

NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR :



PAYS DE LOURDES ET DES VALLÉES DES GAVES



UNION EUROPÉENNE



PLVG

Syndicat Mixte

4 rue Michelet

65100 Lourdes

Projet cofinancé par le Fonds Européen Agricole pour le Développement Rural
L'Europe investit dans les zones rurales

Objet :

**Analyse des données du suivi quantitatif de l'eau
sur le site « tourbière et lac de Lourdes »**

Année 2022

Commune de Lourdes (65)



Rapport de synthèse

Référence : HYGE0034_DE22014 v1



7, lotissement Lannes Dehore

64360 Monein

jl.magnet@etiages.fr

06.14.10.18.30

SUIVI DES VERSIONS		
VERSION	DATE	NATURE DE L'EVOLUTION
0	17/12/2022	VERSION INITIALE
1	19/12/2022	COMPLEMENTS OBSERVATIONS C. CHIRAY

	NOM	FONCTION
REDACTEUR ÉTIAGES	J.L. MAGNET	HYDROGEOLOGUE
CORRESPONDANT	CAMILLE CHIRAY	CHARGÉE DE MISSION NATURA2000

TABLE DES MATIERES

1	Objet	5
2	Localisation des points de suivi	6
3	Pluviométrie	8
4	Suivi des niveaux piézométriques	10
5	Suivi des conductivité et température	12
5.1	Suivi des conductivités	12
5.2	Suivi des températures.....	14
6	Suivi des débits de l'exutoire.....	16
7	Conclusion	18
7.1	Relève manuelle	18
7.2	Niveaux d'eau et conditions hydrologiques	18
7.3	Conductivités et températures.....	19
7.4	Perspectives.....	19

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1 – Localisation des points de suivi, échelle : 1/15 000	6
Figure 2 – Localisation des pluviomètres, échelle : 1/25 000	7
Figure 3 – Comparaison de la pluviométrie aux pluviomètres du Lac et DREAL	8
Figure 4 – Relation linéaire entre les pluviométries enregistrées au pluviomètre du Lac et au pluviomètre DREAL.....	8
Figure 5 – Pluviométrie sur la période de suivi (pluviomètre DREAL)	9
Figure 6 – Suivi des niveaux piézométriques par rapport au sol et à l'échelle du lac	10
Figure 7 – Evolution des cotes altimétriques des niveaux d'eau	11
Figure 8 – Suivi des conductivités	12
Figure 9 – Lac : Suivi des conductivités	13
Figure 10 – Suivi des températures.....	14
Figure 11 – Lac : Suivi des températures	15
Figure 12 – Courbe Hauteur / Débit selon étude CETRA 2019	16
Figure 13 – Evolution des débits à l'exutoire selon l'équation de la courbe d'étalonnage.....	16
Figure 14 – Chronique des volumes de vidange du lac et précipités sur le bassin versant depuis avril 2021	17
Figure 15 – Chronique des volumes de vidange du lac et précipités sur le bassin versant depuis février 2022	17
Figure 16 – Localisation des points de suivi des écoulements superficiels, échelle : 1/12 500	20

Tableaux

Tableau 1 – Relèves des sondes.....	7
-------------------------------------	---

1 OBJET

Cette étude concerne une mission d'accompagnement du PLVG dans le cadre de l'analyse du suivi quantitatif de l'eau sur le site de la tourbière et du lac de Lourdes (65). Elle comprenait plusieurs missions :

➤ L'analyse des données acquises en continu :

Le PLVG avait la charge de la récolte des données et de leur validation (relève des sondes sur les piézomètres, le lac et le pluviomètre, et validation par des mesures manuelles sur le niveau, la conductivité et la température) ainsi que leur envoi au bureau d'études ÉTIAGES.

ÉTIAGES réalisait une analyse rapide de la validité des données.

➤ Les mesures de débit de l'exutoire du lac :

ÉTIAGES devait entreprendre la mesure du débit à l'exutoire du lac sur 4 campagnes dans des conditions hydrologiques différentes : basses (2 campagnes, moyennes eaux et hautes eaux). Durant ces campagnes, une mesure de la température et de la conductivité était réalisée.

➤ La rédaction d'un rapport de synthèse objet de ce document.

Sites consultés :

Les sites internet suivants ont été consultés dans le cadre de cette mission :

- ✓ Le site géoportail : www.geoportail.gouv.fr et les données libres de l'IGN
- ✓ Le SIE de l'Agence de l'Eau Adour-Garonne : <http://adour-garonne.eaufrance.fr>

Les fonds cartographiques des figures présentées dans la suite de ce rapport sont issus de ces sites internet et des données libres de l'IGN, sauf mention contraire.

2 LOCALISATION DES POINTS DE SUIVI

Quatre piézomètres de la tourbière (PZ1, PZ3, PZ4 et PZ6) et un point à hauteur de l'échelle du lac (Lac Golf) ont été équipés avec des sondes de marque SOLINST LTC avec mesure de la pression, de la conductivité et de la température de l'eau.

Une sonde barométrique qui enregistre la pression atmosphérique et la température de l'air a été mise en place à hauteur du pluviomètre du Lac. Elle permet la compensation barométrique des sondes implantées dans les piézomètres et le Lac.

Un pluviomètre avait été installé en octobre 2018 à hauteur du restaurant du Lac (Pluviomètre du Lac) mais est hors service depuis août 2021.

Un pluviomètre appartenant à la DREAL (pluviomètre DREAL) est présent sur le Gave de Pau à 3700 m à l'Est-Sud-Est de la tourbière.

Les localisations des points suivis sont présentées sur la Figure 1 et la Figure 2.

