

# ETUDE HYDROGEOLOGIQUE



## Analyse de données

### Suivi quantitatif de l'eau sur le site Natura 2000 « tourbière et lac de Lourdes » (Campagne 2024)

LOURDES (65000)



Dossier 6410917- HYGEO - Novembre 2024

**PLVG (Pays de Lourdes et des vallées des Gaves)**

4 rue Michelet  
65100 Lourdes

## CLIENT

|               |                                                 |
|---------------|-------------------------------------------------|
| NOM           | PLVG (Pays de Lourdes et des Vallées des Gaves) |
| ADRESSE       | 4 rue Michelet 65100 Lourdes                    |
| INTERLOCUTEUR | Madame Camille CHIRAY (PLVG)                    |

## FINANCEURS

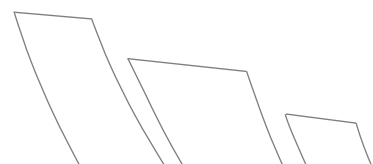


Projet cofinancé par le Fonds Européen Agricole pour le Développement Rural  
L'Europe investit dans les zones rurales

## ECR ENVIRONNEMENT

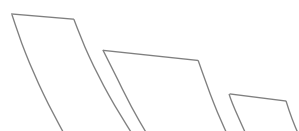
|                   |            |
|-------------------|------------|
| CHARGE D'AFFAIRES | Q SAVENIER |
| CHARGÉE D'ETUDES  | P. PUJOS   |

| DATE       | INDICE | OBSERVATION / MODIFICATION | REDACTEUR | VERIFICATEUR |
|------------|--------|----------------------------|-----------|--------------|
| 13/12/2024 | 01     | Création du document       | P. PUJOS  | Q. SAVENIER  |



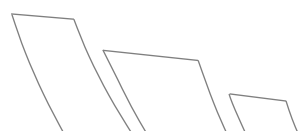
## SOMMAIRE

|                                                                                                                     |           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>PREAMBULE.....</b>                                                                                               | <b>5</b>  |
| <b>1. Nature et localisation des différents points de suivis .....</b>                                              | <b>6</b>  |
| 1.1. <i>Données piézométriques .....</i>                                                                            | <i>6</i>  |
| 1.2. <i>Pluviométrie .....</i>                                                                                      | <i>7</i>  |
| 1.3. <i>Mesure des débits (Jaugeage).....</i>                                                                       | <i>8</i>  |
| 1.4. <i>Contexte Pluviométrique .....</i>                                                                           | <i>13</i> |
| <b>2. Présentation des résultats .....</b>                                                                          | <b>16</b> |
| 2.1. <i>Données des sondes piézométriques.....</i>                                                                  | <i>16</i> |
| 2.2. <i>Mesures de débits .....</i>                                                                                 | <i>28</i> |
| <b>3. Analyse de l'évapotranspiration.....</b>                                                                      | <b>36</b> |
| 3.1. <i>Généralités .....</i>                                                                                       | <i>36</i> |
| 3.2. <i>Données météorologiques générales : station météorologique Tarbes-Lourdes Ossun.....</i>                    | <i>37</i> |
| 3.1. <i>Données météorologiques journalière sur l'année 2024 : station météorologique Tarbes-Lourdes Ossun.....</i> | <i>38</i> |
| <b>4. Bilan hydrique global (a l'échelle de bassin versant) .....</b>                                               | <b>39</b> |
| <b>5. Conclusions .....</b>                                                                                         | <b>44</b> |
| 5.1. <i>Pluviométrie : .....</i>                                                                                    | <i>44</i> |
| 5.2. <i>Chroniques piézométriques .....</i>                                                                         | <i>44</i> |
| 5.3. <i>Mesures de la conductivité.....</i>                                                                         | <i>45</i> |
| 5.4. <i>Mesure de la température : .....</i>                                                                        | <i>46</i> |
| 5.5. <i>Mesures de débit.....</i>                                                                                   | <i>47</i> |
| 5.6. <i>Bilan hydrique global.....</i>                                                                              | <i>49</i> |
| <b>6. Perspectives .....</b>                                                                                        | <b>49</b> |



## TABLE DES ILLUSTRATIONS

|                                                                                                                                           |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figure 1 : Localisation des points de suivi piézométrique .....                                                                           | 6  |
| Figure 2 : Extrait de la fiche produit avec ses caractéristiques .....                                                                    | 9  |
| Figure 3 : Localisation des différents points de mesure de débit.....                                                                     | 9  |
| Figure 4 : Photographies des points de mesures .....                                                                                      | 12 |
| Figure 5 : Pluviométrie journalière sur la période du 06/12/23 au 03/12/24 (Pluviomètre DREAL<br>LOURDES) .....                           | 13 |
| Figure 6 : Répartition des cumuls pluviométriques mensuels enregistrés sur les années 2023 et<br>2024. ....                               | 14 |
| Figure 7 : Suivi des niveaux piézométriques de janvier à décembre 2024 .....                                                              | 18 |
| Figure 8 : Suivi des niveaux piézométriques sur l'année 2023 et 2024 .....                                                                | 20 |
| Figure 9 : Cotes altimétriques des niveaux d'eau. ....                                                                                    | 21 |
| Figure 10 : Evolution de la conductivité sur l'année 2024 .....                                                                           | 22 |
| Figure 11 : Chroniques de l'évolution de la conductivité sur l'année 2023 et 2024 .....                                                   | 24 |
| Figure 12 : Evolution de la température de l'eau en fonction du temps (2023) .....                                                        | 25 |
| Figure 13 : Evolution de la température de l'eau en fonction du temps (2024) .....                                                        | 26 |
| Figure 14 : Localisation des différents points de mesure de débit.....                                                                    | 28 |
| Figure 15 : Courbe d'étalonnage hauteur/débit (CETRA 2019).....                                                                           | 28 |
| Figure 16 : Débits des écoulements d'apport de surface .....                                                                              | 29 |
| Figure 17 : Paramètres physicochimiques des écoulements de surfaces. ....                                                                 | 29 |
| Figure 18 : Débit à l'exutoire .....                                                                                                      | 30 |
| Figure 19 : Débits moyen (d'après les 4 mesures).....                                                                                     | 31 |
| Figure 20 : Evolution des débits à l'exutoire du Lac sur les années 2023 et 2024 selon l'équation de<br>la courbe d'étalonnage CETRA..... | 34 |
| Figure 21 : Evolution des paramètres climatologiques sur une année (basé sur les statistiques de<br>1911-2020 station TLO) .....          | 37 |
| Figure 22 : Répartition mensuelle des pluies efficace sur l'année 2024* .....                                                             | 40 |
| Figure 23 : Evolutions des paramètres et bilan hydrique cumulé sur l'année 2024.....                                                      | 41 |
| Tableau 1: Dates des relevés de sondes .....                                                                                              | 7  |
| Tableau 2 : Relevés manuels des niveaux piézométriques en mètres par rapport au Tube(m/Tube)<br>sur la période de suivi .....             | 16 |
| Tableau 3 : Relevés manuels des niveaux piézométriques en mètres par rapport au Terrain (m/T)<br>sur la période de suivi .....            | 17 |
| Tableau 4 : Nivellement (CETRA 2019 haut du tube) .....                                                                                   | 21 |
| Tableau 5 : Superficie du bassin versant du lac de Lourdes :.....                                                                         | 39 |
| Tableau 6 : Bilan hydrique global sur l'année 2024 .....                                                                                  | 42 |



## PREAMBULE

A la demande et pour le compte du syndicat mixte du Pays de Lourdes et des Vallées des Gaves (PLVG), une étude hydrogéologique a été réalisée par ECR Environnement sur le site Natura 2000 « tourbière et lac de Lourdes » en 2024.

Celle-ci fait suite à une première année de suivi en 2023.

Cette étude répond au bon de commande du client du 28 mars 2023, acceptant notre proposition technique et financière n°6410780 du 13/02/2024.

Son objectif principal était de poursuivre un suivi portant sur les composantes hydrologiques souterraines et superficielles associées au lac de Lourdes afin de mieux comprendre le fonctionnement hydro(géo)logique global du site.

Elle comprenait :

- **Une analyse des données des sondes piézométriques automatiques de type SOLINST LTC.**

Les relèves des données et leur vérification (mesure manuelle de niveau d'eau, température et conductivité) ont été effectuées par ECR environnement les 06/03/2024, 19/06/2024, le 03/10/2024 et le 03/12/2024.

- **Des mesures de débit sur l'exutoire du lac et sur plusieurs écoulements superficiels.**

ECR environnement a effectué 4 campagnes de mesures de débit (14/03/2024, 31/07/2024, 03/10/2024, 03/12/2024) en conditions hydrologiques différentes (basses et hautes eaux). Durant ces quatre campagnes, une mesure de la température et de la conductivité a été effectuée.

- **Un rapport de synthèse des résultats de la campagne actuelle avec une proposition de perspectives sur les campagnes futures.**
- **Une confrontation de certains résultats avec la campagne 2023.**
- **Une analyse des données d'évapotranspiration disponibles sur le secteur.**
- **Un bilan hydrique établi sur l'ensemble de l'année 2024 avec interprétation.**



## 1. NATURE ET LOCALISATION DES DIFFERENTS POINTS DE SUIVIS

### 1.1. Données piézométriques

Lors des campagnes précédentes, le Syndicat mixte PLVG a mis en place quatre piézomètres notés Pz1, Pz2, Pz3 et Pz6 sur la tourbière. Ces ouvrages ont été équipés de sondes automatiques SOLINST LTC afin d'assurer un suivi continu des niveaux piézométriques de la nappe superficielle, mais également de la conductivité et de la température de l'eau. Le pas de temps d'acquisition a été fixé à 15 min.

Ce type de sonde a également été installé au niveau de l'échelle limnimétrique située en rive sud du Lac (noté « Lac Golf » sur la figure ci-dessous).

La compensation des mesures de pression est réalisée à l'aide d'une sonde barométrique installée sur le toit du restaurant de l'ancien golf qui mesure la pression atmosphérique.

La localisation des points de suivi est présentée sur la figure suivante.

