

SAGE ESTUAIRE DE LA LOIRE

ÉTUDE HYDROLOGIE MILIEUX USAGES CLIMAT (HMUC)

COMITÉ DE PILOTAGE



DÉROULÉ DE LA PRÉSENTATION



Rappels des étapes de l'étude



Climat actuel et évolutions climatiques



Hydrologie - Hydrogéologie



Usages



Milieux



Prochaines étapes

RAPPELS & ÉLÉMENTS DE CONTEXTE

RAPPEL DES ÉTAPES DE L'ÉTUDE

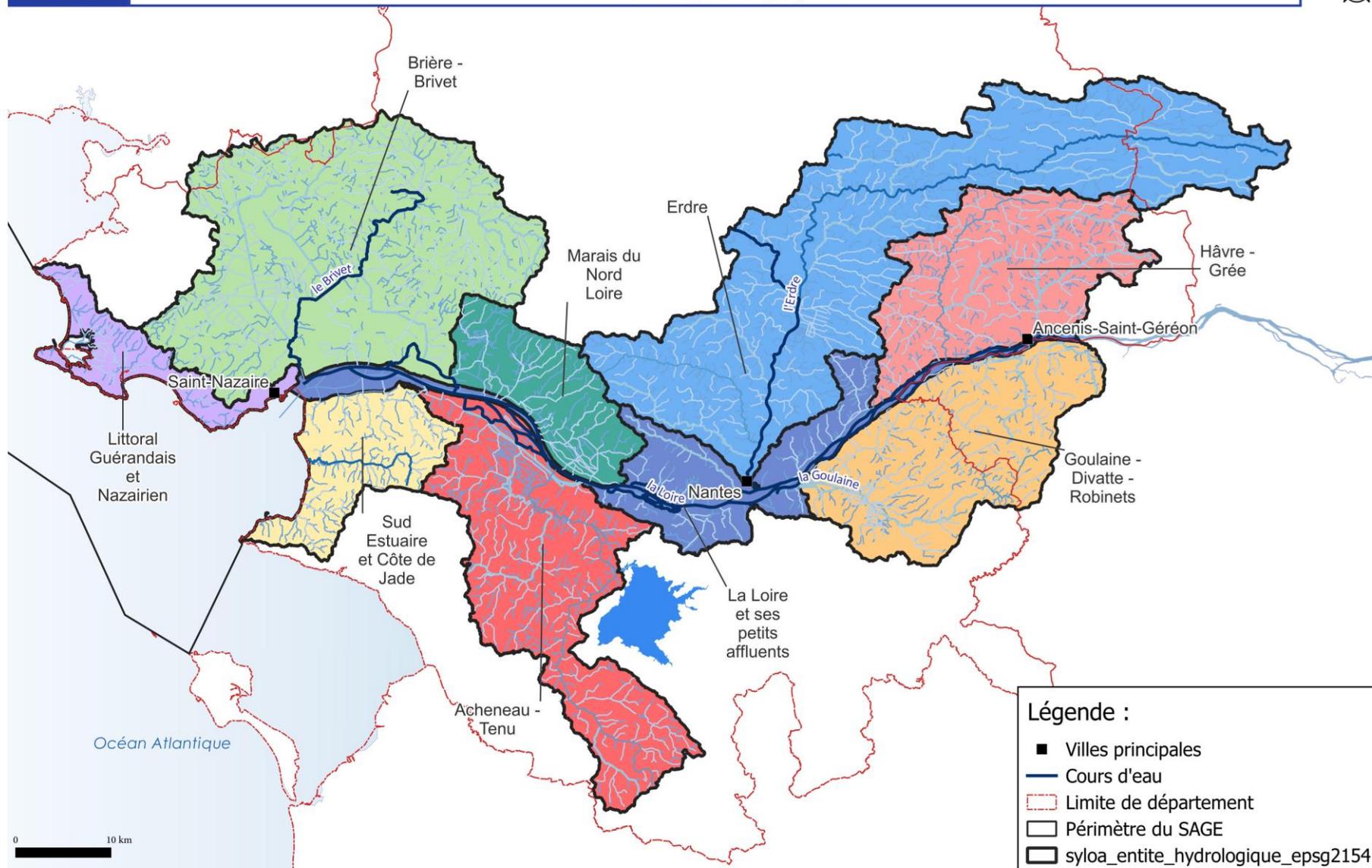
4 PHASES :

- 1 **Appropriation du territoire**
- 2 **État initial et diagnostic des 4 volets puis croisement** 
- 3 Définir les débits objectifs d'étiage, proposer des scénarios de volumes prélevables, étudier les conditions de prélèvements hivernaux pour caractériser les entités
- 4 Identifier les limites de l'étude et évaluer les perspectives

RAPPEL DU DÉCOUPAGE DU TERRITOIRE EN ENTITÉS

Carte

Entités hydrologiques



Légende :

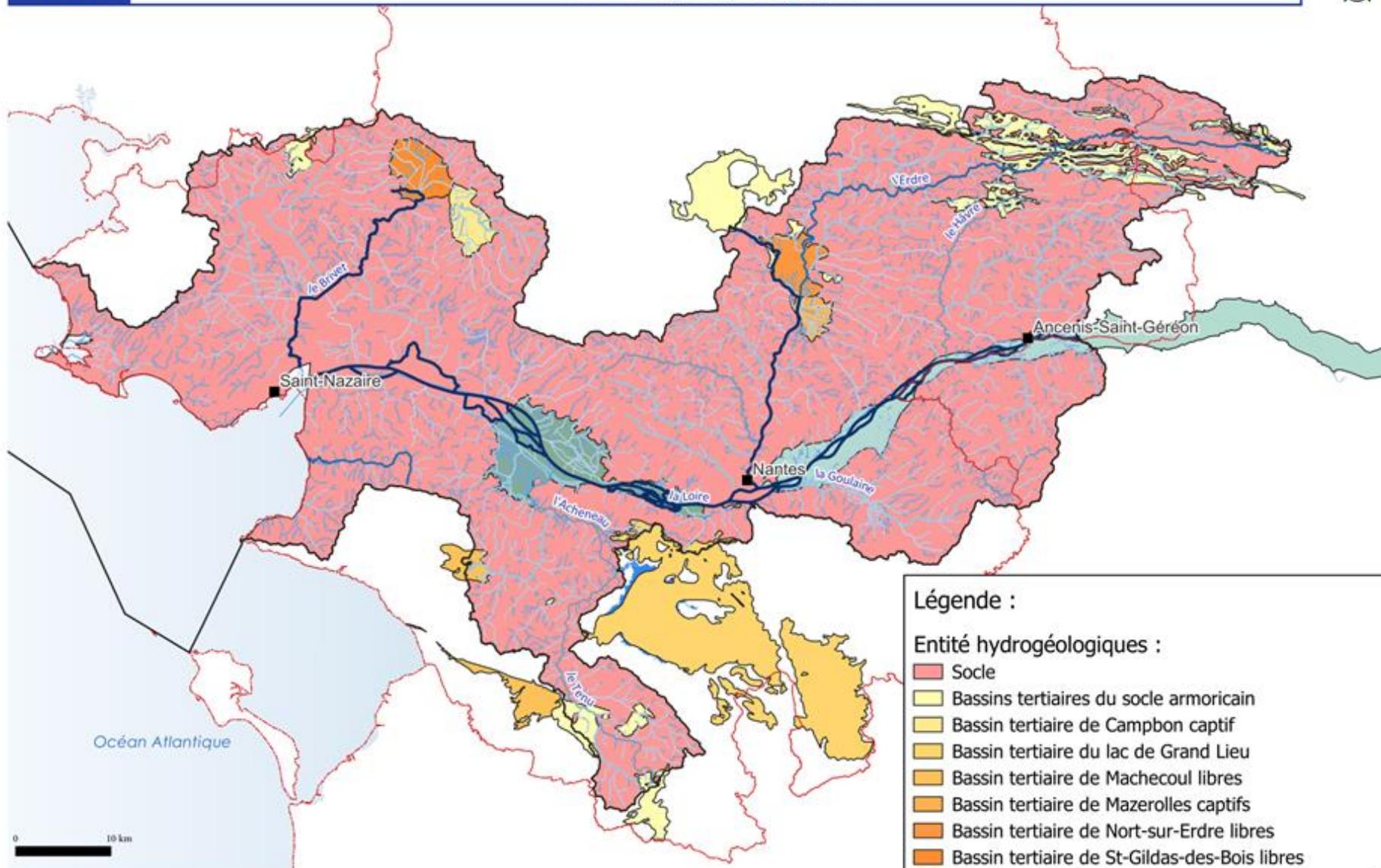
- Villes principales
- Cours d'eau
- Limite de département
- Périètre du SAGE
- syloa_entite_hydrologique_epsg2154

Source(s) : SYLOA, IGN, SAGE Estuaire de la Loire 2020.
Conception et réalisation : Antea group 2022

RAPPEL DU DÉCOUPAGE DU TERRITOIRE EN ENTITÉS

Carte

Entités hydrogéologiques



Légende :

Entité hydrogéologiques :

- Socle
- Bassins tertiaires du socle armoricain
- Bassin tertiaire de Campbon captif
- Bassin tertiaire du lac de Grand Lieu
- Bassin tertiaire de Macheroul libres
- Bassin tertiaire de Nort-sur-Erdre libres
- Bassin tertiaire de St-Gildas-des-Bois libres
- Alluvions de la Loire en amont de Nantes (sous entité)
- Alluvions de la Loire en aval de Nantes (sous-entité)

0 10 km

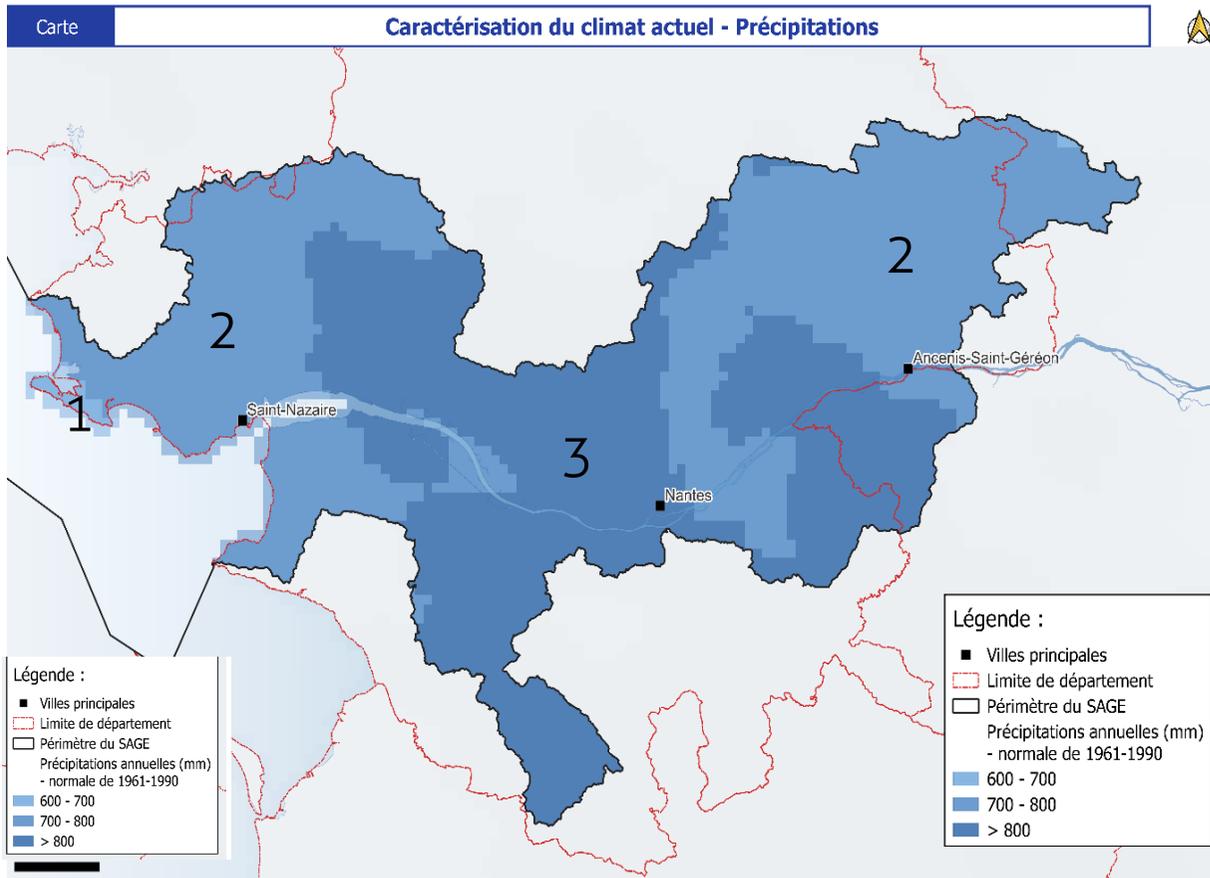
Source(s) : SYLOA, IGN, AELB, BDLISA
Conception et réalisation : Antea group 2022

CARACTÉRISATION DU CLIMAT

CLIMAT PASSÉ ET ACTUEL - PRÉCIPITATIONS



- Cumul annuel médian : entre 695 mm (Nort sur Erdre) et 744 mm (Nantes Bouguenais)
- Cumul mensuel les plus importants : période d'octobre à janvier

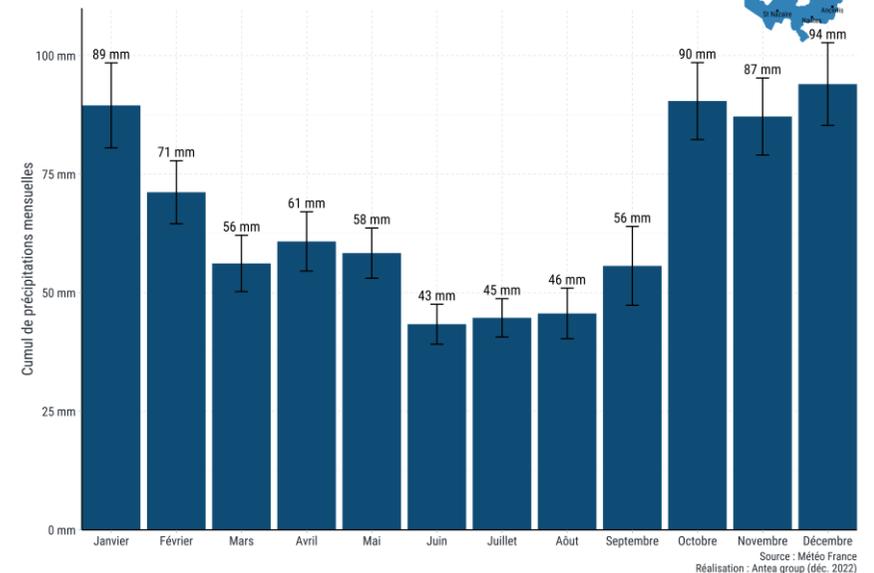


Source(s) : SYLOA, IGN, DIGITALIS SYLVAE
Conception et réalisation : Antea group 2023

3 zones distinctes :

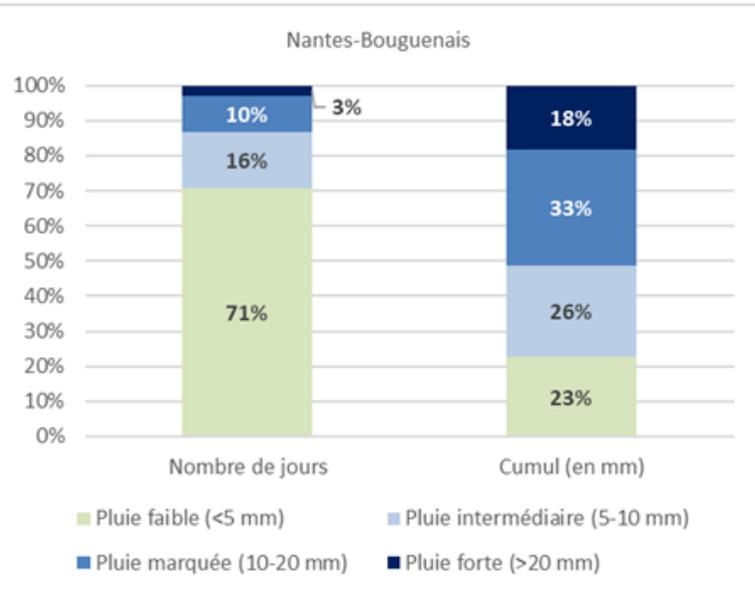
1. Extrême ouest (entre 600 et 700 mm)
2. Frange maritime et amont du bassin (entre 700 et 800 mm)
3. Centre du bassin (> 800mm)

Normales (1985 - 2016) des cumuls des précipitations mensuelles



CLIMAT PASSÉ ET ACTUEL - PRÉCIPITATIONS

Intensité des pluies :



- En moyenne, il pleut un jour sur deux
- Les $\frac{3}{4}$ des jours de pluie sont de faibles intensité (< 5mm)
- 10% des jours de pluie génère 50% du cumul annuel
- Les pluies marquées (10 à 20 mm) et fortes (>20 mm) sont concentrées sur les mois d'octobre et novembre.



- Cumuls annuels : absence d'évolution significative
- Cumuls mensuels : -0,5mm/an en septembre sur la station de Nantes Bouguenais.



Années sèches :

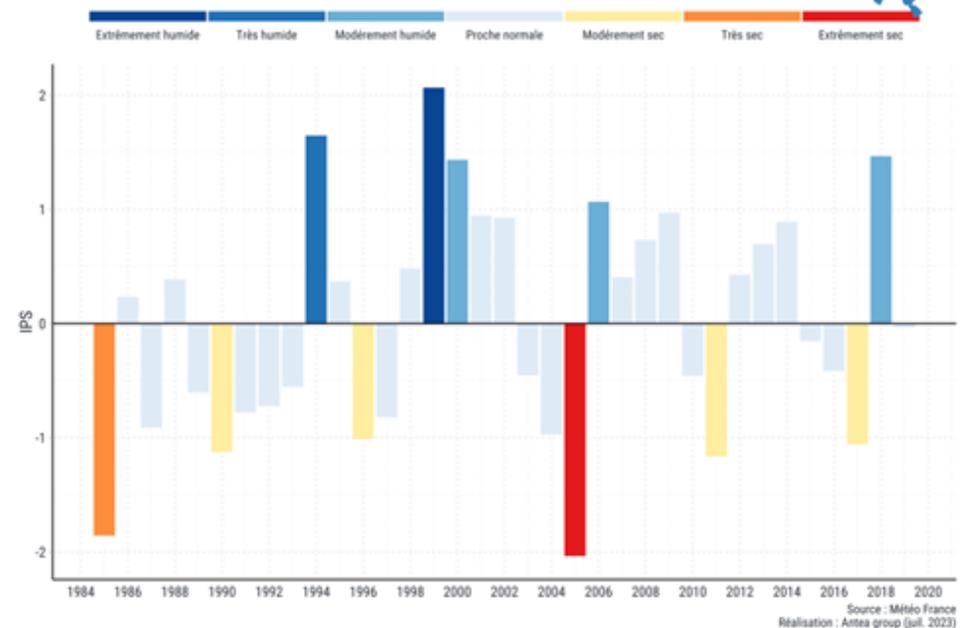
- 1985 & 2015
- 1990, 1996, 2011 & 2017



Années humides :

- 1994 & 1999 (année de plus forts cumuls)
- 2000, 2006 & 2018

Evolution de l'indice pluviométrique standardisé (IPS) annuel



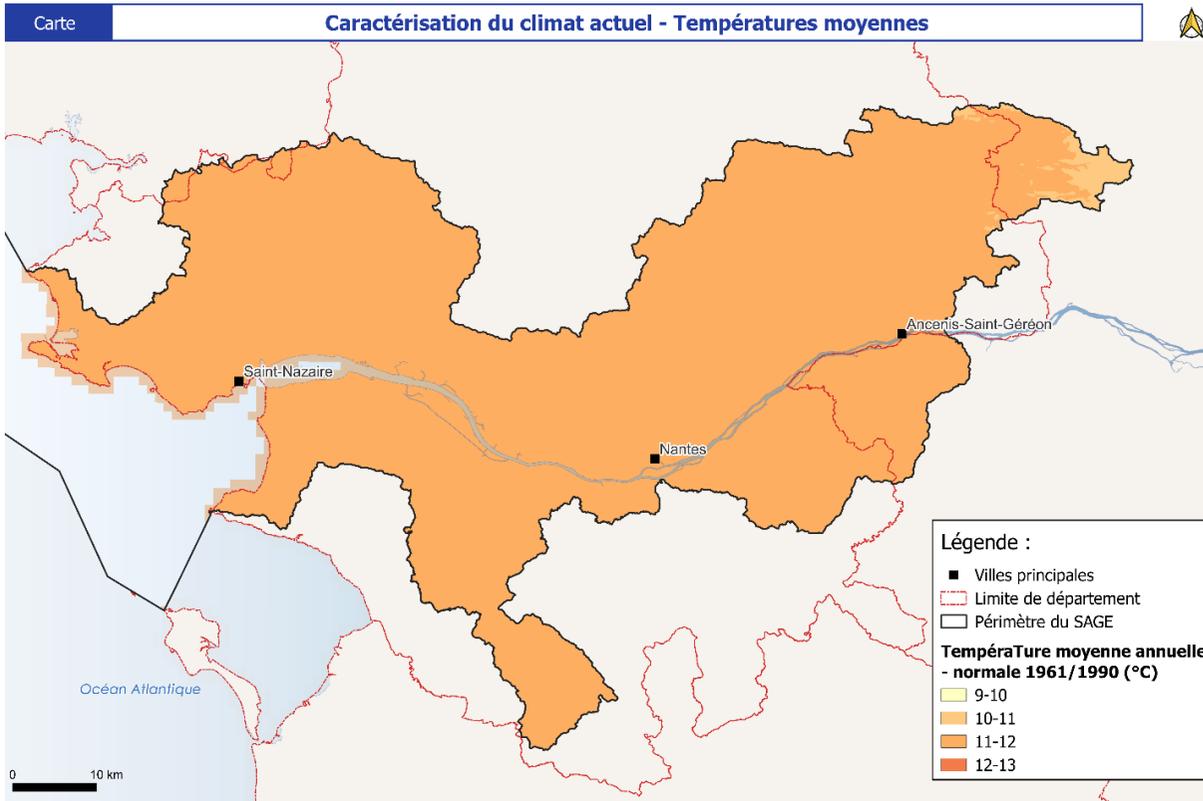
CLIMAT PASSÉ ET ACTUEL - TEMPÉRATURES



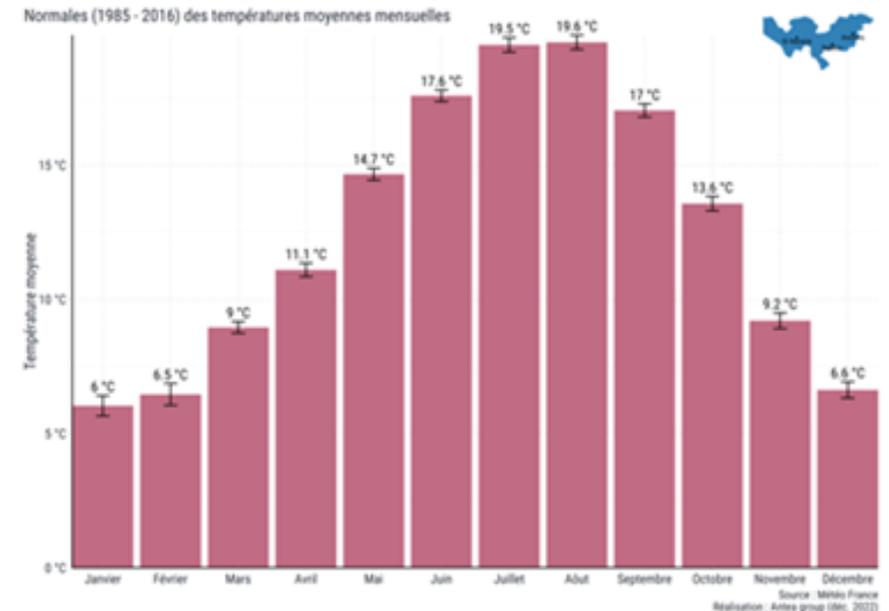
Climat océanique « avec étés tempérés »
Faible amplitude thermique

