

# SAGE ESTUAIRE DE LA LOIRE

## ETUDE HYDROLOGIE MILIEUX USAGES CLIMAT (HMUC) DU SAGE ESTUAIRE DE LA LOIRE

*COmité TEChnique de phase 2*



# DÉROULÉ DE LA RÉUNION



## Présentation des méthodes de travail

- Volet H : hydrologie, plan d'eau & hydrogéologie
- Volet U : AEP, activités économiques, assainissement, agriculture...
- Volet C : climat actuel, futur et impact sur la ressource



## Avancement de la détermination des débits écologiques (Volet M)



## Prochaines étapes

# VALIDATION DES MÉTHODES

## RÉUNIONS DE PRÉSENTATION



### BILAN DES RÉUNIONS DE PRÉSENTATION



**3** réunions de présentation menées par thématiques (Hydrologie, Usages « AEP-assainissement-industrie », Usages « agriculture »)



**19 & 20** septembre 2022



**41** participants au total



### OBJECTIFS :

- Expliquer l'utilisation des données demandées
- Échanger autour des méthodes déployées
- Ajuster les méthodes à la réalité du territoire

# VOLET HYDRO(GÉO)LOGIE

-

## HYDROLOGIE

## VOLET H - RAPPEL



### OBJECTIFS

#### *Dans un premier temps*

- 1 Caractériser le contexte hydrographique et la répartition des ressources en eau du territoire
- 2 Analyser de façon détaillée l'évolution de cette ressource en période d'étiage

#### *Dans un second temps*

- 3 Préparer les données qui permettront de reconstituer des régimes hydrologiques désinfluencés (naturels) par croisement avec les résultats du volet « Usages ».



#### Critères temporels

- Chroniques longues et robustes (analyse des régimes)
- Disponibles sur la période d'analyse des usages  
Période ciblée : **2000 – 2020.**



#### Critères spatiaux

- Représentatifs du fonctionnement hydrologique
- Confrontation aux usages  
Localisation ciblée : **station hydrométrique & exutoire des (sous) entités**

# VOLET H - RAPPEL



## UN SUIVI PERFECTIBLE

### 5 stations hydrométriques en activité :

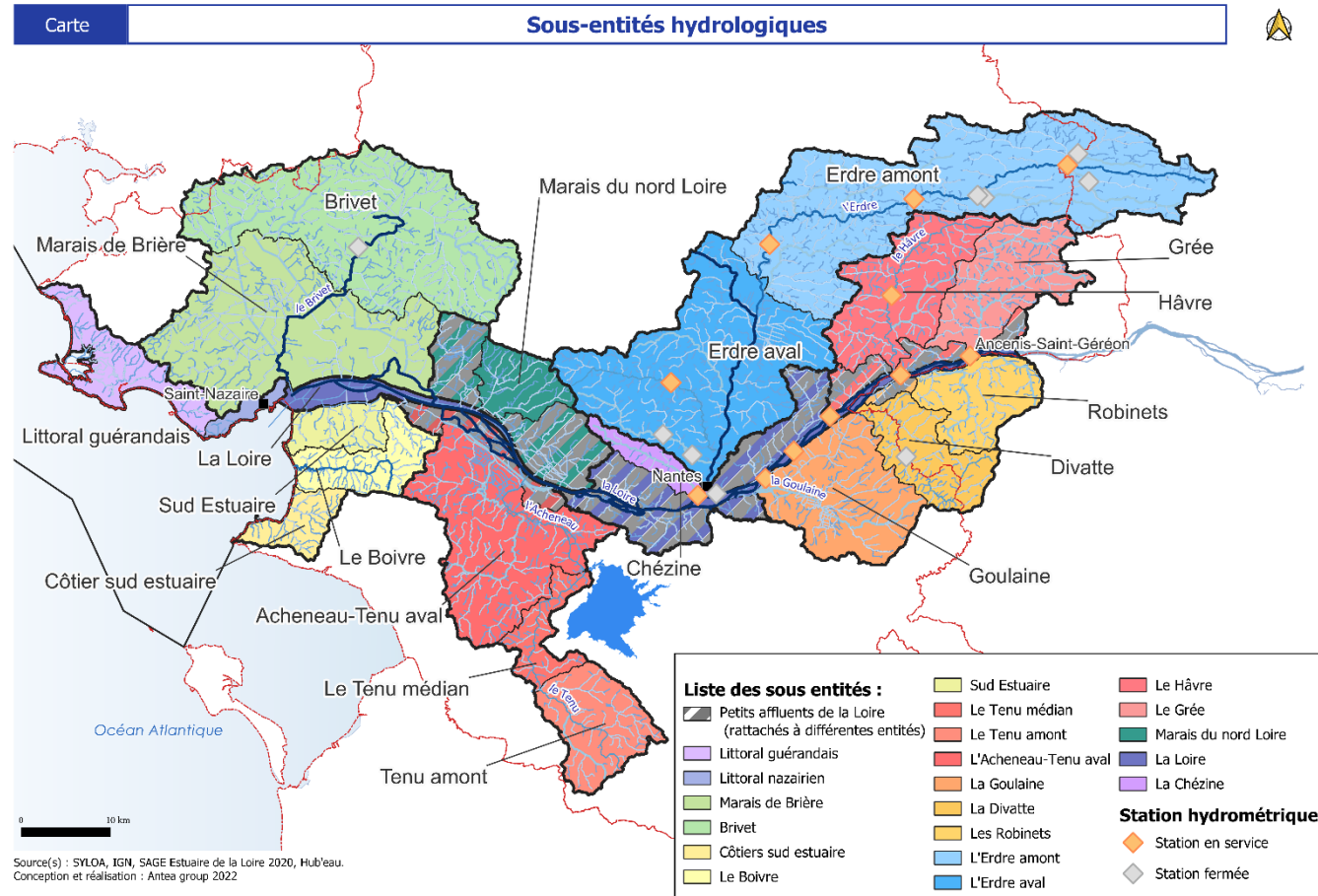
- 3 sur le cours de l'Erdre amont :
  - À Candé [M632301010] : 1968 - 2022
  - À Bonnœuvre [M633301010] : 1996 - 2017
  - À Nort-sur-Erdre [M633302010] : 1967 - 2022
- 1 sur le Gesvres :
  - Treillières [M635702301] : 2015 - 2020
- 1 sur le Hâvre :
  - À Mésanger [M620401010] : 1975 - 2022

### Localisées sur 2 entités hydrologiques et 3 sous-entités :

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



Non représentatives des régimes hydrologiques aux exutoires.



# VOLET H – DONNÉES COMPLÉMENTAIRES



## MOBILISATION DES DONNÉES DE MODÉLISATION LOIEAU



Caractérisation des indices statistiques d'étiage, de bilan et de saisonnalité & estimation des indices statistiques sur des territoires orphelins



Ensemble du réseau hydrographique métropolitain



Travail de recherche de l'INRAE

### Description des principaux éléments de construction

<b>Date de parution des résultats</b>	2018
<b>Données d'entrée nécessaires</b>	Chroniques de Pluies et d'Evapotranspiration SAFRAN [1958—2004] Chroniques hydrologiques sur bassins « donneurs »
<b>Période de référence [hydro]</b>	690 bassins instrumentés sur la période 1970—2013
<b>Stratégie de modélisation</b>	Modèle Pluie –Débit GRLoieau2
<b>Méthode de spatialisation</b>	Transfert de paramètres / Régionalisation
<b>Représentation des processus</b>	Conceptuel
<b>Représentation de l'espace</b>	Global

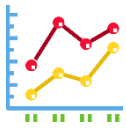
### Caractérisation des débits simulés

<b>Pas de temps</b>	Journalier / Mensuel / <b>9 indicateurs statistiques</b>
<b>Période simulée</b>	1970—2020
<b>Prise en compte de la robustesse</b>	Codes de confiance vis-à-vis des principales contraintes de méthode
<b>Prise en compte de l'incertitude</b>	Quantifiée à 90 %
<b>Nature des débits simulés</b>	Débits pseudo-naturels
<b>Référentiel hydrographique</b>	Assimilé CARTHAGE (2017 ?)

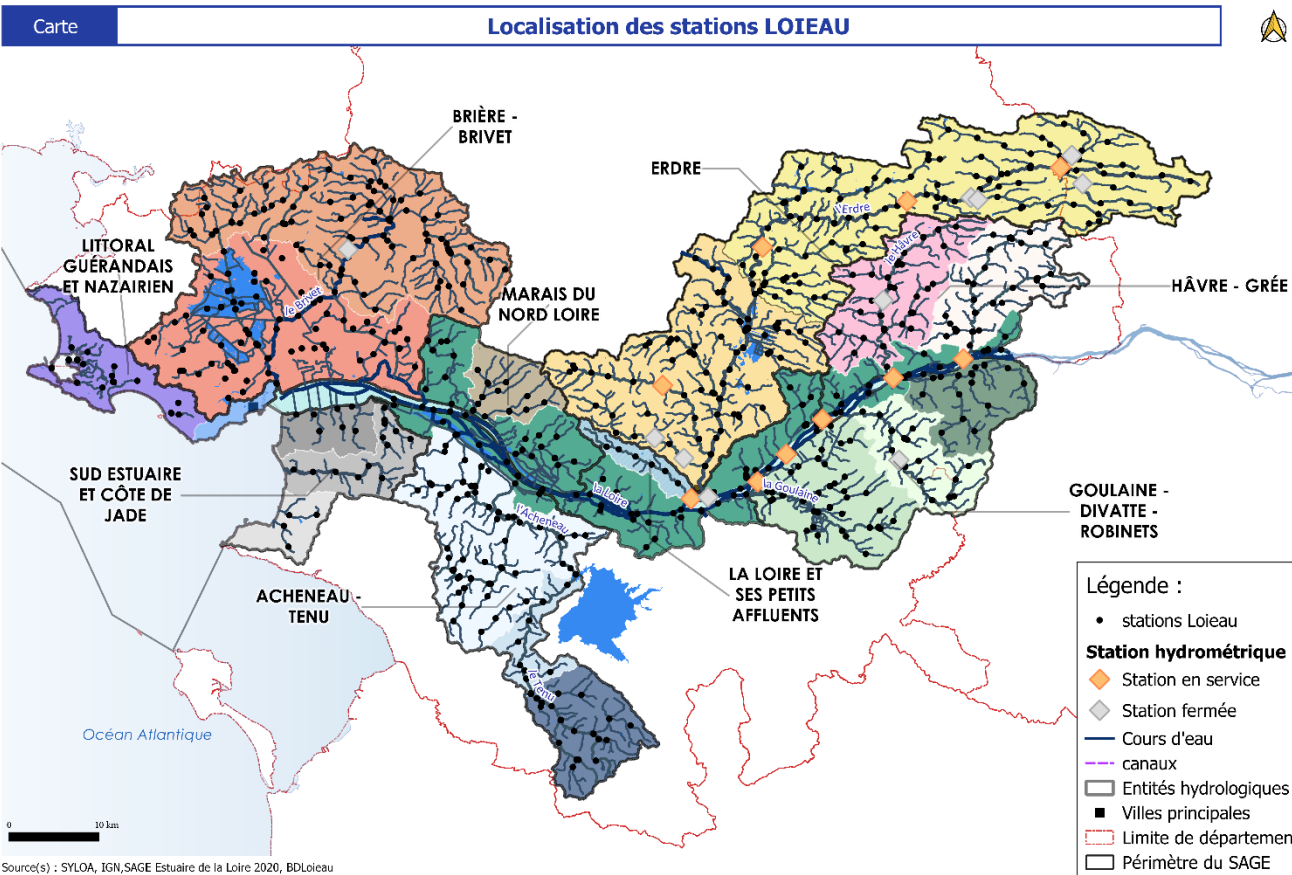
Folton N, Arnaud P. 2020. Indicateurs sur la ressource en eau estimés par une modélisation pluie-débit régionalisée : la base de données Web LoiEau. La Houille Blanche : 22-29



# VOLET H – DONNÉES COMPLÉMENTAIRES



## UNE TRÈS BONNE SPATIALISATION SUR LE TERRITOIRE



874 points de modélisation avec des chroniques journalières reconstituées sur la période 1970 - 2020

Quasi-totalité des cours d'eau représentée ainsi que leurs exutoires

Débits modélisés > aux valeurs observées (stations hydrométriques)  
=> Représente une hydrologie naturelle

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> <li>-Chroniques journalières avec incertitude</li> <li>-Chronique longue permettant une analyse des tendances</li> <li>-Densité importante</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Incertitude forte sur la période d'étiage démontrée sur d'autres secteurs (à vérifier ici)</li> <li>-Validité des résultats sur certains secteurs</li> </ul>



### MÉTHODOLOGIE

➔ Plusieurs cas de travail selon le contexte :

- **Cas n°1** : Présence d'une station hydrométrique
- **Cas n°2** : Interpolation possible à partir d'une station hydrométrique voisine
- **Cas n°3** : Utilisation des données LoiEau à l'exutoire
- **Cas n°4** : Cas particuliers : reconstitution complexe ou non réalisable

➔ Méthode d'extrapolation du débit à l'exutoire :

- Station positionnée à l'exutoire
- Transfert de bassin : Calcul reposant sur une **transposition directe du débit** d'une station voisine avec un ajustement correspondant au **ratio des surfaces** respectives des bassins

$$Q_{non\ jaugé} = Q_{jaugé} \times \frac{Surface\ BV_{jaugé}}{Surface\ BV_{non\ jaugé}}$$

Avec :  $Q$  en  $m^3/s$  et  
 $Surface\ BV$  en  $km^2$

# VOLET H – RECONSTITUTION DES RÉGIMES



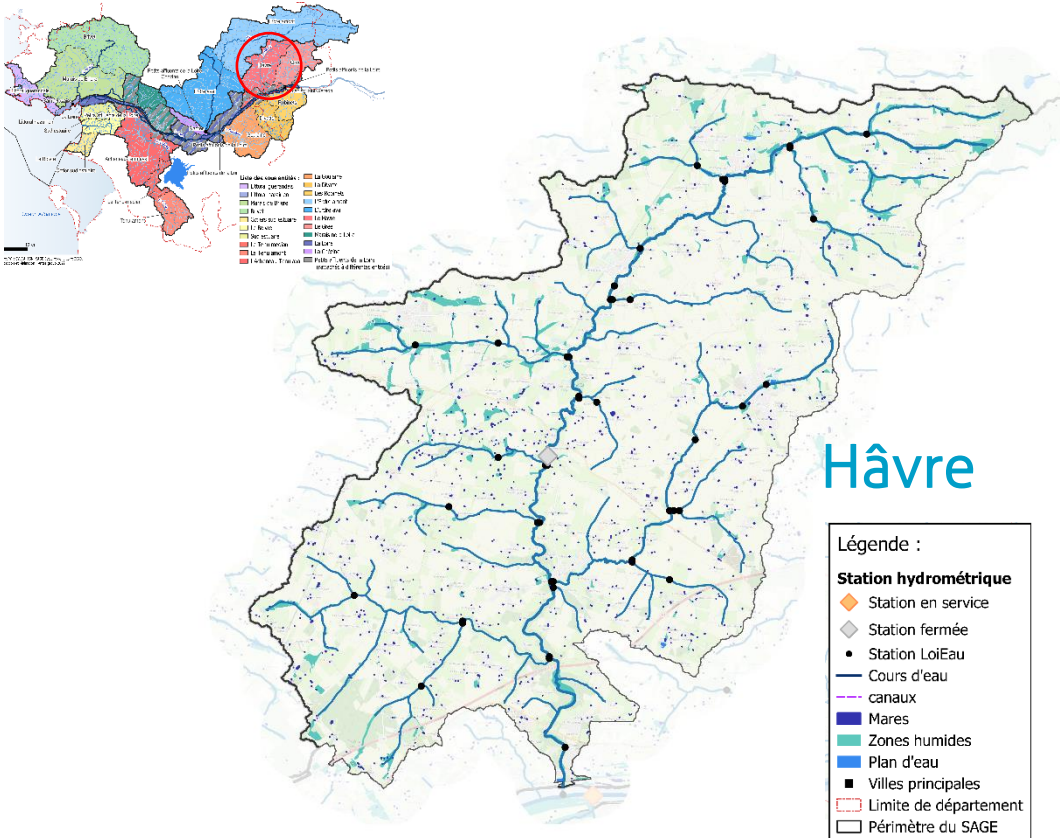
## CAS N°1 : STATION HYDROMÉTRIQUE SUR LA SOUS-ENTITÉ



3 sous-entités concernées : Hâvre, Erdre amont et Erdre aval



Utilisation des chroniques journalières et transposition à l'exutoire via la méthode de transfert de bassin



### Sous-entités de l'Erdre:

- Stations limnimétriques,
- Stations hydrométriques sur affluent ou ne prenant pas en compte l'entièreté du bassin versant



Étudiées comme un cas particulier (cas n°4)

# VOLET H – RECONSTITUTION DES RÉGIMES

## CAS N°2 : INTERPOLATION À PARTIR D'UNE STATION HYDROMÉTRIQUE VOISINE

 2 sous-entités concernées : Divatte, Tenu amont

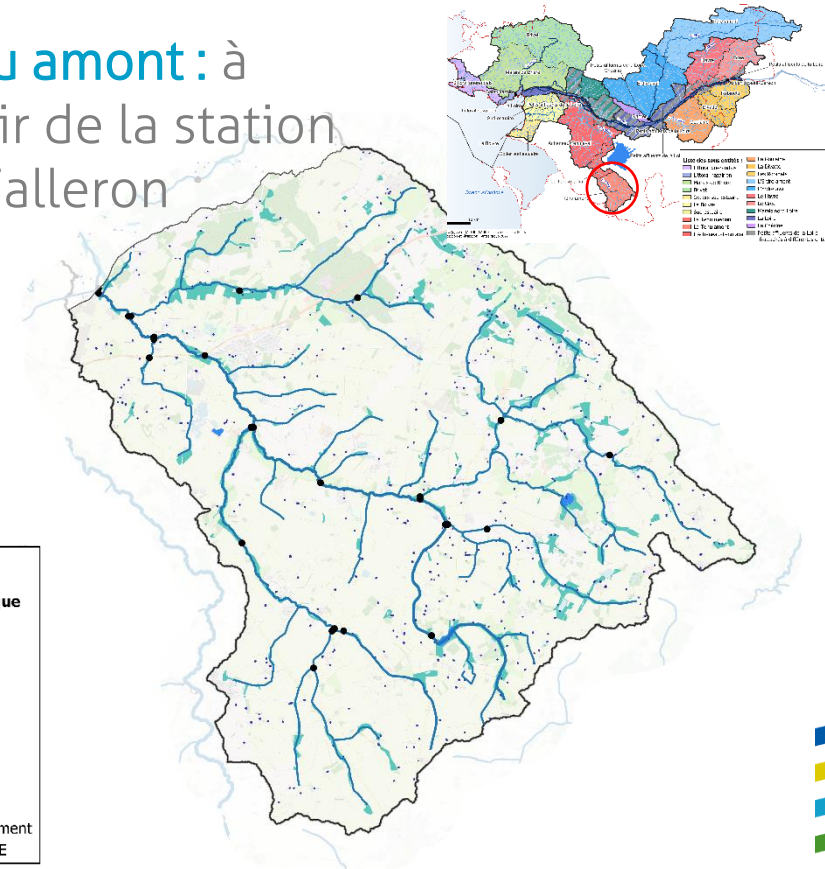
 Utilisation des chroniques journalières et transposition via la méthode de transfert de bassin












**Divatte :** à partir de la station de la Sanguèze



Voir si calage possible avec les données de la station hydrométrique fermée

**Tenu amont :** à partir de la station du Falleron



- Légende :**
-  Station en service
  -  Station fermée
  -  Station LoiEau
  -  Cours d'eau
  -  canaux
  -  Mares
  -  Zones humides
  -  Plan d'eau
  -  Villes principales
  -  Limite de département
  -  Périmètre du SAGE

# VOLET H – RECONSTITUTION DES RÉGIMES

## CAS N°3 : CHRONIQUES RECONSTITUÉES LOIÉAU



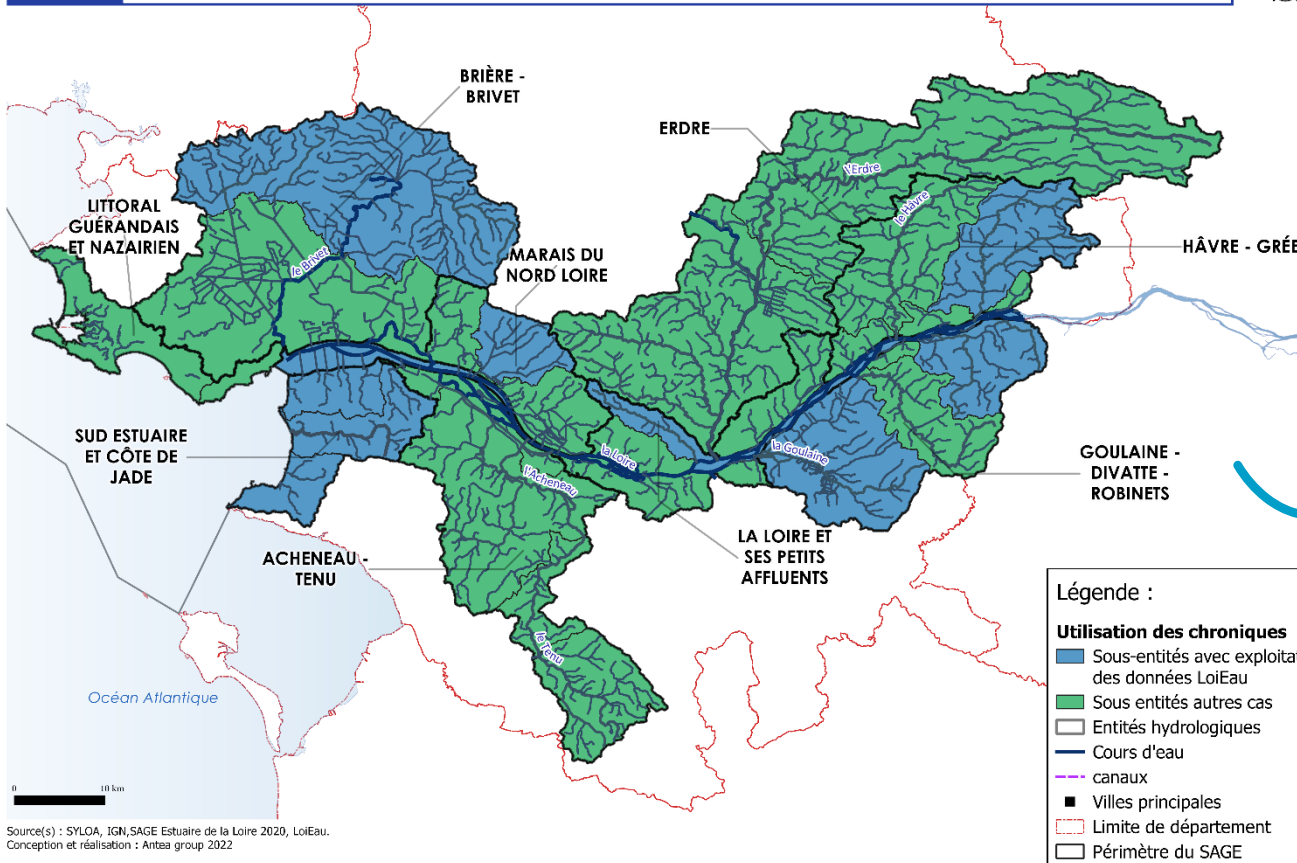
9 sous-entités concernées : Brivet amont, Goulaine, Robinets, Grée, Marais Nord Loire, Sud Estuaire, Côtiers Sud Estuaire, Boivre, Chézine



