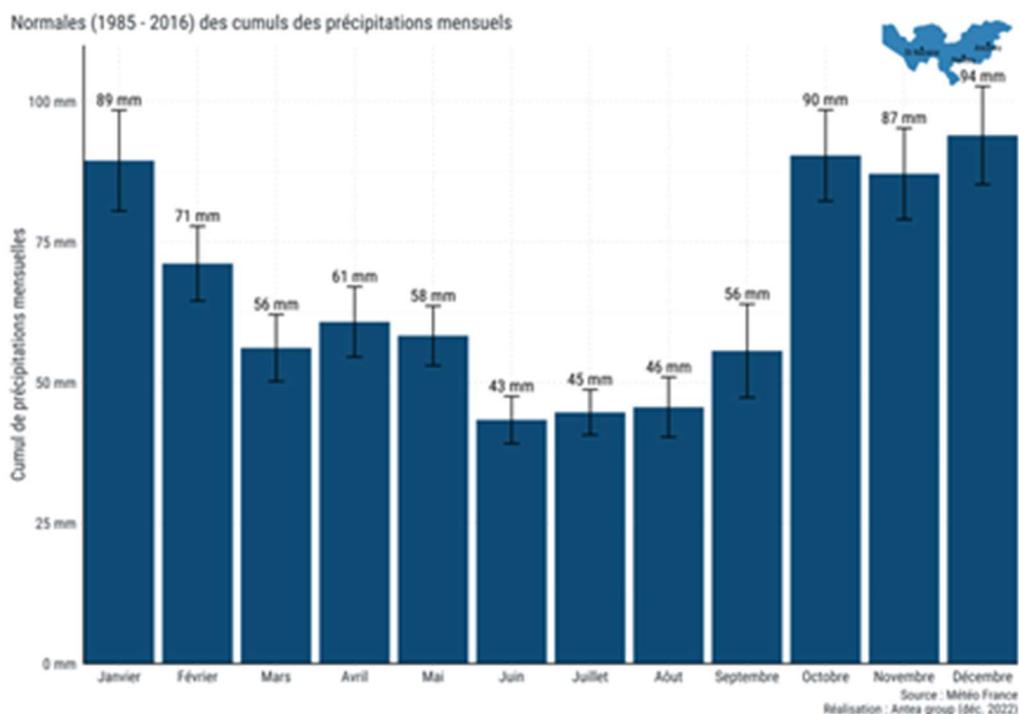


2. CLIMAT

2.1. LE CLIMAT ACTUEL (NORMALES CLIMATIQUES)

Le périmètre du SAGE Estuaire de la Loire est caractérisé par un climat de type océanique qui se retrouve plus largement sur la frange ouest du territoire français (climat de type Cfb selon la classification de Köppen-Geiger). Les hivers y sont généralement doux (6°C en moyenne) et les étés tempérés (20°C en moyenne). L'influence de ce climat est largement facilitée par la proximité de l'estuaire de la Loire avec l'océan Atlantique et l'absence de relief notable. Spatialement, le bassin versant peut être découpé en trois zones bien distinctes :

- ❖ **L'extrême ouest du bassin** au niveau de la baie du Croisic, qui subit pleinement l'influence maritime avec des cumuls pluviométriques compris entre 600 et 700 mm ;
- ❖ La **frange maritime et l'amont du bassin versant** avec des cumuls pluviométriques compris entre 700 et 800 mm ;
- ❖ La **zone centrale du bassin versant** où les cumuls pluviométriques sont les plus importants avec en moyenne des valeurs supérieures à 800 mm.



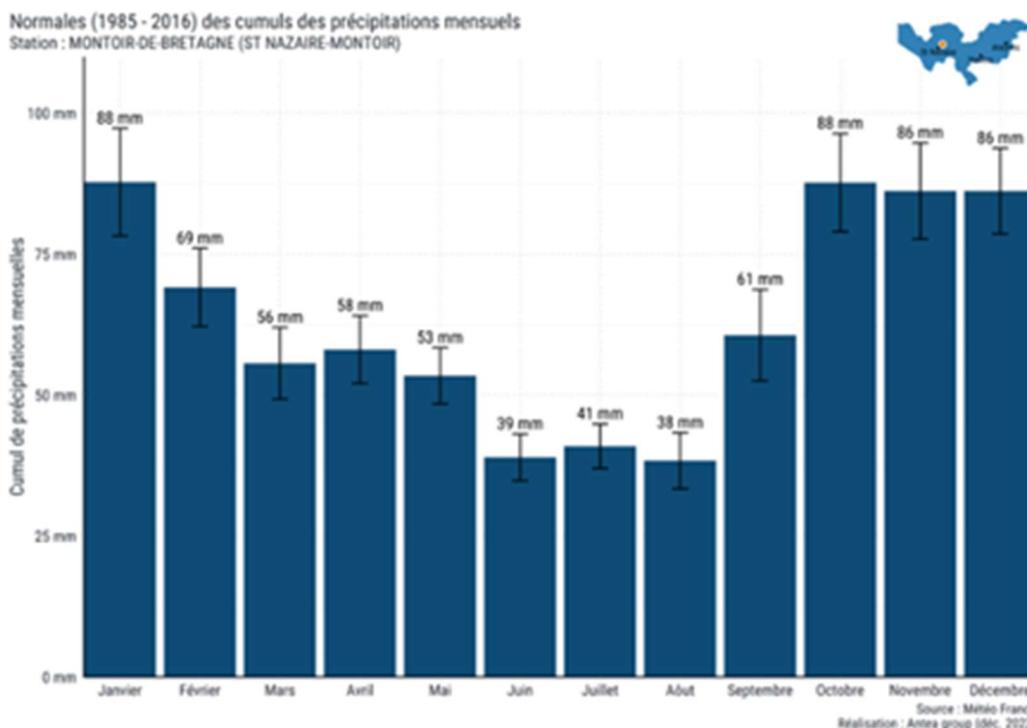


Figure 10 : Cumuls mensuels de précipitations aux stations de Nantes (Bouguenais) et Saint-Nazaire sur la normale 1985-2016.
Source : Météo France

Au niveau des **températures**, le caractère océanique du climat de l'estuaire de la Loire se caractérise par une faible amplitude thermique, la douceur de l'hiver et la relative fraîcheur de l'été. Spatialement, aucune variation significative n'est observée même si localement des spécificités existent. Ainsi, les températures moyennes mensuelles sur la période 1985-2016 s'échelonnent de 6°C en période hivernale, à environ 20°C sur les mois d'été les plus chauds. Les températures maximales s'établissent généralement autour de 25°C en été et autour de 9°C en hiver alors que les minimales oscillent entre 3°C l'hiver et 14°C en période estivale. La frange littorale (station de Guérande) affiche toutefois une certaine douceur vis-à-vis du reste du bassin avec des températures légèrement plus élevées (+1°C en moyenne) sur les mois hivernaux (octobre à mars) et plus faibles au printemps/été.



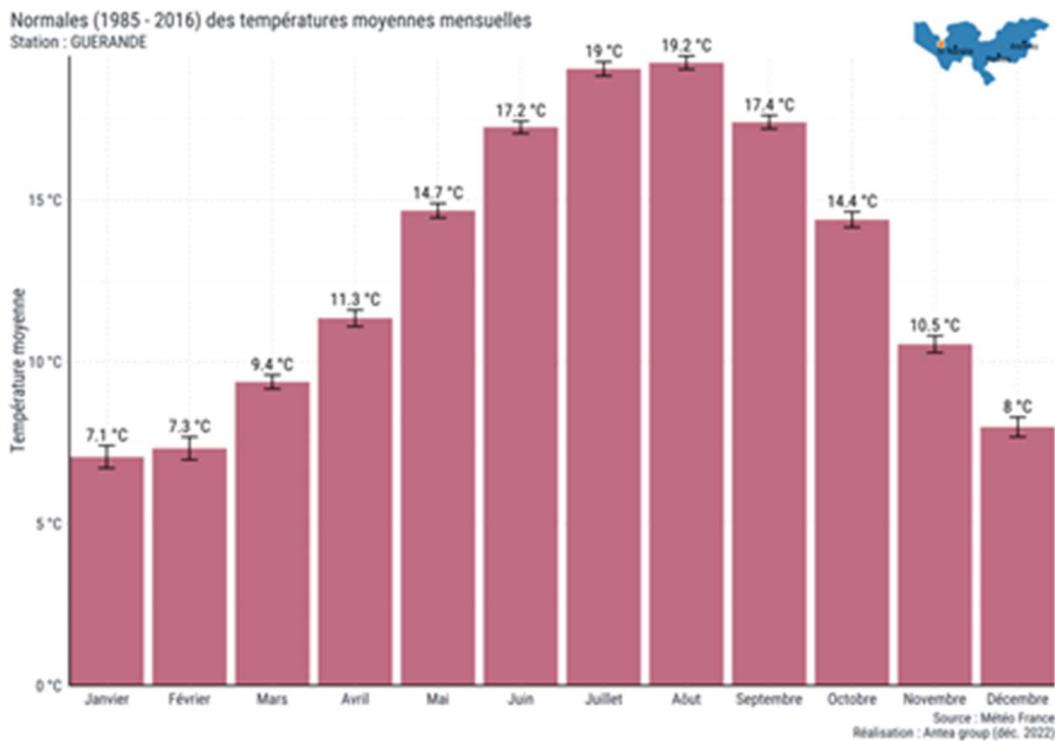
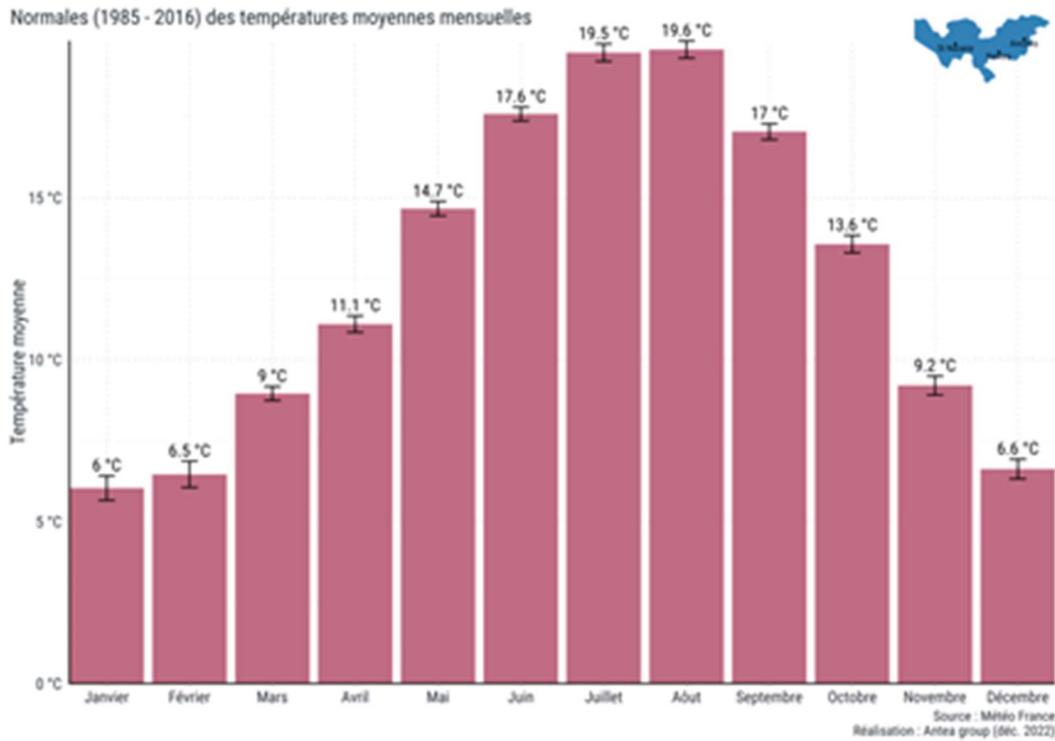


Figure 11 : Températures moyennes mensuelles aux stations de Nantes-Bouguenais et Guérande sur la normale 1985-2016.
Source : Météo France

Les cumuls d'évapotranspiration potentielle (ETP) suivent logiquement une répartition mensuelle sensiblement identique à la température compte tenu du lien étroit existant entre ces deux paramètres. Les cumuls les plus importants sont observés au printemps et en été notamment sur les mois de mai à septembre où ils dépassent les 100 mm pour atteindre leur maximum en juillet (145 mm). À contrario, les cumuls les plus faibles (inférieurs à 20 mm) concernent les mois de novembre, décembre et janvier.



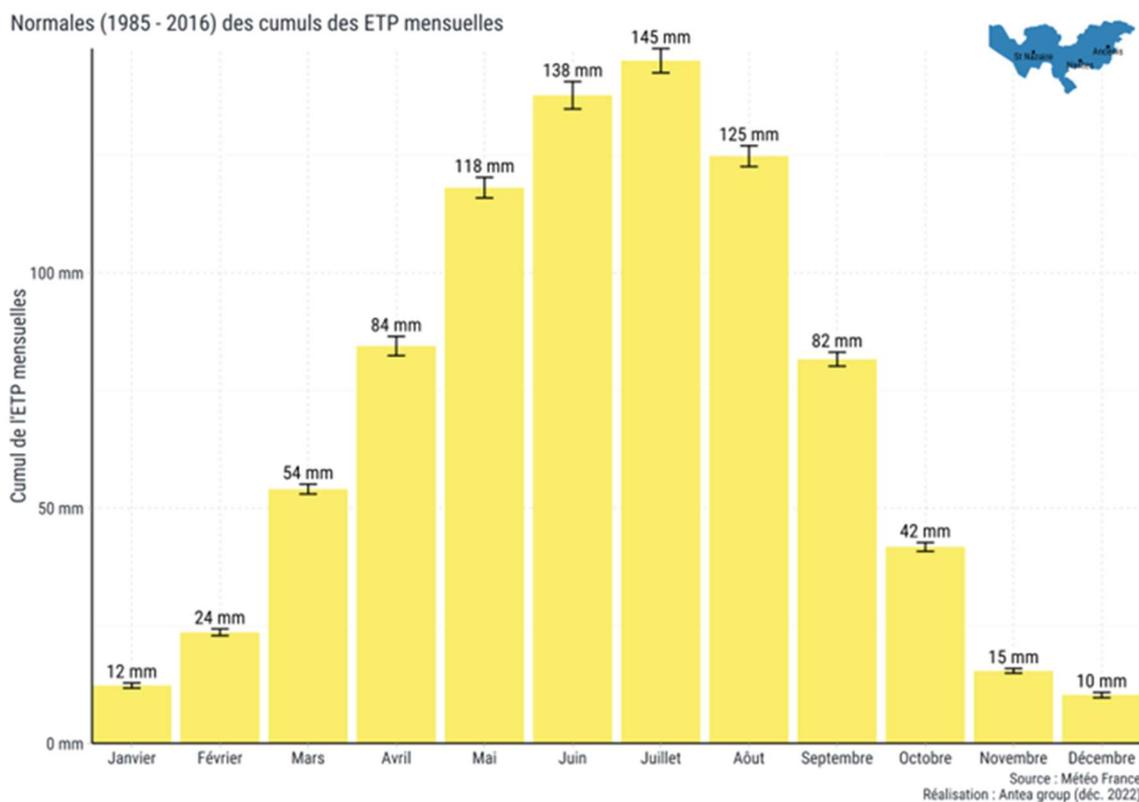
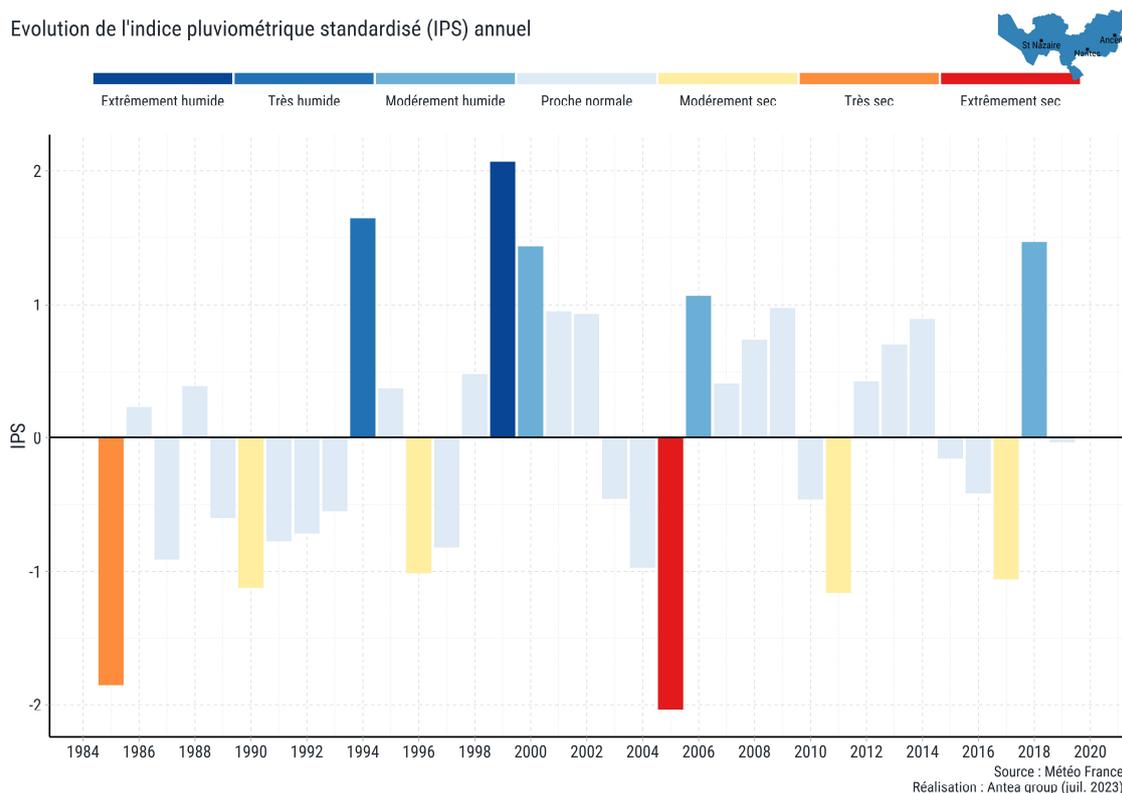


Figure 12 : Cumuls d'ETP mensuelles à la station de Nantes-Bougenais sur la normale 1985-2016. Source : Météo France

La **caractérisation des années sèches et humides** a été réalisée via l'indice pluviométrique standardisé (IPS) sur les longues séries homogénéisées fournies par Météo France pour la période 1985-2018. Les années 1985 et 2005 se démarquent fortement avec l'ensemble des stations météorologiques classées de très sèches à extrêmement sèches. De façon plus ou moins marquée, les périodes 1989 à 1991, 1996 à 1997 et les années 2011 et 2017 sortent également du lot.

Evolution de l'indice pluviométrique standardisé (IPS) annuel



À contrario, les années 1994 et 1999 peuvent être qualifiées de particulièrement humides. De façon plus hétérogène sur le bassin versant, les années 2000, 2013, 2014, 2018 et 2019 sont qualifiées de « modérément humides ».

Il convient toutefois de ne pas confondre les épisodes de sécheresse météorologique (basés sur la pluviométrie) et les canicules (basées sur les températures). À titre d'exemple, l'année 2003 a été caniculaire mais les cumuls pluviométriques étaient globalement dans la moyenne, seul le mois de juillet présentant un déficit pluviométrique qualifié de « modérément sec ».