Températures moyennes :

- 6°C en période hivernale
- 20°C les mois d'été



Frange littoral caractérisée par un climat plus doux : en moyenne +1°C en hiver (octobre à mars) et température moins élevée en été



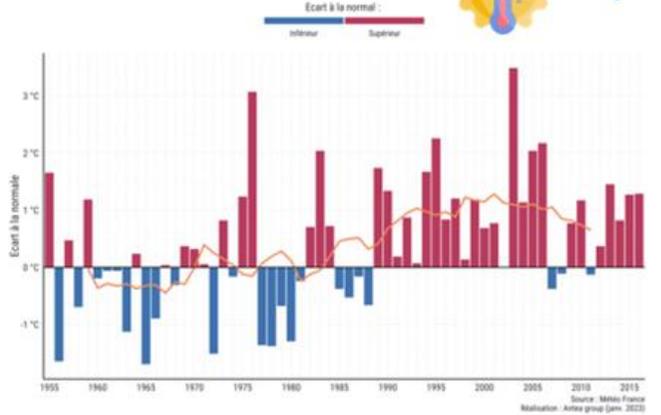
CLIMAT PASSÉ ET ACTUEL - TEMPÉRATURES



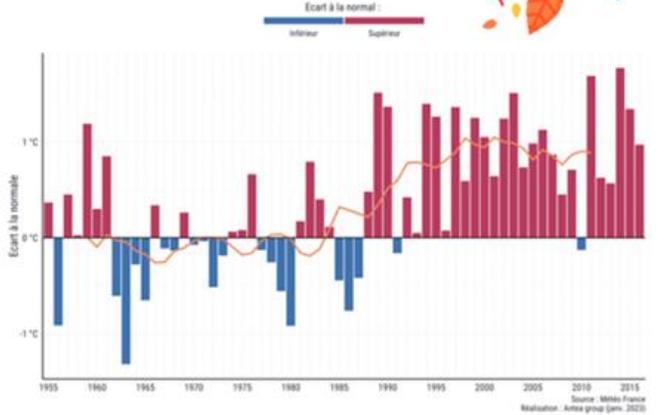
Évolution significative des températures à la hausse (1955-2016):

- En moyenne + 0,25°C / décennie
- Plus marquée au printemps et en été : +0,3°C / décennie

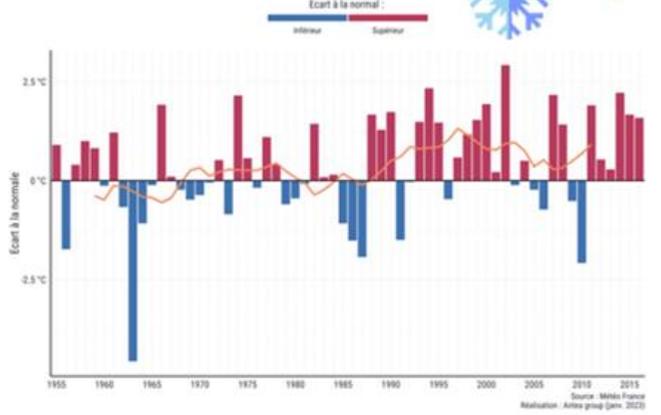
Evolution des écart des températures moyennes estivales à la normale
Normale entre 1960 - 1990 de 18 °C - Evolution de 0.26 °C par décennies



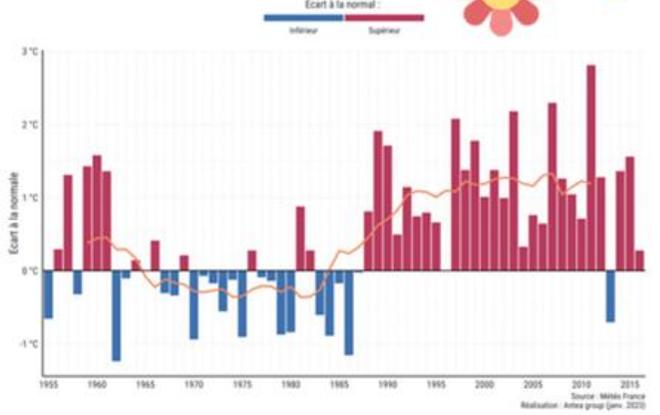
Evolution des écart des températures moyennes à la normale
Normale entre 1960 - 1990 de 11.8 °C - Evolution de 0.23 °C par décennies



Evolution des écart des températures moyennes hivernales à la normale
Normale entre 1960 - 1990 de 5.7 °C - Evolution de 0.2 °C par décennies



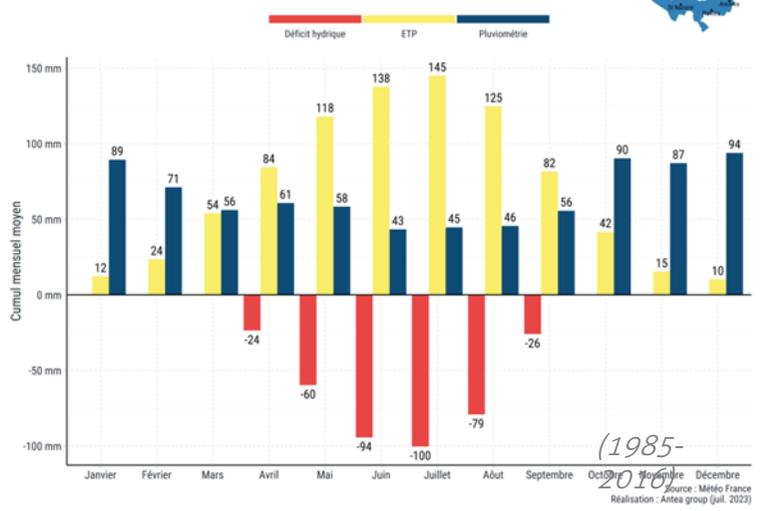
Evolution des écart des températures moyennes printanières à la normale
Normale entre 1960 - 1990 de 10.6 °C - Evolution de 0.26 °C par décennies



Augmentation de l'ETP:

- En moyenne : + 22,3 mm / 10ans
- Plus marquée au printemps et en été (+ 9,6mm/10ans)
- Déficit hydrique dès avril et jusqu'en septembre

Cumuls des précipitations, des ETP et déficits hydriques mensuels moyens (1985 - 2016)

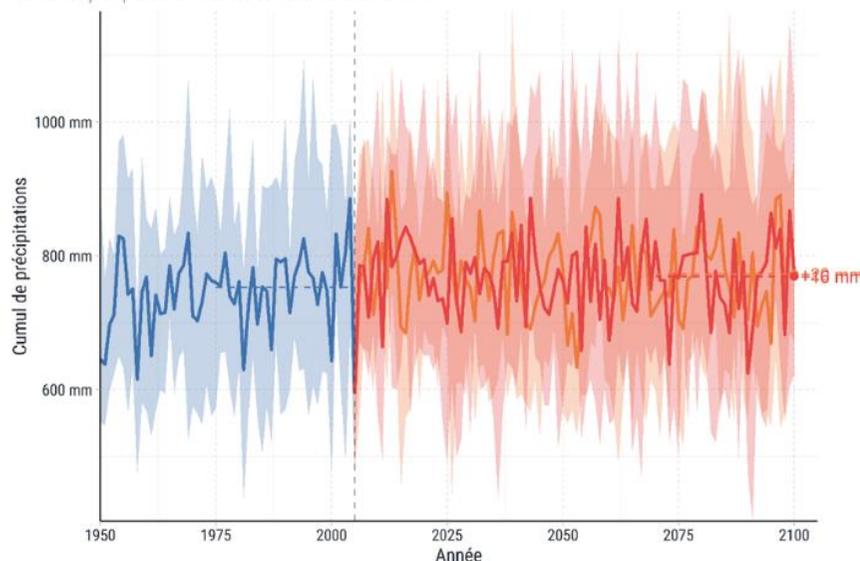


PROJECTIONS CLIMATIQUES – HORIZON 2100

Pluviométrie :

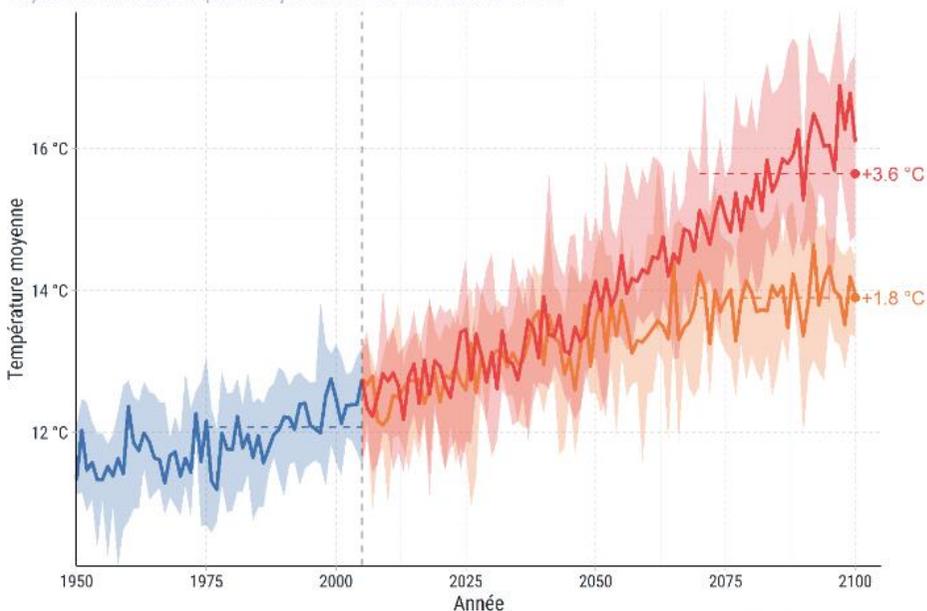
- Forte incertitude liée à la variation naturelle
- En valeur médiane signale à la hausse (+16 mm à +20mm) pour le cumul annuel
- Évolution de la répartition saisonnière (RCP8.5) :
 - Été : - 36mm
 - Hiver + 59 mm
 - Printemps et automne : stable

Evolution des précipitations pour les projections climatiques avec scénario RCP4,5 et RCP 8,5
Cumul des précipitations annuelles sur le territoire du SYLOA.



Source : MétéoFrance (DRIAS), réalisation AnteaGroup

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 SYLOA.



Source : MétéoFrance (DRIAS), réalisation AnteaGroup



Température :

- Hausse moyenne de +1,8°C
- Plus marquée en été et en automne : glissement du climat estival vers les mois de septembre et octobre
- 27 à 54 jours d'été supplémentaires (>25°C)



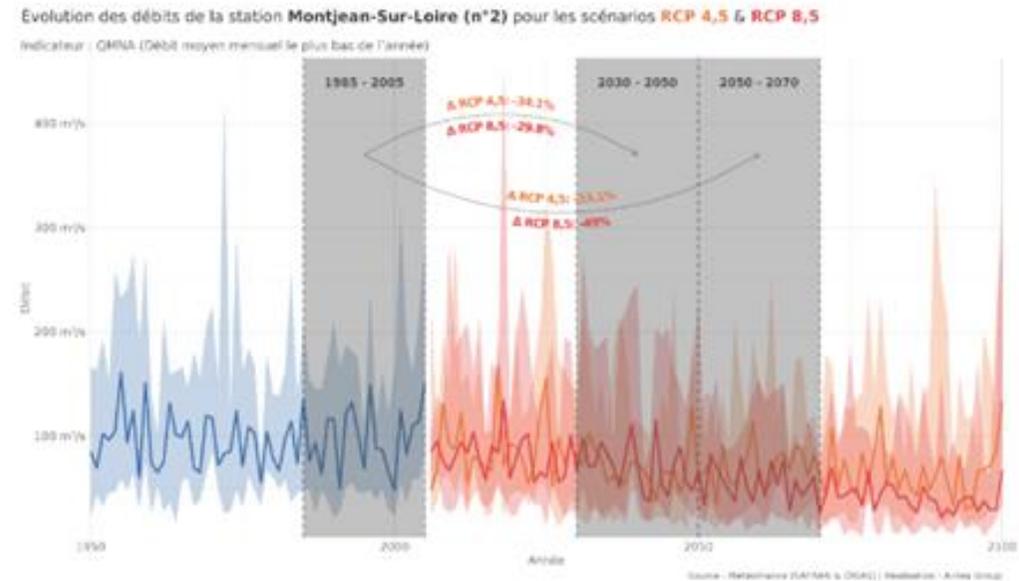
ETP :

- De +73,5 mm (RCP 4,5) à + 1457,7 mm (RCP 8,5)
- Plus marquée en été, fin printemps et début de l'automne

PROJECTIONS CLIMATIQUES – IMPACT SUR LES MILIEUX AQUATIQUES

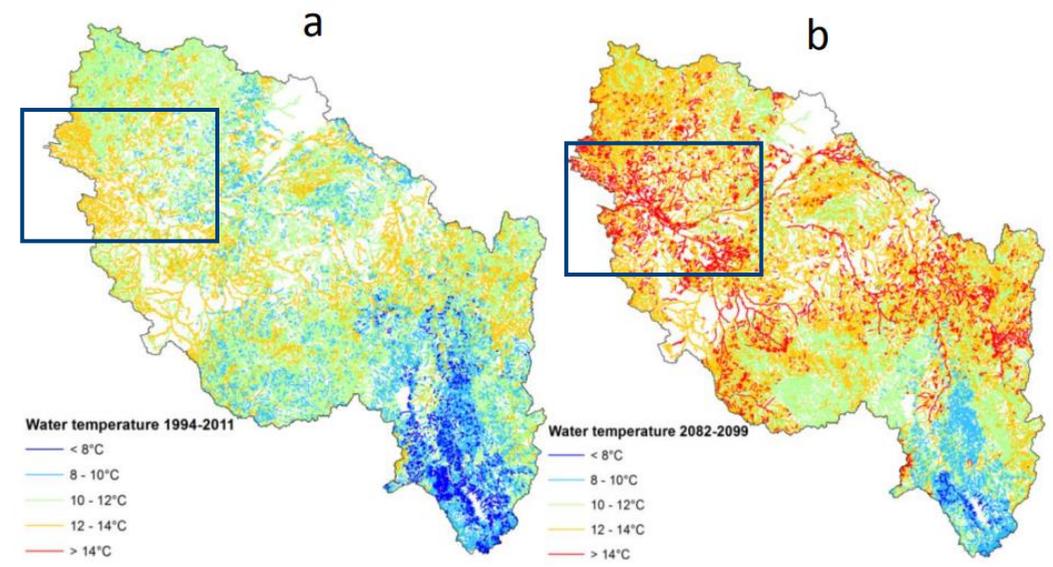
Hydrologie (modèle SIM2 - Loire) :

- Augmentation des débits moyens (+1% à +4%)
- Évolution du calendrier hydrologique :
 - Hausse des débits hivernaux et printaniers
 - Baisse des débits estivaux et automnales
- Aggravation phénomène d'étiage (-34% QMNA en RCP4.5) et augmentation des débits de crue



Thermie des eaux (Loire) :

- Milieu de siècle : +2,2°C
- Fin de siècle : +2,9°C



Conséquences importantes sur les peuplements faunistiques, floristiques mais aussi les milieux (zones humides)

Température moyenne interannuelle simulée avec le modèle T-NET en comparant la période 1994-2011 (a) à la fin du 21ème siècle (2082-2099) (b) selon 13 projections climatiques de scénario A1B (IPCC, 2007, cité dans Beaufort et Moatar, 2015).

HYDROLOGIE – HYDROGÉOLOGIE

CONTEXTE TERRITORIAL : SUIVI DES REGIMES HYDROLOGIQUES



UN RÉSEAU DE SUIVI PEU DÉVELOPPÉ

5 stations hydrométriques en activité :

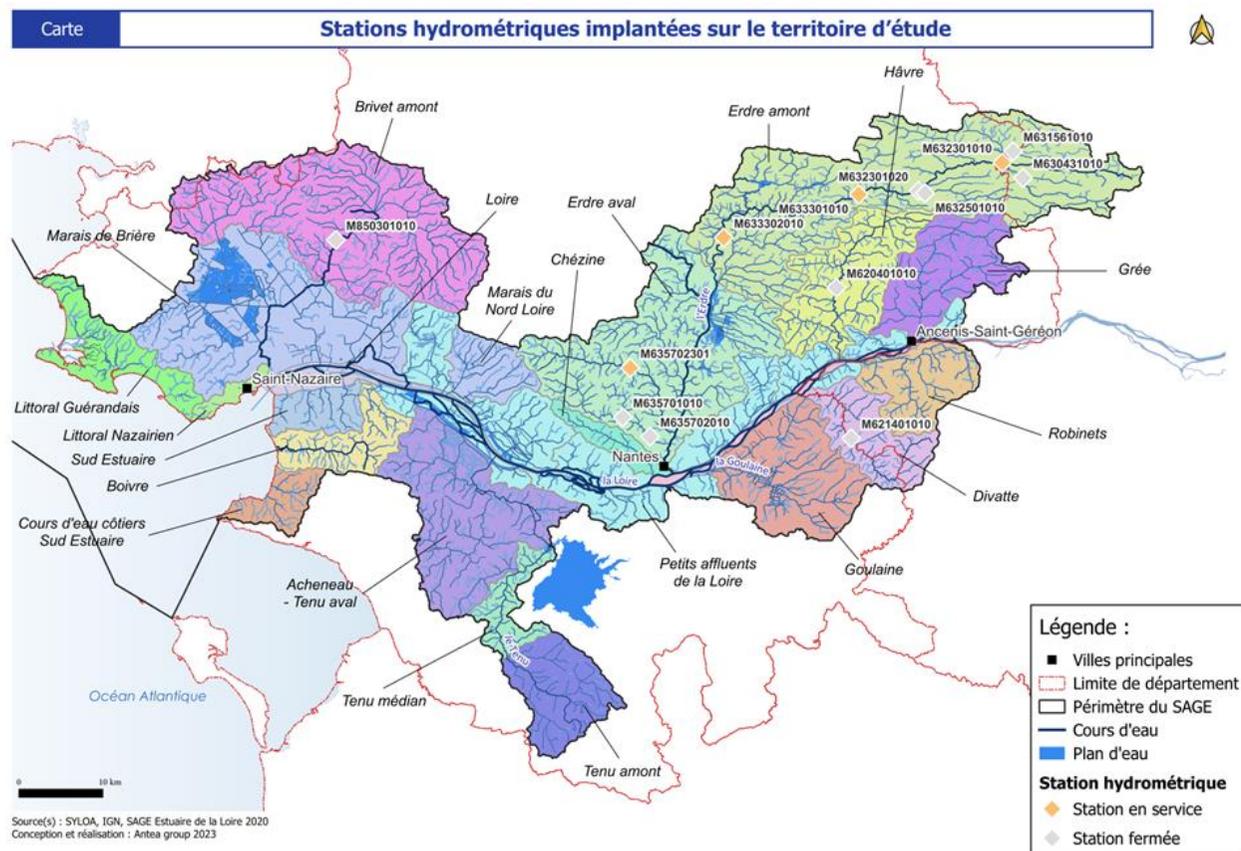
- 3 sur le cours de l'Erdre amont :
 - À Candé [M632301010] : 1968 - 2022
 - À Bonnœuvre [M633301010] : 1996 - 2017
 - À Nort-sur-Erdre [M633302010] : 1967 - 2022
- 1 sur le Gesvres :
 - Treillières [M635702301] : 2015 - 2020
- 1 sur le Hâvre :
 - À Mésanger [M620401010] : 1975 – 2022
(avec indisponibilité de données de 1998-2016)

Localisées sur 2 entités hydrologiques et 3 sous-entités :

- Erdre (Erdre amont , Erdre aval)
- Hâvre – Grée (Hâvre)

➔ Plusieurs problématiques en lien avec l'objectif de l'étude :

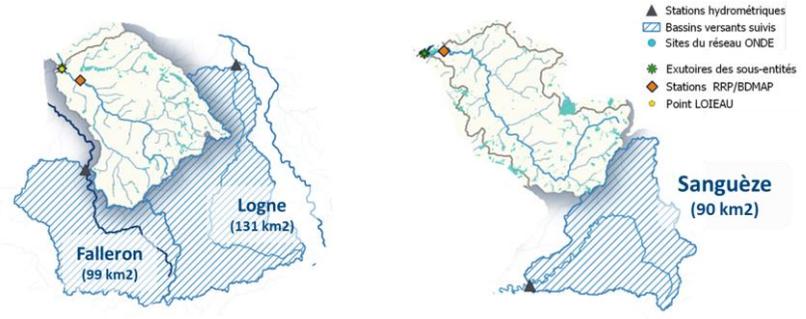
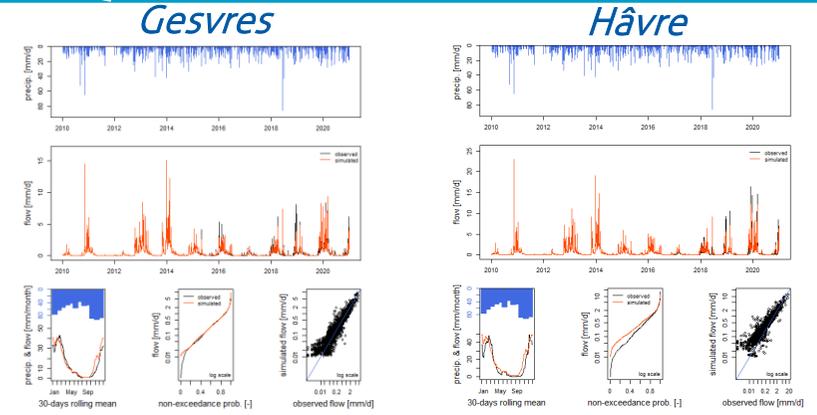
- Absence d'information : entités cibles non instrumentées (Achenau – Tenu, Goulaine –Divatte-Robinet)
- Localisation : stations non implantées à l'exutoires des entités définies
- Emprise temporelle : intégralité de la période d'étude non couverte sur certaines stations (Hâvre,



CONTEXTE TERRITORIAL : SUIVI DES REGIMES HYDROLOGIQUES

Complétude des chroniques par modélisation pluie - débit (Gesvres et Hâvre) :

- Modèle GR4J basé sur les données météorologiques de Nort-sur-Erdre
- Bonnes performances (0,87 et 0,88)



Transfert à partir de bassins versants similaires instrumentés :

