

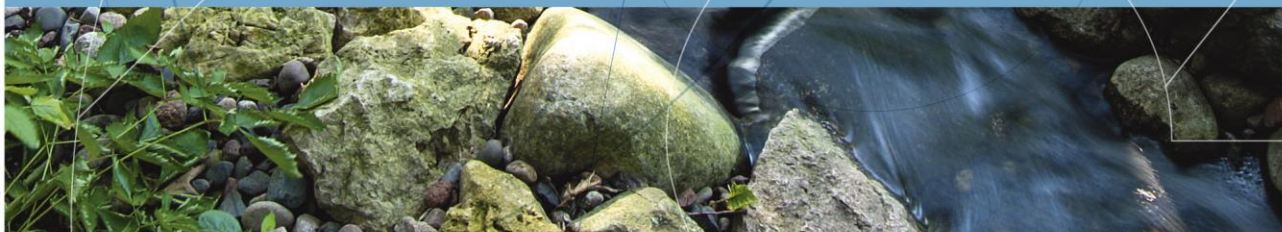
Etude HMUC PTGE du Bassin versant de Grand Lieu

Tranche optionnelle : Définition de piézométries objectifs

SBVGL

ST-PHILBERT-DE-GRANDLIEU (44)

RAPPORT N22-44141A



**RIVES &
EAUX**
DU SUD-OUEST

POUR UN
PARTAGE
DURABLE
DE L'EAU



Agence de Nantes - siège social
Parc de la Rivière | Bât. A | 8 boulevard Albert Einstein | CS 82118
44321 NANTES CEDEX 3
+33 (0)2 40 14 33 71 | nantes@calligee.fr



Agence de Toulouse
Le Prologue 2 | 71 rue Ampère
31670 LABÈGE
+33 (0)5 62 24 36 97 | toulouse@calligee.fr

CLIENT

Syndicat du Bassin Versant de Grand Lieu
2 All. des Chevreys, 44310 Saint-Philbert-de-Grand-Lieu
Tel : 02 40 78 09 17



Interlocuteur : Marie-Estelle BOURGEON

FINANCEURS



PARTENAIRES



REFERENCES

N° affaire :	N22-44141A	Nombre de pages :	37
Rubrique :	HYDRO\Gest'eau	Nombre de figures hors texte :	
Agence :	Nantes	Nombre d'annexes :	2

VERSIONS ET VISAS

N° version	Rédaction	Visa	Vérification	Visa	Intitulé des révisions	Date d'application
V0	Marc-Antoine PILLET	<i>RAP</i>			Version initiale	19 juin 2025
V1	Marc-Antoine PILLET	<i>RAP</i>			Intégration remarques Rives&Eaux	23 juillet 2025

Sommaire

1 INTRODUCTION	7
2 DEFINITION	8
3 CONTEXTE.....	10
4 UH09 - COURS D'EAU EN ZONE SEDIMENTAIRE AFFLUENTS DU LAC DE GRAND-LIEU A L'EST	12
4.1 - Contexte	12
4.2 - Dynamique des chroniques.....	13
4.2.1 - Analyse globale	13
4.2.2 - Représentativité des chroniques.....	14
4.2.3 - Analyse de la sensibilité	15
4.2.4 - Evolution tendancielle des niveaux de la nappe	17
4.2.5 - En phase de vidange de la nappe.....	17
4.3 - Relation piézométrie / écoulements superficiels	20
4.3.1 - Piézomètre de Noë Grivaud	22
4.3.2 - Piézomètre de la chevrolière	23
4.4 - Synthèse.....	24
5 UH03 LA BOULOGNE DE L'AVAL DE LA CONFLUENCE DE L'ISSOIRE A LA CONFLUENCE DE LA LOGNE.....	26
5.1 - Contexte	26
5.2 - Comparaison débit / niveau piézométrique	27
5.2.1 - Analyse globale	27
5.2.2 - Corrélation croisée	28
5.3 - Synthèse.....	29
6 UH08 « PARTIE AVAL DU BASSIN DE L'OGNON ET COURS D'EAU EN ZONE SEDIMENTAIRE AFFLUENTS DU LAC DE GRAND-LIEU AU NORD »	30
6.1 - Contexte	30
6.2 - Evolution piézométrique.....	31
6.3 - Synthèse.....	32
7 SECTEUR SOCLE.....	33
7.1 - Contexte	33
7.2 - Propositions	34

8 CONCLUSION 36

ANNEXES

Table des illustrations

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Liste des piézomètres de référence sur le secteur UH09	12
Tableau 2 : Cotes piézométriques en mNGF de niveaux bas ($\approx$ quinquennal sec) du piézomètre de Noë Grivaud - 05088X0134/B) d'après données ADES.....	25
Tableau 3 : Corrélation croisée du débit de la Boulogne et des niveaux piézométriques	28
Tableau 4 : Liste des ICPE non agricoles.....	35

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Cartographie des Unités Hydrologiques à étudier	11
Figure 2 : Extrait de carte de localisation des points de prélèvements (rose) et des piézomètres de référence (vert)	13
Figure 3 : Evolution des niveaux d'eau sur les 3 piézomètres de référence de l'UH09	13
Figure 4 : Comparaison des niveaux d'eau sur les piézomètres de Noë Grivaud et de La Chevrolière à même date	14
Figure 5 : Comparaison des niveaux d'eau sur les piézomètres de Noë Grivaud et de St-Philbert-de-Grand Lieu à même date	14
Figure 6 : Piézométrie à la Revellerie (St-Philbert) et pluviométrie annuelle (1996-2021)	15
Figure 7 : Piézométrie à la Noë Grivaud (St-Philbert) et pluviométrie mensuelle (2009-2022)	16
Figure 8 : Piézométrie à Noë Grivaud et prélèvements – période 2010-2021.....	17
Figure 9 : Variation annuelle du niveau piézométrique à Noë Grivaud – Période 2010-2024	18
Figure 10 : Graphiques de comparaison des vitesses de vidange de nappe à Noë Grivaud	19
Figure 11 : Variation annuelle du niveau piézométrique à Noë Grivaud – Période 2010-2024.....	20
Figure 12 : Extrait du réseau ONDE à la station « M8150001 » (source : https://onde.eaufrance.fr/)	21
Figure 13 : Carte de localisation des points de prélèvements (rose), des piézomètres (carrés verts) et de la station ONDE (rond vert) sur l'UH09	22
Figure 14 : Report des observations de la station ONDE « M8150001 » sur le Redour sur la chronique piézométrique à Noë Grivaud	23
Figure 15 : Report des observations de la station ONDE « M8150001 » sur le Redour sur la chronique piézométrique à la Chevrolière	24
Figure 16 : Graphique de l'IPS du piézomètre de Géneston (05088X0134/B) – source : ADES.....	25
Figure 17 : Contexte de l'UH03.....	26
Figure 18 : Cartographie des points de prélèvements sur l'UH03 (Rives & Eaux du Sud-Ouest)	27
Figure 19 : Chronique piézométrique à Noë Grivaud et débit de la Boulogne	28
Figure 20 : Cartographie de l'UH08 sur fond géologique simplifié.....	31
Figure 21 : Chronique piézométrique au droit de l'ouvrage de la Gendronnière et cumul pluviométrique.....	31
Figure 22 : Carte de localisation des points de prélèvements (rose) et du piézomètre de référence (carré vert) sur fond géologique	32
Figure 23 : Chroniques piézométriques des ouvrages de la Planche (UH05).....	34

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : Coupes géologiques et techniques des piézomètres de référence

Annexe 2 : Analyse tendancielle des chroniques piézométriques des ouvrages de référence de Noë Grivaud (05088X0134/B), Bellevue (05086X0134), Chevrolière (05082X0181)

Annexe 3 : Données pour analyse des vitesses de vidange de la nappe au piézomètre de Noë Grivaud



1 Introduction

La CLE du SAGE Logne, Boulogne, Ognon et Grand-Lieu a choisi de s'engager dans une étude stratégique *d'approfondissement de la connaissance de la ressource quantitative sur le territoire du SAGE dans un contexte de changement climatique et d'émergence d'un projet de territoire pour la gestion de l'eau (PTGE)*. L'opération comporte ainsi 2 volets distincts :

- Un volet technique sous la forme d'une étude Hydrologie Milieux Usages Climat (HMUC) dont les objectifs consistent en définir des débits objectifs d'étiage, des volumes prélevables et préciser les conditions de prélèvements hivernaux.
- La Co-construction du projet de territoire pour la gestion de l'eau avec une phase de diagnostic puis la définition de la stratégie et du programme d'actions,

Le Syndicat Grand Lieu Estuaire (SGLE), structure porteuse du SAGE, a missionné la société Rives & Eaux du Sud-Ouest pour mener cette mission, qui a sous-traité à Calligée le volet eaux souterraines.

Le volet technique, débuté mi 2022, se déroule en 5 phases :

- Phase 1 : s'approprier le territoire, mobiliser les usagers – *réalisée*,
- Phase 2 : Actualiser l'état des lieux des volets HMUC – *réalisée*,
- Phase 3 : Croiser les 4 volets HMUC – *réalisée*,
- Phase 4 : Constituer une analyse socio-économique – *en cours*,
- Phase 5 : Définir des objectifs d'étiage, proposer des scénarios de volumes prélevables, étudier les conditions de prélèvements hivernaux – *en cours*.

Pour cette 5^{ème} phase, le syndicat a souhaité activer la tranche optionnelle du marché portant sur l'étude de la possibilité de mettre en œuvre des piézométries de référence.

Les résultats suivants ont déjà été présentés en commission de gestion quantitative le 29/04/2025 puis en CLE le 06/06/2025.



2 Définition

Ci-après, le rappel de quelques définitions issues du rapport BRGM RP-58139 -FR de décembre 2009 « Les indicateurs piézométriques - Un outil dans la gestion des hydrosystèmes - Orientations méthodologiques ».

Calqués sur les deux indicateurs définis pour les cours d'eau (DOE et DCR), les concepts de POE (piézométrie objectif d'étiage) et PCR (piézométrie de crise) ont été introduits dans le SDAGE Adour Garonne de 1996. Ce SDAGE recommande que soient définis, pour les principaux systèmes aquifères, des points d'observation de la piézométrie des nappes et des cotes associées à ces points, POE et PCR, ainsi définis :

- Piézométrie objectif d'étiage (POE) : la cote du niveau de la nappe, fixée par le SDAGE ou un SAGE, au-dessus de laquelle sont assurés la coexistence normale des usages et le bon fonctionnement quantitatif et qualitatif de la ressource souterraine et des cours d'eau qu'elle alimente, qui doit en conséquence être maintenue par une gestion à long terme des autorisations et des programmes relatifs aux prélèvements et aux autres usages
- Piézométrie de crise (PCR) : la cote du niveau de la nappe, fixée par le SDAGE ou un SAGE, au-dessous de laquelle sont mises en péril la pérennité notamment qualitative de la ressource souterraine, l'alimentation en eau potable qui y puise, la survie des milieux qu'elle alimente qui doit en conséquence être impérativement maintenue par toutes mesures préalables, notamment de restriction des usages, décidées par les préfets en application le cas échéant d'un plan de crise

Indicateur piézométrique : variable de contrôle de l'état d'une ressource en eau souterraine soumise à des règles de gestion et associée à un piézomètre (ou plusieurs) de suivi de l'évolution de cette ressource. L'indicateur est caractérisé par une gamme de valeurs particulières (que l'on peut appeler seuils de gestion), qui correspondent à :

- un objectif de gestion : par exemple une piézométrie objectif d'étiage (POE),

- un (ou plusieurs) seuils d'alerte (PSA), destinés à anticiper une situation de crise,
- un seuil de crise (PSC).

Cette variable a une dimension temporelle :

- la "valeur seuil" considérée est associée à un certain intervalle de temps dans l'année, et une dimension spatiale :

- elle fait référence à un piézomètre choisi comme représentatif du contexte, ou bien elle est associée à plusieurs piézomètres et correspond alors à une combinaison linéaire des valeurs relevées sur ces piézomètres (moyenne simple ou moyenne pondérée).

Suivant les contextes hydrogéologiques et les contraintes à respecter, cette variable sera :

- soit de nature probabiliste, conformément à la définition, donnée par la circulaire du 30 Juin 2008, d'une gestion quantitative équilibrée de la ressource, se traduisant opérationnellement par le respect des débits ou niveaux piézométriques d'objectifs huit années sur dix en moyenne;

- soit de nature déterministe : seuils à respecter impérativement.

Le piézomètre à rechercher pour construire l'indicateur doit être représentatif du fonctionnement hydrodynamique de la nappe dans le secteur aquifère qu'il a pour mission de contrôler : il ne doit pas être directement influencé (proximité d'un pompage) mais doit néanmoins être sensible aux impacts des prélèvements et des recharges. Si nécessaire, l'indicateur peut être construit à partir de plusieurs piézomètres.

Dans le cas d'une nappe en relation avec un cours d'eau dont elle assure le soutien d'étiage, l'objectif de gestion n'est pas tant piézométrique que débitmétrique : il faut en effet définir une cote piézométrique (POE) qui permette de garantir le DOE du cours d'eau, qui constitue donc la contrainte.



3 Contexte

Les contextes hydrographique et hydrogéologique sont présentés dans les précédents rapports.

La présente étude de définition de piézométries d'objectifs porte sur 3 des unités hydrologiques définies dans le cadre de l'étude HMUC car elles sont dépourvues de stations hydrométriques permettant de déterminer des Débits Objectifs d'Etiage (DOE) :

- UH09 « Cours d'eau en zone sédimentaire affluents du lac de Grand-Lieu à l'est » - secteur recouvert en totalité par la nappe des sables du Pliocène ;
- UH03 « La Boulogne de l'aval de la confluence de l'Issoire à la confluence de la Logne » - zone intermédiaire entre le secteur socle au Sud et le secteur Nappe ;
- UH08 « Partie aval du bassin de l'Ognon et cours d'eau en zone sédimentaire affluents du lac de Grand-Lieu au nord » - partie Nord du Lac de Grand Lieu avec un contexte mixte.

En complément, un travail est mené sur le secteur socle, partie Sud du territoire, car ce dernier, bien que la ressource en eaux souterraines soit limitée, est dépourvu de piézomètre de référence



Figure 1 : Cartographie des Unités Hydrologiques à étudier



4 UH09 - Cours d'eau en zone sédimentaire affluents du lac de Grand-Lieu à l'Est

4.1 - CONTEXTE

Sur le territoire, il existe à ce jour 3 piézomètres de référence (voir coupes en Annexe 1). Les suivis piézométriques des ouvrages ont été mis en place par le Conseil départemental de Loire-Atlantique qui en a délégué la gestion au BRGM depuis quelques années. Au 1^{er} janvier 2025, la réduction des financements du CD44 a conduit à l'arrêt des suivis sur les ouvrages de Noë Grivaud et de la Chevrolière ; les ouvrages restant en place.

Sur la base de ces éléments, les trois ouvrages pourraient être utilisés comme ouvrage de référence.

Tableau 1 : Liste des piézomètres de référence sur le secteur UH09

Nom de l'ouvrage	Code BSS	Altitude en mNGF	Suivi		Commune	Prof. (m)	Géologie	Equipement
			Début	Fin				
Bellevue	05086X0134 / BSS001JRKS	3.00	31/07/2008	En cours	St-Philbert-de-Grandlieu	20.5	Sables Pliocène	cimentation de tête et crépine au niveau des sables
La Noë Grivaud	05088X0134 / BSS001JSBK	32.00	9/12/2008	31/12/2024	Géneston	31	Sables Pliocène	cimentation de tête et crépine au niveau des sables
La Thibaudière (Chevrolière)	05082X0181 / BSS001JQAJ	6.00	31/07/2008	31/12/2024	La Chevrolière	10	Sables Pliocène	cimentation de tête et crépine au niveau des sables

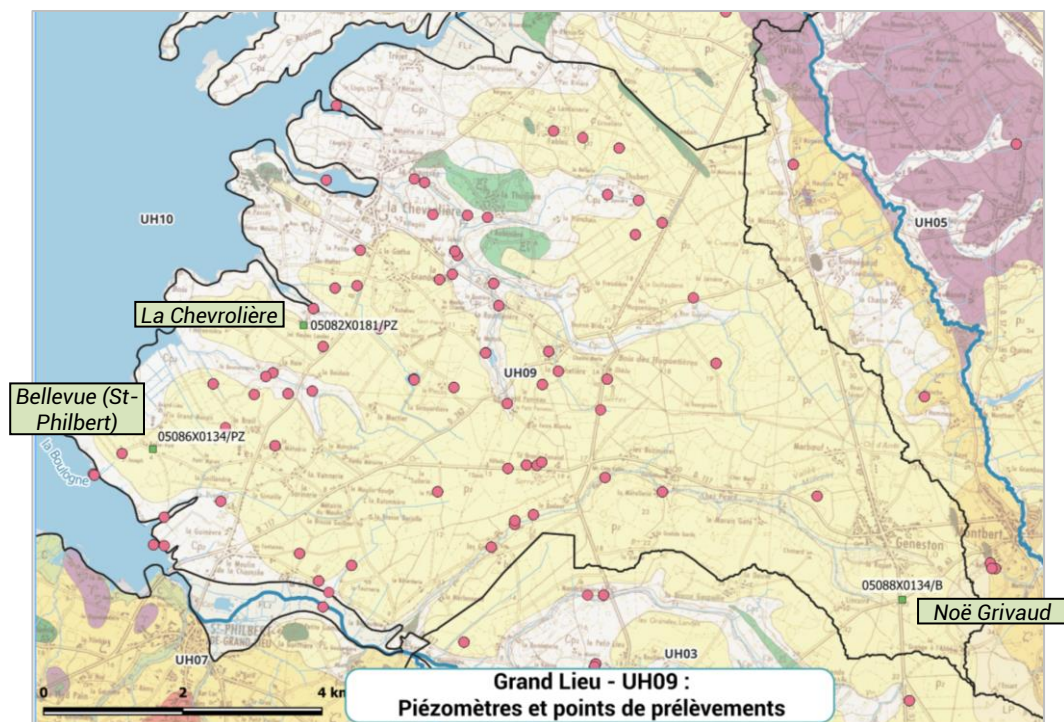


Figure 2 : Extrait de carte de localisation des points de prélèvements (rose) et des piézomètres de référence (vert)

4.2 - DYNAMIQUE DES CHRONIQUES

4.2.1 - ANALYSE GLOBALE

La comparaison des 3 chroniques piézométriques montre globalement des dynamiques similaires avec des périodes de basses eaux et de hautes eaux communes. Les variations de piézométries sont en lien direct avec les pluviométries : pluies automnales et hivernales impliquant des remontées de nappe. La vidange de nappe est conjointe à partir du printemps.