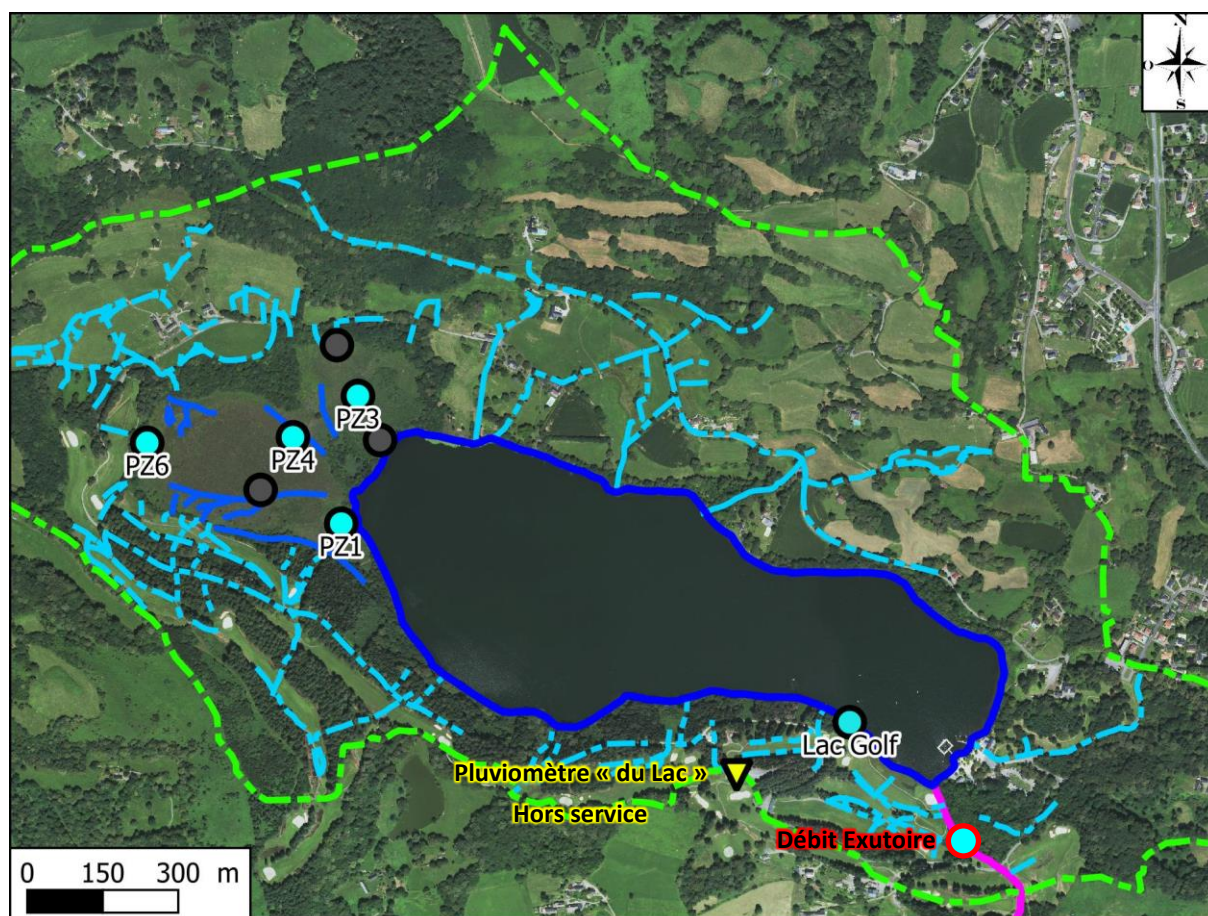


Figure 1 – Localisation des points de suivi, échelle : 1/15 000

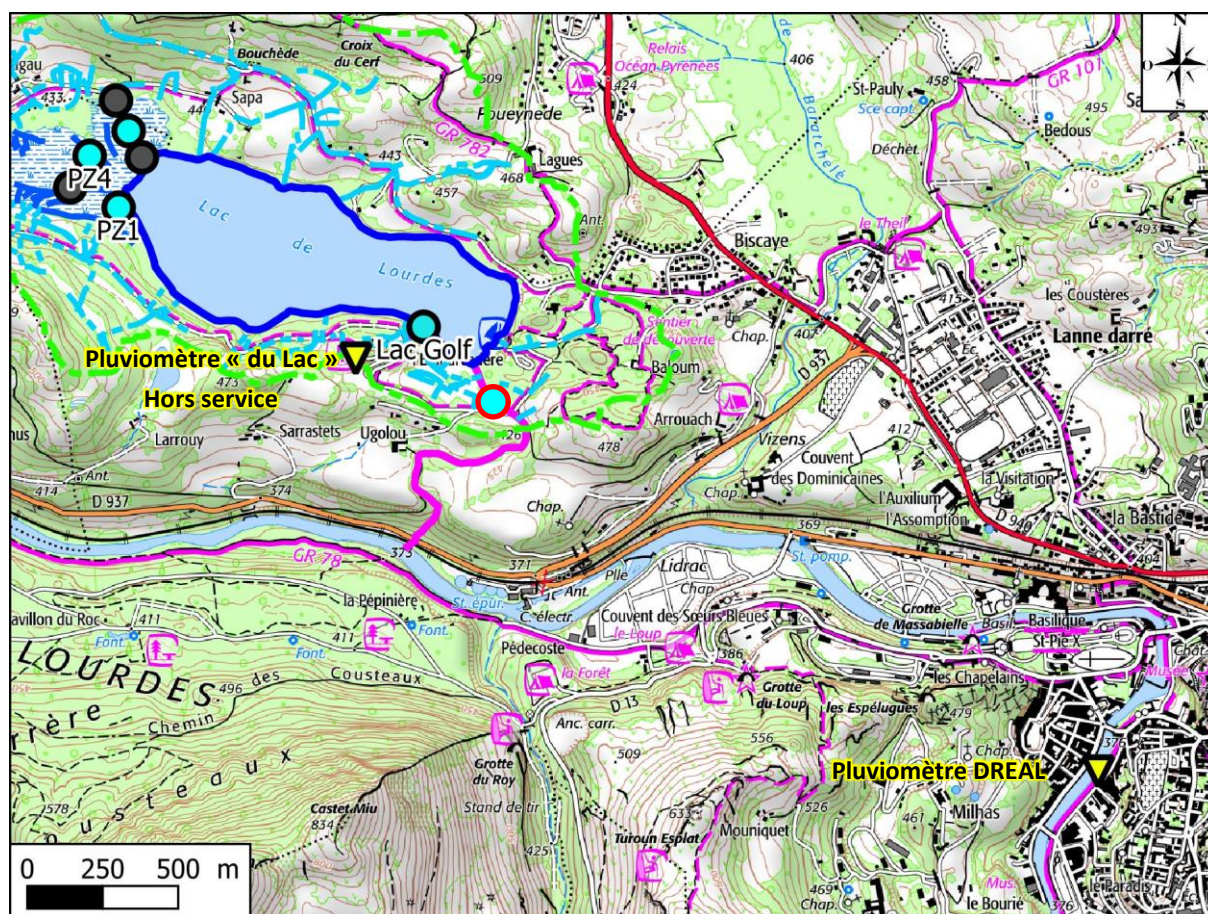


Figure 2 – Localisation des pluviomètres, échelle : 1/25 000

L'historique de la relève des sondes par le PLVG est présenté dans le tableau suivant :

Tableau 1 – Relèves des sondes

Désignation	PZ1	PZ3	PZ4	PZ6	Lac Golf
Date de mise en service	24/03/2021	24/03/2021	24/03/2021	24/03/2021	24/11/2021
Dates de relève :	22/04/2021		22/04/2021	22/04/2021	
	24/11/2021	24/11/2021	24/11/2021	24/11/2021	
	11/05/2022	11/05/2022	11/05/2022	11/05/2022	
					08/06/2022
	10/10/2022	10/10/2022	10/10/2022	10/10/2022	10/10/2022

3 PLUVIOMETRIE

Le pluviomètre installé à hauteur du restaurant du lac est hors-service et ne peut donc renseigner sur la pluviométrie locale. Nous prendrons donc en compte la pluviométrie relevée au pluviomètre de la DREAL.

La Figure 3 rend compte de la pluviométrie journalière enregistrée sur le pluviomètre du restaurant du lac et sur celui de la DREAL entre le 1^{er} octobre 2018 et le 10 avril 2020, période pour laquelle nous avons les données journalières sur ces deux pluviomètres.

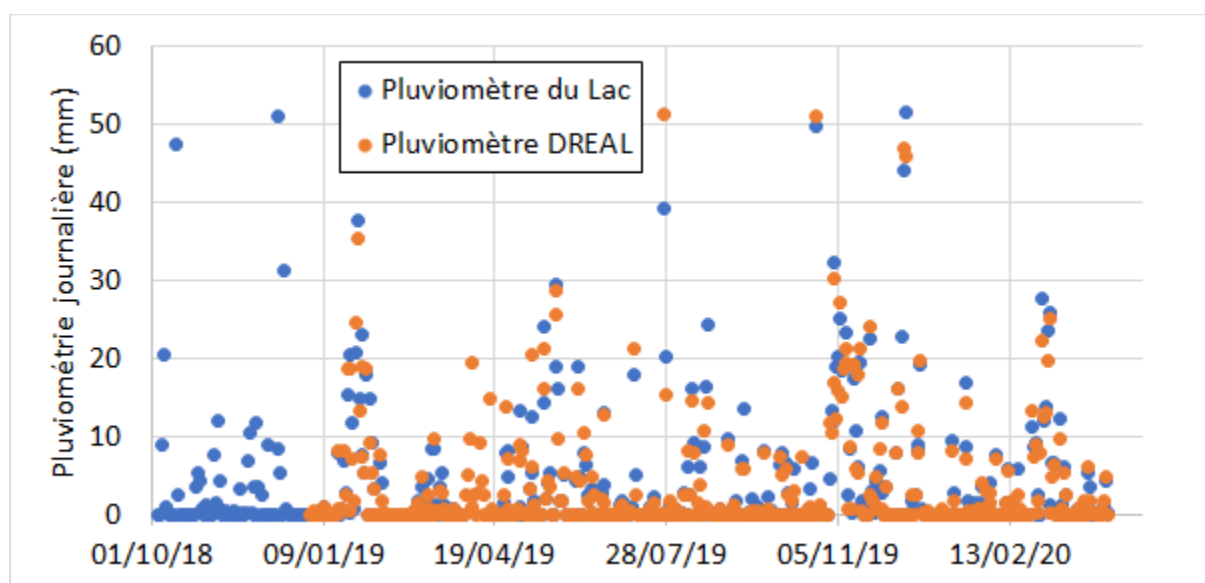


Figure 3 – Comparaison de la pluviométrie aux pluviomètres du Lac et DREAL

La Figure 4 rend compte de la corrélation entre les pluviométries enregistrées au Lac et par la DREAL. La relation linéaire est relativement bonne même si quelques valeurs divergent.

