
SOMMAIRE

1	INTRODUCTION	4
2	SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE.....	6
2.1	PRESENTATION DU PERIMETRE D'ETUDE / CONTEXTE	6
2.2	CONNAISSANCE DES PRELEVEMENTS.....	12
2.3	ETUDES DU BRGM.....	14
2.4	ETUDE SUR L'AVENIR DES MARAIS DE GRAND LIEU – CA Pdl 2020	15
2.5	ETAT ECOLOGIQUE DES COURS D'EAU	16
2.5.1	<i>Qualité physico-chimique</i>	17
2.5.2	<i>Qualité biologique</i>	20
2.5.3	<i>Qualité hydromorphologique (cf. §3)</i>	23
2.5.4	<i>Continuité écologique</i>	23
2.5.5	<i>Synthèse</i>	24
2.6	ETAT QUALITATIF DU LAC DE GRAND LIEU.....	25
2.6.1	<i>Etat global de la masse d'eau au sens de la Directive Cadre européenne sur l'eau</i>	25
2.6.2	<i>Approche du fonctionnement écologique du lac</i>	26
2.7	QUALITE DES EAUX SOUTERRAINES.....	39
2.7.1	<i>Les nitrates</i>	39
2.7.2	<i>Les produits phytosanitaires</i>	40
3	ETAT DES LIEUX, MISE EN PERSPECTIVE HISTORIQUE DU BASSIN VERSANT.....	40
3.1	EVOLUTION HISTORIQUE DE L'AMENAGEMENT DU BASSIN : APPROCHE HYDROGEOLOGIQUE	40
3.1.1	<i>Contexte géologique et connexion avec la Loire</i>	40
3.1.2	<i>Aménagements historiques impactant les hydrosystèmes</i>	43
3.1.3	<i>Travaux de restauration amorcés</i>	67
3.1.4	<i>Synthèse des évolutions hydrogéomorphologiques</i>	73
3.2	MILIEUX NATURELS.....	74
3.2.1	<i>Milieux aquatiques</i>	74
3.2.2	<i>Milieux terrestres</i>	74
3.3	CLIMAT	80
3.3.1	<i>Réseau de stations météorologiques</i>	80
3.3.2	<i>Caractérisation de la pluie</i>	82
3.4	RESSOURCE EN EAU.....	87
3.4.1	<i>Hydrologie</i>	87
3.4.2	<i>Hydrogéologie</i>	107
3.5	USAGES EXISTANTS	127
3.5.1	<i>Réunions avec les acteurs</i>	127
3.5.2	<i>Banque Nationale des Prélèvements en Eau (BNPE)</i>	128
3.5.3	<i>Plans d'eau</i>	131
4	DECOUPAGE EN UNITES HYDROLOGIQUES COHERENTES	132
4.1	DEFINITIONS.....	132
4.2	METHODE.....	134
4.3	PROPOSITIONS DE DECOUPAGE EN UNITES HYDROLOGIQUES COHERENTES	134
4.3.1	<i>Principaux éléments structurant le périmètre du SAGE</i>	134

4.3.2	<i>Découpage initial</i>	136
4.3.3	<i>Problématique UH03 et UH09</i>	138
4.3.4	<i>Problématique liée à la limite aval de l'UH05</i>	138
4.3.5	<i>Problématique de l'UH04</i>	138
4.4	DECOUPAGE RETENU.....	138
5	CONCLUSION DE LA PHASE 1 ET PERSPECTIVES	141
6	BIBLIOGRAPHIE	144

Historique des versions					
Date	Version	Nature	Rédaction	Vérification	Validation
Mars 2023	v1	Rapport	MM, FL, SA	SA	
Mai 2023	v2	Prise en compte des remarques du SBVGL sur version 1	MM, FL, SA	SA	
Juillet 2023	v3	Prise en compte des remarques émises par les acteurs sur la version 2, intégration des documents de la RNN mis à disposition	MM	SA	
Septembre 2023	v4	Prise en compte des remarques du SBVGL	SA	SA	

1 INTRODUCTION

Le Syndicat du Bassin Versant de Grand Lieu (SBVGL), est la structure porteuse du SAGE Logne, Boulogne, Ognon et Grand-Lieu approuvé en 2000. L'état des lieux du SDAGE de 2019 a évalué l'ensemble des masses d'eau superficielles du bassin en « *pression hydrologique significative* ». Le bassin de Grand Lieu (44, 85) a été identifié comme prioritaire par les services de l'Etat pour la mise en œuvre d'un Projet Territorial de Gestion des Eaux (*PTGE instruction ministérielle du 7 mai 2019*). L'engagement dans une démarche de PTGE avant juin 2021 a notamment eu pour effet de repousser le passage en Zone de Répartition des Eaux (ZRE) préconisé par le SDAGE à 2024.

Aussi, la CLE 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 :

- ➔ 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,
- ➔ 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.

Le périmètre de l'étude est celui du **SAGE élargi aux limites des entités hydrogéologiques** constitués de sables et calcaires sableux soit une superficie de l'ordre de 879 km². Le périmètre comprend une masse d'eau remarquable notamment pour ses enjeux environnementaux : le Lac de Grand Lieu d'une superficie pouvant dépasser 6 000 ha.

Au travers de l'analyse HMUC, les acteurs attendent des éléments de réponses aux questions suivantes :

1. Quel est l'état des ressources souterraines et superficielles et comment évolue-t-il sur une année ? Quels sont les échanges entre les différents compartiments et comment s'effectue la recharge des cours d'eau par la nappe ?
2. Quel est l'état des ressources souterraines et superficielles et comment évolue-t-il sur une année ?
3. Après reconstitution d'un débit naturel (débit désinfluencé des ouvrages sur le bassin versant), à quel moment de l'année ces besoins ne peuvent être respectés ?
4. Quels sont les prélèvements réalisés sur les différentes périodes de l'année, et l'usage associé ?
5. Quels sont les plans d'eau les plus impactants ?
6. Quel est l'impact cumulé des plans d'eau notamment sur la diminution des débits par période de l'année et sur l'accentuation des étiages ?
7. Quelles sont les causes de la pression hydrologique entre la part naturelle (substrat géologique et superficie des bassins versants notamment) et la pression de prélèvement des activités humaines ?
8. Quelle ressource est disponible à chaque période de l'année pour satisfaire les usages dans le respect des contraintes d'hydrologie et des besoins des milieux (volumes prélevables) ?
9. Quelles sont les conséquences prévisibles du réchauffement climatique et comment les anticiper ?

10. Existe-t-il des secteurs en déséquilibre quantitatif ? Une gestion collective et concertée doit-elle être mise en place ?

11. Quels prélèvements et modalités de prélèvements sont possibles, toute l'année, respectant les nécessités des milieux et les débits écologiques et de crues morphogènes ?

12. Quelle est l'évolution des besoins futurs en eau à prévoir ?

L'opération est organisée sur la base d'une tranche ferme structurée en 6 phases et d'une tranche optionnelle :

- **tranche ferme :**

Phase	Elément	Objet
1 territoire usagers	1.1	Collecte bibliographique et analyse
	1.2	Rencontre et échange avec les usagers
	1.3	Synthèse de l'état des lieux et perspective du diagnostic HMUC (SAGE)
2 Etat des lieux HMUC	2.1	Evaluation des usages et de leur évolution
	2.2	Diagnostic et fonctionnement hydrologique et hydrogéologique
	2.3	Etat des milieux aquatiques, besoins environnementaux
	2.4	Changement climatique, évolution prévisible des usages et des besoins
3 HMUC	3.1	Croisement des 4 volets HMUC
4 socio- économie	4.1	Analyse socio-économique de l'utilisation de l'eau
5 DOE VP	5.1	Reconstitution des DOE
	5.2	Débits de gestion de crise
	5.3	Volumes globaux disponibles
	5.4	Proposition de scénarios de gestion des prélèvements
	5.5	Limites de l'étude
6 prog. actions	6.1	Consultation des acteurs
	6.2	Choix des actions
	6.3	Classement des unités de gestion par classe de déficit horizon 2050

- **tranche optionnelle :**

Objet	
Piézométrie Objectif Etiage	Proposer des valeurs de POE pour la nappe des sables (FRGG037)

Le présent rapport présente les résultats de Phase 1. Il s'accompagne des documents suivants :

- plaquette informative sur le PTGE et l'étude HMUC : document de communication utilisé par le SBVGL pour informer les acteurs,
- comptes-rendus des 1^{ers} ateliers de concertation « diagnostic partagé »,
- synthèse des 1^{ers} ateliers de concertation « Ateliers de concertation Phase 1 en bref »,
- comptes-rendus des entretiens avec les acteurs.

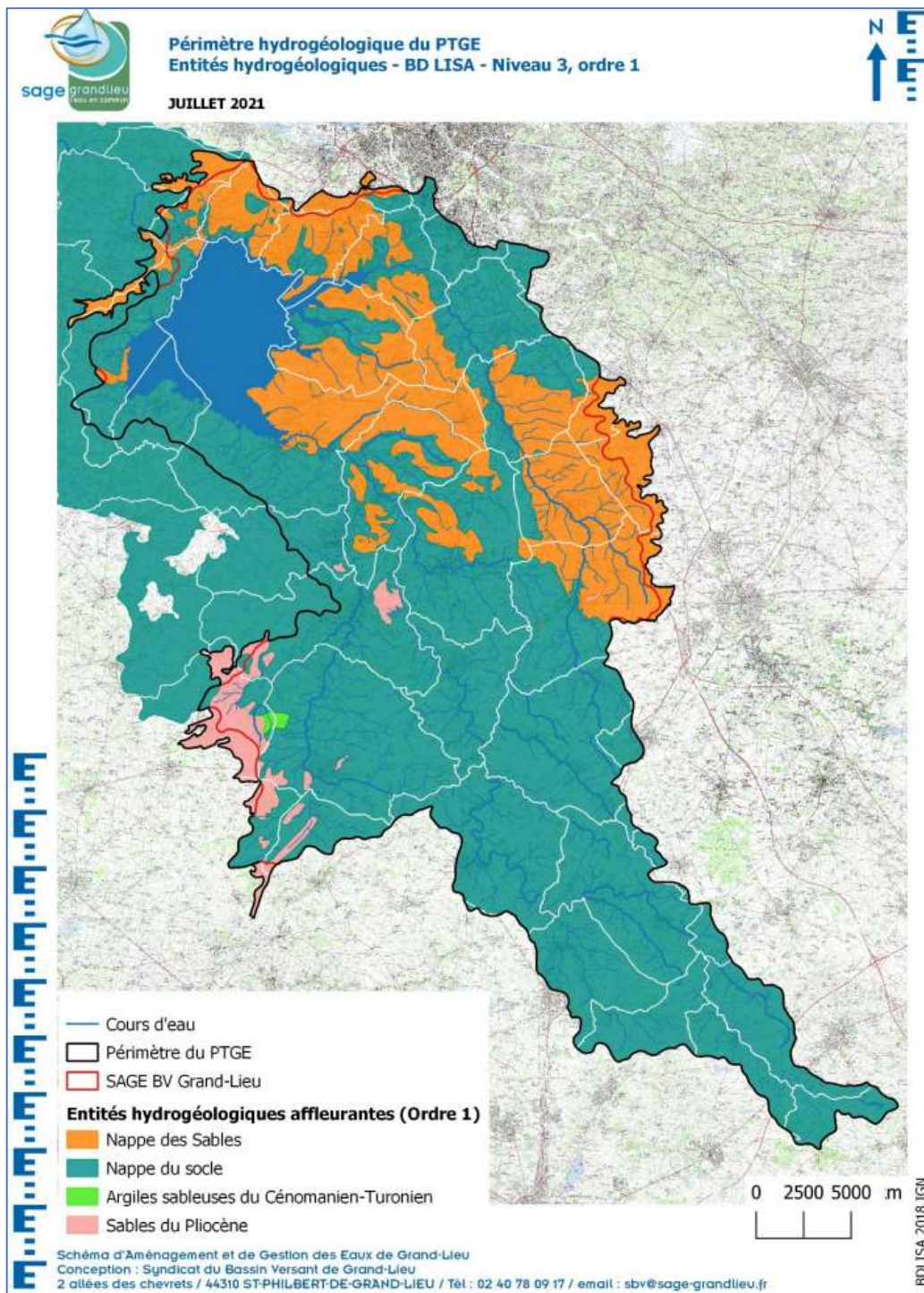
2 SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

2.1 Présentation du périmètre d'étude / Contexte

Le bassin versant Logne, Boulogne, Ognon, Grand Lieu s'étend sur 850 km² et concerne tout ou partie de 42 communes à cheval sur les départements de la Vendée au sud et de la Loire-Atlantique au nord. Le réseau hydrographique comprend 204 km de cours d'eau principaux et 1600 ha de marais autour du lac. A l'échelle de ce bassin versant, un 1^{er} Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE) a été élaboré en 2002, puis révisé en 2006. Un nouveau SAGE a été approuvé par arrêté préfectoral le 17 avril 2015. Le bassin versant et le périmètre du SAGE coïncident mais pas le périmètre de la présente étude qui correspond au périmètre du SAGE élargi aux limites des entités hydrogéologiques (cf. carte suivante) et mesure 879 km².

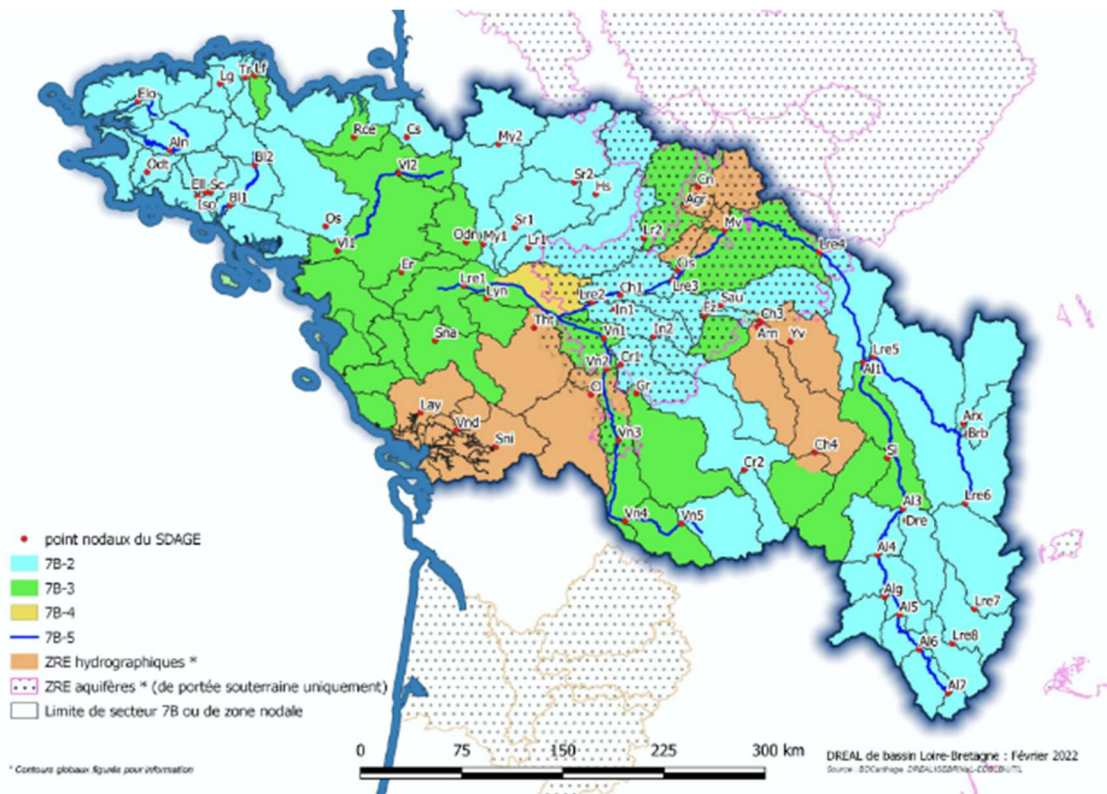
Le maître d'ouvrage du PTGE et de l'étude HMUC est le Syndicat du Bassin Versant de Grand Lieu (SBVGL), également structure porteuse du SAGE.

Figure 1 : périmètre du SAGE et périmètre d'étude HMUC/PTGE (Source : SBVGL)



Dans le cadre de la révision du SDAGE Loire-Bretagne pour la période 2022-2027, une évolution des zonages permettant l'encadrement des conditions de prélèvements d'eau a été proposée. Le bassin versant de Grand Lieu classé en 7B-3¹ était un territoire susceptible de faire l'objet d'une démarche de classement en ZRE (Zone de Répartition des Eaux) par le Préfet Coordonnateur comme 4 autres bassins versants en Pays de la Loire.

Figure 2 : CARTE de la territorialisation des bassins et des axes concernés par les dispositions 7B-2, 7B-3, 7B-4, 7B-5 (SDAGE Loire Bretagne 2022-2027)



Concernant le classement en ZRE du bassin versant Logne, Boulogne, Ognon, Grand Lieu, la décision du préfet de bassin a été repoussée à 2024 sous réserve de son engagement dans une démarche de PTGE. Le bassin est donc resté classé en 7B-3.

Ainsi, la présente étude s'inscrit dans le cadre de l'élaboration du Projet de Territoire pour la Gestion de l'Eau (PTGE) du bassin versant Logne, Boulogne, Ognon, Grand Lieu et de la mise en œuvre du Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE) sur le volet quantitatif. Les grandes étapes de la démarche sont récapitulées ci-après.

¹ 7B-3 : Bassins avec un plafonnement, au niveau actuel, des prélèvements à l'étiage pour prévenir l'apparition d'un déficit quantitatif

LES GRANDES ETAPES D'UN PROJET TERRITORIAL DE GESTION DE L'EAU (PTGE)



L'état des lieux – diagnostic doit être réalisé selon la méthode H.M.U.C. de l'AELB.

La 1^{ère} étape de cet état des lieux consiste en définir le découpage du périmètre du PTGE en Unités Hydro(géo)logiques Cohérentes.

Le nouveau SAGE du bassin versant de Grand Lieu, approuvé par arrêté préfectoral le 17 avril 2015, comporte 7 enjeux déclinés selon 2 à 9 orientations d'actions :

- ➔ Enjeu 1 : Qualité physico-chimique et chimique des eaux – 9 orientations
- ➔ Enjeu 2 : Qualité des milieux aquatiques – 6 orientations
- ➔ Enjeu 3 : Zones humides – 4 orientations
- ➔ Enjeu 4 : Gestion intégrée du lac de Grand Lieu – 2 orientations
- ➔ Enjeu 5 : Gestion quantitative en période d'étiage – 3 orientations
- ➔ Enjeu 6 : Gestion quantitative en période de crue – 2 orientations
- ➔ Enjeu 7 : Gouvernance : cohérence et organisation des actions dans le domaine de l'eau – 3 orientations

L'étude HMUC s'inscrit dans l'enjeu 5 concernant la gestion quantitative en période d'étiage.

Dans sa partie réglementaire, le SAGE comprend une seule règle en lien avec la gestion quantitative :

Règle n°1 – Interdire le remplissage des plans d'eau en période d'étiage

ÉNONCE DE LA REGLE

Sauf dérogation prise par arrêté préfectoral, les remplissages de plans d'eau en dérivation ou par pompage dans le réseau hydrographique superficiel, sont interdits sur tout le bassin versant du lac de Grand Lieu - hors zone des eaux superficielles en relation avec le lac (cf. carte ci-dessous) – du 1er avril au 31 octobre (période couvrant, dans des conditions hydrologiques normales, la période d'étiage et les premières crues significatives).



Figure 1 : Carte des secteurs de la règle n°1
(Interdire le remplissage des plans d'eau en période d'étiage) - Source : SBVGL

Parallèlement, le bassin versant de Grand Lieu est engagé dans un Contrat Territorial Eau pour la période 2022-2027 avec pour objectif d'améliorer la qualité des masses d'eau notamment La Logne, La Boulogne, l'Ognon, l'Issoire, la Chaussée et le lac de Grand Lieu. Ce nouveau Contrat Territorial signé le 27 janvier 2023 en présence de la Commission locale de l'eau du Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE), de la Préfecture, des partenaires et de ses maîtres d'ouvrages (Communes de Pont-Saint-Martin, Rocheservière, La Chevrolière, la Société Nationale de Protection de la Nature, les Fédérations de pêche et de protection du milieu aquatique de Loire-Atlantique et de Vendée et l'Association des irrigants du bassin de Grand-Lieu) fait suite à 2 Contrats Territoriaux Milieux Aquatiques (CTMA) : 2010-2014 puis 2016-2020.

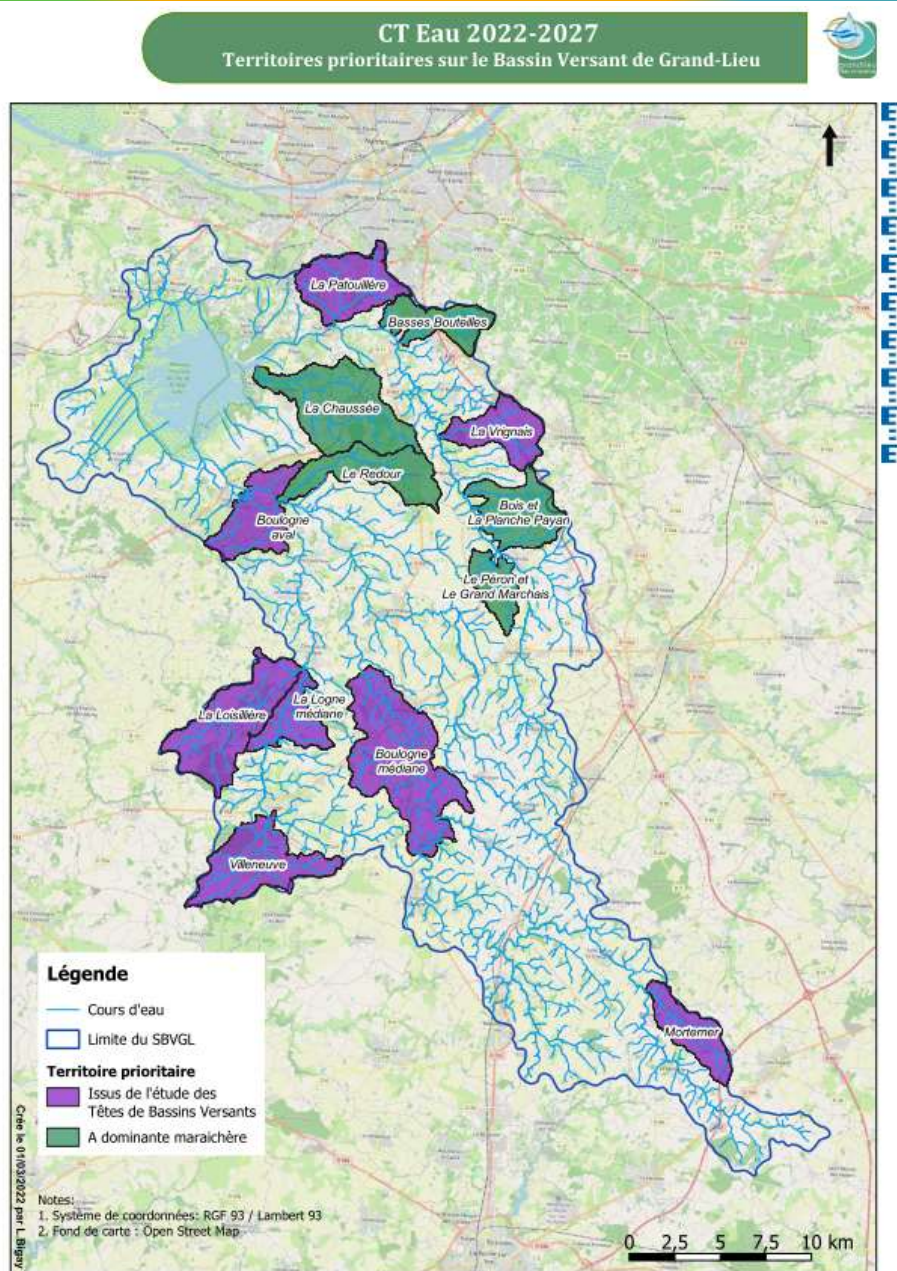
Le CTMA 2016-2020 comporte 2 axes d'actions :

- ➔ Volet 1 – Pollutions diffuses : ce volet en lien avec les activités agricoles de polyculture-élevage a été ajouté à la demande de la CLE en 2017 pour faire face aux problèmes de qualité de l'eau en particulier sur le bassin versant de l'Ognon,
- ➔ Volet 2 – Milieux aquatiques

Le bilan produit en 2020 établit, pour chaque volet, le bilan des actions réalisées, le bilan financier, les effets des actions selon une sélection d'indicateurs, et met en perspective les objectifs initiaux et les actions réalisées.

Globalement, les objectifs n'ont pas été atteints sur le volet pollutions diffuses en raison d'un manque d'engagement des acteurs agricoles et d'un manque de pilotage. A l'inverse, pour le volet Milieux aquatiques, le taux de réalisation des actions prioritaires est élevé : 81% sur la morphologie et 82% sur la continuité écologique, ce qui se concrétise par un gain conséquent de cours d'eau en bon état sur le compartiment lit mineur (+20 km) et un gain de 13,4 km de cours d'eau pour la continuité écologique. Sur ce volet, le territoire bénéficie dorénavant d'une bonne dynamique incarnée par le syndicat avec son équipe d'intervention en régie.

Les actions du nouveau CT Eau 2022-2027 s'appuient sur une carte des territoires prioritaires identifiés par le SBVGL.



2.2 Connaissance des prélèvements

Le SBVGL a réalisé en 2016-2017 une étude de recensement des prélèvements du bassin versant. Cette étude a essentiellement consisté à la récupération et au croisement des différentes bases de données de prélèvements :

- d'une part, déclarations des redevances à l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne : déclarations des volumes prélevés de 2008 à 2013,
- d'autre part, données issues des procédures de déclarations et d'autorisations des DDTM 44 et 85 : volumes autorisés associés aux ouvrages.

Le rapport mentionne les difficultés de rapprochement des 2 types de données. Toutefois, les informations disponibles ont permis d'aboutir à une évaluation de l'origine de l'eau pour chaque prélèvement, et notamment, d'identifier les prélèvements sur plans d'eau. Le SBVGL a ensuite réalisé un croisement des prélèvements sur plans d'eau avec ses données d'inventaire des zones humides et des plans d'eau.

Selon le SBVGL, l'analyse confirme que la majorité des prélèvements du bassin versant provient de retenues.

Au final, sur le bassin du SAGE, 610 prélèvements dont 513 pour l'irrigation étaient référencés en 2017 selon les DDTM pour un volume autorisé de 9,4 Mm³ dont 8,2 Mm³ pour l'irrigation. Le bassin versant de la Boulogne regroupe la majeure partie de ces autorisations avec 4,9 Mm³, l'Ognon arrive en 2ème position avec 2,4 Mm³. 89,6% des volumes autorisés sont sur plans d'eau. Le tableau suivant extrait de l'étude du SBVGL résume la répartition des volumes autorisés selon l'origine de la ressource et le sous-bassin.

Tableau 1 : volumes en m3 autorisés par sous-bassin et par origine (Source : SBVGL)

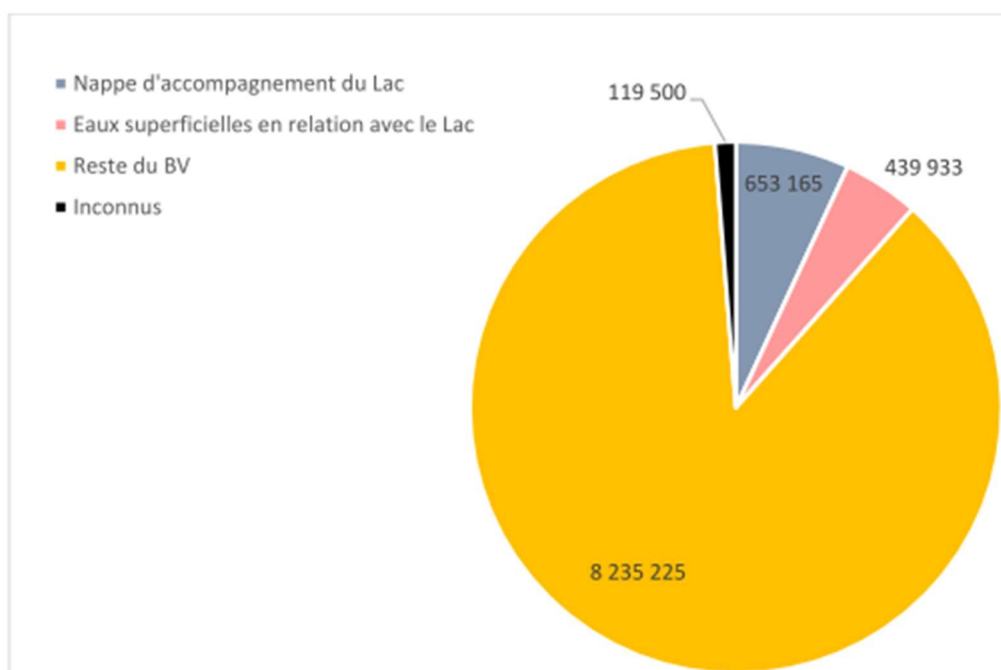
	Cours d'eau	Forage	Retenue	TOTAL
Lac	176 667	64 833	678 798	920 298
Boulogne	242 500	239 500	4 421 655	4 903 655
Logne	12 000	0	663 460	675 460
Ognon	67 500	104 700	2 187 510	2 359 710
Chaussée	45 000	31 900	511 800	588 700
TOTAL	543 667	440 933	8 463 223	9 447 823

Les prélèvements en eaux souterraines sont plutôt concentrés autour du lac et en aval du bassin versant de l'Ognon.

Parallèlement, les données de l'AELB montrent qu'en 2013, les prélèvements s'établissaient à 6,87 Mm³ avec une tendance à l'augmentation entre 2008 et 2013.

L'écart entre volumes autorisés et déclarés à l'AELB s'explique notamment par l'utilisation qui peut être partielle du volume autorisé en fonction de la climatologie de l'année, du type de cultures choisi,...

L'analyse porte également sur la répartition des volumes autorisés selon le découpage de l'arrêté-cadre sécheresse et identifie la répartition suivante :



Répartition des volumes autorisés pour l'irrigation vis à vis des zonages "arrêtés sécheresse "

2.3 Etudes du BRGM

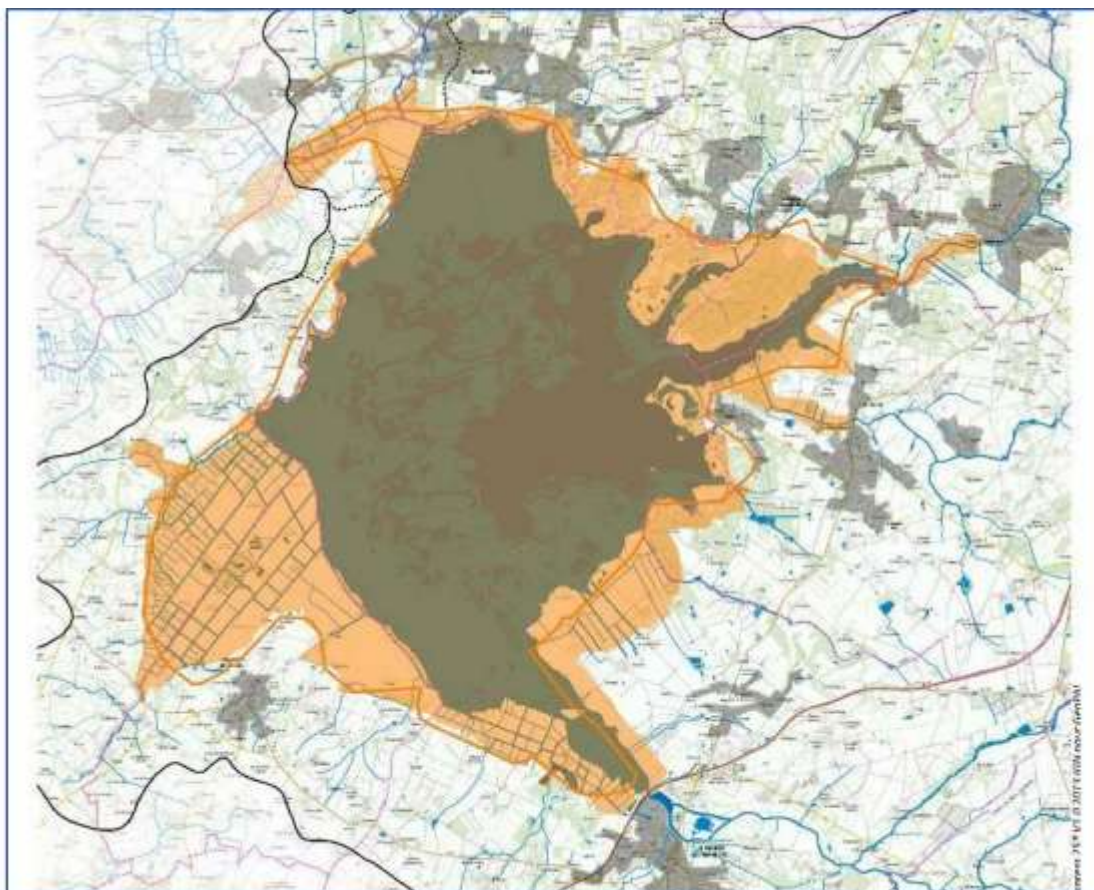
Il existe plusieurs études du BRGM en Loire Atlantique ainsi que spécifiquement sur le bassin versant de Grand Lieu.

Etude du bassin versant de Grand-Lieu (44) en vue d'une gestion quantitative des ressources en période d'étéage - Rapport final	BRGM	Mar-05
Campagne piézométrique complémentaire dans le bassin de Grand-Lieu (44) - Rapport final	BRGM	Dec-06
Cartographie de la piézométrie Bassin sédimentaire de Grand-Lieu (44) - Rapport d'avancement	BRGM	Dec-05
Bassin versant de Grand-Lieu (44) - Synthèse des études BRGM et bilan volumique - Rapport final	BRGM	Mar-07
Rapport d'expertise - Recommandations pour déterminer l'impact potentiel d'un forage sur une nappe alimentant les rivières en Loire-Atlantique	Pierre Chrétien, BRGM	Jan-20
Rapport d'expertise - Connexion des plans d'eau aux eaux souterraines en Loire-Atlantique	Pierre Chrétien, BRGM	Oct-20

2.4 Etude sur l'avenir des marais de Grand Lieu – CA PdL 2020

Cette étude intitulée « Etude sur l'avenir des marais de Grand Lieu – Maintenir l'élevage et pérenniser l'exploitation des marais de Grand Lieu » a été réalisée en 2020 par la Chambre d'Agriculture des Pays de la Loire.

Elle couvre le périmètre suivant :



Localisation du site Natura 2000

Figure 3 : périmètre de l'étude sur l'avenir des marais de Grand Lieu (périmètre du site Natura 2000)

Elle se base sur les données produites par la chambre d'agriculture et par des enquêtes réalisées auprès de 22 exploitants, dont les parcelles couvrent 70% de la zone d'étude.

L'étude pose les constats suivants.

Les parcelles de marais sont inondées la moitié de l'année. Elles sont exploitées par des éleveurs dont le siège d'exploitation est plus ou moins proche de la zone de marais. Les éleveurs exploitent ces parcelles via de la fauche ou du pâturage. Ces parcelles sont historiquement un atout pour le système d'exploitation car elles garantissent de l'herbe au moment où elle peut se raréfier dans des prairies classiques.

Il existe cependant des conflits d'usage sur la gestion du niveau d'eau. Les maraichers souhaitent un niveau haut, tandis que les éleveurs plaident pour un niveau de gestion plus bas notamment au printemps pour faciliter l'accès aux parcelles. De son côté, la Société nationale de protection de la nature (SNPN) considère que les fluctuations de niveaux sont primordiales vis-à-vis de la biodiversité. Certains agriculteurs imaginent une adaptation de l'arrêté qui fixe les cotes du lac (décalage d'un mois par exemple).

En lien avec cette problématique de niveau d'eau s'ajoute le problème des espèces exotiques envahissantes et en particulier de la Jussie (un niveau d'eau plus bas permettrait un meilleur contrôle de cette adventice).

Ces deux facteurs cumulés (niveau d'eau et jussie) entraînent une baisse de rendement et de qualité du fourrage. Les agriculteurs de la zone observent que le marais est plus fragile et moins résilient que par le passé. Dans ce contexte, les éleveurs pourraient être tentés de se tourner vers de la fauche plus que du pâturage (entraînant une perte de biodiversité, d'entretien et de connaissance du marais) ou tout simplement vers d'autres terres hors marais. Ces dynamiques sont déjà à l'œuvre dans une certaine mesure, ce qui a motivé la réalisation de cette étude. Ce risque d'abandon progressif du marais est renforcé par les problématiques de transmission, de reprise, de rentabilité que traverse toute la filière d'élevage.

Dans le cas du marais de Grand Lieu, il existe une série de MAEC ciblées (notamment sur maîtrise de la jussie) qui apportent un complément de revenu aux éleveurs. La plupart des parcelles de marais sont engagées dans ces MAEC. Cependant, du point de vue des bénéficiaires, le niveau d'aide apporté doit rester incitatif (et permettre aux exploitations d'atteindre un équilibre économique tout en continuant d'exploiter ces parcelles), et ne pas entraîner de charge administrative trop lourde.

2.5 Etat écologique des cours d'eau

La Directive Cadre sur l'Eau (DCE) introduit désormais la notion d'évaluation de l'« **état** » **des eaux**. L'état est défini comme étant la situation la plus déclassante entre un **état chimique** se rapportant à des normes de concentration de certaines substances particulièrement dangereuses (toxiques), et un **état écologique** qui repose sur une évaluation des éléments de qualité physico-chimiques et biologiques.

L'état des cours d'eau est représenté par 5 couleurs :

- **Bleu : très bon état.** Le fonctionnement naturel du cours d'eau est préservé.
- **Vert : bon état.** Quelques activités humaines perturbent la vie animale ou végétale du cours d'eau.
- **Jaune : état moyen.** Les activités humaines affectent modérément la vie aquatique du cours d'eau.
- **Orange : état médiocre.** Les activités humaines affectent notablement la vie aquatique du cours d'eau.
- **Rouge : mauvais état.** La vie animale et végétale du cours d'eau est fortement dégradée.

Le SBVGL assure la coordination des actions visant l'atteinte du bon état écologique sur le bassin versant de Grand Lieu.

La mise en œuvre du programme d'actions du SAGE s'est traduite par l'élaboration d'un contrat territorial avec l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne ainsi que d'un Contrat Régional de Bassin Versant avec la Région des Pays-de-la-Loire. L'« Etude Bilan Contrat Territorial du Bassin Versant de Grand Lieu et élaboration d'un futur programme d'actions : Volet Milieux Aquatiques / Volet Pollutions Diffuses / Bilan évaluatif » de 2020 dresse le bilan du Contrat Territorial Milieux Aquatiques 2016-2020 et synthétise l'état écologique du bassin versant selon les différents critères de la Directive Cadre sur l'eau. Les principaux éléments de synthèse sont repris ci-après.

Désormais, le contrat territorial et le contrat régional sont regroupés en un Contrat Territorial Eau 2022-2027.

2.5.1 Qualité physico-chimique

La Boulogne (FRGR0552)

Sur les deux stations de suivi de la Boulogne, il apparaît **un problème de concentration en oxygène**. En effet, ce paramètre apparaît en moyen à médiocre sur la station aval de la Boulogne (à Rocheservière) pour l'O₂ dissous/O₂ Saturé et le COD², et jusqu'à mauvais pour la station amont. A noter que pour les dernières années, une température plus forte est mesurée (de 19.33 à 20.59 °C à Rocheservière, et de 19.34 à 22.34 °C aux Lucs-sur-Boulogne) qui influe le taux d'oxygène. Ce facteur primordial pour la vie aquatique peut entraîner des effets létaux chez les organismes aquatiques (en particulier les poissons) en cas de concentration réduite comme ici. Également, indépendamment d'une augmentation de la température qui va s'accroître dans les années à venir, ce paramètre peut traduire une pollution en matière organique. Plusieurs alertes à des pollutions ponctuelles sont recensées sur ce cours d'eau.

Le phosphore total (P TOTAL) est classé en moyen pour tous les relevés des deux stations, et en médiocre en 2012 pour la station des Lucs-sur-Boulogne. Cette observation peut être considérée comme robuste à la vue du nombre des années. Ces valeurs peuvent indiquer une certaine altération de l'eau par les matières phosphorées dont les origines principales sont l'assainissement et le lessivage des sols.

La station de Saint-Philbert-de-Grand-Lieu est présentée en suivant (cf. 2.6 Etat qualitatif du lac de Grand Lieu p25). Cependant, la proximité forte avec le lac de Grand Lieu ne permet pas d'amener des conclusions sur la qualité du cours d'eau en lui-même. Il permet juste de visualiser les données brutes.

4148560	BOULOGNE à LES LUCS-SUR-BOULOGNE - CHAUSSEE SUBMERSIBLE DE LA CORMUERE										
	Bilan de l'oxygène				Température	Nutriments					Acidification
	O2dissous]8-6]	SatO2 %]90-70]	DBO5]3-6]	COD]5-7]	Temp Eau]20-21,5]	PO4]0,1-0,5]	P TOTAL]0,05-0,2]	NH4+]0,1-0,5]	NO2-]0,1-0,3]	NO3]10-50]	pH]6,5-6]
2017	1,26	10,90	4,95	11,49	19,30	0,26	0,31	0,80	0,17	37,80	7,30
2016	4,19	44,30	3,97	11,91	22,34	0,42	0,38	0,76	0,22	20,70	7,40
2015	5,05	53,90	4,29	10,48	19,34	0,33	0,24	0,15	0,21	25,80	7,49
2014	6,33	65,10	3,20	11,96	17,77	0,31	0,26	0,28	0,24	25,40	7,69
2013	3,62	35,20	4,25	9,93	17,43	0,26	0,39	0,44	0,35	28,80	7,69
2012	2,44	26,60	4,92	13,34	18,29	0,32	0,79	0,65	0,27	33,26	7,59
2011	2,43	25,20	4,56	13,00	17,00	0,28	0,44	0,44	0,26	29,79	7,68

² COD : Carbone Organique Dissout

4148570 BOULOGNE à ROCHESERVIERE - LA VACHERIE											
Bilan de l'oxygène				Température	Nutriments					Acidification	
O2dissous]8-6]	SatO2 %]90-70]	DBO5]3-6]	COD]5-7]	Temp Eau]20-21,5]	PO4]0,1-0,5]	P TOTAL]0,05-0,2]	NH4+]0,1-0,5]	NO2-]0,1-0,3]	NO3]10-50]	pH]6,5-6]	
2017	3,90	39,10	3,65	9,37	19,33	0,31	0,22	0,18	0,24	38,90	7,60
2016	3,49	35,40	4,17	11,10	20,59	0,37	0,32	1,18	0,19	17,90	7,59
2015	5,59	60,20	5,03	9,35	17,37	0,27	0,24	0,23	0,17	24,60	7,69
2014	5,42	55,80	2,69	9,55	18,26	0,25	0,22	0,14	0,14	27,60	7,69
2013	3,20	31,00	3,73	10,54	18,54	0,30	0,24	0,24	0,21	27,60	7,80
2012	4,60	50,00	4,48	11,72	18,18	0,28	0,25	0,25	0,24	34,80	7,69
2011	4,87	51,10	3,84	10,68	17,90	0,32	0,29	0,41	0,14	31,00	7,70

4148590 BOULOGNE à SAINT-PHILBERT-DE-GRAND-LIEU - PONT AU LD LA VIEGUE											
Bilan de l'oxygène				Température	Nutriments					Acidification	
O2dissous]8-6]	SatO2 %]90-70]	DBO5]3-6]	COD]5-7]	Temp Eau]20-21,5]	PO4]0,1-0,5]	P TOTAL]0,05-0,2]	NH4+]0,1-0,5]	NO2-]0,1-0,3]	NO3]10-50]	pH]6,5-6]	
2017	1,13	11,24	4,30	14,45	18,13	0,73	0,47	0,60	0,32	27,45	7,62
2016	2,90	28,70	3,35	9,20	19,10	0,43	0,22	0,50	0,25	16,95	7,55
2015	6,69	64,60	4,60	10,24	20,06	0,39	0,22	0,16	0,26	24,00	7,70
2014	5,70	57,88	3,75	9,18	18,08	0,50	0,29	0,19	0,17	22,50	7,70
2013	5,78	60,70	4,25	9,70	19,20	0,51	0,30	0,17	0,16	27,55	7,75
2012	5,88	55,59	4,95	9,94	18,10	0,47	0,31	0,40	0,19	29,45	7,69
2011	3,61	34,33	5,73	11,68	17,30	0,68	0,46	0,45	0,30	29,75	7,55

Figure 4 : Etat des lieux de la qualité physico-chimique de l'eau sur la Boulogne entre 2011 et 2017 (source : Hydro concept)

La Logne (FRGR0554)

D'une façon globale, peu de paramètres, et notamment dans les dernières années, présentent des taux acceptables pour le milieu. Comme pour la Boulogne, un **problème en oxygène** est présent sur la Logne, comme témoigne la dernière année (2017) de prélèvement avec des taux très faibles malgré une température faible par rapport aux années précédentes. **Le phosphore total fait apparaître la même conclusion.** On observe une **plus forte concentration en matière carbonée (COD)** sur la Logne par rapport à la Boulogne traduisant une forte consommation d'oxygène du milieu.

Il ne serait pas impossible de visualiser sur les sites du développement algal ou au moins une eutrophisation marquée par rapport aux fortes concentrations en phosphore et phosphates qui constituent le facteur limitant de la croissance du phytoplancton.

4148575	LOGNE à LIMOUZINIÈRE (LA) - LIEU-DIT LE CHIRON										
	Bilan de l'oxygène				Température	Nutriments					Acidification
	O2dissous]8-6]	SatO2 %]90-70]	DBO5]3-6]	COD]5-7]	Temp Eau]20-21,5]	PO4]0,1-0,5]	P TOTAL]0,05-0,2]	NH4+]0,1-0,5]	NO2-]0,1-0,3]	NO3]10-50]	pH]6,5-6]
2017	2,42	25,15	11,40	14,40	16,52	5,81	4,70	4,41	0,80	44,65	7,96
2016	4,97	49,20	1,95	10,20	17,60	0,57	0,28	0,73	0,42	21,00	7,90
2015	5,47	53,70	1,90	10,00	17,61	0,54	0,24	0,64	0,40	23,40	7,72
2014	3,19	32,00	2,75	11,15	17,90	1,35	0,61	0,15	0,17	19,95	7,63
2013	4,48	46,60	2,30	8,95	17,20	0,59	0,28	0,23	0,18	27,40	7,57
2012	4,31	44,40	2,60	11,25	17,00	1,04	0,44	0,46	0,35	33,00	7,93
2011	4,07	40,05	2,12	10,85	16,70	0,56	0,27	0,97	0,45	27,10	8,36

Figure 5 : Etat des lieux de la qualité physico-chimique de l'eau sur la Logne entre 2011 et 2017 (source : Hydro concept)

L'Ognon (FRGR0555)

Le constat est sensiblement identique aux deux précédentes masses d'eau. Cependant, la station située à Saint-André-Treize-Voies (donc dès l'amont de l'Ognon) apparaît en **très mauvaise qualité**, sur une quasi-totalité des paramètres. Les paramètres de **l'O2 dissous, de la saturation en O2, du COD, du phosphate, du phosphore total, de l'ammonium, du nitrite** apparaissent en **médiocre et très mauvais**. Les lagunes de la commune de Saint-André-Treize-Voies sont présentes en amont de la station. Des dysfonctionnements ont été relevés. La station d'épuration va faire l'objet d'un projet de réhabilitation.