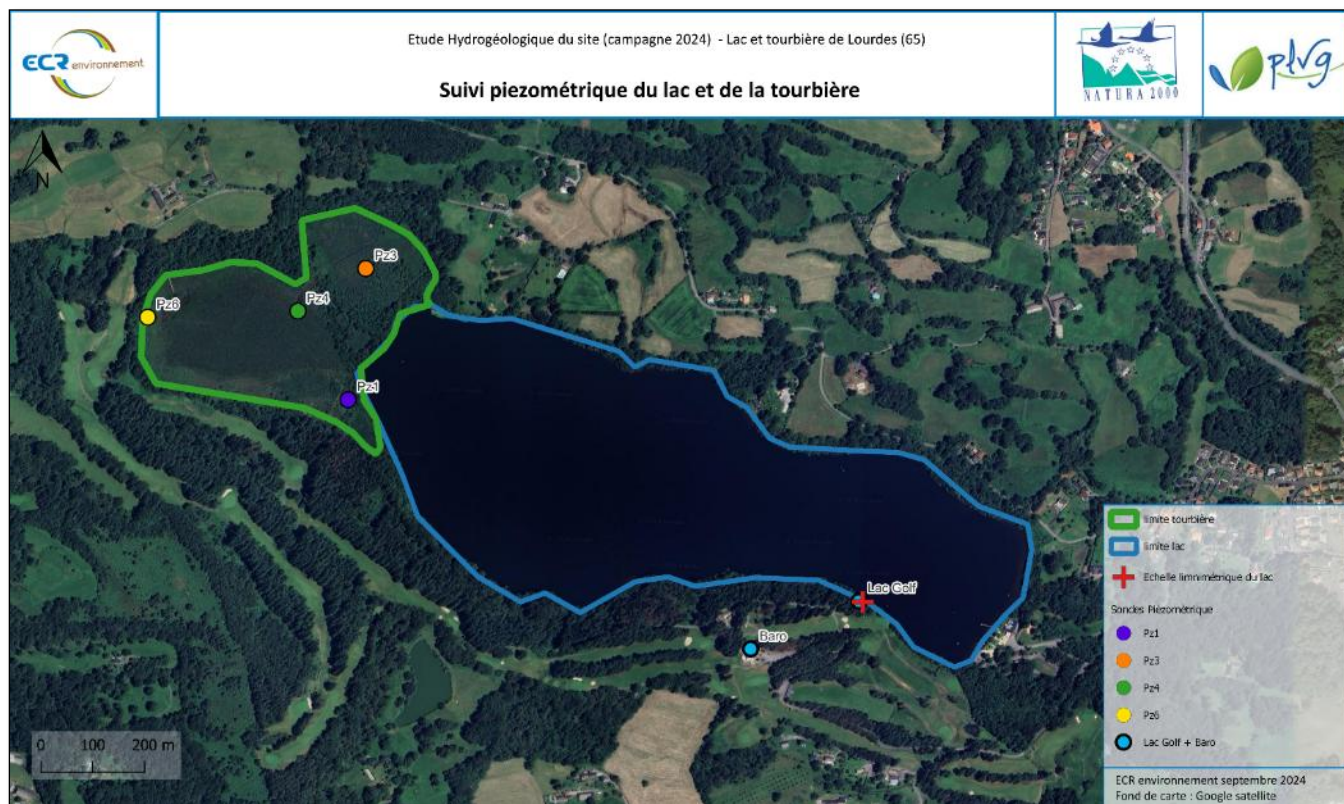


Figure 1 : Localisation des points de suivi piézométrique

Des relevés manuels ponctuels ont également été réalisés sur la période de l'étude.

L'historique de la relève des sondes est présenté ci-dessous.

Le dernier relevé effectué par le bureau d'étude **Etiage** date du 10/10/2022.

Les relevés effectués par **ECR environnement** ont débuté le 26/04/2023 et se sont terminés le 03/12/2024.

Tableau 1: Dates des relevés de sondes

|                   | Pz1        | Pz3        | Pz4        | Pz6        | Lac Golf   |
|-------------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Dates des relèves | 10/10/2022 | 10/10/2022 | 10/10/2022 | 10/10/2022 | 10/10/2022 |
|                   | 26/04/2023 | 26/04/2023 | 26/04/2023 | 26/04/2023 | 26/04/2023 |
|                   | 10/07/2023 | 27/07/2023 | 10/07/2023 | 27/07/2023 | 10/07/2023 |
|                   | 07/11/2023 | 07/11/2023 | 07/11/2023 | 07/11/2023 | 07/11/2023 |
|                   | 06/12/2023 | 06/12/2023 | 06/12/2023 | 06/12/2023 | 06/12/2023 |
|                   | 06/03/2024 | 06/03/2024 | 06/03/2024 | 06/03/2024 | 06/03/2024 |
|                   | 31/07/2024 | 19/06/2024 | 19/06/2024 | 19/06/2024 | 19/06/2024 |
|                   | 03/10/2024 | 03/10/2024 | 03/10/2024 | 03/10/2024 | 03/10/2024 |
|                   | 03/12/2024 | 03/12/2024 | 03/12/2024 | 03/12/2024 | 03/12/2024 |

- Chute des sondes Pz1, Pz3 et Pz6 entre le 23/07/2023 et le 07/11/2023 (données corrigées)
- 06/12/2023, remplacement des bouchons des piézomètres : légère modification position sonde.
- 06/03/2024 arrêt inexplicé de la sonde Pz4 remplacement temporaire par une sonde DIVER en juillet 2024.

## 1.2. Pluviométrie

Sur la durée des investigations réalisées par ECR Environnement, le pluviomètre du restaurant du golf était toujours hors service.

Les données de pluviométrie utilisées dans le cadre de ce suivi sont celles mesurées par un pluviomètre situé à environ 4 kilomètres au sud-est de la tourbière. Ces dernières ont été récupérées en ligne sur le site internet « Eau France ».



### 1.3. Mesure des débits (Jaugeage).

Pour mieux comprendre le fonctionnement hydrologique du lac et quantifier les entrées et sorties d'eau, des mesures de débit ont été réalisées.

Elles ont systématiquement été complétées par des mesures de conductivité et de température de l'eau.

**Ces mesures, au nombre de 4, ont été réalisées sur une année complète avec des conditions hydrologiques différentes de basse (31/07) et hautes eaux (14/03, 03/10, 03/12).**

Les contextes de basses et hautes eaux sur l'année du suivi ont été déterminés en se basant d'une part sur les campagnes précédentes, mais également, sur la pluviométrie de l'année en cours et sur la hauteur d'eau sur le lac.

Les périodes de hautes et basses eaux peuvent varier d'une année sur l'autre, **et l'année 2024 a été une année relativement pluvieuse limitant les périodes de nappe basse significatives.**

Ces mesures de débits ont été réalisées au droit :

#### ❖ Des écoulements de surfaces (entrées)

Plusieurs écoulements de surface d'importance modérée et alimentant le lac ont été suivis en accord avec le Syndicat. Ils sont tous situés sur le versant nord du lac et versant ouest de la tourbière, constituant à priori le bassin d'alimentation le plus important.

**Ces différents écoulements de surface (fossés, sources, drains, écoulements de surface...) avaient été préalablement identifiés lors de précédentes prospections réalisées avec le PLVG.**

**La méthode de jaugeage par empotage a été mise en œuvre pour le suivi de ces écoulements marqués par des lames d'eau très faibles.**

#### ❖ De l'exutoire du lac (sortie)

L'exutoire du lac, sans nom, se jette dans le Gave de Pau à 700 mètres au sud du lac.

Le débit de vidange du lac a été mesuré par « exploration du champ vitesse » à l'aide d'un micro moulinet de type Flow Prode (Global Water) **remplacé par** un courantomètre électromagnétique de type FLUVIA **en juillet 2024** en raison d'une gamme de précision plus importante.



|                                          |                                                                                    |
|------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Capteur de vitesse</b><br><b>RV4X</b> |                                                                                    |
| Méthode                                  | Electromagnétique (loi de Faraday)                                                 |
| Construction                             | Forme hydrodynamique, moulé en résine époxy de couleur jaune. Electrodes en titane |
| Cycle mesure                             | 0,5 seconde                                                                        |
| Gamme                                    | 0 à 6 m/s                                                                          |
| Résolution                               | 0,001 m/s                                                                          |
| Précision                                | ± 1 % de la mesure ± stabilité du 0                                                |
| Stabilité du zéro                        | Type ± 0,01 m/s, Max ± 0,03 m/s                                                    |
| Etalonnage                               | De 0 à 3 m/s. Contrôle sur 14 points<br>De 0 à 6 m/s en option                     |
| Hauteur mini                             | 30 mm d'eau avec perche lisse                                                      |

Figure 2 : Extrait de la fiche produit avec ses caractéristiques

Les mesures ont été réalisées à hauteur d'un ouvrage bétonné qui présente une bonne section pour la mesure.

Ces écoulements ont fait l'objet d'une cartographie et la localisation des 11 points de mesure est présentée ci-après, suivie des photographies des points de mesures retenus.

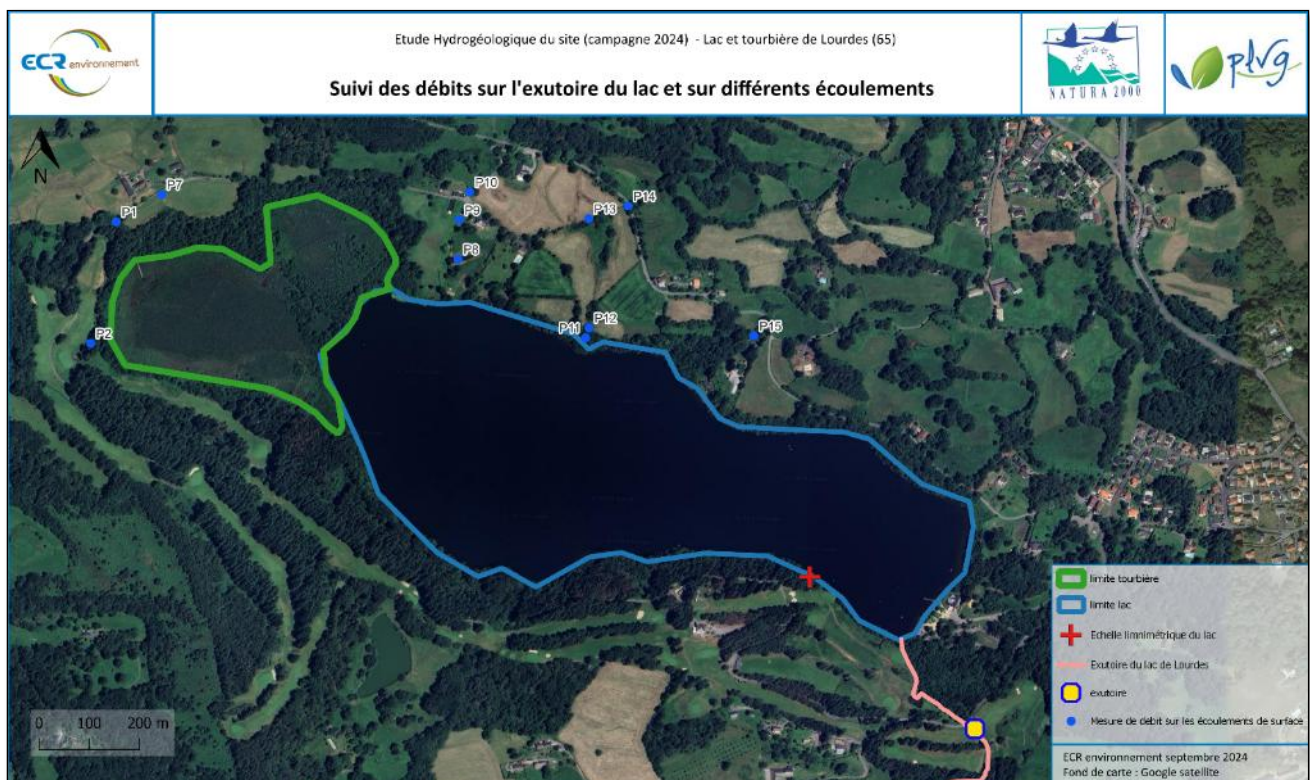


Figure 3 : Localisation des différents points de mesure de débit



**P7**



**P2**



**P1**



**P8**





**P9**



**P10**





**P11-12**



**P13-14**



**P15**



**Exutoire du Lac**

**Figure 4 : Photographies des points de mesures**



## 1.4. Contexte Pluviométrique

La Figure 5 présente la pluviométrie journalière enregistrée sur le pluviomètre de la DREAL de Lourdes entre le 01/01/2024 et le 03/12/2024.