Utilisation des chroniques LoiEau de débit pseudo-naturel avec prise en compte de

l'incertitude

Utilisation des chroniques



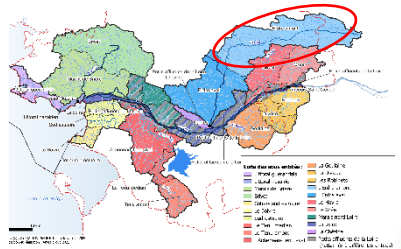
Utilisation des chroniques reconstituées à l'exutoire ou en amont des zones de marais

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

## VOLET H – RECONSTITUTION DES RÉGIMES

### CAS N°4 : CAS PARTICULIER – SOUS-ENTITÉS DE L'ERDRE

#### ERDRE AMONT



Légende :

Station hydrométrique	
◆	Station en service
◇	Station fermée
●	Station LoiEau
—	Cours d'eau
—	canaux
■	Mares
■	Zones humides
■	Plan d'eau
■	Villes principales
□	Limite de département
□	Périmètre du SAGE



La station hydrométrique n'intègre pas le bassin versant du **Montagné** (90 km<sup>2</sup>)



#### MÉTHODE PROPOSÉE :

- 1) **Méthode de transfert** : reconstitution de la chronique à l'aval du **Montagné** via la station du Hâvre à Mésanger [M6204010] (79km<sup>2</sup>) => faisabilité en cours d'étude
- 2) **Méthode de transfert** pour reconstituer une chronique à l'aval de l'Erdre (amont direct du plan d'eau)
- 3) **Agrégation des deux chroniques reconstituées** afin de représenter le régime hydrologique en entrée du plan d'eau

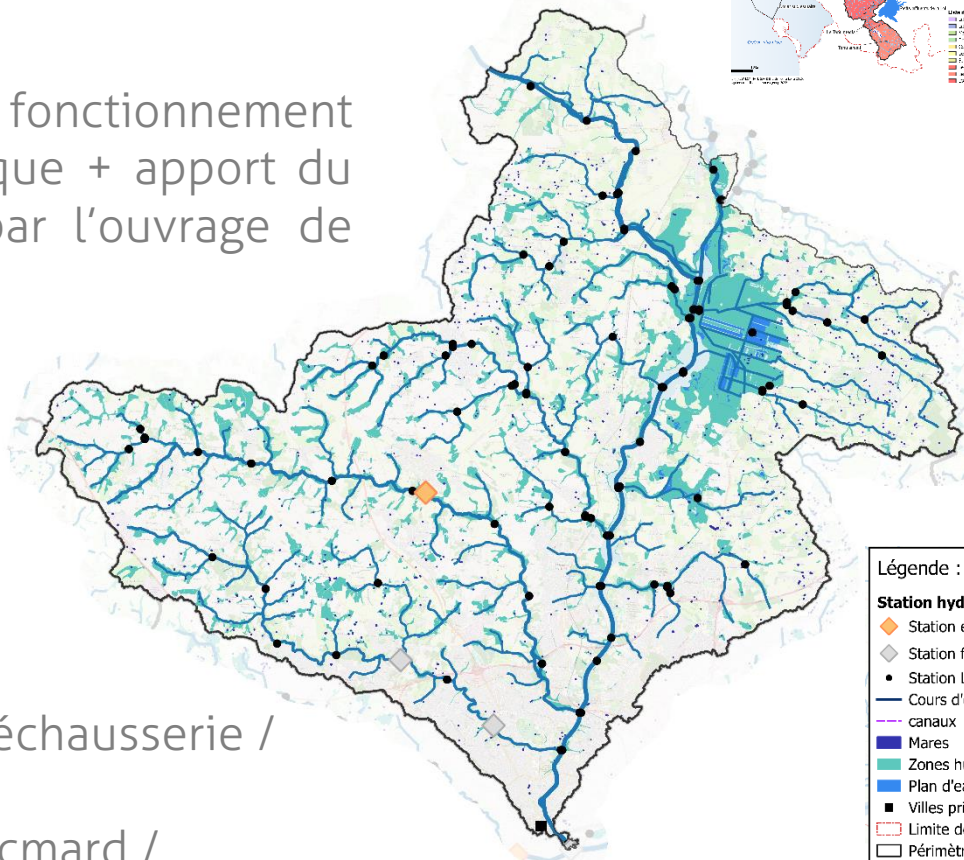
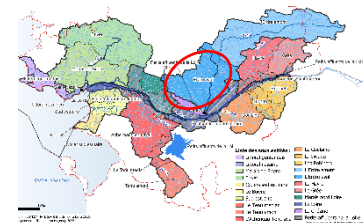
## VOLET H – RECONSTITUTION DES RÉGIMES

### CAS N°4 : CAS PARTICULIER – SOUS-ENTITÉS DE L'ERDRE

#### ERDRE AVAL



**Erdre aval ou Erdre canalisée** → fonctionnement hydrologique particulier (faciès lenthique + apport du canal de Nantes à Brest + gestion par l'ouvrage de Saint-Félix + Marais de Mazerolles)



Légende :

Station hydrométrique	
◆	Station en service
◇	Station fermée
●	Station LoiEau
—	Cours d'eau
—	canaux
■	Mares
■	Zones humides
■	Plan d'eau
■	Villes principales
□	Limite de département
□	Périmètre du SAGE

#### MÉTHODE PROPOSÉE :

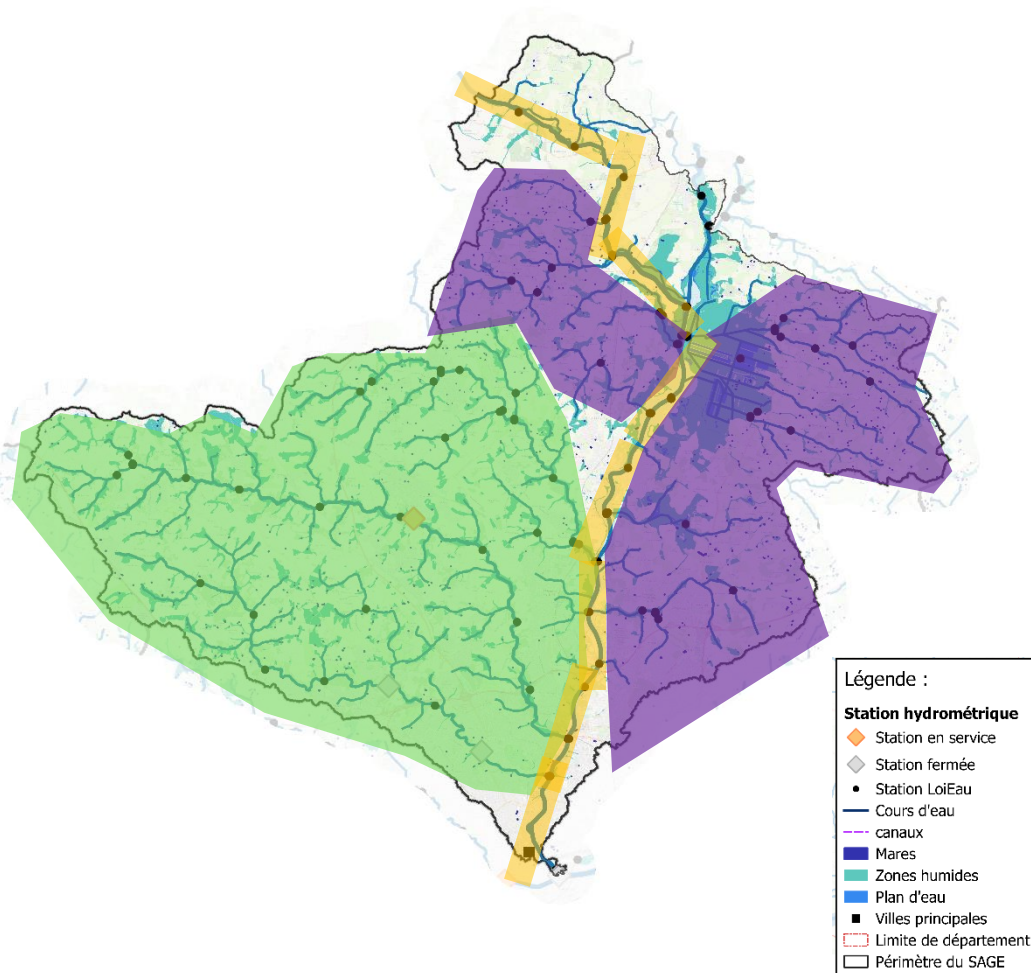
##### 1) Découper l'entité en 3 zones hydrologiques :

1. Le canal de Nantes à Brest / Erdre canalisée
2. Les petits affluents rive droite et rive gauche (Déchausserie / Etang Hervé) de l'Erdre canalisée
3. Les affluents rive droite de l'Erdre canalisée (Hocmard / Gesvres et Cens)

2) **Étudier les relations** entre apports hydrologiques des affluents et niveau d'eau à l'exutoire de l'Erdre canalisée => transformation en volume en prenant en compte les règles de gestion du canal

## VOLET H – RECONSTITUTION DES RÉGIMES

### CAS N°4 : CAS PARTICULIER – SOUS-ENTITÉS DE L'ERDRE (SUITE)



Les affluents rive droite avec possibilité de reconstitution des régimes hydrologiques à l'exutoire :

- Le Hocmard (50 km<sup>2</sup>): méthode débit-débit via station du Gesvres (50km<sup>2</sup>) / Exploitation LoiEau
- Le Gesvres (80km<sup>2</sup>) : méthode débit – débit via station hydrométrique
- Le Cens (60 km<sup>2</sup>) : méthode débit-débit via station du Gesvres / Exploitation LoiEau

Les petits affluents rive droite & rive gauche sans données : Caractérisation des régimes hydrologiques à partir des données LoiEau

Cours de l'Erdre aval :  
Stations bathymétriques en amont (aval Nort-sur-Erdre et Carquefou)  
1 station hydro virtuelle à l'aval  
Transformation des niveaux et débits en volumes

Régime hydrologique (volume) reconstitué à l'exutoire de l'entité = Volume observé à l'amont + Volumes apportés par les zones hydrologiques.



## VOLET H – RECONSTITUTION DES RÉGIMES

### CAS N°4 : CAS PARTICULIER – LOIRE & PETITS AFFLUENTS DE LA LOIRE (HORS CHÉZINE)

→ **La Loire** : caractérisation hors cadre de l'étude HMUC du SAGE Estuaire de la Loire

Station non influencée à Montjean-sur-Loire (M530 0010 10) avec une chronique longue (1863-2021) et robuste + point nodal Loire



**MÉTHODE PROPOSÉE** : Caractérisation simple du régime hydrologique de la Loire en amont du périmètre

→ **Petits affluents de la Loire** : Présence de données LoiEau ne couvrant pas tout le chevelu

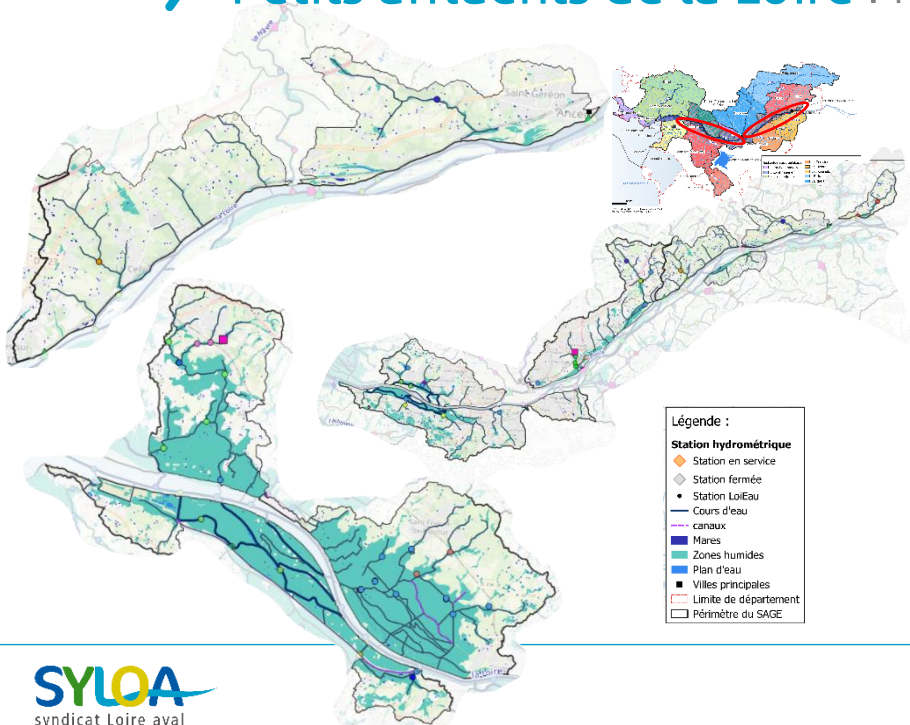


### MÉTHODE PROPOSÉE :

- 1) Caractérisation des régimes hydrologiques des principaux cours d'eau via données LoiEau
- 2) Estimations des apports à la Loire (volumes moyens)



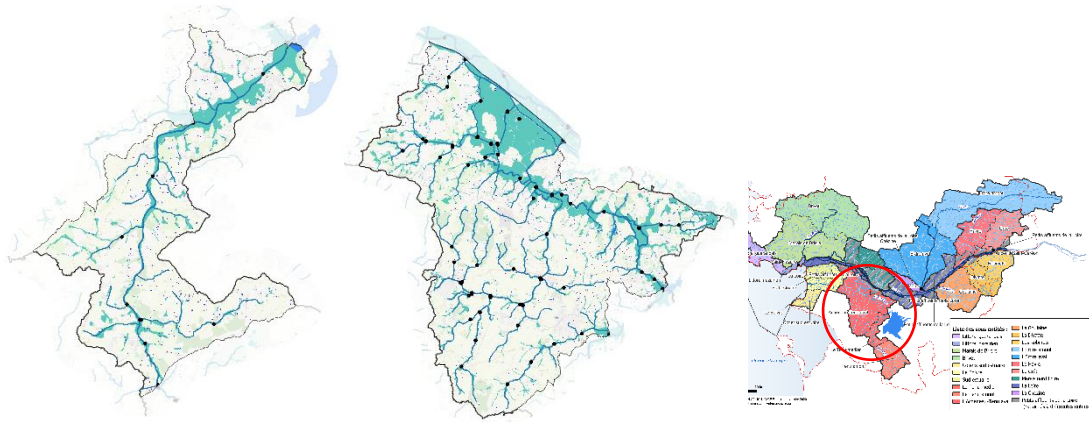
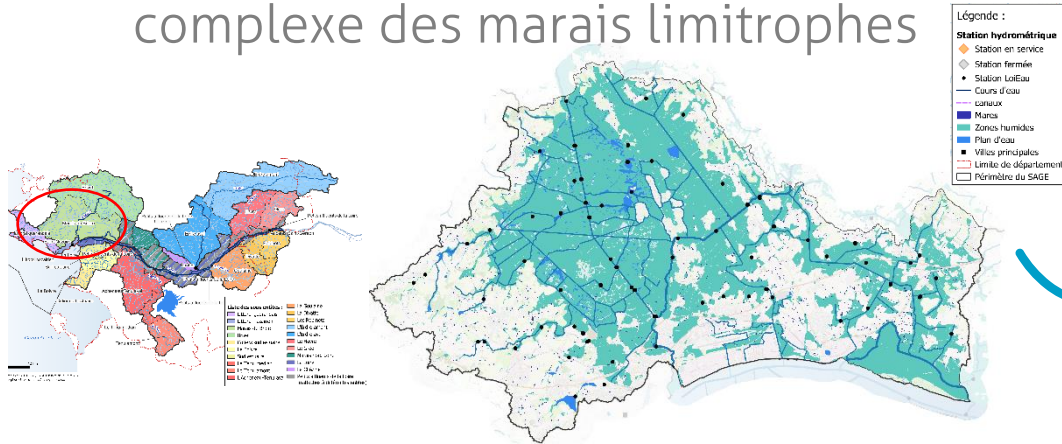
Non pertinent sur les petits affluents de la Loire de l'entité Sillon et Marais du Nord Loire (influence marée, zones humides)



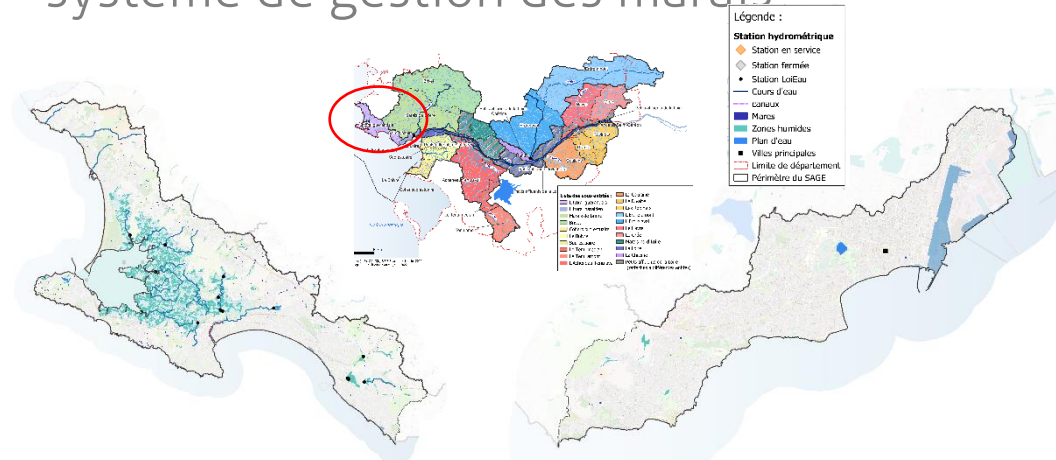
# VOLET H – RECONSTITUTION DES RÉGIMES

## CAS N°4 : CAS PARTICULIER – RECONSTITUTIONS NON RÉALISABLES

**Tenu médian et aval :** Hydrologie fortement influencée par les marées et un système de gestion très complexe des marais limitrophes



**Marais de Brière :** Fonctionnement hydrologique complexe en lien avec le système de gestion des marais

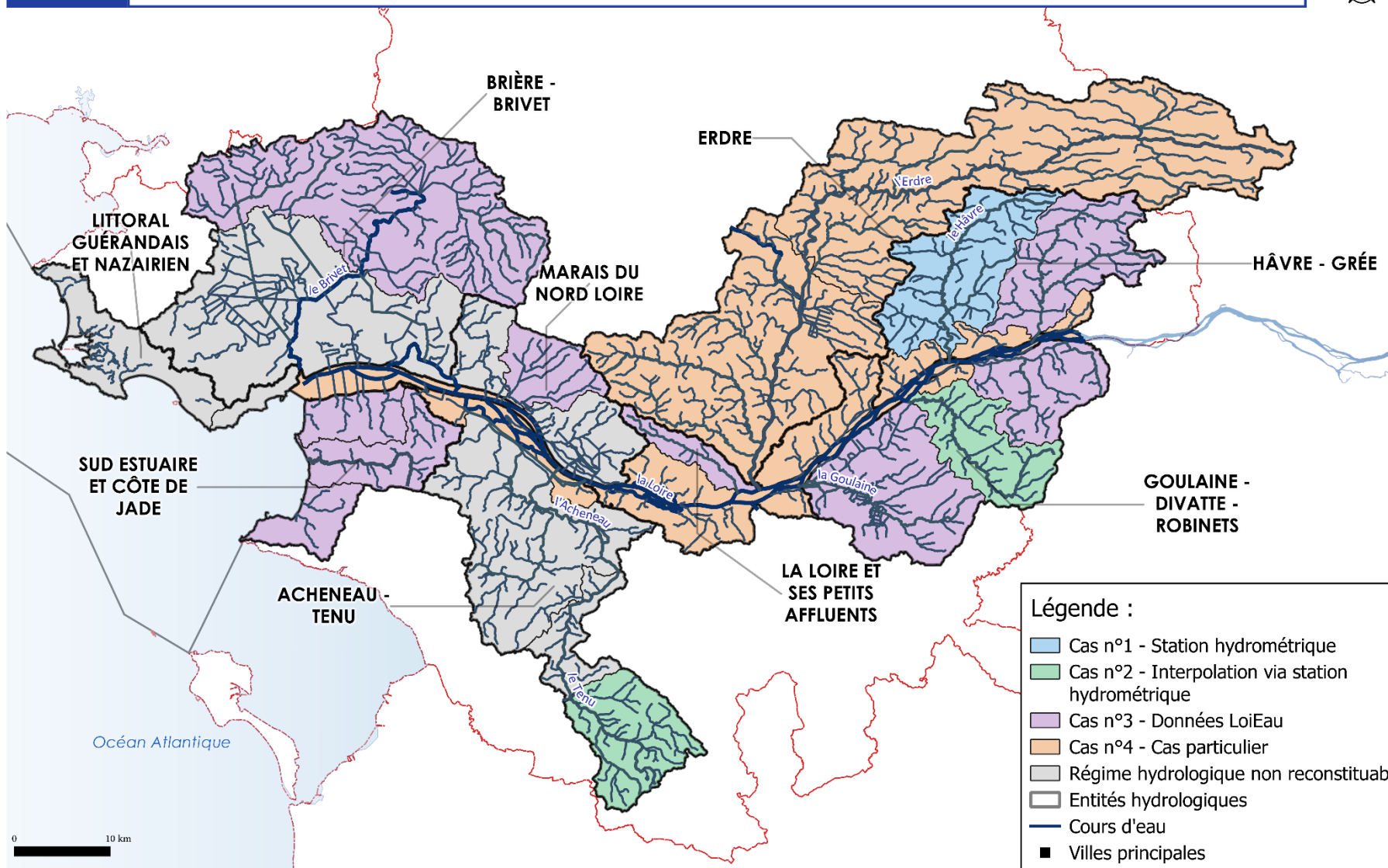


**Littoral Guérandais et Nazairien :** Réseau hydrographique peu développé et absence de points LoiEau

# VOLET H - SYNTHÈSE

Carte

Synthèse



Légende :

- Cas n°1 - Station hydrométrique
- Cas n°2 - Interpolation via station hydrométrique
- Cas n°3 - Données LoiEau
- Cas n°4 - Cas particulier
- Régime hydrologique non reconstituable
- Entités hydrologiques
- Cours d'eau
- Villes principales
- Limite de département
- Périmètre du SAGE

0 10 km

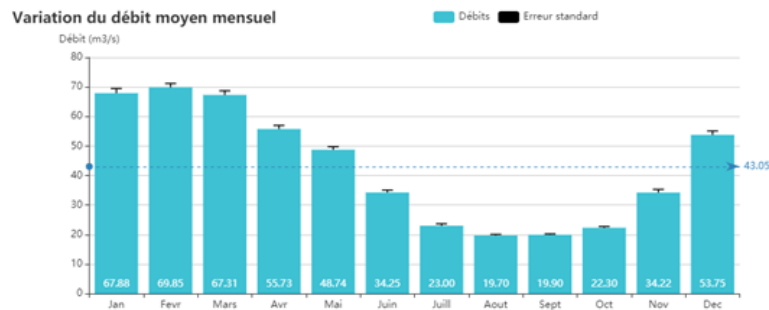
Source(s) : SYLOA, IGN, SAGE Estuaire de la Loire 2020, LoiEau.  
Conception et réalisation : Antea group 2022

# VOLET H – ANALYSE DES RÉGIMES ET ÉTIAGES

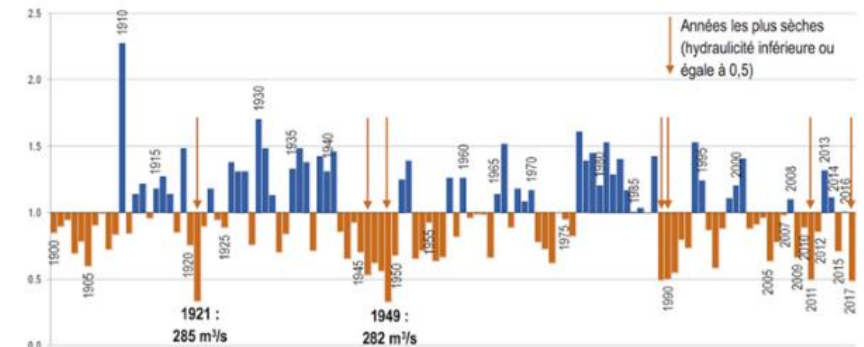
## INDICATEURS CARACTÉRISTIQUES DU RÉGIME HYDROLOGIQUE

### Régime hydrologique général

- Débit moyen du cours d'eau**
- Module (QA)
- Régime hydrologique**
- Débits Moyens Mensuels interannuels (QMM)
  - Indice d'hydraulicité



- Saisonnalité des régimes hydrologiques :**
- Caractérisation des périodes de hautes eaux (HE) et basses eaux (BE) : date de début, durée,...



