



# Étude Hydrologie-Milieux-Usages-Climat (HMUC) du SAGE Estuaire de la Loire Rapport de phase 2

« Volet Hydrogéologie »



Avec le soutien financier de :

Et l'accompagnement du bureau d'étude :











# SUIVI DE DOCUMENT

Rédacteur	Version	Objet	Date
ANTEA – MT/JD	Vo	Initialisation du document	12/2023
ANTEA – JD	V1	Prise en compte des retours de la maitrise d'ouvrage	08/2024
ANTEA – JD	V2	Prise en compte des retours de la maitrise d'ouvrage	09/2024

# **SOMMAIRE**

1.	Introduction	7
2.	Objectifs du volet « H » et éléments préliminaires	9
2.1.	Le volet Hydrogéologie : objectifs et contenu	ç
2.2.	ÉlÉments prÉliminaires	9
2.2.1.	Les critères spatiaux	. 11
2.2.2.	Les critères temporels	. 11
3.	Contexte géologique	. 12
3.1.	Contexte général	. 12
3.2.	Contexte local	. 13
4.	Contexte hydrogéologique	. 16
4.1.	Référentiels	. 16
4.1.1.	Entités hydrogéologiques BDLISA et masses d'eau souterraines	. 16
4.1.2.	Notions d'indicateurs caractérisant le fonctionnement	. 18
4.2.	Principaux types d'aquifères	. 18
4.2.1.	Formations superficielles : alluvions	. 18
4.2.2.	Formations sédimentaires du Tertiaire	19
4.2.3.	Formation de socle	. 20
4.2.4.	Vulnérabilité intrinsèque	. 22
4.2.5.	Ressources à préserver pour le futur	. 24
4.2.6.	Zones d'alerte eau potable (arrêté 2020)	. 24
5.	Analyse de la piézométrie mesurée	. 26
5.1.	Description des ouvrages piézométriques	. 26
5.2.	Analyse statistique des chroniques de niveau	. 31
5.2.1.	Inertie et cyclicité des nappes	. 31
5.2.2.	Analyse des niveaux piézométriques moyens annuels et mensuels	. 38
5.2.3.	Niveau moyen minimal annuel (HCNn)	. 48
5.2.4.	Niveau moyen minimal annuel (HMNA)	. 51
5.2.5.	L'indice piézométrique standardisé (IPS) et sécheresse	. 54
5.2.6.	Sècheresse	. 59
5.2.7.	Relation eaux souterraines – eaux superficielles	. 62
5.3.	Classification du fonctionnement des piézomètres	. 64



5.3.1.	. Groupe 1 : saisonnalité et variation journalière assez marquée	. 64
5.3.2.	. Groupe 2 : saisonnalité et variation journalière marquée	. 67
5.3.3.	. Groupe 3 : saisonnalité - variation journalière très peu marquée	. 67
5.3.4.	. Groupe 4 : saisonnalité - variation journalière marquée - influence Loire	. 69
5.3.5.	. Groupe 5 : saisonnalité et variations journalières plus ou moins marquées .	.71
	. Groupe 6 : saisonnalité décalée et variation journalière marquée (captif) - s que	_
5.3.7.	. Synthèse de l'analyse quantitative	. 72
6.	Fonctionnement des entités hydrogéologiques	.74
6.1.1.	. Géographie et hydrographie	. 75
6.1.2.	. Géologie	. 75
6.1.3.	. Hydrogéologie	. 75
6.1.4.	. Analyse du suivi piézométrique	. 77
6.2.	Bassin versant de la baie de Bourgneuf - Marais Breton FRGG025 - socle	. 78
6.2.1.	. Géographie et hydrographie	. 78
6.2.2.	. Géologie	. 78
6.2.3.	. Hydrogéologie	. 78
6.2.4.	. Analyse du suivi piézométrique	. 80
6.3.	Alluvions de la Loire armoricaine FRGG114	. 81
6.3.1.	. Géographie et hydrographie	. 81
6.3.2.	. Géologie	.81
6.3.3.	. Hydrogéologie	. 82
6.3.4.	. Analyse du suivi piézométrique	. 83
6.4.	Sables et calcaires du bassin tertiaire de Machecoul libres FRGG117	. 84
6.4.1.	. Géographie et hydrographie	. 84
6.4.2.	. Géologie	. 84
6.4.3.	. Hydrogéologie	. 85
6.4.4.	. Analyse du suivi piézométrique	. 87
6.5.	Calcaires et sables du bassin tertiaire de Campbon captif FRGG038	. 88
6.5.1.	. Géographie et hydrographie	. 88
6.5.2.	. Géologie	. 88
6.5.3.	. Hydrogéologie	. 89



6.5.4.	Analyse du suivi piézométrique91	L
6.6. FRGG	Sables et calcaires du bassin tertiaire de Drefféac (Saint-Gildas-des-Bois) libre 11893	
6.6.1.	Géographie et hydrographie93	5
6.6.2.	Géologie	5
6.6.3.	Hydrogéologie94	ŀ
6.6.4.	Analyse du suivi piézométrique95	;
6.7.	Sables et calcaires du bassin tertiaire de Nort-sur-Erdre libres FRGG139 96	;
6.7.1.	Géographie et hydrographie96	)
6.7.2.	Géologie	)
6.7.3.	Hydrogéologie97	7
6.7.4.	Analyse du suivi piézométrique100	)
6.8.	Sables et calcaires du bassin tertiaire de Mazerolles captifs - FRGG140 101	L
6.8.1.	Géographie et hydrographie101	
6.8.2.	Géologie101	L
6.8.3.	Hydrogéologie101	L
6.8.4.	Analyse du suivi piézométrique102	<u> </u>
6.9.	Bassins tertiaires du socle armoricain FRGG148103	5
6.9.1.	Géographie et hydrographie103	5
6.9.2.	Géologie	5
6.9.3.	Hydrogéologie104	ŀ
6.9.4.	Analyse du suivi piézométrique107	7
6.10.	Synthèse du fonctionnement108	}
6.11.	Amélioration des connaissances108	3



# **TABLE DES FIGURES**

Figure 1 : Localisation des sous-entités hydrologiques	10
Figure 2 : Localisation des entités hydrogéologiques	
Figure 3 : Domaines géologiques du massif armoricain source SIGES-Bretagne	12
Figure 4 : Emprise du SAGE Estuaire de la Loire sur la carte géologique au 1/ 100000 d	
armoricain	
Figure 5 : Lithologique simplifiée au millionième (BRGM) du périmètre du SAGE Estu-	aire de la
Loire	
Figure 6 : Carte Géologique au 1/1 000 000 du périmètre du SAGE Estuaire de la Loir	e15
Figure 7 : Schéma géologique d'un aquifère de type alluvial	
Figure 8 : Schéma géologique des bassins tertiaires	
Figure 9 : Schéma conceptuel des aquifères de socle (R.Wyns et al. 2004)	
Figure 10 : Classification de l'IDPR sur le périmètre d'étude	
Figure 11 : Vulnérabilité des eaux souterraines sur le domaine de socle (source BRGM	
Figure 12 : Suivi du niveau de la nappe de Saint-Gildas-des-Bois (source ADES)	
Figure 13 : Complétude des chroniques de données des piézomètres du territoire créés de services de la complétude des chroniques de données des piézomètres du territoire créés de la complétude des chroniques de données des piézomètres du territoire créés de la complétude des chroniques de données des piézomètres du territoire créés de la complétude des chroniques de données des piézomètres du territoire créés de la complétude des chroniques de données des piézomètres du territoire créés de la complétude des chroniques de données des piézomètres du territoire créés de données de la complétude des chroniques de données des piézomètres du territoire créés de la complétude des chroniques de données des piézomètres du territoire créés de la complétude des chroniques de données de la complétude de la	
2022	
Figure 14 : Localisation des piézomètres répertoriés sur le territoire	
Figure 15 : autocorrélogramme – piézomètre BSS001EUMW (inertie faible)	
Figure 16 : autocorrélogramme – Piézomètre BSS001EUZH (inertie modérée)	
Figure 17 : Analyse de la cyclicité sur quelques piézomètres du territoire	
Figure 18 : Inertie de nappe	
Figure 19: Niveau annuel moyen et médian (emprise des variations) sur les pié	
04808X0027/N11 et 04532X0051/PZ	
Figure 20 : Tendances annuelles sur la piézométrie entre 2012 et 2021	
Figure 21 : Variations mensuelles (gauche) et mensuelles interannuelles (droite) du r	
quelques points de suiviquelques points de suivi	
Figure 22 : Niveaux moyens minimaux annuels 3, 7, 10 et 30 jours sur quelques point	
Figure 23 : Niveau moyen minimal annuel période de retour 5 ans sur quelques point	
- Bara 25 · · · · aca · · · · · · · · · · · · · ·	
Figure 24 : IPS mensuel sur quelques points de suivi	
Figure 25 : Magnitude (sécheresse) observée sur quelques points de suivi	
Figure 26 : Volumétrie des piézomètres du territoire par typologie de fonctionnement	
	_
Figure 27 : exemple de réponse du groupe 1	
Figure 28: historique de niveau 2021 à 2023 du groupe 1	
Figure 29 : exemple de réponse du groupe 2	
Figure 30 : exemple de réponse du groupe 3	
Figure 31 : exemple de réponse du groupe 4	
Figure 32 : exemple de réponse du groupe 5	
Figure 33 : exemple de réponse du groupe 6	
Figure 34 : Carte lithologique simplifiée au million (BRGM) de l'emprise de la mas	
FRGG022	
Figure 35: Entités hydrogéologiques du socle (BDLisa NIV3) et points de suivi de	
FRGG022	
Figure 36 : Carte lithologique simplifiée au million (BRGM) de l'emprise de la mas	
FDCCO25	78



Figure 37: Entités hydrogéologiques du socle (BDLisa NIV3) et points de suivi of FRGG025		
Figure 38 : carte lithologique simplifiée au million (BRGM) de l'emprise de la m		
FRGG114		
Figure 39: Entités hydrogéologiques du socle (BDLisa NIV3) et points de suivi		
FRGG114		
Figure 40 : carte lithologique simplifiée et géologique au million (BRGM) de l'em		
masse d'eau FRGG117		
Figure 41 : carte hydrogéologique du bassin de Machecoul (BRGM)		
Figure 42 : carte piézométrique du bassin de Machecoul-(SAFEGE 2009)		
Figure 43: Entités hydrogéologiques du socle (BDLisa NIV3) et points de suivi of FRGG117	de la MES	0
Figure 44 : carte lithologique simplifiée et géologique au million (BRGM) de l'em masse d'eau FRGG038	nprise de	la
Figure 45 : coupes géologiques des bassins de Campbon et Drefféac		
Figure 46 : carte piézométrique du bassin de Campbon (avril 1970)		
Figure 47: Entités hydrogéologiques du socle (BDLisa NIV3) et points de suivi de FRGG038		
Figure 48 : carte lithologique simplifiée et géologique au million (BRGM) de l'em		
masse d'eau FRGG118		
Figure 49 : Schéma du système hydrogéologique du bassin de Campbon et Dréffe		
BRGM/RR-30860-FR)		
Figure 50 : chronique piézométrique de 1996 à 2024 (en cours) du point BSS001E		
Figure 51: Entités hydrogéologiques du socle (BDLisa NIV3) et points de suivi d		
FRGG118		
Figure 52 : coupe géologique du bassin de Nort sur Erdre (BRGM)		
Figure 53 : carte hydrogéologique du bassin de Nort-sur-Erdre (BRGM)		
Figure 54: Entités hydrogéologiques du socle (BDLisa NIV3) et points de suivi d		
FRGG139		
Figure 55 : carte lithologique simplifiée et géologique au million (BRGM) de l'em		
masse d'eau FRGG140	•	
Figure 56: Entités hydrogéologiques du socle (BDLisa NIV3) et points de suivi		
FRGG140		
Figure 57 : Carte lithologique simplifiée au million (BRGM) de l'emprise de la m	nasse d'ea	ıu
FRGG148		
Figure 58 : carte piézométrique mars 2013 - captage de Vritz		
Figure 59 : carte piézométrique hautes eaux (mars 2014), captage de la Beltière- co		
Freigné		
Figure 60: Entités hydrogéologiques du socle (BDLisa NIV3) et points de suivi d		
FRGG148	10	



## **TABLE DES TABLEAUX**

Tableau 1 : Entités hydrogéologiques les plus représentées sur le territoire du SAGE Estuaire de la Loire
Tableau 2 : Masses d'eau les plus représentées sur le territoire du SYLOA17
Tableau 3 : Bassins sédimentaires aquifères tertiaires sur le périmètre du SAGE Estuaire de la Loire21
Tableau 4 : Seuils de restrictions en vigueur pour la ressource en eau souterraine25
Tableau 5 : Caractéristiques détaillées des piézomètres du territoire27
Tableau 6 : Nombre de piézomètres par entités hydrogéologiques (masses d'eau) et entités
hydrogéologiques BDLISA présentes sur le territoire29
Tableau 7: Emprise des chroniques de données des piézomètres du territoire par entités
hydrogéologiques29
Tableau 8 : Caractéristiques des 11 piézomètres présentant une cyclicité plus importante36 Tableau 9 : Détermination des cyclicités par piézomètre37
Tableau 10 : Amplitude annuelle des niveaux piézométriques sur la période totale
Tableau 11: Tendance significative sur les niveaux moyens annuels des piézomètres du
territoire41
Tableau 12 : Moyennes des amplitudes mensuelles – période 2012-2020
Tableau 13 : Résultats des tendances sur les niveaux mensuels
Tableau 14: Niveaux moyens minimaux annuels (moyenne) et valeur minimale avec date
associée50
Tableau 15 : Niveau moyen minimal annuel période de retour 5 ans53
Tableau 16 : Résultats du calcul de l'IPS moyen annuel54
Tableau 17 : Tendances significatives d'évolution de l'IPS à l'échelle globale et mensuelle58
Tableau 18 : Résultats du calcul de sécheresse à partir de l'IPS61
Tableau 19: Points de suivi pouvant être en lien avec des eaux superficielles63
Annexes
Annexe n°1113
Annexe n°2115
Annexe n°3118
Annexe n°4158



# 1. Introduction

Le périmètre du SAGE Estuaire de la Loire s'étend sur 3 855 km², hors masses d'eau côtières. Il intègre la Loire, depuis l'amont d'Ancenis jusqu'à l'embouchure vers l'océan Atlantique. Il regroupe également les bassins versants des affluents Erdre, Brivet, Goulaine, Divatte, Robinets, Acheneau, Tenu, les marais du nord Loire, et les fleuves côtiers de Piriac-sur-Mer, au nord, jusqu'à la pointe Saint-Gildas à Préfailles, au sud. Il couvre, pour tout ou partie, 20 intercommunalités et 158 communes des départements de Loire-Atlantique, du Maine-et-Loire et du Morbihan.

Le périmètre du SAGE compte 37 masses d'eau cours d'eau, 3 masses d'eau plans d'eau, 1 masse d'eau de transition, 2 masses d'eau côtières et 6 masses d'eau souterraines. Il ressort des travaux d'évaluation du SDAGE Loire-Bretagne que 89 % des masses d'eau cours d'eau présentaient en 2013 un risque de non atteinte du bon état lié à l'hydrologie. Ce chiffre évolue à la hausse à travers l'état des lieux 2019 du SDAGE 2022-2027 avec 94% des masses d'eau cours d'eau présentant ce risque. Deux masses d'eaux souterraines connaissent un état quantitatif moins que bon : les sables et calcaires du bassin tertiaire de Machecoul (FRGG117) et ceux de Nort-sur -Erdre (FRGG139).

La récurrence des épisodes de sécheresse ces dernières années a accentué le constat d'un manque de connaissance sur les besoins en eau, sur les ressources et les conséquences du changement climatique sur le territoire, de manière globale et également à l'échelle des sousbassins versants. Cette préoccupation est renforcée par plusieurs éléments inhérents au territoire : la nature du sol peu propice au soutien d'étiage, la dépendance à la Loire qui constitue la principale ressource en eau, la forte densité de plans d'eau pouvant avoir un impact cumulé important, la saisonnalité des prélèvements avec des besoins plus élevés en période de basses eaux, etc.

Pour ces raisons, le nouveau SAGE Estuaire de la Loire intègre un enjeu thématique dédié à la « gestion quantitative et à l'alimentation en eau potable », ainsi qu'un enjeu transversal concernant le changement climatique.

Dans ce contexte, la disposition GQ1-1 du nouveau SAGE introduit la réalisation d'une étude HMUC (Hydrologie, Milieux, Usages, Climat) sur son périmètre, conformément à la méthodologie recommandée par le SDAGE Loire-Bretagne 2016-2021, et développée dans sa fiche de lecture 6.1.

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

Cette étude HMUC comporte 4 phases distinctes :

- Phase 1 : Appropriation du territoire ;
- Phase 2 : État initial et diagnostic des volets Hydrologie, Milieux, Usages, Climat et croisement;
- Phase 3 : Définition des débits objectifs d'étiage, proposition de scénarios de volumes prélevables et analyse des conditions de prélèvements hivernaux pour caractériser les entités hydrologiques ;
- Phase 4 : Limites et perspectives de l'étude.

Sur le plan technique, l'étude HMUC est composée de 4 volets, qui sont croisés lors du diagnostic :



- H Analyse Hydro(géo)logique: caractérisation du fonctionnement de l'hydrologie, en particulier en étiages; caractérisation du fonctionnement des eaux souterraines, de la piézométrie et analyse de la variation du niveau des nappes; etc.
- M Analyse du Milieu: caractérisation de l'état des milieux et détermination des débits biologiques (débits qui permettent le maintien de la vie aquatique en période de basses eaux, .
- U Analyse des Usages de l'eau : caractérisation fine des prélèvements et restitutions au milieu, des transferts d'eau entre les entités du SAGE et au-delà du SAGE, des usages dépendants de l'eau, des aménagements modifiant l'hydrologie (plans d'eau, ...); prospective d'évolution des usages; analyse des modalités de gestion de la ressource.



<u>C</u> - Analyse des effets du changement <u>C</u>limatique : caractérisation du climat et son évolution passée et future ; qualification des impacts sur l'hydrologie et la recharge des nappes.

Ce rapport présente les premiers éléments de résultats du volet « Hydrogéologie » de la phase 2 de l'étude à savoir :

- La description des entités hydrogéologiques et le réseau de suivi piézométrique associé;
- Description des flux entrants (recharge, aquifère adjacents, cours d'eau) et sortants (prélèvements, cours d'eau, aquifères adjacents) à partir des éléments bibliographiques;
- Traitement des données de suivi et résultats.



# 2. Objectifs du volet « H » et éléments préliminaires

# 2.1. LE VOLET HYDROGEOLOGIE: OBJECTIFS ET CONTENU

L'objectif de l'analyse HMUC est de confronter la ressource disponible aux besoins des milieux aquatiques et des différents usages présents sur le territoire étudié. La connaissance des régimes piézométriques constitue ainsi une des bases permettant de mener cette analyse.

Le volet Hydrogéologie de l'étude HMUC s'attache donc à décrire de manière précise l'ensemble du système et des interactions existantes entre les eaux de surface et les eaux souterraines, notamment en période de basses eaux. Cette analyse repose sur le découpage du territoire en entités hydrologiques et hydrogéologiques (Phase 1).

La connaissance de la ressource disponible constitue la clé de voûte de la gestion de la ressource et implique une description fine de l'entité hydrogéologique et de son fonctionnement supposé. Cette analyse repose sur plusieurs étapes :

- La caractérisation générale de l'entité hydrogéologique est établie à partir des données documentaires disponibles en termes de nature, lithologie, piézométrie, paramètres hydrauliques qui permettent d'appréhender son fonctionnement de manière conceptuel,
- L'analyse des variables statistiques descriptives des régimes de nappe (cyclicité, inertie, sécheresse,..).

Les résultats sont présentés pour chaque entité hydrogéologique.

# 2.2. ÉLÉMENTS PRÉLIMINAIRES

Dans le cadre de la phase 1 de l'étude (« Appropriation du territoire »), le territoire d'étude est découpé en :

9 entités superficielles (entités hydrologiques) qui se déclinent en 25 sous-entités qui correspondent à un assemblage cohérent de sous-bassins homogènes cf. figure cidessous);



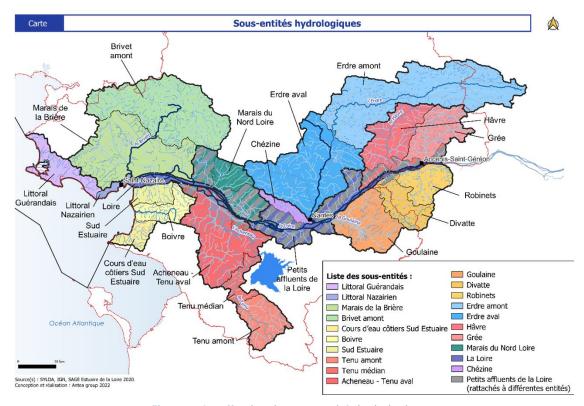


Figure 1 : Localisation des sous-entités hydrologiques

#### 9 entités souterraines (entités hydrogéologiques) avec :

- L'entité de socle regroupant deux entités :MESO FRGG022 Bassin versant de l'estuaire de la Loire et MESO FRGG025 - Bassin versant de la baie de Bourgneuf - Marais Breton;
- Les alluvions de la Loire (MESO FRGG114) découpées en deux sous-entités hydrogéologiques: les alluvions situées en amont de Nantes et les alluvions situées en aval de Nantes, en suivant les contours des masses d'eau souterraines;
- Les quatre principaux bassins sédimentaires du Tertiaire (Bassin de Campbon (MESO FRGG038), Bassin de Saint-Gildas-des-Bois (MESO FRGG118), Bassin de Nort-sur-Erdre (MESO FRGG139), Bassin de Mazerolles (MESO FRGG140).
- Les 2 autres bassins sédimentaires tertiaires : le bassin de Maupas Grand Lieu (MESO FRGG037) et le bassin de Machecoul (MESO FRGG117).



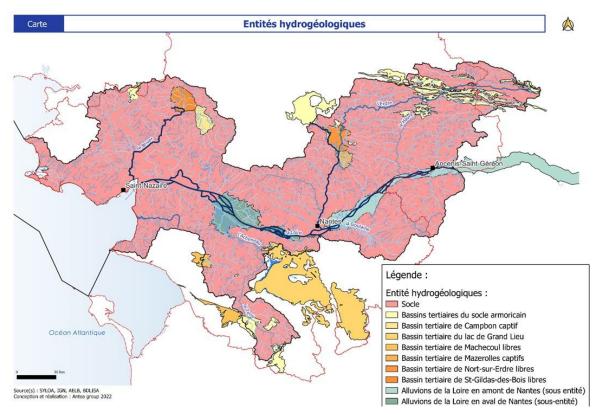


Figure 2 : Localisation des entités hydrogéologiques

Ce découpage traduit la diversité du fonctionnement hydro(géo)logique du territoire : influence des nappes sur le régime hydrologique des cours d'eau, influence des marais et des aménagements associés, influence de l'estuaire et des marées sur l'hydrologie, etc. Afin de caractériser finement l'état des ressources en eau sur les entités définies, plusieurs critères d'analyses sont déterminés.

#### 2.2.1. Les critères spatiaux

L'analyse des chroniques piézométriques sera réalisée sur l'ensemble des piézomètres disponibles.

#### 2.2.2. Les critères temporels

La période ciblée pour l'analyse des régimes de débits et des niveaux piézométriques doit répondre à deux objectifs :

- Permettre d'analyser finement les régimes hydrologiques ainsi que les périodes d'étiage à partir de chroniques robustes (peu de manques, bonne validité), continues et relativement longues (> 10 ans voire 30 ans dans l'idéal), notamment pour l'analyse des tendances d'évolution. Sous réserve de la disponibilité des données sur le territoire, la période ciblée est donc à minima la période 2012 – 2020.
- Disposer de davantage d'informations sur le comportement des nappes sur une période d'au moins deux années de données. La période ciblée est celle de 2021 à 2023 pour la majorité des points disponibles.



# 3. Contexte géologique

# 3.1. CONTEXTE GENERAL

Le massif armoricain est organisé en deux grands blocs structuraux qui se seraient mis en place au cours du Paléozoïque, c'est-à-dire il y a 300 millions d'années (orogénèse Hercynienne). Le bloc nord-armoricain est séparé du bloc sud-armoricain par le cisaillement sud-armoricain (CSA). Le périmètre du SAGE Estuaire de la Loire se situe en majeure partie

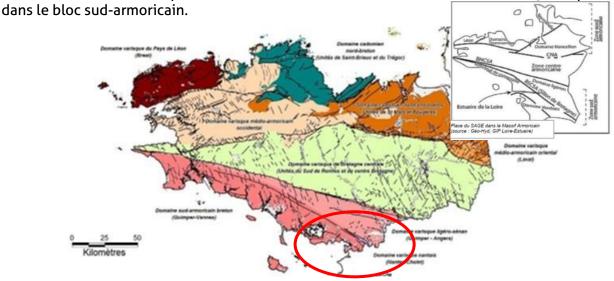


Figure 3 : Domaines géologiques du massif armoricain source SIGES-Bretagne

L'orogénèse Alpine (50 millions d'années) s'est traduite dans le massif armoricain par une réactivation des structures tectoniques (flexures, rejet de failles). Ceux-ci ont eu pour effet de créer des bassins d'effondrements au sein du massif armoricain dans lesquels sont restés piégés des sédiments d'âge tertiaire.

La succession des variations du niveau de la mer a modelé le remplissage de ces bassins durant le Mésozoïque. Les périodes de transgression de la mer ont permis le comblement de ces bassins mais durant les périodes d'émersion les dépôts sont en partie démantelés. Au Paléogène, les dépôts sont de type continentaux constitués de grès et calcaires lacustres. Durant la fin du Tertiaire et au Quaternaire, la région est soumise à une érosion intense. Les rivières prennent leurs tracés définitifs : selon les variations du niveau marin elles creusent leurs lits ou alluvionnent (dépôt des sédiments au fond des cours d'eau).



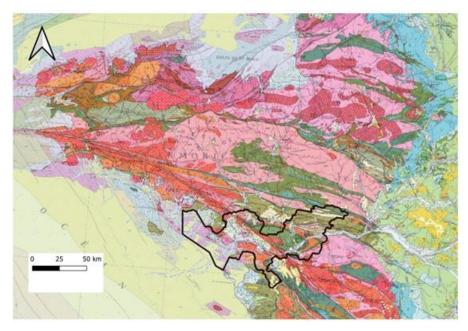


Figure 4 : Emprise du SAGE Estuaire de la Loire sur la carte géologique au 1/100000 du massif armoricain

## 3.2. CONTEXTE LOCAL

Source documentaire:

SIGES - Bretagne

Identification et diagnostic du patrimoine géologique en Loire-Atlantique BRGM/RP-59168-FR - Novembre 2010

Le secteur d'étude est composé essentiellement d'un socle ancien datant du paléozoïque recouvert localement par une couverture sédimentaire.

Le socle présente une géologie variée et complexe car la structure résulte de la tectonique, du métamorphisme et du magmatisme associés à l'orogénèse varisque ou hercynienne. Sur ces domaines les formations rencontrées sont composées de formations magmatiques et métamorphiques. Trois domaines géologiques sont présents sur le territoire :

- Le domaine varisque ligéro-sénan limité sur son flanc sud par le décrochement majeur de Nort-sur- Erdre relayé vers l'est, par le sillon houiller de Basse-Loire. Ce domaine comprend sur le territoire plusieurs unités géologiques : l'unité de Saint-Julien-de-Vouvantes, l'unité de Saint-Mars-la-Jaille, l'unité de Saint-Georges-sur-Loire et celle de Péaule.
- Le domaine varisque nantais est, lui, limité au nord par le décro-chevauchement de Nort-sur-Erdre relayé vers l'est par les failles du sillon houiller de Basse-Loire et au sud par le cisaillement sud-armoricain (CSA). Recoupé par des plutons granitiques (massif d'Orvault-Mortagne,..) et par des massifs de roches basiques. Il est constitué de plusieurs unités : Le sillon houiller de Basse-Loire, l'unité du bassin d'Ancenis, l'unité de Mauves-sur-Loire, l'Unité de Champtoceaux et l'unité des Mauges.
- Le domaine varisque sud-armoricain s'étend au sud du cisaillement sud-armoricain (CSA). Ce vaste domaine est constitué de plusieurs unités géologiques juxtaposées en bandes orientées NO-SE et recoupées par d'importants plutons granitiques (Granite de Guérande, complexe granitique du Bas-Bocage vendéen) et quelques orthogneiss ordoviciens (Formation du Pellerin-Montaigu, ...). Les principales unités géologiques

présentes sur le territoire sont : l'Unité de Saint-Nazaire/Saint-Brévin, l'unité de Paimbœuf-Montaigu, l'unité de Chantonnay, l'unité des Essarts, l'unité de Saint-Martin-des-Noyers et l'unité du Bois-de-Céné.

La couverture sédimentaire : Elle comprend essentiellement des formations tertiaires et des formations superficielles du Plio-Quaternaire représentées principalement par les alluvions de la Loire et de la Vilaine. Les formations sédimentaires d'âge tertiaire sont en placage ou en comblement dans des bassins relativement profonds, peu étendus et éloignés les uns des autres, mis en place à la suite d'une activité tectonique. Ces bassins sont comblés de formations pouvant être carbonatées (Bassins de Nort-sur-Erdre, Bassin de Campbon) ou sableuses (sables et faluns dans le Bassin de Saint-Sulpice des Landes).

La lithologie des formations géologiques rencontrées (figure ci-dessous) comprend :

- Des roches sédimentaires : alluvions (galets, graviers et sables), sables, grès et calcaires en comblement des fossés,
- Des roches magmatiques : granites, ophites et des roches métamorphiques (migmatites, gneiss, schistes, grès).

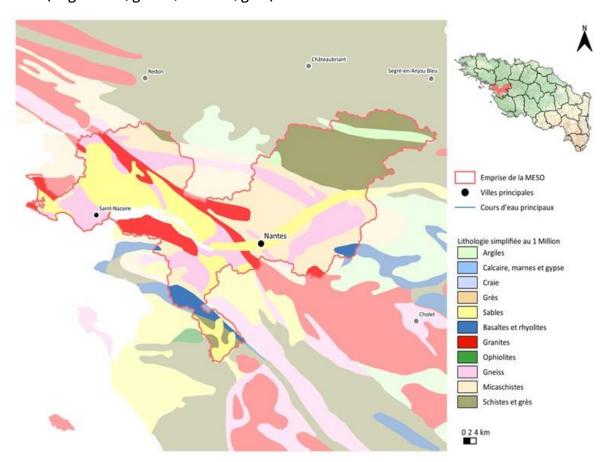


Figure 5 : Lithologique simplifiée au millionième (BRGM) du périmètre du SAGE Estuaire de la Loire

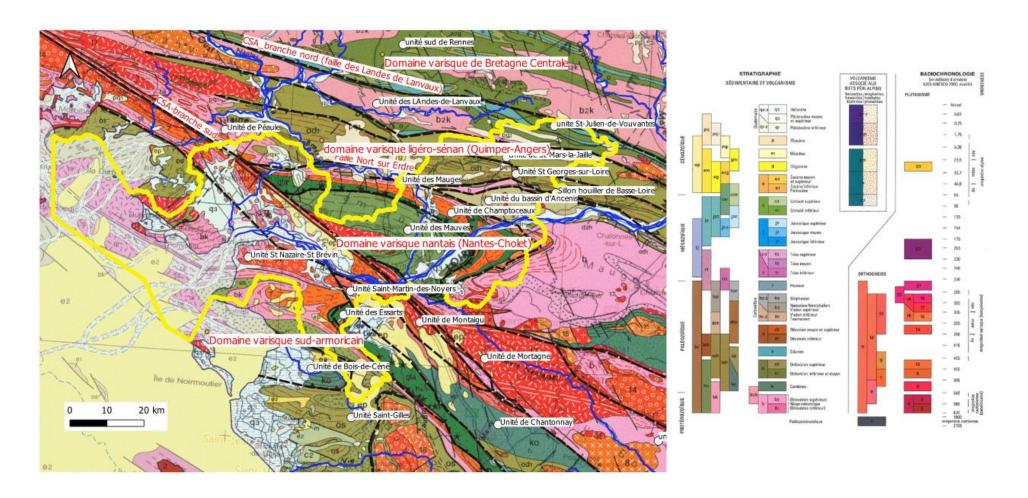


Figure 6 : Carte Géologique au 1/1 000 000 du périmètre du SAGE Estuaire de la Loire

# 4. Contexte hydrogéologique

# 4.1. REFERENTIELS

#### 4.1.1. Entités hydrogéologiques BDLISA et masses d'eau souterraines

Source documentaire : référentiel hydrogéologique BDLISA — Bassin Loire-Bretagne — BRGM/RP-62227-FR — juillet 2013

Une entité hydrogéologique est un nom générique qui représente un regroupement de systèmes aquifères et de domaines hydrogéologiques. Ces entités sont décrites selon différentes propriétés : aquifère ou imperméable, écoulements libres ou captifs, milieu poreux, fracturé, karstique....

Le territoire national est ainsi découpé en entités hydrogéologiques (formations géologiques aquifères ou non) délimitées à 3 niveaux de détail suivant des règles élaborées dans le cadre d'une méthodologie nationale et stockées dans une base de données dénommée BD Lisa (Base de Données des Limites des Systèmes Aquifères).

Sur le périmètre d'étude, les entités aquifères sont représentées par :

- 930FA01 : Alluvions de la Loire armoricaine lithologie variée (limons, argiles, sables, graviers), réservoir poreux contenant une nappe libre ;
- 104AB01: Sables du Pliocène en Bretagne et Pays de la Loire (bassin Loire-Bretagne) majoritairement sableux mais parfois argileux ou marno-silteux, d'épaisseur variable, réservoir poreux contenant une nappe libre;
- 113AC15 : Calcaires du Rupélien supérieur (Oligocène) en Bretagne lithologie variée (sables, galets, calcaires, argiles), réservoir poreux contenant une nappe libre ;
- 113AF01: Calcaires sableux du Lutétien supérieur (Eocène) de Loire-Atlantique et Vendée (bassin Loire-Bretagne) – lithologie calcaires sableux, réservoir poreux contenant une nappe libre.

Les entités semi-perméables peu aquifères du territoire comprennent des formations de socle (174AA06, 174AA07, 175AA01, 175AG01, 175AK01) et sablo-argileuses (101AA03, 113AF03, 113AF05, 121AF03).

Les entités hydrogéologiques (BDLISA) présentes ou en bordure du territoire d'étude sont synthétisées dans le tableau suivant.



Tableau 1 : Entités hydrogéologiques les plus représentées sur le territoire du SAGE Estuaire de la Loire

code entités	nom entités	nature	milieu	typologie
101AA01	Sables dunaires en Loire-Atlantique et Vendée (bassin Loire-Bretagne)	libre	unité aquifère	poreux
104AB01	Sables du Pliocène en Bretagne et Pays-de-la-Loire (bassin Loire-Bretagne)	libre	unité aquifère	poreux
113AC15	Calcaires du Rupélien supérieur en Bretagne	libre	unité aquifère	karstique
113AF01	Calcaires sableux du Lutétien supérieur de Loire-Atlantique et Vendée (bassin Loire- Bretagne)	libre	unité aquifère	poreux
930FA01	Alluvions de la Loire armoricaine	libre	unité aquifère	poreux
113AJ01	iles sableuses du Bartonien-Rupélien en Bretagne et Pays de la Loire (bassin Loire-Bretag	sans objet	unité imperméable	poreux
175AI01	Socle métamorphique dans les bassins versants de la Boulogne de sa source au lac de Grand-Lieu (inclus), l'Acheneau de sa source à la Loire (non inclus), l'Ognon	libre	unité imperméable	fissuré
183AA01	Socle métamorphique dans les bassins versants du Boivre et le Canal de Haute Perche et leurs affluents	libre	unité imperméable	fissuré
183AA02	Socle métamorphique dans les bassins versants côtiers (dont le Falleron) et marais du Canal de Haute Perche (non inclus) au Bignon (inclus)	libre	unité imperméable	fissuré
101AA03	Vases flandriennes de Loire-Atlantique et Vendée (bassin Loire-Bretagne)	sans objet	unité semi- perméable	poreux
113AF03	Argiles sableuses du Lutétien en Bretagne et Pays de la Loire (bassin Loire-Bretagne)	sans objet	unité semi- perméable	poreux
113AF05	Sables de l'Yprésien en Ille-et-Vilaine, Loire-Atlantique et Vendée (bassin Loire- Bretagne)	libre	unité semi- perméable	poreux
121AF03	Argiles sableuses du Cénomanien-Turonien de Loire-Atlantique et Vendée (bassin Loire- Bretagne)		unité semi- perméable	poreux
174AA06	Socle métamorphique dans le bassin versant de l'Isac de sa source à la Vilaine (non inclus)	libre	unité semi- perméable	fissuré
174AA07	Socle métamorphique dans les bassins versants côtiers de la Vilaine (non inclus) à la Loire (non inclus)	libre	unité semi- perméable	fissuré
175AA01	Socle métamorphique dans le bassin versant de la Loire de la Vienne (non inclus) à la mer (bassin versant en aval du contact Socle métamorphique -sédimentaire)	libre	unité semi- perméable	fissuré
175AG01	Socle métamorphique dans le bassin versant l'Erdre et ses affluents	libre	unité semi- perméable	fissuré
175AK01	Socle métamorphique dans le bassin versant du Brivet et ses affluents	libre	unité semi- perméable	fissuré

Ces entités BD LISA ont conduit à la délimitation de masses d'eau souterraine, unité géographique de référence sur laquelle s'appuie le découpage du SAGE Estuaire de la Loire en entités géographiques souterraines cohérentes.

Tableau 2 : Masses d'eau les plus représentées sur le territoire du SYLOA

code MESO	Nom MESO	surface km2 emprise MESO syloa	%emprise MESO SYLOA	Surface tot km2	Surface aff en km2	Surface ssc en km2	typologie	Karstique	Frangelitt	nature
FRGG022	Bassin versant de l'estuaire de la Loire	3712	86.4	3730.64	3289.72	440.92	Socle	non	oui	Entiérement libre
FRGG025	Bassin versant de la baie de Bourgneuf - Marais Breton	119	2.76	633.43	610.02	23.41	Socle	non	oui	Entiérement libre
FRGG037	Sables du bassin tertiaire du lac de Grand Lieu	8.22	0.191	260.59	260.59	0	Sédimentaire	non	non	partiellement libre
FRGG038	Calcaires et sables du bassin tertiaire de Campbon captif	22.2	0.516	22.16	22.16	0	Sédimentaire	oui	non	Entièrement captif
FRGG117	Sables et calcaires du bassin tertiaire de Machecoul libres	6.35	0.148	33.62	33.62	0	Sédimentaire	non	non	Entiérement libre
FRGG118	Sables et calcaires du bassin tertiaire de St-Gildas- des-Bois libres	30.2	0.702	30.17	30.17	0	Sédimentaire	non	non	Entiérement libre
FRGG139	Sables et calcaires du bassin tertiaire de Nort-sur- Erdre libres	27.3	0.635	27.29	27.29	0	Sédimentaire	non	non	Entiérement libre
FRGG140	Sables et calcaires du bassin tertiaire de Mazerolles captifs	13.3	0.31	13.33	13.33	0	Sédimentaire	non	non	Entièrement captif
FRGG148	Bassins tertiaires du socle armoricain	135	3.15	705.41	701	4.41	Sédimentaire	non	non	Entiérement libre
FRGG114	Alluvions de la Loire armoricaine	199	4.64	401.29	401.29	0	Alluvial	non	oui	Entiérement libre

A noter que plusieurs masses d'eau souterraines intersectent le périmètre d'étude mais font l'objet d'analyses dans le cadre d'autres études (HMUC Baie de Bourgneuf et Grand Lieu). Les masses d'eau FRGG037: Sables du bassin tertiaire du lac de Grand Lieu et FRGG119: Sables et calcaires du bassin tertiaire de Saffré libres ne seront donc pas considérés dans le cadre du présent rapport. La masse d'eau FRGG117: Sables et calcaires du bassin tertiaire de



Machecoul libres fera toutefois l'objet d'une analyse sur quelques piézomètres au regard des chroniques disponibles (> 20 ans).

#### 4.1.2. Notions d'indicateurs caractérisant le fonctionnement

Que le fonctionnement hydrogéologique du territoire soit apprécié sur la base du découpage en masses d'eau souterraines ou selon les systèmes aquifères (entités BDLISA), les ensembles fonctionnent selon leur nature géologique et sont donc directement à mettre en lien avec la géologie de la ressource et ses principales caractéristiques : nature, typologie, milieu... Ces notions sont la traduction du fonctionnement de la ressource en eau souterraine et sont à relier à des indicateurs afin de faciliter la gestion quantitative des ressources en eau souterraine sur le territoire.

# 4.2. PRINCIPAUX TYPES D'AQUIFERES

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

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

Une description de ces trois aquifères présents sur le territoire du SAGE est reprise ci-dessous.

#### 4.2.1. Formations superficielles: alluvions

Les principaux aquifères alluviaux du secteur sont constitués par la vallée de la Loire et de la Vilaine (hors périmètre). Les dépôts sont agencés en terrasses emboîtées formées aux cours des glaciations successives : les plus anciennes ayant été entaillées par les suivantes. Elles correspondent à une histoire géologique avec baisse progressive du niveau de base. Les terrasses les plus anciennes (et les plus argileuses) sont les plus hautes topographiquement. Ces terrasses sont souvent déconnectées des basses terrasses plus récentes par des affleurements du substratum.

Les alluvions fluviatiles anciennes occupent des surfaces importantes au sein du domaine sédimentaire. Dans la vallée de la Loire et des affluents ; elles recouvrent les hautes terrasses de ces cours d'eau. Leurs ressources en eau sont généralement réduites en raison de leur teneur en argile et de leur faible extension.

Les alluvions fluviatiles récentes des basses terrasses et des fonds de vallée sont composées de limons, d'argiles, puis de sables et graviers d'épaisseur et d'extension variable. Les alluvions de la Loire constituent une ressource en eau majeure du territoire. La Loire et la Vilaine circulent sur les terrasses les plus récentes. Le substratum des alluvions est composé de formations de socle. Les formations de sables et graviers forment un aquifère poreux contenant une nappe libre pouvant être localement captive sous un recouvrement argileux. Cet aquifère présente une lithologie et une épaisseur hétérogènes et des caractéristiques hydrodynamiques variables (formations caillouteuses et sableuses encadrées de lentilles plus ou moins éparses d'argile). L'aquifère est en lien direct avec le cours d'eau qui le draine le plus souvent. En période d'étiage sévère, l'aquifère peut soutenir le débit du cours d'eau. Des corrélations entre les niveaux de nappe/fluctuations de la Loire et les marées sont mises en évidence.



<u>Exemple</u>: La nappe de Basse-Goulaine montre des variations saisonnières directement influencées par l'hydrologie de la Loire et les conditions pluviométriques, typiques d'un fonctionnement de nappe libre. La géométrie et le potentiel (quantité/qualité) de la nappe alluviale de la Loire sont mal connus en dehors des secteurs de Basse-Goulaine et de Frossay exploités actuellement pour la production d'eau potable.

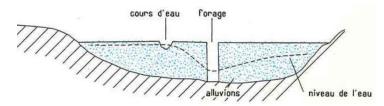


Figure 7 : Schéma géologique d'un aquifère de type alluvial

Cet aquifère est exploité pour un usage d'alimentation en eau potable (AEP) au niveau du bassin de la Goulaine, et du marais de Vue-Frossay. Les caractéristiques des aquifères captés sur ces secteurs sont synthétisés dans le tableau suivant.

Alluvions de la Loire	Matériel aquifère	Type d'aquifère	Type de nappe		
Basse Goulaine	Sableux (nappe supérieure)	Multicouche	Libre en relation rapide avec la Loire (partie supérieure)		
	Sablo-graveleux (nappe inférieure)		Semi-captive à captive (nappe inférieure)		
Marais de Vue-Frossay	Base sablo-graveleuse des dépôts alluvionnaires estuariens	Monocouche	Captive		

#### 4.2.2. Formations sédimentaires du Tertiaire

Les terrains du Tertiaire sont répartis sur le territoire dans des bassins. Ils sont représentés par un faciès sableux et/ou carbonaté. Ces séries peuvent se succéder ou être séparées par des niveaux sablo-argileux peu à pas perméables. Toutefois, selon les ensembles considérés, il peut exister des interconnections entre ces séries. Pour la plupart, ces formations carbonatées du Tertiaire présentent un fort potentiel aquifère en relation avec un fort potentiel de karstification. Elles constituent des aquifères compartimentés d'extension limitée. La ressource disponible est étroitement liée aux apports par la pluie, les aquifères adjacents, et les eaux superficielles (cours d'eau et marais). Ces formations de nature calcaire ou sableuse sont considérées comme moyennement aquifères à aquifères. La productivité est moyenne à importante, l'aquifère est d'extension réduite et plus ou moins vulnérable en fonction du recouvrement et de la succession des couches. Les débits d'exploitation sont compris entre 40 et 400 m³/h.

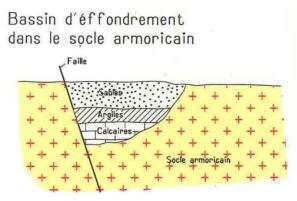


Figure 8 : Schéma géologique des bassins tertiaires

Les systèmes d'aquifères peuvent être multicouches, avec une surimposition de plusieurs couches, ou monocouche. Les nappes elles, peuvent être libres (proche de la surface, non protégée par un toit étanche, rapidement réalimentée et plus exposée à la pollution) ou captives (presque entièrement isolées par un toit étanche argileux).

#### Les formations peu perméables considérées comme peu à pas aquifères (argiles sableuses) :

Elles favorisent le ruissellement sur les versants. Ces formations sont peu perméables et peu productives. Elles donnent parfois naissance à des sources de versant de faible débit à la faveur d'une rupture de pente. Ces formations sont peu ou pas aquifères.

#### 4.2.3. Formation de socle

Les formations de socle sont présentes sur l'ensemble du territoire et constitue le substratum des bassins tertiaires. Les formations géologiques sont métamorphiques (schistes, gneiss, grès) ou plutoniques (granites) peu perméables et massives. La présence éventuelle d'eau souterraine dépend des modifications physiques subies par la roche postérieurement à leur formation et notamment la fracturation et l'altération. La structure des aquifères de socle est discontinue et compartimentée. Ces roches sont réputées imperméables mais les modifications physiques subies par celles-ci postérieurement à leur formation peuvent leur conférer des propriétés favorables à la circulation et au stockage de l'eau souterraine.

L'altération météorique a eu pour effet de développer une couverture meuble plus ou moins poreuse en fonction de la minéralogie de la roche mère et sous une couverture meuble, une fissuration intense permettant le drainage des formations meubles sus-jacentes. Un nouveau modèle conceptuel du fonctionnement de ces aquifères de type socle est élaboré ces dernières années. Il est représenté par le schéma suivant.

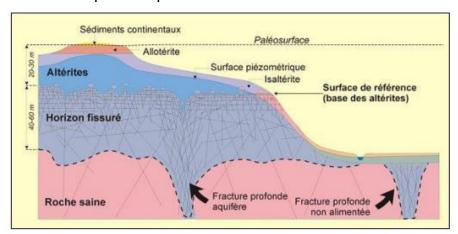


Figure 9 : Schéma conceptuel des aquifères de socle (R.Wyns et al. 2004)

Tableau 3 : Bassins sédimentaires aquifères tertiaires sur le périmètre du SAGE Estuaire de la Loire

Bassin sédimentaire tertiare	sous-bassin	Type de bassin	type d'aquifère	type de nappe	MESO	nom MESO	entité aquifère	nom entité aquifère
		Calcaire localement karstifié	Multicouche	Libre (partie supérieure)	GG0038	Calcaires et sables du bassin tertiaire de Campbon captif	104AB01	Sables du Pliocène en Bretagne et Pays- de-la-Loire (bassin Loire-Bretagne)
	Campbon	Calcaire localement karstifié	Multicouche	Captive (partie inférieure)	GG0038	Calcaires et sables du bassin tertiaire de Campbon captif	113AF01	Calcaires sableux du Lutétien supérieur (Eocène) de Loire-Atlantique et Vendée (bassin Loire-Bretagne)
Bassin du Haut-Brivet	Saint-Gildas	sables	Multicouche	libre	GG0118	Sables et calcaires du bassin tertiaire de St-Gildas-des-Bois libres	104AB01	Sables du Pliocène en Bretagne et Pays- de-la-Loire (bassin Loire-Bretagne)
	des-Bois	Calcaire localement karstifié	Multicouche	Libre à captive	GG0118	Sables et calcaires du bassin tertiaire de St-Gildas-des-Bois libres	113AF01	Calcaires sableux du Lutétien supérieur (Eocène) de Loire-Atlantique et Vendée (bassin Loire-Bretagne)
Bassin de Saint-Sulpice- des-Landes		Calcaires coquillers peu compact (faluns)	Monocouche	Libre à semi- captive	GG0148	Bassins tertiaires du socle armoricain	104AB01	Sables du Pliocène en Bretagne et Pays- de-la-Loire (bassin Loire-Bretagne)
Bassin de Nort-sur-Erdre		Sableux (nappe supérieure)	Multicouche	Libre à semi- captive	GG0139	Sables et calcaires du bassin tertiaire de Nort-sur-Erdre libres	104AB01	Sables du Pliocène en Bretagne et Pays- de-la-Loire (bassin Loire-Bretagne)
Bassin de Nort-sur-Erdre		Calcaire localement karstifié (nappe inférieure)	Multicouche	Captive au centre du bassin	GG0139	Sables et calcaires du bassin tertiaire de Nort-sur-Erdre libres	113AC15	Calcaires du Rupélien supérieur (Oligocène) en Bretagne
Bassin de Mazerolles		Sablo-graveleux	Monocouche	libre	GG0140	Sables et calcaires du bassin tertiaire de Mazerolles captifs	104AB01	Sables du Pliocène en Bretagne et Pays- de-la-Loire (bassin Loire-Bretagne)
autres bassins (Freigne)		sables	Monocouche	libre	GG0148	Bassins tertiaires du socle armoricain	104AB01	Sables du Pliocène en Bretagne et Pays- de-la-Loire (bassin Loire-Bretagne)
Bassin de Machecoul (hors SYLOA)		calcaires et sables	Monocouche	libre	GG117	Sables et calcaires du bassin tertiaire de Machecoul libres	113AF01	Calcaires sableux du Lutétien supérieur de Loire-Atlantique et Vendée (bassin Loire-Bretagne)
Bassin de Saffre (hors		calcaires	Multicouche	libre	G119	Sables et calcaires du bassin tertiaire de St-Gildas-des-Bois libres	113AC15	Calcaires du Rupélien supérieur (Oligocène) en Bretagne
SYLOA)		calcaires sableux	Multicouche	Libre à semi- captive	G119	Sables et calcaires du bassin tertiaire de St-Gildas-des-Bois libres	113AF01	Calcaires sableux du Lutétien supérieur (Eocène) de Loire-Atlantique et Vendée (bassin Loire-Bretagne)

Trois horizons sont classiquement distingués :

- Un horizon superficiel (allotérites) de quelques mètres à une dizaine de mètres. La texture de la roche mère est dégradée en argile imperméable (schistes) ou arène argileuse (granite) de faible perméabilité et porosité;
- Un horizon supérieur (isaltérites) de plusieurs dizaines de mètres. La texture de la roche est préservée mais des éléments chimiques sont évacués par dissolution et sont remplacés par des vides. Cet horizon a une porosité importante en raison de sa composition argilo-sableuse permettant de jouer un rôle capacitif vis-à-vis des eaux d'infiltration. Il se présente en contexte schisteux sous forme de silts argileux très poreux mais peu perméables et en contexte granitique sous forme d'arènes sableuses perméables et poreuses. Cet horizon joue le rôle de réservoir mais il est peu perméable.
- Un horizon inférieur fissuré avec une fissuration qui décroit en profondeur Cette fissuration est associée à une perméabilité plus grande et assure un rôle transmissif. Des fractures profondes peuvent être présentes dans la roche saine. Les circulations s'effectuent par l'intermédiaire des fissures et des fractures.