4148580	OGNON à SAINT-ANDRÉ-TREIZE-VOIES - LES BERNARDIÈRES										
	Bilan de l'oxygène				Température	Nutriments					Acidification
	O2dissous]8-6]	SatO2 %]90-70]	DBO5]3-6]	COD]5-7]	Temp Eau]20-21,5]	PO4]0,1-0,5]	P TOTAL]0,05-0,2]	NH4+]0,1-0,5]	NO2-]0,1-0,3]	NO3]10-50]	pH]6,5-6]
2017	1,86	14,80	7,00	23,64	17,30	15,20	6,14	28,40	0,64	46,00	7,52
2015	2,45	23,40	6,09	15,29	16,49	3,71	1,62	3,09	0,43	32,00	7,59
2013	2,60	27,60	8,94	12,10	15,92	3,19	1,40	2,08	0,53	47,80	7,82
2012	3,95	38,80	7,05	13,77	16,08	1,56	0,78	2,15	0,47	44,61	7,66
2011	2,03	18,70	9,60	19,27	15,00	7,56	3,56	5,02	0,46	34,43	7,60

4148587	OGNON à SORINIÈRES (LES) - PONT DE VIAIS										
	Bilan de l'oxygène				Température	Nutriments					Acidification
	O2dissous]8-6]	SatO2 %]90-70]	DBO5]3-6]	COD]5-7]	Temp Eau]20-21,5]	PO4]0,1-0,5]	P TOTAL]0,05-0,2]	NH4+]0,1-0,5]	NO2-]0,1-0,3]	NO3]10-50]	pH]6,5-6]
2017	3,79	32,75	4,05	9,15	16,61	2,46	1,65	0,70	0,71	111,20	8,08
2016	3,94	40,95	1,60	9,05	18,22	0,85	0,37	0,21	0,34	44,80	7,71
2015	4,57	46,70	3,85	10,30	18,15	1,07	0,50	0,19	0,16	30,60	7,75
2014	4,11	44,28	2,80	9,25	18,92	1,06	0,46	0,52	0,32	27,45	7,78
2013	6,05	63,31	2,65	9,20	17,96	1,60	0,61	0,21	0,25	39,50	7,80
2012	6,09	65,04	2,90	10,40	17,93	1,47	0,60	0,16	0,24	49,10	8,05
2011	4,42	45,60	2,24	11,00	17,52	1,65	2,46	0,46	0,33	31,00	8,34

Figure 6 : Etat des lieux de la qualité physico-chimique de l'eau sur l'Ognon entre 2011 et 2017 (source : Hydro concept)

La Chaussée (FRGR2110)

Peu de données sont disponibles sur cette masse d'eau. En 2014, une campagne complète a été réalisée. On observe des dépassements en COD, en saturation d'oxygène, en phosphate et en phosphore total.

4682000 DE LA GRANDE NOE OU RAU CHAUSSEE À LA CHEVROLIERE - PONT AU NIVEAU DU LIEU-DIT L'AUBIN											
Bilan de l'oxygène				Température	Nutriments					Acidification	
O2dissous]8-6]	SatO2 %]90-70]	DBO5]3-6]	COD]5-7]	Temp Eau]20-21,5]	PO4]0,1-0,5]	P TOTAL]0,05-0,2]	NH4+]0,1-0,5]	NO2-]0,1-0,3]	NO3]10-50]	pH]6,5-6]	
2016	6,60	58,80		17,88						7,60	
2015	7,43	68,04		17,10						7,58	
2014	6,88	64,37	3,84	13,28	15,93	0,92	0,58	0,22	0,20	39,80	

Figure 7 : Etat des lieux de la qualité physico-chimique de l'eau sur la Chaussée entre 2011 et 2017 (source : Hydro concept)

2.5.2 Qualité biologique

La Boulogne (FRGR0552)

La qualité globale retenue pour les deux masses d'eau, et sur trois années différentes **est moyenne**. Il n'y a pas de notes IPR³ présentées sur ces chroniques. **Les diatomées sont toujours déclassantes**. Cette observation peut traduire, en lien avec les données physico-chimiques présentées précédemment, une eutrophisation du milieu. L'IBGN⁴ aux Lucs-sur-Boulogne apparaît en très bon état en 2011 et 2015, et moyen en 2012 (limite de classe avec une qualité mauvaise). Pour cet indicateur à Rocheservière, on voit qu'on se situe dans la limite de classe entre un état moyen et bon. On peut donc penser que ce sont également les diatomées qui sont déclassants.

³ IPR : Indice Poisson Rivière se base sur l'étude de l'ichtyofaune (peuplement de poissons) pour évaluer la qualité hydrobiologique du cours d'eau

⁴ IBGN : L'Indice Biologique Global Normalisé permet d'évaluer la qualité hydrobiologique d'un cours d'eau, par l'intermédiaire de la composition des peuplements d'invertébrés benthiques

4148560 BOULOGNE à LES LUCS-SUR-BOULOGNE - CHAUSSEE SUBMERSIBLE DE LA CORMUERE									
Valeurs inférieures des limites de classe par type pour l'IBGN		15	13	9	6	Valeur de référence		16	
Valeurs inférieures des limites de classe par type pour l'IBD		16,5	14	10,5	6	Valeur de référence		17,5	
qualité globale retenue	Type	Invertébrés			Diatomées		Macrophytes	Poissons	
		IBGN/IBGA	GFI	Taxons	IPS	IBD	IBMR	IPR	
2015	moyen	RCS	15	7	30	10,9	12		
2012	moyen	RCS	9	3	24	10,7	11,5		
2011	moyen	RCS	17	7	38	11	12		

4148570 BOULOGNE à ROCHESERVIERE - LA VACHERIE									
Valeurs inférieures des limites de classe par type pour l'IBGN		15	13	9	6	Valeur de référence		16	
Valeurs inférieures des limites de classe par type pour l'IBD		16,5	14	10,5	6	Valeur de référence		17,5	
qualité globale retenue	Type	Invertébrés			Diatomées		Macrophytes	Poissons	
		IBGN/IBGA	GFI	Taxons	IPS	IBD	IBMR	IPR	
2015	moyen	RCS	13	4	33	12,7	13,9		
2012	moyen	RCS	11	4	28	12,2	12,7		
2011	moyen	RCS	12	4	29	11	12		

Figure 8 : Etat des lieux de la qualité biologique de l'eau sur la Boulogne entre 2011 et 2017 (source : Hydro concept)

La Logne (FRGR0554)

Les paramètres diatomées et IBGN sont tous les deux déclassants. La **qualité globale retenue est moyenne** pour 2011, 2013, 2014 et 2015. L'IBGN est classé en mauvais en 2012, déclassant de facto la note globale. Une qualité de l'eau médiocre (problème d'oxygène ainsi que de phosphore) va modifier les cortèges d'espèces présentes. Également, un manque d'habitats peut être pénalisant pour les invertébrés (présence d'ouvrages en travers influençant la ligne d'eau).

4148575 LOGNE à LIMOUZINIÈRE (LA) - LIEU-DIT LE CHIRON									
Valeurs inférieures des limites de classe par type pour l'IBGN		15	13	9	6	Valeur de référence		16	
Valeurs inférieures des limites de classe par type pour l'IBD		16,5	14	10,5	6	Valeur de référence		17,5	
qualité globale retenue	Type	Invertébrés			Diatomées		Macrophytes	Poissons	
		IBGN/IBGA	GFI	Taxons	IPS	IBD	IBMR	IPR	
2015	moyen	RCS	11	4	28	12,7	13,1	10,41	
2014	moyen	RCS	10	4	23	10,1	11,5		
2013	moyen	RCS	11	4	26	11,6	11,8		
2012	médiocre	RCS	8	2	22	13,5	13,5	9,8	
2011	moyen	RCS	11	4	26	14,2	13,7		

Figure 9 : Etat des lieux de la qualité biologique de l'eau sur la Logne entre 2011 et 2017 (source : Hydro concept)

L'Ognon (FRGR0555)

Sur la partie amont, on retrouve une **qualité globale en « moyen »** malgré un état physico-chimique très mauvais sur plusieurs paramètres, d'où la nécessité de visualiser les deux états. Les notes d'invertébrés manquent de recul pour connaître réellement l'état du milieu : on observe une note différente pour trois années distinctes. La note IBD⁵ est déclassante, malgré des points relativement proches d'une classe en bon état. Cette observation pose question, car les diatomées en général et l'IBD en particulier sont utilisés pour évaluer la dégradation de la qualité physico-chimique générale de l'eau (en particulier vis-à-vis des teneurs en matière organique et des concentrations en nutriments).

Pour la station aux Sorinières, les IBGN sont déclassants, ainsi que l'IBMR⁶. Ce dernier est sensible au niveau trophique global du milieu et à la concentration en nutriments. La présence de phosphore total et de phosphates est visible directement ici. L'état médiocre et le faible nombre de taxons corrélé avec un GFI⁷ bas indique un milieu peu biogène.

4148580 OGNON à SAINT-ANDRE-TREIZE-VOIES - LES BERNARDIERES										
Valeurs inférieures des limites de classe par type pour l'IBGN		15	13	9	6	Valeur de référence				16
Valeurs inférieures des limites de classe par type pour l'IBD		16,5	14	10,5	6	Valeur de référence				17,5
qualité globale retenue	Type	Invertébrés			Diatomées		Macrophytes	Poissons		
		IBGN/IBGA	GFI	Taxons	IPS	IBD	IBMR	IPR		
2015	moyen	RCS	14	7	26	13,1	13,3			
2012	moyen	RCS	6	2	14	11,5	11,2			
2011	moyen	RCS	12	7	20	12	12			

4148587 OGNON à SORINIERES (LES) - PONT DE VIAIS										
Valeurs inférieures des limites de classe par type pour l'IBGN		15	13	9	6	Valeur de référence				16
Valeurs inférieures des limites de classe par type pour l'IBD		16,5	14	10,5	6	Valeur de référence				17,5
qualité globale retenue	Type	Invertébrés			Diatomées		Macrophytes	Poissons		
		IBGN/IBGA	GFI	Taxons	IPS	IBD	IBMR	IPR		
2015	moyen	RCS	11	4	27	12,1	13,6			
2014	médiocre	RCS	8	2	22	12,1	13,9	8,48	21,295	
2013	médiocre	RCS	7	2	19	12,2	13,6			
2012	mauvais	RCS	7	2	17	13,4	14,8	7,78		
2011	moyen								20,887	

Figure 10 : Etat des lieux de la qualité biologique de l'eau sur l'Ognon entre 2011 et 2017 (source : Hydro concept)

⁵ IBD : L'Indice Biologique Diatomées se base sur l'étude des diatomées (algues brunes unicellulaires) pour évaluer la qualité biologique générale d'un cours d'eau

⁶ IBMR : L'Indice Biologique Macrophyte est fondé sur l'étude des macrophytes (végétaux aquatiques visibles à l'œil nu) pour évaluer la qualité globale des cours d'eau.

⁷ GFI : Groupe Faunistique Indicateur (GFI)

La Chaussée (FRGR2110)

La chronique de prélèvement est faible pour en tirer des conclusions robustes. Cependant, on observe des IPR réalisés sur 3 années successives. **La note a toujours été mauvaise.** La proximité avec le lac peut jouer sur le peuplement piscicole et la note. Cette dernière est une comparaison avec un peuplement de référence pour un type de cours d'eau donné : il serait plus intéressant de connaître les cortèges associés et de visualiser les espèces présentes. La qualité globale va de médiocre à mauvais selon les années.

4682000 : LA GRANDE NOE OU RAU CHAUSSEE À LA CHEVROLIERE - PONT AU NIVEAU DU LIEU-DIT L'AUBI									
Valeurs inférieures des limites de classe par type pour l'IBGN		15	13	9	6	Valeur de référence		16	
Valeurs inférieures des limites de classe par type pour l'IBD		16,5	14	10,5	6	Valeur de référence		17,5	
qualité globale retenue	Type	Invertébrés			Diatomées		Macrophytes	Poissons	
		IBGN/IBGA	GFI	Taxons	IPS	IBD	IBMR	IPR	
2016	médiocre	RCS	8	2	24				28,932
2015	médiocre	RCS	11	5	23				29,778
2014	mauvais	RCS	13	7	24	10,5	12		33,067

Figure 11 : Etat des lieux de la qualité biologique de l'eau sur la Chaussée entre 2011 et 2017 (source : Hydro concept)

2.5.3 Qualité hydromorphologique (cf. §3)

L'étude préalable à l'élaboration du Contrat Territorial Milieux Aquatiques (ancien Contrat Restauration Entretien « Rivière et Affluents ») réalisé en 2008 montre une **altération importante de l'hydromorphologie** des cours d'eau du bassin versant.

Les paramètres les plus altérés sont :

- **La continuité**, suite à la présence d'obstacles à l'écoulement (moulins, seuils, vannages, ...),
- **Le lit, suite aux nombreux travaux hydrauliques agricoles** (recalibrage, rectification) colmatage par les rejets organiques ou sédimentaires.

2.5.4 Continuité écologique

Il existe 208 ouvrages sur le territoire du SAGE altérant ainsi 71% du linéaire des cours d'eau. Parmi eux, 6 sont des ouvrages grenelle 2 :

- La Chaussée du Moulin de la Garde sur la Boulogne,
- 5 seuils artificialisés sur l'Ognon.

Dès l'aval de la Logne, de la Boulogne et de l'Ognon, des ouvrages très difficilement franchissables sont installés et entravent fortement la progression des poissons.

Les 208 ouvrages sur les cours d'eau du bassin ont fait l'objet de l'étude préalable au contrat de restauration. Le vannage de Bouaye, à l'exutoire du lac de Grand Lieu, s'ajoute à l'ensemble des ouvrages sur cours d'eau.

Le dénivelé naturel de la Boulogne est d'environ 95 m. Le long de ce dénivelé, 44 ouvrages sont recensés conduisant à un taux d'étagement élevé de 47,2%.

L'Ognon a un taux d'étagement légèrement inférieur par rapport à la Boulogne : 46,6%.

Les autres cours d'eau du SAGE ont un taux d'étagement inférieur à 30% hormis la Violette (55,7%) et la Malnay (40,9%).

2.5.5 Synthèse

Le tableau ci-dessous récapitule l'état écologique des masses d'eau en 2019 ainsi que les paramètres déclassants.

Masse eau	Etat écologique (MAJ 2019)	Objectif Bon état	Paramètre(s) déclassant(s)
FRGR0552 - La Boulogne et ses affluents depuis la source jusqu'au lac de Grand Lieu	Médiocre	2027	Morphologie, Continuité, Hydrologie, Macropolluants, Pesticides
FRGR0555 - L'Ognon et ses affluents depuis la source jusqu'au lac de Grand Lieu	Mauvais	2027	Morphologie, Continuité, Hydrologie, Macropolluants, Pesticides
FRGR0554 - La Logne et ses affluents depuis la source jusqu'à la confluence avec la Boulogne	Médiocre	2027	Morphologie, Continuité, Hydrologie, Macropolluants, Pesticides
FRGR2110 - La Chaussée et ses affluents depuis la source jusqu'au lac de Grand Lieu	Médiocre	2021	Morphologie, Hydrologie, Pesticides
FRGL108 - Lac de Grand Lieu	Médiocre	2027	

L'altération de l'état écologique due à la pression hydrologique (prélèvements, stockage) est identifiée comme facteur déclassant de l'état des masses d'eau. Cela au même titre que la pression sur la morphologie due aux aménagements passés de recalibrage de cours d'eau, et que la pression due à l'usage de pesticides sur le territoire pour l'ensemble des 4 principales masses d'eau cours d'eau.

Sur les masses d'eau de la Logne, de la Boulogne et de l'Ognon, s'ajoutent des pressions dues à l'altération de la continuité écologique du fait de la présence d'obstacles à l'écoulement (seuils), et à la présence de macropolluants (matières en suspension, nitrates, phosphates...). En effet, même si des actions ont été mises en place, leur effet ne se mesure pas encore sur tous les paramètres.

2.6 Etat qualitatif du lac de Grand Lieu

2.6.1 Etat global de la masse d'eau au sens de la Directive Cadre européenne sur l'eau


En 2013, le référentiel de qualité pour définir le lac de grand lieu n'était pas encore validé. Les paramètres et limites déclassantes des plans d'eau naturels dépendent de plusieurs facteurs et notamment du temps de séjour théorique des eaux. Or, l'exutoire du lac est contrôlé par une écluse. Le temps de séjour varie donc au cours de l'année (40 jours en hiver, plus de 1000 jours en été). Le lac est un milieu écologique très hétérogène dans l'espace et dans le temps. Cette hétérogénéité complique la mise en place de seuils de qualité et donc de son classement quant à l'« état » des eaux.

D'après les relevés de l'Agence de L'eau Loire Bretagne, les concentrations mesurées ne permettaient pas de classer les eaux en bon état. Si les références habituelles « plans d'eau » étaient utilisées, la masse d'eau serait alors classée en « mauvais état ». Or, après consolidation, l'état global de la masse d'eau FRGL108 (lac de Grand Lieu) est considéré moyen, résultat d'un bon état chimique et d'un état écologique moyen, comme l'illustrent les tableaux ci-dessous issus du plan de gestion de Grand Lieu 2018-2027.

Etat chimique (d'après l'arrêté du 27/07/2015)

Etat	BON
Niveau de confiance	Elevé

Etat chimique retenu : BON

Etat écologique (d'après l'arrêté du 27/07/2015)					
Physico-chimie				Biologie	
Paramètres physico-chimiques sur eau (d'après l'arrêté du 27/07/2015)		Paramètres physico-chimiques sédiments (d'après la diagnose rapide plan d'eau)			
Nutriments		Sédiments		Phytoplancton	
Azote minéral (µg/l)	83	Azote Kjeldhal (%)	1.140	IPLAC	0.409
Phosphore total (µg/l)	413	Carbone organique (%)	11.00	Diversité moyenne (nb taxons)	84
Nitrates (µg/l)	10900	Phosphore total (%)	0.0925	Tendance peuplement	Eutrophe à hyper-eutrophe
Transparence					
Profondeur du disque de Secchi (m)	0.275				
Bilan de l'oxygène					
ILOX	95.00				
					
Etat - Paramètres					
Eléments généraux		Transparence, Ptot			
Polluants spécifiques		Nicosulfuron, Arsenic, Cuivre			
Biologie		IPLAC			
Niveau de confiance		Moyen			
Etat écologique retenu : MOYEN					

Dans le cadre du dernier état des lieux du SDAGE Loire Bretagne dressé en 2019, ces niveaux d'état après consolidation sont identiques.

2.6.2 Approche du fonctionnement écologique du lac

2.6.2.1 *Evolutions de la morphologie du lac*

Depuis le XVIII^{ème} siècle, la régulation hydraulique du lac a eu des incidences sur les conditions d'écoulement et donc sur les conditions d'érosion et de dépôt des sédiments véhiculés par les cours d'eau, par conséquent a fortiori sur sa morphologie. Le schéma suivant montre sur la base d'un premier travail réalisé par Guillou et al. l'évolution dans le temps des travaux principaux effectués sur le système hydraulique du lac et les phases présumées d'érosion et de colmatage au fil des siècles.

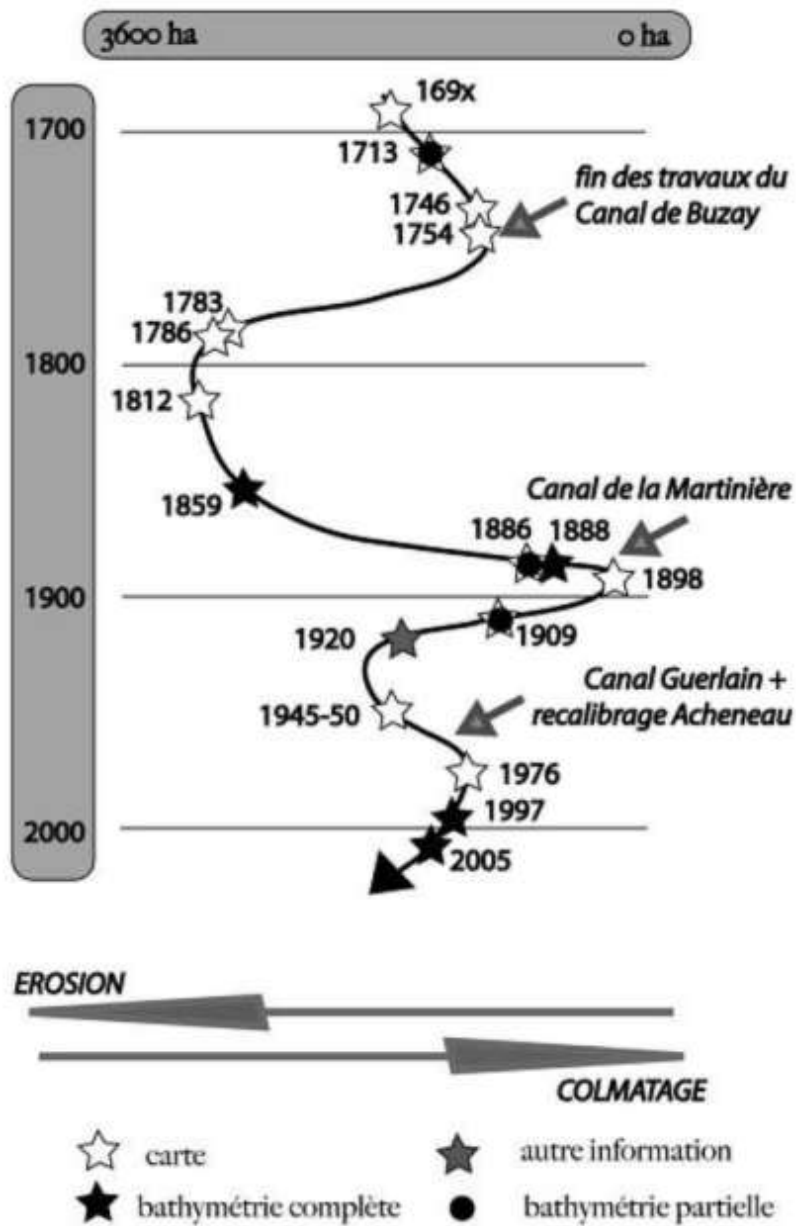


Figure 2. — Évolution schématique de la surface lacustre depuis le début du XVIII^{ème} siècle (Guillou *et al.*, 2008, complété) et localisation temporelle des principales étapes documentées. Depuis 1976 le lac serait en érosion en réaction à des travaux hydrauliques majeurs sur son exutoire (recalibrage important de l'Acheneau) et des aménagements internes (création du canal Guerlain).

Figure 12 : évolution de la surface lacustre sur les 3 derniers siècles

D'après l'étude bathymétrique réalisée par la Société Nationale de Protection de la Nature en 2010, le volume de la zone centrale du lac a peu évolué dans les années précédentes. Il a été calculé pour une cote de référence qui est de 1,6 m selon l'ancienne référence de Buzay qui correspond à 1,14 m NGF .

L'évolution montre une diminution des zones de grande profondeur et une augmentation des zones de faibles profondeurs.

Figure 13 : estimation du volume d'eau de la zone centrale du lac de Grand Lieu en 1997-2000, 2005-2006 et 2010

	Mesures comparatives des volumes d'eau (en millier de m ³)					
	volume calculé par surf. des classes bathymétriques		volume calculé par moyenne des points		volume calculé avec logiciel Covadis	
	zone de suivi 1783 ha	zone de suivi 1828 ha	zone de suivi 1783 ha	zone de suivi 1828 ha	zone de suivi 1783 ha	zone de suivi 1828 ha
1 ^e et 2 ^e campagne	12748	/	12124	/	12594	/
3 ^e campagne	/	12863	/	12430	12596	12790
4 ^e campagne	/	12908	/	12509	12600	12816

2.6.2.2 Règles de gestion hydraulique

Avant 1958, le contrôle du niveau du lac dépendait de la capacité d'évacuation du chenal de l'Acheneau, beaucoup plus faible avant son recalibrage en 1958-64. Le niveau du lac est maîtrisé et artificialisé par la création du vannage de Bouaye et du canal de Guerlain en 1960 (cf. figure 13). En 1965, l'arrêté préfectoral encadrait le niveau en favorisant un abaissement des cotes par rapport au passé et une remontée en période estivale. En 1976, ces cotes ont été révisées à la hausse.

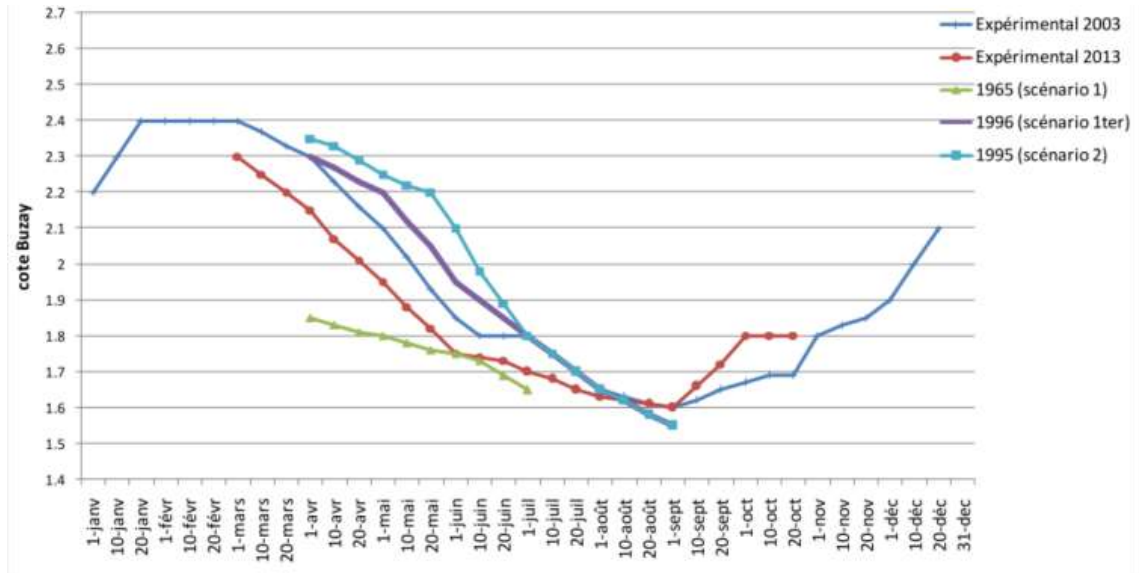
En 1995, suite au plan de sauvetage, les cotes ont été révisées avec une rehausse de 50 cm en avril, 40 cm en mai, 15 cm en juillet. En 1996, un abaissement de 5 à 10 cm par rapport aux cotes précédentes a été retenu.

Suite à des conflits d'usage marqués en 2002, l'arrêté de 2003 instaure une gestion hivernale : « à compter du 15/10, l'ouverture des vannes ne pourra se faire que si le niveau dépasse 1.8 m CB (cote Buzay). Du 1/10 au 01/05, les vannes ne pourront être ouvertes qu'au-delà d'un niveau d'eau supérieur à 2.2 m. A condition de ne pas remettre en cause le remplissage du lac, le préfet peut prendre un arrêté autorisant exceptionnellement l'ouverture des vannes pour une période limitée. »

En 2014, un protocole expérimental a consisté à comparer plusieurs scénarii et à rechercher la solution offrant plus de variabilité interannuelle.

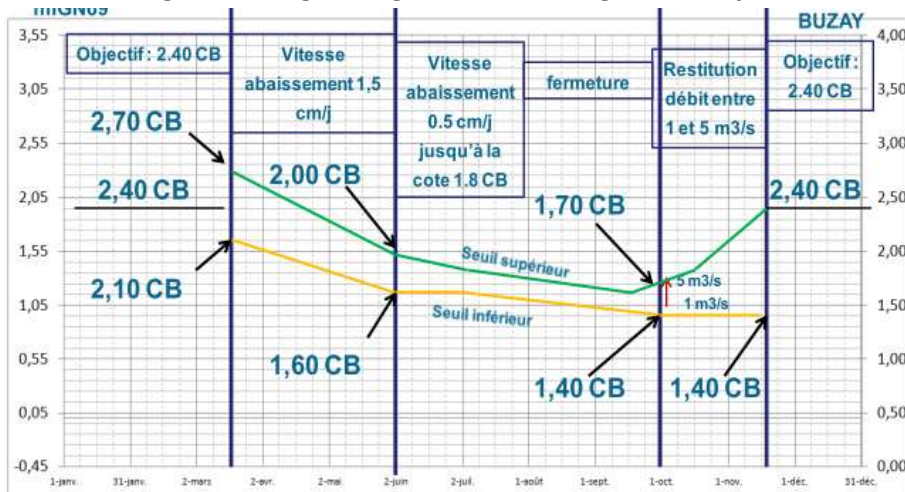
Il a permis de définir les règles de gestion actuelles présentées sur le graphique suivant :

Figure 14 : évolution des niveaux de gestion du lac de Grand Lieu (source : mise en place d'un protocole expérimental de gestion de niveaux d'eau du lac, ISL)



- Objectif 2.4 m (cote de Buzay) en hiver ;
- Vitesse d'abaissement de 1.5 cm/ j en avril mai ;
- Vitesse d'abaissement de 0.5 cm/j de juin à septembre ;
- Restitution importante de 1 à 5 m³/s en octobre novembre.

Figure 15 : règles de gestion du vannage de Bouaye



2.6.2.3 Fonctionnement biogéochimique et hydrosédimentaire du lac de Grand Lieu

Une étude récente « Fonctionnement biogéochimique et hydro-sédimentaire du Lac de Grand-Lieu - Rapport final 2018-2020 » de l'Agence de l'Eau Loire Bretagne et de l'université de Rennes synthétise les données collectées lors de 3 années de suivi sur 15 stations.

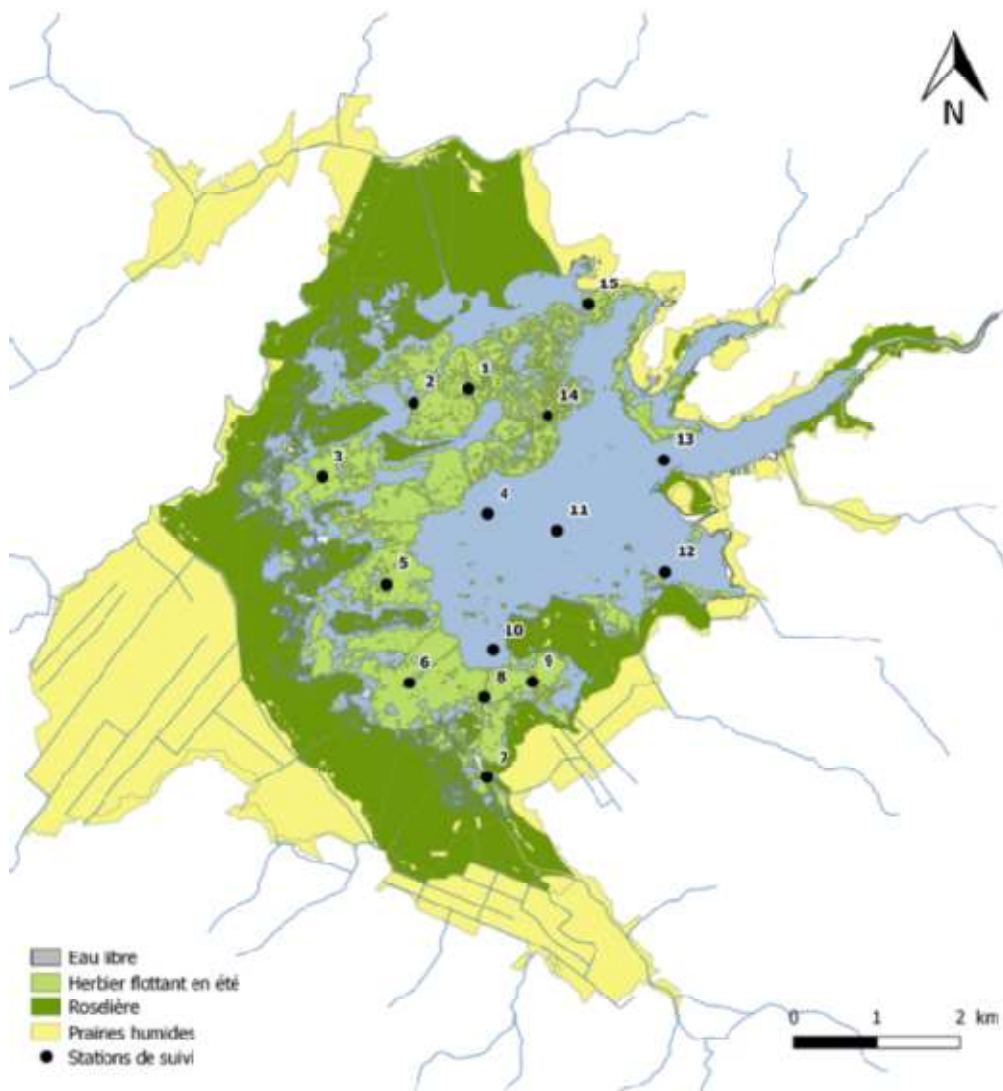


Figure 16 : localisation des stations de suivi sur le lac de Grand-Lieu

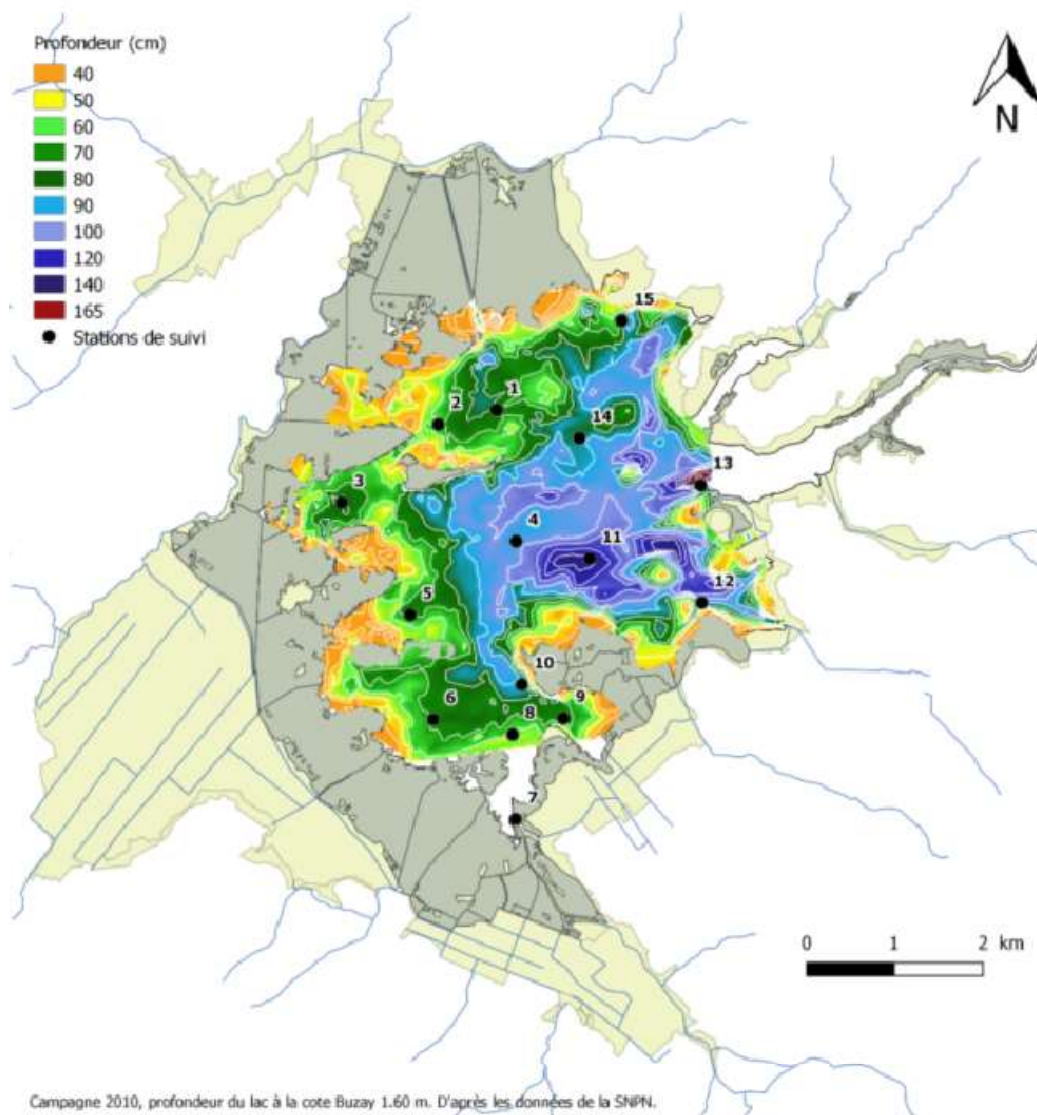


Figure 17 : carte bathymétrique du lac de Grand-Lieu (2010)

Cette étude montre que la **diversité planctonique** du lac reste exceptionnelle, avec près de 400 taxons de phytoplancton, 61 de rotifères et 50 de cladocères et copépodes. La richesse spécifique exceptionnelle du lac, malgré les fortes charges en phosphore et des efflorescences de cyanobactéries, est probablement la conséquence de la grande taille du plan d'eau et de la diversité de ses habitats herbiers / eau libre.

L'étude a mis également en évidence une hétérogénéité horizontale forte des paramètres biologiques et physico-chimiques, associée aux différents habitats. Ainsi, des variations spatiales de température (3°C en moyenne, et jusqu'à 9°C) ont été observées en été, avec des températures plus chaudes en eau libre. Les gradients horizontaux de **nutriments** en été sont équivalents aux variations saisonnières, avec de **fortes concentrations dans la zone d'eau libre et de faibles concentrations dans les macrophytes**. La biomasse de phytoplancton et de cyanobactéries varie d'un facteur 5 entre la zone d'eau libre et les

herbiers, avec de fortes biomasses en eau libre. Les euglènes⁸ en juillet et août sont uniquement présentes dans la zone de macrophytes, indiquant une plus grande quantité de matière organique dans ces zones (espèces mixotrophes) et un fonctionnement plus hétérotrophe comparé à la zone d'eau libre. **Le zooplancton est plus abondant dans les macrophytes**, en accord avec la zone refuge. Il est également plus diversifié. La diversité spécifique des rotifères augmente avec le développement des nénuphars, et reste élevée dans les macrophytes tandis qu'elle diminue de moitié dans l'eau libre. Les patches de nénuphars sont donc un des principaux drivers de la spatialisation des masses d'eau dans le lac de Grand-Lieu, avec des effets non seulement sur la chimie, mais également sur les structures des communautés de plancton. Aux vues de la forte hétérogénéité spatiale observée sur le lac, **l'utilisation d'une seule station de suivi ne semble pas adaptée à sa caractérisation.**

Le lac de Grand-Lieu avec son paysage de macrophytes présente de plus une **circulation complexe de ses masses d'eau en été**, notamment du fait de la présence des deux affluents. Ce point est un des verrous à la compréhension du fonctionnement biogéochimique du lac, puisque certaines zones vont être des voies privilégiées de la circulation de l'eau, avec des temps de résidence très courts, et d'autres zones, au contraire, auront un temps long qui permettra à des processus biologiques de se mettre en place (croissance de cyanobactéries, dénitrification, etc.).

2.6.2.4 *Fonctionnement physico-chimique et biologique du lac et lien avec les niveaux d'eau*

D'après les éléments d'état des lieux du plan de gestion de la réserve nationale de Grand-Lieu, l'hétérogénéité spatiale et temporelle des paramètres physico-chimiques et biologiques est approchée à plusieurs niveaux (cf. carte et graphiques en pages suivantes).

2.6.2.4.1 Physico-chimie et chimie de l'eau

Les hautes eaux d'hiver favorisent une homogénéisation des conditions sur toute la zone centrale : les conditions de vent, l'absence d'herbier, les températures relativement froides et le niveau élevé des eaux concourent à ce brassage et cette relative uniformisation des conditions. Les taux d'oxygène et de pH varient en période hivernale en fonction des apports d'eau (qui font chuter le pH), des températures et des développements de phytoplancton.

Au printemps le développement du phytoplancton fait augmenter le taux de saturation en oxygène ainsi que les variations nyctémérales⁹.

Les expérimentations de l'indice phytoplanctonique lacustre (2016) ont montré :

- des teneurs en « chlorophylle a » élevées pendant toute l'année sur le point de prélèvement (zone centrale) et qui explosent en septembre,
- un peuplement phytoplanctonique dominé par les cyanobactéries à partir de juillet,
- des biovolumes de phytoplancton qui croissent fortement en été.

⁸ petites algues unicellulaires avec flagelle

⁹ Nyctéméral : désigne une alternance d'un jour et d'une nuit correspondant à un cycle biologique de 24 heures

Une compartimentation est observée : les secteurs les plus abrités et riches en végétation aquatique gardent une transparence plus durable que les secteurs plus exposés comme le montre la cartographie des transparences mesurées en juin 2012. Plus le point tend vers le rouge, plus la profondeur du disque de Secchi est faible et plus la turbidité est forte. Plus le point est bleu, plus l'eau est transparente.

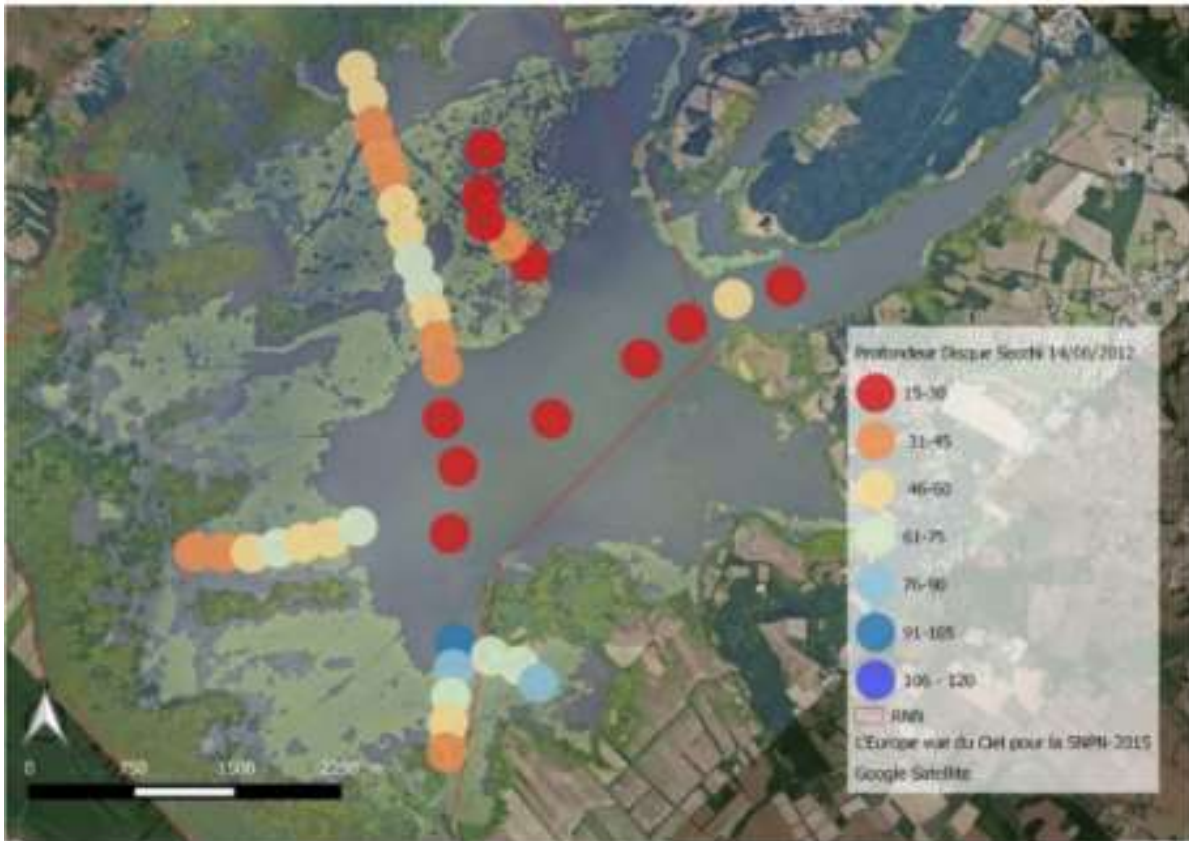


Figure 42: Données de transparence au disque de Secchi (en cm) illustrant la variabilité interne à la zone centrale

Figure 18 : cartographie des transparences mesurées (14/6/2012), source Plan de gestion RNN

En été la transparence chute et certaines zones d'anoxie peuvent apparaître.

L'évolution de plusieurs paramètres au cours d'une année en un point du lac est illustrée dans les graphiques suivants :

- L'évolution de la température du lac est très dépendante de l'évolution de la température de l'air, notamment du fait de sa faible profondeur ; elle varie de 1 à 26°C ;
- Le taux de saturation en oxygène est supérieur à 100% et varie peu de manière nyctémérale en hiver, alors que du printemps à l'automne il varie beaucoup au cours d'une journée du fait des alternances de photosynthèse diurne et d'absence de photosynthèse nocturne par le phytoplancton ;

- La turbidité, quant à elle, varie beaucoup entre 10 et 100 NTU (NB : échelle logarithmique sur le graphique en page suivante) du fait de l'évolution du phytoplancton elle-même dépendante du vent comme évoqué précédemment.