- Tenu amont à partir de la Logne
- Divatte à partir de la Sanguèze

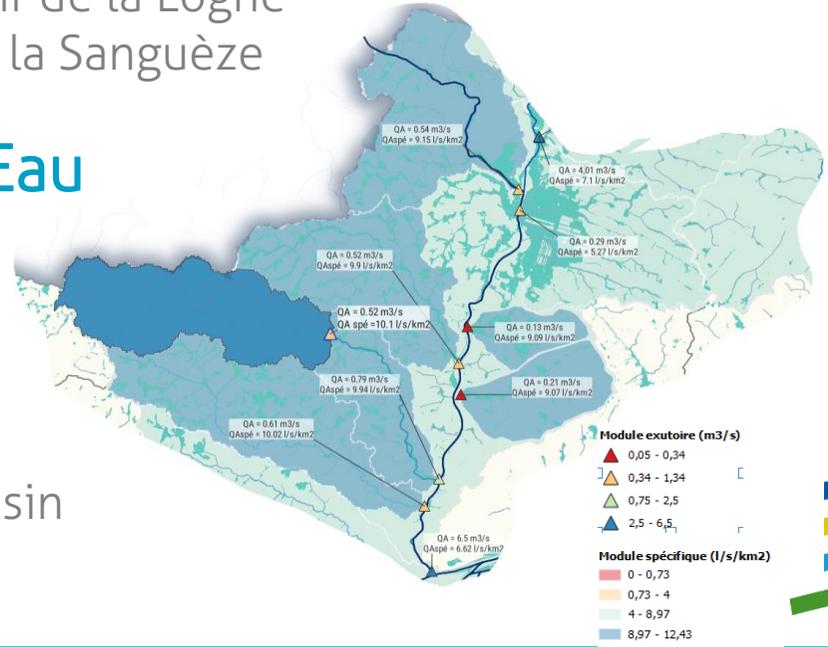
INRAE Mobilisation des modèles nationaux (LoiEau et RRP – BDMAP) :

- Brivet, Blanche, Goulaine, Robinets, Boivre et Chézine



Méthodes complexes agrégation :

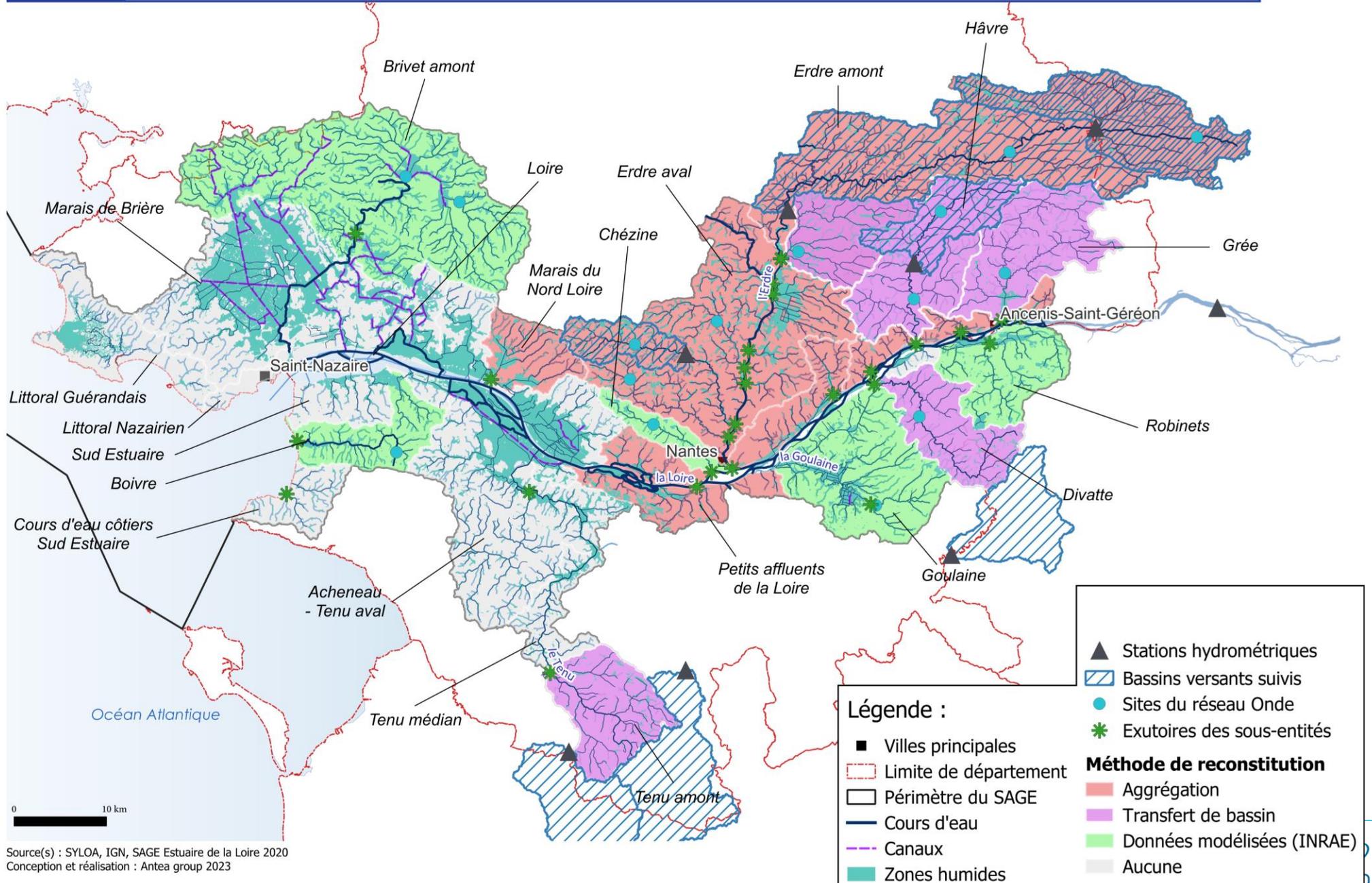
- Erdre amont et aval : station hydrométrique, transfert de bassin depuis le Gesvres et le Hâvre (Montagné) et mobilisation de données modélisées



CONTEXTE TERRITORIAL : SUIVI DES REGIMES HYDROLOGIQUES

Carte

Synthèse des méthodes de reconstitution des régimes hydrologiques par entité et sous-entité

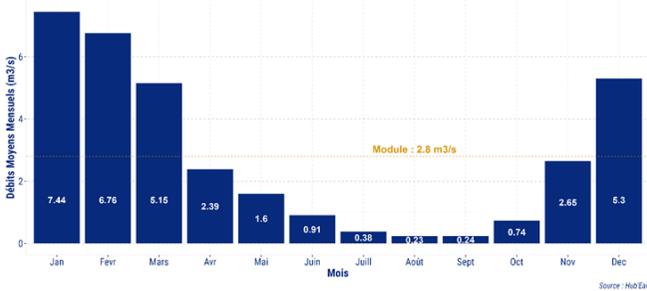


ANALYSE DES REGIMES HYDROLOGIQUES – HYDROLOGIE MESURÉE

Module et régimes hydrologiques

L'Erdre à Nort-sur-Erdre [Moulin de Vault] : [M633302010]

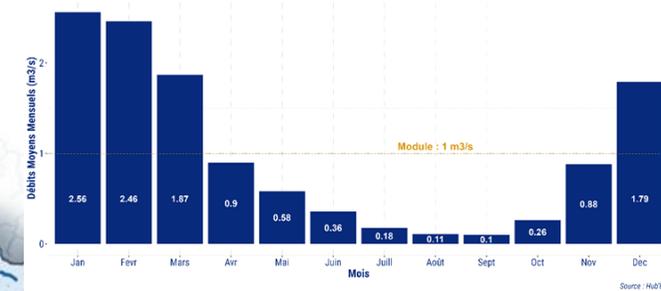
Evolution des Débits Moyens Mensuels Interannuels (QMM) et du module (QA) sur la période [2000-2020]



Source : Hub'Eau

L'Erdre à Candé - La Grée : [M632301010]

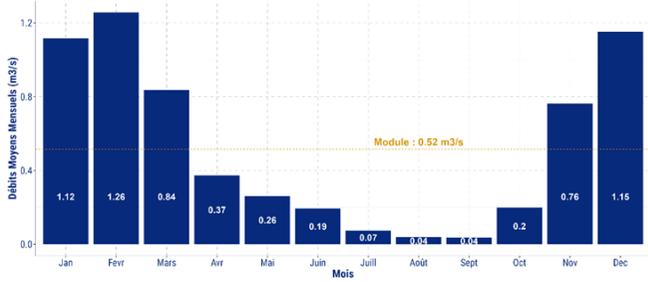
Evolution des Débits Moyens Mensuels Interannuels (QMM) et du module (QA) sur la période [2000-2020]



Source : Hub'Eau

Le Gesvres à Treillères : [M635702301]

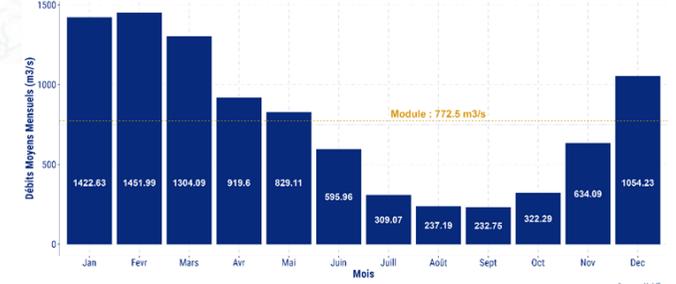
Evolution des Débits Moyens Mensuels Interannuels (QMM) et du module (QA) sur la période [2010-2020]



Source : Hub'Eau

La Loire à Montjean-sur-Loire : [M530001010]

Evolution des Débits Moyens Mensuels Interannuels (QMM) et du module (QA) sur la période [2000-2020]



Source : Hub'Eau

Légende :

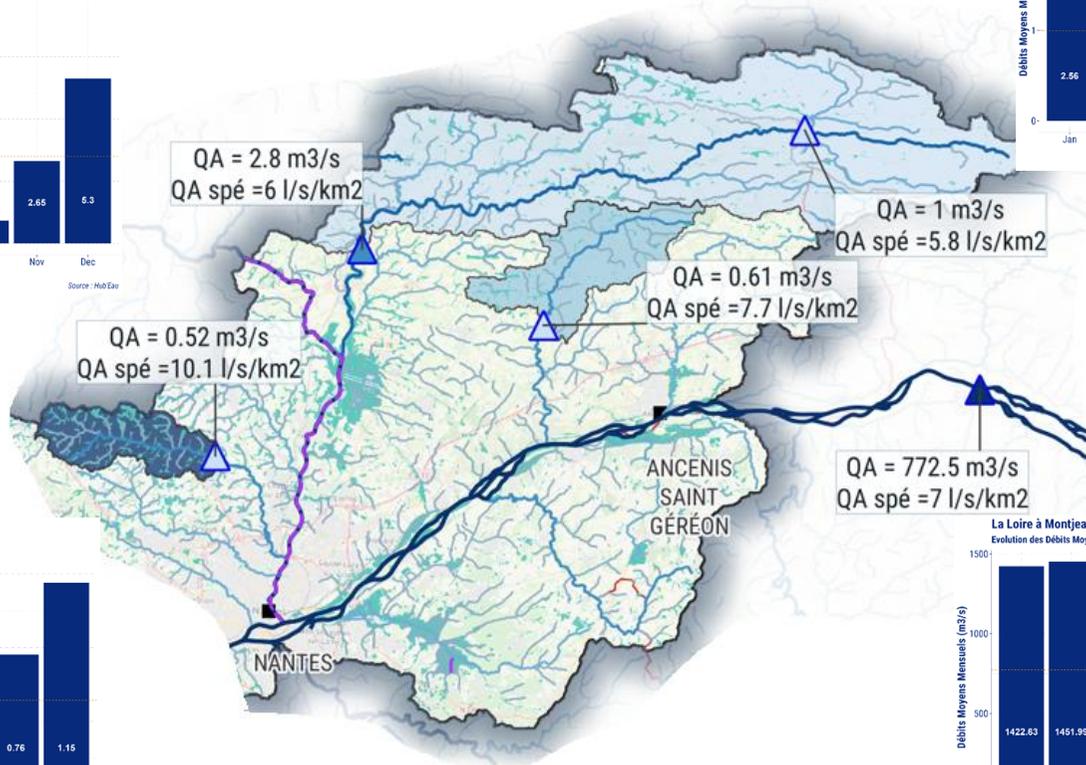
- Cours d'eau
- - - canaux
- Zones humides
- Villes principales
- Limite de département
- Périmètre du SAGE

Modules (m³/s) :

- △ 0 - 1
- ▲ 1 - 3
- ▲ 3 - 772,505

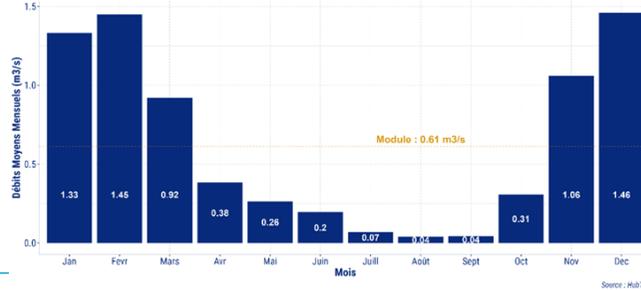
Modules spécifiques (l/s/km²) :

- 5 - 6
- 6 - 7
- 7 - 8
- 8 - 9
- 9 - 10
- 10 - 10,11



Le Hâvre à Mésanger [Pont-Esnaul] : [M620401010]

Evolution des Débits Moyens Mensuels Interannuels (QMM) et du module (QA) sur la période [2010-2020]

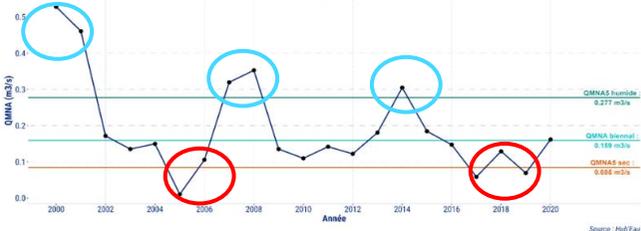


Source : Hub'Eau

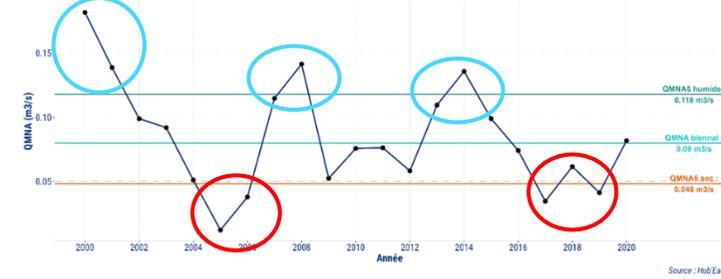
ANALYSE DES REGIMES HYDROLOGIQUES – HYDROLOGIE MESURÉE

Débit caractéristique d'étiage : QMNA5

L'Erdre à Nort-sur-Erdre [Moulin de Vault] : [M633302010]
 Evolution des Débits Mensuels Minimaux Annuels (QMNA) sur la période [2000-2020]



L'Erdre à Candé - La Grée : [M632301010]
 Evolution des Débits Mensuels Minimaux Annuels (QMNA) sur la période [2000-2020]



QMNA5 secs (L/s)

- ▲ 10 - 20
- ▲ 20 - 100
- ▲ > 100

QMNA5 secs spécifiques (l/s/km²)

- 0,16 - 0,2
- 0,2 - 0,25
- 0,25 - 0,28

Légende :

- Cours d'eau
- - - canaux
- Zones humides
- Villes principales
- Limite de département
- Périmètre du SAGE

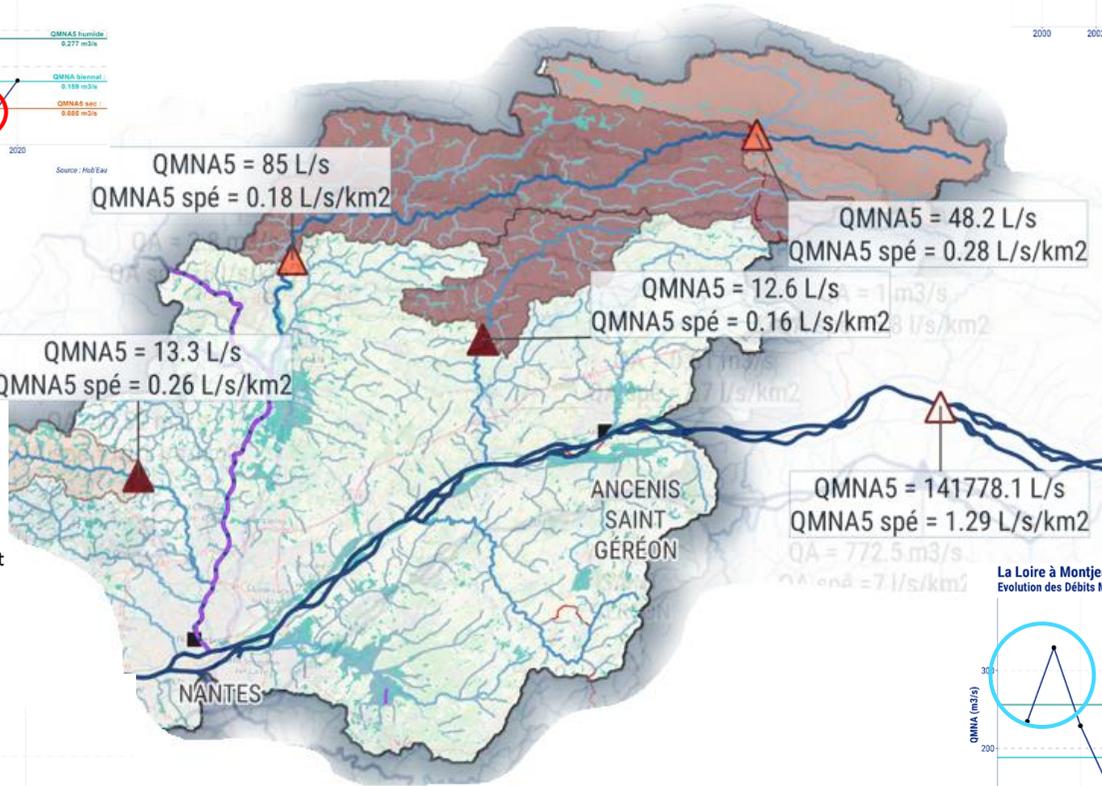
QMNA5 = 85 L/s
 QMNA5 spé = 0.18 L/s/km²

QMNA5 = 48.2 L/s
 QMNA5 spé = 0.28 L/s/km²

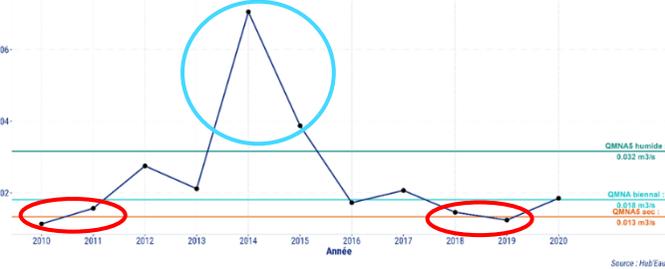
QMNA5 = 12.6 L/s = 1 m³/s
 QMNA5 spé = 0.16 L/s/km²

QMNA5 = 13.3 L/s
 QMNA5 spé = 0.26 L/s/km²

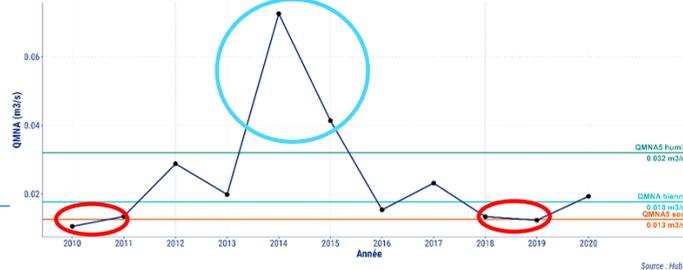
QMNA5 = 141778.1 L/s
 QMNA5 spé = 1.29 L/s/km²



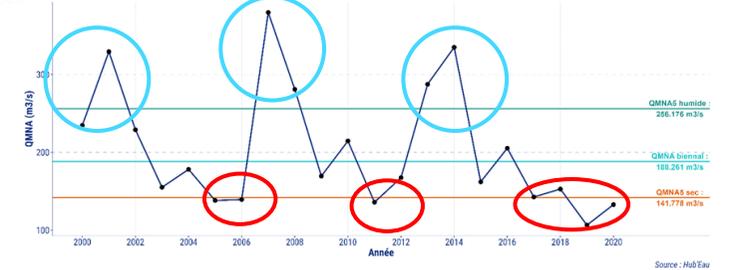
Le Gesvres à Treillières : [M635702301]
 Evolution des Débits Mensuels Minimaux Annuels (QMNA) sur la période [2010-2020]



Le Hâvre à Mésanger [Pont-Esnault] : [M620401010]
 Evolution des Débits Mensuels Minimaux Annuels (QMNA) sur la période [2010-2020]



La Loire à Montjean-sur-Loire : [M530001010]
 Evolution des Débits Mensuels Minimaux Annuels (QMNA) sur la période [2000-2020]



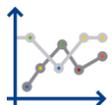
ANALYSE DES REGIMES HYDROLOGIQUES – HYDROLOGIE MESURÉE

01 Mois de plus faible débit :

- QMNA concentrés sur août et septembre (zones amont & Sud Loire)

% d'apparition du QMNA

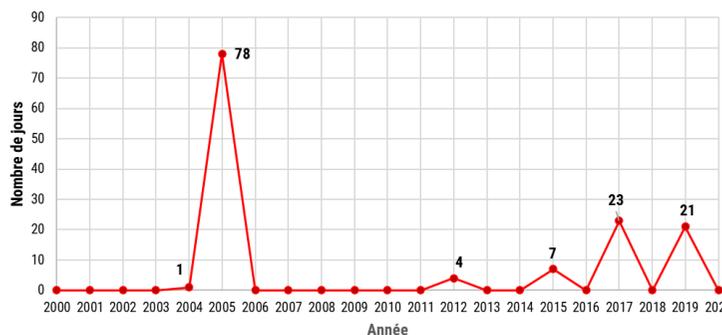
Code station	Libellé station	Nombre d'années	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre
M530001010	La Loire à Montjean-sur-Loire	21	9,5	57,1	23,8	4,8	4,8
M620401010	Le Havre à Mésanger [Pont-Esnault]	11	4,8	14,3	28,6	4,8	0
M632301010	L'Erdre à Candé - La Grée	21	9,5	33,3	52,4	4,8	0
M633302010	L'Erdre à Nort-sur-Erdre [Moulin de Vault]	21	9,5	52,4	38,1	0	0
M635702301	Le Gesvres à Treillières	11	4,8	9,5	28,6	9,5	0
M731401010	La Sanguèze à Tillières [Moulin Pichon]	21	14,3	33,3	52,4	0	0
M814401010	La Logne à Saint-Colomban [La Roussière]	21	9,5	33,3	47,6	9,5	0
N011303010	Le Falleron à Saint-Étienne-de-Mer-Morte	21	28,6	33,3	33,3	4,8	0



Franchissements seuils de gestion & DOE :

- Longues périodes de franchissement les années sèches (2005, 2017, 2019)
- Franchissements du DSA plus récurrent depuis 2010
- DOE franchi en 2017 et 2019 (aussi le cas en 2022) : **non respect**

Evolution du nombre de jours de franchissement du DCR [0,05 m3/s]