Cette formation de socle est présente sur une grande partie du territoire mais ne permet pas de fournir une ressource en eau significative.

D'un point de vue hydrogéologique, les aquifères de socle ont une productivité très hétérogène et associée à de nombreux critères tels que la fracturation, la position sur le bassin versant, l'étendue et l'épaisseur des altérites. Les débits exploitables sont généralement plus faibles que dans les aquifères sédimentaires mais certains sites peuvent fournir des débits de plusieurs dizaines de m³/h.

En domaine de socle, l'écoulement de la nappe d'eau souterraine suit ordinairement la topographie. Les nappes sont généralement en relation avec les cours d'eau, bien qu'il existe une forte variabilité locale en lien avec l'hétérogénéité des propriétés hydrodynamiques des aquifères de socle. La nappe est principalement libre, mais peut localement avoir un comportement captif ou semi-captif. Des nappes perchées localisées peuvent également exister. L'aquifère de socle est principalement alimenté par les précipitations et drainé par les cours d'eau qui le traversent. Il peut contribuer à l'alimentation des bassins tertiaires par l'intermédiaire des zones fracturées et si la nappe du Tertiaire présente des niveaux d'eau plus bas.

Aucune carte piézométrique n'est établie à l'échelle du territoire ce qui est cohérent avec la structure compartimentée de ces aquifères. Des cartes locales établies dans le cadre d'études ciblées existent cependant.

Les aquifères de socle présentent des épaisseurs et des profondeurs très variables mais restent mal connus à l'échelle du territoire. Ainsi, à l'exception des puits traditionnels des particuliers, un seul aquifère de socle est exploité : l'aquifère de Missillac.

## 4.2.4. Vulnérabilité intrinsèque

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

Cette notion d'infiltration est utilisée pour de nombreuses applications dans le domaine de l'hydrogéologie. Ainsi, l'IDPR peut se substituer à de nombreux critères usuellement employés. Sur l'estuaire de la Loire, l'IDPR indique une infiltration majoritaire.

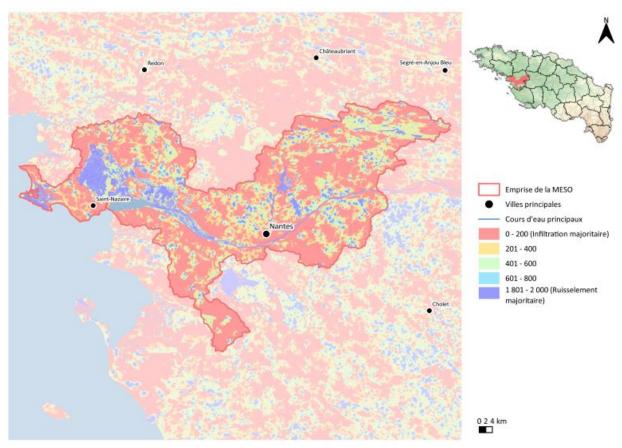


Figure 10 : Classification de l'IDPR sur le périmètre d'étude

En 2006, le BRGM a réalisé une étude (*RP-54553-FR*) concernant la vulnérabilité intrinsèque des eaux souterraines en combinant deux critères : l'Indice de Développement et de Persistance des Réseaux (IDPR) et l'épaisseur de la Zone Non-Saturée (ZNS). Une carte de vulnérabilité intrinsèque des eaux souterraines (scénario de pondération retenu 50% IDPR et 50% ZNS) a ainsi pu être réalisée au 1/100 0 000ème à l'échelle du bassin Loire-Bretagne.

Cette vulnérabilité simplifiée est attribuée aux premiers aquifères rencontrés. Celle des nappes profondes (>100m) ou captives n'est pas abordée.

De façon générale, la vulnérabilité peut être qualifiée de forte à très forte avec ponctuellement des secteurs de vulnérabilité moyenne à faible localisés :

- Sur la pointe ouest du territoire, au niveau du littoral Guérandais (le Croisic...);
- Sur une zone en aval d'Ancenis Saint-Géréon.

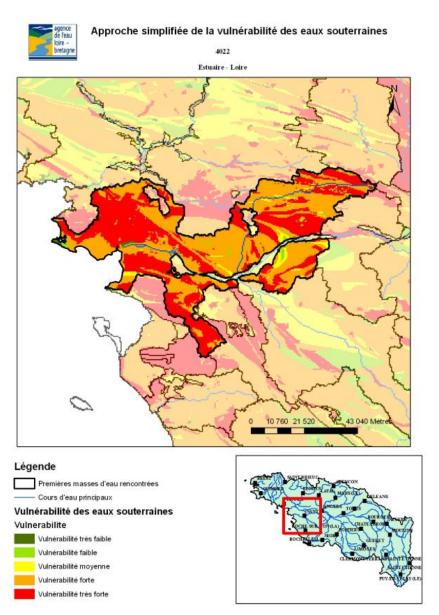


Figure 11 : Vulnérabilité des eaux souterraines sur le domaine de socle (source BRGM)

## 4.2.5. Ressources à préserver pour le futur

Le SAGE Estuaire de la Loire précise que les nappes de Campbon, Nort-sur- Erdre, Mazerolles, Saint-Gildas-des-Bois, Missillac, Saint-Sulpice-des-Landes, Vritz, Freigné, Maupas, Louroux-Béconnais, Basse-Goulaine sont réservées à l'alimentation en eau potable. Les nouveaux prélèvements supérieurs à 10 000 m³/an autres que pour la production publique d'eau potable ne sont pas autorisés sur ces nappes.

### 4.2.6. Zones d'alerte eau potable (arrêté 2020)

Les ressources concernées par les restrictions sont les ressources en eau potable souterraine présentant une vulnérabilité vis-à-vis des étiages et ne disposant pas d'une interconnexion suffisante avec d'autres ressources.



Tableau 4 : Seuils de restrictions en vigueur pour la ressource en eau souterraine

Zone AEP	Origine de l'eau	Piézomètre de référence	Seuil de restrictions
1	Nappe de Massérac	04193X0022/S2-6	1,00 NGF
2	Nappe de Saint-Gildas-des-Bois	04502X0044/SGB8	1,75 NGF
3	Nappe de Soulvache	03884X0021/TF1PR	60 NGF et taux de chlorures supérieurs à 200 mg/l

Sur le périmètre, un seul seuil de restriction est défini sur la nappe de Saint-Gildas-des-Bois avec une côte de 1,75 m NGF à ne pas franchir. Sur l'historique de 1995 à 2023, le seuil de restriction a été dépassé sur 3 périodes :

- du 11/08/2005 au 22/10/2005,
- du 06/09/2017 au 15/09/2017,
- du 16/08/2022 au 21/10/2022.

A noter que la valeur du HMNA<sub>5</sub>, niveau piézométrique moyen mensuel de fréquence de retour 5 ans, est évaluée à 1,89 m NGF [ 1,82 - 1,96] sur ce piézomètre. Cette valeur a été franchie 6 fois sur la même période historique.

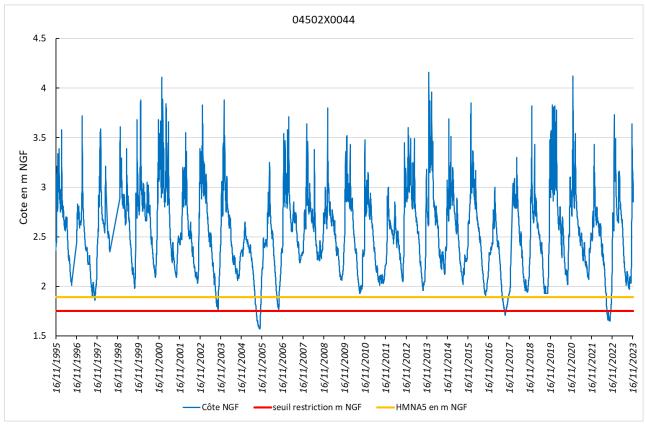


Figure 12 : Suivi du niveau de la nappe de Saint-Gildas-des-Bois (source ADES)

# 5. Analyse de la piézométrie mesurée

La connaissance de l'hydrogéologie du territoire repose sur les **chroniques de niveau** au droit des piézomètres.

# 5.1. DESCRIPTION DES OUVRAGES PIEZOMETRIQUES

Sur le territoire d'étude, **44 piézomètres** sont recensés sur le site ADES. Tous ces points sont rattachés à une entité hydrogéologique cohérente (masse d'eau) et à une entité hydrogéologique « BDLISA ». La nature lithologique de l'aquifère capté a été recherchée pour chaque point de suivi à partir de la coupe géologique disponible dans la banque du sous-sol (BSS).

Leurs caractéristiques détaillées sont présentées dans le tableau 4.

A noter que quelques piézomètres localisés sur la masse d'eau souterraine FRGG117 - Sables et calcaires du bassin tertiaire de Machecoul libres, majoritairement localisée sur le territoire du SAGE de la Baie de Bourgneuf, ont toutefois été étudiés, afin d'apporter quelques éléments de connaissance notamment du fait des longues chroniques de données disponibles (> 20ans).



Tableau 5 : Caractéristiques détaillées des piézomètres du territoire

BSS_NEW	code_bss	usage	code_dept	INSEE commune	nom commune	nature	prof en m	typologie aquifère selon coupe	nature aquifère	Code MESO	Nom MESO	typologie MESO	nature_MESO	karstique	frange littorale	Entité hydrologéologique (BDLISA)	nom EH
BSS001DMWB	04225X0010/F	AEP.	49	49008	Angrie	Forage	26,7	sables avec un petit niveau argileux (pliocène)	libre	GG022	Bassin versant de l'estuaire de la Loire	Socle	Entiérement libre	non	oui	104AB01	Sables du Pliocène en Bretagne et Pays-de-la-Loire (bassin Loire-Bretagne)
BSS001DMWC	04225X0011/F5	AEP.	49	49219	Montsoreau	Forage	28,0	sables quelques passées argileuses (pliocène)	libre	GG022	Bassin versant de l'estuaire de la Loire	Socie	Entiérement libre	non	oui	104AB01	Sables du Pliocène en Bretagne et Pays-de-la-Loire (bassin Loire-Bretagne)
BSS001DMWF	04225X0014/F	AEP.	44	44219	Vritz	Forage	30,0	sables (pliocène)	libre	GG022	Bassin versant de l'estuaire de la Loire	Socie	Entiérement libre	non	oui	104AB01	Sables du Pliocène en Bretagne et Pays-de-la-Loire (bassin Loire-Bretagne)
BSS001EYWN	04533X0020/F1	AEP.	49	49183	Val d'Erdre-Auxence	Forage	21,0	argile,sable, argile (pliocène)	libre	GG022	Bassin versant de l'estuaire de la Loire	Socie	Entiérement libre	non	oui	104AB01	Sables du Pliocène en Bretagne et Pays-de-la-Loire (bassin Loire-Bretagne)
BSS001EYWP	04533X0021/F2	AEP.	49	49183	Val d'Erdre-Auxence	Forage	15,0	argile,sable, argile (pliocène)	libre	GG022	Bassin versant de l'estuaire de la Loire	Socie	Entiérement libre	non	oui	104AB01	Sables du Pliocène en Bretagne et Pays-de-la-Loire (bassin Loire-Bretagne)
BSS001GSMF	04816X0454/P	0	44	44020	Bouguenais	Puits	4,4	socle (gneiss )	libre	GG022	Bassin versant de l'estuaire de la Loire	Socie	Entiérement libre	non	oui	175AA01	Socle métamorphique dans les bassins versants de la Boulogne de sa source au lac de Grand-Lieu (inclus), l'Acheneau de sa source à la Loire (non inclus), l'Ognon
BSS003XVPE		Piezomètre	44	44190	Saint-Sébastien-Sur- Loire	Forage	10,0	socle (micaschistes)	libre	GG022	Bassin versant de l'estuaire de la Loire	Socie	Entiérement libre	non	oui	175AA01	Socle métamorphique dans les bassins versants de la Boulogne de sa source au lac de Grand-Lieu (inclus), l'Acheneau de sa source à la Loire (non inclus), l'Ognon
BSS003XVPY		Piezomètre	44	44190	Saint-Sébastien-Sur- Loire	Forage	10,0	socle (micaschistes) recouvrement altérites	libre	GG022	Bassin versant de l'estuaire de la Loire	Socie	Entiérement libre	non	oui	175AA01	Socie métamorphique dans les bassins versants de la Boulogne de sa source au lac de Grand-Lieu (inclus), l'Acheneau de sa source à la Loire (non inclus), l'Ognon
BSS003XVQS		Piezomètre	44	44190	Saint-Sébastien-Sur- Loire	Forage	10,5	socle (micaschistes)	libre	GG022	Bassin versant de l'estuaire de la Loire	Socie	Entiérement libre	non	oui	175AA01	Socle métamorphique dans les bassins versants de la Boulogne de sa source au lac de Grand-Lieu (inclus), l'Acheneau de sa source à la Loire (non inclus), l'Ognon
BSS004DJQW		NC	44	44162	Saint-Herblain	Puits	NC	socle - pas de coupe	libre	GG022	Bassin versant de l'estuaire de la Loire	Socie	Entiérement libre	non	oui	175AA01	Socie métamorphique dans les bassins versants de la Boulogne de sa source au lac de Grand-Lieu (inclus), l'Acheneau de sa source à la Loire (non inclus), l'Ognon
BSS004DJRF		NC	44	44204	Thouaré-Sur-Loire	Puits	NC	socle - pas de coupe	libre	GG022	Bassin versant de l'estuaire de la Loire	Socie	Entiérement libre	non	oui	175AA01	Socie métamorphique dans les bassins versants de la Boulogne de sa source au lac de Grand-Lieu (inclus), l'Acheneau de sa source à la Loire (non inclus), l'Ognon
BSS004DJRG		NC	44	44166	Saint-Jean-De-Boiseau	Puits	NC	socle - pas de coupe	libre	GG022	Bassin versant de l'estuaire de la Loire	Socie	Entiérement libre	non	oui	175AA01	Socie métamorphique dans les bassins versants de la Boulogne de sa source au lac de Grand-Lieu (inclus), l'Acheneau de sa source à la Loire (non inclus), l'Ognon
BSS004DJRM		NC	44	44143	Rezé	Puits	NC	socle - pas de coupe	libre	GG022	Bassin versant de l'estuaire de la Loire	Socie	Entiérement libre	non	oui	175AA01	Socle métamorphique dans les bassins versants de la Boulogne de sa source au lac de Grand-Lieu (inclus), l'Acheneau de sa source à la Loire (non inclus), l'Ognon
BSS004DJRQ		NC	44	44143	Rezé	Puits	NC	socle - pas de coupe	libre	GG022	Bassin versant de l'estuaire de la Loire	Socie	Entiérement libre	non	oui	175AA01	Socle métamorphique dans les bassins versants de la Boulogne de sa source au lac de Grand-Lieu (inclus), l'Acheneau de sa source à la Loire (non inclus), l'Ognon
BSS004DJRS		NC	44	44120	Le Pellerin	Puits	NC	socle - pas de coupe	libre	GG022	Bassin versant de l'estuaire de la Loire	Socie	Entiérement libre	non	oui	175AA01	Socle métamorphique dans les bassins versants de la Boulogne de sa source au lac de Grand-Lieu (inclus), l'Acheneau de sa source à la Loire (non inclus), l'Ognon
BSS004DJRU		NC	44	44094	Mauves-Sur-Loire	Puits	NC	socle - pas de coupe	libre	GG022	Bassin versant de l'estuaire de la Loire	Socie	Entiérement libre	non	oui	175AA01	Socle métamorphique dans les bassins versants de la Boulogne de sa source au lac de Grand-Lieu (inclus), l'Acheneau de sa source à la Loire (non inclus), l'Ognon
BSS004DJRV		NC	44	44109	Nantes	Puits	NC	socle - pas de coupe	libre	GG022	Bassin versant de l'estuaire de la Loire	Socie	Entiérement libre	non	oui	175AA01	Socle métamorphique dans les bassins versants de la Boulogne de sa source au lac de Grand-Lieu (inclus), l'Acheneau de sa source à la Loire (non inclus), l'Ognon
BSS001EYJM	04532X0051/PZ	Piezomètre	49	49183	Val d'Erdre-Auxence	Forage	22,0	socle (schistes) recouvrement sablo-argileux	libre	GG022	Bassin versant de l'estuaire de la Loire	Socie	Entiérement libre	non	oui	175AG01	Socle métamorphique dans les bassins versants de la Boulogne de sa source au lac de Grand-Lieu (inclus), l'Acheneau de sa source à la Loire (non inclus), l'Ognon
BSS001GPPU	04812X0102/P	0	44	44194	Sautron	Puits	6,6	colluvions plateau	libre	GG022	Bassin versant de l'estuaire de la Loire	Socie	Entiérement libre	non	oui	175AG01	Socle métamorphique dans les bassins versants de la Boulogne de sa source au lac de Grand-Lieu (inclus), l'Acheneau de sa source à la Loire (non inclus), l'Ognon



BSS_NEW	code_bss	usage	code_dept	INSEE commune	nom commune	nature	prof en m	typologie aquifère selon coupe	nature aquifère	Code MESO	Nom MESO	typologie MESO	nature_MESO	karstique	frange littorale	Entité hydrologéologique (BDLISA)	nom EH
BSS004DJRC		NC	44	44114	Orvault	Puits	NC	socle - pas de coupe	libre	GG022	Bassin versant de l'estuaire de la Loire	Socie	Entiérement libre	non	oui	175AG01	Socle métamorphique dans les bassins versants de la Boulogne de sa source au lac de Grand-Lieu (inclus), l'Acheneau de sa source à la Loire (non inclus), l'Ognon
BSS001JRHS	05086X0065/EL33	Piezomètre	44	44188	Saint-Philbert-de- Grand-Lieu	Forage	24,0	sables quelques passées argileuses (PQ+Eocène)	libre	GG022	Bassin versant de l'estuaire de la Loire	Socle	Entiérement libre	non	oui	175AI01	Socle métamorphique dans les bassins versants de la Boulogne de sa source au lac de Grand-Lieu (inclus), l'Acheneau de sa source à la Loire (non inclus), l'Ognon
BSS001GNWX	04806X0003/SF	Piezomètre	44	44187	Saint-Père-en-Retz	Forage	70,0	socle (micaschistes et gneiss)	libre	GG025	Bassin versant de la baie de Bourgneuf - Marais Breton	Socie	Entiérement libre	non	oui	183AA01	Socle métamorphique dans les bassins versants du Boivre et le Canal de Haute Perche et leurs affluents
BSS001JNYB	05072X0116/PZ	Piezomètre	44	44012	La Bernerie-En-Retz	Forage	45,5	socle (micaschistes)	libre	GG025	Bassin versant de la baie de Bourgneuf - Marais Breton	Socle	Entiérement libre	non	oui	183AA02	Socle métamorphique dans les bassins versants côtiers (dont le Falleron) et marais du Canal de Haute Perche (non inclus) au Bignon (inclus)
BSS001ETCD	04503X0067/PZ1	Piezomètre	44	44025	Campbon	Forage	38,0	calcaire sous recouvrement argiles puis sables (épaisseur 28 m) (PQ+Eocène)	captif	GG038	Calcaires et sables du bassin tertiaire de Campbon captif	Sédimentaire	Entièrement captif	oui	non	113AF01	Calcaires sableux du Lutétien supérieur de Loire-Atlantique et Vendée (bassin Loire-Bretagne)
BSS001ETCE	04503X0068/PZ2	Piezomètre	44	44025	Campbon	Forage	8,0	calcaire sous recouvrement argiles sableuses (PQ+Eocène)	libre	GG038	Calcaires et sables du bassin tertiaire de Campbon captif	Sédimentaire	Entièrement captif	oui	non	113AF01	Calcaires sableux du Lutétien supérieur de Loire-Atlantique et Vendée (bassin Loire-Bretagne)
BSS001GPCB	04808X0027/N11	Piezomètre	44	44061	Frossay	Forage	30,0	sables sous recouvrement argileux (20 m) (Quaternaire)	captif	GG114	Alluvions de la Loire Armoricaine	Alluvial	Entiérement libre	non	oui	930FA01	Alluvions de la Loire Armoricaine
BSS001HBQA	04818X0544/PZ34	Piezomètre	44	44009	Basse-Goulaine	Forage	8,0	sables sous recouvrement argileux (limons et argiles - 6 m) (Quaternaire)	libre	GG114	Alluvions de la Loire armoricaine	Alluvial	Entiérement libre	non	oui	930FA01	Alluvions de la Loire Armoricaine
BSS001HEEA	04822X0054/S5-F5	AEP.	49	49069	Orée d'Anjou	Forage	22,8	sables (Quaternaire)	libre	GG114	Alluvions de la Loire armoricaine	Alluvial	Entiérement libre	non	oui	930FA01	Alluvions de la Loire Armoricaine
BSS001HBQB	04818X0545/PZ33	Piezomètre	44	44009	Basse-Goulaine	Forage	8,3	sable sous recouvrement limons argileux (2 m) (Quaternaire)	libre	GG114	Alluvions de la Loire armoricaine	Alluvial	Entiérement libre	non	oui	930FA01	Alluvions de la Loire Armoricaine
BSS001HEDS	04822X0046/F4-S4	AEP.	49	49069	Orée d'Anjou	Forage	20,0	sables (Quaternaire)	libre	GG114	Alluvions de la Loire armoricaine	Alluvial	Entiérement libre	non	oui	930FA01	Alluvions de la Loire Armoricaine
BSS003UYAO			49	49069	Orée D'Anjou	Forage		alluvions	libre	GG114	Alluvions de la Loire armoricaine	Alluvial	Entiérement libre	non	oui	930FA01	Alluvions de la Loire Armoricaine
BSS001JPMP	05078X0041/PZN3	Piezomètre	44	44087	Machecoul-Saint-Même	Forage	6,0	sables (Pliocène)	libre	GG117	Sables et calcaires du bassin tertiaire de Machecoul libres	Sédimentaire	Entiérement libre	non	non	104AB01	Sables du Pliocène en Bretagne et Pays-de-la-Loire (bassin Loire-Bretagne)
BSS001JPMN	05078X0040/PZN1	Piezomètre	44	44087	Machecoul-Saint-Même	Forage	15,0	alternance sables et grès (Eocène)	libre	GG117	Sables et calcaires du bassin tertiaire de Machecoul libres	Sédimentaire	Entiérement libre	non	non	113AF01	Calcaires sableux du Lutétien supérieur de Loire-Atlantique et Vendée (bassin Loire-Bretagne)
BSS001JPMQ	05078X0042/PZN5	Piezomètre	44	44087	Machecoul-Saint-Même	Forage	8,0	sables, grès calcaires (Eocène)	libre	GG117	Sables et calcaires du bassin tertiaire de Machecoul libres	Sédimentaire	Entiérement libre	non	non	113AF01	Calcaires sableux du Lutétien supérieur de Loire-Atlantique et Vendée (bassin Loire-Bretagne)
BSS001ESVY	04502X0044/SGB8	Piezomètre	44	44161	Saint-Gildas-des-Bois	Forage	10,5	sous recouvrement argile et sable argileux peu épais (2 m)	libre	GG118	Sables et calcaires du bassin tertiaire de St- Gildas-des-Bois libres	Sédimentaire	Entiérement libre	non	non	113AF01	Calcaires sableux du Lutétien supérieur de Loire-Atlantique et Vendée (bassin Loire-Bretagne)
BSS001ESVX	04502X0043/SGB7	Piezomètre,AEP.	44	44161	Saint-Gildas-des-Bois	Forage	20,0	calcaires et calcaires coquillers (QUAT+Eocène)	libre	GG118	Sables et calcaires du bassin tertiaire de St- Gildas-des-Bois libres	Sédimentaire	Entiérement libre	non	non	113AF01	Calcaires sableux du Lutétien supérieur de Loire-Atlantique et Vendée (bassin Loire-Bretagne)
BSS001EUMW	04514X0018/01	Piezomètre,AEP.	44	44110	Nort-sur-Erdre	Forage	19,5	calcaire (1m) et argile et marnes (Pliocène + Oligocène)	libre	GG139	Sables et calcaires du bassin tertiaire de Nort- sur-Erdre libres	Sédimentaire	Entiérement libre	non	non	113AC15	Calcaires du Rupélien supérieur en Bretagne
BSS001EUJD	04513X0112/OS1	NR	44	44100	Nort-sur-Erdre	Forage	19,5	calcaire (1m) et argile et marnes	libre	GG139	Sables et calcaires du bassin tertiaire de Nort- sur-Erdre libres	Sédimentaire	Entiérement libre	non	non	104AB01	Sables du Pliocène en Bretagne et Pays-de-la-Loire (bassin Loire-Bretagne)
BSS001EUNG	04514X0084/S14BIS	Piezomètre	44	44110	Nort-sur-Erdre	Forage	18,5	sable (Pliocène)	libre	GG139	Sables et calcaires du bassin tertiaire de Nort- sur-Erdre libres	Sédimentaire	Entiérement libre	non	non	104AB01	Sables du Pliocène en Bretagne et Pays-de-la-Loire (bassin Loire-Bretagne)
BSS001EUZH	04518X0042/PZ8	Piezomètre	44	44110	Nort-sur-Erdre	Forage	10,0	sable (Pliocène)	libre	GG139	Sables et calcaires du bassin tertiaire de Nort- sur-Erdre libres	Sédimentaire	Entiérement libre	non	non	104AB01	Sables du Pliocène en Bretagne et Pays-de-la-Loire (bassin Loire-Bretagne)
BSS003ZKDU	BSS003ZKDU/X	Piezomètre	44	44110	Nort-sur-Erdre	Forage	16,0	sable (Pliocène)	libre	GG139	sur-Erdre libres	Sédimentaire	Entiérement libre	non	non	104AB01	Sables du Pliocène en Bretagne et Pays-de-la-Loire (bassin Loire-Bretagne)
BSS001EUZL	04518X0045/MSM1	Piezomètre,AEP.	44	44179	Saint-Mars-du-Désert	Forage	70,0	sables (Pliocène)	libre	GG140	Sables et calcaires du bassin tertiaire de Mazerolles captifs	Sédimentaire	Entièrement captif	non	non	104AB01	Sables du Pliocène en Bretagne et Pays-de-la-Loire (bassin Loire-Bretagne)
BSS001EUZK	04518X0044/F3	Piezomètre	44	44122	Petit-Mars	Forage	7,0	argile + sable (PQ+Pliocène)	libre	GG140	Sables et calcaires du bassin tertiaire de Mazerolles captifs	Sédimentaire	Entièrement captif	non	non	104AB01	Sables du Pliocène en Bretagne et Pays-de-la-Loire (bassin Loire-Bretagne)
BSS001DLRR	04217X0003/F	Piezomètre,AEP.	44	44191	Saint-Sulpice-des- Landes	Forage	8,0	calcaires avec recouvrement tourbe 1 m (Quat+Pliocène)	libre	GG148	Bassins tertiaires du socle armoricain	Sédimentaire	Entiérement libre	non	non	104AB01	Sables du Pliocène en Bretagne et Pays-de-la-Loire (bassin Loire-Bretagne)



Les entités hydrogéologiques (masses d'eau) du territoire rassemblent plusieurs entités hydrogéologiques BDLISA et disposent toutes d'au moins un point de suivi. De façon plus détaillée, chaque entités BDLISA dispose également d'un point de suivi avec un historique plus ou moins important ce qui permet de mieux cerner le comportement hydrodynamique du niveau de la nappe qui peut varier d'une entité hydrogéologique à une autre, d'une entité BDLISA à une autre et selon le contexte local (point de suivi piézométrique).

Tableau 6 : Nombre de piézomètres par entités hydrogéologiques (masses d'eau) et entités hydrogéologiques BDLISA présentes sur le territoire

Entité Hudrogéalagique (massa dianu)		code entité hydrogéologique - nombre de piézomètres											
Entité Hydrogéologique (masse d'eau)	113AC 15	104AB 01	113AF01	175AA01	175AG 01	175Al01	183AA01	183AA02	930FA01				
GG022 : Bassin versant de l'estuaire de la Loire		5		12	3	1							
GG025 : Bassin versant de la baie de Bourgneuf - Marais Breton							1	1					
GG038 : Calcaires et sables du bassin tertiaire de Campbon captif			2										
GG114 : Alluvions de la Loire armoricaine									6				
GG117 : Sables et calcaires du bassin tertiaire de Machecoul libres		1	2										
GG118 : Sables et calcaires du bassin tertiaire de St-Gildas-des-Bois libres			2										
GG139 : Sables et calcaires du bassin tertiaire de Nort-sur-Erdre libres	1	4											
GG140 : Sables et calcaires du bassin tertiaire de Mazerolles captifs		2											
GG148: Bassins tertiaires du socle armoricain		1											

En termes de complétude de données, parmi ces 44 piézomètres :

- 5 ne sont aujourd'hui plus en activité: 04503X0068/PZ2 (entité FRGG038 entre 5 et 10 ans de données), 04513X0112/OS1 (entité FRGG139 entre 5 et 10 ans de données), 04514X0084/S14BIS (entité FRGG139 plus de 20 ans de données), 04518X0042/PZ8 (entité FRGG139 entre 5 et 10 ans de données) et 04518X0045/MSM1 (entité FRGG140 entre 10 et 15 ans de données);
- 20 disposent d'une chronique de données de moins de 10 ans ;
- 19 disposent d'une chronique de plus de 10 ans de données dont 16 avec une emprise supérieure à 20 ans.

Tableau 7 : Emprise des chroniques de données des piézomètres du territoire par entités hydrogéologiques

Entités hydrogéologiques (masses d'eau)	Moins de 5 ans	entre 5 et 10 ans	entre 10 et 15 ans	entre 15 et 20 ans	Plus de 20 ans	Total général
GG022 : Bassin versant de l'estuaire de la Loire	17		1	2	1	21
GG025 : Bassin versant de la baie de Bourgneuf - Marais Breton		1			1	2
GG038: Calcaires et sables du bassin tertiaire de Campbon captif		2				2
GG114: Alluvions de la Loire Armoricaine		1	2		3	6
GG117: Sables et calcaires du bassin tertiaire de Machecoul libres					3	3
GG118: Sables et calcaires du bassin tertiaire de St-Gildas-des-Bois libres					2	2
GG139: Sables et calcaires du bassin tertiaire de Nort-sur-Erdre libres		1			4	5
GG140 : Sables et calcaires du bassin tertiaire de Mazerolles captifs			1		1	2
GG148: Bassins tertiaires du socle armoricain					1	1
Total général	17	5	4	2	16	44

En moyenne, les piézomètres du territoire encore actifs présentent une chronique d'environ 13 ans de données mais une très forte variabilité est constatée d'un suivi à un autre. Le suivi le plus ancien est celui du piézomètre BSS001GNWX (04806X0003/SF) situé à Saint-Père-en-Retz avec plus de 30 ans de données (mis en service en décembre 1990). A l'inverse, l'ouvrage BSS004DJQW, créé en juillet 2022 et localisé sur la commune de Saint-Herblain est le plus



récent et ne présente que 406 mesures de niveaux soit moins d'un an et demi de suivi. A noter, que 14 ouvrages ont été créés depuis 2022 et disposent donc de moins de 2 ans de données.

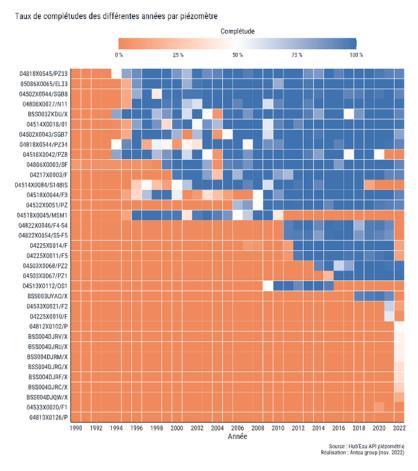
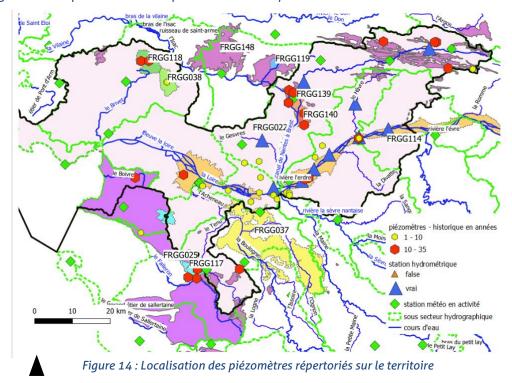


Figure 13 : Complétude des chroniques de données des piézomètres du territoire créés avant mai 2022



# 5.2. ANALYSE STATISTIQUE DES CHRONIQUES DE NIVEAU

L'analyse statistiques des chroniques piézométriques a été réalisée à partir de plusieurs indicateurs:

- Autocorrélogramme et périodogramme ;
- Niveau moyen annuel et sa tendance;
- Cyclicité du niveau ou inertie de nappe ;
- Niveau moyen minimal annuel (HCNn);
- Niveau moyen minimal annuel (HMNA);
- Indice piézométrique mensuel standardisé et sa tendance ;
- Niveaux mensuels mini, moyen, médian, maxi, tendances d'évolution associées;
- Variations des niveaux mensuels :
- Sécheresse (nombre, durée, magnitude, intensité).

Les résultats des différents indicateurs sont présentés en annexe et les modalités d'analyse dans le cahier des méthodes.

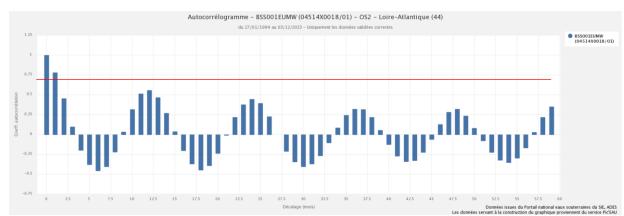
Une analyse statistique plus complète a été réalisée sur les points de suivi disposant des chroniques de niveaux piézométriques les plus longues et les plus robustes à savoir les points suivants: BSS001DLRR, BSS001ESVX, BSS001ETCE, BSS001EUZH, BSS001EUZK, BSS001EYJM, BSS001GNWX, BSS001GPCB, BSS001HBQA, BSS003ZKDU. Les résultats détaillés pour ces points sont reportés sous forme de fiches en annexe.

### 5.2.1. Inertie et cyclicité des nappes

Les corrélogrammes et périodogrammes permettent d'analyser les series temporelles de niveaux piezométriques et d'en étudier les variations saisonnières.

Les résultats présentés ci-dessous sont issus de traitements statistiques effectués depuis la plateforme ADES.

La majorité des piézomètres du territoire (environ 75% soit 32 sur les 44) présentent une inertie pouvant être qualifiée de faible. En effet, comme il peut être observé sur la figure cidessous, dès le deuxième mois (n+2), l'autocorrélation s'avère peu significative (proche du seuil de significativité de 0,7) et traduit un temps de réponse rapide vis-à-vis de la recharge (pluviométrie ou autre).



#### Figure 15: autocorrélogramme – piézomètre BSS001EUMW (inertie faible)

Pour 4 piézomètres (BSS001DMWB, BSS001DMWF, BSS001GPPU et BSS001GSMF), tous localisés dans l'entité hydrogéologiques FRGG022 – Bassin versant de l'estuaire de la Loire, ce temps de réponse est encore plus rapide (<2 mois) et l'inertie qualifiée de très faible.

Enfin, 7 piézomètres se démarquent avec des niveaux moyens des mois n+1 à n+3 encore corrélés, ce qui se traduit par une inertie modérée et donc un temps de réponse des aquifères plus élevé. Ces piézomètres sont tous implantés sur des entités hydrologiques de type sable et calcaire et en majorité (3 sur 7) dans le secteur de Nort-sur-Erdre - entités hydrogéologiques FRGG139. A noter que 2 se démarquent par leur localisation : l'ouvrage BSS001DLRR implanté dans l'entité hydrogéologique des bassins tertiaires du socle armoricain (FRGG148) et l'ouvrage BSS001GPCB qui, lui, se situe dans les alluvions de la Loire (FRGG114).

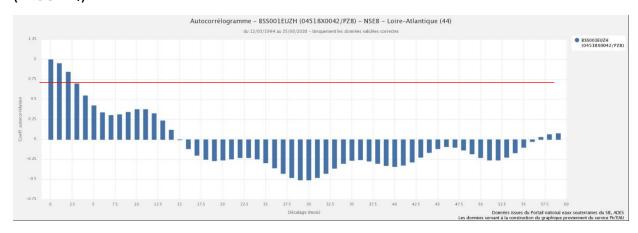


Figure 16: autocorrélogramme – Piézomètre BSS001EUZH (inertie modérée)

La cyclicité des nappes est définie à partir d'un traitement du signal de la chronique piézométrique. Deux approches complémentaires ont été réalisées, une première sur le temps long en prenant en compte l'ensemble de la chronique des données disponibles et une autre sur le temps court (de 2012 à 2020). Sur les 44 piézomètres du territoire, 27 ont pu faire l'objet d'une caractérisation, soit sur le temps court, soit sur le temps long ou les deux.

A l'échelle du temps court, la plupart des piézomètres affichent une cyclicité de l'ordre de 12 mois. En d'autres termes, le cycle de recharge / décharge des aquifères se fait donc sur une année, ce qui est cohérent avec les caractéristiques des nappes suivies (nappe libre).

Quelques exemples sont présentés dans les figures ci-dessous.



#### Analyse de la cyclicité Code BSS : 04518X0044/F3

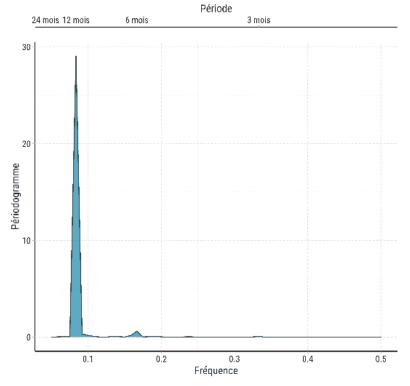
#### Analyse de la saisonnalité

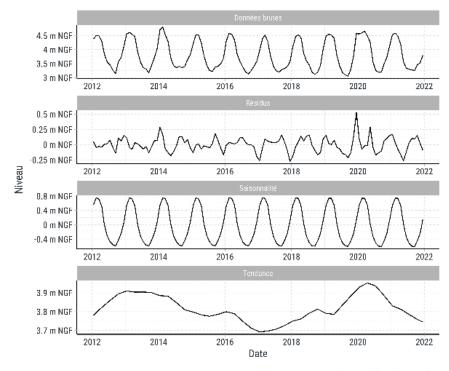
Force de saisonnalité : 95%, force de la tendance : 28%



#### Analyse de la période de la cyclicité

Période principale : 12 mois





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

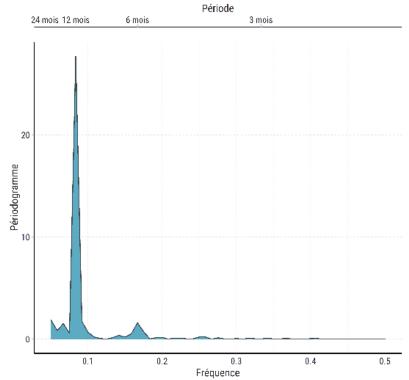


#### Analyse de la cyclicité Code BSS : 04225X0014/F

# Schlare Substitution

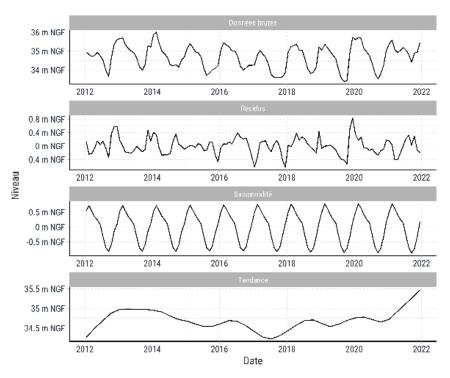
#### Analyse de la période de la cyclicité

Période principale : 12 mois



#### Analyse de la saisonnalité

Force de saisonnalité : 81%, force de la tendance : 54%



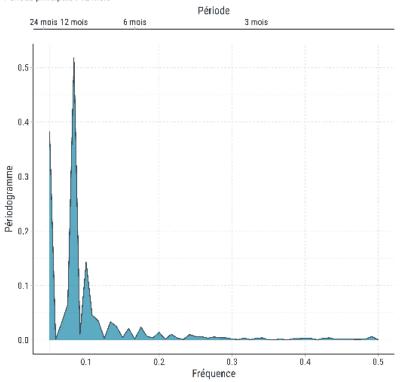
Source : Hub'Eau API piézométrie Réalisation : Antea group (nov. 2022)



# State o when

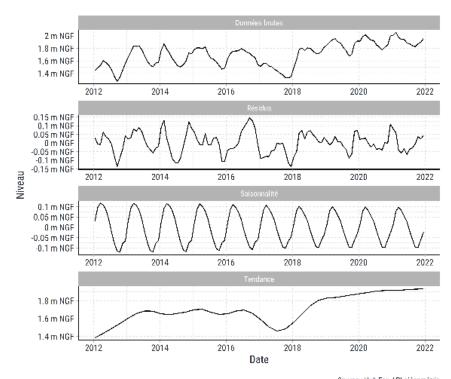
#### Analyse de la période de la cyclicité

Période principale : 12 mois



#### Analyse de la saisonnalité

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



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

Figure 17 : Analyse de la cyclicité sur quelques piézomètres du territoire



L'étude de la cyclicité sur le temps long (chronique complète) met en lumière 11 points de suivi pour lesquels la cyclicité est plus longue: BSS001DMWC, BSS001EYJM, BSS001ETCD, BSS001ETCE, BSS001GPCB, BSS001HEDS, BSS003UYAO, BSS001EUNG, BSS003ZKDU, BSS001EUZK. BSS001DLRR.

Ces ouvrages affichent une cyclicité principale comprise entre 40 mois soit un peu plus de 3 ans (piézomètre BSS001HEDS implanté sur l'entité hydrogéologique FRGG114 – alluvions de la Loire) et 360 mois sur le piézomètre BSS001EUZK localisé sur l'entité FRGG140 - Sables et calcaires du bassin tertiaire de Mazerolles captifs.

BSS_NEW	code_bss	nom commune	Code MESO	Nom MESO	nbre année	Périodogramme (ADES)	
						1 11.7	Γ.

Tableau 8 : Caractéristiques des 11 piézomètres présentant une cyclicité plus importante

BSS_NEW	code_bss	nom commune	Code MESO	Nom MESO	nbre année	Périodogramme (ADES)	cyclicité période tot.
BSS001DMWC	04225X0011/F5	Montsoreau	GG022	Bassin versant de l'estuaire de la Loire	12,0	saisonnalité et	Cyclicité principale : 144 mois, cyclicité
						pluriannualité	secondaire : 12 mois.
BSS001EYJM	04532X0051/PZ	Val d'Erdre-Auxence	GG022	Bassin versant de l'estuaire de la Loire	17.9	saisonnalité et	Cyclicité principale : 72 mois, cyclicité
DOSOGIETINI	0433210031/12	Val a Elaic Adactice	00022	bassiii versaiit de l'estadire de la zoire	17,5	pluriannualité	secondaire : 120 mois.
BSS001FTCD	04503X0067/PZ1	Campbon	GG038	Calcaires et sables du bassin tertiaire de	8.1	saisonnalité et	100 mois
DSSOUTETED	04303X0007/121	Campbon		Campbon captif	0,1	pluriannualité	100111013
BSS001ETCE	04503X0068/PZ2	Campbon	GG038	Calcaires et sables du bassin tertiaire de	8.7	saisonnalité et	108 mois
BSSOUTETCE	04503X0068/PZZ	Campbon	GG038	Campbon captif	8,7	pluriannualité	108 mois
DCC001CDCD	04808X0027/N11	F	GG114	Alluvions de la Loire Armoricaine	28.1	saisonnalité et	Cyclicité principale : 120 mois, cyclicité
BSS001GPCB	04808X0027/N11	Frossay	GG114	Alluvions de la Loire Armoricaine	28,1	pluriannualité	secondaire : 360 mois.
DCC004LIEDC	04822X0046/F4-S4	Order all Amiron	GG114	Alluvions de la Loire armoricaine	12,9	saisonnalité et	Cyclicité principale : 40 mois, cyclicité
BSS001HEDS	04822X0046/F4-34	Orée d'Anjou	GG114	Alluvions de la Loire armoricaine	12,9	pluriannualité	secondaire : 32 mois.
DCC003LIVA O		Out - Diaminu	GG114	Alluvions de la Loire armoricaine		and a sum of the C	Cyclicité principale : 72 mois, cyclicité
BSS003UYAO		Orée D'Anjou	GG114	Alluvions de la Loire armoricaine	5,9	saisonnalité	secondaire : 36 mois.
	0.454.0100004/04.4010			Sables et calcaires du bassin tertiaire de		saisonnalité et	Cyclicité principale : 135 mois, cyclicité
BSS001EUNG	04514X0084/S14BIS	Nort-sur-Erdre	GG139	Nort-sur-Erdre libres	22,5	pluriannualité	secondaire : 90 mois.
			GG139	Sables et calcaires du bassin tertiaire de		saisonnalité et	Cyclicité principale : 72 mois, cyclicité
BSS003ZKDU	BSS003ZKDU/X	Nort-sur-Erdre	GG139	Nort-sur-Erdre libres	29,8	pluriannualité	secondaire: 120 mois.
	0.45.400.400.4.4/50			Sables et calcaires du bassin tertiaire de		saisonnalité et	Cyclicité principale : 360 mois, cyclicité
BSS001EUZK	04518X0044/F3	Petit-Mars	GG140	Mazerolles captifs	28,1	pluriannualité	secondaire : 180 mois.
		Saint-Sulpice-des-				saisonnalité et	Cyclicité principale : 58 mois, cyclicité
BSS001DLRR	04217X0003/F	Landes	GG148	Bassins tertiaires du socle armoricain	23,9	pluriannualité	secondaire : 12 mois.

La localisation de ces points ne révèle pas de logique géographique, ceux-ci étant disséminés un peu partout sur le territoire et sur différentes entités hydrogéologiques. Géographiquement, ces points sont répartis sur 6 entités hydrogéologiques différentes : FRGG022, FRGG038, FRGG114, FRGG139, FRGG140 et FRGG148.

Si l'on étudie plus en détail le comportement des niveaux piézométriques de ces points sur le temps court, ceux-ci peuvent être regroupés en 2 catégories bien distinctes :

- Des points avec une saisonnalité dominante (ensemble vert): 8 points de suivi et 6 entités hydrogéologiques concernés (FRGG022, FRGG114, FRGG118, FRGG139, FRGG140 et FRGG148);
- Des points avec un comportement mixte (ensemble orange): 3 points de suivi et 3 entités hydrogéologiques concernés (FRGG022, FRGG114, FRGG148).