2.2. ANALYSE DE L'ÉVOLUTION PASSEE DU CLIMAT

L'étude de l'évolution passée des cumuls pluviométriques annuels et mensuels sur le territoire a été effectuée grâce aux longues séries homogénéisées de Météo France sur la période 1950-2019 aux stations de Nantes-Bouguenais (code station 44020001), Montoir-de-Bretagne à Saint-Nazaire (code station 44103001), Guérande (code station 44069002) et Nort-sur-Erdre (code station 44110002). En complément, des chroniques de données journalières ont été mobilisées pour les 3 stations (données issues de Météo France et mises à disposition par le conseil départemental de Loire-Atlantique) sur la période 2005-2022, notamment pour la caractérisation de l'intensité des pluies.

Les cumuls pluviométriques annuels historiques oscillent entre 467 mm en 1953 à la station de Nort-sur-Erdre et 1 087 mm à la station de Nantes-Bouguenais en 1999. Le centre du bassin versant concentre une pluviométrie plus importante avec un cumul annuel médian de 744 mm à Nantes-Bouguenais contre 695 mm à Nort-sur-Erdre et 740 mm à Saint-Nazaire. La période 1999-2000 est celle qui enregistre les cumuls les plus importants à Nantes (1 087mm en 1999) et Saint-Nazaire (1050 en 1999 et 1 073 mm en 2000). Il faut remonter plus tôt pour la station de Nort-sur-Erdre avec 1 060 mm en 1951. L'année 1999 reste toutefois une année pluvieuse avec 962 mm, soit le 3^e plus fort cumul après 1951 et 1966 (971 mm).

À l'échelle des dix dernières années, les cumuls pluviométriques les plus élevés ont été atteints pour chacune des stations sur des années différentes : 2014 pour Saint-Nazaire (1 005 mm), 2018 pour Nantes (995 mm) et 2013 pour Nort-sur-Erdre (898 mm). L'année 2014 reste particulièrement pluvieuse avec des cumuls pluviométriques classés parmi les deux plus élevés sur chacune des trois stations. À l'inverse, les années 2017 et 2011 présentent les cumuls pluviométriques les moins importants. A l'échelle des saisons, la répartition mensuelle observée sur la normale est caractérisée par des mois d'octobre à janvier beaucoup plus pluvieux que le reste de l'année.

Rang	Station	Année	Mois	Cumul pluviométrique (mm)
1	Nort-sur-Erdre	2016	Juillet	2,4
2	Nantes-Bouguenais	2014	Septembre	3
3	Saint Nazaire	2016	Juillet	4,2
4	Nantes-Bouguenais	2016	Juillet	5,8
5	Nort-sur-Erdre	2011	Avril	5,8
6	Nort-sur-Erdre	2014	Septembre	6,4
7	Saint Nazaire	2011	Mai	7
8	Nantes-Bouguenais	2011	Avril	8
9	Saint Nazaire	2013	Août	9,8
10	Nantes-Bouguenais	2018	Septembre	10

Rang	Station	Année	Mois	Cumul pluviométrique (mm)
1	Nantes-Bouguenais	2012	Octobre	222,4
2	Saint Nazaire	2019	Novembre	215,3
3	Nort-sur-Erdre	2012	Octobre	190,8
4	Saint Nazaire	2014	Janvier	190,3
5	Nantes-Bouguenais	2019	Novembre	178,3
6	Saint Nazaire	2016	Janvier	175,5
7	Saint Nazaire	2014	Février	170,3
8	Saint Nazaire	2012	Octobre	167,7
9	Nantes-Bouguenais	2012	Décembre	164,4
10	Nort-sur-Erdre	2019	Novembre	161,9

Figure 14 : Top 10 des mois avec les cumuls pluviométriques les moins importants (gauche) et les plus importants (droite) sur la période 2010-2019 aux stations de Nantes, Nort-sur-Erdre et Saint-Nazaire. Source : Météo France

En moyenne, il pleut la moitié des jours de l'année (53%). Les trois quarts des jours de pluies sont de faible intensité (<5mm) et ne représentent donc qu'un quart des cumuls observés. Près de la moitié des cumuls est générée sur 10% des jours de pluies, jours sur lesquels les pluies sont dites marquées (10 à



20 mm) ou fortes (>20mm). Ces pluies sont particulièrement concentrées sur les mois d'octobre et novembre (plus de 50% des cumuls totaux).

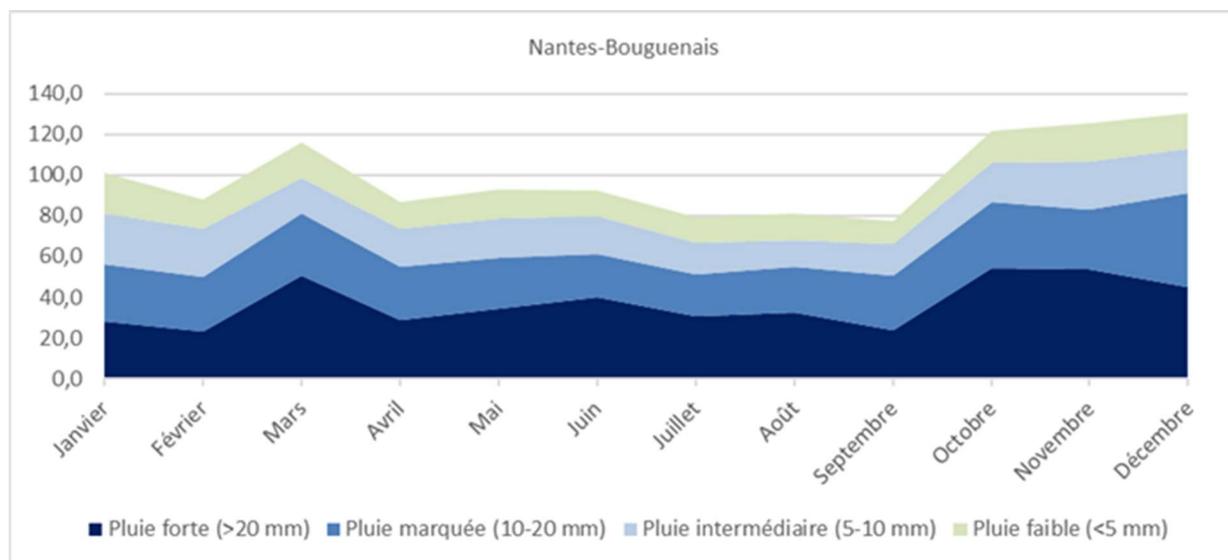
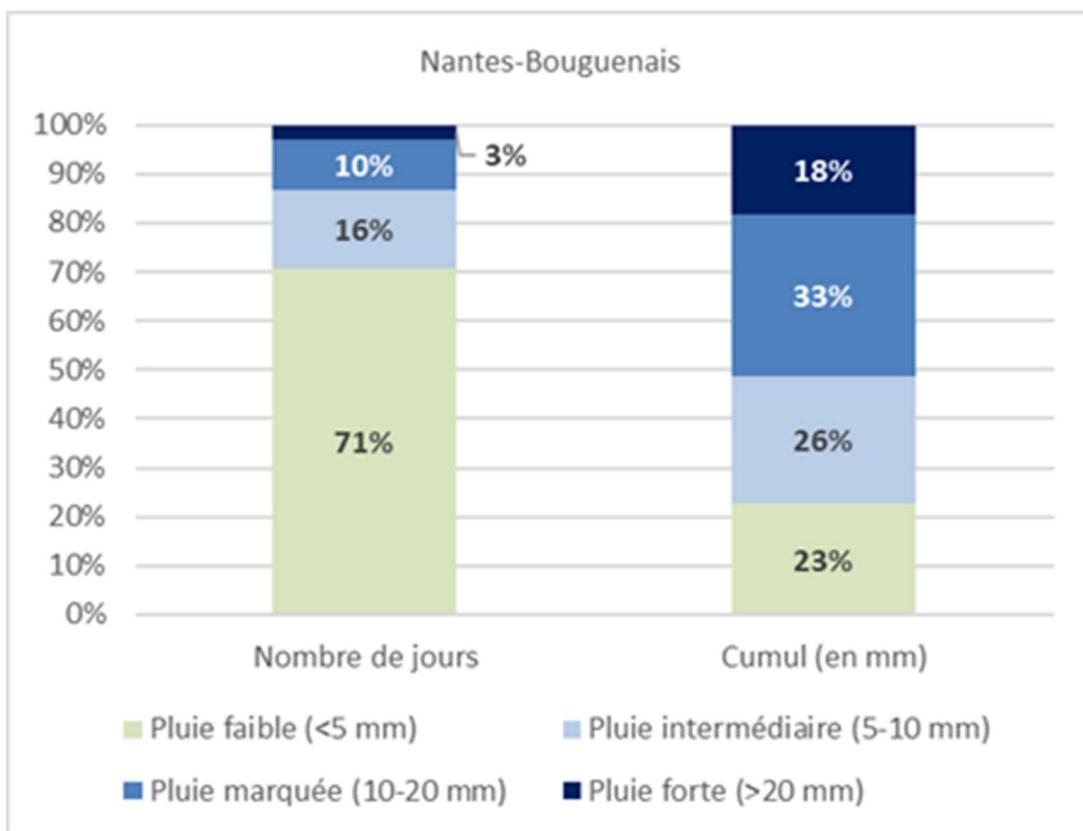


Figure 15 : Nombre de jours de pluie et cumuls par intensité de pluie (gauche) et Répartition mensuelle des cumuls pluviométriques par intensité de pluie (droite) à la station de Nantes-Bouguenais. Source : Météo-France

Sur la période 1950-2019, aucune tendance significative d'évolution des cumuls annuels ne se dessine. Ce constat est partagé également à l'échelle mensuelle sur les stations de Nort-sur-Erdre et de Saint-Nazaire. Pour la station de Nantes-Bouguenais, le mois de septembre présente une tendance significative à la baisse de l'ordre de -0,52mm/an. Cette tendance semble s'être accélérée au cours des 20 dernières années avec un changement de dynamique autour des années 2000.



Aucun des indicateurs d'intensification des pluies ne montre de tendance significative d'évolution sur la période historique : cela reste conforme aux autres observations nationales, et c'est pour le moment plutôt au sein de la région méditerranéenne que cette tendance est statistiquement établie.

Sur la période historique, les températures sont en hausse sur l'ensemble du périmètre du SAGE Estuaire de la Loire, qu'il s'agisse des températures minimales, moyennes ou maximales.

L'évolution des températures moyennes annuelles montre donc un net réchauffement depuis le début de la chronique mobilisée de l'ordre de +0,22°C (Guérande) à +0,25°C (Nort-sur-Erdre) en moyenne par décennie par rapport à la normale. Ainsi, à l'exception de rares années comme 1991 et 2010, chaque année depuis 1988 enregistre une température moyenne plus élevée que la normale climatique de 1960-1990, et ce sur l'ensemble des stations étudiées. La période 1988-1990 semble donc marquer un tournant au niveau des températures.

D'un point de vue saisonnier, la hausse globale des températures est plus marquée au printemps et en été sur les trois stations avec une augmentation d'environ +0,26°C par décennie par rapport à la normale. Les températures maximales et minimales présentent également des hausses très marquées sur ces deux saisons. Sur les périodes hivernale et automnale, une augmentation légèrement moins importante est notée, de l'ordre de 0,2°C par décennie.

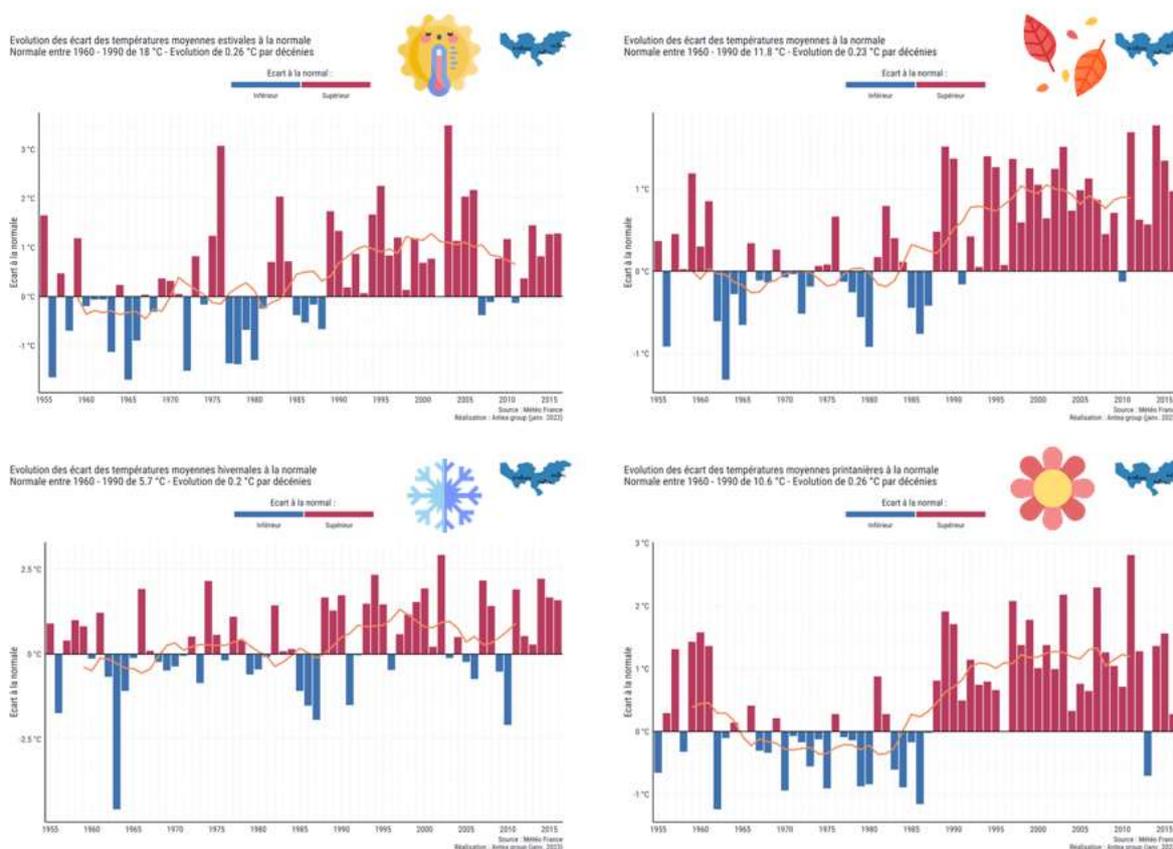
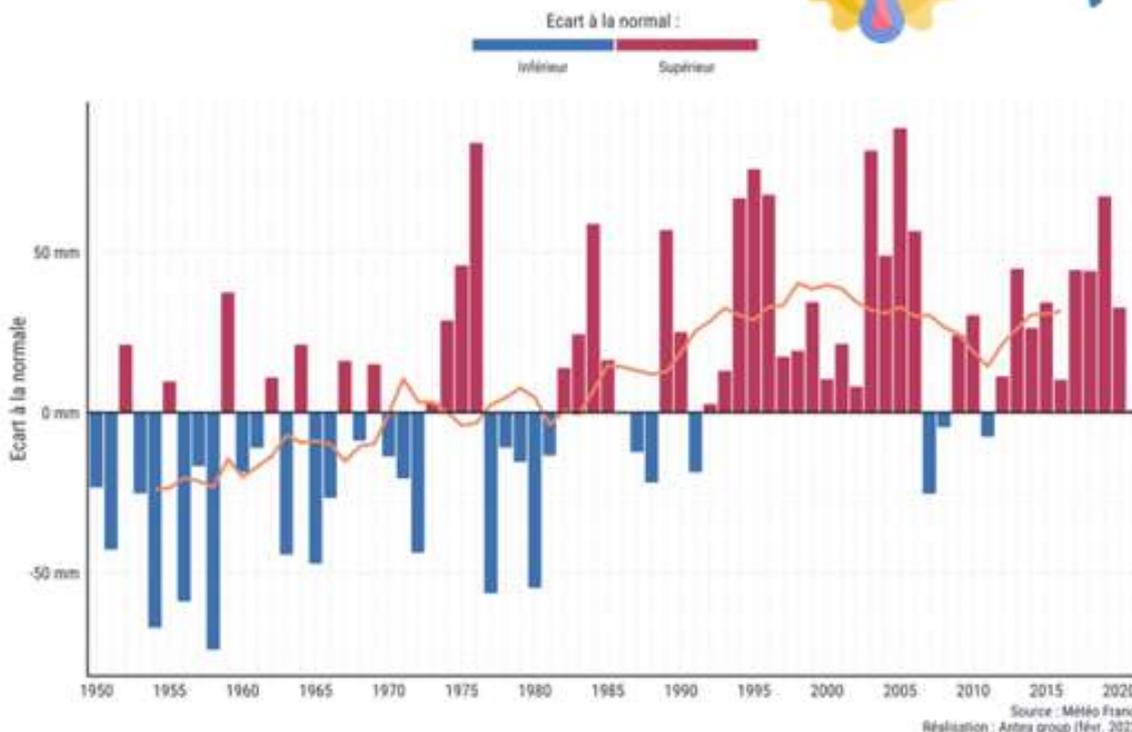


Figure 16 : Evolution des écarts de températures moyennes saisonnières à la normale (1960-1990) à la station de Nantes-Bougenais. Source : Météo France

En ce qui concerne l'évapotranspiration (ETP), les écarts à la normale des cumuls s'accroissent de manière quasi-continue depuis la fin des années 1980 : chaque année, l'ETP est plus élevée que la normale 1960-1990. Une hausse de 22,3mm de l'ETP est mesurée par décennies. **Cette hausse est à relier directement à l'augmentation des températures de l'air**, et est donc logiquement plus marquée en saison printanière (période de reprise de la végétation) et estivale. Ainsi, ces deux saisons affichent

respectivement une augmentation de 5,8mm et 9,6mm par décennies vis-à-vis de la normale 1960-1990. Pour l'automne et l'hiver, si la dynamique d'élévation de l'ETP est bien présente, elle est toutefois plus lente avec des augmentations de l'ordre de 5,3mm/décennies et 1,8mm/décennies.

Evolution des écart des cumul d'ETP estivaux à la normale
Normale entre 1960 - 1990 de 382 mm - Evolution de 9.6 mm par décennies



Evolution des écarts des cumuls d'ETP printaniers à la normale
Normale entre 1960 - 1990 de 235 mm - Evolution de 5.8 mm par décennies

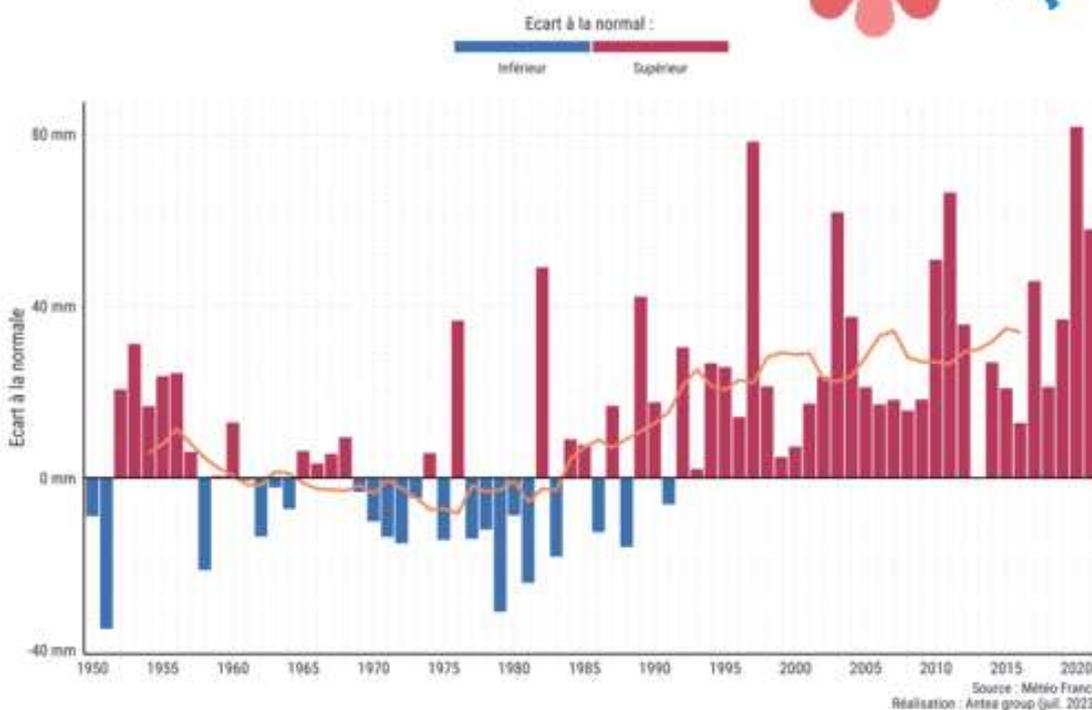


Figure 17 : Evolution de l'écart des cumuls d'ETP estivaux et printaniers à la normale 1960-1990 à la station de Nantes-Bouguenais. Source : Météo France

En termes de pluie efficace, sur la période 1985-2016, un déficit hydrique mensuel est constaté dès le mois d'avril (-24mm) jusqu'au mois de septembre (-26mm). Celui-ci atteint son maximum en juillet (-100mm), mois de plus forte ETP (145mm pour 45 mm de pluviométrie). Le reste de l'année, les pluies sont supérieures à l'ETP et génèrent donc des pluies efficaces entre 2mm au mois de mars et 84mm en décembre.