### Régime hydrologique d'étiage

- Indicateurs caractéristiques d'étiage**
- QMNA, Indice de sévérité ( $QMNA / QA$ )
  - $VCN_x$
  - Analyses fréquentielles des indicateurs d'étiages en année sèche / humide
  - Débits caractéristiques ( $DCE, DEA, \dots$ )

- Analyse des phénomènes d'assèchement (station hydrométrique seulement)**
- Caractéristiques de la fréquence d'occurrence et de la durée des épisodes d'assecs ( $Q_{jm} = 0$ )

- Analyse des observations d'écoulement du réseau ONDE**
- Calcul de fréquence d'occurrence annuelle/interannuelle par modalité

## VOLET H – ANALYSE DES RÉGIMES ET ÉTIAGES

### INDICATEURS CARACTÉRISTIQUES DES ÉTIAGES



Éléments de travaux de l'INRAE

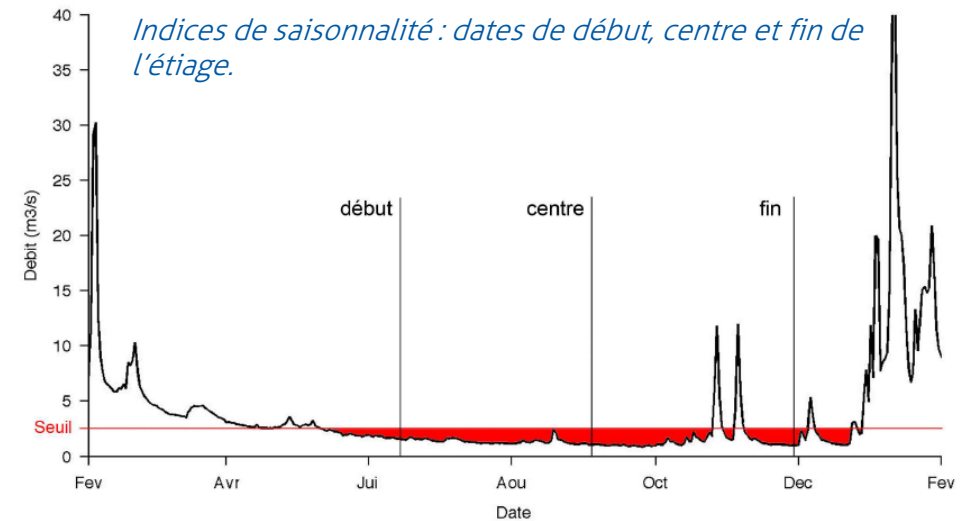
Détermination du débit seuil d'étiage : le quantile 15 ( $Q_{15}$ )\* basé sur la courbe des débits classés interannuels



Permet le calcul d'indicateurs caractéristiques de la période d'étiage :

- Indices de **saisonnalité** : Dates de début, centre et fin de l'étiage
- **Pic** de l'étiage : débit et date
- Déficit de **volumes** pendant la période d'étiage
- Temps de **récession** de l'étiage

Giuntoli I., Renard B Identification des impacts hydrologiques du changement climatique : vers un réseau de référence pour la surveillance des étiages. Rapport, 2009)



Variables calculées annuellement à partir des chroniques journalières et soumises à des tests de tendances (*Mann Kendall*) pour analyse de l'évolution des phénomènes :

- Evolution de la précocité des étiages
- Evolution de la durée
- Evolution du temps de tarissement des ressources sur le bassin



# VOLET H – ANALYSE DES RÉGIMES ET ÉTIAGES

## INDICATEURS CARACTÉRISTIQUES DE LA GESTION

Cours d'eau	Code point	Localisation du point	Equilibre ressource / besoin				Gérer la crise		Zone d'influence	Commentaire
			DOE m <sup>3</sup> /s	QMNA5 réf m <sup>3</sup> /s	Période de calcul	Valeur d'application 7B2 mm	DSA	DCR		
<b>Commission territoriale Loire aval et côtiers vendéens</b>										
Erdre	Er	station hydrométrique de Nort-sur-Erdre	0,08	0,08	1976-2012	0,10	0,07	0,05	Bassin Erdre en totalité	

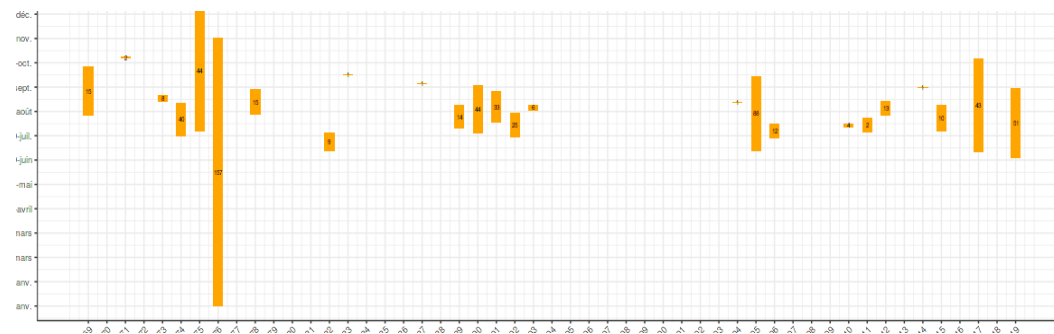
*Débits objectifs au point nodal de Nort-sur-Erdre (SDAGE Loire-Bretagne 2016 – 2021)*



### Analyse des franchissements des débits de gestion de crise du territoire

Chroniques journalières confrontées aux seuils de gestion de crise pour caractériser les épisodes de franchissement en termes :

- D'occurrence (nombre d'épisodes)
- De saisonnalité (date de franchissement)
- De durée (nombre de jours de franchissement)



Modification des modalités de l'arrêté cadre sécheresse sur la période d'étude

# VOLET HYDRO(GÉO)LOGIE

-

## HYDROGÉOLOGIE

## VOLET H - HYDROGÉOLOGIE



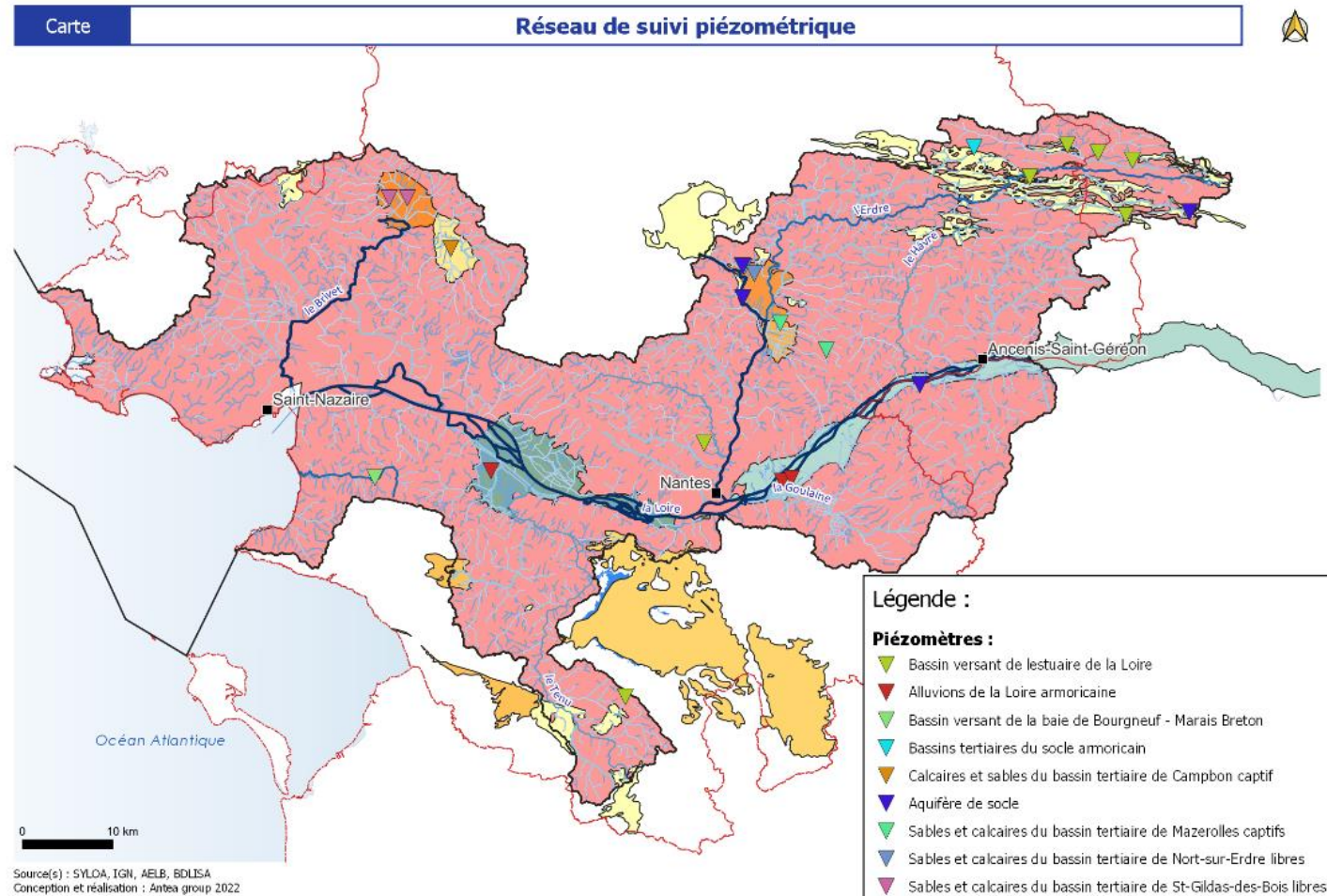
### Réseau de suivi piézométrique :

- 29 piézomètres localisés sur le territoire
- Pour chaque entité (*masse d'eau souterraine*)

→ Analyse des chroniques piézométriques de chaque piézomètre retenu



La disponibilité des données piézométriques conditionne le niveau d'analyse de chaque entité





# VOLET H - HYDROGÉOLOGIE



## Réseau de suivi piézométrique :

Code ME	Nom ME	Code BSS	Profondeur	Date début	Date fin	Nombre d'années	Taux suivi période (%)
FRGG038	Calcaires et sables du bassin tertiaire de Campbon captif	04503X0067/PZ1	38	20/10/2015	28/02/2022	6	99,78
		04503X0068/PZ2	8	27/01/2014	28/02/2022	8	99,63
FRGG114	Alluvions de la Loire armoricaine	04808X0027/N11	30	30/05/2009	28/02/2022	13	98,93
		04818X0545/PZ33	8.32	30/05/2009	28/02/2022	13	99,48
		04818X0544/PZ34	8	09/07/1994	28/02/2022	28	82,72
		04822X0046/F4-S4	20	01/01/2011	31/12/2021	11	97,91
		04822X0054/S5-F5	22.8	01/01/2011	31/12/2021	11	98,81
FRGG118	Sables et calcaires du bassin tertiaire de St-Gildas-des-Bois libres	04502X0043/SGB7	20	30/05/2009	28/02/2022	13	99,7
		04502X0044/SGB8	10.5	29/05/2009	28/02/2022	13	99,08
FRGG139	Sables et calcaires du bassin tertiaire de Nort-sur-Erdre libres	04514X0018/01	19.5	12/06/2009	28/02/2022	13	98,88
		04518X0042/PZ8	10	11/03/1994	25/06/2020	26	90,31
		04514X0084/S14BIS	18.5	30/05/2009	11/02/2019	10	99,69
FRGG140	Sables et calcaires du bassin tertiaire de Mazerolles captifs	04518X0045/MSM1	70	02/04/2009	28/05/2010	1	100
		04518X0044/F3	7	02/04/2009	28/02/2022	13	98,81
FRGG148	Bassins tertiaires du socle armoricain	04217X0003/F	8	12/01/2000	28/02/2022	22	92,26
-	Non rattaché à une masse d'eau. Rattachement à l'étude	04513X0112/OS1	19.5	01/07/2009	14/12/2015	6	99,02
		BSS003ZKDU/X		11/03/1994	14/03/2022	28	90,44
		04533X0020/F1	21	27/08/2020	31/12/2020	0	25,2
		04533X0021/F2	15	27/08/2020	31/01/2022	1	60,8
		BSS003UYAO/X	21	04/01/2018	31/12/2021	4	99,11
FRFRGG022	"Bassin versant de l'estuaire de la Loire"	05086X0065/EL33	24	30/05/2009	28/02/2022	13	98,09
		04225X0014/F	30	15/07/2007	31/01/2022	15	70,65
		04813X0126/P	4.77	05/03/2008	06/03/2008	0	100
		04218X0035/F1	30	-	-	-	-
		04218X0002/S2	14.3	-	-	-	-
		04225X0011/F5	28	01/12/2011	31/01/2022	10	98,71
		04225X0010/F	26.7	01/06/2021	31/01/2022	1	100
		04532X0051/PZ	22	20/01/2006	28/02/2022	16	93,2
FRGG025	Bassin versant de la baie de Bourgneuf - Marais Breton	04806X0003/SF	70	30/11/1990	28/02/2022	31	69,59



- L'ensemble des entités hydrogéologiques associé à au moins 1 piézomètre
- Des périodes de suivi hétérogènes (*de quelques mois à plus de 30 ans de chronique*)

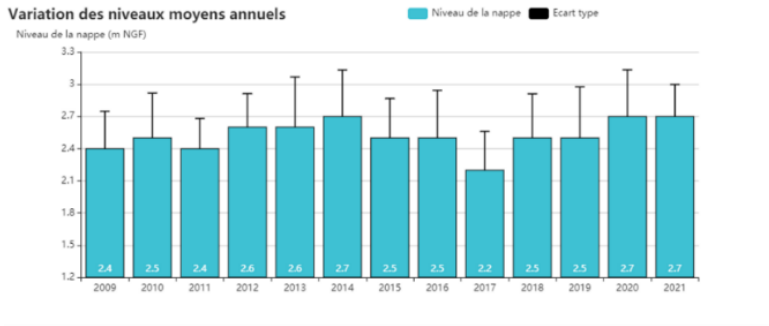
# VOLET H – HYDROGÉOLOGIE

## Synthèse des contextes hydrogéologiques :

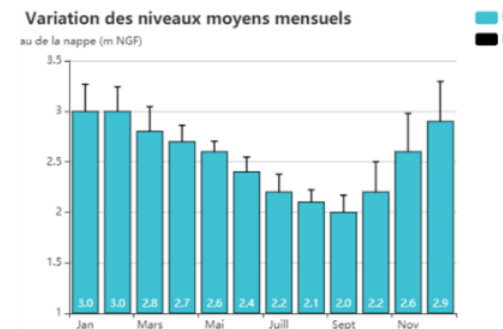
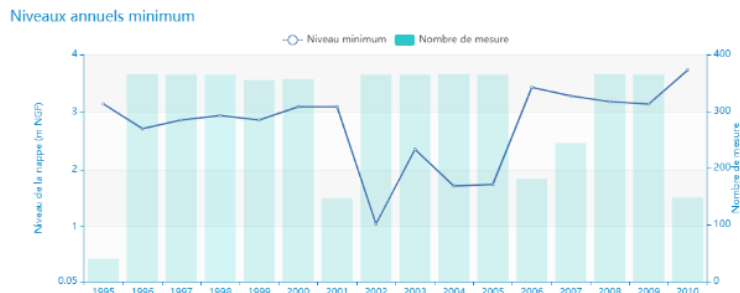
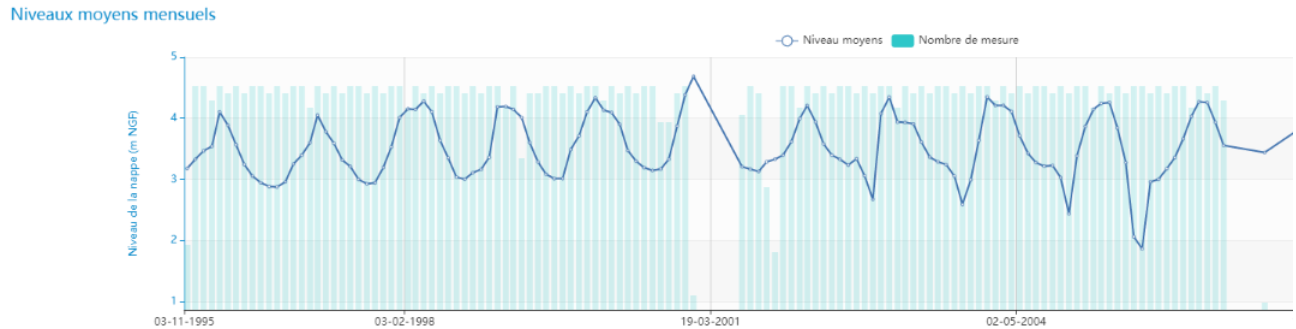
Éléments sur les différents comportements des nappes et les différents modes de recharge (éléments bibliographiques).

## Indicateurs généraux :

Echelle annuelle



Echelle mensuelle

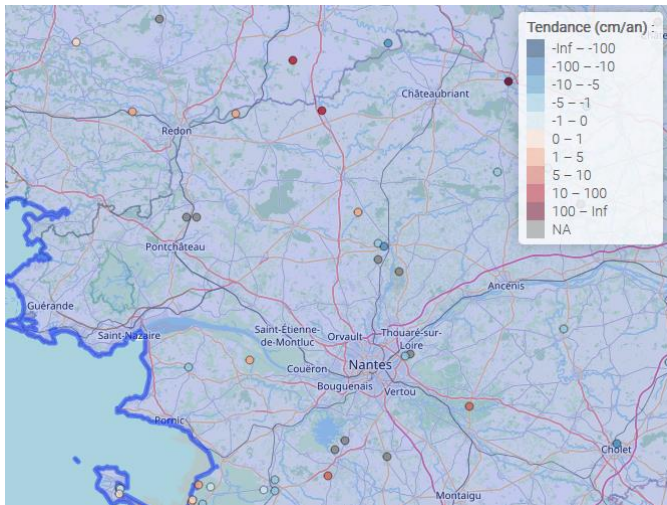


# VOLET H - HYDROGÉOLOGIE



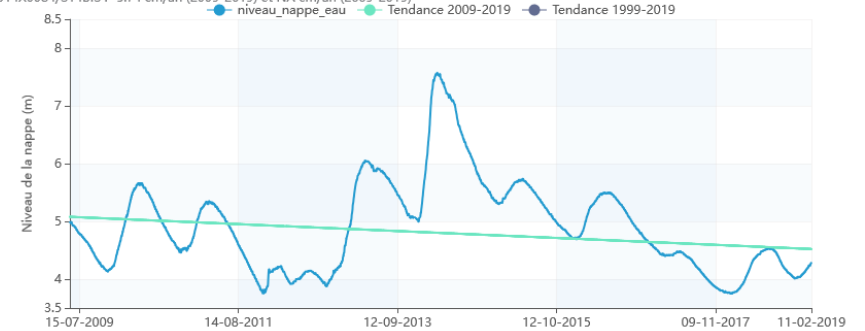
## Étude des tendances piézométriques :

Détermination des tendances piézométriques par test de Mann-Kendall

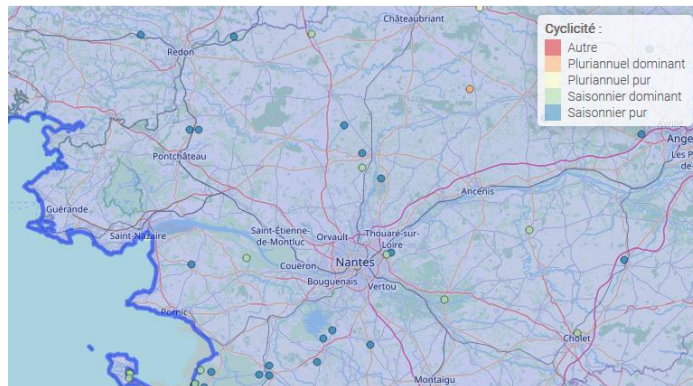


**Chronique piézométrique**

04514X0084/S14BIS : -5.74 cm/an (2009-2019) et NA cm/an (2009-2019)

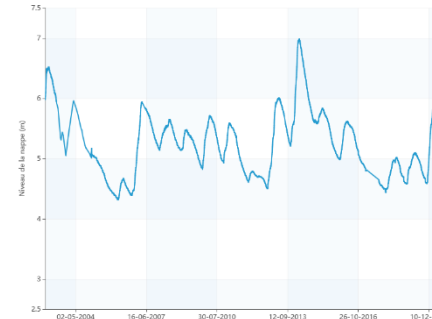


Étude de la cyclicité par autocorrélation



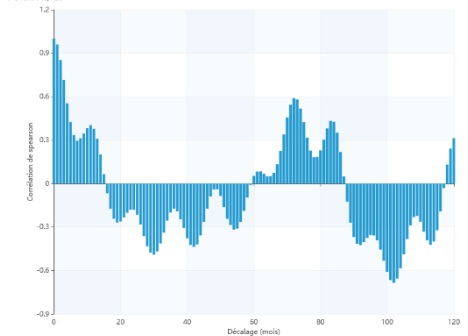
**Chronique piézométrique**

0451800042/P23



**Graphique d'autocorrélation**

0451800042/P23



# VOLET HYDRO(GÉO)LOGIE

-

## PLAN D'EAU

## VOLET H - PLANS D'EAU



### DONNÉES MOBILISABLES



### Travaux OFB à l'échelle des régions Pays de la Loire et Bretagne

 Données disponibles



Présence « d'objet » non plan d'eau : bassin de STEP...

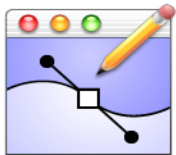


### Données « État » : DDTM44, 49, 56 & DREAL Pays de la Loire

 Données en cours d'acquisition (DDTM49, 56 et DREAL)



Ne concerne que les plans d'eau soumis à autorisation ( $> 1\,000\text{m}^2$ )



### Travail important de recoupement géographique et de compilation des informations

## VOLET H - PLANS D'EAU



### OBJECTIFS

#### Évaluer les pertes par évaporation

- Assimiler à un « prélèvement direct » qui a un impact sur le débit du cours d'eau (**plan d'eau connecté**). Nécessaire pour la renaturalisation des débits.
- Assimiler à un « prélèvement diffus » captation du ruissellement qui a un impact à l'échelle du bassin versant (**plan d'eau déconnecté**).

### Étape n°1 : Détermination de la connectivité des plans d'eau



Bande tampon de 100m autour des cours d'eau



Valeur de référence « large échelle » permettant de considérer tous les contextes en l'absence d'études précises.