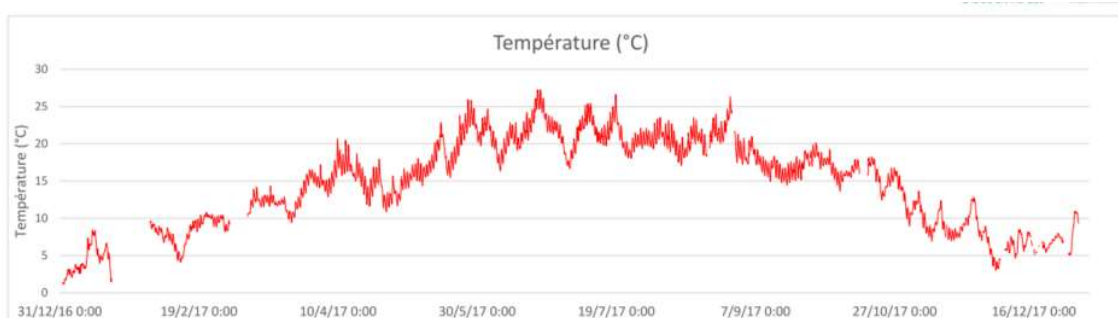


Figure 43 : Evolution de la température sur un point du lac en 2017

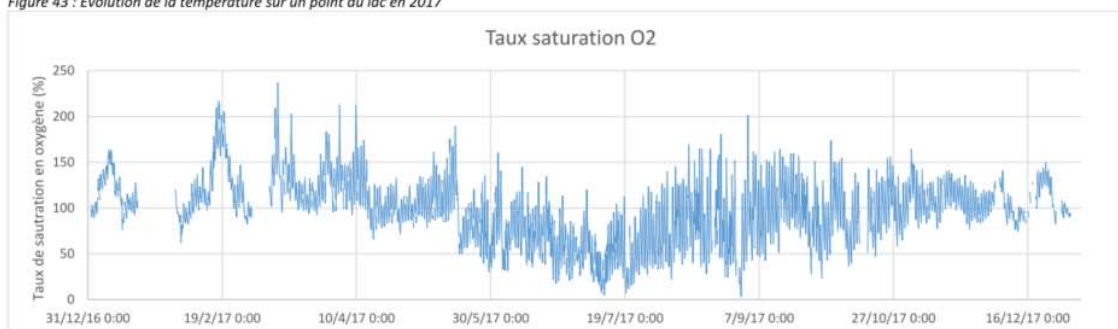


Figure 44 : Evolution du taux de saturation en oxygène (%) sur un point du lac en 2017

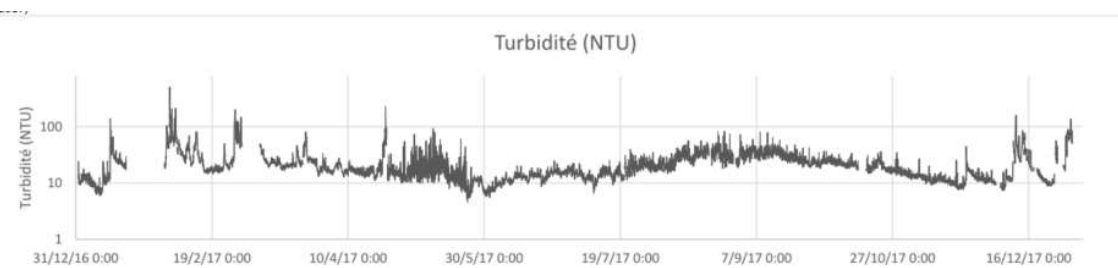
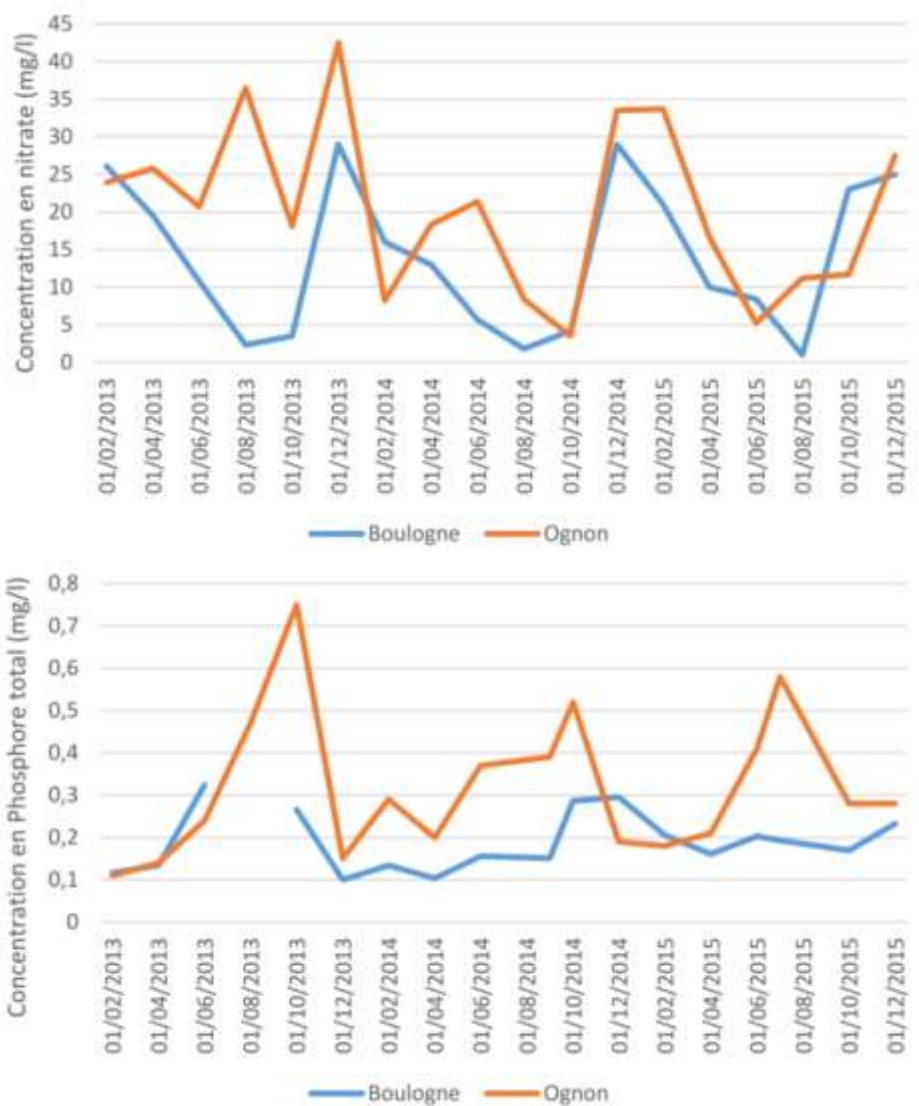


Figure 46 : Evolution de la turbidité, mesurée en NTU (Unité de Turbidité Néphélométrique, attention à l'échelle logarithmique), (2017)

Figure 19 : évolution de paramètres physico chimiques en un point du lac durant l'année 2017 (source : plan de gestion de la RNN)

D'après les mesures faites en 2013-2015, les concentrations en azote issues de l'Ognon sont souvent supérieures à celles issues de la Boulogne. Pour le phosphore, la différence est encore plus marquée.



Au niveau du lac, les concentrations en nitrate sont faibles (inférieures à 1 mg/l) de la fin du printemps à l'automne mais dépassent les 10 mg/l en hiver. A l'inverse, les concentrations en Phosphore total ou en orthophosphates sont relativement contenues en hiver et au printemps (0,02 à 0,08 mg/l) mais atteignent des niveaux très élevés en été et automne (0,5 à près de 1 mg/l de phosphore total). Il est très probable que **les phénomènes d'anoxie qui se déroulent dans le courant de la nuit à l'interface eau-sédiment entraînent des relargages importants de phosphore en été et automne.**

Concernant les **micropolluants**, les suivis menés sur les cours d'eau affluents du lac montrent une situation très dégradée sur l'Ognon sur la variété et les quantités de pesticides qui se retrouvent dans l'eau. La situation est correcte sur la Boulogne.

Les conséquences de ces molécules sur l'écosystème du lac de Grand-Lieu sont inconnues mais elles constituent un facteur de risque important. Les concentrations en pesticides dans les eaux de Grand-Lieu restent modérées et une seule molécule dépasse la norme : le nicosulfuron. Ce produit utilisé dans le désherbage du maïs n'avait pas été détecté avant 2016 dans les eaux du lac. La molécule la plus détectée en quantité est l'AMPA, mais elle reste à des niveaux bien inférieurs aux seuils de déclassement.

D'autres polluants « spécifiques non synthétiques » sont détectés. Deux sont au-dessus des seuils : l'Arsenic (d'origine naturelle) et le Cuivre, qui peuvent s'expliquer par la proximité d'exploitations viticoles.

2.6.2.4.2 Lien entre biologie et niveaux d'eau

D'après l'étude pédologique du plan de gestion de la RNN, la majeure partie du sol de la réserve est constitué de sédiments récents : l'épaisseur de vase augmente progressivement depuis le sud-est du lac vers le nord-ouest. Les secteurs les plus riches en matière organique sont situés au nord-ouest de la zone centrale. Ces vases sont très facilement remises en suspension car peu cohésives. Elles sont riches en phosphore et en matières azotées et donc propices aux développements végétaux.

La dynamique des habitats du lac est directement liée aux variations des niveaux d'eau, mais pas seulement.

Le schéma en page suivante illustre très bien la diversité des types de végétation de la RNN et leur lien avec le niveau d'eau (humidité édaphique) d'une part et le contexte trophique d'autre part.

Autrement dit, la qualité de l'eau et le niveau trophique du lac conditionnent, avec le niveau de l'eau, les dynamiques d'évolution des différents types d'habitats qui constituent le lac.

Ce schéma permet de comprendre la multitude de dynamiques pouvant conditionner l'évolution de ces habitats, qui peuvent évoluer d'habitats aquatiques en habitats caractéristiques de zones humides. Il illustre aussi la vulnérabilité de ces habitats au développement de la jussie.

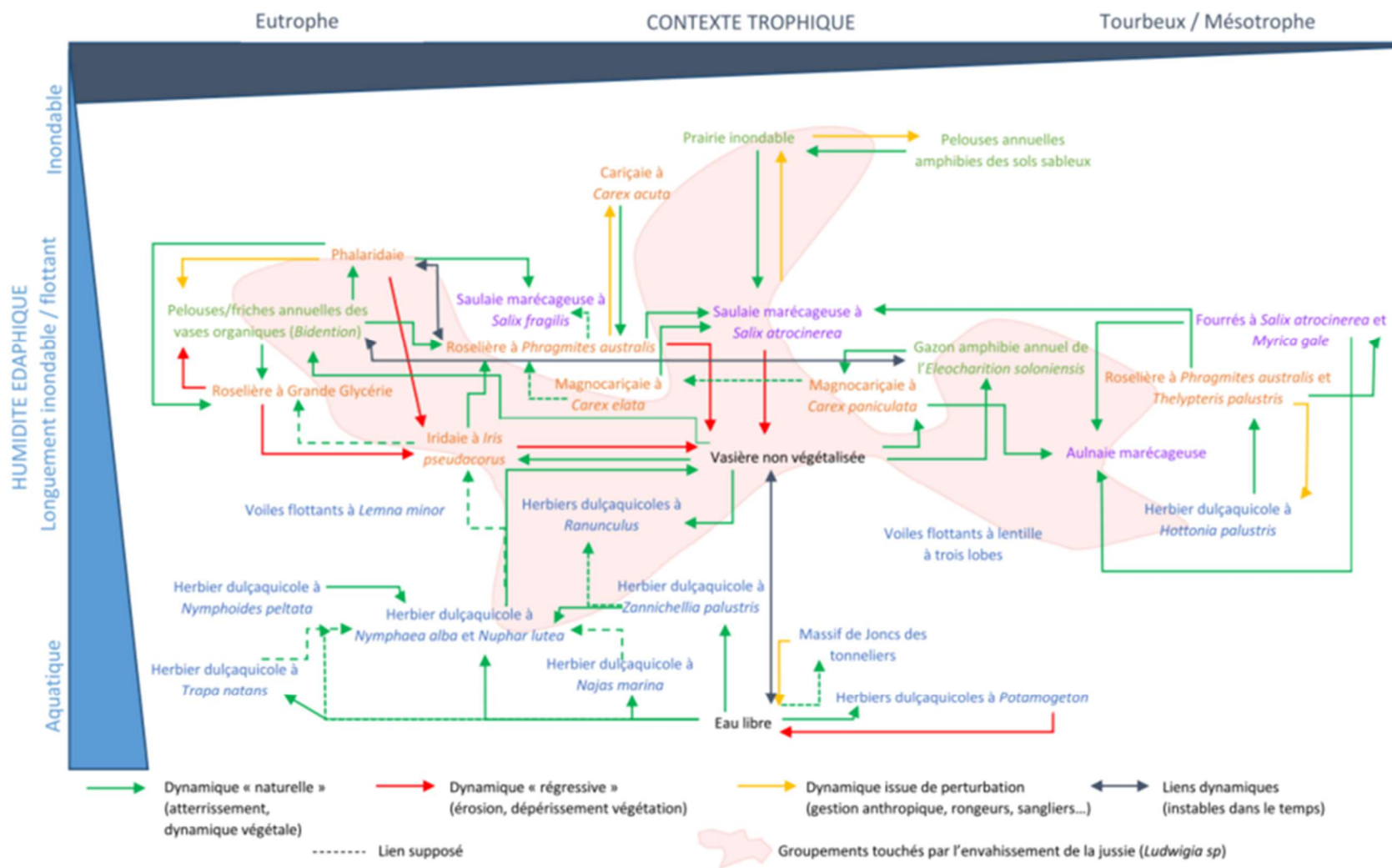


Figure 20 : schémas des liens entre végétations de la RNN (source : plan de gestion RNN)

Compartiment piscicole :

La gestion globale des niveaux d'eau du lac impacte directement la continuité écologique au droit de l'ouvrage de Bouaye.

- **Transparence piscicole de l'ouvrage de Bouaye et des ouvrages aval (Loire-Acheneau)**

L'ouvrage faisant le lien entre la Loire et l'Acheneau (vannage de Buzay) a été récemment équipé de vannes piscicoles devant permettre une meilleure colonisation de l'Acheneau par les anguilles venant de Loire. Aucune évaluation de l'efficacité du dispositif n'a été menée jusqu'alors.

L'ouvrage de Bouaye constitue un point difficile pour l'accès de l'anguille au lac. En fonction des cotes amont et aval et de l'ouverture des vannes, les jeunes anguilles peuvent plus ou moins facilement franchir l'ouvrage. Une passe à civelle/anguille est fonctionnelle de mars à juin au moins (en fonction des mouvements d'eau). Son efficacité dépend fortement des manœuvres d'ouvrage : une ouverture trop réduite du vannage (dépendant elle-même des niveaux d'eau, de la pluviométrie et du règlement d'eau) se révèle très défavorable. L'appel d'eau n'est alors pas suffisant pour induire des mouvements significatifs des anguilles vers l'amont.

Lors de la migration des anguilles argentées, normalement à l'automne/hiver, le vannage de Bouaye constitue un point de blocage majeur à la différence des ouvrages en aval dont les ouvertures sont suffisantes pour permettre la dévalaison des anguilles. L'ouvrage reste souvent trop longtemps fermé pour permettre la remontée des niveaux du lac après l'étiage. Les anguilles ne peuvent le franchir puisqu'il ne dispose pas de dispositif amont-aval. Le nouveau règlement d'eau prévoyait des ouvertures à l'automne (fonction des niveaux d'eau). Les premiers essais s'avèrent peu concluants : une ouverture trop limitée du vannage (exemple de l'ouverture d'une vanne sur 10 ou 20 cm) du fait d'une pluviométrie insuffisante s'avère contre-productif pour la migration de l'anguille. Les adultes prêts à rejoindre l'océan ne franchissent pas ces ouvertures trop étroites et aux courants probablement trop turbulents. Il a été montré qu'une ouverture d'au moins 60 cm est souhaitable.

Figure 21 : lien entre gestion du niveau d'eau et poissons migrateurs

De plus, elle impacte la fonctionnalité des frayères, en particulier pour le brochet qui constitue une des espèces de poissons les plus exigeantes en la matière (reproduction sur les zones inondées temporairement). Une baisse trop brutale et/ou trop précoce des niveaux d'eau au printemps peut jouer sur la survie des alevins.

La période d'étiage peut constituer une période critique pour les poissons du fait de la réduction de la surface disponible (2000 ha) et des risques d'anoxie, souvent localisée à l'interface eau-sédiment.

Enfin, les connexions hydrauliques internes au lac constituent un élément qui peut faciliter ou au contraire bloquer la colonisation des habitats annexes par les poissons si elles ne sont pas entretenues. Ces habitats (prairies inondables, roselières) jouent un rôle important pour la reproduction de certaines espèces. Les douves artificielles créées de longue date assurent cette connexion hydraulique facilitée.

Amphibiens :

Les connexions importantes entre milieux favorisent la présence de poissons sur l'ensemble de la zone humide par hauts niveaux d'eau. Les poissons étant souvent prédateurs d'amphibiens, cela peut constituer un facteur limitant important pour les amphibiens.

Avifaune :

A noter que le choix a été fait de privilégier la restauration d'un régime hydraulique plus naturel ainsi que la fonctionnalité des habitats, au travers notamment de la variabilité interannuelle des niveaux d'eau. Cela favorise les habitats pour l'avifaune.

La morphologie du lac a été très impactée par les ouvrages et la régulation hydrauliques.

Plusieurs études ont caractérisé l'hétérogénéité spatiale et temporelle des paramètres physico chimiques et biologiques, qui est notamment liée à :

- . la complexité de la circulation des masses d'eau au sein du lac notamment en été, ainsi qu'à l'effet du vent sur la remobilisation de sédiments ;

- . Aux variations qualitatives et quantitatives des affluents.

La qualité de l'eau et le niveau trophique du lac conditionnent, avec le niveau de l'eau, les dynamiques d'évolution des différents types d'habitats qui constituent le lac.

2.7 Qualité des eaux souterraines

2.7.1 Les nitrates

→ La nappe du bassin tertiaire de Grand Lieu et du Lac

A Geneston, en amont de la Nappe, la teneur en Nitrates est élevée avec une moyenne 67 mg NO₃/l en 2010. La valeur maximale observée pour l'année 2011 est de 100 mg/l, au mois d'avril. A La Chevrolière, la teneur en Nitrates est très élevée : 93 mg NO₃/l en moyenne en 2010 et 112 mg NO₃/l en avril 2011. **Ces teneurs très élevées en nitrates témoignent d'une forte pression anthropique (notamment des activités agricoles) dans un contexte géologique peu favorable à la dénitrification naturelle des eaux.**

A Saint Philbert de Grand Lieu, la teneur en Nitrates est très faible 2,6 mg NO₃/l en moyenne en 2010 et témoigne d'une activité anthropique très faible et d'un contexte très favorable à la dénitrification naturelle (source annuaire nappe 2010 cg44).

→ La nappe de Logne, Boulogne, Ognon, Grand Lieu

Deux qualitomètres sont suivis sur la masse d'eau présentant des résultats très différents qui s'expliquent par le fait qu'il ne s'agit certainement pas d'une nappe unique mais de plusieurs nappes sans relation entre elles. Le point de suivi de **Vieillevigne présente une très mauvaise qualité des eaux pour le paramètre nitrate** avec des pointes à 200 mg NO₃/l et une énorme fluctuation du taux de nitrates sur l'année.

A l'inverse, la valeur obtenue pour le point de suivi de Legé est systématiquement en dessous du seuil de détection. Le forage est à 75 m de profondeur, la nappe est peut-être protégée par des éléments géologiques, ou par des phénomènes de dénitrification en profondeur.

2.7.2 Les produits phytosanitaires

L'ensemble des points de suivis en eau souterraine présente **un bon état pour le paramètre phytosanitaire**. Seules quelques molécules à l'état de trace sont observées sur le point de Geneston (Terbuthylazine hydroxy et d'Atrazine 2 hydroxy) et de la Chevrolière (imidaclopride et Métalaxyl).

Les eaux souterraines sont de mauvaise qualité au vu des concentrations élevées en nitrates.

3 ETAT DES LIEUX, MISE EN PERSPECTIVE HISTORIQUE DU BASSIN VERSANT

3.1 Evolution historique de l'aménagement du bassin : approche hydrogéomorphologique

3.1.1 Contexte géologique et connexion avec la Loire

D'après la synthèse des études BRGM de 2007 sur le bassin versant de Grand Lieu :

« le substratum est constitué par le socle cristallin c'est-à-dire des schistes (au Nord-Ouest et au Nord-Est), du granite (de Legé, de la Roche-sur-Yon) et des micaschistes (partie Sud-Ouest du bassin) (figure suivante). La dépression de Grand-Lieu est de forme triangulaire (9 km sur 7 km). Elle est délimitée par trois accidents majeurs (Chevalier, 1987) :

- *l'accident de Sainte Pazanne - Les Essarts (N30°) ;*
- *l'accident de Bourgneuf – Sablé (N50°) ;*
- *l'accident de la Rousselière – l'Ognon (N150°).*

La zone effondrée de Grand-Lieu est comblée par des formations sédimentaires d'âge tertiaire (Cénozoïque). Ce sont principalement des sables déposés au cours de l'Eocène, du Miocène et du Pliocène. L'épaisseur de ces formations est très variable, allant du placage peu épais au bassin proprement dit.

La dépression de Grand-Lieu constitue une ressource hydrogéologique intéressante sur le plan quantitatif. Les caractéristiques hydrodynamiques sont toutefois fortement variables. Elles sont conditionnées par l'épaisseur des formations et la présence potentielle de niveaux argileux.

La distinction entre les sables et les cailloutis pliocènes en place, les colluvions de fond de versants, les alluvions périglaciaires et les alluvions fluviales est le plus souvent très délicate à faire. Ainsi, en hydrogéologie, ces formations sont le plus souvent prises en compte avec les formations tertiaires dans un même ensemble. »

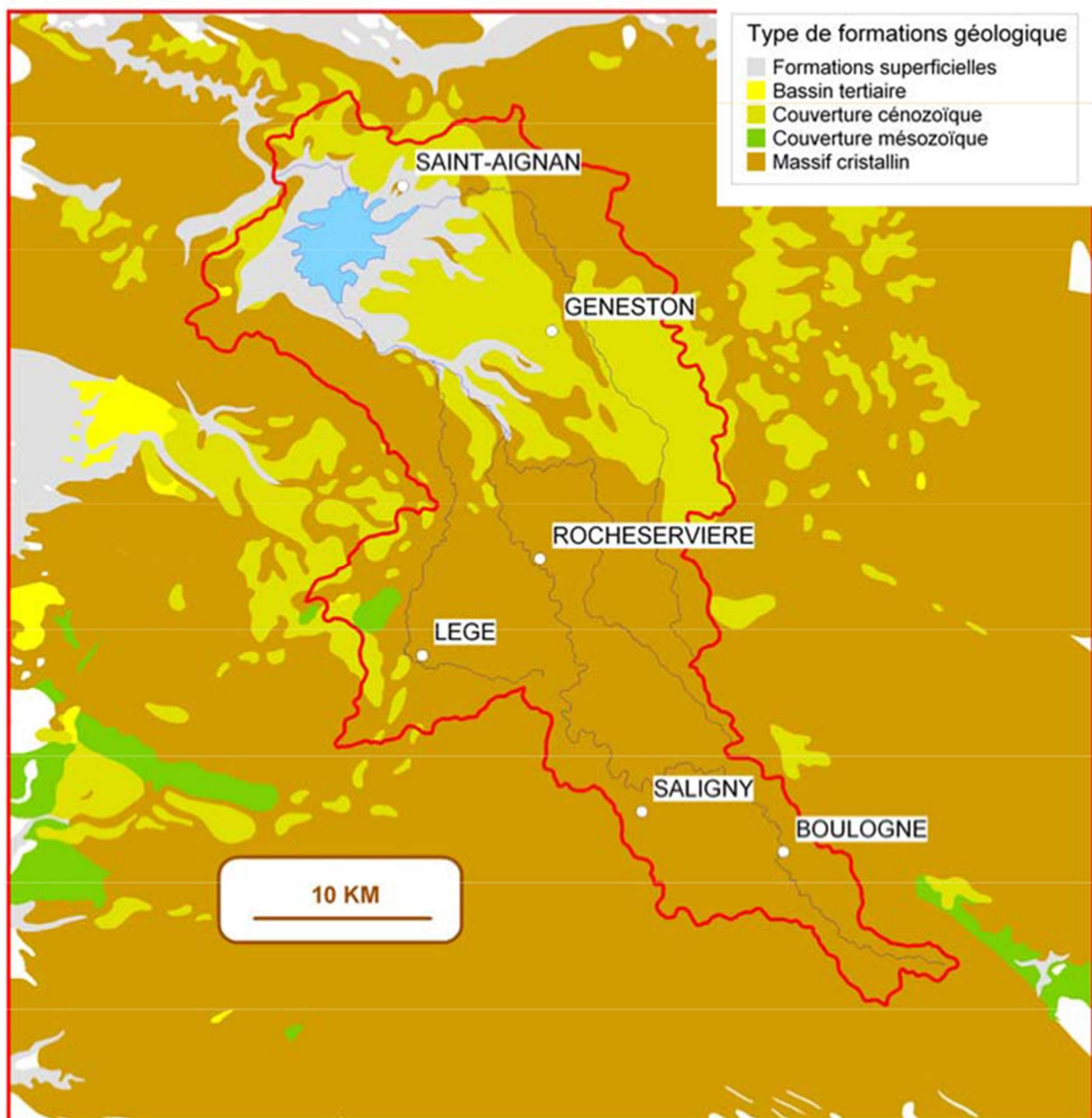


Figure 22 : extrait de la carte géologique simplifiée (source : BRGM)

L'exutoire du bassin versant de Grand Lieu est ainsi caractérisé par la présence d'un **verrou géologique et topographique à Port-Saint-Père** constitué par le massif cristallin en rive gauche de la Loire. Ces formations métamorphiques moins perméables limitent les échanges d'eau superficielle entre le bassin versant de Grand Lieu et la Loire. D'autres verrous existent dans la vallée entre Mesan et Pilon.

La carte géologique suivante permet de faire un zoom sur ce verrou géologique.

L'altitude des marais situés en amont du verrou de Port-Saint-Père et en aval du lac est très faible, comprise entre 1 et 2 m NGF.

Ainsi des formations superficielles susceptibles d'être hydrogéologiquement connectées entre elles sont présentes :

- sur le pourtour du plan d'eau (alluvions fluvioloacustres) ;

- le long de la vallée de l'Acheneau (alluvions récentes Fz) ;
- alluvions fluviomarines de l'estuaire de la Loire.

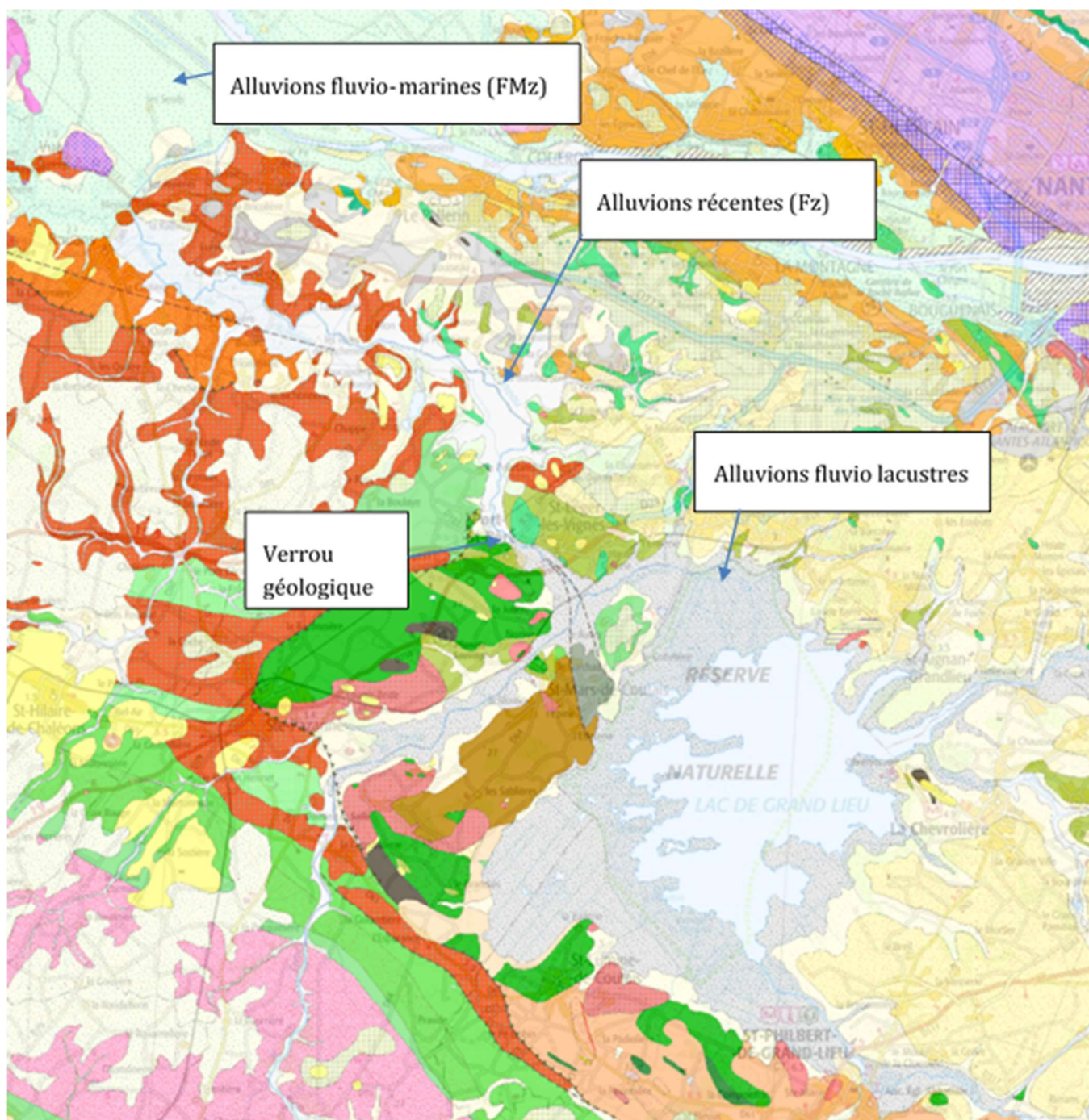


Figure 23 : carte géologique de Grand Lieu et de l'Acheneau

Il est clair que ce verrou géologique limite les échanges d'eau souterraine entre le bassin versant de Grand Lieu et le bassin aval.

3.1.2 Aménagements historiques impactant les hydrosystèmes

Lors de la concertation sur la première phase de l'étude, plusieurs acteurs ont exprimé la nécessité de faire un bilan de l'évolution du bassin concernant les aménagements effectués, l'évolution des pratiques agricoles qui ont pu modifier le fonctionnement de l'hydrosystème.

Ensemble du bassin

Plusieurs îlots forestiers (apparaissant en vert foncé) étaient présents : forêts de Machecoul au sud ouest du lac, forêt de Rocheservière entre le Logne et la Boulogne, forêt de Louvois et Bois de Lozeliers et forêt de Grande Lande à l'est de la Logne. La vallée de la Boulogne est bien démarquée à l'amont de Pont James, contrairement à celle de l'Ognon qui n'est démarquée qu'en rive gauche.

Le bassin versant comporte également de grandes zones de landes de plusieurs dizaines de km² entre l'Ognon et la Boulogne : landes de Boilaine, et au niveau des têtes de bassin versant du ruisseau de Redour et de la Gergue.

Figure 24 : carte de Cassini du bassin versant de Grand-Lieu



Bassin versant direct du lac

Au XVIII^e siècle, le lac de Grand Lieu présentait une surface de 40.63 km² d'après la carte de Cassini. L'Acheneau, un chenal de faible largeur et de 20 km le relie à la Loire, présentant a fortiori une faible pente. Les marais estuariens avaient déjà été aménagés pour permettre les activités humaines :

- présence de barrages successifs ; il s'agissait, selon le SMIDAP, d'étangs de pisciculture créés entre le XIII^e et le XV^e siècle en général,
- drainage des terres par la création de chenaux rectilignes à faible altitude (en effet une hydromorphologie naturelle à cette altitude serait sinueuse et avec de multiples chenaux) ;
- ouvrages de type porte à flots limitant l'intrusion d'eau marine.

De plus, des canaux connectés au lac avaient été créés afin de **drainer** la partie sud-ouest du marais.

Aucune information ne figure concernant les affluents directs du lac

Figure 25 : carte de Cassini du lac de Grand Lieu et de l'Acheneau



Figure 26 : carte d'état-major du lac de Grand Lieu



La carte d'état-major montre qu'au XIX^{ème} de nombreux aménagements étaient présents :

- Canaux perpendiculaires à l'Acheneau ;
- Canaux perpendiculaires à l'Ognon près de l'embouchure de l'Ognon.

Peu d'aménagements en revanche sur le pourtour du lac : une **importante zone de marais** apparaissant en vert, probablement soumis à des fluctuations de niveaux d'eau au gré des crues et peut-être aussi à des submersions marines lors de coefficients de marée élevés. Les chenaux rectilignes présents sur la carte de Cassini n'apparaissent plus au sud-ouest du lac et sont remplacés par des marais.

Du fait de la présence de ce verrou géologique, l'aménagement qui a été réalisé à Bouaye, constitue en quelques sortes un seuil naturel effectuant un **contrôle hydraulique** pour le lac et l'ensemble des cours d'eau qui y confluent. Les écoulements en crue sont ralentis en amont et les sédiments apportés par l'ensemble des cours d'eau du bassin s'accumulent et s'ajoutent aux sédiments issus de la production primaire dans la dépression formée par ce plan d'eau. Ces accumulations de sédiments créent ainsi des terres parfois immergées parfois émergées, autrement dit des zones humides ou marais. Les chenaux de drainage créés au XVIII^è s n'ont pas été entretenus et ont probablement été rebouchés par le dépôt de sédiments.

Au XX^{ème} siècle, en revanche, d'après la photographie aérienne prise entre 1950 et 1965, sur les pourtours du lac le marais a laissé place à des parcelles rectangulaires, vraisemblablement pâturées : au sud-ouest du lac, dans la zone de confluence de la Boulogne et en amont de la confluence de l'Ognon. Le reste du territoire est constellé de parcelles agricoles de petites tailles.

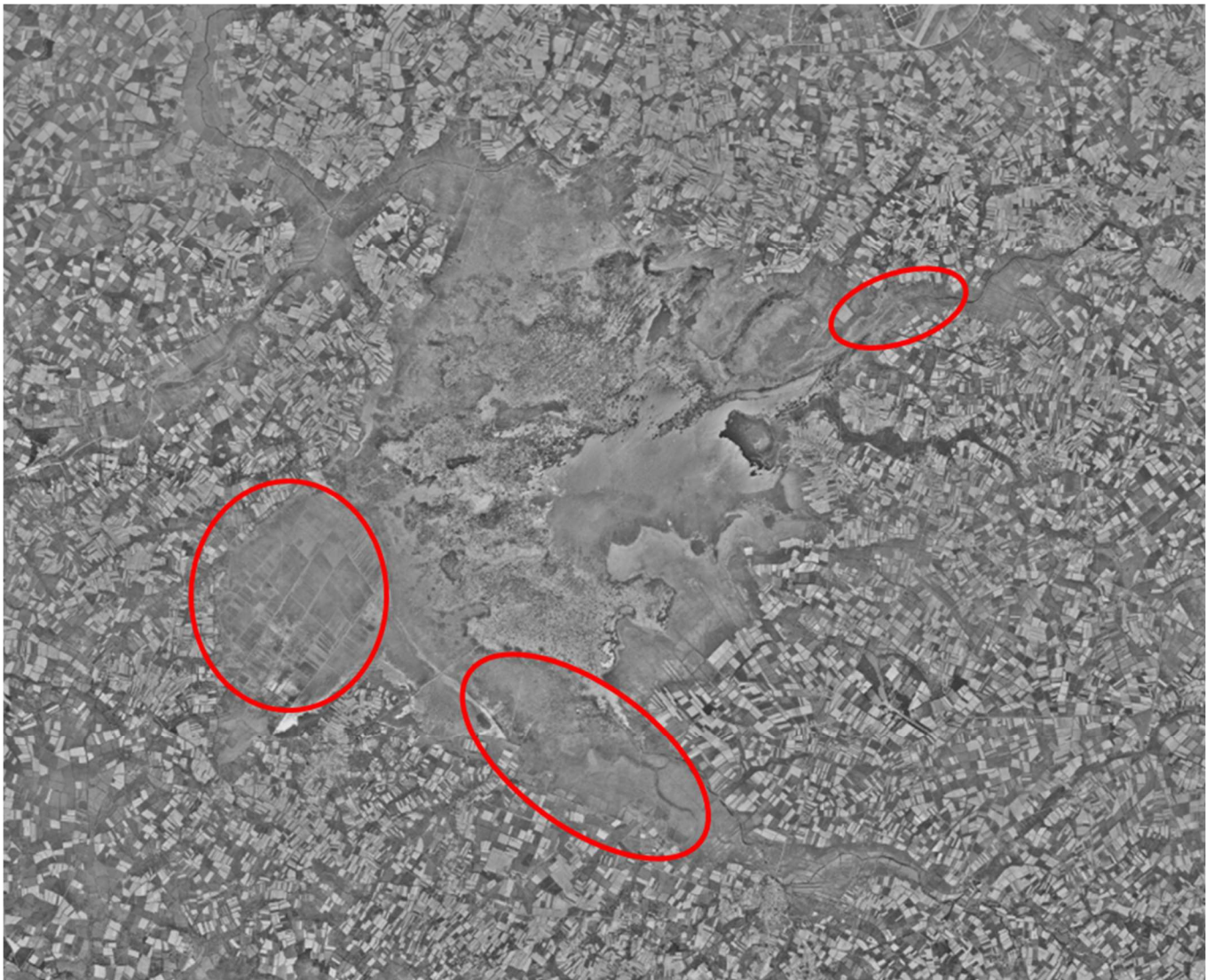


Figure 27 : photo aérienne du lac de Grand Lieu 1950-1965 - zones de marais exploitées (source : géoportail, IGN)

Le marais a laissé place à des parcelles rectangulaires probablement du fait du creusement de chenaux dans le marais et du dépôt des terres excavées entre les canaux : il a été partiellement drainé.



Figure 28 : photo aérienne du lac de Grand Lieu 2020

La photo aérienne récente permet d'observer :

- l'augmentation de taille des parcelles agricoles par rapport à 1950-65, qui s'est traduite par une disparition des haies ;
- L'urbanisation importante sur le pourtour de la réserve : Bouaye, Saint-Aignan et Pont-Saint-Martin au nord, la Chevrolière à l'est, Saint-Philbert-de-Grand-Lieu et Sainte-Lumine de Coutais au sud.

L'augmentation de taille des parcelles agricoles due au remembrement était souvent associée au creusement de fossés longitudinaux permettant d'évacuer les eaux contenues dans le sol afin de faciliter le travail du sol et l'infiltration de l'eau. Par la suite, de nombreuses parcelles ont été drainées grâce à la disposition de drains enterrés. Les fossés de drainage ont dû être approfondis afin de collecter ces drains fonctionnant gravitairement. Les schémas de principe présentés en page suivante illustrent les effets de ces travaux sur le sol.

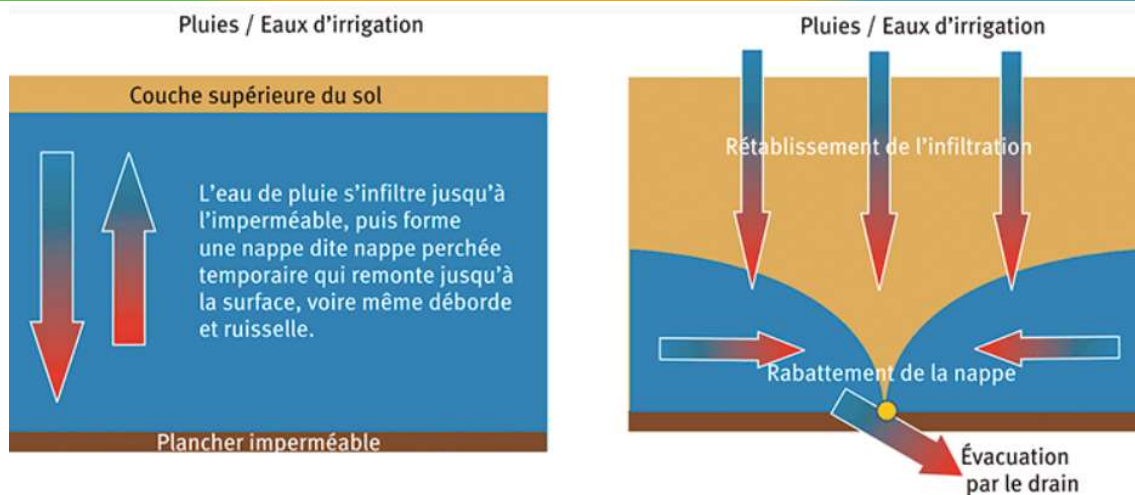


Figure 29 : schéma de principe des drains agricoles (source : INRAE)

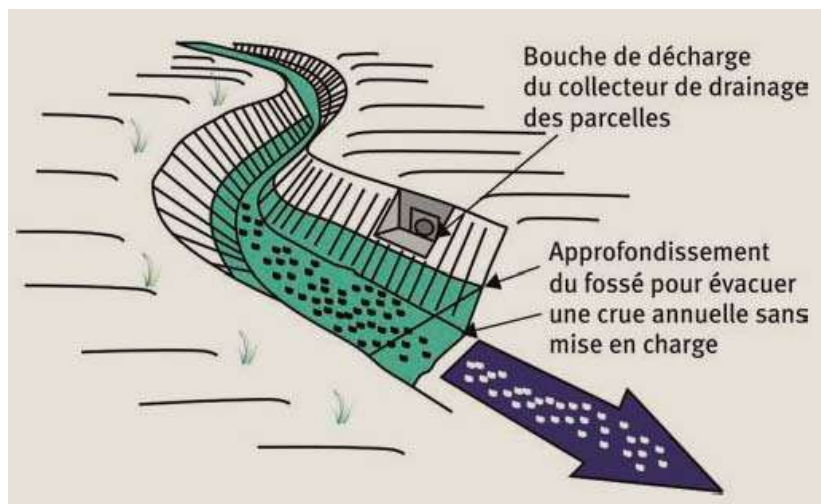


Figure 30 : schéma de principe du fossé de drainage (source : INRAE)

La multiplicité de ces dispositifs de drainage conduit à l'accélération des écoulements en période de pluie et à l'augmentation des pics de crue.

De plus, le focus sur le bassin du Redour présenté sur les deux pages suivantes dont les 4 images correspondent au même secteur, est assez significatif sur l'évolution de l'utilisation des sols, sur un secteur de landes (zones humides).



Figure 31 : évolution des têtes de bassins versants du Redour et de la Gergue – Cassini XVIIIè (en haut) et carte d'état major XIXè (en bas)



Figure 32 : évolution des têtes de bassins versants du Redour et de la Gergue : photo aériennes 1950-1965 (en haut) et 2020 (en bas)

Sur la photographie précédente, deux sablières existent et sont visibles sur photo aérienne grâce aux étendues d'eau claire. Les sables extraits sont notamment utilisés pour l'agriculture intensive en réalisant un amendement sableux des sols permettant de faciliter le drainage et favorable à certaines cultures maraîchères (carotte, mâche, poireaux...). Des serres de superficie importante sont également visibles.

La photo ci-dessous illustre une sablière implantée en bordure du Redour et les champs de cultures maraîchères effectuées sur sols modifiés par amendement sableux.



Figure 33 : sablière et cultures sur sols sablés en rive gauche du Redour

Les aménagements et l'évolution de l'occupation du sol ont induit des évolutions du fonctionnement de l'hydrosystème, caractérisé sur le pourtour du lac de Grand Lieu par :

- . La réduction de surface de zones humides (marais et landes) ;
- . L'augmentation des surfaces de parcelles cultivées, en partie du fait du drainage, et la réduction de haies associée ;
- . L'urbanisation, se traduisant par une imperméabilisation des sols ;
- . La modification de sols par amendement sableux (plus drainants).

Sur la carte d'état major, plus précise, l'Ognon apparaît comme un cours d'eau très sinueux qui s'écoule dans un fond de vallée alluviale caractérisé par les surfaces vertes assimilables à des zones humides. En effet, les sols développés sur des alluvions récentes sont généralement hydromorphes. Il est encaissé jusqu'au bourg de la Planche, en aval duquel une vallée alluviale a une largeur de 100 à 200 m jusqu'à Pont-Saint-Martin Saint-Martin où elle s'élargit.

La photo aérienne montre :

- L'importante urbanisation induisant l'imperméabilisation des sols ;
- La cours d'eau a gardé son caractère sinueux et des bocages restent présents dans le lit majeur ;
- Des parcelles d'agriculture intensive et des serres, dépourvues de haies sont présentes dans le lit majeur, c'est-à-dire au niveau de sols probablement hydromorphes, ainsi qu'à l'écart des cours d'eau.



Figure 36 : carte d'état major de l'aval du BV de l'Ognon (XIX^e)



Figure 37 : photo aérienne 2020 de l'aval du BV de l'Ognon

A Vieillevigne au XX^{ème} siècle, un barrage traversant le lit majeur a entraîné la formation d'un plan d'eau sur plus 1.6 km de l'Ognon.



Figure 38 : carte d'état major et photo aérienne de l'Ognon à Vieillevigne





Figure 39 : évolution des tailles de parcelles entre 1950-65 (1^{ère} photo), 1975 (2^{ème} photo) et aujourd’hui (2020 - 3^{ème} photo) sur le BV de l’Ognon, à la Planche

La comparaison de ces 3 photos aériennes montre une augmentation de la surface urbanisée (= sol imperméabilisé) d’un facteur de l’ordre de 2 entre 1950 et 1975, et d’un facteur de l’ordre de 4 entre 1975 et 2020.

Un cadre rectangulaire permet de comparer l’évolution du nombre de parcelles et du nombre de haies sur les 3 années. Le tableau suivant montre :

- Une diminution du nombre de parcelles associé à l’augmentation des surfaces de chaque parcelle pour des raisons de mécanisation et de productivité ;
- Une diminution du nombre de haies

	Nombre de parcelles dans le rectangle	Nombre de haies dans le rectangle
1957	73	38
1975	47 (-36%)	28 (-26%)
2020	23 (-68%)	8 (-78%)

Lors des ruissellements pluviaux, la suppression de haies contribue à :

- augmenter les vitesses d'écoulement et entraîne une augmentation des débits de crue plus rapide ;
- limiter les possibilités d'infiltration des eaux dans le sol et la phytoépuration.

Le bassin de l'Ognon a été marqué par :

- . **La création de barrages en amont de cours d'eau dès le XVIII^e siècle (ou avant) ;**
- . **Au XX^e siècle l'urbanisation entraînant l'imperméabilisation des sols ;**
- . **Le développement de l'agriculture intensive entraînant drainage des sols, augmentation des surfaces de parcelles, disparition des haies.**

L'Issoire et la Boulogne

11 moulins à eau figurent sur le cours d'eau de la Boulogne sur la carte de Cassini. L'extrait de carte montre ceux présents en aval de Rocheservière ainsi que sur l'Issoire à Saint-Philbert de Bouaine. La petite période glaciaire précédent cette période a pu se traduire par des débits importants par rapport à ce qui est quantifié depuis les dernières décennies, pouvant justifier de tels aménagements.