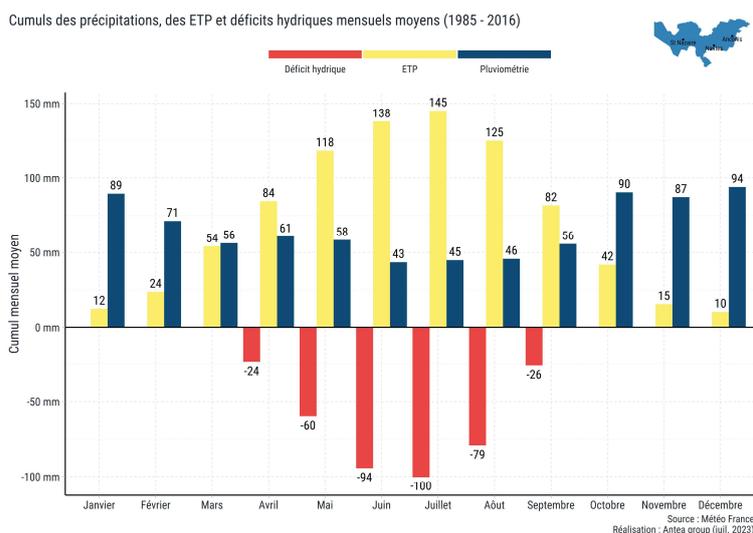


Figure 18 : Cumul des précipitations, de l'ETP et déficit hydrique à la station de Nantes-Bouguenais de 1985 à 2016. Source : Météo France

2.3. LES PROJECTIONS CLIMATIQUES

Conformément aux préconisations du GIEC, les projections climatiques présentées se sont basées sur les différentes projections du DRIAS, en ciblant tout particulièrement les scénarios **RCP 4.5 et 8.5**. Le scénario RCP 2.6 n'a pas été retenu car ne relevant déjà plus de la gamme des possibles compte tenu des tendances actuelles d'émission de Gaz à Effet de Serres (GES).

L'évolution des précipitations est marquée par une forte incertitude : la variabilité naturelle des précipitations est importante et domine toute tendance. Les modèles prévoient peu d'évolution des précipitations annuelles à horizon 2050. En valeur médiane, le signal est néanmoins plutôt à la hausse avec des cumuls supplémentaires qui pourraient osciller entre +16 mm (RCP 8.5) et +20 mm (RCP 4.5).

Ainsi, en climat futur, les cumuls pluviométriques annuels pourraient atteindre en moyenne 770 mm (RCP 4.5 et RCP 8.5), soit une augmentation d'environ 3,5% par rapport à la période de référence. Les tendances d'évolution restent assez uniformes sur l'ensemble du périmètre d'étude.



Evolution des précipitations pour les projections climatiques avec scénario RCP4,5 et RCP 8,5

Cumul des précipitations annuelles sur le territoire du SYLOA.

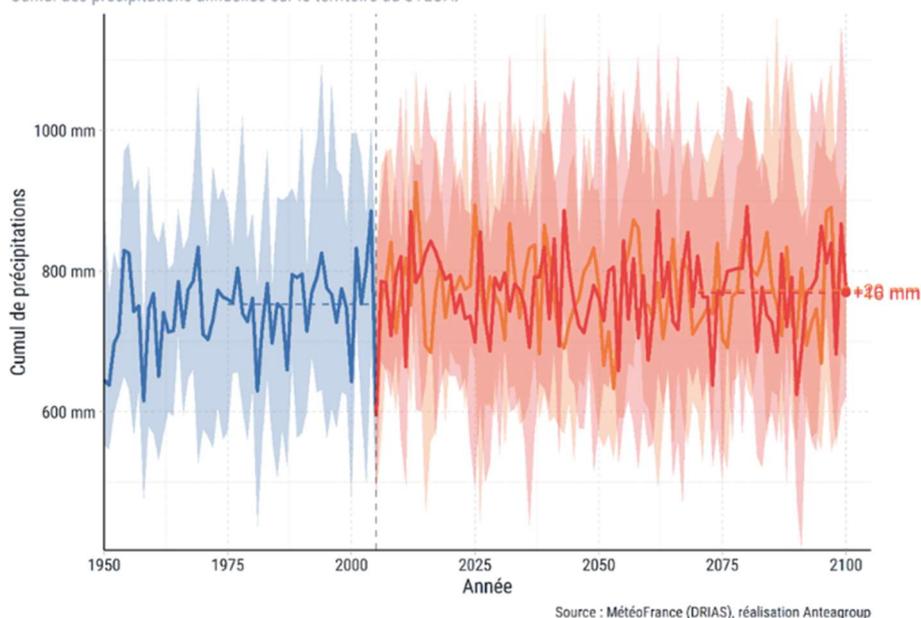


Figure 19 : Evolution des cumuls de précipitations pour les projections climatiques avec les scénarios RCP 4.5 et RCP 8.5.
Source : Météo France (DRIAS)

En revanche, la répartition saisonnière des pluies évolue en climat futur. Ainsi, une baisse de la pluviométrie estivale (-36mm à horizon 2100 selon le scénario RCP 8.5) est projetée en fin de siècle, alors que les précipitations hivernales seraient en hausse : jusqu'à +59mm en 2100 en scénario RCP 8.5. Au printemps, les deux scénarios prévoient plutôt une stagnation alors que l'incertitude des projections reste plus visible sur la période automnale.

Toutefois, à horizon fin de siècle, il existe beaucoup d'incertitudes sur les tendances d'évolution de la pluviométrie et les différents modèles ne présentent pas les mêmes tendances. On retiendra cependant que le signal global est plutôt à la hausse en période hivernale et à la baisse en période estivale.

Le signal d'augmentation des températures, déjà enregistré sur l'ensemble des stations météorologiques du territoire, est tout autant marqué au sein des projections climatiques. Les températures minimales et maximales suivent une tendance à la hausse, davantage marquée toutefois pour les températures maximales. En fin de siècle, la hausse de température va drastiquement varier en fonction du scénario d'émission de gaz à effet de serre avec un écart de température moyenne de 1,8°C (15,7°C pour le RCP 8.5 et 13,9°C pour le RCP 4.5).



Evolution de la température moyenne pour les projections climatiques avec scénario RCP4,5 et RCP 8,5

Moyenne annuelle des températures journalières sur le territoire du SYLDA.

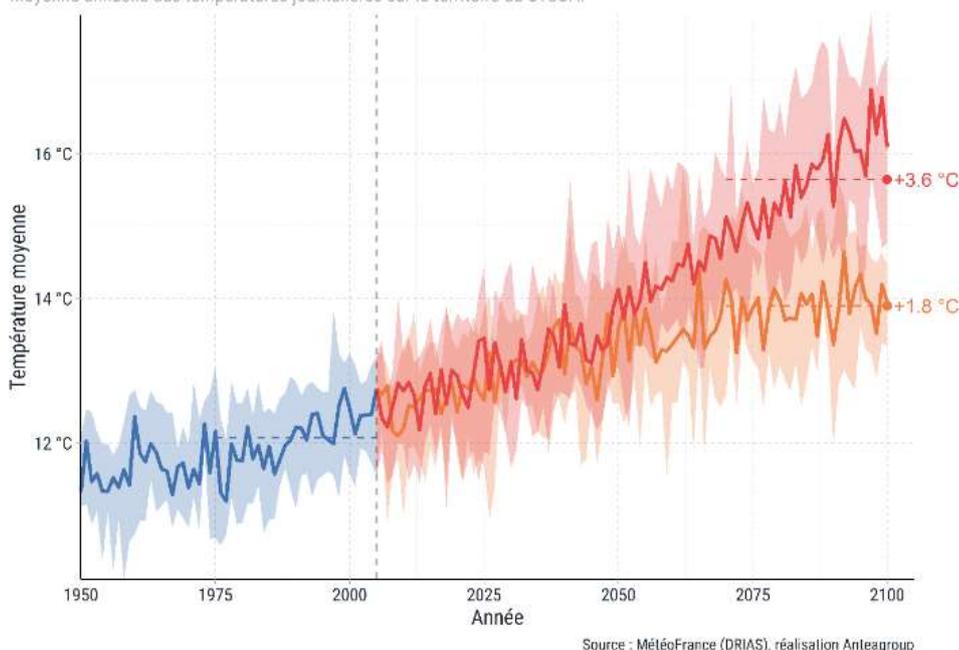


Figure 20 : Evolution de la température moyenne pour les projections climatiques selon les scénarios RCP 4.5 et RCP 8.5.
Source : Météo France (DRIAS)

Cette hausse des températures moyennes annuelles projetée est importante quelle que soit les saisons avec toutefois une empreinte plus marquée en été et en automne, avec un glissement du climat estival vers les mois de septembre et octobre. Aucune distinction géographique n'est visible sur le périmètre du SAGE si ce n'est un signal légèrement plus élevé en sud Loire.

Ces évolutions se traduiront par une démultiplication des journées chaudes (>25°C) et des journées présentant des températures extrêmes (température maximale supérieure à 35°C). À horizon fin de siècle, ce ne sont pas moins de 27 à 54 jours d'été supplémentaires qui sont projetés.

En lien avec les tendances d'évolution des températures, les projections font état d'une hausse continue de **l'évapotranspiration** (ETP) notamment en période estivale et en fin de printemps/début d'automne. Sur le périmètre du SAGE Estuaire de la Loire, les projections font état d'une hausse progressive de l'ETP jusqu'en 2050, suivie d'un décrochage pour le scénario RCP 4.5.

En fin de siècle, selon le scénario RCP 8.5, l'ETP pourrait augmenter de 145,7mm, soit l'équivalent du cumul d'ETP d'un mois de juillet actuel, contre +73,5mm selon le scénario RCP 4.5.



Evolution des cumuls d'évapotranspiration potentielle pour les projections climatiques avec scénario **RCP4,5** et **RCP 8,5**

Cumul des ETP annuelles sur le territoire du SYLOA.

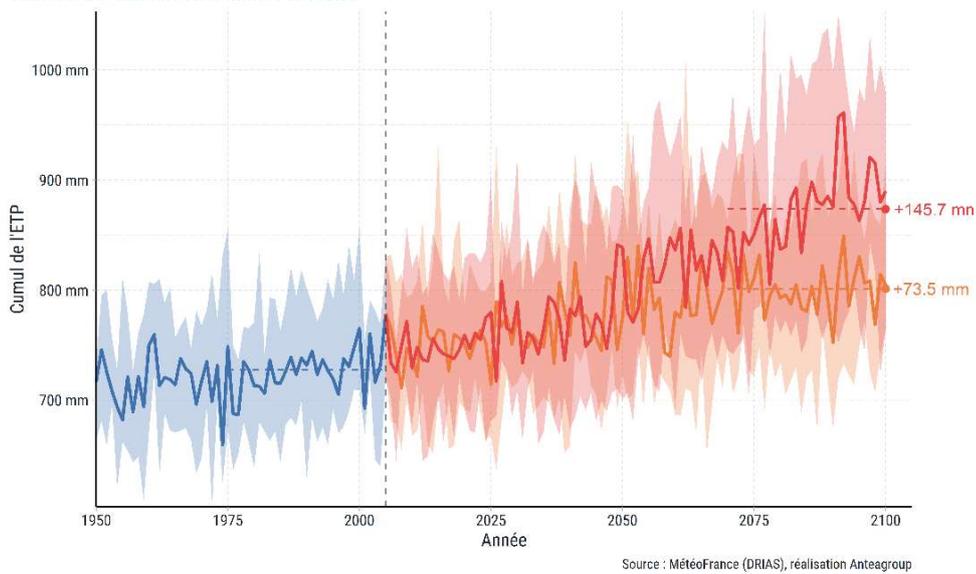


Figure 21 : Evolution des cumuls d'évapotranspiration potentielle pour les projections climatiques selon les 2 scénarios. Source : Météo France (DRIAS)

Cette augmentation de l'ETP engendre une hausse du déficit hydrique (moins de pluies efficaces sur certaines saisons) et un allongement de la période de déficit vers l'automne, ce qui pourra entraîner à termes des difficultés de gestion de la ressource et de soutien d'étiage.

Le changement climatique aura également un impact majeur sur l'évolution des milieux aquatiques. La détérioration du bilan hydrique des sols, la recharge des nappes, l'évolution hydrosédimentaire de l'estuaire ; etc., sont autant de facteurs qui exposeront les milieux et les espèces aquatiques à de multiples pressions.

Au niveau hydrologique, le calendrier hydrologique se verra modifié à horizon 2050. À l'échelle annuelle, les simulations hydrologiques SIM2 DRIAS-2020 prévoient les débits moyens en légère hausse entre +1% et +4% selon les scénarios et horizons temporels. Les évolutions attendues sont plutôt à la hausse pour les débits d'hiver et de printemps et à la baisse en été et en automne. Une aggravation des phénomènes d'étiage est également attendue avec des tendances à la baisse jusqu'à 34% sur la Loire au niveau de Montjean-sur-Loire et une tendance à la hausse des débits de crue.



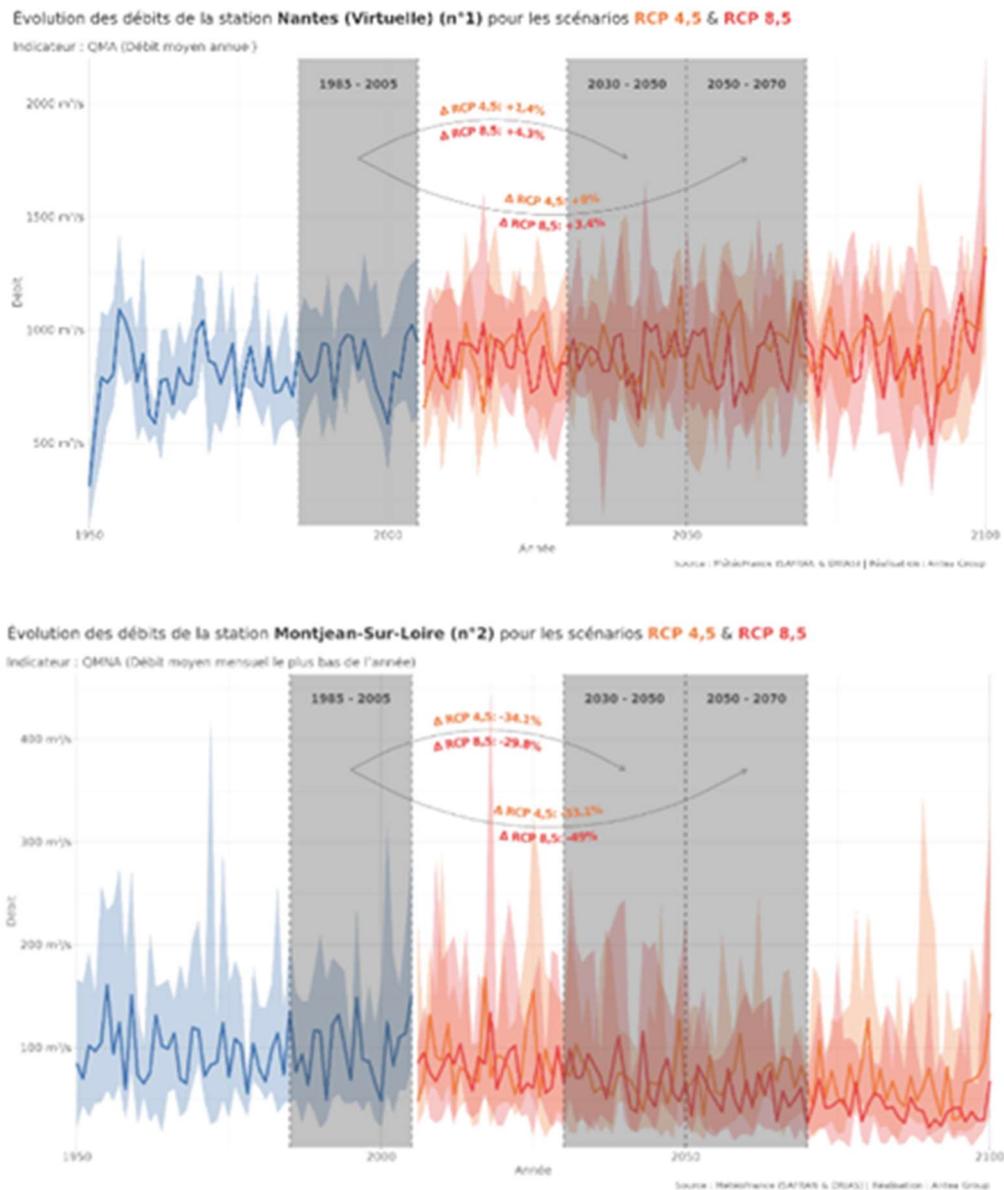


Figure 22 : Projection d'évolution des débits moyens annuels et des débits d'étiage aux stations Nantes virtuelle et Montjean-sur-Loire (hors périmètre) selon les 2 scénarios. Source : Météo France (SAFRAN et DRIAS)

Un net réchauffement des eaux est également projeté en climat futur. À l'échelle du bassin de la Loire, le modèle thermique simule une augmentation de la température de 2,2°C (±0,5°C) en milieu de siècle et de 2,9°C (±0,7°C) en fin de siècle, augmentation qui pourrait entraîner des conséquences importantes sur les peuplements faunistiques, floristiques mais également sur les habitats tels que les zones humides.

Si les tendances globales renvoyées par les projections climatiques restent cohérentes, il convient d'apprécier les chiffres présentés avec toutes les précautions d'usage nécessaires. En effet, ces projections climatiques s'appuient sur une approche multi-modèles dont les résultats se situent dans une enveloppe assez ample, traduisant l'incertitude les entourant.



3. MILIEUX

3.1. CONTEXTE ENVIRONNEMENTAL

Le bassin versant du SAGE Estuaire de la Loire s'étend sur 3 844 km², depuis Anetz, commune déléguée de Vair-sur-Loire (limite de la marée dynamique) jusqu'à l'embouchure de la Loire et le littoral (de Piriac-sur-Mer au nord à Préfailles au sud). Le périmètre du SAGE recouvre : les bassins versants des derniers affluents de la Loire ainsi que les grandes zones humides dépendantes directement ou indirectement du fleuve (Brière, marais sud et nord Loire, marais ligériens de Goulaine et de Grée).