Travail exploratoire :

- MNT (Modèle Numérique de Terrain)
- Entités BDLISA (composante hydrogéologique)
- Géologie

## VOLET H - PLANS D'EAU

### Étape n°2 : Détermination de l'évaporation des plans d'eau

#### ➤ Rattachement de chaque plan d'eau à une entité et sous entités

Cas potentiel des plans d'eau à cheval :

Répartition de la surface du plan d'eau au prorata de celle-ci dans chaque entité / sous entité

➤ Un plan d'eau est une surface libre il n'y a donc pas lieu de prendre en compte l'eau disponible dans les sols. L'évapotranspiration réelle (ETR) = l'évapotranspiration potentielle (ETP)

$$ETP_{PE} = ETP_{station\ MF} \times S_{PE}$$

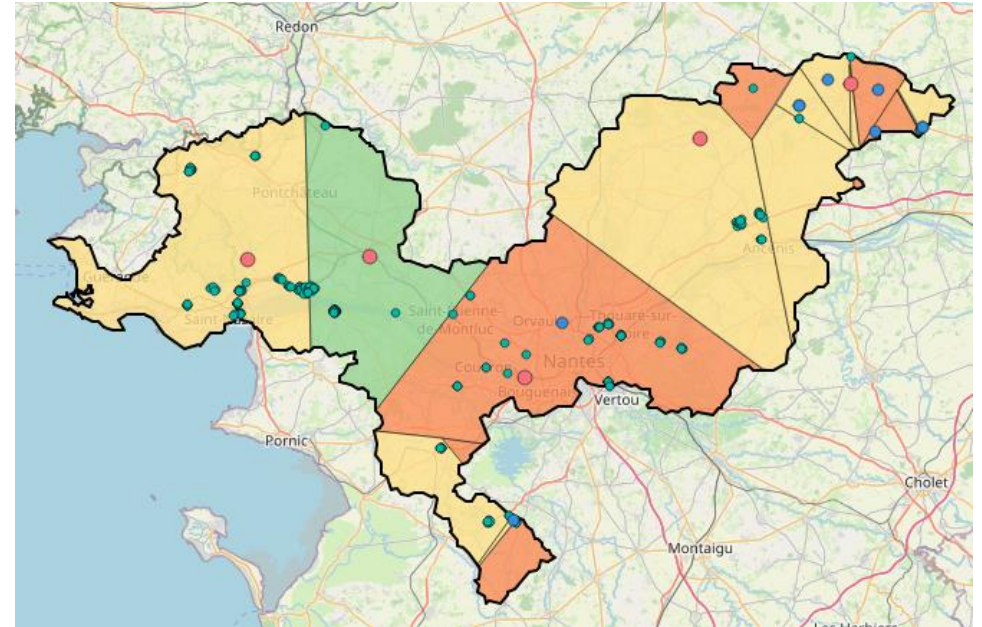
Évaporation du plan d'eau

Évaporation à la station de Météo France

Surface du plan d'eau

➔ **Rattachement de chaque plan d'eau à une station Météo France** possédant une chronique d'ETP par la méthode des Polygones de Thiessen (ou Voronoï)

Méthode géostatistique de Thiessen : Polygones créés de sorte que chaque point fictif dans un polygone soit plus proche de la station Météo France présente dans ce polygone, que de toutes autres stations Météo France.



*Exemple de découpage par la méthode des polygones de Thiessen*



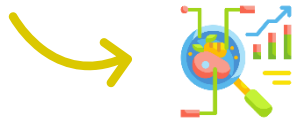
# VOLET USAGES

## VOLET U - RAPPEL



### OBJECTIFS

- **Prélèvements** : Caractériser ou approcher les volumes d'eau prélevés/transférés pour la satisfaction des différents usages et leur évolution dans le temps
- **Restitutions** : Caractériser ou approcher les rejets ponctuels et diffus (pertes réseau...) des différents usages
- **Gestion** : Disposer d'une vision claire des différents modes de gestion de la ressource à toutes les échelles
- **Usages indirects** : Identifier les usages et activités dépendant de la ressource



### Critères d'analyse :

- Chronique passée la plus longue (idéalement 20 ans)
- Échelle mensuelle
- Distinction entre eaux superficielles et souterraines
- Distinction de deux périodes (novembre à mars et avril à octobre)

## VOLET U - RAPPEL

### ANALYSE DES USAGES



#### Prélèvements



AEP



Irrigation



Abreuvement



Activité économique  
(industries)



#### Autres usages liés à l'eau

Identifier les usages et activités dépendant de la ressource

- Pêche / pisciculture
- Conchyliculture
- Activités nautiques



#### Restitutions



Rejet assainissement collectif



Rejet assainissement non collectif



Rejet activité économique  
(industries)



- Perte des réseaux

# VOLET USAGES

-

## ALIMENTATION EN EAU POTABLE (AEP)



## DONNÉES

### → VOLUMES PRÉLEVÉS [ESTIMATION DES PRÉLÈVEMENTS]

- Volumes annuels disponibles sur l'ensemble des collectivités (hors Eau du Morbihan)
- Volumes mensuels : à revoir avec certains acteurs si possibilité



Volume produit fourni et non le volume prélevé : Ajustement en cours avec les acteurs locaux.

Chronique non homogène entre les différentes sources de données : Ajustement en cours avec les acteurs locaux

### → TRANSFERTS D'EAU (ACHAT / VENTE) [ESTIMATION DES PRÉLÈVEMENTS ET RESTITUTION]

- Volumes annuels fournis par l'ensemble des collectivités (hors Eau du Morbihan)

### → LOCALISATION DES POINTS DE PRÉLÈVEMENT [ESTIMATION DES PRÉLÈVEMENTS]

- Données disponibles (hors Eau du Morbihan)



## DONNÉES



### LINÉAIRE DE RÉSEAU [ESTIMATION DES RESTITUTIONS]

- Couches SIG ou valeur par commune fournies par l'ensemble des collectivités (hors Eau du Morbihan)



### VALEUR DE L'ÉQUIVALENT HABITANT [POUR ANC]

- Disponibles dans les RPQS ou fournies par acteur (hors Eau du Morbihan)



### GROS CONSOMMATEURS [ESTIMATION DES RESTITUTIONS]

- Données disponibles : Nantes Métropole, Cap Atlantique, CA Mauge communauté
- Données en cours : CARENE, Atlantic'eau, Vignoble-Grand Lieu
- Données non disponibles : SAEP - Syndicat d'eau de l'Anjou
- Absence de réponse : Eau du Morbihan



## OBJECTIFS

- Évaluer les prélèvements liés à l'eau potable
- Évaluer les restitutions liées aux fuites des réseaux de distribution



## PRÉLÈVEMENTS

Compilation des données prélèvements fournies par les acteurs locaux

- Données mensuelles
- Données annuelles : répartition mensuelle selon un profil type



## RESTITUTIONS

Compilation des Indices linéaires de perte (ILP) et des longueurs de réseaux

$$\text{Restitution} = \text{Linéaire de réseau} \times \text{ILP}$$

- Extrapolation au prorata de la commune sur le territoire pour spatialisation par entité / sous-entité si absence de données SIG



## Application d'un coefficient de restitution

Les fuites participent-elles entièrement à la recharge des nappes et cours d'eau ?

# VOLET USAGES

-

## ACTIVITÉS ÉCONOMIQUES (INDUSTRIES)



# VOLET U – ACTIVITÉ ÉCONOMIQUE (INDUSTRIE)



## DONNÉES PRÉLÈVEMENTS



Établissement public du ministère chargé du développement durable



PRÉFET DE LA RÉGION PAYS DE LA LOIRE  
*Liberté  
Égalité  
Fraternité*



PRÉFET DE LA LOIRE-ATLANTIQUE  
*Liberté  
Égalité  
Fraternité*



Liberté • Égalité • Fraternité  
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
Direction Départementale des Territoires  
MAINE-ET-LOIRE



PRÉFET DE LA RÉGION BRETAGNE  
*Liberté  
Égalité  
Fraternité*



PRÉFET DU MORBIHAN  
*Liberté  
Égalité  
Fraternité*

GEREP (ICPE soumises à enregistrement et autorisation – déclaratif)



Remise à disposition récente de la part de l'AELB des données de prélèvements depuis 1998



## DONNÉES REJETS



PRÉFET DE LA RÉGION PAYS DE LA LOIRE  
*Liberté  
Égalité  
Fraternité*



PRÉFET DE LA LOIRE-ATLANTIQUE  
*Liberté  
Égalité  
Fraternité*



Liberté • Égalité • Fraternité  
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
Direction Départementale des Territoires  
MAINE-ET-LOIRE



PRÉFET DE LA RÉGION BRETAGNE  
*Liberté  
Égalité  
Fraternité*



PRÉFET DU MORBIHAN  
*Liberté  
Égalité  
Fraternité*

GEREP (ICPE soumises à enregistrement et autorisation – déclaratif)



Établissement public du ministère chargé du développement durable

**SRR**

[en cours]



Données GIDAF (Gestion Informatisée des Données d'Autosurveillance Fréquente) non mobilisables



### OBJECTIFS

- Évaluer les prélèvements liés à l'eau potable
- Évaluer les restitutions liées aux rejets



### PRÉLÈVEMENTS

Compilation des données prélèvements fournies

- Données annuelles



### RESTITUTIONS

Compilation des données de volumes rejetés fournies

- Données annuelles :
  - Seulement depuis 2018 pour GEREP
  - Variables pour les établissements au SRR

### Ventilation mensuelle :

- Application d'un coefficient de répartition par grand type d'activité économique
- Volume constant (/nbr de jours)



Estimation de la proportion non déclarée

# VOLET USAGES

-

## AGRICULTURE : IRRIGATION & ABREUVEMENT

## VOLET U – AGRICULTURE



### DONNÉES

#### → PRÉLÈVEMENTS IRRIGATION



Disponibles : Données redevance Agence de l'eau Loire Bretagne (AELB) 2012-2020

CDDM et vigneron : à l'étude

CRA PDL : données internes existantes mais en cours de consolidation donc non diffusable à ce jour

- Transmission de contacts locaux d'association d'irrigants pour complétude

#### → DONNÉES CHEPTELS



RA 2020 à l'échelle EPCI



Données BDNI (bovins) : extraction sur les années disponibles en cours par la CRA PDL



Cheptels porcins, volailles, ovins, caprins non disponibles hors RA 2020 (vu avec DRAAF)

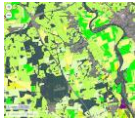
## VOLET U – AGRICULTURE



### DONNÉES



#### CULTURE



Registre Parcellaire Graphique (RPG) dernier millésime



#### RÉSERVE UTILE DU SOL



Type de sol en PDL disponible sur GISOL et Géoportail.



- Demande en cours pour obtenir la couche SIG RU par type de sol : abaque fournit par la CRA PDL



## OBJECTIFS

- Évaluer les prélèvements liés à l'irrigation



## PRÉLÈVEMENTS

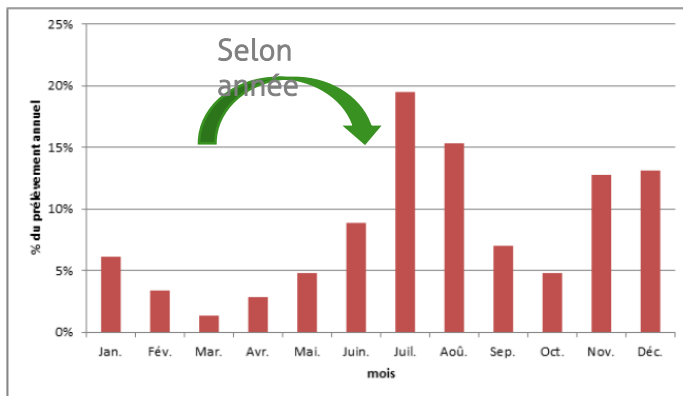
Compilation des données prélèvements

- Données annuelles

Ventilation mensuelle :

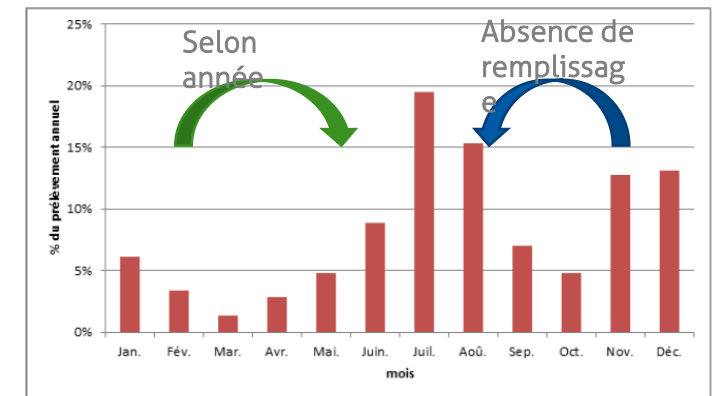
- Application d'un coefficient de répartition par type de milieu sollicité / année :

### Plan d'eau



- Novembre à mars (38%) : remplissage retenues
- Juin à Août (44%) : irrigation directe
- Avril à mai & septembre à Octobre (18%) : démarrages précoces au printemps ou des automnes secs selon les besoins des cultures

### Prise d'eau et captage



# VOLET U – AGRICULTURE : IRRIGATION



## Ventilation mensuelle :



- Différenciation géographique : Nord / Sud Loire, par entités / sous entités ?
- Adaptation par type de culture (grande culture, maraichage...) : comment relier les cultures au prélèvement ?

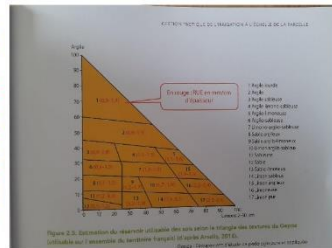
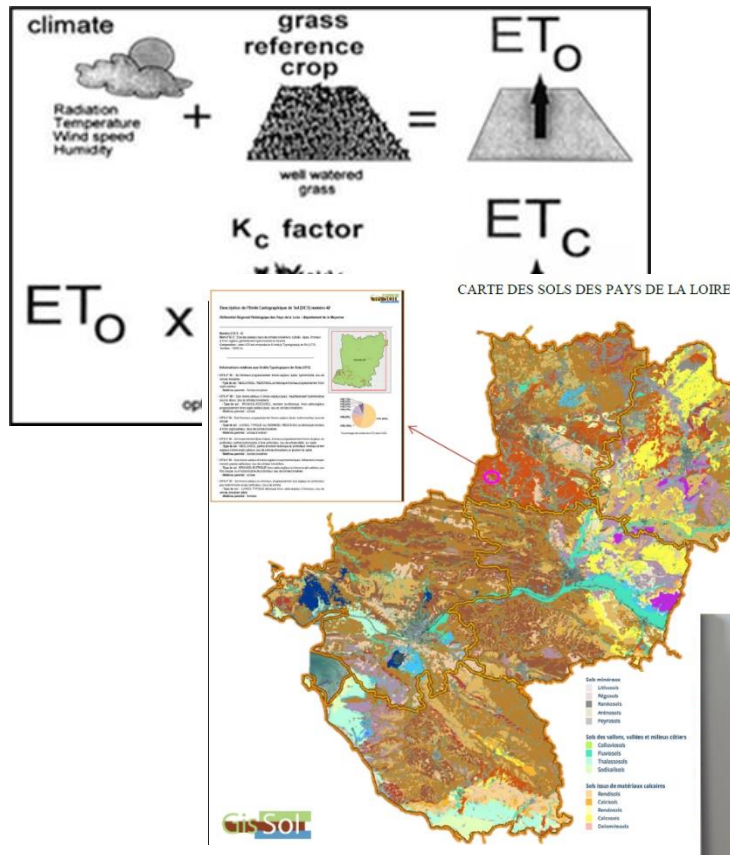
## ÉVALUATION DES PRÉLÈVEMENTS NON DÉCLARÉS

### Approche selon le besoin des plantes :

1. Calcul du besoin théorique des cultures à partir des données RPG (Registre Parcellaire Graphique) à partir des coefficients culturaux ( $K_c$ ), de la réserve utile (RU) du sol et de l'ETP.
2. Comparaison aux volumes prélevés connus



- Quelles sont les cultures irriguées ?
- Les surfaces sont-elles connues ?





## OBJECTIFS

- Évaluer les prélèvements liés à l'abreuvement du bétail

## SPATIALISATION

Si mobilisation du Recensement Agricole (RA)

### Méthode RPG :

*Ventilation des effectifs au prorata de la surface en herbe de chaque commune d'après le dernier millésime RPG*



### Méthode RA 2010 :

*Ventilation des effectifs au prorata de ceux observés en 2010*

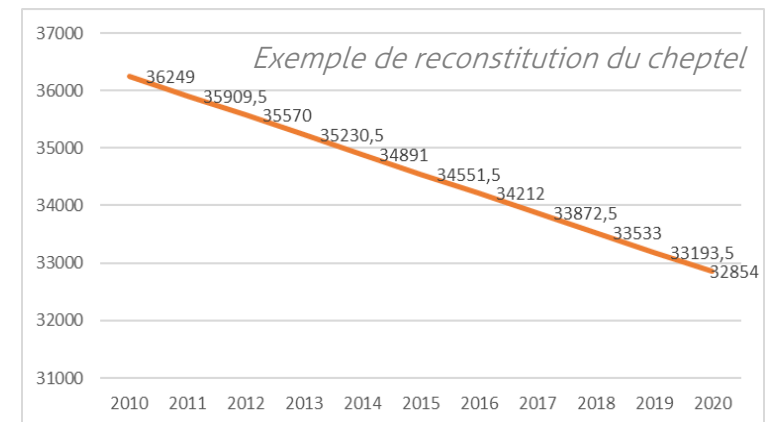


Secret statistique et mouvance administrative (fusion de commune...)

## ÉVOLUTION INTERANNUELLE

Si mobilisation du Recensement Agricole (RA)

- Évolution linéaire sur les 10 dernières années





## VOLET U – AGRICULTURE : ABREUVEMENT



### → CONSOMMATION PAR TÊTE (EAUX DE LAVAGE COMPRISES)

Proposition d'une matrice (en cours d'analyse par la Chambre Régionale d'Agriculture PDL)

ID catégorie d'animal	Catégorie d'animal	Consommation d'eau/animal (l/j)	Temps de présence (jours)	RGPT	Type
1	Vache nourrice, <b>avec</b> son veau	70	365	BOV	HERBIVORE
2	Femelle > 2 ans	60	365	BOV	HERBIVORE
3	Mâle > 2 ans	60	365	BOV	HERBIVORE
4	Femelle 1 - 2 ans, croissance	40	365	BOV	HERBIVORE
5	Mâle 1 - 2 ans, croissance	40	365	BOV	HERBIVORE
6	Bovin 1 - 2 ans, engraissement	40	365	BOV	AUTRES ANIMAUX
7	Vache de réforme	38	365	BOV	HERBIVORE
8	Femelle < 1 an	25	365	BOV	HERBIVORE
9	Mâle 0 - 1 an, croissance	25	365	BOV	HERBIVORE
10	Mâle 0 - 1 an, engraissement	25	365	BOV	AUTRES ANIMAUX
11	Broutard < 1 an, engraissement	25	365	BOV	AUTRES ANIMAUX

### → MOBILISATION DE LA RESSOURCE



- Vaches allaitantes, Ovins, Caprins : **100% Milieu**
- Vaches laitières : **80% Milieu / 20% AEP**
- Porcs, Veaux de boucherie, Volailles, Équidés : **100%**

**AEP**

- Différenciation territoriale ?
- Milieu : Répartition entre eaux superficielles et eaux souterraines

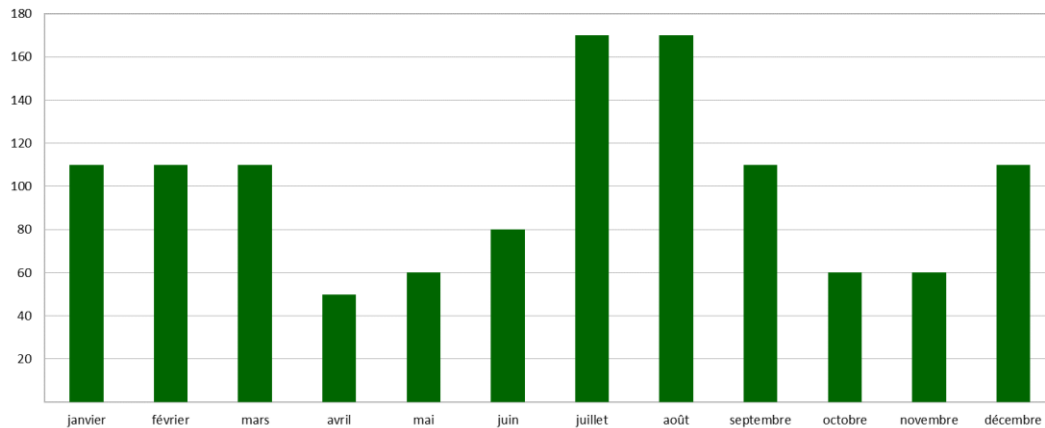
# VOLET U – AGRICULTURE : ABREUUREMENT



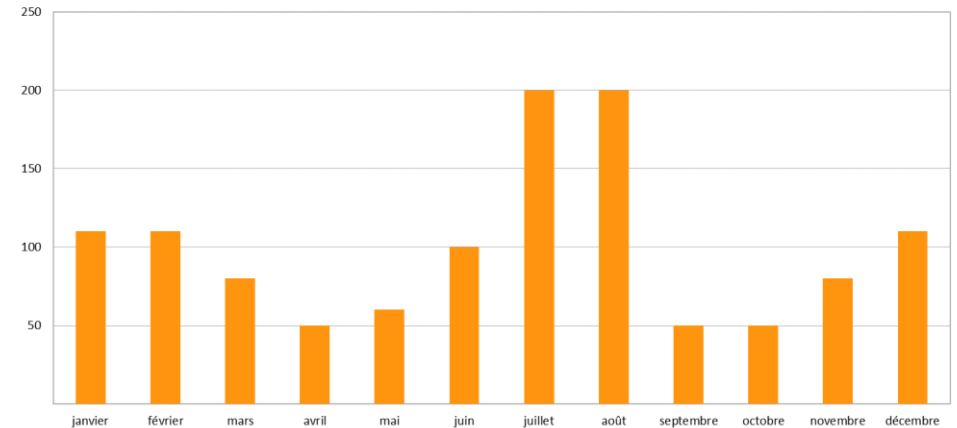
## VENTILATION MENSUELLE

Proposition d'une matrice (en cours d'analyse par la Chambre Régionale d'Agriculture PDL)

Consommation d'eau HERBIVORES



Consommation d'eau AUTRES ANIMAUX



Consommation d'eau

janvier	110 %
février	110 %
mars	110 %
avril	50 %
mai	60 %
juin	80 %
juillet	170 %
août	170 %
septembre	110 %
octobre	60 %
novembre	60 %
décembre	110 %

Consommation d'eau

janvier	110 %
février	110 %
mars	80 %
avril	50 %
mai	60 %
juin	100 %
juillet	200 %
août	200 %
septembre	50 %
octobre	50 %
novembre	80 %
décembre	110 %

# VOLET USAGES

-

# ASSAINISSEMENT COLLECTIF



### DONNÉES

#### → LOCALISATION DES STATIONS D'ÉPURATION / SURVERSE

- Données nationales disponibles
- Complétude locale : Cap atlantique, CARENE, CC Sud Estuaire, Pornic agglomération, Grand Lieu communauté (hors surverse), CA Mauges (hors surverse), CC Anjou Bleu Communauté, COMPA, Nantes Métropole, CC Estuaire et Sillon
- Absence de réponse : autres EPCI, communes

#### → DONNÉES AUTOSURVEILLANCE DES STATIONS D'ÉPURATION

- Données AELB 2015 -2020 disponibles
- Complétude locale journalière disponible : Cap atlantique, CARENE, CC Sud Estuaire, Pornic aggro, Grand lieu communauté, CA Mauges
- Complétude locale mensuelle ou annuelle : Nantes Métropole, CC Estuaire et Sillon
- Absence de réponse : autres EPCI (COMPA, Erdre et Gesvres...) et communes

## VOLET U – ASSAINISSEMENT COLLECTIF



### OBJECTIFS

- Évaluer les restitutions liées aux rejets des stations d'assainissement collectif

#### → CAS N°1 : DONNÉES D'AUTOSURVEILLANCE ROBUSTES

Compilation des données à l'échelle mensuelle

Autosurveillance annuelle > 350 jours

#### → CAS N°2 : ABSENCE DE DONNÉES D'AUTOSURVEILLANCE OU DONNÉES PEU ROBUSTES (BILAN 24H, 1 DONNÉE / MOIS...)

Approche par agglomération de collecte

Calcul d'un rejet théorique à partir de la population (agglomération d'assainissement) connectée à la station d'épuration

$$\text{Rejet} = \text{agglomération d'assainissement} \times \text{EH} \times 0,93 \times \text{Nbr}$$

*jours*

Valeur en EH de la population raccordée

Valeur de l'équivalent habitant du secteur (L/j/hab)

Part de l'eau consommée restituée par un ménage

Nombre de jours de la période considérée

*Source : Économiser l'eau et l'énergie chez soi, guide Ademe août 2018.*

## VOLET U – ASSAINISSEMENT COLLECTIF

### Restitution au milieu :

- Fonction du type de filière : évaporation des lagunes en été
- Identification des valorisations : réutilisation des eaux usées (irrigation...)
- Rejets différés ou stockés en période estivale (Saint-Père-en-Retz)
- Prise en compte des variations de population (tourisme)



# VOLET USAGES

-

# ASSAINISSEMENT NON COLLECTIF

## VOLET U – ASSAINISSEMENT NON COLLECTIF (ANC)



### DONNÉES



#### LOCALISATION DES INSTALLATIONS ANC

- Couches SIG : Cap atlantique, CC Estuaire et Sillon, Pornic agglomération, Grand Lieu communauté, COMPA
- Volumétrie communale : CARENE (en cours ), CC Sud Estuaire, CA Mauges, CC Arc Sud Bretagne, CA Redon Agglomération, CC Pays de Blain Communauté
- Autres : Nantes Métropole (volumétrie globale), CC Anjou Bleu Communauté (tableur avec adresse postale)
- Absence de réponse : autres EPCI, communes



Si absence de réponse : possibilité d'avoir une information à l'échelle de l'EPCI via RPQS



#### CARACTÉRISATION DES INSTALLATIONS ANC



- Peu d'information disponible : CC Estuaire et Sillon, Pornic agglomération, Grand Lieu Communauté, CC Anjou Bleu Communauté, CC Pays de Blain Communauté
- Ratio global fourni par certains acteurs locaux.