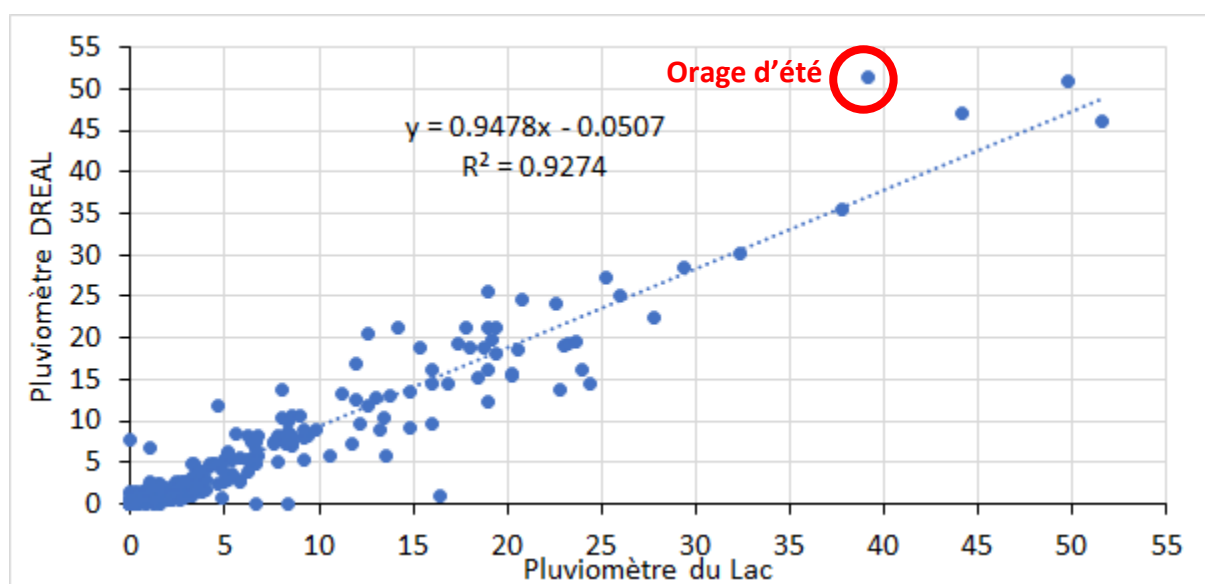
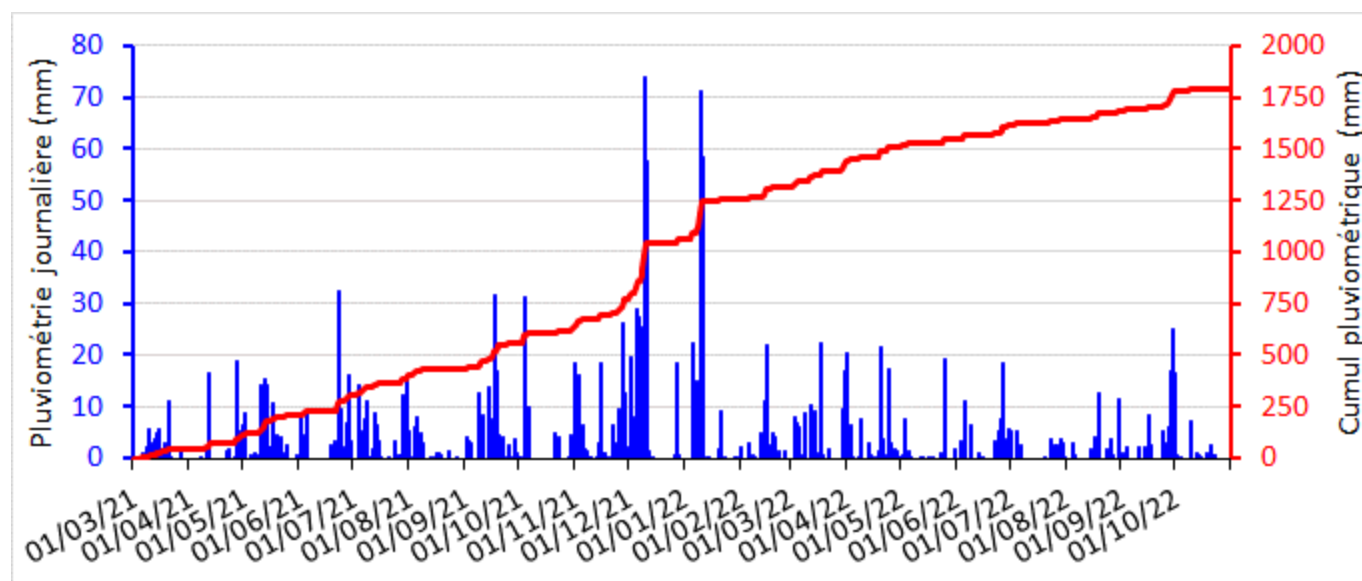


Figure 4 – Relation linéaire entre les pluviométries enregistrées au pluviomètre du Lac et au pluviomètre DREAL

La Figure 5 présente ainsi la pluviométrie journalière et le cumul pluviométrique enregistrés au pluviomètre de la DREAL pour la période de cette étude.



Nous remarquons les très forts cumuls pluviométriques de début décembre 2021 (323 mm en 15 jours) et de début janvier 2022 (181 mm en 7 jours) et le très faible cumul pluviométrique pour la période de la mi-janvier à la fin octobre 2022 (546 mm)

4 SUIVI DES NIVEAUX PIEZOMETRIQUES

Les évolutions des niveaux d'eau dans les piézomètres par rapport à la cote sol et à l'échelle du lac sont présentées sur la Figure 6.

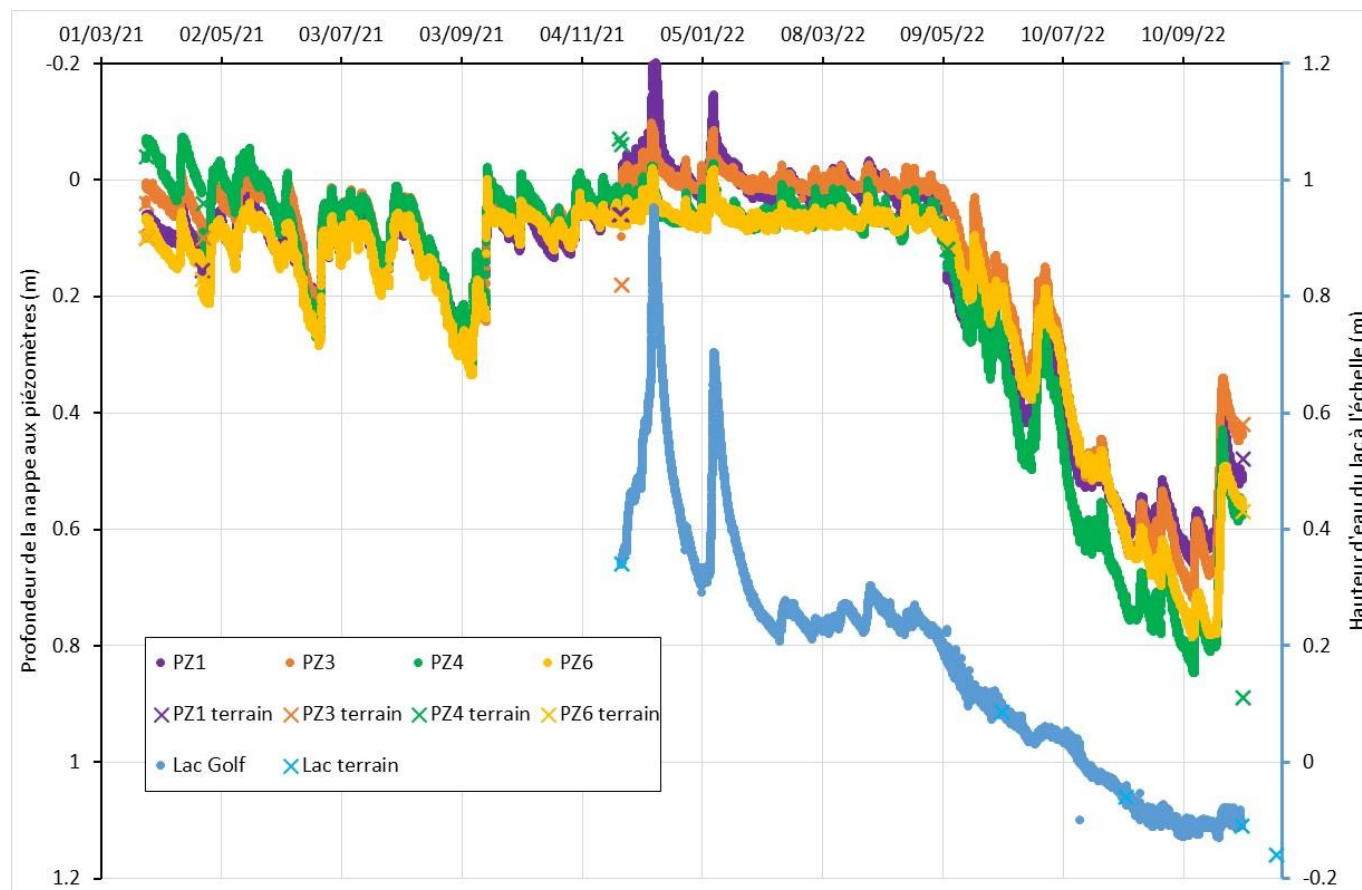


Figure 6 – Suivi des niveaux piézométriques par rapport au sol et à l'échelle du lac