Environ 3 245 km de linéaire de cours d'eau (BD Carthage), dont 1 061 km classés en liste 1 et 511 km en liste 2, s'écoulent sur le territoire. Quelques axes migrateurs, notamment pour l'anguille, sont recensés. Plus de 670 km² de zones humides sont comptabilisés, avec 409 km² de marais de différents types (marais de Mazerolles, marais de Brière, marais de Grée, marais de Couëron...). La surface des plans d'eau sur le périmètre avoisine les 70 km².

La diversité et la richesse des hydrosystèmes ont permis le développement de mosaïques de milieux remarquables et à préserver, accueillant des espèces d'intérêt communautaire. Ainsi, plusieurs zones d'inventaires et de classements y ont été désignées : 13 arrêtés biotope (4,8 km²), 4 Réserves Naturelles Régionales (9,6 km²), 1 Parc Naturel Régional s'étendant sur 566 km², 11 sites Natura 2000, 109 ZNIEFF de type 1 (environ 550 km²) et 41 de type 2 (1 030 km²) ainsi que 27 km² d'espaces acquis par le Conservatoire du littoral.

Ce sont 38 espèces d'intérêt communautaire, dont une majorité d'invertébrés (12) et de mammifères (11), qui sont dénombrées parmi lesquelles peuvent être citées : le triton crêté, l'agrion de mercure, la loutre d'Europe, la lamproie marine ou encore l'angélique des estuaires.

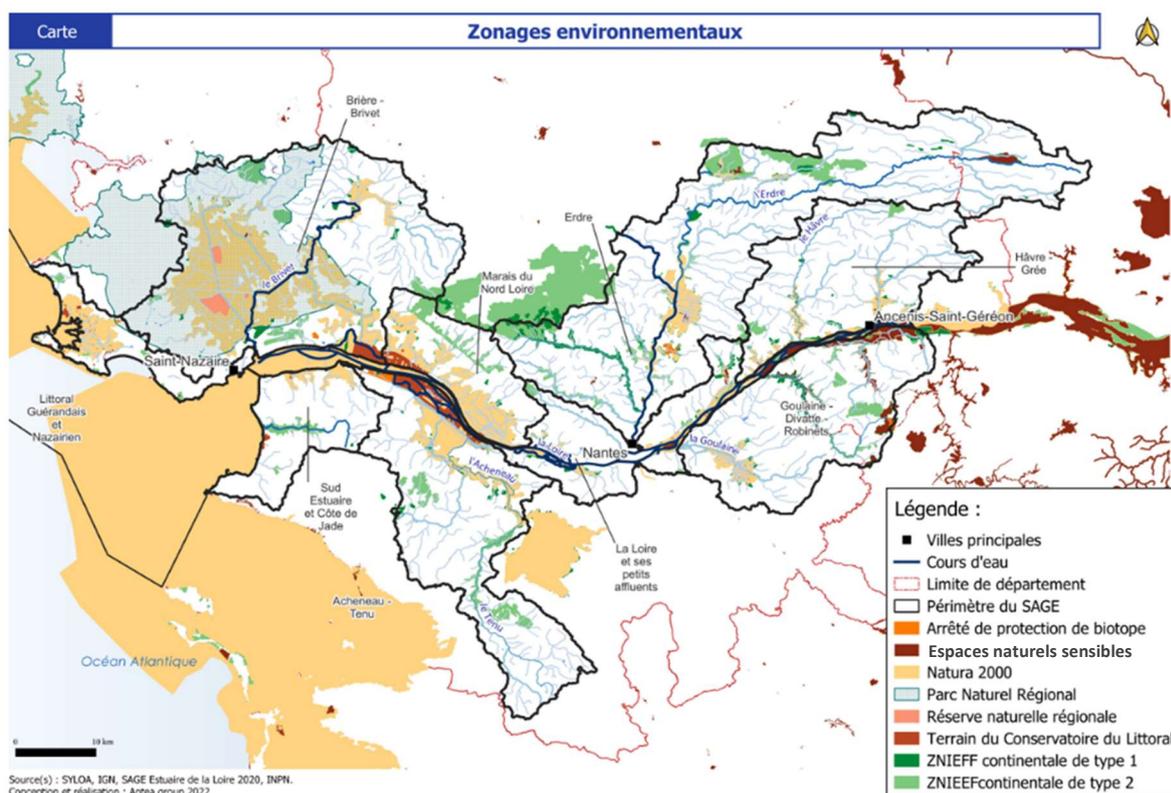


Figure 23 : Zonages environnementaux

Néanmoins, plusieurs pressions ont été diagnostiquées sur le bassin versant altérant la qualité des habitats et les peuplements y vivant :

- De nombreux obstacles à l'écoulement sont recensés bloquant la continuité écologique et sédimentaire ;
- Plusieurs centaines de kilomètres de cours d'eau ont subi un recalibrage se traduisant par une homogénéisation de l'écoulement et des habitats (substrats), une fragilisation des berges, etc. ;
- La multiplication des plans d'eau qui génère des impacts négatifs sur la circulation piscicole et sédimentaire, la qualité de l'eau et le développement d'espèces invasives ;
- Le développement d'espèces exotiques envahissantes végétales et animales (jussie, myriophylle du Brésil, écrevisse rouge de Louisiane, rat musqué ou encore ragondin) rentrant directement en compétition avec les espèces autochtones.

L'évaluation DCE traduit bien ces altérations puisque sur les 37 masses d'eau cours d'eau superficielles recensées sur le territoire du SAGE, aucune n'atteint le bon état écologique lors du dernier état des lieux du SDAGE Loire-Bretagne en date de 2019 ; à l'exception de la Loire jusqu'à Ancenis. La plupart présente un état écologique moyen (17 masses d'eau) et mauvais (13 masses d'eau), quelques masses d'eau se situant entre ces 2 classes avec un état médiocre (6). Les causes de dégradation de l'état écologique des masses d'eau sont multiples : indicateurs biologiques dégradés faisant état de problèmes d'hydromorphologie, de qualité des eaux, de teneurs trop élevées en carbone organique dissous, matières azotées et matières phosphorées.

En ce qui concerne l'état chimique, hors substances ubiquistes¹, seules trois masses d'eau présentent un état chimique mauvais : l'Erdre amont, la Boire de la roche et les Robinets ; en lien avec la substance active d'un insecticide (cyperméthril).

3.2. DETERMINATION DES DEBITS BIOLOGIQUES

Des débits biologiques ont été déterminés à l'aide de la méthode Estim'hab sur 17 stations dont la localisation sur les entités suivantes a été validée par le Comité de pilotage : Hâvre-Grée, Erdre, Goulaine-Divatte-Robinets, Acheneau-Tenu et Chézine.

¹ Substances ubiquistes : composés chimiques émis par les activités humaines, à caractère persistant, bioaccumulables et toxiques. Les substances considérées comme ubiquistes sont les hydrocarbures aromatiques polycycliques, le tributylétain, le diphénylétherbromé et le mercure.

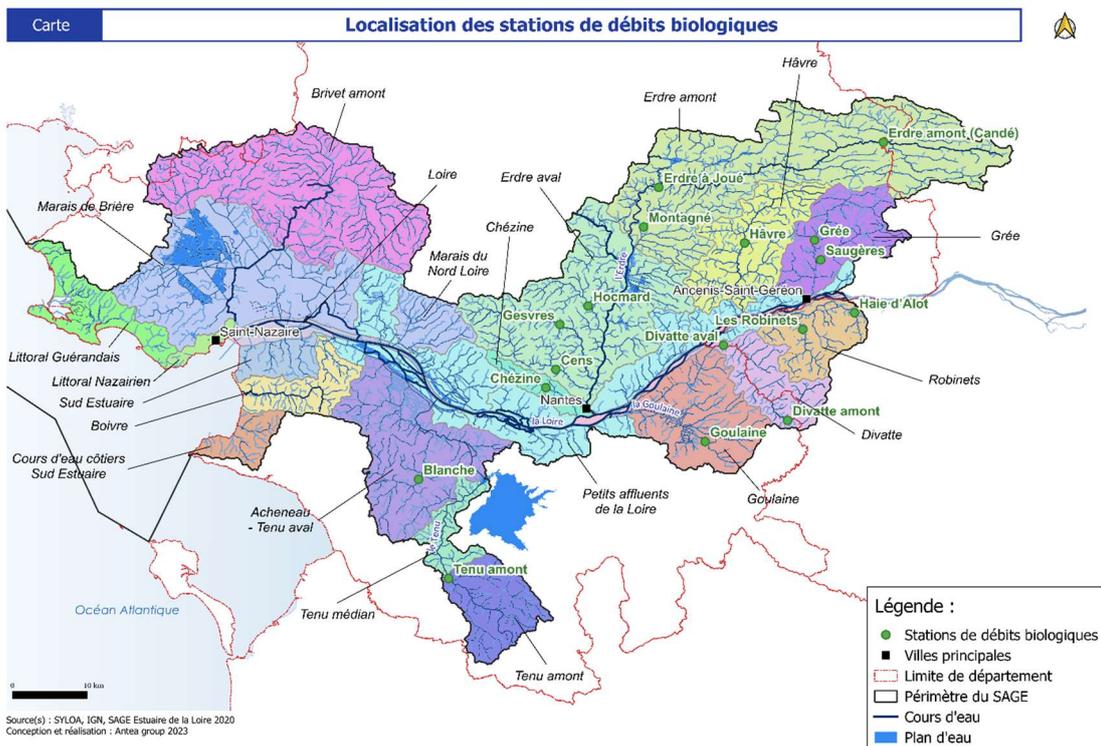


Figure 24 : Localisation des stations de débits biologiques

Cette méthode consiste à réaliser une mesure de granulométrie ainsi que deux mesures de débits dans des conditions hydrologiques différentes afin de pouvoir estimer la surface habitable pour certaines espèces piscicoles cibles selon les variations de débit.

Les campagnes de terrain se sont étalées de février à juin 2023 afin de satisfaire les critères requis par la méthode.



Figure 25 : Mesures terrain dans le cadre de la méthode Estim'hab

L'ensemble des calculs ont été réalisés à partir des outils officiels et le choix des espèces cibles en concertation avec les acteurs techniques du territoire au cours de deux réunions ayant eu lieu en mai et septembre 2023.



Les premiers résultats de cette analyse sont présentés ci-dessous :

Tableau 3 : Gammes de valeurs des débits biologiques (résultats non consolidés)

Station	Espèces cibles	Guildes cibles	Gamme de débit biologique (en L/s)
Hâvre	Loche, Goujon, Barbeau	Mouille, Rive	60-141
Blanche	Loche	Mouille, Rive	80-309
Cens	Truite (adulte et juvénile), Chabot, Loche, Vairon	-	119-370
Chézine	Loche, Goujon, Barbeau, Vairon	Radier	86-301
Divatte amont	Loche, Goujon, Barbeau, Vairon	Rive, radier	44-130
Divatte aval	Loche, Goujon, Barbeau, Vairon, Chabot	Rive, radier	244-825
Erdre amont (Candé)	Loche, Goujon, Barbeau, Vairon, Chabot	Rive, radier	193-502
Erdre à Joué	Loche, Barbeau, Vairon, Chabot	Rive, radier	378-691
Gesvres	Truite (adulte et juvénile), Loche, Vairon	-	85-373
Goulaine	Loche, Goujon, Vairon	Mouille, rive	127-436
Grée	Loche, Goujon, Barbeau, Vairon	Rive, radier	60-223
Haie d'Alot	Loche, Goujon, Barbeau, Vairon	Mouille, rive	45-139
Hocmard	Loche, Goujon, Barbeau, Vairon	Rive, radier	89-317
Montagné	Loche, Goujon, Vairon	Rive	33-142
Les Robinets	Loche, Goujon, Barbeau, Vairon	Rive, radier	96-207
Saugères	Loche, Goujon, Barbeau, Vairon	Rive, radier	24-101
Tenu amont	Loche, Goujon, Barbeau, Vairon	Rive, radier	52-200



4. USAGES

4.1 ALIMENTATION EN EAU POTABLE

Sur le périmètre du SAGE, 24 captages, champs captants ou prises d'eau actifs destinés à l'alimentation en eau potable des populations (AEP), sont recensés. Quelques évolutions majeures sont à noter ces dix dernières années sur les points de prélèvements avec notamment l'arrêt de la production à partir du plan d'eau de Sandun (Cap Atlantique) au profit d'une interconnexion avec Nantes Métropole, et le déplacement plus en amont sur la Loire (à Mauves-sur-Loire) de la prise d'eau de Nantes Métropole.

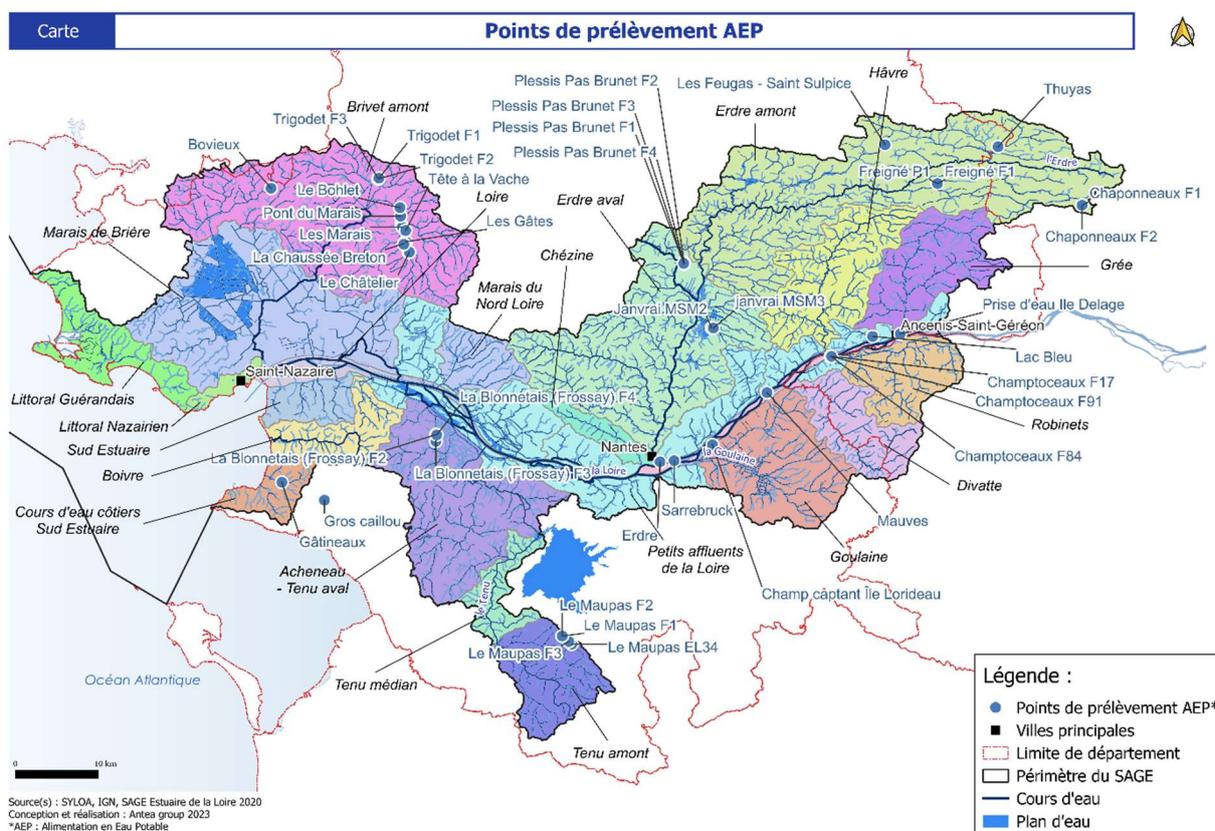


Figure 26 : Points de prélèvement AEP

En moyenne, entre 2010 et 2020, 84,4 Mm³ sont prélevés par an. Néanmoins, ce volume n'est pas réparti de façon homogène entre les différents points de prélèvement puisque près de la moitié de ce volume se concentre sur la prise d'eau de la Roche (Mauves-sur-Loire) avec environ 43 Mm³ par an. Le champ captant de l'île Lorideau (Basse-Goulaine) présente également un volume annuel conséquent avec en moyenne 19,4 Mm³ prélevés entre 2010 et 2020. Dix autres points de prélèvements enregistrent plus d'1 Mm³ prélevé chaque année dont les plus importants sont : la prise d'eau de l'île Delage (5,2 Mm³/an), le captage du Châtelier (2,4 Mm³/an) et les captages du Plessis Pas Brunet (2,3 Mm³).

Bien que la dynamique de prélèvement varie d'un point à un autre et d'une année à une autre, une augmentation constante des volumes prélevés pour l'AEP est constatée depuis 2010 passant ainsi de 82,2 Mm³ à 89,6 Mm³ en 2020. Un pallier semble avoir été franchi entre 2015 et 2017, période de déplacement de la prise d'eau de Loire de Nantes Métropole, où une augmentation de près de 5 Mm³ est observée.

D'un point de vue ressource, la Loire et sa nappe alluviale (masse d'eau FRGR114) sont celles qui sont le plus sollicitées avec environ 80% du volume annuel prélevé pour l'eau potable sur le territoire du SAGE ; ce qui représente en moyenne entre 2010 et 2020 environ 68,2 Mm³/an répartis au ²/₃ sur la ressource superficielle de la Loire.

Les prélèvements dans la nappe de Campbon représentent la majorité du volume restant avec 8,7 Mm³/an prélevés contre 2,4 Mm³/an dans les sables et calcaires libres du bassin tertiaire de Nort-sur-Erdre (Plessis Pas Brunet) et 1,2 Mm³/an dans les sables et calcaires libres du bassin tertiaire de Saint-Gildas-des-Bois (Trigodet).

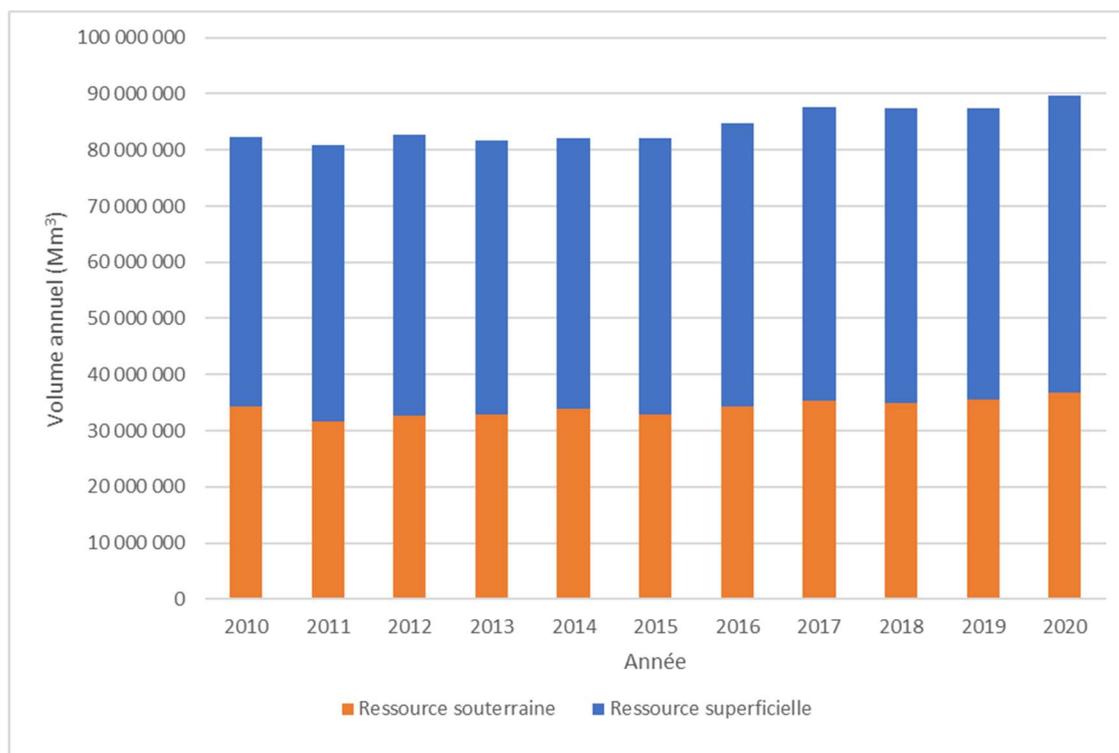


Figure 27 : Volumes annuels prélevés pour l'AEP entre 2010 et 2020

4.2 INDUSTRIE ET AUTRES ACTIVITES ECONOMIQUES

Sur le territoire, 49 industries et autres activités économiques sont identifiées comme prélevant directement dans la ressource, soit à partir de forage (eau souterraine), soit à partir de prise d'eau (eau superficielle). Sur la période 2010-2020, seulement 38 activités industrielles enregistrent un prélèvement dans le milieu et 29 sur l'année 2020.