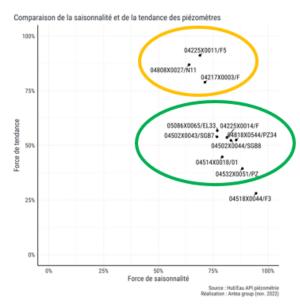


Figure 18 : Inertie de nappe (corrélation : force saisonnalité et force tendance)

Tableau 9 : Détermination des cyclicités par piézomètre

BSS_NEW	code_bss	prof en m	typologie aquifère selon coupe	nature aquifère	Code MESO	Nom MESO	Entité BDLISA	nbre année	cyclicité 2012-2020	cyclicité période tot.
BSS001DMWB	04225X0010/F	26,7	sables avec un petit niveau argileux (pliocène)	libre	GG022	Bassin versant de l'estuaire de la Loire	104AB01	2,5	NC NC	11 mois
BSS001DMWC	04225X0011/F5	28,0	sables quelques passées argileuses (pliocène)	libre	GG022	Bassin versant de l'estuaire de la Loire	104AB01	12,0	12 mois	Cyclicité principale : 144 mois, cyclicité secondaire : 12 mois.
BSS001DMWF	04225X0014/F	30,0	sables (pliocène)	libre	GG022	Bassin versant de l'estuaire de la Loire	104AB01	16,3	12 mois	12 mois
BSS001EYJM	04532X0051/PZ	22,0	socle (schistes) recouvrement sablo-argileux	libre	GG022	Bassin versant de l'estuaire de la Loire	175AG01	17,9	12 mois	Cyclicité principale : 72 mois, cyclicité secondaire : 120 mois.
BSS001JRHS	05086X0065/EL33	24,0	sables quelques passées argileuses (PQ+Eocène)	libre	GG022	Bassin versant de l'estuaire de la Loire	175AI01	28,1	12 mois	Cyclicité principale : 12 mois, cyclicité secondaire : 360 mois.
BSS001GNWX	04806X0003/SF	70,0	socle (micaschistes et gneiss)	libre	GG025	Bassin versant de la baie de Bourgneuf - Marais Breton	183AA01	33,0	NC	12 mois
BSS001JNYB	05072X0116/PZ	45,5	socle (micaschistes)	libre	GG025	Bassin versant de la baie de Bourgneuf - Marais Breton	183AA02	9,1	NC	
BSS001ETCD	04503X0067/PZ1	38,0	calcaire sous recouvrement argiles puis sables (épaisseur 28 m) (PQ+Eocène)	captif	GG038	Calcaires et sables du bassin tertiaire de Campbon captif	113AF01	8,1	NC	100 mois
BSS001ETCE	04503X0068/PZ2	8,0	calcaire sous recouvrement argiles sableuses (PQ+Eocène)	libre	GG038	Calcaires et sables du bassin tertiaire de Campbon captif	113AF01	8,7	NC	108 mois
BSS001GPCB	04808X0027/N11	30,0	sables sous recouvrement argileux (20 m) (Quaternaire)	captif	GG114	Alluvions de la Loire Armoricaine	930FA01	28,1	12 mois	Cyclicité principale : 120 mois, cyclicité secondaire : 360 mois.
BSS001HBQA	04818X0544/PZ34	8,0	sables sous recouvrement argileux (limons et argiles - 6 m) (Quaternaire)	libre	GG114	Alluvions de la Loire armoricaine	930FA01	29,4	12 mois	12 mois
BSS001HEEA	04822X0054/S5-F5	22,8	sables (Quaternaire)	libre	GG114	Alluvions de la Loire armoricaine	930FA01	12,8	NC	Cyclicité principale : 12 mois, cyclicité secondaire : 40 mois.
BSS001HBQB	04818X0545/PZ33	8,3	sable sous recouvrement limons argileux (2 m) (Quaternaire)	libre	GG114	Alluvions de la Loire armoricaine	930FA01	29,4	NC	Cyclicité principale : 12 mois, cyclicité secondaire : 72 mois.
BSS001HEDS	04822X0046/F4-S4	20,0	sables (Quaternaire)	libre	GG114	Alluvions de la Loire armoricaine	930FA01	12,9	NC	Cyclicité principale : 40 mois, cyclicité secondaire : 32 mois.
BSS003UYAO			alluvions	libre	GG114	Alluvions de la Loire armoricaine	930FA01	5,9	NC	Cyclicité principale : 72 mois, cyclicité secondaire : 36 mois.
BSS001JPMP	05078X0041/PZN3	6,0	sables (Pliocène)	libre	GG117	Sables et calcaires du bassin tertiaire de Machecoul libres	104AB01	29,4	NC	
BSS001JPMN	05078X0040/PZN1	15,0	alternance sables et grès (Eocène)	libre	GG117	Sables et calcaires du bassin tertiaire de Machecoul libres	113AF01	29,4	NC	
BSS001JPMQ	05078X0042/PZN5	8,0	sables, grès calcaires (Eocène)	libre	GG117	Sables et calcaires du bassin tertiaire de Machecoul libres	113AF01	29,4	NC	
BSS001ESVY	04502X0044/SGB8	10,5	calcaires et calcaires coquillers sous recouvrement argile et sable argileux peu épais (2 m) (Quat+Eocène)	libre	GG118	Sables et calcaires du bassin tertiaire de St-Gildas- des-Bois libres	113AF01	28,1	12 mois	12 mois
BSS001ESVX	04502X0043/SGB7	20,0	calcaires et calcaires coquillers (QUAT+Eocène)	libre	GG118	Sables et calcaires du bassin tertiaire de St-Gildas- des-Bois libres	113AF01	28,1	12 mois	12 mois
BSS001EUMW	04514X0018/01	19,5	calcaire (1m) et argile et marnes (Pliocène + Oligocène)	libre	GG139	Sables et calcaires du bassin tertiaire de Nort-sur- Erdre libres	113AC15	29,9	12 mois	12 mois
BSS001EUJD	04513X0112/OS1	19,5	calcaire (1m) et argile et marnes	libre	GG139	Sables et calcaires du bassin tertiaire de Nort-sur- Erdre libres	104AB01	6,5	NC	11 à 13 mois
BSS001EUNG	04514X0084/S14BIS	18,5	sable (Pliocène)	libre	GG139	Sables et calcaires du bassin tertiaire de Nort-sur- Erdre libres	104AB01	22,5	NC	Cyclicité principale : 135 mois, cyclicité secondaire : 90 mois.
BSS001EUZH	04518X0042/PZ8	10,0	sable (Pliocène)	libre	GG139	Sables et calcaires du bassin tertiaire de Nort-sur- Erdre libres	104AB01	26,3	NC	72 mois
BSS003ZKDU	BSS003ZKDU/X	16,0	sable (Pliocène)	libre	GG139	Sables et calcaires du bassin tertiaire de Nort-sur- Erdre libres	104AB01	29,8	NC	Cyclicité principale : 72 mois, cyclicité secondaire : 120 mois.
BSS001EUZK	04518X0044/F3	7,0	argile + sable (PQ+Pliocène)	libre	GG140	Sables et calcaires du bassin tertiaire de Mazerolles captifs	104AB01	28,1	12 mois	Cyclicité principale : 360 mois, cyclicité secondaire : 180 mois.
BSS001DLRR	04217X0003/F	8,0	calcaires avec recouvrement tourbe 1 m (Quat+Pliocène)	libre	GG148	Bassins tertiaires du socle armoricain	104AB01	23,9	12 mois	Cyclicité principale : 58 mois, cyclicité secondaire : 12 mois.

## 5.2.2. Analyse des niveaux piézométriques moyens annuels et mensuels

L'analyse des niveaux piézométriques moyens a été réalisée à partir des données journalières disponibles. Ainsi, selon les traitements, celles-ci ont été moyennées à l'échelle mensuelle puis annuelle afin de pouvoir calculer des niveaux moyens et médians sur la totalité de l'historique valide et les dix dernières années (2012-2022). Seuls les piézomètres disposant de plus de 10 ans de données ont été mobilisés afin d'obtenir des résultats robustes.

Dans un premier temps, les niveaux annuels moyens et médians ont été calculés afin de déterminer les amplitudes moyennes des piézomètres.

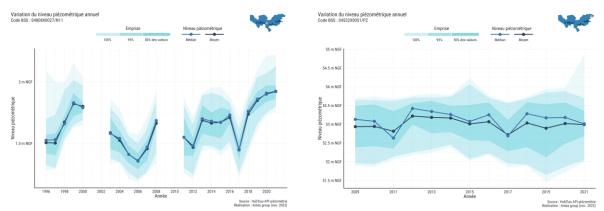


Figure 19 : Niveau annuel moyen et médian (emprise des variations) sur les piézomètres 04808X0027/N11 et 04532X0051/PZ

Annuellement, les amplitudes moyennes oscillent selon les entités hydrogéologiques entre 3,5m et 13m. Trois grands groupes peuvent être déterminés :

- Les entités hydrogéologiques pour lesquelles l'amplitude moyenne annuelle est inférieure à 5m. Ce groupe comprend l'ensemble des entités hydrogéologiques de type sable et calcaire ainsi que celle de socle. A noter que cette dernière présente une amplitude maximale plus élevée que les autres.
- Les entités hydrogéologiques pour lesquelles l'amplitude moyenne annuelle est supérieure à 5m mais inférieure à 10m. Ces valeurs plus élevées de battement peuvent être reliées soit à des fonctionnements hydrogéologiques particuliers comme l'influence de la Loire ou des usages tel que l'alimentation en eau potable notamment.
- La nappe de Campbon (FRGG038) dont l'amplitude moyenne annuelle est supérieure à 10m du fait notamment de la présence de prélèvements AEP.



Tableau 10 : Amplitude annuelle des niveaux piézométriques sur la période totale

Entités hydrogéologiques (masses d'eau)	nombre de piézomètres	Moyenne des amplitudes annuelles	Min.des amplitudes annuelles	Max. des amplitudes annuelles
GG022 : Bassin versant de l'estuaire de la Loire	7	3,5	0,0	5,8
GG025 : Bassin versant de la baie de Bourgneuf - Marais Breton	1	3,0		
GG038 : Calcaires et sables du bassin tertiaire de Campbon captif	1	13,0		
GG114 : Alluvions de la Loire Armoricaine	6	6,1	1,0	15,0
GG117 : Sables et calcaires du bassin tertiaire de Machecoul libres	2	2,1	1,7	2,5
GG118 : Sables et calcaires du bassin tertiaire de St- Gildas-des-Bois libres	2	2,3	2,1	2,5
GG139 : Sables et calcaires du bassin tertiaire de Nort-sur- Erdre libres	5	3,2	2,4	4,8
GG140 : Sables et calcaires du bassin tertiaire de Mazerolles captifs	2	2,6	2,2	3,0
GG148 : Bassins tertiaires du socle armoricain	1	7,8	7,8	7,8

Afin de caractériser l'évolution des niveaux piézométriques, une étude de tendance a été menée sur les niveaux de référence suivants :

- Niveau minimum
- Quantile 2,5% (niveau piézométrique dépassé 97,5% du temps)
- Quantile 25% (niveau piézométrique dépassé 75% du temps)
- Niveau moyen
- Niveau médian
- Quantile 75% (niveau piézométrique dépassé 25% du temps)
- Quantile 97,5% (niveau piézométrique dépassé 2,5% du temps)
- Niveau maximum

Sur l'ensemble des chroniques de mesures, 8 piézomètres affichent des tendances significatives statistiquement.

Ainsi, les ouvrages BSS001EUMW (Sables et calcaires du bassin tertiaire de Nort-sur-Erdre libres), BSS001EUZK (Sables et calcaires du bassin tertiaire de Mazerolles captifs) et BSS001JRHS (Bassin versant de l'estuaire de la Loire) affichent des tendances à la baisse des niveaux les plus bas de l'ordre de 3,5 cm/an en moyenne. A contrario, l'ouvrage BSS001EUZL (Sables et calcaires du bassin tertiaire de Mazerolles captifs) affiche lui une hausse de ses niveaux piézométriques les plus bas de l'ordre de 3,9 cm/an en moyenne.

Les piézomètres BSS001EYJM (Bassin versant de l'estuaire de la Loire), BSS001GPCB et BSS001HEEA (Alluvions de la Loire Armoricaine) voit, quant à eux, leurs niveaux médians ou haut (maximum ou quantile 75%) augmenter. A noter que pour le dernier ouvrage cité, l'augmentation du niveau maximum est importante avec environ 10,3 cm/an.

Enfin, le piézomètre BSS001GNWX localisé sur la masse d'eau souterraine dont une partie seulement est localisée sur le périmètre d'étude affiche une baisse généralisée de ces niveaux avec :

Ses niveaux les plus bas (minimum et quantile 2,5% et 25%) qui diminuent de l'ordre de 4,3cm/an;

- Ses niveaux moyens et médian enregistrant une régression moyenne de 2,5 cm/an ;

Toutefois, l'ensemble des ouvrages disposant de chroniques plus ou moins longues et tronquées dans le temps, il reste difficile de comparer leurs évolutions. Un second traitement a donc été réalisé sur les dix dernières années (2012-2021), période sur laquelle plusieurs ouvrages (11) affichent une chronique complète et robuste.

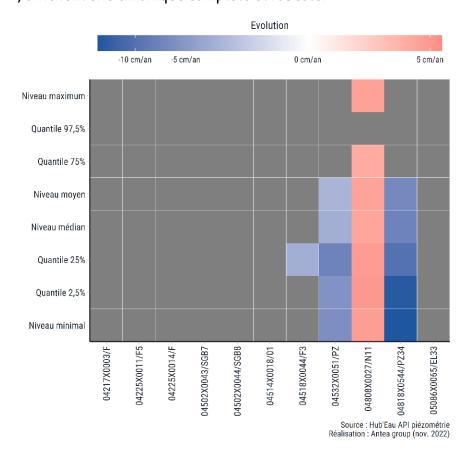


Figure 20 : Tendances annuelles sur la piézométrie entre 2012 et 2021

Sur la période 2012-2021, seuls 4 piézomètres affichent des tendances dites significatives. Sur 3 de ces 4 ouvrages, les tendances sont à la baisse sur les niveaux bas et moyens avec une diminution particulièrement marquée (environ -14 cm/an sur le niveau minimum et le quantile 2,5%) pour le piézomètre BSS001HBQA (04818X0544/PZ34) implanté dans les alluvions de la Loire armoricaine au niveau de la commune de Basse-Goulaine. Cette diminution peut être mise en relation avec les prélèvements AEP de l'île Lorideau, effectués à proximité et dont les volumes ont augmenté ces dernières années.

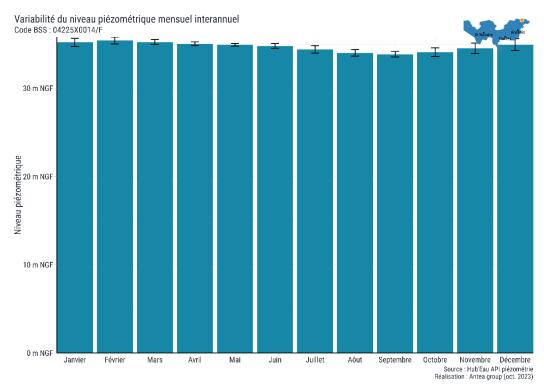
A contrario, la tendance observée précédemment sur l'ouvrage BSS001GPCB (04808X0027/N11) se confirme avec une augmentation généralisée des niveaux piézométriques d'environ 4 cm/an. Ce constat peut être également relié avec les prélèvements AEP et notamment l'arrêt de prélèvements à Frossay.

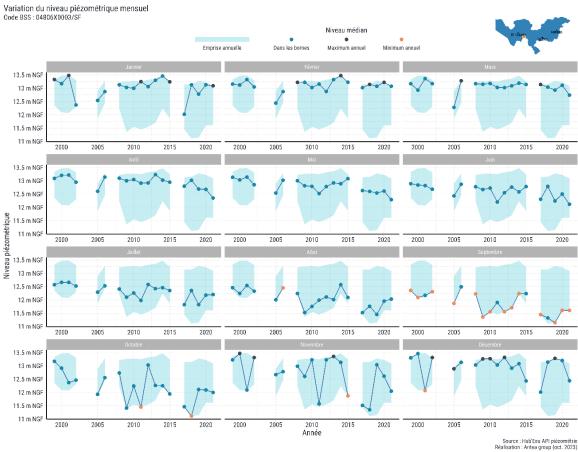
Tableau 11 : Tendance significative sur les niveaux moyens annuels des piézomètres du territoire

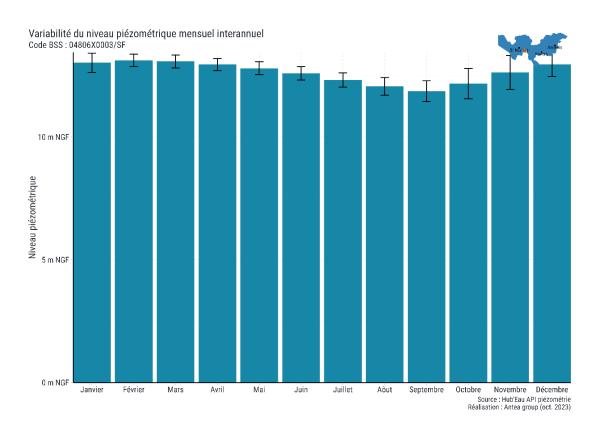
Code BSS		prof	typologie	Code	Nom MESO /	Chronique	T	endan	ce sig	nificat	tives N	liveau	x (cm/a	ın)
new	Code BSS	en m	aquifère selon coupe	MESO	entité hydrogéologique	étudiée	min	Q2,5	Q25	Moy	Med	Q75	Q97,5	Max
BSS001EYJM	04532X0051/PZ	22,0	socle (schistes)	GG022	Bassin versant de	2012-2020	-6,0	-5,6	-7,4	-2,6	-3,0	-	-	-
DOSOGIETIVI	0433270031/12	22,0	sablo-argileux	00022	l'estuaire de la Loire	Complète	-	-	-	-	-	-	-	2,5
DCC004 IDLIC	0500600065/5100	24.0	sables quelques passées	00000	Bassin versant de	2012-2020	-	-3,9	-4,0	-3,3	-3,4	-	-	-2,4
BSS001JRHS	05086X0065/EL33	24,0	argileuses (PQ+Eocène)	GG022	l'estuaire de la Loire	Complète	4,5	5,0	4,7	4,0	3,8	3,4	-	4,3
BSS001GNWX	04806X0003/SF	70,0	socle (micaschistes et	GG025	Bassin versant de la baie de Bourgneuf -	2012-2020	-14,8	-14,0	-10,0	-6,6	-7,4		-	-
Bosocianna		, 0,0	gneiss)	00023	Marais Breton	Complète	-4,4	-4,7	-3,9	-2,7	-2,4	-1,2	-	-
			sables sous recouvrement		Alluvions de la Loire	2012-2020	-	-	-	-	-	-	-	-
BSS001GPCB	04808X0027/N11	30,0	argileux (20 m) (Quaternaire)	GG114	Armoricaine	Complète	-	-	-	1,3	1,3	1,3	-	_
			sables sous recouvrement			2012-2020	-	-	-3,0	ı	-	-	-	-
BSS001HBQA	04818X0544/PZ34	8,0	argileux (limons et argiles - 6 m) (Quaternaire)	GG114	Alluvions de la Loire armoricaine	Complète	-	-	-	-	-	-	-	-
BSS001HEEA	04822X0054/S5-F5	22,8	sables	GG114	Alluvions de la Loire	2012-2020	-	-	-	-	-	-	-	-
DSSOUTIELA	0482270034/33-13	22,0	(Quaternaire)	00114	armoricaine	Complète	-	-	-	-	10,3	-	-	-
			calcaire (1m) et argile et marnes		Sables et calcaires du	2012-2020	-	-	-	-	-	-	-	-
BSS001EUMW	04514X0018/01	19,5	(Pliocène + Oligocène)	GG139	bassin tertiaire de Nort-sur-Erdre libres	Complète	-3,8	-3,7	ı	ı	-	-	-	-
BSS001EUZL	04518X0045/MSM1	70,0	sables (Pliocène)	GG140	Sables et calcaires du bassin tertiaire de	2012-2020	-	-	-	-	-	-	-	-
DOSCOTLOZE	0-7310700-3710131011	70,0	Judies (Filocelle)	30140	Mazerolles captifs	Complète	-	4,2	4,5	3,0	-	-	-	-
BSS001EUZK	04518X0044/F3	7,0	argile + sable	GG140	Sables et calcaires du bassin tertiaire de	2012-2020	-	-	-	-	-	-	-	-
DOSCOTLOZK	0-310/00/13	7,0	(PQ+Pliocène)	30170	Mazerolles captifs	Complète	-	-	-2,1	-	-	-	-	-

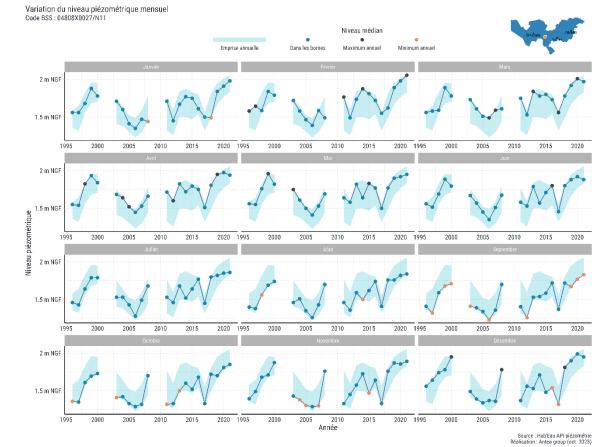
Plus en détail, l'évolution des niveaux mensuels a également été analysé afin de déterminer les tendances d'évolution et les amplitudes mensuelles moyennes par entité hydrogéologique.

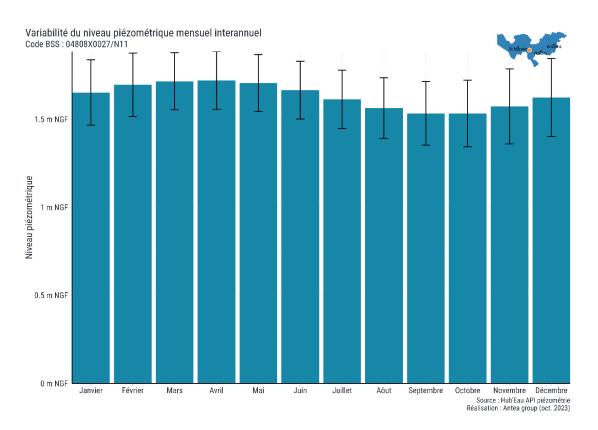














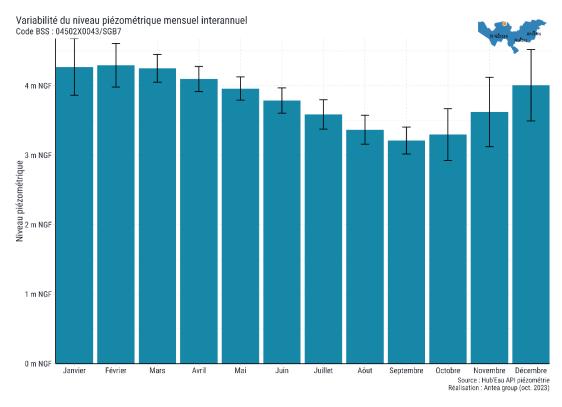


Figure 21 : Variations mensuelles (gauche) et mensuelles interannuelles (droite) du niveau de quelques points de suivi

Sur la période 2012-2020, les variations moyennes mensuelles sur les entités hydrogéologiques sont comprises entre 0,3 et 1,3 m. L'analyse de ces amplitudes permet de mettre avant 2 fonctionnement distinct ainsi :

- La nappe de Campbon (FRGG038) et les bassins tertiaires armoricains du socle (FRGG148) présentent toutes deux des amplitudes mensuelles supérieures au centimètre;
- Sur les autres entités hydrogéologiques, cette variation reste inférieure au centimètre;

Tableau 12 : Moyennes des amplitudes mensuelles – période 2012-2020

MESO / entités Hydrogéologiques	Moyenne des amplitudes mensuelle (cm)s
GG022 : Bassin versant de l'estuaire de la Loire	0,6
GG025 : Bassin versant de la baie de Bourgneuf - Marais Breton	0,4
GG038 : Calcaires et sables du bassin tertiaire de Campbon captif	1,1
GG114 : Alluvions de la Loire armoricaine	0,6
GG117 : Sables et calcaires du bassin tertiaire de Machecoul libres	Non réalisé
GG118 : Sables et calcaires du bassin tertiaire de St-Gildas-des-Bois libres	0,3
GG139 : Sables et calcaires du bassin tertiaire de Nort-sur-Erdre libres	0,5
GG140 : Sables et calcaires du bassin tertiaire de Mazerolles captifs	0,3
GG148 : Bassins tertiaires du socle armoricain	1,3

L'analyse de tendance sur les niveaux moyens mensuels permet d'identifier une dizaine de points sur lesquels elles se révèlent significatives. 6 d'entre eux présentent **ponctuellement** des tendances à la baisse et 4 points des tendances à la hausse. Ces tendances ponctuelles peuvent avoir plusieurs explications : modification des prélèvements, et/ou des apports sur certaines périodes par le cours d'eau proche ou encore une modification de la recharge.

Il est intéressant de noter que pour certains piézomètres, les tendances sont observées non pas sur un unique mois mais sur une période plus longue au cours de la dernière décennie :

- L'ouvrage BSS001GPCB implanté sur l'entité des alluvions de la Loire Armoricaine (FRGG144) présente une tendance significativement à la hausse de mai à novembre sur la période 2012-2020 ce qui corrobore celle observée sur les niveaux moyens annuels. A noter que si sur l'ensemble de la chronique, cette hausse du niveau moyen est également visible sur la période juillet à septembre.
- A l'inverse, le piézomètre BSS001HBQA qui capte également les alluvions de la Loire Armoricaine enregistre lui une diminution des niveaux moyens mensuels d'août à novembre.

Le tableau suivant synthétise les résultats du calcul des tendances tout en précisant le contexte environnemental proche des ouvrages (cours d'eau, pompage..).



Tableau 13 : Résultats des tendances sur les niveaux mensuels

Code BSS New	Code BSS	prof en m	Code MESO	Nom MESO	Typologie MESO	Nature MESO	Zone humide moins de 50 m	Station hydro proche	pompage proche	Cours d'eau moins de 100 m ou moins de 300 m (NIV1)	Tendance mensuelle (2012-2020)	Tendance mensuelle (toutes périodes)
BSS001DMWC	04225X0011/F5	28,0	GG022	Bassin versant de l'estuaire de la Loire	Socle	Entièrement libre	non	non	non	oui	baisse (octobre)	baisse (octobre)
BSS001EYJM	04532X0051/PZ	22,0	GG022	Bassin versant de l'estuaire de la Loire	Socle	Entièrement libre	non	non	non	oui	baisse en mai et septembre	Х
BSS001JRHS	05086X0065/EL33	24,0	GG022	Bassin versant de l'estuaire de la Loire	Socle	Entièrement libre	non	non	oui	non	baisse en mars	baisse en septembre à décembre et en mai
BSS001GNWX	04806X0003/SF	70,0	GG025	Bassin versant de la baie de Bourgneuf - Marais Breton	Socie	Entièrement libre	non	non	non	non	Х	baisse avril à octobre
BSS001GPCB	04808X0027/N11	30,0	GG114	Alluvions de la Loire Armoricaine	Alluvial	Entièrement libre	oui	non	oui mais à l'arrêt	non	hausse de mai à novembre	hausse mars et juillet à septembre
BSS001HBQA	04818X0544/PZ34	8,0	GG114	Alluvions de la Loire armoricaine	Alluvial	Entièrement libre	non	oui M800 0020	non	oui	baisse d'août à novembre	Х
BSS001HEEA	04822X0054/S5-F5	22,8	GG114	Alluvions de la Loire armoricaine	Alluvial	Entièrement libre	oui	oui M612001021	oui	oui	Х	hausse décembre et février
BSS001ESVX	04502X0043/SGB7	20,0	GG118	Sables et calcaires du bassin tertiaire de St- Gildas-des-Bois libres	Sédimentaire	Entièrement libre	non	non	non	non	Х	hausse février
BSS001EUMW	04514X0018/01	19,5	GG139	Sables et calcaires du bassin tertiaire de Nort-sur-Erdre libres	Sédimentaire	Entièrement libre	non	non	non	non	Х	baisse (octobre et septembre)
BSS001EUZK	04518X0044/F3	7,0	GG140	Sables et calcaires du bassin tertiaire de Mazerolles captifs	Sédimentaire	Entièrement captif	oui	non	non	oui	Х	hausse mars, avril et baisse juillet à octobre

X: tendance non significative







Les niveaux moyens minimaux annuels (3,7,10 et 30 jours) représentent les niveaux les plus bas observés sur 3,7,10 et 30 jours.

Leur détermination a été réalisée sur 22 ouvrages : les 19 points de suivi ayant une chronique de données supérieure à 10 ans ainsi que sur 3 autres points afin d'avoir une vision globale sur les entités hydrogéologiques / masses d'eau FRGG022, FRGG025, FRGG038, FRGG114, FRGG118, FRGG139, FRGG140, FRGG148. Les résultats sont présentés graphiquement et synthétisés dans un tableau (valeur annuelle moyenne HCNn et valeur mini HCNn avec date associée).







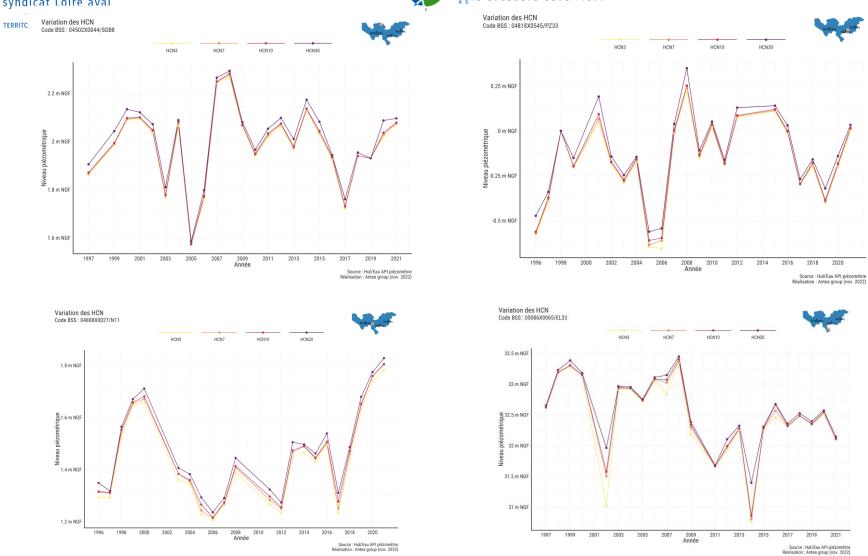


Figure 22: Niveaux moyens minimaux annuels 3, 7, 10 et 30 jours sur quelques points de suivi







Les niveaux moyens minimaux annuels calculés sur les 22 ouvrages sont observés sur 13 années différentes allant de 1996 pour le piézomètre BSS001HBQA dans les alluvions de la Loire (côte de 0,75m NGF le 23/09/1996) à 2019 pour les points de suivi BSS001DMWF et BSS001EYJM sur le bassin versant de l'estuaire de la Loire, BSS001EUMW localisé dans les Sables et calcaires du bassin tertiaire de Nort-sur-Erdre libres et BSS001EUZK implanté dans les Sables et calcaires du bassin tertiaire de Mazerolles captifs.

Toutefois, la moitié de ces niveaux sont observés au cours des années 2006 (3 points), 2017 (3 points) et 2019 (4 points) et ce sur 6 des 8 entités hydrogéologiques (FRGG022 - Bassin versant de l'estuaire de la Loire, FRGG038 - Calcaires et sables du bassin tertiaire de Campbon captif, FRGG114 - Alluvions de la Loire Armoricaine, FRGG118 - Sables et calcaires du bassin tertiaire de St-Gildas-des-Bois libres, FRGG139 - Sables et calcaires du bassin tertiaire de Nortsur-Erdre libres et FRGG140 - Sables et calcaires du bassin tertiaire de Mazerolles captifs).

A noter que si d'un point de vue pluviométrique, l'année 2017 est qualifiée d'année sèche, ce n'est pas le cas des année 2006 et 2019 qui présentent une qualification modérément humide.

Tableau 14 : Niveaux moyens minimaux annuels (moyenne) et valeur minimale avec date associée

Code MESO	Nom MESO Entité hydrogéologique	Code BSS New	Code BSS	Nbre année de suivi	HCN3 (moyen) m NGF (valeur la plus basse et date)	HCN30 (moyen) m NGF (valeur la plus basse et date)
GG022	Bassin versant de l'estuaire de la Loire	BSS001DMWC	04225X0011/F5	12,0	34,26 m NGF(33,19 m NGF 08/12/2017)	34,34 m NGF(33,26 m NGF 25/11/2017)
GG022	Bassin versant de l'estuaire de la Loire	BSS001DMWF	04225X0014/F	16,3	33,74 m NGF(33,3 m NGF 24/09/2019)	33,8 m NGF(33,36 m NGF 20/09/2019)
GG022	Bassin versant de l'estuaire de la Loire	BSS001EYJM	04532X0051/PZ	17,9	51,99 mNGF (51,48 mNGF 22/09/2019)	52,09 mNGF (51,66 mNGF 11/09/2019)
GG022	Bassin versant de l'estuaire de la Loire	BSS001JRHS	05086X0065/EL33	28,1	32,44 mNGF (30,75 mNGF 28/06/2014)	32,59 mNGF (31,39 mNGF 15/07/2014)
GG025	Bassin versant de la baie de Bourgneuf - Marais Breton	BSS001GNWX	04806X0003/SF	33,0	11,62 mNGF (10,93 mNGF 05/11/2018)	11,75 mNGF (10,04 mNGF 24/10/2018)
GG038	Calcaires et sables du bassin tertiaire de Campbon captif	BSS001ETCD	04503X0067/PZ1	8,1	-5,28 mNGF (-7,27 mNGF 30/12/2017)	-5,24 m NGF (-6,81 mNGF 26/11/2017)
GG038	Calcaires et sables du bassin tertiaire de Campbon captif	BSS001ETCE	04503X0068/PZ2	8,7	1,18 mNGF (-0,54 mNGF 12/11/2018)	1,45 mNGF (-0,28 mNGF 03/11/2018)
GG114	Alluvions de la Loire Armoricaine	BSS001GPCB	04808X0027/N11	28,1	1,46 mNGF (1,23 mNGF 04/09/2006)	1,42 mNGF (1,20 mNGF 05/09/2006)
GG114	Alluvions de la Loire armoricaine	BSS001HBQA	04818X0544/PZ34	29,4	1,62 mNGF (0,75 mNGF 23/09/1996)	1,75 mNGF (0,83 mNGF23/09/1996)
GG114	Alluvions de la Loire armoricaine	BSS001HBQB	04818X0545/PZ33	29,4	-0,17 mNGF (-0,65 mNGF 02/01/2006)	-0,12 mNGF (-0,56 mNGF 19/10/2005)
GG114	Alluvions de la Loire armoricaine	BSS001HEDS	04822X0046/F4-S4	12,9	3,29 mNGF (2,09 mNGF 06/10/2011)	3,63 mNGF (2,47 mNGF 18/10/2011)







Code MESO	Nom MESO Entité hydrogéologique	Code BSS New	Code BSS	Nbre année de suivi	HCN3 (moyen) m NGF (valeur la plus basse et date)	HCN30 (moyen) m NGF (valeur la plus basse et date)
GG114	Alluvions de la Loire armoricaine	BSS001HEEA	04822X0054/S5-F5	12,8	2,99 mNGF (1,34 mNGF 27/07/2015)	3,34 mNGF (1,64 mNGF 15/08/2015)
GG118	Sables et calcaires du bassin tertiaire de St- Gildas-des-Bois libres	BSS001ESVX	04502X0043/SGB7	28,1	3,12 m NGF (2,72 mNGF 16/10/2017)	3,15 mNGF (2,73 mNGF 14/11/2017)
GG118	Sables et calcaires du bassin tertiaire de St- Gildas-des-Bois libres	BSS001ESVY	04502X0044/SGB8	28,1	1,98 m NGF (1,57 mNGF 10/10/2005)	2,01 m NGF (1,58 mNGF 29/09/2005)
GG139	Sables et calcaires du bassin tertiaire de Nort-sur-Erdre libres	BSS001EUJD	04513X0112/OS1	6,5	12,98 mNGF (12,77 mNGF 22/09/2012)	13,02 mNGF (12,81 mNGF 07/09/2012)
GG139	Sables et calcaires du bassin tertiaire de Nort-sur-Erdre libres	BSS001EUMW	04514X0018/01	29,9	12,88 mNGF (12,19 mNGF 22/09/2019)	12,93 mNGF (12,24 mNGF 25/09/2019)
GG139	Sables et calcaires du bassin tertiaire de Nort-sur-Erdre libres	BSS001EUNG	04514X0084/S14BIS	22,5	4,35 mNGF (3,64 mNGF 28/02/2006)	4,43 mNGF (3,65 mNGF 28/02/2006)
GG139	Sables et calcaires du bassin tertiaire de Nort-sur-Erdre libres	BSS001EUZH	04518X0042/PZ8	26,3	4,74 mNGF (4,15 mNGF 29/11/1997)	4,43 mNGF (3,65 mNGF 28/02/2006)
GG139	Sables et calcaires du bassin tertiaire de Nort-sur-Erdre libres	BSS003ZKDU	BSS003ZKDU/X	29,8	4,02 mNGF (3,35 mNGF 29/11/1997)	4,05 mNGF (3,35 mNGF 01/12/1997)
GG140	Sables et calcaires du bassin tertiaire de Mazerolles captifs	BSS001EUZK	04518X0044/F3	28,1	3,14 mNGF (2,98 mNGF 21/03/2019)	3,19 mNGF (3,04 mNGF 10/09/2019)
GG140	Sables et calcaires du bassin tertiaire de Mazerolles captifs	BSS001EUZL	04518X0045/MSM1	14,5	3,00 mNGF (2,55 mNGF 10/10/2003)	2,84 mNGF (2,44 mNGF 16/11/2004)
GG148	Bassins tertiaires du socle armoricain	BSS001DLRR	04217X0003/F	23,9	50.36 m NGF (48,51 m NGF 23/01/2002)	50.5 m NGF (48,68 m NGF 16/01/2002)

# 5.2.4. Niveau moyen minimal annuel (HMNA)

Le niveau moyen minimal annuel pour une période de retour 5 ans a été déterminé afin d'approcher un niveau piézométrique caractéristique de la période de basses eaux. Sa détermination a été réalisé sur les mêmes 22 points de suivi que pour le calcul des HCNn.



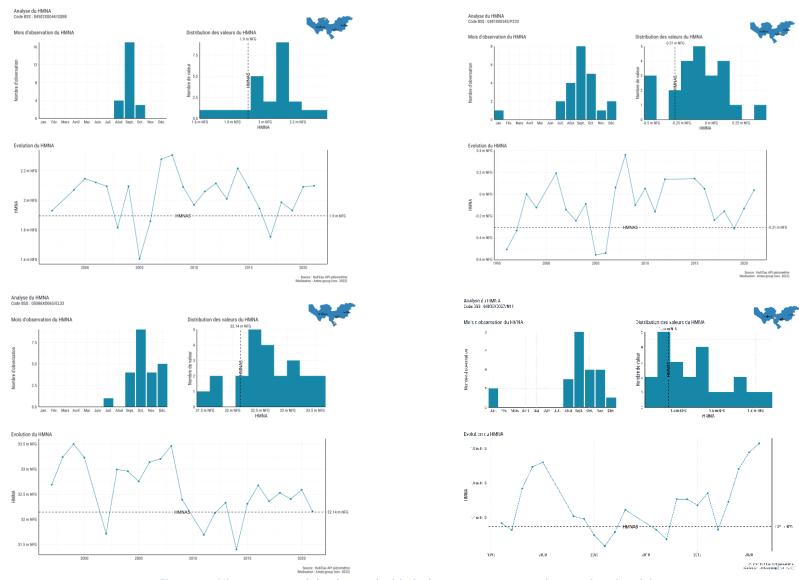


Figure 23 : Niveau moyen minimal annuel période de retour 5 ans sur quelques points de suivi

Sur la plupart des points de suivi le niveau moyen minimal annuel (HMNA) est majoritairement observé sur la période juillet à octobre et plus particulièrement sur le mois de **septembre**.

Quelques points, tous implantés dans des entités hydrogéologiques sédimentaires et libres dérogent toutefois à ce constat : BSS001DLRR (04217X0003/F) implanté dans les bassins tertiaires du socle armoricain (FRGG148) et les points de suivi BSS003ZKDU (BSS003ZKDU/X), BSS001EUZH (04518X0042/PZ8) BSS001EUNG (04514X0084/S14BIS) localisés dans les Sables et calcaires du bassin tertiaire de Nort-sur-Erdre libres (FRGG139). Pour ces derniers, les HMNA sont plutôt observés sur les mois hivernaux de novembre à mars.

Tableau 15 : Niveau moyen minimal annuel période de retour 5 ans

BSS_NEW	code_bss	Code MESO	Libellé MESO Entité hydrogéologique	typologie MESO	nature_MES O	nbre année	mois d'observation HMNA	HMNA5 moyen en m NGF	HMNA5 (borne inf.) en m NGF	HMNA5 (borne sup.) en m NGF
BSS001DMWC	04225X0011/F5	GG022	Bassin versant de l'estuaire de la Loire	Socie	Entiérement libre	12,0	septembre, octobre	33,54	32,66	34,21
BSS001DMWF	04225X0014/F	GG022	Bassin versant de l'estuaire de la Loire	Socie	Entiérement libre	16,3	août, septembre, octobre	33,61	33,38	33,78
BSS001EYJM	04532X0051/PZ	GG022	Bassin versant de l'estuaire de la Loire	Socie	Entiérement libre	17,9	juillet, août, septembre, octobre	51,94	51,83	52,07
BSS001JRHS	05086X0065/EL33	GG022	Bassin versant de l'estuaire de la Loire	Socie	Entiérement libre	28,1	juillet, septembre, octobre, novembre, décembre	32,14	31,93	32,41
BSS001GNWX	04806X0003/SF	GG025	Bassin versant de la baie de Bourgneuf - Marais Breton	Socie	Entiérement libre	33,0	août, septembre, octobre, novembre, décembre	11,47	11,27	11,70
BSS001ETCD	04503X0067/PZ1	GG038	Calcaires et sables du bassin tertiaire de Campbon captif	Sédimentaire	Entièrement captif	8,1	octobre, novembre, décembre	-5,95	-7,07	-4,94
BSS001ETCE	04503X0068/PZ2	GG038	Calcaires et sables du bassin tertiaire de Campbon captif	Sédimentaire	Entièrement captif	8,7	septembre, octobre, novembre	0,57	0,17	1,42
BSS001GPCB	04808X0027/N11	GG114	Alluvions de la Loire Armoricaine	Alluvial	Entiérement libre	28,1	janvier, août, septembre, octobre, novembre, décembre	1,35	1,27	1,41
BSS001HBQA	04818X0544/PZ34	GG114	Alluvions de la Loire armoricaine	Alluvial	Entiérement libre	29,4	juillet, août, septembre, octobre	1,37	1,19	1,59
BSS001HEEA	04822X0054/S5-F5	GG114	Alluvions de la Loire armoricaine	Alluvial	Entiérement libre	12,8	juillet, août, septembre, octobre	2,59	2,01	3,12
BSS001HBQB	04818X0545/PZ33	GG114	Alluvions de la Loire armoricaine	Alluvial	Entiérement libre	29,4	janvier, juillet, août, septembre, octobre, novembre, décembre	-0,31	-0,39	-0,20
BSS001HEDS	04822X0046/F4-S4	GG114	Alluvions de la Loire armoricaine	Alluvial	Entiérement libre	12,9	juillet, août, septembre, octobre	3,20	2,79	3,64
BSS001ESVY	04502X0044/SGB8	GG118	Sables et calcaires du bassin tertiaire de St-Gildas-des-Bois libres	Sédimentaire	Entiérement libre	28,1	août, septembre, octobre	1,90	1,83	1,96
BSS001ESVX	04502X0043/SGB7	GG118	Sables et calcaires du bassin tertiaire de St-Gildas-des-Bois libres	Sédimentaire	Entiérement libre	28,1	septembre, octobre, novembre	3,01	2,93	3,11
BSS001EUMW	04514X0018/01	GG139	Sables et calcaires du bassin tertiaire de Nort-sur-Erdre libres	Sédimentaire	Entiérement libre	29,9	janvier, juillet, août, septembre, octobre, novembre	12,58	12,38	12,83
BSS001EUJD	04513X0112/OS1	GG139	Sables et calcaires du bassin tertiaire de Nort-sur-Erdre libres	Sédimentaire	Entiérement libre	6,5	août, septembre, octobre	12,87	12,54	13,10
BSS001EUNG	04514X0084/S14BIS	GG139	Sables et calcaires du bassin tertiaire de Nort-sur-Erdre libres	Sédimentaire	Entiérement libre	22,5	janvier, mars, octobre, novembre, décembre	4,01	3,70	4,22
BSS001EUZH	04518X0042/PZ8	GG139	Sables et calcaires du bassin tertiaire de Nort-sur-Erdre libres	Sédimentaire	Entiérement libre	26,3	janvier, mars, octobre, novembre, décembre	4,51	4,32	4,68
BSS003ZKDU	BSS003ZKDU/X	GG139	Sables et calcaires du bassin tertiaire de Nort-sur-Erdre libres	Sédimentaire	Entiérement libre	29,8	janvier, mars, octobre, novembre, décembre	3,75	3,57	3,94
BSS001EUZL	04518X0045/MSM1	GG140	Sables et calcaires du bassin tertiaire de Mazerolles captifs	Sédimentaire	Entièrement captif	14,5	août, septembre, octobre, novembre	2,87	2,73	2,98
BSS001EUZK	04518X0044/F3	GG140	Sables et calcaires du bassin tertiaire de Mazerolles captifs	Sédimentaire	Entièrement captif	28,1	février, juin, juillet, août, septembre	3,15	3,10	3,20
BSS001DLRR	04217X0003/F	GG148	Bassins tertiaires du socle armoricain	Sédimentaire	Entiérement libre	23,9	janvier, octobre, novembre, décembre	49,64	48,98	50,20

# 5.2.5. L'indice piézométrique standardisé (IPS) et sécheresse

De façon similaire à ce qui peut être fait pour l'analyse des précipitations avec l'Indice Pluviométrique Standardisé, il est possible de calculer un index piézométrique standardisé permettant de rendre compte du niveau vis-à-vis de la normale annuelle ou du mois ciblé.

Néanmoins, ce calcul nécessite des chroniques piézométriques robustes présentant des données continues sur une longue période (a minima 10 ans). Ainsi, il n'a été possible de le calculer que sur 16 points suivis pour la période 2012-2021.

Pour ce pool de points l'année 2017 se démarque avec des IPS qualifiés de « bas » à « très bas » sur 11 des 16 points étudiés. Les entités hydrogéologiques sédimentaires de Saint-Gildas-des-Bois (FRGG118) et de Nort-sur-Erdre (FRGG139) sont particulièrement impactés cette année avec des IPS inférieurs à -1,2 synonyme de niveau très bas (période de retour supérieur à 10 ans sec). En ce qui concerne les entités du socle de l'estuaire de la Loire (FRGG022) et des alluvions de la Loire (FRGG114), si le niveau est qualifié de modérément sec (période de retour entre 5 et 10 ans sec), ils fleurtent avec la limite des niveaux très bas. Dans une moindre mesure, l'année 2012 présente également quelques points de suivi où le niveau moyen annuel peut être qualifié de « bas ».

A l'inverse, l'année 2014 affiche pour environ 1/3 des 16 points retenus des niveaux « hauts » (période de retour entre 5 et 10 ans humide) voir « très haut » pour les ouvrages BSS003ZKDU (BSS003ZKDU/X) et BSS001DLRR (04217X003/F) localisés respectivement sur les entités des Sables et calcaires du bassin tertiaire de Nort-sur-Erdre libres (FRGG139) et les bassins tertiaires du socle Armoricain (FRGG148).

Code BSS 2012 2013 2014 2015 2016 2017 2018 2019 2020 2021 Bassin versant de l'estuaire de la 04225X0011/F5 GG022 Socie -0.09 -1.3 0.01 Loire Bassin versant de l'estuaire de la 04225X0014/F GG022 Socle -0.16 0.24 0.11 Bassin versant de l'estuaire de la 0,21 GG022 Socle 0,14 0 0,21 -0,12 04532X0051/PZ <u>Loire</u> Bassin versant de l'estuaire de la 0,18 0,03 -0,03 0,15 05086X0065/EL33 Loire Bassin versant de la baie de 0,24 0,1 -0,24 0,01 Bourgneuf - Marais Breton 04808X0027/N11 -0,13 04818X0544/PZ34 -0,17 -0,52 -0,27 04818X0545/P733 0.15 0,19 -0.08 -0.19 GG114 Alluvions de la Loire armoricaine 04822X0046/F4-S4 GG114 Alluvions de la Loire armoricaine 0,12 0,22 -0.15 -0.18 0.23 04822X0054/S5-F5 GG114 Alluvions de la Loire armoricaine Alluvial 0.04 -1.4 -0,64 -0.05 0.24 Sables et calcaires du bassin 04502X0043/SGB7 GG118 0.15 -0.26 -0,34 -1,47 0.09 -0.18 -0,1 tertiaire de St-Gildas-des-Bois Sédimentaire libres Sables et calcaires du bassin 04502X0044/SGB8 -0.14 tertiaire de St-Gildas-des-Bois Sables et calcaires du bassin 04514X0018/01 GG139 Sédimentaire 0,11 0,03 0,22 -1,33 0,02 -0,46 0,05 ertiaire de Nort-sur-Erdre libre Sables et calcaires du bassin BSS003ZKDU/X GG139 0,19 ertiaire de Nort-sur-Erdre libres Sables et calcaires du bassir -0,19 tertiaire de Mazerolles captifs 04217X0003/F -1,25 -0,23 armoricain

Tableau 16 : Résultats du calcul de l'IPS moyen annuel

L'étude à l'échelle mensuelle de l'IPS corrobore le constat dressé à l'échelle annuelle. Toutefois, elle met également en avant une réponse variable des aquifères aux sécheresses en fonction du contexte géologique et hydrogéologique du point et des conditions climatiques locales.