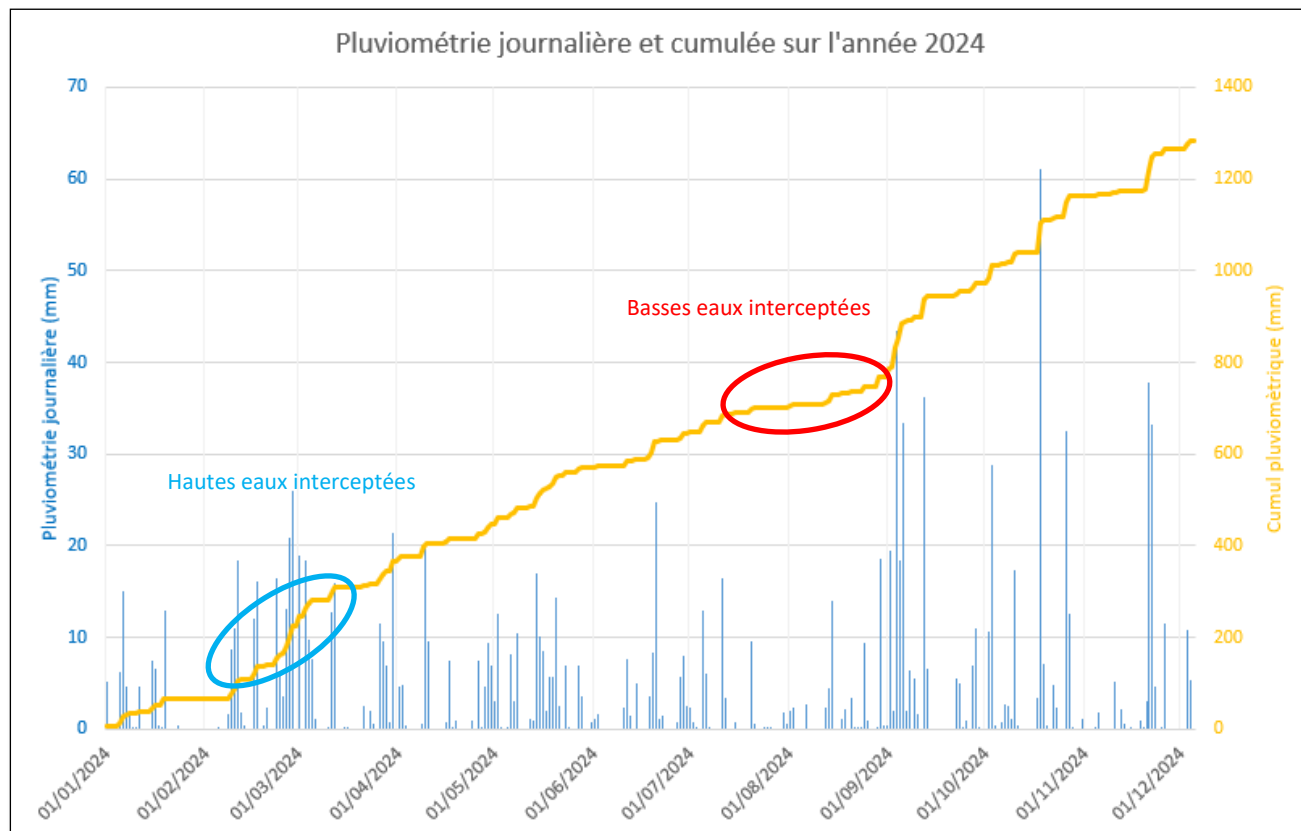


Figure 5 : Pluviométrie journalière sur la période du 06/12/23 au 03/12/24 (Pluviomètre DREAL LOURDES)

Les observations suivantes peuvent être faites :

- En 2024, le début d'année (janvier) a été marqué par un pic de précipitation (+66,6 mm en 20 jours) ;
- Un fort cumul de précipitation a été enregistré de mi-février à mi-mars 2024 (+242.6 mm en 33 jours) ;

Les hautes eaux détectées à cette période ont été interceptées avec la réalisation du jaugeage du 14/03/2024.

- Sur le mois d'avril, les cumuls de précipitation sont plus faibles ;
- A partir de début mai, le cumul pluviométrique augmente plus progressivement, lié à la pluviométrie relativement constante et soutenue (5 à 10 mm/j régulier) sur cette période jusqu'à atteindre un plateau mi-juillet début août ;

Cet intervalle correspond à la période estivale où les températures sont les plus élevées et les cumuls de précipitation les plus faibles.



Les basses eaux détectées à cette période ont été interceptées avec la réalisation du jaugeage du 31/07/2024.

- A partir de fin août début septembre, on peut observer un **pic inattendu de précipitations importantes et très intenses (+175,4 mm en 15 jours)**, puis une augmentation plus progressive du cumul de précipitation de début novembre jusqu'à début décembre liée aux précipitations saisonnières.

Cet épisode inédit a eu pour conséquence une très courte fenêtre de basses eaux sur l'année 2024.

Les graphiques suivants présentent la répartition des cumuls pluviométriques mensuels enregistrés au cours des deux dernières années (2023/2024).

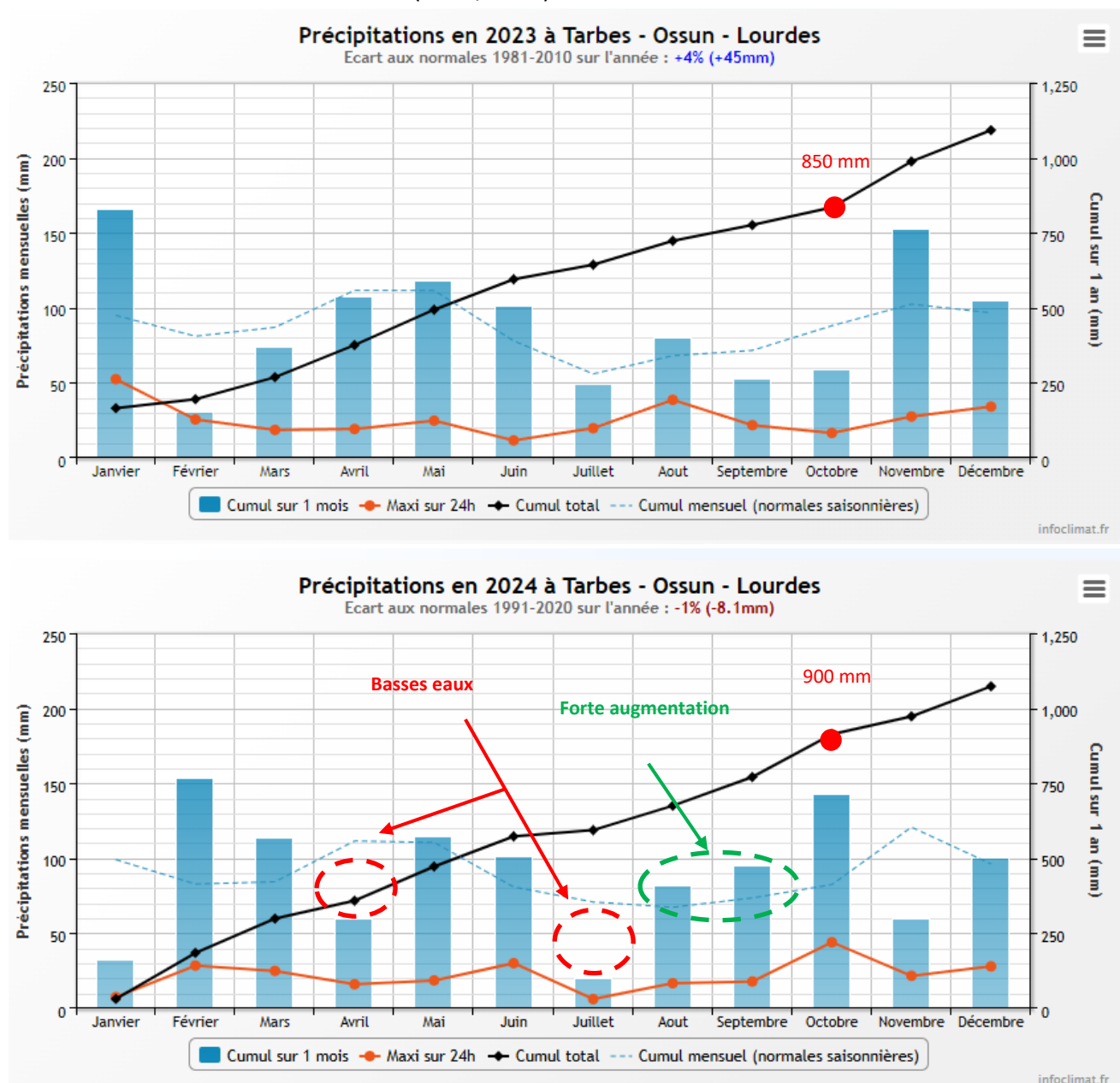


Figure 6 : Répartition des cumuls pluviométriques mensuels enregistrés sur les années 2023 et 2024.

En comparant les deux années, on peut faire les constats suivants :

- En 2023 + 4% de précipitations par rapport aux normales saisonnières
- Des dépassements par rapport aux normales saisonnières plus fréquents sur l'année 2024
- Forte augmentation des précipitations en 2024 sur les mois d'août, septembre et octobre, ne permettant pas d'observer une situation de basses eaux prononcée.



## 2. PRESENTATION DES RESULTATS

### 2.1. Données des sondes piézométriques

#### 2.1.1. Chronique piézométrique

La chronique piézométrique est le recueil de l'évolution dans le temps du niveau de la nappe surveillée. Elle est constituée de mesures qui associent, à une date donnée, le niveau de la nappe (BRGM).

Un suivi piézométrique manuel a été réalisé en parallèle du suivi automatisé qui a débuté en 2022 avec le bureau d'études ETIAGE. Le suivi s'est poursuivi sur l'année 2023 et 2024 avec le bureau d'études ECR environnement.

Les mesures manuelles des niveaux piézométriques sont compilées dans le tableau suivant :

**Tableau 2 : Relevés manuels des niveaux piézométriques en mètres par rapport au Tube(m/Tube) sur la période de suivi**

| Date     | Pz1       |      | Pz3       |      | Pz4       |      | Pz6       |      | LacGolf |
|----------|-----------|------|-----------|------|-----------|------|-----------|------|---------|
|          | Prof/tube | Tube | Prof/tube | Tube | Prof/tube | Tube | Prof/tube | Tube | Echelle |
| 10/10/22 | 1,36      | 0,88 | 0,88      | 0,46 | 1,4       | 0,51 | 1,4       | 0,83 | -0,11   |
| 26/04/23 | 0,91      | 0,9  | 0,46      | 0,43 | 0,55      | 0,51 | 0,91      | 0,83 | 0,27    |
| 10/07/23 | 0,95      | 0,9  |           | /    | 0,61      | 0,51 | /         |      | 0,2     |
| 27/07/23 | /         |      | 0,5       | 0,45 | /         |      | 0,97      | 0,83 | /       |
| 07/11/23 | 0,95      | 0,83 | 0,6       | 0,43 | 0,62      | 0,51 | 0,92      | 0,83 | 0,2     |
| 06/12/23 | 0,92      | 0,85 | 0,59      | 0,45 | 0,38      | 0,51 | 0,91      | 0,85 | 0,36    |
| 06/03/24 | 0,9       | 0,8  | 0,47      | 0,43 | 0,58      | 0,55 | 0,9       | 0,83 | 0,43    |
| 19/06/24 | /         |      | 0,53      | 0,43 | /         | /    | 1,08      | 0,83 | 0,21    |
| 03/10/24 | 0,92      | 0,85 | 0,49      | 0,43 | 0,56      | 0,51 | 0,91      | 0,83 | 0,26    |
|          | 0,93      | 0,89 | 0,5       | 0,42 | 0,60      | 0,52 | 0,90      | 0,83 | 0,3     |



Tableau 3 : Relevés manuels des niveaux piézométriques en mètres par rapport au Terrain (m/T) sur la période de suivi

| Date       | Pz1  | Pz3  | Pz4   | Pz6  | LacGolf |
|------------|------|------|-------|------|---------|
| 10/10/22   | 0,48 | 0,42 | 0,89  | 0,57 | -0,11   |
| 26/04/23   | 0,01 | 0,03 | 0,04  | 0,08 | 0,27    |
| 10/07/23   | 0,05 | 0,05 | 0,1   | /    | 0,2     |
| 27/07/23   | /    | /    | /     | 0,14 |         |
| 07/11/23   | 0,12 | 0,17 | 0,11  | 0,09 | 0,2     |
| 06/12/23   | 0,07 | 0,14 | -0,13 | 0,06 | 0,36    |
| 06/03/24   | 0,1  | 0,04 | 0,03  | 0,07 | 0,43    |
| 19/06/24   | /    | 0,1  |       | 0,25 | 0,21    |
| 03/10/24   | 0,07 | 0,06 | 0,05  | 0,08 | 0,26    |
| 03/12/2024 | 0,04 | 0,08 | 0,08  | 0,07 | 0,30    |

Pour la sonde du lac (LacGolf), la mesure manuelle est faite sur l'échelle limnimétrique installée sur la berge du lac (m/échelle).