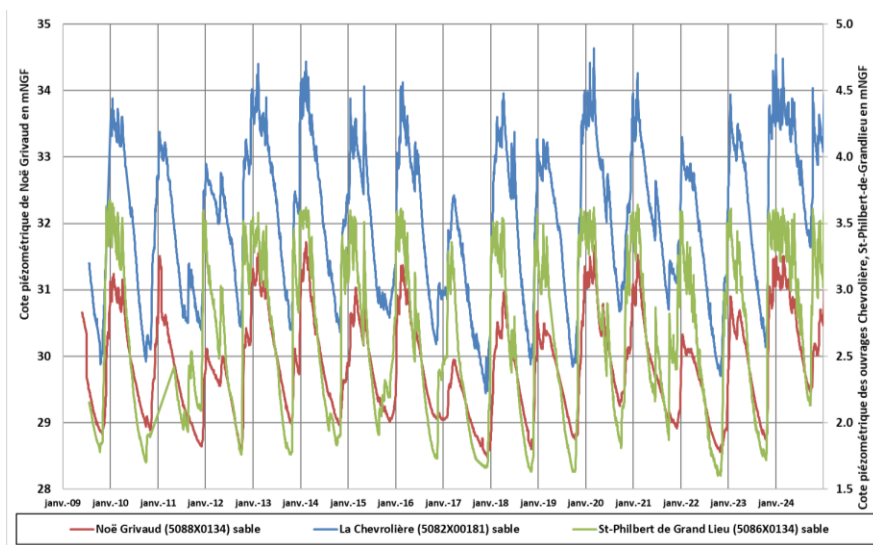


Figure 3 : Evolution des niveaux d'eau sur les 3 piézomètres de référence de l'UH09

4.2.2 - REPRESENTATIVITE DES CHRONIQUES

La comparaison des niveaux piézométriques des ouvrages de Noë Grivaud et de la Chevrolière à même date pour la période 2009-2024 montre une nette corrélation (0,91) signifiant que les niveaux de la nappe du Pliocène évoluent de façon synchrone en ces deux points (voir Figure 4).

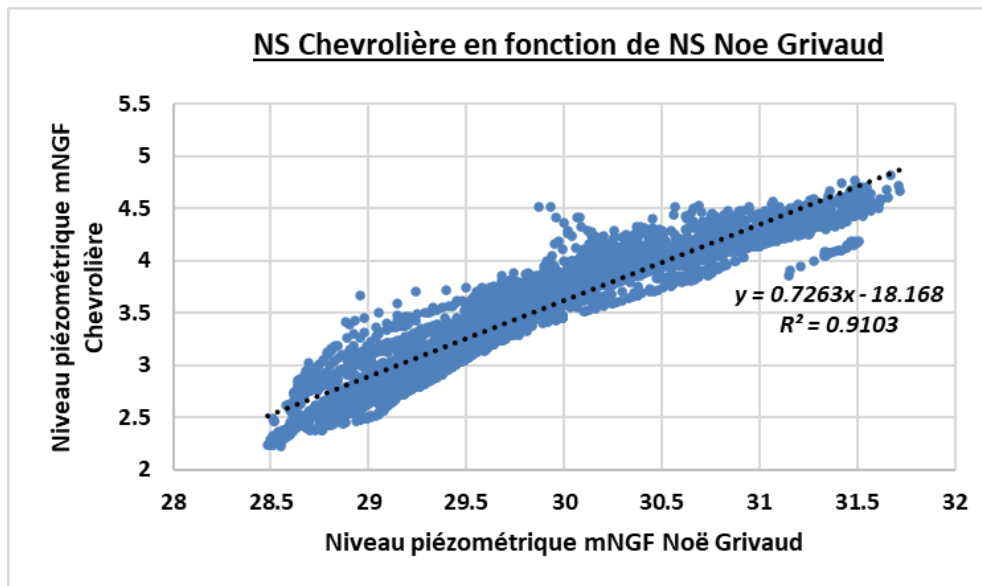


Figure 4 : Comparaison des niveaux d'eau sur les piézomètres de Noë Grivaud et de La Chevrolière à même date

Par contre, la comparaison des niveaux d'eau à Noë Grivaud et à St-Philbert montre une plus faible corrélation (Figure 5). L'ouvrage de Saint-Philbert semble donc influencé par d'autres éléments que la simple pluviométrie ou vidange naturelle de la nappe. Les prélèvements à proximité pourraient en être l'explication.

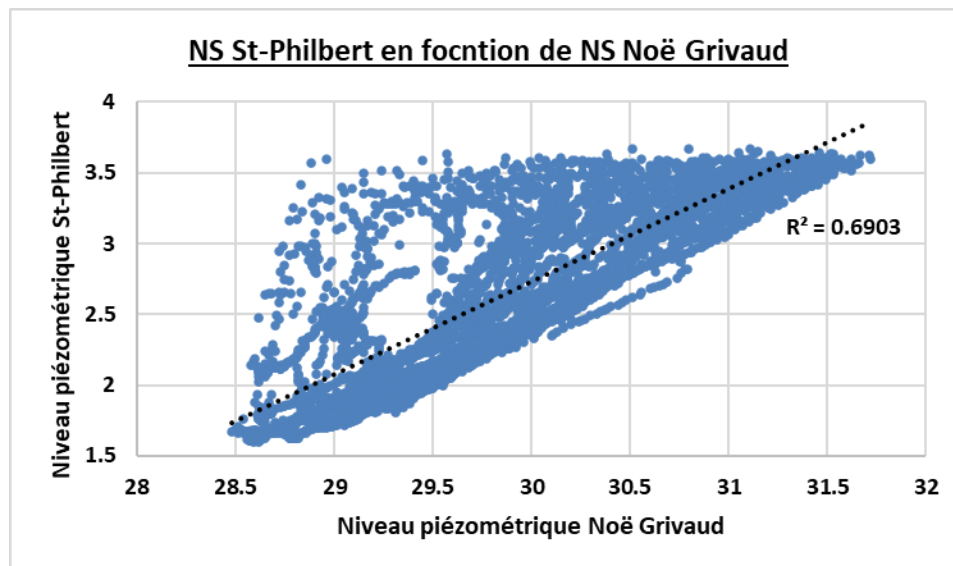


Figure 5 : Comparaison des niveaux d'eau sur les piézomètres de Noë Grivaud et de St-Philbert-de-Grand Lieu à même date

4.2.3 - ANALYSE DE LA SENSIBILITE

4.2.3.1 - A la pluviométrie

Comme indiqué dans les rapports précédents, l'analyse de l'évolution piézométrique de l'ouvrage de référence de la Revellerie (hors bassin versant) sur lequel le suivi piézométrique est le plus long montre une forte corrélation entre pluviométrie annuelle et niveaux de nappe (Figure 6). Ceci se justifie par une nappe contenue dans les sables peu profonde (à quelques mètres maximums de la surface). Ainsi, la zone non saturée est peu développée et la recharge est rapide.

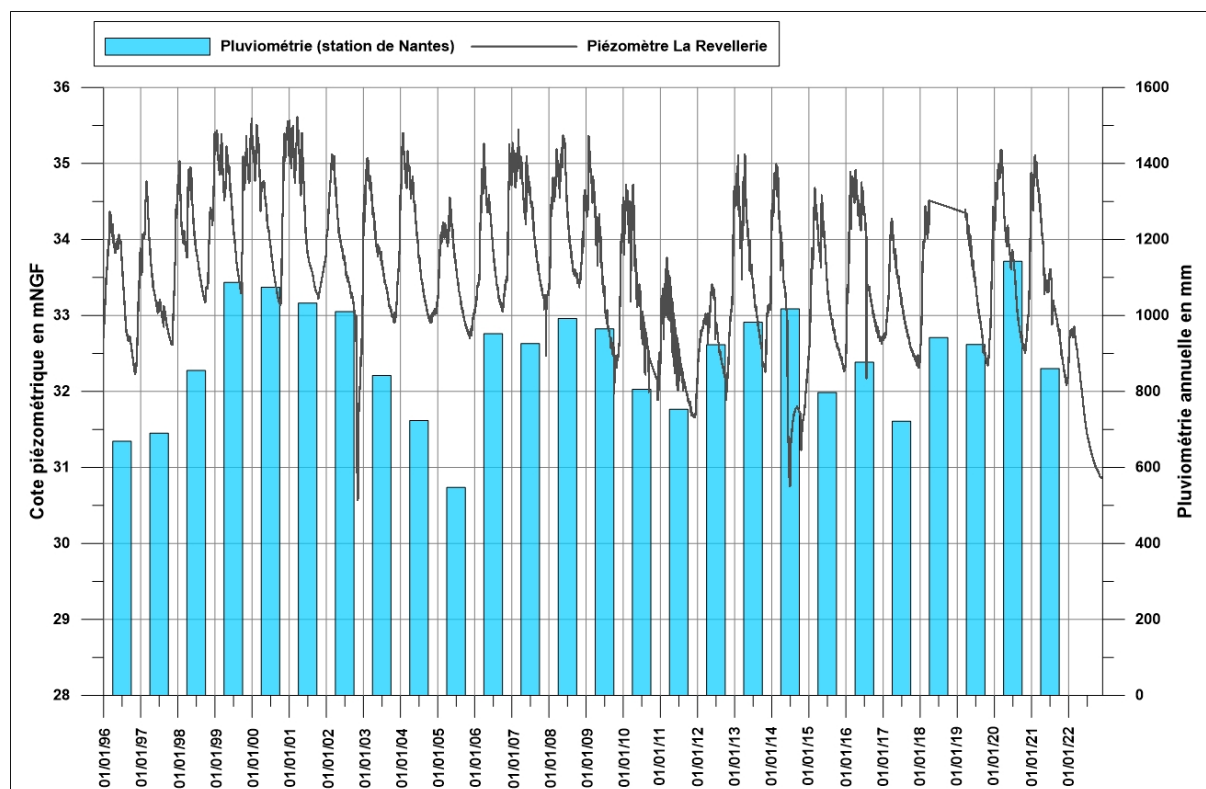


Figure 6 : Piézométrie à la Revellerie (St-Philbert) et pluviométrie annuelle (1996-2021)

L'évolution de la piézométrie au regard de la pluviométrie mensuelle précise cette réactivité qui est forte (voir Figure 7). Ainsi, l'élévation piézométrique peut être rapide à l'issue d'épisodes de recharge à l'automne ou en début d'hiver.

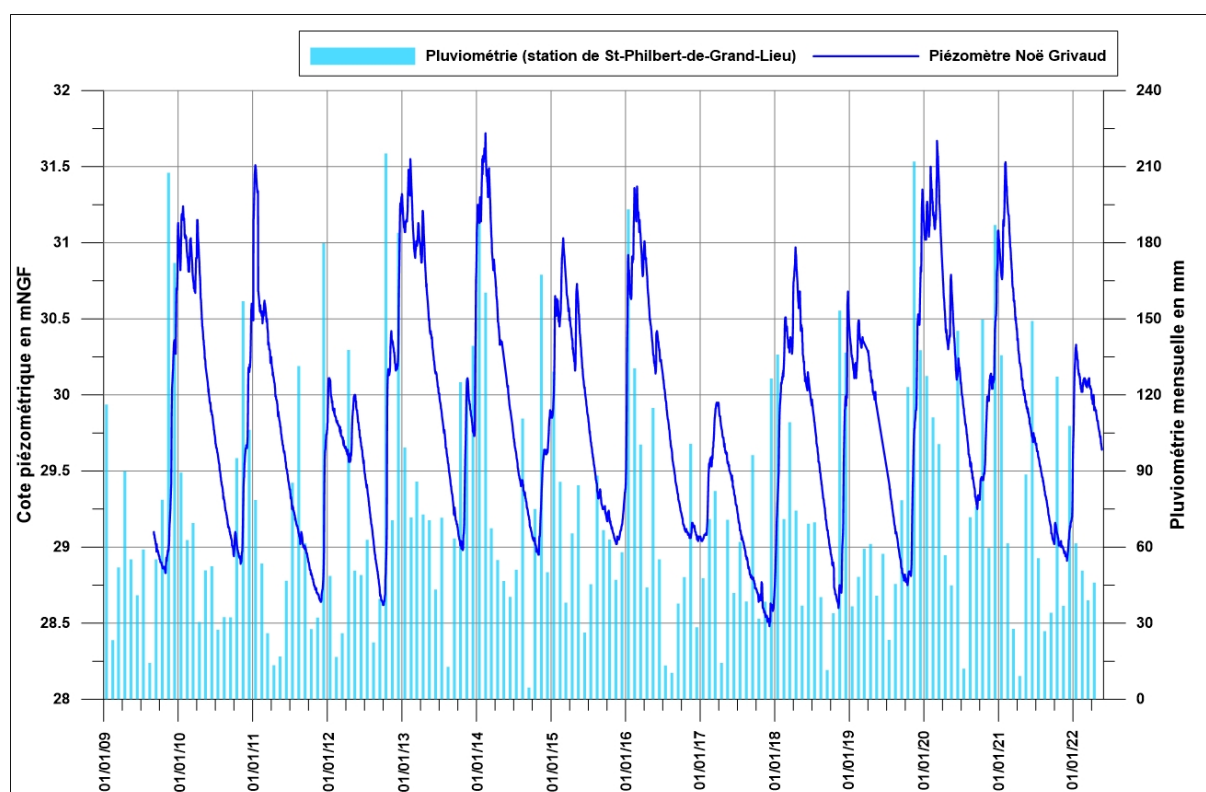


Figure 7 : Piézométrie à la Noë Grivaud (St-Philbert) et pluviométrie mensuelle (2009-2022)

4.2.3.2 - Aux prélèvements

Les piézomètres montrent des battements de nappes annuels et interannuels. La piézométrie sur l'ouvrage de Noë Grivaud est comparée aux prélèvements : ceux réalisés à l'échelle de l'UH09 et distinguant ceux correspondant aux eaux souterraines, et ceux réalisés uniquement dans la vallée du Redour qui est l'exutoire de la nappe des sables en aval du piézomètre de référence de Noë Grivaud (voir Figure 8).

A défaut de disposer des relevés mensuels, cette approche s'appuie uniquement sur les volumes annuels déclarés à l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne, accessibles depuis la Banque Nationale de Prélèvements des Eaux).

Il apparaît que :

- Les variations piézométriques à Noë Grivaud (et donc également à la Chevrolière) ne sont pas en lien direct avec les volumes de prélèvements totaux annuels de l'UH09 ;
- Les variations piézométriques à Noë Grivaud (et donc également à la Chevrolière) ne sont pas en lien direct avec les volumes de prélèvements d'eaux souterraines annuels de l'UH09 ;
- Les variations piézométriques à Noë Grivaud (et donc également à la Chevrolière) ne sont pas en lien direct avec les volumes de prélèvements totaux annuels à l'échelle de la vallée du Redour.

Le piézomètre de Noë Grivaud semble donc bien traduire le comportement général de la nappe des sables du Pliocène. Il conviendrait cependant de disposer des données de prélèvements mensuels pouvant présenter des singularités de façon à statuer sur la relation ou l'absence de relation entre les baisses piézométriques et les volumes prélevés.