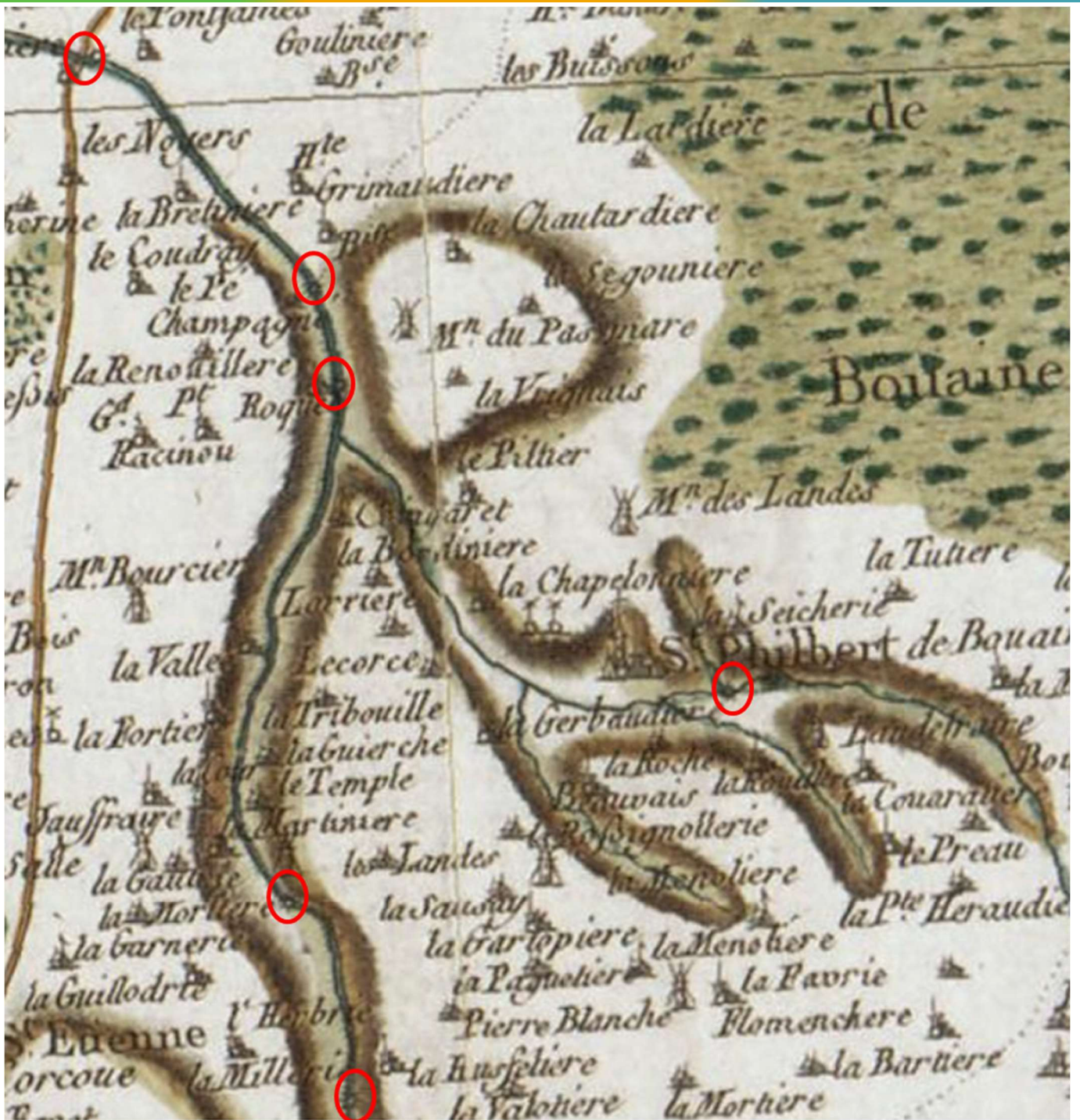


Figure 40 : moulins à eau sur l'Issoire et la Boulogne aval

En amont du bassin versant, plusieurs retenues existent en tête de bassin ainsi qu'en amont immédiat du Petit Luc, en rive gauche, une multitude de moulins à eau sont présents également au fil de l'eau comme le montre l'extrait de carte suivant..



Figure 41 : aménagements présents au XIX^e s sur l'amont du BV de la Boulogne, autour de Saint-Denis

La carte d'état-major montre une morphologie de la Boulogne très sinueuse et encaissée sur sa partie amont, jusqu'à la confluence avec le ruisseau du Redour, en aval de laquelle la vallée alluviale s'élargit jusqu'au lac (embouchure). Les moulins n'apparaissent plus. De nouveaux plans d'eau ont été créés (entourés de rouge).

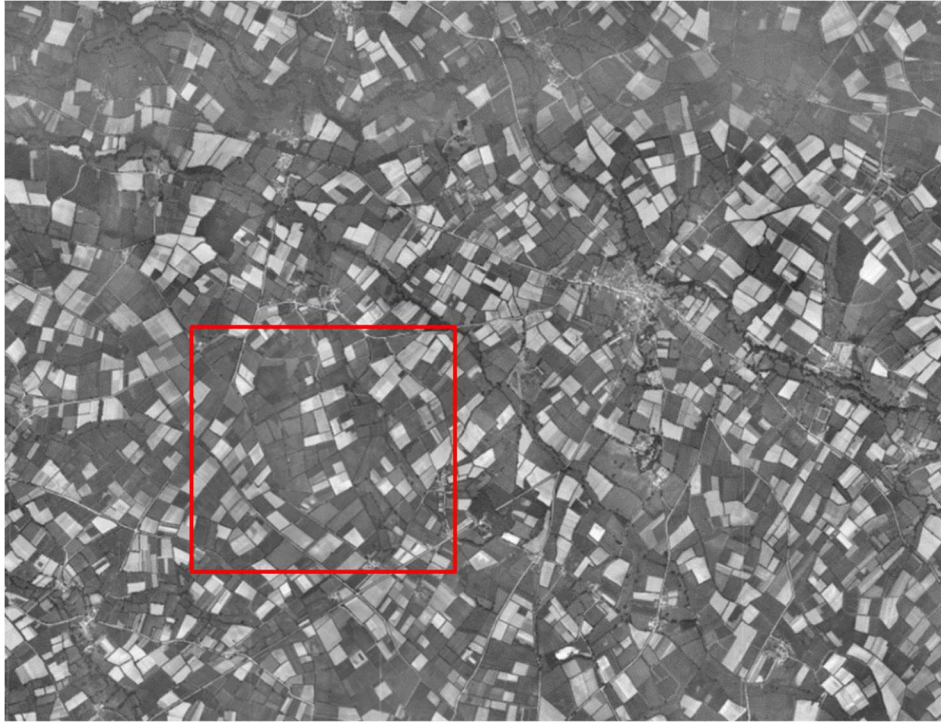


Figure 42 : photo aérienne 1950-65, source IGN



Figure 43 : photo aérienne 1990, source IGN



Figure 44 : photo aérienne 2020 sur le BV amont de la Boulogne, près de Saint-Denis (source : IGN)

Sur les parties aval de la Boulogne, de l'Ognon, ainsi que sur tout le linéaire du ruisseau du Redour, et de la Grande Noé des zones vert foncé probablement caractéristiques de zones humides associées aux cours d'eau et au plan d'eau sont présentes.

	Nombre de parcelles dans le rectangle	Nombre de haies dans le rectangle
1957	220	68
1990	87	25
2020	44	16

Les bassins de l'Issoire et de la Boulogne ont été marqués par la présence de seuils au XVIIIème siècle qui n'existaient plus au XIXè, possiblement du fait d'une baisse de l'hydrologie.

Des plans d'eau ont été créés au XIXème siècle afin de stocker l'eau et pouvoir l'utiliser sur une plus grande période de l'année.

L'évolution de l'agriculture s'est traduite par l'augmentation des surfaces de parcelles et la réduction des haies.

La Logne

Seuls 3 moulins sont représentés sur tout le cours de la Logne sur la carte de Cassini : le moulin de Guérin, le moulin de Gille et le moulin de Joubert, ce qui en fait un cours d'eau encore relativement préservé au XXVIIIè s.

Figure 45 : présence de moulins sur la Logne



Figure 46 : aménagements présents sur la Logne



La carte d'état-major montre un tracé très méandreuse de la Logne dans un fond de vallée humide, la présence de deux affluents drainant des bassins occupés par des bois. Les moulins de la carte de Cassini sont encore présents.



Figure 47 : Carte d'état major du BV le La Logne entre le moulin Guérin et Corcoué sur Logne



Figure 48 : photo aérienne du bassin de la Logne (entre le moulin Guérin et Corcoué)



Figure 49 : photo aérienne du BV de la Logne entre le moulin de Guérin et Corcoué (1996)



Figure 50 : photo aérienne du BV de la Logne entre le moulin de Guérin et Corcoué (2020)

	Nombre de parcelles dans le rectangle	Nombre de haies dans le rectangle
1950-65	176	71
1996	83 (-52%)	26 (-63%)
2020	43 (-76%)	21 (-70%)

Sur le bassin de la Logne, peu de seuils ont été aménagés par le passé mais ils sont encore présents au XIXème siècle. Il s'agit du bassin disposant le plus de forêts et d'un fond de vallée humide. Ce bassin a également été impacté par l'évolution de l'agriculture entraînant une augmentation des surfaces de parcelles et une diminution des haies. La création de plans d'eau a été poursuivie au XXè siècle.

3.1.3 Travaux de restauration amorcés

L'ensemble du bassin versant a fait l'objet d'un contrat territorial milieux aquatiques cours d'eau ou marais visant à restaurer les milieux aquatiques dans un objectif d'amélioration de l'état écologique.

Plusieurs obstacles à l'écoulement ont été supprimés.

Cours d'eau	Longueur totale de cours d'eau (km)	Ouvrages hydrauliques			Appréciation de l'état global des ouvrages
		nombre total	Type d'ouvrage		
			chaussées	seuils	
Boulogne	79	39	37	2	bon état pour 85 % des ouvrages
Ognon	40	14	1	13	bon état à 100 %
Logne	32	10	10	0	bon état pour 85 % des ouvrages

Tableau 2 : ouvrages hydrauliques sur les cours d'eau en 1997 (source : SAGE 1997)

Le bassin versant de l'Ognon a la particularité d'avoir fait l'objet d'un contrat territorial « pollutions diffuses » visant à limiter l'usage des phytosanitaires et des engrais, notamment du phosphore ainsi que leur transfert vers les eaux de surface.

Les différents types d'actions mises en place dans le cadre des contrats milieux aquatiques sont précisés dans les tableaux suivants concernant les actions prévues respectivement au niveau des cours d'eau et des marais.

TYPLOGIE D' ACTIONS	Unité	Quantité prévue (2016-2020)	Dépense prévue (€HT)
ACTIONS SUR LA CONTINUITÉ ÉCOLOGIQUE ET LA LIGNE D'EAU			197 000 €
Arasement partiel de l'ouvrage < 50 cm	unité	8	27 000 €
Arasement partiel de l'ouvrage > 50 cm	unité	17	40 500 €
Démantèlement d'ouvrages < 50 cm	unité	8	13 000 €
Démantèlement d'ouvrages > 50 cm	unité	6	8 000 €
Franchissement piscicole des petits ouvrages	unité	19	60 500 €
Gestion hydraulique de l'ouvrage	unité	35	0 €
Ouvrage hydraulique complexe à aménager	unité	9	0 €
Ouvrage de franchissement à remplacer par un pont cadre	unité	4	48 000 €
ACTIONS DE RESTAURATION DU LIT MINEUR			516 603 €
Restauration de la morphologie : diversification des habitats	ml	10 271	102 710 €
Restauration de la morphologie : recharge en granulats	ml	3 657	157 343 €
Restauration de la morphologie : réduction de section	ml	5 403	146 550 €
Gués ou passerelles à aménager	unité	5	25 000 €
Gestion des embâcles	unité	5	75 000 €
Création de zones tampons en sortie de drainage	unité	1	10 000 €
ACTIONS DE RESTAURATION DE LA RIPISYLVE ET DES BERGES			312 500 €
Plantation de ripisylve	ml	2 000	10 000 €
Travaux d'entretien de la ripisylve	FT/an	5	240 000 €
Clôtures à aménager	ml	12 500	37 500 €
Abreuvoirs à aménager	unité	50	25 000 €
ACTIONS DE LUTTE CONTRE LES ESPÈCES ENVAHISSANTES			60 000 €
Lutte contre les plantes envahissantes aquatiques	forfait	5	60 000 €
ACTIONS DE RESTAURATION DU LIT MAJEUR ET DES ANNEXES			28 200 €
Entretien de zone humide	unité	3	7 200 €
Restauration et reconnexion d'annexes hydrauliques ou zones humides	unité	4	21 000 €
TOTAL TRAVAUX SUR COURS D'EAU			1 114 303 €
ETUDES COMPLÉMENTAIRES			136 000 €
Etude d'avant-projet ouvrage et dossier loi sur l'eau	unité	12	96 000 €
Etude bilan du contrat cours d'eau	unité	1	40 000 €
COMMUNICATION			30 000 €
Actions de communication	FT/an	5 années	30 000 €
SUIVI			60 720 €
Indicateur de suivi : IBD	unité	20	7 200 €
Indicateur de suivi : IBGN	unité	20	18 000 €
Indicateur de suivi : IPR	unité	22	34 320 €
Indicateur de suivi : piézomètre	unité	1	1 200 €
TOTAL ACTIONS D'ACCOMPAGNEMENT			226 720 €
POSTE TECHNICIEN EN COURS D'EAU ET FONCTIONNEMENT	FT/an	1,5 ETP/an	412 500 €
TOTAL FONCTIONNEMENT DU SYNDICAT	an		412 500 €
TOTAL PROGRAMME CTMA			1 753 523 €

Tableau 3 : actions prévues au programme 2016-2020 pour les cours d'eau

TYPOLOGIE D'ACTIONS	Unité	Programmation 2016-2020	
		Quantité prévue (2016-2020)	Dépense prévue (€ TTC)
ACTIONS DE RESTAURATION DU LIT MINEUR			35 000 €
Travaux de désencombrement végétal et embâcles	FT/an	5	10 000 €
Création d'ouvrages de franchissement en marais	unité	5	25 000 €
ACTIONS DE RESTAURATION DE LA RIPISYLVE ET DES BERGES			45 000 €
Restauration des douves	ml	2 500	25 000 €
Clôtures à aménager en marais	ml	5 000	15 000 €
Abreuvoirs à aménager en marais	unité	10	5 000 €
ACTIONS DE LUTTE CONTRE LES ESPECES ENVAHISSANTES			180 000 €
Lutte contre la jussie aquatique en marais	forfait	5 années	120 000 €
Lutte contre la jussie terrestre	forfait	5 années	60 000 €
ACTIONS DE RESTAURATION DU LIT MAJEUR ET DES ANNEXES			7 000 €
Restauration et reconnexion d'annexes hydrauliques ou zones humides	unité	1	7 000 €
TOTAL TRAVAUX EN MARAIS			267 000 €
ETUDES COMPLEMENTAIRES			10 000 €
Etude bilan du contrat marais	unité	1	10 000 €
COMMUNICATION			
Actions de communication	FT/an	intégrées en cours d'eau	
SUIVI			41 640 €
Indicateur de suivi en marais : jussie terrestre	unité	5	6 000 €
Indicateur de suivi en marais : poissons	unité	5	12 000 €
Indicateur de suivi en marais : végétation aquatique	unité	5	6 000 €
Indicateur de suivi en marais : sac à feuilles	unité	5	6 000 €
Indicateur biologique : stage en régie	unité	0	0 €
Analyse des sédiments préalables aux travaux	unité	4	1 440 €
Indicateur de suivi : piézomètre	unité	1	1 200 €
Suivi des populations d'écrevisse	FT/an	5	9 000 €
TOTAL ACTIONS D'ACCOMPAGNEMENT			51 640 €
POSTE TECHNICIEN EN MARAIS ET FONCTIONNEMENT	FT/an	0,5 ETP/an	137 500 €
TOTAL FONCTIONNEMENT DU SYNDICAT	an		137 500 €
TOTAL PROGRAMME CTMA			456 140 €

Tableau 4 : actions prévues au programme 2016-2020 pour les marais

10 ouvrages ont été volontairement supprimés sur l'Ognon en 2014 et 2017.

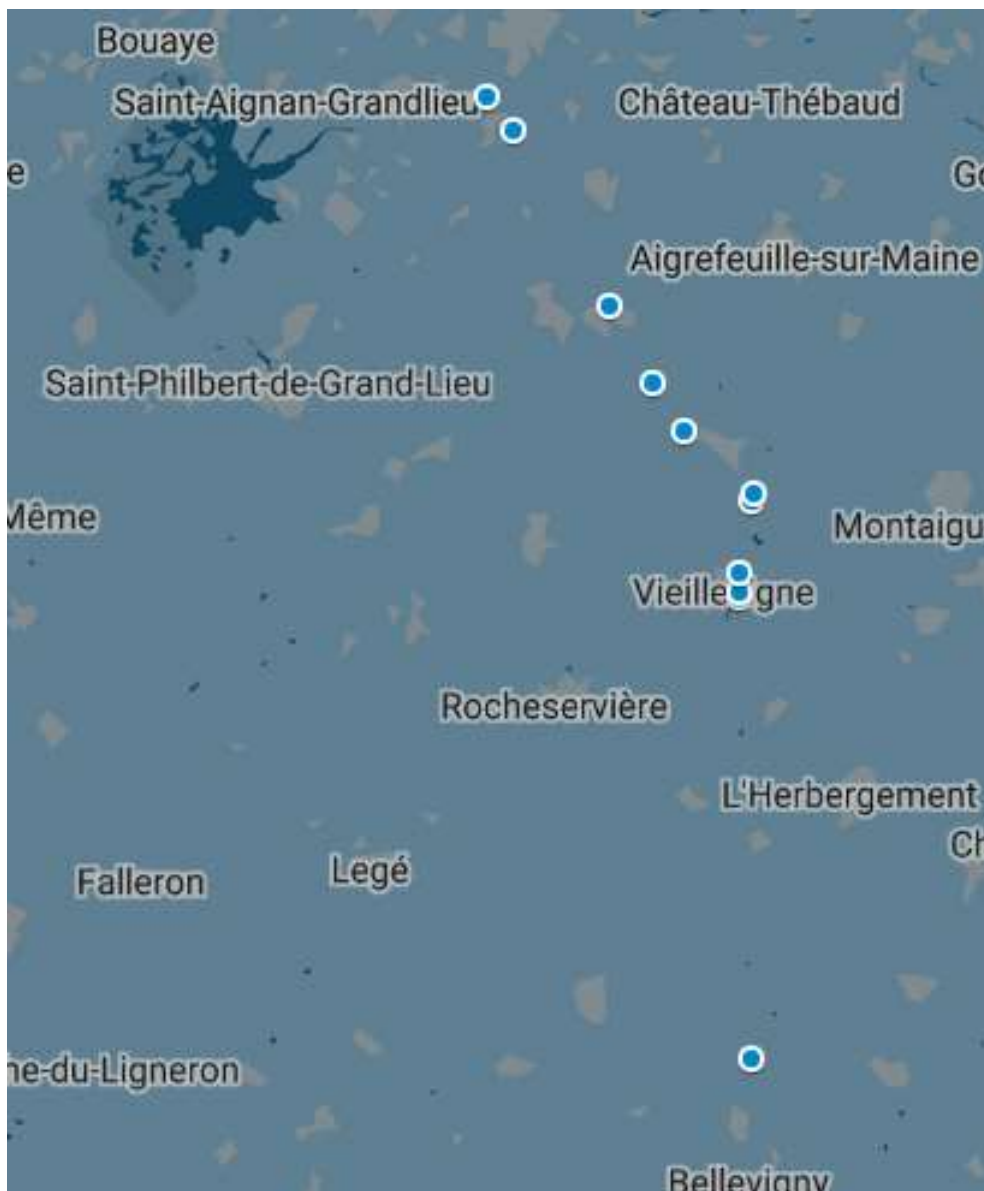


Figure 51 : obstacles à l'écoulement supprimés sur l'Ognon en 2014 et 2017 (source : damremoval.eu)

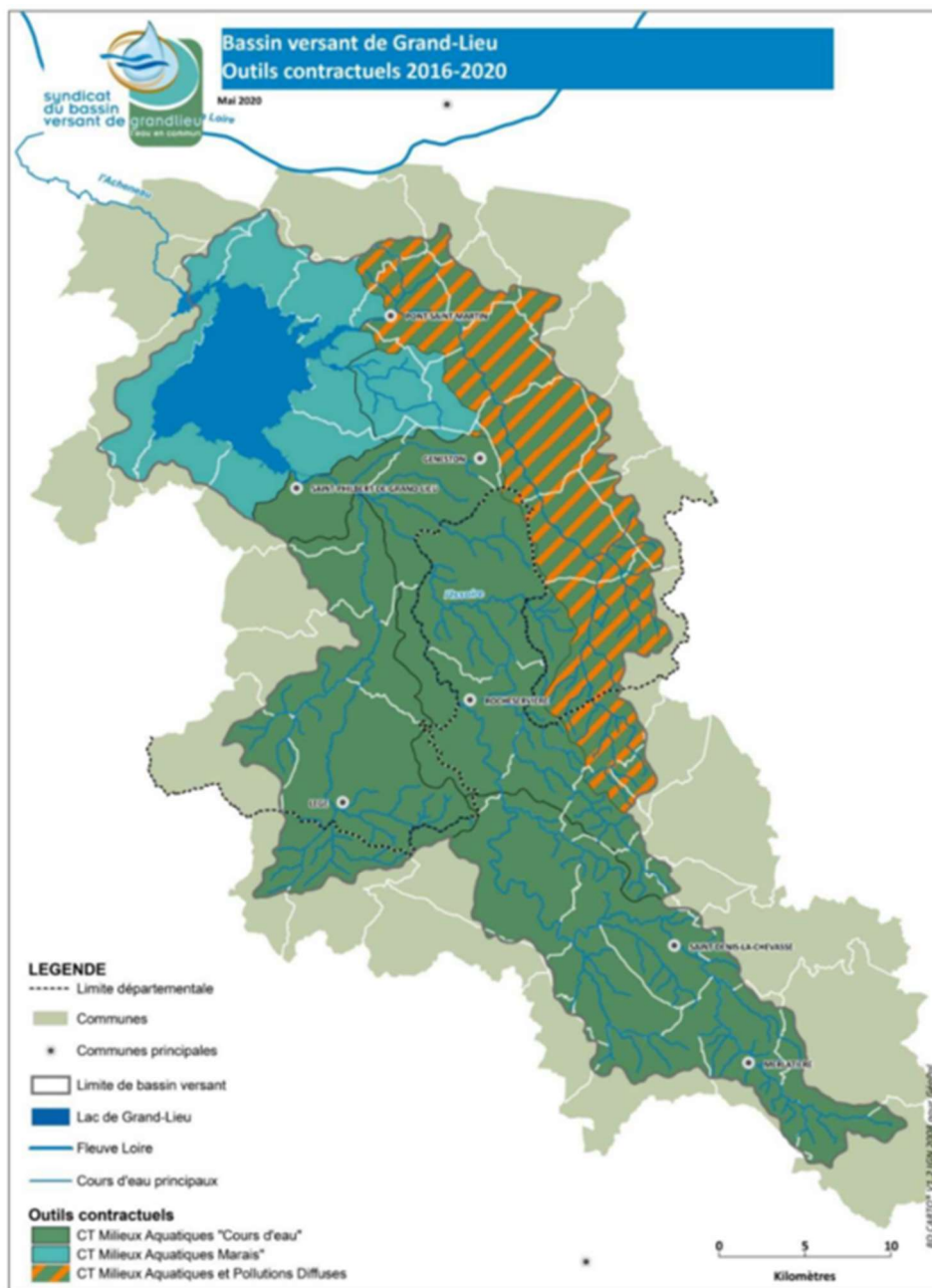


Figure 52 : cartographie des contrats territoriaux du BV de Grand-Lieu

Les dernières décennies ont vu se développer des travaux de restauration hydromorphologique, avec la suppression de seuils, la création d'abreuvoirs permettant l'évitement d'abreuvement dans les rivières ou marais, la reconnexion et la restauration d'annexes hydrauliques.

D'autres travaux visant à favoriser la biodiversité (lutte contre les espèces exotiques envahissantes, création d'ouvrages de franchissement) ont également été réalisés.

3.1.4 Synthèse des évolutions hydrogéomorphologiques

De nombreux aménagements ont impacté le fonctionnement des hydrosystèmes au fil des siècles sur le bassin du Grand Lieu

- sur le pourtour du lac de Grand Lieu par :

- . Le drainage d'une partie du marais ;
- . La réduction de surface de zones humides (marais et landes) ;
- . L'augmentation des surfaces de parcelles cultivées, en partie grâce au drainage, et la réduction de haies associée ;
- . L'urbanisation, se traduisant par une imperméabilisation des sols ;
- . La modification de sols par amendement sableux (plus drainants).

- Sur le bassin de l'Ognon :

- . La création de barrages en amont de cours d'eau dès le XVIII^e siècle (ou avant) ;
- . Au XX^e siècle l'urbanisation entraînant l'imperméabilisation des sols ;
- . Le drainage des sols, augmentation des surfaces de parcelles, disparition des haies, création d'autres plans d'eau.

- Sur le bassin de l'Issoire et de la Boulogne :

- . la présence de seuils au XVIII^e siècle qui n'existaient plus au XIX^e, possiblement du fait d'une baisse de l'hydrologie.
- . Des plans d'eau ont été créés au XIX^e siècle afin de stocker l'eau et pouvoir l'utiliser sur une plus grande période de l'année.
- . L'évolution de l'agriculture s'est traduite par l'augmentation des surfaces et la réduction des haies, la création d'autres plans d'eau.

- Sur le bassin de la Logne :

- . peu de seuils ont été aménagés par le passé mais ils sont encore présents au XIX^e siècle. Il s'agit du bassin disposant le plus de forêts et d'un fond de vallée humide ;
- . l'évolution de l'agriculture entraînant drainage des sols, augmentation des surfaces de parcelles et une diminution des haies ;
- . création de plans d'eau.

L'imperméabilisation des sols et l'augmentation des surfaces de parcelles et la réduction des haies se traduisent par :

- l'augmentation des vitesses de ruissellement des eaux pluviales et des risques de crues d'une part ;
- la limitation de l'infiltration des eaux dans le sol et de la phyto et pédoépuration d'autre part.

La création de seuils et de plans d'eau entraîne une modification de l'hydrologie avec un ralentissement des eaux dans la zone d'influence (jusqu'à leur ennoisement ou leur remplissage total).

Quelques travaux de restauration ont contribué à atténuer l'effet des aménagements passés mais les changements climatiques (augmentation des températures, augmentation de l'intensité des étages et des crues) ne permettent pas toujours d'observer les bénéfices de ces travaux.

3.2 Milieux naturels

3.2.1 Milieux aquatiques

Cf. volet M

3.2.2 Milieux terrestres

3.2.2.1 *Zones à enjeux répertoriés*

Réserve naturelle nationale

Les réserves naturelles sont présentées sur la carte en annexe cartographique.

La réserve naturelle nationale du lac de Grand Lieu (FR3600048) a répertorié 276 espèces d'après le site du MNHN, dont :

- 15 espèces de poissons ;
- 133 espèces d'oiseaux ;
- 4 espèces de plantes et fougères ;
- 4 espèces de crabes, crevettes, mille pattes et cloportes ;
- 113 espèces d'insectes et araignées ;
- 1 espèce « autre » (annélide).

On distingue sur le lac de Grand Lieu quatre habitats aquatiques :

- Au centre, l'**eau libre** représente 1 200 hectares ;
- vers la périphérie, une zone de 1 300 hectares est couverte de nénuphars blancs et jaunes, de limnanthèmes, de macres qui composent le plus grand **herbier** français ;
- la **roselière** sur 1 500 hectares ;
- les **prairies inondées** six à huit mois par an sur lesquelles viennent paître les troupeaux en période de basses eaux.

La faible profondeur du lac (1 mètre en été, 3 mètres en hiver) explique la luxuriance de la végétation. A Grand-Lieu, on recense plus de 550 espèces de végétaux.

Situé sur une des grandes voies de migration de la façade atlantique, le lac de Grand Lieu, accueille 270 espèces d'oiseaux, ce qui le place au second rang en France en termes de richesse ornithologique, après la Camargue. Au printemps, plus de 2 000 couples de hérons (cendré, garde bœuf, bihoreau, pourpré et même sept couples de hérons crabiers en 2007) s'y retrouvent. Des spatules blanches y nichent. En hiver, en moyenne plus de 25 000 canards (souchet, sarcelle, fuligule milouin...), des oies cendrées et de nombreuses autres espèces y passent la saison froide.

Sans compter plus de 50 espèces de mammifères dont la loutre, 30 espèces de poissons parmi lesquelles l'anguille et 12 espèces de batraciens dont certaines comme la grenouille rousse et le crapaud accoucheur doivent faire l'objet d'études complémentaires.



Figure 53 : photos du lac de Grand Lieu (source : site internet grandlieu.fr)

Réserve naturelle régionale

Deux réserves naturelles régionales ont été répertoriées sur le périmètre du PTGE :

- Le lac de Grand lieu (FR9300128), géré par la Fédération Départementale des Chasseurs de Loire Atlantique de surface 655.79 ha ;
- Le bocage humide des Cailleries (FR9300104), géré par Lafarge Granulats Ouest, de surface 18.1575 ha

La réserve naturelle régionale du lac de Grand Lieu comprend 656 hectares proches de la réserve nationale qui appartiennent à la fondation pour la protection des habitats de la faune sauvage.

Au sein du bocage humides des Cailleries, une faune et une flore diversifiées cohabitent au sein de la mosaïque de milieux constituant :

- les milieux aquatiques (13 mares, 1 étang, des fossés),
- les haies bocagères (3 700 mètres),
- les prairies essentiellement naturelles,
- les milieux boisés (boisements spontanés avec une forte densité de Chênes pédonculés).

Flore

On recense sur le site 147 espèces de plantes dont deux espèces protégées : l'une à l'échelle nationale : le **Flûteau nageant**, et l'autre à l'échelle de la Région des Pays de la Loire : la **Cicendie naine**. Le **Flûteau fausse-renoncule** et le **Gaillet chétif** sont également deux autres espèces parmi les plus sensibles, rares et/ou menacées et inscrites sur la liste rouge régionale.

Faune

Sur les 205 espèces animales recensées sur le site, 46 sont remarquables. On peut citer la présence de :

- libellules : Agrion mignon, Agrion nain, Orthétrum à stylets blancs, Cordulie métallique, Leste fiancé,
- papillons : Petit mars changeant, Petite violette, Mélitée des scabieuses,

- coléoptères : Grand capricorne qui se développe au sein des arbres âgés (dont d'anciens têtards),
- amphibiens : Crapaud calamite, Triton crêté, Salamandre tachetée, Rainette verte, Grenouille rieuse,
- oiseaux : Chevêche d'Athéna, Râle d'eau, Pipit farlouse,
- mammifères : Campagnol amphibie, Rat des moissons...

Zones Natura 2000

- Directive Habitats (ZSC / SIC)

Les sites Natura 2000 sont cartographiés sur l'annexe cartographique intitulée « zones Natura 2000 et ZNIEFF ».

Le site du lac de Grand Lieu (FR5200625) désigné d'importance communautaire au titre de la directive Habitats en 2015 englobe les périmètres des réserves nationale et régionale, ainsi que les parties aval de la Bologne et de l'Ognon. Ce site totalise une surface de 6247 ha.

En plus des habitats aquatiques de type eaux douces intérieures et marais il inclut d'autres habitats riverains terrestres de **type landes, prairie humide, bois humide**, mais aussi **forêt de résineux** et d'autres terres incluant des zones urbanisées, routes.

Pour les habitats aquatiques ce sont :

- lacs eutrophes naturel avec végétation du magnopotamion ou de l'hydrocharition ;
- eaux oligotrophes très peu minéralisées des plaines sablonneuses ;
- eaux stagnantes, oligotrophes à mésotrophes avec végétation des littorelletea uniflorae et/ou des isoeto nanojuncetea ;
- eaux oligotrophes calcaires avec végétation benthique à Chara spp ;

La composition chimique de l'eau est fortement dépendante des apports en eau des bassins versants et des conditions d'écoulements de cette eau. Les facteurs importants qui conditionnent le développement des espèces floristiques et de l'ensemble de la chaîne trophique sont :

- La qualité de l'eau issue des versants ;
- La quantité d'eau qui arrive et qui sort de la réserve et les conditions d'écoulement qui en dépendent (hauteurs, vitesses) ;
- Les conditions atmosphériques (température de l'air, vent)
- La pédologie et la géologie.

Le tableau suivant détaille la répartition des surfaces des différents habitats inscrits à l'annexe I de ce site d'importance majeure.

Types d'habitats inscrits à l'annexe I					Évaluation du site			
Code	PF	Superficie (ha) (% de couverture)	Grottes [nombre]	Qualité des données	A B C D	A B C		
					Représentativité	Superficie relative	Conservation	Évaluation globale
3110 <i>Eaux oligotrophes très peu minéralisées des plaines sablonneuses (Littorelletalia uniflorae)</i>		629,2 (10 %)		M	A	C	B	B
3130 <i>Eaux stagnantes, oligotrophes à mésotrophes avec végétation des Littorelletalia uniflorae et/ou des Isoeto-Nanojuncetea</i>		10 (0,16 %)		M	C	C	C	C
3140 <i>Eaux oligomésotrophes calcaires avec végétation benthique à Chara spp.</i>		629,2 (10 %)		M	A	C	C	B
3150 <i>Lacs eutrophes naturels avec végétation du Magnopotamion ou de l'Hydrocharition</i>		2516,8 (40 %)		G	A	C	B	B
4020 <i>Landes humides atlantiques tempérées à Erica ciliaris et Erica tetralix</i>	X	314,6 (5 %)		M	A	C	B	B
6410 <i>Prairies à Molinia sur sols calcaires, tourbeux ou argilo-limoneux (Molinion caeruleae)</i>		10 (0,16 %)		M	C	C	C	C
6430 <i>Mégaphorbiaies hygrophiles d'ourlets planitiaires et des étages montagnard à alpin</i>		314,6 (5 %)		M	A	C	B	B

- **PF** : Forme prioritaire de l'habitat.
- **Qualité des données** : G = «Bonne» (données reposant sur des enquêtes, par exemple); M = «Moyenne» (données partielles + extrapolations, par exemple); P = «Médiocre» (estimation approximative, par exemple).
- **Représentativité** : A = «Excellente» ; B = «Bonne» ; C = «Significative» ; D = «Présence non significative».
- **Superficie relative** : A = $100 \geq p > 15 \%$; B = $15 \geq p > 2 \%$; C = $2 \geq p > 0 \%$.
- **Conservation** : A = «Excellente» ; B = «Bonne» ; C = «Moyenne / réduite».
- **Évaluation globale** : A = «Excellente» ; B = «Bonne» ; C = «Significative».

Tableau 5 : types d'habitats présents sur le site et évaluation (FSD Natura 2000, source MNHN)

Les espèces inféodées au milieu aquatique et aux zones humides et qui sont inscrites à l'annexe II de la directive 92/43/CEE sont :

- Chez les mammifères : La loutre ;
- Pour les poissons : La bouvière, la lamproie marine et la grande alose ;
- Pour les invertébrés : l'agrion de mercure, le damier de la succise.

Les autres espèces importantes de faune et de flore recensées sur le site inféodées au milieu aquatique et aux zones humides sont :

- Des amphibiens : triton marbré, crapaud calamite, la rainette verte, la grenouille agile ;
- Des plantes : laiches à fruits velus ; la damasonie plantain d'eau, la drosera intermédiaire, le faux nénuphar, la grassette du Portugal, la renoncule langue, la renoncule à feuilles d'ophioglosse, rhynchospore blanc.

- Directive Oiseaux (ZPS)

Le site du lac de Grand Lieu désigné Natura 2000 au titre de la Directive Oiseaux est le site FR5210008 a une surface de 5 732 ha.

Il vise 177 espèces d'oiseaux visées à l'article 4 de la directive 2009/147/CE. Le détail des espèces visées est disponible sur le formulaire standard de données de ce site en annexe FSD_FR5210008. Parmi ces espèces qui sont toutes migratrices, 69 sont sur le site pour l'hivernage, 63 pour la concentration, et 54 pour leur reproduction.

ZNIEFF

Les ZNIEFF de type 1 sont au nombre de 6. Les milieux étroitement liés à la gestion de l'eau sont indiqués en gras dans la liste suivante :

- 520005763 : FORET DU DETROIT, BOIS VOISINS, **ETANG DES COSSES**. Cette ZNIEFF présente 10% de prairies humides et mégaphorbiaies ainsi que des communautés amphibiennes et la végétation immergée des rivières comme habitat déterminant
- **520006647 : LAC DE GRAND-LIEU** dont l'ensemble des habitats déterminants sont aquatiques ou humides : les roselières, les eaux douces, les bois marécageux d'aulne de Saule et de myrte des marais, les végétations aquatiques, et les prairies humides eutrophes
- 520007302 : FORET DE TOUVOIS ET DE ROCHESERVIERE, **VALLEE DE LA LOGNE ET DE SES AFFLUENTS** . Dans cette ZNIEFF couverte par 86% de forêt, sont recensés 2% d'habitats aquatiques (lit des rivières), 8% de ripisylve (forêt de frênes et d'aulnes des fleuves méditerranéens). Les espèces inféodées aux milieux aquatiques sont le brochet et l'anguille, la loutre, la rainette verte, l'aeshne printanière et l'agrion de mercure, ainsi que plusieurs plantes de zones humides (laîche de host, laîche tardive, l'orchis de Fuchs, myriophylle à fleurs alternes, renoncule tripartite)
- 520016248 : BOCAGE RELIQUET DE LA LANDE A ST-COLOMBAN

- **520616258 : PRAIRIES ET BOIS TOURBEUX DU MARAIS GATÉ** L'ensemble des habitats déterminants de cette ZNIEFF sont des habitats humides : lits des rivières, landes humides, bois marécageux d'Aulne, saule et de myrte des marais, prairies humides eutrophes.
- **520616309 : BOIS DES GATS ET ETANG DE LA JARIE. L'ensemble des habitats déterminants de cette ZNIEFF sont également des habitats humides :** communautés amphibiennes, roselières, bois marécageux d'Aulne, saule et de myrte des marais, formations riveraines de Saules et prairies humides eutrophes.

Les ZNIEFF de type 2 sont au nombre de 4 et ne concernent pas de milieux étroitement liés à l'eau :

- 520005736 : FORET DE GRALAS ET BOIS DE LA BROUSSE ;
- 520616285 : BOIS DE L'ESSART ;
- 520005759 : ZONE DE BOIS ET BOCAGE A L'EST DE LA ROCHE-SUR-YON ;
- 520013082 : FORET DE TOUFFOU.

Zones humides

La carte des zones humides du territoire est présentée en annexe.

Elle regroupe les boisements humides, les prairies humides, les roselières, les mares, zones humides artificielles et plans d'eau et des zones bordures de cours d'eau et d'étangs.

Hormis la grande zone du pourtour du lac de Grand Lieu, elles sont essentiellement situées le long des cours d'eau mais aussi parsemées de manière relativement homogène sur l'ensemble du territoire.

Leur préservation dépend de la possibilité de maintenir **une alternance de phases de submersion (plus ou moins longues) et de phases d'exondation.**

3.2.2.2 *Enjeux naturalistes terrestres répertoriés susceptibles d'être liés à la gestion quantitative de l'eau*

En tant que lac naturel d'effondrement, Grand Lieu est l'un des plus grands lacs naturels de France important pour les oiseaux en complémentarité avec les diverses zones humides majeures environnantes (estuaire de la Loire, marais Breton..).

Il possède une physionomie, très particulière en Europe, de lac "tropical" dominé par de la végétation flottante.

Sa vulnérabilité est liée à (source Formulaire standard de données Natura 2000 du 26/10/22) :

- le développement de **l'agriculture intensive en périphérie du lac** (hors-sol, drainage, irrigation, arasement des haies, etc.) ;
- la **pollution provenant du bassin versant et ses conséquences indirectes** (eutrophisation, botulisme, prolifération de pestes végétales tropicales, etc.) ;
- les atteintes à l'hydraulique (niveau réglé jusqu'en 1995 par les seuls intérêts agricoles sans préoccupation des autres intérêts écologiques) ;

- envasement des sorties du lac contrariant jusqu'en 1997 l'évacuation des eaux ;
- pression de chasse forte en périphérie du lac ;
- déprise agricole sur certains points en périphérie du lac.

Sur l'ensemble des zones humides, les enjeux naturalistes sont associés à la conservation du caractère humide de ces milieux et donc à une **fréquence de mise en eau temporaire suffisante**.

Pour les zones humides alluviales, il s'agit **de garantir le débordement des cours d'eau suffisamment fréquemment**.

Pour les zones humides de tête de bassin (tourbières, ..) il s'agit de **permettre leur alimentation grâce aux précipitations / ruissellement** et d'éviter leur drainage ou leur artificialisation.

3.3 Climat

3.3.1 Réseau de stations météorologiques

La carte suivante présente la localisation des stations Météo-France situées sur et autour du périmètre d'étude.

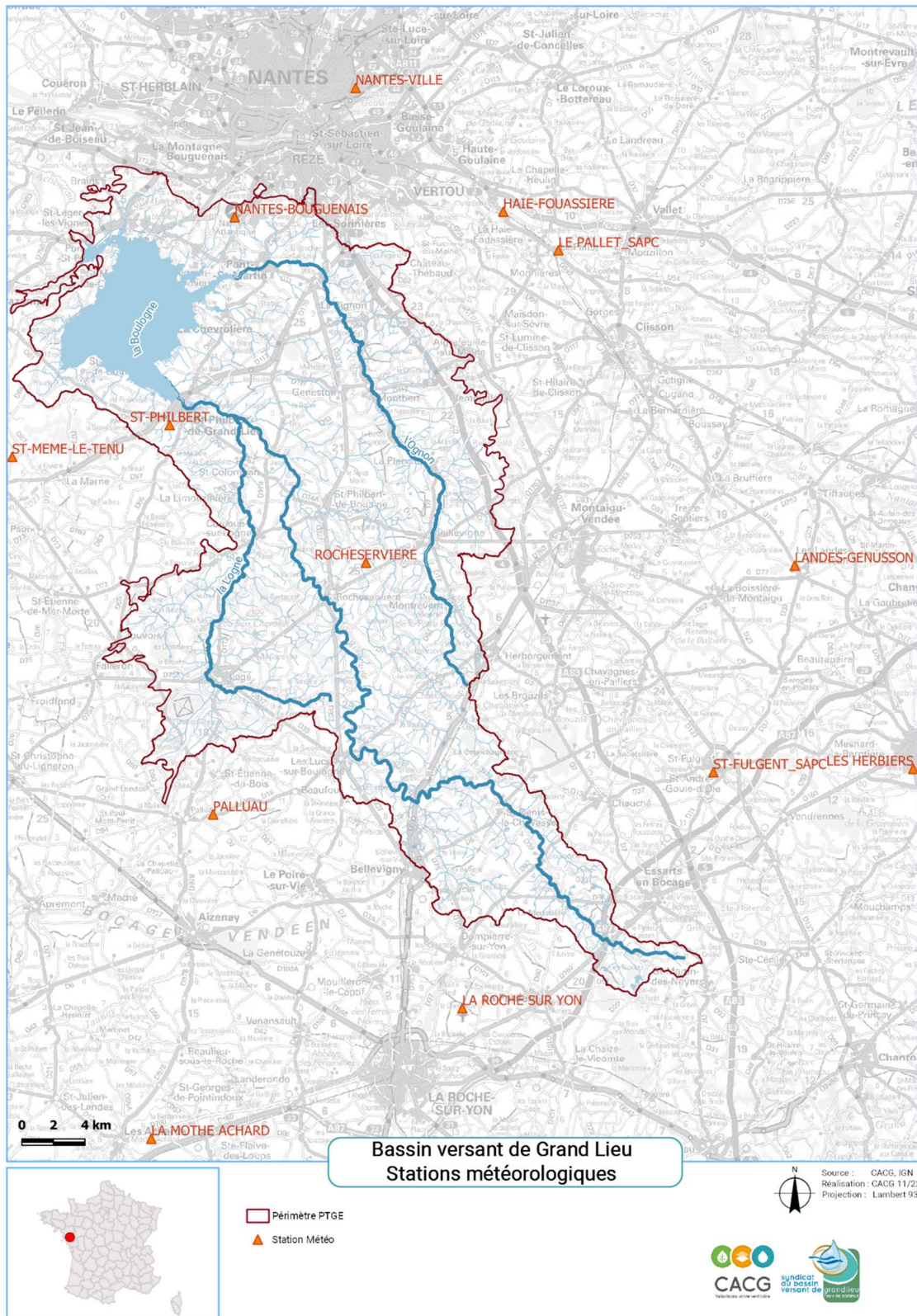
Les stations de Saint-Philbert, Nantes Bouguenais et Rocheservière sont incluses dans le périmètre d'étude, et apportent une bonne connaissance du climat de la partie Nord du territoire. Les données des stations de la Roche-s-Yon et de Palluau à proximité du périmètre sont également intéressantes pour caractériser le climat de la partie sud du bassin.

Le tableau suivant précise les codes des différentes stations Météo sur ou à proximité du bassin.

Tableau 6 : Liste des stations météo sur et autour du périmètre

Code Station	Nom de la Station
85191003	La Roche-sur-Yon
85169002	Palluau
44188001	St-Philbert GL
44020001	Nantes Bouguenais
85109001	Les Herbiers
85190001	Rocheservière
85152001	La Mothe-Achard
85172001	Le Perrier
44131002	Pornic
85051001	Chantonnay
44109012	Nantes Ville

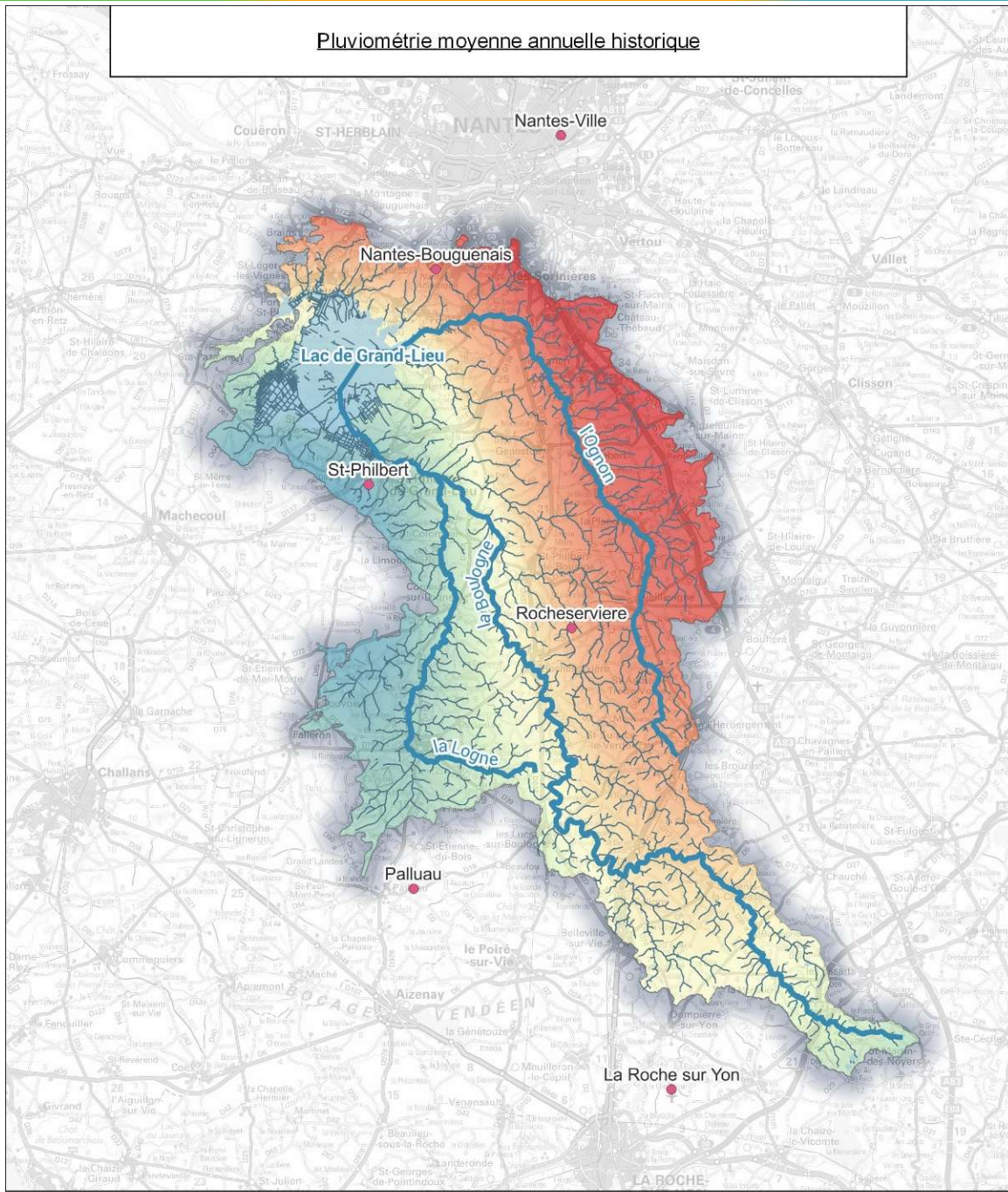
Figure 54 : localisation des stations météo



3.3.2 Caractérisation de la pluie

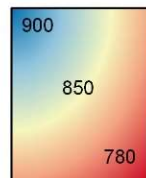
Dans l'analyse HMUC, on s'intéressera de façon détaillée aux variables climatiques : pluie, température et évapotranspiration.