Les volumes prélevés pour l'industrie et les autres activités économiques sur le territoire du SAGE sont très fluctuants d'une année sur l'autre. Ainsi, ils oscillent entre 1,2 milliards de m³ en 2010 à 598,2 Mm³ en 2016 avec une moyenne sur les 5 dernières années (2015-2020) s'établissant à 796,1 Mm³/an. En termes de dynamique, il reste difficile de constater une évolution du fait notamment de l'arrêt progressif entre 2014 et 2016 de certaines tranches de l'usine de Cordemais à des fins de contrôle décennal et des conséquences de l'épidémie de COVID-19 sur les années 2020-2021.



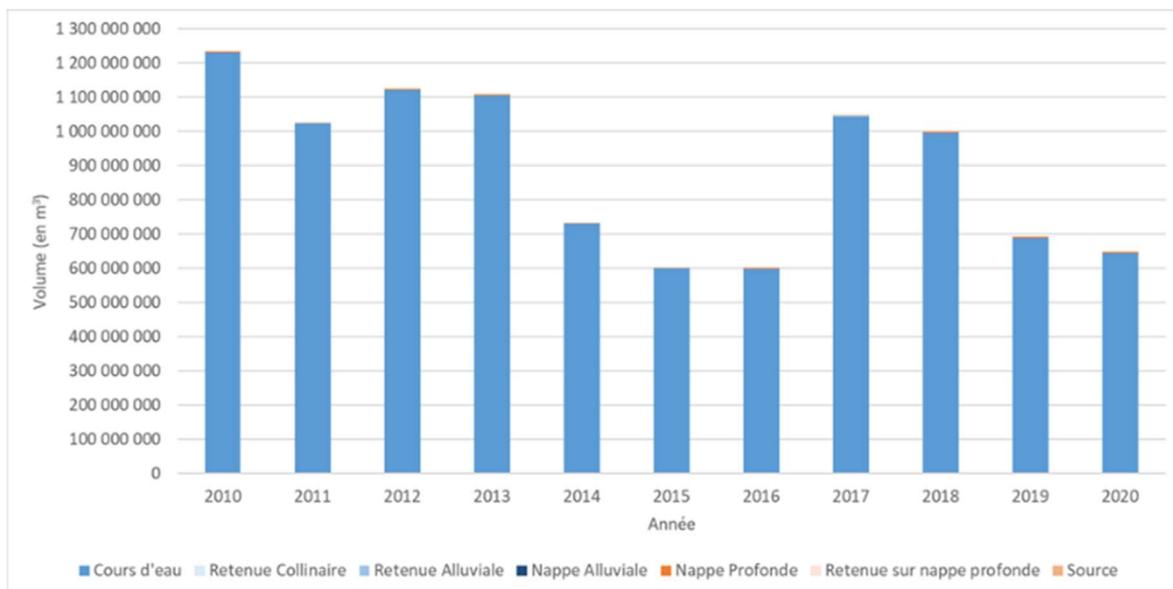


Figure 28 : Volumes annuels prélevés par l'industrie entre 2010 et 2020 (toutes ressources confondues)

Les prélèvements en cours d'eau représentent en moyenne 889,8 Mm³/an contre 1,2 Mm³ en nappe profonde/source. Ceux-ci sont très majoritairement effectués dans la Loire et dans une moindre mesure sur ses affluents (Erdre, Coulée, Boire de la Roche). Les prélèvements en nappe alluviale sont minimes avec seulement 53 000 m³/an, tout comme ceux réalisés en retenue dont le volume représente un peu moins de 250 000 m³/an en moyenne.

Si ces volumes peuvent paraître conséquents, il est important de rappeler qu'une très grande majorité est liée à des activités de production énergétique et donc directement restituée au milieu.

Les trois activités économiques du domaine de l'énergie prélèvent 99% du volume nécessaire au refroidissement dans la Loire : l'usine EDF de Cordemais (≈805 Mm³/an entre 2010 et 2020 en moyenne soit 88% du volume), la centrale de Montoir-de-Bretagne gérée par la SPEM (≈208 Mm³/an en moyenne depuis 2018) et le terminal méthanier de Montoir-de-Bretagne gérée par Elengy (≈35 Mm³/an en moyenne depuis 2014). En dehors de l'activité énergie, les prélèvements moyens entre 2010 et 2020 oscillent entre 4,1 Mm³ en 2019 et 15,7 Mm³ en 2014 pour une moyenne annuelle d'environ 7,4 Mm³ toutes ressources confondues. 80% de ce volume est prélevé dans la ressource superficielle (cours d'eau) et environ 1/3 de ce volume par 3 activités économiques : Naval Group à La Montagne (construction navale) avec environ 3,3 Mm³/an, Croix Rouge à Divatte-sur-Loire (agroalimentaire) avec 868 216 m³/an et Norpaper à Nantes (fabrication de papier pour Ondulé) avec 615 909 m³/an.

Logiquement, les activités économiques avec les plus grands besoins en eau se concentrent en bord de Loire afin de pouvoir y prélever les volumes nécessaires à leurs activités : l'entité hydrologique Loire est donc celle qui concentre les prélèvements les plus importants avec 1,04 milliards de m³ prélevés par an (5,8 Mm³ hors activités énergie). Le reste du volume est principalement mobilisé dans les eaux souterraines et plus particulièrement dans les entités hydrogéologiques : Aquifère du bassin versant de l'estuaire de la Loire (FRGG022), Calcaires et sables captifs du bassin tertiaire de Campbon (FRGG038) et Nappe alluviale de la Loire (FRGG114). Aucun prélèvement lié à des activités économiques n'est recensé sur les autres entités hydrologiques et hydrogéologiques du territoire.



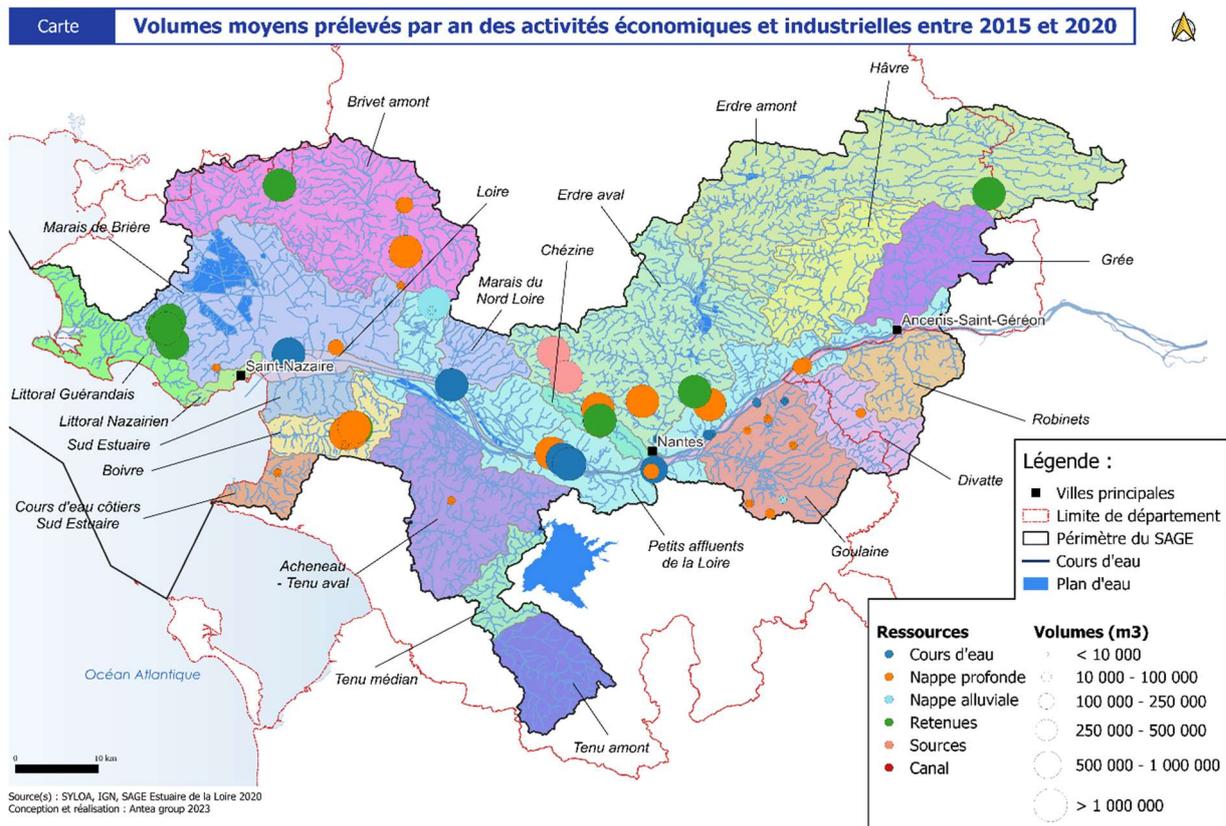


Figure 29 : Volumes moyens prélevés par an par point de prélèvement des activités économiques et industrielles entre 2015 et 2020

Entre 2010 et 2020, 49 activités économiques sont recensées avec un rejet direct dans le milieu : 38 étaient encore actives en 2020. **Les chiffres évoqués ci-après sont à prendre avec précaution compte tenu du peu d'information disponible, notamment sur les années précédant 2019.**

Environ 777,3 Mm³/an sont restitués par l'industrie au milieu uniquement à travers des rejets dans les cours d'eau. La Loire reste l'exutoire préférentiel de ces restitutions avec près de 99% (776 Mm³/an) du flux industriel du bassin. Celui-ci est d'ailleurs porté essentiellement par les activités énergétiques (centrale de Cordemais, terminal méthanier, raffinerie...) qui en représentent la quasi-totalité. Les 3 entités Goulaine-Divatte-Robinets (632 000 m³/an dont 620 000 m³/an sur la sous-entité de la Goulaine), l'Acheneau Tenu aval (365 000 m³/an) et le Sud Estuaire & Côte de Jade avec la sous-entité de la Boivre (183 000 m³/an) concentrent l'essentiel du volume restitué restant.

Hors activité énergie, c'est en moyenne 10,1 Mm³/an qui est restitué dont 8,9 Mm³ (88%) sur l'entité de la Loire.

Plusieurs industries et autres activités économiques se démarquent avec des volumes moyens annuels rejetés conséquents : Naval Group (≈4,5 Mm³ mais sans rejet en 2019 et 2020) et la plateforme de Donges (≈3,3 Mm³), les carrières de Donges (≈554 000 m³) et de Liré (≈651 000 m³), Yara France (≈560 000 m³) et Arcelor Mittal (≈396 000 m³), toutes implantées sur la sous-entité de la Loire. Hors Loire, les entreprises LNUF Marques de Vallet (≈257 000 m³) et VALNANTAIS branche légumes de TERRENA (≈207 000 m³) implantées sur la sous-entité hydrologique de la Goulaine, la laiterie de saint-Père sur la Boivre (≈182 000 m³ mais sans rejet en 2019 et 2020) et la carrière de Chéméré sur le Tenu aval (≈365 000 m³) se démarquent.

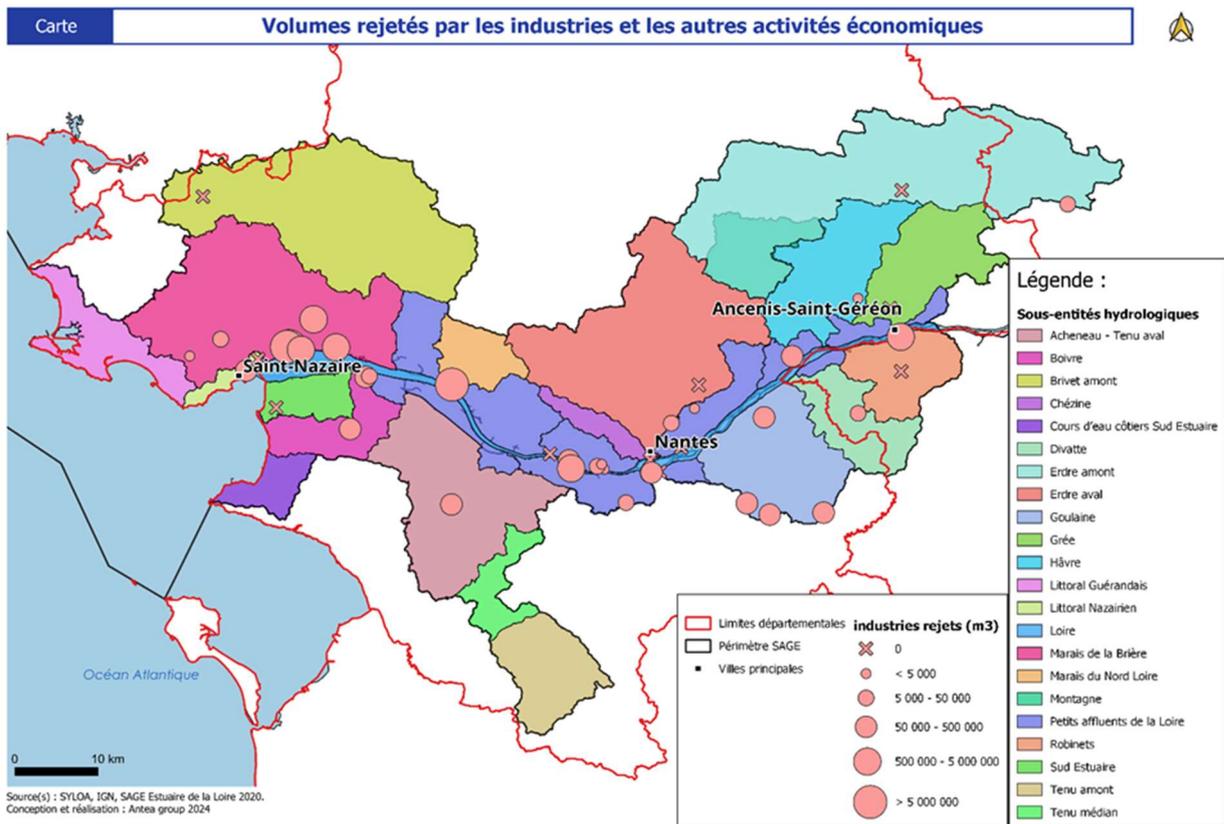


Figure 30 : Volumes moyens annuels rejetés par les activités économiques et industrielles (2019)

4.3 AGRICULTURE

Sur le bassin, 683 points de prélèvements ont été identifiés comme pouvant servir totalement ou partiellement à l'irrigation. Néanmoins, tous ne disposent pas de chronique de volumes. Ainsi, seulement 43% (293 points) disposent de volumes comptabilisés. Sur les 389 points restants, 160 (soit un peu moins d'un quart) disposent d'une information concernant le volume de prélèvement autorisé et 97 prélèvements effectués via un plan d'eau disposent d'une information de volume. Pour environ 20% des points de prélèvements, aucune information de volume ou aucune information fiable n'est disponible.

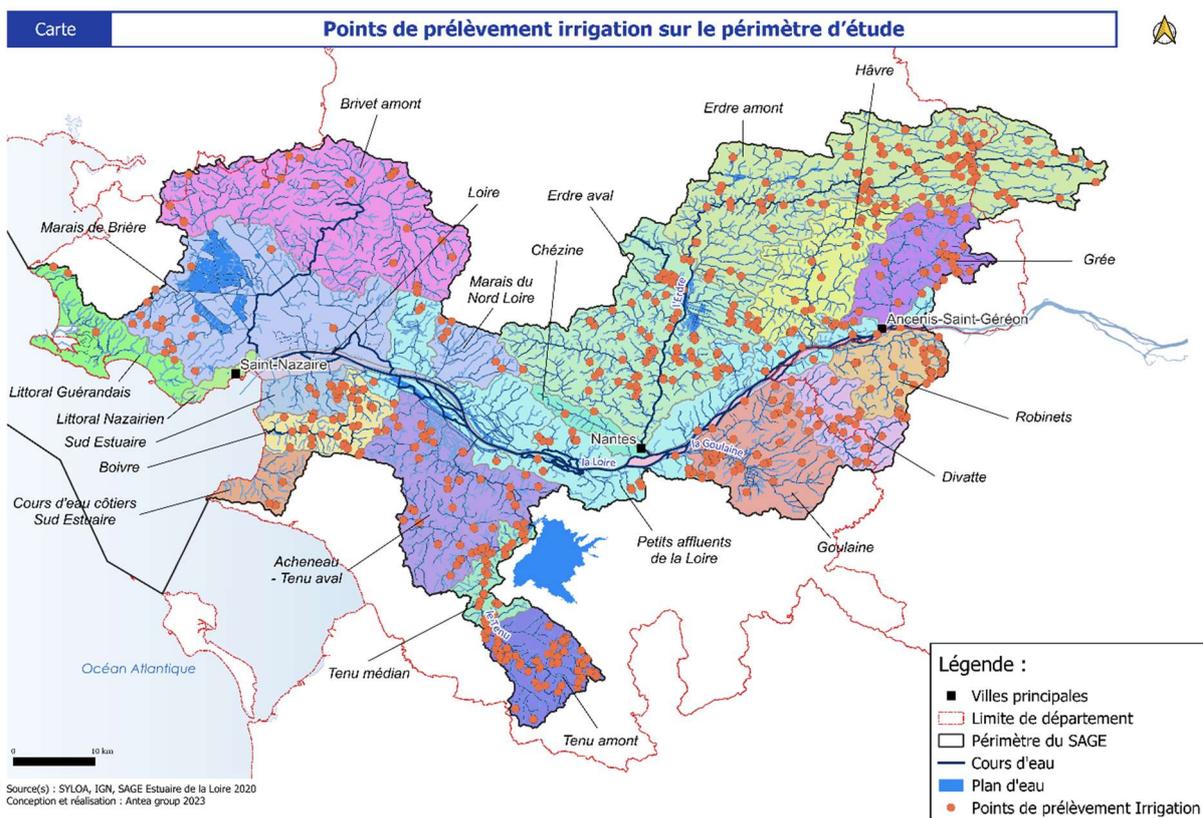


Figure 31 : Points de prélèvement irrigation sur le périmètre d'étude

Sur les dix dernières années (2010-2020), les prélèvements à destination de l'irrigation s'élèvent à environ 15,5 Mm³/an, sans montrer de tendance d'évolution, les volumes évoluant en partie selon les conditions climatiques. Les années 2012 (14,2 Mm³) et 2014 (14,8 Mm³), années réputées à tendance humide, sont celles qui enregistrent les plus faibles volumes de prélèvement irrigation avec moins de 15 Mm³ annuels. A l'opposé, 4 années se démarquent : 2015 et surtout la période 2017 à 2019 qui voient les volumes prélevés pour l'irrigation dépasser les 16 Mm³.