Année	QMNA	Mois	DOE
2000	0,528	8	0,08
2001	0,461	9	0,08
2002	0,172	8	0,08
2003	0,135	8	0,08
2004	0,150	7	0,08
2005	0,011	8	0,08
2006	0,106	8	0,08
2007	0,320	9	0,08
2008	0,353	9	0,08
2009	0,135	9	0,08
2010	0,110	8	0,08
2011	0,142	7	0,08
2012	0,122	8	0,08
2013	0,181	9	0,08
2014	0,305	9	0,08
2015	0,185	8	0,08
2016	0,148	8	0,08
2017	0,059	8	0,08
2018	0,129	9	0,08
2019	0,069	9	0,08
2020	0,162	8	0,08

ANALYSE DES REGIMES HYDROLOGIQUES – HYDROLOGIE MESURÉE

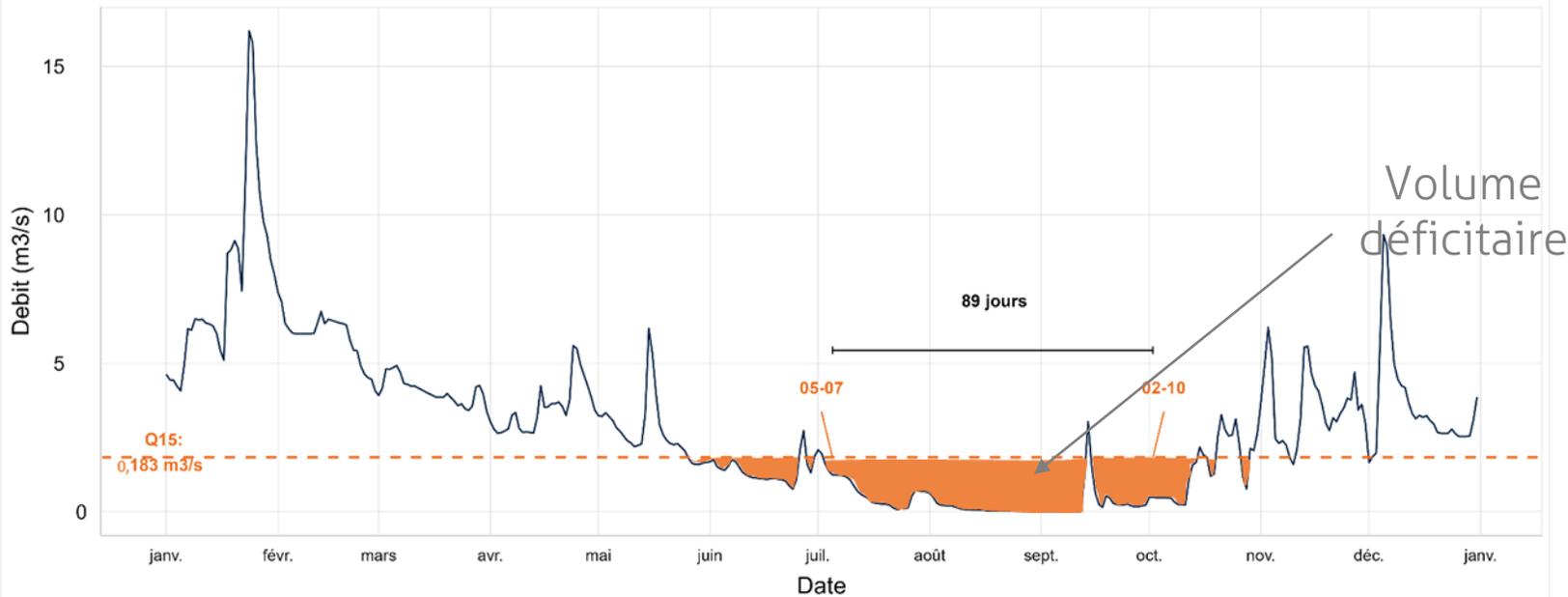


Caractérisation de l'étiage (Rappel) :

- Méthode INRAE :
 - Débit seuil d'étiage : Quantiles 15
 - Dates d'entrée et sortie déterminées à partir des déciles (10 et 90) du volume déficitaire annuel

Code station	Libellé station	Q15 (m3/s)	QMNA5 (m3/s)
M530001010	La Loire à Montjean-sur-Loire	195,9	141,70
M632301010	L'Erdre à Candé et à Saint-Mars-la-Jaille	0,090	0,048
M633302010	L'Erdre à Nort-sur-Erdre [Moulin de Vault]	0,183	0,085
M731401010	La Sanguèze à Tillières [Moulin Pichon]	0,005	0,0006
M814401010	La Logne à Saint-Colomban [La Roussière]	0,0060	0,001
N011301010	Le Falleron à Falleron	0,005	0,0009
M620401010	Le Hâvre à Mésanger [Pont-Esnault]	0,0258	0,0126
M635702301	Le Gesvres à Treillières	0,0261	0,0133

L'Erdre à Nort-sur-Erdre [Moulin de Vault] : [M633302010]
Evolution des débits journaliers de l'année 2005 vis-à-vis du seuil d'étiage [Q15 = 183 (m3/s)]



ANALYSE DES REGIMES HYDROLOGIQUES – HYDROLOGIE MESURÉE



Temporalité et durée des étiages :

Code station	Libellé station	Période	INDICATEURS MEDIANS			
			Date d'entrée	Date de pic	Date de fin	Durée médiane
N011301010	Le Falleron à Falleron	2000-2020	21-juil.	24-août	23-sept.	62
M814401010	La Logne à Saint-Colomban [La Roussière]	2000-2020	27-juil.	17-août	23-sept.	55
M731401010	La Sanguèze à Tillières [Moulin Pichon]	2000-2020	29-juil.	20-août	2-oct.	57
M530001010	La Loire à Montjean-sur-Loire	2002-2020	30-juil.	26-août	22-sept.	54
M620401010	Le Hâvre à Mésanger [Pont-Esnault]	2010-2020	11-août	20-sept.	26-sept.	47
M633302010	L'Erdre à Nort-sur-Erdre [Moulin de Vault]	2002-2020	3-août	2-sept.	23-sept.	53
M632301010	L'Erdre à Candé - La Grée	2002-2020	31-juil.	6-sept.	26-sept.	47
M635702301	Le Gesvres à Treillières	2010-2020	15-août	21-sept.	29-sept.	44

Sud Loire

Nord Loire

Sud Loire : Étiages plus précoces et plus longs

- Entrée : 10 derniers jours de juillet
- Pic : mi-août
- Sortie : fin septembre début octobre
- Durée > 55 jours

Nord Loire : Étiages plus tardifs et plus courts

- Entrée : 1^{ère} quinzaine d'août
- Pic : variable mais sur septembre
- Sortie : dernière semaine de septembre

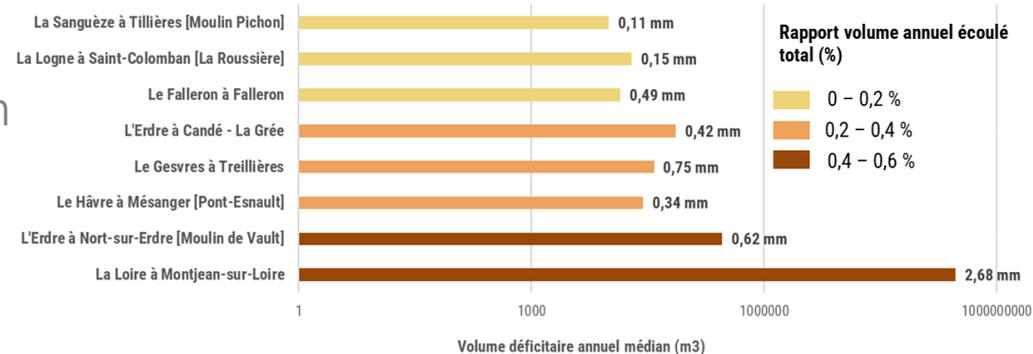


Volumes déficitaires (médian) :

- Loire : 295 Mm³/an
- Autres : 10 000 m³/an (Sanguèze) à 300 000 m³/an (Erdre)
- Volumes maximum observée en 2005 et 2010

→ Erdre (2005) : 15 à 20% du volume écoulé

Volume déficitaire lié à l'étiage



ANALYSE DES REGIMES HYDROLOGIQUES – HYDROLOGIE MESURÉE



Le réseau ONDE :

3 groupes de stations :

Écoulement « critique » majoritaire (> 50 %) :

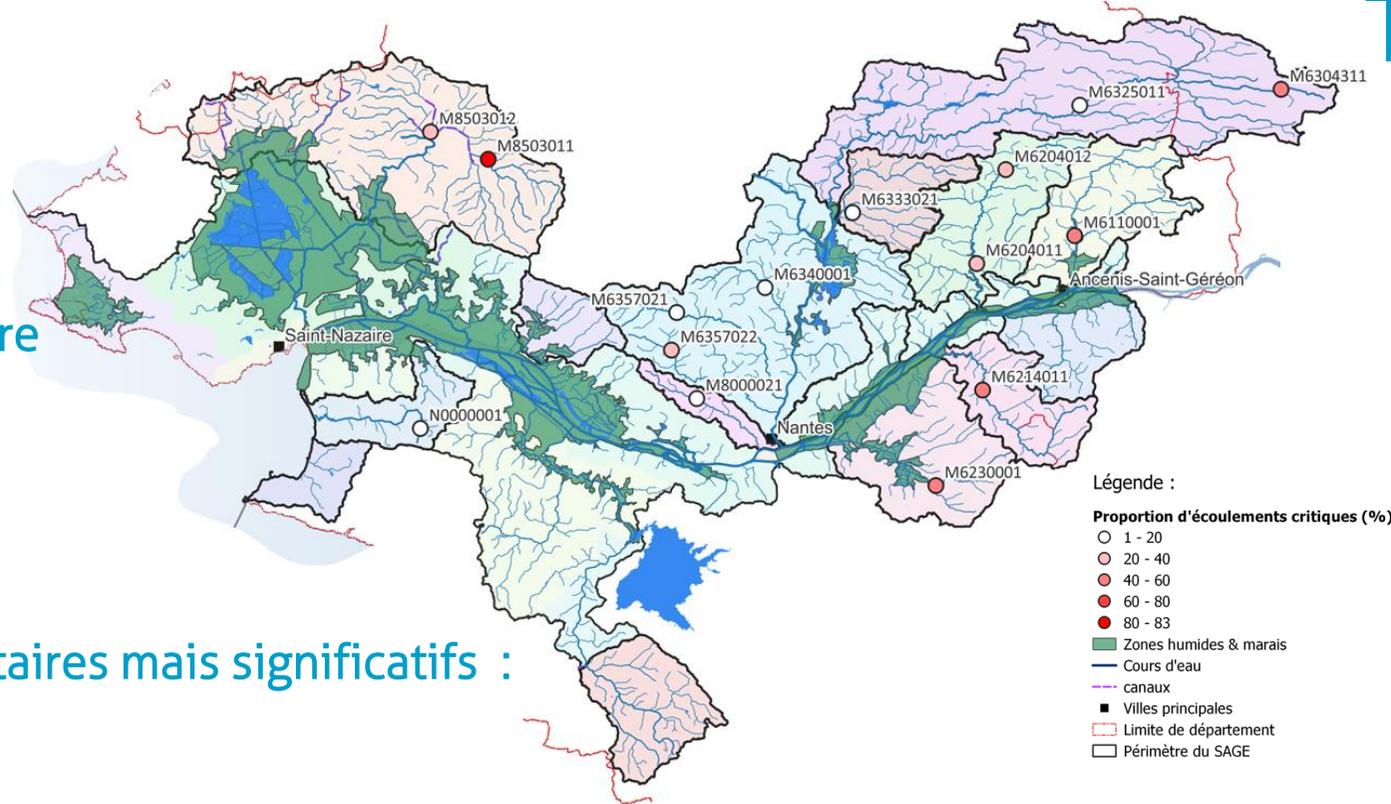
- Le Moulin Foulon (*Brivet*)
- Le Gueubert (*Goulaine*)
- La Grée
- la Divatte

Écoulements critiques non majoritaires mais significatifs :

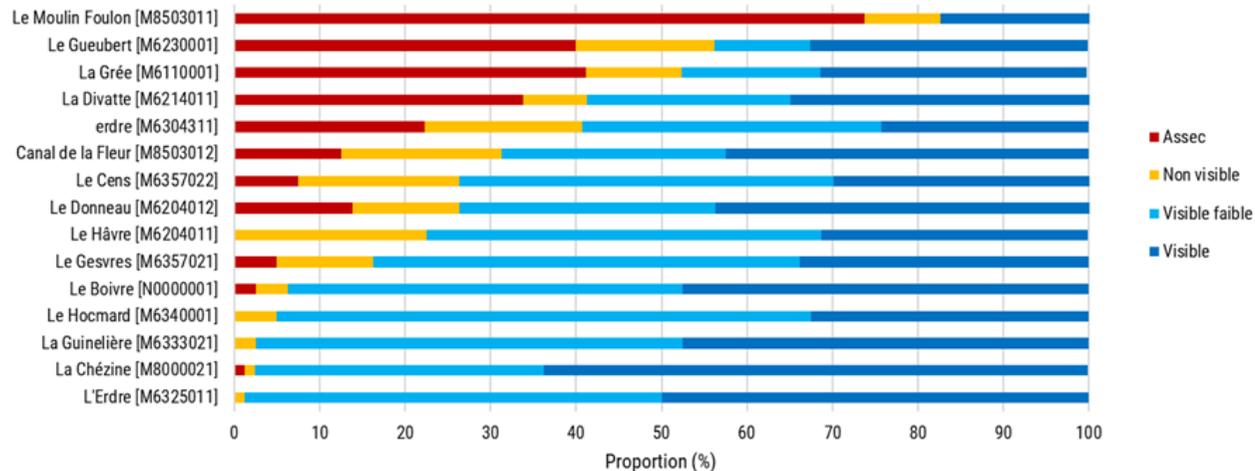
- L'Erdre amont,
- Le Canal de la Fleur (*Brivet*),
- Le Cens, le Donneau et le Gesvres (*Erdre aval*)
- Le Hâvre.

Écoulements critiques rares et écoulement majoritairement visible:

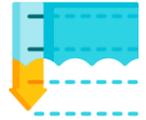
- L'Hocmard (*Erdre aval*)
- La Guinière (*Erdre amont*)
- la Chézine (*Loire et petits affluents*)
- l'Erdre (*Erdre amont*)
- la Boivre (*Sud Estuaire et cote de Jade*)



Proportion (%) des modalités d'écoulement observées sur la période [2012 - 2020]



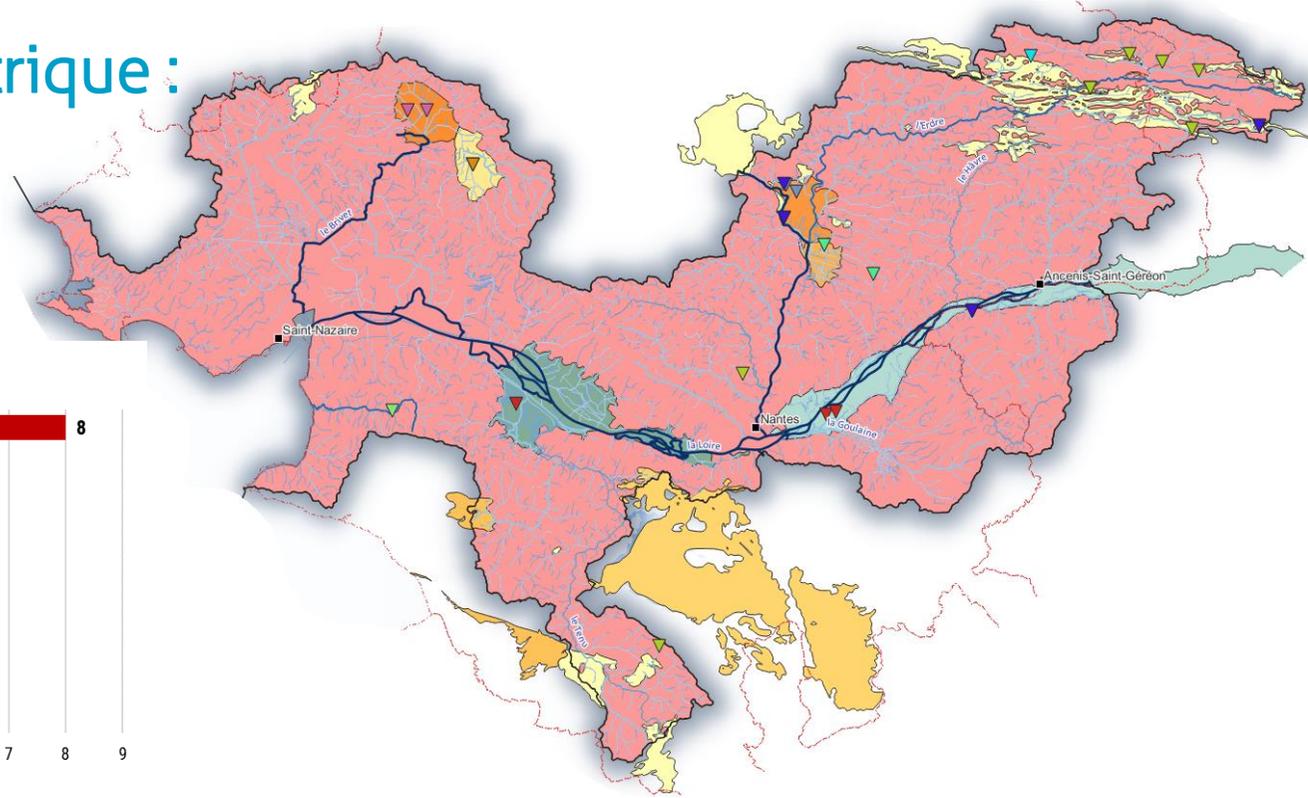
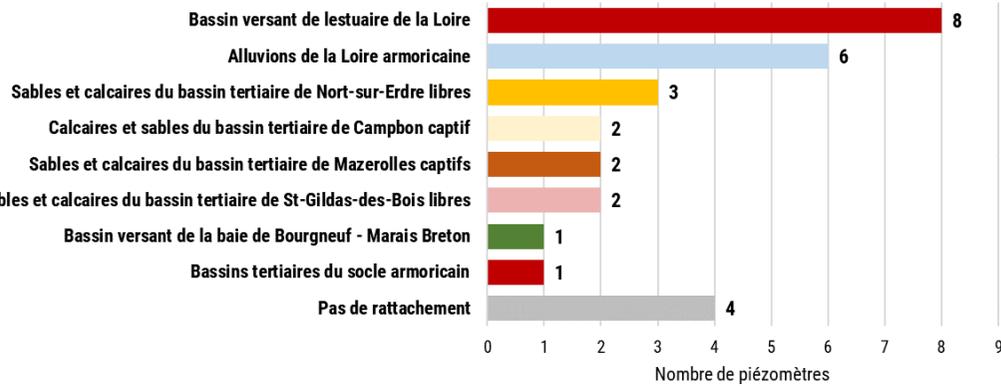
ANALYSE DE L'HYDROGÉOLOGIE – RÉSEAU DE SUIVI



Réseau de suivi piézométrique :

29 piézomètres :

Nombre de piézomètre par entité hydrogéologique



La disponibilité des chroniques de niveau piézométrique conditionne la précision d'analyse de chaque entité

Entités hydrogéologiques sédimentaires

- Bassin de Maupas / GrandLieu (FRGG037)
- Bassin de Campbon (FRGG038)
- Machedoul (FRGG117)
- Bassin de St Gildas des Bois (FRGG118)
- Bassin de Nort sur Erdre (FRGG139)
- Bassin de Mazerolles (FRGG140)
- Bassins tertiaires du socle armoricain (FRGG148)

Entité hydrogéologique de socle

- EHG Socle

Entité hydrogéologique alluvionnaire

- Alluvions de la Loire Armorique (FRGG114)

Légende :

Piezomètres :

- Bassin versant de l'estuaire de la Loire
- Alluvions de la Loire armoricaine
- Bassin versant de la baie de Bourgneuf - Marais Breton
- Bassins tertiaires du socle armoricain
- Calcaires et sables du bassin tertiaire de Campbon captif
- Aquifère de socle
- Sables et calcaires du bassin tertiaire de Mazerolles captifs
- Sables et calcaires du bassin tertiaire de Nort-sur-Erdre libres
- Sables et calcaires du bassin tertiaire de St-Gildas-des-Bois libres

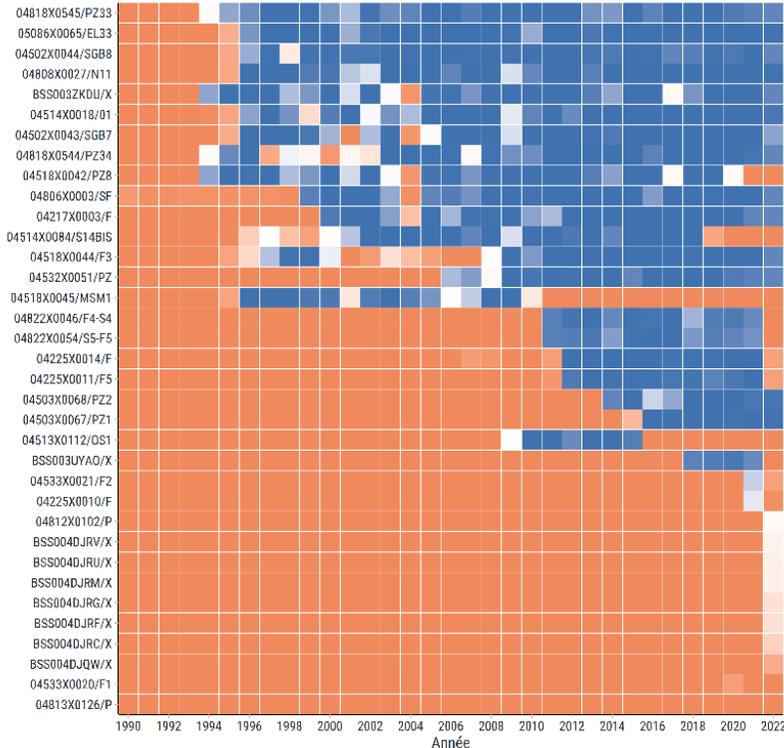
ANALYSE DE L'HYDROGÉOLOGIE – RÉSEAU DE SUIVI