Figure 24 : IPS mensuel sur quelques points de suivi

Comme pour les autres indicateurs, les tendances de l'indicateur IPS au pas mensuel et annuel sont calculées sur les points de suivi présentant les chroniques les plus robustes.

7 de ces points affichent une tendance dite significative statistiquement. Ainsi, le point 04808X0027/N11 (BSS001GPCB) implanté dans les alluvions de la Loire Armoricaine affiche une tendance globale à la hausse de l'ordre d'1cm tous les 5 ans alors qu'a contrario, les points de suivi 04532X0051/PZ (BSS001EYJM) (bassin versant de l'estuaire de la Loire) et 04818X0544/PZ34 (BSS001HBQA) (alluvions de la Loire Armoricaine) affiche eux une tendance à la baisse de respectivement 0,07cm/an et 0,13 cm/an. Ce constat fait écho aux tendances déjà observées sur les niveaux moyens annuels des piézomètres du territoire.

Sur 4 autres points aucune tendance globale n'est relevée mais il est noté des évolutions mensuelles significatives de l'IPS à la hausse comme à la baisse et notamment sur la période juin – octobre pour les points :

- 04818X0545/PZ33 (BSS001HBQB) et 04822X0046/F4-S4 (BSS001HEDS) localisés dans les alluvions de la Loire Armoricaine;
- 04806X0003/SF (BSS001GNWX), implanté sur le bassin versant de la baie de Bourgneuf - Marais Breton.



Tableau 17 : Tendances significatives d'évolution de l'IPS à l'échelle globale et mensuelle

anda bas	Fatité budané alaninus	Natura							Tendance						
code_bss	Entité hydrogéologique	Nature	Globale	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
04217X0003/F	GG148 - Bassins tertiaires du socle armoricain	Sédimentaire	Non significatif												
04225X0011/F5	GG022 - Bassin versant de l'estuaire de la Loire	Socle	Non significatif												
04225X0014/F	GG022 - Bassin versant de l'estuaire de la Loire	Socle	Non significatif												
04502X0043/SGB7	GG118 - Sables et calcaires du bassin tertiaire de St-Gildas-des-Bois libres	Sédimentaire	Non significatif												
04502X0044/SGB8	GG118 - Sables et calcaires du bassin tertiaire de St-Gildas-des-Bois libres	Sédimentaire	Non significatif												
04514X0018/01	GG139 - Sables et calcaires du bassin tertiaire de Nort-sur-Erdre libres	Sédimentaire													
04518X0044/F3	GG140 - Sables et calcaires du bassin tertiaire de Mazerolles captifs	Sédimentaire													
04532X0051/PZ	GG022 - Bassin versant de l'estuaire de la Loire	Socle	Baisse (-0,07)												
04806X0003/SF	GG025 - Bassin versant de la baie de Bourgneuf - Marais Breton	Socle	Non significatif				Baisse (-0,27)	Baisse (-0,25)		Baisse (-0,17)					
04808X0027/N11	GG114 - Alluvions de la Loire Armoricaine	Alluvial	Hausse (+0,21)	Non significatif				Hausse (+0,17)	Hausse (+0,21)	Hausse (+0,21)	Hausse (+0,22)	Non significatif	Hausse (+0,24)	Hausse (+0,21)	Non significatif
04818X0544/PZ34	GG114 - Alluvions de la Loire armoricaine	Alluvial	Baisse (-0,13)					Baisse (-0,17)			Baisse (-0,21)		Baisse (-0,21)	Baisse (-0,22)	
04818X0545/PZ33	GG114 - Alluvions de la Loire armoricaine	Alluvial	Non significatif							Baisse (-0,18)	Baisse (-0,23)		Baisse (-0,19)		
04822X0046/F4-S4	GG114 - Alluvions de la Loire armoricaine	Alluvial	Non significatif										Hausse (+0,18)	Non significatif	
04822X0054/S5-F5	GG114 - Alluvions de la Loire armoricaine	Alluvial	Non significatif			Hausse (+0,19)	Non significatif								
05086X0065/EL33	GG022 - Bassin versant de l'estuaire de la Loire	Socle	Non significatif												
BSS003ZKDU/X	GG139 - Sables et calcaires du bassin tertiaire de Nort-sur-Erdre libres	Sédimentaire	Non significatif												



#### 5.2.6. Sècheresse

En parallèle de l'étude de l'IPS, un indicateur dérivé de sécheresse a également été étudié. 2017, année déjà remarquée via l'analyse des IPS est logiquement l'année qui semble la plus sèche. Toutefois, la réponse des nappes aux sécheresses est variable en fonction du contexte géologique et hydrogéologique du point de suivi et des conditions climatiques locales.

Ainsi, si sur ces 10 dernières années, le nombre de sécheresse varie de peu nombreuses à très nombreuses, on peut remarquer que les points de suivis sur lesquels peu de sécheresse sont observés sont également ceux dont la durée et la magnitude sont les plus fortes.



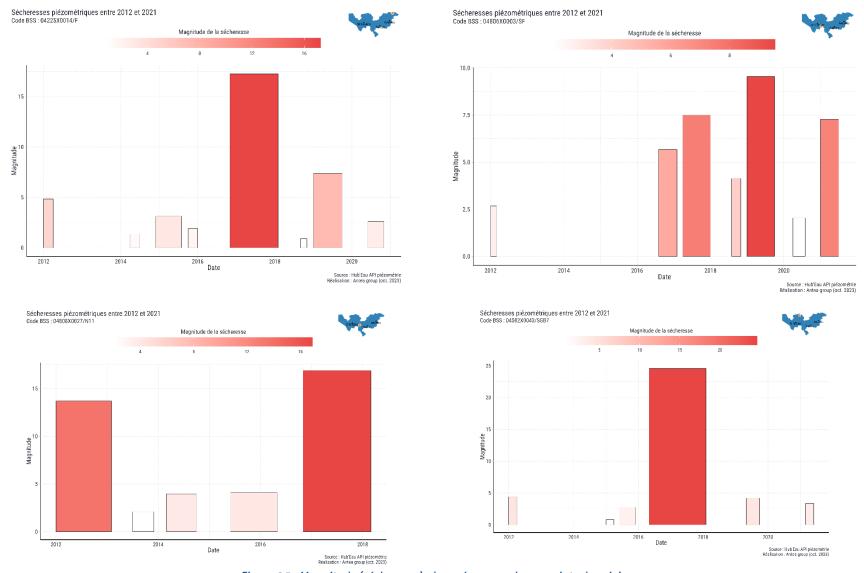


Figure 25 : Magnitude (sécheresse) observée sur quelques points de suivi

# Les résultats sont synthétisés dans le tableau suivant.

Tableau 18 : Résultats du calcul de sécheresse à partir de l'IPS

code BSS	MESO	Entité hydrogéologique	nature	litho	Nombre d'épisodes secs	durée moyenne en mois	nombre sécheresse	durée	magnitude	intensité (baisse niveau)	Moyenne de magnitude	nombred'épisod es sec /période (10 ans)	Moyenne de intensite_max en m (valeur absolue)
04502X0043/SGB7	GG118	Sables et calcaires du bassin tertiaire de St-Gildas-des-Bois libres	Sédimentaire	Entiérement libre	6,0	7,8	assez nombreuses	assez longue	moyenne	forte	-6,67	60%	1,04
04502X0044/SGB8	GG118	Sables et calcaires du bassin tertiaire de St-Gildas-des-Bois libres	Sédimentaire	Entiérement libre	7,0	6,9	nombreuses	moyenne	moyenne	forte	-5,57	70%	0,97
04514X0018/01	GG139	Sables et calcaires du bassin tertiaire de Nort-sur-Erdre libres	Sédimentaire	Entiérement libre	9,0	5,8	très nombreuses	moyenne	faible	forte	-4,38	90%	0,88
04806X0003/SF	GG025	Bassin versant de la baie de Bourgneuf Marais Breton	Socle	Entiérement libre	7,0	6,6	nombreuses	moyenne	moyenne	très forte	-5,54	70%	1,42
04225X0011/F5	GG022	Bassin versant de l'estuaire de la Loire	Socle	Entiérement libre	4,0	17,0	peu nombreuses	très longue	forte	forte	-9,92	40%	0,84
04225X0014/F	GG022	Bassin versant de l'estuaire de la Loire	Socle	Entiérement libre	8,0	7,0	très nombreuses	moyenne	faible	forte	-4,91	80%	1,03
04217X0003/F	GG148	Bassins tertiaires du socle armoricain	Sédimentaire	Entiérement libre	4,0	11,5	peu nombreuses	longue	forte	forte	-9,31	40%	1,02
04518X0044/F3	GG140	Sables et calcaires du bassin tertiaire de Mazerolles captifs	Sédimentaire	Entièrement captif	10,0	5,4	très nombreuses	moyenne	faible	forte	-3,90	100%	1,14
04532X0051/PZ	GG022	Bassin versant de l'estuaire de la Loire	Socle	Entiérement libre	7,0	6,6	nombreuses	moyenne	moyenne	forte	-5,40	70%	1,19
05086X0065/EL33	GG022	Bassin versant de l'estuaire de la Loire	Socle	Entiérement libre	8,0	6,3	très nombreuses	moyenne	faible	forte	-4,71	80%	0,92
BSS003ZKDU/X	GG139	Sables et calcaires du bassin tertiaire de Nort-sur-Erdre libres	Sédimentaire	Entiérement libre	4,0	13,5	peu nombreuses	longue	très forte	modérement forte	-10,54	40%	0,76
04818X0544/PZ34	GG114	Alluvions de la Loire armoricaine	Alluvial	Entiérement libre	6,0	7,7	assez nombreuses	assez longue	moyenne	forte	-6,29	60%	1,21
04818X0545/PZ33	GG114	Alluvions de la Loire armoricaine	Alluvial	Entiérement libre	6,0	8,7	assez nombreuses	assez longue	moyenne	forte	-6,41	60%	1,05
04822X0046/F4-S4	GG114	Alluvions de la Loire armoricaine	Alluvial	Entiérement libre	9,0	6,0	très nombreuses	moyenne	faible	forte	-4,15	90%	1,01
04822X0054/S5-F5	GG114	Alluvions de la Loire armoricaine	Alluvial	Entiérement libre	6,0	7,3	assez nombreuses	moyenne	moyenne	forte	-6,46	60%	1,00
04808X0027/N11	GG114	Alluvions de la Loire Armoricaine	Alluvial	Entiérement libre	5,0	11,4	assez nombreuses	longue	forte	forte	-8,14	50%	1,01



## 5.2.7. Relation eaux souterraines – eaux superficielles

Les zones humides nombreuses sur le territoire jouent un rôle primordial pour les ressources des nappes libres et les cours d'eau. Elles assurent entre autres un rôle tampon en ralentissant les eaux lors des crues et en étiage ou servent encore de réservoir pour alimenter les cours d'eau.

Les comportements hydrodynamiques de l'historique des niveaux des nappes a permis de caractériser l'influence des zones humide sur les niveaux piézométriques. Huit points de suivi sont situés à moins de 50 m d'une zone humide mais seulement trois points semblent influencés: BSS001JNYB (05072X0116/PZ) (FRGG025 - Bassin versant de la baie de Bourgneuf - Marais Breton), BSS001EUZK (04518X0044/F3) (FRGG140 - Sables et calcaires du bassin tertiaire de Mazerolles captifs), BSS003UYAO et BSS001GPCB (04808X0027/N11) (FRGG114 – alluvions de la Loire Armoricaine) avec des variations saisonnières et journalières moins marquées, et une cyclicité supérieure à 12 mois.

Concernant les relations avec les cours d'eau, seuls quelques points proches de la Loire montrent une corrélation entre les niveaux de la nappe et les niveaux de la Loire, il s'agit des points suivants: BSS001HBQA (04818X0544/PZ34), BSS001HEEA (04822X0054/S5-F5), BSS001HEDS (04822X0046/F4-S4), BSS003UYAO. L'amplitude des variations journalières est plus ou moins importante en fonction de la distance à la Loire. A noter que l'influence des autres cours d'eau ne sont pas nettement visibles sur l'historique des niveaux de nappe. Toutefois les niveaux de nappe montrent une bonne corrélation avec le débit des cours d'eau pour les points situés à proximité. La nappe est drainée par les cours d'eau la majeure partie du temps.



Tableau 19 : Points de suivi pouvant être en lien avec des eaux superficielles

BSS_NEW	code_bss	prof en m	typologie aquifère selon coupe	nature aquifère	Code MESO	Nom MESO	Entité hydrologéologique (BDLISA)	nom EH	zone humide moins de 50 m	cours d'eau moins de 100 m ou moins de 300 m (NIV1)
BSS001DMWB	04225X0010/F	26,7	sables avec un petit niveau argileux (pliocène)	libre	GG022	Bassin versant de l'estuaire de la Loire	104AB01	Sables du Pliocène en Bretagne et Pays-de-la- Loire (bassin Loire-Bretagne)	non	oui
BSS001DMWC	04225X0011/F5	28,0	sables quelques passées argileuses (pliocène)	libre	GG022	Bassin versant de l'estuaire de la Loire	104AB01	Sables du Pliocène en Bretagne et Pays-de-la- Loire (bassin Loire-Bretagne)	non	oui
BSS001EYWN	04533X0020/F1	21,0	argile,sable, argile (pliocène)	libre	GG022	Bassin versant de l'estuaire de la Loire	104AB01	Sables du Pliocène en Bretagne et Pays-de-la- Loire (bassin Loire-Bretagne)	non	oui
BSS001EYWP	04533X0021/F2	15,0	argile, sable, argile (pliocène)	libre	GG022	Bassin versant de l'estuaire de la Loire	104AB01	Sables du Pliocène en Bretagne et Pays-de-la- Loire (bassin Loire-Bretagne)	non	oui
BSS003XVPE		10,0	socle (micaschistes)	libre	GG022	Bassin versant de l'estuaire de la Loire	175AA01	Socie métamorphique dans les bassins versants de la Boulogne de sa source au lac de Grand-Lieu (inclus), l'Acheneau de sa source à la Loire (non inclus), l'Ognon	oui	non
BSS003XVPY		10,0	socle (micaschistes) recouvrement altérites	libre	GG022	Bassin versant de l'estuaire de la Loire	175AA01	Socle métamorphique dans les bassins versants de la Boulogne de sa source au lac de Grand-Lieu (inclus), l'Acheneau de sa source à la Loire (non inclus), l'Ognon	oui	non
BSS003XVQS		10,5	socle (micaschistes)	libre	GG022	Bassin versant de l'estuaire de la Loire	175AA01	Socle métamorphique dans les bassins versants de la Boulogne de sa source au lac de Grand-Lieu (inclus), l'Acheneau de sa source à la Loire (non inclus), l'Ognon	oui	non
BSS001EYJM	04532X0051/PZ	22,0	socle (schistes) recouvrement sablo-argileux	libre	GG022	Bassin versant de l'estuaire de la Loire	175AG01	Socle métamorphique dans les bassins versants de la Boulogne de sa source au lac de Grand-Lieu (inclus), l'Acheneau de sa source à la Loire (non inclus), l'Ognon	non	oui
BSS004DJRC		NC	socle - pas de coupe	libre	GG022	Bassin versant de l'estuaire de la Loire	175AG01	Socie métamorphique dans les bassins versants de la Boulogne de sa source au lac de Grand-Lieu (inclus), l'Acheneau de sa source à la Loire (non inclus), l'Ognon	non	oui
BSS001JNYB	05072X0116/PZ	45,5	socle (micaschistes)	libre	GG025	Bassin versant de la baie de Bourgneuf - Marais Breton	183AA02	Socle métamorphique dans les bassins versants côtiers (dont le Falleron) et marais du Canal de Haute Perche (non inclus) au Bignon (inclus)	oui	non
BSS001GPCB	04808X0027/N11	30,0	sables sous recouvrement argileux (20 m) (Quaternaire)	captif	GG114	Alluvions de la Loire Armoricaine	930FA01	Alluvions de la Loire Armoricaine	oui	non
BSS001HBQA	04818X0544/PZ34	8,0	sables sous recouvrement argileux (limons et argiles - 6 m) (Quaternaire)	libre	GG114	Alluvions de la Loire armoricaine	930FA01	Alluvions de la Loire Armoricaine	non	oui
BSS001HEEA	04822X0054/S5-F5	22,8	sables (Quaternaire)	libre	GG114	Alluvions de la Loire armoricaine	930FA01	Alluvions de la Loire Armoricaine	oui	oui
BSS001HEDS	04822X0046/F4-S4	20,0	sables (Quaternaire)	libre	GG114	Alluvions de la Loire armoricaine	930FA01	Alluvions de la Loire Armoricaine	oui	oui
BSS003UYAO			alluvions	libre	GG114	Alluvions de la Loire armoricaine	930FA01	Alluvions de la Loire Armoricaine	oui	oui
BSS001EUZH	04518X0042/PZ8	10,0	sable (Pliocène)	libre	GG139	Sables et calcaires du bassin tertiaire de Nort- sur-Erdre libres	104AB01	Sables du Pliocène en Bretagne et Pays-de-la- Loire (bassin Loire-Bretagne)	oui	non
BSS001EUZL	04518X0045/MSM1	70,0	sables (Pliocène)	libre	GG140	Sables et calcaires du bassin tertiaire de Mazerolles captifs	104AB01	Sables du Pliocène en Bretagne et Pays-de-la- Loire (bassin Loire-Bretagne)	oui	oui
BSS001EUZK	04518X0044/F3	7,0	argile + sable (PQ+Pliocène)	libre	GG140	Sables et calcaires du bassin tertiaire de Mazerolles captifs	104AB01	Sables du Pliocène en Bretagne et Pays-de-la- Loire (bassin Loire-Bretagne)	oui	oui

# 5.3. CLASSIFICATION DU FONCTIONNEMENT DES PIEZOMETRES

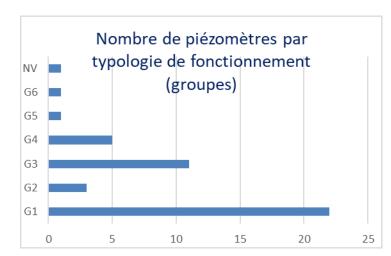
A partir des différents indicateurs statistiques définis précédemment, une classification des piézomètres par grand type de fonctionnement a été défini.

Cette analyse a été réalisée sur la plupart des points et plus particulièrement à partir de la période la plus récente possible de la chronique à savoir de 2021 à 2023. Pour quelques points et notamment les piézomètres à l'arrêt (codes BSS: BSS001EUJD, BSS001EUZL, BSS001EUNG, BSS001EUZH), un historique plus ancien a été mobilisé.

En préalable de cette classification, chaque point a fait l'objet d'une caractérisation rapide de son contexte immédiat en recherchant cartographiquement la présence de cours d'eau et/ou de zones humides et de prélèvements dans un rayon de 100 m du point de suivi.

Six classes ont ainsi été définies en fonction de la typologie du signal de la chronique du niveau piézométrique (amplitude, inertie, cyclicité, année sèche, influence anthropique : zones humides, cours d'eau, prélèvements) :

- G1 : saisonnalité et variation journalière assez marquée ;
- G2 : saisonnalité et variation journalière marquée ;
- G4: saisonnalité variation journalière marquée influence Loire;



La répartition des 44 piézomètres identifiés sur le territoire d'étude est présentée dans la figure cidessous. Le groupe G1 représente la majorité des réponses des chroniques observés sur le territoire.

NB: Le groupe « NV » (Non Valide) est composé de piézomètres pour lesquels il n'est pas possible de déterminer une typologie de fonctionnement (chronique trop courte ou incomplète)

Figure 26 : Volumétrie des piézomètres du territoire par typologie de fonctionnement (groupe)

# 5.3.1. Groupe 1 : saisonnalité et variation journalière assez marquée

Ce type de fonctionnement regroupe 22 des 44 points de suivi disséminés sur six entités hydrogéologiques différentes. Il se caractérise par :

- Une lithologie variée : sables, micaschistes, calcaires ;
- Une saisonnalité avec des hautes eaux de décembre à avril et des basses eaux de juillet à octobre le tout s'inscrivant dans une cyclicité annuelle;

- Une inertie faible (autocorrélogramme) avec des réponses plus ou moins amorties du signal;
- Des variations de niveau en lien avec un cumul de pluie ou des pics de pluie ;
- Une amplitude maximale annuelle inférieure à 3,03 m et en moyenne à 2,3 m;
- L'absence d'influence d'une zone humide proche pour les points BSS003XVPE, BSS003XVPY, BSS003XVQS;
- L'absence de prélèvements à proximité de ces points de suivi.

Ces aquifères sont libres et donc essentiellement soumis à la recharge pluviométrique. Les signaux mesurés (figures suivantes) sont comparables à ceux observés sur les cours d'eau du territoire qui drainent ces aquifères superficiels. Compte tenu de ces caractéristiques, ce groupe peut être sensible aux variations de la recharge.

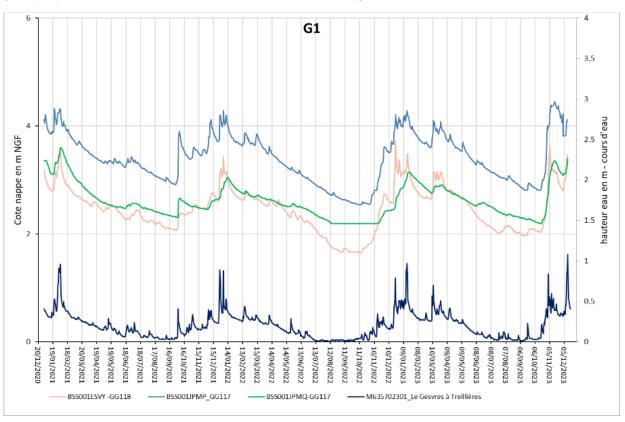


Figure 27 : exemple de réponse du groupe 1



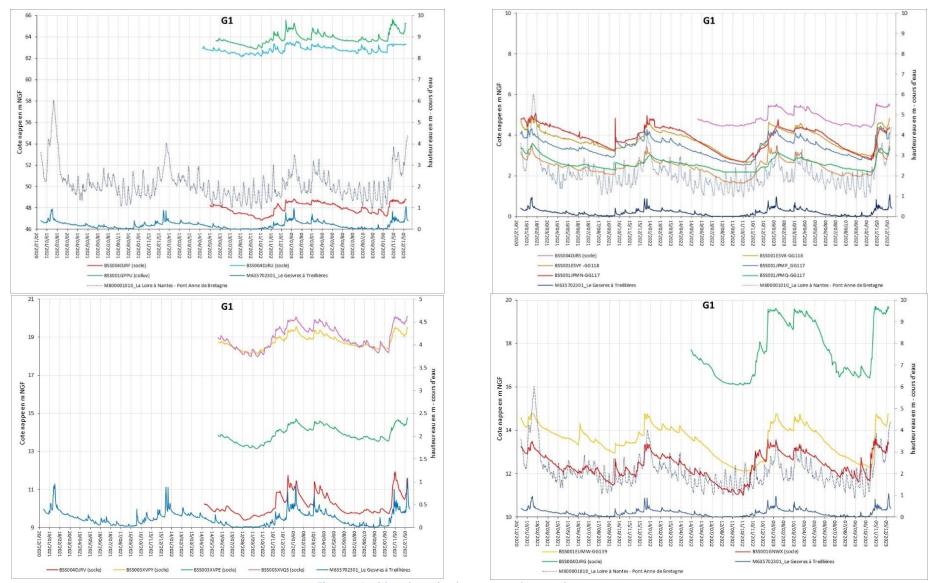


Figure 28 : historique de niveau 2021 à 2023 du groupe 1

# 5.3.2. Groupe 2 : saisonnalité et variation journalière marquée

Ce groupe comprend 3 points représentant la masse d'eau : FRGG022 - Bassin versant de l'estuaire de la Loire. Il se caractérise par :

- Une lithologie sableuse (Pliocène);
- Une saisonnalité définie par des hautes eaux de décembre à avril et des basses eaux de juillet à octobre. Comme pour le premier groupe la cyclicité est annuelle;
- Une inertie faible à très faible avec des variations de niveau en lien avec un cumul de pluie ou des pics de pluie ou des apports des cours d'eau;
- Une amplitude maximale annuelle inférieure à 6 m;
- La présence d'un cours d'eau proche pour les points BSS001DMWB et BSS001DMWC;

Ces aquifères sont libres et soumis à la recharge pluviométrique et probablement à l'alimentation ponctuelle du cours d'eau en période de crue. Les signaux mesurés sont là aussi comparables à ceux observés sur les cours d'eau du territoire. Compte tenu de ces caractéristiques, ce groupe, comme le premier peut être sensible aux variations de la recharge.

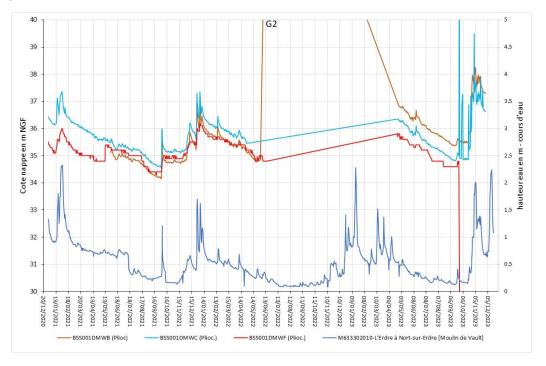


Figure 29 : exemple de réponse du groupe 2

# 5.3.3. Groupe 3 : saisonnalité - variation journalière très peu marquée

Cette typologie de fonctionnement a été définie sur 11 points de suivi répartis sur 5 masses d'eau souterraine. Il se caractérise par :

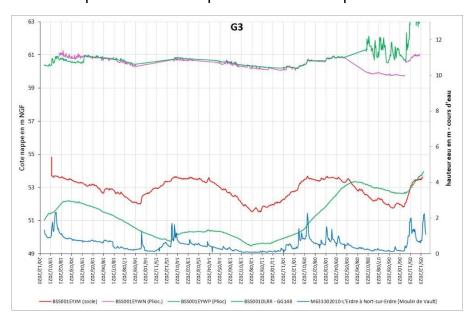
- Une lithologie essentiellement sableuse;
- Une saisonnalité plus ou moins marquée avec des basses eaux d'août à octobre et une cyclicité annuelle;



- Des variations de niveau en lien avec un cumul de pluie et/ou des variations anthropiques (prélèvements, cours d'eau proche);

- La présence d'un cours d'eau proche des points: BSS001EYWN, BSS001EYWP, BSS001EYJM, BSS001EUZL, BSS001EUZK;
- La présence d'une zone humide à proximité des points : BSS001JNYB, BSS001EUZH, BSS001EUZK.
- Des prélèvements à proximité des points : BSS001EYWN, BSS001EYWP, BSS001JRHS, BSS001EUZL, BSS001DLRR.

En synthèse, ces aquifères sont libres, soumis à la recharge pluviométrique. L'influence de zone humide et/ou de prélèvements influence la réponse piézométrique de quelques points. A noter que les points BSS001JRHS et BSS003ZKDU montre une baisse continue du niveau à mettre en lien avec une potentielle surexploitation de la ressource disponible. On remarquera également que le point BSS001DLRR montre une remontée du niveau à mettre en lien avec l'arrêt de prélèvements. Les mesures de niveau sur les points : BSS001EYWN, BSS001EYWP sont très partielles et à comparer avec celles du point BSS001EYJM.





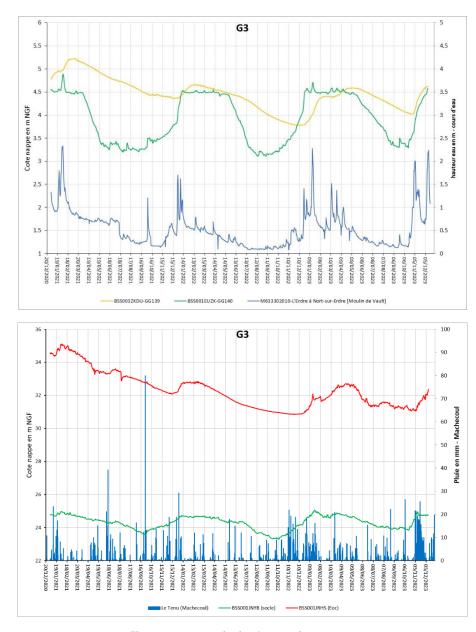


Figure 30 : exemple de réponse du groupe 3

# 5.3.4. Groupe 4 : saisonnalité - variation journalière marquée - influence Loire

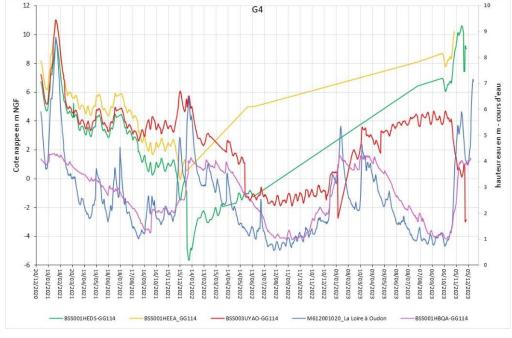
Ce groupe est composé de 5 points de suivi tous implantés sur la masse d'eau : FRGG114 - Alluvions de la Loire armoricaine. Il se caractérise par :

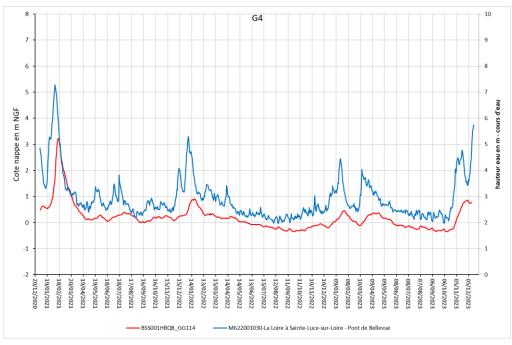
- Une lithologie sableuse alluvionnaire;
- Une saisonnalité avec des hautes eaux (décembre à mars) et des basses eaux (juillet à octobre) et une cyclicité annuelle ;
- Une inertie faible et des variations de niveau en lien avec La Loire plus ou moins marquées en fonction de la distance au fleuve;



- La présence d'un cours d'eau proche des points : BSS003UYAO, BSS001HEEA, BSS001HEDS, BSS001HBQA ;
- Des prélèvements à proximité des points : BSS003UYAO, BSS001HEEA, BSS001HEDS, BSS001HBQB.

Ces aquifères sont libres et soumis à la recharge pluviométrique et probablement à l'alimentation ponctuelle de la Loire en période de crue. Les signaux mesurés sont comparables à ceux observés sur la Loire. A noter que le point BSS001HBQB se situe à plus de 700 m de la Loire. Compte tenu de ces caractéristiques, ce groupe peut être sensible aux variations de la Loire.







### 5.3.5. Groupe 5 : saisonnalité et variations journalières plus ou moins marquées

Ce groupe est composé d'un unique point implanté dans la masse d'eau : FRGG114 - Alluvions de la Loire Armoricaine. Il se caractérise par :

- Modernation March Ma
- Une saisonnalité peu marquée avec des hautes eaux de janvier à mai et des basses eaux de juillet à septembre;
- Une inertie modérée avec des variations de niveau en lien avec des cumuls de pluie et la marée:
- La présence d'une zone humide à proximité.

Cet aquifère est captif, il est soumis à la recharge pluviométrique et probablement à l'influence de la zone humide. Toutefois, la réponse à cette recharge est amortie.

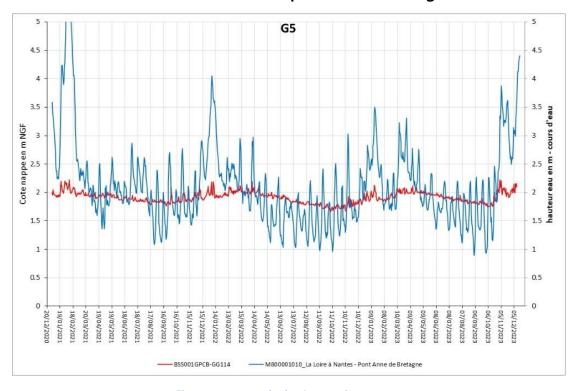


Figure 32 : exemple de réponse du groupe 5

### 5.3.6. Groupe 6 : saisonnalité décalée et variation journalière marquée (captif) - signal atypique

Ce groupe comprend, comme pour le groupe 5, un unique point implanté sur la masse d'eau : FRGG038 - Calcaires et sables du bassin tertiaire de Campbon captif. Il se caractérise par :

- ★ Une lithologie calcaire sous recouvrement argiles et sables ;
- Une saisonnalité décalée :
- Des variations de niveau en lien avec un cumul de pluie et la marée;



Cet aquifère captif est soumis à la recharge pluviométrique avec un déphasage dans le temps mais également à l'influence de la marée.

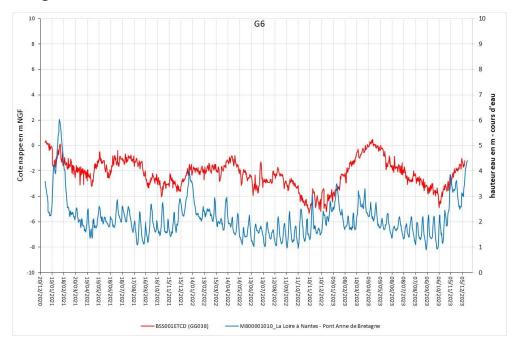


Figure 33 : exemple de réponse du groupe 6

#### 5.3.7. Synthèse de l'analyse quantitative

Le territoire d'étude dispose de 44 points de suivi dont 19 points ont plus de 10 ans de suivi. L'unité hydrogéologique FRGG0022 du bassin versant de la Loire est de loin la plus suivie avec 21 points de suivi. Cette unité couvre une grande partie du territoire et plusieurs entités BDLisa. Parmi les autres unités hydrogéologiques, les entités FRGG114 : Alluvions de la Loire armoricaine et FRGG139 : Sables et calcaires du bassin tertiaire de Nort-sur-Erdre libres se démarquent avec 5 à 6 points de suivi. Sur le reste des entités hydrogéologiques 1 à 2 points de suivi sont recensés, parfois arrêtés aujourd'hui.

L'analyse des chroniques de niveau fait ressortir :

- Six groupes de comportement en fonction de la réponse du signal;
- Des corrélations entre la Loire et la nappe avec des variations quasi synchrones du niveau de la nappe avec le débit du cours d'eau. L'amplitude est assez forte et se réduit avec la distance ;
- Des corrélations entre les zones humides et la nappe avec une inertie plus marquée de la nappe ;
- Une cyclicité en majorité de 12 mois et parfois bien supérieure dans des contextes sablo-argileux;
- Les mois les plus secs communs seraient septembre et octobre pour les entités hydrogéologiques FRGG22, FRGG25, FRGG38, FRGG114, FRGG118 et FRGG140, décembre pour l'entité hydrogéologique FRGG148 et mixte pour l'entité hydrogéologique FRGG139.

 Les caractéristiques des sécheresses sont variables en magnitude, durée et intensité en fonction du contexte climatique local et hydrogéologique. Les entités hydrogéologiques peuvent présenter plusieurs typologies de sécheresse en fonction de la période et du point de suivi. Selon les données de l'IPS et de la magnitude de la sécheresse, l'année sèche commune à toutes est l'année 2017 sur la période 2012-2020. Localement certaines entités hydrogéologiques peuvent présenter des sécheresses importantes également en 2012, 2015, 2018 ou 2019.

Les résultats sont cohérents avec la nature des entités hydrogéologiques du territoire qui sont majoritairement libres: cyclicité 12 mois, variabilité saisonnière et parfois journalière, amplitude des variations mensuelles et annuelles réduites, sécheresses communes et plus ou moins marquées. Quelques entités hydrogéologiques FRGG148, FRGG38 et FRGG114 se distinguent de ces comportements avec notamment des amplitudes annuelles et mensuelles plus marquées. La FRGG148 présente le moins d'épisodes secs (1 seul point de suivi) sur la période tout comme la FRGG114 (4 points de suivi).



# 6. Fonctionnement des entités hydrogéologiques

Ce dernier chapitre a pour objectif de proposer une synthèse du fonctionnement de chaque entité hydrogéologique du territoire. Chaque entité est alors caractérisée par :

- Sa géographie,
- Son contexte géologique et hydrogéologique,
- Sa piézométrie.

Plusieurs sources documentaires ont été mobilisées, notamment pour dresser le contexte géologique / hydrogéologique mais celles-ci restent très hétérogènes d'une entité hydrogéologique à une autre.

#### Source documentaire transverse à l'ensemble des entités hydrogéologiques :

Schéma départemental de sécurisation de l'alimentation en eau potable 2007-2020 – SAFEGE – avril 2021



#### 6.1. Bassin versant de l'estuaire de la Loire FRGG022 - socle

#### Source documentaire:

Etude hydrogéologique de St Mars du Désert 76SGN363BPL – septembre 1976 – (H. TALBO et J. VADON)

#### 6.1.1. Géographie et hydrographie

Cette entité hydrogéologique concerne l'ensemble du territoire du SAGE à l'exception du secteur de la baie de Bourgneuf (côte atlantique sud Loire), soit 3730 km². Son étendue correspond au bassin versant de la Loire en aval du confluent avec l'Erdre. Sur environ 440 km², des bassins sédimentaires et des masses d'eau alluviales reposent sur le socle (granite, gneiss, schiste...) et constituent des aquifères à part entière qui font l'objet de masses d'eau dédiées. Cette entité hydrogéologique de grande superficie est traversée par de nombreux cours d'eau : Le Brivet, La Loire, l'Erdre, le canal de Nantes à Brest, le Hâvre, le Gesvres, le Tenu, L'Acheneau et de nombreux plans d'eau (BV de l'Erdre notamment).

#### Géologie

L'entité hydrogéologique appartient au domaine métamorphique et sédimentaire du Massif armoricain. Elle est constituée de granites et de schistes où s'intercalent par endroits des bassins sédimentaires de remplissage Tertiaire. Il s'agit alors de sables et calcaires dont la couverture est généralement représentée par des argiles.

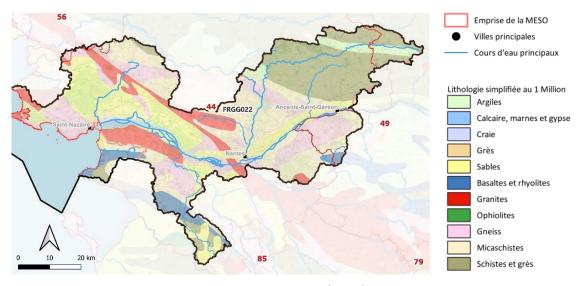


Figure 34 : Carte lithologique simplifiée au million (BRGM) de l'emprise de la masse d'eau FRGG022

#### 6.1.2. Hydrogéologie

Cette entité hydrogéologique comprend deux entités BDLisa: 104AB01: Sables du Pliocène et 175AA01: Socle métamorphique.

Les formations géologiques sont des formations métamorphiques (gneiss, schistes,) ou plutoniques (granites). Les aquifères sont de trois types : poreux, fissuré compartimenté par des failles ou mixte. La productivité de l'aquifère est fonction de son degré d'altération et de sa fissuration. La capacité de production est inférieure en moyenne à 10 m³/h sauf dans des conditions particulières (épaisseur d'altération importante associée à une fissuration développée). Ces aquifères contiennent une nappe libre alimentée par la pluviométrie et



drainée par les cours d'eau. La piézométrie suit globalement la topographie des sols avec des nappes peu profondes.

A titre illustratif, à Saint-Mars-du-Désert, un forage de 35 m de profondeur n'ayant pas traversé la zone fracturée des gneiss et ayant rencontré une nappe en charge a fourni en pompage un débit de 8 m³/h. Les paramètres hydrodynamiques testés indiquent une transmissivité de 4.10<sup>-4</sup> m²/s et un coefficient d'emmagasinement de 4.10<sup>-4</sup>.

Cette nappe libre est vulnérable aux contaminations superficielles. Selon le SDAGE Loire Bretagne, l'état chimique est bon pour le paramètre « nitrates » mais médiocre pour le paramètre « pesticides ». La pression azotée est qualifiée d'élevée pour le paramètre « nitrates » et très élevée pour le paramètre « pesticides ».

Cette entité hydrogéologique est suivie depuis plus de 10 ans par 4 piézomètres (04225X0011/F5 - BSS001DMWC, 04225X0014/F - BSS001DMWF, **04532X0051/PZ - BSS001EYJM**, 05086X0065/EL33 - BSS001JRHS). Les fluctuations des niveaux d'eau des points d'eau sont plutôt saisonnières et à associer à la recharge pluviométrique.

Sur l'ensemble du territoire, seuls deux piézomètres (plus de 10 ans de données) captent les formations du socle (04532X0051/PZ -BSS001EYJM à Val d'Erdre-Auxence, 04816X0454/P - BSS001GSMF à Bouguenais).

A noter que 21 points de suivi sont recensés dont 17 points avec un historique récent d'une durée de 2 à 3 ans. Sur ces 17 points, 3 concernent les sables du Pliocène et 14 le socle.

Le socle est un aquifère peu exploité pour l'AEP, mais il peut intervenir dans les apports d'eau aux différents bassins tertiaires. Il est donc important de suivre cette ressource et notamment à proximité des bassins tertiaires pour connaître l'impact des prélèvements et de la recharge pluviométrique sur ces aquifères adjacents.

L'évaluation de l'état quantitatif impose un point de suivi pour 3500 km². Si la représentativité du réseau quantité pourrait être satisfaisante en respectant ce critère (soit à minima 2 points), cette entité hydrogéologique s'avère compartimentée. Il pourrait donc être optimal d'avoir un point de suivi sur chacune de ces entités BDLisa.

Les points de suivi de l'entité hydrogéologique sont répertoriés sur la figure suivante.

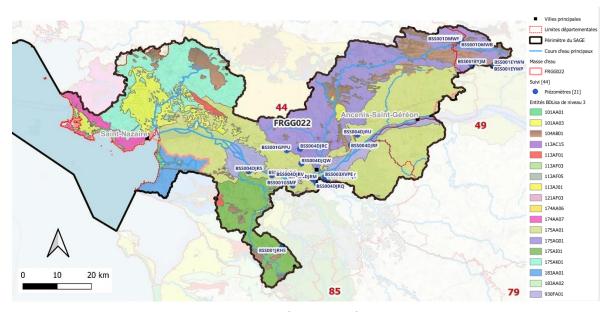


Figure 35: Entités hydrogéologiques du socle (BDLisa NIV3) et points de suivi de la MESO FRGG022

#### 6.1.3. Analyse du suivi piézométrique

L'analyse des historiques de niveau fait ressortir les points principaux suivants :

- ★ 4 points avec des historiques longs et 17 points avec historiques courts ;
- Aquifères suivis : sable du Pliocène et socle ;
- Une classification des points de suivis en trois groupes de comportement hydrodynamique différents:
  - G1: saisonnalité et variation journalière assez marquée;
  - G2 : saisonnalité et variation journalière marquée ;
  - G3: saisonnalité variation journalière très peu marquée;
- Une inertie faible à très faible ;
- Une amplitude maximale annuelle comprise entre 3 et 6 m et une amplitude moyenne mensuelle entre 0,2 et 1,2 m;
- Une cyclicité de 12 mois avec des cyclicités plus longues sur certains points de suivi;
- Mois d'observation commun HMNA : septembre et octobre ;
- Année sèche la plus représentée : 2017
- Année sèche avec magnitude la plus forte : 2018
- Tendance à la baisse du niveau.

Comportement d'une nappe libre soumise à la recharge pluviométrique avec des comportements pouvant être différents en fonction de la lithologie du sous-sol et de l'aquifère.



## 6.2. Bassin versant de la baie de Bourgneuf - Marais Breton FRGG025 - socle

#### 6.2.1. Géographie et hydrographie

Cette entité hydrogéologique d'une superficie de 633 km², n'est concernée qu'en partie par le territoire du SAGE Estuaire de la Loire et est intégrée au périmètre du SAGE voisin de la baie de Bourgneuf. Elle est traversée sur l'emprise du territoire d'étude par les cours d'eau : le Boivre et le Calais.

#### 6.2.2. Géologie

Cette entité hydrogéologique est localisée dans les formations schisteuses et gneissiques du socle et appartient au domaine métamorphique du Massif armoricain. Elle est principalement constituée de micaschistes et de schistes. La carte suivante présente le contexte lithologique de l'entité hydrogéologique.

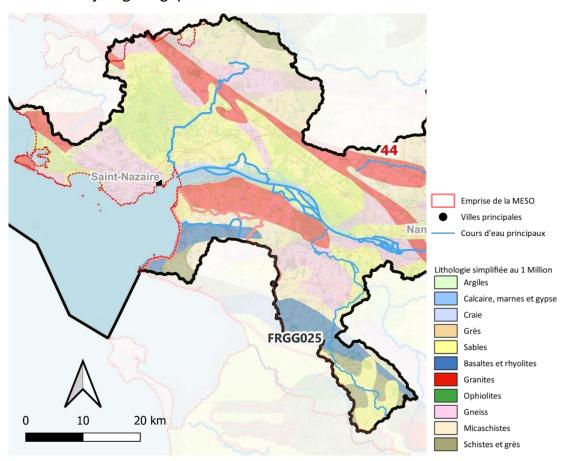


Figure 36 : Carte lithologique simplifiée au million (BRGM) de l'emprise de la masse d'eau FRGG025

#### 6.2.3. Hydrogéologie

Ces formations semi-perméables forment des aquifères compartimentés par des failles. L'eau souterraine dans les schistes est souvent associée à des circulations aquifères dans des fissures ouvertes au sein d'intercalations de bancs gréseux ou dans les filons de quartz

recoupant les terrains. Ces aquifères contiennent une nappe libre alimentée par la pluviométrie et drainée par les cours d'eau. La piézométrie suit globalement la topographie des sols avec des nappes peu profondes.

Les eaux de pluies s'infiltrant sur la bordure continentale du marais passent latéralement sous le bri. Entre le bri superficiel (imperméable) et le socle cristallin, une nappe existe dans les terrains intermédiaires (sables vaseux ou calcaires lutétiens) et dans les sables rouges pliocènes situés tout le long du talus méridional. Sous ces derniers, l'eau est fortement minéralisée. L'épaisseur du remblaiement sableux peut atteindre 9 m sous le bri. Les terrains du socle ancien ne renferment que de très faibles ressources aquifères exploitées par des puits individuels (profondeur max 12 m). La plupart des forages se sont révélés très peu productifs pour des besoins supérieurs à 10 m³/j.

Cette nappe libre est vulnérable aux contaminations superficielles. Selon le SDAGE Loire Bretagne, l'état chimique est bon pour le paramètre « nitrates » et pour le paramètre « pesticides » mais la pression azotée est qualifiée élevée pour le paramètre « nitrates » et moyenne pour le paramètre « pesticides ».

Aucun forage AEP n'est répertorié sur cette entité.

Cette entité hydrogéologique est suivie depuis plus de 10 ans par le piézomètre (BSS001GNWX (04806X0003/SF) d'une profondeur de 70 m. Un autre piézomètre (BSS001JNYB - 05072X0116/PZ) est implanté sur l'entité avec un historique plus court. Les points de suivi de l'entité hydrogéologique sont répertoriés sur la figure suivante.

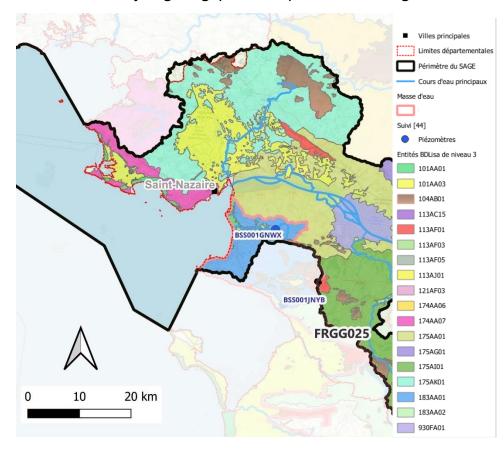


Figure 37: Entités hydrogéologiques du socle (BDLisa NIV3) et points de suivi de la MESO FRGG025

#### 6.2.4. Analyse du suivi piézométrique

Cette entité hydrogéologique (MESO) comprend deux entités BDLisa: 183AA01 - Socle métamorphique dans les bassins versants du Boivre et le canal de Haute Perche et leurs affluents et 183AA02 - Socle métamorphique dans les bassins versants côtiers (dont le Falleron) et marais du canal de Haute Perche (non inclus) au Bignon (inclus). Elle dispose de deux points de suivi dont un avec plus de 10 ans de données.

L'analyse des historiques de niveau fait ressortir :

- 1 seul point avec un historique long;
- Aquifère suivi : socle ;
- Des points de suivi pouvant être regroupés en deux groupes de comportement hydrodynamique:
  - G1: saisonnalité et variation journalière assez marquée;
  - G3: saisonnalité variation journalière très peu marquée en lien avec une zone humide;
- Une inertie faible :
- Une amplitude maximale annuelle de 3 m et une amplitude moyenne mensuelle de 0,4 m;
- Une cyclicité de 12 mois ;
- Mois d'observation commun HMNA : septembre et octobre ;
- Année sèche la plus représentée : 2017 et 2019
- Année sèche avec magnitude la plus forte : 2019
- Tendance à la baisse du niveau.