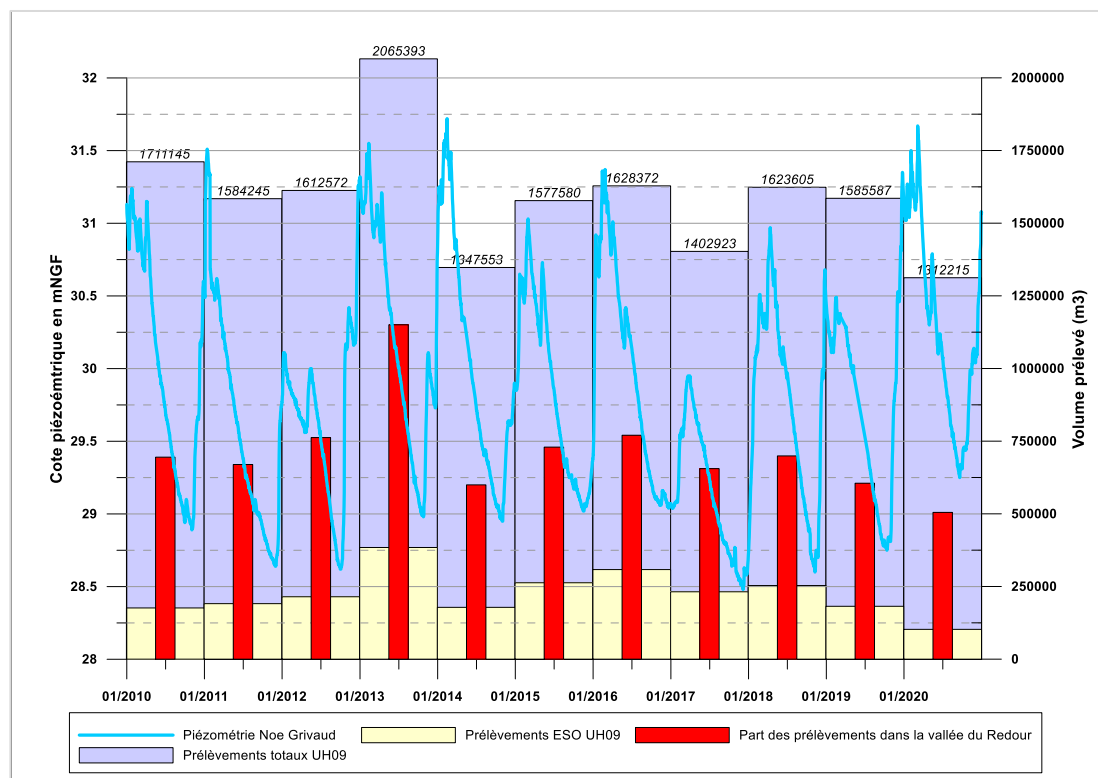


Figure 8 : Piézométrie à Noë Grivaud et prélèvements – période 2010-2021

4.2.4 - EVOLUTION TENDANCIELLE DES NIVEAUX DE LA NAPPE

Le traitement des données piézométriques des 3 ouvrages de référence à l'aide de l'outil HYPE, créé initialement pour l'étude statistique des chroniques d'évolution de la qualité des eaux souterraines, montre une tendance à la hausse des niveaux d'eaux entre 2009 et 2025 – voir Annexe 2.

Il n'y a donc pas de tendance globale à la baisse à l'échelle de l'entité hydrogéologique contrairement à ce qui a pu être relevé et évoqué par des acteurs des territoires. A l'échelle globale de la nappe des sables du Pliocène, il n'y a donc pas à ce stade de surexploitation de la ressource en eau souterraine.

Ceci étant, ceci n'exclue pas de possibles usages locaux et/ou ponctuels intensifs de la ressource en eau souterraine qui pourraient affecter localement et/ou temporairement les milieux.

4.2.5 - EN PHASE DE VIDANGE DE LA NAPPE

4.2.5.1 - Noë Grivaud

Les suivis piézométriques de l'ouvrage de Noë Grivaud ont été reportés par année sur la Figure 9. Cela met en évidence une période continue de vidange régulière de 2,5 mois (en 2024) à 5,5 mois (en 2019).

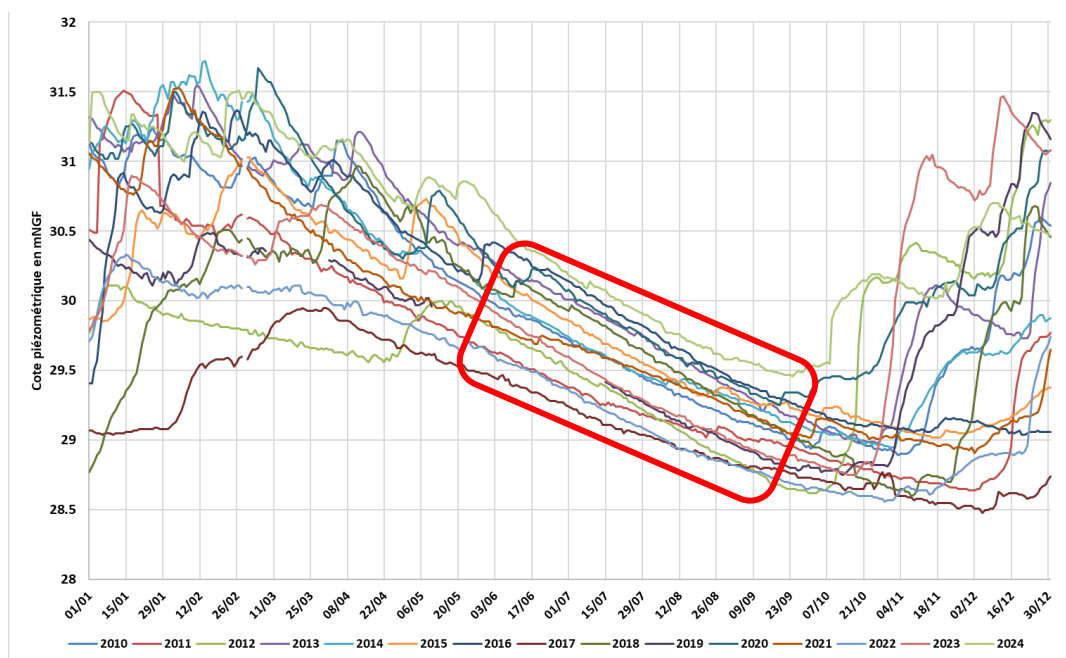


Figure 9 : Variation annuelle du niveau piézométrique à Noë Grivaud – Période 2010-2024

L'analyse détaillée de ces données de vidange de nappe est portée en Annexe 3.

La vidange estivale moyenne est de 0,9 cm/jour avec une variation interannuelle de +15% à -24%, signifiant une assez bonne régularité.

L'origine de ces variations est recherchée à travers les divers paramètres mais rien n'a été concluant. Ainsi, la vitesse de vidange de la nappe des sables au piézomètre de Noë Grivaud n'est pas fonction (voir graphiques suivants) :

- Du niveau piézométrique au début de la période de vidange (coefficient de corrélation de 0.12¹),
- Du niveau piézométrique à la fin de la période de vidange (coefficient de corrélation de 0.28),
- De la pluviométrie annuelle (coefficient de corrélation de 0.27),
- De la pluviométrie estivale (coefficient de corrélation de 0.28),
- De la pluviométrie efficace sur la période considérée approchée par Pluie-ETP (coefficient de corrélation de 0.16).
- Des volumes de prélèvements annuels sur l'UH09 (coefficient de corrélation de 0.0012)
- Des volumes de prélèvements d'eaux souterraines annuels sur l'UH09 (coefficient de corrélation de 0.08)

¹ Plus le coefficient de corrélation est proche de 1, plus les éléments analysés sont interdépendants. A contrario, plus ce coefficient de corrélation est proche de 0, moins les éléments analysés sont interdépendants.

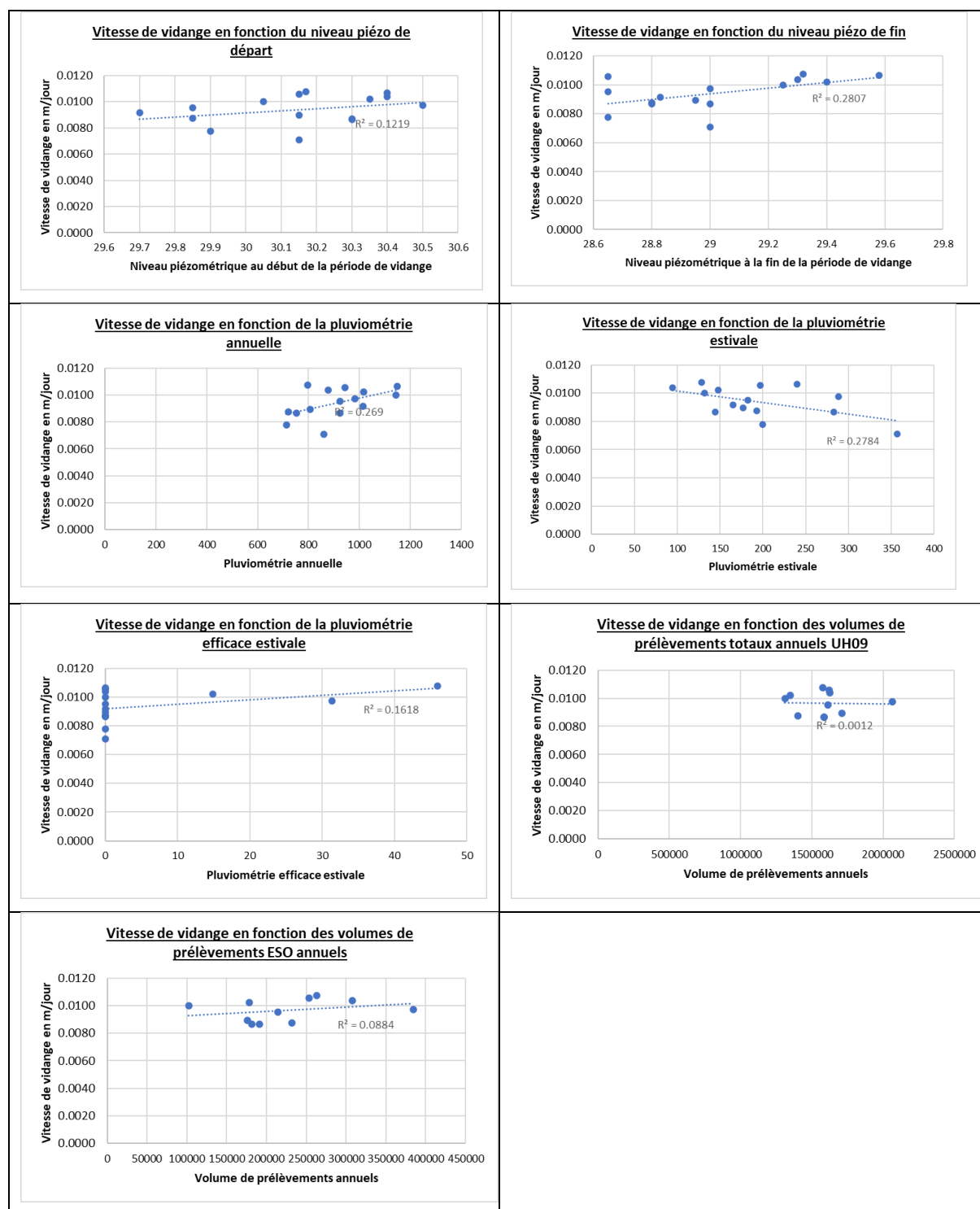


Figure 10 : Graphiques de comparaison des vitesses de vidange de nappe à Noë Grivaud

Des données mensuelles de prélèvements, de surcroît bien associées au milieu sollicité (eaux superficielles ou souterraines), permettraient peut-être d'appréhender des relations, et in-fine de pouvoir prédire l'évolution du niveau de nappe en fonction des usages et des conditions climatiques.

4.2.5.2 - La Chevrolière

De même que pour Noë Grivaud, les suivis piézométriques de l'ouvrage de la Chevrolière ont été reportés par année sur la Figure 11. Les vidanges estivales sont perturbées ne permettant pas une analyse des vitesses de vidange.

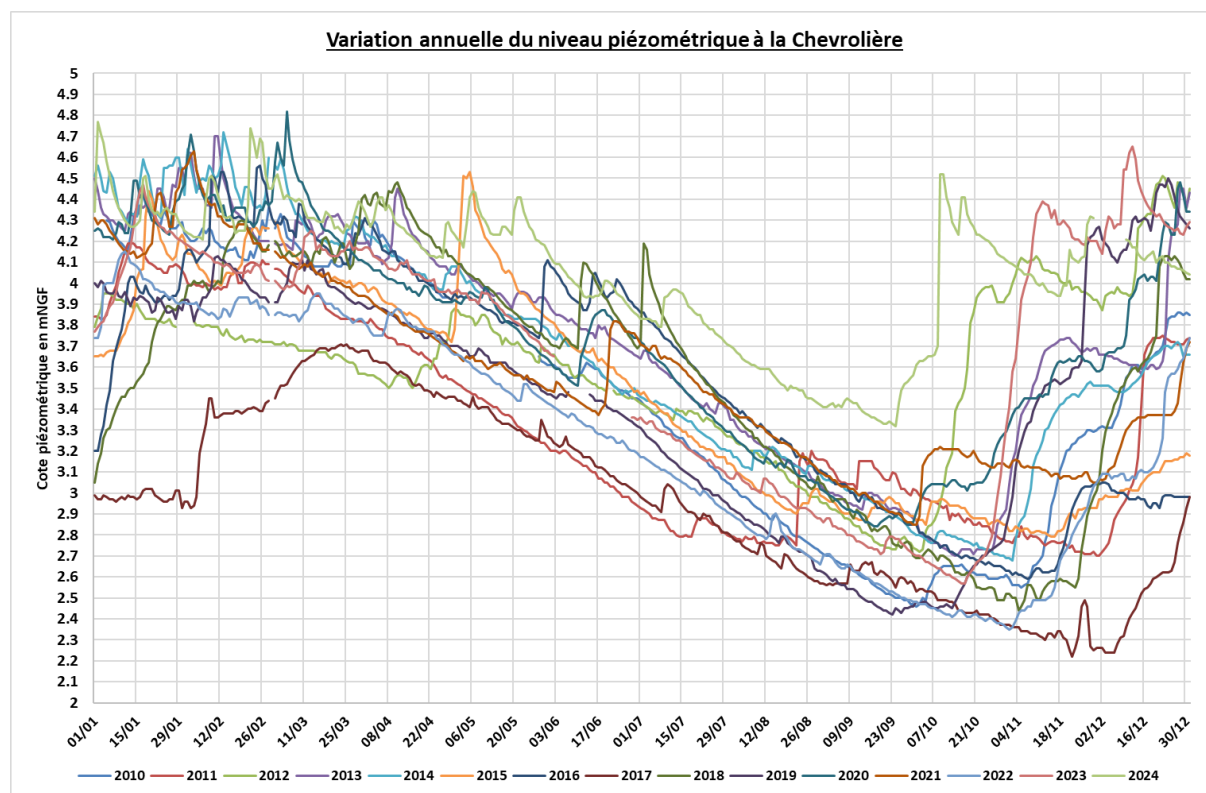


Figure 11 : Variation annuelle du niveau piézométrique à Noë Grivaud – Période 2010-2024

4.3 - RELATION PIEZOMETRIE / ECOULEMENTS SUPERFICIELS

L'UH09 est dépourvue de station hydrométrique. Par contre, le ruisseau du Redour fait l'objet de suivi des écoulements dans sa partie aval à hauteur de la station ONDE « M8150001 ». Il s'agit d'observations ponctuelles avec un classement en 4 catégories :

- Ecoulement visible acceptable (point vert),
- Ecoulement visible faible (point jaune),
- Ecoulement non visible (point orange),
- Assec (point rouge).