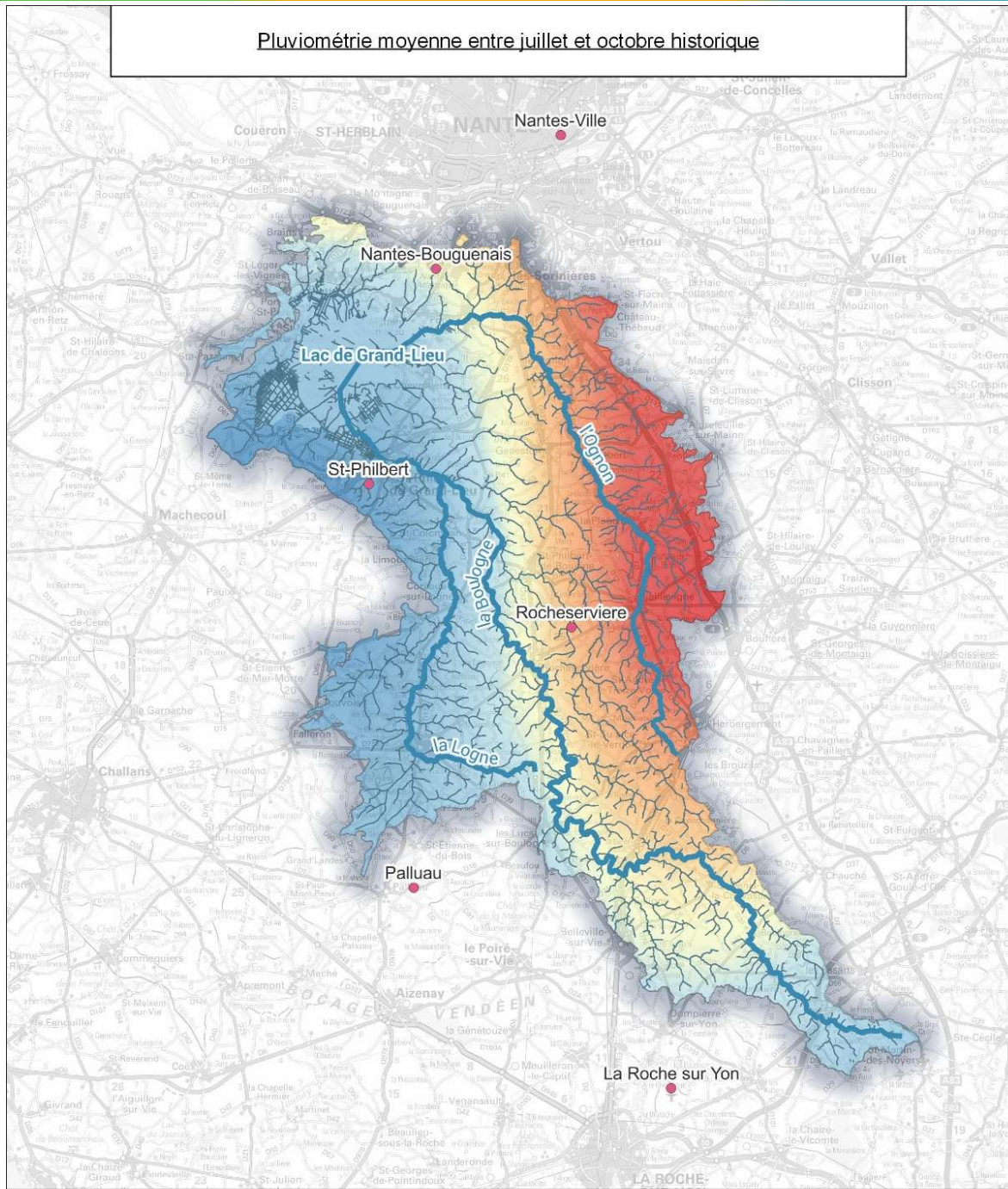
Ici, en 1^{ère} approche, il paraît intéressant de mettre en évidence l'existence d'un gradient pluviométrique Est-Ouest sur la zone d'étude. Les cartes suivantes basées sur des moyennes de pluies annuelles ou saisonnières de la période récente 2002-2021 livrent un aperçu de la variabilité de la pluie sur le territoire. Quelle que soit la saison, il pleut moins à l'Est qu'à l'Ouest, et au Nord qu'au Sud. L'écart selon cette 2^{ème} direction disparaît, toutefois, pour les précipitations estivales et de printemps.



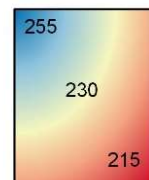
0 5 10 km

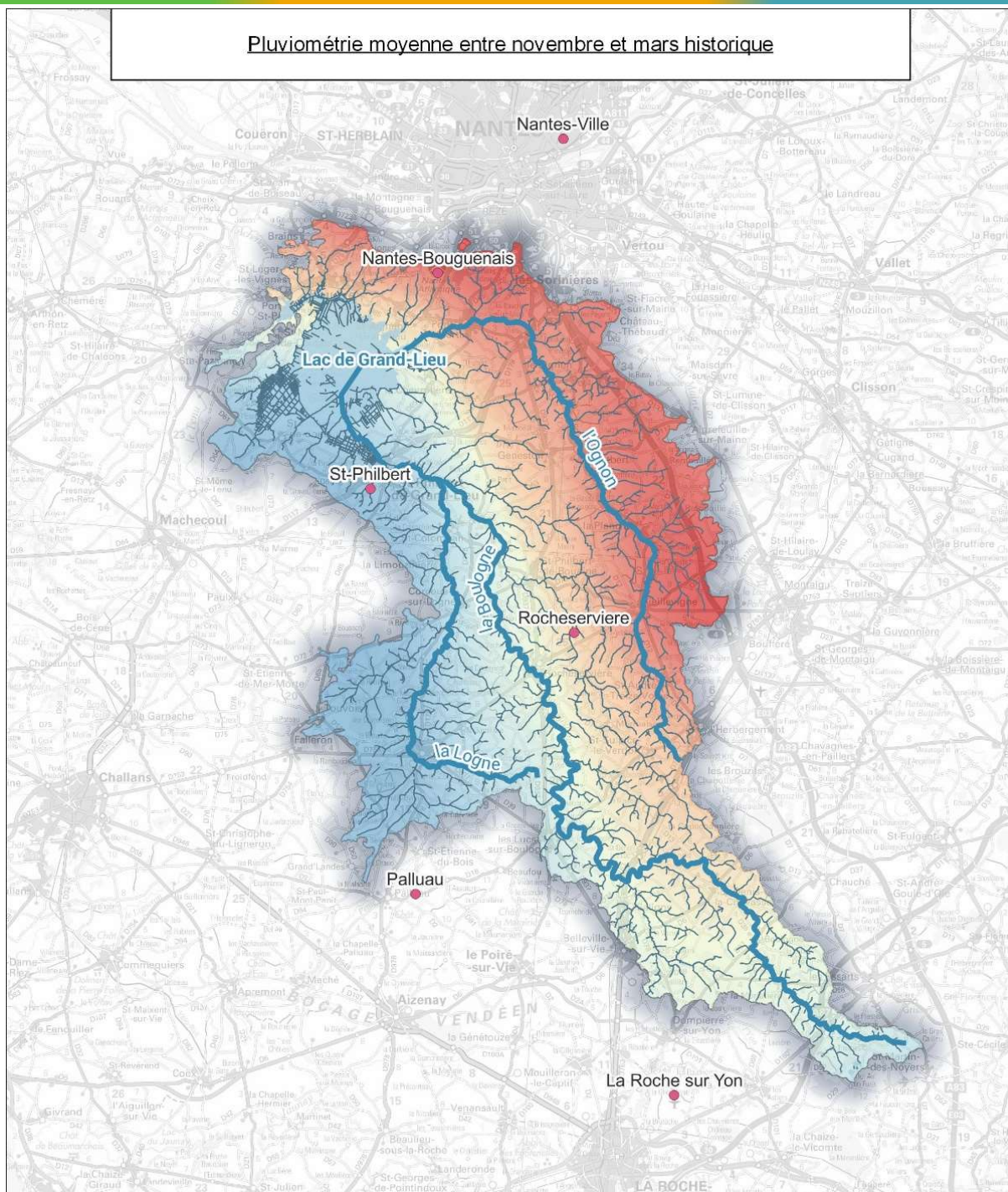
Pluviométrie en mm





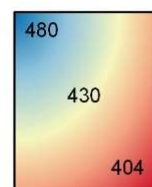
Pluviométrie en mm

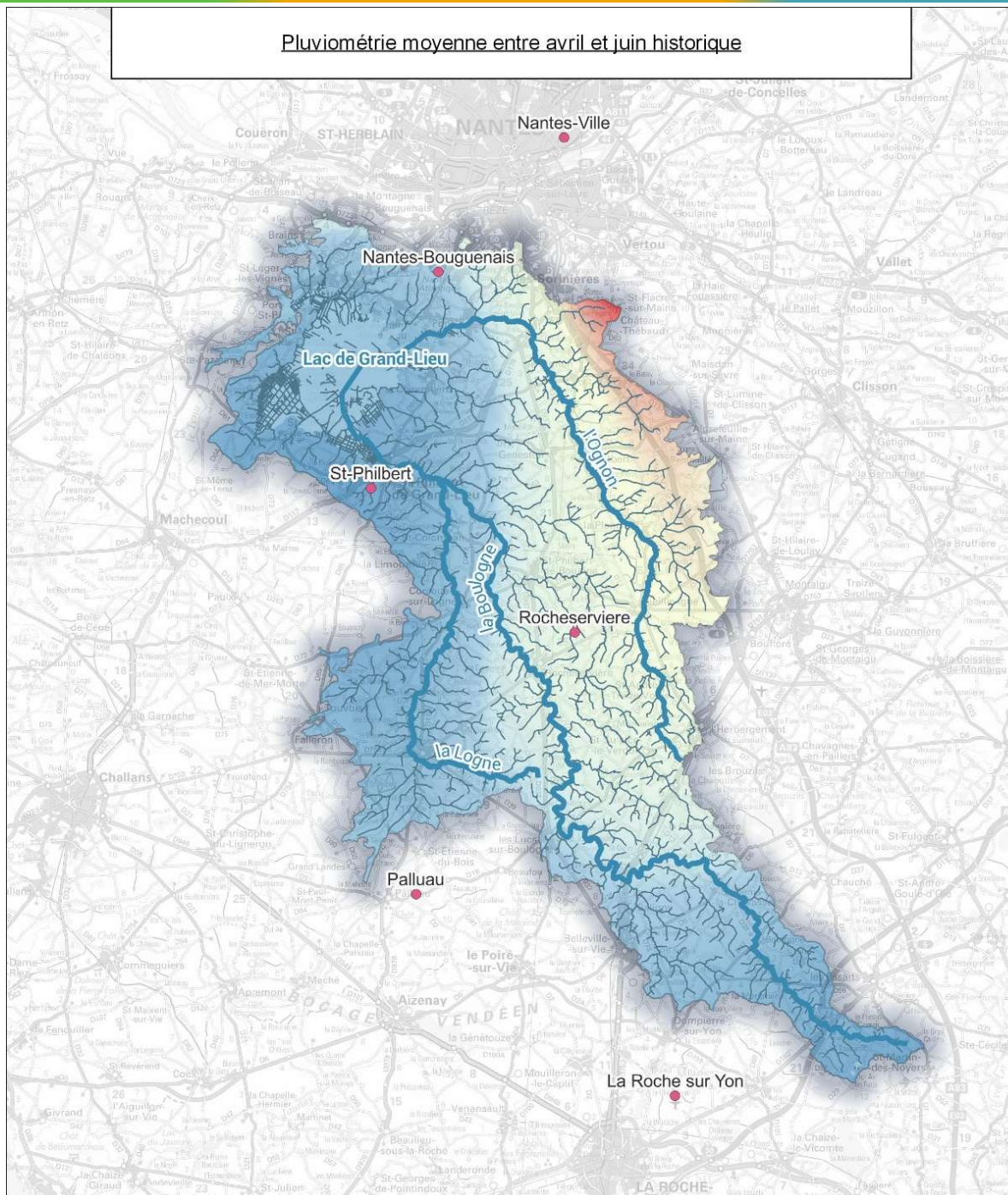




0 5 10 km

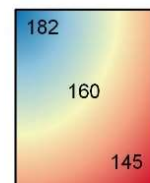
Pluviométrie en mm





0 5 10 km

Pluviométrie en mm



3.4 Ressource en eau

3.4.1 Hydrologie

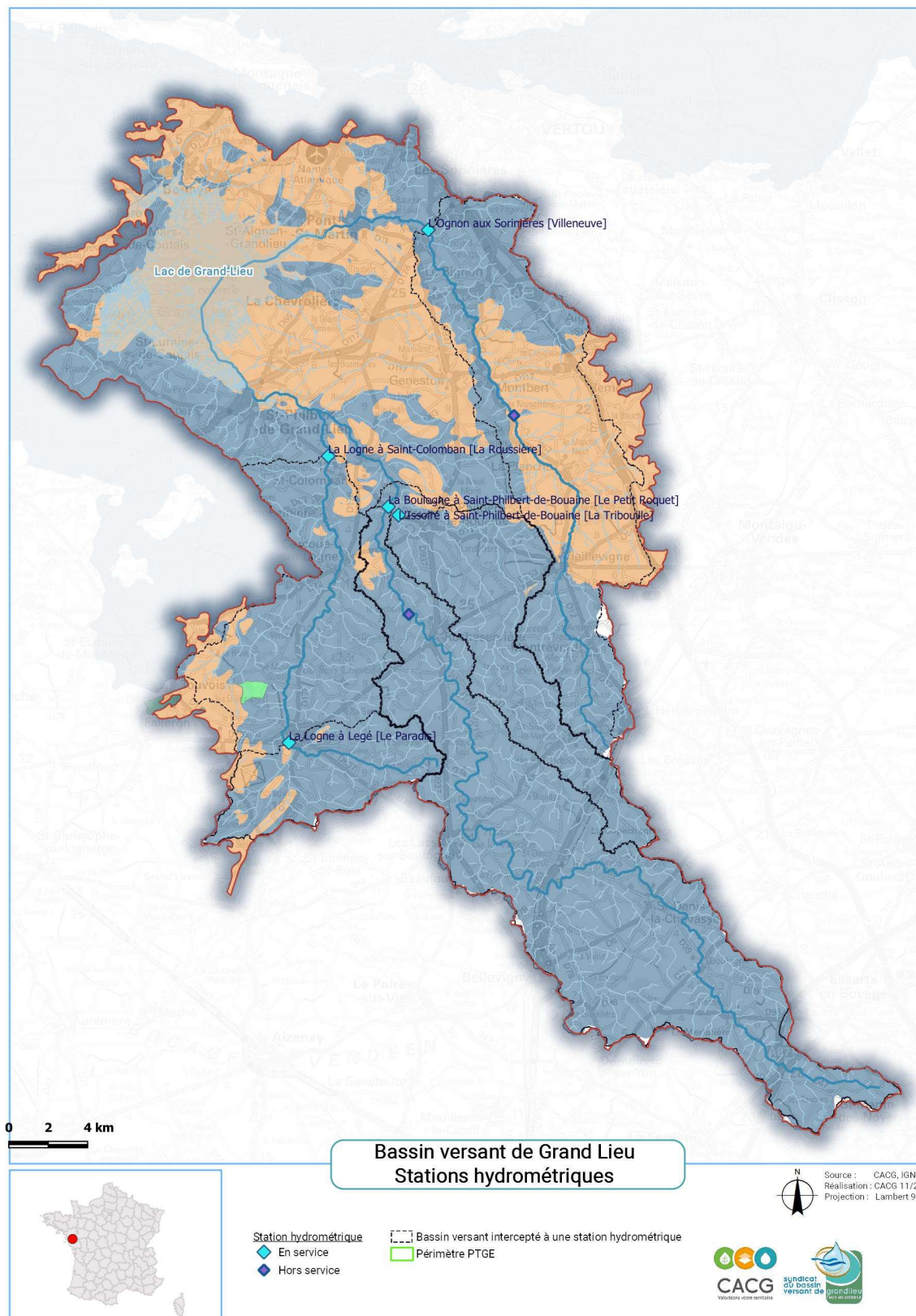
Réseau de stations hydrométriques

Le bassin versant de Grand Lieu comporte 5 stations hydrométriques en service depuis au moins 15 ans et 2 stations hors service.

Code station	Ancien code Hydro	Libellé	Type de Station	Date de mise en service	Date de mise hors service	Code Commune	Code ZoneHyd	Code Entité Hyd	Code Tronçon Hyd	SUPERFICIE BV (km2)	Gestionnaire	Nombre d'années de mesures
M811261020	M8112630	La Boulogne à Saint-Philbert-de-Bouaine [Le Petit Roquet]	LIMNI	29/5/2008		85262	M811	M8--0260	M8110260	206	DREAL Pays de Loire	15
M814402010	M8144020	La Logne à Legé [Le Paradis]	LIMNI	1/8/1994		44081	M814	M8144000	M8144000	43.3	DREAL Pays de Loire	29
M814401010	M8144010	La Logne à Saint-Colomban [La Roussière]	LIMNI	1/7/1981		44155	M814	M8144000	M8144000	130	DREAL Pays de Loire	42
M820502010	M8205020	L'Ognon aux Sorinières [Villeneuve]	LIMNI	1/11/1964		44198	M820	M8205000	M8205000	147	DREAL Pays de Loire	59
M812401010	M8124010	L'Issoire à Saint-Philbert-de-Bouaine [La Tribouille]	LIMNI	1/9/1994		85262	M812	M8124000	M8124000	70.5	DREAL Pays de Loire	29
M820501010	M8205010	L'Ognon à Montbert		1/10/1964	1/1/1970					82		6
M811261010	M8112610	La Boulogne à Rocheservière - La Vacherie		1/7/1981	1/10/2006					/		25

Tableau 7 : stations hydrométriques du bassin de Grand Lieu

Figure 55 : localisation des stations hydrométriques



Les stations hydrométriques du bassin versant de Grand Lieu apportent des informations essentielles de suivi des débits sur chacun des cours d'eau principaux du bassin versant. Leur localisation à l'aval de chaque sous-bassin permet d'intégrer l'ensemble des influences propres à chacun. On remarque immédiatement que les bassins versants de la Boulogne et de l'Issoire sont totalement sur socle et ne reçoivent aucune contribution notable des eaux souterraines. Le bassin versant de la Logne est essentiellement sur socle sauf une faible étendue à l'Ouest dans sa partie amont, les débits sont peu liés aux eaux souterraines. Par contre, le bassin versant de l'Ognon en grande partie sur la nappe des sables jouit d'une contribution des eaux souterraines. Les mesures de débits réalisées sur chacun des cours d'eau retranscrivent ces différences de contextes.

Débits mesurés : analyse détaillée de la chronique longue de l'Ognon aux Sorinières

La station de l'Ognon aux Sorinières présente un long historique : 59 ans de mesures, ce qui constitue un recul intéressant pour essayer de déceler des tendances d'évolution. Les débits journaliers ne permettent pas de dégager des tendances en raison de la variabilité intrinsèque de l'hydrologie d'une année sur l'autre.

Par contre, lorsqu'on s'intéresse aux valeurs caractéristiques des débits, des tendances peuvent apparaître. Les graphiques suivants présentent successivement

- les débits moyens journaliers de 1964 à 2022 : on observe la variabilité des débits sur une année et d'une année à l'autre avec des débits maxima au-delà de 40 m³/s et des débits d'étiage inférieurs à 0,05 m³/s,
- l'évolution des débits moyens annuels de 1965 à 2022, ce qui met bien en évidence les années hydrologiquement faibles, et leur répétition plus fréquente dans les 20 dernières années : 2022, 2017, 2005 ; la courbe de la moyenne mobile calculée sur 20 années glissantes ne montre pas de tendance claire.

Figure 56 : évolution du débit moyen journalier de l'Ognon

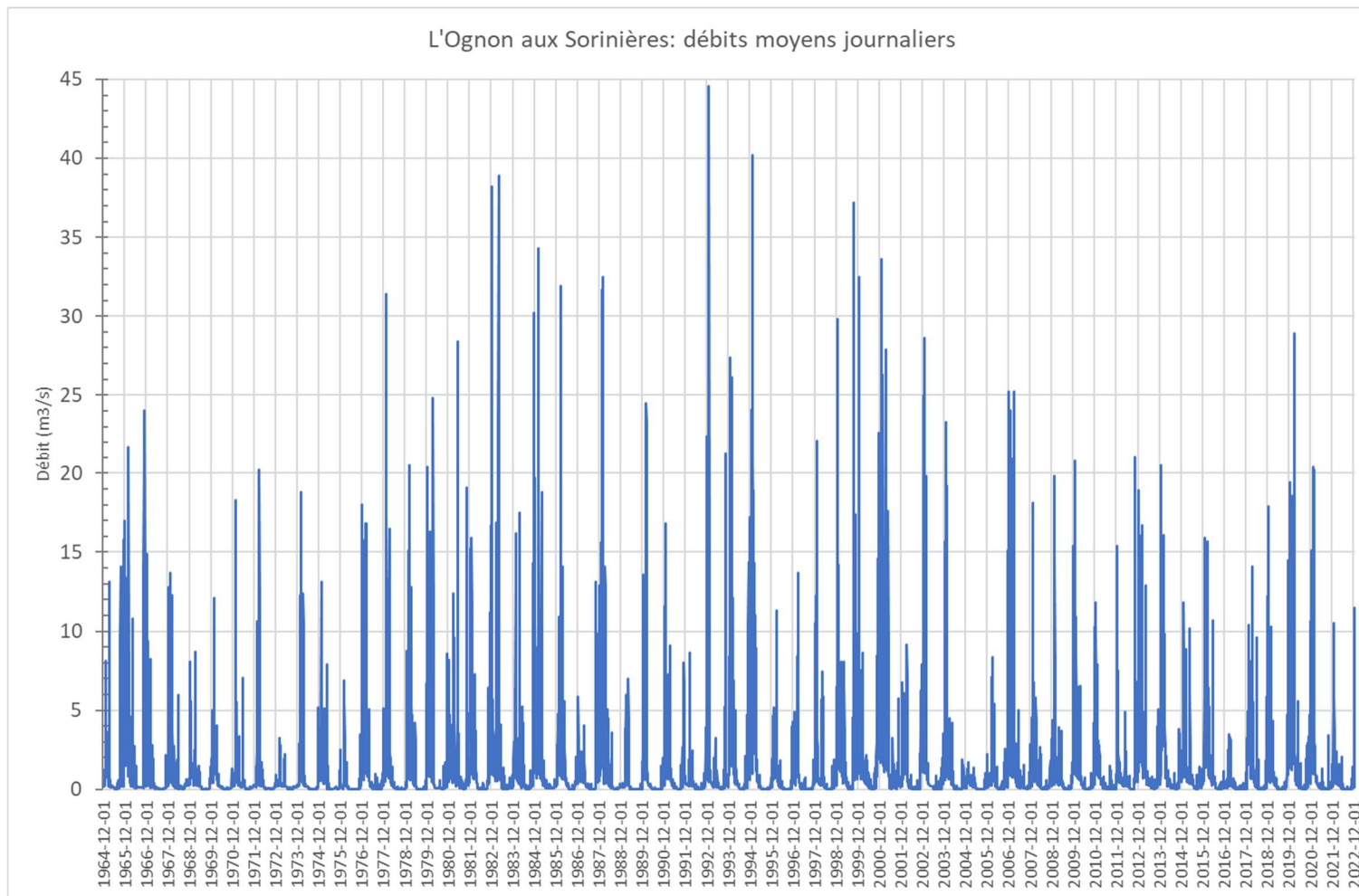
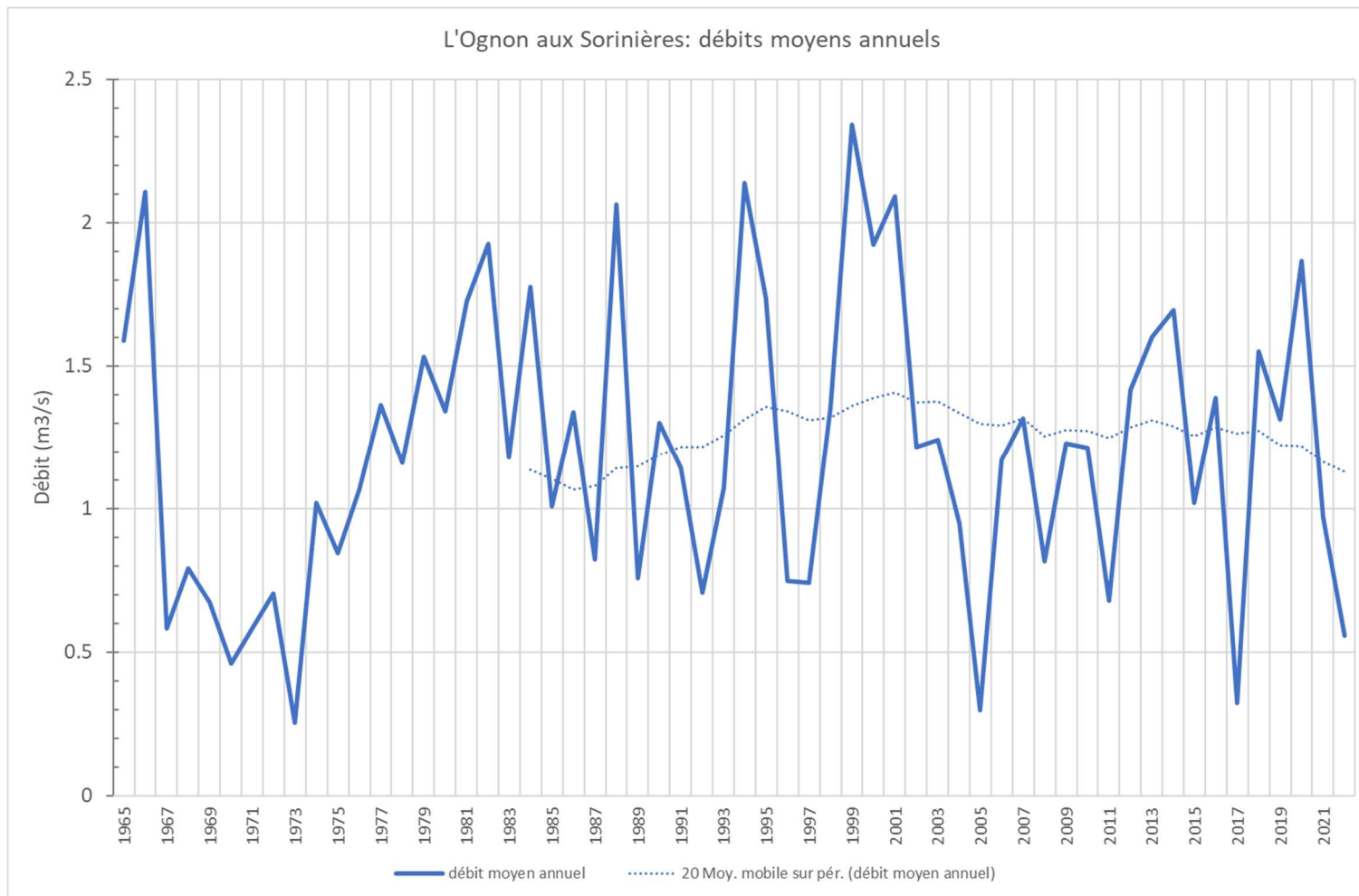


Figure 57 : évolution du débit moyen annuel de l'Ognon

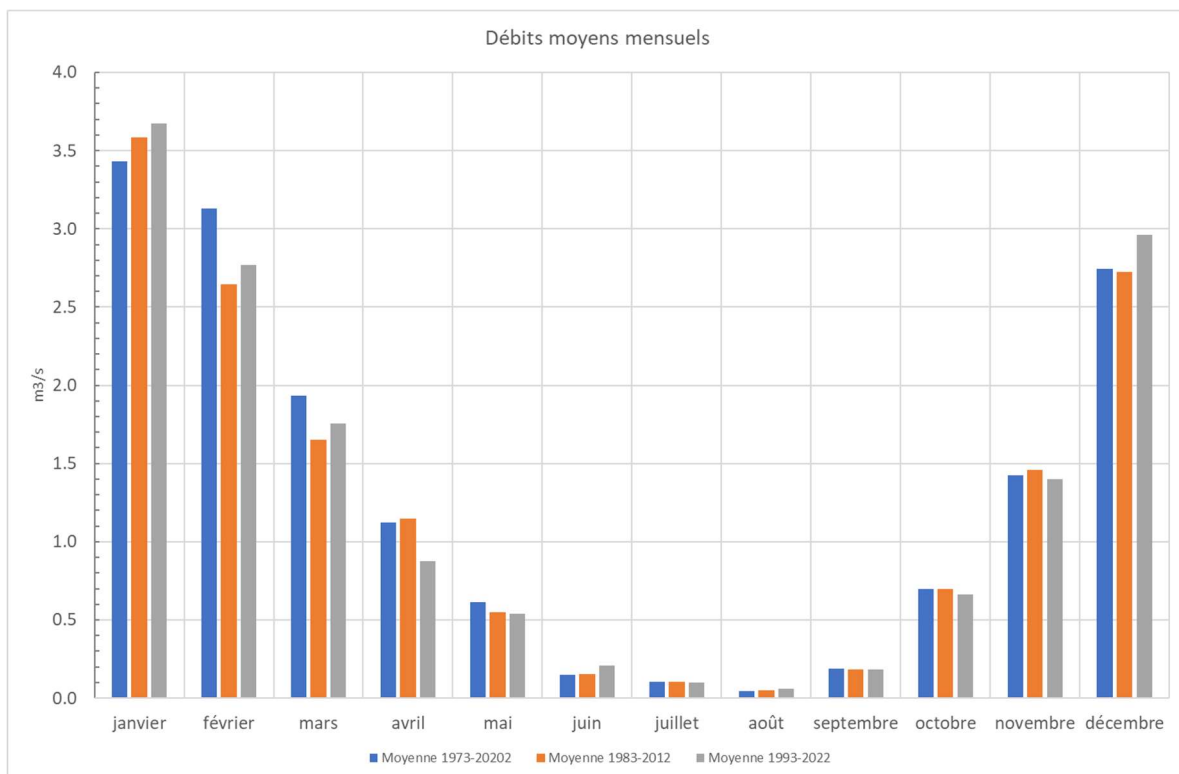


Les résultats des valeurs caractéristiques calculées par périodes de 30 années décalées de 10 ans sont reportés dans le tableau suivant. Aucune tendance ne se décèle que ce soit sur les valeurs annuelles, d'étiage ou de hautes eaux.

Tableau 8 : comparaison de valeurs caractéristiques de l'Ognon par périodes de 30 ans

m3/s	Moyenne 1973-2002	écart-type 1973-2002	valeur quinq.	Moyenne 1983-2012	écart-type 1983-2012	valeur quinq.	Moyenne 1993-2022	écart-type 1993-2022	valeur quinq.
Module	1.299	0.537	0.847	1.246	0.512	0.815	1.266	0.522	0.827
débit mensuel minimum (QMNA)	0.025	0.025	0.003	0.026	0.025	0.005	0.032	0.032	0.005
Débit moyen nov-mars	2.533	1.092	1.613	2.413	1.026	1.550	2.513	1.020	1.654

Figure 58 : évolution des débits moyens mensuels par périodes de 30 ans



L'analyse des débits mesurés de l'Ognon sur une longue chronique de 59 ans ne permet pas de dégager de tendance nette d'évolution des débits. La seule tendance qui se dégage concerne la répétition des années hydrologiquement faibles. Cette difficulté à déceler une évolution des débits dans le temps sur ce bassin versant provient de l'influence simultanée de divers facteurs n'allant pas toujours dans le même sens : développement de l'irrigation à partir des années 1970, application des restrictions d'usages de l'eau depuis les années 2000, arrêté-cadre sécheresse, variabilité climatique, interceptions par les plans d'eau,...

Cette difficulté pour établir une conclusion sur la base des débits mesurés montre bien la nécessité d'évaluer les débits désinfluencés afin de statuer sur l'origine anthropique ou naturelle des basses eaux notamment.

Débits mesurés : comparaison des bassins versants

A partir des débits moyens journaliers des 5 stations en service pour les 30 dernières années (1992-2021), on calcule les valeurs hydrologiques caractéristiques suivantes

- débit moyen mensuel de chaque mois,
- débit moyen annuel,
- module : débit moyen interannuel,
- module quinquennal : débit moyen annuel dépassé en moyenne 4 années sur 5,
- QMNA : débit moyen mensuel minimum
- QMNA5 : débit moyen mensuel minimum dépassé en moyenne 4 années sur 5,
- Hautes eaux : débit moyen de la période novembre-mars et sa valeur quinquennale,
- Printemps : débit moyen de la période avril-mai et sa valeur quinquennale.

Les résultats sont présentés, pour chaque station, sous forme d'une fiche de synthèse.

Station Hydrométrique de La Logne à Legé [Le Paradis]

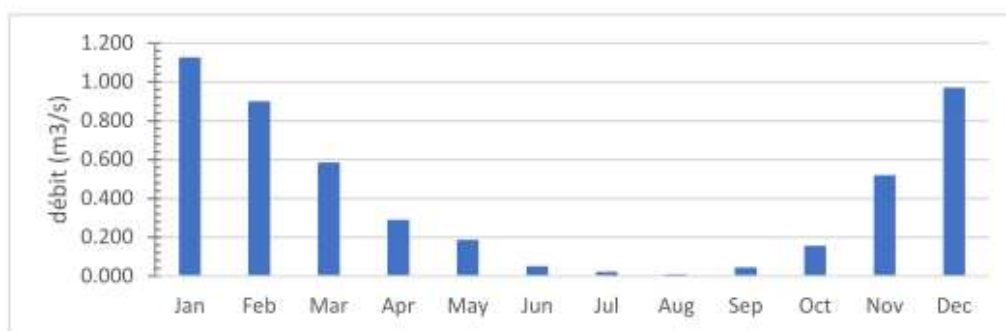
Fiche de synthèse

Code Station: **M814402010** Département: **LOIRE-ATLANTIQUE**
 Surface BV: **43.3 km²** Commune: **Legé**
 Données disponibles: **1994-2023**

Module: **0.398 m³/s** Module spécifique: **9.2 l/s/km²**

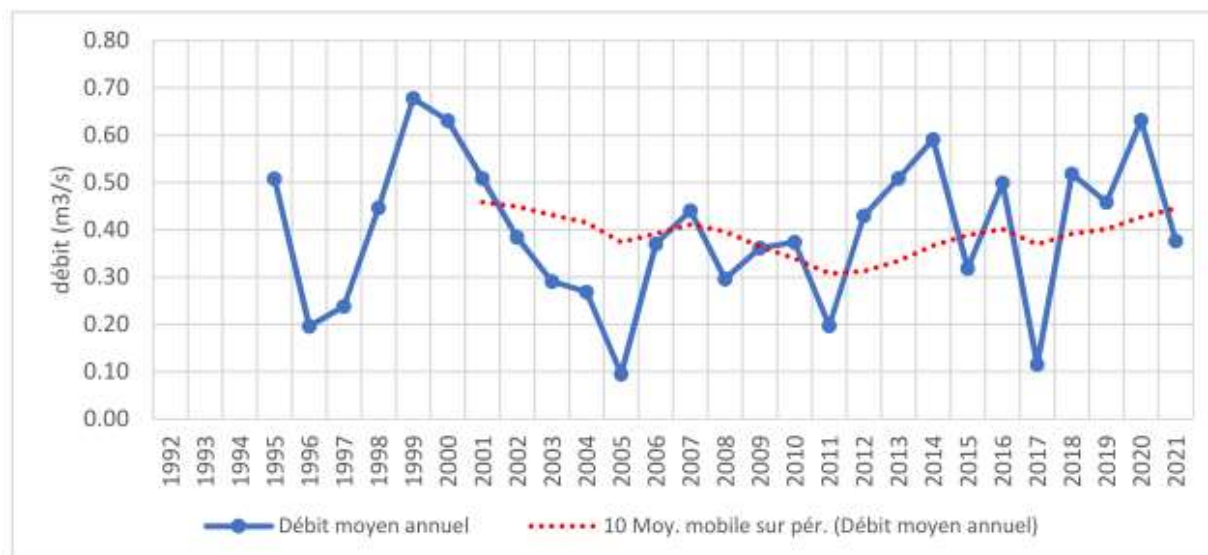
Débits moyens mensuels calculés sur l'ensemble des données disponibles jusqu'au 31/12/2021

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Débits (m ³ /s)	1.127	0.901	0.585	0.289	0.186	0.051	0.022	0.010	0.044	0.155	0.519	0.970



Valeurs caractéristiques: ajustement d'une loi normale

m ³ /s	Module	QMNA	Débit moyen nov-mars	Débit moyen avr-mai
Moyenne	0.398	0.003	0.792	0.238
Ecart-type	0.155	0.004	0.314	0.198
valeur quinquennale	0.267	0.000	0.528	0.071



Station Hydrométrique de La Logne à Saint-Colomban [La Roussière]

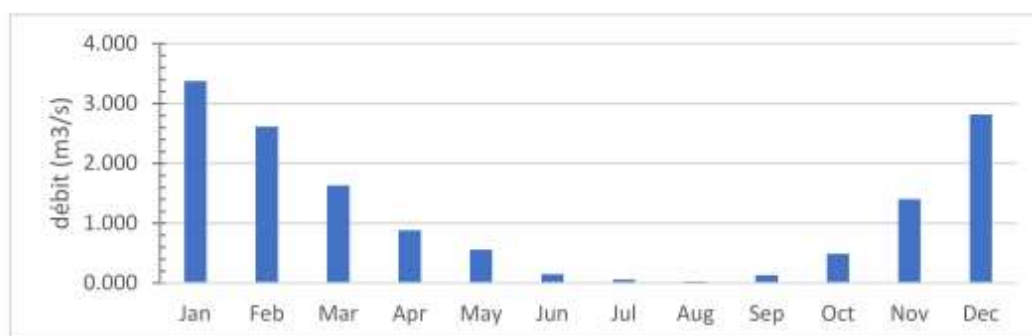
Fiche de synthèse

Code Station: **M8144010** Département: **LOIRE-ATLANTIQUE**
 Surface BV: **130 km²** Commune: **Saint-Colomban**
 Données disponibles: **1981-2023**

Module: **1.175 m³/s** Module spécifique: **9.0 l/s/km²**

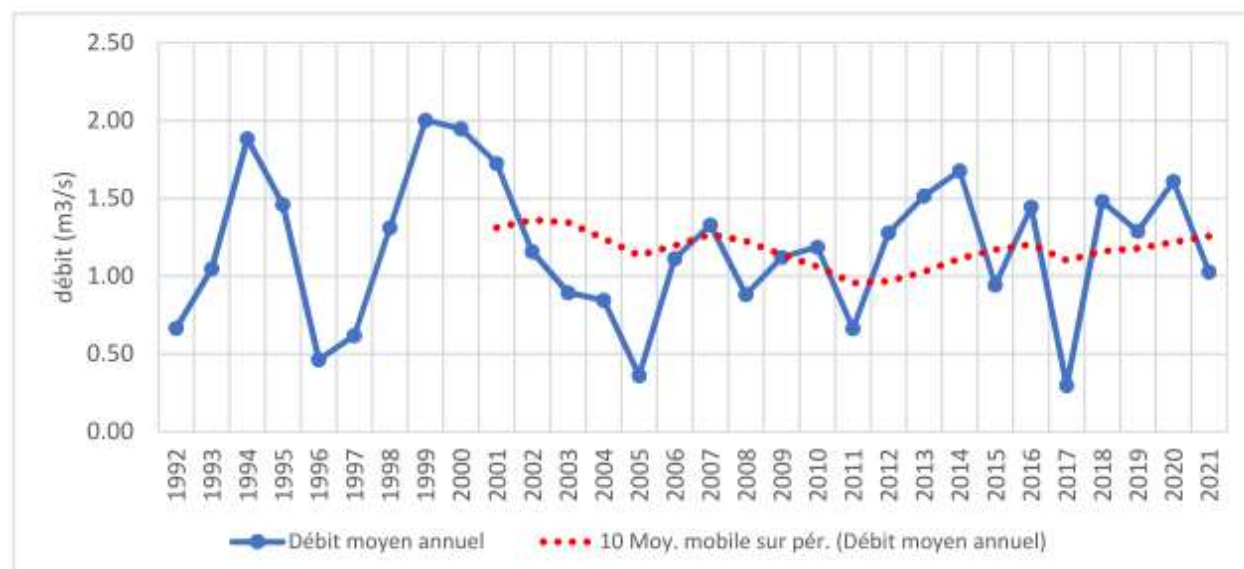
Débits moyens mensuels calculés sur les données disponibles des 30 dernières années jusqu'au 31/12/2021

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Débits (m ³ /s)	3.374	2.613	1.629	0.880	0.554	0.148	0.055	0.027	0.130	0.487	1.398	2.816



Valeurs caractéristiques: ajustement d'une loi normale

m ³ /s	Module	QMNA	Débit moyen nov-mars	Débit moyen avr-mai
Moyenne	1.175	0.010	2.366	0.717
Ecart-type	0.459	0.015	0.936	0.519
valeur quinquennale	0.789	-0.003	1.579	0.281



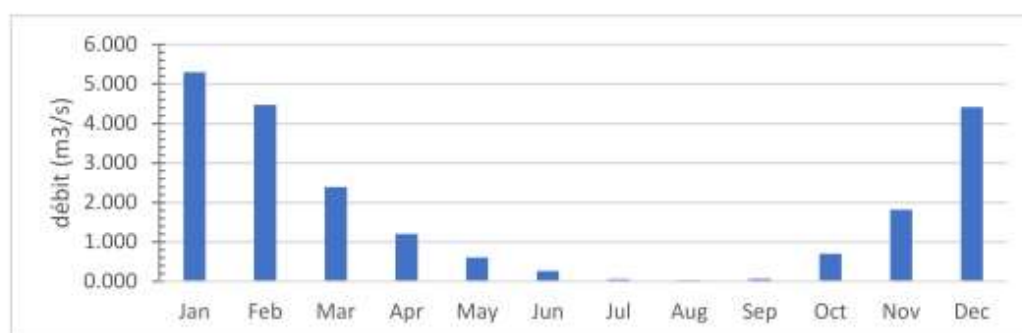
Station Hydrométrique de La Boulogne à Rocheservière puis à Saint-Philbert-de-Bouaine
Fiche de synthèse

Code Station: **M8112610** Département: **VENDEE**
 Surface BV: **206 km²** Commune: **Saint-Philbert-de-Bouaine**
 Données disponibles: **1981-1998; 2005-2006; 2008-2023**

Module: **1.778 m³/s** Module spécifique: **8.6 l/s/km²**

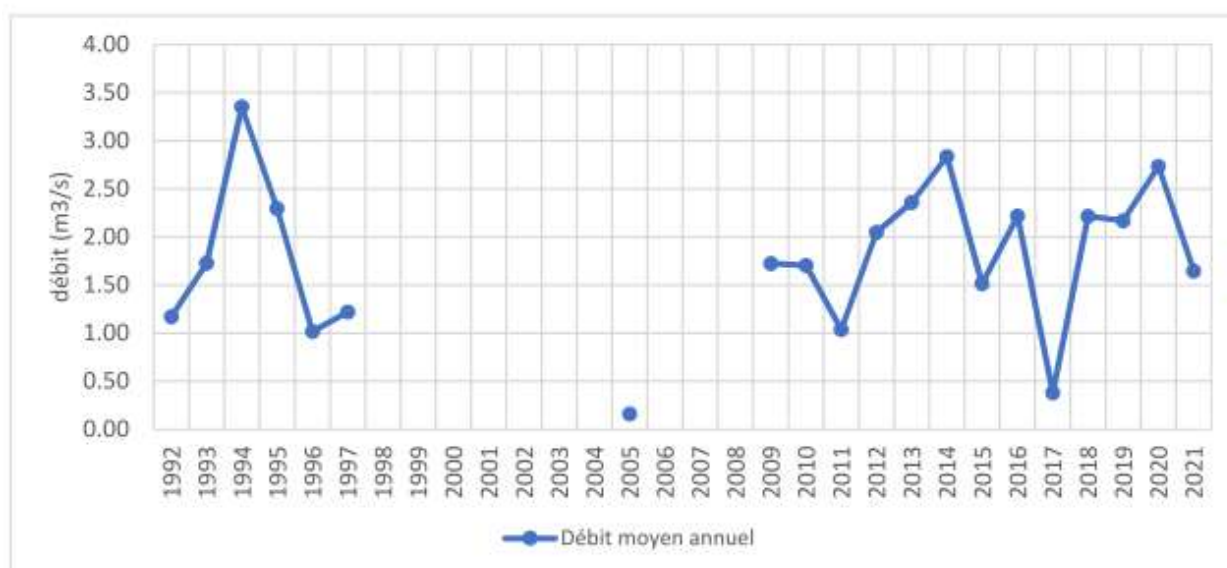
Débits moyens mensuels calculés sur les données disponibles des 30 dernières années jusqu'au 31/12/2021

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Débits (m ³ /s)	5.297	4.469	2.386	1.202	0.605	0.259	0.053	0.023	0.062	0.699	1.811	4.410



Valeurs caractéristiques: ajustement d'une loi normale

m ³ /s	Module	QMNA	Débit moyen nov-mars	Débit moyen avr mai
Moyenne	1.778	0.009	3.887	0.897
Ecart-type	0.802	0.015	2.773	0.615
valeur quinquennale	1.103	-0.003	1.554	0.379



Station Hydrométrique de L'Issoire à Saint-Philbert-de-Bouaine [La Tribouille]

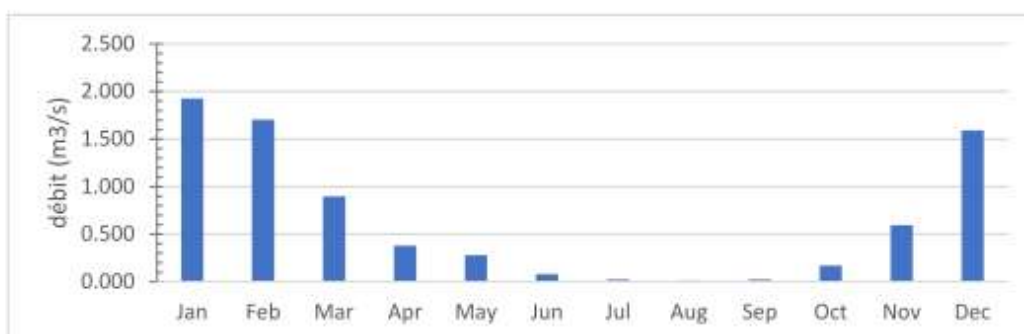
Fiche de synthèse

Code Station: **M8124010** Département: **VENDEE**
 Surface BV: **70.5 km²** Commune: **Saint-Philbert-de-Bouaine**
 Données disponibles: **1994-1996; 2008-2023**

Module: **0.617 m³/s** Module spécifique: **8.8 l/s/km²**

Débits moyens mensuels calculés sur l'ensemble des données disponibles jusqu'au 31/12/2021

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Débits (m ³ /s)	1.924	1.703	0.894	0.377	0.279	0.077	0.023	0.011	0.023	0.170	0.595	1.591



Valeurs caractéristiques: ajustement d'une loi normale

m ³ /s	Module	QMNA	Débit moyen nov-mars	Débit moyen avr-mai
Moyenne	0.617	0.007	1.321	0.353
Ecart-type	0.240	0.005	0.515	0.314
valeur quinquennale	0.415	0.002	0.888	0.089



Station Hydrométrique de L'Ognon aux Sorinières [Villeneuve]

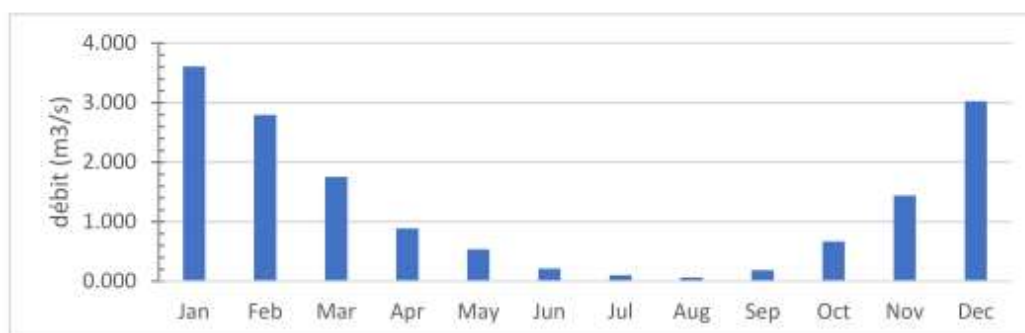
Fiche de synthèse

Code Station: **M8205020** Département: **LOIRE-ATLANTIQUE**
 Surface BV: **147 km²** Commune: **Les Sorinières**
 Données disponibles: **1964-1965; 1967-2023**

Module: **1.271 m³/s** Module spécifique: **8.6 l/s/km²**

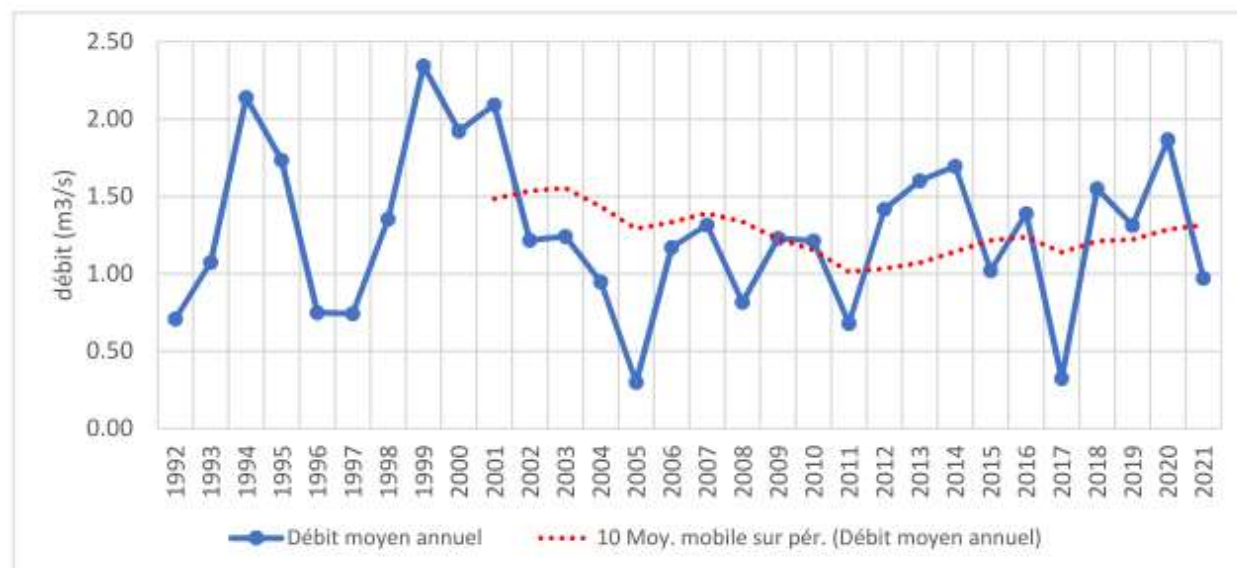
Débits moyens mensuels calculés sur les 30 dernières années jusqu'au 31/12/2021

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Débits (m ³ /s)	3.606	2.791	1.750	0.886	0.536	0.212	0.101	0.060	0.184	0.668	1.438	3.024



Valeurs caractéristiques: ajustement d'une loi normale

m ³ /s	Module	QMNA	Débit moyen nov-mars	Débit moyen avr-mai
Moyenne	1.271	0.033	2.522	0.711
Ecart-type	0.511	0.032	1.009	0.528
valeur quinquennale	0.841	0.006	1.673	0.267



L'analyse des débits mensuels met bien en évidence le régime hydrologique pluvial du bassin avec de hautes eaux annuelles en hiver (décembre à février) et une période de basses eaux de juin à septembre avec les minima atteints en juillet-août.