Comportement d'une nappe libre soumise à la recharge pluviométrique avec des comportements pouvant être différents en fonction de la lithologie du sous-sol et de l'aquifère et de la présence de zone humide.



#### 6.3. ALLUVIONS DE LA LOIRE ARMORICAINE FRGG114

#### Source documentaire:

Etude hydrogéologique de la vallée du Tougas – 77 SGN 637BPL – novembre 1977 P. DUCHENE, H. TALBO,..);

Structure géologique de la partie « aval » de l'île Beaulieu – 88 SGN 708 PAL – septembre 1988

#### 6.3.1. Géographie et hydrographie

Cette entité hydrogéologique a une emprise de 401 km² et s'étend sur une partie de l'emprise du territoire d'étude. Elle s'étend le long des alluvions de la Loire qui constitue le cours d'eau principal.

#### 6.3.2. Géologie

Cette masse d'eau souterraine fait référence aux alluvions <u>récentes</u> de la Loire. Les alluvions présentent une lithologie hétérogène, dans la basse vallée, les faciès sont plutôt argileux, et dans les anciens chenaux, les faciès sont sableux à grossiers avec un potentiel pouvant être important en termes de ressource en eau. Lors de la dernière glaciation, le niveau marin a baissé de plus de 100 m entrainant une forte érosion des fleuves côtiers et un élargissement des vallées. Le remplissage alluvial s'est effectué lors de la remontée du niveau marin. Lors des remblaiements successifs, la succession des dépôts du bas vers le haut comprend :

- Galets et graviers sur le socle (épaisseur de 1 à 5 m),
- Des sables gris
- Argiles, argiles sableuses, sables argileux formation « Jalle »,
- Sables propres
- Des zones avec des vaseux : argile molle, dépôts de marais.

L'épaisseur totale des alluvions est très variable de l'ordre de quelques mètres à 30 m avec des lacunes. Elles reposent sur le socle (granites, micaschistes, gneiss...).

En Maine-et-Loire, le remplissage alluvial est généralement constitué de trois ensembles superposés :

- Une couverture de sables fins parfois argileux qui peuvent quelquefois être surmontés d'une couche de terre végétale ou d'un niveau argileux;
- Une couche hétérogène constituée d'argiles (Jalle) parfois sableuse, de sables plus ou moins argileux, de passées de vases à végétaux (lorsque la couche est bien développée, elle constitue un ensemble imperméable);
- Un horizon de graviers et sables grossiers formant un ensemble grossier et hétérométrique (graves productives).

La carte suivante présente le contexte lithologique de l'entité hydrogéologique.



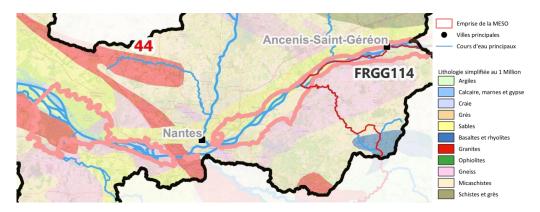


Figure 38 : carte lithologique simplifiée au million (BRGM) de l'emprise de la masse d'eau FRGG114

#### 6.3.3. Hydrogéologie

Cet aquifère de type poreux contient une nappe libre à semi-captive en fonction du recouvrement. Dans la partie amont, l'aquifère est de type multicouche, les alluvions inférieures (sables grossiers) sont séparées des alluvions supérieures (sables argileux) par la présence d'une couche d'argile riche en matière organique nommée la Jalle.

La variation latérale des faciès (biseau) des alluvions de la Loire entraine l'existence de deux nappes (sup. et inf.) au voisinage de la Loire. En s'éloignant du fleuve, les deux nappes se rejoignent pour n'en former qu'une.

D'un point de vue hydrogéologique, les alluvions de la Loire constituent un excellent aquifère mais hétérogène du fait des conditions de dépôts des alluvions. La productivité dépend de la distance à la Loire, de la profondeur des alluvions et de leur nature qui peut aussi bien être sableuse, graveleuse ou argileuse. Les débits de production à proximité de Saint-Herblain sont de l'ordre de 40 m<sup>3</sup>/h.

La nappe contenue dans les alluvions est très dépendante de la pluviométrie, elle est aussi en relation avec les fluctuations de la Loire, et, en domaine maritime, influencée par les marées (captage de Basse Goulaine par exemple). Ces relations nappe/rivière ou nappe/marais sont fonction de la distance et des caractéristiques hydrodynamiques de l'aquifère.

L'absence de recouvrement et les relations avec la Loire induit une vulnérabilité élevée de cet aquifère aux contaminations de surface.

Bilan hydrogéologique : Dans la vallée de Tougas, la réserve en eau est estimée en 1977 à partir de la porosité efficace et du volume de sables entre 500 000 et 1 Mm<sup>3</sup>. La recharge annuelle par les pluies serait en moyenne de 100 000 m<sup>3</sup>. Ce bilan ne tient toutefois pas compte des sorties (drainage des cours d'eau, prélèvements).

Cette entité hydrogéologique est suivie depuis plus de 10 ans par 4 piézomètres (04808X0027/N11-BSS001GPCB, 04818X0544/PZ34 - BSS001HBQA, 04818X0545/PZ33 -BSS001HBQB, 04822X0046/F4-S4 -BSS001HEDS, 04822X0054/S5-F5-BSS001HEEA). Les fluctuations du niveau sont saisonnières en lien avec la pluviométrie.

Le SDAGE Loire Bretagne qualifie l'état chimique de bon pour le paramètre « nitrates » et de médiocre pour le paramètre « pesticides ». Si la pression azotée est jugée moyenne pour le paramètre « nitrates » elle est très élevée pour le paramètre « pesticides ».

Les points de suivi de l'entité hydrogéologique sont répertoriés sur la figure suivante.

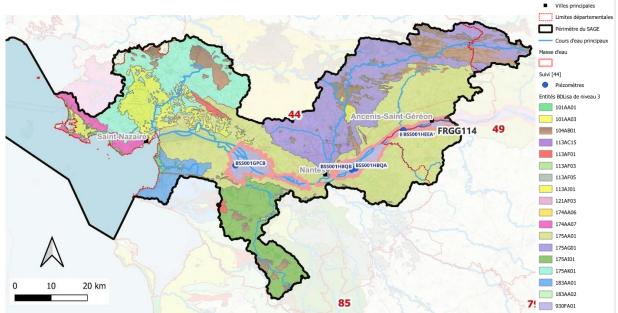


Figure 39: Entités hydrogéologiques du socle (BDLisa NIV3) et points de suivi de la MESO FRGG114

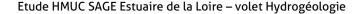
#### 6.3.4. Analyse du suivi piézométrique

Cette entité hydrogéologique (MESO) comprend une seule entité BDLisa: 930FA01 - Alluvions de la Loire Armoricaine et dispose de 6 points de suivi dont 5 avec plus de 10 ans de données.

L'analyse des historiques de niveaux fait ressortir :

- 5 points de suivi avec un historique long ;
- Aquifère suivi : alluvions ;
- Des points de suivis répartis en deux groupes de comportement hydrodynamique :
  - G4: saisonnalité variation journalière marquée influence Loire;
  - G5: saisonnalité et variations journalières plus ou moins marquées influence zone humide;
- Une inertie faible à modérée (ZH);
- Une amplitude maximale annuelle comprise entre 1 et 14 m et une amplitude moyenne mensuelle comprise entre 0,2 à 1,1 m;
- Une cyclicité de 12 mois avec la présence ponctuelle de cyclicités plus longues sur certains points de suivi;
- Mois d'observation commun HMNA : juillet, août, septembre, octobre ;
- Année sèche la plus représentée : 2017
- Années sèches avec la magnitude la plus forte : 2016 et 2018
- Tendance à la baisse et à la hausse du niveau (arrêt pompage).

Comportement d'une nappe libre soumise à la recharge pluviométrique avec des comportements pouvant être différents en fonction de la lithologie du sous-sol et de l'aquifère mais également soumise à l'influence de la Loire et/ou d'une zone humide pour quelques points proches.



### **6.4.** Sables et calcaires du bassin tertiaire de Machecoul libres FRGG117

#### Source documentaire:

Délimitation des bassins d'alimentation des captages AEP prioritaires de la Loire-Atlantique et cartographie de leur vulnérabilité - BRGM/RP-61442-FR- Août 2012 ;

Contribution à la définition d'indicateurs piézométriques en Loire-Atlantique — BRGM/RP-69140-FR-juillet 2019.

#### 6.4.1. Géographie et hydrographie

L'entité hydrogéologique ou masse d'eau FRFGG117 couvre une superficie de 33,6 km² et se situe en partie au sud-ouest du territoire d'étude, l'autre partie étant en dehors de son périmètre. Elle se répartit en deux bassins celui d'Arthon-en-Retz et de Machecoul. Le bassin de Machecoul couvre une superficie de l'ordre de 22 km² et une profondeur de l'ordre de 12 m.

La rivière « le Falleron » coule au sud de Machecoul. Le bassin de Machecoul se situe en limite nord du marais breton.

#### 6.4.2. Géologie

Le bassin sédimentaire de Machecoul est un bassin d'effondrement formé suite aux phases structurales de l'orogenèse hercynienne dans les formations anciennes du socle. Cette dépression est comblée par des dépôts du Lutétien (Eocène) constitués d'une alternance de bancs calcaires sableux et dolomitiques avec des passées gréseuses sur une épaisseur de 8 à 15 m. La base est composée d'une fine couche de sables fins de l'Yprésien (Eocène inf.) puis d'un horizon argileux correspondant à l'altération du socle. Vers l'est, ces calcaires sont recouverts de placages de sables et de galets du Pliocène, sur une épaisseur pouvant atteindre 12 m. Vers l'ouest, les calcaires s'enfoncent sous les alluvions marines flandriennes. La limite occidentale de l'aquifère est constituée par la limite avec les eaux saumâtres.

La carte suivante présente le contexte lithologique de l'entité hydrogéologique.

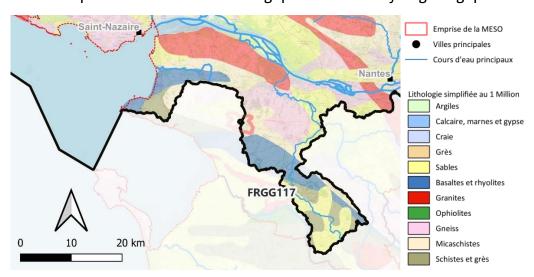


Figure 40 : carte lithologique simplifiée et géologique au million (BRGM) de l'emprise de la masse d'eau FRGG117



#### 6.4.3. Hydrogéologie

Les formations de calcaires sableux du Lutétien constituent un aquifère poreux contenant une nappe libre qui devient captive vers l'ouest sous les vases du bri. La nappe des calcaires a une transmissivité moyenne de 3,6.10<sup>-3</sup> m²/s et un coefficient d'emmagasinement de 2%. Les débits de production sont de 40 à 50 m³/h. La nappe tertiaire est en relation avec les sables du Pliocène à l'est qui contribuent à son alimentation et dans une moindre mesure avec les eaux de l'encaissant qui est composé de micaschistes peu perméables (socle).

Pour une épaisseur aquifère moyenne de 12m, le volume utile constitué par la nappe est estimé à 5,4 millions de m³. L'alimentation de l'aquifère s'effectue essentiellement par la recharge pluviométrique sur les zones d'alimentation (affleurement des calcaires du Lutétien et sables du Pliocène). La recharge annuelle est estimée à 4,5 Mm³. Le cours « le Falleron » peut contribuer localement à l'alimentation de la nappe. La capacité de production en 2020 est de 1 900 m³/j.

D'après les cartes piézométriques (établies en 1970 ; 2001 et 2009), l'écoulement général de la nappe libre se fait du NNE vers le SSO (figures ci-dessous). Elle est suivie en continu par 3 piézomètres depuis plus de 10 ans (05078X0040/PZN1, 05078X0041/PZN3, 05078X0042/PZN5). Les données du piézomètre **05078X0042/PZN5** indiquent des variations interannuelles faibles de l'ordre de 1 m et des cycles annuels bien marqués, avec des basses eaux en septembre et octobre et hautes eaux entre décembre et mars. Aucune corrélation entre les débits du Falleron et les niveaux de la nappe en ce point n'est observée.

Cet aquifère contient une nappe libre vulnérable aux pollutions de surface et sa qualité est dégradée par la présence de nitrates ce qui a conduit à abandonner des captages AEP. La vulnérabilité du bassin d'alimentation des captages AEP de Machecoul est élevée sur 67,4%du BAC soit 485 ha et modérée sur 17,3 % du BAC (124 ha) et faible sur 15,3% du AAC (110 ha).

Un modèle hydrologique pluie/niveau/débit (Gardenia) a été mis en œuvre sur la période 1995 à 2018. La recharge moyenne annuelle est de 125 mm. La contribution de la nappe au débit du cours d'eau est estimée entre 52 et 77% sur la période. De mars à octobre, les eaux de la nappe contribuent à la moitié du débit du Falleron et presque à la totalité de juin à août.



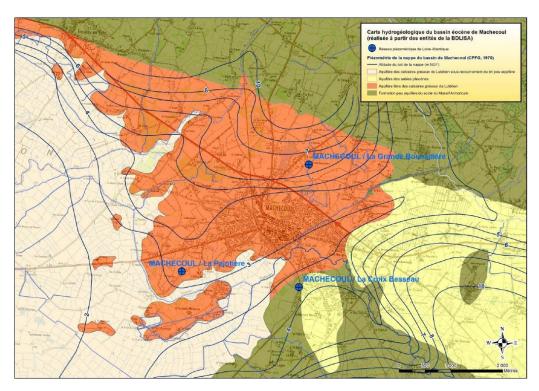


Figure 41 : carte hydrogéologique du bassin de Machecoul (BRGM)

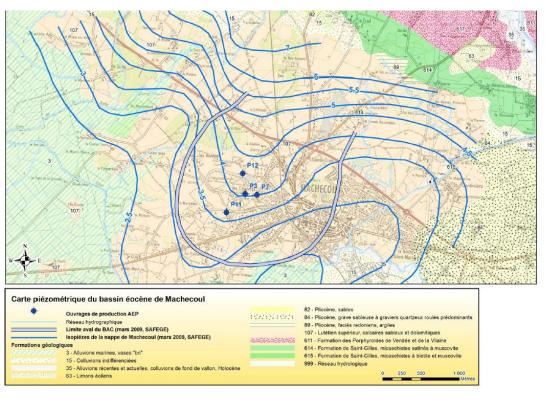


Figure 42 : carte piézométrique du bassin de Machecoul-(SAFEGE 2009)

Cette nappe libre est vulnérable aux contaminations superficielles. Le SDAGE Loire Bretagne établit un état chimique médiocre pour les paramètres « nitrates » et « pesticides ». La pression azotée est élevée pour le paramètre « nitrates » et moyenne pour le paramètre « pesticides ».

Les points de suivi de l'entité hydrogéologique sont répertoriés sur la figure suivante.

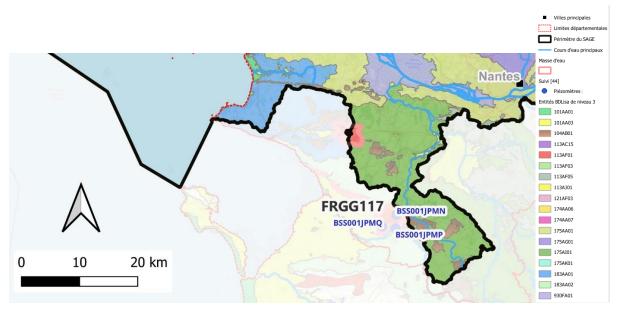


Figure 43: Entités hydrogéologiques du socle (BDLisa NIV3) et points de suivi de la MESO FRGG117

#### 6.4.4. Analyse du suivi piézométrique

Cette entité hydrogéologique (MESO) comprend deux entités BDLisa: 104AB01 - Sables du Pliocène en Bretagne et Pays de la Loire (bassin Loire-Bretagne) et 113AF01 - Calcaires sableux du Lutétien supérieur de Loire-Atlantique et Vendée (bassin Loire-Bretagne). Elle dispose de trois points de suivi tous avec plus de 10 ans de données.

L'interprétation des historiques fait ressortir :

- 3 points de suivi avec un historique long ;
- Aquifère suivi : sables du Pliocène et calcaires sableux du Lutétien ;
- Tous les piézomètres appartiennent au groupe de comportement hydrodynamique : G1 : saisonnalité et variation journalière assez marquée ;
- Une inertie faible;
- Une amplitude maximale annuelle comprise entre 1,7 et 2,5 m.

Comportement d'une nappe libre soumise à la recharge pluviométrique avec des comportements pouvant être différents en fonction de la lithologie du sous-sol et de l'aquifère.



### 6.5. CALCAIRES ET SABLES DU BASSIN TERTIAIRE DE CAMPBON CAPTIF FRGG038

#### Source documentaire:

Etude hydrogéologique du bassin de Campbon (76 SGN442 BPL – octobre 1976 Y. ALIX, H. TALBO)

Contribution à la définition d'indicateurs piézométriques en Loire-Atlantique — BRGM/RP-69140-FR-juillet 2019

Modélisation hydrogéologique du bassin du Haut-Brivet (Campbon et Drefféac) – BRGM/R30860PAL4S – 1990

Evaluation du rôle de la nappe de Campbon sur les écoulements en étiage du Brivet (Mémoire de M2), GIP Loire Estuaire, A. GUILLORIT, 2011

#### 6.5.1. Géographie et hydrographie

L'entité hydrogéologique ou masse d'eau FRGG038 couvre une superficie de 22,1 km² et se situe sur le territoire d'étude à l'est de Pontchâteau et au sud de Saint-Gildas-des-Bois.

Aucun cours d'eau majeur ne traverse le bassin mais des canaux et ruisseaux son présents et donnent naissance au cours d'eau le Brivet au nord. Ce bassin est adjacent au bassin de Drefféac.

#### 6.5.2. Géologie

Le bassin sédimentaire de Campbon est un bassin d'effondrement dans les formations anciennes du socle. Le bassin à une orientation NNO-SSE et une puissance de l'ordre de 40 m. Il est séparé du bassin tertiaire de Saint-Gildas-des-Bois par une faille majeure d'orientation N45°.

La carte suivante présente le contexte lithologique de l'entité hydrogéologique.

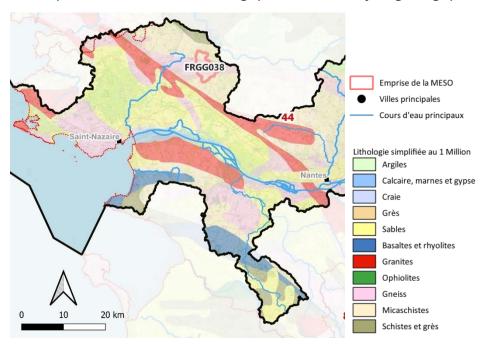


Figure 44 : carte lithologique simplifiée et géologique au million (BRGM) de l'emprise de la masse d'eau FRGG038



La succession des formations rencontrées dans le bassin serait de bas en haut :

- Série de cailloutis d'épaisseur variable, discontinue et voire absente ;
- Sables et argiles du Pliocène (épaisseur maximale 45 m);
- Dépôts superficiels du Quaternaire (sables, argiles, vases,..).

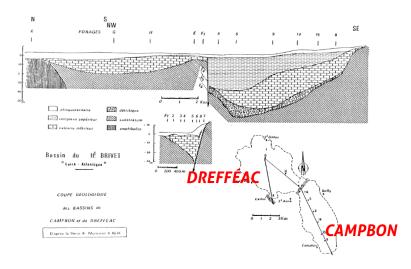


Figure 45 : coupes géologiques des bassins de Campbon et Drefféac

#### 6.5.3. Hydrogéologie

Il s'agit d'un aquifère multicouche comprenant deux réservoirs principaux séparés par une couche composée d'argiles et de marnes peu perméables de 20 m d'épaisseur. Ce réservoir est recouvert par un complexe sablo-argileux ou de calcaire argileux daté du Plio-Quaternaire. Cet aquifère multicouche comprend :

- un complexe supérieur du Pliocène composé en surface des formations argilovaseuses à débris végétaux et plus ou moins tourbeuses de sables, puis de sables, des calcaires dolomitiques, des calcaires compacts, des débris coquillés agglomérés. Des argiles sont présentes dans des cavités au sein des calcaires compacts. La base de ce complexe supérieur est constituée d'argiles sableuses ou de calcaires ayant un fort pourcentage d'intercalations argileuses. Cet aquifère est en relation avec les cours d'eau et le marais.
- Un complexe inférieur calcaire karstique du Lutétien (Eocène) globalement captif.
  Ce dernier n'est pas connecté avec l'aquifère libre de la série supérieure.

Le BRGM a réalisé une étude hydrogéologique du bassin de Campbon en 1976 (rapport 76-SGN-442-BPL). L'aquifère présente un caractère localement karstique dans les calcaires inférieurs. En lien avec ce réseau karstique, plusieurs effondrements sont constatés, ils sont probablement accentués par l'exploitation de la nappe. **Certains cours d'eau sont entièrement captés par ces zones d'effondrement et participent à la recharge de l'aquifère calcaire dans les zones d'affleurement**. Les opérations de traçages réalisées en 1973 et 1975 ont notamment mis en évidence l'existence de deux types de circulations ; l'une rapide suivant les conduits karstiques dénoyés (83 à 205 m/heure) et une dite lente correspondant à l'écoulement de la nappe via les conduits karstiques noyés qui jouent le rôle de drains



privilégiés de la nappe (8 à 45 m/h). L'eau infiltrée semble diffuser dans tous les sens via le réseau de conduits karstiques, y compris dans des directions apparemment opposées à la pente naturelle de la nappe. Le schéma de principe de fonctionnement de l'aquifère retenu par le BRGM est une nappe captive (exploitée) alimentée par drainance des horizons supérieurs. Le coefficient d'emmagasinement de la nappe captive est estimé entre 1,2 et 4 x 10<sup>-4</sup>. Les débits de production peuvent être supérieurs à 100 m³/h dans les calcaires. La karstification rend la nappe extrêmement vulnérable aux pollutions.

Un bilan analytique des entrées/sorties est réalisé en prenant en compte les apports directs sur le bassin par la pluie, par les apports par le bassin versant topographique par l'intermédiaire des cours d'eau, et par les sorties par prélèvements. Les sorties par drainage des cours d'eau ne sont pas connues et n'ont pas été comptabilisées, les sorties en direction de l'aquifère du socle n'ont pas été évaluées (bassin en position basse – échange peu probable). Ce bilan pour l'année 1975 donne des apports potentiels par précipitations directes de 6,3 Mm³ et précipitations indirectes de 10,8 Mm³ pour des sorties par prélèvements de 9 Mm³. Le bilan effectué sur les années 1959 à 1975 montre que sur les années 1971 et 1973, les apports sont très proches des sorties (drainage non pris en compte).

Une carte piézométrique de la nappe supérieure dressée en avril 1970 (hautes eaux) est présentée ci-dessous. Cette carte indique la présence d'un creux piézométrique en lien avec les pompages.

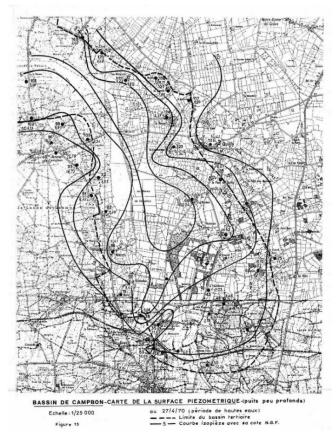


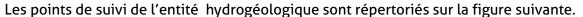
Figure 46 : carte piézométrique du bassin de Campbon (avril 1970)



La nappe est suivie par deux piézomètres (04503X0067/PZ1-BSS001ETCD (calcaire Lutétien), 04503X0068/PZ2-BSS001ETCE (argiles sableuses du Pliocène)). Les variations interannuelles de la nappe tertiaire sont comprises entre 6 et 9 m. Le piézomètre 04503X0067/PZ1 est influencé par les prélèvements.

Les suivis piézométriques montrent que la nappe captive réagit rapidement aux prélèvements. La drainance verticale permet une réalimentation de la nappe captive, avec un décalage temporel de l'ordre de deux mois par rapport à la pluviométrie. Le niveau de la nappe libre est quant à lui dépendant de la pluviométrie. Des relations nappe/rivière sont avérées sur ce secteur mais à ce jour, l'influence des variations des niveaux de nappe sur les débits d'étiage n'a pas été étudiée, notamment pas manque de chronique des débits du Brivet. Néanmoins, une étude est prévue dans le nouveau SAGE Estuaire à ce sujet (disposition GQ1-2). Elle sera menée après avoir collecté suffisamment de données sur les débits du Brivet. Aucune modélisation pluie/débit/niveau n'est mise en œuvre à partir de ces points de suivi.

Cette nappe est vulnérable aux contaminations superficielles. Selon le SDAGE Loire Bretagne, l'état chimique est bon pour les paramètres « nitrates » et « pesticides ». La pression azotée n'est pas connue pour le paramètre « nitrates » et celle pour le paramètre « pesticides » peu élevée.



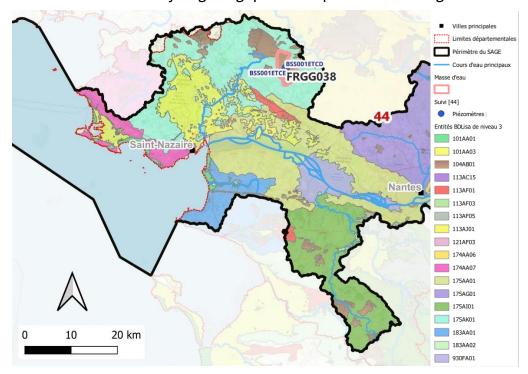


Figure 47: Entités hydrogéologiques du socle (BDLisa NIV3) et points de suivi de la MESO FRGG038

#### 6.5.4. Analyse du suivi piézométrique

Cette entité hydrogéologique comprend une entité BDLisa: 113AF01 - Calcaires sableux du Lutétien supérieur de Loire-Atlantique et Vendée (bassin Loire-Bretagne). Elle dispose de 6 points de suivi dont 2 avec moins de 10 ans de données.

L'analyse des historiques de niveau permet de mettre en avant les éléments suivants :

- 2 points de suivi avec un historique court ;
- Aquifère suivi : Calcaires sableux du Lutétien supérieur ;
- Les points de suivi peuvent être classés en 2 groupes de comportement hydrodynamique:
  - G1: saisonnalité et variation journalière assez marquée;
  - G6: saisonnalité décalée et variation journalière marquée (captif) signal atypique du reste.
- Une inertie faible à modérée (captif);
- Une amplitude maximale annuelle de 13 m et une amplitude moyenne mensuelle comprise entre 0,6 à 1,6 m;
- Une cyclicité de 100 mois.

Comportement d'une nappe libre soumise à la recharge pluviométrique avec des comportements pouvant être différents en fonction de la lithologie du sous-sol et de l'aquifère, et d'une nappe captive avec un déphasage de la saisonnalité et l'influence de la marée. Deux points au même endroit (BSS001ETCE & BSS001ETCD) mais avec des réponses très différentes en lien notamment avec la faible emprise des chroniques de données.



# 6.6. SABLES ET CALCAIRES DU BASSIN TERTIAIRE DE DREFFEAC (SAINT-GILDAS-DES-BOIS) LIBRES FRGG118

#### Source documentaire:

Contribution à la définition d'indicateurs piézométriques en Loire-Atlantique — BRGM/RP-69140-FR-iuillet 2019

#### 6.6.1. Géographie et hydrographie

L'entité hydrogéologique ou masse d'eau FRFG118 couvre une superficie de 30,2 km² et se situe au nord-ouest de Pontchâteau. Le bassin occupe une dépression topographique au relief peu marqué et propice au développement de marais. Aucun cours d'eau majeur ne traverse le bassin mais des canaux et ruisseaux donnent naissance au cours d'eau le Brivet au sud du bassin. Ce bassin est proche du bassin de Campbon.

#### 6.6.2. Géologie

Le bassin sédimentaire de Drefféac est un bassin d'effondrement dans les formations anciennes du socle. Le bassin tertiaire de Saint Gildas des Bois ou bassin de Drefféac est séparé du bassin de Campbon par le seuil de Bohlet. Il est moins profond que celui de Campbon et dissymétrique. La puissance du comblement est de l'ordre de l'ordre de 5 à 20 m. Au sud, le bassin est délimité par la zone faillée qui le sépare du bassin de Campbon. Ces autres limites correspondent à l'affleurement du socle sous-jacent.

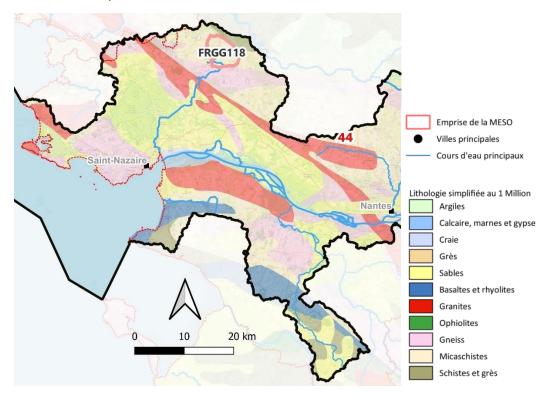


Figure 48 : carte lithologique simplifiée et géologique au million (BRGM) de l'emprise de la masse d'eau FRGG118

La succession des formations rencontrées dans le bassin serait de bas en haut :



- Calcaires et sables calcaires du Lutétien (Eocène) d'une épaisseur de 15 à 20 m;
- Dépôts superficiels du Quaternaire (sables, argiles, vases,..);

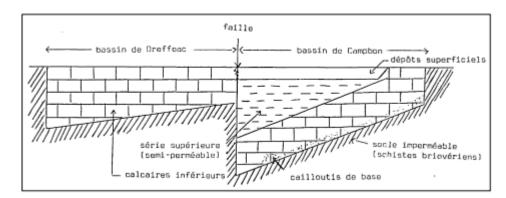


Figure 49: Schéma du système hydrogéologique du bassin de Campbon et Dréffeac (rapport BRGM/RR-30860-FR)

#### 6.6.3. Hydrogéologie

L'aquifère principal est contenu dans les calcaires inférieurs vacuolaires du Lutétien (Eocène). Cet aquifère poreux, épais d'environ 15 à 20 m est recouvert d'une couche de sables argileux du Plio-quaternaire d'une épaisseur variant de 0 à 7,8 m. L'absence du niveau sablo-argileux du Pliocène rend cette nappe libre et donc plus vulnérable. L'aquifère des calcaires du bassin de Drefféac est déconnectée de celui du bassin de Campbon en raison des différences de cote.

L'alimentation de l'aquifère s'effectue par la pluviométrie sur les zones d'affleurement et par les apports de l'encaissant et du bassin de Campbon. La nappe est drainée par les cours d'eau et les marais. L'écoulement de la nappe serait nord-sud.

La nappe est suivie par 2 piézomètres (04502X0043/SGB7-BSS001ESVX, 04502X0044/SGB8-BSS001ESVY). Les données du piézomètre (04502X0043/SGB7) indiquent des cycles annuels bien marqués. Aucune corrélation entre les débits du Brivet et les niveaux de la nappe n'a pu être déterminé en l'absence de données concordantes.

Un modèle hydrologique pluie/niveau/débit (Gardenia) a été mis en œuvre sur la période 2000 à 2018 mais n'a pas permis d'obtenir des résultats concluants.

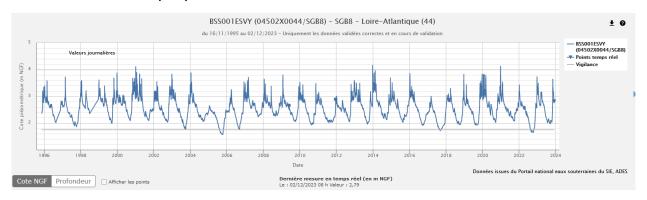


Figure 50 : chronique piézométrique de 1996 à 2024 (en cours) du point BSS001ESVY

La capacité de production en 2020 est de 4 000 m<sup>3</sup>/j.



Cette nappe libre est vulnérable aux contaminations superficielles. Néanmoins, le SDAGE Loire Bretagne la classe en état chimique bon pour le paramètre « nitrates » et médiocre pour le paramètre « pesticides ». La pression azotée est élevée pour le paramètre « nitrates » et peu élevée pour le paramètre « pesticides ».

Les points de suivi de l'entité hydrogéologique sont répertoriés sur la figure suivante.

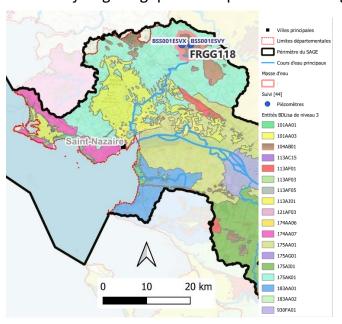


Figure 51: Entités hydrogéologiques du socle (BDLisa NIV3) et points de suivi de la MESO FRGG118

#### 6.6.4. Analyse du suivi piézométrique

Cette entité hydrogéologique (MESO) comprend une entité BDLisa: 113AF01 - Calcaires sableux du Lutétien supérieur de Loire-Atlantique et Vendée (bassin Loire-Bretagne). Elle dispose de 2 points de suivi avec plus de 10 ans de données.

L'analyse des suivis piézométriques permet de mettre en avant les points importants suivants:

- 2 points de suivi avec un historique long;
- Aquifère suivi : Calcaires sableux du Lutétien supérieur ;
- Les 2 points de suivis appartiennent tous deux à un seul groupe de comportement hydrodynamique : G1 : saisonnalité et variation journalière assez marquée ;
- Une inertie faible :
- Une amplitude maximale annuelle comprise entre 2 et 2,5 m et une amplitude moyenne mensuelle comprise entre 0,2 à 0,3 m;
- Une cyclicité de 12 mois ;
- Mois d'observation commun HMNA : septembre, octobre ;
- Année sèche la plus représentée : 2017
- Année sèche avec magnitude la plus forte : 2016 et 2018.

Comportement d'une nappe libre soumise à la recharge pluviométrique avec des comportements pouvant être différents en fonction de la lithologie du sous-sol et de l'aquifère.

### 6.7. Sables et calcaires du bassin tertiaire de Nort-sur-Erdre Libres FRGG139

#### Source documentaire:

Délimitation des bassins d'alimentation des captages AEP prioritaires de la Loire-Atlantique et cartographie de leur vulnérabilité - BRGM/RP-61442-FR- Août 2012

Définition d'indicateurs piézométriques en Loire-Atlantique – BRGM/RP-68955-FR – juin 2019

Avis du BRGM sur les résultats du modèle hydrodynamique pour délimiter l'AAC de Nort-sur-Erdre (44) – BRGM/RP-69632-FR – février 2020

#### 6.7.1. Géographie et hydrographie

L'entité hydrogéologique ou masse d'eau FRFG139 couvre une superficie de 27 km² et se situe au nord-est du périmètre d'étude.

Le canal de Nantes à Brest est localisé en limite ouest de l'entité hydrogéologique alors que le cours d'eau de l'Erdre est lui localisé en limite est. Les marais de Mazerolles et Petit-Mars sont présents en limite sud-ouest.

#### 6.7.2. Géologie

Le bassin sédimentaire de Nort-sur-Erdre est un bassin d'effondrement dans les formations anciennes du socle. Ces bassins se sont formés sur des réseaux de failles (direction NNO-SSE) créés et réactivés aux différentes phases structurales de l'orogenèse hercynienne, puis pyrénéenne (Oligocène) et alpine (Pliocène). Cette dépression est comblée par des bancs de calcaires marneux du Rupélien (Oligocène), puis un horizon argileux peu épais qui évolue vers des sables (60 à 80 m d'épaisseur) du Pliocène. Les calcaires de l'Oligocène affleurent à l'ouest du bourg de Nort-sur-Erdre. La profondeur du bassin est supérieure à 250 m. L'encaissant est composé de formations de socle (schistes).



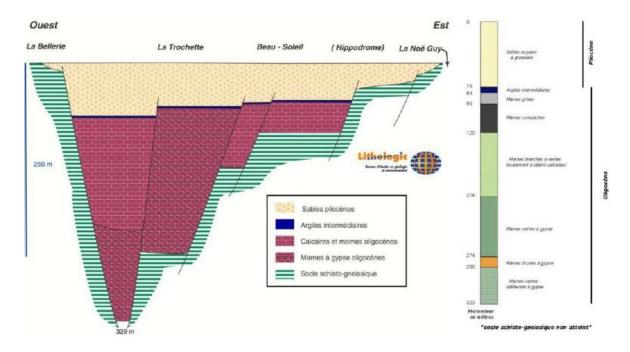


Figure 52 : coupe géologique du bassin de Nort sur Erdre (BRGM)

#### 6.7.3. Hydrogéologie

L'aquifère du bassin est un multicouche composé de deux réservoirs principaux séparés par une éponte d'argiles :

- des sables du Pliocène d'une épaisseur de l'ordre de 80 m,
- des calcaires marneux de l'Oligocène de 85 à 120 m d'épaisseur.

Le substratum de cet ensemble aquifère est composé de formations peu perméables (schistes) et ces réservoirs sont compartimentés par des failles.

L'aquifère des sables du Pliocène contient une nappe libre. Les propriétés hydrodynamiques des sables pliocènes, synthétisées à partir de différents pompages, donnent une transmissivité moyenne de 1,8.10<sup>-2</sup> m<sup>2</sup>/s (8,3.10<sup>-3</sup> à 2,8.10<sup>-2</sup> m<sup>2</sup>/s) et un coefficient d'emmagasinement moyen de 2,2.10<sup>-2</sup> (rapport BRGM/RP-69632-FR). La production des captages est évaluée à quelques centaines de m<sup>3</sup>/h et la capacité du réservoir serait de plusieurs millions de m<sup>3</sup>. Son alimentation provient, sur la partie libre, des précipitations directes sur les zones d'affleurement mais également des apports des bassins versants amont par ruissellement sur le socle par l'intermédiaire des fossés.

Elle est suivie en continu par 3 piézomètres depuis plus de 10 ans (04514X0084/S14BIS - BSS001EUNG, 04518X0042/PZ8 - BSS001EUZH, BSS003ZKDU/X). Les variations du niveau de la nappe suivie par le piézomètre (04518X0042 - BSS001EUZH) ont une amplitude réduite de l'ordre de 1 m, une inertie notable et des cycles annuels marqués. A noter que des cycles pluriannuels se superposent aux cycles annuels.

Aucune corrélation entre les débits de l'Erdre et les niveaux de la nappe des sables n'est observée. Plusieurs cartes piézométriques de la nappe libre des sables pliocènes sont établies (septembre 1996, avril 1999, octobre 2000 et mars 2001). Elles traduisent :

l'existence d'une crête piézomètrique sur la partie sud du bassin ainsi que sur sa partie nord



- wune direction nord-sud des écoulements et l'influence des pompages (dépression piézomètrique),
- wun drainage de la nappe par le canal de Nantes à Brest en direction de l'ouest et du sud et par l'Erdre sur la partie sud-est. L'Erdre pourrait alimenter la nappe indirectement via les marais qui la bordent en période de basses eaux. En période de hautes eaux, des apports du canal et des rigoles à la nappe ne sont pas exclus.

Un bilan hydrologique à l'aide du modèle pluie/niveau (GARDENIA) a été mis en œuvre sur la période 1995-2018. La recharge moyenne annuelle est estimée à 41 mm. La nappe contribue sur cette période aux débits de l'Erdre entre 26 et 74%. De juin à octobre, les eaux de la nappe assurent plus de la moitié du débit de l'Erdre et davantage entre août et septembre. Les prélèvements en nappe contribuent à une diminution des débits de l'Erdre sur la période de juin à août.

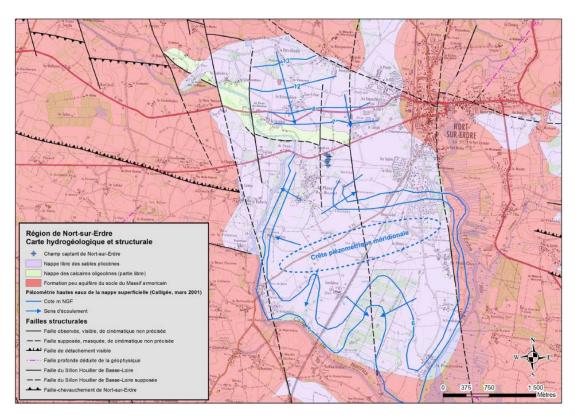


Figure 53 : carte hydrogéologique du bassin de Nort-sur-Erdre (BRGM)

D'après l'étude de vulnérabilité du bassin d'alimentation du captage de Nort-sur-Erdre menée par le BRGM, 2,2% du BAC est associée à une vulnérabilité très élevée et 35,9% à une vulnérabilité élevée (rapport BRGM/RP-61442-FR). La nappe des sables est libre et vulnérable aux contaminations en provenance de la surface. La qualité de la nappe est dégradée par les nitrates et les pesticides.

L'aquifère libre et captif des calcaires de l'Oligocène : cet aquifère captif au niveau du Plessis-Pas-Brunet devient libre au nord et au nord-ouest. Les propriétés hydrodynamiques des calcaires oligocènes, synthétisées à partir de différents pompages, donnent une transmissivité moyenne de 8.10<sup>-4</sup> m<sup>2</sup>/s et un coefficient d'emmagasinement moyen de 6.10<sup>-4</sup> (rapport BRGM/RP-69632-FR). Les débits de production des captages sont de quelques

dizaines à une centaine de m³/h. Le niveau de la nappe captive est toujours supérieur à celui de la nappe libre et les hauteurs piézométriques maximales des deux aquifères sont déphasées. Les variations interanuelles, enregistrées sur le piézomètre de suivi (04513X0112-BSS001EUJD) de 1995 à 2015 témoignent d'une amplitude faible qui n'excède généralement pas 2 m mais avec des cycles annuels bien marqués. Les variations interannuelles observées sur le piézomètre 04514X0018 (BSS001EUMW) ont une amplitude faible (<2m), des cycles annuels également bien marqués mais aussi des cycles pluriannuels notamment en basses eaux. Aucune corrélation entre les débits de l'Erdre et les niveaux de la nappe des sables n'est observée.

La relation entre ces deux aquifères superposés est mal connue (connexion entre la nappe libre et la nappe captive). Néanmoins, la zone d'affleurement des calcaires oligocènes semble jouer un rôle important dans la réalimentation de l'aquifère profond. Les échanges d'eau par drainance entre l'aquifère à nappe libre et les calcaires oligocènes captifs sont dépendants des différences de charge piézométrique entre les deux aquifères et associés aux nombreuses failles qui compartimentent le bassin.

L'interprétation de l'évolution de la qualité de l'eau témoigne d'échanges de la nappe libre vers la nappe captive. Il est envisagé une continuité hydraulique entre la nappe libre des sables pliocènes et les calcaires oligocènes dans le secteur où ils affleurent et où la nappe est libre. Ainsi les transferts par drainance des eaux superficielles de l'aquifère, et les apports d'eaux superficielles sur les zones d'affleurements des calcaires ou des zones préférentielles d'infiltration (failles) ont contribué à une dégradation de la qualité des eaux par les nitrates et pesticides.

La capacité de production en 2002 est de 10 000 m³/j du champ captant de Nort-sur-Erdre.

Cette nappe libre est vulnérable aux contaminations superficielles. Son état chimique est médiocre pour les paramètres « nitrates » et « pesticides » selon le SDAGE Loire Bretagne. La pression azotée est qualifiée d'élevée pour le paramètre « nitrates » et moyenne pour le paramètre « pesticides ».

Les points de suivi de l'entité hydrogéologique sont répertoriés sur la figure suivante.

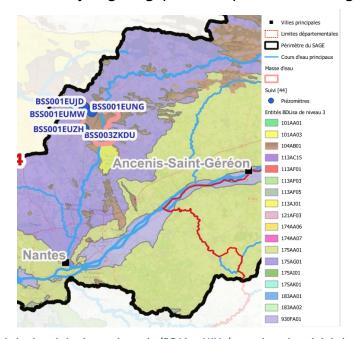


Figure 54: Entités hydrogéologiques du socle (BDLisa NIV3) et points de suivi de la MESO FRGG139

#### 6.7.4. Analyse du suivi piézométrique

Cette entité hydrogéologique (MESO) comprend deux entités BDLisa: 113AC15 - Calcaires du Rupélien supérieur en Bretagne et 104AB01 - Sables du Pliocène en Bretagne et Pays de la Loire (bassin Loire-Bretagne). Elle dispose de 5 points de suivi dont une très grande majorité (4) avec plus de 10 ans de données.

Les différentes analyses de l'historique des niveaux piézométriques font ressortir :

- 4 points avec un historique long;
- Aquifère suivi : Calcaires du Rupélien supérieur et Sables du Pliocène ;
- Des points de suivis classés en 2 groupes de comportement hydrodynamique :
  - G1: saisonnalité et variation journalière assez marquée;
  - G3 : saisonnalité variation journalière très peu marquée ;
- Une inertie faible à modérée ;
- Une amplitude maximale annuelle de 1,9 à 3,8 m et une amplitude moyenne mensuelle de 0,3 à 0,7 m;
- Mune cyclicité de 12 mois et des cycles plus longs sur 3 points ;
- Mois d'observation commun HMNA: août, septembre, octobre (inertie faible) et janvier, mars, octobre, novembre, décembre (inertie modérée);
- Année sèche la plus représentée : 2017 ;
- Année sèche avec magnitude la plus forte : 2016.

Comportement d'une nappe libre soumise à la recharge pluviométrique avec des comportements pouvant être différents en fonction de la lithologie du sous-sol et de l'aquifère.



### 6.8. Sables et calcaires du bassin tertiaire de Mazerolles captifs - FRGG140

#### 6.8.1. Géographie et hydrographie

L'entité hydrogéologique ou masse d'eau FRFG140 couvre une superficie de 13,3 km² et une profondeur de 30 à 80 m. Il se situe au nord-est de l'agglomération nantaise. L'Erdre est le principal cours d'eau qui s'y écoule.

#### 6.8.2. Géologie

Le bassin sédimentaire de Mazerolles est un bassin d'effondrement formé suite à des phases structurales de l'orogenèse hercynienne dans les formations anciennes du socle. La formation la plus représentative est celle des sables Pliocène avec une épaisseur moyenne de 30 m et maximale de 80 m.

La carte suivante présente le contexte lithologique de l'entité hydrogéologique.

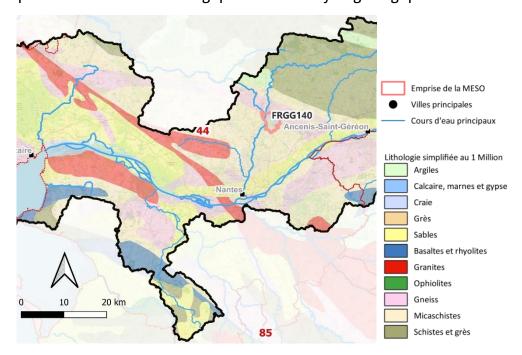


Figure 55 : carte lithologique simplifiée et géologique au million (BRGM) de l'emprise de la masse d'eau FRGG140

#### 6.8.3. Hydrogéologie

Le remplissage du bassin est constitué de sables fins à grossiers détritiques du Pliocène et présente un pendage des couches subhorizontal. Le bassin d'effondrement est inclus dans des formations métamorphiques (micaschistes, gneiss), peu ou pas perméables. Les tourbes recouvrent la quasi-majorité du bassin sur une épaisseur d'environ 1 à 1,8 m. A noter que des lentilles d'argiles peu épaisses peuvent s'intercaler entre les tourbes et les sables. Le bassin est compartimenté par de nombreuses failles. L'aquifère est monocouche et contient une nappe libre. L'écoulement suivrait la direction NE en basses eaux comme en hautes eaux.



Cet aquifère est suivi par deux piézomètres : BSS001EUZK, BSS001EUZL. Les points de suivi de l'entité hydrogéologique sont répertoriés sur la figure suivante.

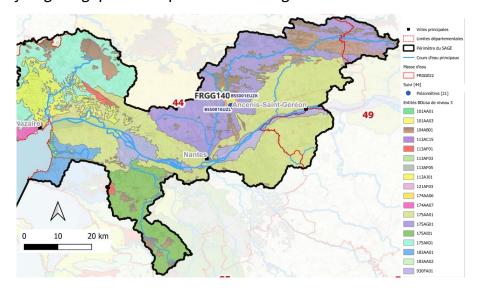


Figure 56: Entités hydrogéologiques du socle (BDLisa NIV3) et points de suivi de la MESO FRGG140

Cette nappe libre est vulnérable aux contaminations superficielles. Le SDAGE Loire Bretagne qualifie son état chimique de bon pour le paramètre « nitrates » et de médiocre pour le paramètre « pesticides ». La pression azotée n'est ni connue pour le paramètre « nitrates » ni pour le paramètre « pesticides ».

#### 6.8.4. Analyse du suivi piézométrique

Cette entité hydrogéologique (MESO) comprend une entité BDLisa: 104AB01 - Sables du Pliocène en Bretagne et Pays de la Loire (bassin Loire-Bretagne). Elle dispose de 3 points de suivi dont un seul avec plus de 10 ans de données.

L'étude des historiques piézométrique fait ressortir les éléments principaux suivants :

- 1 seul point avec un historique long;
- Aquifère suivi : sables du Pliocène ;
- 1 seul groupe de comportement hydrodynamique observé pour les points de suivi : G3 : saisonnalité - variation journalière très peu marquée en lien probable avec une zone humide ;
- Une inertie faible à modérée ;
- Une amplitude maxi annuelle de 2 à 3 m et une amplitude moyenne mensuelle de 0,3 à 0,4 m;
- Une cyclicité de 12 mois ;
- Mois d'observation commun HMNA : août et septembre ;
- Année sèche la plus représentée et année sèche avec magnitude la plus forte : 2016 et 2017
- Tendance à la hausse du niveau.