Ces mesures sont des données ponctuelles et ne constituent pas une chronique représentative sur la période de suivi, **mais permettent de vérifier, pour une plage donnée, les valeurs enregistrées** par la sonde et ajuster si nécessaire les chroniques piézométriques.

Les chroniques enregistrées sur les piézomètres entre le 01/01/2024 et le 03/12/24 sont présentées ci-dessous sous forme graphique ci-après.

**On notera que pour le piézomètre Pz4, la sonde a arrêté de fonctionner en mars 2024. Elle a été remplacée par une sonde Diver à la charge d'ECR en octobre 2024 pour limiter la perte de données.**





Figure 7 : Suivi des niveaux piézométriques de janvier à décembre 2024

Le suivi des niveaux piézométriques permet de mettre en évidence :

❖ Sur le lac de Lourdes :

- Une montée rapide du niveau d'eau sur le mois de mars liée à un fort épisode pluvieux printanier, **avec un « lissage » au droit de la tourbière sur cette même période** probablement liée à l'effet tampon de la tourbière.
- Une baisse du niveau d'eau sur les mois de juillet et août 2024 liée à de très faibles cumuls de précipitation sur cette période (période estivale), **accompagnée d'un soutien d'étiage et relargage depuis la tourbière sur le mois de juillet ;**
- **Augmentation brutale** du niveau d'eau consécutive aux pluviométries importantes de **début septembre** puis, se stabilise jusqu'à mi-octobre (16/10) à un niveau similaire à celui observé en juin (0,20m),
- Un petit pic ponctuel est observé à la fin novembre (+0,20 m) associé à un épisode pluvieux.



A l'exclusion des épisodes mentionnés précédemment, l'amplitude du niveau du lac est faible sur l'année (+/- 0,10 m).

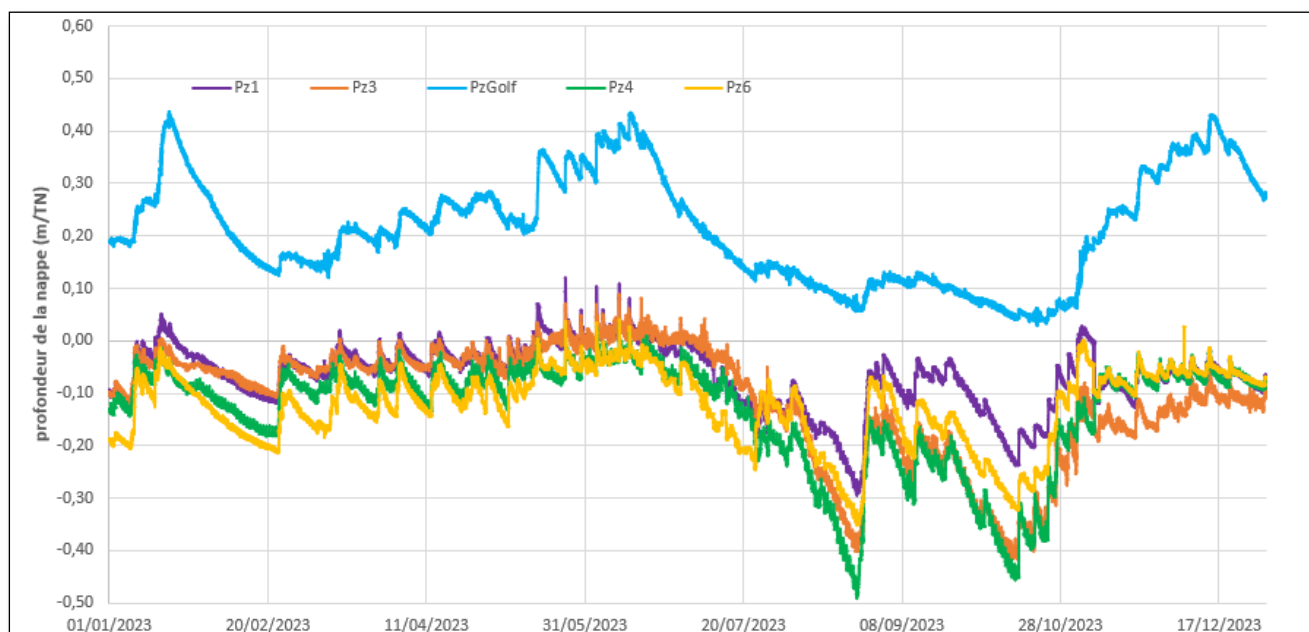
#### ❖ Sur la tourbière :

- Un comportement similaire sur l'année entre les différents points de mesures traduisant une bonne homogénéité de la nappe sur la tourbière.
- **Des réponses moins réactives et un lissage des apports pluviométriques vis-à-vis du lac avec notamment l'absence de réponse de la tourbière à l'épisode de mars 2024.**

*\*Ce constat peut être expliqué par l'effet tampon de la tourbière déjà saturée à cette période, associé au fait qu'une grande partie de l'eau sur la tourbière est stockée par la végétation et est relarguée plus progressivement ce qui réduit la réactivité de la nappe.*

- Sur l'ensemble des points de mesure de janvier à fin juin 2024, présence de la nappe en dessous du terrain naturel ( $\approx -0,10$  m/TN) avec une amplitude de la nappe faible.
- Sur la période estivale (juillet-août) et sur l'ensemble des points de mesure, **une baisse des niveaux de la nappe avec une amplitude de -0,30 m/TN consécutif au faible cumul de précipitation, avec un décalage temporel vis-à-vis du lac** montrant l'effet soutient du niveau du lac sur cette période.
- A partir de fin août-début septembre, remonté rapide des niveaux d'eaux jusqu'au niveau moyen observé en juin.
- De septembre à décembre 2024 les niveaux d'eau semblent relativement constants avec une absence de pics significatifs comme observé sur le lac à la mi-octobre.

En comparant les deux années, on peut constater :



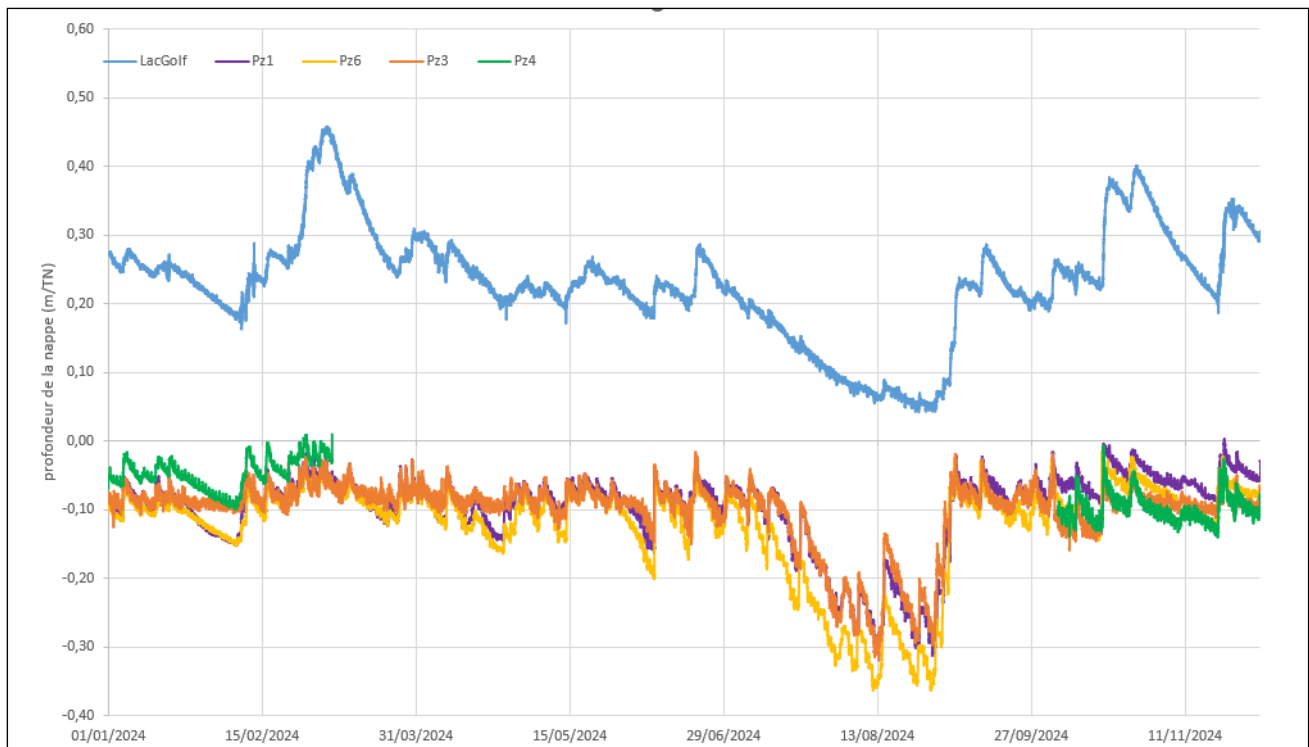


Figure 8 : Suivi des niveaux piézométriques sur l'année 2023 et 2024

### Sur la tourbière :

On observe un comportement de la nappe similaire entre les deux années, avec une amplitude de la nappe faible de l'ordre de -0,1/-0,2 m/TN sur une grande partie de l'année et une baisse plus conséquente sur la période estivale de l'ordre de -0,4 m/TN.

On notera, en revanche, sur 2024, **une plus grande stabilité de la nappe jusqu'au mois de juin**, avec l'absence d'épisode où la nappe est à l'affleurement ou légèrement au-dessus, comme on a pu l'observer sur le mois de mai-juin 2023. **Cette différence peut être expliquée par une pluviométrie plus fréquente mais moins abondante** (juin 2023  $\approx$  900 mm cumulé / juin 2024  $\approx$  600 mm cumulé). De plus, on peut observer en 2024 une période de basses eaux beaucoup plus courte (juillet à août 2024) qu'en 2023 (de juillet à octobre 2023) liée à de fort cumul de précipitation en septembre 2024.