Sur le bassin, les modules interannuels varient de 0,398 m³/s pour la Logne à Legé (43 km²) à 1,778 m³/s pour la Boulogne à Saint-Philbert de Bouaine (206 km²).

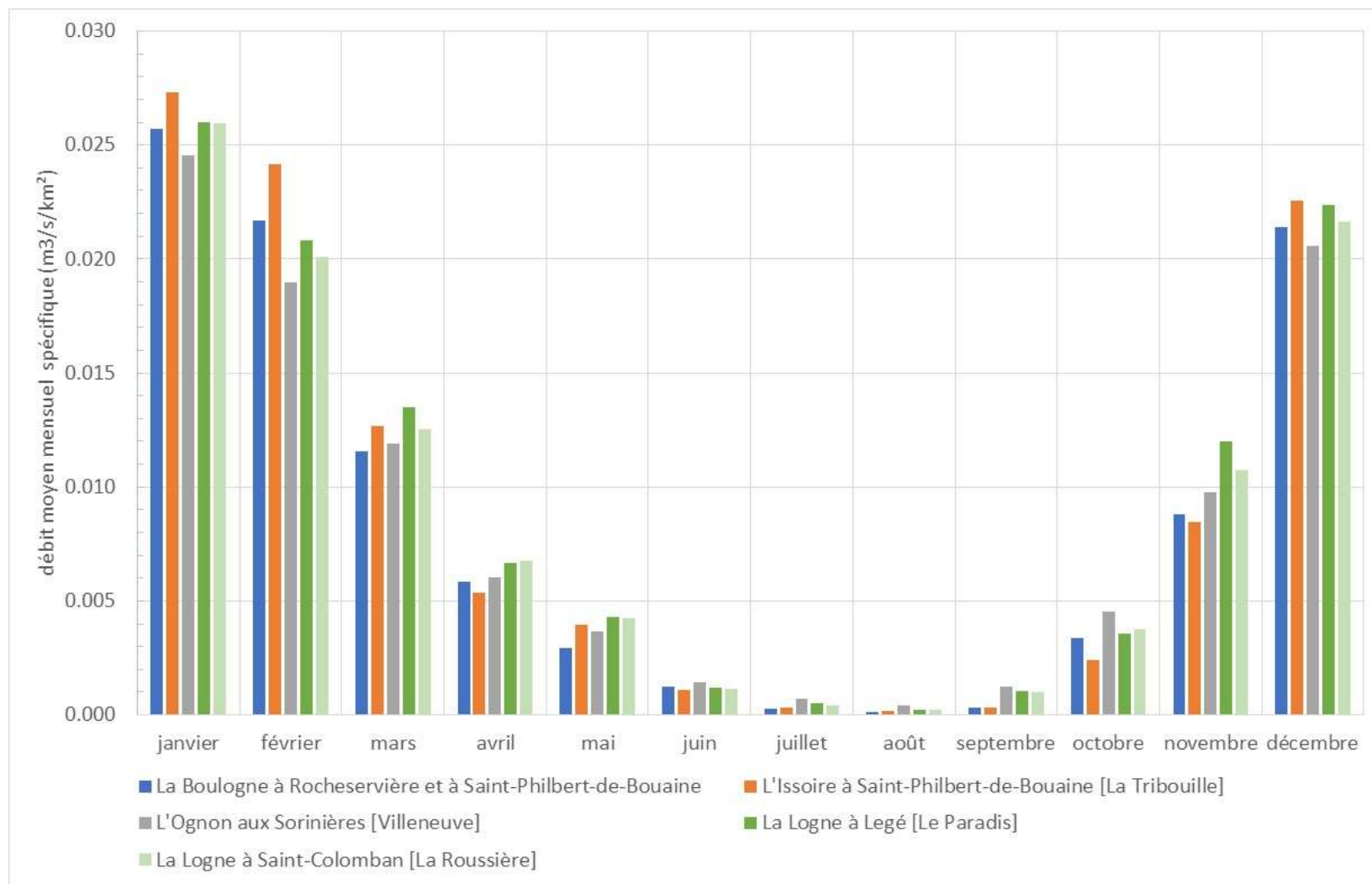
Les variations de débits moyens annuels (ou modules annuels) renseignent sur la variabilité interannuelle des écoulements pour chaque cours d'eau. Sur chacune des chroniques où les données sont disponibles, les années 2005 et 2017 se distinguent en tant qu'années sèches alors que 1999, 2014 et 2020 se dégagent comme des années plutôt humides.

Pour comparer les bassins versants entre eux, on utilise le débit spécifique qui correspond au rapport du débit d'un cours d'eau par la surface de son bassin versant. La figure suivante permet de comparer les débits moyens mensuels des 5 stations de la zone d'étude et montre que

- les débits hivernaux (décembre, janvier, février) de l'Issoire sont un peu plus soutenus que ceux des autres cours d'eau,
- les débits de printemps et d'automne (mars, avril et novembre) paraissent légèrement plus forts sur la Logne,
- les débits d'étiage sont plus soutenus sur l'Ognon que sur les autres cours d'eau, vient ensuite la Logne puis l'Issoire et la Boulogne ; cette décroissance des débits d'étiage va de pair avec la contribution des eaux souterraines : notable sur l'Ognon, modérée sur la Logne et absente sur l'Issoire et la Boulogne.

A ce stade, en analysant des débits mesurés dits influencés par les usages humains, il n'est pas possible de se prononcer quant à l'origine des écarts constatés entre les différents bassins versants : naturelle ou anthropique ?

Figure 59 : comparaison des débits spécifiques mensuels mesurés



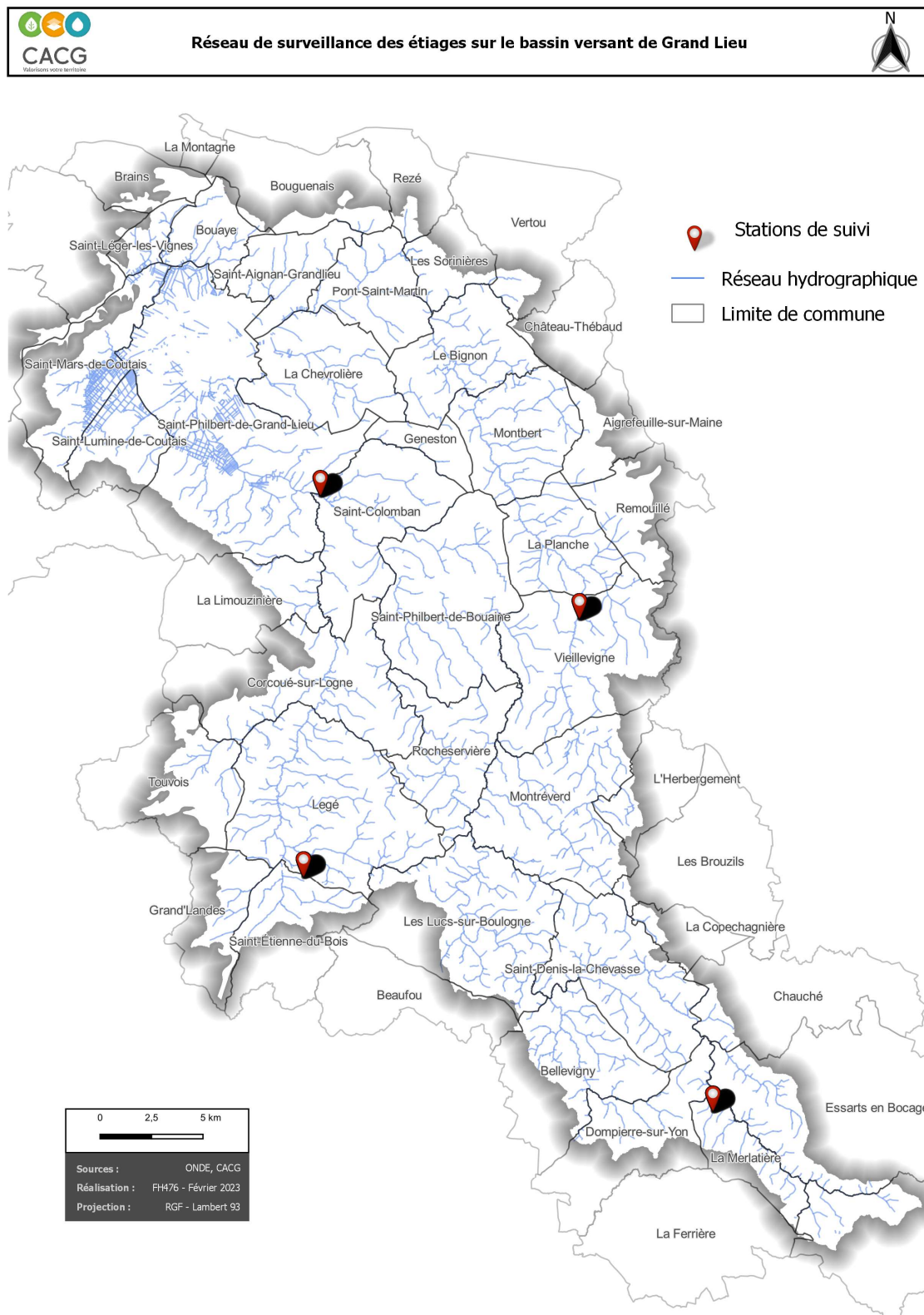
Données du réseau de stations ONDE

Les données de l'observatoire national des étiages (ONDE) sont les observations visuelles réalisées par les agents départementaux de l'Office français de la biodiversité (OFB) pendant la période estivale sur l'écoulement des cours d'eau. (Source : <https://onde.eaufrance.fr/>)

Quatre sites sont suivis sur le bassin versant de Grand Lieu sur les cours d'eau de la Logne, l'Ognon, la Boulogne et le Redour.

La carte suivante présente la localisation des stations de suivi des étiages sur le bassin versant de Grand Lieu.

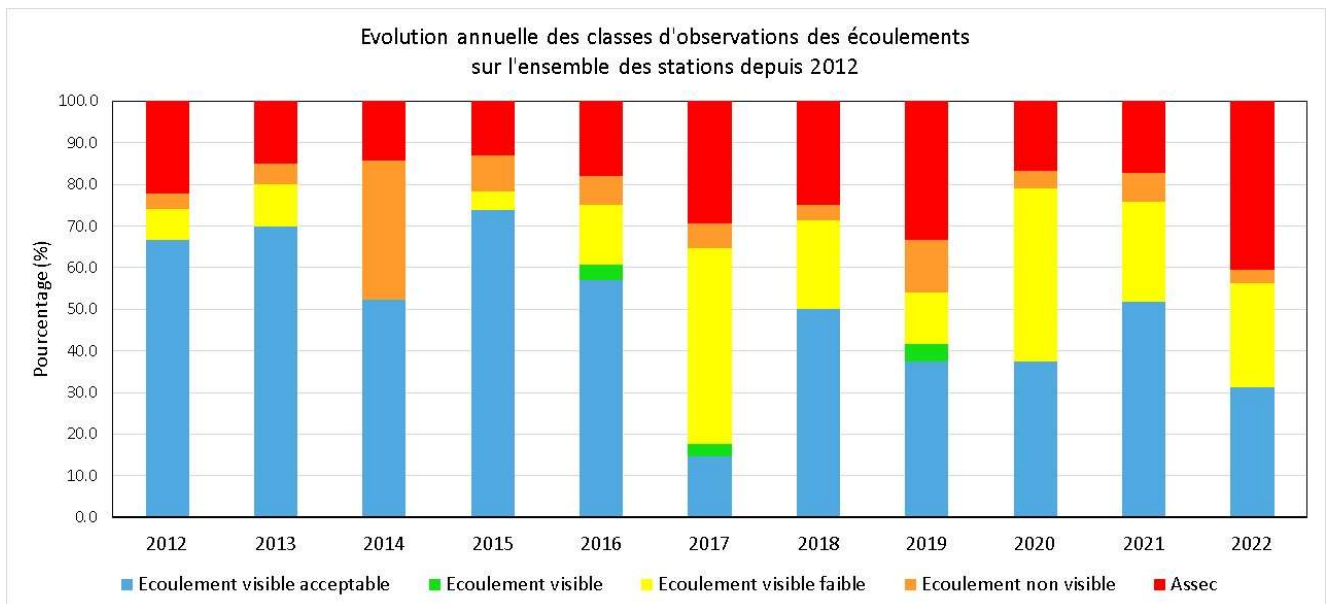
Figure 60 : localisation des stations ONDE



Depuis 2012, l'OFB effectue entre 20 et 34 observations par an sur l'ensemble des 4 stations. Le graphique suivant présente la part de chaque type d'observation par an selon les 5 classes d'écoulement :

Écoulement visible acceptable
Écoulement visible
Écoulement visible faible
Écoulement non visible
Assec

Figure 61 : évolution de la répartition des observations d'écoulement de 2012 à 2022
(source : ONDE)

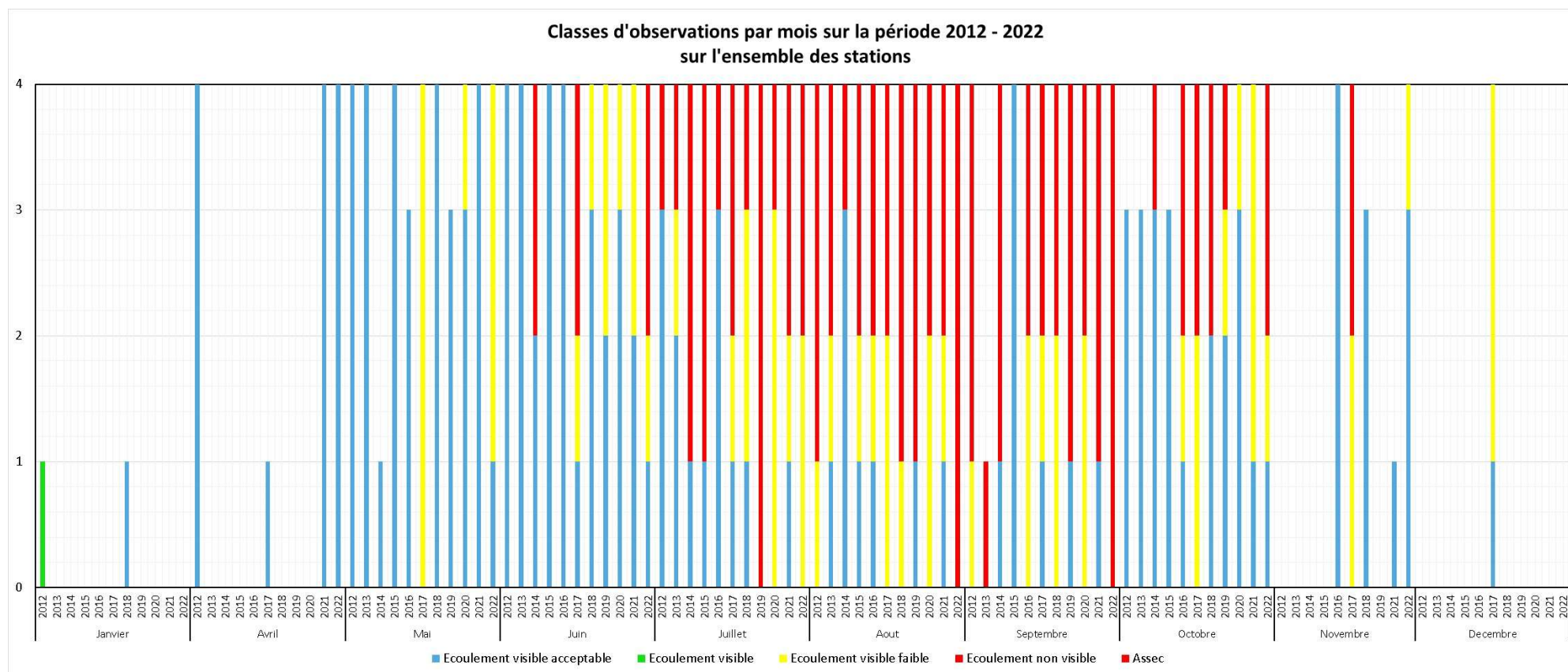


Sur les 11 années d'observations, toutes ont plus de 10% d'observations en assecs. L'année 2017 connaît le moins d'observations d'écoulement acceptable alors que l'année 2022 présente le plus fort taux d'assecs avec 40% des observations réalisées.

Le graphique suivant renseigne sur les mois concernés par l'apparition d'assecs. Pour chaque mois de chaque année, l'observation la plus sèche est conservée pour chacune des stations. Il montre que

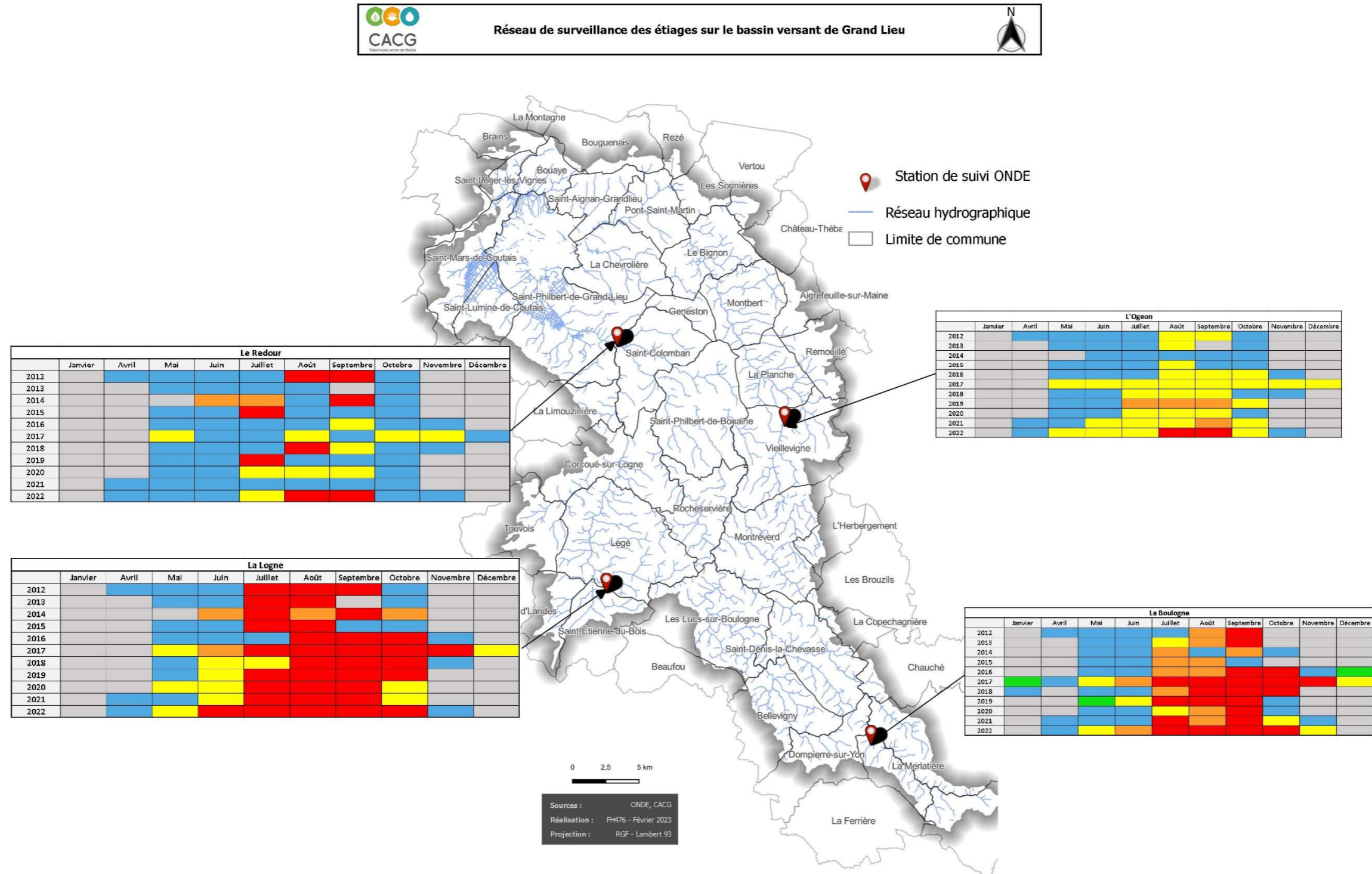
- les 1ers assecs apparaissent en juin et qu'ils peuvent se prolonger jusqu'en novembre,
- toutes les années présentent au moins une station en assec sur les mois de juillet et août,
- depuis 2016, le mois de septembre connaît au moins 2 cours d'eau en assec,
- en 2017, la reprise des écoulements n'avait toujours pas eu lieu en décembre.

Figure 62 : classes d'observations ONDE par mois



La carte suivante met en évidence les disparités d'une station à l'autre

Figure 63 : observations mensuelles par station (ONDE)



Les stations de la Boulogne et de la Logne situées en parties amont des bassins versants présentent les apparitions d'assecs les plus nombreuses. La station de la Logne en particulier est en assec pendant quasiment 3 mois tous les ans (juillet à septembre). En août et septembre 2022, les 4 stations suivies étaient en assec.

3.4.2 Hydrogéologie

3.4.2.1 *Cadre géologique*

Depuis 2007, aucune donnée géologique majeure n'est venue préciser le contexte local du bassin versant de Grand Lieu, raison pour laquelle la présentation du contexte qui suit est un extrait du rapport BGRM/RP-53680-FR.

Formation du Bassin de Grand Lieu

Au cours du Tertiaire, la collision alpine a induit une déformation du Massif Armoricaïn qui s'est principalement manifestée par le jeu de failles du socle varisque dans la couverture sédimentaire (Suzzoni, 1988). Il en résulte de nombreux petits bassins tertiaires (= cénozoïques) qui, comme celui de Grand-Lieu, sont restés piégés après le décapage de la couverture.

Description des formations

Le substratum :

Le substratum de la dépression de Grand-Lieu est constitué de plusieurs unités :

- *Au Nord-Ouest et au Nord-Est : formations paléozoïques du synclinorium de Chantonnay et complexe cristallophyllien des Essarts*
- *Au Sud-Ouest : granite de Legé et de la Roche-sur-Yon*
- *A l'Ouest : micaschistes briovériens du synclinorium de la Roche-Sur-Yon.*

Ce socle cristallin et les terrains sédimentaires sus-jacents sont affectés par plusieurs accidents NW-SE qui limitent des blocs disjoints, alternativement affaissés ou soulevés (cuvettes de Grand-Lieu et de la Vallée de l'Ognon, horst de Saint-Philbert sur la zone d'étude).

La forme triangulaire du domaine de Grand-Lieu résulte en fait de la coexistence de trois accidents tectoniques (Chevalier, 1987) (...) :

- *l'accident de Sainte Pazanne - Les Essarts (N 30°)*
- *l'accident de Bourgneuf - Sablé (N 50°)*
- *l'accident de la Rousselière - l'Ognon (N 150°)*

Parallèlement à la première direction (N 30°), le Sillon houiller "Saint-Mars-de-Coutais – Chantonnay" traverse aussi la dépression de Grand-Lieu sans se traduire par un relief dans le paysage.

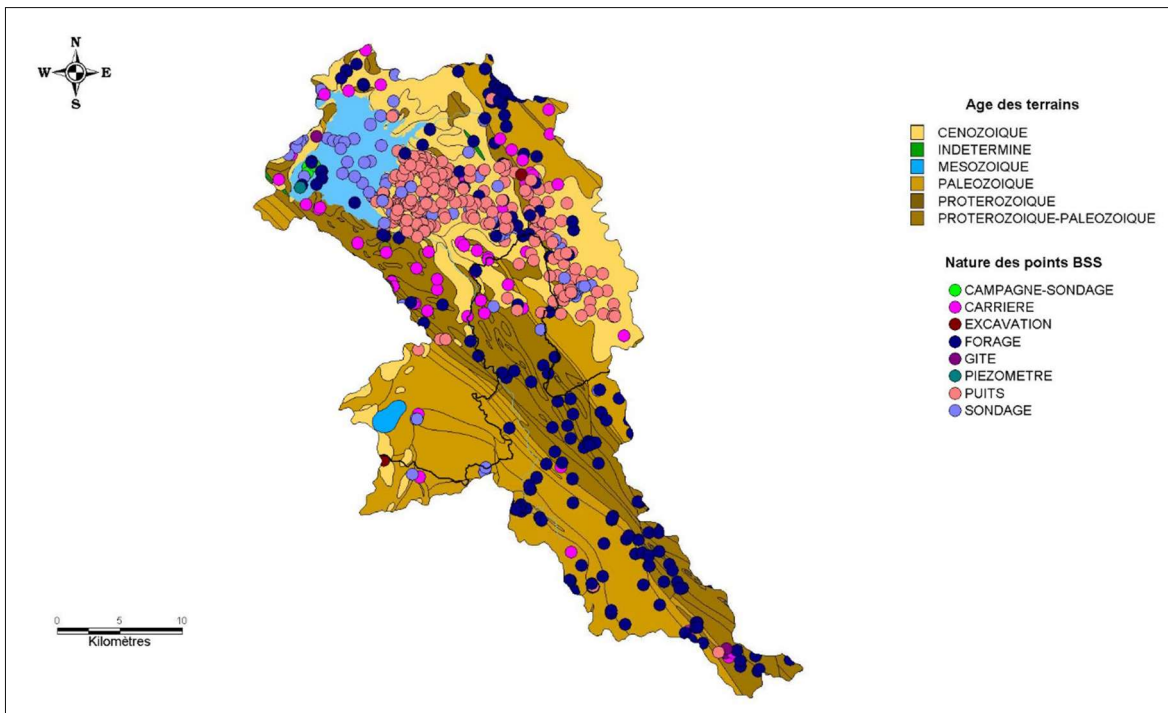


Figure 64 : Géologie du bassin versant (d'après carte au 1/250 000) et localisation des points inventoriés en BSS - BRGM

La Figure 64 montre la répartition des ouvrages inventoriés en BSS. Il apparaît que la partie amont du bassin versant se caractérise par une forte densité de forages implantés dans les formations de socle alors que dans la partie sédimentaire, les puits sont majoritaires. On peut noter :

- que les profondeurs sont plus importantes au niveau du lac (épaisseurs de l'ordre de 20 m) que dans la partie située plus à l'est (profondeurs inférieures à 10 m)
- que les points présentant une épaisseur de sédiments supérieure à 20 m sont peu nombreux

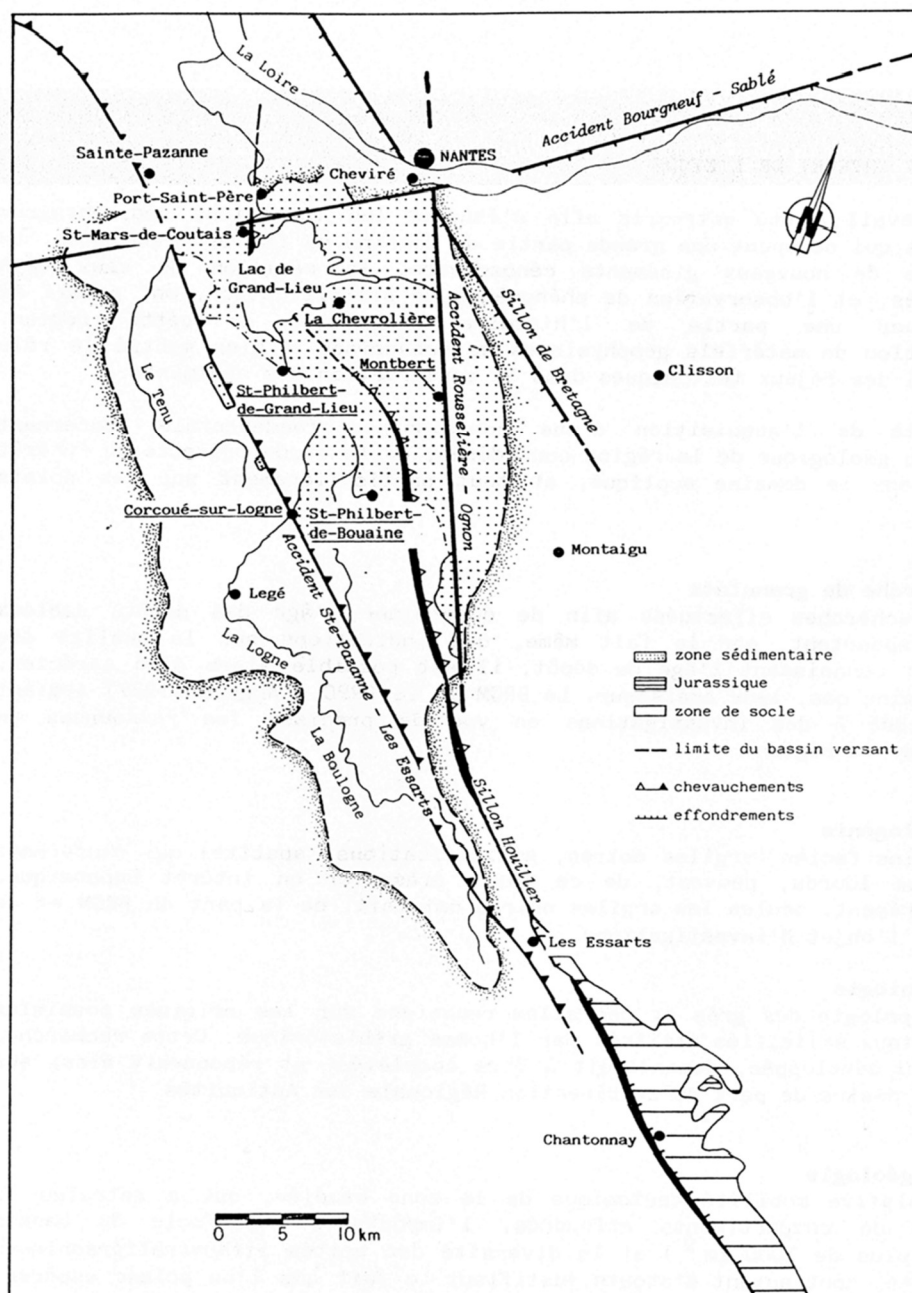
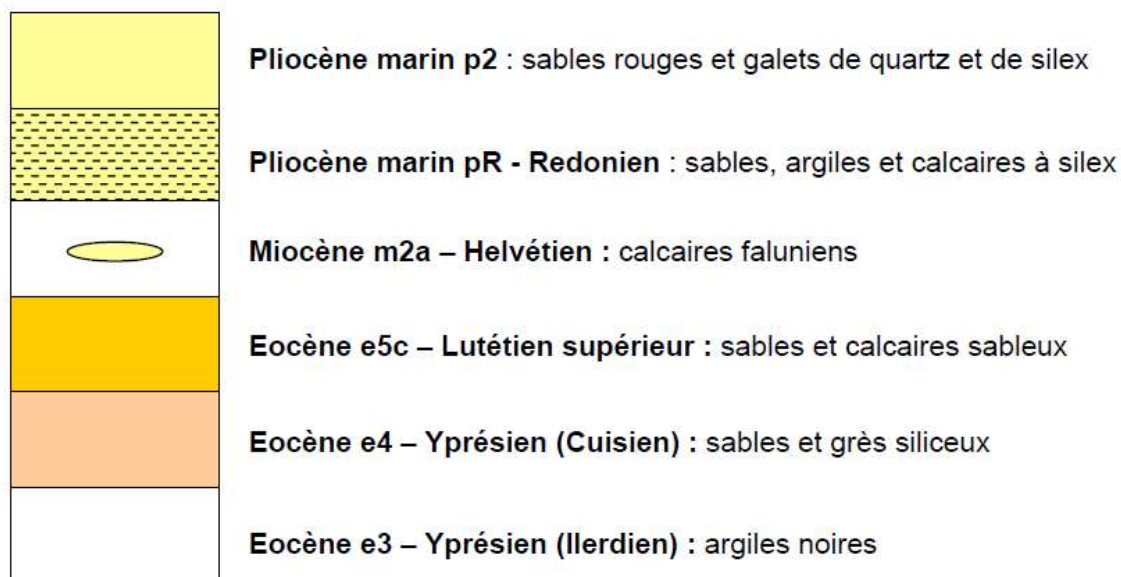


Figure 65 : Localisation des accidents tectoniques d'après Chevalier, 1987

Les formations sédimentaires :

La figure suivante permet de visualiser la succession stratigraphique et lithologique des terrains sédimentaires tertiaires présents sur le territoire de la carte géologique de Saint-Philbert-de-Grand-Lieu (carte n° 508) et reposant sur les formations de socle.



Figure

66 : Stratigraphie des terrains tertiaires du Bassin de Grand-Lieu (source : BRGM)

L'Ilerdien qui se présente sous la forme d'une mince couche (0.2 à 2 m) d'argiles noires feuilletées est présent tout autour du Lac de Grand-Lieu mais il est toujours recouvert par des terrains plus récents. On le retrouve de façon plus marquée dans les vallées de la Boulogne et de l'Ognon.

Le Cuisien est moins développé que le Lutétien supérieur que l'on retrouve à Saint-Aignan-de-Grandlieu (au nord du lac), à Saint-Lumine-de-Coutais (au sud-ouest du lac) et dans la zone proprement dite du lac.

De façon générale, l'Eocène est plus épais à l'ouest du lac que dans la partie orientale. Il peut être directement surmonté par des formations quaternaires ou par les formations du Pliocène.

Au Pliocène, la dépression de Grand-Lieu a été entièrement recouverte par la mer mais l'érosion quaternaire a enlevé une grande partie des dépôts, surtout à l'ouest où le socle est plus élevé. Sous les sables rouges, le Redonien (pR) n'est reconnu qu'en bordure du lac et dans les paléovallées fortement encaissées.

Du fait de la tectonique (failles ayant joué indépendamment les unes des autres dans le temps et dans l'espace) et des phénomènes d'érosion qui ont affecté le secteur :

- les terrains précédemment décrits peuvent se présenter sous des formes très variées allant du placage très peu épais (voire à des galets épars) au bassin proprement dit
- des formations différentes ont été amenées au même niveau altimétrique (disposition complexe dite en marqueterie)

Par ordre d'importance en épaisseur, les principales dépressions reconnues dans le secteur de Grand-Lieu sont les suivantes :

- Zone orientale du lac (La Grande Suzeraine, Saint-Joseph) : le socle n'a pas été atteint à 36 mètres de profondeur.
- Zone occidentale du lac : selon les données de forages, la profondeur du socle est supérieure à 20 m (23 et 29 mètres). Du fait d'effondrements différentiels, les calcaires lutétiens et les sables de l'Eocène inférieur se retrouvent au même niveau.

- *Au sud du lac (Marais de Saint-Lumine) : l'épaisseur de sédiment est -comme dans la zone orientale du lac - très importante. La profondeur du socle est variable (25 à 30 mètres pour tous les forages et 62 mètres en un point).*
- *Au nord du lac : socle peu profond (moins de 10 mètres de profondeur).*
- *Vallée de l'Ognon (axe tectonique la Rousselière – l'Ognon) : plusieurs dépressions jalonnent cette vallée.*

La

Figure 67 permet de visualiser le tracé des coupes disponibles en bibliographie alors que les Figure 68 et Figure 69 correspondent à 2 coupes synthétiques où la structure en "touches de piano" du bassin apparaît clairement.

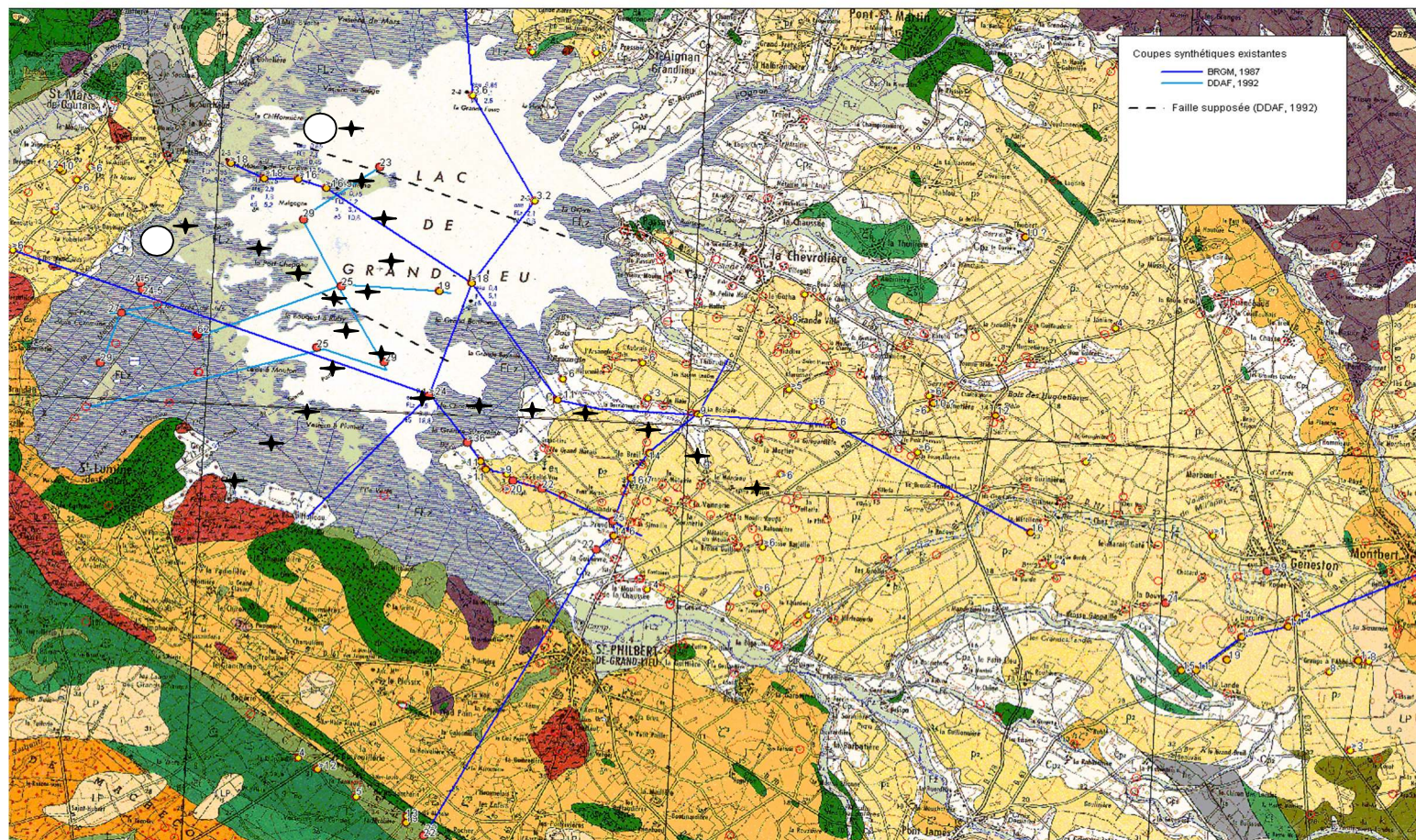


Figure 67 : Tracé des coupes disponibles en bibliographie sur fond géologique au 1/50 000 (BRGM)

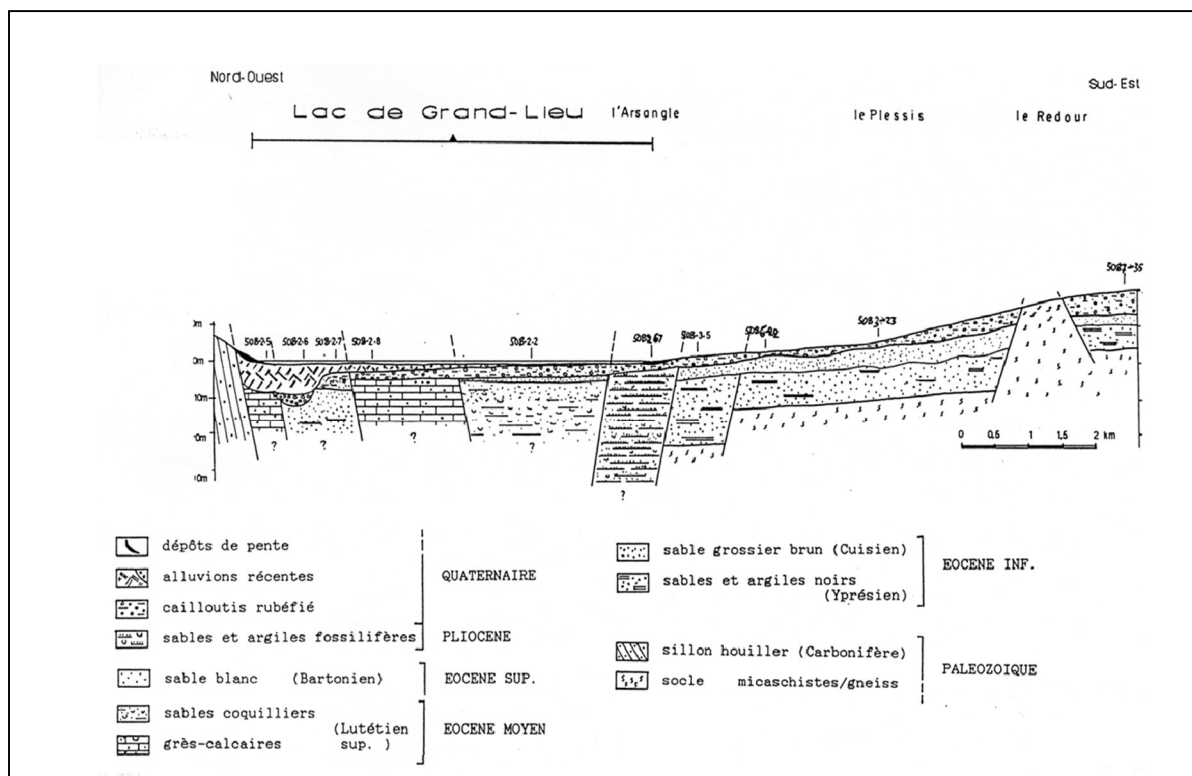


Figure 68 : Coupe géologique synthétique NO-SE (tracé 2 de l'illustration 6) d'après Chevalier (1987)

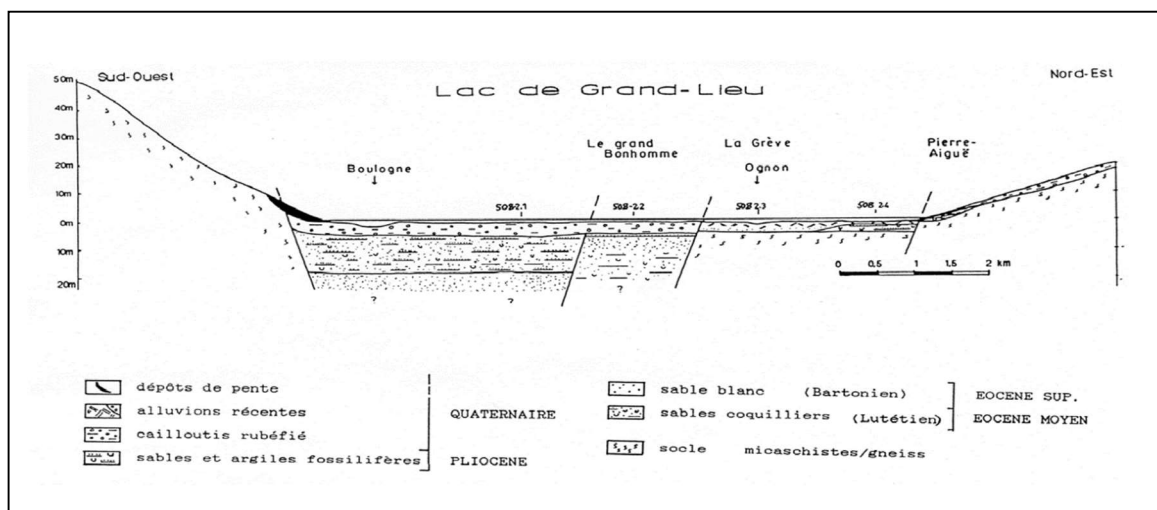


Figure 69 : Coupe géologique synthétique SO-NE (tracé 1 de l'illustration 6) d'après Chevalier (1987)

3.4.2.2 Formations aquifères

Au droit du bassin versant, il est possible de distinguer 2 types d'aquifères principaux (voir carte ci-après) :

- Celui qui est le plus productif contenu dans les formations tertiaires (argiles sableuses du Céno-Turonien, calcaires sableux du Lutétien supérieur, Sables de l'Yprésien)
- Celui qui est contenu dans les formations de socle, à la productivité limitée (socle métamorphique)

Aussi, pourrait être considéré un aquifère au sein des formations alluviales. Ceci étant, au regard de leurs très faibles extensions (exception faite en aval de la vallée de la Boulogne peut-être), cet aquifère est intégré au deux autres.