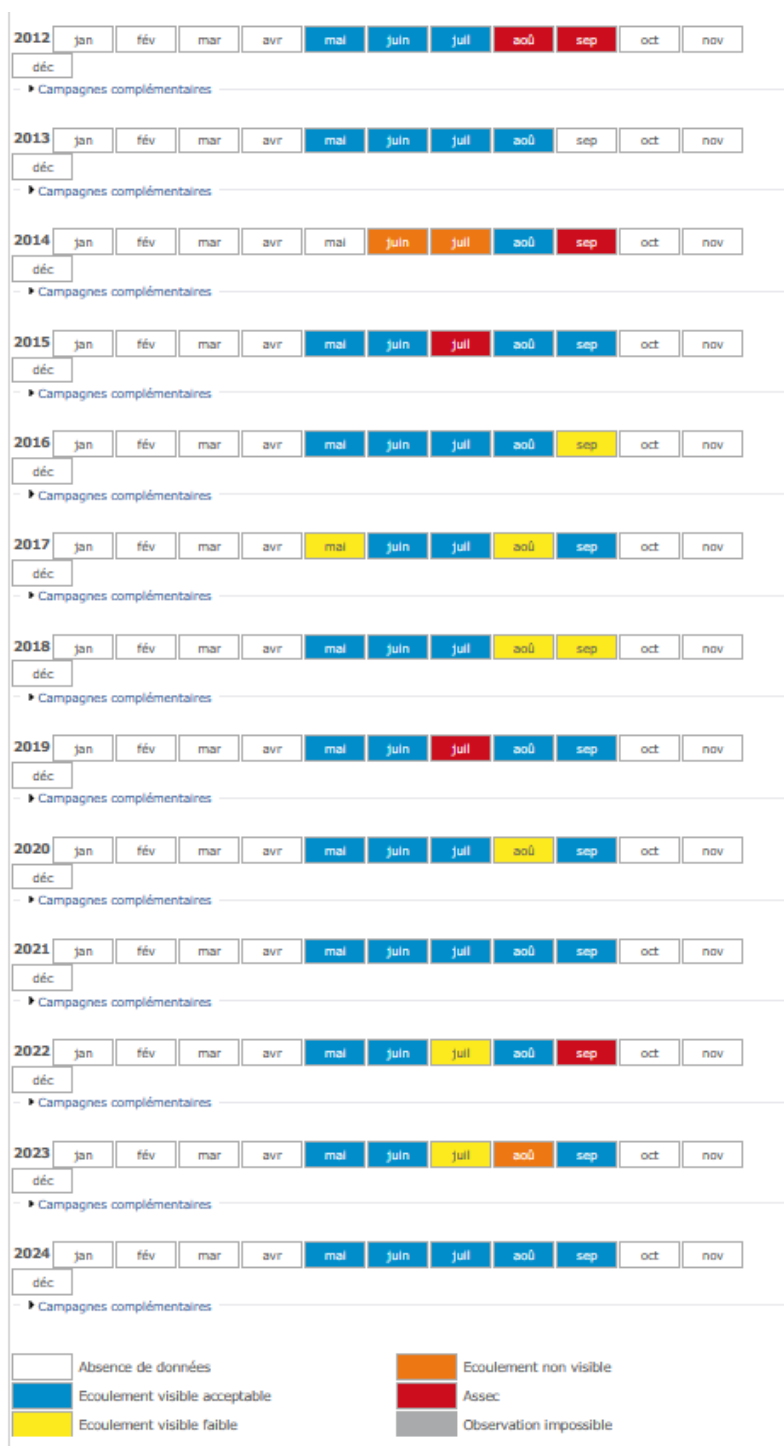


Figure 12 : Extrait du réseau ONDE à la station « M8150001 » (source : <https://onde.eaufrance.fr/>)

Afin d'étudier les relations entre les milieux superficiels et souterrains, les observations du réseau ONDE sont reportées sur les chroniques des piézomètres de référence.

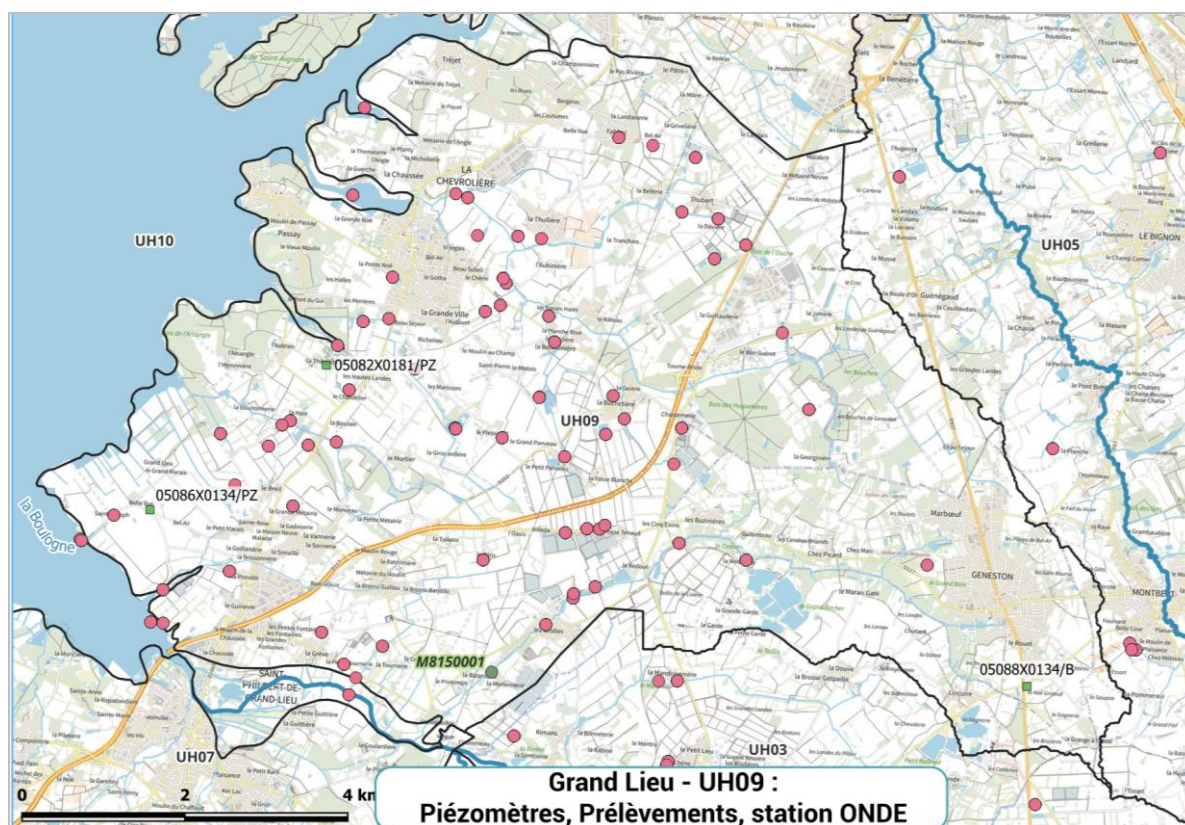


Figure 13 : Carte de localisation des points de prélèvements (rose), des piézomètres (carrés verts) et de la station ONDE (rond vert) sur l'UH09

4.3.1 - PIEZOMETRE DE NOË GRIVAUD

En dehors de l'année 2012, voir 2010, les périodes d'abaissement des écoulements voir des assecs du Redour ne sont pas corrélées à des baisses de niveaux piézométriques au droit du piézomètre de Noë Grivaud. Par exemple,

- Durant la vidange continue de 2014, il se succède des phases d'écoulement non visible, de reprise d'écoulements, d'assec puis de reprise d'écoulement acceptable ;
- Durant l'été 2017, le niveau de la nappe baisse continuellement alors qu'il est observé des écoulements acceptables, puis des écoulements faibles avant de nouveaux écoulements acceptables.

Notons également qu'à niveaux piézométriques équivalents, les écoulements dans le Redour sont distincts. Par exemple, à la cote piézométrique 29,5 mNGF, il a été observé :

- des écoulements visibles acceptables en 2021, 2013, 2016, 2021, 2022, 2023, 2024 ;
- des écoulements visibles faibles en 2017, 2020 ;
- des écoulements non visibles en 2014 ;
- des assecs en 2015, 2018, 2019.

La dynamique des écoulements superficiels du Redour aval à hauteur de la station du réseau ONDE n'est donc pas corrélée au niveau moyen de la nappe mesurée au piézomètre de Noë Grivaud mais plus vraisemblablement sous l'influence des usages dans la vallée du Redour. Comme indiqué en Figure 13, les points de prélèvements sont nombreux dans la vallée, dont certains sont des prélèvements directement ou indirectement dans le milieu.

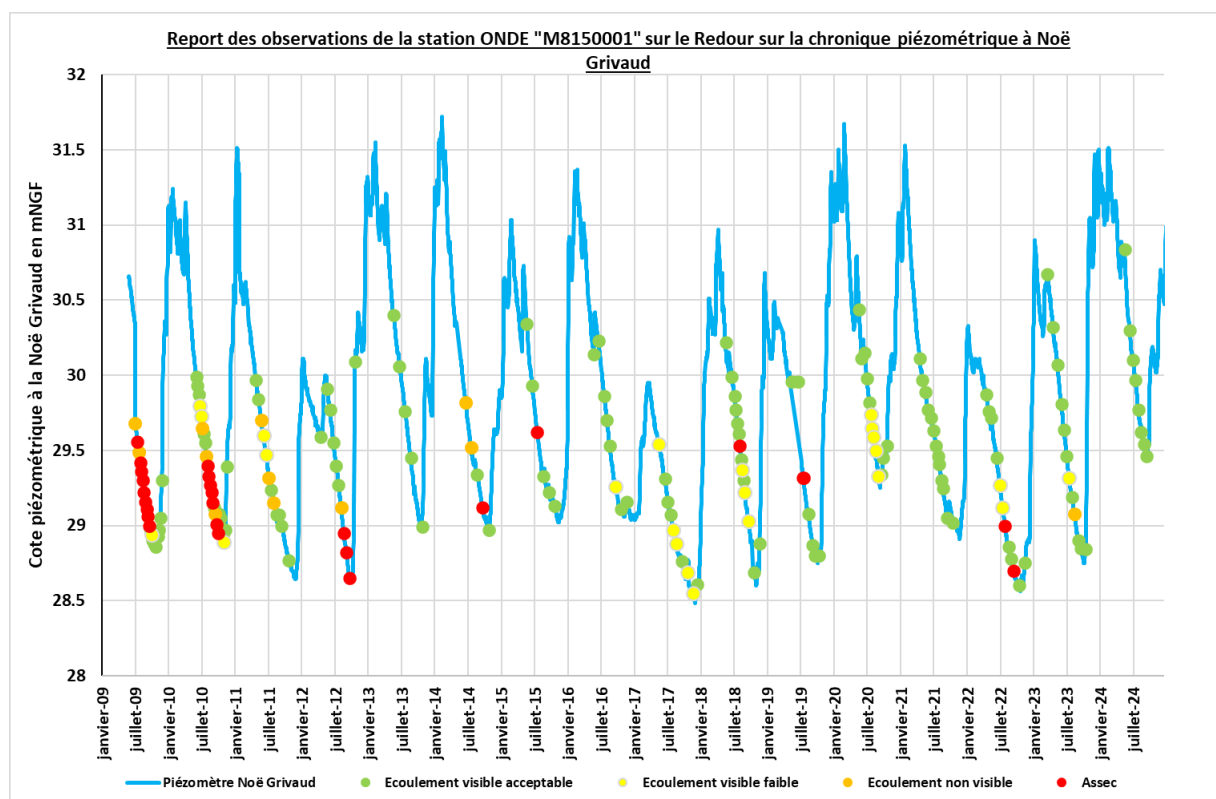


Figure 14 : Report des observations de la station ONDE « M8150001 » sur le Redour sur la chronique piézométrique à Noë Grivaud

4.3.2 - PIEZOMETRE DE LA CHEVROLIERE

Bien que la station de la Chevrolière soit plus éloignée de la vallée du Redour, l'exercice de comparaison des niveaux piézométriques avec les observations des écoulements superficiels à la station ONDE est réalisé (Figure 15).

De même que pour Noë Grivaud, il n'y a pas de lien direct entre le niveau de la nappe des sables du Pliocène et les écoulements superficiels du Redour.

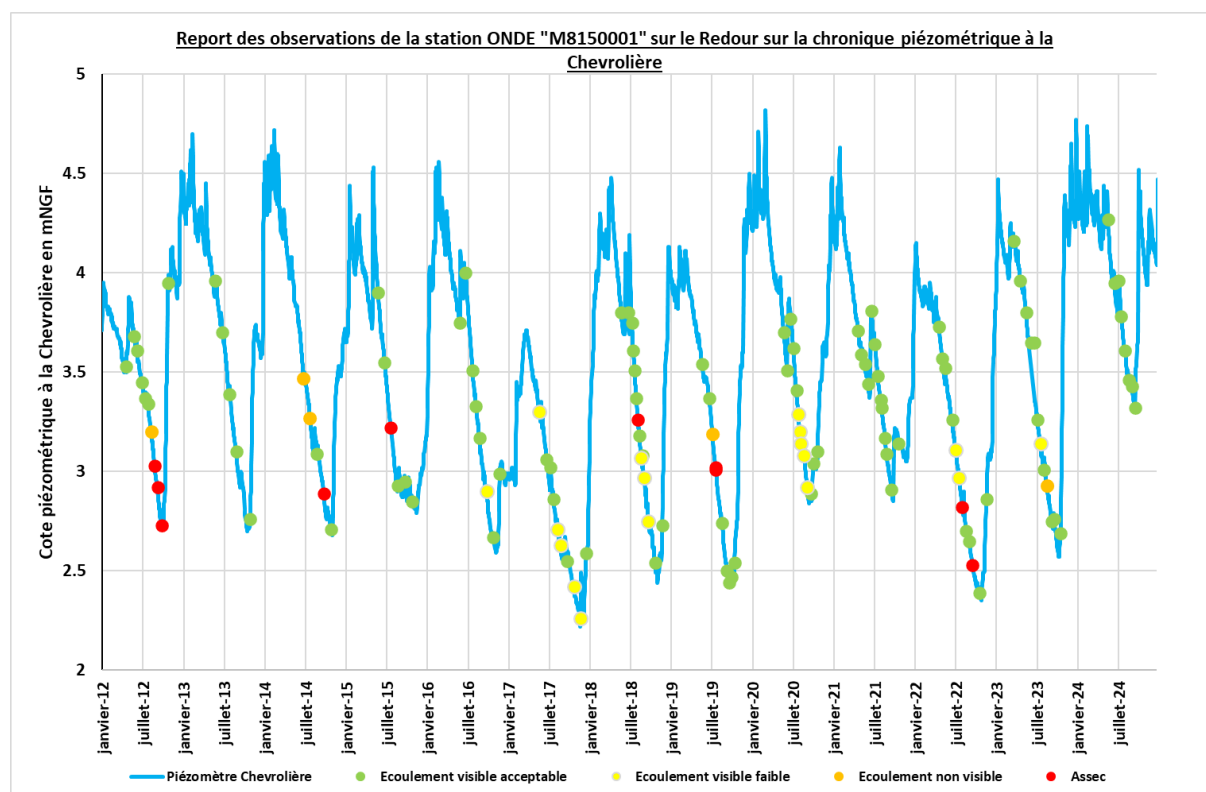


Figure 15 : Report des observations de la station ONDE « M8150001 » sur le Redour sur la chronique piézométrique à la Chevrolière

4.4 - SYNTHESE

Le piézomètre de Noë Grivaud est un indicateur piézométrique pertinent car traduisant la dynamique générale de la nappe sans être influencé par des usages locaux.

Par contre, les observations du réseau ONDE sur le Redour aval ne traduisent pas la dynamique globale de la nappe car de nombreux usages dans la vallée du Redour perturbent localement les écoulements.

Il est proposé d'installer une station hydrométrique sur le Redour aval permettant de :

- Valoriser les observations historiques du réseau ONDE ;
- D'avoir un point intégrateur de l'ensemble du système (milieu superficiel et souterrain).

Il est également proposé de :

- Faire un suivi couplé débit Redour / piézométrie à Noë Grivaud pendant quelques années pour calibrer des niveaux et débits objectifs ;
- Affiner les fréquences de suivi des prélèvements (télétransmission ?) pour améliorer la compréhension du système.

Aussi, les niveaux d'eau de la nappe des sables pliocènes suivis sur les 3 piézomètres de référence montrent plutôt une tendance à la hausse. En conséquence, les prélèvements d'eaux souterraines à l'échelle de la nappe ne sont pas en excès.

A défaut d'avoir des niveaux piézométriques corrélés à des situations hydrologiques des milieux superficiels, il est proposé de s'appuyer sur des statistiques des niveaux enregistrés. Pour cela, il est utilisé l'Indicateur Piézométrique Standardisé (l'IPS) qui s'appuie sur une série normalisée de données piézométriques (voir rapport BRGM RP-67249-FR).

Il peut être déterminer 5 à 7 classes discriminant les niveaux « hauts » et « bas ». Dans l'idéal, une chronique de 30ans est nécessaire pour déterminer les 7 classes. Ceci étant, même pour des chroniques plus courtes (16 ans en l'occurrence sur le piézomètre de Géneston), le BRGM propose tout de mêmes ces 7 classes. Ainsi, plus la valeur de l'IPS tend vers « -3 », plus la situation est sèche ; plus la valeur d'IPS tend vers « +3 » plus la situation est humide.

Notons que les niveaux piézométriques équivalents à des périodes de retour dites quinquennales sèches sont les niveaux dits « bas » correspondant à une valeur d'IPS de -0,84.