Comportement d'une nappe libre soumise à la recharge pluviométrique avec des comportements pouvant être différents en fonction de la lithologie du sous-sol et de l'aquifère et de la présence de zone humide.

#### 6.9. Bassins tertiaires du socle armoricain FRGG148

#### Source documentaire:

Etude hydrogéologique des sables pliocènes (Vritz et Angrie) – 81 SGN 586PAL (L. BRUNEL et H. TALBO); Cartographie de la vulnérabilité de l'aire d'alimentation des captages d'eau potable de Vritz – BRGM/RP-63097-FR – juin 2014.

Cartographie de la vulnérabilité de l'aire d'alimentation des captages d'eau potable de Freigné (Maineet-Loire) — BRGM/RP-64356-FR mai 2015

#### 6.9.1. Géographie et hydrographie

L'entité hydrogéologique ou masse d'eau FRGG148 couvre une superficie de 705 km² et se situe en partie au nord-est du territoire d'étude (Candé, Vritz, Freigné), au sud-ouest (Machecoul) et en dehors sur la partie nord (Saffré, le Gaffre).

Sur le périmètre d'étude, cette entité hydrogéologique est traversée par l'Erdre et ses affluents dans la partie nord-est et par le Tenu en partie sud-ouest.

#### 6.9.2. Géologie

Les formations géologiques présentes sont représentées par des sables ou des sables argileux du Pliocène disposés en placage ou en comblement de petits bassins sur les formations métamorphiques du socle (Massif armoricain) composés de schistes et grès. Ces bassins se sont formés sur des réseaux de failles (direction NNO-SSE) créés et réactivés aux différentes phases structurales de l'orogenèse hercynienne, puis pyrénéenne (Oligocène) et alpine (Pliocène). L'épaisseur des sables est très variable, de quelques mètres à une vingtaine de mètres. Ces sables seraient des témoins de la dernière transgression marine ayant atteint le Nord-Ouest de la France.

La transmissivité est de l'ordre de 1.10<sup>-2</sup> à 1.10<sup>-3</sup> m²/s et le coefficient d'emmagasinement de 1.10<sup>-2</sup> à 5.10<sup>-3</sup>. La productivité est estimée entre 50 et 100 m³/h. Les réserves estimées seraient de plusieurs millions de m³. La nappe peut donner en aval naissance à des sources pouvant alimenter des marais ou des cours d'eau. Elle est alimentée principalement par les précipitations et dans une moindre mesure par les aquifères adjacents et les cours d'eau suivant la position des niveaux. La nappe des sables pliocènes est vulnérable aux pollutions diffuses du fait de son caractère libre et de sa faible profondeur.

La carte suivante présente le contexte lithologique de l'entité hydrogéologique.



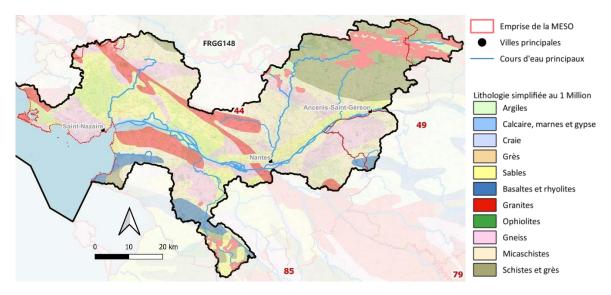


Figure 57: Carte lithologique simplifiée au million (BRGM) de l'emprise de la masse d'eau FRGG148

#### 6.9.3. Hydrogéologie

Les sables pliocènes constituent un aquifère monocouche dont le substratum est composé de formations peu perméables (schistes, grès). Ces aquifères sont compartimentés et contiennent des nappes libres d'extension variable.

**L'aquifère des sables du Pliocène** contient une nappe libre. La transmissivité est de l'ordre de 1.10<sup>-2</sup> à 1.10<sup>-3</sup> m²/s et le coefficient d'emmagasinement de 1.10<sup>-2</sup> à 5.10<sup>-3</sup>. La productivité est estimée entre 50 et 100 m³/h, valeur estimée des débits de production des captages dans les secteurs où les sables sont peu argileux et épais.

Son alimentation provient des précipitations directes sur les zones d'affleurement mais également des apports des bassins versants amont par ruissellement sur le socle par l'intermédiaire des fossés et cours d'eau. L'aquifère des sables pliocènes est alimenté également par la vidange du socle encaissant. En effet, les sables pliocènes et le socle encaissant sont en continuité hydraulique. Ils contiennent une seule et même nappe mais possèdent des propriétés hydrodynamiques différentes.

Cet aquifère est drainé par les cours d'eau. Toutefois, les directions d'écoulement peuvent s'inverser en hautes eaux ou sous l'influence de prélèvements à proximité d'un cours d'eau (forage Kiraie F1).

**Exemple:** Les captages de Vritz en Loire-Atlantique exploitent les sables pliocènes, en relation hydraulique avec le socle encaissant. La transmissivité des sables sur les forages du secteur est comprise entre 1,5 à 2,8.10<sup>-2</sup> m<sup>2</sup>/s et le coefficient d'emmagasinemet est estimé entre 3,4.10<sup>-2</sup> et 5.10<sup>-3</sup>. Les pompages montrent également une relation entre la nappe des sables et le ruisseau du Grand Gué qui réalimente les sables. Les captages de Kiraie et Thuyas ont une capacité de production de l'ordre de 20 à 70 m<sup>3</sup>/h. **Un bilan** effectué en 1981 sur le secteur en considérant une porosité de 5 à 9 % et un volume de sables de 12 Mm<sup>3</sup> estime la capacité du réservoir en eau à 1 Mm<sup>3</sup>. L'alimentation par les pluies directes sur les zones d'affleurement est estimée entre 130 000 et 150 000 m<sup>3</sup> pour une année moyenne et l'apport d'eaux souterraines par l'encaissant entre 350 000 et 500 000 m<sup>3</sup> soit 3 à 4 fois plus.



Une campagne piézomètrique réalisée en mars 2013 par le BRGM montre un drainage de la nappe par les cours d'eau et les vallées sèches ainsi qu'une connexion hydraulique entre la nappe des sables et les eaux contenues dans le socle.

La superficie de l'aire d'alimentation des captages de Vritz est de 3 653 ha dont 8,6% sont associés à une vulnérabilité très élevée et 29,6% à une vulnérabilité élevée. La nappe des sables est libre et vulnérable aux contamintations de surface avec **une dégradation des eaux** liée à la présence de nitrates.

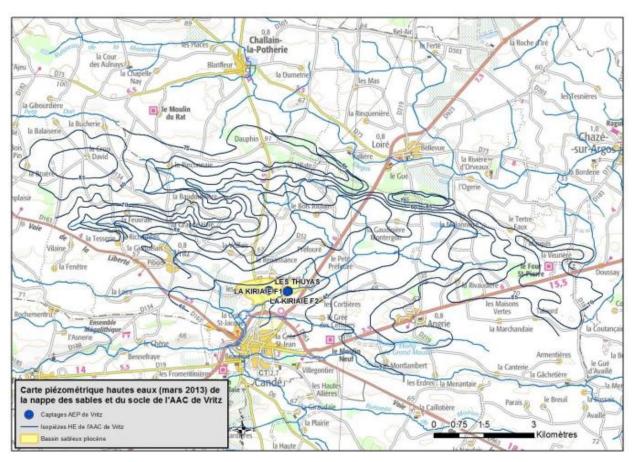


Figure 58 : carte piézométrique mars 2013 - captage de Vritz

#### **Exemple: captages de Freigné**

La nappe contenue dans les sables et graviers du Pliocène est également exploitée par les captages de la Beltière (captage de Freigné). Les captages ont une capacité de production de l'ordre de 30 m³/h. L'essai de pompage réalisé en 1990 sur le forage avait mis en évidence une relation hydraulique entre la nappe et le ruisseau de la Beltière. L'interprétation du pompage a permis d'estimer la transmissivité de l'aquifère à 5,1.10<sup>-3</sup> m²/s et le coefficient d'emmagasinnement à 5.10<sup>-3</sup>. **Une carte piézométrique** établie par le BRGM en mars 2014 (hautes-eaux) et novembre 2014 (basses eaux) met en évidence un drainage de la nappe par le ruisseau de la Beltière et une connexion hydraulique entre la nappe des sables et les eaux contenues dans le socle. Si aucune différence significative en période de basses eaux n'est relevée, il est toutefois noté en conditions de pompage que le ruisseau alimente la nappe. L'aire d'alimentation du captage de la Beltière est délimitée par le BRGM et couvre une superficie de 372,5 ha, dont 47,8% ont une vulnérabilité forte. La nappe des sables est libre,

peu profonde et vulnérable aux contamintations de surface avec **une dégradation des eaux** liée, là aussi à la présence de nitrates. La capacité de production est en 2020 de 600 m³/j.

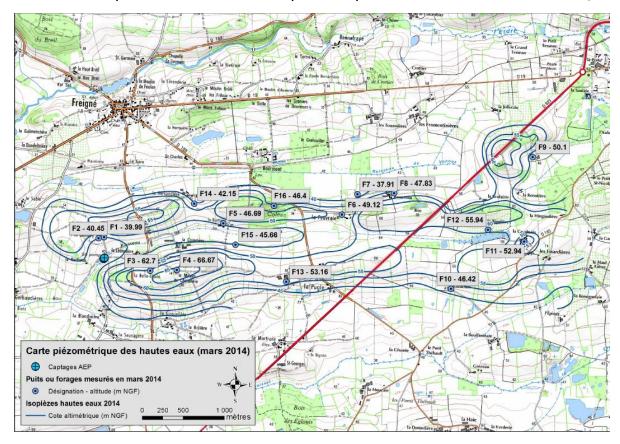


Figure 59 : carte piézométrique hautes eaux (mars 2014), captage de la Beltière-commune de Freigné

Cette nappe libre est vulnérable aux contaminations superficielles, le SDAGE Loire Bretagne établissant l'état chimique à médiocre pour les paramètres « nitrates » et « pesticides ». La pression azotée est qualifiée d'élevée pour le paramètre « nitrates » et de moyenne pour le paramètre « pesticides ».

Les points de suivi de l'entité hydrogéologique sont répertoriés sur la figure suivante.

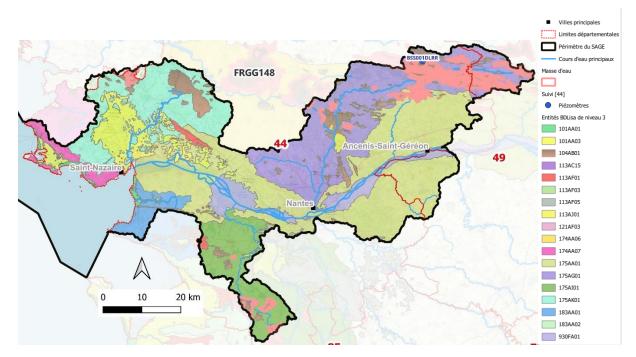


Figure 60: Entités hydrogéologiques du socle (BDLisa NIV3) et points de suivi de la MESO FRGG148

#### 6.9.4. Analyse du suivi piézométrique

Cette entité hydrogéologique (MESO) comprend deux entités BDLisa: 104AB01 - Sables du Pliocène en Bretagne et Pays de la Loire (bassin Loire-Bretagne). Elle dispose d'un unique point de suivi dont la chronique dépasse les 10 ans de données.

L'analyse des historiques de niveaux fait ressortir :

- 1 seul point avec un historique long;
- Aquifère suivi : Sables du Pliocène ;
- Le point de suivi appartient au groupe de comportement hydrodynamique : G3 : saisonnalité variation journalière très peu marquée ;
- Une inertie modérée ;
- Une amplitude maximale annuelle de 8 m et une amplitude moyenne mensuelle de 1,3 m;
- Une cyclicité de 12 mois ;
- Mois d'observation commun HMNA : janvier, octobre, novembre, décembre ;
- Année sèche la plus représentée : 2012 et 2017 ;
- Année sèche avec magnitude la plus forte : 2017 et 2018 ;
- Arrêt de pompage proche ;
- Aucune tendance calculable.

Comportement d'une nappe libre soumise à la recharge pluviométrique avec des comportements pouvant être différents en fonction de la lithologie du sous-sol et de l'aquifère.



#### **6.10.** Synthese du fonctionnement

Le schéma conceptuel des systèmes aquifères rencontrés peut se résumer ainsi :

- Entrées: recharge par la pluie, pertes ponctuelles des cours d'eau en milieu karstique (difficilement quantifiables sans mesures de jaugeages), apport des aquifères adjacents (socle) sous réserve que la nappe des sables ou alluvions soit plus basse en termes de niveau;
- Sorties: drainage de la nappe par les cours d'eau (bilan Gardenia BRGM, débit spécifique des cours d'eau en basses eaux), prélèvements tous usages, apport vers aquifères adjacents (socle) en fonction des différences de charge (sens d'écoulement).

Les apports en provenance des aquifères adjacents nécessitent de disposer de données piézométriques dans les deux aquifères ainsi que des données des paramètres hydrodynamiques.

#### **6.11.** AMELIORATION DES CONNAISSANCES

Pour disposer de bilans hydrogéologiques plus précis, il conviendrait de mettre en œuvre des modèles de type pluie\débit\niveau et des modèles hydrodynamiques de nappe. Ces modèles nécessiteraient toutefois de disposer des données :

- De suivi des différentes nappes concernées, et des cours d'eau;
- De piézométrie de nappe synchrone à des mesures de niveau et de débit de cours d'eau;
- Des paramètres hydrodynamiques ;
- De pluviométrie ;
- D'une géométrie précise des aquifères.

Une évaluation complète pourrait être mise en œuvre sur un bassin majeur pour les ressources en eau souterraine. Compte tenu du compartimentage des ressources, les études devraient cibler en première approche les bassins tertiaires et les alluvions de la Loire.



# **ANNEXES**



### ANNEXE 1 : CARACTERISTIQUES DES PIEZOMETRES DU TERRITOIRE

BSS_NEW	code_bss	usage	code_ depar	code commune	nom commune	nature	prof en m	typologie aquifère selon coupe	nature aquifère	Code MESO	Nom MESO	typologie MESO		karstique	frange littorale	Entité hydrologéolo gique	
BSS001DMWF	04225X0014/F	AEP.	44	44219	Vritz	FORAGE	30.0	sables (pliocène)	libre	GG022	Bassin versant de l'estuaire de la Loire	Socie	Entiérement libre	non	oui	104AB01	Sables du Pliocène en Bretagne et Pays-de-la-Loire (bassin Loire-Bretagne)
BSS001DMWC	04225X0011/F5	AEP.	49	49219	Montsoreau	FORAGE	28.0	sables quelques passées argileuses (pliocène)	libre	GG022	Bassin versant de l'estuaire de la Loire	Socle	Entiérement libre	non	oui	104AB01	Sables du Pliocène en Bretagne et Pays-de-la-Loire (bassin Loire-Bretagne)
BSS001DMWB	04225X0010/F	AEP.	49	49008	Angrie	FORAGE	26.7	sables avec un petit niveau argileux (pliocène)	libre	GG022	Bassin versant de l'estuaire de la Loire	Socle	Entiérement libre	non	oui	104AB01	Sables du Pliocène en Bretagne et Pays-de-la-Loire (bassin Loire-Bretagne)
BSS001EYWN	04533X0020/F1	AEP.	49	49183	Val d'Erdre- Auxence	FORAGE	21.0	argile,sable, argile (pliocène)	libre	GG022	Bassin versant de l'estuaire de la Loire	Socle	Entiérement libre	non	oui	104AB01	Sables du Pliocène en Bretagne et Pays-de-la-Loire (bassin Loire-Bretagne)
BSS001EYWP	04533X0021/F2	AEP.	49	49183	Val d'Erdre- Auxence	FORAGE	15.0	argile,sable, argile (pliocène)	libre	GG022	Bassin versant de l'estuaire de la Loire	Socle	Entiérement libre	non	oui	104AB01	Sables du Pliocène en Bretagne et Pays-de-la-Loire (bassin Loire-Bretagne)
BSS001GSMF	04816X0454/P	0	44	44020	Bouguenais	PUITS	4.4	socle (gneiss )	libre	GG022	Bassin versant de l'estuaire de la Loire	Socle	Entiérement libre	non	oui	175AA01	Socle métamorphique dans les bassins versants de la Boulogne de sa source au lac de Grand-Lieu (inclus), l'Acheneau de sa source à la Loire (non inclus), l'Ognon
BSS003XVPE		Piezomètre	44	44190	Saint-Sébastien- Sur-Loire	Forage	10.0	socle (micaschistes)	libre	GG022	Bassin versant de l'estuaire de la Loire	Socle	Entiérement libre	non	oui	175AA01	Socle métamorphique dans les bassins versants de la Boulogne de sa source au lac de Grand-Lieu (inclus), l'Acheneau de sa source à la Loire (non inclus), l'Ognon
BSS003XVPY		Piezomètre	44	44190	Saint-Sébastien- Sur-Loire	Forage	10.0	socle (micaschistes) recouvrement altérites	libre	GG022	Bassin versant de l'estuaire de la Loire	Socle	Entiérement libre	non	oui	175AA01	Socle métamorphique dans les bassins versants de la Boulogne de sa source au lac de Grand-Lieu (inclus), l'Acheneau de sa source à la Loire (non inclus), l'Ognon
BSS003XVQS		Piezomètre	44	44190	Saint-Sébastien- Sur-Loire	Forage	10.5	socle (micaschistes)	libre	GG022	Bassin versant de l'estuaire de la Loire	Socle	Entiérement libre	non	oui	175AA01	Socle métamorphique dans les bassins versants de la Boulogne de sa source au lac de Grand-Lieu (inclus), l'Acheneau de sa source à la Loire (non inclus), l'Ognon
BSS004DJRF		NC	44	44204	Thouaré-Sur-Loire	Puits	NC	socle - pas de coupe	libre	GG022	Bassin versant de l'estuaire de la Loire	Socle	Entiérement libre	non	oui	175AA01	Socle métamorphique dans les bassins versants de la Boulogne de sa source au lac de Grand-Lieu (inclus), l'Acheneau de sa source à la Loire (non inclus), l'Ognon
BSS004DJRG		NC	44	44166	Saint-Jean-De- Boiseau	Puits	NC	socle - pas de coupe	libre	GG022	Bassin versant de l'estuaire de la Loire	Socle	Entiérement libre	non	oui	175AA01	Socle métamorphique dans les bassins versants de la Boulogne de sa source au lac de Grand-Lieu (inclus), l'Acheneau de sa source à la Loire (non inclus), l'Ognon
BSS004DJRM		NC	44	44143	Rezé	Puits	NC	socle - pas de coupe	libre	GG022	Bassin versant de l'estuaire de la Loire	Socle	Entiérement libre	non	oui	175AA01	Socle métamorphique dans les bassins versants de la Boulogne de sa source au lac de Grand-Lieu (inclus), l'Acheneau de sa source à la Loire (non inclus), l'Ognon
BSS004DJRQ		NC	44	44143	Rezé	Puits	NC	socle - pas de coupe	libre	GG022	Bassin versant de l'estuaire de la Loire	Socle	Entiérement libre	non	oui	175AA01	Socle métamorphique dans les bassins versants de la Boulogne de sa source au lac de Grand-Lieu (inclus), l'Acheneau de sa source à la Loire (non inclus), l'Ognon
BSS004DJRS		NC	44	44120	Le Pellerin	Puits	NC	socle - pas de coupe	libre	GG022	Bassin versant de l'estuaire de la Loire	Socle	Entiérement libre	non	oui	175AA01	Socle métamorphique dans les bassins versants de la Boulogne de sa source au lac de Grand-Lieu (inclus), l'Acheneau de sa source à la Loire (non inclus), l'Ognon
BSS004DJRU		NC	44	44094	Mauves-Sur-Loire	Puits	NC	socle - pas de coupe	libre	GG022	Bassin versant de l'estuaire de la Loire	Socle	Entiérement libre	non	oui	175AA01	Socle métamorphique dans les bassins versants de la Boulogne de sa source au lac de Grand-Lieu (inclus), l'Acheneau de sa source à la Loire (non inclus), l'Ognon
BSS004DJRV		NC	44	44109	Nantes	Puits	NC	socle - pas de coupe	libre	GG022	Bassin versant de l'estuaire de la Loire	Socle	Entiérement libre	non	oui	175AA01	Socle métamorphique dans les bassins versants de la Boulogne de sa source au lac de Grand-Lieu (inclus), l'Acheneau de sa source à la Loire (non inclus), l'Ognon
BSS004DJQW		NC	44	44162	Saint-Herblain	Puits	NC	socle - pas de coupe	libre	GG022	Bassin versant de l'estuaire de la Loire	Socle	Entiérement libre	non	oui	175AA01	Socle métamorphique dans les bassins versants de la Boulogne de sa source au lac de Grand-Lieu (inclus), l'Acheneau de sa source à la Loire (non inclus), l'Ognon
BSS001EYJM	04532X0051/PZ	PIEZOMETRE.	49	49183	Val d'Erdre- Auxence	FORAGE	22.0	socle (schistes) recouvrement sablo-argileux	libre	GG022	Bassin versant de l'estuaire de la Loire	Socle	Entiérement libre	non	oui	175AG01	Socle métamorphique dans les bassins versants de la Boulogne de sa source au lac de Grand-Lieu (inclus), l'Acheneau de sa source à la Loire (non inclus), l'Ognon
BSS001GPPU	04812X0102/P	0	44	44194	Sautron	PUITS	6.6	colluvions plateau	libre	GG022	Bassin versant de l'estuaire de la Loire	Socle	Entiérement libre	non	oui	175AG01	Socle métamorphique dans les bassins versants de la Boulogne de sa source au lac de Grand-Lieu (inclus), l'Acheneau de sa source à la Loire (non inclus), l'Ognon
BSS004DJRC		NC	44	44114	Orvault	Puits	NC	socle - pas de coupe	libre	GG022	Bassin versant de l'estuaire de la Loire	Socle	Entiérement libre	non	oui	175AG01	Socle métamorphique dans les bassins versants de la Boulogne de sa source au lac de Grand-Lieu (inclus), l'Acheneau de sa source à la Loire (non inclus), l'Ognon
BSS001JRHS	05086X0065/EL33	PIEZOMETRE.	44	44188	Saint-Philbert-de- Grand-Lieu	FORAGE	24.0	sables quelques passées argileuses (PQ+Eocène)	libre	GG022	Bassin versant de l'estuaire de la Loire	Socle	Entiérement libre	non	oui	175AI01	Socle métamorphique dans les bassins versants de la Boulogne de sa source au lac de Grand-Lieu (inclus), l'Acheneau de sa source à la Loire (non inclus), l'Ognon



BSS_NEW	code_bss	usage		code commune	nom commune	nature	prof en m	typologie aquifère selon coupe aqu		Code MESO	Nom MESO	typologie MESO	nature_MESO		frange littorale	Entité hydrologéolo gique	nom EH
BSS001GNWX	04806X0003/SF	PIEZOMETRE.		44187	Saint-Père-en- Retz	FORAGE	70.0	socle (micaschistes et gneiss)	libre	Ģ (G	Bassin versant de la baie de Bourgneuf - Marais Breton	Socie	Entiérement libre	non	oui	183AA01	So cle métamorphique dans les bassins versants du Boivre et le Canal de Haute Perche et leurs affluents
BSS001JNYB	05072X0116/PZ	Piezomètre	44	44012	La Bernerie-En- Retz	Forage	45.5	socle (micaschistes)	libre	GG025	Bassin versant de la baie de Bourgneuf - Marais Breton	Socle	Entiérement libre	non	oui	183AA02	Socle métamorphique dans les bassins versants côtiers (dont le Falleron) et marais du Canal de Haute Perche (non inclus) au Bignon (inclus)
BSS001ETCE	04503X0068/PZ2	PIEZOMETRE.	44	44025	Campbon	FORAGE	8.0	calcaire sous recouvrement argiles sableuses (PQ+Eocène)	libre	GG038	Calcaires et sables du bassin tertiaire de Campbon captif	Sédimentaire	Entièrement captif	oui	non	113AF01	Calcaires sableux du Lutétien supérieur de Loire- Atlantique et Vendée (bassin Loire-Bretagne)
BSS001ETCD	04503X0067/PZ1	PIEZOMETRE.	44	44025	Campbon	FORAGE	38.0	calcaire sous recouvrement argiles puis sables (PQ+Eocène)	captif	GG038	Calcaires et sables du bassin tertiaire de Campbon captif	Sédimentaire	Entièrement captif	oui	non	113AF01	Calcaires sableux du Lutétien supérieur de Loire- Atlantique et Vendée (bassin Loire-Bretagne)
BSS001GPCB	04808X0027/N11	PIEZOMETRE.	44	44061	Frossay	FORAGE	30.0	sables sous recouvrement argileux (10 m) (Quaternaire)	libre	GG114	Alluvions de la Loire Armoricaine	Alluvial	Entiérement libre	non	oui	930FA01	Alluvions de la Loire Armoricaine
BSS001HBQB	04818X0545/PZ33	PIEZOMETRE.	44	44009	Basse-Goulaine	FORAGE	8.3	sable sous recouvrement limons argileux (2 m) (Quaternaire)	libre	GG114	Alluvions de la Loire armoricaine	Alluvial	Entiérement libre	non	oui	930FA01	Alluvions de la Loire Armoricaine
BSS001HBQA	04818X0544/PZ34	PIEZOMETRE.	44	44009	Basse-Goulaine	FORAGE	8.0	sables sous recouvrement argileux (limons et argiles - 6 m) (Quaternaire)	libre	GG114	Alluvions de la Loire armoricaine	Alluvial	Entiérement libre	non	oui	930FA01	Alluvions de la Loire Armoricaine
BSS001HEDS	04822X0046/F4-S4	AEP.	49	49069	Orée d'Anjou	FORAGE	20.0	sables (Quaternaire)	libre	GG114	Alluvions de la Loire armoricaine	Alluvial	Entiérement libre	non	oui	930FA01	Alluvions de la Loire Armoricaine
BSS001HEEA	04822X0054/S5-F5	AEP.	49	49069	Orée d'Anjou	FORAGE	22.8	sables (Quaternaire)	libre	GG114	Alluvions de la Loire armoricaine	Alluvial	Entiérement libre	non	oui	930FA01	Alluvions de la Loire Armoricaine
BSS003UYAO			49	49069	Orée D'Anjou	Forage		alluvions	libre	GG114	Alluvions de la Loire armoricaine	Alluvial	Entiérement libre	non	oui	930FA01	Alluvions de la Loire Armoricaine
BSS001JPMP	05078X0041/PZN3	PIEZOMETRE.	44	44087	Machecoul-Saint- Même	FORAGE	6.0	sables (Pliocène)	libre	GG117	Sables et calcaires du bassin tertiaire de Machecoul libres	Sédimentaire	Entiérement libre	non	non	104AB01	Sables du Pliocène en Bretagne et Pays-de-la-Loire (bassin Loire-Bretagne)
BSS001JPMN	05078X0040/PZN1	PIEZOMETRE.	44	44087	Machecoul-Saint- Même	FORAGE	15.0	alternance sables et grès (Eocène)	libre	GG117	Sables et calcaires du bassin tertiaire de Machecoul libres	Sédimentaire	Entiérement libre	non	non	113AF01	Calcaires sableux du Lutétien supérieur de Loire- Atlantique et Vendée (bassin Loire-Bretagne)
BSS001JPMQ	05078X0042/PZN5	PIEZOMETRE.	44	44087	Machecoul-Saint- Même	FORAGE	8.0	sables, grès calcaires (Eocène)	libre	GG117	Sables et calcaires du bassin tertiaire de Machecoul libres	Sédimentaire	Entiérement libre	non	non	113AF01	Calcaires sableux du Lutétien supérieur de Loire- Atlantique et Vendée (bassin Loire-Bretagne)
BSS001ESVY	04502X0044/SGB8	PIEZOMETRE.	44	44161	Saint-Gildas-des- Bois	FORAGE	10.5	calcaires et calcaires coquillers sous recouvrement argile et sable argileux peu épais (2 m) (Quat+Eocène)	libre	GG118		Sédimentaire	Entiérement libre	non	non	113AF01	Calcaires sableux du Lutétien supérieur de Loire- Atlantique et Vendée (bassin Loire-Bretagne)
BSS001ESVX	04502X0043/SGB7	PIEZOMETRE, AEP.	44	44161	Saint-Gildas-des- Bois	FORAGE	20.0	calcaires et calcaires coquillers (QUAT+Eocène)	libre	GG118	Sables et calcaires du bassin tertiaire de St-Gildas-des-Bois	Sédimentaire	Entiérement libre	non	non	113AF01	Calcaires sableux du Lutétien supérieur de Loire- Atlantique et Vendée (bassin Loire-Bretagne)
BSS001EUMW	04514X0018/01	AEP,PIEZOME TRE.	44	44110	Nort-sur-Erdre	FORAGE	19.5	calcaire (1m) et argile et marnes (Pliocène + Oligocène)	libre	GG139	Sables et calcaires du bassin tertiaire de Nort-sur-Erdre libres	Sédimentaire	Entiérement libre	non	non	113AC15	Calcaires du Rupélien supérieur en Bretagne
BSS001EUJD	04513X0112/OS1	NR	44	44100	Nort-sur-Erdre	FORAGE	19.5	calcaire (1m) et argile et marnes	libre	GG139	Sables et calcaires du bassin tertiaire de Nort-sur-Erdre libres	Sédimentaire	Entiérement libre	non	non	104AB01	Sables du Pliocène en Bretagne et Pays-de-la-Loire (bassin Loire-Bretagne)
BSS001EUZH	04518X0042/PZ8	PIEZOMETRE.	44	44110	Nort-sur-Erdre	FORAGE	10.0	sable (Pliocène)	libre	GG139	Sables et calcaires du bassin tertiaire de Nort-sur-Erdre libres	Sédimentaire	Entiérement libre	non	non	104AB01	Sables du Pliocène en Bretagne et Pays-de-la-Loire (bassin Loire-Bretagne)
BSS003ZKDU	BSS003ZKDU/X	PIEZOMETRE.	44	44110	Nort-sur-Erdre	FORAGE	16.0	sable (Pliocène)	libre	GG139	Sables et calcaires du bassin tertiaire de Nort-sur-Erdre libres	Sédimentaire	Entiérement libre	non	non	104AB01	Sables du Pliocène en Bretagne et Pays-de-la-Loire (bassin Loire-Bretagne)
BSS001EUNG	04514X0084/S14BIS	PIEZOMETRE.	44	44110	Nort-sur-Erdre	FORAGE	18.5	sable (Pliocène)	libre	GG139	Sables et calcaires du bassin tertiaire de Nort-sur-Erdre libres	Sédimentaire	Entiérement libre	non	non	104AB01	Sables du Pliocène en Bretagne et Pays-de-la-Loire (bassin Loire-Bretagne)
BSS001EUZL	04518X0045/MSM1	AEP,PIEZOME TRE.	44	44179	Saint-Mars-du- Désert	FORAGE	70.0	sables (Pliocène)	libre	GG140	Sables et calcaires du bassin tertiaire de Mazerolles captifs	Sédimentaire	Entièrement captif	non	non	104AB01	Sables du Pliocène en Bretagne et Pays-de-la-Loire (bassin Loire-Bretagne)
BSS001EUZK	04518X0044/F3	PIEZOMETRE.	44	44122	Petit-Mars	FORAGE	7.0	argile +sable (PQ+Pliocène)	libre	GG140	Sables et calcaires du bassin tertiaire de Mazerolles captifs	Sédimentaire	Entièrement captif	non	non	104AB01	Sables du Pliocène en Bretagne et Pays-de-la-Loire (bassin Loire-Bretagne)
BSS001DLRR	04217X0003/F	PIEZOMETRE, AEP.	44	44191	Saint-Sulpice-des- Landes	FORAGE	8.0	calcaires avec recouvrement tourbe 1 m (Quat+Pliocène)	libre	GG148	Bassins tertiaires du socle armoricain	Sédimentaire	Entiérement libre	non	non	104AB01	Sables du Pliocène en Bretagne et Pays-de-la-Loire (bassin Loire-Bretagne)

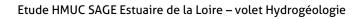


### ANNEXE 2 : RESULTATS DES ANALYSES STATISTIQUES

BSS_NEW	date_debut	date_fin ▼	nbre année	Auto-corrélogramme (ADES)>0.7 - inertie	Périodogramme (ADES)	groupe typologie	cyclicité annuelle et journalière	niveau annuel moyen en m NGF_ADES	niveau annuel mini en m NGF_ADES	niveau annuel maxi en m NGF_ADES	amplitude maxi annuelle en m_ADES
BSS001DMWB	01/06/21	30/11/23	2.5	très faible	saisonnalité	G2	saisonnalité et variation journalière marquée	NV	NV	NV	
BSS001DMWC	01/12/11	30/11/23	12.0	faible	saisonnalité et pluriannualité	G2	saisonnalité et variation journalière marquée	35.27	33.18	38.99	5.81
BSS001DMWF	15/07/07	31/10/23	16.3	très faible	saisonnalité et pluriannualité	G2	saisonnalité et variation journalière marquée	34.70	33.30	36.31	3.01
BSS001EYWN	27/08/20	30/11/23	3.3	faible	saisonnalité	G3	saisonnalité - variation journalière très peu marquée	NV	NV	NV	NV
BSS001EYWP	27/08/20	30/11/23	3.3	faible	saisonnalité	G3	saisonnalité et variations journalières peu marquées - influence pompage 2023	NV	NV	NV	NV
BSS001GSMF	31/05/22	09/12/23	1.5	très faible	NV	G1	saisonnalité et variation journalière assez marquée	NV	NV	NV	
BSS003XVPE	31/05/22	11/12/23	1.5	faible	NV	G1	saisonnalité et variation journalière assez marquée	NV	NV	NV	
BSS003XVPY	31/05/22	11/12/23	1.5	faible	NV	G1	saisonnalité et variation journalière assez marquée	NV	NV	NV	
BSS003XVQS	31/05/22	11/12/23	1.5	faible	NV	G1	saisonnalité et variation journalière assez marquée	I NV		NV	
BSS004DJQW	13/07/22	11/12/23	1.4	faible	NV	NV		NV	NV	NV	
BSS004DJRF	13/05/22	11/12/23	1.6	faible	NV	G1	saisonnalité et variation journalière assez marquée	NV	NV	NV	
BSS004DJRG	12/05/22	09/12/23	1.6	faible	NV	G1	saisonnalité et variation journalière assez marquée - probable influence Loire - ZH	NV	NV	NV	
BSS004DJRM	22/04/22	11/12/23	1.6	faible	NV	G1	saisonnalité et variation journalière assez marquée	NV	NV	NV	
BSS004DJRQ	30/05/22	11/12/23	1.5	faible	NV	G1	saisonnalité et variation journalière assez marquée	NV	NV	NV	
BSS004DJRS	31/05/22	11/12/23	1.5	faible	NV	G1	saisonnalité et variation journalière assez marquée	NV	NV	NV	
BSS004DJRU	21/04/22	11/12/23	1.6	faible	NV	G1	saisonnalité et variation journalière assez marquée	NV	NV	NV	
BSS004DJRV	20/04/22	11/12/23	1.6	NC	NV	G1	saisonnalité et variation journalière assez marquée	NV	NV	NV	
BSS001EYJM	21/01/06	10/12/23	17.9	faible	saisonnalité et pluriannualité	G3	saisonnalité - variation journalière très peu marquée	53.01	51.46	54.85	3.39
BSS001GPPU	31/05/22	11/12/23	1.5	très faible	NV	G1	saisonnalité et variation journalière assez marquée	NV	NV	NV	
BSS004DJRC	25/04/22	09/12/23	1.6	faible	NV	G1	saisonnalité et variation journalière assez marquée	NV	NV	NV	
BSS001JRHS	08/11/95	11/12/23	28.1	faible	saisonnalité et pluriannualité	G3	saisonnalité - variations journalières très peu marquées - influence pompage probable	33.48	30.57	35.61	5.04



BSS_NEW	date_debut	date_fin	nbre année	Auto-corrélogramme (ADES)>0.7 - inertie	Périodogramme (ADES)	groupe typologie	cyclicité annuelle et journalière	niveau annuel moyen en m NGF_ADES	niveau annuel mini en m NGF_ADES	niveau annuel maxi en m NGF_ADES	amplitude maxi annuelle en m_ADES
BSS001GNWX	17/12/90	11/12/23	33.0	faible	saisonnalité et pluriannualité	G1	saisonnalité et variation journalière assez marquée	12.63	10.92	13.88	2.96
BSS001JNYB	24/10/14	11/12/23	9.1	faible	saisonnalité et pluriannualité	G3	saisonnalité - variation journalière très peu marquée				
BSS001ETCD	20/10/15	11/12/23	8.1	modérée	saisonnalité et pluriannualité	G6	saisonnalité décalée et variation journalière marquée (captif) - signal atypique du reste	-3.28	-7.80	5.24	13.04
BSS001ETCE	28/01/14	20/10/22	8.7	faible	saisonnalité et pluriannualité	G1	saisonnalité et variation journalière assez marquée	2.37		5.38	
BSS001GPCB	17/11/95	11/12/23	28.1	modérée	saisonnalité et pluriannualité	G5	saisonnalité et variations journalières plus ou moins marquées	1.63	1.19	2.22	1.03
BSS001HBQA	10/07/94	11/12/23	29.4	faible	saisonnalité et pluriannualité	G4	saisonnalité - variation journalière marquée - influence Loire beaucoup moins marquée	2.96	0.73	5.13	4.40
BSS001HEEA	01/01/11	31/10/23	12.8	faible	saisonnalité et pluriannualité	G4	saisonnalité - variation journalière marquée - influence Loire	4.64	1.28	7.94	6.66
BSS001HBQB	10/07/94	11/12/23	29.4	faible	saisonnalité et pluriannualité	G4	saisonnalité - variation journalière marquée - influence Loire moins marquée	0.41	-0.68	2.05	2.73
BSS001HEDS	01/01/11	30/11/23	12.9	faible	saisonnalité et pluriannualité	G4	saisonnalité - variation journalière marquée - influence Loire	4.89	2.08	8.68	6.60
BSS003UYAO	04/01/18	30/11/23	5.9	faible	saisonnalité	G4	saisonnalité - variation journalière marquée - influence Loire	3.52	-3.96	11.01	14.97
BSS001JPMP	07/07/94	11/12/23	29.4	faible	saisonnalité et pluriannualité	G1	saisonnalité et variation journalière assez marquée	3.50	2.53	5.00	2.47
BSS001JPMN	08/07/94	11/12/23	29.4	faible	saisonnalité et pluriannualité	G1	saisonnalité et variation journalière assez marquée	4.01		5.07	
BSS001JPMQ	08/07/94	11/12/23	29.4	faible	saisonnalité et pluriannualité	G1	saisonnalité et variation journalière assez marquée	2.70	2.17	3.86	1.69
BSS001ESVY	16/11/95	11/12/23	28.1	faible	saisonnalité et pluriannualité	G1	saisonnalité et variation journalière assez marquée	2.53	1.57	3.66	2.09
BSS001ESVX	12/11/95	11/12/23	28.1	faible	saisonnalité et pluriannualité	G1	saisonnalité et variation journalière assez marquée	3.81	2.72	5.20	2.48
BSS001EUMW	27/01/94	11/12/23	29.9	faible	saisonnalité et pluriannualité	G1	saisonnalité et variation journalière assez marquée	13.64	12.19	14.80	2.61
BSS001EUJD	01/07/09	14/12/15	6.5	faible	saisonnalité et pluriannualité	G1	saisonnalité et variation journalière assez marquée	13.72	12.81	14.79	1.98
BSS001EUNG	10/08/96	11/02/19	22.5	modérée	saisonnalité et pluriannualité	G3	saisonnalité - variation journalière très peu marquée	5.00	3.64	7.49	3.85
BSS001EUZH	12/03/94	25/06/20	26.3	modérée	saisonnalité et pluriannualité	G3	saisonnalité - variation journalière très peu marquée	5.15	4.15	6.55	2.40
BSS003ZKDU	11/03/94	11/12/23	29.8	modérée	saisonnalité et pluriannualité	G3	saisonnalité - variations journalières très peu marquées	4.43	3.35	5.74	2.39
BSS001EUZL	22/11/95	28/05/10	14.5	faible	saisonnalité et pluriannualité	G3	saisonnalité - variation journalière très peu marquée	3.58	2.09	5.09	3.00
BSS001EUZK	22/11/95	11/12/23	28.1	modérée	saisonnalité et pluriannualité	G3	saisonnalité - variations journalières très peu marquées	3.83	2.98	5.16	2.18
BSS001DLRR	13/01/00	11/12/23	23.9	modérée	saisonnalité et pluriannualité	G3	proche G3 mais arrêt pompage en 2023 modifie le signal	51.9 <mark>9</mark>	48.47	56.24	7.77



BSS_NEW	date_debut	date_fin	nbre année	niv.moy. annuel m NGF	amplitude mensuelle moyenne en m (écart type)	tendance mensuelle (2012-2020)	tendance mensuelle (toutes périodes)	tendance annuelle toutes périodes_niveau moyen ou médian	tendance annuelle 2012- 2020 niv. Moyen ou médian	cyclicité 2012-2020	cyclicité période tot.	HCN3 (moyen) m NGF et valeur la plus basse et date	HCN30 (moyen) m NGF et valeur la plus basse et date2	mois d'observation HMNA	HMNA5 moyen en m NGF	HMNA5 (borne inf.) (borne sup. en m NGF		2- tendance IPS (2012- 2021)	sécheresse (IPS) - caractéristiques	sécheresse - date (magnitude la plus forte)
BSS001DMWB	01/06/21	30/11/23	2.5	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	11 mois									
BSS001DMWC	01/12/11	30/11/23	12.0	35.3	1.20	baisse (octobre)	baisse (octobre)	non valide	non valide	12 mois	Cyclicité principale : 144 mois,	34,26 m NGF(33,19 m NGF	34,34 m NGF(33,26 m NGF 25/11/2017)	septembre, octobre	33.54080391	32.66124949 34.2059463	sec: 2017 humide: 2012, 2013		peu nombreuses, de durée très longue, d'intensité et de magnitude forte	2014-2018
BSS001DMWF	15/07/07	31/10/23	16.3	34.7	0.39	non valide	non valide	non valide	non valide	12 mois	cyclicité secondaire : 12 mois. 12 mois	08/12/2017) 33,74 m NGF(33,3 m NGF	33,8 m NGF(33,36 m NGF 20/09/2019)	août, septembre, octobre	33.6084336	33.37514269 33.7818778	sec : 2017 humide :		très nombreuses, de durée moyenne et magnitude faible et d'intensité forte	2016-2018
BSS001EYWN	27/08/20	30/11/23	3.3	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	24/09/2019)								
BSS001EYWP	27/08/20	30/11/23	3.3	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC									
BSS001GSMF	31/05/22	09/12/23	1.5	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC									
BSS003XVPE	31/05/22	11/12/23	1.5	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC									
BSS003XVPY	31/05/22	11/12/23	1.5	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC									
BSS003XVQS	31/05/22	11/12/23	1.5	NC	NC	NC NC	NC	NC	NC	NC	NC NC									
BSS004DJQW	13/07/22	11/12/23	1.4	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC NC									
BSS004DJRF	13/05/22	11/12/23	1.6	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC NC									
BSS004DJRG	12/05/22	09/12/23	1.6	NC.	NC	NC NC	NC NC	NC	NC	NC	NC NC									
BSS004DJRM	22/04/22	11/12/23	1.6	NC NC	NC NC	NC NC	NC NC	NC	NC	NC	NC NC									
					NC NC															
BSS004DJRQ	30/05/22	11/12/23	1.5	NC		NC	NC	NC	NC	NC	NC									
BSS004DJRS	31/05/22	11/12/23	1.5	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC NC									
BSS004DJRU	21/04/22		1.6	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC									
BSS004DJRV	20/04/22	11/12/23	1.6	NC	NC	NC baisse en mai et	NC	NC	NC	NC	NC	51 99 mNGE /51 48	3 52,09 mNGF (51,66				sec: 2017	tendance globale	nombreuses, de durée et de magnitude	
BSS001EYJM	21/01/06	10/12/23	17.9	53.0	0.26	septembre	х	х	baisse	12 mois	Cyclicité principale : 72 mois, cyclicité secondaire : 120 mois.	mNGF 22/09/2019)		juillet, août, septembre, octobre	51.94359105	51.82816229 52.0727822	humide:	baisse et septembre	moyenne, d'intensité forte	2016-2018
BSS001GPPU	31/05/22	11/12/23	1.5	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC									
BSS004DJRC	25/04/22	09/12/23	1.6	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC									
BSS001JRHS	08/11/95	11/12/23	28.1	33.6	0.68	baisse en mars	baisse en septembre à décembre et en mai	baisse	х	12 mois	Cyclicité principale : 12 mois, cyclicité secondaire : 360 mois.	32,44 mNGF (30,75 mNGF 28/06/2014)		juillet, septembre, octobre, novembre, décembre	32.14468933	31.93102914 32.4066262	humide : 2016		très nombreuses, de durée moyenne et magnitude faible et d'intensité forte	2014-2015
BSS001GNWX	17/12/90	11/12/23	33.0	12.6	0.37	×	baisse avril à octobre	baisse	х	NC	12 mois	11,62 mNGF (10,93 mNGF 05/11/2018)		août, septembre, octobre, novembre, décembre	11.4660261	11.27211531 11.6969009	sec: 2017, 2019* humide: 2014	baisse avril, mai, juillet	nombreuses, de durée et magnitude moyenne et intensité très forte	2019
BSS001JNYB	24/10/14	11/12/23	9.1	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC										
BSS001ETCD	20/10/15	11/12/23	8.1	-3.6	1.65	NC	NC	NC	NC	NC	100 mois	-5,28 mNGF (-7,27 mNGF 30/12/2017)	-5,24 m NGF (-6,81 mNGF 26/11/2017)	octobre, novembre, décembre	-5.95397626	-7.06628942 -4.9423416	,			
BSS001ETCE	28/01/14	20/10/22	8.7	3.4	0.62	NC	NC	NC	NC	NC	108 mois	1,18 mNGF (-0,54 mNGF 12/11/2018)	1,45 mNGF (-0,28 mNGF 03/11/2018)	septembre, octobre, novembre	0.566673269	0.16810268 1.42254005	9			
BSS001GPCB	17/11/95	11/12/23	28.1	1.6	0.18	hausse de mai à novembre	hausse mars et juillet à septembre	hausse	hausse	12 mois	Cyclicité principale : 120 mois, cyclicité secondaire : 360 mois.	1,46 mNGF (1,23 mNGF 04/09/2006)	1,42 mNGF (1,20 mNGF 05/09/2006)	janvier, août, septembre, octobre, novembre, décembre	1.345981709	1.26925613 1.41002962	sec : 2012, 2017 humide : 2020, 2021	tendance globale : hausse	assez nombreuses de durée longue, de magnitude et d'intensité forte	2016-2018
BSS001HBQA	10/07/94	11/12/23	29.4	3.0	0.51	baisse d'août à novembre	×	x	baisse	12 mois	12 mois	1,62 mNGF (0,75 mNGF 23/09/1996)	1,75 mNGF (0,83 mNGF23/09/1996)	juillet, août, septembre, octobre	1.374983361	1.189751757 1.59407356	sec: 2017 humide:	tendance globale à la baisse	assez nombreuses, de durée assez longue, de magnitude moyenne et d'intensité forte	2016-2018
BSS001HEEA	01/01/11	31/10/23	12.8	4.6	1.08	x	hausse décembre et février	hausse	×	NC	Cyclicité principale : 12 mois, cyclicité secondaire : 40 mois.	2,99 mNGF (1,34 mNGF 27/07/2015)	3,34 mNGF (1,64 mNGF 15/08/2015)	juillet, a oût, septembre, octobre	2.587081668	2.005688566 3.12320302	sec: 2015 humide:	hausse mars	assez nombreuses, de durée moyenne, de magnitude moyenne et d'intensité forte	2014-2016
BSS001HBQB	10/07/94	11/12/23	29.4	0.4	0.41	NC	non valide	non valide	non valide	NC	Cyclicité principale : 12 mois, cyclicité secondaire : 72 mois.	-0,17 mNGF (-0,65 mNGF 02/01/2006)	-0,12 mNGF (-0,56 mNGF 19/10/2005)	janvier, juillet, août, septembre, octobre, novembre, décembre	-0.30512146	-0.39369328 -0.1962509	sec: 2017, 2019 humide: 2013, 2014	baisse juillet à octobre	assez nombreuses, de durée assez longue, de magnitude moyenne et d'intensité forte	2018-2019
BSS001HEDS	01/01/11	30/11/23	12.9	4.9	1.00	NC	NC	NC	NC	NC	Cyclicité principale : 40 mois, cyclicité secondaire : 32 mois.	3,29 mNGF (2,09 mNGF 06/10/2011)	3,63 mNGF (2,47 mNGF 18/10/2011)	juillet, a oût, septembre, octobre	3.203142006	2.793050309 3.63501428	sec: 2012 humide:	hausse octobre	très nombreuses, de durée moyenne et magnitude faible et d'intensité forte	2012
BSS003UYAO	04/01/18	30/11/23	5.9	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	Cyclicité principale : 72 mois, cyclicité secondaire : 36 mois.									
BSS001JPMP	07/07/94	11/12/23	29.4	non fait	non fait	non fait	non fait	non fait	non fait	NC	,									
BSS001JPMN	08/07/94	11/12/23	29.4	non fait	non fait	non fait	non fait	non fait	non fait	NC										
BSS001JPMQ	08/07/94	11/12/23	29.4	non fait	non fait	non fait	non fait	non fait	non fait	NC										
BSS001ESVY	16/11/95	11/12/23	28.1	2.5	0.24	non valide	non valide	non valide	non valide	12 mois	12 mois	1,98 m NGF (1,57 mNGF 10/10/2005)		août, septembre, octobre	1.895138635	1.826883018 1.96288599	sec: 2017 humide:		nombreuses, de durée et de magnitude moyenne, d'intensité forte	2016-2018
BSS001ESVX	12/11/95	11/12/23	28.1	3.8	0.29	×	hausse février	non valide	non valide	12 mois	12 mois	3,12 m NGF (2,72 mNGF 16/10/2017)	3,15 mNGF (2,73 mNGF 14/11/2017)	septembre, octobre, novembre	3.012622815	2.928687656 3.11247462			assez nombreuses, de durée assez longue, de magnitude moyenne et	2016-2018
BSS001EUMW	27/01/94	11/12/23	29.9	13.6	0.39	×	baisse (octobre et septembre)	non valide	non valide	12 mois	12 mois	12,88 mNGF (12,19 mNGF 22/09/2019)	12,93 mNGF (12,24 mNGF 25/09/2019)	janvier, juillet, août, septembre, octobre, novembre	12.58251064	12.37738533 12.8266414	404 : 2017		d'intensité forte  très nombreuses, de durée moyenne et de magnitude faible, d'intensité forte	2016-2018
BSS001EUJD	01/07/09	14/12/15	6.5	13.7	0.30	NC	NC	NC	NC	NC	11 à 13 mois	12,98 mNGF (12,77 mNGF 22/09/2012)	7 13,02 mNGF (12,81	août, septembre, octobre	12.87146758	12.54434708 13.1035861	3		and a second of the second	
BSS001EUNG	10/08/96	11/02/19	22.5	5.0	0.72	NC	non valide	non valide	NC	NC	Cyclicité principale : 135 mois,	4,35 mNGF (3,64	4,43 mNGF (3,65	janvier, mars, octobre, novembre,	4.010929136					
BSS001EUZH	12/03/94	25/06/20	26.3	5.1	0.44	NC	non valide	non valide	NC	NC	cyclicité secondaire : 90 mois.	4,74 mNGF (4,15	4,43 mNGF (3,65	décembre janvier, mars, octobre, novembre,		4.317905836 4.67717548				
BSS003ZKDU	11/03/94		29.8	4.4	0.45	NC	non valide	non valide	NC	NC	Cyclicité principale : 72 mois,	mNGF 29/11/1997) 4,02 mNGF (3,35	4,05 mNGF (3,35	janvier, mars, octobre, novembre,		3.569676535 3.93818232	sec: 2012, 2017,2018		peu nombreuses, de durée longue, de magnitude très forte et d'intensité	2016-2019
BSS001EUZL	22/11/95		14.5	3.6	0.24	NC NC	hausse févier, mars	hausse	×	NC NC	cyclicité secondaire : 120 mois. NC	3,00 mNGF (2,55	2,84 mNGF (2,44	décembre août, septembre, octobre,	2.870464885		humide : 2014, 2020		modérement forte	
BSS001EUZK	22/11/95		28.1	3.8	0.24	X	hausse mars, avril et	non valide	non valide	12 mois	Cyclicité principale : 360 mois,	mNGF 10/10/2003) 3,14 mNGF (2,98	3,19 mNGF (3,04	novembre février, juin, juillet, août,	3.150166405		sec:		très nombreuses, de durée moyenne et	2016-2017
							baisse juillet à octobre				cyclicité secondaire : 180 mois.	mNGF 21/03/2019) 50.36 m NGF	mNGF 10/09/2019) 50.5 m NGF (48,68	septembre janvier, octobre, novembre,			numide :		de magnitude faible, d'intensité forte peu nombreuses, de durée longue,	
BSS001DLRR	13/01/00	11/12/23	23.9	51.9	1.32	non valide	non valide	non valide	non valide	12 mois	Cyclicité principale : 58 mois, cyclicité secondaire : 12 mois.	(48,51 m NGF 23/01/2002)	m NGF 16/01/2002)	décembre	49.63852113	48.9829346 50.1977446	humide : 2014		d'intensité et de magnitude forte	2017-2018