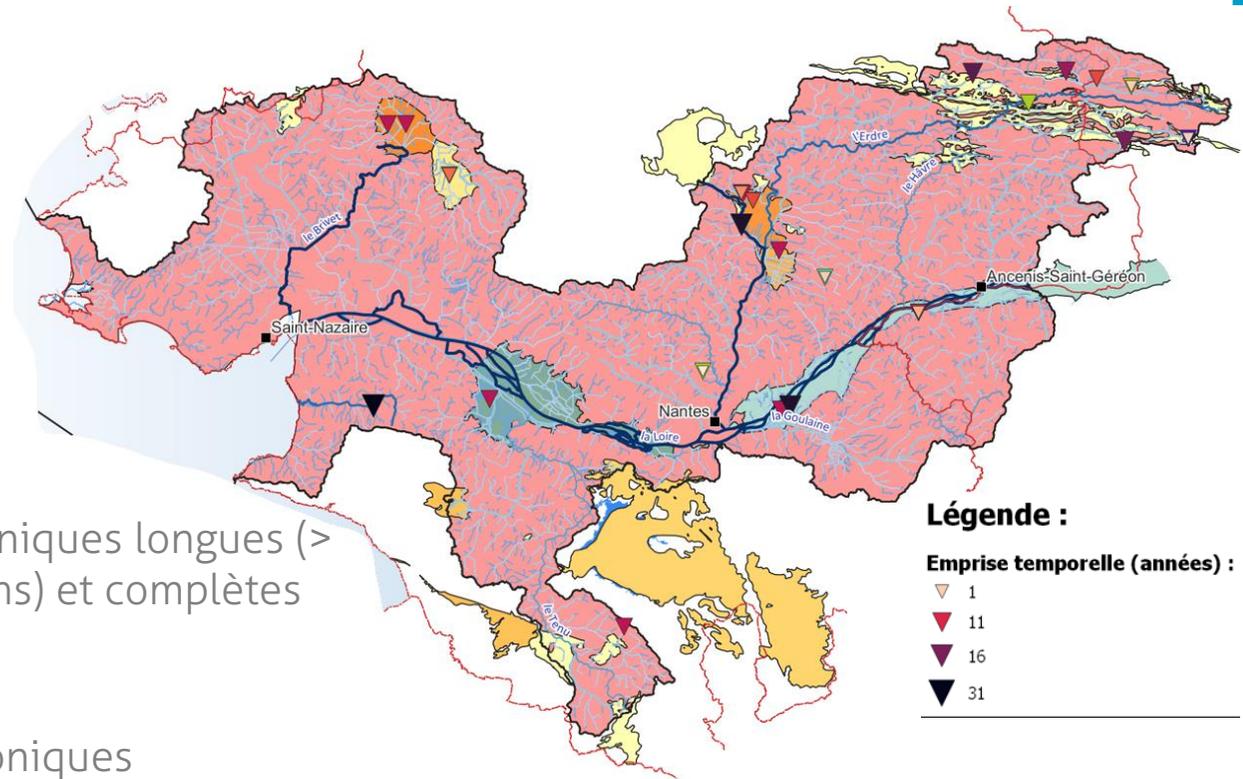
Emprise temporelle :

- En moyenne : 11 ans
- Forte variabilité

Taux de complétudes des différentes années par piézomètre



Source : Hub Eau API piézométrie
Réalisation : Antea group (nov. 2022)



Légende :

Emprise temporelle (années) :

- ▲ 1
- ▼ 11
- ▼ 16
- ▼ 31

- Bassin de Maupas / GrandLieu (FRGG037)
- Bassin de Campbon (FRGG038)
- Macheocoul (FRGG117)
- Bassin de St Gildas des Bois (FRGG118)
- Bassin de Nort sur Erdre (FRGG139)
- Bassin de Mazerolles (FRGG140)
- Bassins tertiaires du socle armoricain (FRGG148)
- Entité hydrogéologique de socle
EHG Socle
- Entité hydrogéologique alluvionnaire
Alluvions de la Loire Armorique (FRGG114)

Chroniques longues (> 20 ans) et complètes

Chroniques moyennement longues et parfois incomplètes

Chroniques très courtes et / ou incomplètes



Sélection nécessaire

ANALYSE DE L'HYDROGÉOLOGIE – RÉSEAU DE SUIVI

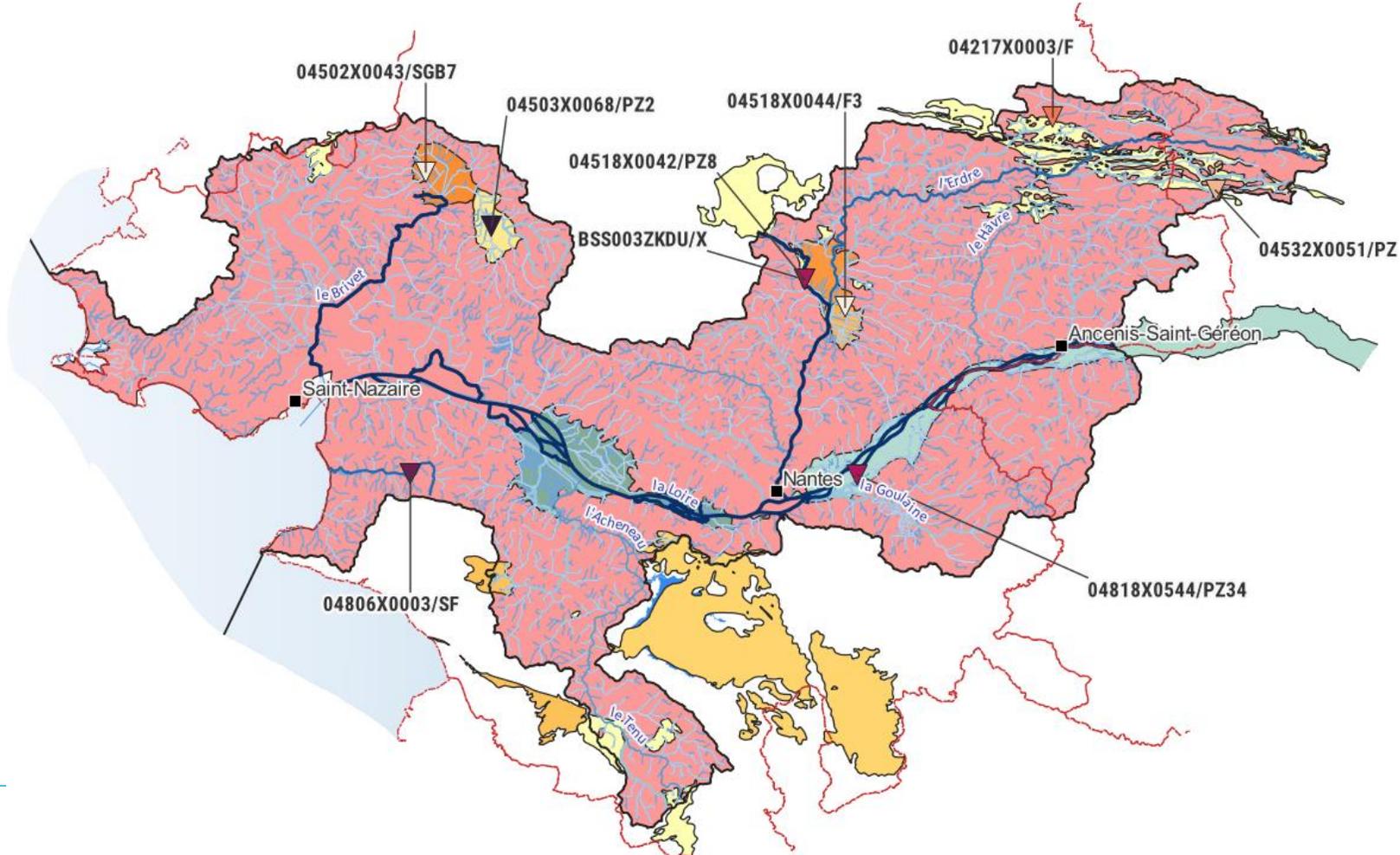
Piézomètres retenus :

Sélection de **10 piézomètres** avec les chroniques les plus longues & robustes



Filter sur la complétude des chroniques

- Chronique mensuelle ≥ 5 données
- Chronique annuelle = 12 mois
- Suppression des données « anormales »



ANALYSE DE L'HYDROGÉOLOGIE – SYNTHÈSE



Saisonnalité / cyclicité :

- Les aquifères réactifs avec une cyclicité annuelle (majoritaire) : sensibles aux déficits de pluies efficaces.
- La force de saisonnalité est variable selon les secteurs et au sein de certains aquifères :

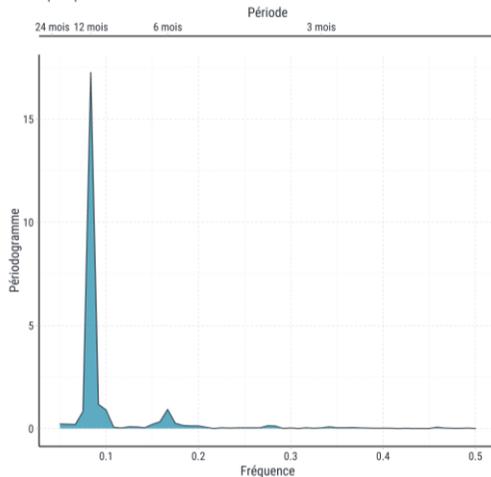
Saisonnalité forte

- Alluvions de la Loire amont
- Sables calcaires des bassins tertiaires de Saint-Gildas et Nort-Sur-Erdre
- Bassin de l'estuaire de la Loire (amont)

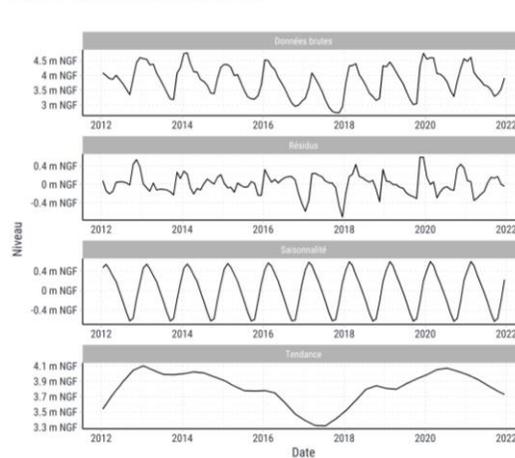
Saisonnalité modérée

- Alluvions de la Loire aval
- Bassin de l'estuaire de la Loire (aval)

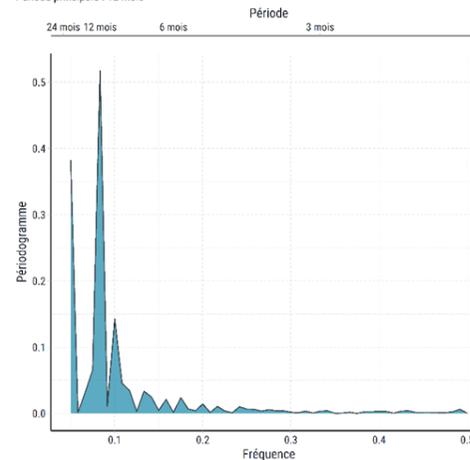
Analyse de la période de la cyclicité
Période principale : 12 mois



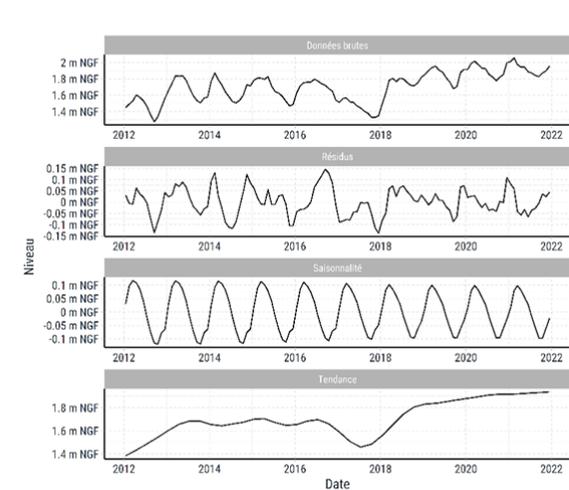
Analyse de la saisonnalité
Force de saisonnalité : 77%, force de la tendance : 54%



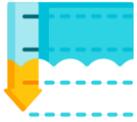
Analyse de la période de la cyclicité
Période principale : 12 mois



Analyse de la saisonnalité
Force de saisonnalité : 64%, force de la tendance : 87%



ANALYSE DE L'HYDROGÉOLOGIE – SYNTHÈSE



Niveaux mensuels minimums annuels (HMNA) :

- Périodes sèches (HMNA < HMNA5) bien corrélées avec les années identifiées dans le volet « Hydrologie » :
 - 2001 – 2002 , 2005 – 2006, 2011 – 2012 et 2017 – 2020
 - Une variabilité selon les aquifères (+ effet des chroniques analysées)
- Tendances d'évolution significatives identifiées au droit de 4 piézomètres :

Diminution des niveaux bas et moyens



- Alluvions Loire amont
- Sables calcaires de Mazerolles
- Bassin de l'estuaire de la Loire (amont)

Augmentation des niveaux



- Alluvions Loire aval

Variation de niveau piézométrique mensuel
Code BSS : 04818X0544/PZ34

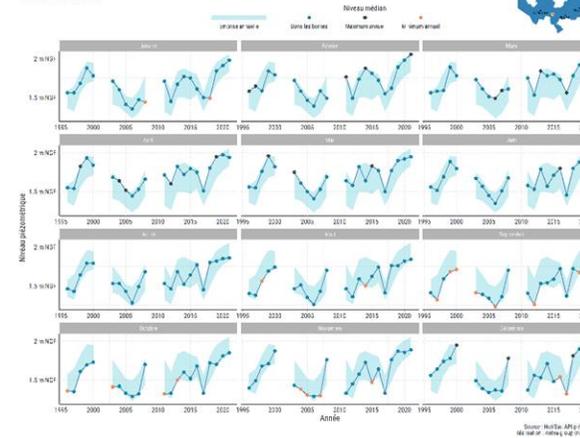


Résultat des tendances mensuelles entre 2012 et 2021
Code BSS : 04818X0544/PZ34

Variable	p-value	Tendance	Valeur
Janvier	p = 0,53	✗	–
Février	p = 0,93	✗	–
Mars	p = 0,86	✗	–
Avril	p = 0,47	✗	–
Mai	p = 0,074	✗	–
Juin	p = 0,15	✗	–
Juillet	p = 0,21	✗	–
Août	p = 0,049	✓	-11,0 cm/an
Septembre	p = 0,049	✓	-14,7 cm/an
Octobre	p = 0,049	✓	-13,2 cm/an
Novembre	p = 0,032	✓	-19,2 cm/an
Décembre	p = 0,21	✗	–

Source : Hub'Eau API piézométrie, réalisation : Antea group (nov. 2022)

Variation de niveau piézométrique mensuel
Code BSS : 04808X0027/N11



Résultat des tendances mensuelles entre 2012 et 2021
Code BSS : 04808X0027/N11

Variable	p-value	Tendance	Valeur
Janvier	p = 0,11	✗	–
Février	p = 0,074	✗	–
Mars	p = 0,088	✗	–
Avril	p = 0,074	✗	–
Mai	p = 0,039	✓	3,2 cm/an
Juin	p = 0,019	✓	3,9 cm/an
Juillet	p = 0,0073	✓	3,0 cm/an
Août	p = 0,0030	✓	4,0 cm/an
Septembre	p = 0,0054	✓	4,1 cm/an
Octobre	p = 0,0054	✓	4,4 cm/an
Novembre	p = 0,020	✓	4,7 cm/an
Décembre	p = 0,074	✗	–

Source : Hub'Eau API piézométrie, réalisation : Antea group (nov. 2022)

USAGES

ALIMENTATION EN EAU POTABLE

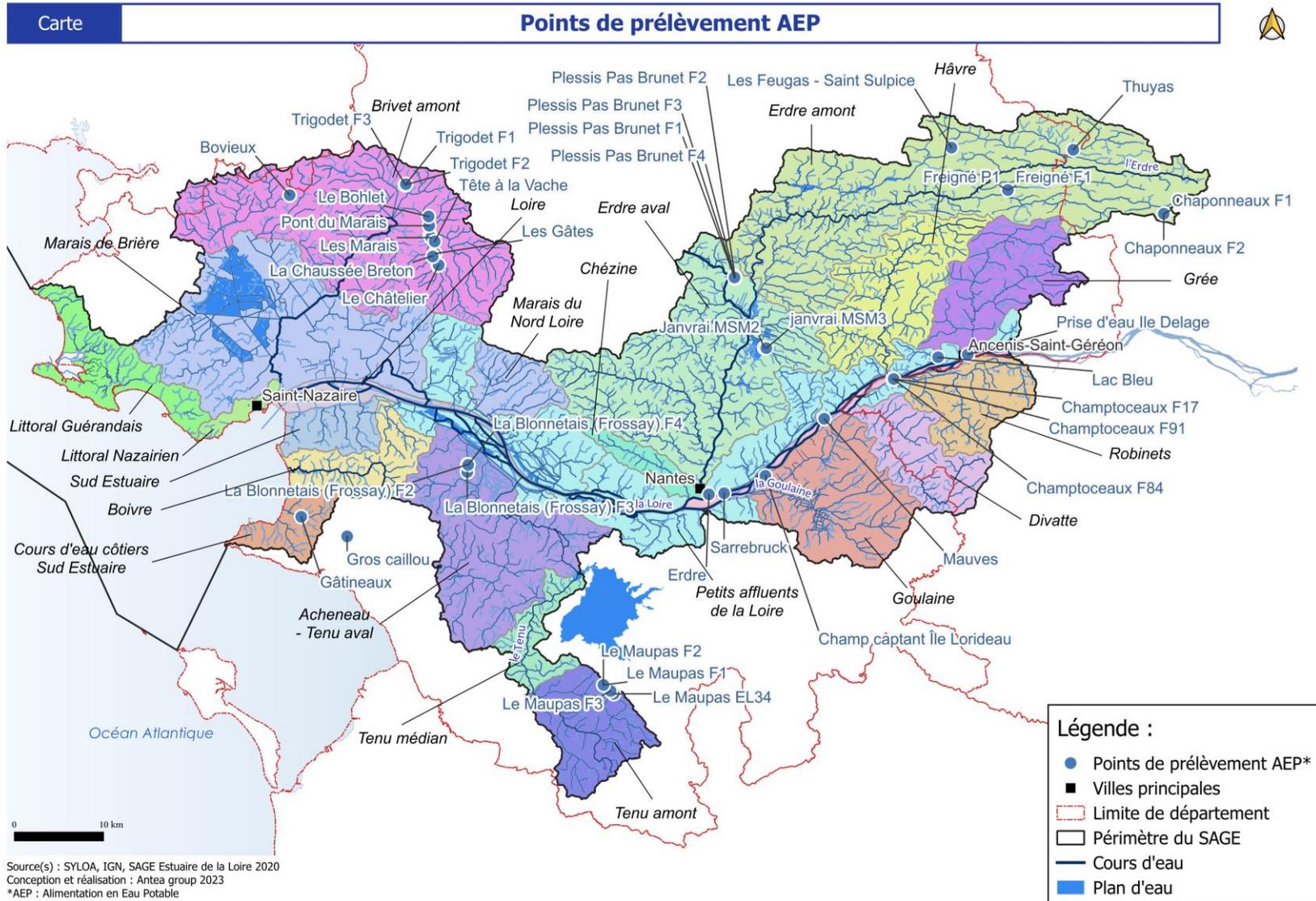


Données :



Chronique :

2010 - 2020



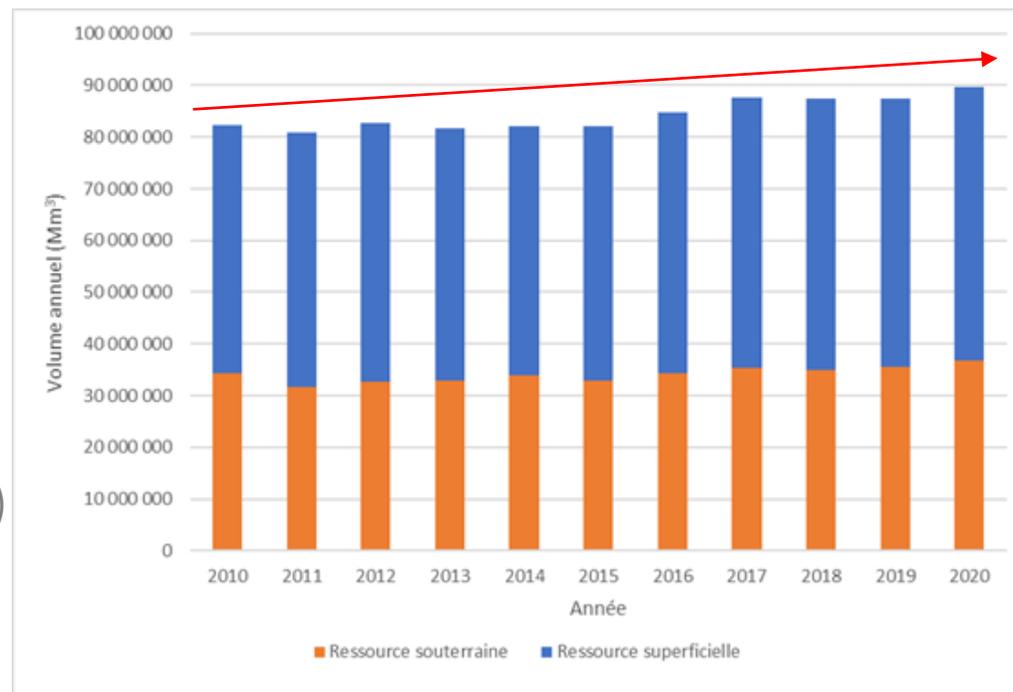
23 points de prélèvements (captages, champs captants ou prises d'eau)

ALIMENTATION EN EAU POTABLE



Volumes prélevés (2010-2020) :

- Volume moyen annuel : 84,4 Mm³/an
- La Loire et sa nappe alluviale sont les ressources les plus sollicitées : 68,2 Mm³/an (80%)
 - Prise d'eau de Mauves (42,9 Mm³)
 - Prise d'eau de l'île Delage (5,2 Mm³)
 - Champ captant de l'île Lorideau (19,4 Mm³)
- Volume restant majoritairement dans la ressource souterraine :
 - Nappe de Campbon (8,9 Mm³) : châtelier, chaussée breton...
 - Sables & calcaires de Nort-sur-Erdre (2,4 Mm³) : Plessis Pas Brunet
 - Sables & calcaires de Saint-Gildas-des-Bois (1,2 Mm³) : Trigodet



Volume en hausse depuis 2010

- 2015 à 2016 : + 2 Mm³
 - 2016 à 2017 : + 3 Mm³
 - 2019 à 2020 : + 2 Mm³
- En lien avec la prise d'eau de Mauves-sur-Loire
- ➡ Multifactoriels (Augmentation sur plusieurs points)

INDUSTRIE ET ACTIVITÉS ÉCONOMIQUES - PRÉLÈVEMENTS

Carte

Volumes moyens prélevés par an des activités économiques et industrielles entre 2015 et 2020