### Sur le lac :

Sur le lac on peut observer des niveaux moyens relativement similaires entre les deux années, avec une baisse significative à partir du mois de juin pour les 2 années, correspondant à la période estivale. On peut cependant observer d'une part un niveau de plus basses eaux plus court sur l'année 2024 et d'autre part l'augmentation progressive qui avait été observée entre mars et juin 2023 (+0,30 m) n'a



pas été observée en 2024 sur la même période. A l'inverse, un pic plus ponctuel est observé en mars 2024.

Sur les fins d'années, l'augmentation du niveau du lac en octobre est plus progressive sur l'année 2023 que sur l'année 2024.

Les données de la campagne actuelle sont présentées ici en mètre NGF sur la base des relevés topographiques réalisés par CETRA. Les données brutes du nivellement sont présentées ci-dessous. Les mesures ont été obtenues en prenant comme point de repère le haut des piézomètres et de l'échelle du Lac.

Tableau 4 : Nivellement (CETRA 2019 haut du tube)

|              | Lac Golf | Pz1    | Pz3    | Pz4    | Pz6    |
|--------------|----------|--------|--------|--------|--------|
| m NGF/repère | 423,81   | 425,37 | 426,28 | 426,65 | 428,92 |

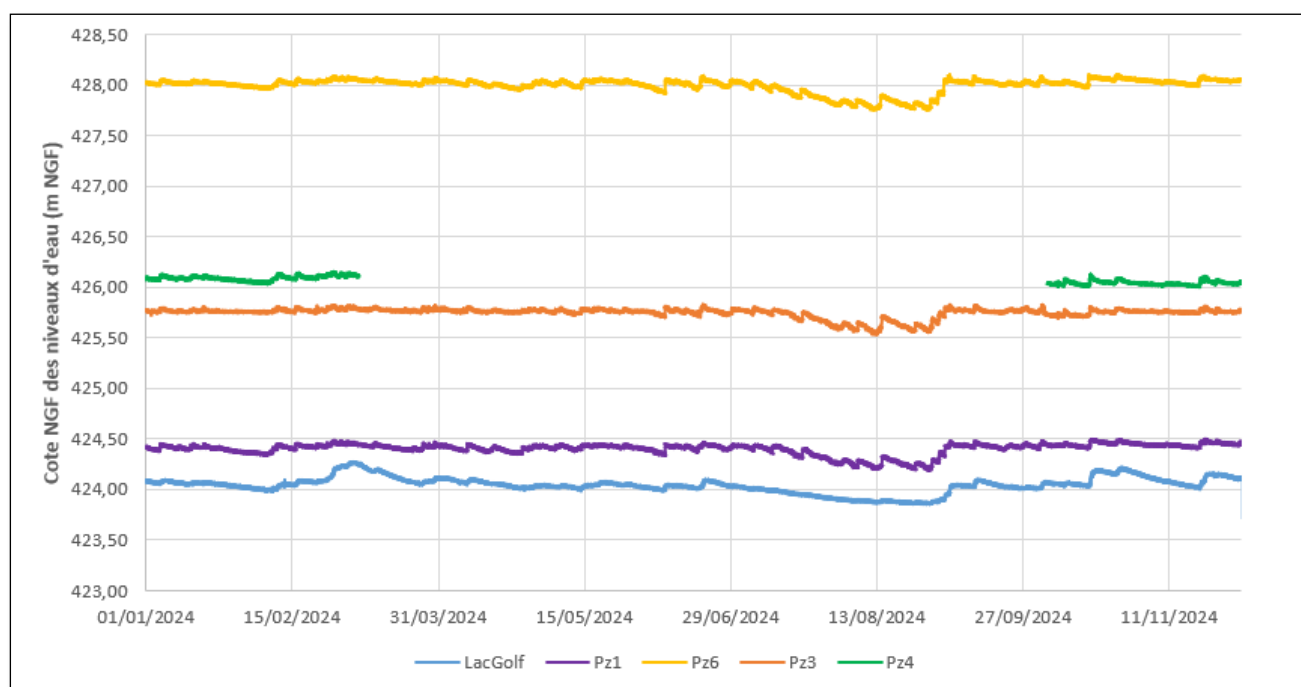


Figure 9 : Cotes altimétriques des niveaux d'eau.

On constate, à l'échelle de la tourbière et sur la période suivie, que les niveaux piézométriques enregistrés sur l'ensemble des points de suivi se comportent de la même manière, avec une faible amplitude sur l'ensemble de l'année et une baisse des niveaux légèrement marquée au mois d'août.

On notera :

- Un point haut de la nappe en Pz6, cohérent avec sa localisation le plus en amont en bordure de tourbière ;
- Un niveau altimétrique de la nappe en Pz3 similaire à Pz4 en partie centrale de la tourbière ;
- En Pz1 (le plus proche du lac), un niveau de la nappe similaire au niveau du lac.



### 2.1.2. Evolution de la conductivité et de la température

La Figure 10 présente l'évolution de la conductivité sur la période de mesure.

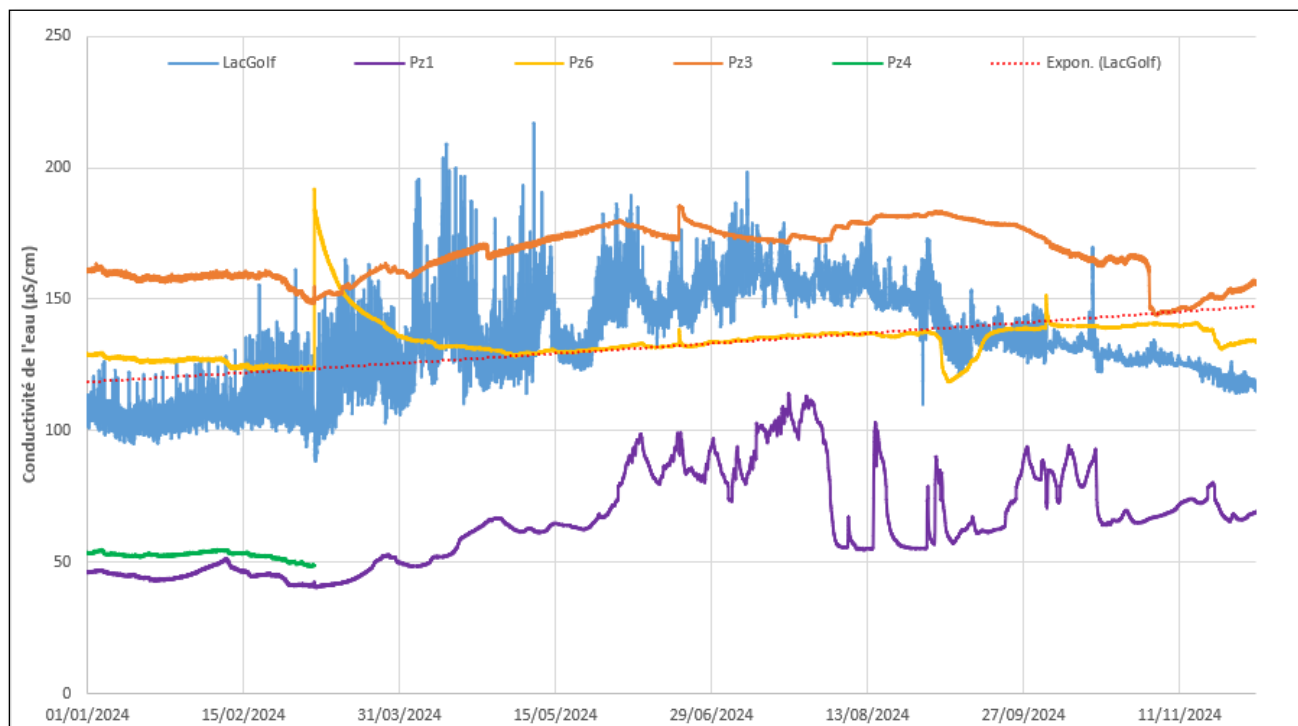


Figure 10 : Evolution de la conductivité sur l'année 2024

Pour la sonde Pz4, les données s'arrêtent en mars 2024 en raison d'un dysfonctionnement sur la sonde.

Les conductivités les plus élevées sont mesurées au droit de Pz3 (entre 150 et 200 µS/cm), les plus faibles au droit de Pz1 et Pz4 (50 à 100 µS/cm).

Sur Pz6, la conductivité est stable et suit une tendance qui est similaire à celle du lac.

Globalement, ces eaux sont faiblement minéralisées, ce qui correspond à un temps de résidence des eaux dans le sous-sol relativement court et un bassin relativement restreint, en cohérence avec le contexte hydrographique de la tourbière.

D'autres hypothèses à ces faibles conductivités seraient également dues, d'une part au fait que les sondes sur la tourbière soient comprises entre 2 et 3 m de profondeur. Les mesures ponctuelles effectuées à plus faible profondeur présentent des conductivités plus élevées traduisant une stratification des eaux au sein de la nappe.

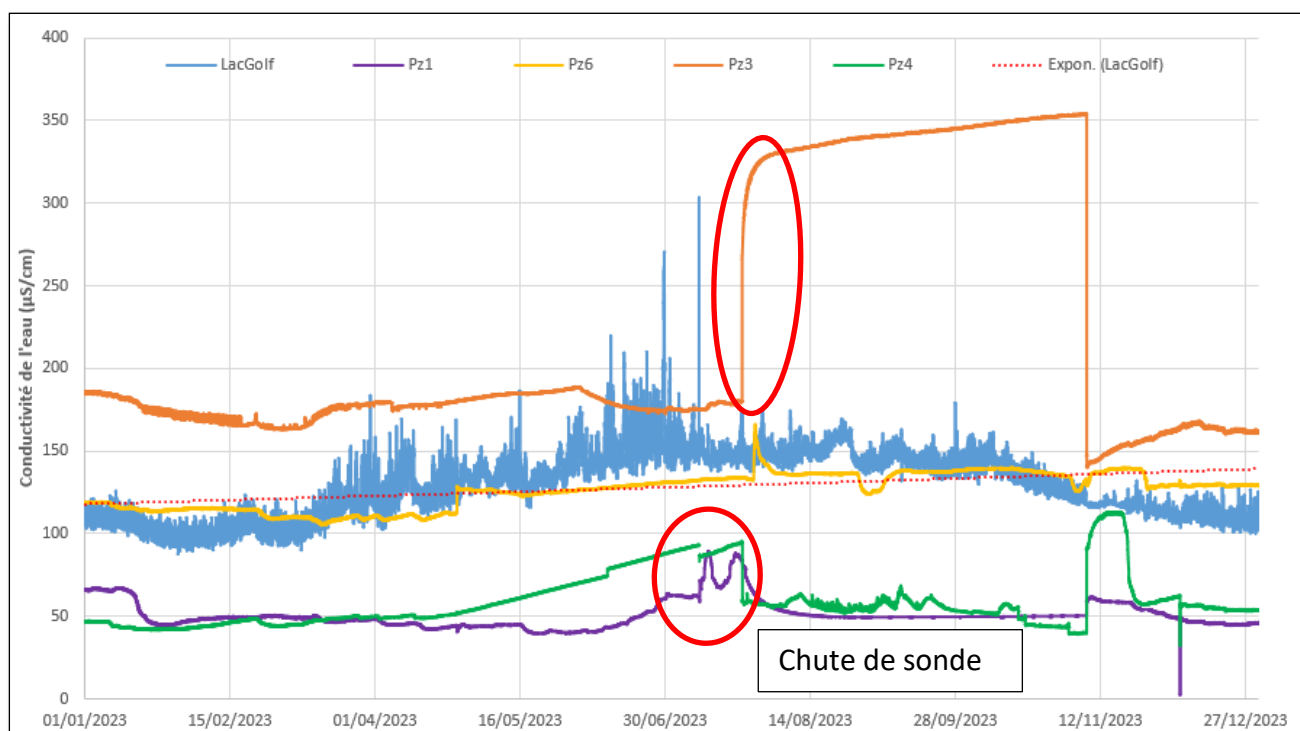


D'autre part, il est fort probable que la végétation présente sur la tourbière entraîne une baisse de conductivité de part ces besoins en minéraux, absorbés par la flore locale.