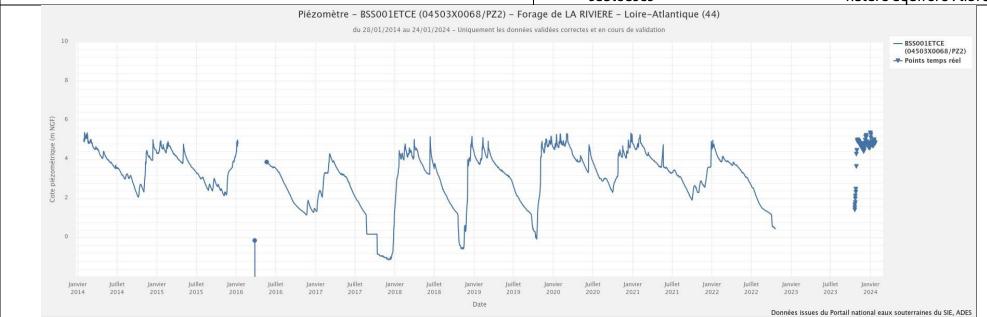
### ANNEXE 3: ANALYSES DES CHRONIQUES PIEZOMETRIQUES

### St Nazaire Anceriis Narites

## FRFG038 : Entité calcaires & sables du bassin tertiaire du Campbon captif - piézomètre : 04503x0068/pz2 - BSS001ETCE

- Historique disponible: 2014-2022
- Complétude: 92,6%
- Contexte Environnemental:
  - cours d'eau : nonzone humide : nonprélèvements : non

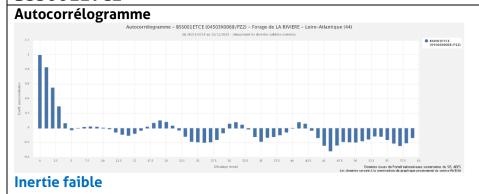
- profondeur: 8 m
- Entité hydrogéologique: 113AF01- Calcaires sableux du Lutétien supérieur de Loire-Atlantique et Vendée (bassin Loire-Bretagne)
- coupe géologique BSS : oui
- aquifère capté: calcaire Eocène sous recouvrement argiles sableuses nature aquifère: libre



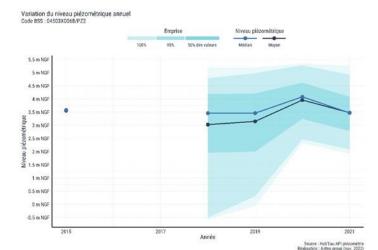
Qualité donnée : données manquantes : 2016-2017 - Période trop courte disponible pour l'analyse des tendances d'évolution sur ce piézomètre / cette sous-entité

Chroniques piézométriques : type G1 : saisonnalité et variation journalière assez marquée

## FRFG038: Entité calcaires & sables du bassin tertiaire du Campbon captif - piézomètre : 04503x0068/pz2 - BSS001ETCE



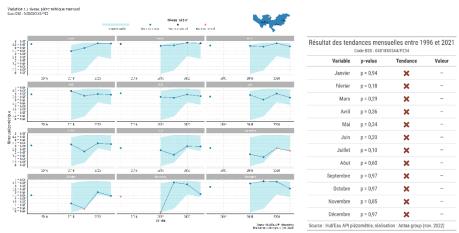




Niveau annuel moyen: 3,4 m NGF pas de calcul de tendance (chronique courte)



#### Niveaux moyens mensuels et tendance

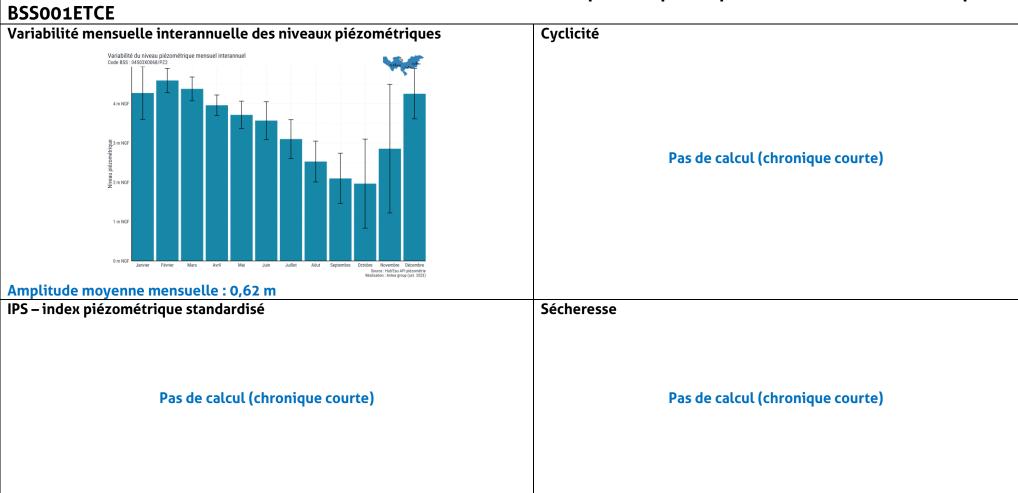


Période de recharge : Décembre – Avril et Période d'étiage : Septembre – Octobre

Pas de calcul de tendance (chronique courte)



## FRFG038: Entité calcaires & sables du bassin tertiaire du Campbon captif - piézomètre : 04503x0068/pz2 -

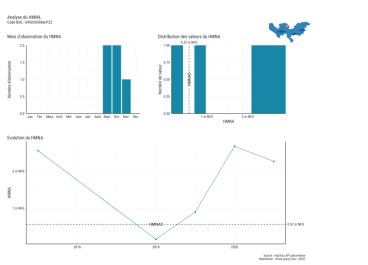


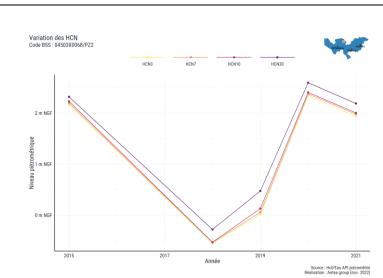


## FRFG038: Entité calcaires & sables du bassin tertiaire du Campbon captif - piézomètre : 04503x0068/pz2 - BSS001ETCE

HCN







HMNA5: 0,57 m NGF - Mois: Septembre - Octobre - Année sèche: 2018

- Chronique courte < 10 ans;</li>
- Faible inertie;
- Variation journalière assez marquée en lien avec la recharge pluviométrique ;
- Variations saisonnières et pluriannuelles ;
- Etiage: septembre octobre;
- Année sèche : 2018.



#### FRFG0114: Alluvions de la Loire Armoricaine Amont - piézomètre: 04818X0544/PZ34 - BSS001HBQA

• Historique disponible : 1996 – 2022

Complétude : 81%

• Contexte Environnemental:

o cours d'eau : oui (Loire)

zone humide : nonprélèvements : non

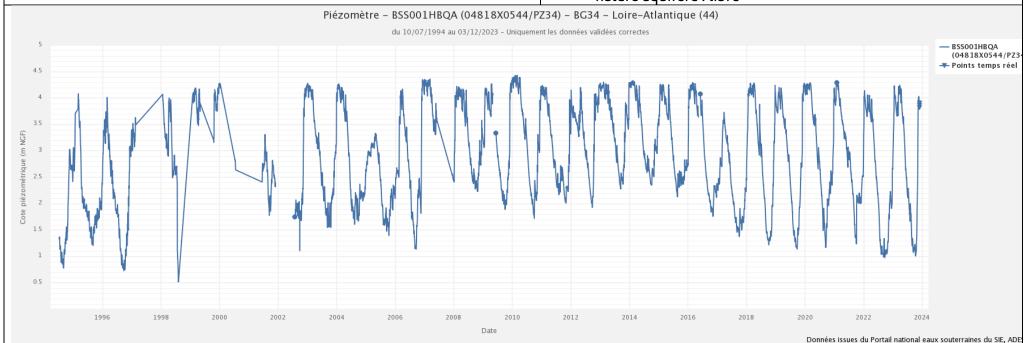
• profondeur: 8 m

Entité hydrogéologique: 930FA01 - Alluvions de la Loire Armoricaine

• coupe géologique BSS : oui

 aquifère capté: sables sous recouvrement argileux (limons et argiles - 6 m) (Quaternaire)

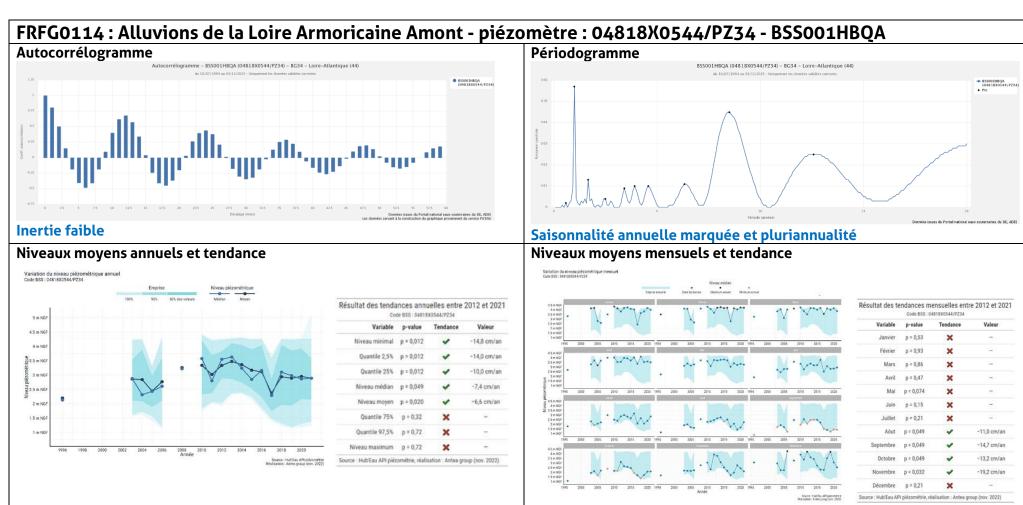
• nature aquifère : libre



Qualité donnée: chronique incomplète présentant des périodes sans donnée (2002, 2009)

Chroniques piézométriques : type G4 : saisonnalité - variation journalière marquée - influence Loire





Niveau annuel moyen: 3 m NGF - amplitude maxi: 4,40 (mini et maxi moyen annuel)

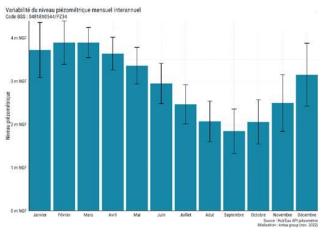
Tendance de diminution significative des niveaux annuels minimums et moyens

Période de recharge : Décembre - Avril et Période d'étiage : Juillet - Octobre

Tendance de diminution significative : août à novembre.

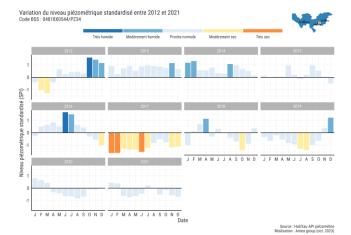
#### FRFG0114: Alluvions de la Loire Armoricaine Amont - piézomètre: 04818X0544/PZ34 - BSS001HBQA

#### Variabilité mensuelle interannuelle des niveaux piézométriques



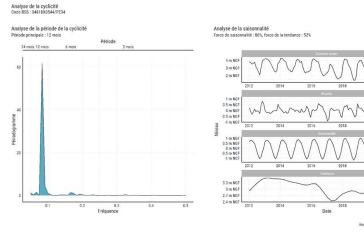
#### Amplitude mensuelle moyenne en m: 0,51 m

#### IPS – index piézométrique standardisé



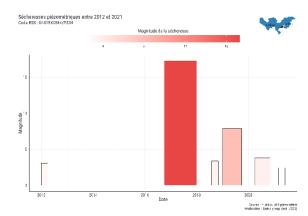
Année sèche : 2017 Tendance globale à la baisse

#### Cyclicité



#### Cyclicité marquée à 12 mois

#### Sécheresse

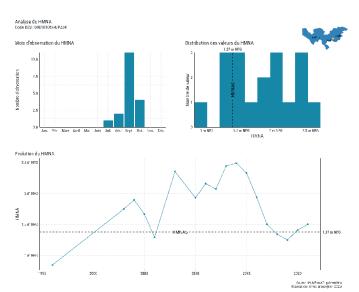


Sécheresse : assez nombreuses, de durée assez longue, de magnitude moyenne et d'intensité forte

Sécheresse magnitude la plus forte : 2016 et 2018

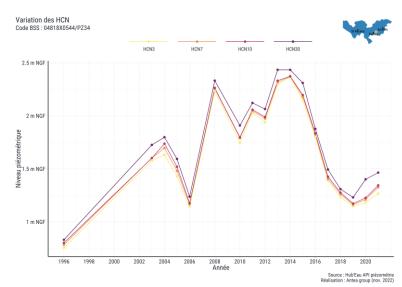


#### HMNA



HMNA5 : 1,37 m NGF, et observé en : juillet, août, septembre, octobre et dépassé régulièrement

#### HCN



HCN3 moyen: 1,62 m NGF (valeur la plus basse: 0,75 m NGF 23/09/1996)

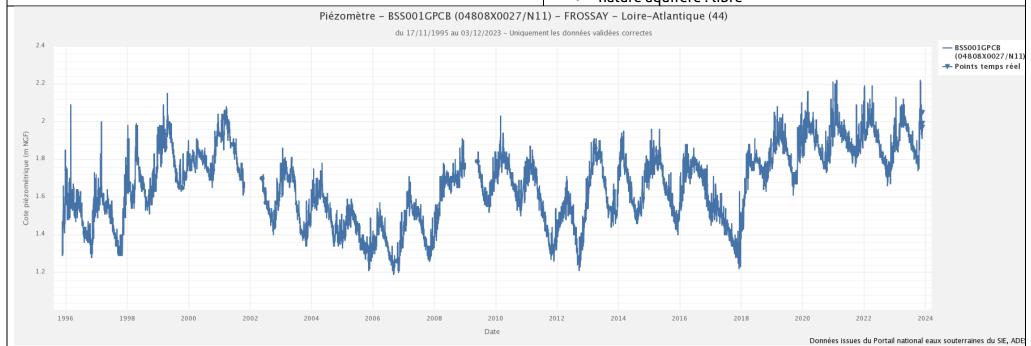
- Chronique longue > 10 ans;
- Inertie faible;
- Cyclicité à 12 mois et variation journalière marquée en lien avec la Loire ;
- Variations saisonnières et pluriannuelles avec amplitude forte;
- Tendance à la baisse probablement en lien avec les prélèvements ;
- Etiage : juillet à octobre ;
- Année sèche : 2017.



#### FRFG0114: Alluvions de la Loire Armoricaine Aval - piézomètre: 04808X0027/N11 - BSS001GPCB

- Historique disponible : 1995 -
- Complétude: 92%
- Contexte Environnemental:
  - cours d'eau : nonzone humide : oui
  - o prélèvements : oui mais à l'arrêt

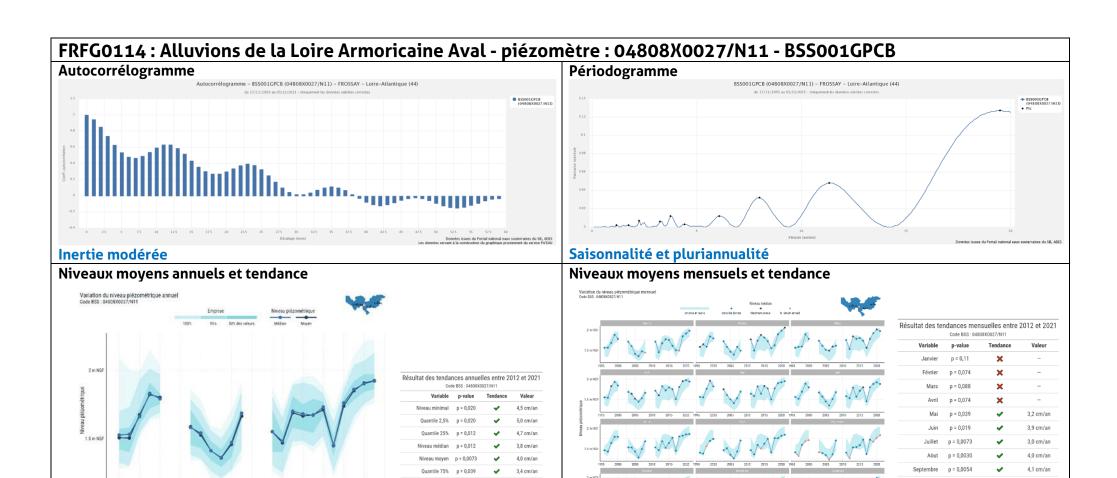
- profondeur: 30 m
- Entité hydrogéologique: 930FA01 Alluvions de la Loire Armoricaine
- coupe géologique BSS : oui
- aquifère capté: sables sous recouvrement argileux (10 m) (Ouaternaire)
- nature aquifère : libre



Qualité donnée : Satisfaisante

Chroniques piézométriques : type G5 : saisonnalité et variations journalières plus ou moins marquées





Niveau annuel moyen: 1,6 m NGF - amplitude maxi: 1 m (mini et maxi moyen annuel)

Tendance à la hausse des niveaux annuels minimums, moyens et max en lien probable avec l'arrêt de prélèvements proches

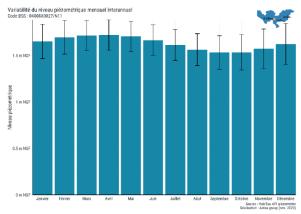
Période de recharge : Période de recharge : Février - Mars - Avril - Mai et Période d'étiage : Août - Novembre

4,4 cm/an

Tendance à la hausse des niveaux moyens mensuels en lien probable avec l'arrêt de prélèvements

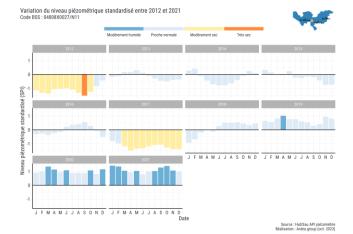
#### FRFG0114: Alluvions de la Loire Armoricaine Aval - piézomètre: 04808X0027/N11 - BSS001GPCB

#### Variabilité mensuelle interannuelle des niveaux piézométriques



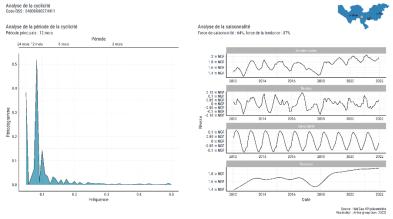
Amplitude mensuelle moyenne en m: 0,18 m

#### IPS – index piézométrique standardisé



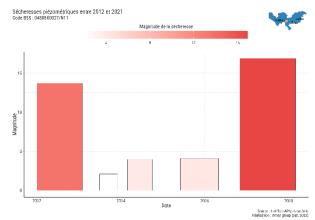
sec : 2012, 2017 et humide : 2020, 2021 Tendance globale à la hausse (arrêt prélèvement)

#### Cyclicité



Cyclicité marquée à 12 mois

#### Sécheresse

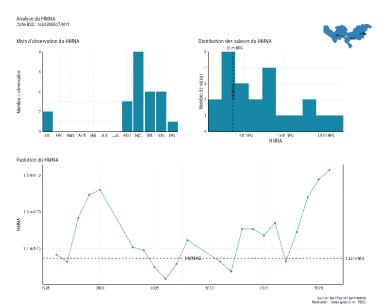


Sécheresse: assez nombreuses de durée longue, de magnitude et d'intensité forte

Sécheresse magnitude la plus forte : 2016 et 2018

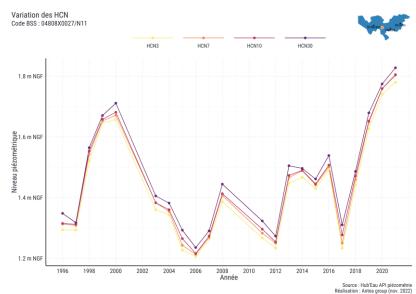


#### HMNA



HMNA5 : 1,35 m NGF, et observé en : janvier, août, septembre, octobre, novembre, décembre

### HCN V



HCN3 moyen: 1,46 m NGF (valeur la plus basse: 1,23 m NGF 04/09/2006)

- Chronique longue > 10 ans;
- Inertie modérée;
- Cyclicité entre 12 et 24 mois et variation journalière assez marquée ;
- Variations saisonnières et pluriannuelles avec amplitude réduite;
- Tendance à la hausse (arrêt prélèvement);
- Etiage: 6 mois août à décembre;
- Année sèche : 2017.



### FRFG0118: Sables et calcaires du bassin tertiaire de Saint-Gildas-des-bois - piézomètre : 04502X0043/SGB7 - BSS001ESVX

complétude :

 Historique disponible : 19 84%

1995 – 2022

profondeur: 20 m

Contexte Environnemental :

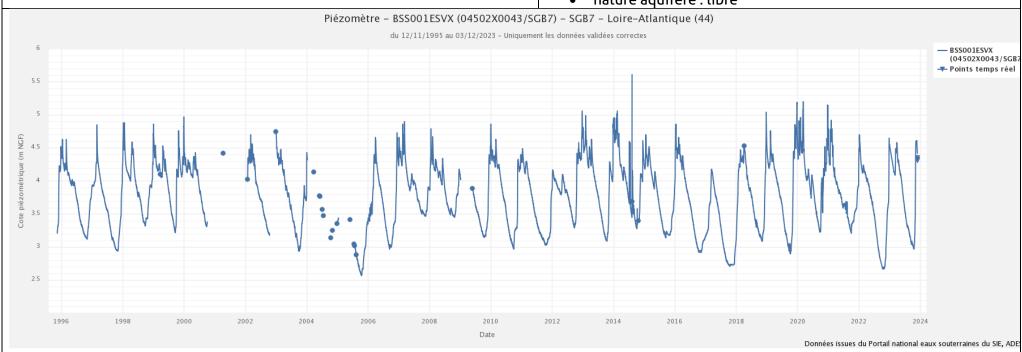
 Entité hydrogéologique: 113AF01 - Calcaires sableux du Lutétien supérieur de Loire-Atlantique et Vendée (bassin Loire-Bretagne)

cours d'eau : nonzone humide : nonprélèvements : non

• coupe géologique BSS : oui

aquifère capté : calcaires et calcaires coquillers (QUAT+Eocène)

• nature aquifère : libre

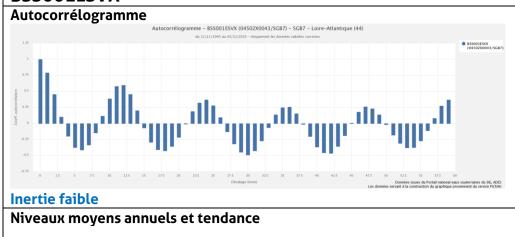


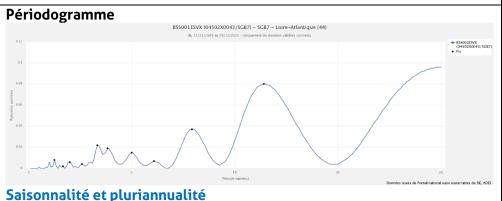
Qualité donnée : Satisfaisante

Chroniques piézométriques : type G1 : saisonnalité et variation journalière assez marquée









Niveaux moyens mensuels et tendance



Niveau annuel moyen: 3,8 m NGF - amplitude maxi: 2,5 m (mini et maxi moyen annuel)

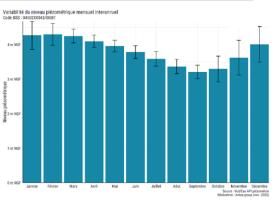
**Tendance non significative** 

Période de recharge : Décembre - Mars et Période d'étiage : Septembre - Novembre

**Tendance non significative** 

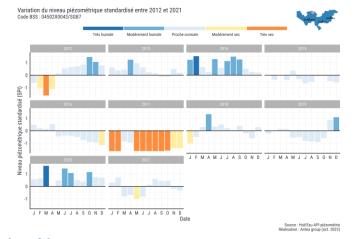
## FRFG0118: Sables et calcaires du bassin tertiaire de Saint-Gildas-des-bois - piézomètre : 04502X0043/SGB7 - BSS001ESVX

#### Variabilité mensuelle interannuelle des niveaux piézométriques



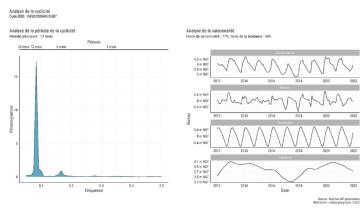
#### Amplitude mensuelle moyenne en m: 0,3 m

#### IPS – index piézométrique standardisé



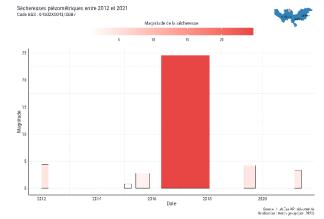
sec: 2017 et humide: 2014 Tendance non significative

#### Cyclicité



#### Cyclicité marquée <à 12 mois

#### Sécheresse

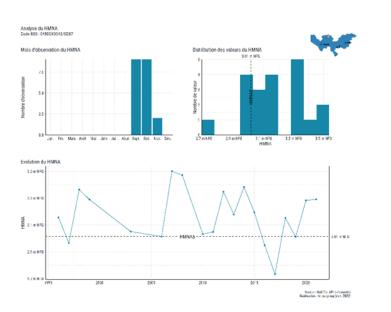


Sécheresse : assez nombreuses, de durée assez longue, de magnitude moyenne et d'intensité forte

Sécheresse magnitude la plus forte : 2016 et 2018

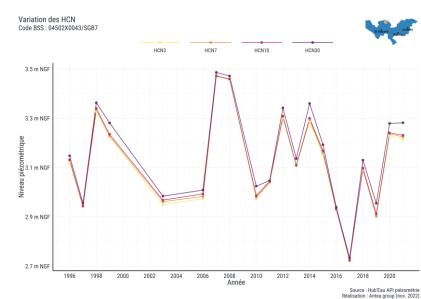
### FRFG0118: Sables et calcaires du bassin tertiaire de Saint-Gildas-des-bois - piézomètre : 04502X0043/SGB7 - BSS001ESVX





HMNA5 : 3,0 m NGF, et observé en : septembre, octobre, novembre – seuil franchi en 2016 et 2017

#### HCN



HCN3 moyen: 3,12 m NGF (valeur la plus basse: 2,72 m NGF 16/10/2017)

- Chronique longue > 10 ans;
- Inertie faible;
- Cyclicité à 12 mois et variation journalière marquée;
- Variations saisonnières et pluriannuelles avec amplitude modérée;
- Tendance non valide;
- Etiage: septembre à novembre;
- Année sèche : 2017.



#### FRFG0139 : Sables et calcaires du bassin tertiaire de Nort-sur-Erdre - piézomètre : : 04518X0042/PZ8 - BSS001EUZH

• Historique disponible : 1994 – 2020

Complétude : 85,8%

• Contexte Environnemental:

cours d'eau : nonzone humide : ouiprélèvements : non

• profondeur: 10 m

 Entité hydrogéologique: 104AB01 - Sables du Pliocène en Bretagne et Pays-de-la-Loire (bassin Loire-Bretagne)

• coupe géologique BSS : oui

• aquifère capté: sable (Pliocène)

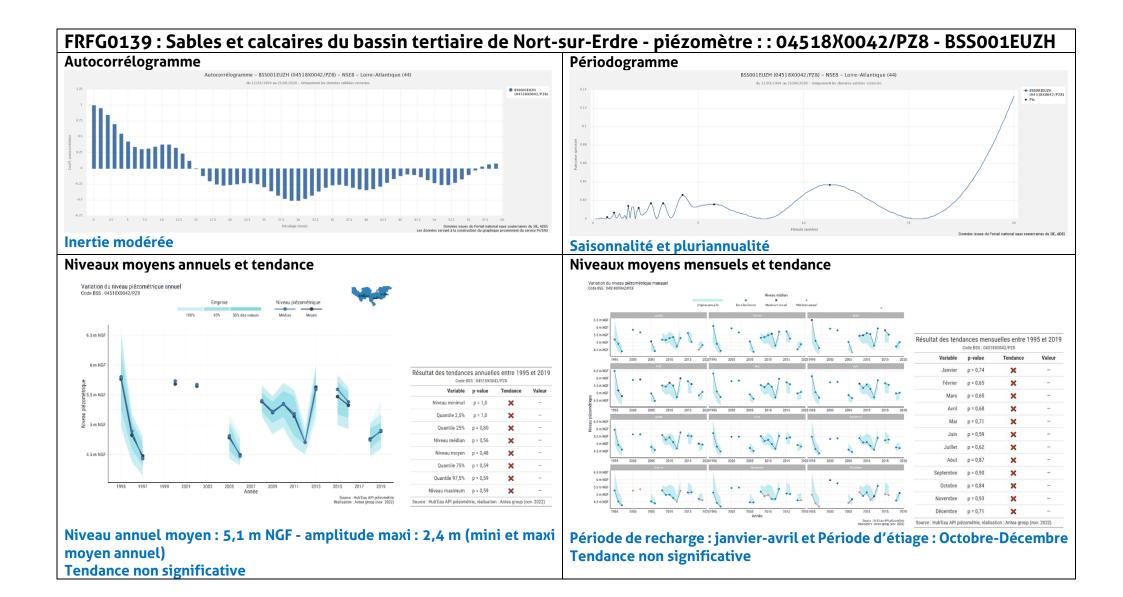
nature aquifère : libre

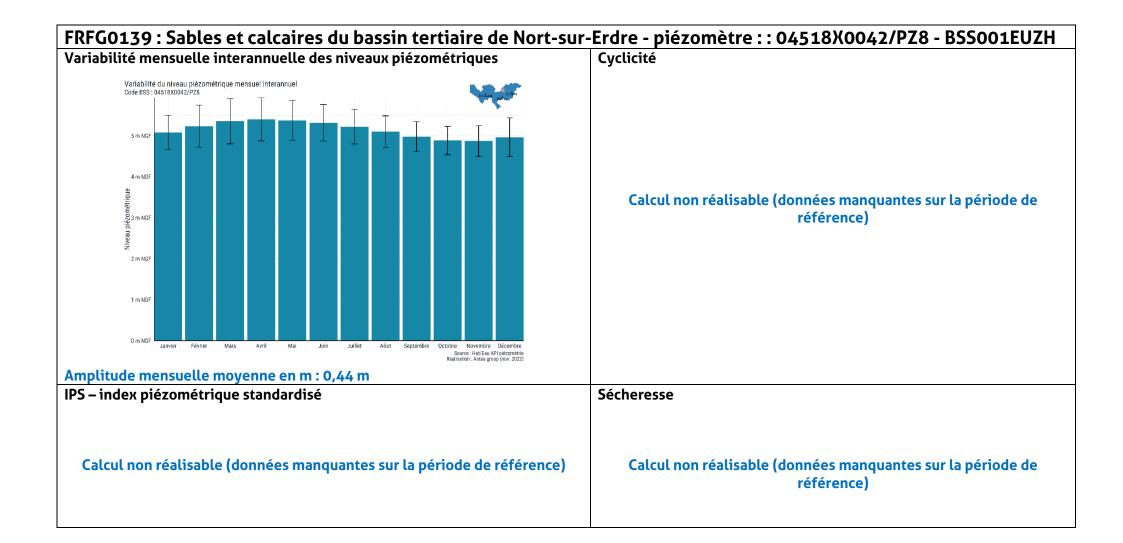


Qualité donnée : données manquantes

Chroniques piézométriques : type G3 : saisonnalité - variation journalière très peu marquée









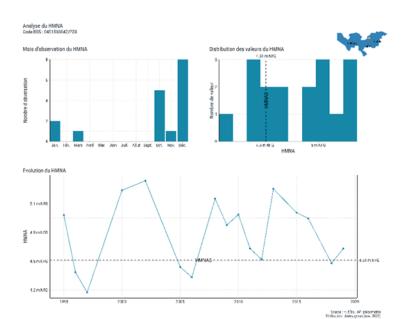


HCN

Variation des HCN Code BSS : 04518X0042/PZ8

29/11/1997)

#### HMNA



4.5 m NGF

1995 1997 1999 2001 2003 2005 2007 2009 2011 2013 2015 2017 2019
Source: Hub Eau API piezométrie Réalisation : Antea group (nov. 2022)

HCN3 moyen: 4,74 m NGF (valeur la plus basse: 4,15 m NGF)

HCN10

HMNA5 : 4,5 m NGF, et observé en : octobre à décembre – seuil franchi en 2005, 2006, 2019

A retenir:

- Chronique longue > 10 ans;
- Inertie modérée;
- Variations journalières très peu marquées ;
- Variations saisonnières et pluriannuelles avec amplitude modérée ;
- Tendance non valide;
- Etiage : octobre à décembre.



#### FRFG0140 : Sables et calcaires du bassin tertiaire de Mazerolles - piézomètre : 04518X0044/F3 - BSS001EUZK

• Historique disponible : 1995 – 2022

Complétude : 66,8%

• Contexte Environnemental:

cours d'eau : ouizone humide : ouiprélèvements : non

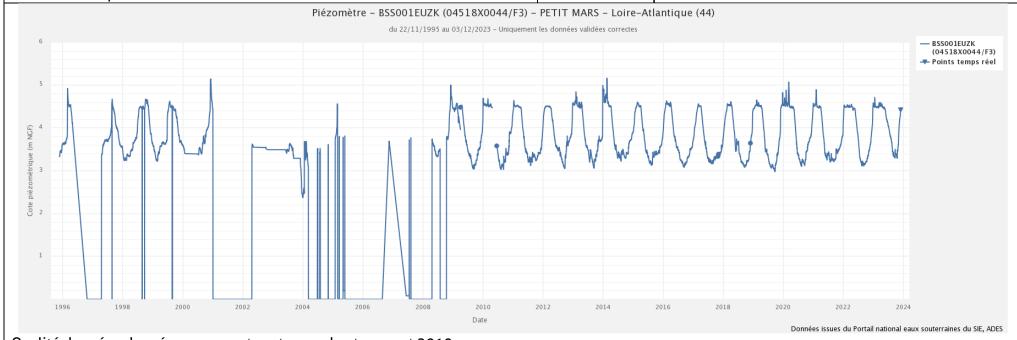
• profondeur: 7 m

 Entité hydrogéologique: 104AB01 - Sables du Pliocène en Bretagne et Pays-de-la-Loire (bassin Loire-Bretagne)

• coupe géologique BSS : oui

• aquifère capté : argile + sable (PQ+Pliocène)

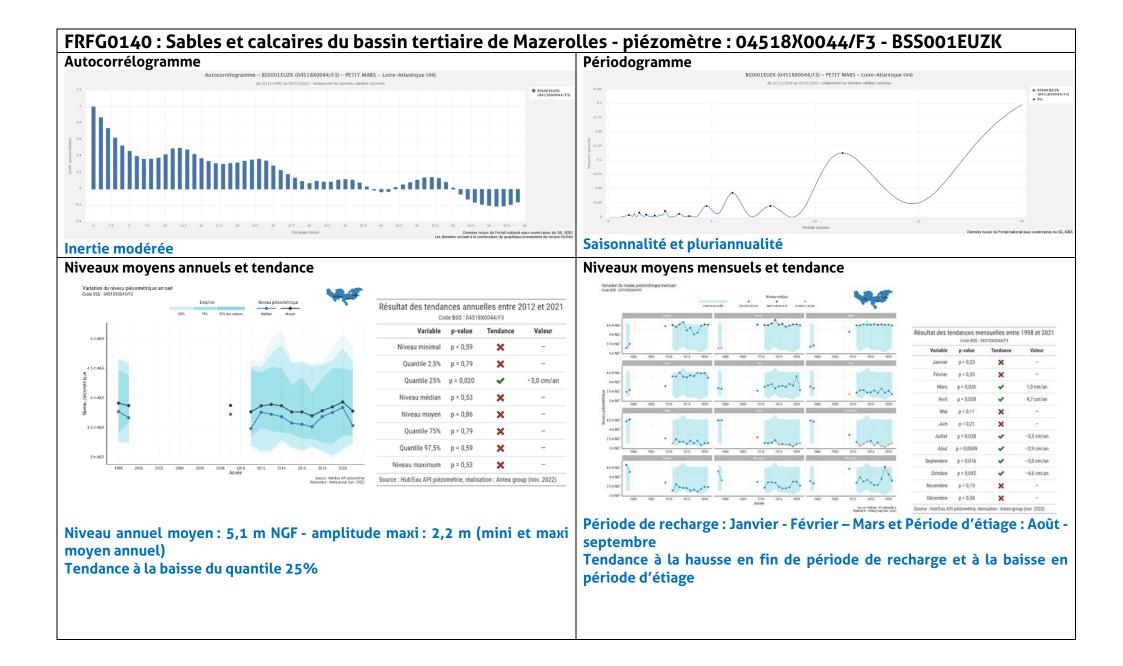
• nature aquifère : libre



Qualité donnée : données manquantes et peu robustes avant 2010

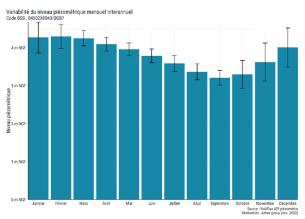
Chroniques piézométriques : type G3 : saisonnalité - variation journalière très peu marquée





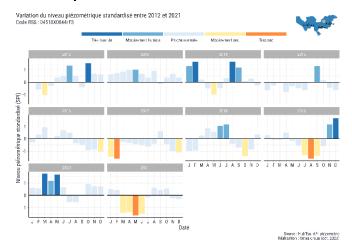
#### FRFG0140 : Sables et calcaires du bassin tertiaire de Mazerolles - piézomètre : 04518X0044/F3 - BSS001EUZK

#### Variabilité mensuelle interannuelle des niveaux piézométriques



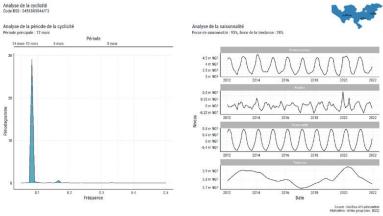
#### Amplitude mensuelle moyenne en m : 0,36

#### IPS – index piézométrique standardisé



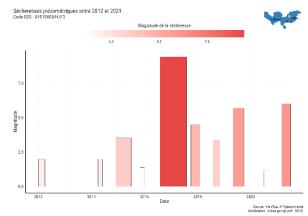
#### sec : et humide : Tendance non significative

#### Cyclicité



#### Cyclicité <12 mois

#### Sécheresse



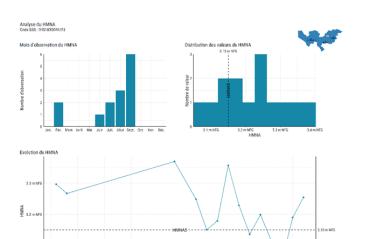
Sécheresse : assez nombreuses, de durée assez longue, de magnitude

moyenne et d'intensité forte

Sécheresse magnitude la plus forte : 2016 et 2017

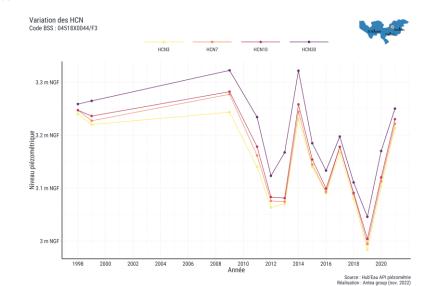


#### HMNA



HMNA5: 3,15 m NGF, et observé en : septembre – seuil franchi en 2016, 2018 et 2019

#### HCN



HCN3 moyen: 3,14 m NGF (valeur la plus basse: 2,98 m NGF 21/03/2019))

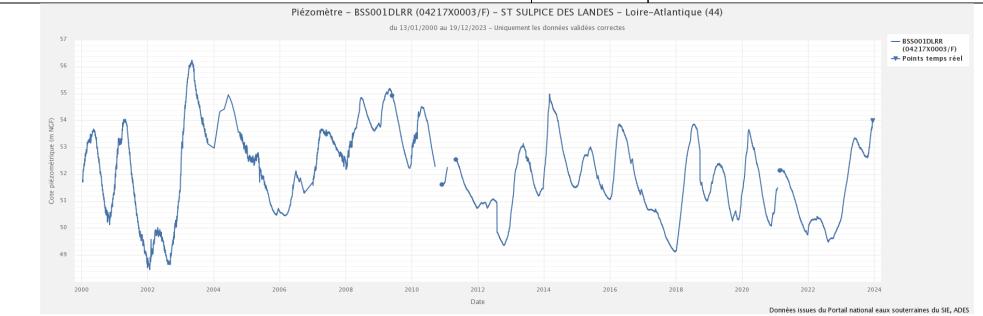
- Chronique longue > 10 ans;
- Inertie modérée;
- Variations journalières très peu marquées ;
- Variations saisonnières et pluriannuelles avec amplitude modérée ;
- Etiage: aout à septembre;
- Tendance baisse étiage
- Pas d'année très sèche ou très humide rôle de la zone humide probable



#### FRFG0148: Bassins tertiaires du Socle Armoricain - piézomètre: 04217X0003/F - BSS001DLRR

- Historique disponible : 2000 2022
- Complétude : 92,1%
- Contexte Environnemental:
  - cours d'eau : nonzone humide : non
  - o prélèvements : oui (arrêt probable)

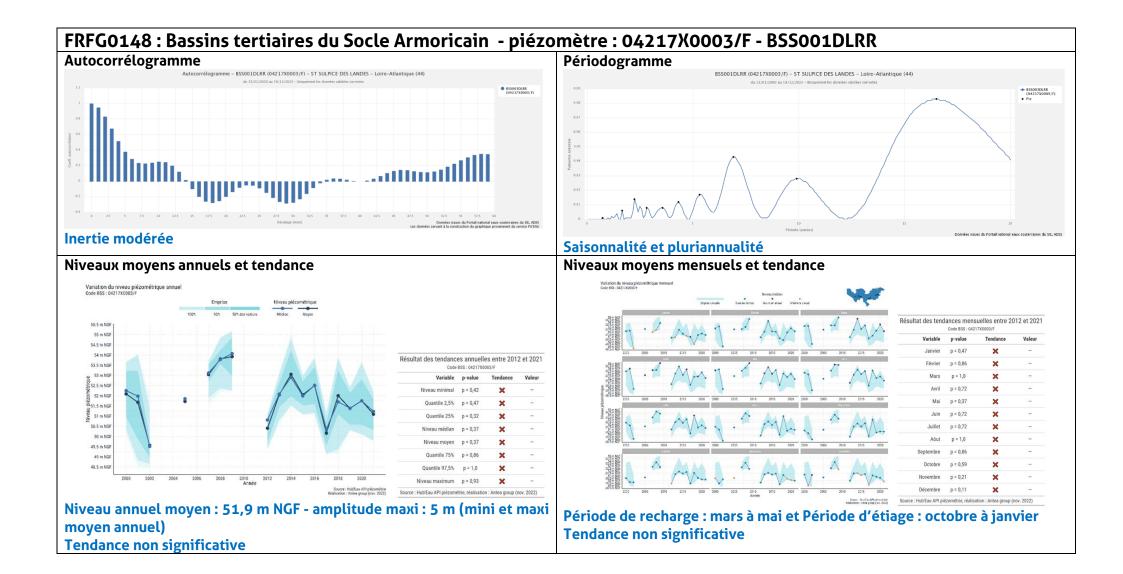
- profondeur: 7 m
- Entité hydrogéologique: 104AB01 Sables du Pliocène en Bretagne et Pays-de-la-Loire (bassin Loire-Bretagne)
- coupe géologique BSS : oui
- aquifère capté: calcaires avec recouvrement tourbe 1 m (Quat+Pliocène)
- nature aquifère: libre



Qualité donnée : données manquantes

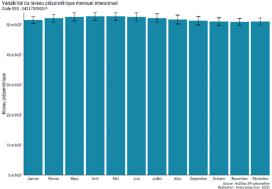
Chroniques piézométriques : type G3 : saisonnalité - variation journalière très peu marquée





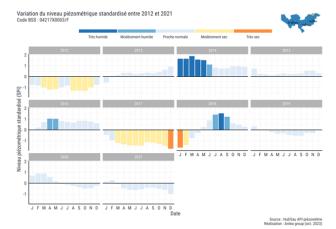
#### FRFG0148: Bassins tertiaires du Socle Armoricain - piézomètre: 04217X0003/F - BSS001DLRR

#### Variabilité mensuelle interannuelle des niveaux piézométriques



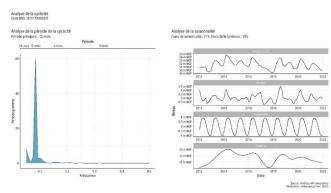
Amplitude mensuelle moyenne en m: 1,32

#### IPS – index piézométrique standardisé



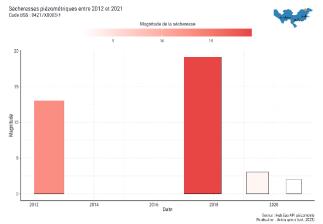
sec: 2012, 2017 humide: 2014 Tendance non valide