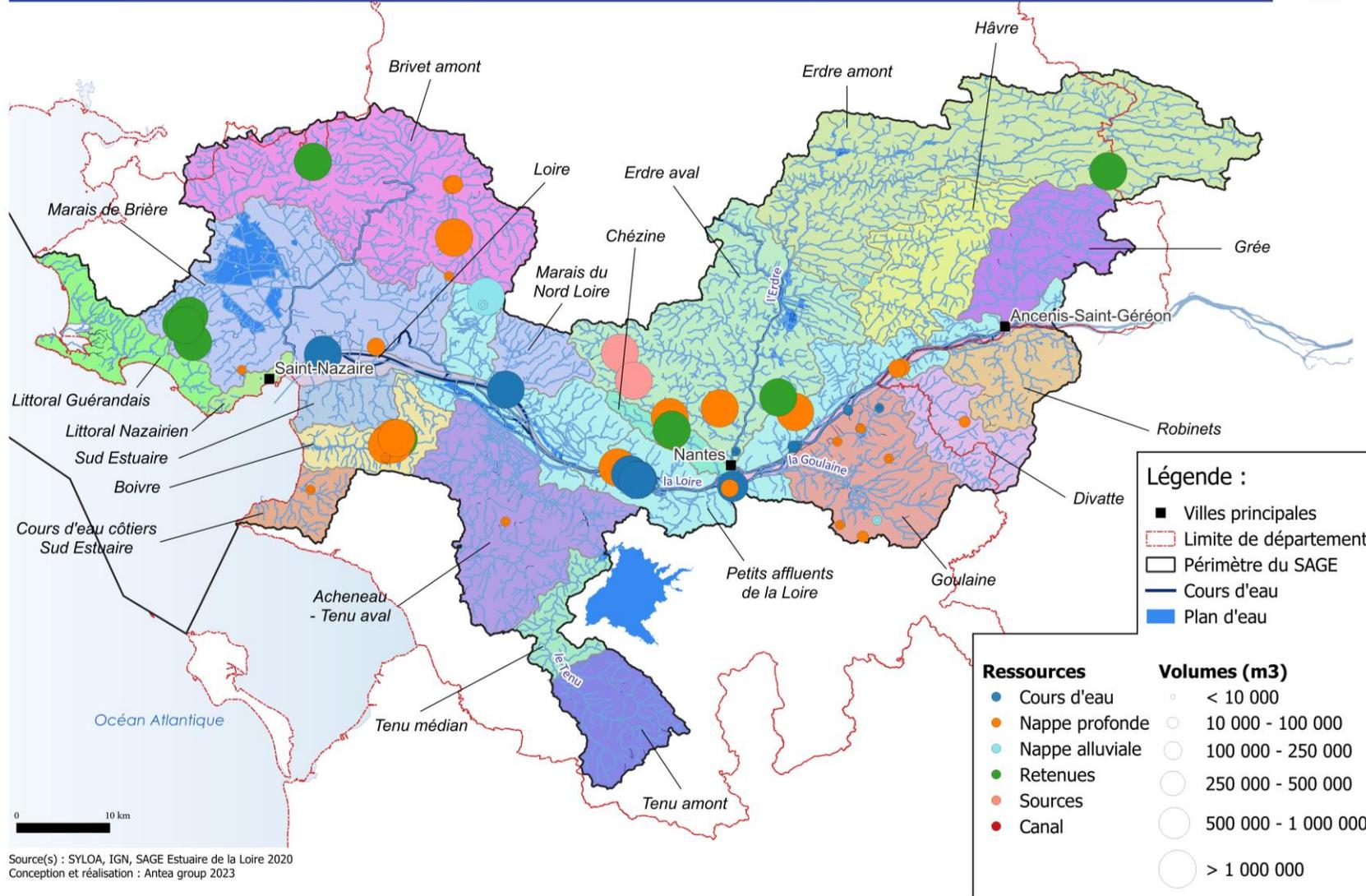


Données :



MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE ET DE LA COHÉSION DES TERRITOIRES

GÉORISQUES



Légende :

- Villes principales
- ▭ Limite de département
- ▭ Périmètre du SAGE
- Cours d'eau
- Plan d'eau

Ressources	Volumes (m3)
● Cours d'eau	○ < 10 000
● Nappe profonde	○ 10 000 - 100 000
● Nappe alluviale	○ 100 000 - 250 000
● Retenues	○ 250 000 - 500 000
● Sources	○ 500 000 - 1 000 000
● Canal	○ > 1 000 000



Chronique :

2010 - 2020



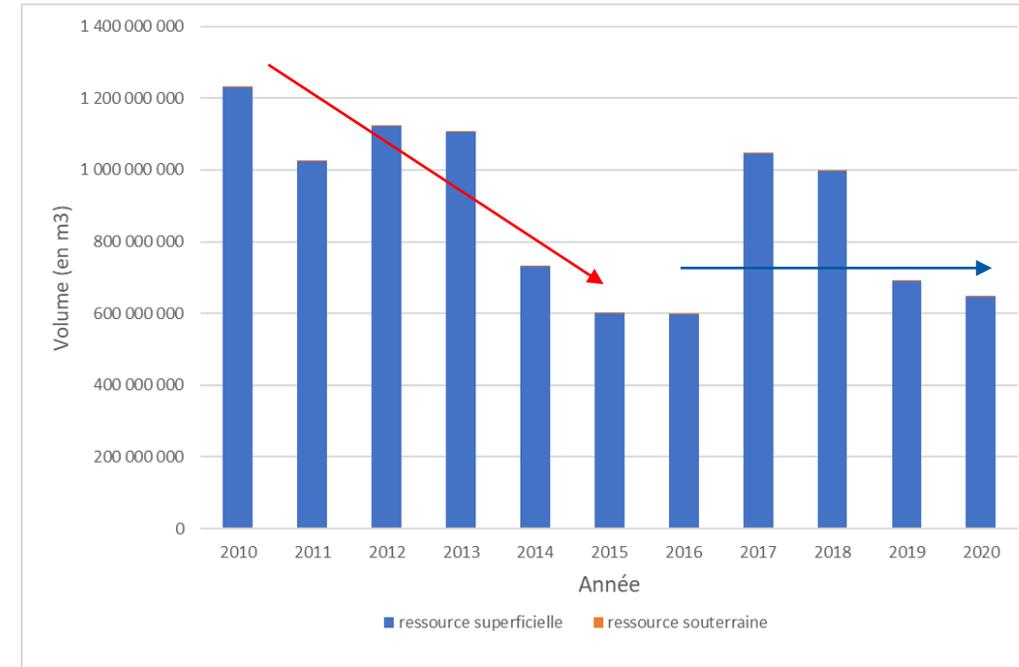
47 activités économiques identifiées comme prélevant mais seulement 32 sur la période 2010 – 2020 (28 en 2020)

INDUSTRIE ET ACTIVITÉS ÉCONOMIQUES - PRÉLÈVEMENTS



Volumes prélevés (2010-2020) :

- Volume moyen annuel très fluctuant : 599,4 Mm³ (2016) à 1,2 milliards m³ (2010)
- Volume moyen sur les 5 dernières années (2015-2020) : 867,7 Mm³
- Prélèvements majoritairement effectués dans les cours d'eau et notamment La Loire et sa nappe alluviale (850 Mm³)



↳ Portés par les prélèvements industriels énergétiques (Elengy, Usine de Cordemais) restitués à 99% directement au milieu

↳ Naval Group à La Montagne : seule activité hors énergie avec un prélèvement > 1 Mm³ (3,5 Mm³/an en Loire)



- Diminution depuis 2010 jusqu'en 2015
- Stabilisation depuis autours de 650 Mm³
- Forte augmentation en 2017 et 2018 : en lien avec la centrale de Cordemais

INDUSTRIE ET ACTIVITÉS ÉCONOMIQUES - RESTITUTIONS

Carte

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



Données :



MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE ET DE LA COHESION DES TERRITOIRES

GÉORISQUES

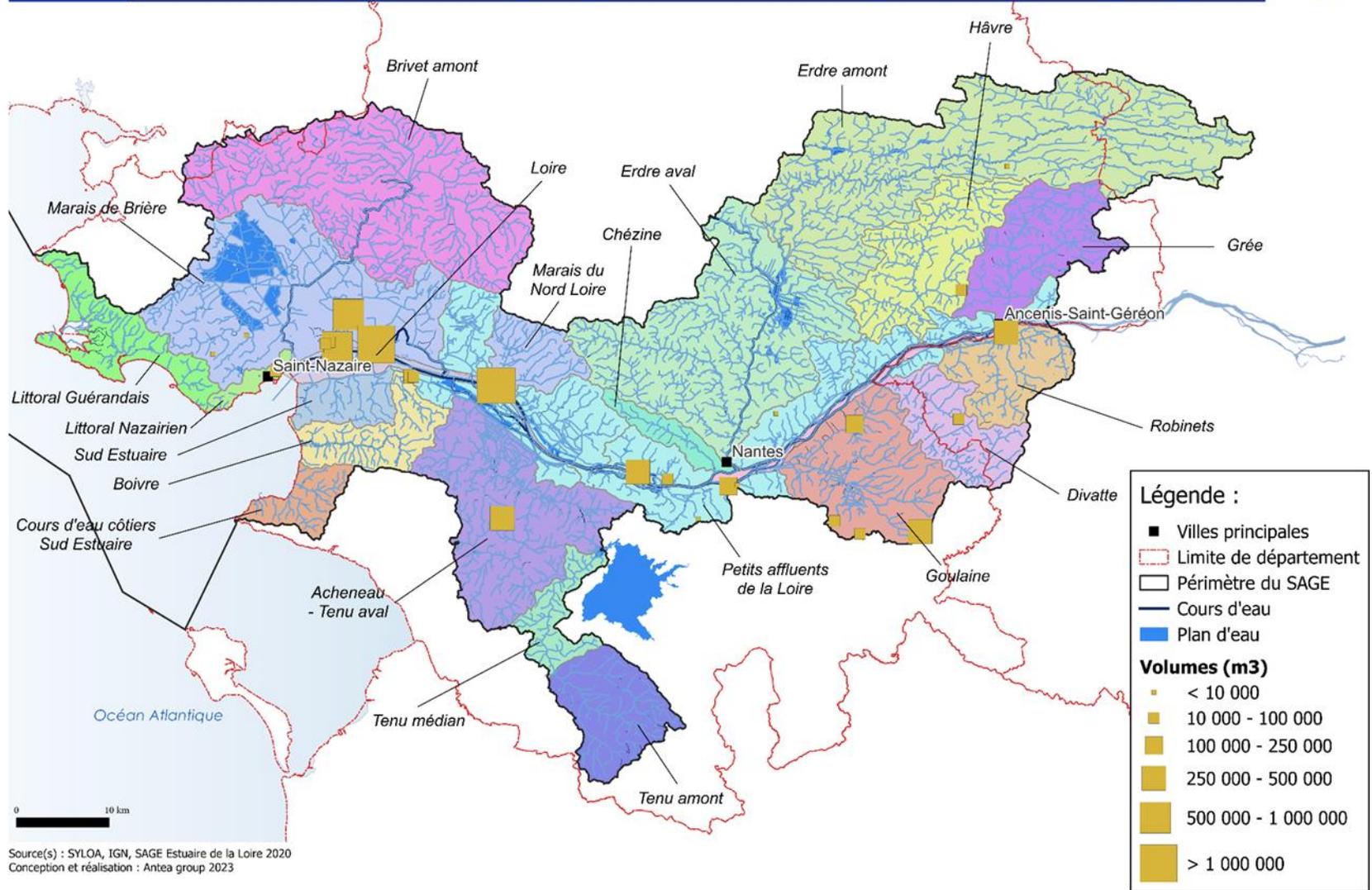


Chronique :

2015 - 2020



Peu d'information avant 2019



61 activités économiques identifiées comme rejetant sur la période 2015 – 2020 (32 en 2020) dont 37 avec des volumes

INDUSTRIE ET ACTIVITÉS ÉCONOMIQUES - RESTITUTIONS



Volumes restitués (2019-2020) :

- Volume moyen (2019-2020) : **660 Mm³ /an**



- Principalement porté par les activités énergétiques (usine de Cordemais, terminal méthanier, raffinerie de Donges)

- Exutoire préférentiel : La Loire (99% du flux)



- Principales autres sous-entités profitant des restitutions industrielles :

- Acheneau - Tenu aval : 430 000 m³ (carrières à Chéméré)
- Goulaine : 480 000 m³ (Lactalis et Terrena)



- Restitutions moindres (<20 000 m³): Erdre, Divatte, Hâvre

Sous entités	2019	2020	Moyenne 2019-2020
Acheneau - Tenu aval	436 471	475 760	456 116
Divatte	10 200	10 200	10 200
Erdre aval		600	600
Goulaine	624 779	665 168	644 974
Hâvre	11 040		11 040
Littoral	48 594	26 126	37 360
Loire	691 825 471	641 387 110	666 606 291
Marais de la Brière	11 405	2 500	6 953
Petits affluents de la Loire (Hâvre-Grée)		81 340	81 340
Petits affluents de la Loire (Loire)	2 421	639	1 530

ASSAINISSEMENT – ASSAINISSEMENT COLLECTIF



Données :

EPCI en charge de la compétence

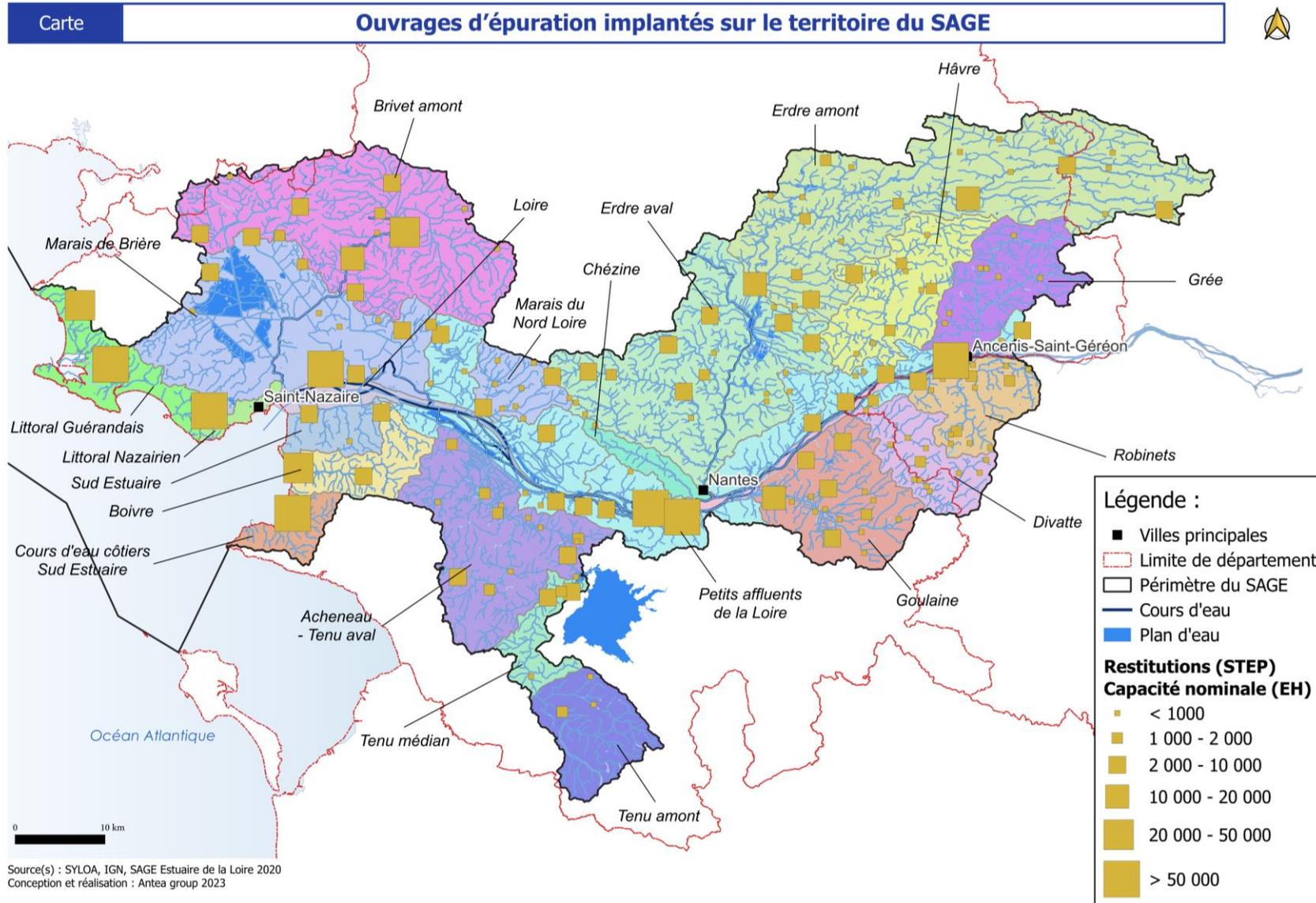


ASSAINISSEMENT COLLECTIF



Chronique :

2010 - 2020



184 stations d'épuration implantées sur le territoire

ASSAINISSEMENT – ASSAINISSEMENT COLLECTIF

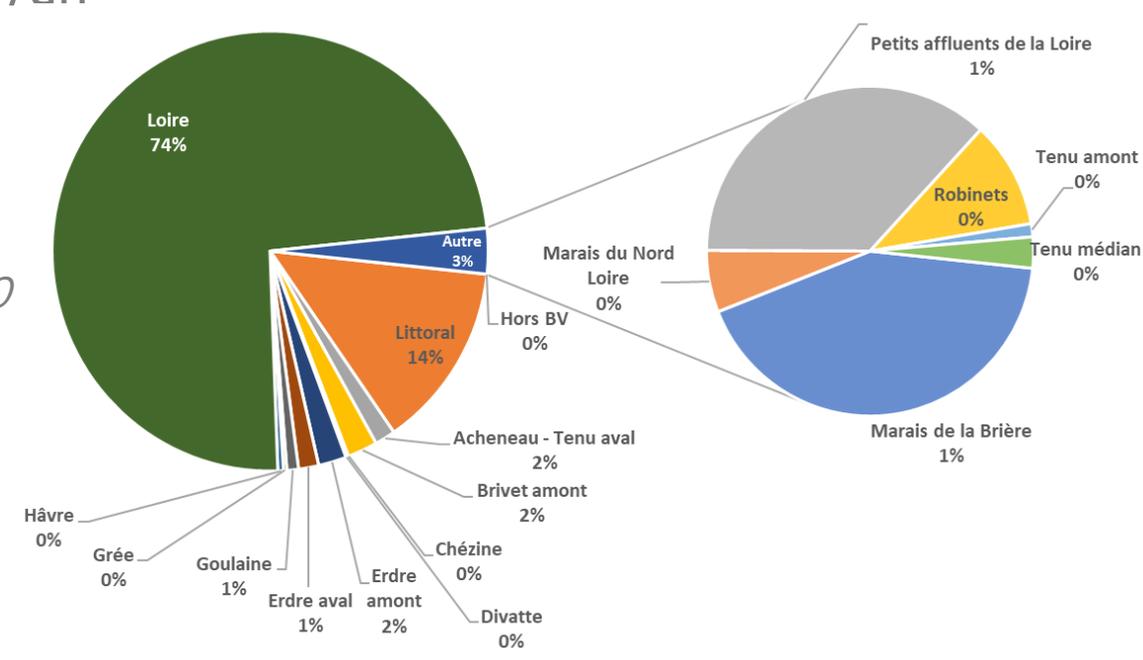


Volumes restitués (2010-2020) :

■ Volume moyen (2010-2020) : 75,7 Mm³ /an

→ 14% (10,4 Mm³/an) rejeté hors du territoire (0,01 Mm³) ou dans l'océan (10,38 Mm³) :
la Baule (178 000 EH), la Turballe (40 000 EH) ou Saint Nazaire (102 000 EH)

→ 74% (55,9 Mm³ /an) rejeté dans la Loire :
Nantes Métropole : Tougas (600 000 EH) & Petite Californie (180 000 EH), Saint-Nazaire (75 000 EH)



→ 5 sous-entités avec des restitutions > 1 Mm³ : Brivet amont (1,7 Mm³), Erdre amont (1,5 Mm³) & aval (1,1 Mm³), Marais de Brière (1,1 Mm³), Acheneau - Tenu aval (1,1 Mm³)

ASSAINISSEMENT – ASSAINISSEMENT NON COLLECTIF



Données :

EPCI en charge de la compétence



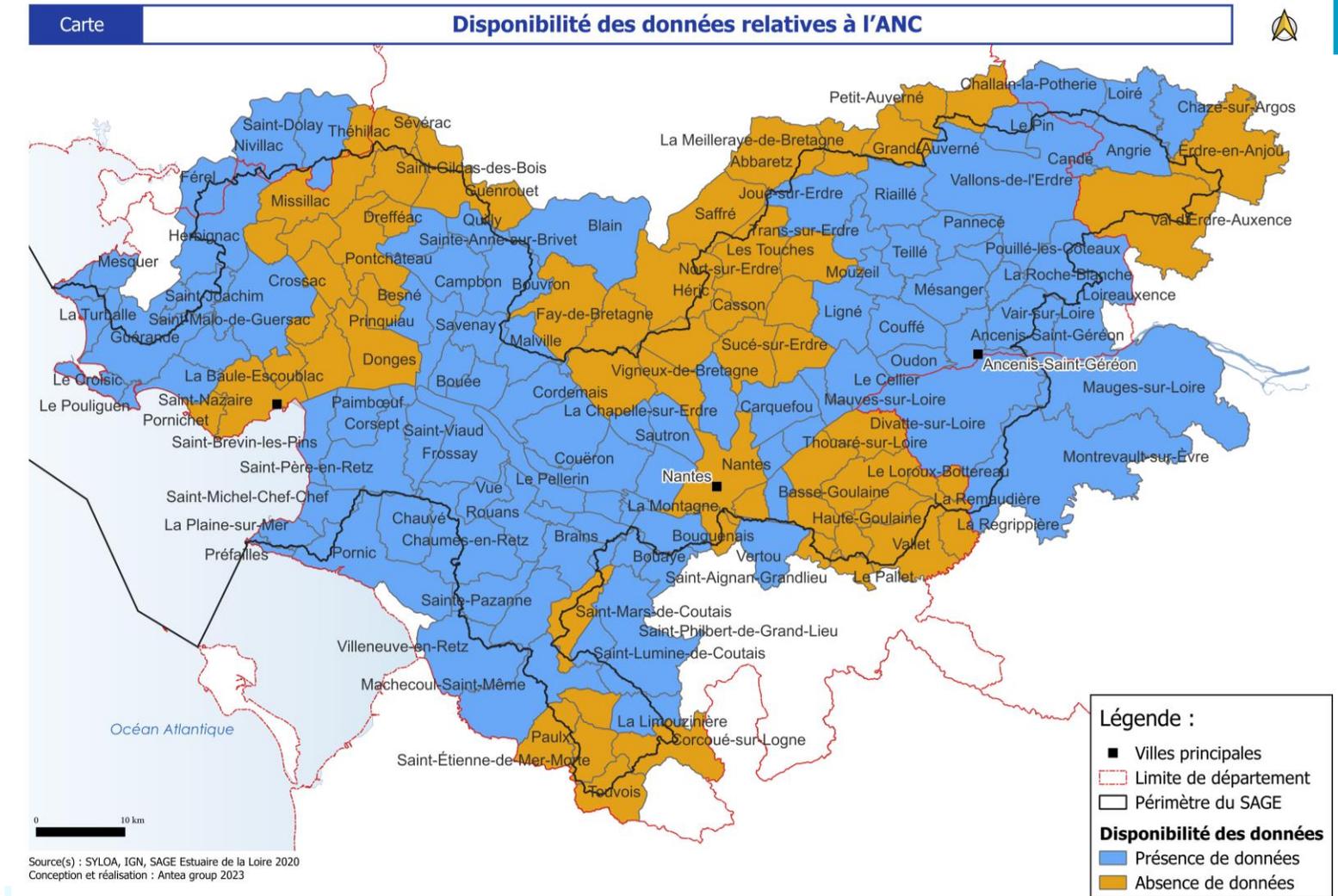
Chronique :

Dernier recensement d'installations disponibles



Limites :

- 102 sur 158 (66%) avec une donnée disponible
- Manque de connaissance sur le type de rejet



Volume moyen annuel restitué au milieu : 900 000 m³/an

- Erdre amont : 186 000 m³
- Acheneau Tenu aval : 78 000 m³
- Brivet amont : 77 000 m³
- Hâvre : 87 000 m³

AGRICULTURE - IRRIGATION



Données :



Chronique :