Pour le piézomètre de Géneston (05088X0134/B), ces cotes de référence seraient les suivantes :

Tableau 2 : Cotes piézométriques en mNGF de niveaux bas (~quinquennal sec) du piézomètre de Noë Grivaud - 05088X0134/B) d'après données ADES

Janv	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
29.82	30.07	30.13	29.96	29.81	29.58	29.31	29.04	28.84	28.77	28.76	29.09

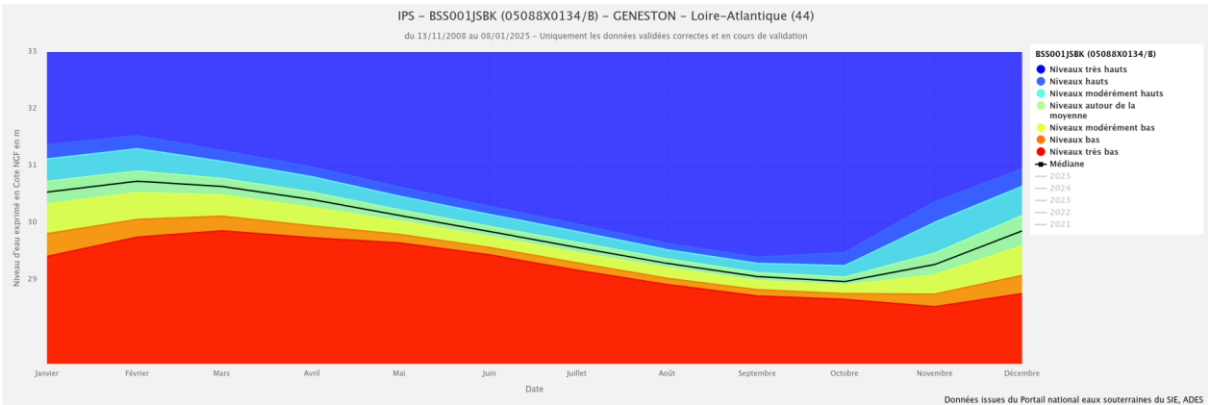
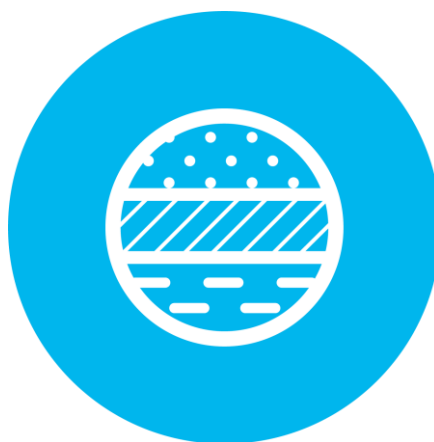


Figure 16 : Graphique de l'IPS du piézomètre de Géneston (05088X0134/B) – source : ADES



5 UH03 La Boulogne de l'aval de la confluence de l'Issoire à la confluence de la Logne

5.1 - CONTEXTE

L'UH03 « La Boulogne de l'aval de la confluence de l'Issoire à la confluence de la Logne » est localisée à la jonction entre les zones de socle au sud du bassin versant (en bleu sur la carte en Figure 17) et les zones de recouvrements sédimentaires (en orange sur la carte).

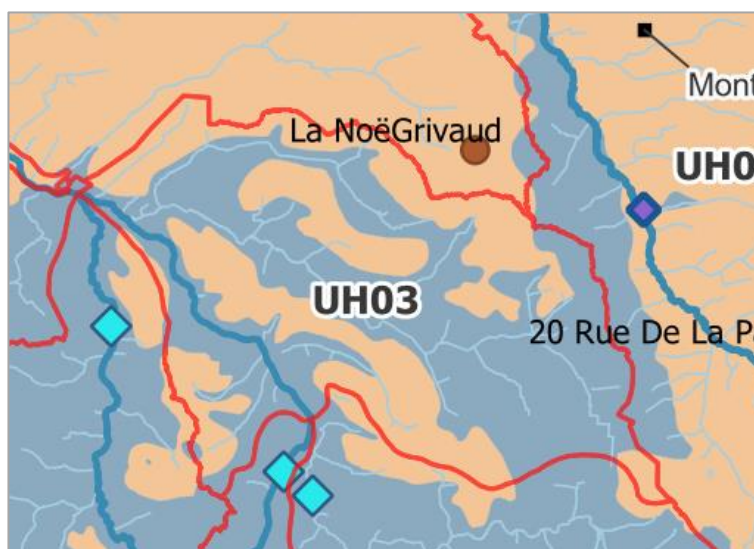


Figure 17 : Contexte de l'UH03

Cette Unité Hydrologique est également dépourvue de piézomètre de référence, le plus proche étant celui de Noë Grivaud dans l'UH09 discuté précédemment et caractérisant la nappe des sables.

Cette UH est également dépourvue de station hydrométrique. Il en existe 3 à l'amont : 1 sur l'Issoire affluent de la Boulogne, 1 sur la Boulogne, 1 sur la Logne.

D'après le travail mené par le SBVGL et Rives & Eaux du Sud-Ouest, la très grande majorité des points de prélèvements sont des plans d'eau. Au regard de leur caractéristiques et de leur localisation, ces plans d'eau sont considérés connectés au milieu superficiel

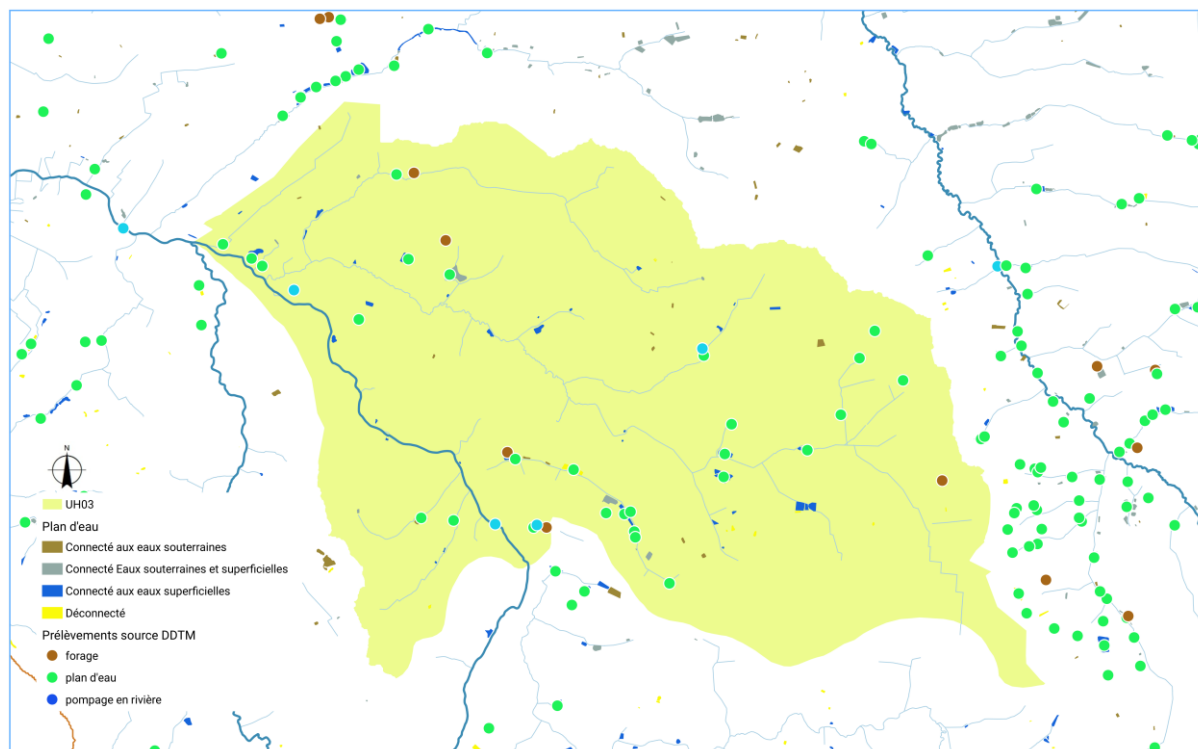


Figure 18 : Cartographie des points de prélèvements sur l'UH03 (Rives & Eaux du Sud-Ouest)

5.2 - COMPARAISON DEBIT / NIVEAU PIEZOMETRIQUE

5.2.1 - ANALYSE GLOBALE

Les niveaux de nappe de l'ouvrage de Noë Grivaud sont comparés au débit de la Boulogne – débit reconstitué à hauteur de l'UH03 (Figure 19).

Cette analyse globale montre que la pluviométrie hivernale engendre à la fois une forte élévation de la piézométrie de la nappe des sables et une hausse du débit de la Boulogne reconstitué à hauteur de l'UH03 à partir des stations hydrométriques amont (travail Rives & Eaux du Sud-Ouest).

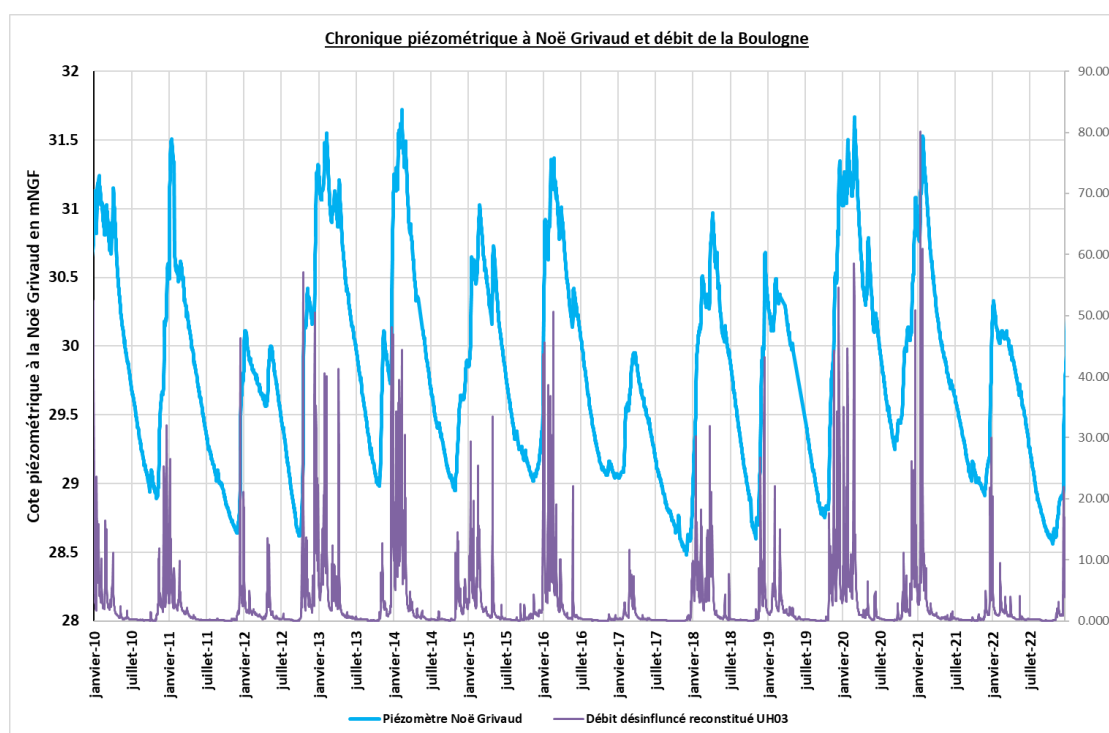


Figure 19 : Chronique piézométrique à Noë Grivaud et débit de la Boulogne

5.2.2 - CORRELATION CROISEE

Il est réalisé un croisement des données de débits désinfluencés reconstitués de la Boulogne aval UH03 (issus du travail de Rives & Eaux du Sud-Ouest sur la base des stations hydrométriques amont et des données de prélèvements) avec les piézomètres de référence.

Pour cette approche, outre le piézomètre de Noë Grivaud captant la nappe des sables, d'autres piézomètres de référence ont été utilisés : le piézomètre des Brouzils au sein des formations de socle (hors bassin versant), le piézomètre de la Planche qui a la particularité de solliciter des formations de socle sous couverture de l'aquifère sableux au sein de l'UH05 situé plus à l'Est. – les coupes des piézomètres sont portées en annexe.

L'objectif est de calculer le coefficient de corrélation entre chacun des niveaux piézométriques et le débit de la Boulogne, en essayant d'appliquer un potentiel déphasage traduisant l'inertie de la vidange de la nappe vers le cours d'eau.

Tableau 3 : Corrélation croisée du débit de la Boulogne et des niveaux piézométriques

	Ouvrage piézométrique considéré		
	Noë Grivaud (UH09)	Les Brouzils (hors territoire)	La Planche socle (UH05)
Déphasage (en jours)	3	21	0
Coefficient de corrélation entre niveau de la nappe et débit de la Boulogne	0.58	0.41	0.56

Il apparaît que :

- les coefficients de corrélation entre les variations de débits et de piézométries sont faibles à moyens ;
- le déphasage nul avec le piézomètre de la Planche signifierait que les variations de niveaux de nappe sont totalement synchrones avec le débit de la Boulogne, ce qui paraît surprenant voir incohérent au regard du contexte hydrogéologique ;
- l'absence de corrélation pertinente entre les niveaux piézométriques et débit de la Boulogne, même en essayant d'y intégrer un déphasage.

5.3 - SYNTHESE

En l'absence de corrélation pertinente entre les débits de la Boulogne en aval de l'UH03 et les piézomètres de socle ou de nappe des sables, il est proposé de rapprocher la future gestion de l'UH03 avec les futures règles de gestion de l'UH02 située en amont et caractérisant le « socle » car les points de prélèvements sont majoritairement déclarés en milieu superficiel.



6 UH08 « Partie aval du bassin de l'Ognon et cours d'eau en zone sédimentaire affluents du lac de Grand-Lieu au nord »

6.1 - CONTEXTE

L'UH08 « Partie aval du bassin de l'Ognon et cours d'eau en zone sédimentaire affluents du lac de Grand-Lieu au nord » constitue une bande au débouché de la rivière Ognon au Nord du lac de Grand Lieu.

Cette UH ne dispose pas de station hydrométrique, mais d'un piézomètre de référence. Le piézomètre de la Gendronnière est un puits de quelques mètres de profondeur dépourvu de coupe géologique. Il semble caractériser la nappe des sables pliocènes (coloré en orange sur la carte en Figure 20). Son suivi a été mis en place par Nantes Métropole en 2022.

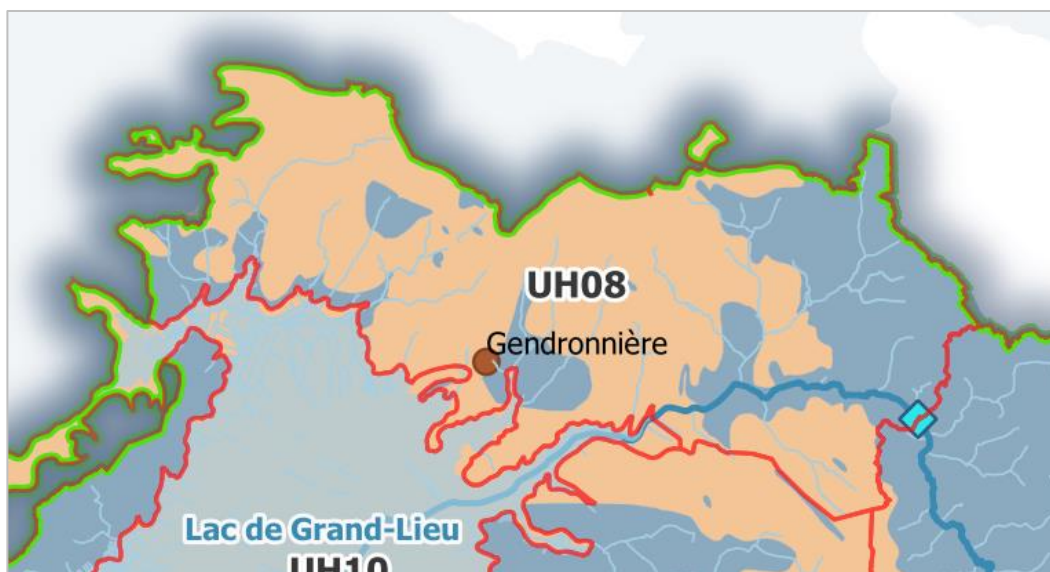


Figure 20 : Cartographie de l'UH08 sur fond géologique simplifié

6.2 - EVOLUTION PIEZOMETRIQUE

Bien que de courte durée (2022-2025), le suivi piézométrique de l'ouvrage de la Gendronnière au regard de la pluviométrie cumulée à Nantes montre :

- Cycle de recharge et de vidange annuel, avec une nappe réactive aux pluviométries hivernales ;
- Variation annuelle de 1 à 2m, selon l'intensité de l'été ;
- Niveau de hautes eaux semblant « plafonné » autour de la cote 6,25mNGF ;
- Niveau de basses eaux largement au-dessus du niveau de base (niveau du lac – 3mNGF au plus haut en période de hautes eaux) ;

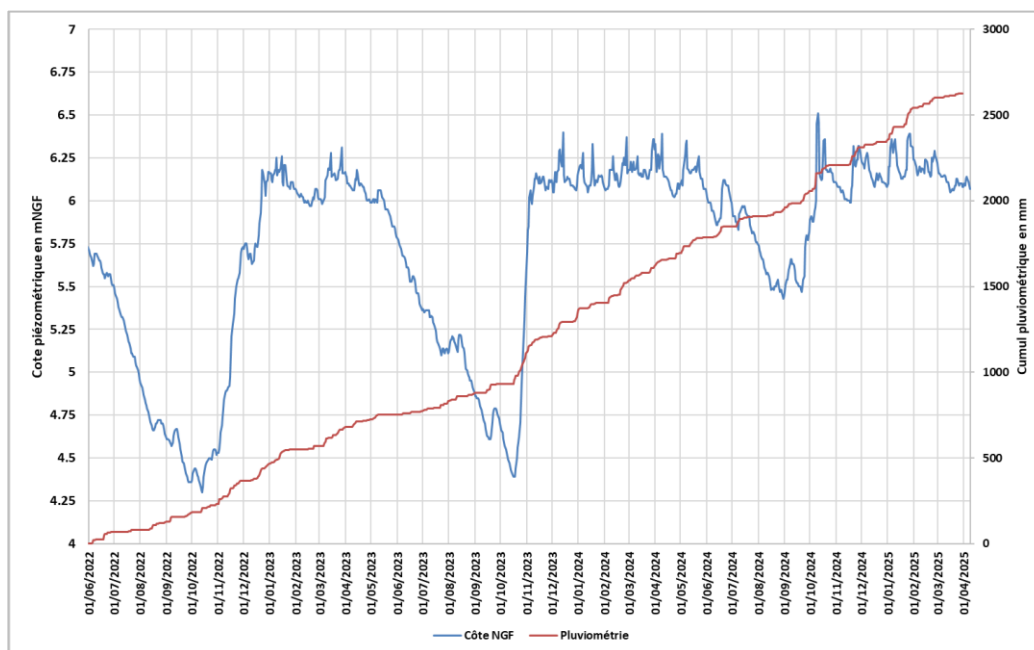


Figure 21 : Chronique piézométrique au droit de l'ouvrage de la Gendronnière et cumul pluviométrique

Les données de prélèvements publiques de la BNPE n'étant à ce jour pas disponibles au-delà de 2022, il n'est donc pas possible d'étudier une potentielle relation entre la variation piézométrique annuelle et les prélèvements.