Avec ce graphique, nous observons :

- les baisses estivales de 2021 compensées par les épisodes pluvieux de fin juin – début juillet et fin juillet - début août ;
- les niveaux hauts de la période hivernale et printanière de mi-septembre 2021 à début mai 2022. Durant cette période, le niveau d'eau est affleurant dans la tourbière ;
- les deux épisodes de « crue » des 11 décembre 2021 et 11 janvier 2022, en lien avec les très forts cumuls pluviométriques ;
- la baisse des niveaux dès le début du mois de mai 2022 jusqu'à la fin septembre 2022 (et même jusqu'en novembre 2022, mais nous n'avons pas les chroniques de suivi), avec deux petits épisodes pluvieux de fin juin – début juillet 2022 et fin septembre 2022. Avant la remontée de fin septembre, les niveaux d'eau dans la tourbière étaient

très bas : 80 cm en dessous de la surface pour les piézomètres PZ4 et PZ6 et 66 à 72 cm respectivement pour les piézomètres PZ4 et PZ1 (ce dernier étant très proche du lac, son niveau était également très proche de la cote du lac en basses eaux).

Les chroniques de niveau d'eau sont reportées également sur la Figure 7 en fonction de leur cote altimétrique, sur la base du relevé topographique réalisé par CETRA lors de l'étude 2018-2019.

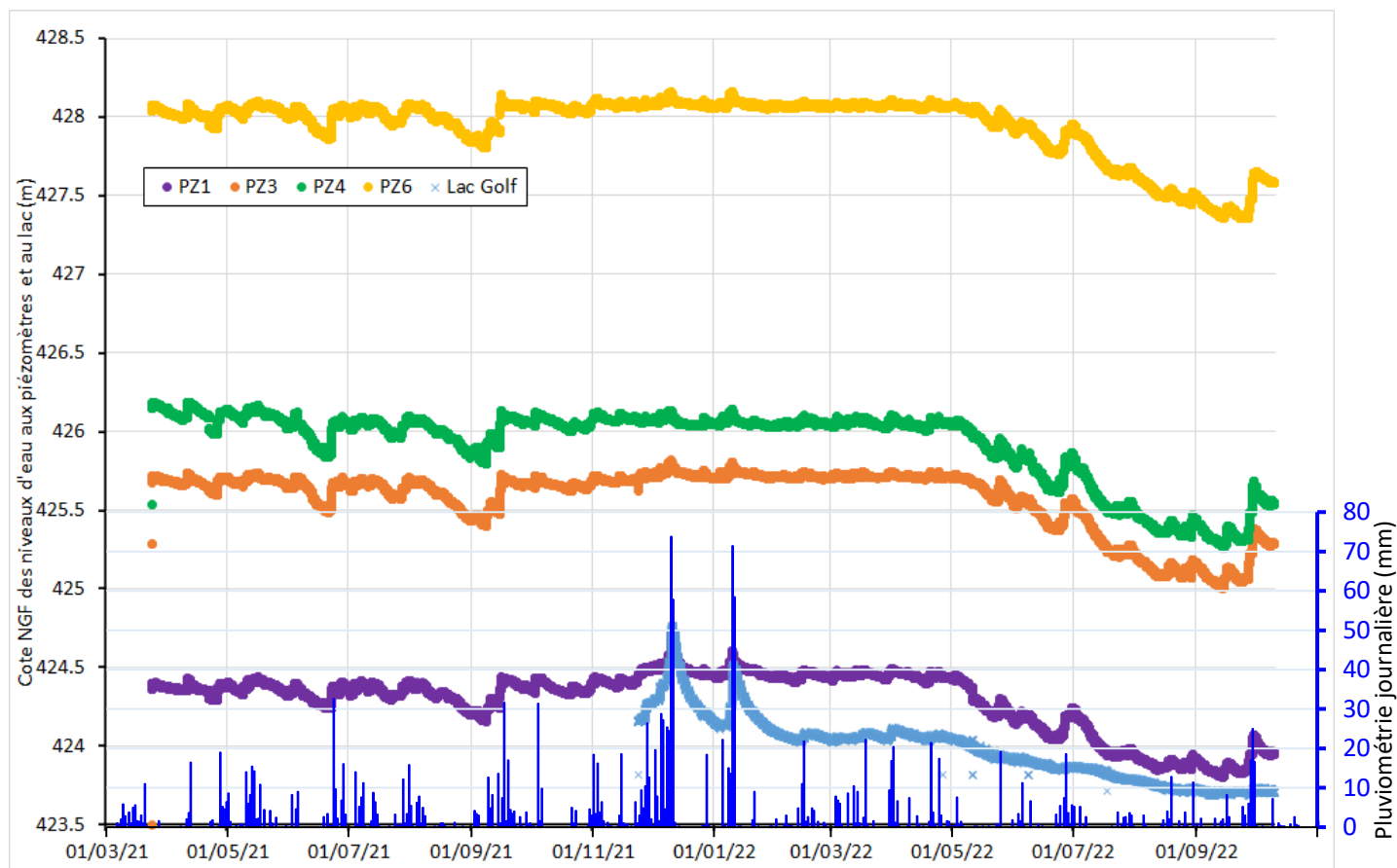


Figure 7 – Evolution des cotes altimétriques des niveaux d'eau

Cette figure montre bien la morphologie de la nappe contenue dans le milieu tourbeux et qui suit la topographie de ce dernier. Le piézomètre PZ6 est représentatif de l'amont de la nappe qui se trouve pratiquement à 4 m au-dessus de la cote du lac. Le PZ1, représentatif de l'aval de la nappe de la tourbière est très proche de la cote du lac (1 m en hautes eaux et moins de 20 cm en basses eaux).

Il existe un gradient d'écoulement significatif de l'amont vers l'aval de la nappe : 0,9 % environ en hautes et basses eaux.

5 SUIVI DES CONDUCTIVITE ET TEMPERATURE

5.1 Suivi des conductivités

La Figure 8 rend compte de l'évolution de la conductivité sur les points de suivi.