Les eaux superficielles sont la ressource majoritairement sollicitée avec près de 80% du volume (12,8 Mm³ en moyenne par an). De façon similaire à ce qui est observé sur les autres usages, la Loire et sa nappe alluviale reste la principale ressource utilisée avec un peu moins de 6 Mm³/an. L'Erdre est également fortement sollicitée avec près de 3,4 Mm³/an et notamment son secteur amont (2,5 Mm³/an en moyenne). Les Robinets (entité Divatte – Goulaine – Robinets) et le Tenu amont sont les 2 autres sous-entités sur lesquelles les prélèvements agricoles à des fins d'irrigation dépassent le million par an.

La ressource souterraine est quant à elle sollicitée à hauteur de 2,7 Mm³/an avec une majorité des prélèvements s'effectuant dans l'entité hydrogéologique du bassin versant de l'estuaire de la Loire (FRGG022). Les autres ressources souterraines du territoire restent peu sollicitées avec un volume annuel moyen 2010-2020 inférieur à 60 000 m³/an : seule l'entité des bassins versants tertiaires du socle armoricain (FRGG148) présente un volume avoisinant les 535 000 m³/an.

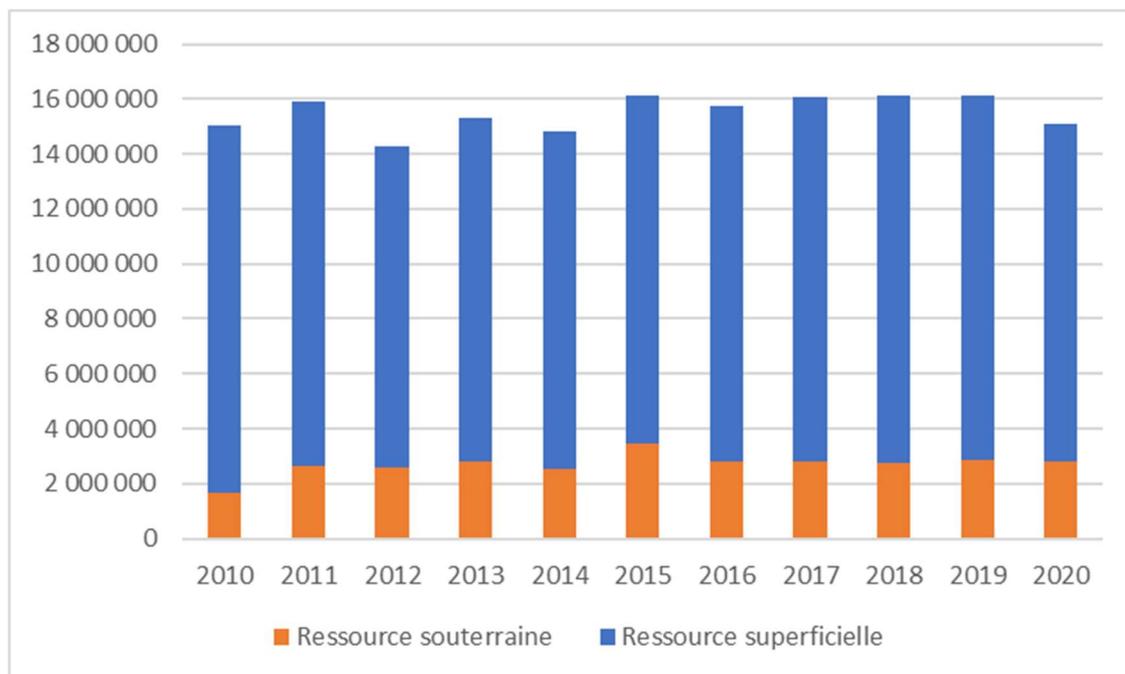


Figure 32 : Volumes annuels prélevés pour l'irrigation entre 2010 et 2020 (en m³)

L'évaluation des consommations en eau par l'abreuvement du bétail a été réalisée sur la base du Recensement Agricole 2020. Le **cheptel bovin** s'élève à 222 548 têtes sur le territoire d'étude et les cheptels d'ovins et caprins à respectivement 15 077 têtes et 6 646 têtes. Le cheptel porcin s'élève lui à 99 330 têtes contre 4 050 pour le cheptel équin et environ 6 000 têtes pour le cheptel de lapins. Enfin, environ 3,4 millions de volailles sont recensées.

D'un point de vue géographique, le cheptel bovin se répartit principalement entre les entités de l'Erdre, Brière-Brivet et de l'Acheneau Tenu. Au niveau des sous-entités, les effectifs sont majoritairement localisés sur l'Erdre amont, le Brivet amont, l'Acheneau-Tenu aval et, dans des proportions légèrement moins élevées, sur l'Erdre aval et les marais de la Brière. Le reste du cheptel est principalement disséminé sur les sous-entités Hâvre, Grée, Divatte et Tenu amont, la frange littorale présentant les effectifs les plus faibles.

Pour le **cheptel ovin**, l'Erdre amont avec un peu plus de 4 000 têtes (24% du cheptel) se démarque fortement des autres sous-entités. L'Acheneau-Tenu aval, le Brivet amont, l'Erdre aval et les deux sous-entités Hâvre et Grée concentrent le reste du cheptel avec chacune plus de 1 000 têtes recensées.

Le **cheptel caprin** se concentre principalement sur la sous-entité des Robinets avec environ 1 100 têtes de recensées. Cette sous-entité est d'ailleurs l'unique du territoire présentant un nombre de caprins supérieur à 1 000, les effectifs oscillant entre moins d'une dizaine d'animaux (7 sur la Chézine) et un peu moins de 1 000 sur le reste du territoire (936 sur l'Erdre amont).

L'Erdre amont, avec près de 33 000 têtes, représente plus d'un tiers du **cheptel porcin** du territoire d'étude. Les sous-entités suivantes recensent trois fois moins d'animaux avec environ 13 000 chacune pour les sous-entités Hâvre et Grée, et un peu moins de 10 000 pour l'Acheneau-Tenu aval. Le Brivet amont comporte également un effectif conséquent avec environ 8 000 têtes.

Six sous-entités concentrent 70% du **cheptel volaille**. L'Erdre amont est de loin celle qui comporte l'effectif le plus important avec environ 830 000 têtes (1/4 du cheptel). Les sous-entités Hâvre, Grée, Brivet amont et Tenu amont viennent ensuite avec des effectifs compris entre 330 000 et 410 000 têtes. Le reste des animaux est principalement localisé sur les quatre sous-entités Acheneau-Tenu aval, Erdre aval, Divatte et Robinets (20% du cheptel à elles 4).



Enfin, le cheptel de lapins présente de trop nombreux EPCI sous secret statistique pour pouvoir l'analyser.

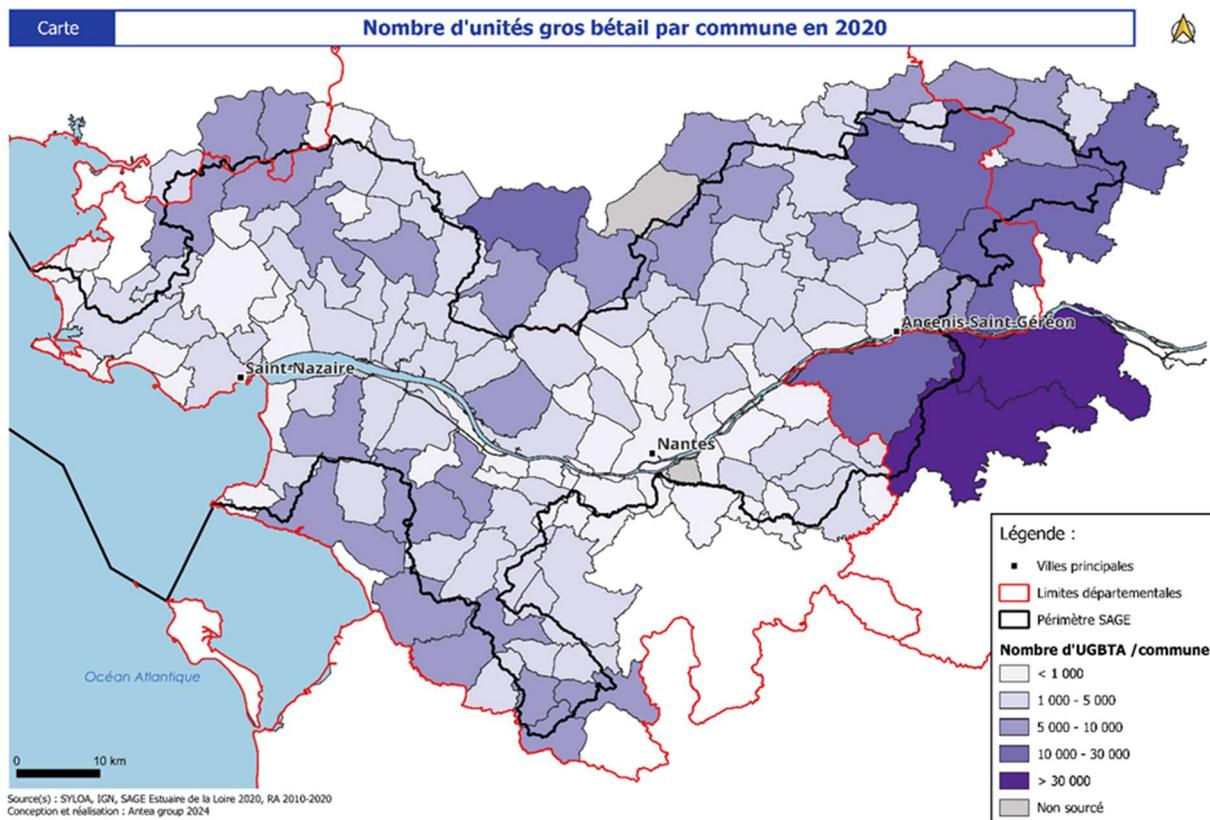


Figure 33 : Nombre d'UGB² par commune (source : RA2020)

Environ 6,79 Mm³/an d'eau seraient nécessaires pour l'abreuvement du bétail dont un peu plus de la moitié soit 3,53 Mm³/an (52%) prélevé dans le milieu.

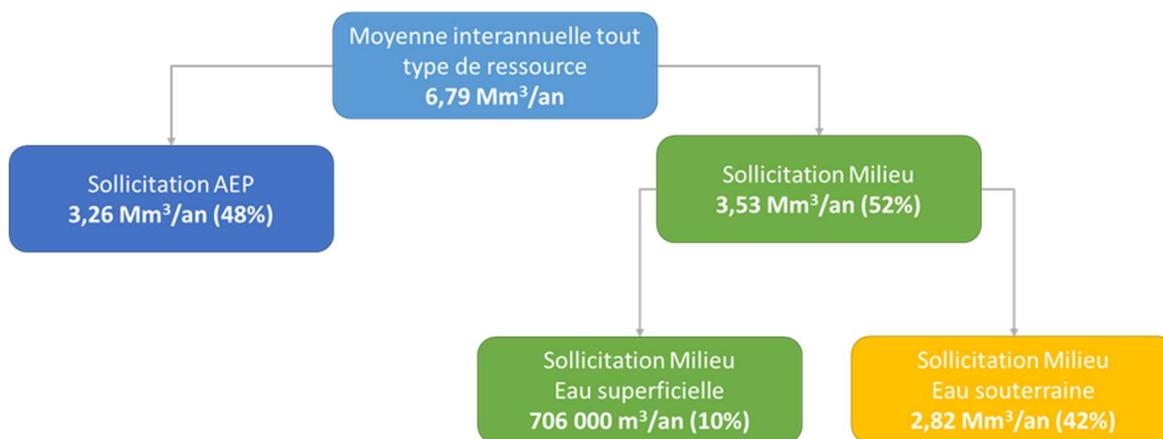


Figure 34 : Répartition des prélèvements liés à l'abreuvement par type de ressource

² L'UGB, Unité Gros Bétail, est une unité de référence permettant d'agréger le bétail de différentes espèces et de différents âges en utilisant des coefficients spécifiques établis initialement sur la base des besoins nutritionnels ou alimentaires de chaque type d'animal.

Les volumes prélevés dans le milieu sont en constante diminution en lien avec la réduction globale du cheptel et plus particulièrement celui du cheptel bovin. Ils évoluent ainsi d'un peu plus de 3,58 Mm³ en 2010 à 3,46 Mm³ en 2020, soit une baisse de 4%.

La sous-entité hydrogéologique FRGG022 - aquifère du bassin de l'estuaire de la Loire est celle concentrant le plus fort volume avec en moyenne 2,78 Mm³/an. Ce constat est à relier avec les hypothèses de répartition prises dans la méthodologie (voir cahier des méthodes).

Au niveau de la ressource superficielle, l'Erdre, Brière-Brivet et l'Acheneau-Tenu se démarquent en étant les seules entités hydrologiques avec des volumes moyens interannuels supérieurs à 100 000 m³/an. Ces 3 entités représentent par ailleurs environ 59% du volume total prélevé dans la ressource superficielle pour l'abreuvement. A l'inverse, l'entité hydrologique Littoral Guérandais et Nazairien est celle dont le volume prélevé est le plus faible avec en moyenne moins de 10 000 m³/an (6 100 m³/an).

Si l'on regarde plus en détail à l'échelle des sous-entités hydrologiques, l'Erdre amont est la seule sous-entité avec un volume de prélèvement interannuel supérieur à 100 000 m³/an (≈139 700 m³/an).

4.4 PRELEVEMENTS INDUITS PAR L'EVAPORATION DES PLANS D'EAU

Après croisement des différentes sources de données disponibles (DREAL, OFB...), le nombre de plans d'eau du territoire est estimé à environ 17 520 pour une surface totale de 67,6 km² ce qui représente 1,75% de la surface du périmètre du SAGE. Certaines entités ou sous-entités couvrant d'importante surface, il a été décidé de travailler à l'échelle plus fine des sous-unités d'évaluation du SAGE afin d'avoir une meilleure lecture de la problématique.

L'extrême aval du bassin versant et notamment les sous-entités Littoral Guérandais et Marais de Brière concentrent à la fois les unités d'évaluation avec la densité surfacique la plus importante mais également celles avec la densité numérique la plus élevée. La baie du Croisic et le ruisseau de Batz-sur-Mer se distinguent particulièrement, avec des valeurs nettement plus importantes que sur le reste du bassin versant.

Les secteurs à fortes composantes humides se démarquent également avec des densités surfaciques importantes. À titre d'exemple, sont mis en avant les grands étangs de l'Erdre amont (Vioreau, Poitevine...) mais également la Tourbière de Logné ou les marais de Mazerolles. En termes de densité numérique, si certains des secteurs mis en avant précédemment sont toujours visibles, d'autres parties du bassin se démarquent. C'est notamment le cas pour l'entité Hâvre-Grée et plus particulièrement l'aval du Grée (zone de marais) ou encore de la Divatte amont. De façon plus globale, une majorité de plans d'eau semblent implantés sur l'amont du bassin versant à l'est de la métropole nantaise.



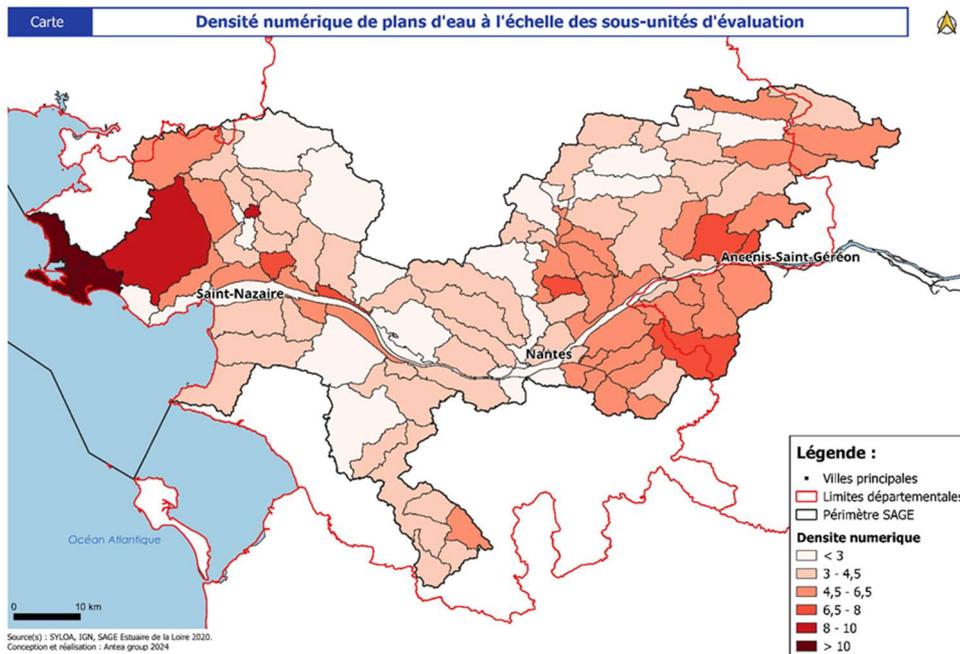
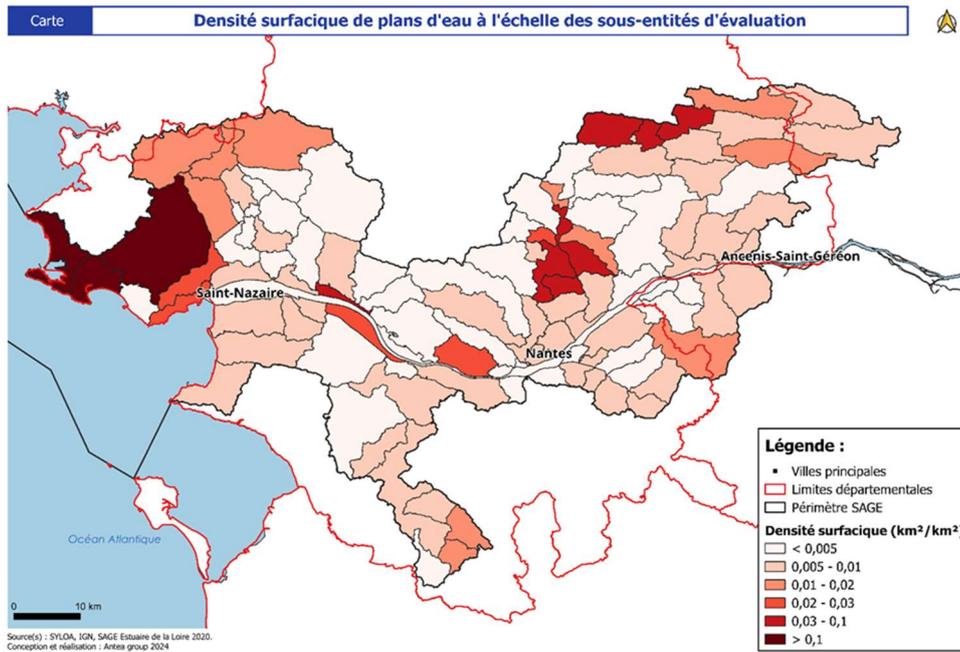


Figure 35 : Densités surfacique (gauche) et numérique (droite) de plans d'eau

Hors espace en eau de marais, l'image du bassin versant est tout autre. Ainsi, la densité numérique est divisée par 2 sur les sous-entités hydrologiques du littoral guérandais et le marais de la Brière, et a fortement diminué sur le Brivet amont. Elle reste cependant relativement élevée (entre 4,5 et 8 plans d'eau par km²) sur les sous-entités Goulaine et Robinets, et de façon plus ponctuelle sur le Grée (Grée aval), la Divatte (Divatte amont) et l'Erdre amont (Mandit, Croissel et sources de l'Erdre) et aval (secteur de Mazerolles).