6.3 - SYNTHESE

La cartographie des points de prélèvements montre peu d'ouvrages au sein des formations sableuses, si ce n'est dans la vallée de l'Ognon (Figure 22). Les principaux points de prélèvements sont au sein des formations de socle (en violet sur la carte).

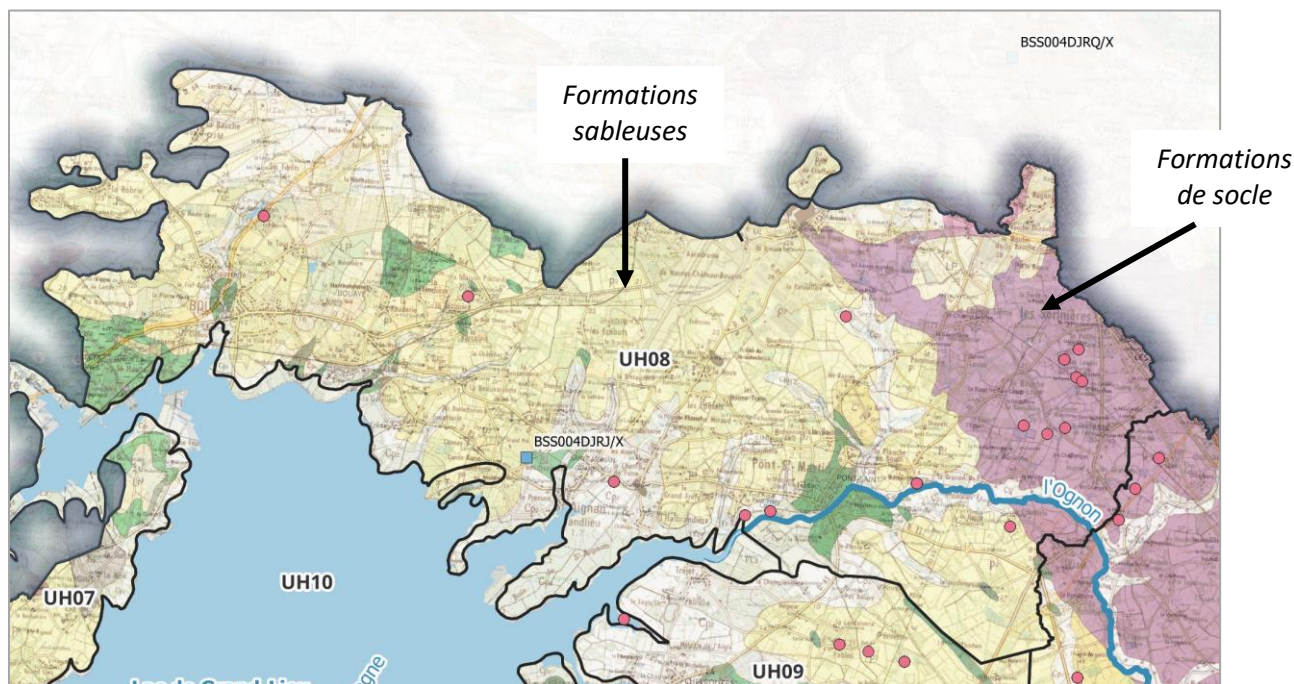


Figure 22 : Carte de localisation des points de prélèvements (rose) et du piézomètre de référence (carré vert) sur fond géologique

Dans ce cadre, il est proposé de :

- Poursuivre le suivi sur l'ouvrage de la Gendronnière afin d'acquérir des données à exploiter dans le futur ;
- Collecter les données de prélèvements 2023 et 2024 afin de réaliser une analyse croisée mais qui restera limitée car l'ouvrage n'est suivi que depuis 2022.

D'un point de vue gestion, à défaut d'indicateur piézométrique pertinent à ce jour, et du fait que les prélèvements soient surtout situés en partie amont à l'Est de l'UH08, il est proposé de redécouper l'UH08 ainsi :

- Les points de prélèvements en zone de socle seraient gérés avec la station hydrométrique de l'Ognon sur l'UH05 ;
- Les points de prélèvements en nappe des sables seraient gérés avec les indicateurs choisis pour l'UH09 (voir 4.4 -).



7 Secteur socle

7.1 - CONTEXTE

Les premières phases d'étude ont montré que les formations de socle de type granite, schistes, gneiss, micaschistes représentent plus des 2/3 du territoire du bassin versant de Grand Lieu.

Comme déjà discuté dans les précédents rapports, ces roches sont peu propices au développement d'aquifères conséquents. En effet, le potentiel aquifère est dépendant du degré et du type d'altération en surface, et des fissurations et fracturations en profondeur. Notons cependant que ces ressources alimentent naturellement les cours d'eau, et contribuent aux débits d'étiage.

Aussi, ces ressources sont localement exploitées par des puits et des forages.

Or, sur l'ensemble du bassin versant de Grand Lieu il n'existe qu'un ouvrage de suivi. Il s'agit du piézomètre « BSS001JTRR » implanté à La Planche (coupe en annexe). Cet ouvrage a la particularité de caractériser des niveaux altérés et profonds des granites sous couverture d'une première nappe, intercalée par un niveau argileux.

La chronique piézométrique de cet ouvrage montre :

- Une nappe à cycle annuel, avec une variation d'environ 1,5m ;
- Niveau de nappe des socles toujours plus élevé d'environ 5m de celui de la nappe des sables pourtant sus-jacente ; c'est-à-dire une nappe de socle captive.

La nappe du socle, captive dans ce secteur, n'est pas forcément représentative du reste du territoire.

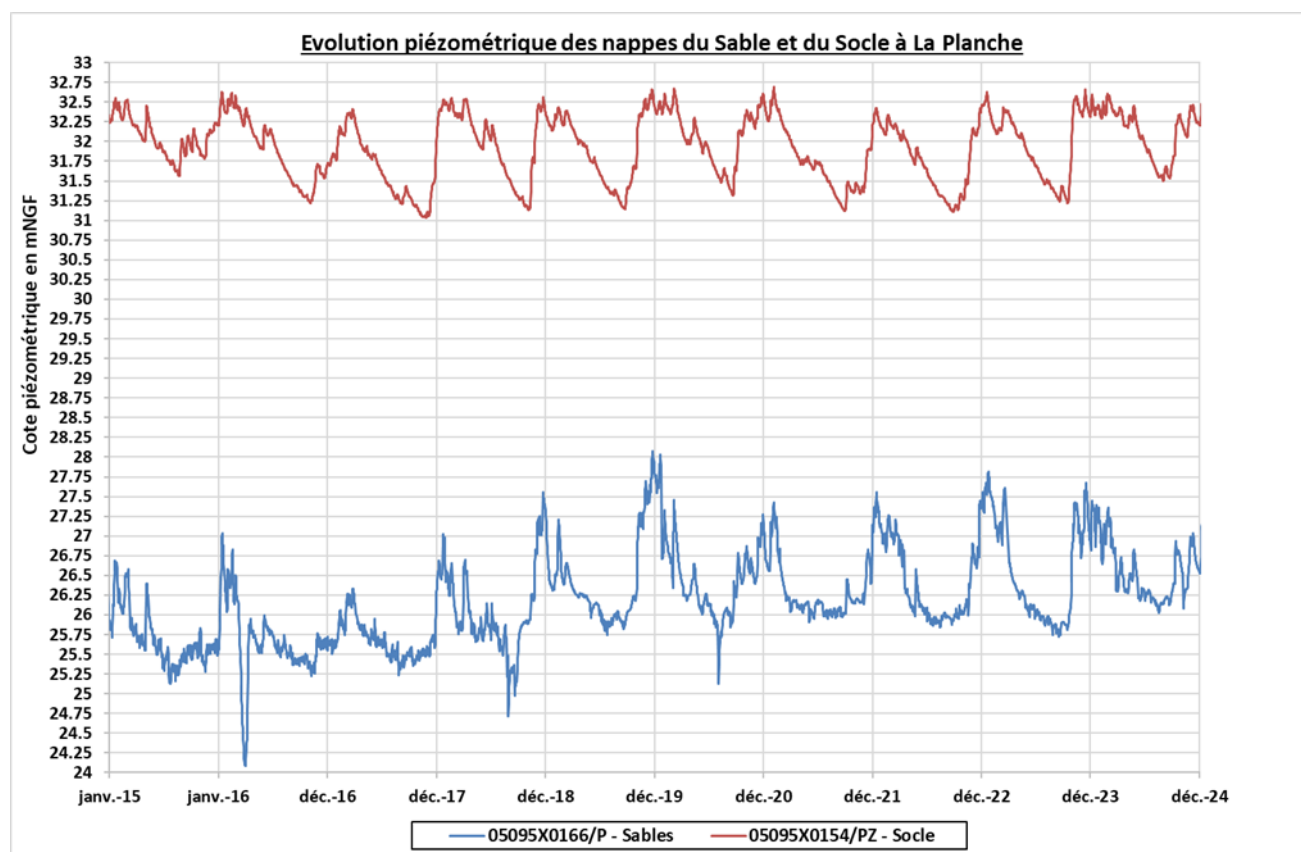


Figure 23 : Chroniques piézométriques des ouvrages de la Planche (UH05)

7.2 - PROPOSITIONS

Afin de parfaire la compréhension de la dynamique des écoulements souterrains dans les aquifères de socle, il est proposé de mettre en place un suivi sur un ouvrage sur la base de ces critères :

- Secteur sans recouvrement d'autres aquifères ;
- Ouvrage caractérisant une épaisseur suffisante d'altération et la partie fissurée plus profonde dans l'idéal ;
- Ouvrage avec une connaissance de la coupe géologique et technique ;
- Ouvrage offrant une bonne protection en tête pour éviter de possibles perturbations des niveaux souterrains par les écoulements superficiels.

Plusieurs solutions possibles sur le bassin versant de Grand Lieu sont envisageables, par ordre de priorité :

- 1 - utilisation d'un ancien point de suivi abandonné, mais à priori, il n'en existe pas ;
- 2 - utilisation d'un piézomètre suivi dans le cadre d'une ICPE qui aurait ou ferait déjà l'objet de suivi – il faudrait se rapprocher de la DREAL pour récupérer la liste des sites ICPE du territoire (industries, carrières...) et lister les piézomètres existants ;

- 3 - utilisation d'un ouvrage public existant, ce qui est rare – nécessité d'enquêter les collectivités ;
- 4 - création d'un nouvel ouvrage : coût plus important et nécessité de choisir un lieu.

Sur la zone d'intérêt, 5 ICPE non agricoles disposant potentiellement déjà de piézomètres sont identifiées. Il conviendrait de se rapprocher de chacune d'entre elles pour les interroger sur la présence ou non de piézomètre, le cas échéant d'étudier techniquement et réglementairement la possibilité de les équiper.

Tableau 4 : Liste des ICPE non agricoles

Nom du site	Commune	UH concernée
Frandex SAS	Saint-Denis-les-Lucs	UH02
Carrière Mousset	Saint-Sulpice-le-Verdon	UH02
La Belle Henriette agrolamentaire)	Les Lucs-sur-Boulogne	UH02, limite UH06
Terres de Montaigu (déchetterie)	Rocheservière	UH02, limite UH01
CMGO (carrière)	St-Philbert-de-Bouaine	UH01

Cette analyse sera complétée à l'issue d'un échange à venir avec le SBVGL, ayant pour objectif de discuter de l'orientation du maître d'ouvrage et des possibilités. Ces compléments seront apportés dans une deuxième version du présent rapport.



8 Conclusion

L'analyse de la pertinence d'utiliser un ou plusieurs piézomètres de référence comme futurs piézomètres de gestion a montré qu'aujourd'hui aucune unité n'était dotée d'un ouvrage suffisamment pertinent en l'état.

L'acquisition de données reste nécessaire :

- Poursuivre le suivi sur l'ouvrage de la Gendronnière (UH08) caractérisant la nappe des sables au nord du lac de Grand Lieu ;
- Poursuivre le suivi sur l'ouvrage de la Noë Grivaud (UH09) caractérisant la nappe des sables, qui pourrait à terme être utilisé comme indicateur de gestion – *par croisement avec des données d'écoulement du Redour à acquérir* ;
- Installer une station hydrométrique sur le Redour et suivre les débits ;
- Affiner la collecte des données de prélèvements pour préciser le ou les milieux sollicités au besoin, les périodes de prélèvements, les transferts éventuels.

Ensuite, ces données permettront de réaliser une analyse de corrélation réseau ONDE – débits du Redour – niveaux piézométriques à la Noë Grivaud, pour in-fine déterminer des seuils de gestion. Il est proposé de réaliser une 1^{ère} analyse de ces données de suivi à 5 ans pour voir si des conclusions peuvent être extraites, s'il est possible de conclure sur des Volumes Prélevables (VP) ; puis à 10 ans, pour définition des VP et des niveaux de gestion.

A l'heure actuelle, à défaut de seuil piézométrique en lien avec le milieu superficiel, et étant donné que le niveau global de la nappe ne présente pas de tendance à la baisse, il est proposé pour la gestion de la ressource de s'appuyer sur les données statistiques du piézomètre de référence et notamment les valeurs de niveaux bas, équivalents à des situations quinquennales sèches.

Aussi, dans l'attente d'acquisition de ces données supplémentaires sur l'Unité de Gestion (UG) 6 (ex UH09) et UG 5 (ex UH08 nappe), il est proposé que les prélèvements actuels à l'étiage soient conservés et qu'aucun prélèvement supplémentaire à l'étiage ne soit possible. Ceci concerne les prélèvements dans les eaux superficielles (cours d'eau et nappe d'accompagnement) qui sont soumis aux restrictions.

OBSERVATIONS IMPORTANTES

CONDITIONS DE VALIDITE DE L'ETUDE

1 - Le présent rapport et ses annexes (planches, plans hors-texte, etc.) constituent un tout indissociable. Les interprétations erronées qui pourront en être faites à partir d'une communication ou d'une reproduction partielle ne sauraient engager la société CALLIGEE.

2 - La société CALLIGEE ne peut être rendue responsable des modifications apportées au présent rapport sans son consentement écrit.

3 - Les conclusions de l'étude sont établies à partir d'informations disponibles fournies et collectées et de mesures et échantillonnages limités dans l'espace et le temps, qui ne permettent pas de présager d'hétérogénéités naturelles ou artificielles des milieux et de variations temporelles des conditions physiques (météorologie, période hydrologique, occupation des sols, activités anthropiques, etc.).

Les méthodes de reconnaissance et de caractérisation du sol et sous-sol et des eaux souterraines et superficielles sont ponctuelles et ne sauraient être représentatives d'une zone plus étendue. Sauf mention contraire, les incertitudes associées aux méthodes, échantillonnage et analyses ne sont pas prises en compte dans le rapport. Les méthodes de reconnaissance géophysique étant quant à elles de nature indirecte et non destructive, les résultats qui en découlent résultent d'interprétations sur la base de jugement professionnel et scientifique.

4 - Les résultats de l'étude sont valables uniquement dans le cadre de la demande et des hypothèses formulées par le client. Ils ont été établis en fonction des caractéristiques de son projet prévalant au moment où l'étude a été réalisée.

5 - Si, en l'absence de fourniture de l'ensemble des données demandées dans son offre, et à défaut de disposer de données précises spécifiques à la zone étudiée, la société CALLIGEE a été amenée dans le présent rapport à faire des hypothèses sur le projet, il appartient au client ou à son maître d'œuvre de lui communiquer par écrit ses observations éventuelles sans quoi, il ne pourrait en aucun cas et pour aucune raison être reproché à CALLIGEE d'avoir établi son étude sur la base desdites hypothèses.