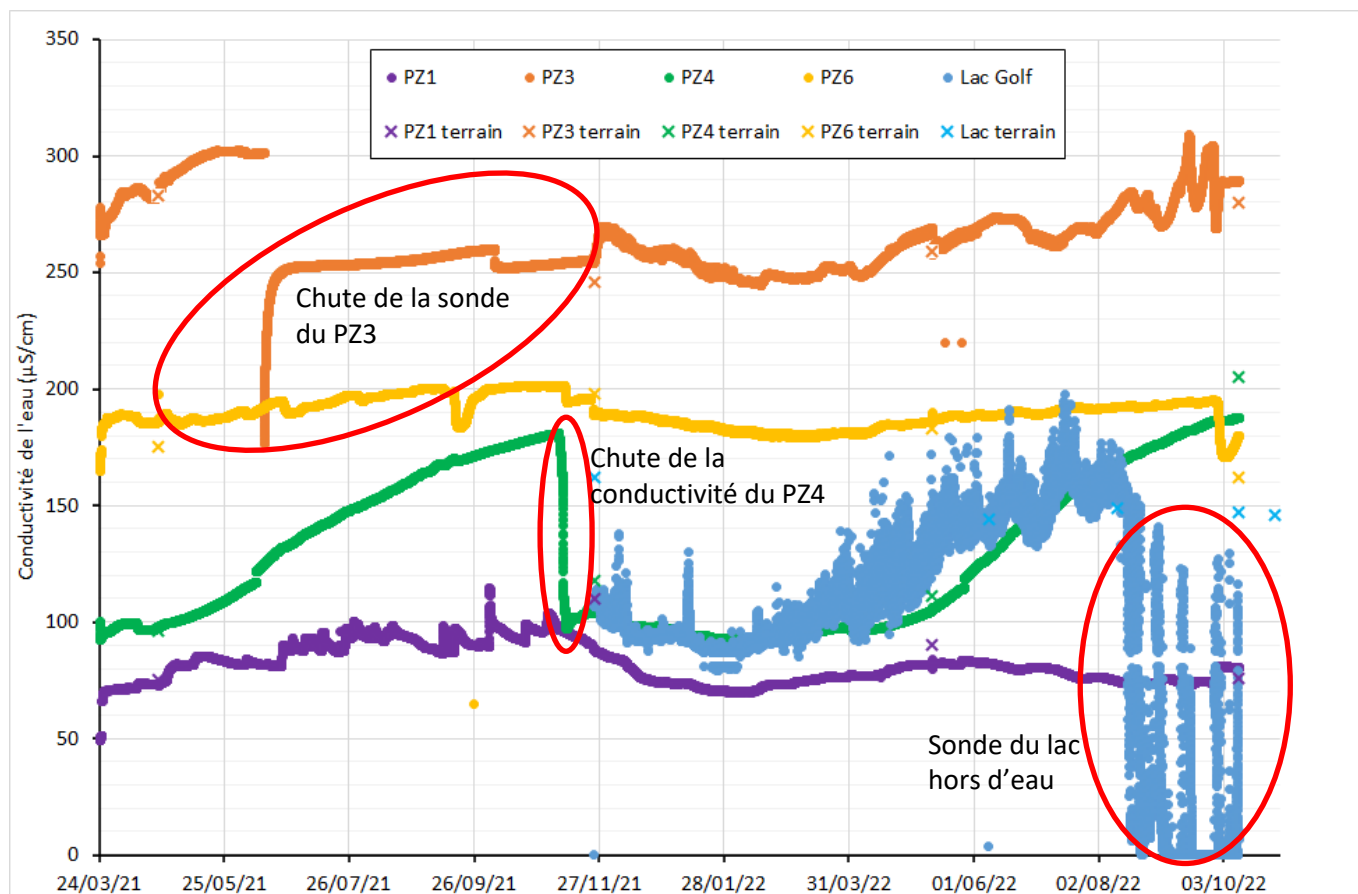


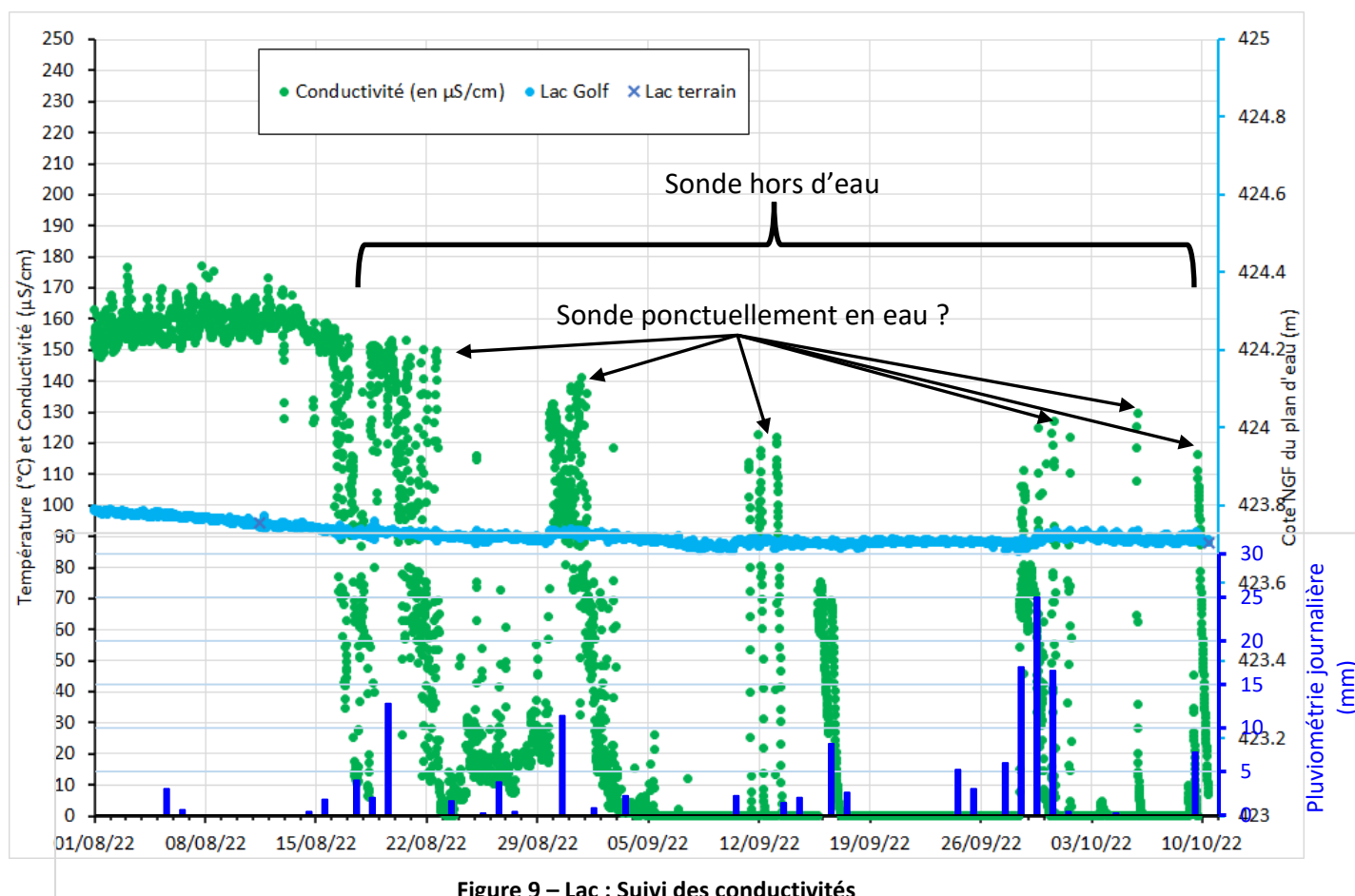
Figure 8 – Suivi des conductivités

La sonde du piézomètre PZ3 a été retrouvée au fond du tubage (drisse cassée accidentellement ?) le 23/04/2021 et a été remise en place le 24/11/2021. Il semble que la chute ait eu lieu le 13/06/2021.

Une baisse brutale de la conductivité est observée entre le 07 et le 11 novembre 2021 sur le PZ4. Nous n'avons pas d'explication à ce stade pour ce phénomène : conductivité relativement faible de 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ qui augmente progressivement en 6 mois environ jusqu'à près de 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Il sera intéressant d'analyser les prochains relevés sur ce piézomètre afin de vérifier si ce phénomène se reproduit. Il faudra également vérifier si son évolution suit celle du lac comme le graphique semble le montrer sur la période de suivi plus courte de la conductivité du Lac.

La sonde du Lac était hors d'eau à partir de la mi-août (Figure 9).