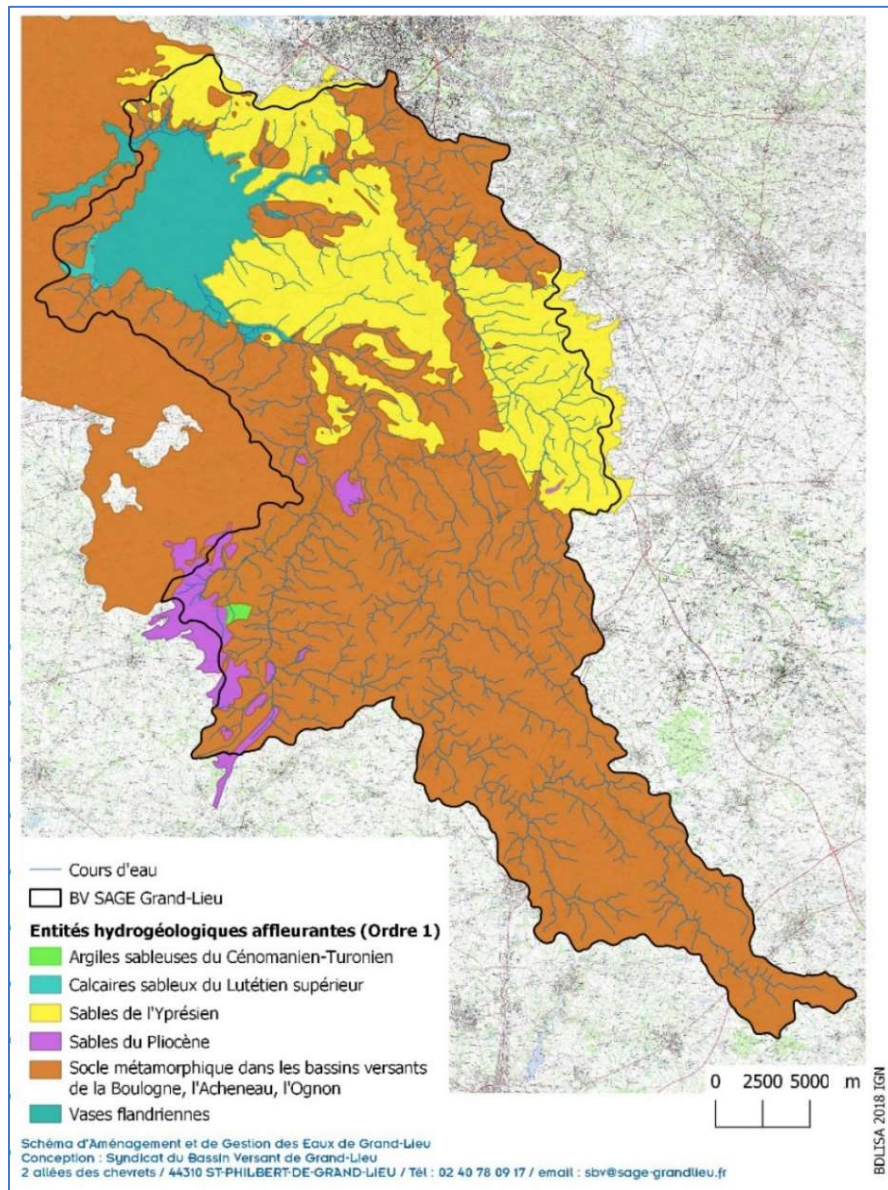


Figure 70 : Entités hydrogéologiques affleurantes (source : SAGE Grand Lieu)

Aquifère des formations tertiaires

La capacité aquifère d'une roche résulte du degré de porosité de la roche. Ainsi, les formations sableuses offrent une forte porosité, d'autant plus que la granulométrie soit élevée. Cependant, des niveaux sableux des lentilles argileuses s'intercalent au sein de la formation (résultant de l'origine deltaïque de ces dépôts). Il en résulte alors une moindre productivité de la nappe.

Ainsi, la nappe contenue dans les sables pliocènes offre une forte capacité de stockage et une bonne productivité. Cette ressource est exploitée par des puits ou des forages peu profonds, voire des plans d'eau recoupant directement la nappe, notamment pour l'irrigation.

Les formations calcaires ont fait l'objet de reconnaissances dans les années 1990 au Sud-Est du lac. Celles-ci avaient montré une bonne productivité de la ressource, mais des défauts de qualité.

Aquifère du socle

Les aquifères de socle contiennent une nappe dans deux niveaux superposés que sont les altérites et la roche fissurée (Figure 71). Ils sont connectés mais ne possèdent pas les mêmes caractéristiques hydrodynamiques : l'horizon fissuré est plus transmissif et la couche d'altérites plus capacitive.

Le potentiel aquifère peut alors être défini par :

- L'épaisseur et la nature de la couche d'altérites (des altérites exemptes de fraction fine et de granulométrie élevée représentent un fort potentiel aquifère) ;
- Le degré de fracturation des roches du socle et l'épaisseur de la zone fracturée ;
- L'orientation et la connectivité des fractures ;
- La présence ou non d'un remplissage argileux des fractures.

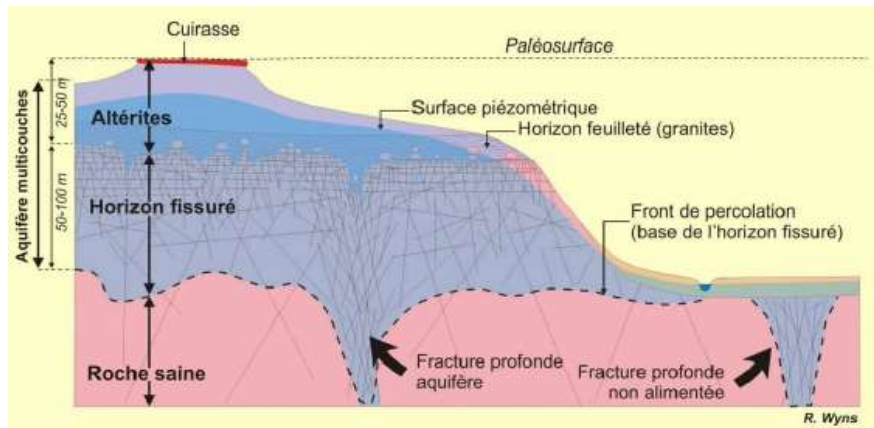


Figure 71 : Schéma conceptuel des aquifères de socle (source : R. Wyns – 1998 et 2004)

La productivité au sein de ces formations est donc très variable, pouvant être quasi nulle ou limitée à quelques m³/h.

L'exploitation de cette ressource est de deux types :

- Puits peu profonds captant les altérites (productivité limitée mais pouvoir capacitif),

- Forages profonds cherchant à recouper des niveaux fracturés (plus forte productivité recherchée).

3.4.2.3 Les masses d'eau

Sur le territoire, 8 masses d'eau sont identifiées :

Tableau 9 : Liste des masses d'eau sur le territoire

Code	Nom
FRGG022	Bassin versant de l'estuaire de la Loire
FRGG025	Bassin versant de la baie de Bourgneuf - Marais Breton
FRGG026	Logne - Boulogne - Ognon - Grand Lieu
FRGG027	Sèvre. Nantaise. Loire aval et. Côtiers. Vendéens
FRGG037	Sable du bassin tertiaire du lac de Grand Lieu
FRGG148	Bassins tertiaires du socle armoricain
FRGG028	Bassin versant de la Vie – Jaunay (à l'extrême sud-ouest de la zone d'étude)
FRGG030	Socle du BV du marais poitevin (à l'extrême sud de la zone d'étude)

Elles sont reportées sur la carte suivante : les masses d'eau associées aux formations de socle sont grisées, et celles associées aux formations sableuses et calcaires, donc plus productives, apparaissent en rouge ou orangé.

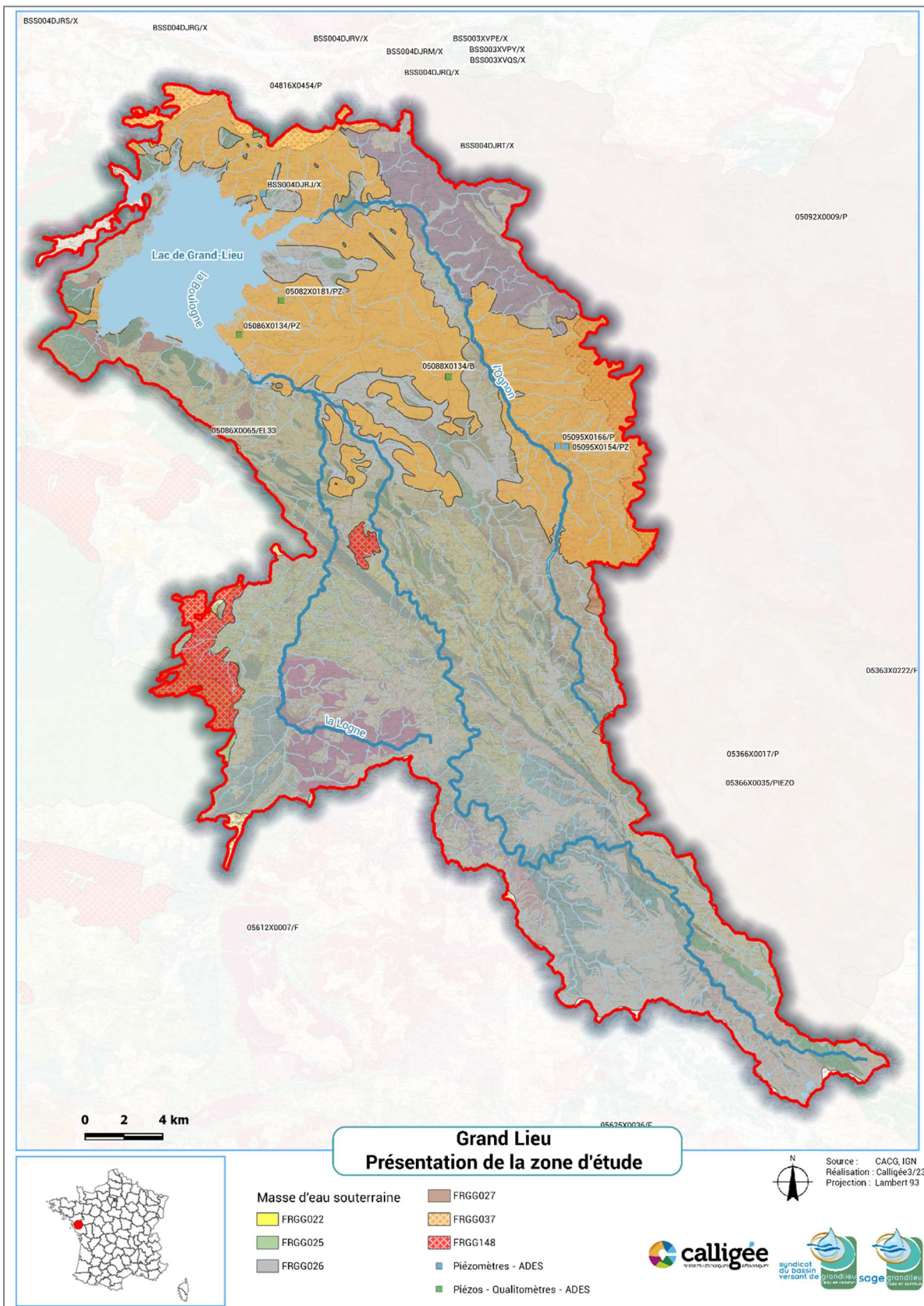


Figure 72 : Carte de localisation des masses d'eau

3.4.2.4 Les ouvrages de référence

Ci-après, la liste des piézomètres de référence.

Tableau 10 : Liste des piézomètres de référence sur le territoire du bassin versant

Nom de l'ouvrage	Code BSS	Altitude en mNGF Z	Coordonnées géographiques (Lambert 93)		Suivi		Commune	Prof.	Formation géologique recoupées et captées	Masse d'eau
	nouveau		X-L93	Y-L93	début	fin		(m)		
20 Rue De La Paix	BSS001JTSD	27	363579	6666977	20/10/2014	en cours	La Planche	5.69	sables	officiellement : GG026 - Logne, Boulogne, Ognon Grand Lieu dans la réalité : GG037 "Sable du bassin tertiaire du lac de Grand Lieu"
Centre Technique communal	BSS001JTRR	33	363993	6666928	05/09/2012	en cours	La Planche	23	socle altéré (formations superficielles occultées)	GG026 - Logne, Boulogne, Ognon Grand Lieu
Bellevue	BSS001JRKS	3.00	347177	6672706	31/07/2008	en cours	Saint-Philbert-de-Grand-Lieu	20.5	sables du bassin de Grand lieu	GG037 - Sables du bassin de Grand Lieu
La NoëGrivaud	BSS001JSBK	32.00	357941.00	6670542.00	09/12/2008	en cours	Geneston	31	sables Pliocène	
La Chevrolière	BSS001JQAJ	6	349340	6674480	31/07/2008	en cours	La Chevrolière		sables	
Gendronnière	BSS004DJRJ/X	7	348404	6679976	01/01/2022	en cours	Saint-Aignan-Grandlieu	NC	NC	non précisé
Chambord (hors BV)	BSS001LDCR	73	371985	6649133	05/11/1992	en cours	Les Brouzils	80	socle?	GG027 - Bassin versant de la Sèvre Nantaise
La Revellerie (hors BV)	BSS001JRHS	36.00	345534	6667316	08/11/1995	en cours	Saint-Philbert-de-Grand-Lieu	24	anticlinal de Cornuaille (sables et grès)	officiellement : GG022 - Bassin versant de l'estuaire de la Loire dans la réalité : formations de sables et grès de l'Eocène dans un petit bassin (à proximité du Maupas)

Au sein du territoire, les piézomètres de référence ne concernent que les nappes sédimentaires. Ils sont donc principalement situés en partie Nord du bassin.

Il n'existe aucun ouvrage de référence sollicitant les formations du socle. L'ouvrage proche qui pourrait être pris en référence pourrait être celui de Chambord aux Brouzils.

Notons qu'un nouvel ouvrage de référence a été mis en place en octobre 2022 à hauteur de Saint-Aignan-de-Grandlieu.

Ci-après, l'évolution des niveaux d'eau sur les ouvrages de référence.

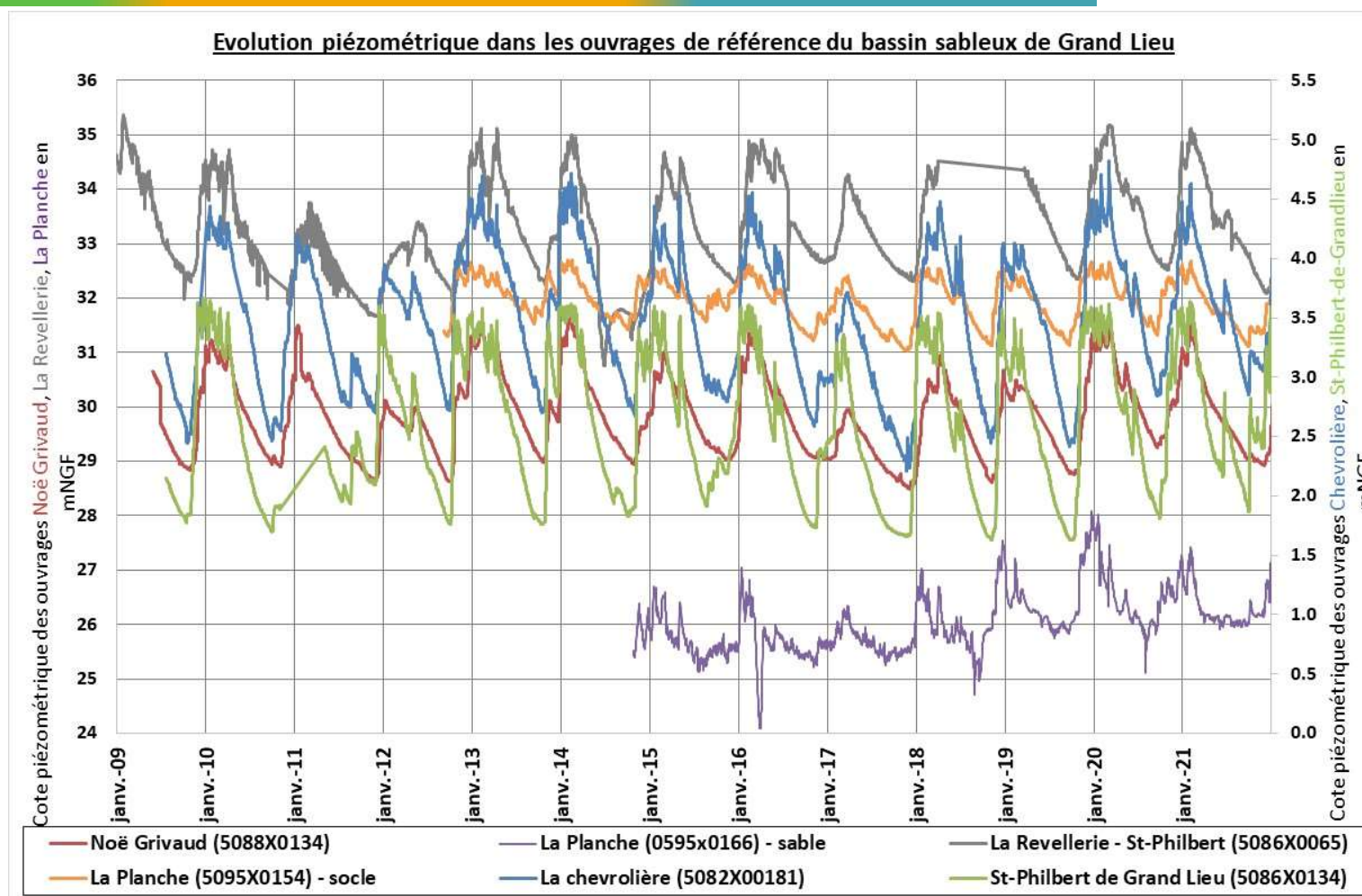


Figure 73 : Evolution piézométriques sur les ouvrages de référence 2009 à 2022 (d'après données ADES)

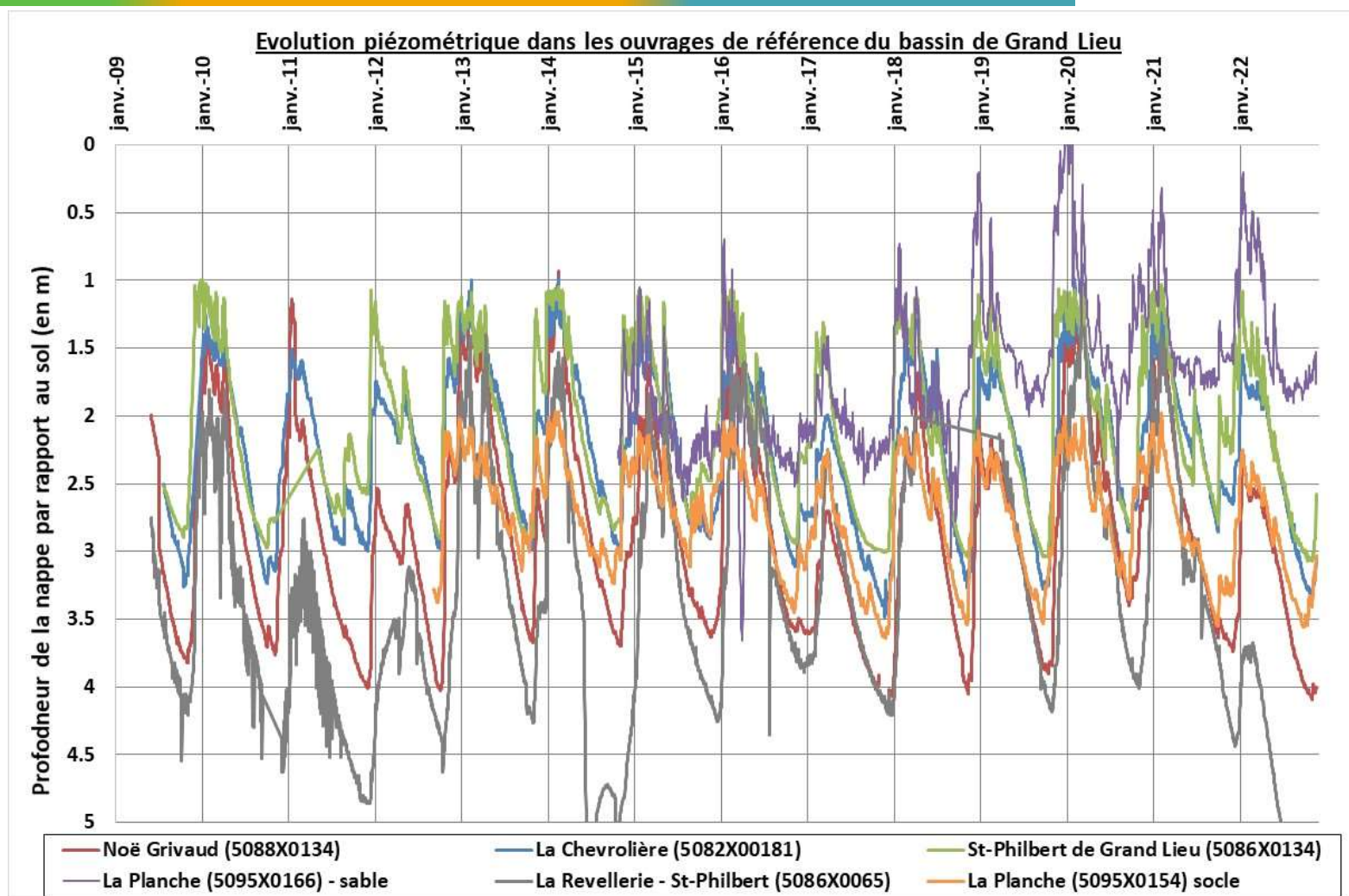


Figure 74 : Evolution piézométrique sur les ouvrages de référence de Grand Lieu (2009-2022) (source : ADES)

Ces variations montrent :

Tableau 11 : Principaux éléments déduits du suivi piézométrique

Piézomètre de référence	Périodicité des cycles de recharge	Battement de nappe moyen	Evolution, tendance
Chevrolière (BSS001JQAJ)	annuelle	1.3m	Pas d'évolution particulière
St-Philbert (BSS001JRHS)	annuelle	1.7m	Pas d'évolution particulière mais étiage marqué en 2011, et très marqué en 2014
St-Philbert Bellevue – (BSS001JRKS)	annuelle	1.4m	Pas d'évolution particulière
Géneston (BSS001JSBK)	annuelle	1.6m	Pas d'évolution particulière mais étiages marqués en 2011, 2012 et 2017
La Planche (BSS001JTTR) - sable	annuelle	1m	Pas d'évolution particulière entre 2012 et 2022
La Planche 2 (BSS001JTSD) - socle	annuelle	0.9m	Augmentation globale du niveau de nappe entre 2015 et 2020

L'analyse de l'évolution piézométrique de l'ouvrage de référence de la Revellerie sur lequel le suivi piézométrique est le plus long montre une forte corrélation entre pluviométrie annuelle et niveaux de nappe. 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.

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

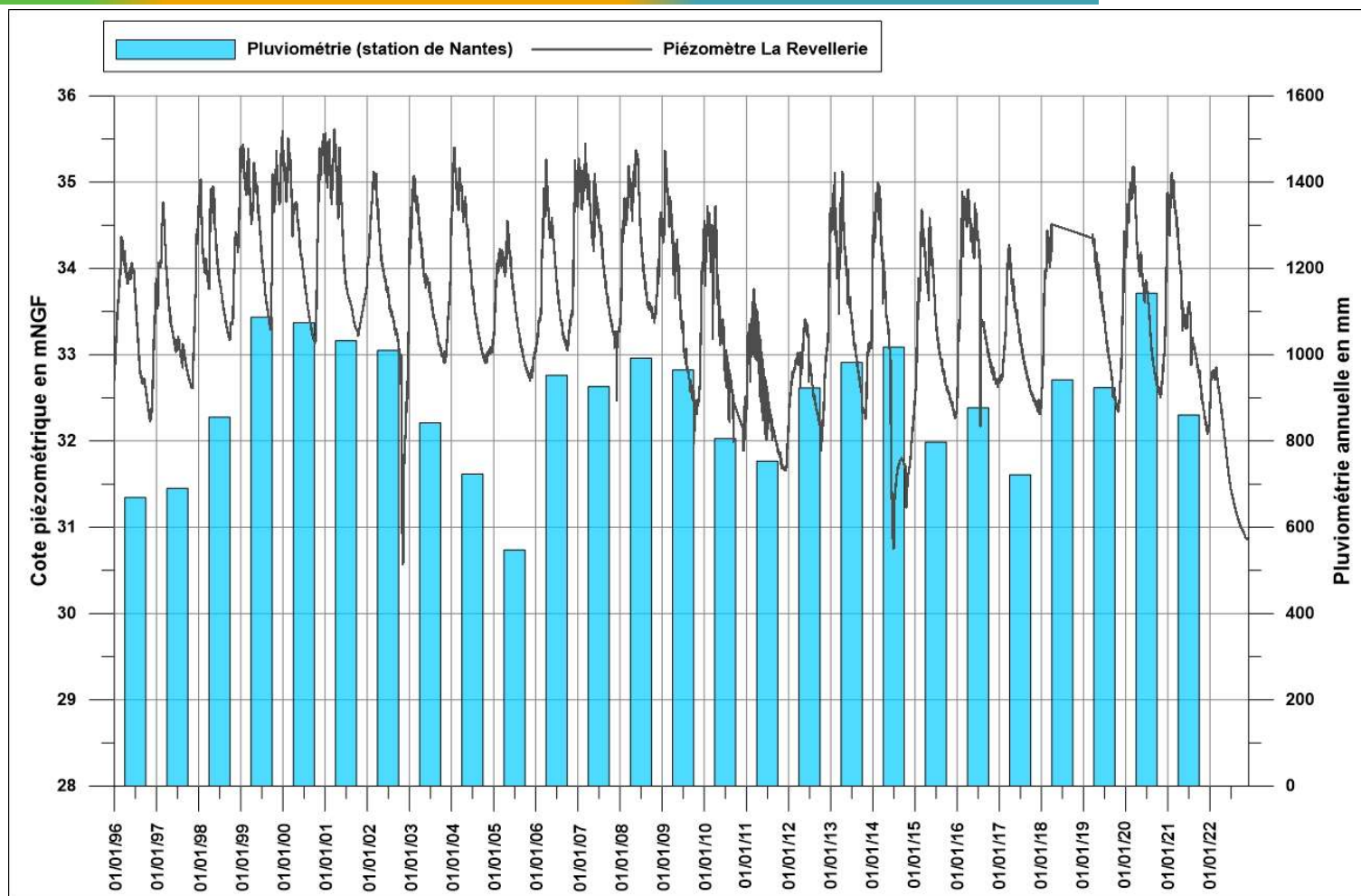


Figure 75 : Comparaison de la piézométrie à la Révellerie et de la pluviométrie annuelle (d'après données ADES et MétéoFrance)

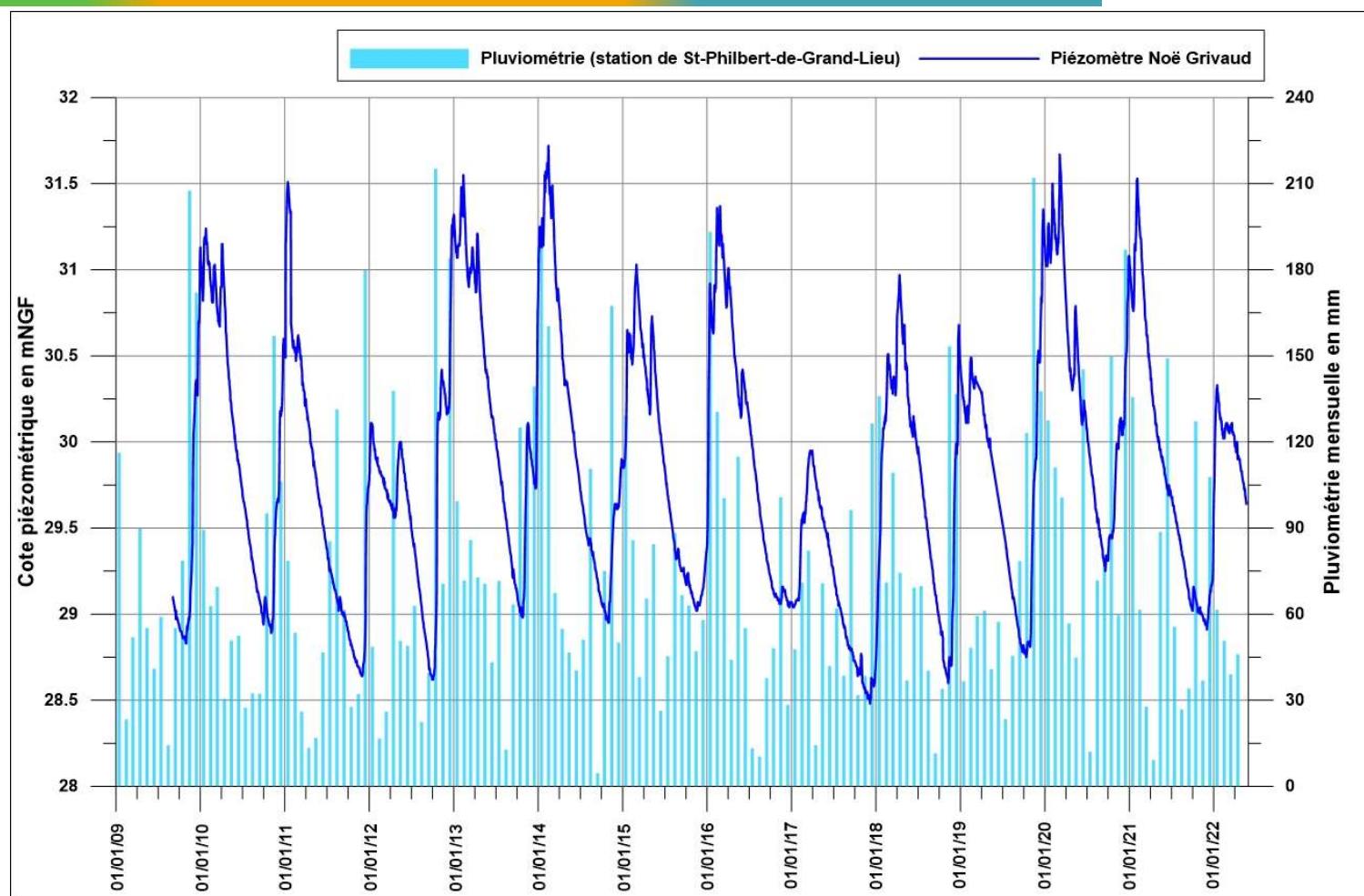


Figure 76 : Comparaison de la piézométrie à Géneston et de la pluviométrie mensuelle (d'après données ADES et MétéoFrance)

Les ICPE inscrites sur le territoire réalisent probablement des mesures locales de niveaux de nappe dont nous n'avons pas eu connaissance. Les carrières Lafarge Granulats et GSM qui exploitent deux sablières sur le territoire de Saint-Colomban réalisent des suivis réguliers au droit et en périphérie de leurs carrières. Ces données n'ont pas été transmises pour le compte de la présente étude mais nous savons, par le biais d'autres études réalisées sur le secteur, qu'elles confirment des variations annuelles en lien avec la recharge, comme mis en évidence par le piézomètre de Géneston.

3.4.2.5 La piézométrie

La seule piézométrie collectée sur le territoire est celle réalisée par le BRGM en 2005 (basses eaux) et en 2006 (hautes eaux), portant uniquement sur la partie aval du bassin versant pour intégrer les zones où se développent les nappes constituées par les formations sédimentaires.

Malgré la démarche entreprise, le nombre d'ouvrages mesurés est resté limité, plus d'une centaine à chaque campagne, ce qui ne permet pas d'avoir une compréhension très locale des écoulements.

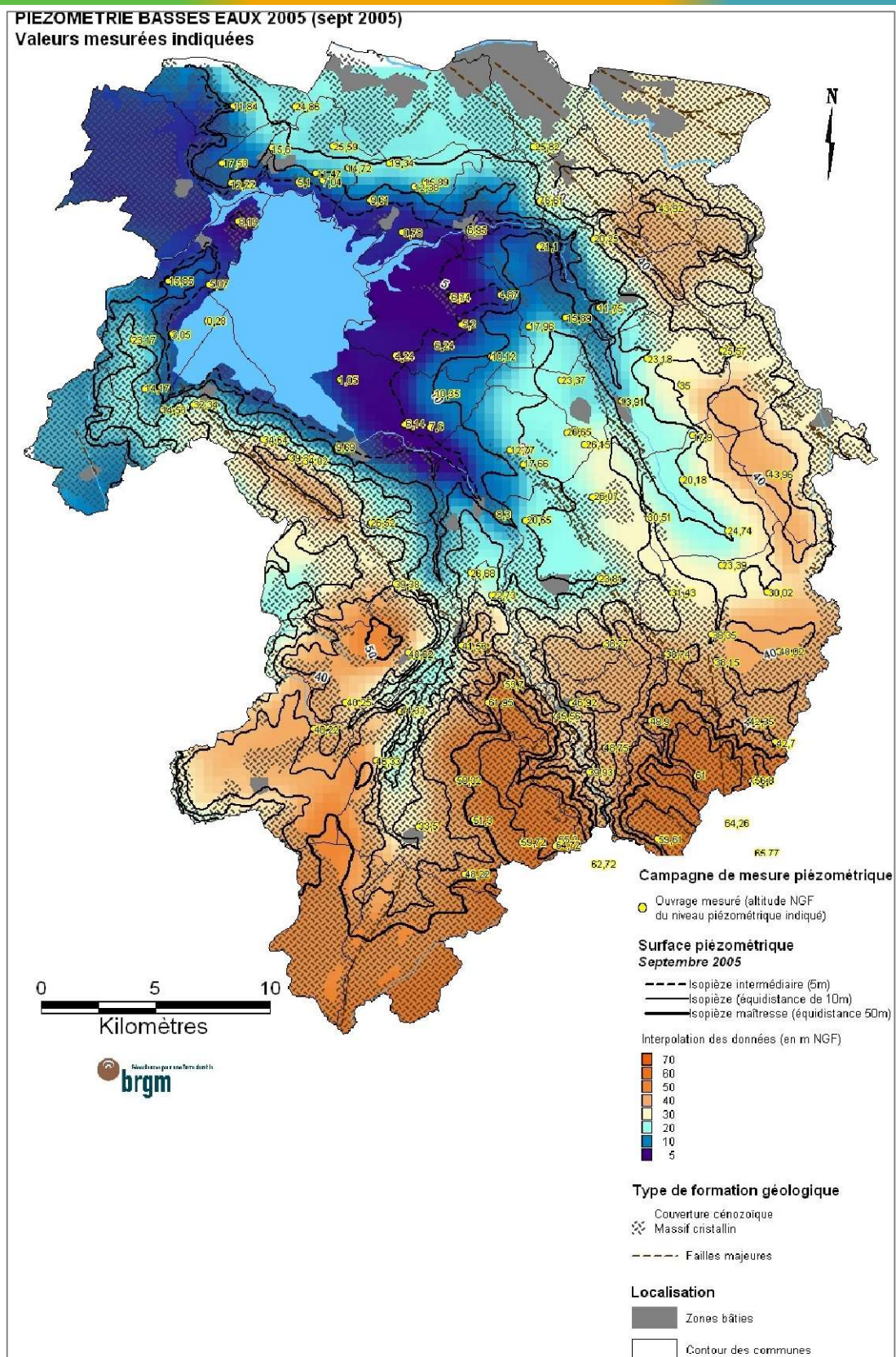


Figure 77 : Carte piézométrique de basses eaux 2005 (source : BRGM)

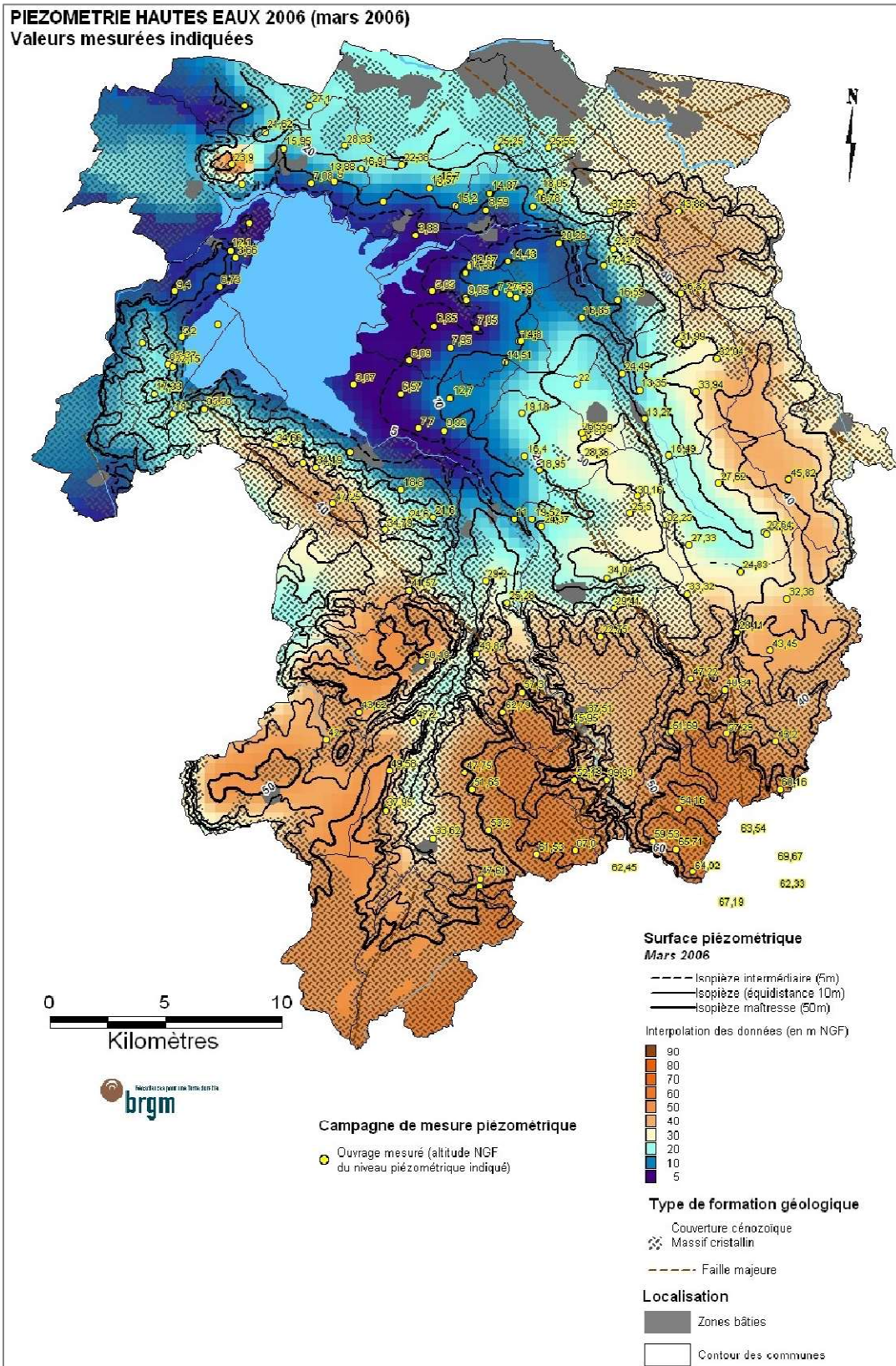


Figure 78 : Carte piézométrique de hautes eaux 2006 (source : BRGM)

Ces cartes mettent bien en évidence la différence d'écoulement des eaux souterraines dans les altérites en domaine de socle et dans les formations sableuses du Pliocène

En domaine de socle, les niveaux de nappe dans les altérites sont très peu profonds (voire même affleurants en période de hautes eaux). Les nappes sont donc drainées par les cours d'eau. Le battement de nappe entre les basses eaux et les hautes eaux est faible. Ces éléments traduisent la faible transmissivité de ces formations dont la composante argileuse est souvent importante.

En domaine sédimentaire, les variations de niveaux de nappe peuvent atteindre plusieurs mètres en partie amont des bassins versants, quand elles se limitent à environ 1m en bordure du Lac. Ainsi, le gradient hydraulique évolue en fonction de la charge de l'aquifère qui est en amont de cette zone : de l'ordre de 3,9 ‰ pour la période de hautes eaux (mars 2006), et environ 2,5 ‰ en basses eaux (septembre 2005).

Les piézométries de hautes eaux et de basses eaux sont relativement analogues, avec un drainage des nappes par les cours d'eau superficiels, et in-fine par le Lac. A la faveur d'une remontée de socle en rive gauche de l'Ognon entre la Planche et Montbert, le bassin sableux de la vallée de l'Ognon est disjoint de celui à l'Est. Ainsi, les eaux souterraines de l'Ognon se dirigent vers le Nord jusqu'à hauteur de Viais avant de converger vers le Lac.

Les profils piézométriques réalisés d'Ouest en Est à partir de ces deux campagnes conduisent le BRGM à dire qu'il n'y aurait pas d'inversion d'écoulement en étiage et que le lac resterait le drain de la nappe.

Aujourd'hui, les prélèvements ont peut-être évolué tout comme les niveaux de nappe. Pour préciser ces premiers constats, il est préconisé de réaliser des piézométries plus fines, via des profils depuis le Lac, en période de prélèvements (en été).

Notons que les carriers disposent de cartes piézométriques locales qui ne sont pas présentées dans le cadre de cette étude. Celles-ci confirment les drainages de la nappe des sables par les vallées du Redour (au nord) et dans une moindre mesure de la Mandironnière (au sud).

Dans l'analyse du volet H de l'étude HMUC, l'analyse portera notamment sur les éléments suivants :

- Carte et synthèse des données de paramètres hydrodynamiques (porosité, perméabilité, hauteur de zone non saturée, coefficient d'emménagement),
- Analyses de corrélations Pluies / Niveaux / Débits,
- Mise en évidence des relations nappe / rivière,
- Evaluation des niveaux caractéristiques pour les différentes périodes annuelles.

3.5 Usages existants

3.5.1 Réunions avec les acteurs

Pour le volet agricole, plusieurs réunions avec des acteurs du territoire ont été réalisées. Les comptes-rendus sont fournis en Annexe.

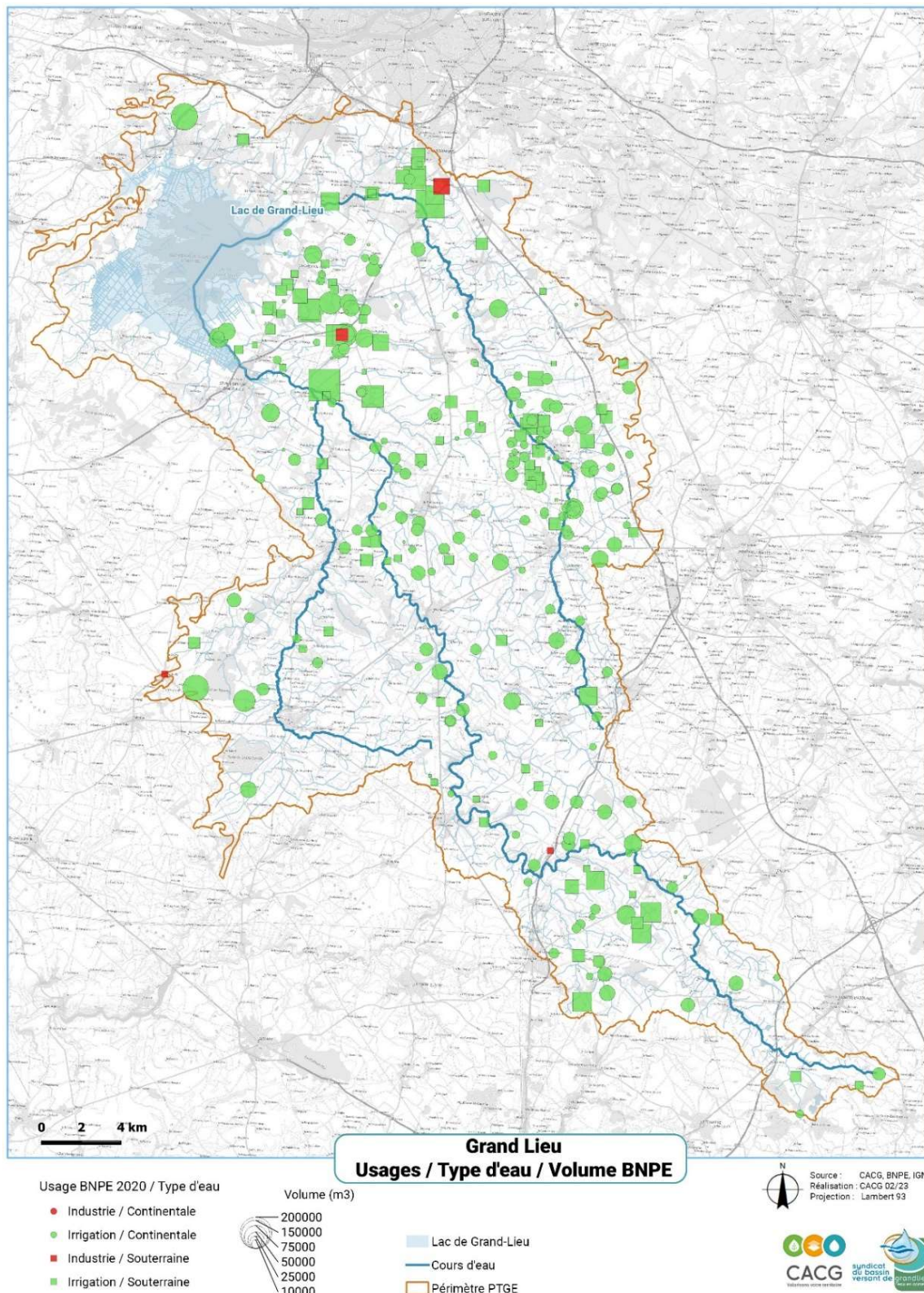
Tableau 12 : réunions avec les acteurs du monde agricole

Organisme	Personnes	Dates réunions / sessions de travail	Objectifs
CDDM	Celia DREVO, animatrice Régis CHEVALIER, président	28/11/22 08/02/23	Caractériser les surfaces et consommations d'eau des maraichers
Chambre d'agriculture régionale Pays de la Loire	Marie-Laure ROUSSEAU Sophie HEMONT	16/02/2023	Caractériser les surfaces et consommations d'eau des grandes cultures Confirmer les données fournies par le CDDM pour les maraichers non affiliés
Association des irrigants	Philippe GUILLET	7/12/2022	Informations générales sur l'historique de l'association, et de l'irrigation sur la bassin versant

3.5.2 Banque Nationale des Prélèvements en Eau (BNPE)

Les données de la BNPE sont disponibles pour la période 2010-2020. Elles permettent un 1^{er} aperçu des usages de l'eau sur le bassin versant, des volumes concernés et de l'origine de l'eau prélevée. La carte suivante présente la localisation des principaux prélèvements connus avec indication des volumes prélevés en 2020. Les volumes prélevés les plus élevés se trouvent au Nord du bassin versant, à l'est du lac de Grand Lieu, sur l'aval du bassin de l'Ognon et entre Boulogne et Ognon aval. Dans ce secteur, les prélèvements les plus importants sont réalisés pour l'irrigation depuis les eaux souterraines. Dans toute la partie sud du bassin, les volumes par point sont moins élevés et quasi-exclusivement dédiés à l'irrigation ; la ressource exploitée est variable.