6 - Toute modification ultérieure du projet concernant la conception, l'implantation, et/ou le niveau, la taille des ouvrages ne pourra pas être prise en compte dans le rapport. En effet, ces modifications peuvent être de nature à rendre caduque certains éléments ou la totalité des conclusions de l'étude.

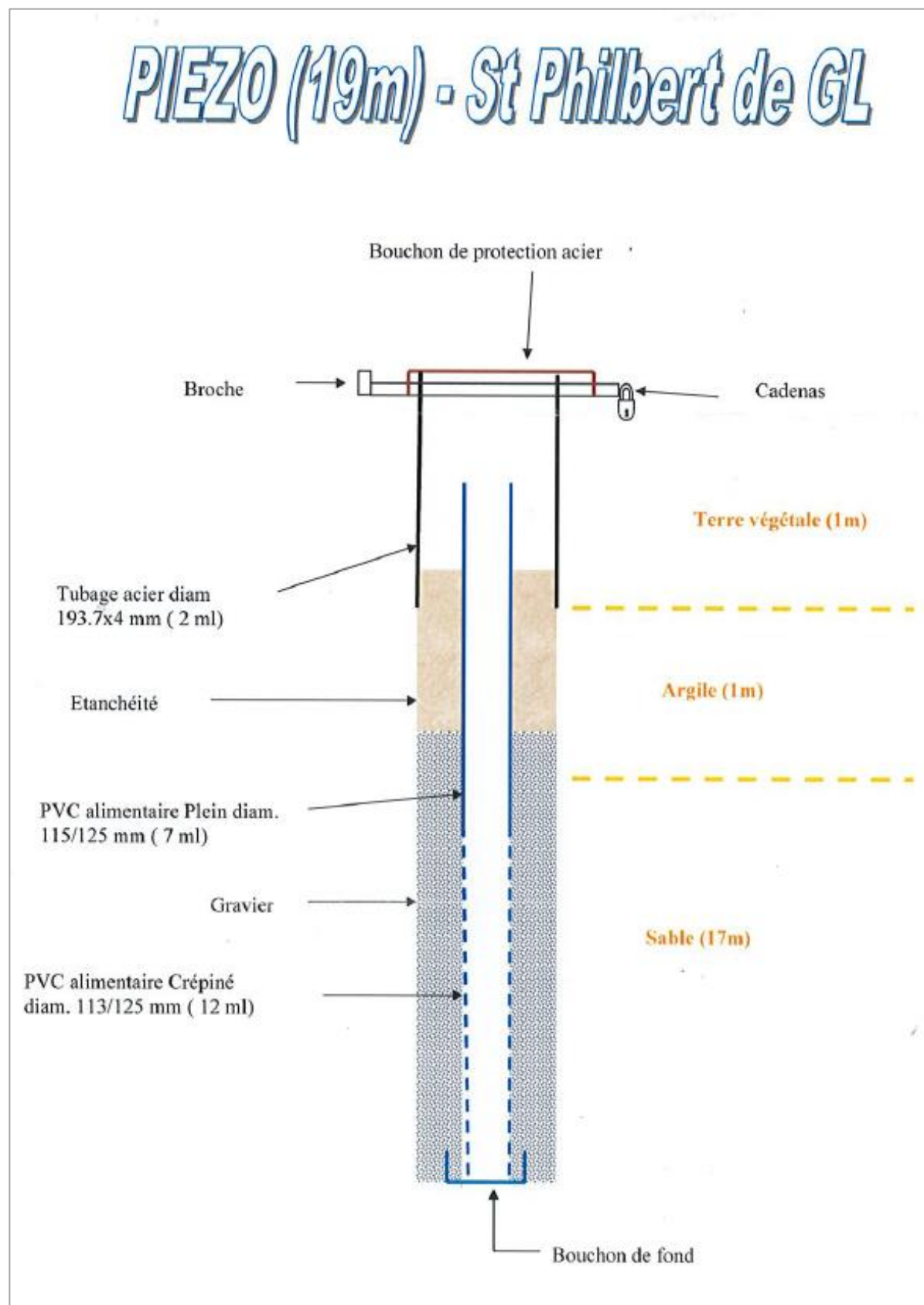
7 - Les conclusions de l'étude sont valables à la date de rédaction du présent rapport suivant la réglementation en vigueur à cette même date. Toute évolution réglementaire postérieure à la réalisation de l'étude devra être prise en compte par le client.

8 - L'utilisation des résultats de CALLIGEE pour chiffrer un coût autre qu'estimatif de travaux ou d'infrastructures ne saurait en aucun cas engager la responsabilité de CALLIGEE.

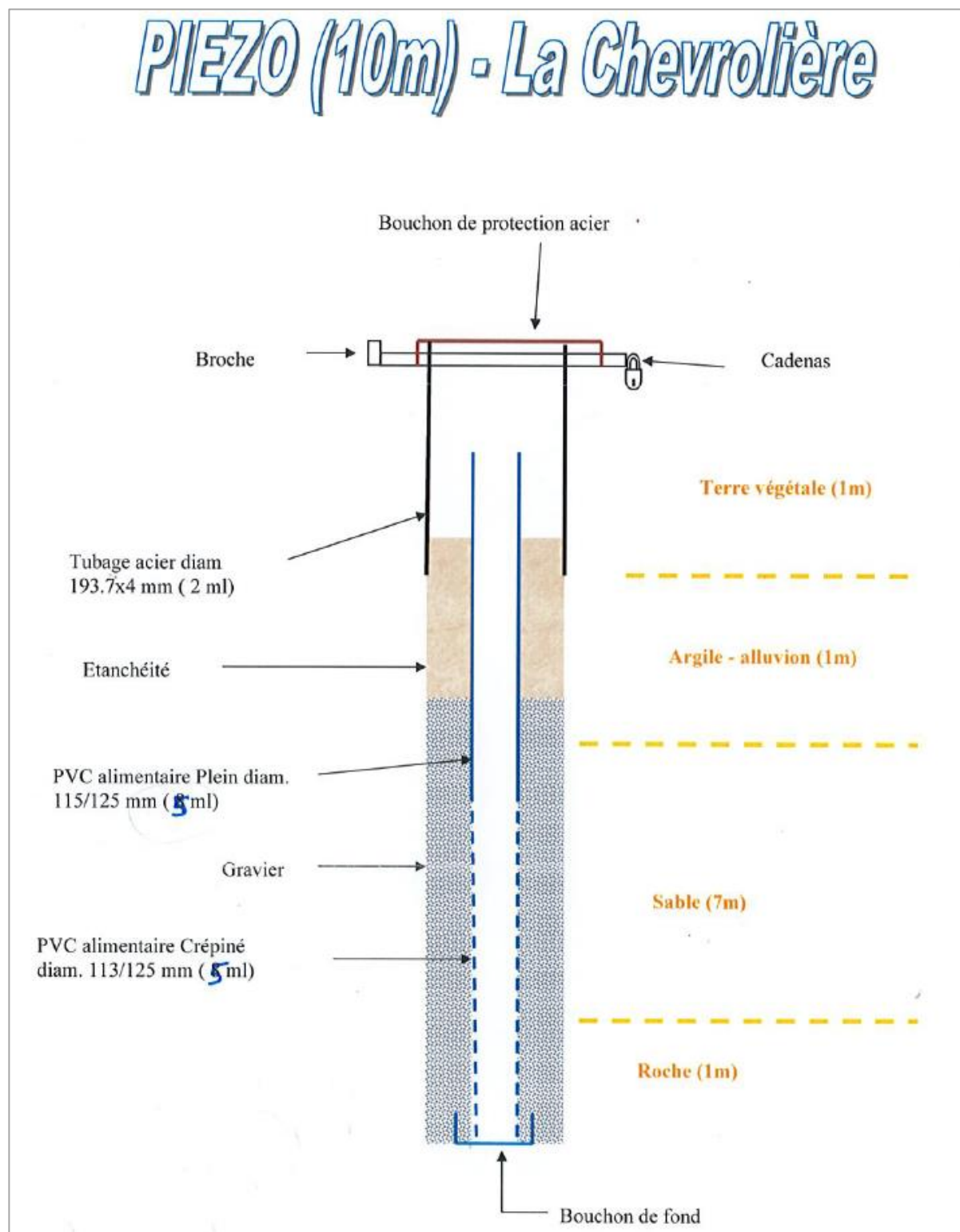
ANNEXES

ANNEXE 1 : COUPES GEOLOGIQUES ET TECHNIQUES DES PIEZOMETRES DE REFERENCE

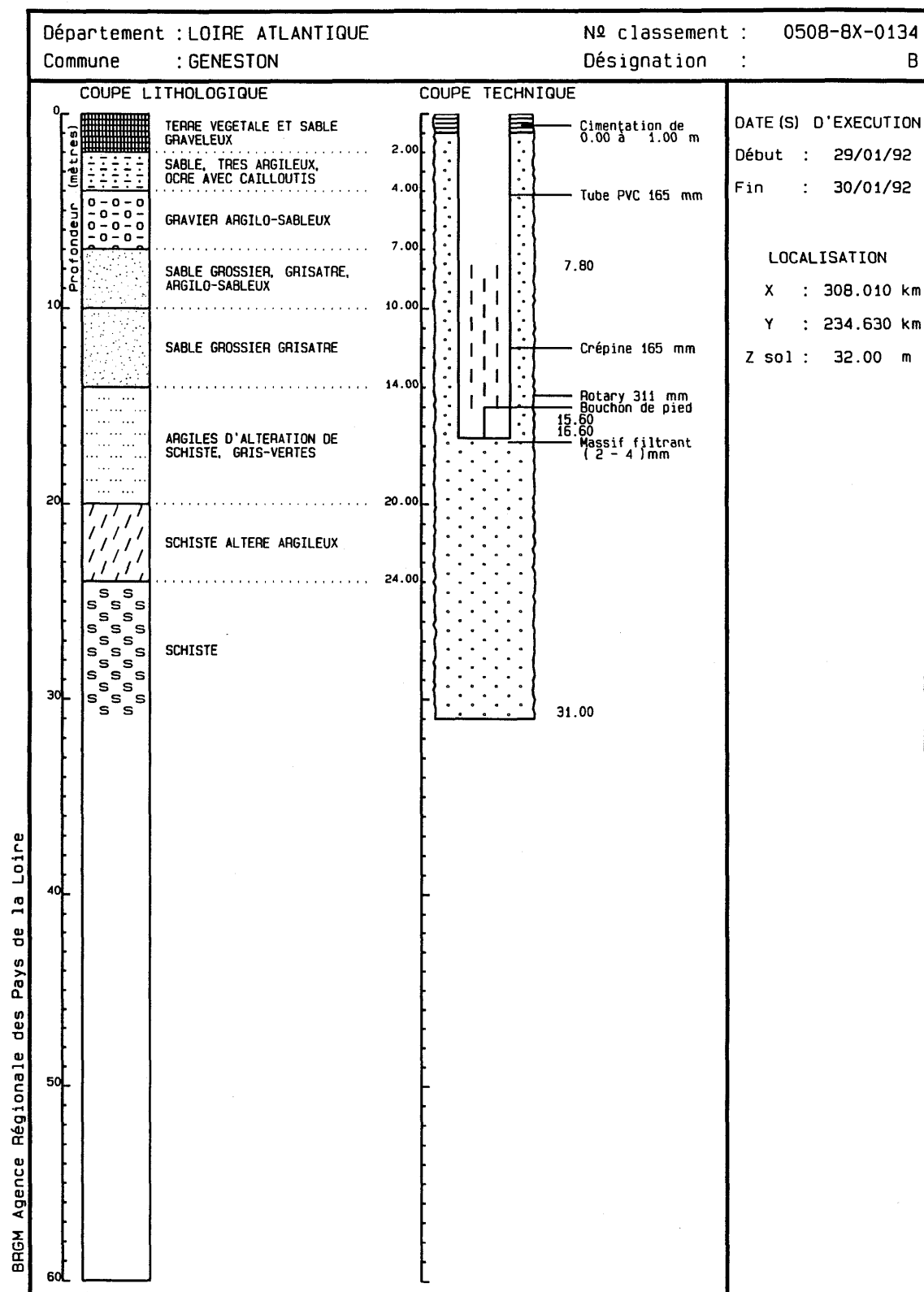
OUVRAGE « Bellevue » BSS001JRKS (source : CD 44) – UH09



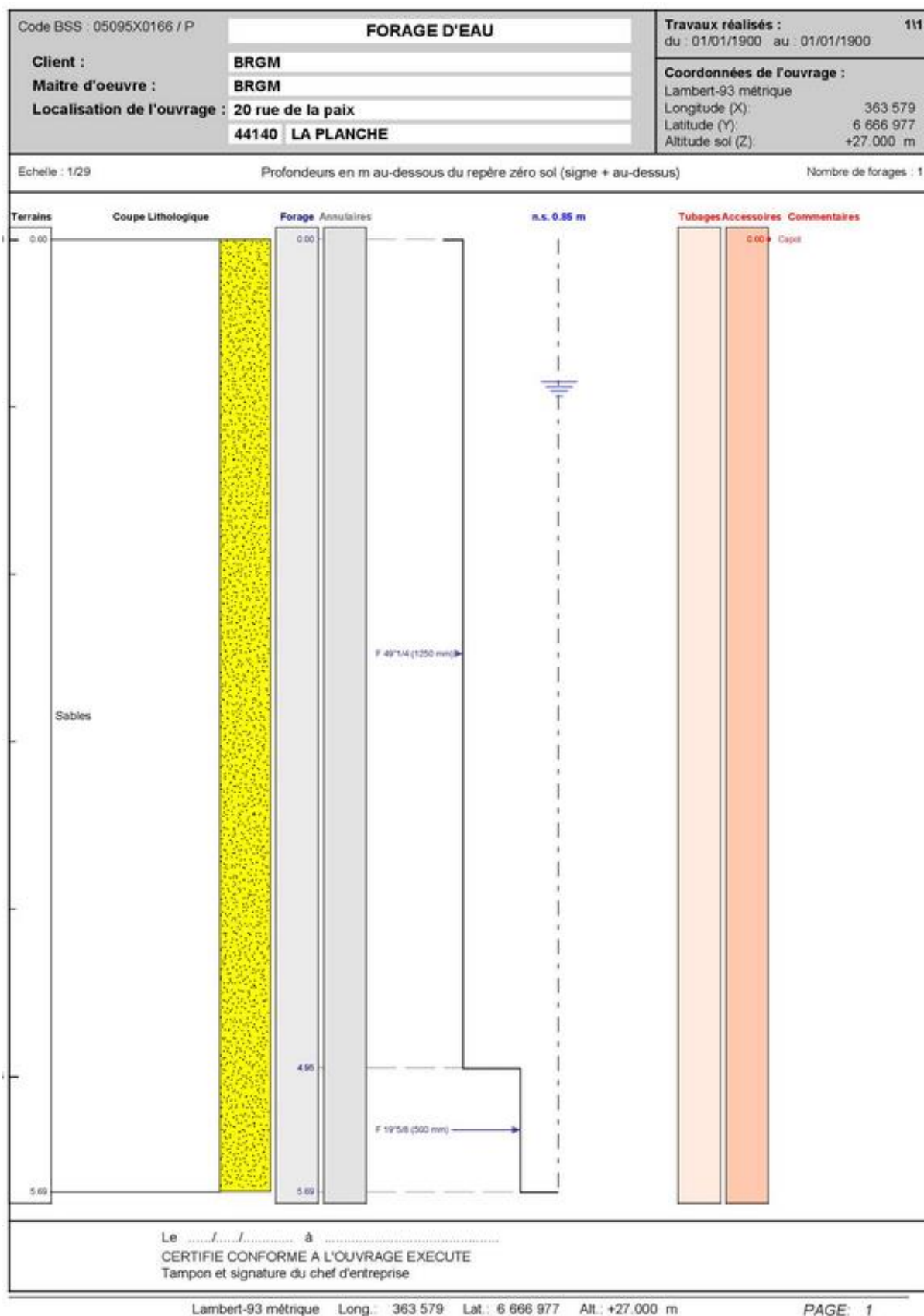
OUVRAGE « La Chevrolière » BSS001JQAJ (source : CD 44) – UH09