2010-2020

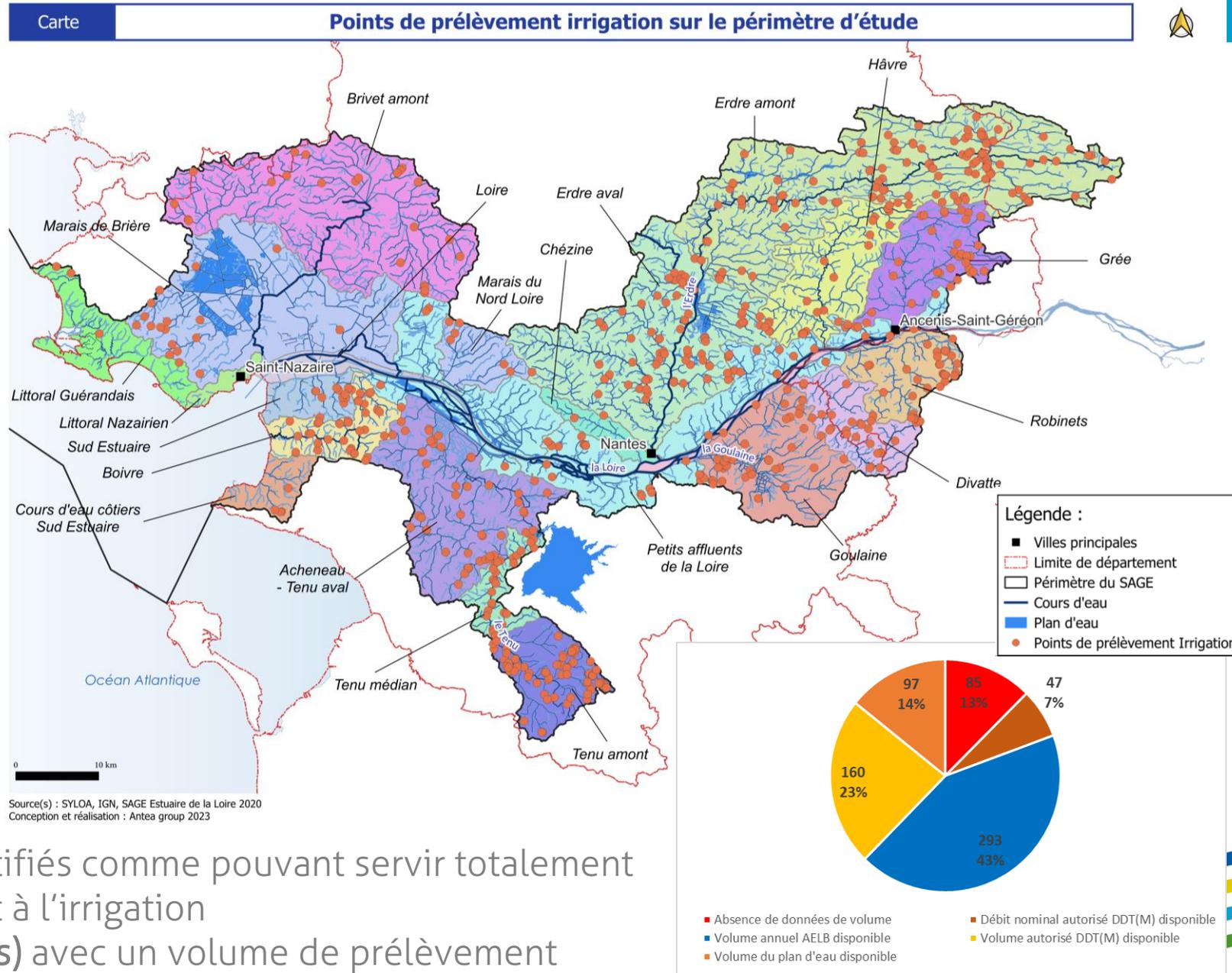


Limites :

- Exhaustivité des points
- Absence d'information de volume pour 20% des points



- 682 points identifiés comme pouvant servir totalement ou partiellement à l'irrigation
- 43% (293 points) avec un volume de prélèvement identifié



AGRICULTURE - IRRIGATION



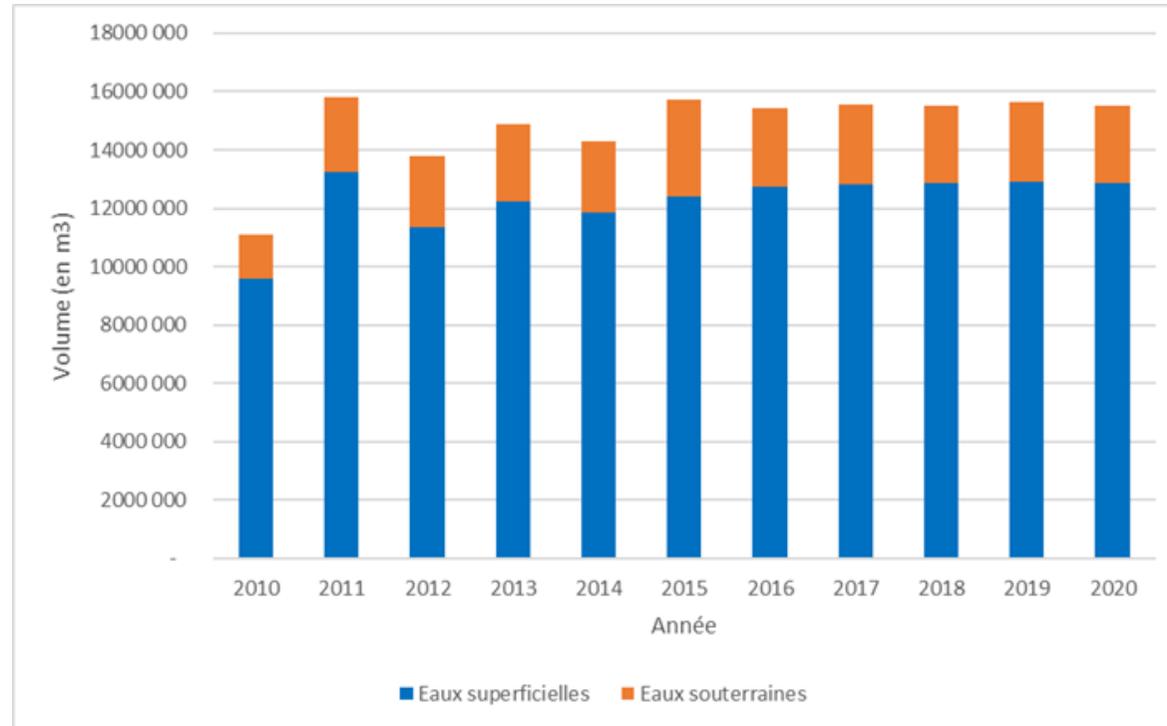
Volumes prélevés (2010 - 2020) :

- Volume moyen : 14,8 Mm³ /an

→ Stabilisation autour de 15 Mm³ /an depuis 2015

- 80% (12,2 Mm³ /an) est prélevé dans la **ressource superficielle**
- La Loire et sa nappe alluviale sont les ressources les **plus sollicitées** : 6 Mm³/an (50%)
- Erdre : 1 Mm³/an (700 000 m³ Erdre aval)

→ Ressource souterraine particulièrement mobilisée sur les sous-entités de l'Erdre aval et du Tenu amont : présence de bassins tertiaires du socle armoricain



AGRICULTURE – ABREUVEMENT (RÉSULTATS NON CONSOLIDÉS)



Données :

agreste

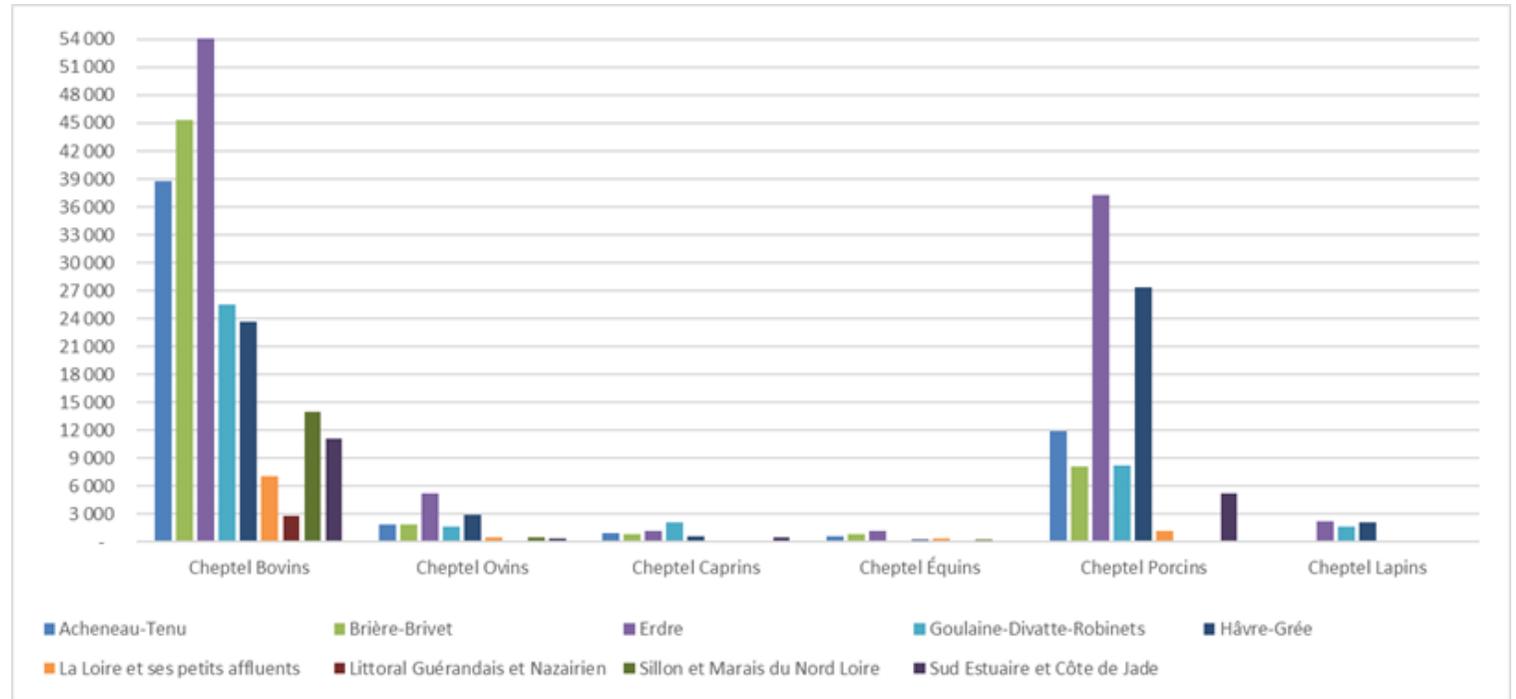


- Recensement agricole
- BDNI



Chronique :

2010 et 2020



Limite :

Présence d'incohérences entre le RA 2020 et la BDNI

Investigation en cours par la Chambre d'agriculture



Cheptel bovin : 222 500 têtes



Cheptel équin : 4 000 têtes



Cheptel ovin : 15 100 têtes



Cheptel porcin : 99 300 têtes



Cheptel caprin : 6 650 têtes



Cheptel volaille : 3,4 M têtes

AGRICULTURE – ABREUVEMENT (RÉSULTAT NON CONSOLIDÉS)



Volumes prélevés (dans le milieu naturel (2020)):

- Volume : 6,9 Mm³ /an

Fortement porté par le cheptel bovin (89%)

40% (2,7 Mm³ /an) concentré sur 3 sous-entités :

- Erdre amont : 1,1 Mm³ /an
- Brivet amont : 0,9 Mm³ /an
- Acheneau Tenu aval : 0,66 Mm³ /an

5 sous-entités avec un volume > 300 000 m³/an : Tenu amont, Erdre aval, Divatte, Hâvre-Grée

Entité	Sous-entité	Volume moyen annuel (m3)	%
Acheneau-Tenu	Acheneau - Tenu aval	667 501	10%
Acheneau-Tenu	Petits affluents de la Loire	59 734	1%
Acheneau-Tenu	Tenu amont	313 855	5%
Acheneau-Tenu	Tenu médian	118 521	2%
Briere-Brivet	Marais de la Brière	423 289	6%
Brière-Brivet	Brivet amont	943 813	14%
Erdre	Erdre amont	1 226 570	18%
Erdre	Erdre aval	575 413	8%
Goulaine-Divatte-Robinets	Divatte	314 560	5%
Goulaine-Divatte-Robinets	Goulaine	158 312	2%
Goulaine-Divatte-Robinets	Petits affluents de la Loire	22 613	0%
Goulaine-Divatte-Robinets	Robinets	279 835	4%
Hâvre-Grée	Grée	392 591	6%
Hâvre-Grée	Hâvre	386 929	6%
Hâvre-Grée	Petits affluents de la Loire	63 282	1%
La Loire et ses petits affluents	Chézine	23 807	0%
La Loire et ses petits affluents	Loire	92 927	1%
La Loire et ses petits affluents	Petits affluents de la Loire	92 958	1%
Littoral Guérandais et Nazairien	Littoral Guérandais	71 444	1%
Littoral Guérandais et Nazairien	Littoral Nazairien	9 854	0%
Sillon et Marais du Nord Loire	Marais du Nord Loire	114 276	2%
Sillon et Marais du Nord Loire	Petits affluents de la Loire	267 000	4%
Sud Estuaire et Côte de Jade	Boivre	178 706	3%
Sud Estuaire et Côte de Jade	Cours d'eau côtiers Sud Estuaire	68 841	1%
Sud Estuaire et Côte de Jade	Sud Estuaire	83 278	1%
Total général		6 949 907	100%



Données en cours de consolidation

ÉVAPORATION DES PLANS D'EAU



Données :



Travail réalisé à l'échelle des bassins d'évaluation du SAGE



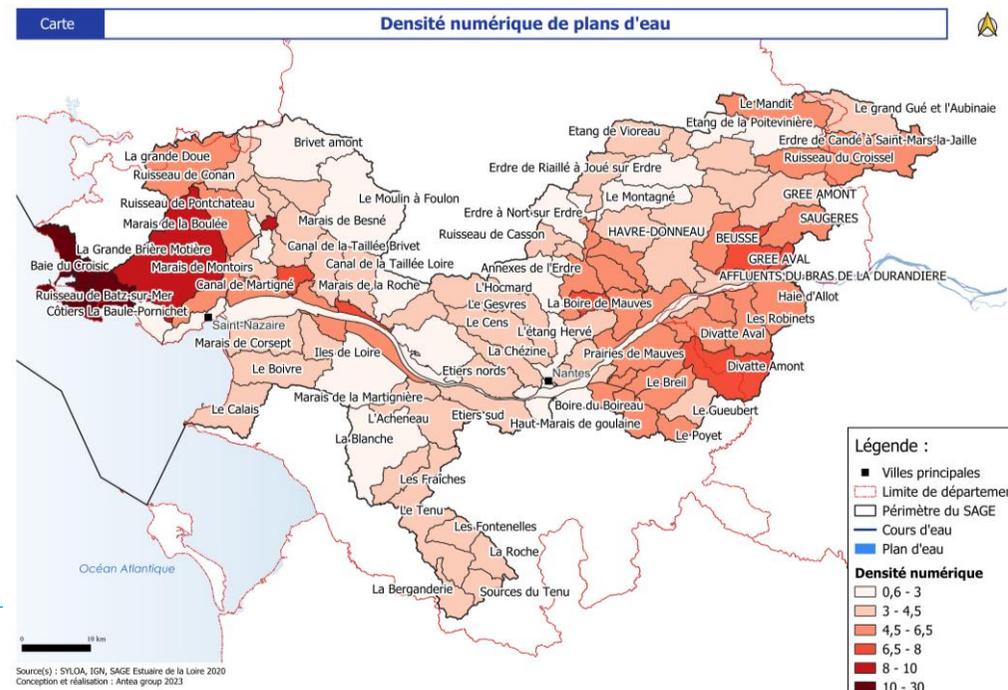
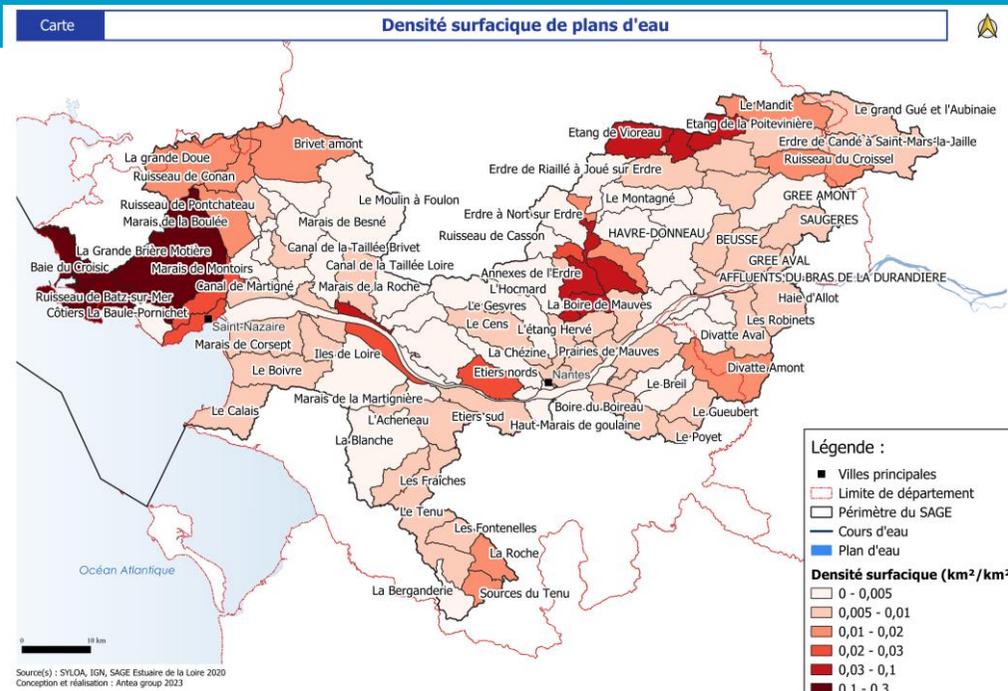
Environ 17 580 plans d'eau recensés



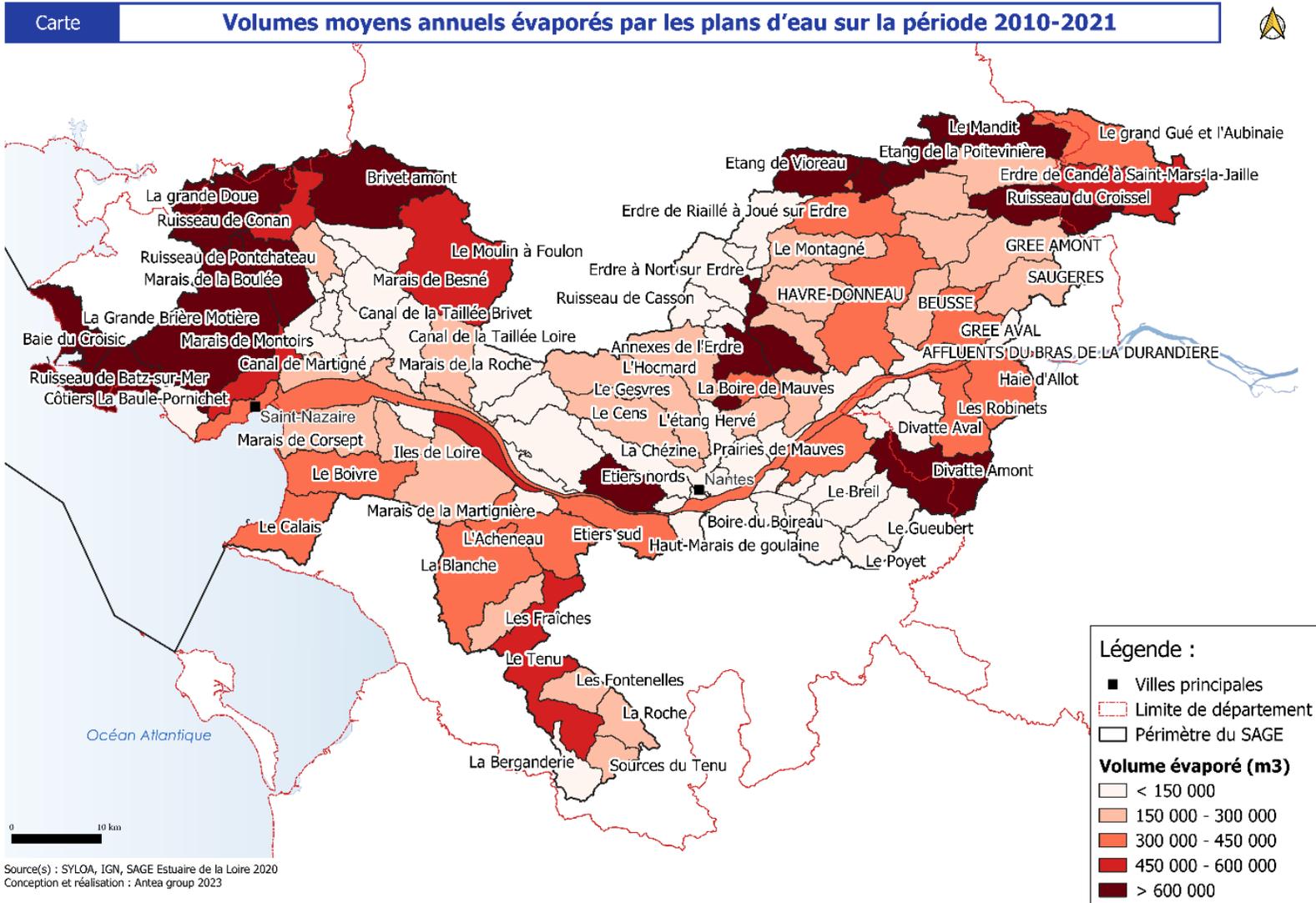
- Sous-entités Littoral Guérandais et Marais de Brière présentent les bassins à plus forte densité
- Bassins à forte composante humide ressortent (Mazerolles, marais de Grée...)