#### Cyclicité



#### Cyclicité proche de 12 mois

#### Sécheresse

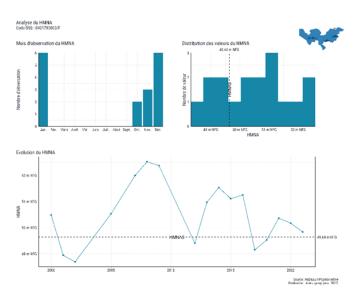


Sécheresse: peu nombreuses, de durée longue, d'intensité et de magnitude forte

Sécheresse magnitude la plus forte : 2017 et 2018

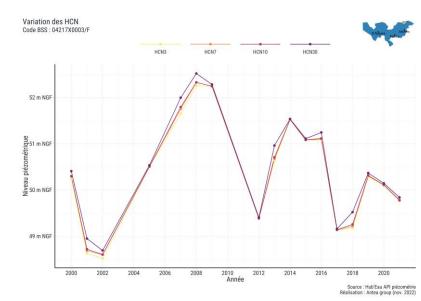
#### FRFG0148: Bassins tertiaires du Socle Armoricain - piézomètre: 04217X0003/F - BSS001DLRR

#### **HMNA**



HMNA5 : 49,7 m NGF, et observé en : octobre et janvier – seuil franchi en 2012, 2017 et 2018

### HCN



HCN3 moyen: 50,4 m NGF (valeur la plus basse: 48,51 m NGF 23/01/2002)

- Chronique longue > 10 ans;
- Inertie modérée;
- Variations journalières très peu marquées ;
- Variations saisonnières et pluriannuelles avec amplitude forte;
- Etiage : octobre à janvier ;
- Tendance non significative;
- Année sèche 2012 et 2017



# FRFG139 : Sables et calcaires du bassin tertiaire de Nort-sur-Erdre libres - piézomètre : BSS003ZKDU

• Historique traitée : 1994 – 2022

Complétude : 87,8%

• Contexte Environnemental:

cours d'eau : nonzone humide : nonprélèvements : non

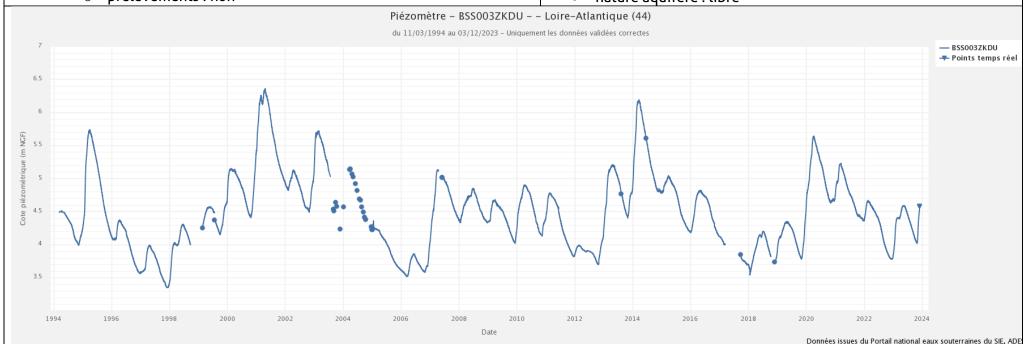
• profondeur: 16 m

 Entité hydrogéologique: 104AB01 - Sables du Pliocène en Bretagne et Pays-de-la-Loire (bassin Loire-Bretagne)

coupe géologique BSS : oui

aquifère capté : sable (Pliocène)

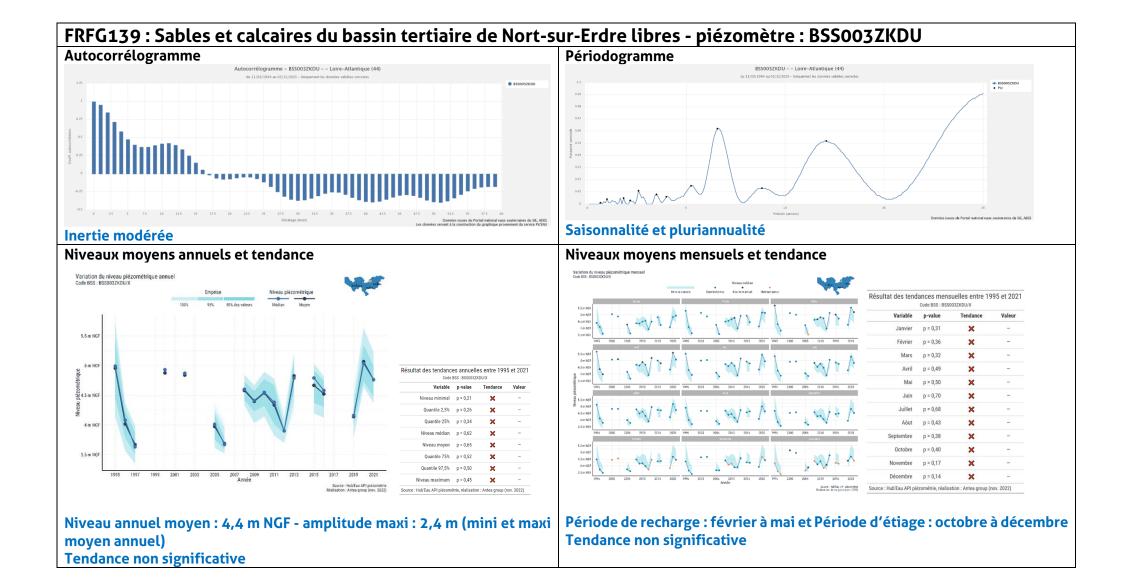
• nature aquifère : libre



Qualité donnée : données manquantes

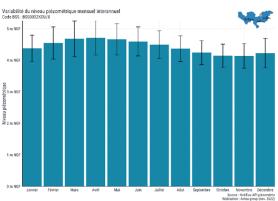
Chroniques piézométriques : type G3 : saisonnalité - variation journalière très peu marquée





# FRFG139 : Sables et calcaires du bassin tertiaire de Nort-sur-Erdre libres - piézomètre : BSS003ZKDU

# Variabilité mensuelle interannuelle des niveaux piézométriques

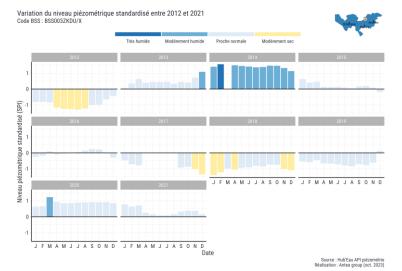


Cyclicité

Calcul non réalisable (données manquantes sur la période de référence)

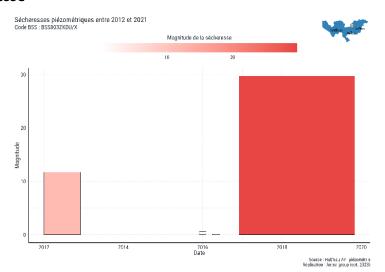
#### Amplitude mensuelle moyenne en m: 0,45

## IPS – index piézométrique standardisé



sec: 2012, 2017,2018 humide: 2014, 2020 Tendance non significative

#### Sécheresse

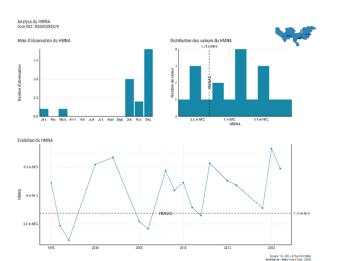


Sécheresse : peu nombreuses, de durée longue, de magnitude très forte et d'intensité modérément forte

Sécheresse magnitude la plus forte : 2016 et 2019

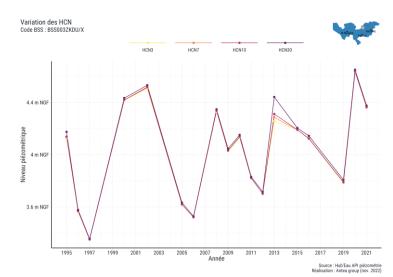


## HMNA



HMNA5 : 3,75 m NGF, et observé en : octobre et décembre – seuil franchi en 2012

#### HCN



HCN3 moyen: 4,02 m NGF (valeur la plus basse: 3,35 m NGF 29/11/1997)

## A retenir:

- Chronique longue > 10 ans;
- Inertie modérée;
- Variations journalières très peu marquées ;
- Variations saisonnières et pluriannuelles avec amplitude modérée ;
- Etiage : octobre à décembre ;
- Tendance non significative;
- Année sèche 2012, 2017, 2018



# FRFG022: Bassins versant de l'estuaire de la Loire - piézomètre: 04532X0051/PZ - BSS001EYJM

• Historique disponible : 2009 – 2022

Complétude : 92,8%

Contexte Environnemental:

cours d'eau : ouizone humide : nonprélèvements : non

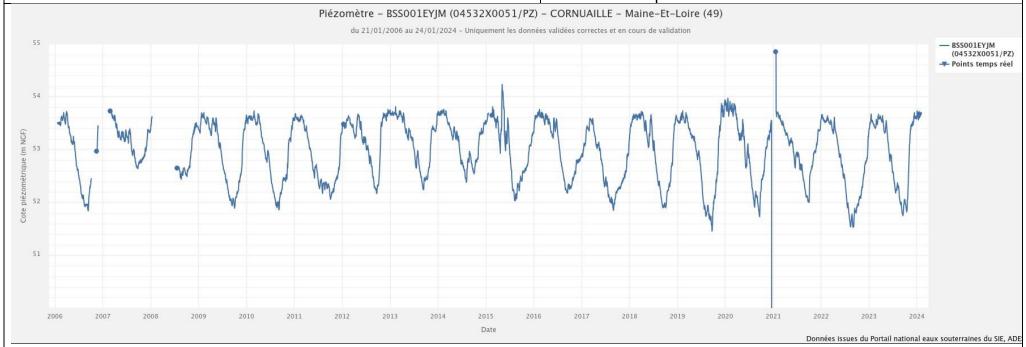
• profondeur: 22 m

 Entité hydrogéologique: 175AG01 - Socle métamorphique dans les bassins versants de la Boulogne de sa source au lac de Grand-Lieu (inclus), l'Acheneau de sa source à la Loire (non inclus), l'Ognon

• coupe géologique BSS : oui

aquifère capté: socle (schistes) recouvrement sablo-argileux

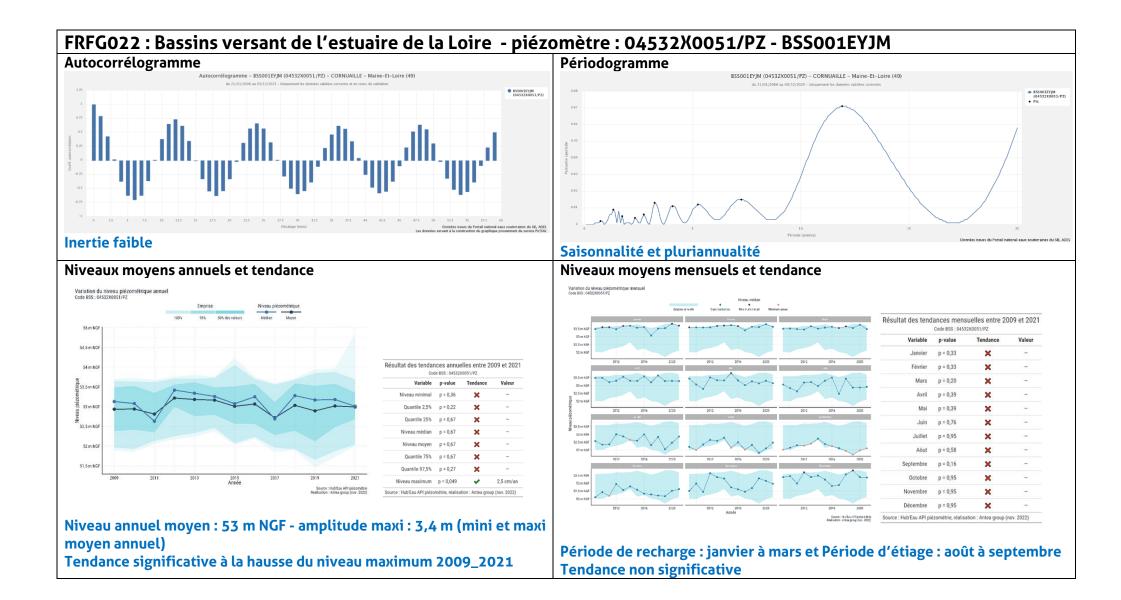
nature aquifère : libre



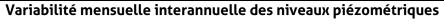
Qualité donnée : Satisfaisante (légère anomalie en 2021)

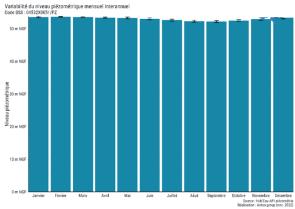
Chroniques piézométriques : type G3 : saisonnalité - variation journalière très peu marquée





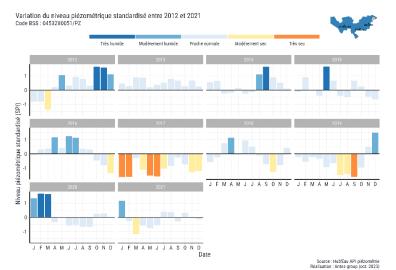
# FRFG022: Bassins versant de l'estuaire de la Loire - piézomètre: 04532X0051/PZ - BSS001EYJM





Amplitude mensuelle moyenne en m: 0,26

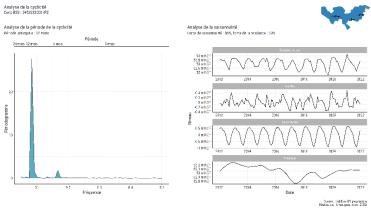
## IPS – index piézométrique standardisé



sec: 2017 et humide:

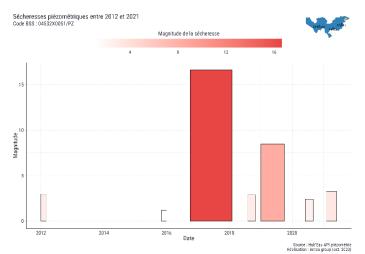
Tendance globale baisse (2012-2021)

## Cyclicité



#### Cyclicité de 12 mois

#### Sécheresse



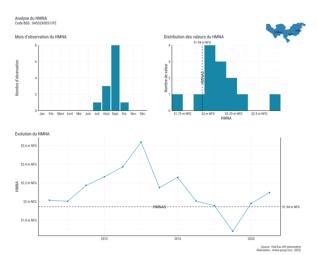
Sécheresse: nombreuses, de durée et de magnitude moyenne,

d'intensité forte

Sécheresse magnitude la plus forte : 2016 et 2018

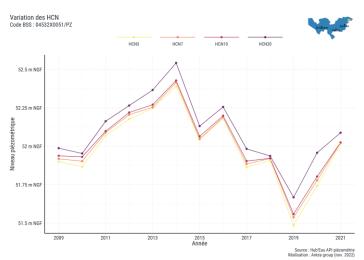
# FRFG022: Bassins versant de l'estuaire de la Loire - piézomètre: 04532X0051/PZ - BSS001EYJM

#### **HMNA**



HMNA5: 51,9 m NGF, et observé en : septembre – seuil franchi en 2019

#### HCN



HCN3 moyen: 51,99 m NGF (valeur la plus basse: 51,48 m NGF 22/09/2019)

#### A retenir:

- Chronique longue > 10 ans;
- Inertie faible;
- Variations journalières très peu marquées ;
- Variations saisonnières et pluriannuelles avec amplitude forte ;
- Etiage: août à septembre;
- Tendance hausse du niveau maximum ;
- Année sèche : 2017



# FRFG025: Bassin versant de la baie de Bourgneuf – Marais Breton - piézomètre: 04806X0003/SF - BSS001GNWX

• Historique disponible :

1990 - 2022

• Complétude: 68,4%

Contexte Environnemental:

cours d'eau : nonzone humide : nonprélèvements : non

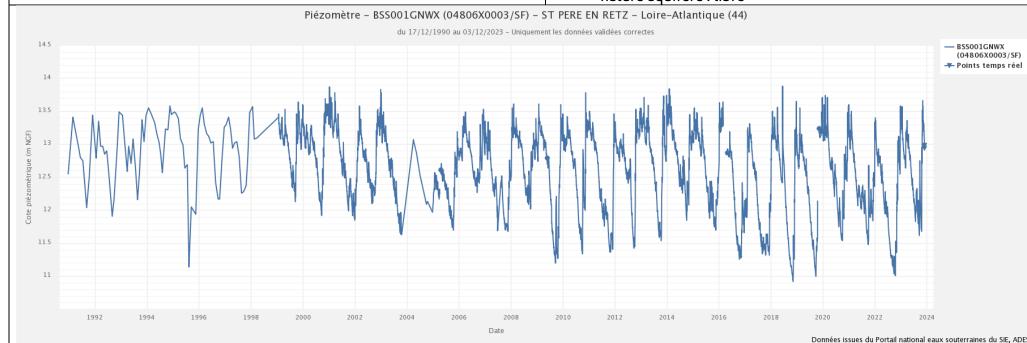
• profondeur: 70 m

 Entité hydrogéologique: 183AA01 - Socle métamorphique dans les bassins versants du Boivre et le canal de Haute Perche et leurs affluents

• coupe géologique BSS : oui

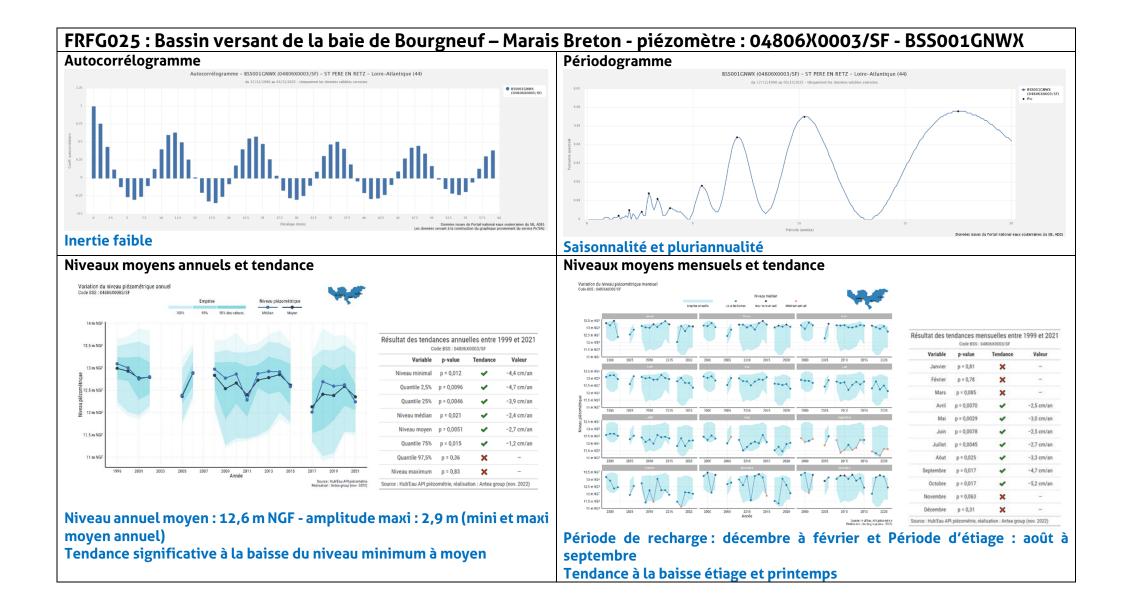
• aquifère capté: socle (micaschistes et gneiss)

nature aquifère : libre

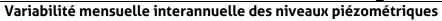


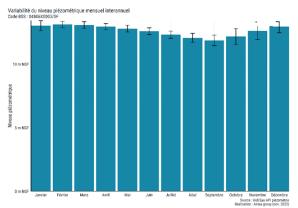
Qualité donnée : Satisfaisante mais avec quelques données manquantes récemment entre 2016 et 2020 Chroniques piézométriques : **type G1** : saisonnalité et variation journalière assez marquée





# FRFG025: Bassin versant de la baie de Bourgneuf – Marais Breton - piézomètre: 04806X0003/SF - BSS001GNWX



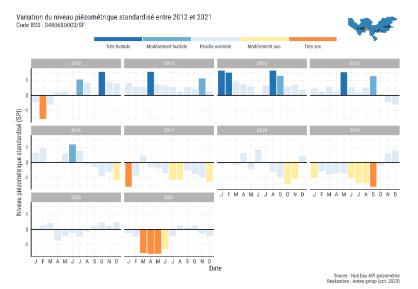


Cyclicité

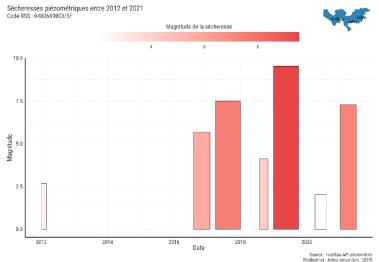
Calcul non réalisable (données manquantes sur la période de référence)

### Amplitude mensuelle moyenne en m: 0,37

### IPS – index piézométrique standardisé



Sécheresse Sécheres Code BSS :



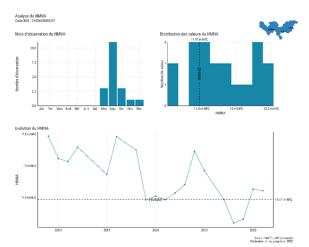
Sécheresse : nombreuses, de durée et magnitude moyenne et intensité très forte

Sécheresse magnitude la plus forte : 2019

sec: 2017, 2019 et humide: 2014 Tendance baisse de l'IPS au printemps

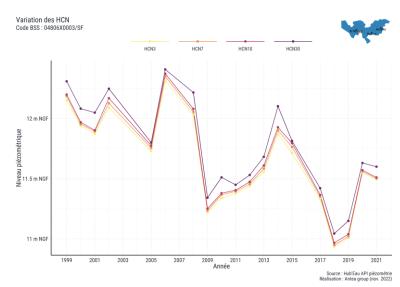
# FRFG025: Bassin versant de la baie de Bourgneuf – Marais Breton - piézomètre: 04806X0003/SF - BSS001GNWX





HMNA5 : 11,5 m NGF, et observé en : septembre – seuil franchi en 2016, 2017, 2018

# HCN



HCN3 moyen: 11,6 m NGF (valeur la plus basse: 10,93 m NGF 05/11/2018)

#### A retenir:

- Chronique longue > 10 ans;
- Inertie faible;
- Variations journalières assez marquées ;
- Variations saisonnières et pluriannuelles avec amplitude modérée ;
- Etiage: août à septembre;
- Tendance baisse des niveaux minimums à moyen;
- Année sèche : 2017 et 2019



# ANNEXE 4 : TABLEAUX DE SYNTHESE DES CONNAISANCES DES ENTITES HYDROGEOLOGIQUES

# FRG022 - Bassin versant de l'estuaire de la Loire FRGG022 - socle

Code masse d'eau		FRGG022
Nom de la masse d'eau	caractéristiques	Estuaire-Loire
limites		BV de la Loire en aval du confluent avec l'Evres (affluent de rive gauche) (limites du SAGE)
entité BDLISA aquifères		101AA01 : Sables dunaires en Loire-Atlantique et Vendée 930FA0 : Alluvions de la Loire armoricaine 1104AB01 : Sables du Pliocène en Bretagne et Pays-de-la-Loire 113AC15 : Calcaires du Rupélien supérieur en Bretagne 113AF01 : Calcaires sableux du Lutétien supérieur de Loire-Atlantique et Vendée
entité BDLISA semi-perméable		101AA03 : Vases flandriennes de Loire-Atlantique et Vendée 174AA07 : Socle métamorphique dans les bassins versants côtiers de la Vilaine (non inclus) à la Loire (non inclus) 175AA01 : Socle métamorphique dans le bassin versant de la Loire de la Vienne (non inclus) à la mer (bassin versant en aval du contact Socle métamorphique -sédimentaire) 175AG01 : Socle métamorphique dans le bassin versant l'Erdre et ses affluents 175AK01 : Socle métamorphique dans le bassin versant du Brivet et ses affluents
entité BDLISA imperméable		175AI01 : Socle métamorphique dans les bassins versants de la Boulogne de sa source au lac de Grand-Lieu (inclus), l'Acheneau de sa source à la Loire (non inclus), l'Ognon 183AA01 : Socle métamorphique dans les bassins versants du Boivre et le Canal de Haute Perche et leurs
surface interceptée SYLOA en %		86.4
	typologie	Socle métamorphique découpée par des bassins tertiaires
	lithologie	Lithologie dominante : Schistes mais également des gneiss et des granites
	typologie	fissuré et compartimenté
	nature écoulement	entiérement libre
	karstique	non
	exutoires (sources)	oui
	temps de transfert (an)	5,6
	vitesse maximale d'écoulement de la	< 15 m/an
Contexte hydrogéologique	nappe (m/an)	\ 13 myan
contexte flydrogeologique	fluctuations	saisonnières et mixte (04225X0011/F5)
	multicouche	
	muiticouche	non
	direction écoulement	en lien avec la topographie - eau souterraine superficielle
	vulnérabilité	très forte à forte
	Entrées	recharge : Pluviométrie via infiltration par le réseau de fissures au travers des altérites et se reporter au Schéma général de fonctionnement des aquifères de socle
Mode d'alimentation	Entrées/sorties	aquifères adjacents
	drainance	non
	sorties	drainage nappe par cours d'eau et sources
Points de suivi national des eaux souterraines (ADES) concernés	quantité	BSS001DMWC, BSS001DMWF, BSS001EYJM, BSS001JRHS
	relation MESO/cours d'eau	Drainage par les principaux cours d'eau
Relation nappe /rivière/plans	cours d'eau principaux	
d'eau	zones humides	Guérande, Brière, estuaire de la Loire, l'Erdre, La Loire, Grand-lieu
	relation Meso plan d'eau	étang de la Provostière, étang de la Poitevinière, Lac de Grand-Lieu, Etang de Vioreau
	productivité	Très faible productivité
	réserve en Mm3	NC
Prélèvements/Usages	impact prélèvements ESO sur ESU	faible à fort (NE)
	usage	Usage possible pour des besoins très restreints - nombreux captages BSS eau - AEP : <b>Maupas</b>
	Etat chimique	médiocre
	nitrates	bon
	pesticides	médiocre
	risque chimique	risque
Etat DCE	pression azotée	élevée
Liai DCL	pression pesticide	très élevée
	Etat Quantitatif	bon
	Risque quantitatif	respect
	pression quantitatif	faible
nombre captages prioritaires	·	3
remarques		couvre la majorité du territoire mais aquifère de socle peu productif sauf conditions particulières (altération, fissuration, épaisseur) - à proteger qualité (pesticides)



Bassin versant de la baie de Bourgneuf - Marais Breton FRGG025 - socle

Code masse d'eau		FRGG025
Nom de la masse d'eau	caractéristiques	Baie de Bourgneuf – Marais Breton
limites		BV des fleuves côtiers vendéens se jetant au N de la baie de Bourgneuf et dans le Marais Breton
entité BDLISA aquifères		101AA01 : Sables dunaires en Loire-Atlantique et Vendée 104AB01 : Sables du Pliocène en Bretagne et Pays-de-la-Loire 113AF01 : Calcaires sableux du Lutétien supérieur de Loire-Atlantique et Vendée
entité BDLISA semi-perméable		101AA03 : Vases flandriennes de Loire-Atlantique et Vendée
entité BDLISA imperméable		175AI01 : Socle métamorphique dans les bassins versants de la Boulogne de sa source au lac de Grand-Lieu (inclus), l'Acheneau de sa source à la Loire (non inclus), l'Ognon 183AA01 : Socle métamorphique dans les bassins versants du Boivre et le Canal de Haute
surface interceptée SYLOA en %		2.76
	typologie	Socle métamorphique
	lithologie	Micaschistes et schistes et également basaltes- Secteur marqué par une zone de broyage orientées le long de la vallée du Boivre
	typologie	fissuré et compartimenté
	nature écoulement	entiérement libre
	karstique	non
	exutoires (sources)	non
	temps de transfert (an)	5,2
	vitesse maximale	
	d'écoulement de la	< 15 m/an
Contexte hydrogéologique	nappe (m/an)	
, , ,	fluctuations	saisonnières
	multicouche	non
	direction écoulement	Les écoulements se font de manière préférentielle vers le bas topographiques
	vulnérabilité	très forte à forte
	Entrées	recharge : Pluviométrie via infiltration par le réseau de fissures au travers des altérites et se reporter au Schéma général de fonctionnement des aquifères de socle
Mode d'alimentation	Entrées/sorties	aquifères adjacents
	drainance	non
	sorties	drainage nappe par cours d'eau et sources
Points de suivi national des eaux souterraines (ADES) concernés	quantité	1 piézomètre - BSS001GNWX (04806X0003/SF) - SAINT PERE EN RETZ – 70m de profondeur- période de suivi 1990-à nos jours
	relation MESO/cours d'eau	Drainage nappe par cours d'eau et possible relation nappe (micaschistes et basaltes)/rivière (le Boivre)
Relation nappe /rivière/plans	cours d'eau principaux	Le Boivre, le Calais en lien avec l'étang des Gatineaux
d'eau	zones humides	le Boivre, Le Calais
	relation Meso plan d'eau	etang des Gâtineaux - (usage AEP 10000 m3/j)
	productivité	Très faible productivité
	réserve en Mm3	NC
Prélèvements/Usages	impact prélèvements ESO sur ESU	faible
	usage	Usage : industrie agro alimentaire à St Père (forage 100 m de prof.) - pas d'AEP
	Etat chimique	bon
	nitrates	bon
	pesticides	bon
Etat DCE	risque chimique	respect
	pression azotée	élevée
	pression pesticide	moyenne
	Etat Quantitatif	bon
	Risque quantitatif	respect
	moque quantitatii	
	procesion quantitatif	faible
nombre captages prioritaires	pression quantitatif	faible 0



# Alluvions de la Loire armoricaine FRGG114

Code masse d'eau		FRGG114
Nom de la masse d'eau	caractéristiques	Alluvions de la Loire armoricaine
limites		Limites du système alluvial défini par BDRHF V1 relatif aux alluvions récentes de la Loire. (Terrasses anciennes exclues). La limite aval est définie par la limite de potabilité (salinité) située du côté de
entité BDLISA aquifères		930FA01 : Alluvions de la Loire armoricaine
entité BDLISA semi-perméable		175AA01 : Socle métamorphique dans le bassin versant de la Loire de la Vienne (non inclus) à la mer (bassin versant en aval du contact Socle métamorphique -sédimentaire)
entité BDLISA imperméable		
surface interceptée SYLOA en %		4.64
	typologie	Alluviale
	lithologie	Sable avec alternance d'argile (« Jalle »)
	typologie	poreux
	nature écoulement	entiérement libre
	karstique	non
	exutoires (sources)	non 5
	temps de transfert (an) vitesse maximale	3
	d'écoulement de la	
Contexte hydrogéologique	nappe (m/an)	
- Comment of the Comm	fluctuations	saisonnières et interannuelles (04808X0027/N11)
	multicouche	oui
	direction écoulement	Les coteaux de part et d'autre de la Loire constituent l'amont de la nappe. En toute saison il existe un écoulement perpendiculaire à la ligne des coteaux, dirigé vers la vallée.
	vulnérabilité	faible à moyenne
	Entrées	pluviométrie par infiltration sur secteurs favorables (perméables, peu pentus, couverture,), la nappe inf. alimente la nappe sup. près de la Loire. la Loire alimente globalement la nappe sup. En période de décrue ou d'étiage, la Loire draine la nappe.
Mode d'alimentation	Entrées/sorties	aquifères adjacents
	drainance	oui
	sorties	Drainage avec la Loire
Points de suivi national des eaux souterraines (ADES) concernés	quantité	5 piézomètres de suivi (BSS001GPCB, BSS001HBQA, BSS001HBQB, BSS001HEDS, BSS001HEEA,  BSS003UYAO/X)
	relation MESO/cours d'eau	Relations nappe-rivière notables- très dépendantes des précipitations et du débit de la Loire qui peut alimenter la nappe.
Relation nappe /rivière/plans	cours d'eau principaux	La Loire
d'eau	zones humides	la Loire et Marais Goulaine
	relation Meso plan d'eau	
	productivité	Excellent aquifère mais productivité variable selon la nature des alluvions
	réserve en Mm3	
Prélèvements/Usages	impact prélèvements ESO sur ESU	faible
	usage	AEP ( <b>basse Goulaine</b> 72 000 m2/j) avec 10 captages mais également prise d'eau ANCENIS et LA ROCHE - 181 000 m3/j (ESU)
	Etat chimique	médiocre
	nitrates	bon
	pesticides	médiocre
Etat DCE	risque chimique	risque
	pression azotée	moyenne
	pression pesticide	très élevée
	Etat Quantitatif	bon
	Risque quantitatif	respect
	pression quantitatif	faible
nombre captages prioritaires		0
remarques		couvre la Loire et un territoire réduit du Syloa mais ressource en eau souterraine importante exploitée pour l'AEP et autres usages (BBS eau points nombreux) - à protéger en qualité (pesticides) et quantité
		et qualitite



# Calcaires et sables du bassin tertiaire de Campbon captif FRGG038

Code masse d'eau		FRGG038
Nom de la masse d'eau	caractéristiques	Calcaires et sables du bassin tertiaire de Campbon captif
limites		BV topographique (24 km²) du bassin d'effondrement tertiaire de Campbon. Appartient au SAGE Loire- Estuaire. Il est séparé au N du bassin tertiaire de St-Gildas-des-Bois par une faille majeure
entité BDLISA aquifères		104AB01 : Sables du Pliocène en Bretagne et Pays-de-la-Loire 113AF01 : Calcaires sableux du Lutétien supérieur de Loire-Atlantique et Vendée
entité BDLISA semi-perméable		175AK01 : Socle métamorphique dans le bassin versant du Brivet et ses affluents
entité BDLISA imperméable		
surface interceptée SYLOA en %		0.516
	typologie	Sédimentaire non alluvial
	lithologie	calcaires
	typologie	mixte poreux et karstique
	nature écoulement	entièrement captif
	karstique	oui
	exutoires (sources)	non
	temps de transfert (an)	
	vitesse maximale	4.) 4001 (1/1
	d'écoulement de la	1 à 100 km/j (karst)
Contexte hydrogéologique	nappe (m/an)	
	fluctuations	saisonnières
	multicouche	oui
	direction écoulement	Sens écoulement: du SSE vers le NNO avec une dépression piézométrique centrale liée aux pompages AEP et industriels
	vulnérabilité	forte à très forte
	Entrées	pluviométrie par infiltration sur secteurs d'affleurement
Mode d'alimentation	Entrées/sorties	Aquifères adjacents (bassin de Drefféac/ Socle encaissant)
	drainance	oui (multicouche)
	sorties	pas de drainage
Points de suivi national des eaux souterraines (ADES) concernés	quantité	BSS001ETCE, BSS001ETCD
	relation MESO/cours d'eau	non
Relation nappe /rivière/plans	cours d'eau principaux	ruisseau de Foussoc
d'eau	zones humides	marais Haut Brivet
	relation Meso plan d'eau	marais ridat sirvet
	productivité	ressource importante du territoire (secteur Campbon 60 000 m3/j)
	réserve en Mm3	90
Prélèvements/Usages	impact prélèvements ESO sur ESU	faible
	usage	AEP <b>(Campbon</b> ) - 12 captages répartis
	Etat chimique	bon
	nitrates	bon
Etat DCE	pesticides	bon
	risque chimique	respect
	pression azotée	NC NC
	pression pesticide	NC
	Etat Quantitatif	bon
	Risque quantitatif	respect
	pression quantitatif	NC NC
nombre captages prioritaires	p. 2001011 quantitutii	0
remarques		couvre un territoire réduit du Syloa mais ressource en eau souterraine importante exploitée pour l'AEP et autres usages (BBS eau points peu nombreux) - <b>à protéger en qualité et quantité</b>



# Sables et calcaires du bassin tertiaire de Drefféac (Saint-Gildas-des-Bois) libres FRGG118

Code masse d'eau		FRGG118
Nom de la masse d'eau	caractéristiques	Sables et calcaires du bassin tertiaire de St-Gildas-des-Bois libres
limites		BV topographique (20 km²) alimentant le bassin sédimentaire tertiare. La limite aval correspond à limite d'affleurement du socle. Limite amont (S) définie par la zone faillée qui le sépare du bassin de Campbon
entité BDLISA aquifères		104A B01 : Sables du Pliocène en Bretagne et Pays-de-la-Loire 113A F01 : Calcaires sableux du Lutétien supérieur de Loire-Atlantique et Vendée
entité BDLISA semi-perméable		175A K 01 : Socie métamorphique dans le bassin versant du Brivet et ses affluents
entité BDLISA imperméable		
surface interceptée SYLOA en %		0.702
	typologie	Sédimentaire non alluvial
	lithologie	calcaire et sables
	typologie	mixte poreux et fissuré
	nature écoulement	entiérement libre
	karstique	non
	exutoires (sources)	non
	temps de transfert (an)	2
	vitesse maximale	
	d'écoulement de la	<15 m/an
Contexte hydrogéologique	nappe (m/an)	
	fluctuations	saisonnières
	multicouche	oui
	direction écoulement	N vers S et axe de drainage "verrou de Catiho"
	vulnérabilité	forte à très forte
	Entrées	pluviométrie par infiltration sur secteurs favorables (perméables, peu pentus, couverture,) et alimentation par le Brivet
Mode d'alimentation	Entrées/sorties	Aquifères adjacents (bassin de Campbon/ Socle encaissant)
	drainance	oui
	sorties	drainage cours d'eau
Points de suivi national des eaux souterraines (ADES) concernés	quantité	BSS001ESVX, BSS001ESVY
	relation MESO/cours d'eau	relation nappe/ le Brivet
Relation nappe /rivière/plans	cours d'eau principaux	Le Brivet
d'eau	zones humides	Relation nappe cours d'eau/marais Haut Brivet
	relation Meso plan d'eau	
	productivité	product ivité moyenne
	réserve en Mm3	14 à 15
Prélèvements/Usages	impact prélèvements ESO sur ESU	faible
	usage	ressource en eau usage AEP - bassin de Dreffeac - St Gildas 4 000 m3/j
	Et at chimique	médiocre
	nitrates	bon
	pesticides	médiocre
	risque chimique	risque
Etat DCE	pression azotée	élevée
	pression pesticide	peu élevée
	Etat Quantitatif	bon
	Risque quantitatif	respect
	pression quantitatif	potentielle
nombre captages prioritaires		0
remarques		couvre un territoire réduit du Syloa mais ressource en eau souterraine assez importante, exploitée pour l'AEP, <b>qualité dégradée nitrates et pesticides</b> et autres usages (BBS eau points assez nombreux) - à <b>protéger en qualité et quantité</b>



# Sables et calcaires du bassin tertiaire de Saffré libres (FRFG0119) – hors emprise Syloa

Code masse d'eau		FRFG119
Nom de la masse d'eau	caractéristiques	Sables et calcaires du bassin tertiaire de Saffré libres
limites		petit bassin centré sur SAFFRE
entité BDLISA aquifères		113AC15 : Calcaires du Rupélien supérieur 113AF01 : Calcaires sableux du Lutétien supérieur de Loire-Atlantique et Vendée
entité BDLISA semi-perméable		113AF03 : Argiles sableuses du Lutétien en Bretagne et Pays de la Loire (bassin Loire- Bretagne) 174AA06 : Socle métamorphique dans le bassin versant de l'Isac de sa source à la Vilaine
entité BDLISA imperméable		
surface interceptée SYLOA en %		0%
·	typologie	Sédimentaire non alluvial
	lithologie	sédiments et volcaniques
	typologie	mixte poreux et karstique
	nature écoulement	entiérement libre
	karstique exutoires (sources)	non
	temps de transfert (an)	4.6
	vitesse maximale	
	d'écoulement de la	1 à 100 km/j
Contexte hydrogéologique	nappe (m/an)	
	fluctuations	
	multicouche	oui
	direction écoulement	Sens d'écoulement: du NNE vers le SSO avec une composant N-S dans le secteur O de la MES
	vulnérabilité	forte
	Entrées	réalimentation directe de la nappe par les ruisseaux (Pas-Sicard, ruisseau de l'Isac, ruisseau de l'Aspiguais) via un réseau karstique (Zone avérée de pénétration des pollutions
Mode d'alimentation	Entrées/sorties	aquifères adjacents
	drainance	oui
	sorties	
Points de suivi national des eaux souterraines (ADES) concernés	quantité	NC
	relation MESO/cours d'eau	oui
Relation nappe /rivière/plans	cours d'eau principaux	l'Isac
d'eau	zones humides	NC
	relation Meso plan d'eau	NC
	productivité	bon réservoir - bonne productivité
	réserve en Mm3	
Prélèvements/Usages	impact prélèvements ESO sur ESU	faible
	usage	ressource AEP <b>SAFFRE</b> 10 000 m3/j - points BSS Eau - autres usages
	Etat chimique	bon
	nitrates	bon
Etat DCE	pesticides	bon
	risque chimique	risque
	pression azotée pression pesticide	moyenne NC
	Etat Quantitatif	bon
	Risque quantitatif	respect
	pression quantitatif	potentielle
nombre captages prioritaires	1	
remarques		couvre un territoire réduit à l'extérieur du Syloa - ressource en eau souterraine importante exploitée pour l'AEP (SAFFRE - 10000 m3/j)



# Sables et calcaires du bassin tertiaire de Nort-sur-Erdre libres FRGG139

Code masse d'eau		FRGG139
Nom de la masse d'eau	caractéristiques	Sables et calcaires du bassin tertiaire de Nort-sur-Erdre libres
limites		BV topographique alimentant le bassin sédimentaire tertiare. MES appartenant au SAGE Estuaire de la Loire.
entité BDLISA aquifères		104AB01 : Sables du Pliocène en Bretagne et Pays-de-la-Loire 113AC15 : Calcaires du Rupélien supérieur
entité BDLISA semi-perméable		101AA03 : Vases flandriennes de Loire-Atlantique et Vendée 175AG01 : Socle métamorphique dans le bassin versant l'Erdre et ses affluents
entité BDLISA imperméable		
surface interceptée SYLOA en %		0.635
	typologie	Sédimentaire non alluvial
	lithologie	Bassin d'effondrement - sableux (Pliocène) et calcaires (Oligocène), isolés localement par des couches d'argile.
	typologie	mixte poreux et fissuré
	nature écoulement	libre à captif
	karstique	non
	exutoires (sources)	non
	temps de transfert (an)	1.6
	vitesse maximale	
	d'écoulement de la	<15 m/an
Contexte hydrogéologique	nappe (m/an)	
contexte nyarogeorogique	fluctuations	saisonnières
	multicouche	bicouche
	direction écoulement	Du NO vers SE. Les prélèvement AEP génèrent un cône de dépression qui peut être très prononcé en période de basseseaux sévères.
	vulnérabilité	forte
	Entrées	pluviométrie par infiltration sur secteurs favorables (perméables, peu pentus, couverture,) et alimentation par l'Erdre
Mode d'alimentation	Entrées/sorties	aquifères adjacents
	drainance	non
	sorties	Drainage des cours d'eau en hautes eaux
Points de suivi national des eaux souterraines (ADES) concernés	quantité	BSS001EUMW, BSS001EUNG, BSS003ZKDU, BSS001EUZH, BSS001EUJD
	relation MESO/cours d'eau	Relation nappe / rivière (Erdre et grande Douve) - alimentation nappe du Pliocène en basses eaux
Relation nappe /rivière/plans	cours d'eau principaux	L'Erdre et la grande Douve
d'eau	zones humides	L'ERDRE (MARAIS DE MAZEROLLES, PETIT-MARS)
	relation Meso plan d'eau	plan d'eau de l'Erdre
	productivité	bon réservoir - bonne productivité
	réserve en Mm3	
Prélèvements/Usages	impact prélèvements ESO sur ESU	moyen à fort
	usage	ressource AEP <b>Nort sur Erdre</b> 10 000 m3/j (4 captages) - points BSS Eau - autres usages
Etat DCE	Etat chimique	médiocre
	nitrates	médiocre
	pesticides	médiocre
	risque chimique	risque
	pression azotée	élevée
	pression pesticide	
		moyenne médicoro
	Etat Quantitatif	médiocre
	Risque quantitatif	risque
	pression quantitatif	potentielle
nombre captages prioritaires		1
remarques		couvre un territoire réduit du Syloa mais ressource en eau souterraine importante exploitée pour l'AEP et autres usages (BBS eau points assez nombreux) mais dégradée nitrates et pesticides - à protéger en qualité et quantité



# Sables et calcaires du bassin tertiaire de Mazerolles captifs FRGG140

Code masse d'eau		FRGG140
Nom de la masse d'eau	caractéristiques	Sables et calcaires du bassin tertiaire de Mazerolles captifs
limites		BV topographique alimentant le bassin sédimentaire tertiare. MES appartenant au SAGE Estuaire de la Loire.
entité BDLISA aquifères		104AB01
entité BDLISA semi-perméable		101AA03, 175AG01
entité BDLISA imperméable		
surface interceptée SYLOA en %		0,31
	typologie	Sédimentaire non alluviale
	lithologie	Bassin d'effondrement - sableux et calcaires, isolés localement par des couches d'argile.
	typologie	poreux
	nature écoulement	entièrement captif
	karstique	non
	exutoires (sources)	non
	temps de transfert (an)	
Contexte hydrogéologique	vitesse maximale d'écoulement de la nappe	<15 m/an
	fluctuations	saisonnières
	multicouche	non
	direction écoulement	vers le NE en HE et en BE.
	vulnérabilité	moyenne
	Entrées	pluviométrie par infiltration sur secteurs d'affleurement et alimentation par l'Erdre et cours d'eau
	Entrées/sorties	aquifères adjacents
Mode d'alimentation	drainance	non
	sorties	Drainage des cours d'eau
Points de suivi national des eaux souterraines (ADES) concernés	quantité	BSS001EUZK, BSS001EUZL
Souterraines (ADES) concernes	relation MESO/cours d'eau	Relation avec l'Erdre et le Marais de Mazerolles
	cours d'eau principaux	L'Erdre
Relation nappe /rivière/plans d'eau	zones humides	L'ERDRE (MARAIS DE MAZEROLLES, PETIT-MARS)
	relation Meso plan d'eau	plan d'eau de l'Erdre
	productivité	bon réservoir - bonne productivité
	réserve en Mm3	
Prélèvements/Usages	impact prélèvements ESO sur ESU	moyen
	usage	ressource AEP <b>Mazerolles</b> 10 000 m3/j (2 captages) - points BSS Eau - autres usages
	Etat chimique	médiocre
	nitrates	bon
	pesticides	médiocre
	risque chimique	risque
Etat DCE	pression azotée	NC
	pression pesticide	NC
	Etat Quantitatif	bon
	Risque quantitatif	respect
	pression quantitatif	NC
nombre captages prioritaires		0
remarques		couvre un territoire réduit du Syloa mais ressource en eau souterraine importante exploitée pour l'AEP et autres usages (BBS eau points assez nombreux) - à protéger en qualité et en quantité



# Bassins tertiaires du socle armoricain FRGG148

Code masse d'eau		FRGG148
Nom de la masse d'eau	caractéristiques	Bassins tertiaires du socle armoricain
limites		Bassins tertiaires du socle armoricain
entité BDLISA aquifères		104AB01 : Sables du Pliocène en Bretagne et Pays-de-la-Loire
entité BDLISA semi-perméable		121AF03 : Argiles sableuses du Cénomanien-Turonien de Loire-Atlantique et Vendée 175Al01 : Socle métamorphique dans les bassins versants de la Boulogne de sa source au lac de Grand-Lieu (inclus), l'Acheneau de sa source à la Loire (non inclus), l'Ognon, 175AG01 : Socle métamorphique dans le bassin versant l'Erdre et ses affluents
entité BDLISA imperméable		
surface interceptée SYLOA en %		3.15
	typologie	Sédimentaire non alluvial
	lithologie	Dépôts plio-quaternaires-sables-cailloutis et limons loessique
	typologie	poreux
	nature écoulement	entiérement libre
	karstique	non
	exutoires (sources) temps de transfert (an)	4,3
Contexte hydrogéologique	vitesse maximale d'écoulement de la nappe (m/an)	7,0
	fluctuations	saisonnières et interannuelles (04217X0003/F)
	multicouche	non
	direction écoulement	variable en fonction des secteurs
	vulnérabilité	élevée à modérée
Nanda d'alima antatian	Entrées	pluviométrie par infiltration sur secteurs favorables (perméables, peu pentus, couverture,)
Mode d'alimentation	Entrées/sorties	aquifères adjacents
	drainance sorties	non drainage nappe par cours d'eau et sources
Points de suivi national des eaux souterraines (ADES) concernés	quantité	1 piézomètre - BSS001DLRR (04217X0003/F) - Saint-Sulpice-des-Landes – 8m de profondeur- période de suivi 2000-à nos jours
	relation MESO/cours d'eau	Drainage par les principaux cours d'eau et possible relation nappe (schistes et grès) /rivière
Relation nappe /rivière/plans	cours d'eau principaux	L'ERDRE, LE TENU (sud)
d'eau	zones humides	
	relation Meso plan d'eau	pas de plans d'eau importants
	productivité	nappe d'extension compartimenté et vulnérable - productivité réduite
	réserve en Mm3	plusieurs millions m3
Prélèvements/Usages	impact prélèvements ESO sur ESU	non connu
	usage	Ressource AEP plusieurs secteurs SYLOA (Sud-est Machecoul (pas d'AEP), nord-ouest ( <b>St Sulpice, Fregne</b> 1200 m3/j)
	Etat chimique	médiocre
	nitrates	médiocre
Etat DCE	pesticides	médiocre
	risque chimique pression azotée	risque élevée
	pression pesticide	moyenne
	Etat Quantitatif	bon
	Risque quantitatif	respect
	pression quantitatif	faible
nombre captages prioritaires		1
remarques		couvre plusieurs secteurs SYLOA (SE Machecoul (pas d'AEP), NO SYLOA (St Sulpice 600 m3/j, Freigné 600 m3/j) - et autres usages (points BSS EAU)