A l'échelle du lac, la conductivité présente des fluctuations plus intenses liées aux apports par écoulement, **avec une tendance à la hausse en période estivale, cohérent avec des volumes plus faibles et des temps de transfert plus longs sur les ruissellements de surface.**

A l'échelle de la tourbière, la conductivité de l'eau est également stable et relativement faible au cours de l'année, à l'exception de Pz1 entre juin et décembre 2024 où la conductivité augmente jusqu'à atteindre 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , puis fluctue sous forme de pics. Cette variabilité pourrait également être expliquée par des écoulements préférentiels au droit de ce point, avec différentes origines des eaux (ratio apports surface/nappe variable selon la période de l'année).

On peut noter également sur Pz6, une baisse ponctuelle de la conductivité début septembre pouvant être liée à une arrivée d'eau importante sur un temps court (fort cumul de précipitations en septembre 2024). En effet, Pz6 est situé à proximité d'écoulement de surface fortement influencé par la pluviométrie (cf figure 19 page 30).



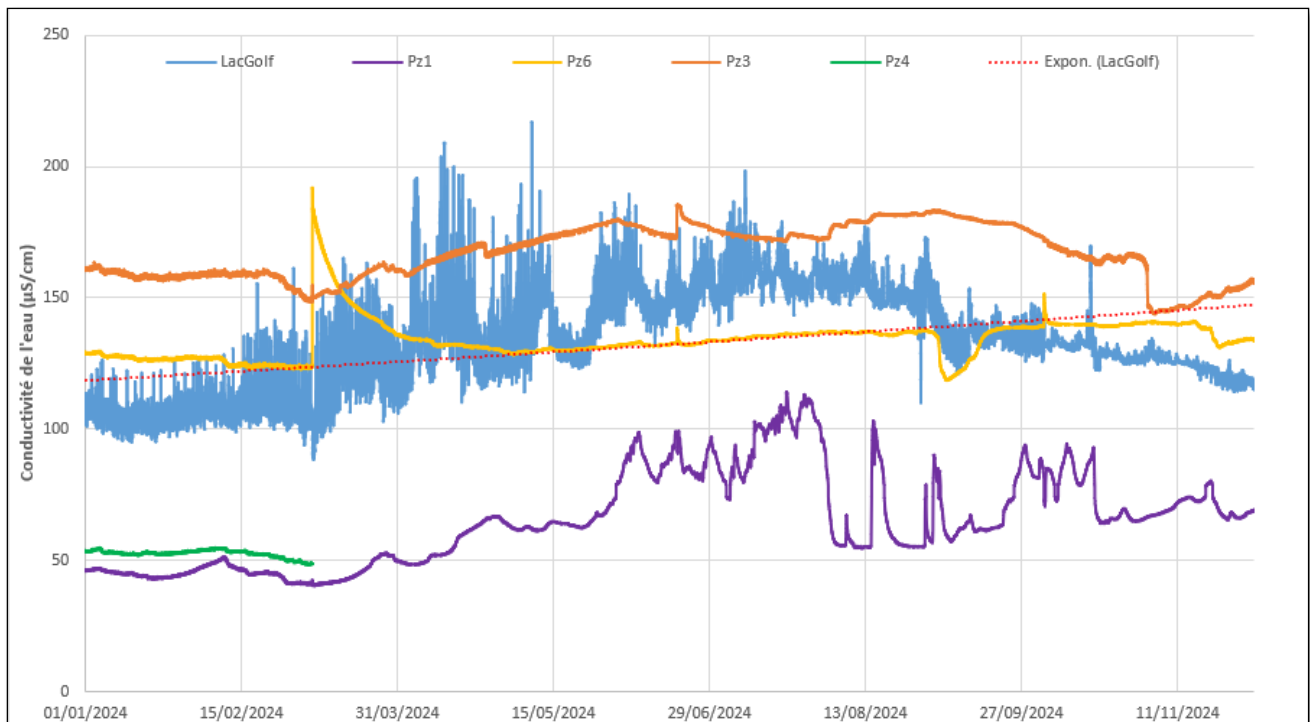


Figure 11 : Chroniques de l'évolution de la conductivité sur l'année 2023 et 2024

La comparaison de la conductivité entre les années permet de comprendre les variations interannuelles de conductivité, s'il y en a et de confirmer ou infirmer les hypothèses établies sur les années précédentes.

Ainsi, nous pouvons constater que :

- La répartition de la conductivité entre les points de mesures et son évolution dans le temps est similaire d'une année sur l'autre. En effet, pour un même point de mesure, on observe les mêmes ordres de grandeurs d'une année sur l'autre.

On notera cependant

- Une conductivité plus élevée et variable entre juin et septembre 2024 sur Pz1 qui n'est pas visible en 2023,
- Une conductivité plus faible sur Pz4 observée également sur Pz1 et sur les deux années.

Le piézomètre Pz4 serait situé, d'après les observations d'ETIAGES, au droit d'un écoulement de surface, ce qui explique ces observations.

**Ces faibles conductivités observées sur Pz1 et Pz4, et ses variations en Pz4, pourraient traduire une relation plus étroite de la nappe dans ce secteur avec le milieu superficiel.**

Ainsi, les eaux ruisselées des divers écoulements de surfaces qui se jettent dans la tourbière s'écoulent tous en direction de Pz1 d'où les faibles conductivités et une forte variabilité. **Il a d'ailleurs été observé le 03/12/2024 de fort débit ruisselé dans les alentours de Pz1.**



**Globalement les conductivités (en valeur et en variation) mesurées en 2024 sont similaires avec les observations réalisées en 2023.**

**Ainsi, on peut observer une continuité des valeurs de la conductivité de l'eau entre 2023 et 2024 et une confirmation des zones d'écoulements préférentiels.**

La figure ci-dessous présente l'évolution de la température de l'eau en fonction du temps sur les deux années.

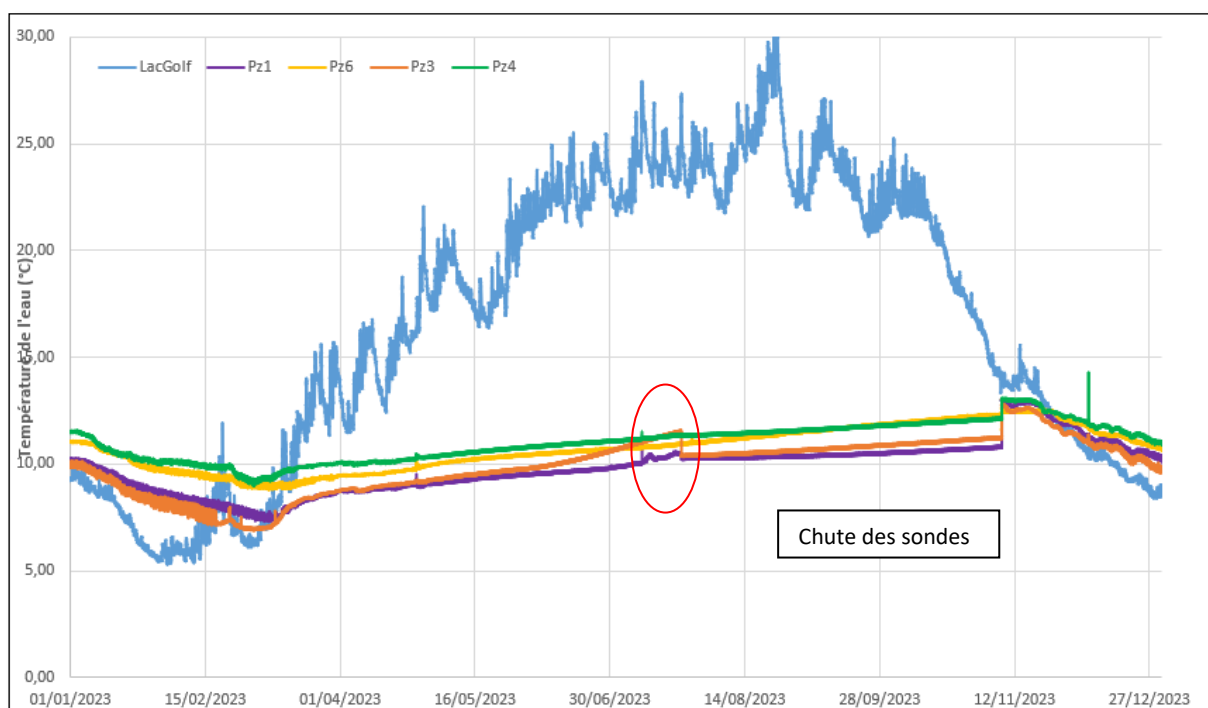


Figure 12 : Evolution de la température de l'eau en fonction du temps (2023)



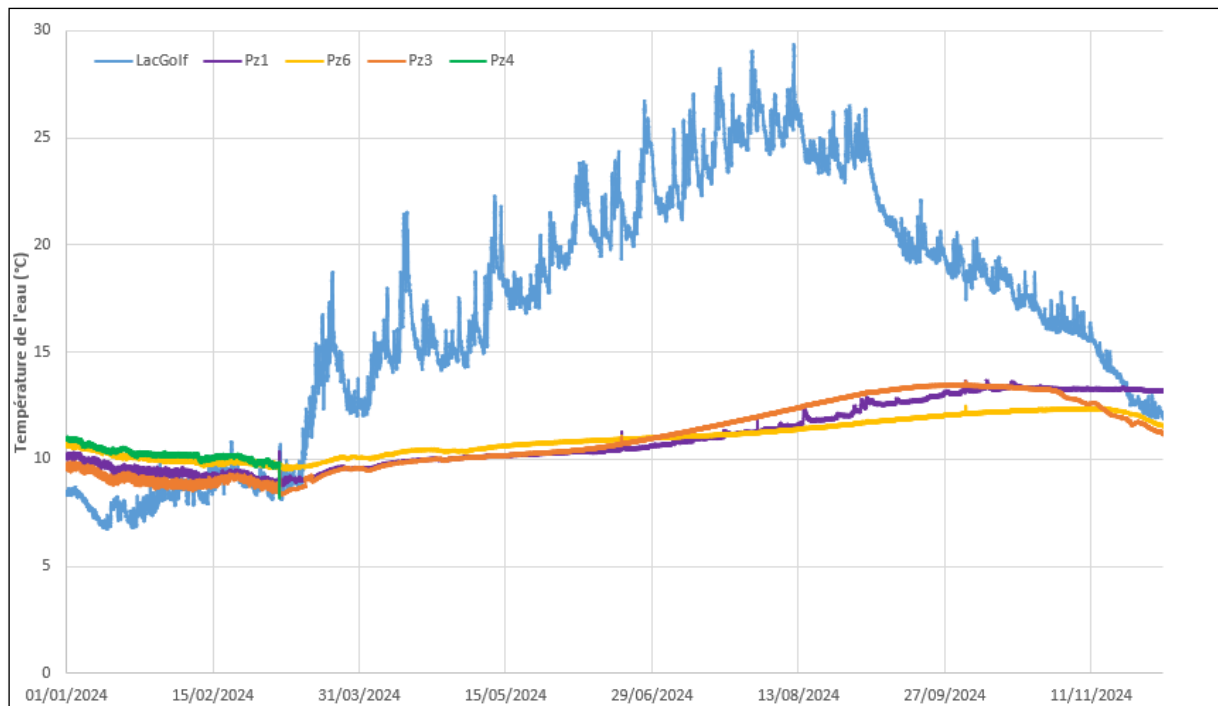


Figure 13 : Evolution de la température de l'eau en fonction du temps (2024)

En comparant les suivis de la température sur les deux années, on peut observer que :

❖ Sur la tourbière :

La température de l'eau sur la tourbière et sa variation dans le temps est très similaire entre les différents points de mesure, mais également entre les deux années.