## VOLET U – ASSAINISSEMENT NON COLLECTIF (ANC)



### OBJECTIFS

- Évaluer les restitutions liées aux rejets des systèmes d'assainissement autonomes

### Estimation du rejet :

$$\text{Rejet} = \text{Taille ménage} \times 0,93 \times \text{EH} \times \text{Nbr jours période}$$

Composition moyenne des ménages du département concerné (INSEE)

Part de l'eau consommée restituée par un ménage

*Source : Économiser l'eau et l'énergie chez soi, guide Ademe août 2018.*

Valeur de l'équivalent habitant du secteur (L/j/hab)

Nbr de jours composant la période de calcul

### Type de rejet (eau superficielle ou infiltration) :

- Attribut connu
- Application du taux observé au sein de l'EPCI et le cas échéant au sein du périmètre d'étude (selon taux de connaissance)

EPCI	INCONNU	REJET	INFILTRATION	Nbr total	Tx de connaissance	REJET Global	INFILTRATION Global	Type de traitement
CC1	4818			4818	0%	0,47	0,53	Application ratio BV
CC2	1756			1756	0%	0,47	0,53	Application ratio BV
CC3	1	70	33	104	99%	0,68	0,32	Application ratio EPCI
CC4	90	141	117	348	74%	0,55	0,45	Application ratio EPCI
Ratio moyen BV	9993	2672	3060	15725	36%	0,47	0,53	

## VOLET U – ASSAINISSEMENT NON COLLECTIF (ANC)

### → Restitution au milieu :

Période	Type rejet	Coef restitution
Estivale	ESU	0
Hors estivale	ESU	0,3
Estivale	ESO	0
Hors estivale	ESO	0



Absence de restitution estivale en lien avec :

- L'évaporation dans les fossés
- La recharge de la réserve utile plutôt que des aquifères

### → Spatialisation du rejet :

- Localisation précise (couche SIG)
- Prorata de la surface de la commune/EPCI au sein des entités / sous-entités

# VOLET CLIMAT



### OBJECTIFS :

- Caractériser le changement climatique en cours sur le territoire
- Qualifier les impacts sur la ressource en eau
- Intégrer ces impacts dans le volet prospectif de l'étude HMUC



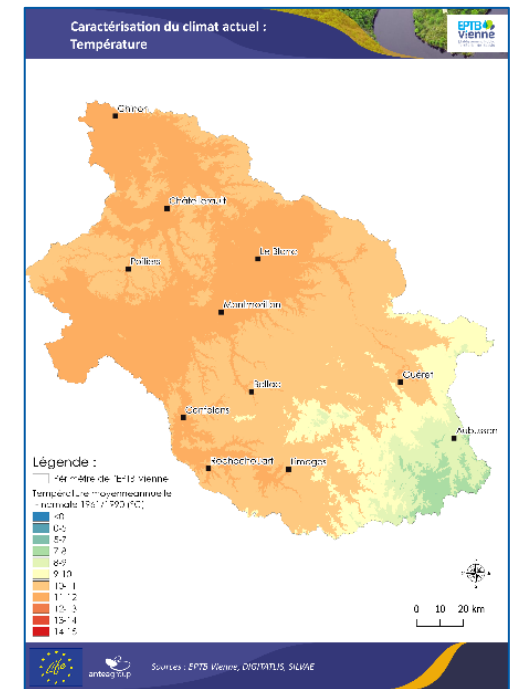
### 3 ÉTAPES POUR LE TRAITEMENT DU VOLET CLIMAT :

1. Caractérisation du climat actuel et des évolutions passées
2. Caractérisation des projections climatiques à horizon 2050 (et 2100)
3. Caractérisation des impacts de ces projections sur la ressource en eau

# 1. CLIMAT ACTUEL ET EVOLUTIONS PASSEES

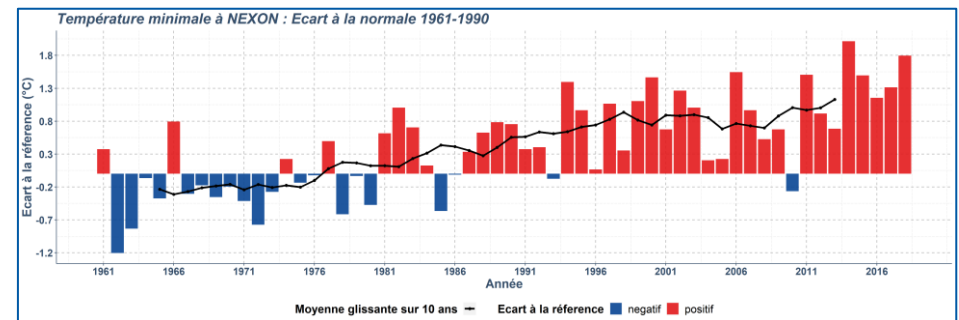
**Climat actuel :** caractérisation et cartographie des normales climatiques + analyse des stations météo

**Evolutions passées :** examen de l'évolution des longues séries homogénéisées (températures + précipitations)



## Données nécessaires

- Normales Aurelhy (bancaisées)
- Chroniques stations météo (achat + données départements pour la pluviométrie)
- Longues séries homogénéisées (achat)

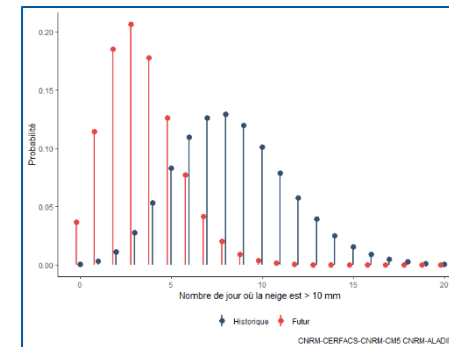
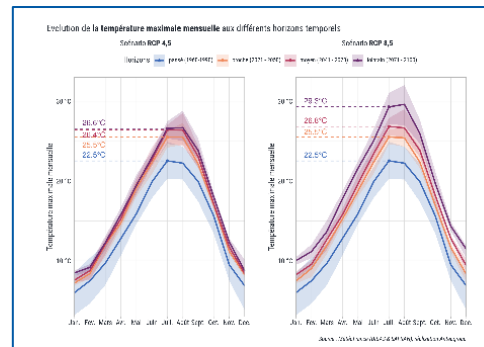
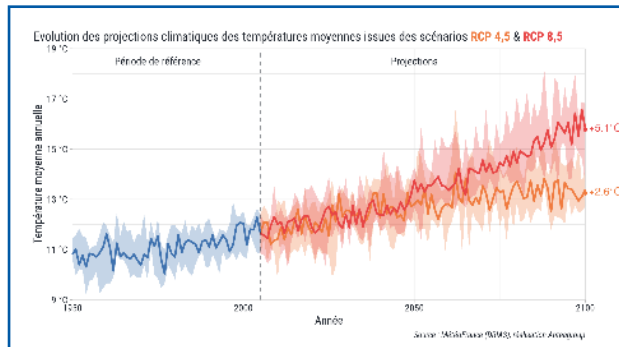


## VOLET CLIMAT

### 2. CLIMAT FUTUR - PROSPECTIVE

#### Traitement et analyse des projections disponibles sur le portail DRIAS

- Paramètres précipitation, ETP, température
- Analyse des projections et production d'indicateurs
- Illustration et mise en avant de l'incertitude
- Travail à l'horizon 2050, mais aussi 2100 pour mieux percevoir les trajectoires d'évolution en climat futur



#### Données nécessaires

- Chroniques des 12 modélisations climatiques disponibles et deux scénarios d'émissions (RCP 4.5 et RCP 8.5) disponibles sur le portail DRIAS (bancaarisées)

### 3. IMPACT SUR LA RESSOURCE

#### → Rappel des objectifs :

- Qualifier l'évolution des débits et de la ressource disponible en climat futur (horizon 2050, 2100 pour la trajectoire)
- Décrire les impacts potentiels sur les milieux aquatiques

#### → Méthode :



Pas de modélisation hydro-climatique prévue au cahier des charges (et le réseau de suivi hydrologique s'y prête peu)



Traitement et analyse des données disponibles et bibliographie

## 3. IMPACT SUR LA RESSOURCE



### Données nécessaires

Les résultats issus de l'étude Explore 70 ne doivent plus être mobilisés, de même que les études d'impact établies avec l'ancienne génération des projections climatiques.

→ **Mieux vaut attendre les résultats d'Explore 2 qui met à jour Explore 70 avec les dernières modélisations disponibles**



Résultats bruts multi-modèles attendus début 2023

Si retard dans la mise à disposition d'Explore 2, nous pourrions analyser les résultats de l'un des 7 modèles mobilisés dans Explore : **le modèle SIM2.**



- Il n'y a cependant pas de station hydrologique « SIM2 » sur le territoire de l'estuaire de la Loire, sauf un point fictif à l'embouchure.
- Nous reprendrons donc les évolutions des stations voisines / sur des contextes similaires, et de la Loire en amont du territoire.



### 3. IMPACT SUR LA RESSOURCE



En synthèse :



**Projections de débits établies à partir des données Explore 2**

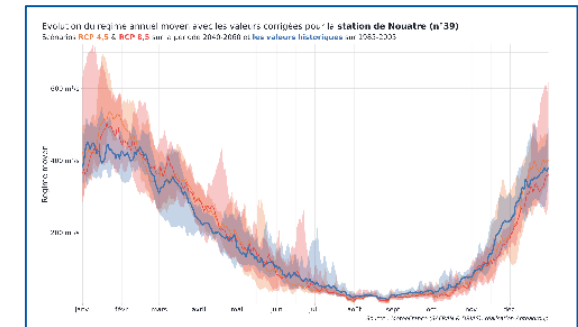
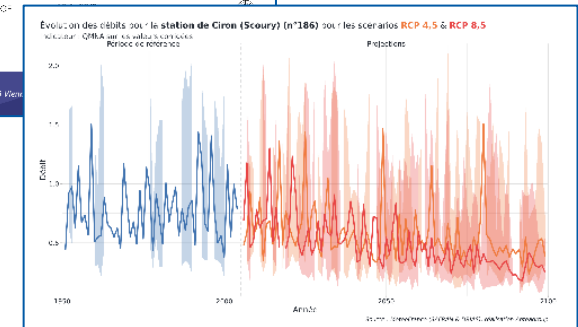
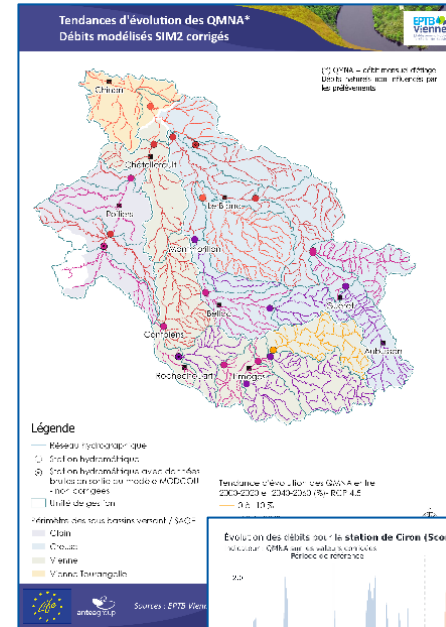
Reprise des % d'évolution sur stations voisines si pas de station sur le territoire (hors Loire).



**Caractérisation de l'évolution de la recharge des nappes à partir d'Explore 2** (si disponible)



**Impact sur les milieux** (hausse température de l'eau, évolution répartition des espèces,...) décrit à partir de la bibliographie



# AVANCEMENT DE LA DÉTERMINATION DES DÉBITS ÉCOLOGIQUES

## VOLET M - RAPPEL

### LE DÉBIT ÉCOLOGIQUE

$$\text{Débit écologique} = \text{Débit Biologique} + \text{Débit de bon état DCE}$$

Débit dans le lit d'un cours d'eau permettant le bon fonctionnement général des communautés vivantes aquatiques situées sur le bassin versant amont

Débit nécessaire pour atteindre les objectifs de bon état des eaux (physico-chimie...)

#### Débit Biologique différent du Débit Minimum Biologique

(DMB)

 DMB :

- Définit dans le code de l'environnement (L214-18)
- Valeur instantanée rattachée à un ouvrage et au tronçon de cours d'eau situé directement en aval
- Conduit à la définition de débits réservés journaliers à respecter en aval de l'ouvrage pour garantir en permanence la vie, la circulation et la reproduction des espèces vivant dans les eaux
- Partage la même philosophie que le débit biologique : permettre le bon fonctionnement des communautés vivantes
- Se calcule grâce à des méthodologies similaires (estimhab', EVHA...)

## VOLET M - MÉTHODOLOGIE

### MÉTHODOLOGIE GÉNÉRALE – DÉBIT BIOLOGIQUE

#### → Définition de sous-bassin versant homogène

- Réalisée sur des variables contextuelles : HER, géologie, occupation du sol, modèle SYRAH, rang de Strahler...

#### → Proposition de stations [En cours de finalisation]

- Basée sur des variables terrain : étude REH des contrats territoriaux, proximité de stations biologiques (IPR), possibilité d'accès

#### → Visite de terrain pour validation des secteurs

- Déterminer précisément les secteurs pour la mise en place des stations (envois parallèle de courriers pour information)

#### → Validation du choix des stations

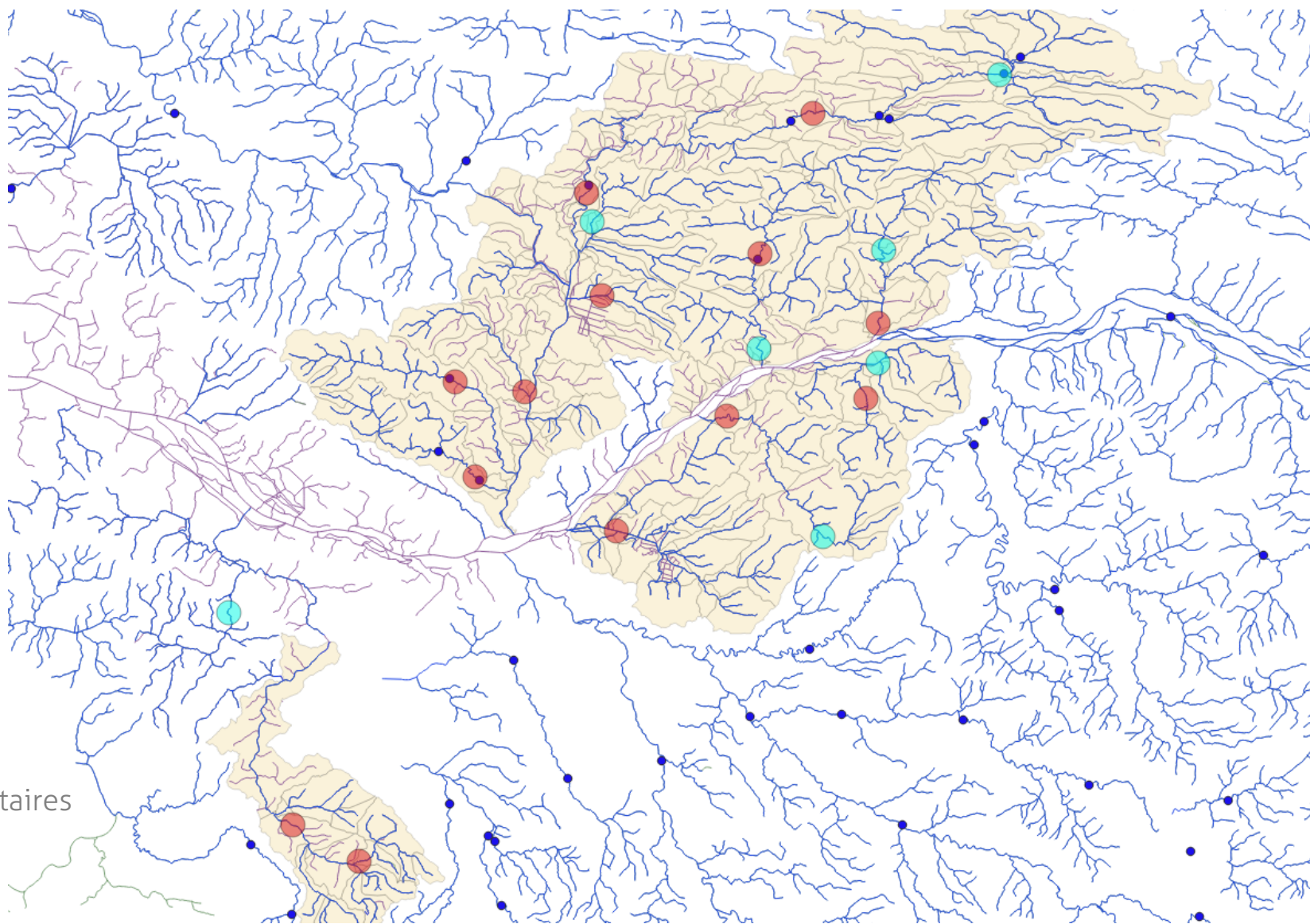
- Mobilisation des acteurs de terrain (techniciens rivière, OFB, fédération de pêche)

#### → Réalisation du terrain (méthode ESTIMHAB)

- Mesures terrain (2 campagnes sur une vingtaine de station : faible débit Q1 et Q1x2 )

## VOLET M - MÉTHODOLOGIE

### LOCALISATION DES STATIONS – [TRAVAIL EN COURS ]



 Stations proposées

 Stations complémentaires

## VOLET M - MÉTHODOLOGIE

### LA MÉTHODE ESTIMHAB

Les deux débits (Q1 et Q2) auxquels doivent être réalisées les mesures de terrain **doivent être le plus contrastés possible**, tout en respectant les règles suivantes :

1.  $Q2 > 2 \times Q1$
2. Gamme de validité des débits comprise entre  $Q1/10$  et  $5 \times Q2$
3. Le débit médian naturel est aussi compris entre  $Q1/10$  et  $5 \times Q2$
4. Q1 et Q2 sont inférieurs au débit de plein bord
5. Débits mesurés sur site ou à partir d'une station de mesure proche.

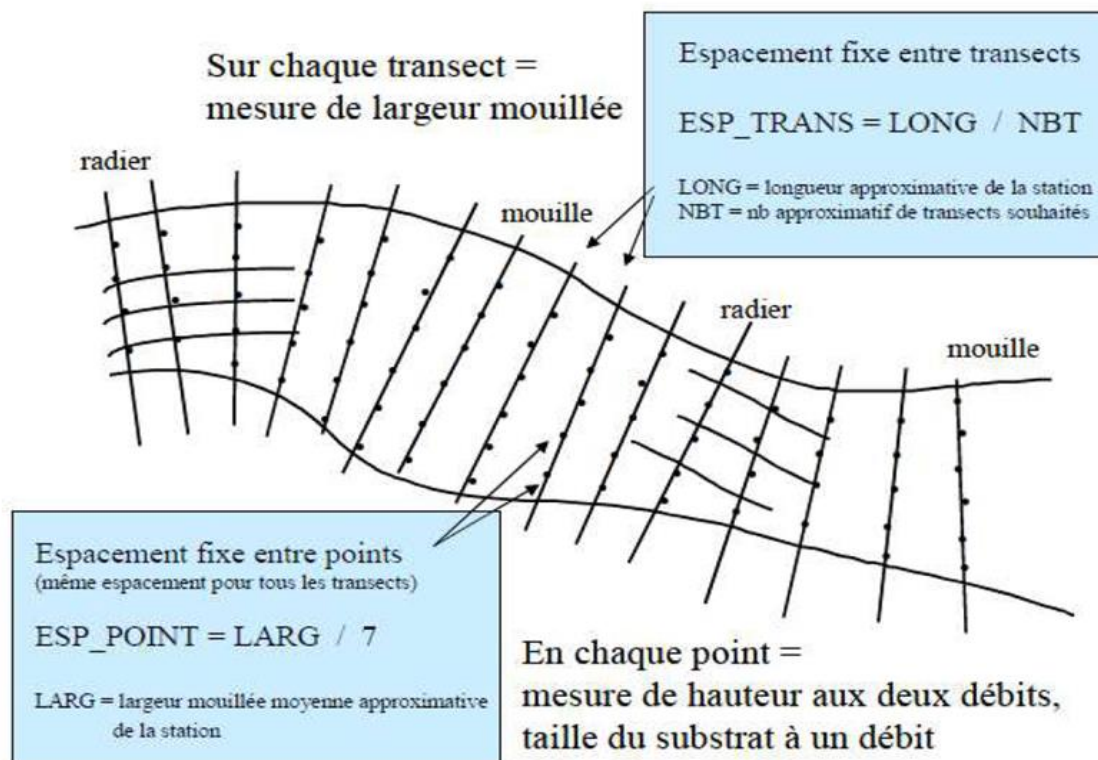


Figure 3-1 : Mise en œuvre du protocole Estimhab sur un tronçon de rivière donné (source : CEMAGREF, 2008)

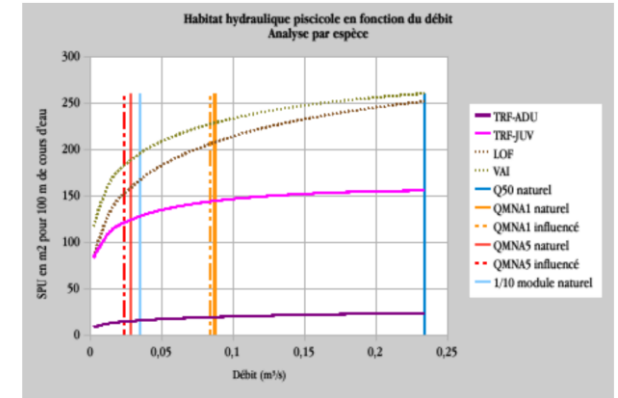


- L'analyse d'étiage doit être faite dans le cadre d'un étiage normal
- De nombreux cours d'eau ont encore des débits très faibles sur le territoire