En terme surfacique, l'ouest du territoire (Littoral guérandais et Marais de la Brière) se démarque toujours avec une densité supérieure à 0,1 km² de plans d'eau par km². A noter que le secteur des petits affluents de la Loire en aval de Nantes présente également une densité surfacique de plans d'eau avec plus de 0,02 km² de plans d'eau par km². Dans une moindre mesure, l'Erdre se distingue également avec une densité surfacique supérieure à 0,01 km² de plans d'eau par km².



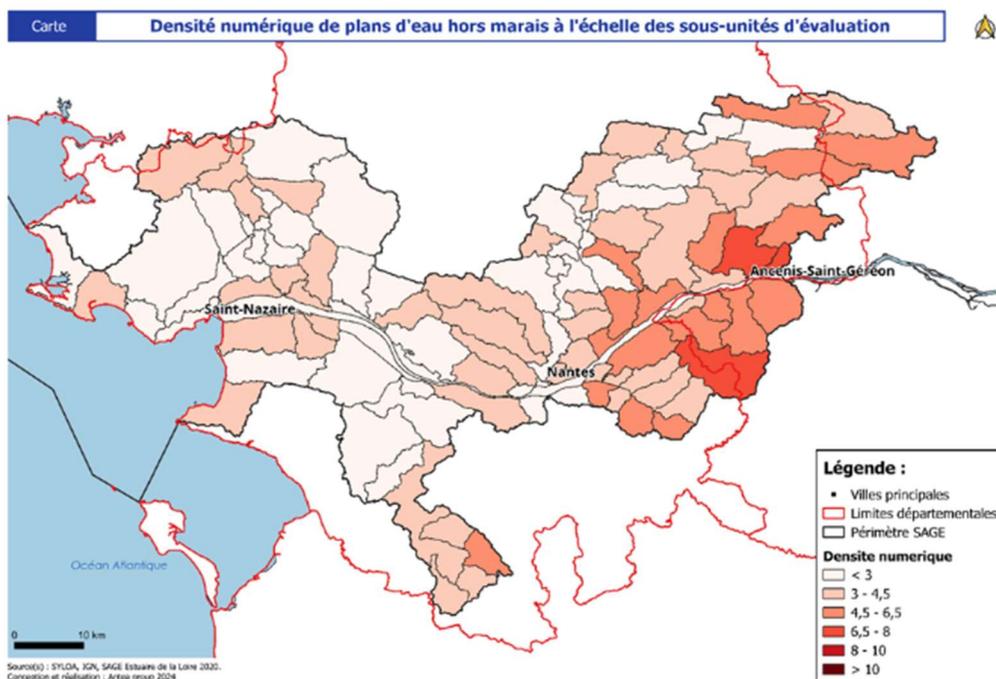
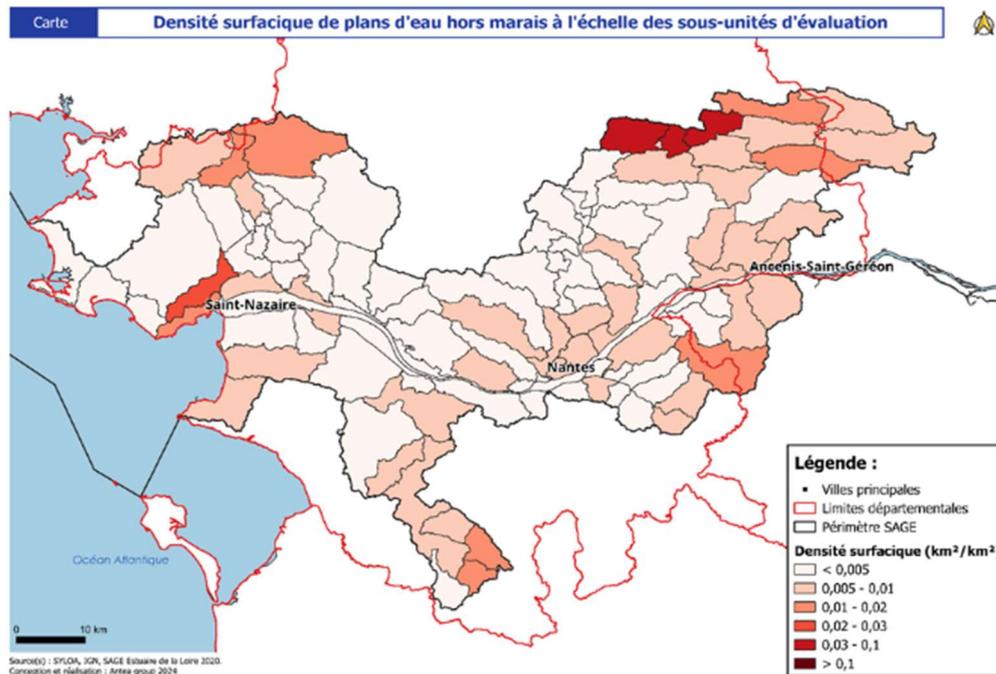


Figure 36 : Densités surfacique (gauche) et numérique (droite) de plans d'eau hors marais

Entre 2010 et 2020, les prélèvements induits par l'évaporation des plans d'eau oscillent entre 42,8 Mm³/an (2011) et 59,33 Mm³/an (2020) pour une valeur moyenne de l'ordre de 56,1 Mm³/an. Hors plans d'eau d'espace en eau de marais, le volume annuel moyen s'établit à 20,6 Mm³/an soit un peu plus d'un tiers (37%) du volume total tout plan d'eau confondu.

A l'échelle des sous-entités hydrologiques, celles du marais de la Brière (18,14 Mm³/an), du littoral guérandais (11,9 Mm³/an) de l'Erdre amont (6,63 Mm³/an) et aval (5,02 Mm³/an) ainsi que du Brivet amont (3,5 Mm³/an) se démarquent particulièrement sur le territoire. La présence d'importantes zones de marais ou zones humides (tourbières, boires...) et/ou de grands plans d'eau (Erdre amont) expliquent ce constat.

Hors plan d'eau en espace en eau de marais, l'Erdre amont présente le volume moyen annuel le plus important avec environ 6,52 Mm³/an entre 2010 et 2020, volume fortement porté par les 3 grands plans d'eau (Vioreau, Provostière, Poitevine) localisés sur le nord-ouest de la sous-entité. Vient ensuite la sous-entité du Brivet amont avec un volume deux fois moins important autour de 2,8 Mm³/an. Les sous-entité du marais de Brière avec 1,59 Mm³ et de l'Erdre aval avec 1,42 Mm³ sont les 2 seules autres sous-entités du territoire pour lesquelles le volume dépasse le million par an.

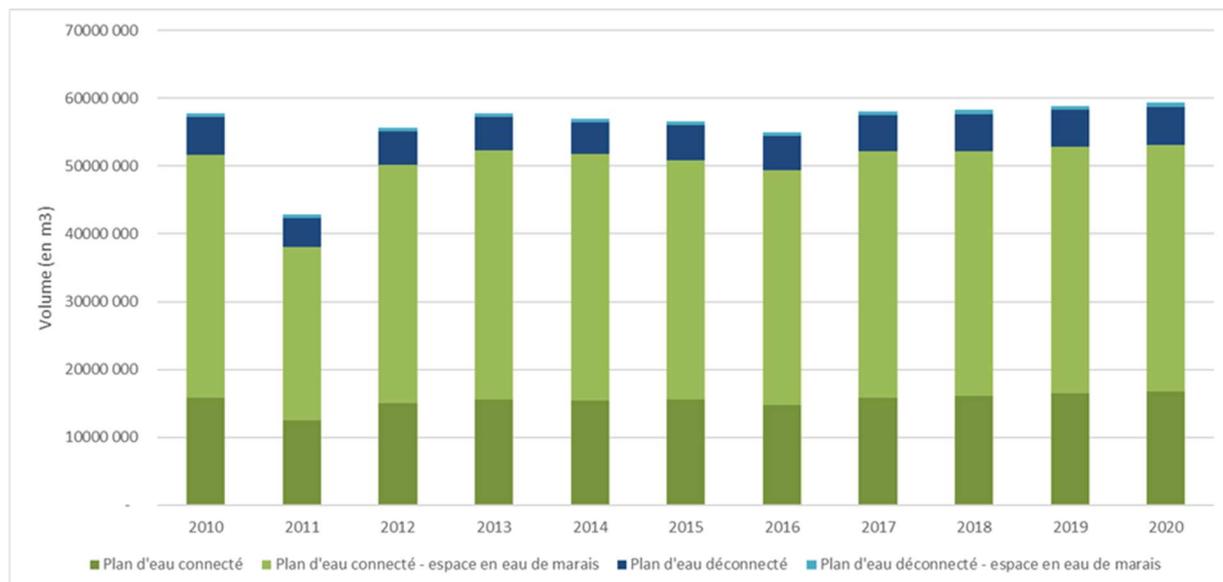


Figure 37 : Volumes moyens annuels induits par l'évaporation des plans d'eau entre 2010 et 2020

4.5 ASSAINISSEMENT (COLLECTIF ET NON COLLECTIF)

Sur le territoire du SAGE Estuaire de la Loire, 184 stations d'épuration représentant une capacité épuratoire de 1,68 M d'Équivalent Habitant sont recensées et restituent au milieu environ 75,7 Mm³/an.

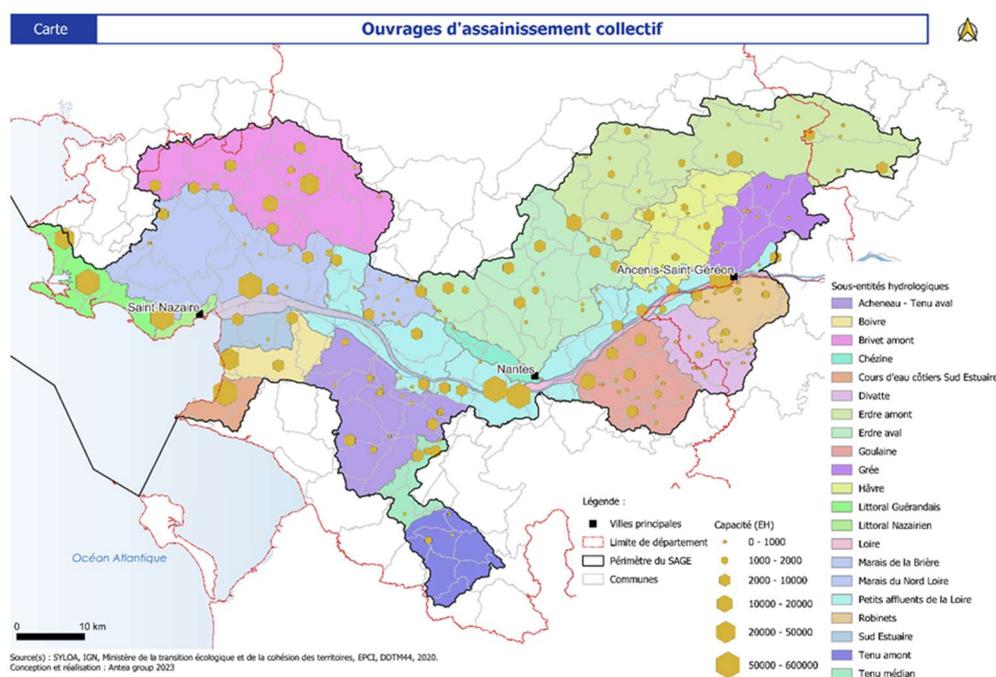


Figure 38 : Ouvrages d'épuration implantés sur le territoire du SAGE

Environ 14% de ce flux (10,1 Mm³) est restitué directement dans l’océan, avec notamment les ouvrages d’épuration de la Baule (178 000 EH), la Turballe (40 000 EH) ou encore Saint-Nazaire (102 000 EH).

La Loire est la sous-entité profitant le plus de ces restitutions avec pas moins de 55,8 Mm³/an (74%) en moyenne sur la période 2010-2020. Ce flux provient principalement des ouvrages d’épuration de l’agglomération nantaise (Tougas 600 000 EH et Petite Californie 180 000 EH) et dans une moindre mesure de Saint-Nazaire Est (75 000 EH), Ancenis (78 330 EH) et Basse-Goulaine (Île Chaland 19 400 EH). Cinq autres sous-entités enregistrent des restitutions de la part des ouvrages d’assainissement collectifs supérieures à 1 Mm³/an :

- Le Brivet amont (1,6 Mm³/an) dont le flux est porté par les ouvrages de Sainte-Anne-sur-Brivet (36 250 EH) et Pontchâteau (12 000 EH) ;
- Le Marais de Brière recevant en moyenne 1,03 Mm³/an dont la majorité provenant des ouvrages de la Chapelle des marais et de Saint Lyphard (Belle Fontaine) ;
- L’Acheneau Tenu aval avec un volume d’environ 1,1 Mm³/an dont la moitié provenant de la station de Sainte Pazanne (Herpinière) ;
- Les deux sous-entités de l’Erdre avec respectivement 1,6 Mm³ sur l’amont et 1,1 Mm³ sur l’aval. Si sur l’Erdre amont le volume est principalement porté par les 2 stations de plus de 10 000 EH : les mares noires à Nort-sur-Erdre (11 300 EH) et la station de Saint Mars la Jaille (13 000 EH), la configuration observée sur l’Erdre aval est légèrement différente. Sur cette dernière, aucun ouvrage conséquent (>10 000 EH) ne rejette mais plusieurs stations (7) comprises entre 2 000 et 10 000 EH sont présentes (Candé 5000 EH, Treillières 8 400 EH, Ligné 4 700 EH...).

Sur les 158 communes qui composent le territoire d’étude, le nombre d’installations d’assainissement non collectif (ANC) n’a pu être récupéré que sur seulement sur 132 (environ 85%).

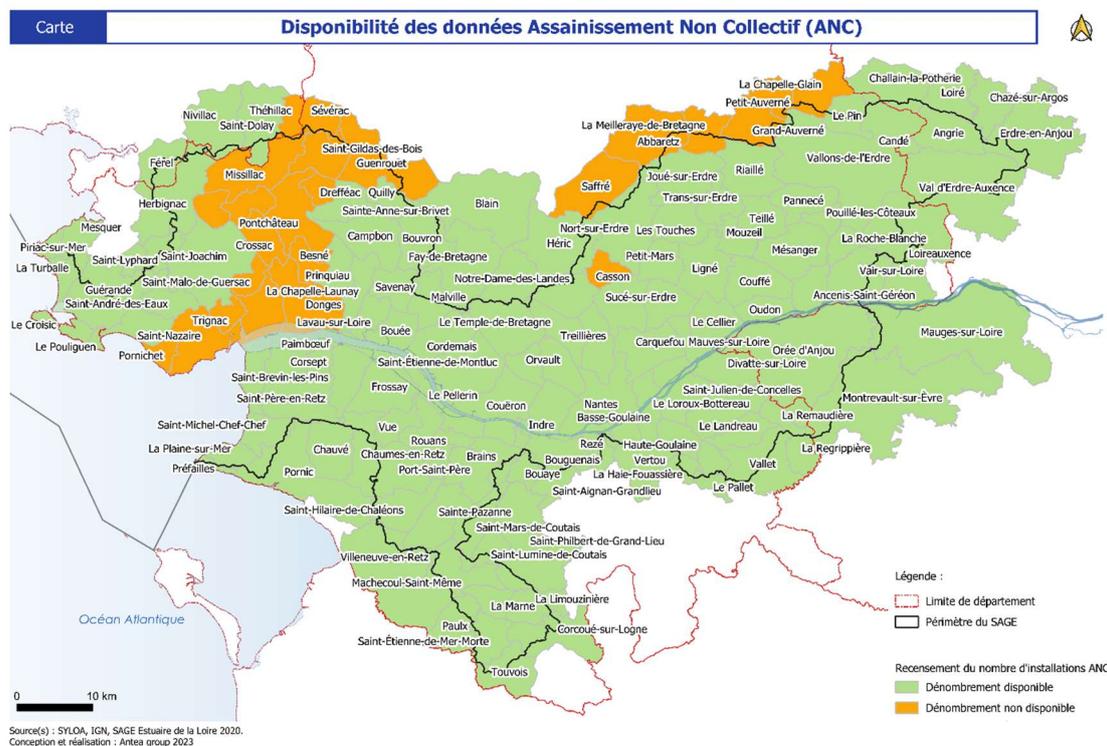


Figure 39 : Disponibilité des données relatives à l’Assainissement Non Collectif

Pour rappel, il a été considéré que seul 30% du flux généré par l’assainissement non collectif en période hivernal arrivait jusqu’au cours d’eau et que les assainissements non collectifs par infiltration ne

restituaient aucun volume vers la nappe, l'eau étant principalement stockée dans les premiers horizons du sol.

Ainsi, environ 851 166 m³/an sont restitués sur le bassin par l'assainissement non collectif. L'Erdre amont est la sous-entité dont le volume restitué est le plus important avec 141 022 m³. A noter que la sous-entité de l'Erdre aval cumule également presque 100 000 m³ de restitution ce qui en fait la seconde plus importante du bassin. 5 autres sous-entités (la Goulaine, le Brivet amont, le marais de Brière et le Hâvre et dans une moindre mesure l'Acheneau-Tenu aval) présentent également des restitutions supérieures à 50 000 m³/an avec respectivement environ 78 000 m³, 77 000 m³ et 87 000 m³.

Les volumes restitués en lien avec cet usage restent toutefois nettement moins importants que les restitutions liées à l'industrie & autres activités économiques, et à l'assainissement collectif.

4.2 AUTRES USAGES

Le **réservoir de Vioreau** situé sur la commune de Joué-sur-Erdre (44) est un lac artificiel pouvant contenir jusqu'à 7,45 Mm³. Il a pour rôle principal l'alimentation du canal de Nantes à Brest qu'il rejoint par le biais d'une rigole d'alimentation longue de 21,3 km. En fin d'année 2022, le réservoir de Vioreau a été vidangé afin de permettre le déroulement de travaux de consolidation du barrage. Ceux-ci se sont déroulés au cours de l'année 2023 et en janvier 2024, le réservoir a commencé à être remis en eau.

Sur les 4 dernières années, seules années où de la donnée fiable est disponible, le volume prélevé dans le réservoir de Vioreau s'élève en moyenne à 2,3 Mm³ /an. Toutefois, des fluctuations importantes existent d'une année sur l'autre avec 1,75 Mm³ prélevé en 2017 contre 2,99 Mm³ en 2018.

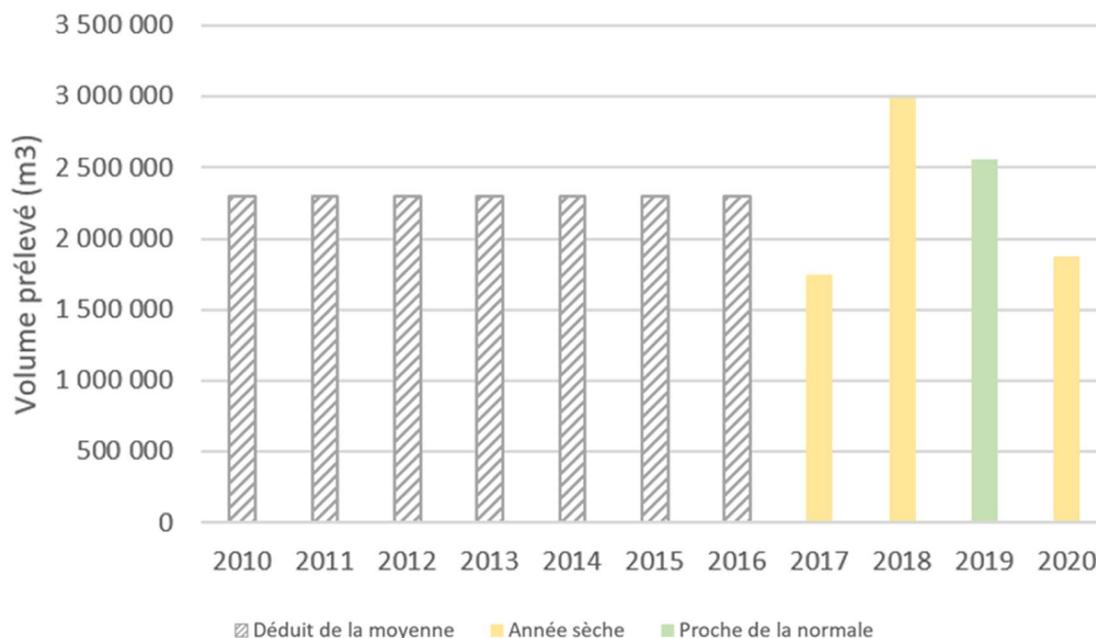


Figure 40 : Volumes prélevés dans le réservoir du Vioreau entre 2010 et 2020

La **station de pompage de la Pommeraie** localisée sur la rivière du Tenu permet, en période estivale, de maintenir humide les 10 500 ha du Marais Breton sur la baie de Bourgneuf.