Majorité de plans d'eau semble implantée sur l'amont du bassin versant (amont métropole nantaise)



ÉVAPORATION DES PLANS D'EAU



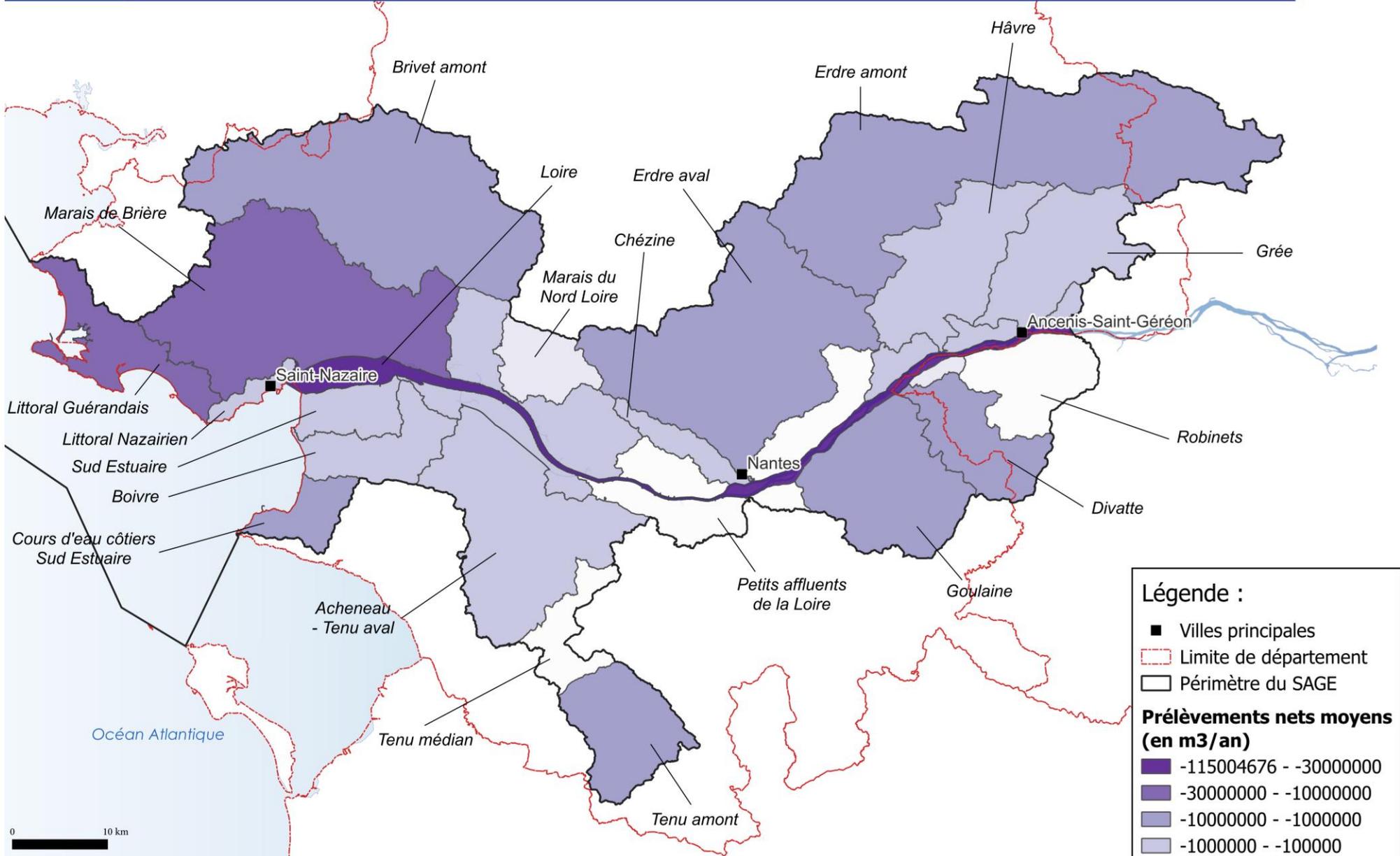
- Volume moyen évaporé : **58,1 Mm³ /an**
- 53% Littoral Guérandais (18,6Mm³) et Marais de Brière (12,3Mm³)
- Sous-entités avec volume > 1 Mm³ /an : Erdre amont & aval, Brivet amont, Tenu (aval et amont), Goulaine et Divatte



BILAN PAR SOUS-ENTITE – EAUX SUPERFICIELLES (RÉSULTATS NON CONSOLIDÉS)

Carte

Bilan par sous-entité - Eaux superficielles (résultats non consolidés)



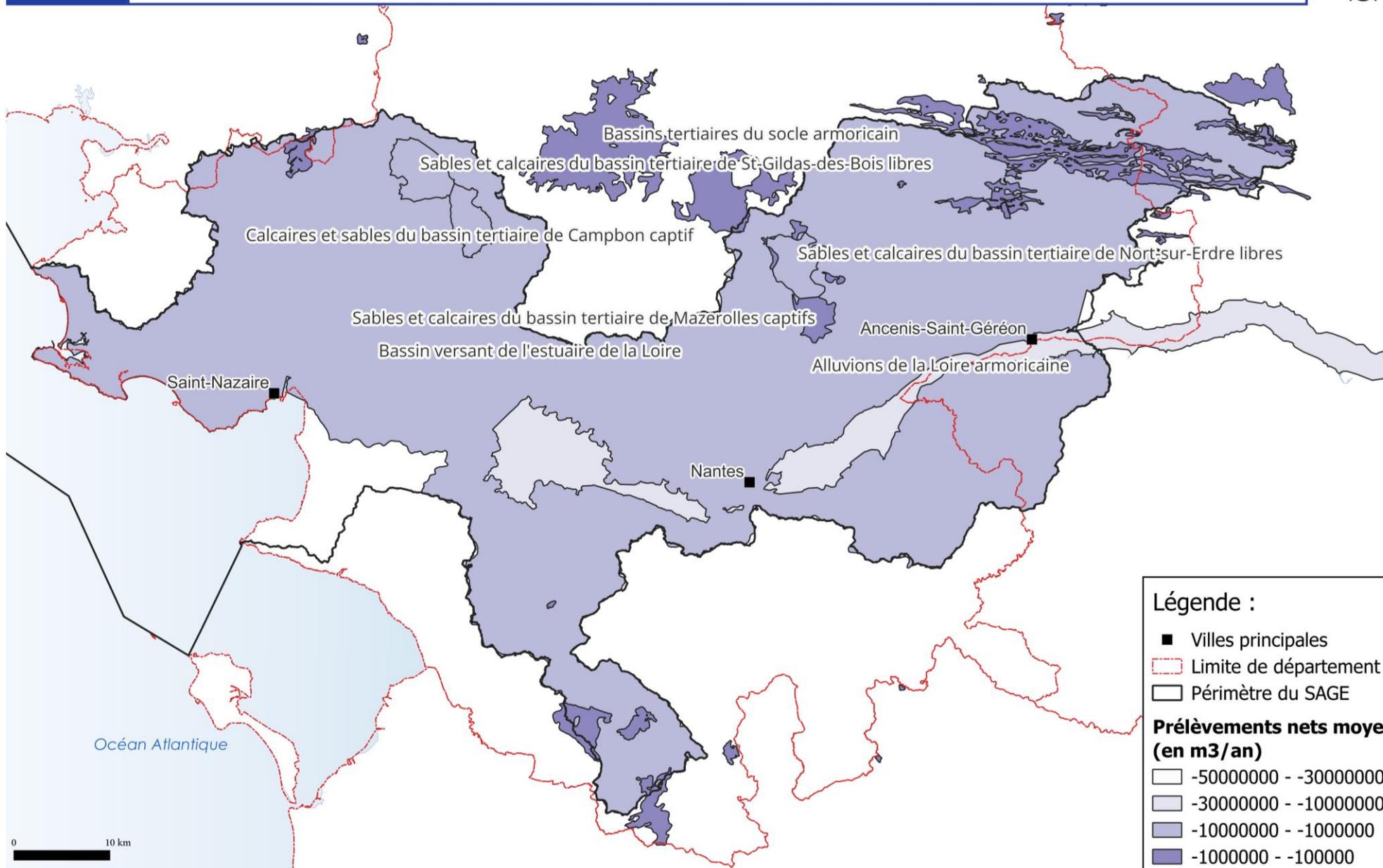
Légende :

- Villes principales
 - ▭ Limite de département
 - ▭ Périmètre du SAGE
- Prélèvements nets moyens (en m³/an)**
- -115004676 - -30000000
 - -30000000 - -10000000
 - -10000000 - -1000000
 - -1000000 - -100000
 - -100000 - 0
 - 0 - 658645

BILAN PAR SOUS-ENTITE – EAUX SOUTERRAINES (RÉSULTATS NON CONSOLIDÉS)

Carte

Bilan par sous-entité - Eaux souterraines (résultats non consolidés)



Légende :

- Villes principales
- ▭ Limite de département
- ▭ Périmètre du SAGE

Prélèvements nets moyens (en m³/an)

White	-50000000 - -30000000
Light Blue	-30000000 - -10000000
Medium Blue	-10000000 - -1000000
Dark Blue	-1000000 - -100000
Very Dark Blue	-100000 - -1
Black	-1 - 50000

MILIEUX

DÉTERMINATION DES DÉBITS BIOLOGIQUES

DÉBIT BIOLOGIQUE – RAPPEL DE LA MÉTHODE



LA MÉTHODE ESTIM'HAB

2 campagnes de terrain :

- En basses eaux
- En hautes eaux (débit basses eaux x2)

Les mesures :

- Hauteur d'eau
- Taille des sédiments du fond du lit de la rivière (gravier, sables, galets...)

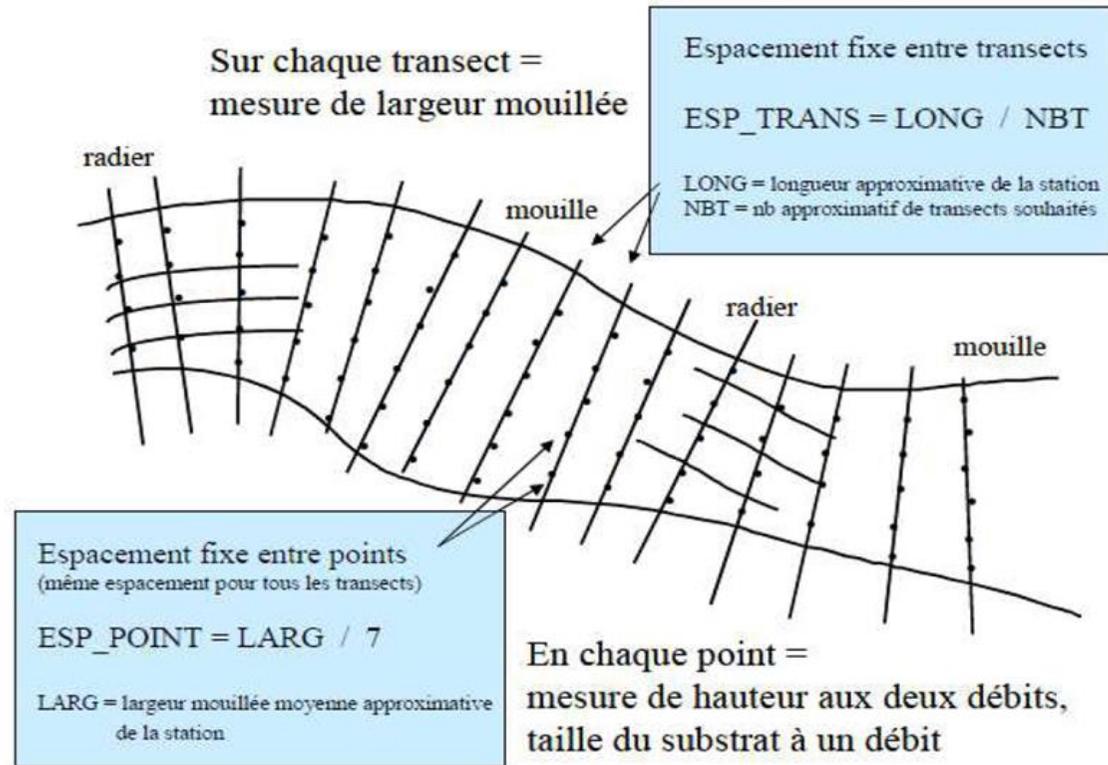


Figure 3-1 : Mise en œuvre du protocole Estimhab sur un tronçon de rivière donné (source : CEMAGREF, 2008)

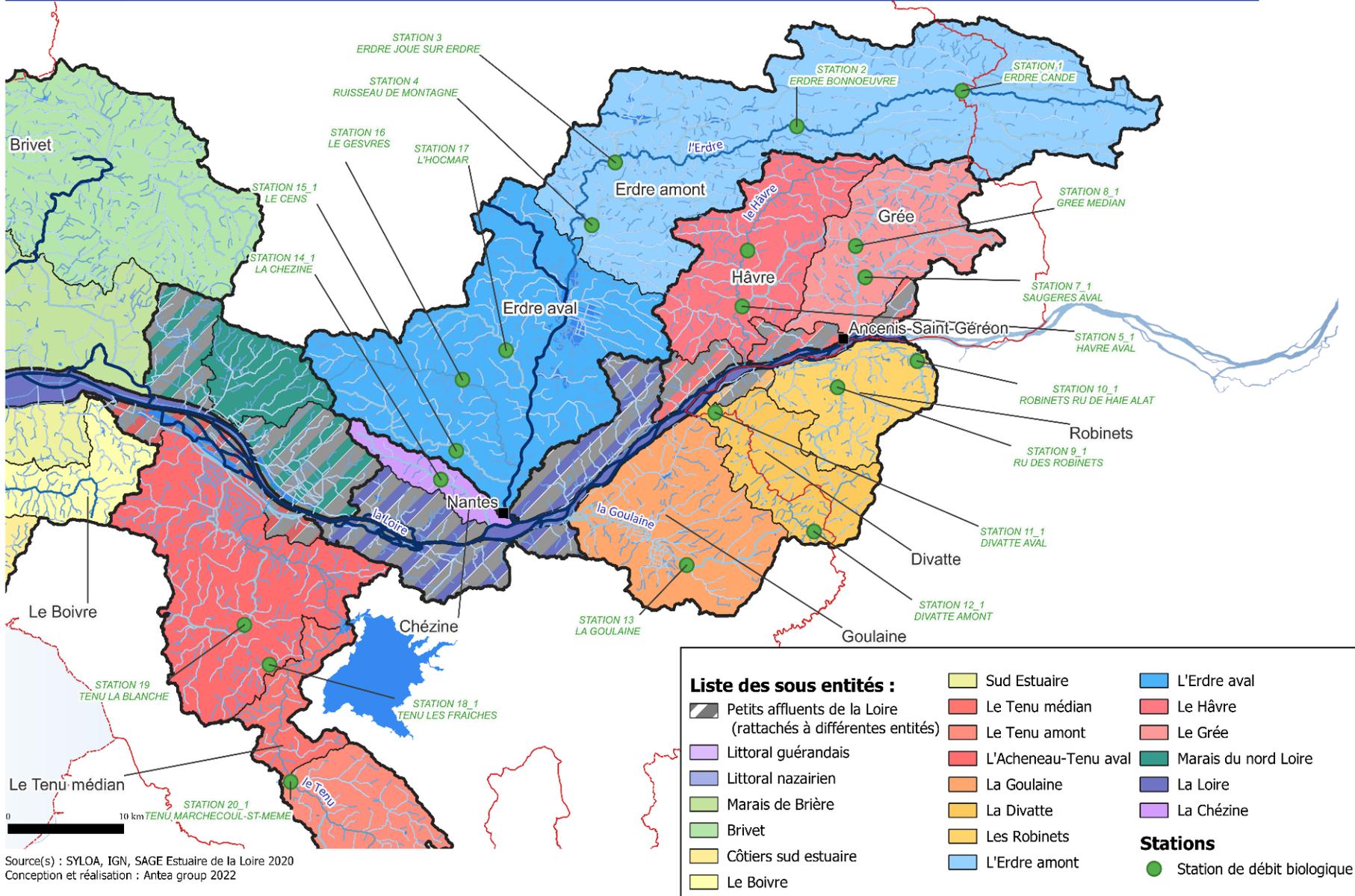


L'analyse basses eaux doit être faite dans le cadre d'un régime classique et non en situation extrême

DÉBIT BIOLOGIQUE – LOCALISATION INITIALE DES STATIONS

Carte

Stations de débit biologique



DÉBIT BIOLOGIQUE – CAMPAGNE DE TERRAIN



CAMPAGNES DE TERRAIN



Février à juin 2023



17 stations



3 stations

Les Fraîches, Erdre à Bonnœuvre, Hâvre aval

Conditions du milieu ne permettant pas le respect de la méthode :

- absence d'alternance radier/mouille
- Influence de seuil, embâcles
- Profondeur trop importante
- Secteurs ayant fait l'objet d'une restauration récente...



Cours d'eau rectifié et recalibré



Encombre influençant la ligne d'eau



Linéaire restauré en aval de la D95

FICHE STATION	La Goulaine à La Chapelle Heulin		SYLOA	ESTUAIRE
Renseignements généraux et localisation				
Localisation	Coordonnées du site (Lambert 93)	Informations complémentaires :		
Cours d'eau : La Goulaine	AMONT : X : 371460,3	Amont proche confluence		
Commune/Dépt : La Chapelle Heulin/44	Y : 6685145,2	Aval 15 m en amont du pont (tête du PC)		
Lieu-dit : le Poyet	AVAL : X : 371391,12			
HER :	Y : 6685191,2			
Schéma de la station				

Morphologie		Qualité	
Longueur station :	105,5 m	Trous/fosses :	
Largeur plein bord moyenne :	6,3 m	Abris rocheux :	
Hauteur plein bord moyenne :		Abris végétaux :	
Pente du fond de vallée :	1,4	Encombre / Déb :	
Tracé du lit :	Sinueux	Sous-berges :	
Type de berges :	Semi-naturel	Systèmes racinaux :	
Profil de berge :	Naturel	Végétation de berge :	
Ripisylve		Hydr	
Rive gauche :	Herbacée/Arbustive/Arborecente	Rive droite :	Herbacée/Arbustive/Arborecente
Strate présente :		Pompage (sur ou à proximité) :	
Largeur moyenne :	10-15 m	Rejet (sur ou à proximité) :	
Continuité :	Continue	Ouvrage hydraulique inécoulements (sur la stan) :	
Type d'entretien :	équilibré	Substrats : (Dc) :	
Ombrage			
Hydrologie (à Q1)			
Turbidité :	Faible		
Couleur :	Transparente		
Odeur :	Non		
Pollution apparente :	Non		
Franchissabilité des radiers à l'étiage (à séjous, plats couverts) :	Oui		

FICHE STATION	La Goulaine à La Chapelle Heulin		SYLOA	ESTUAIRE
Renseignements débits et illustration de la station				
Débit Q1		Débit Q2		
Date :	2/22/2023	Date :	3/28/2023	
Débit :	0,073	Débit (m3/s) :	0,573	
Largeur mouillée moyenne :	2,8 m	Largeur mouillée moyenne (m) :	5,4	
Hauteur d'eau moyenne (m) :	0,11	Hauteur d'eau moyenne (m) :	0,279	
Conditions :	Etage hivernal temps sec	Conditions :	Moyennes eaux temps sec	
Vue aval Q1		Vue aval Q2		
Vue intermédiaire Q1		Vue intermédiaire Q2		
Vue amont Q1		Vue amont Q2		

DÉBIT BIOLOGIQUE – ESPÈCES CIBLES

CHOIX DES ESPÈCES ET GUILDES CIBLES

 2 réunions de travail : 23/05/2023 et 05/09/2023
OFB, fédération de pêche (44 & 49), contrats territoriaux, DDT(M) 44 & 49...

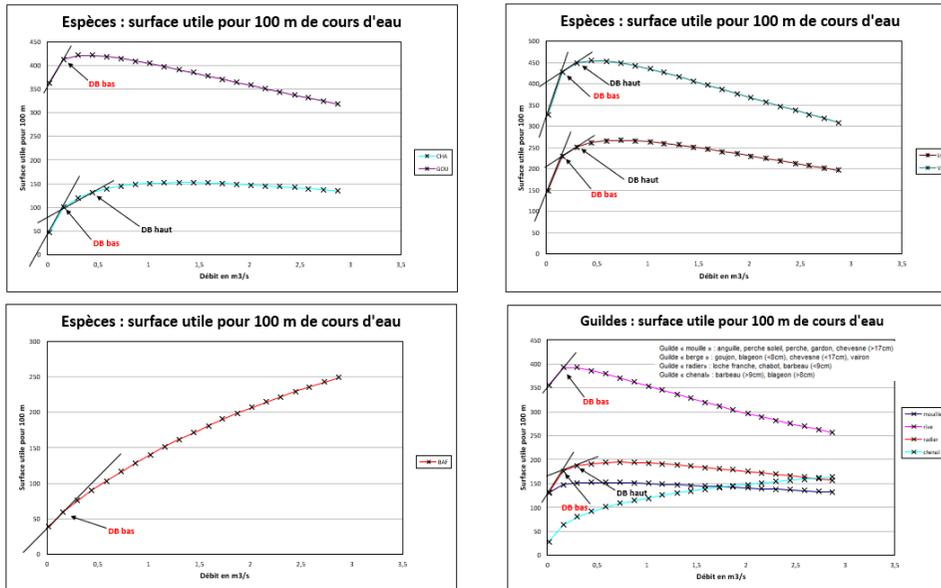
 Basé sur des éléments contextuels et la connaissance terrain

Station	Espèces cibles	Guildes cibles	Éléments contextuels
Hâvre	Loche, Goujon, Barbeau	Mouille, Rive	
Blanche	Loche	Mouille, Rive	
Cens	Truite (adulte et juvénile), Chabot, Loche, Vairon	-	
Chézine	Loche, Goujon, Barbeau, Vairon	Radier	Cours d'eau de qualité médiocre. Le débit est un élément important pour le maintien des populations de rhéophiles.
Divatte amont	Loche, Goujon, Barbeau, Vairon	Rive, radier	Présence de zones de refuge sur la partie amont du bassin mais secteur fortement contraint par des étiages sévères.
Divatte aval	Loche, Goujon, Barbeau, Vairon, Chabot	Rive, radier	Le barbeau est conservé même si absent des inventaires car il est représentatif de la problématique des espèces rhéophiles retrouvées dans les inventaires des pêches électriques
Erdre amont (Candé)	Loche, Goujon, Barbeau, Vairon, Chabot	Rive, radier	La Loche et le Vairon sont conservées car présentes sur l'amont du bassin versant.
Erdre à Joué	Loche, Barbeau, Vairon, Chabot	Rive, radier	
Gesvres	Truite (adulte et juvénile), Loche, Vairon	-	
Goulaine	Loche, Goujon, Vairon	Mouille, rive	Les affluents sur l'amont du bassin sont plutôt considérés comme en contexte piscicole intermédiaire ce qui justifie l'intégration de la Loche aux espèces cibles.
Grée	Loche, Goujon, Barbeau, Vairon	Rive, radier	
Haie d'Alot	Loche, Goujon, Barbeau, Vairon	Mouille, rive	Contexte piscicole particulier : milieu plutôt préservé d'un point de vue habitat mais le débit est insuffisant et reste le facteur limitant.
Hocmard	Loche, Goujon, Barbeau, Vairon	Rive, radier	Contexte piscicole intermédiaire voir salmonicole dégradé. Présence de Lamproie de Planer sur le Rupt, affluent ne connaissant pas de problématique d'assèchement. Absence de travaux sur ce cours d'eau dans le futur Contrat Territorial eau.
Montagné	Loche, Goujon, Vairon	Rive	
Les Robinets	Loche, Goujon, Barbeau, Vairon	Rive, radier	Contexte piscicole cyprinicole voire intermédiaire sur la partie en Maine-et-Loire.
Saugères	Loche, Goujon, Barbeau, Vairon	Rive, radier	Contexte piscicole cyprinicole voire intermédiaire.
Tenu amont	Loche, Goujon, Barbeau, Vairon	Rive, radier	

DÉBIT BIOLOGIQUE – GAMME DE DÉBITS BIOLOGIQUES

GAMME DE DÉBITS BIOLOGIQUES (RESULTATS NON CONSOLIDÉS)

Pour chaque station :
Confrontation des valeurs de perte d'habitabilité de chaque espèce cible retenue



Station	Gamme de débit biologique revue (en L/s)
Hâvre	64-125
Blanche	74-217
Cens	124-365
Chézine	62-121
Divatte amont	84-125
Divatte aval	347-670
Erdre amont (Candé)	159-445
Erdre à Joué	425-815
Gesvres	92-268
Goulaine	150-435
Gréé	29-56
Haie Alot	29-57
Hocmard	83-224
Montagné	33-95
Les Robinets	136-262
Saugère	16-46
Tenu Amont	72-214

Valeurs retenues :

- **Valeur haute** : débit le plus bas de la zone de début de perte d'habitabilité
- **Valeur basse** : débit le plus haute de la zone de perte brutale d'habitabilité

PROCHAINES ÉTAPES

PROCHAINES ÉTAPES



Présentation du croisement des 4 volets

↪ **COTECH et COPIL au 1^{er} trimestre 2024**

MERCI POUR VOTRE ATTENTION