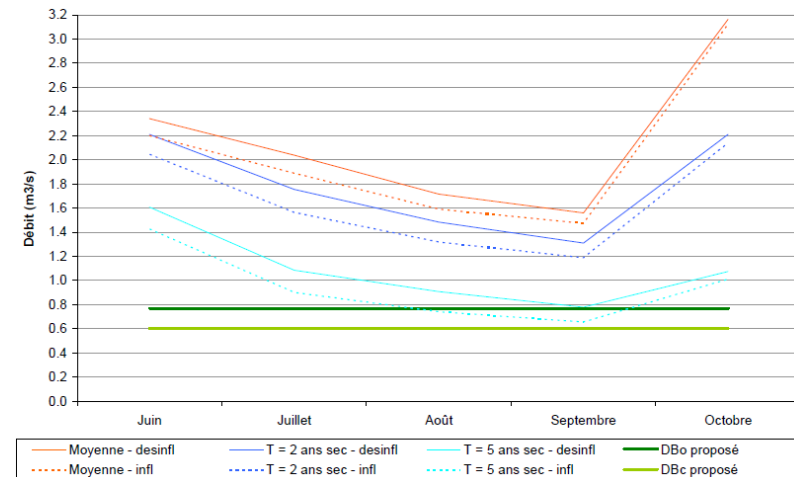
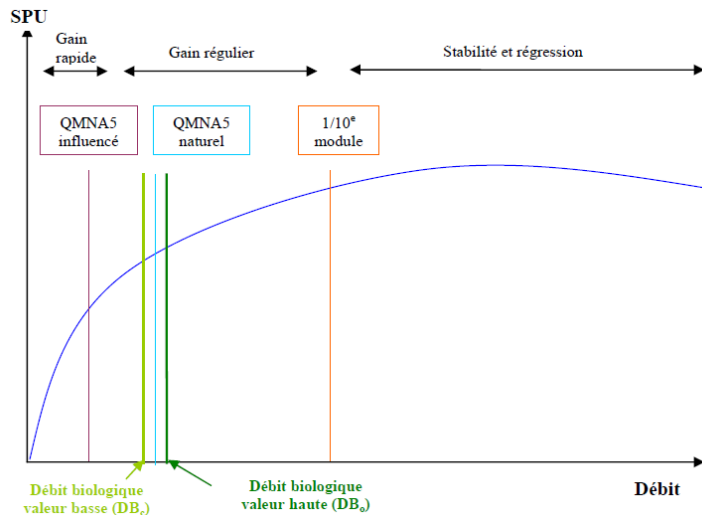
# VOLET M - MÉTHODOLOGIE

## LA MÉTHODE ESTIMHAB

- Courbes d'évolution de l'habitat en fonction du débit**
  - Choix des guildes (ensemble d'espèces inféodées à un habitat particulier) à étudier : validation avec les acteurs locaux
  - Élaboration d'une représentation de l'évolution de la qualité de l'habitat (SPU) en fonction du débit



- Détermination des débits biologiques optimaux et critiques**
  - Proposition d'une plage de valeurs



# PROCHAINES ÉTAPES



## PROCHAINES ÉTAPES

### → FINALISATION DE LA COLLECTE DE DONNÉES

Collecte des dernières données manquantes

### → ANALYSE HYDRO(GÉO)LOGIQUE ET CONTEXTE ENVIRONNEMENTAL

Réalisation des premières analyses

### → ANALYSE DES USAGES

Compilation des données et premières analyses

### → CAMPAGNES DE TERRAIN – DÉBIT BIOLOGIQUE

Réalisation de la première campagne de terrain

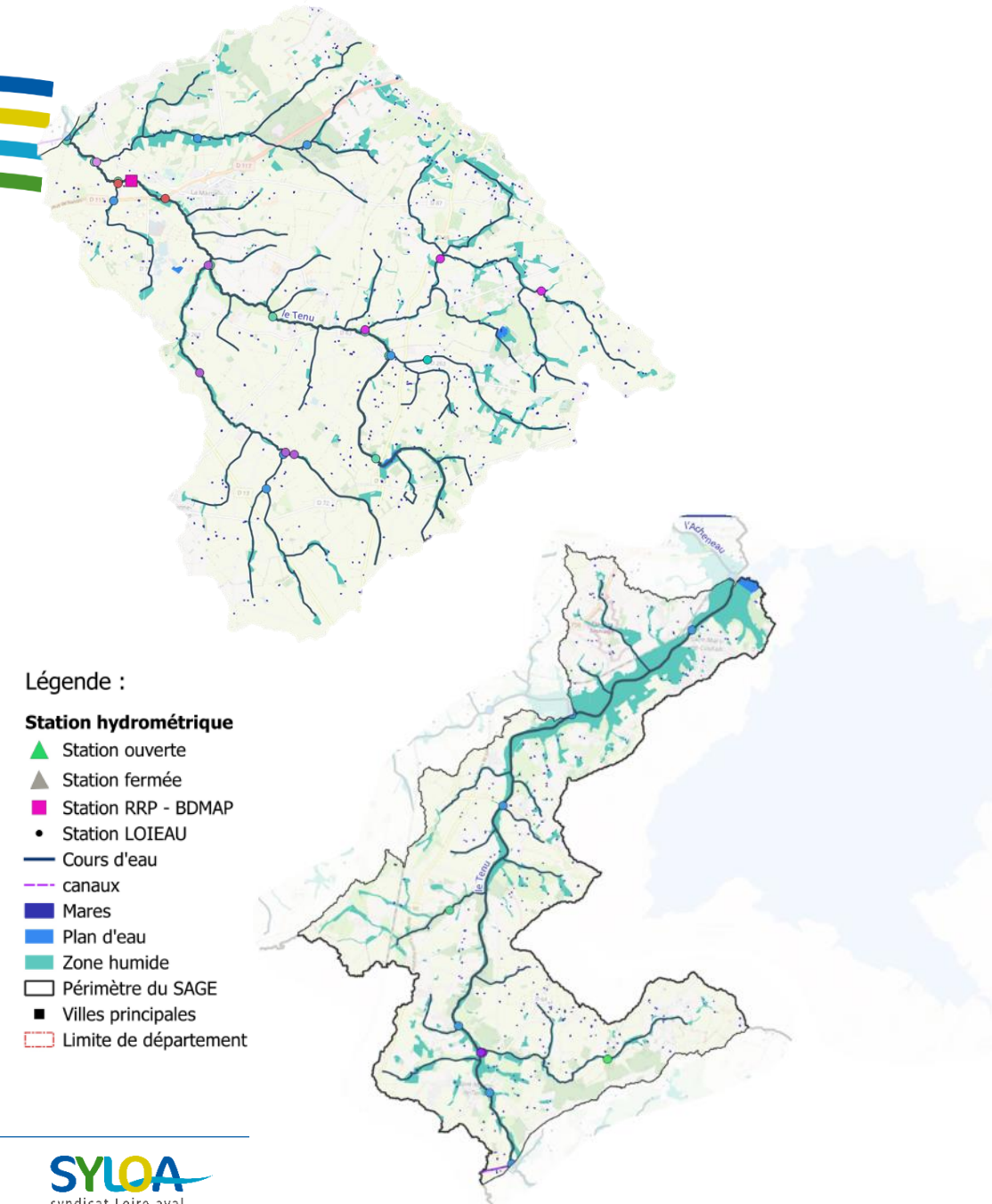
### → COMITÉ DE PILOTAGE (COPILOTE) : VENDREDI 25 NOVEMBRE

- Présentation de l'avancée de l'étude (collecte des données, débits écologiques, climat, hydrologie, 1ères analyses des usages...)
- Validation des méthodes et propositions du COTECH

MERCI POUR VOTRE ATTENTION

# ANNEXES

# MÉTHODE RECONSTITUTION : ENTITÉ ACHENEAU - TENU



## □ TENU AMONT (119 km<sup>2</sup>)

- Absence de station hydrométrique sur le BV mais station hydrométrique sur le Falleron à Saint Etienne de Mer-Morte [N011301010] (99 km<sup>2</sup>) peu influencée avec des chroniques sur la période [1995 – 2020] de bonne qualité
- Point de simulation LoiEau disponible à l'exutoire (débits pseudo-naturels)



### METHODE PROPOSEE :



Reconstitution des chroniques par méthode de transfert (débit- débit) en amont de la station de pompage de la Pommeraie

## □ TENU MEDIAN (55 km<sup>2</sup>)

- Absence de station hydrométrique
- Fonctionnement influencé par les marées + système de gestion très complexe des marais limitrophes
- Niveaux d'eau mis à disposition par le SAH Sud Loire

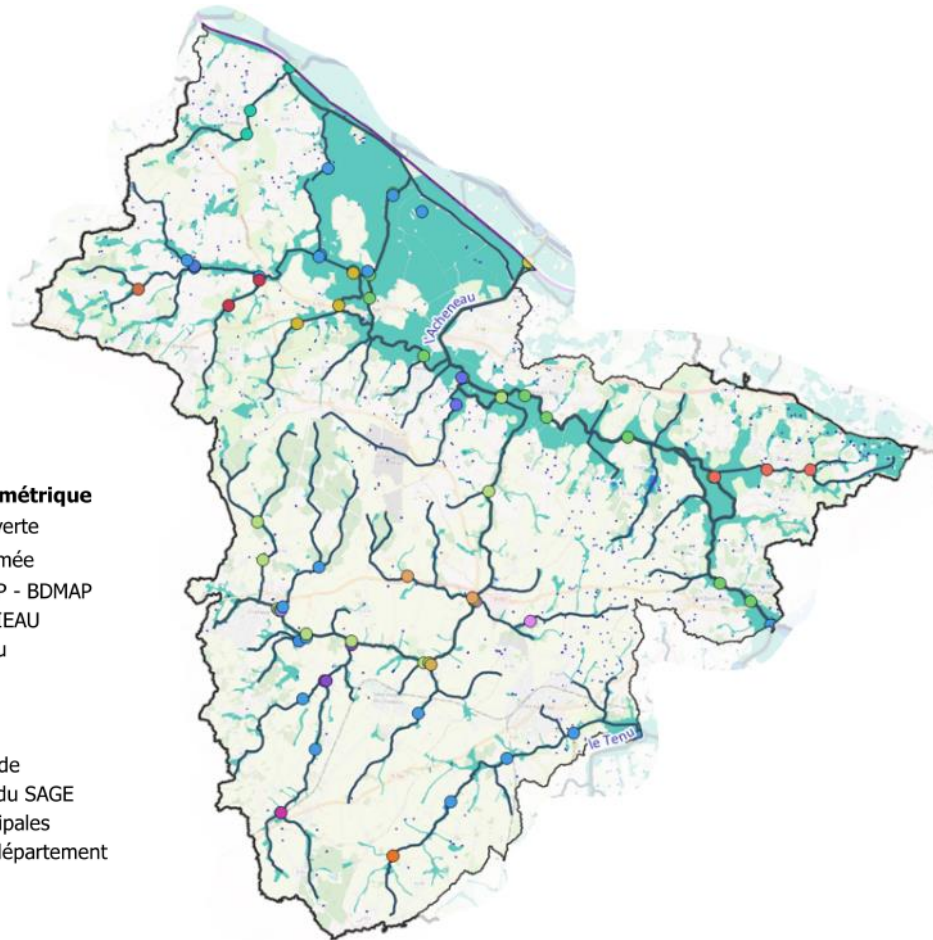


### METHODE PROPOSEE :



Pas de reconstitution des régimes hydrologiques car fonctionnement trop complexe à modéliser

# MÉTHODE RECONSTITUTION : ENTITÉ ACHENEAU - TENU



## ACHENEAU & TENU AVAL (272 km<sup>2</sup>) et PETITS AFFLUENTS DE LA LOIRE (45 km<sup>2</sup>)

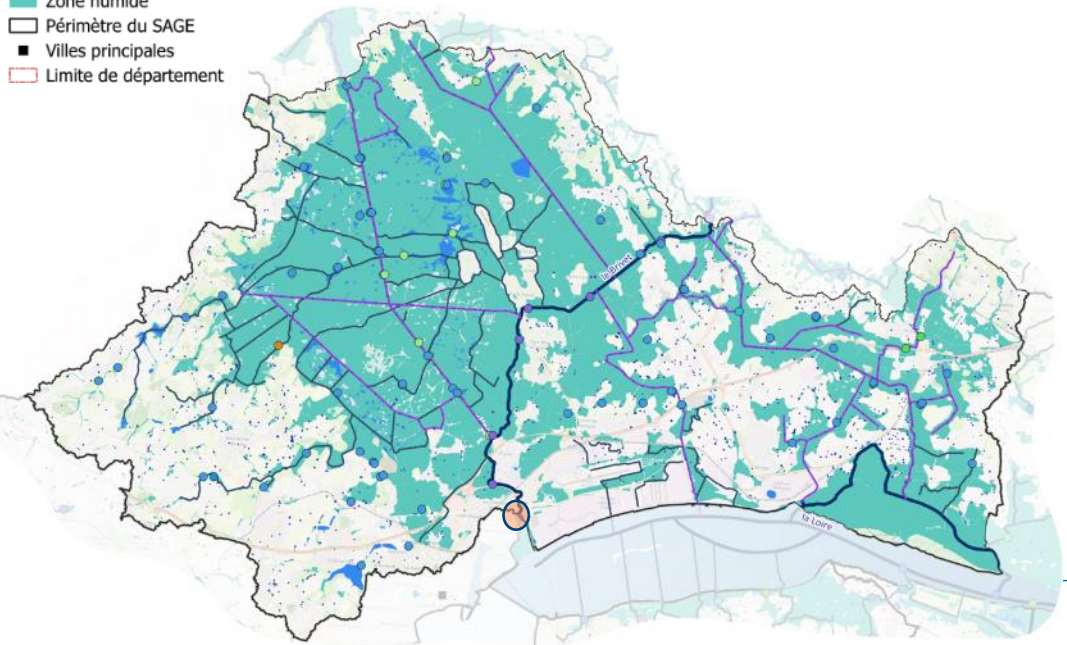
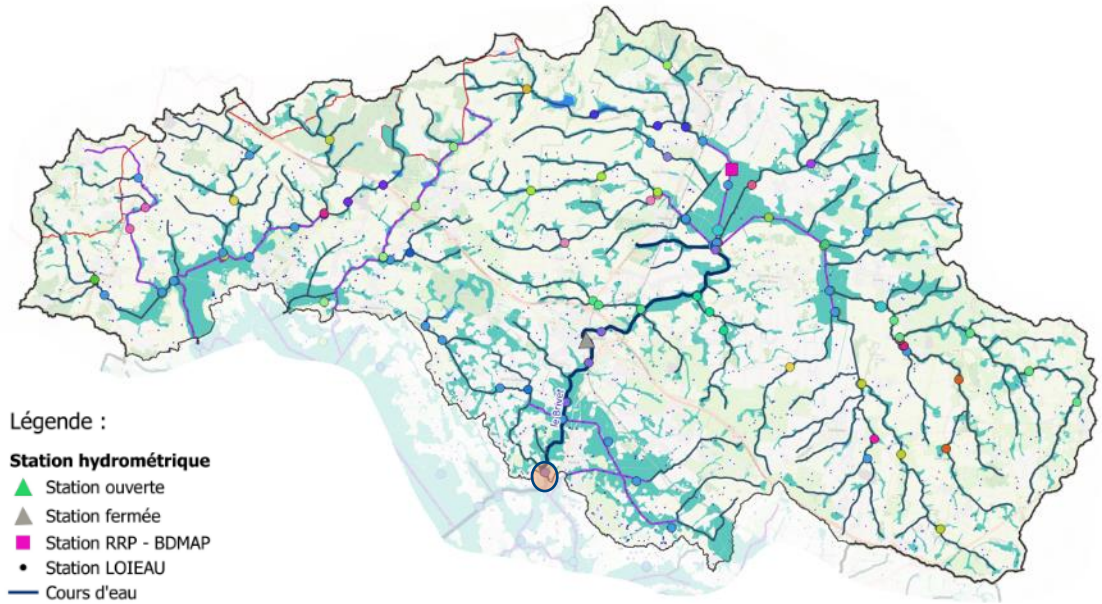
- Absence de station hydrométrique
- Fonctionnement influencé par les marées + système de gestion très complexe des marais limitrophes.
- Niveaux d'eau mis à disposition par le SAH Sud Loire



### METHODE PROPOSEE :

- Pas de reconstitution des régimes hydrologiques sur le Tenu et l'Acheneau car fonctionnement trop complexe à modéliser
- Exploitation possible des chroniques LOIEAU modélisées sur la Blanche

# MÉTHODE RECONSTITUTION : ENTITÉ BRIERE - BRIVET



## □ BRIVET (430 km<sup>2</sup>)

- Absence de station hydrométrique en activité
- Station limnométrique mise en place en début d'année 2022
- 2 stations ONDE sur les affluents amont du Brivet
- Fonctionnement hydrologique complexe : Contexte de marais, liens eaux superficielles/souterraines ténus, Canaux (Fleur / Saint Joseph) alimentant le cours amont du Brivet

**METHODE PROPOSEE :**

■ Plusieurs points de simulation LoiEau dont un localisé à l'exutoire

**Exploitation des chroniques simulées LoiEau pour caractériser de manière simple le régime hydrologique du Brivet**

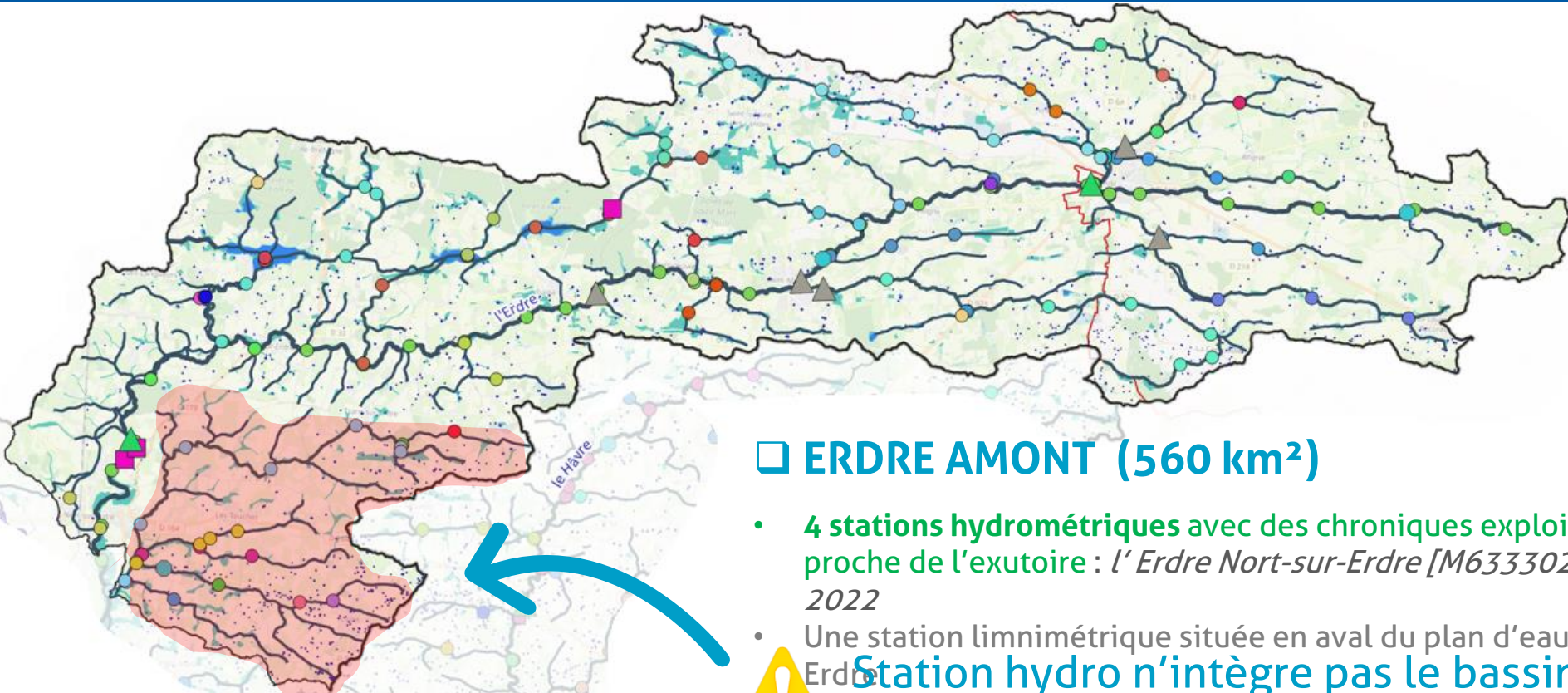
## □ MARAIS DE BRIERE (381 km<sup>2</sup>)

- Absence de station hydrométrique en activité
- Fonctionnement hydrologique (idem Brivet) + Système de gestion hydraulique des marais
- Plusieurs points de simulation LoiEau dont un localisé à l'exutoire (fiabilité des résultats ?)