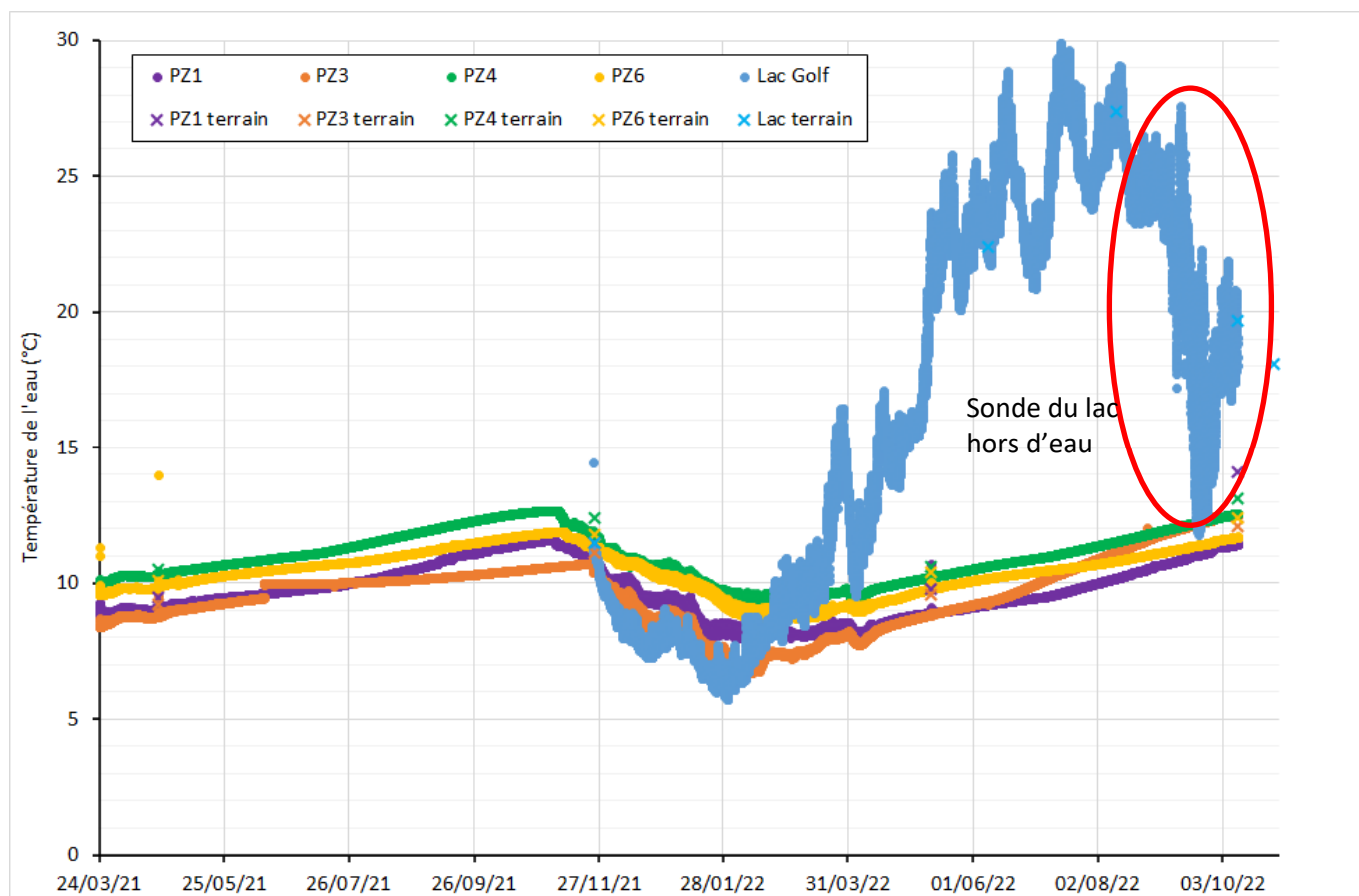
On observe également une différenciation de la minéralisation (indiquée par la mesure de la conductivité) entre les eaux mesurées aux différents piézomètres. L'eau la plus minéralisée est celle du PZ3 sur la partie nord-est de la tourbière, puis celle du P6 (amont central de la tourbière), puis celle du PZ4 avec son évolution particulière qui sera à suivre et enfin la moins minéralisée est celle du PZ1 proche du Lac. Les eaux de ce dernier semblent un peu plus minéralisées que celles du PZ4 proche, ses fluctuations sont à vérifier avec des relevés manuels réguliers.



La tendance générale semble être « naturellement » une conductivité plus élevée en basses eaux et plus faible en hautes eaux du fait des apports météoriques.

5.2 Suivi des températures

La Figure 10 rend compte de l'évolution de la température sur les points de suivi.

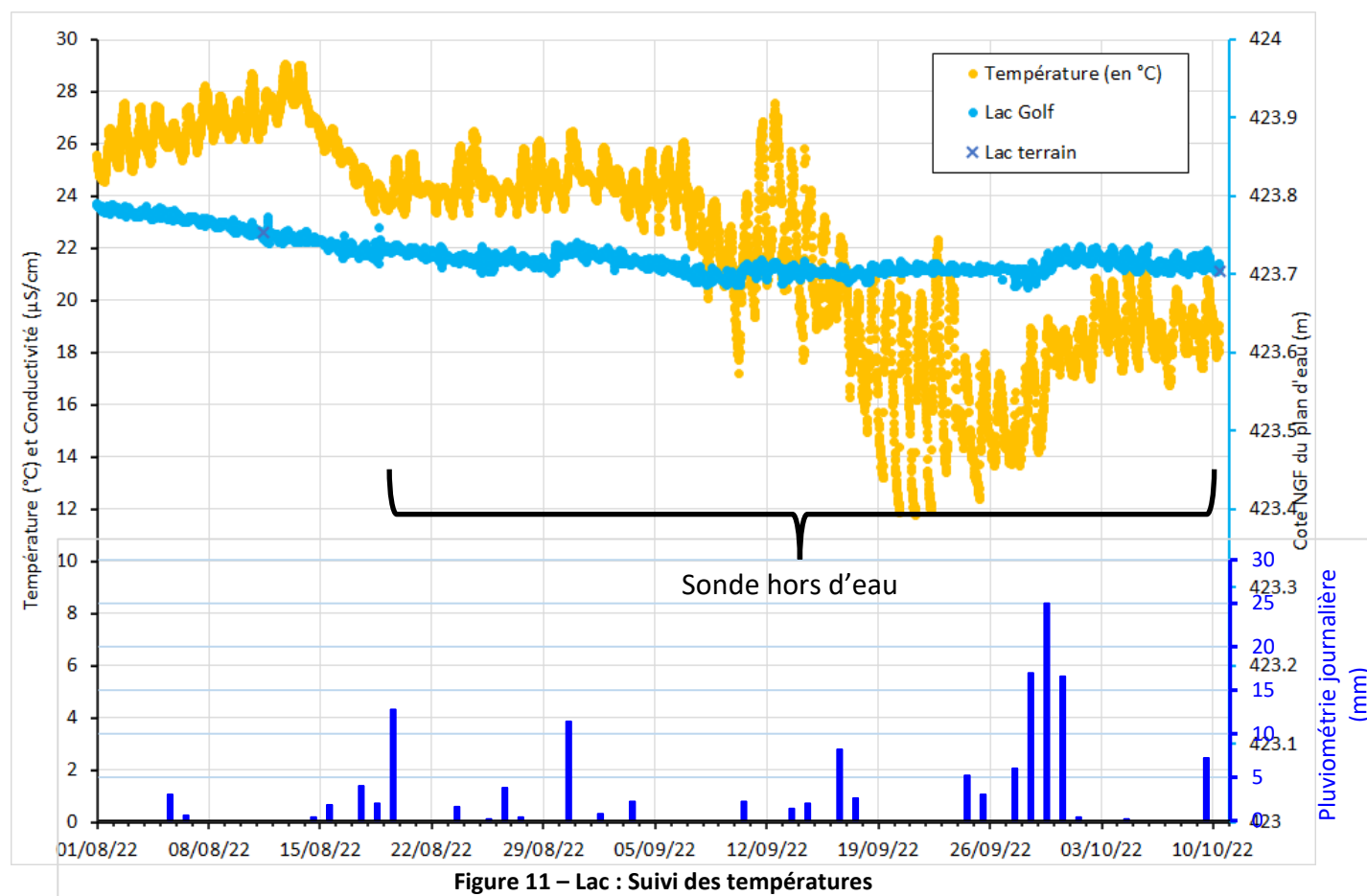


La température des eaux de la tourbière sont relativement proches, oscillant entre 9 - 10 degrés Celsius en hiver et 12 – 13 degrés en fin d'été avant les fortes recharges par les pluies automnales ou hivernales.

Les eaux du lac sont plus fluctuantes, avec une amplitude beaucoup plus forte notamment sur les températures élevées : elles oscillent sur la période de suivi entre 6 degrés et près de 30 °C. Les oscillations diurne / nocturne sont visibles.

Les valeurs de la température des eaux du lac sont erronées à partir de la mi-août du fait de la mise hors d'eau de la sonde (Figure 11).

Nous devons noter que la température du lac est mesurée en surface, à des profondeurs variables en fonction des fluctuations de sa hauteur d'eau, entre 0 et 1 m sur la période de suivi. Les faibles hauteurs d'eau vont accentuer l'amplitude des températures.



6 SUIVI DES DEBITS DE L'EXUTOIRE

Le débit de vidange du lac est réalisé à l'aide d'un courantomètre électromagnétique de marque OTT MF PRO à hauteur de l'exutoire du lac, sur un profil localisé sur la Figure 1 (Débit exutoire).

Du fait du lancement de l'étude début juin 2022 et de l'absence de vidange du lac entre début août et mi-novembre 2022, une seule mesure de débit a pu être réalisée le 13 juin 2022. La hauteur lue à l'échelle était de 7,5 cm et le débit mesuré était de 3,8 l/s.

Selon la courbe d'étalonnage établie par CETRA en 2019 sur un point un peu plus à l'aval, le débit pour une hauteur d'eau de 7,5 cm à l'échelle aurait été de 3,02 l/s.