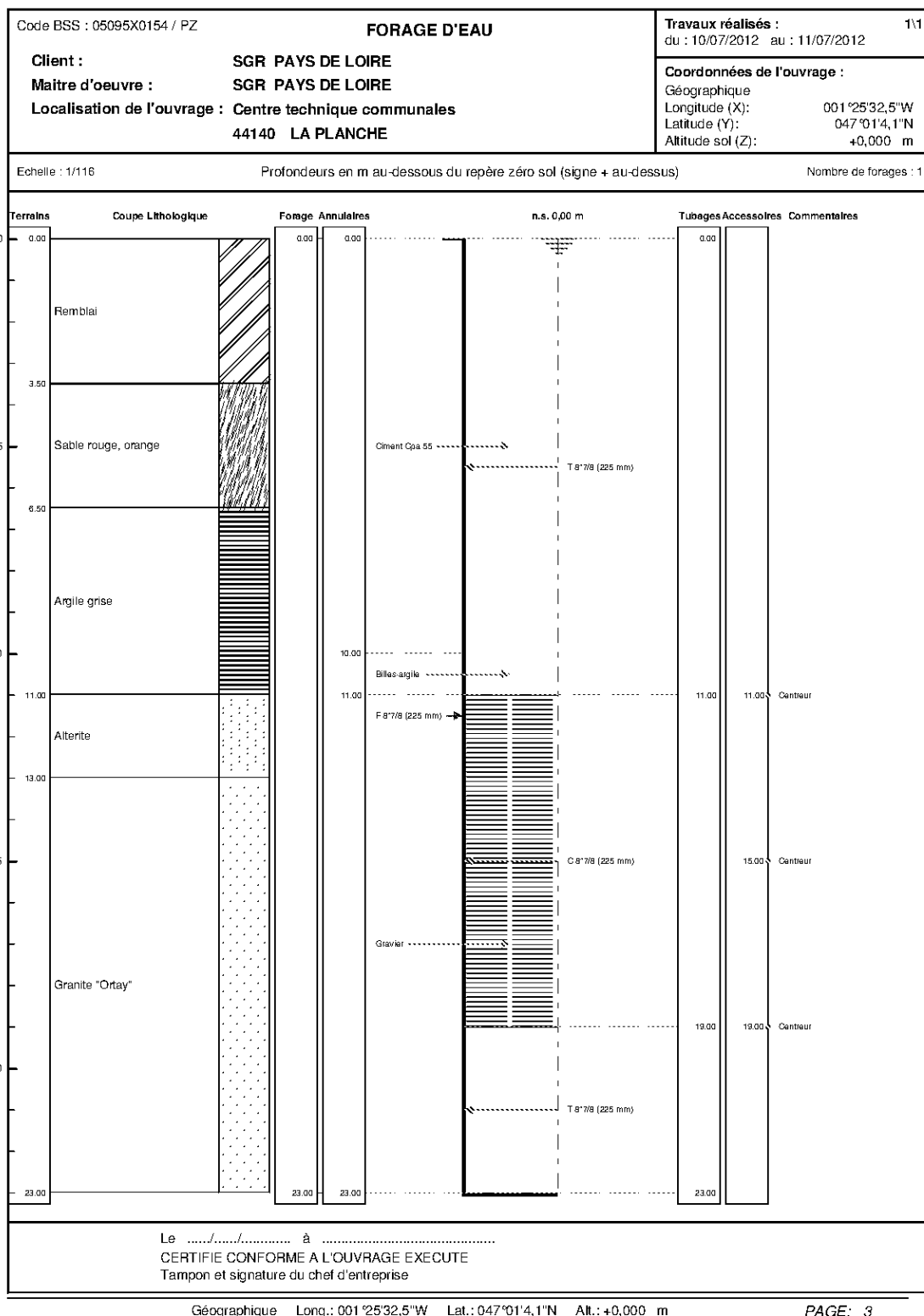


OUVRAGE « Noë Grivaud » BSS001JSBK (source : ADES) – UH09

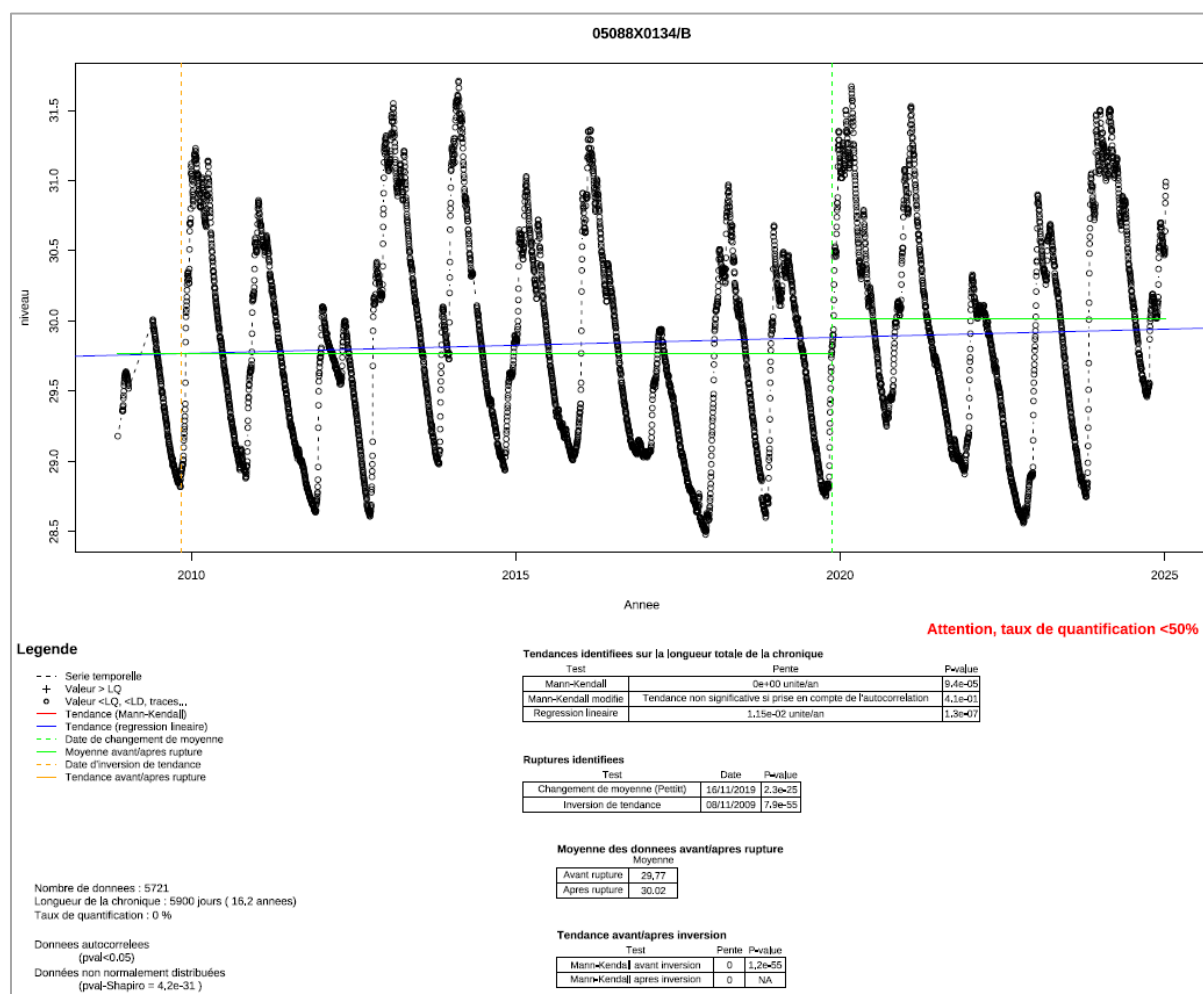


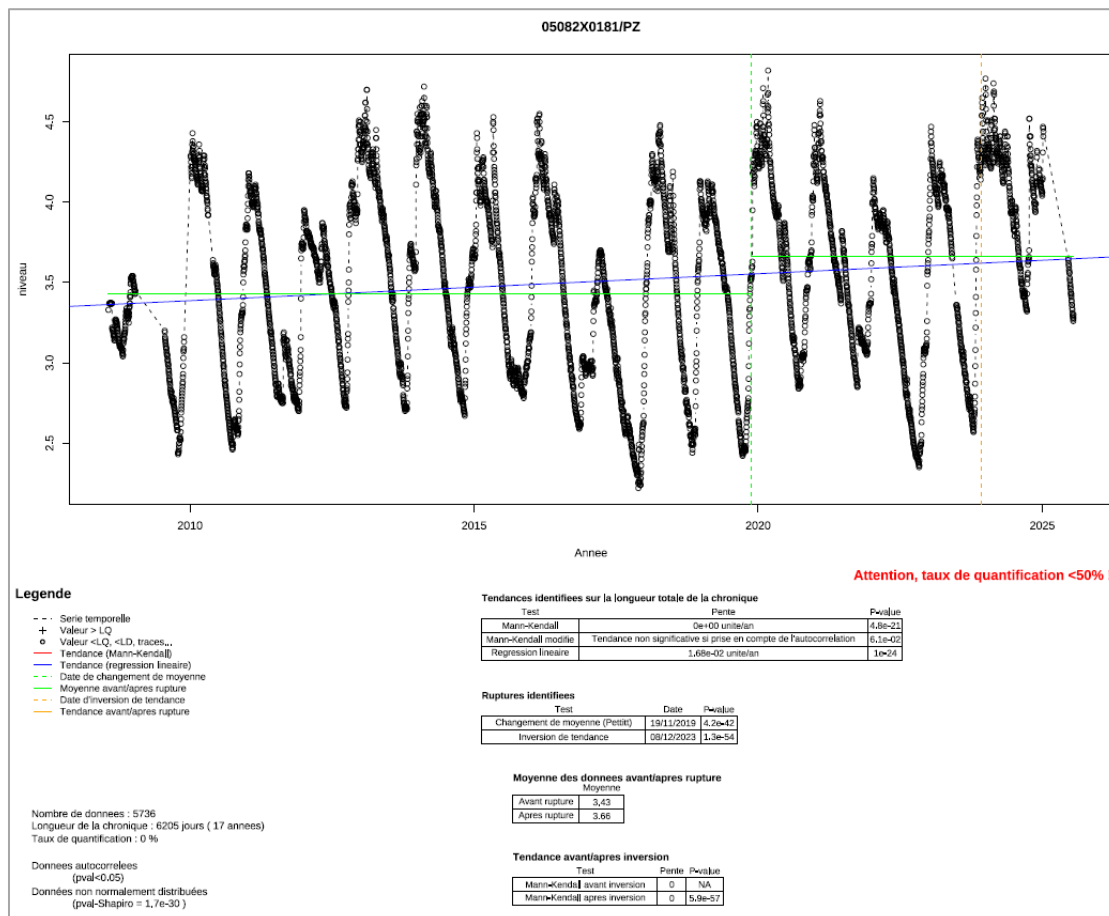
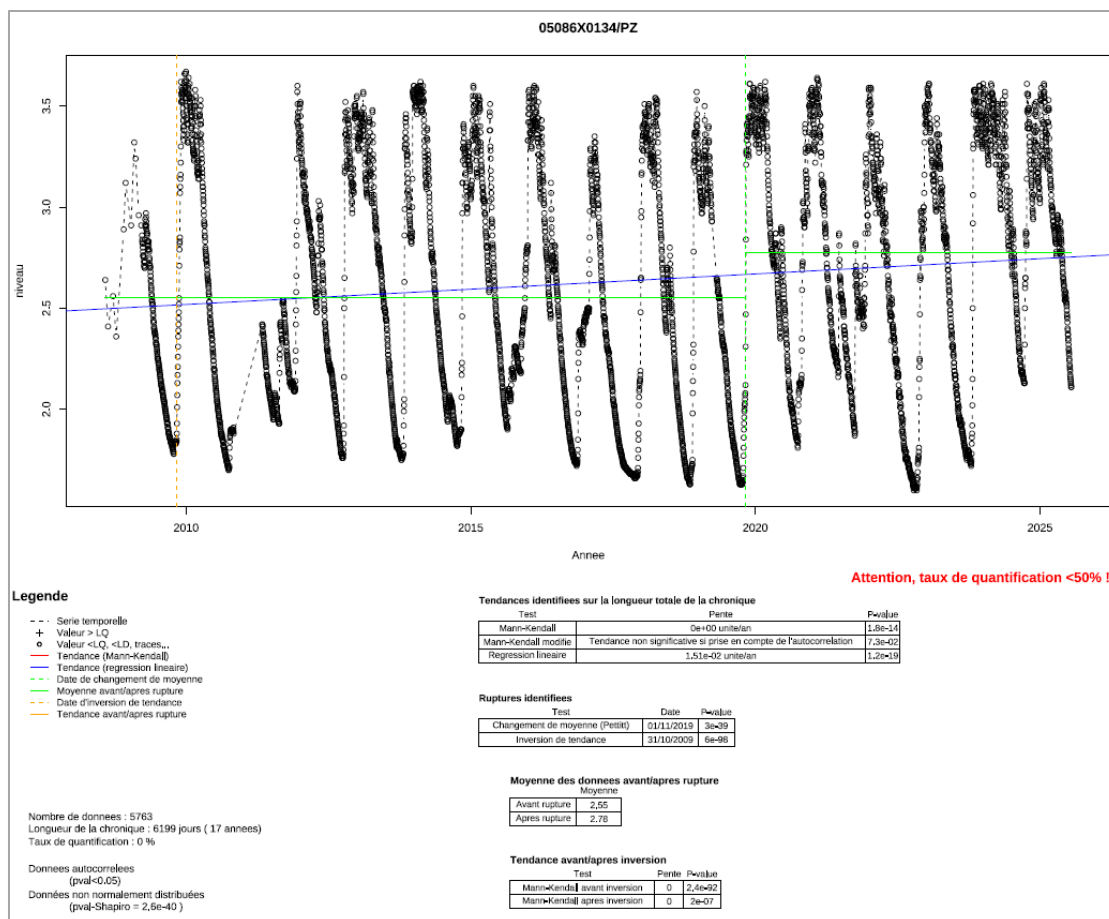
OUVRAGE « La Planche - sable » BSS001JTSD (source : ADES) – UH05



OUVRAGE « La Planche - socle » BSS001JTRR (source : ADES) – UH05

ANNEXE 2 : ANALYSE TENDANCIELLE DES CHRONIQUES PIEZOMETRIQUES DES OUVRAGES DE REFERENCE DE NOË GRIVAUD (05088X0134/B), BELLEVUE (05086X0134), CHEVROLIERE (05082X0181)





ANNEXE 3 : DONNEES POUR ANALYSE DES VITESSES DE VIDANGE DE LA NAPPE AU PIEZOMETRE DE NOE GRIVAUD

Variation piézométrique			Durée de la vidange estivale			Vitesse de la vidange estivale m/jj	Ecart de vitesse de vidange à la vitesse moyenne	Prélèvements			Pluviométrie			ETP		
NS début	NS fin	delta	Date début	Date fin	durée en jour			volume ESO prélevé sur l'année sur UH09	volume total prélevé sur l'année sur UH09	vol prélevé dans la vallée du Redour sur l'année	Pluie annuelle à St-Philbert	Pluie sur la période St-Philbert	Pluie sur la période Nantes	ETP sur la période à Nantes	P(st-philbert)-ETP(nantes) période	P(nantes)-ETP(nantes) période
30.15	28.95	1.2	20/05/2010	01/10/2010	134	0.0090	-5%	176194	1711145	694974	805.8	177	193	574	0	0
30.3	29	1.3	25/03/2011	22/08/2011	150	0.0087	-8%	191012	1584245	669707	753.1	144	128	483	0	0
29.85	28.65	1.2	20/05/2012	23/09/2012	126	0.0095	1%	214733	1612572	762350	923.3	183	189	349	0	0
30.5	29	1.5	13/05/2013	14/10/2013	154	0.0097	4%	384210	2065393	1150436	982.2	289	248	216	72	31
30.35	29.4	0.95	06/05/2014	07/08/2014	93	0.0102	9%	178272	1347553	599663	1017.3	148	139	124	24	15
30.17	29.32	0.85	03/06/2015	21/08/2015	79	0.0108	15%	262890	1577580	729556	797.5	129	126	80	49	46
30.4	29.3	1.1	03/06/2016	17/09/2016	106	0.0104	10%	308234	1628372	770381	877	95	86	110	0	0
29.85	28.8	1.05	08/04/2017	06/08/2017	120	0.0088	-7%	231831	1402923	655481	721.6	193	186	204	0	0
30.15	28.65	1.5	12/06/2018	01/11/2018	142	0.0106	12%	253317	1623605	699299	941.9	197	254	332	0	0
30.3	28.8	1.5	04/04/2019	24/09/2019	173	0.0087	-8%	181888	1585587	605326	923.7	283	239	450	0	0
30.05	29.25	0.8	01/07/2020	19/09/2020	80	0.0100	6%	102567	1312215	504939	1142.4	132	124	546	0	0
30.15	29	1.15	22/04/2021	01/10/2021	162	0.0071	-24%				860.3	357	279	580	0	0
29.9	28.65	1.25	22/04/2022	30/09/2022	161	0.0078	-17%				712.2	199	223	540	0	0
29.7	28.83	0.87	17/06/2023	20/09/2023	95	0.0092	-3%				1013.8	165	146	409	0	0
30.4	29.58	0.82	13/06/2024	29/08/2024	77	0.0106	13%				1148.9	240	232	379	0	0



calligée
SCIENCES & TECHNIQUES GÉOLOGIQUES

-  géologie & géophysique
 -  hydrogéologie
 -  eaux superficielles & eaux usées
 -  sites et sols pollués
 -  géomatique & cartographie
-