**METHODE PROPOSEE :**

- Pas de reconstitution car fonctionnement trop complexe
- Exploitation des chroniques simulées LoiEau à l'exutoire du Brivet pour approcher les apports des marais de Briere

# MÉTHODE RECONSTITUTION : ENTITÉ ERDRE



- Legende :
- Station hydrométrique**
- ▲ Station ouverte
  - ▲ Station fermée
  - Station RRP - BDMAP
  - Station LOIEAU
  - Cours d'eau
  - - - canaux
  - Mares
  - Plan d'eau
  - Zone humide
  - Périmètre du SAGE
  - Villes principales
  - Limite de département

## ERDRE AMONT (560 km<sup>2</sup>)

- 4 stations hydrométriques avec des chroniques exploitables dont proche de l'exutoire : l' Erdre Nort-sur-Erdre [M633302010]: 1967 – 2022
- Une station limnimétrique située en aval du plan d'eau de Nort-sur-Erdre



Station hydro n'intègre pas le bassin versant du **Montagné (90 km<sup>2</sup>)**



## METHODE PROPOSEE :

- 1) **Méthode de transfert** : reconstitution de la chronique à l'aval du **Montagné** via la station du Havre à Mésanger [M6204010] (79km<sup>2</sup>) => faisabilité ?
- 2) **Méthode de transfert** pour reconstituer une chronique à l'aval de **l'Erdre** (amont direct du plan d'eau)
- 3) **Agrégation des deux chroniques reconstituées** afin de représenter le régime hydrologique en entrée du plan d'eau

# MÉTHODE RECONSTITUTION : ENTITÉ ERDRE

## ERDRE AVAL (410 km<sup>2</sup>)

- 1 station hydrométrique sur le Gesvres à Treillières (M635702301)
- Point de suivi des niveaux de l'Erdre :
- Station bathymétrique des Port Jean à Carquefou
- Station expérimentale canal de Nantes à Brest [totale] à Nantes [Erdre à Saint Félix] (M6353020) →  
Erdre aval ou Erdre canalisée
- fonctionnement hydrologique particulier (facies lenticulaire + apport canal de Nantes à Brest + gestion par l'écluse de Saint Felix + Marais de Mazerolles)



## METHODE PROPOSEE (1/2) :

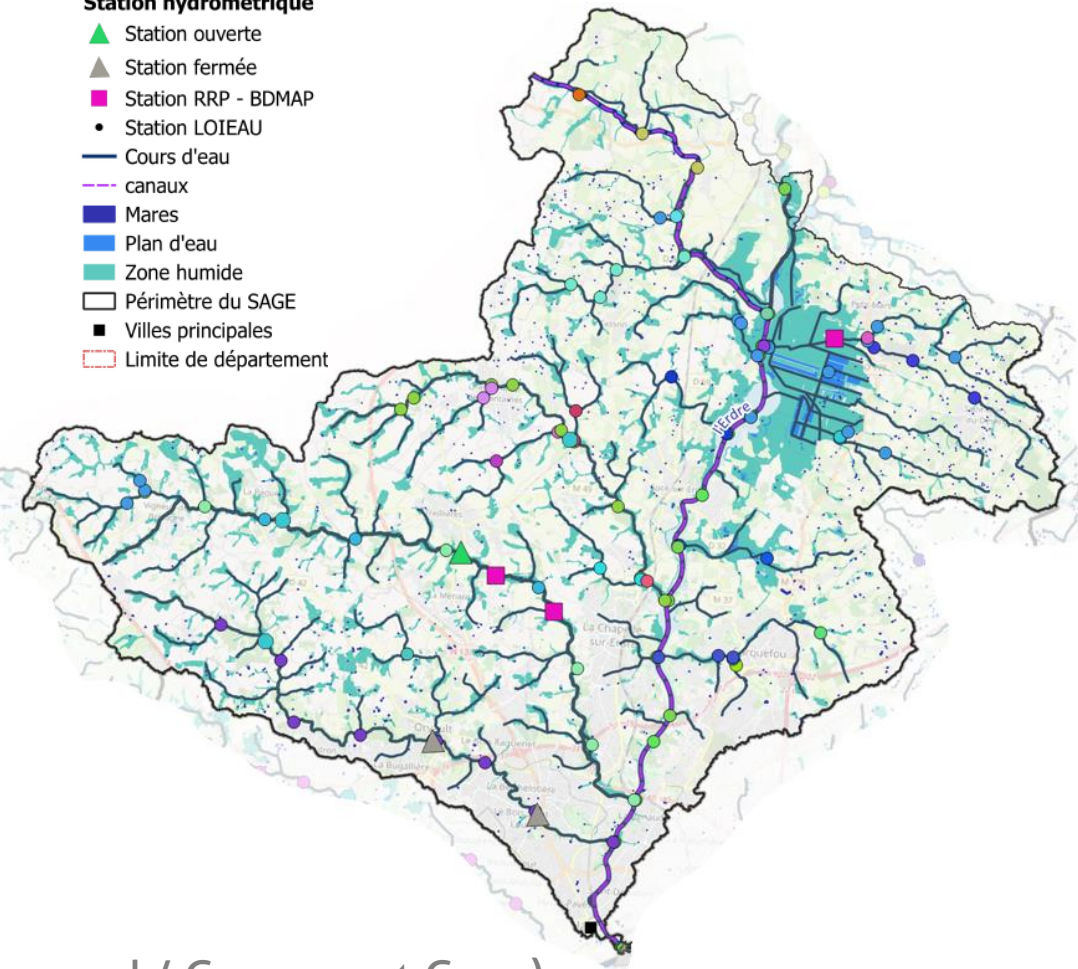
### 1) Découper l'entité en 3 zones hydrologiques :

1. Le canal de Nantes à Brest / Erdre canalisée
2. Les affluents rive droite de l'Erdre canalisée (Hocmard / Gesvres et Cens)
3. Les petits affluents rive droite et rive gauche (Déchausserie / Etang Hervé)

2) Étudier les relations entre apports hydrologiques des affluents et niveau d'eau à l'exutoire de l'Erdre canalisée => transformation en volume en prenant en compte les règles de gestion du

Legende :

- Station hydrométrique**
- ▲ Station ouverte
- ▲ Station fermée
- Station RRP - BDMAP
- Station LOIEAU
- Cours d'eau
- - - canaux
- Mares
- Plan d'eau
- Zone humide
- Périmètre du SAGE
- Villes principales
- ▭ Limite de département

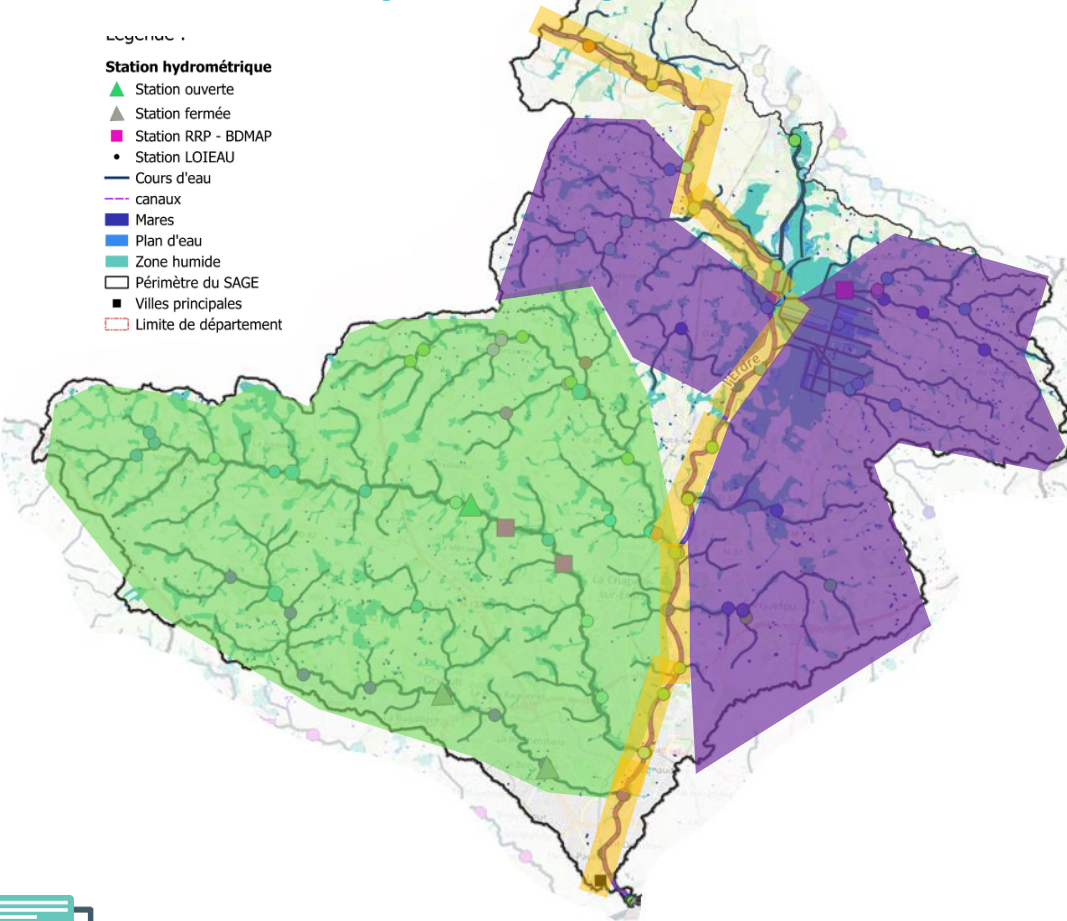




# MÉTHODE RECONSTITUTION : ENTITÉ ERDRE

## ERDRE AVAL (410 km<sup>2</sup>)

- Legende :
- Station hydrométrique**
    - ▲ Station ouverte
    - ▲ Station fermée
    - Station RRP - BDMAP
    - Station LOIEAU
  - Cours d'eau
  - - - canaux
  - Mares
  - Plan d'eau
  - Zone humide
  - Périmètre du SAGE
  - Villes principales
  - Limite de département



Les affluents rive droite avec possibilité de reconstitution des régimes hydrologiques à l'exutoire :

- Le **Hocmard** (50 km<sup>2</sup>): méthode débit-débit via station du Gesvres (50km<sup>2</sup>) / Exploitation LoiEau
- Le **Gesvres** (80km<sup>2</sup>) : méthode débit – débit via station hydrométrique
- Le **Cens** (60 km<sup>2</sup>) : méthode débit-débit via station du Gesvres / Exploitation LoiEau

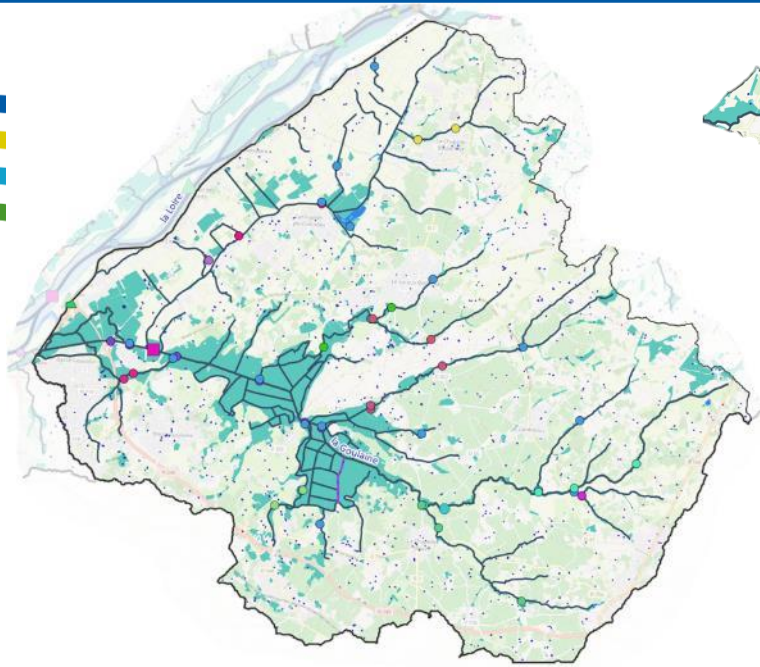
Les petits affluents rive droite & rive gauche sans données : caractérisation des régimes hydrologiques à partir des données LoiEau

Cours de l'Erdre aval :  
Stations bathymétriques en amont (aval Nort-sur-Erdre et Carquefou)  
1 station hydro virtuelle a l'aval  
transformation des niveaux et débits en volumes

## METHODE PROPOSEE (2/2) :

➔ Régime hydrologique (volume) reconstitué à l'exutoire de l'entité = Volume observé à l'amont + Volumes apportés par les deux zones hydrologiques.

# MÉTHODE RECONSTITUTION : ENTITÉ GOULAINNE - DIVATTE - ROBINETS



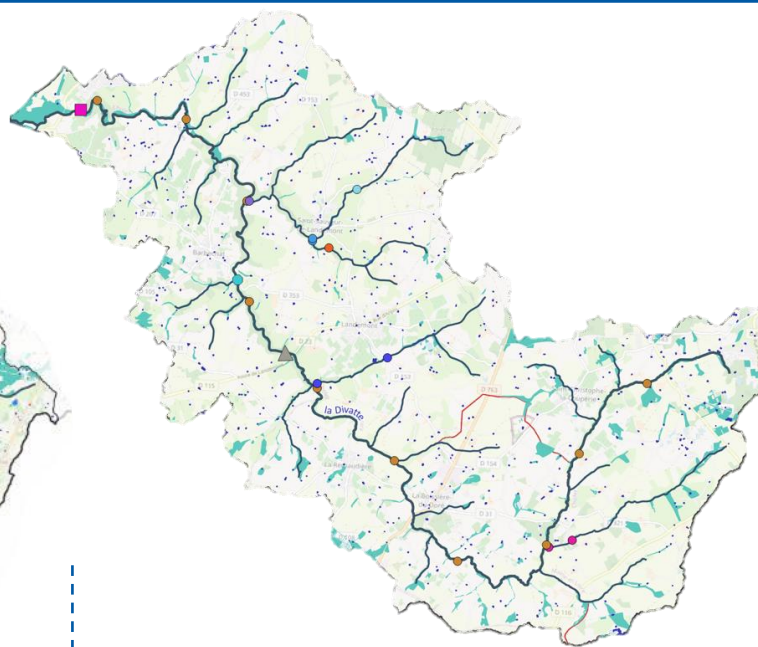
## □ GOULAINNE (191 km<sup>2</sup>)

- Absence de station hydrométrique
- Présence de marais sur l'aval
- Points de modélisation LoiEau dont un à l'exutoire



### METHODE PROPOSEE

- Caractérisation du régime hydrologique modélisé par LoiEau
- Prise en compte des incertitudes / contexte en AMONT marais



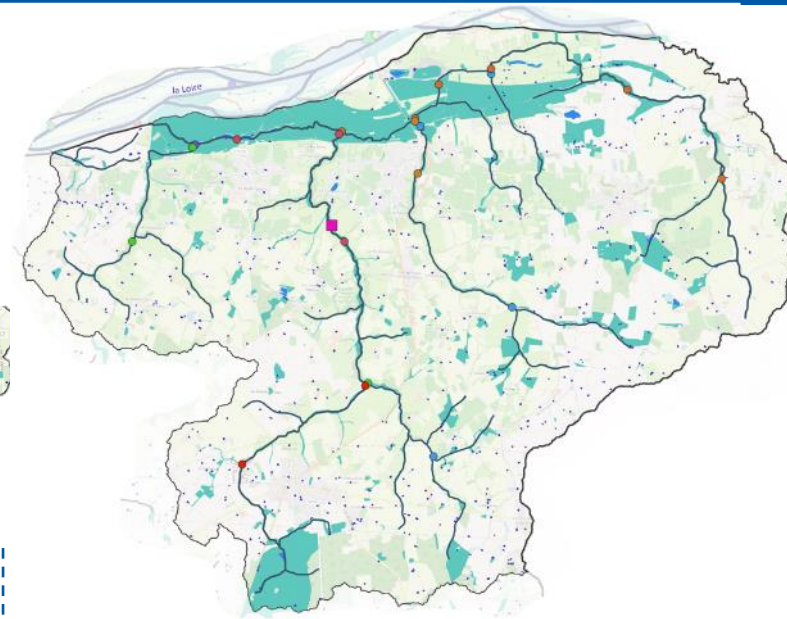
## □ DIVATTE (106 km<sup>2</sup>)

- Absence de station hydrométrique
- Station hydrométrique de la Sanguèze à Tillières (90 km<sup>2</sup>) peu influencée avec chronique robuste sur 1983 -2021



### METHODE PROPOSEE

- ↳ Méthode débit-débit à partir de la station de la Sanguèze



## □ ROBINETS (103 km<sup>2</sup>)

- Absence de station hydrométrique
- Station hydrométrique de la Sanguèze à Tillières (90 km<sup>2</sup>) peu influencée avec chronique robuste sur 1983 -2021



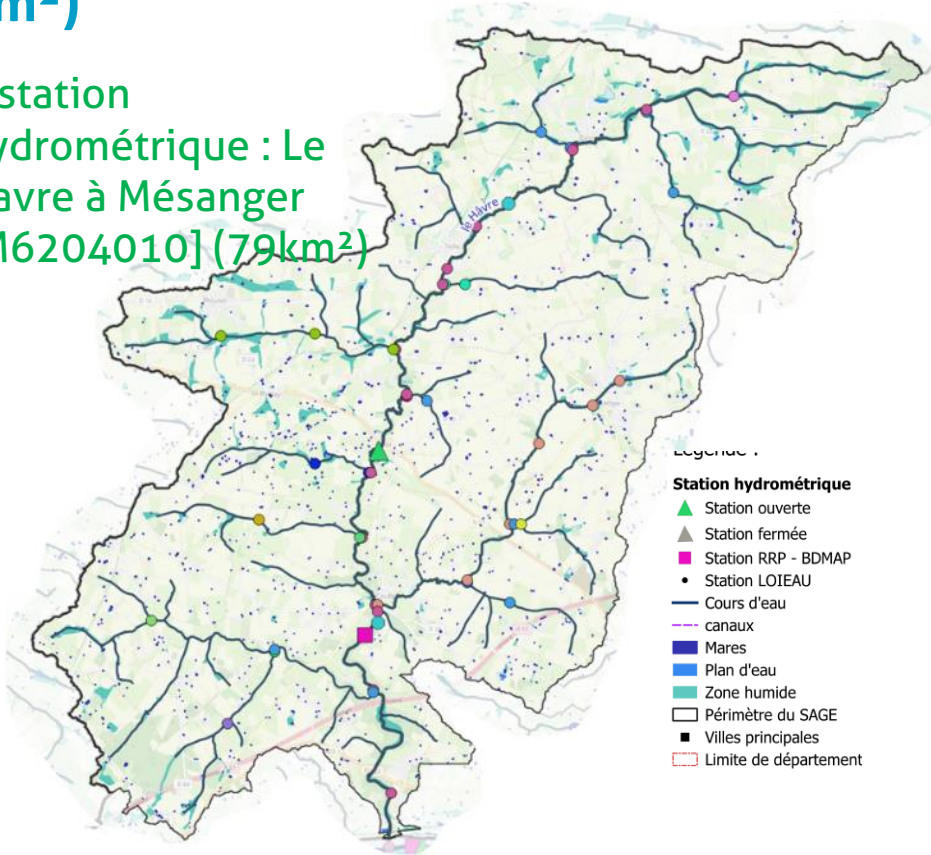
### METHODE PROPOSEE

- Caractérisation du régime hydrologique modélisé par LoiEau
- Prise en compte incertitudes / contexte en AMONT zones humides alluviales

# MÉTHODE RECONSTITUTION : ENTITÉ HAVRE - GREE

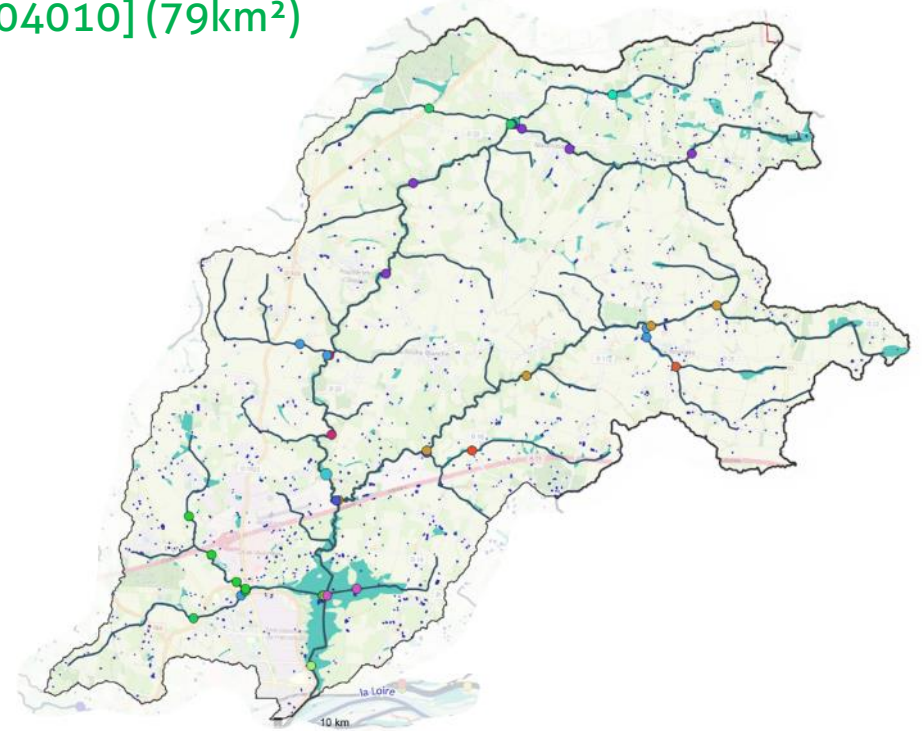
## □ HAVRE (173 km<sup>2</sup>)

1 station hydrométrique : Le Havre à Mésanger [M6204010] (79km<sup>2</sup>)



## □ GREE (146 km<sup>2</sup>)

- Absence de station hydrométrique
- Fonctionnement hydrologique particulier sur l'aval : Marais de Grée
- Station hydrométrique : Le Havre à Mésanger [M6204010] (79km<sup>2</sup>)



## METHODE PROPOSEE

- Caractérisation des régimes hydrologiques aux **exutoires** de 2 secteurs (amont des marais pour la Grée) via **méthode débit-débit** à partir de la station du Havre => faisabilité ?
- Comparaison /validation des chroniques obtenues après désinfluence avec chroniques naturelles

Loieau

# MÉTHODE RECONSTITUTION : ENTITÉ HAVRE - GREE

## PETITS AFFLUENTS DE LA LOIRE (50 km<sup>2</sup>)

- **Absence de station hydrométrique**
- Fonctionnement des affluents influencé par les marées
- Peu de station LoiEau, uniquement sur les principaux cours d'eau (Ruisseau du Cerny, ruisseau d'Omblepied)



Intégration ou non des annexes hydrauliques non arrêtée dans le cadre de la pré-HMUC sur l'axe Loire

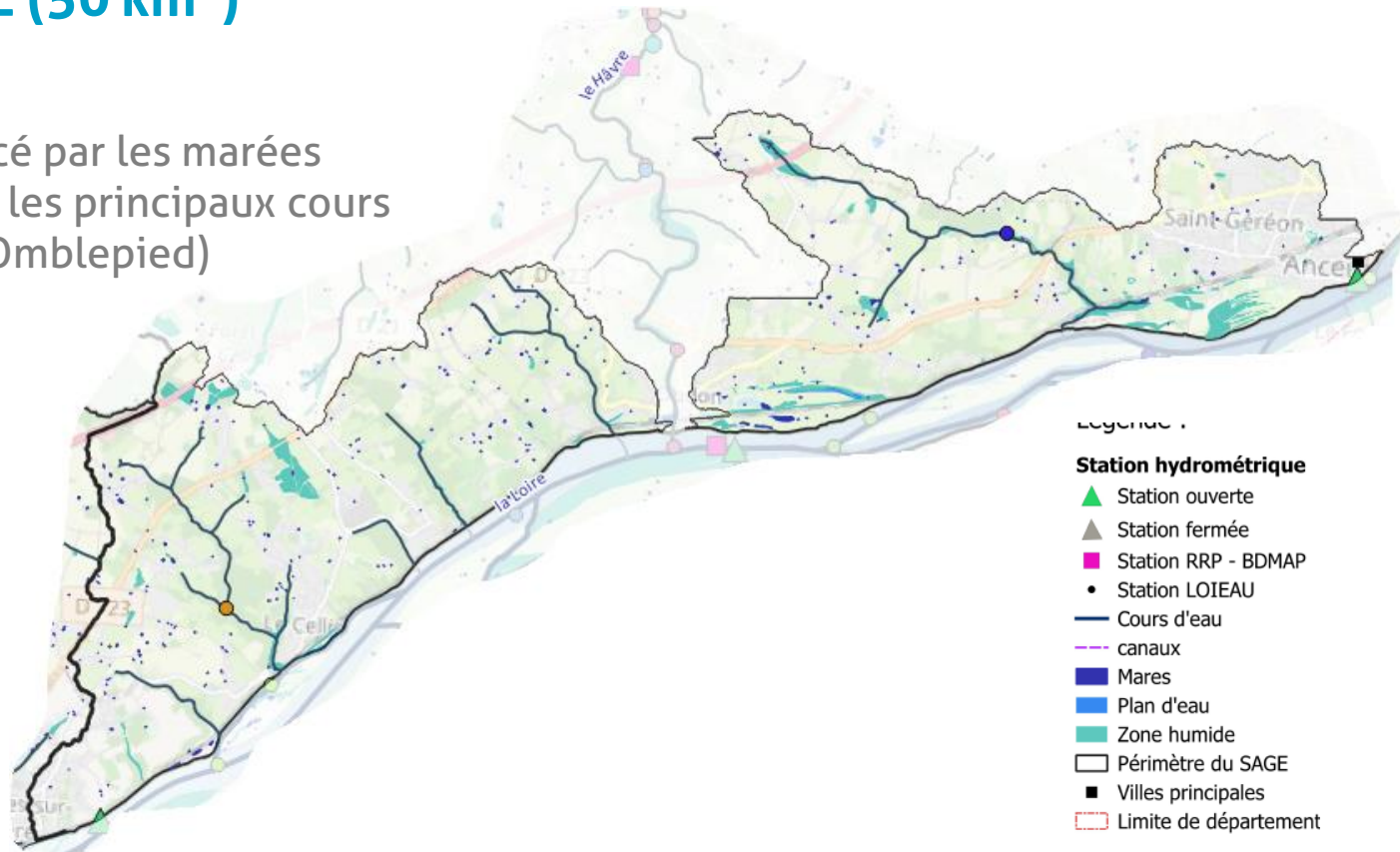


## METHODE PROPOSEE :

- Caractérisation des régimes hydrologiques à partir des **points loiEau** (Cerny, Omblepied)
- Calcul des **volumes mensuels moyens** apportés à la Loire par ces affluents



- Estimation des volumes des affluents non suivis ?
- Calcul du volume moyen total de la sous-entité hydrologique ?