Entre 2010 et 2020, se sont en moyenne 9 292 179 m³ qui sont prélevés par an pour la réalimentation du Marais Breton. L'année 2010 est celle qui enregistre le plus fort volume avec plus de 12,5 Mm³ contre 6,7 Mm³ pour 2018. Logiquement, la période de juin à septembre concentre l'essentiel du volume prélevé et notamment le mois d'août qui a lui seul représente 32% du volume annuel



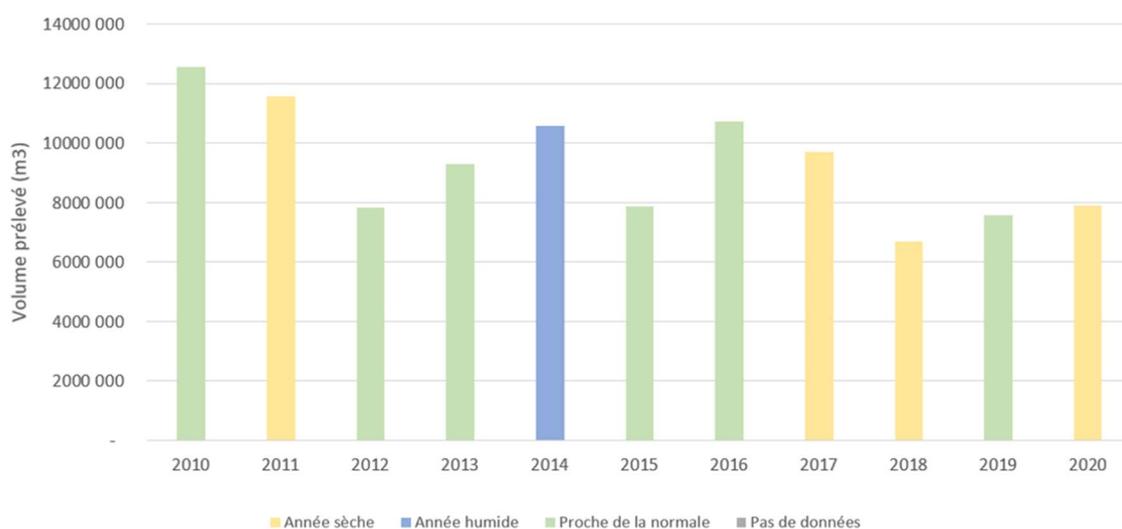


Figure 41 : Volumes annuel prélevés par la station de pompage de la Pommeraié

4.3 USAGES ECONOMIQUES ET DE LOISIRS EN LIEN AVEC LA RESSOURCE EN EAU

Parmi les usages de l'eau, certaines activités économiques ou de loisirs ne prélèvent pas ni ne restituent d'eau au milieu. Néanmoins, elles restent tributaires de la ressource en eau afin de pouvoir être exercées. Plusieurs activités sont ainsi recensées sur le périmètre d'étude avec notamment :

- /// Quelques établissements de pisciculture d'élevage (4 établissements)
- /// Les 2 grandes zones de production conchylicole des Traicts de Pen Bé (4 032 tonnes de coquillages vendus en 2020) et du Croisic, et le secteur de la Plaine sur mer (762 tonnes de moules vendues à des fins de consommation en 2020).
- /// La pêche professionnelle à pied (43 permis nationaux de pêche professionnelle et 2023 licences de distribuées par l'administration en 2021) ;
- /// La pêche professionnelle fluviale et estuarienne : En 2023, 24 pêcheurs fluviaux et 78 marins pêcheurs professionnels se partageaient la zone entre Saint-Nazaire et Ancenis.
- /// La pêche professionnelle maritime : En 2020, 134 navires immatriculés étaient dénombrés en Loire-Atlantique pour environ 438 marins pêcheurs. Par ailleurs, les criées de la Turballe et du Croisic occupent respectivement le 10^{ème} et 14^{ème} rang national en termes de valeur.
- /// La pêche de loisir : 21 Associations Agréées de Pêche et de Protection des Milieux Aquatiques (AAPPMA) ont en charge au moins un lot de pêche localisé sur le territoire d'étude. Un peu moins de 32 000 pratiquants étaient recensés en Loire Atlantique en 2021.
- /// La pêche à pied de coquillages : 14 zones de pêche jonchant la façade maritime du territoire.
- /// La navigation fluviale autorisée sur l'Erdre et la Loire
- /// La navigation littorale : le territoire comprenant 8 ports de plaisance et le grand port maritime de Saint Nazaire (4^{ème} grand port français)
- /// Diverses zones de baignade référencées et d'activités nautiques (canoë-kayak, aviron...)

4.4 BILAN

Figure 42 : Prélèvements nets moyens à l'échelle des sous-entités hydrogéologiques (résultats non consolidés)

A l'échelle du périmètre du SAGE Estuaire de la Loire, en moyenne plus d'un milliard de m³ (1 062 Mm³) sont prélevés chaque année au cours des dix dernières années (2010-2020) dans l'ensemble des ressources superficielles et souterraines.



Les prélèvements industriels, activité énergétique comprise, constituent le pôle de prélèvement principal avec près de 87% (environ 891 Mm³/an) du volume total du bassin versant. L'AEP constitue le second pôle de prélèvement avec 8,6% du volume moyen chaque année. Pour le reste des usages du territoire (irrigation, abreuvement...), leurs volumes prélevés sont tous inférieurs ou égaux à 2% du volume moyen annuel.

Environ 974 Mm³ sont restitués au milieu chaque année sur la période 2010-2020. Le secteur industriel est le principal contributeur via le secteur énergétique, avec un peu plus de 92% (898 Mm³/an) du volume moyen annuel rejeté sur le territoire. Les rejets des stations d'épurations domestiques constituent l'essentiel du volume restant, l'assainissement non collectif (ANC) représentant moins de 1% (862 000 m³).

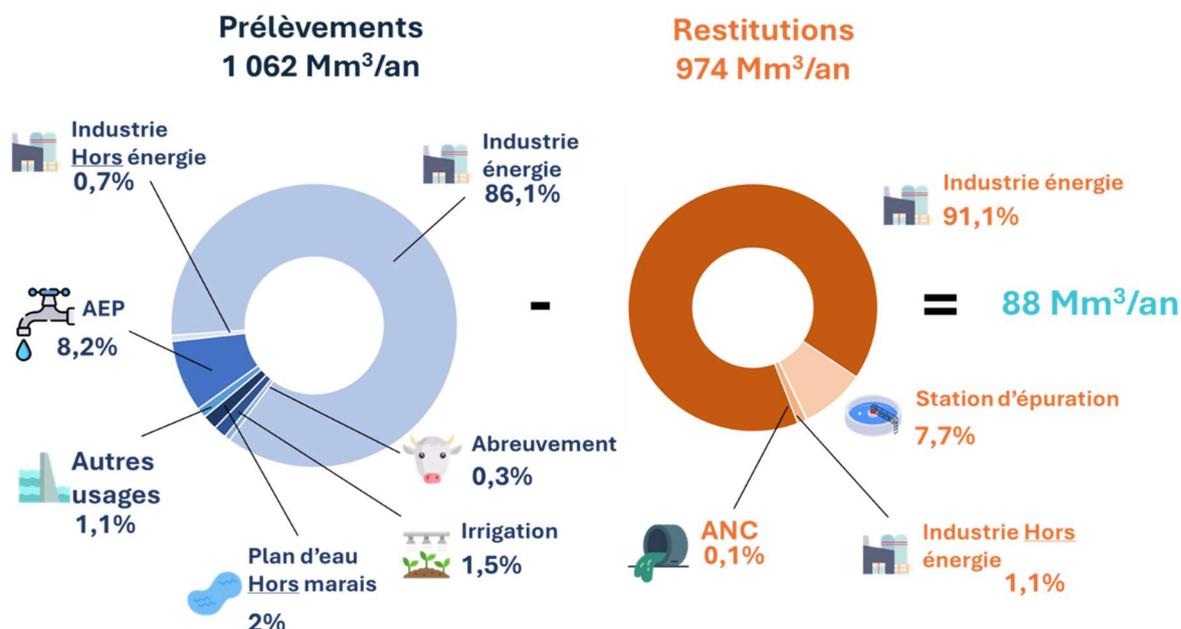


Figure 43 : Schématisation de la sollicitation interannuelle toutes ressources en eau confondues (superficielle et souterraine)

Hors activité industrielle énergétique, l'AEP est le principal usage préleveur du bassin versant avec en moyenne 60% du volume annuel soit 84,3 Mm³/an. Les restitutions sont essentiellement assurées par les ouvrages d'épurations avec un volume moyen annuel avoisinant les 75 Mm³ (87%).

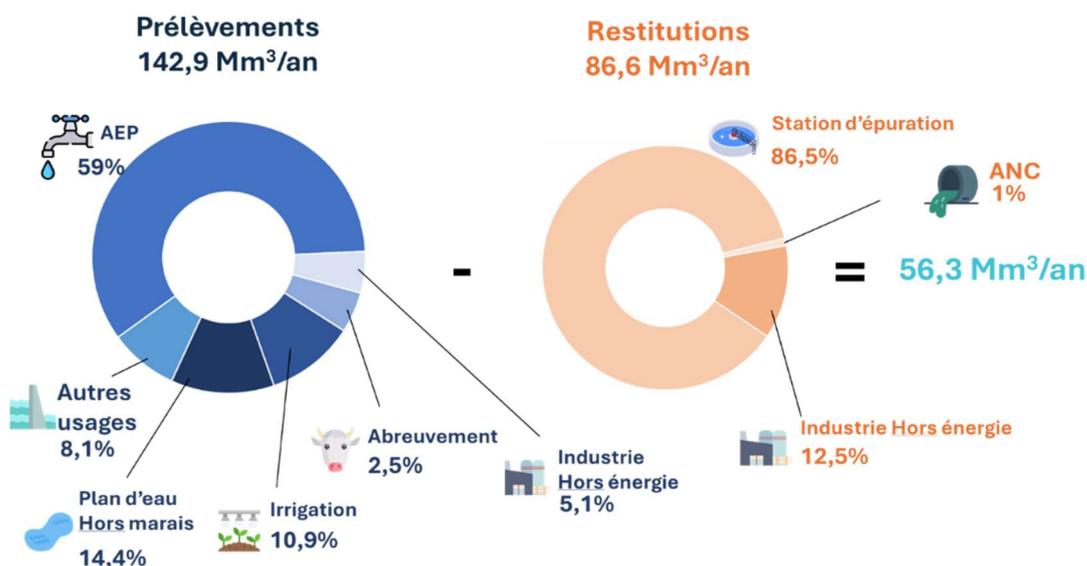


Figure 44 : Schématisation de la sollicitation interannuelle toutes ressources en eau confondues (superficielle et souterraine) hors activité industrielle énergétique

En termes de temporalité, l'année peut se diviser en 2 périodes bien distinctes :

- Une première allant d'avril à septembre sur laquelle les prélèvements sont les plus importants avec des volumes supérieurs à 10 Mm³/mois et les restitutions les plus faibles (<7 Mm³).
- Une seconde, sur le reste de l'année, où les prélèvements sont moins importants de l'ordre de 8,6 Mm³ et les restitutions plus fortes (environ 8,3 Mm³).

Seuls les mois de janvier et février affichent un bilan excédentaire avec des restitutions au milieu plus élevées que les prélèvements. Le reste de l'année, les volumes prélevés sont systématiquement supérieurs aux restitutions.

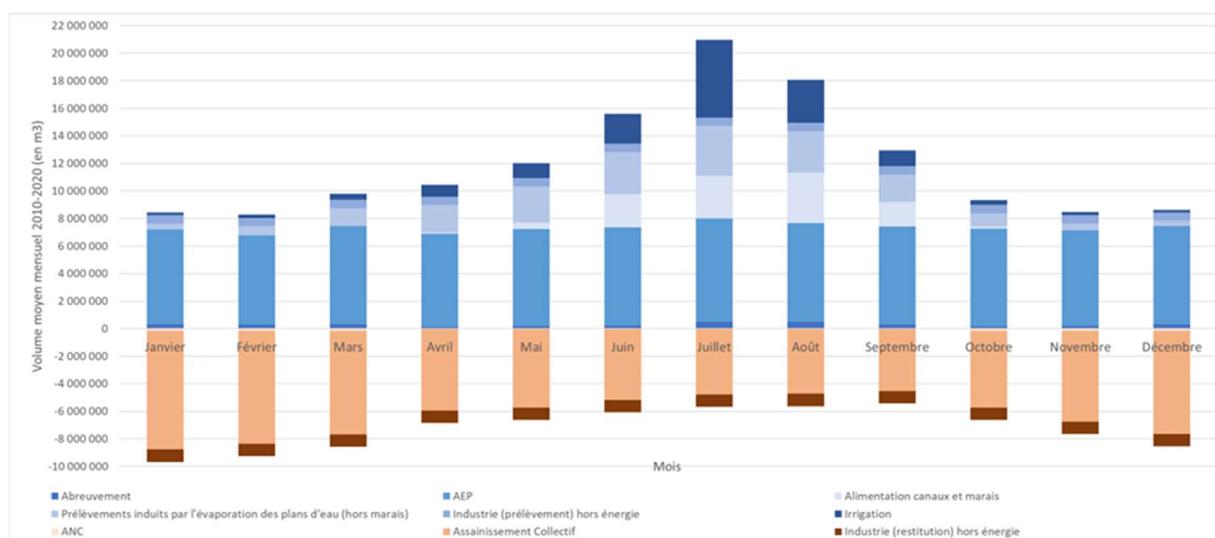


Figure 45 : Répartition moyenne mensuelle interannuelle des prélèvements et restitutions à l'échelle du bassin versant de l'estuaire de la Loire (hors activité industrielle énergétique)

Hors activité industrielle énergétique, en moyenne 102 Mm³ sont prélevés tous les ans dans la ressource superficielle. En termes de répartition selon les usages, un constat similaire à celui fait sur le bassin peut être posé. En ce qui concerne les restitutions, toutes se font dans les eaux superficielles avec un volume moyen annuel s'élevant à 86,6 Mm³/an.

Finalement, les prélèvements nets interannuels dans les eaux superficielles s'élèvent donc en moyenne à 15,6 Mm³/an entre 2010 et 2020 sur le bassin versant de l'estuaire de la Loire. S'il est fait abstraction des rejets en mer, ce chiffre monte à 25,7 Mm³/an.

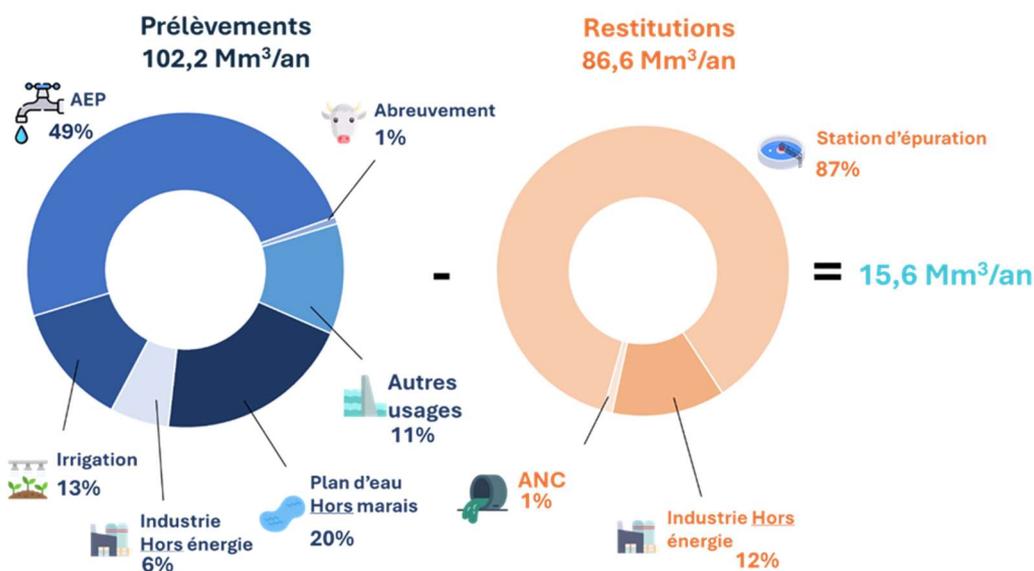


Figure 46 : Schématisation de la sollicitation interannuelle de la ressource en eau superficielle (hors activité industrielle énergie)

Les prélèvements dans la ressource souterraine s'élèvent à environ 40,7 Mm³/an pour des restitutions nulles. Les prélèvements nets annuels sont donc égaux aux prélèvements bruts.

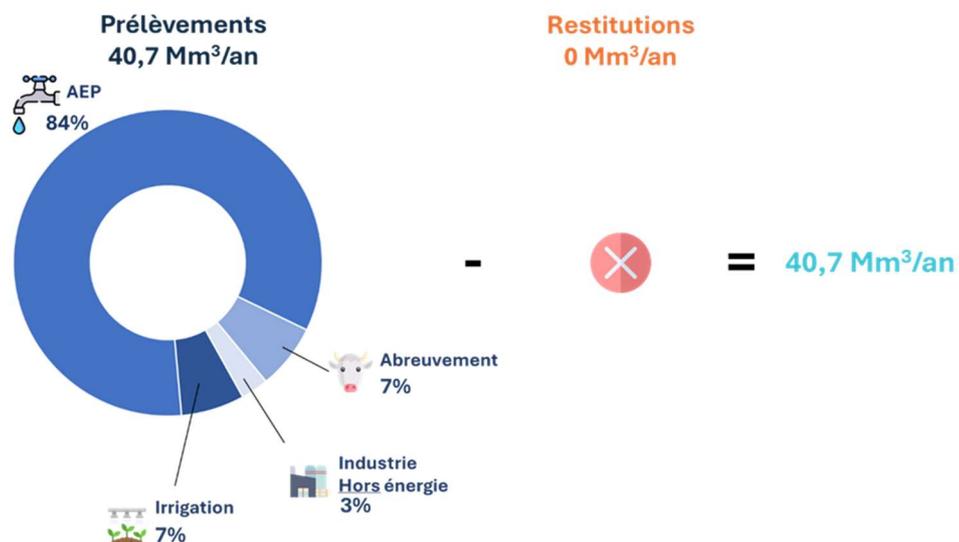


Figure 47 : Schématisation de la sollicitation interannuelle de la ressource en eau souterraine (hors activité industrielle énergie)



ÉTUDE PORTÉE PAR :



AVEC LA PARTICIPATION FINANCIÈRE DE :



ET L'ACCOMPAGNEMENT DU BUREAU D'ÉTUDE :