**La température moyenne de la nappe est de 11 °C** sur les deux années, avec une faible amplitude des températures (<5°C).

On constate une augmentation régulière et limitée de la température sur la période estivale, traduisant une bonne stabilité de la température au cours du temps.

**Le point d'inflexion se situe au mois de Mars pour la remontée des températures jusqu'au mois de Novembre où démarre la baisse.** A cette période, les températures varient de seulement 1 à 3°C sur un temps relativement long.

On notera cependant, à partir de juin 2024, une température qui augmente plus rapidement sur Pz3 et Pz1 pouvant être liée à des apports d'eau superficielle plus fréquents (les données étant manquantes pour Pz4 sur cette période en 2024).



❖ Sur le lac de Lourdes :

A noter que la valeur mesurée de la température correspond à la température de la « surface du lac » qui s'avère être particulièrement influencée par les conditions atmosphériques.

L'amplitude des températures est ainsi bien plus importante au droit du lac.

**Pour les deux années sur le lac :**

Sur le début d'année jusqu'en mars, les températures sont basses et relativement stables (entre 5 et 10 °C). Les valeurs augmentent ensuite progressivement pour atteindre un pic entre 25 et 30°C en août. A partir de cette date, les températures baissent jusqu'à la mi-décembre puis se stabilisent pour atteindre une température minimale comprise entre 5 et 10 °C.

En comparant les deux années 2023 et 2024, la variation de température au cours du temps est similaire.

**Globalement, les températures mesurées en 2023 sont cohérentes avec celles mesurées en 2024. Ainsi, on peut observer une continuité des valeurs de la température de l'eau entre 2023 et 2024.**



## 2.2. Mesures de débits

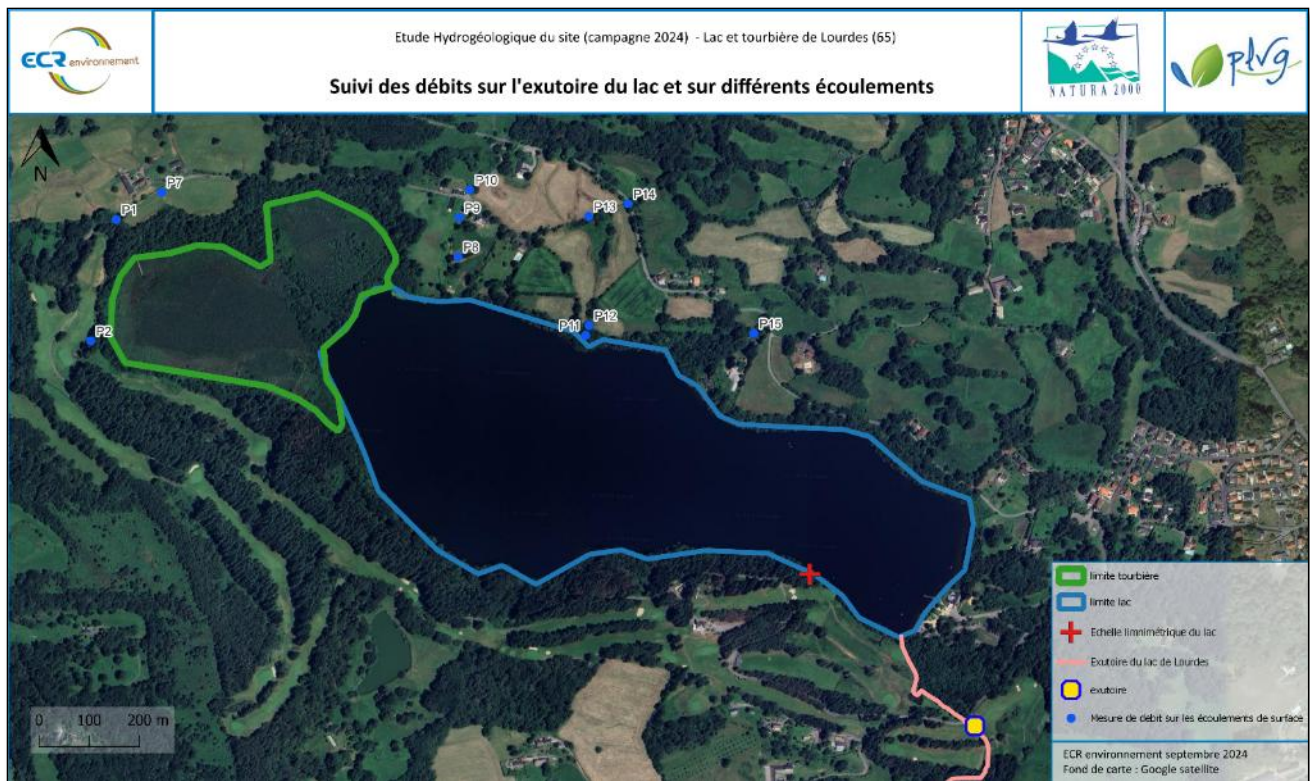


Figure 14 : Localisation des différents points de mesure de débit

Le débit de vidange du lac (Exutoire Lac) une fois mesuré a été mis en relation avec la courbe d'étalonnage, établie par le bureau d'étude CETRA lors de précédente étude qui met en relation la hauteur d'eau du lac (échelle) et le débit sur l'exutoire. Celle-ci est rappelée ci-dessous.

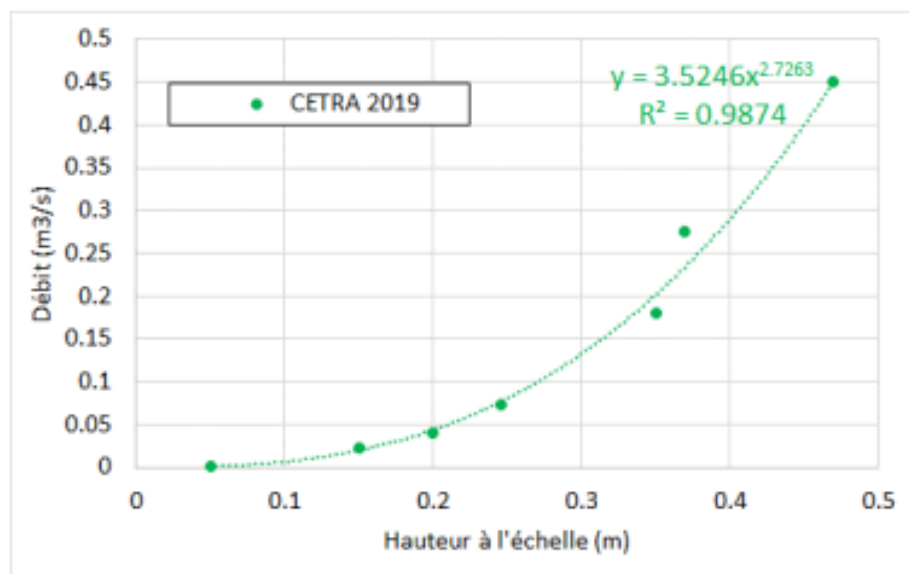


Figure 15 : Courbe d'étalonnage hauteur/débit (CETRA 2019)

Les figures ci-dessous présentent les résultats obtenus lors des quatre campagnes de mesure.

| débits écoulements superficiels |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|---------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Débits mesurés en L/s           |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Date                            | P1   | P2   | P7   | P8   | P9   | P10  | P11  | P12  | P13  | P14  | P15  |
| 14/03/2024                      | 3,30 | 0,34 | 3,11 | 1,23 | 2,47 | 0,95 | 2,15 | 0,13 | 1,13 | 0,72 | 1,53 |
| 31/07/2024                      | /    | 0,01 | /    | 0,22 | 0,08 | 0,08 | /    | /    | /    | 0,03 | 0,04 |
| 03/10/2024                      | 4,01 | 0,25 | 1,70 | 1,93 | 1,67 | 1,28 | 0,27 | 0,69 | 1,04 | 0,65 | 0,56 |
| 03/12/2024                      | 2,91 | 0,26 | 1,85 | 4,85 | 1,71 | 1,78 | 0,55 | 1,04 | 1,24 | 1,26 | 0,40 |

| Débits mesurés en m3/h |       |      |       |       |      |      |      |      |      |      |      |
|------------------------|-------|------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|
| Date                   | P1    | P2   | P7    | P8    | P9   | P10  | P11  | P12  | P13  | P14  | P15  |
| 14/03/2024             | 11,89 | 1,23 | 11,19 | 4,42  | 8,90 | 3,43 | 7,74 | 0,45 | 4,08 | 2,61 | 5,49 |
| 31/07/2024             | /     | 0,02 | /     | 0,80  | 0,30 | 0,30 | /    | /    | /    | 0,12 | 0,15 |
| 03/10/2024             | 14,44 | 0,90 | 6,12  | 6,95  | 6,01 | 4,61 | 0,97 | 2,48 | 3,74 | 2,34 | 2,02 |
| 03/12/2024             | 10,48 | 0,94 | 6,66  | 17,46 | 6,16 | 6,41 | 1,98 | 3,74 | 4,46 | 4,54 | 1,44 |

Figure 16 : Débits des écoulements d'apport de surface

| 14-mars |                        | WPT1  | WPT2  | WPT7 | WPT8 | WPT9   | WPT10 | WPT11 | WPT12 | WPT13 | WPT14 | WPT15 |
|---------|------------------------|-------|-------|------|------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|         | Température (T°C)      | 10,3  | 11,4  | 12   | 10,4 | 11,10  | 10,9  | 10,7  | 10,7  | 12,6  | 12,6  | 12,3  |
|         | Conductivité (µs/cm)   | 145   | 170   | 225  | 187  | 180,00 | 178   | 233   | 233   | 75    | 75    | 204   |
|         | Conductivité A (µs/cm) | 104   | 126   | 170  | 135  | 132,00 | 130   | 171   | 171   | 58    | 58    | 155   |
| 31-juil |                        | WPT1  | WPT2  | WPT7 | WPT8 | WPT9   | WPT10 | WPT11 | WPT12 | WPT13 | WPT14 | WPT15 |
|         | Température (T°C)      | /     | 19,5  | /    | 25   | 19,8   | 19,6  | /     | /     | /     | /     | 16,5  |
|         | Conductivité (µs/cm)   | /     | 270   | /    | 294  | 354    | 335   | /     | /     | /     | /     | 465   |
|         | Conductivité A (µs/cm) | /     | 243   | /    | 294  | 320    | 300   | /     | /     | /     | /     | 390   |
| 03-oct  |                        | WPT1  | WPT2  | WPT7 | WPT8 | WPT9   | WPT10 | WPT11 | WPT12 | WPT13 | WPT14 | WPT15 |
|         | Température (T°C)      | 14,17 | 14,3  | 15,8 | 15,2 | 15,6   | 15,7  | 14,2  | 14,2  | 14,3  | 14,3  | 14,3  |
|         | Conductivité (µs/cm)   | 170   | 209   | 224  | 254  | 246    | 246   | 311   | 311   | 203   | 203   | 217   |
|         | Conductivité A (µs/cm) | 135   | 167   | 184  | 207  | 202    | 202   | 247   | 247   | 247   | 247   | 173   |
| 03-Dec  |                        | WPT1  | WPT2  | WPT7 | WPT8 | WPT9   | WPT10 | WPT11 | WPT12 | WPT13 | WPT14 | WPT15 |
|         | Température (T°C)      | 9,58  | 11,65 | 11,4 | 12   | 13,45  | 13,52 | 11,5  | 11,54 | 12,8  | 12,8  | 12,9  |
|         | Conductivité (µs/cm)   | 402   | 420   | 444  | 409  | 388    | 386   | 413   | 413   | 322   | 323   | 339   |
|         | Conductivité A (µs/cm) | 284   | 314   | 329  | 309  | 305    | 302   | 307   | 307   | 248   | 249   | 261   |