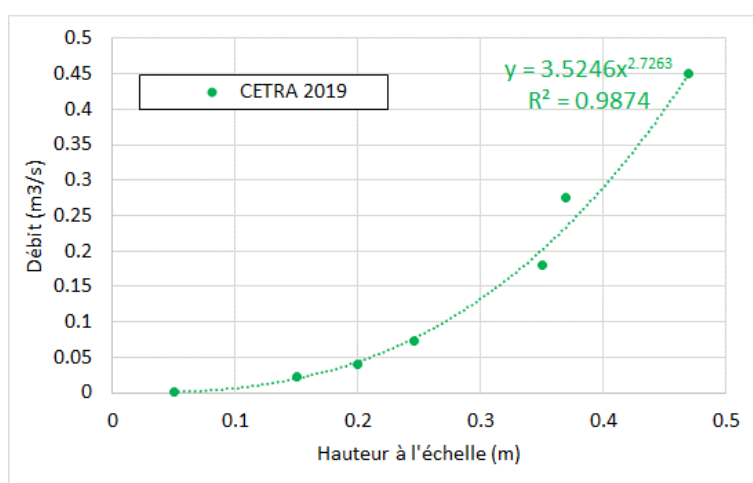


Figure 12 – Courbe Hauteur / Débit selon étude CETRA 2019

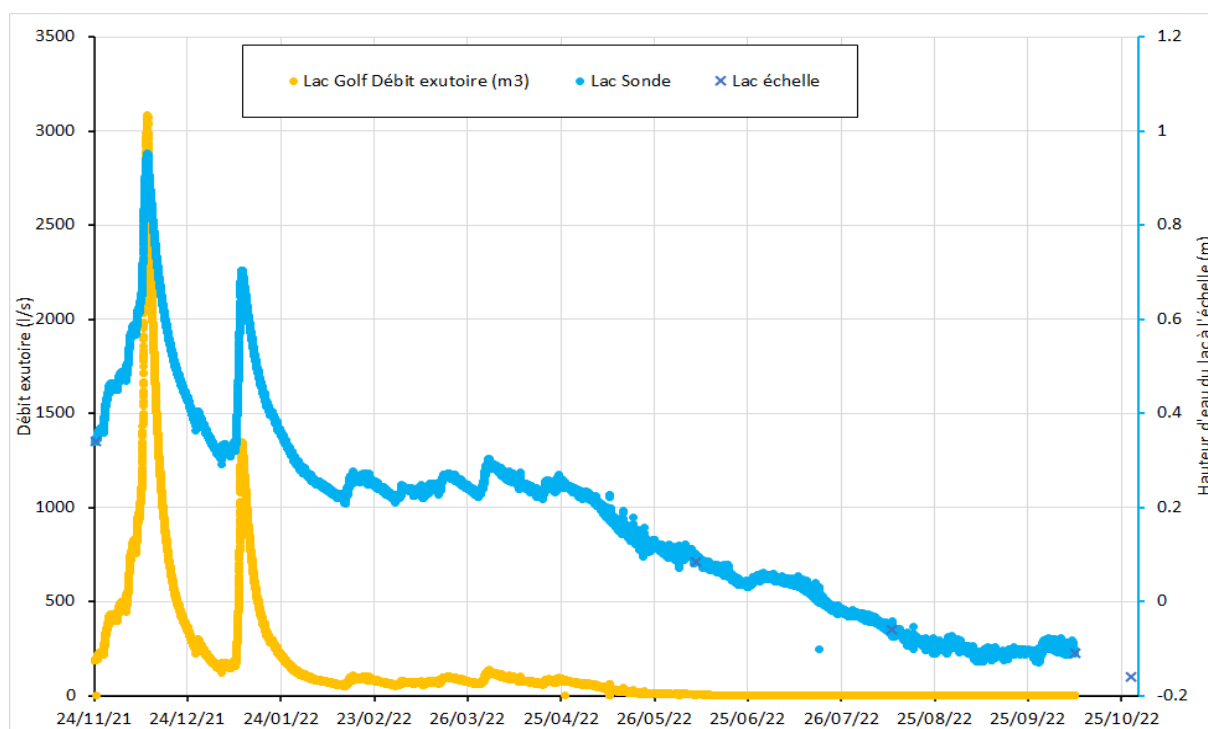


Figure 13 – Evolution des débits à l'exutoire selon l'équation de la courbe d'étalonnage

L'application de l'équation de régression établie par CETRA pour la relation Hauteur du Lac – Débit à l'exutoire semble fortement majorer les débits pour des hauteurs lues à l'échelle de plus de 20 cm.

La Figure 14 présente l'estimation des volumes journaliers et volumes cumulés écoulés à l'exutoire pour la période de suivi en notre possession (24 novembre 2021 – 10 octobre 2022) ainsi que les volumes journaliers et cumulés des précipitations sur la superficie du bassin versant (environ 254 hectares). Nous constatons le fort décalage entre les volumes évacués à l'exutoire qui sont bien plus élevés les volumes apportés par les pluies.

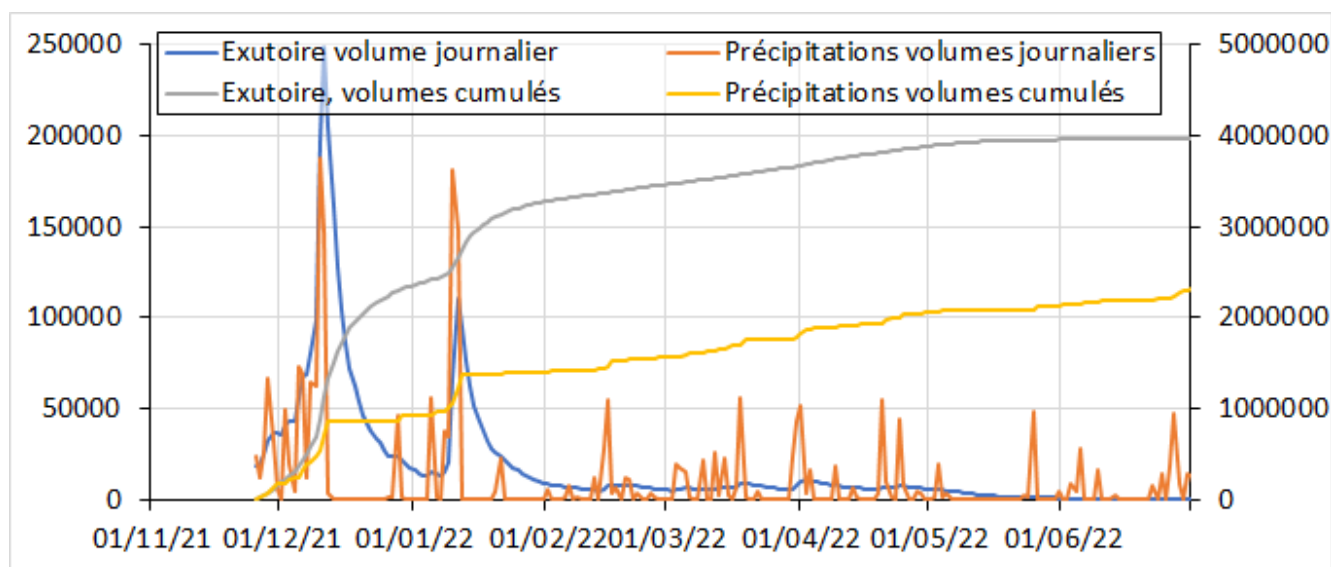


Figure 14 – Chronique des volumes de vidange du lac et précipités sur le bassin versant depuis avril 2021

En période de plus faible hauteur du lac (Figure 15), les valeurs de débits semblent également surestimées car les volumes évacués sont de l'ordre des volumes précipités, ce qui semble peu probable sauf apport souterrain important.