# MÉTHODE RECONSTITUTION : LOIRE ET PETITS AFFLUENTS

## LOIRE (430 km<sup>2</sup>)

- Plusieurs stations hydrométriques sous influence de l'estuaire (marée) jusqu'à Ancenis St Géréon
- Station non influencée à Montjean –sur-Loire (M530 0010 10) avec une chronique longue (1863-2021) et robuste + point nodal Loire



## METHODE PROPOSEE

Caractérisation simple du régime hydrologique de la Loire en amont du périmètre viastation de Monjean-sur-Loire (hors périmètre de l'étude)

## CHEZINE (35 km<sup>2</sup>)

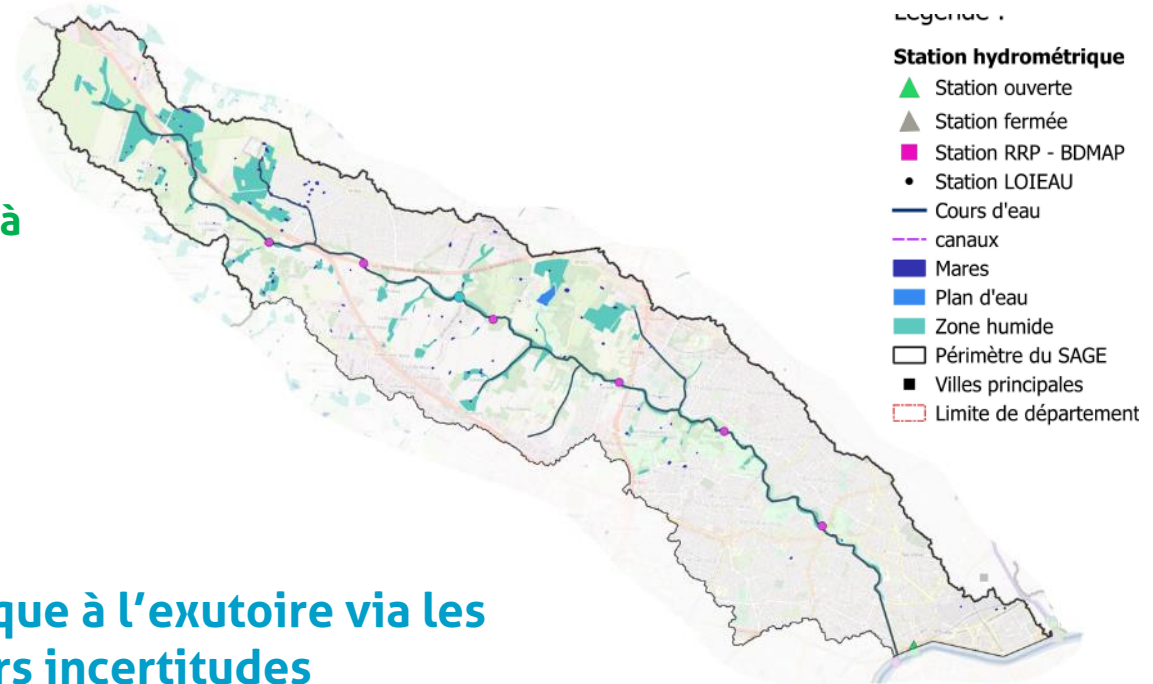
- Absence de station hydrométrique
- Plusieurs points de modélisation LoiEau dont un à l'exutoire



## METHODE PROPOSEE



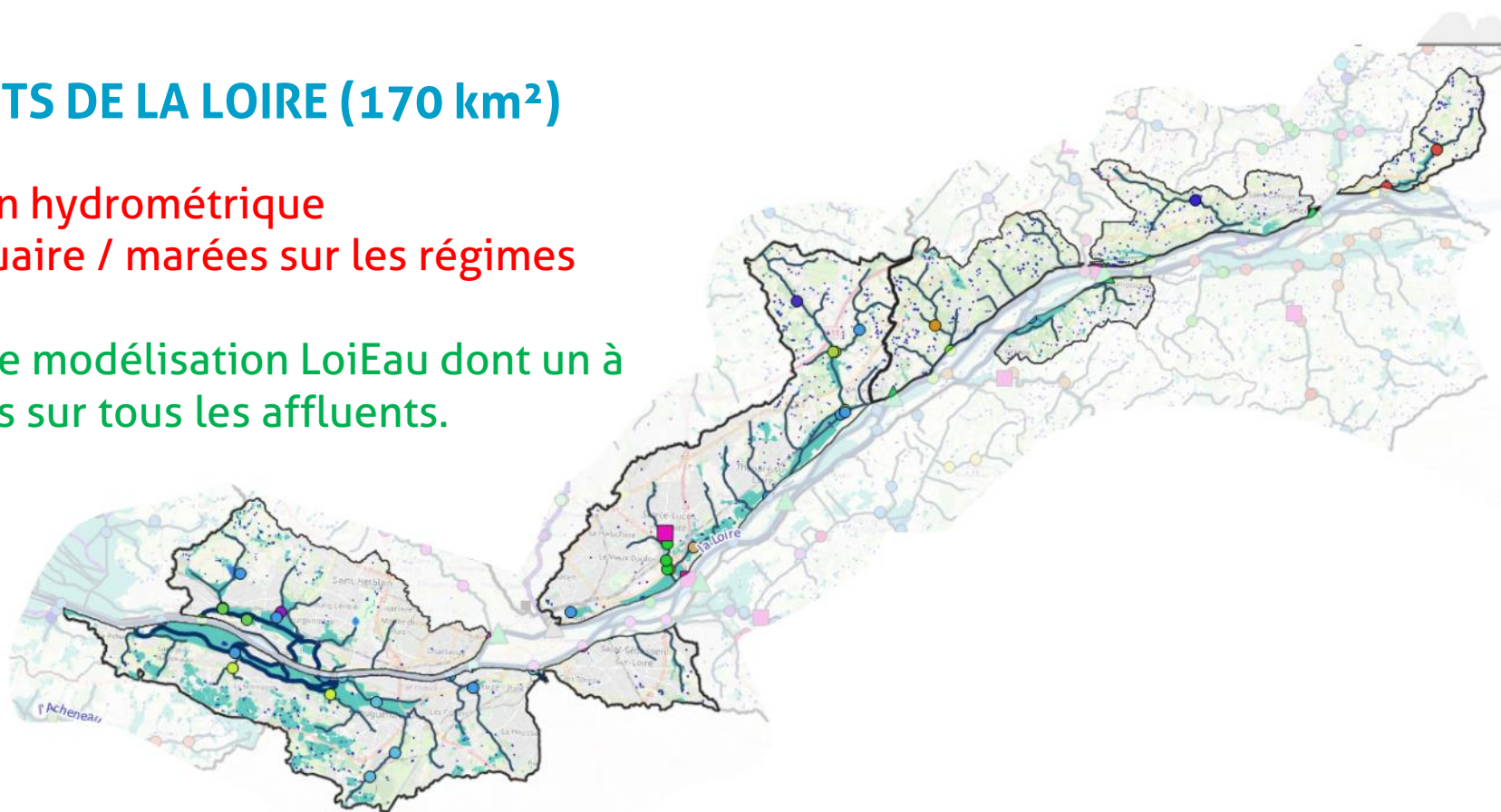
Caractérisation du régime hydrologique à l'exutoire via les chroniques modélisées LoiEau et leurs incertitudes



## MÉTHODE RECONSTITUTION : LOIRE ET PETITS AFFLUENTS

### PETITS AFFLUENTS DE LA LOIRE (170 km<sup>2</sup>)

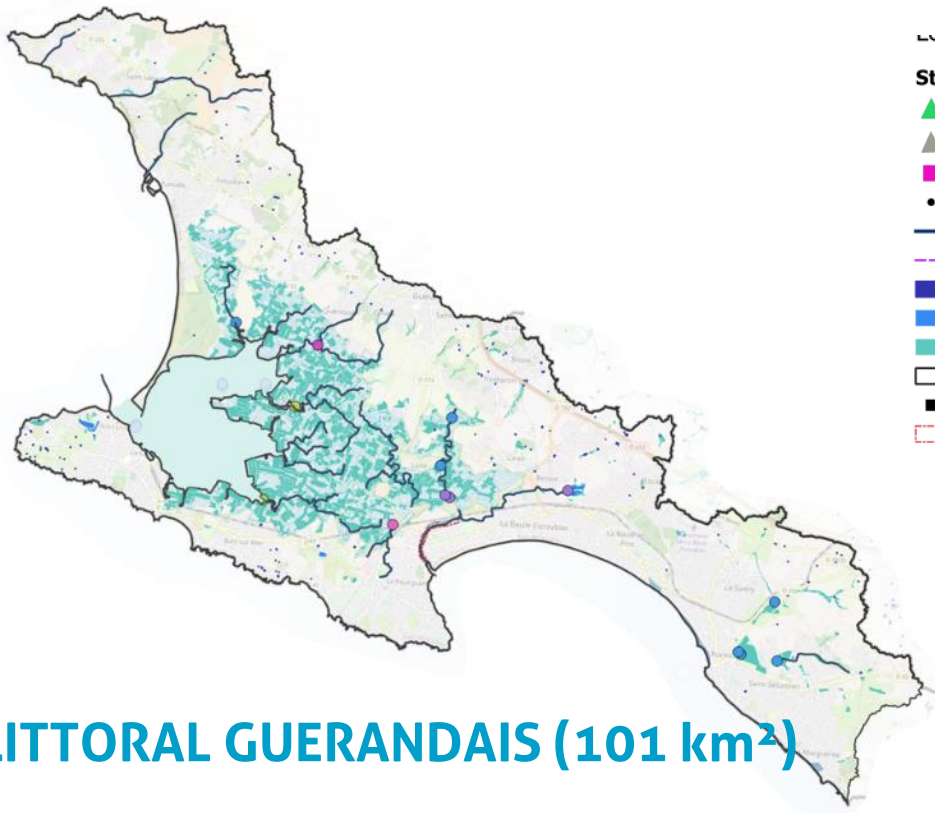
- Absence de station hydrométrique
- Influence de l'estuaire / marées sur les régimes hydrologiques
- Plusieurs points de modélisation LoiEau dont un à l'exutoire mais pas sur tous les affluents.



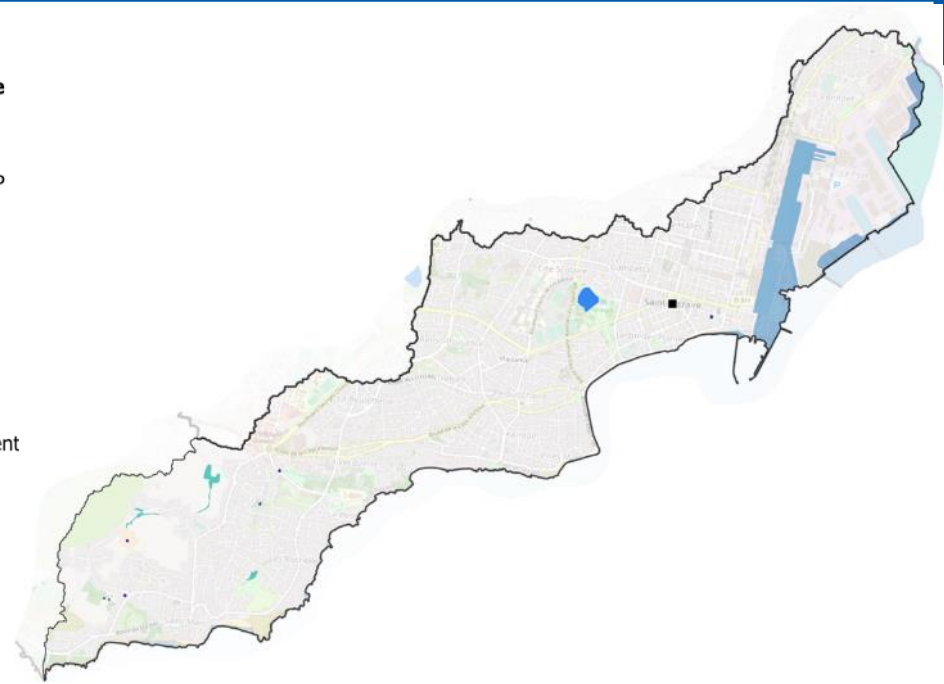
### METHODE PROPOSEE

- 1) Caractérisation des régimes hydrologiques des principaux cours d'eau via données LoiEau (Aubinière, Gobert, Jaguères, Etier de Bouguenais...) et leurs incertitudes
- 2) Estimations des apports à la Loire (volumes moyens) des 3 secteurs

# MÉTHODE RECONSTITUTION : LITTORAL GUERANDAIS ET NAZAIRIEN



- Legende :
- ▲ Station ouverte
  - ▲ Station fermée
  - Station RRP - BDMAP
  - Station LOIEAU
  - Cours d'eau
  - - - canaux
  - Mares
  - Plan d'eau
  - Zone humide
  - Périmètre du SAGE
  - Villes principales
  - Limite de département



## □ LITTORAL GUERANDAIS (101 km<sup>2</sup>)

- Absence de station hydrométrique en activité
- Peu, voire aucun point de modélisation LoiEau
- Réseau hydrographique peu développé

## □ LITTORAL NAZAIRIEN (18 km<sup>2</sup>)

 **METHODE PROPOSEE**

➔ Pas de caractérisation des régimes hydrologiques sur ces deux entités.

# MÉTHODE RECONSTITUTION : MARAIS NORD LOIRE

## ❑ MARAIS NORD LOIRE (64 km<sup>2</sup>)

- Absence de station hydrométrique en activité
- Points de modélisation LoiEau
- Fonctionnement hydrologique complexe car :
  - Contexte de marais
  - Liens eaux superficielles/souterraines ténus



### METHODE PROPOSEE



Caractérisation des régimes hydrologiques en amont des marais à partir des chroniques modélisées LoiEau et leurs incertitudes

## ❑ PETITS AFFLUENTS DE LA LOIRE (126 km<sup>2</sup>)

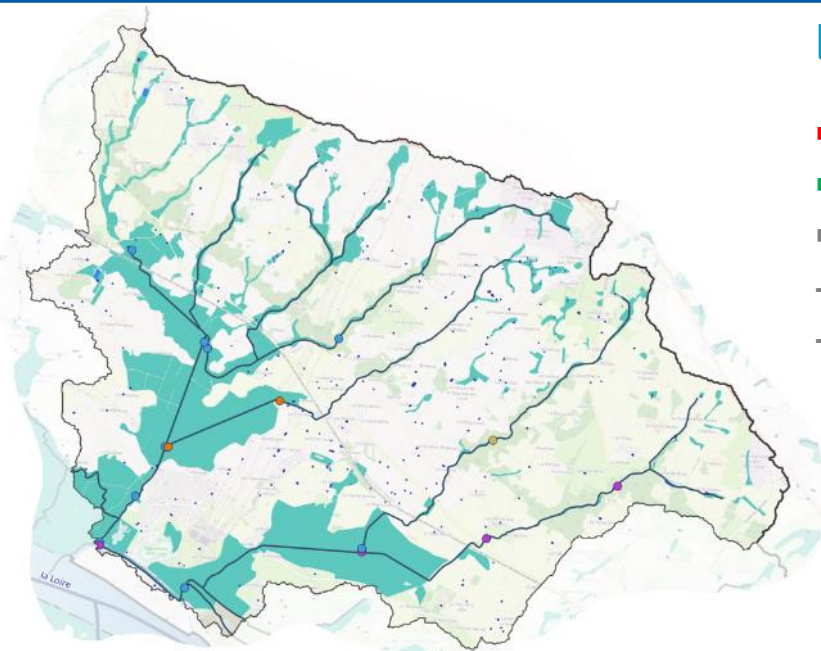
- Absence de station hydrométrique en activité
- Plusieurs points de simulation LOIEAU
- Fonctionnement hydrologique caractéristique de canaux en contexte de marais (étier)



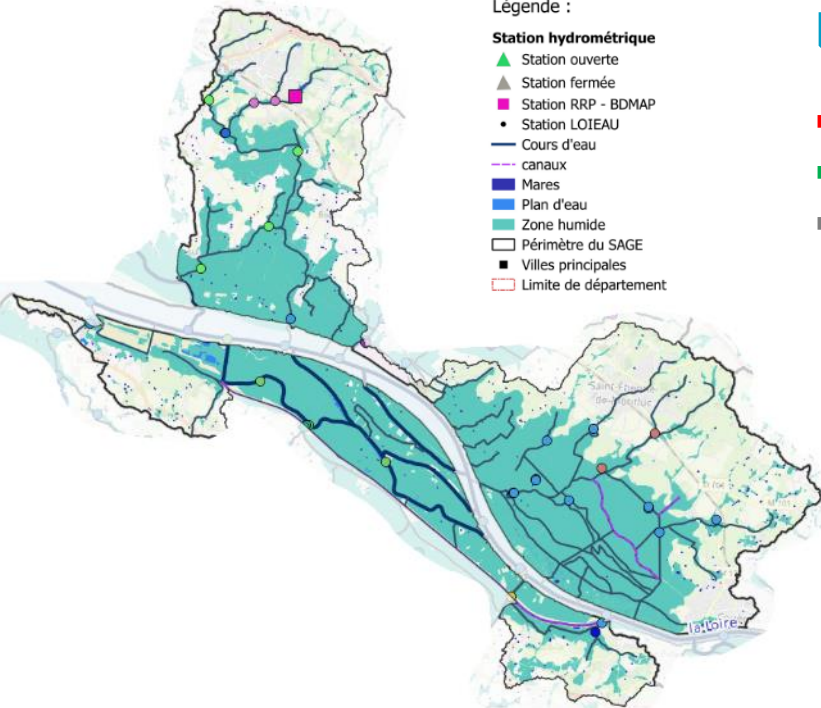
### METHODE PROPOSEE



Pas de reconstitution des régimes hydrologiques: fonctionnement hydrologique trop complexe (omniprésence de zones humides + influence de la Loire et des marées)



- Légende :
- Station hydrométrique**
    - ▲ Station ouverte
    - ▲ Station fermée
    - Station RRP - BDMAP
    - Station LOIEAU
  - Cours d'eau
  - canaux
  - Mares
  - Plan d'eau
  - Zone humide
  - Périmètre du SAGE
  - Villes principales
  - Limite de département





# MÉTHODE RECONSTITUTION : SUD ESTUAIRE ET COTE DE JADE

## □ SUD ESTUAIRE (53 km<sup>2</sup>)

- Absence de station hydrométrique en activité
- Peu de points de simulation LOIEAU
- Fonctionnement hydrologique en contexte de marais influence une grande partie des linéaire de cours d'eau



### METHODE PROPOSEE



Caractérisation des régimes hydrologiques des principaux cours d'eau modélisés par LoiEau en amont des marais

## □ COTIERS SUD ESTUAIRE (48 km<sup>2</sup>)

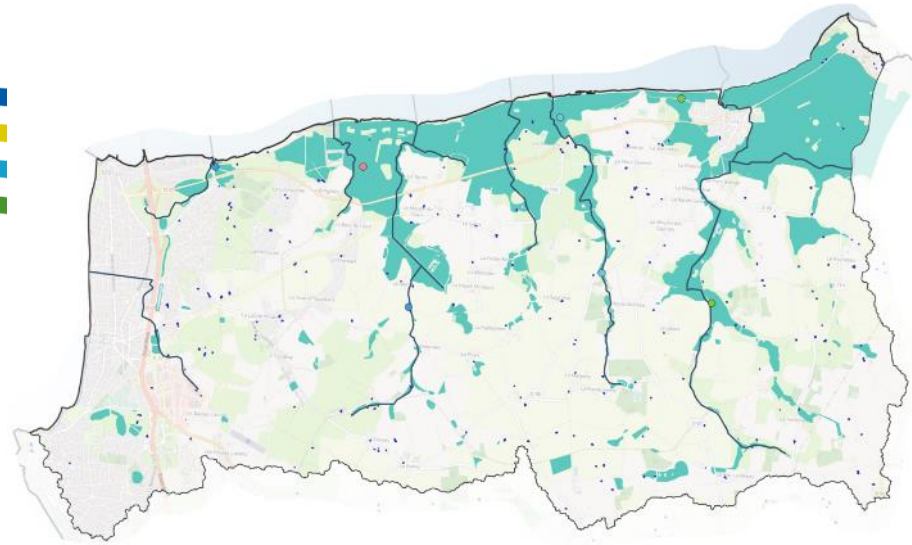
- Absence de station hydrométrique en activité
- Plusieurs points de simulation LOIEAU
- Fonctionnement hydrologique en contexte de marais



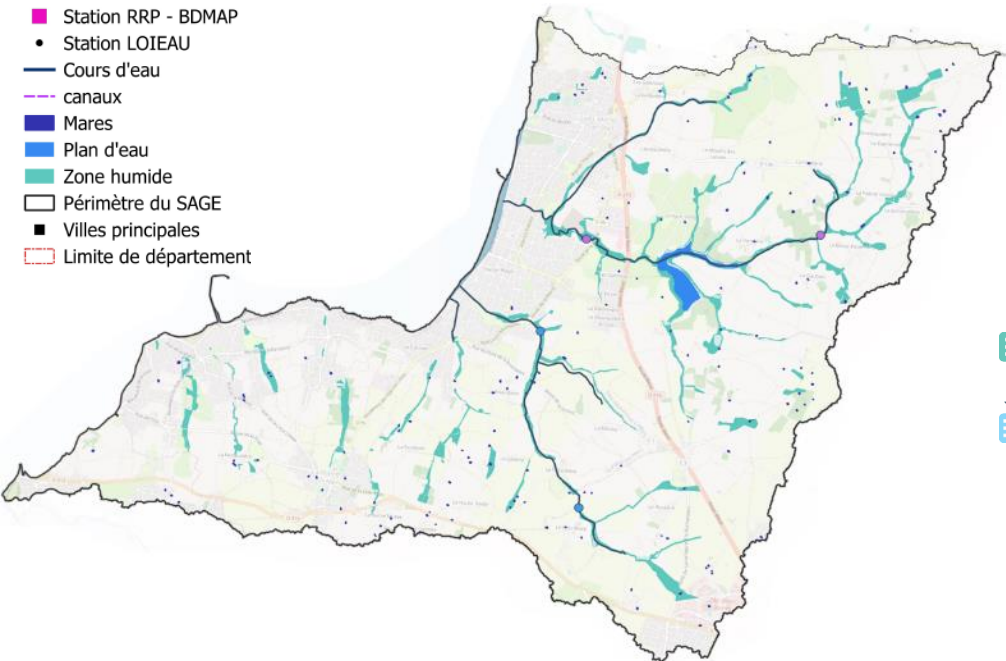
### METHODE PROPOSEE



Caractérisation des régimes hydrologiques des principaux cours d'eau modélisés par LoiEau



- Legende :
- Station hydrométrique
    - ▲ Station ouverte
    - ▲ Station fermée
    - Station RRP - BDMAP
    - Station LOIEAU
  - Cours d'eau
    - canaux
    - Mares
    - Plan d'eau
    - Zone humide
  - Périmètre du SAGE
  - Villes principales
  - Limite de département



# MÉTHODE RECONSTITUTION : SUD ESTUAIRE ET COTE DE JADE

## BOIVRE (85 km<sup>2</sup>)

- Absence de station hydrométrique en activité Zone de marais sur le cours médian / aval du Boivre et sur l'aval du ruisseau de l'Aumondière
- Plusieurs points de simulation LOIEAU

### METHODE PROPOSEE



Caractérisation des régimes hydrologiques des principaux cours d'eau modélisés par LoiEau et leurs incertitudes (Boivre, Ruisseau de l'Aumondière) en amont des zones de marais

Legende :

#### Station hydrométrique

- ▲ Station ouverte
- ▲ Station fermée
- Station RRP - BDMAP
- Station LOIEAU
- Cours d'eau
- - - canaux
- Mares
- Plan d'eau
- Zone humide
- Périmètre du SAGE
- Villes principales
- Limite de département