Figure 79 : prélèvements BNPE par usage et par ressource, volumes de l'année 2020

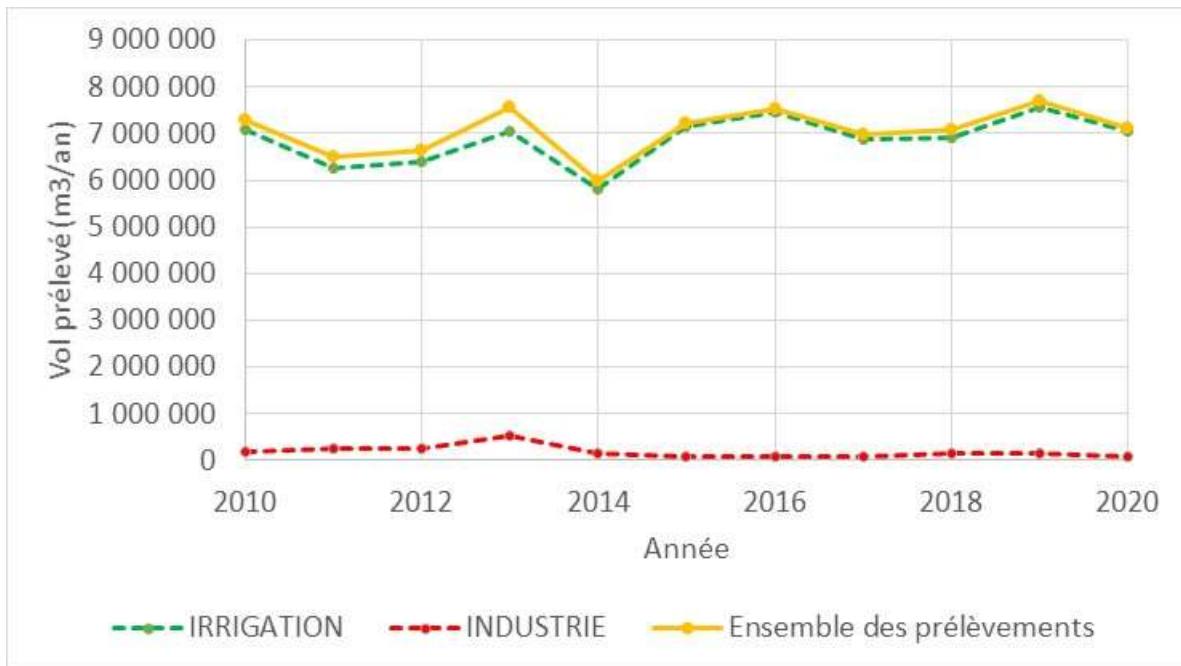


L'analyse des données annuelles montre peu d'évolution des prélèvements par usage et par ressource sur le bassin. Sur la période 2010-2020,

- en moyenne les prélèvements comptabilisés dans la BNPE s'élèvent à 7,057 Mm³,

- l'irrigation représente l'usage principal avec, selon l'année, entre 93% et 99% du volume annuel prélevé sur le bassin,
- les prélèvements sont réalisés à parts quasi-équivalentes dans les eaux souterraines (de 41% à 47% du volume) et dans les eaux superficielles (de 53% à 59%).

Figure 80 : évolution des prélèvements de 2010 à 2020 (Source : BNPE)



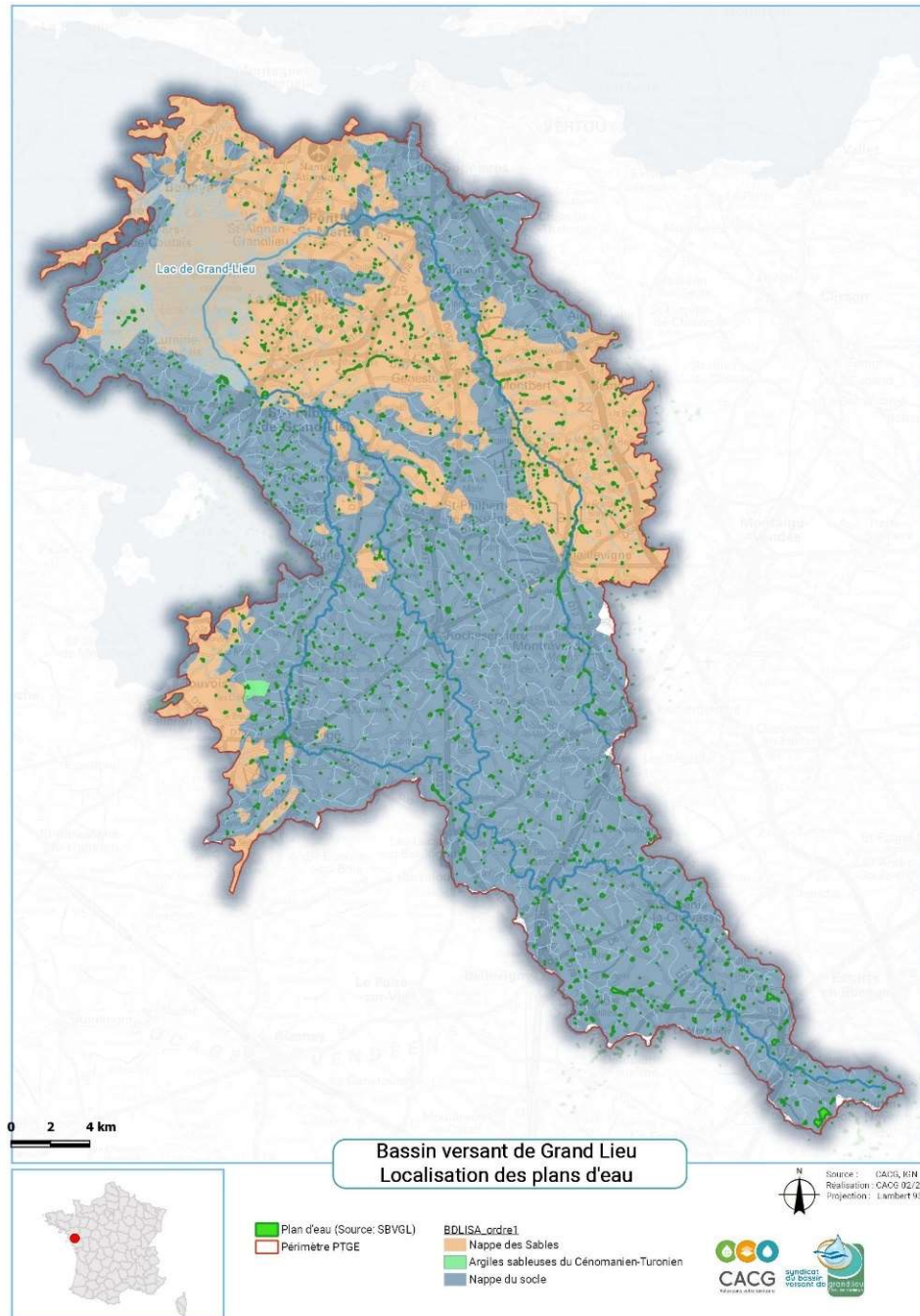
Selon la BNPE, les prélèvements d'eau du bassin versant de Grand Lieu s'établissent depuis 10 ans à environ 7 Mm³ par an dont plus de 93% dédiés à l'irrigation, le reste à l'industrie. Il n'existe aucun prélèvement pour l'eau potable sur le bassin. La ressource souterraine et la ressource superficielle sont utilisées à parts quasi-équivalentes, ce qui masque des disparités selon la localisation. Les eaux souterraines sont principalement exploitées au Nord du bassin.

3.5.3 Plans d'eau

Le bassin versant de Grand Lieu compte un nombre important de plans d'eau : 2134 selon la base de données du SAGE dont 617 (29%) de surface inférieure à 1000 m² et 171 (8%) de surface supérieure à 10 000 m² (1 ha). Pour améliorer la connaissance des usages de l'eau du bassin versant, le SBVGL a réalisé en 2022-2023 un travail de caractérisation des plans d'eau agricoles et en a identifié 518 à usage irrigation.

La carte suivante illustre le contenu de la base de données du SBVGL.

Figure 81 : localisation des plans d'eau (BDD SBVGL)



4 DECOUPAGE EN UNITES HYDROLOGIQUES COHERENTES

4.1 Définitions

Au préalable, il est important de distinguer :

- ➔ D'une part, les **unités de gestion** (UG) qui sont définies selon l'échelle spatiale retenue pour gérer la ressource en eau ; elles nécessitent des moyens de mesures ou indicateur (station hydrométrique¹⁰, échelle limnimétrique¹¹, piézomètre¹² selon la nature de la ressource),
- ➔ D'autre part, les **unités hydrologiques cohérentes** qui sont définies comme des entités au comportement hydrologique et hydrogéologique homogène.

En vue de l'analyse HMUC, l'approche par unités hydrologiques Cohérentes (UHC) est privilégiée dans un 1^{er} temps. Les conclusions de l'étude conduiront à proposer les unités de gestion de la ressource en eau soit en regroupant des UHC sur un même indicateur, soit en proposant la mise en place de nouveaux indicateurs.

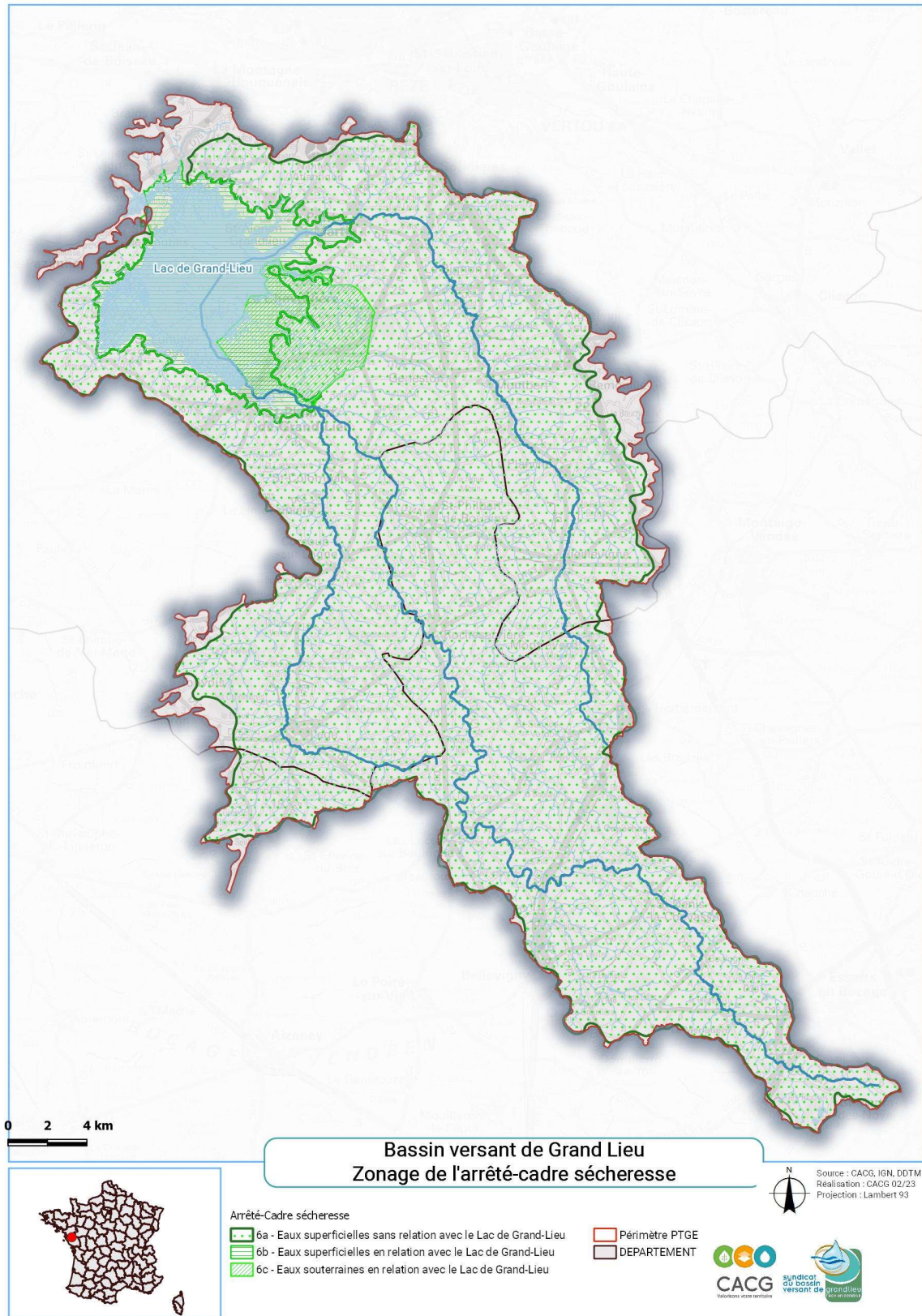
Dans le cas du bassin versant de Grand Lieu, les limites des zonages de l'arrêté-cadre sécheresse constituent une autre approche : il s'agit du découpage actuellement en vigueur pour l'application des arrêtés de restriction. Cf. carte suivante

¹⁰ Station hydrométrique : site de mesures en continu des débits d'un cours d'eau

¹¹ Echelle limnimétrique : moyen de mesure des niveaux d'eau superficielles (le plus souvent dans les lacs, plans d'eau,...)

¹² Piézomètre : Il s'agit d'un « dispositif servant à mesurer la hauteur piézométrique en un point donné d'un système aquifère, qui indique la pression en ce point, en permettant l'observation ou l'enregistrement d'un niveau d'eau libre ou d'une pression » (G. Castany, J.)

Figure 82 : zonage de l'arrêté-cadre sécheresse



4.2 Méthode

Dans le contexte du bassin versant de Grand Lieu, la proposition de découpage en UHC se base :

1. Sur les limites de bassins versants,
2. Sur la géologie : différenciation des secteurs selon la contribution des eaux souterraines aux débits des cours d'eau,
3. Les singularités du bassin : lac de Grand Lieu notamment,
4. La position des stations hydrométriques,
5. La présence de piézomètres.

Le découpage proposé fait ensuite l'objet de discussions en Commission Gestion Quantitative et d'ajustements éventuels. Enfin, il est présenté au Groupe d'acteurs élargi.

4.3 Propositions de découpage en Unités Hydrologiques Cohérentes

4.3.1 Principaux éléments structurant le périmètre du SAGE

Localisation des stations hydrométriques : 4 des 5 stations en service sont idéalement positionnées en aval des bassins versants des principaux cours d'eau pour la connaissance des écoulements et pour servir d'indicateurs de gestion ; leurs mesures intègrent l'ensemble des influences amont.

Présence de piézomètres dans la nappe des sables : au nombre de 6, leurs mesures renseignent sur les niveaux de nappe dans différents secteurs au sur et à l'est du lac de Grand Lieu ; ils pourraient être utiles en tant qu'indicateurs de gestion dans les secteurs à dominante eaux souterraines.

Contexte sur socle : les bassins versants de l'Issoire et de la Boulogne ne bénéficient pas de soutien des eaux souterraines car ils sont intégralement en contexte de socle jusqu'aux stations hydrométriques.

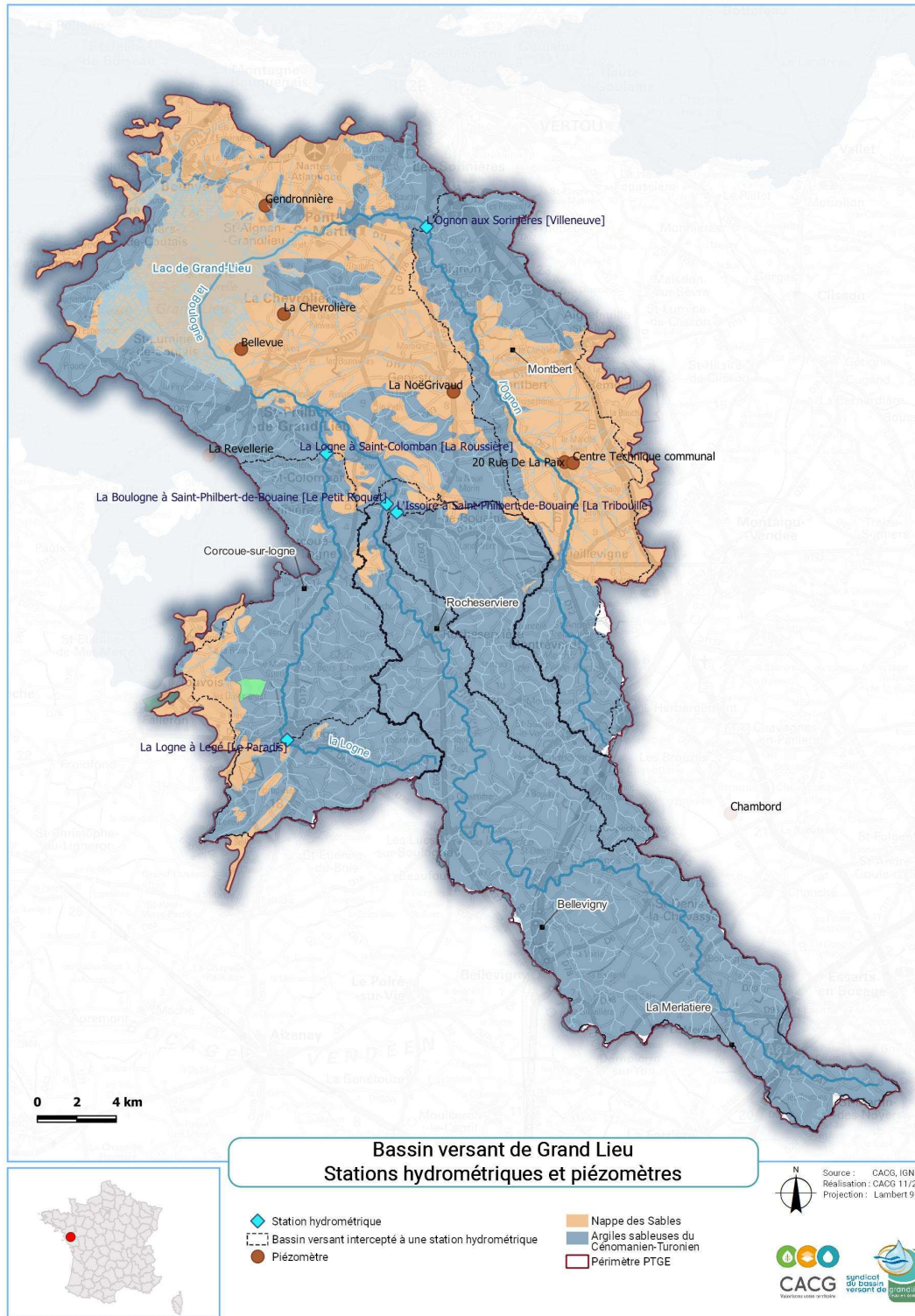
Contexte hétérogène à dominante socle : c'est le cas du bassin versant de la Logne à la station hydrométrique de St-Colomban ; seule une faible étendue en partie amont du bassin versant bénéficie d'un soutien de la nappe (en amont de la station de Legé), le débit spécifique moyen interannuel à Legé est d'ailleurs légèrement supérieur à celui de Saint-Colomban.

Contexte hétérogène avec grande étendue sur nappe des sables : le bassin versant de l'Ognon comporte une partie amont exclusivement sur socle (amont du barrage de Vieilleville), puis une partie intermédiaire sur la nappe des sables ; les écoulements des cours d'eau reçoivent ainsi une contribution des eaux souterraines à partir de Vieilleville.

Singularités de la partie nord du périmètre : le lac de Grand Lieu constitue la principale singularité du bassin en tant qu'exutoire de l'ensemble des cours d'eau ; mais les cours d'eau de faibles linéaires principalement à l'ouest et au nord du lac dans un contexte de socle représentent également un cas particulier.

La carte suivante synthétise l'ensemble des éléments considérés pour établir une 1^{ère} proposition de découpage en UHC.

Figure 83 : contexte géologique, stations hydrométriques et piézomètres



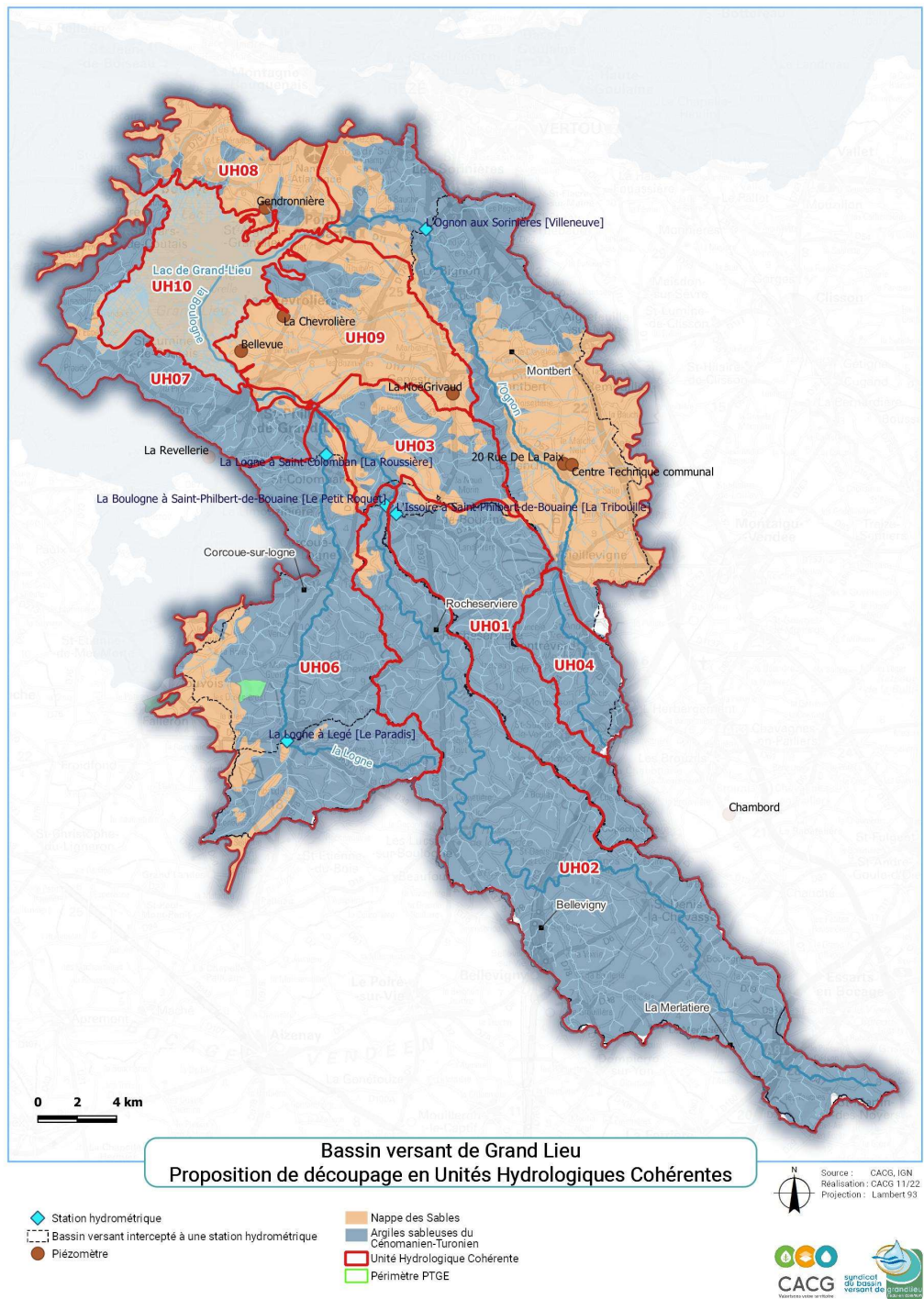
4.3.2 Découpage initial

Un 1^{er} choix de découpage repose sur l'identification de 10 UHC selon la carte ci-après. Le tableau suivant précise les critères retenus pour chaque UHC et fait apparaître en bleu les UHC cours d'eau, en orange les UHC nappe, sans couleur les UHC indéterminés.

Tableau 13 : justification des choix du 1^{er} découpage

n°	Description UHC	Critères retenus pour le choix du découpage
UH01	L'Issoire en amont de sa confluence à la Boulogne	- Homogénéité géologique, - Position de la station hydrométrique
UH02	La Boulogne de sa source à la confluence de l'Issoire	- Homogénéité géologique, - Position de la station hydrométrique
UH03	La Boulogne de l'aval de la confluence de l'Issoire à la confluence de la Logne	- Homogénéité géologique
UH04	L'Ognon en amont de Vieillevigne (amont de la confluence du ruisseau de Marceau)	- Homogénéité géologique
UH05	L'Ognon de Vieillevigne au Lac de Grand-Lieu	- Position de la station hydrométrique
UH06	La Logne jusqu'à sa confluence à la Boulogne	- Homogénéité géologique, - Position de la station hydrométrique
UH07	Cours d'eau sur socle affluents du lac de Grand-Lieu au sud et à l'ouest	- Singularité du bassin, - Absence de station de mesures
UH08	Cours d'eau en zone sédimentaire affluents du lac de Grand-Lieu au nord	- Homogénéité géologique, - Position des piézomètres de la nappe des sables, - Cours d'eau de faibles linéaires
UH09	Cours d'eau en zone sédimentaire affluents du lac de Grand-Lieu à l'est	- Homogénéité géologique, - Position des piézomètres de la nappe des sables, - Cours d'eau de faibles linéaires
UH10	Lac de Grand-Lieu	- Singularité du bassin, - Absence de station de mesures

Figure 84 : 1^{ère} proposition de découpage en UHC



Si certaines UHC s’imposent d’elles-mêmes, d’autres interrogent quant à leurs limites. On remarque notamment que ce découpage ne s’appuie pas sur les limites du zonage de l’arrêté-cadre. Or, les UHC retenues ici serviront de base aux futures unités de gestion et le zonage de l’arrêté-cadre devra être mis en cohérence. Aussi, à terme, le découpage retenu aura une incidence sur les restrictions appliquées aux prélèvements actuellement situés dans la zone « eaux superficielles en relation avec le lac de Grand Lieu » de l’arrêté-cadre. Outre cette problématique, il s’agit également de discuter les points suivants :

- Conserver UH03 et UH09 distincts ou les regrouper,

- Limiter UH05 à la station hydrométrique de l’Ognon aux Sorinières et inclure le cours d’eau de la Patouillère et l’extrémité aval de UH05 dans l’UH08,
- Conserver UH04 distinct ou l’intégrer dans UH05.

Ces différents cas ont fait l’objet de discussions en Commission Gestion Quantitative le 19/01/2023. Cf. compte-rendu de la réunion

4.3.3 Problématique UH03 et UH09

L’UH03 du découpage initial correspond au tronçon aval de la Boulogne entre l’affluence de l’issoire en RD et le lac de Grand Lieu. Cette partie aval de la Boulogne se situe dans un contexte mixte Socle/Sables et la représentativité des débits mesurés à la station amont et/ou des niveaux piézométriques mesurés sur l’UH09 se pose pour cet UHC.

L’option de conduire l’analyse HMUC avec les 2 UH distincts, qui pourront être regroupés en une unité de gestion à la suite de l’étude a été retenue.

4.3.4 Problématique liée à la limite aval de l’UH05

A l’aval de la station hydrométrique des Sorinières, l’Ognon entre rapidement dans la zone d’influence du lac de Grand Lieu. Ce tronçon aval de l’Ognon reçoit le cours d’eau de la Patouillère dont le contexte est proche des cours d’eau de faibles linéaires rencontrés sur l’UH08. De plus, l’ensemble de cette zone Nord du lac à la périphérie de Nantes avec l’aéroport est marqué par un environnement plutôt urbain.

L’option de limiter l’UH05 aux Sorinières est retenue.

4.3.5 Problématique de l’UH04

La partie amont du bassin de l’Ognon diffère du reste du bassin versant car le cours d’eau y évolue exclusivement sur socle. L’UH04 ainsi découpé correspond au bassin versant intercepté au barrage de Vieilleigne, ouvrage ancien appartenant à la mairie, utilisé en tant que plan d’eau d’agrément.

Toutefois, aucune station hydrométrique ne permet de connaître les débits générés par la partie amont du bassin et les éventuels écarts de comportement hydrologique avec la partie aval. L’intérêt de distinguer cet UH isolé peut ainsi paraître limité mais, le plan d’eau de Vieilleigne est concerné par plusieurs enjeux : continuité écologique, débit réservé,... Aussi, afin d’aborder les problématiques qui lui sont spécifiquement liées, l’option de conserver l’UH04 distinct est retenue.

4.4 **Découpage retenu**

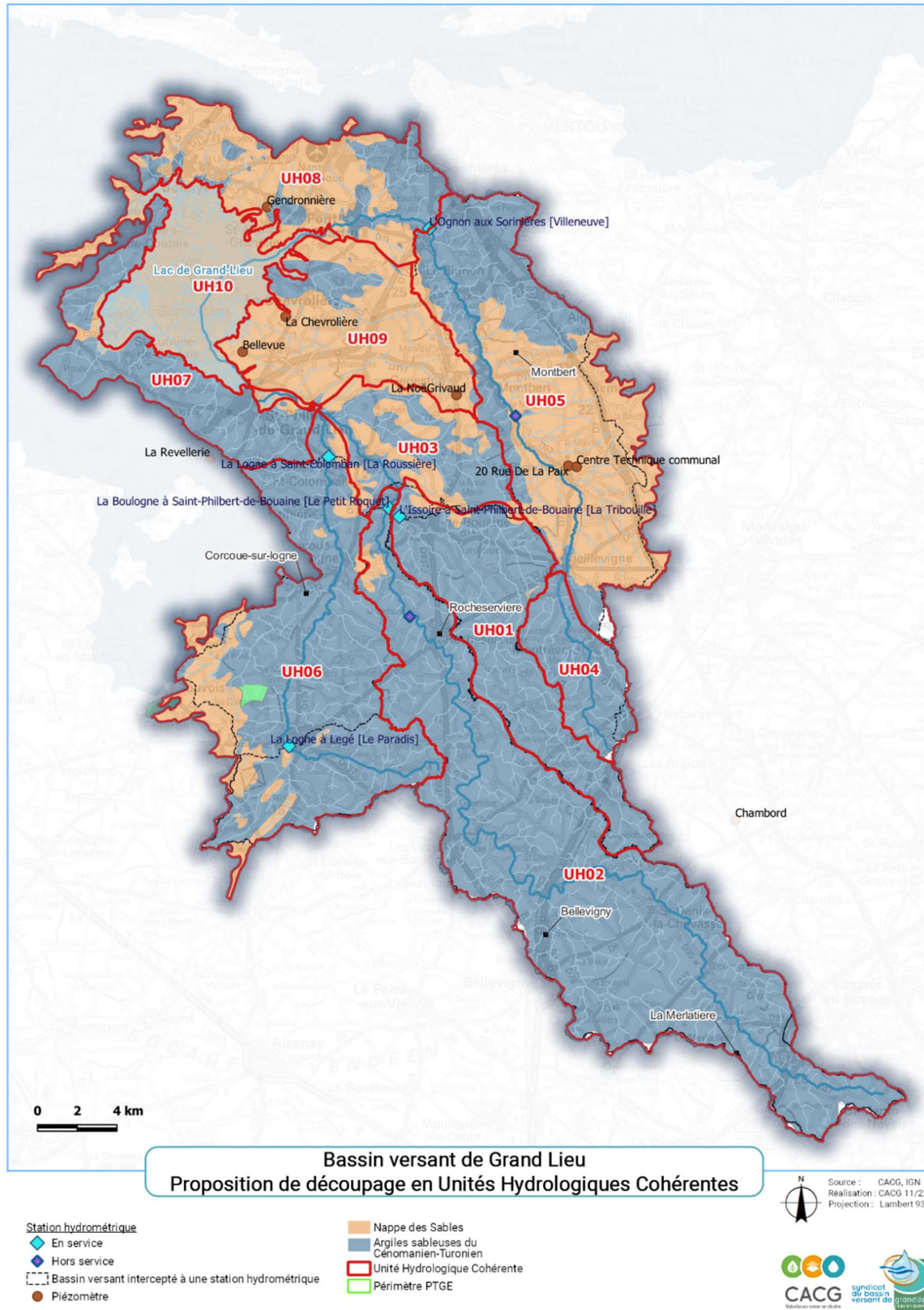
La carte et le tableau suivants présentent le découpage retenu pour l’étude HMUC. 3 UHC ne comporte pas d’indicateur et ne pourront devenir tels quels des unités de gestion.

Tableau 14 : liste des UHC retenues et des indicateurs associés

n°	Description UHC	Indicateur
----	-----------------	------------

UH01	L'Issoire en amont de sa confluence à la Boulogne	Station hydrométrique de l'Issoire à St-Philbert-de-Bouaine
UH02	La Boulogne de sa source à la confluence de l'Issoire	Station hydrométrique de la Boulogne à St-Philbert-de-Bouaine
UH03	La Boulogne de l' aval de la confluence de l'Issoire à la confluence de la Logne	
UH04	L'Ognon en amont de Vieillevigne (amont de la confluence du ruisseau de Marceau)	
UH05	L'Ognon de Vieillevigne aux Sorinières	Station hydrométrique de l'Ognon aux Sorinières
UH06	La Logne jusqu'à sa confluence à la Boulogne	Station hydrométrique de la Logne à Saint-Colomban
UH07	Cours d'eau sur socle affluents du lac de Grand-Lieu au sud et à l'ouest	
UH08	Cours d'eau en zone sédimentaire affluents du lac de Grand-Lieu et de l'Ognon aval au nord	Piézomètre de la Gendronnière
UH09	Cours d'eau en zone sédimentaire affluents du lac de Grand-Lieu à l'est	Piézomètre de la Noé Grivaud ou la Chevrolière
UH10	Lac de Grand-Lieu	Niveaux du lac mesurés à Bouaye

Figure 85 : découpage du périmètre d'étude en Unités Hydrologiques Cohérentes



5 CONCLUSION DE LA PHASE 1 ET PERSPECTIVES

La Phase 1 de l'étude permet de dresser un état des lieux des données disponibles et des problématiques à approfondir par un tour d'horizon de l'ensemble des thématiques qui seront abordées dans l'analyse HMUC.

Elle a en particulier permis la mise en évidence d'éléments évoqués par les acteurs en ateliers de concertation lors du diagnostic partagé.

En tant que lac naturel d'effondrement, Grand Lieu est l'un des plus grands lacs naturels de France important pour les oiseaux en complémentarité avec les diverses zones humides majeures environnantes (estuaire de la Loire, marais Breton,...). Il accueille plus de 20000 oiseaux d'eau.

La vulnérabilité du site est liée à :

- La pollution issue du bassin versant ;
- La périphérie du lac impactée par l'agriculture intensive.

En effet, au fil du temps, les aménagements et l'évolution de l'occupation du sol ont induit des modifications du fonctionnement de l'hydrosystème caractérisé sur le pourtour du lac de Grand Lieu par :

- La réduction de surface de zones humides (marais et landes) ;
- L'augmentation des surfaces de parcelles cultivées, en partie grâce au drainage, et la réduction de haies associée ;
- L'urbanisation, se traduisant par une imperméabilisation des sols ;
- La modification de sols par amendement sableux (plus drainants).

Les dernières décennies ont vu se développer des travaux de restauration hydromorphologique avec la suppression de seuils, la création d'abreuvoirs permettant l'évitement d'abreuvement dans les rivières ou marais, la reconnexion et la restauration d'annexes hydrauliques. Ces travaux ont contribué à contrebalancer l'effet des aménagements passés mais, aujourd'hui avec les effets du changement climatique (augmentation des températures, augmentation de l'intensité des étiages et des crues), les bénéfices ne sont pas toujours visibles.

D'autres travaux visant à favoriser la biodiversité (lutte contre les espèces exotiques envahissantes, création d'ouvrages de franchissement) ont également été réalisés.

Il résulte de l'ensemble de ces évolutions que les principaux facteurs déclassants de l'état écologique sont

- la pression hydrologique (prélèvements, stockage)
- la pression sur la morphologie due aux aménagements passés de recalibrage de cours d'eau notamment,
- la pression due à l'usage de pesticides.

Sur les masses d'eau de la Logne, de la Boulogne et de l'Ognon, s'ajoutent des pressions dues à l'altération de la continuité écologique du fait de la présence d'obstacles à l'écoulement (seuils), et à la présence de macropolluants (matières en suspension, nitrates, phosphates...).

Les zones humides constituent un fort enjeu naturaliste du territoire avec des fonctionnements spécifiques à préserver en fonction de leur localisation :

- sur l'ensemble des zones humides, la conservation du caractère humide de ces milieux avec une fréquence de mise en eau temporaire suffisante,

- pour les zones humides alluviales, garantir le débordement des cours d'eau suffisamment fréquemment,
- pour les zones humides de tête de bassin (tourbières, ..), permettre leur alimentation grâce aux précipitations / ruissellement et éviter leur drainage ou leur artificialisation.

Sur le territoire, les enjeux liés à l'eau ne sont pas tous exposés à la même sensibilité. En effet, l'analyse des précipitations met en évidence l'existence d'un gradient pluviométrique Est-Ouest sur la zone d'étude. Quelle que soit la saison, il pleut moins à l'Est qu'à l'Ouest, et au Nord qu'au Sud. L'écart selon cette 2^{ème} direction disparaît, toutefois, pour les précipitations estivales et de printemps.

L'analyse des débits mesurés de l'Ognon sur une longue chronique de 59 ans ne permet pas de dégager de tendance nette d'évolution des débits. La seule tendance qui se dégage concerne la répétition récente des années hydrologiquement faibles. Cette difficulté à déceler une évolution des débits dans le temps sur ce bassin versant provient de l'influence simultanée de divers facteurs n'allant pas toujours dans le même sens : développement de l'irrigation à partir des années 1970, application des restrictions d'usages de l'eau depuis les années 2000, arrêté-cadre sécheresse, variabilité climatique, interceptions par les plans d'eau,... Cette difficulté pour établir une conclusion sur la base des débits mesurés montre bien la nécessité d'évaluer les débits désinfluencés afin de statuer sur l'origine anthropique ou naturelle des basses eaux notamment.

D'un point de vue hydrogéologique, au droit du bassin versant, il est possible de distinguer 2 types d'aquifères principaux :

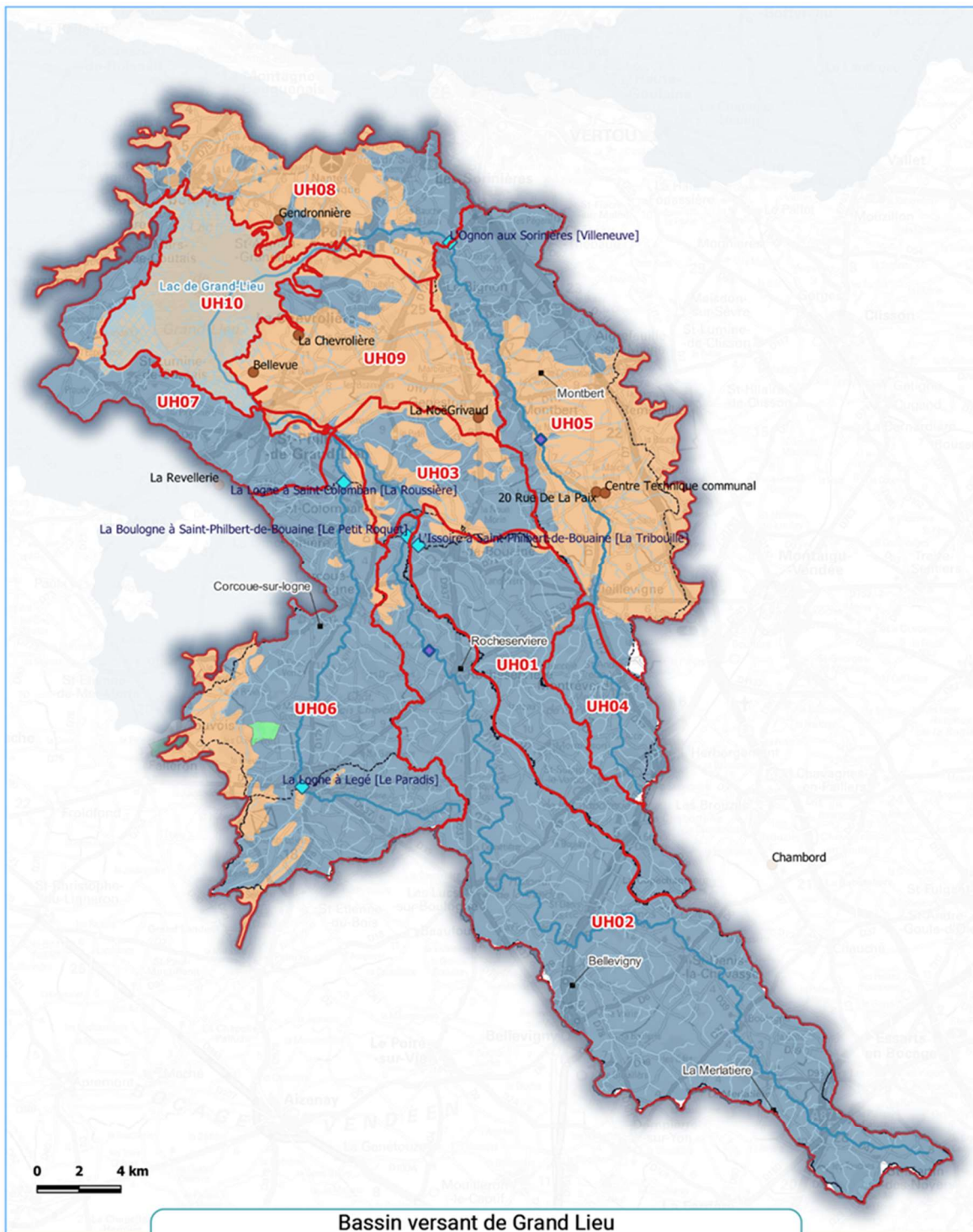
- Celui qui est le plus productif contenu dans les formations tertiaires (argiles sableuses du Céno-Turonien, calcaires sableux du Lutétien supérieur, Sables de l'Yprésien), principalement au Nord du bassin,
- Celui qui est contenu dans les formations de socle, à la productivité limitée (socle métamorphique).

Aucun piézomètre en nappe de socle n'est présent sur le territoire.

Pour la nappe sédimentaire, l'analyse de l'évolution piézométrique de l'ouvrage de référence de la Revellerie sur lequel le suivi est le plus long montre une forte corrélation entre pluviométrie annuelle et niveaux de nappe. 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.

Cette ressource en eau, souterraine et superficielle est sollicitée pour des usages humains. Les prélèvements en eau du bassin versant de Grand Lieu s'établissent, selon la Banque Nationale des Prélèvements d'eau (BNPE), depuis 10 ans à environ 7 Mm³ par an dont plus de 93% dédiés à l'irrigation, le reste à l'industrie. Il n'existe aucun prélèvement pour l'eau potable sur le bassin. Les eaux souterraines sont principalement exploitées au Nord du bassin, dans le secteur de la nappe des sables.

Cette phase 1 se termine par la présentation du découpage du bassin versant en 10 Unités Hydrologiques Cohérentes qui constituera la maille d'examen dans toute la suite de l'étude. (cf. carte suivante)



Bassin versant de Grand Lieu
Proposition de découpage en Unités Hydrologiques Cohérentes

Station hydrométrique

- ◆ En service
- ◇ Hors service
- Bassin versant intercepté à une station hydrométrique
- Piézomètre

- Nappe des Sables
- Argiles sableuses du Cénomarien-Turonien
- Unité Hydrologique Cohérente
- Périmètre PTGE

Source : CACG, IGN
 Réalisation : CACG 11/22
 Projection : Lambert 93



6 BIBLIOGRAPHIE

SDAGE Loire Bretagne, 2022 -2027 et Etat des Lieux 2019

SAGE Logne, Boulogne, Ognon et Grand-Lieu validé le 16/01/2015

- Plan d'Aménagement et de Gestion Durable
- Evaluation Environnementale
- Règlement

PTGE Grand Lieu – Présentation de la démarche, approuvé le 15/06/2021

Etude Bilan Contrat Territorial du Bassin Versant de Grand Lieu et élaboration d'un futur programme d'actions : Volet Milieux aquatiques et volet Pollutions Diffuses – SBVGL, Envilys Hydroconcept, Août 2020

Etude sur l'avenir des marais de Grand-Lieu, Maintenir l'élevage et pérenniser l'exploitation des marais de Grand Lieu – Chambre d'Agriculture Pays de la Loire, 2020

Bilan de l'inventaire des zones humides sur le bassin versant de Grand Lieu 2010-2016 – SBVGL, Octobre 2017

Fonctionnement biogéochimique et hydrosédimentaire du Lac de Grand Lieu : Rapport final 2018-2020 – AELB Université de Rennes 1

Bathymétries de la zone lacustre du lac de Grand Lieu : 4^{ème} campagne bathymétrique (avril à novembre 2010) et comparaison avec les bathymétries précédentes (1997/98, 2000 et 2005/2006) – Société Nationale de Protection de la Nature, Réserve Naturelle du Lac de Grand Lieu, Février 2011

Réserve Naturelle Nationale du Lac de Grand Lieu : Plan de gestion 2018-2027 – SNPN (J.-M- Gillier & S. Reeber), 2018

Mise en place d'un protocole expérimental de gestion des niveaux d'eau du lac de Grand Lieu : Rapport relatif à la mission A – SNPN, ISL Aquascop, Août 2014

Cartes de Cassini, et d'Etat major (source : geoportail)

Site infoterre, BRGM