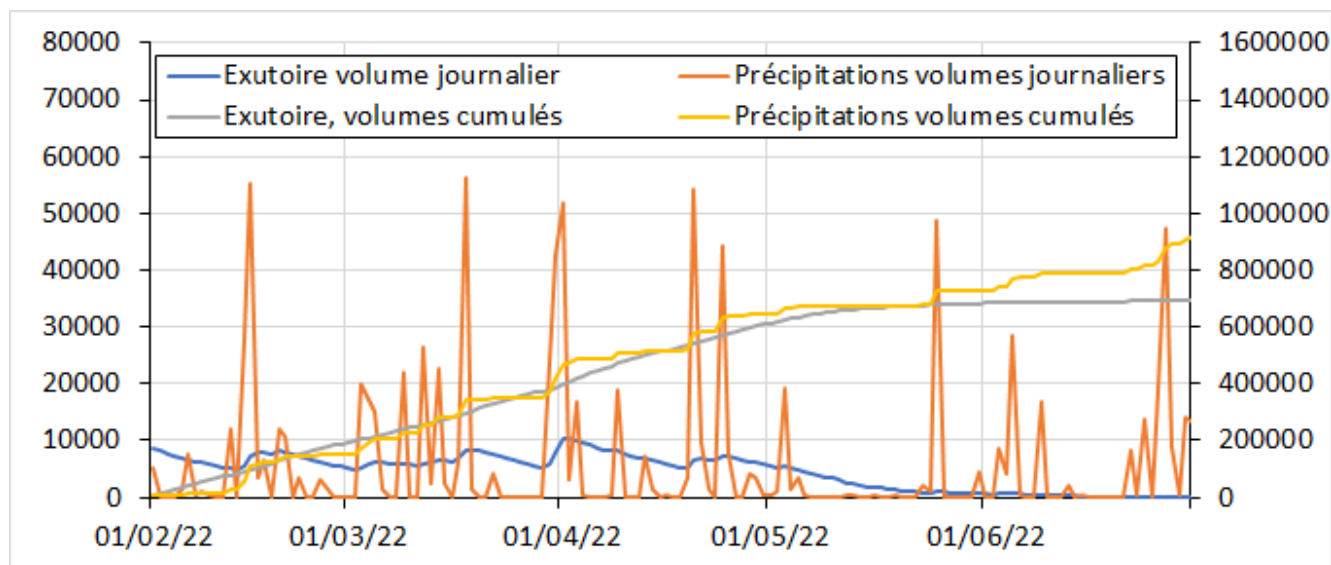


Figure 15 – Chronique des volumes de vidange du lac et précipités sur le bassin versant depuis février 2022

7 CONCLUSION

Le suivi étudié correspond à la période du 24 mars 2021 au 10 octobre 2022.

7.1 Relève manuelle

Nous préconisons une relève manuelle avec contrôle des paramètres avec des sondes de terrain avec une **périodicité trimestrielle** à minima. Cela permettra de bien recalibrer les éventuelles dérives de sonde et les aléas divers (dégradations, ...).

Nous préconisons également un calibrage régulier (semestriel ou annuel à minima) des sondes de conductivité.

7.2 Niveaux d'eau et conditions hydrologiques

Pluviométrie :

Sur la période d'étude, nous avons eu deux périodes de très forts cumuls pluviométriques hivernaux (décembre 2021 et janvier 2022) et une période exceptionnelle de faibles précipitations du début d'année 2022 jusqu'au mois de novembre 2022.

➤ **Nous conseillons de remettre en service le pluviomètre implanté à hauteur du restaurant du Lac afin d'avoir des données beaucoup plus représentatives de la zone d'étude.**

Niveaux d'eau :

Les évolutions des niveaux sont en relation avec la pluviométrie.

Les mesures débits à l'exutoire n'ont pu être entreprises comme il était prévu à cause des conditions exceptionnelles de basses eaux et du démarrage tardif de l'étude. Elles devront être réalisés afin d'établir une courbe d'étalonnage hauteur – débit beaucoup plus fiable, surtout avec des hauteurs d'eau à l'échelle de plus de 20 cm. Donc période printanière à ne pas rater !

- **La sonde du Lac devra être repositionnée afin d'enregistrer les niveaux, conductivités et températures y compris en période de basses ou très basses eaux. Il faudra descendre le tubage de protection actuel d'environ 30 cm.**

7.3 Conductivités et températures

Conductivité :

Nous observons une différenciation des conductivités suivant la localisation des piézomètres, pouvant indiquer des alimentations différenciées de la nappe : proportions des apports météoriques et des apports souterrains, origine des apports souterrains, ...

Les évolutions particulières observées sur le PZ4 restent à être confirmées pour apporter une analyse plus fine.

Température :

Les évolutions de la température sur les piézomètres sont en relation avec les conditions hydrologiques et climatiques.

Les évolutions sur le Lac sont plus marquées par les impacts météoriques et climatiques (températures de la pluie et de l'air) mais sont plus influencées que les piézomètres du fait de la faible profondeur de mesure qui, de plus, fluctue fortement en fonction des niveaux du lac. Il sera difficile de modifier cet impact sans mise en place d'une nouvelle sonde de mesure de conductivité et température qui serait positionnée sur un flotteur afin d'avoir une mesure de ces paramètres à une profondeur constante.

7.4 Perspectives

Afin de mieux appréhender le fonctionnement hydrologique de la tourbière et du lac, il serait souhaitable, en plus du suivi des piézomètres et de l'exutoire du lac, de suivre également les principaux écoulements superficiels qui sont localisés sur la Figure 16. Ces écoulements alimentent directement la tourbière pour les deux points situés à l'ouest de cette dernière et directement le lac pour les trois situés au nord du lac.

L'intérêt est de contrôler les apports hydriques sur ces points, en période humide avec ruissellement lié aux précipitations et en périodes sèches où les apports souterrains sont prépondérants. Cette première approche permettra de mieux caler le bilan entrée / sortie du lac et de définir si un suivi plus précis (avec suivi en continu) est indispensable pour l'étude du fonctionnement hydrologique du site.

Ce suivi pourrait être réalisé sur 4 périodes en même temps que les mesures de débits de l'exutoire du lac, avec quantification des débits (dans la mesure des possibilités sans aménagements hydrauliques spécifiques) et mesures de la conductivité et de la température.

Ces mesures pourraient être complétées par des observations réalisées par le PLVG lors de la relève des sondes, afin d'obtenir des données plus représentatives des diverses conditions hydrologiques.

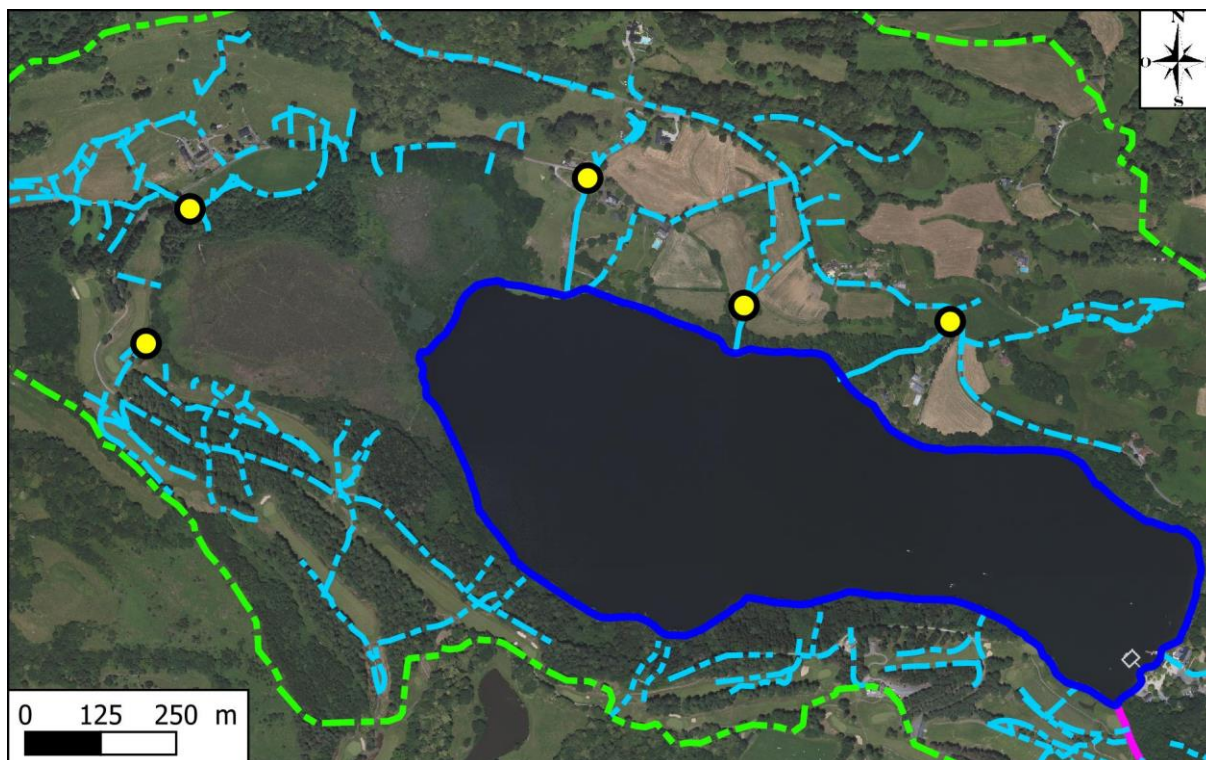


Figure 16 – Localisation des points de suivi des écoulements superficiels, échelle : 1/12 500