Figure 17 : Paramètres physicochimiques des écoulements de surfaces.

débits exutoires

| Date       | Débits mesurés en L/s | hauteur sur le lac |
|------------|-----------------------|--------------------|
| 14/03/2024 | 230                   | 0,34               |
| 31/07/2024 | 8,68                  | 0,10               |
| 03/10/2024 | 53,30                 | 0,26               |
| 03/12/2024 | 66,50                 | 0,30               |

| Date       | Débits mesurés en m3/s | Débits CETRA en m3/s* |
|------------|------------------------|-----------------------|
| 14/03/2024 | 0,23                   | 0,21                  |
| 31/07/2024 | 0,0087                 | 0,0053                |
| 03/10/2024 | 0,053                  | 0,078                 |
| 03/12/2024 | 0,07                   | 0,12                  |

\*pour une même hauteur d'eau, débit deduis de la courbe d'étalonnage CETRA

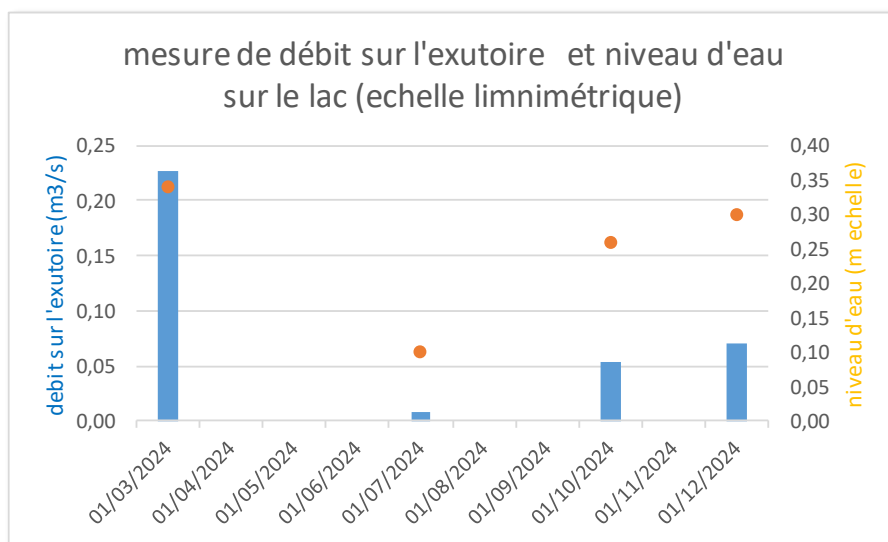


Figure 18 : Débit à l'exutoire

Les données acquises ont permis de réaliser les observations suivantes :

✓ **Pour les mesures sur les écoulements de surface (P1 à P15).**

- ❖ Les différents points de mesure présentent des valeurs de débit différentes en fonction de leur localisation

On peut observer cependant une tendance générale sur l'ensemble des points :

- Une diminution importante des débits sur la période estivale (31/07/2024) liée à de faibles cumuls de précipitation à cette période (20 mm sur le mois de juillet 2024 contre 70 mm sur le même mois en normale saisonnière). A ce propos, lors de la campagne de mesures du 31/07/2024, la plupart des points de prélèvement étaient secs ou non mesurables.
- Une augmentation plus ou moins importante des débits en octobre 2024 liée aux précipitations plus abondantes.
- ❖ Il semblerait également qu'il y ait des écoulements de surface qui soient plus importants et susceptibles d'être plus permanents que d'autres. Une classification des écoulements en fonction de leur importance a été réalisée sur les données annuelles de 2024.



Figure 19 : Débits moyen (d'après les 4 mesures)

Cependant, pour un même tronçon hydraulique, des différences de débit ont été observées. Elles peuvent être liées à :

- ❖ Des infrastructures (drains, buses, canalisations...) pouvant influencer le prélèvement.
- ❖ Une difficulté de prélèvement sur certains points (P11, P12, P13, P15) liée à une faible hauteur d'eau même en période de hautes eaux, sur certains points.
- ❖ Éventuelles pertes ou autres apports superficiels entre les points de mesure. On notera la présence, entre les points P12, P13 et P14, d'une zone humide qui peut relarguer des eaux plus en aval.

On notera également que pour certains écoulements, le point de mesure a été adapté entre les périodes de mesure en fonction de la hauteur d'eau, l'idéal étant de réduire au maximum les pertes liées à la mesure.

Pour P15, qui est prélevé au niveau d'une buse qui traverse la route, il est arrivé que pour une date, la buse soit sèche, mais que plus en aval, il y ait un écoulement mesurable, ce qui peut traduire des écoulements préférentiels.

- ❖ Le point P8 est situé à la sortie d'un bassin de rétention qui capte les eaux de l'écoulement de surface concerné par les points en amont P13 et P14. Le bassin dispose d'une vanne de vidange qui peut être ouverte en cas de forte charge du lac (mars et octobre 2024) ce qui peut influencer les débits mesurés en P8 (Figure 4)

### **Température :**

- ❖ Les valeurs de température relevées sont relativement similaires entre les différents points de mesure.
- ❖ Dans l'ensemble, une augmentation de la température sur la période estivale (31/07/2024) puis une baisse sur la période automnale et hivernale jusqu'à approcher les valeurs de mars 2024. Cette augmentation peut être expliquée d'une part par une augmentation de la température atmosphérique et d'autre part, par une diminution des précipitations traduisant une baisse de hauteur d'eau engendrant un réchauffement plus important de l'eau.

### **Conductivité :**

- ❖ Les valeurs de conductivité mesurées sur les différents écoulements sont comprises entre 100 et 400  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .
- ❖ Pour un même écoulement, les points de mesure présentent une conductivité similaire.



- ❖ Bien que les écoulements présentent des conductivités différentes, on notera cependant une tendance à :
  - Une augmentation de la conductivité sur la période estivale associée à une baisse importante des débits
  - Une baisse plus ou moins importante, en fonction des points de mesure sur le mois d'octobre liée à la reprise des précipitations sur cette période qui provoque une augmentation des débits avec une dilution des eaux. Les conductivités restent cependant majoritairement au-dessus des valeurs de la première mesure de mars
  - En décembre, les conductivités continuent à augmenter.

✓ **Pour les mesures sur l'exutoire du lac (P16).**

- ❖ Une relation directe entre le niveau du lac et le débit de l'exutoire :  
Un débit plus faible lorsque le niveau d'eau dans le lac diminue et inversement.
- ❖ Des valeurs de débits observées similaires à celles calculées via la courbe d'étalonnage définie en 2019 par le bureau d'études CETRA.

A partir de la courbe d'étalonnage CETRA et des données ponctuelles, une projection des débits au droit de l'exutoire pour l'année 2024 a été produite. Cette projection a été réalisée en se basant sur les données piézométriques récoltées par la sonde du lac (LacGolf). Les données de 2024 peuvent ainsi être comparées à celles de 2023.



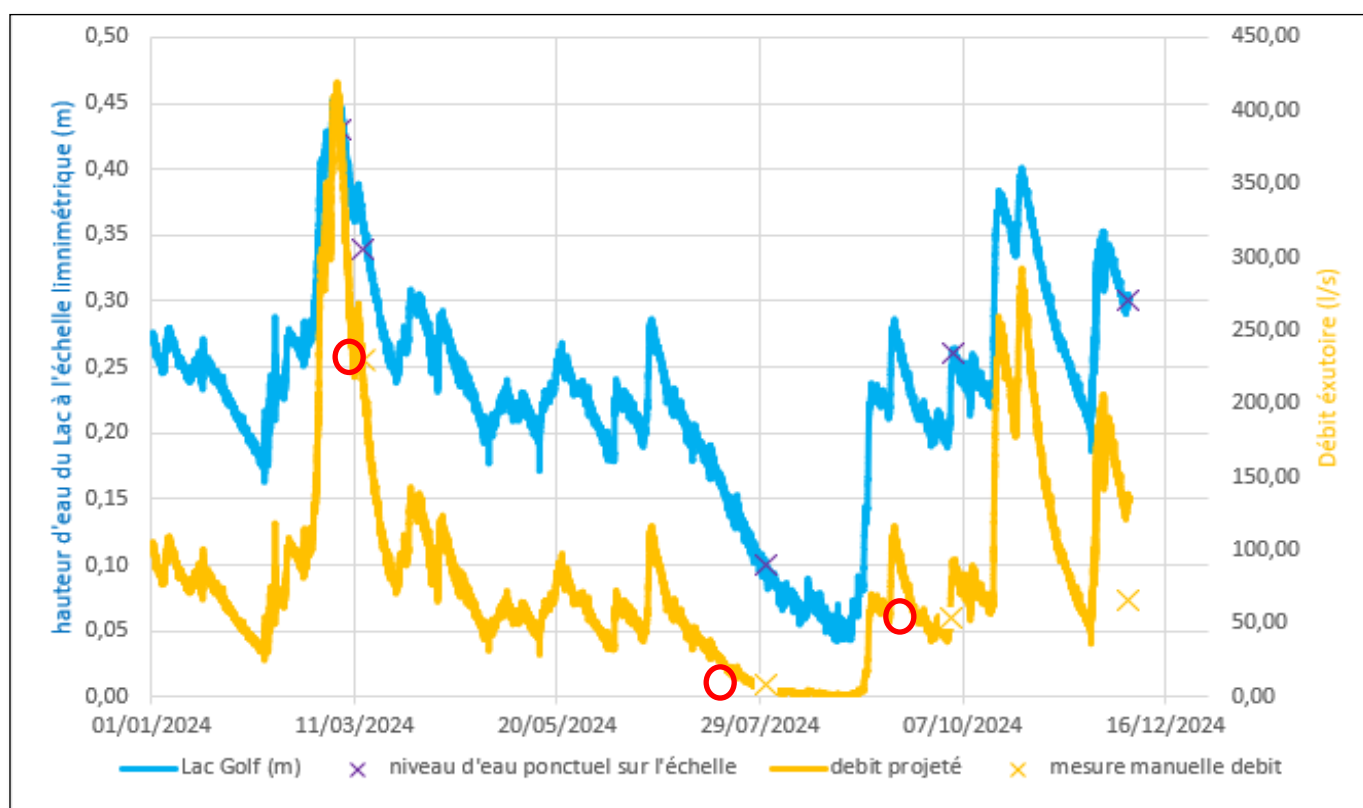
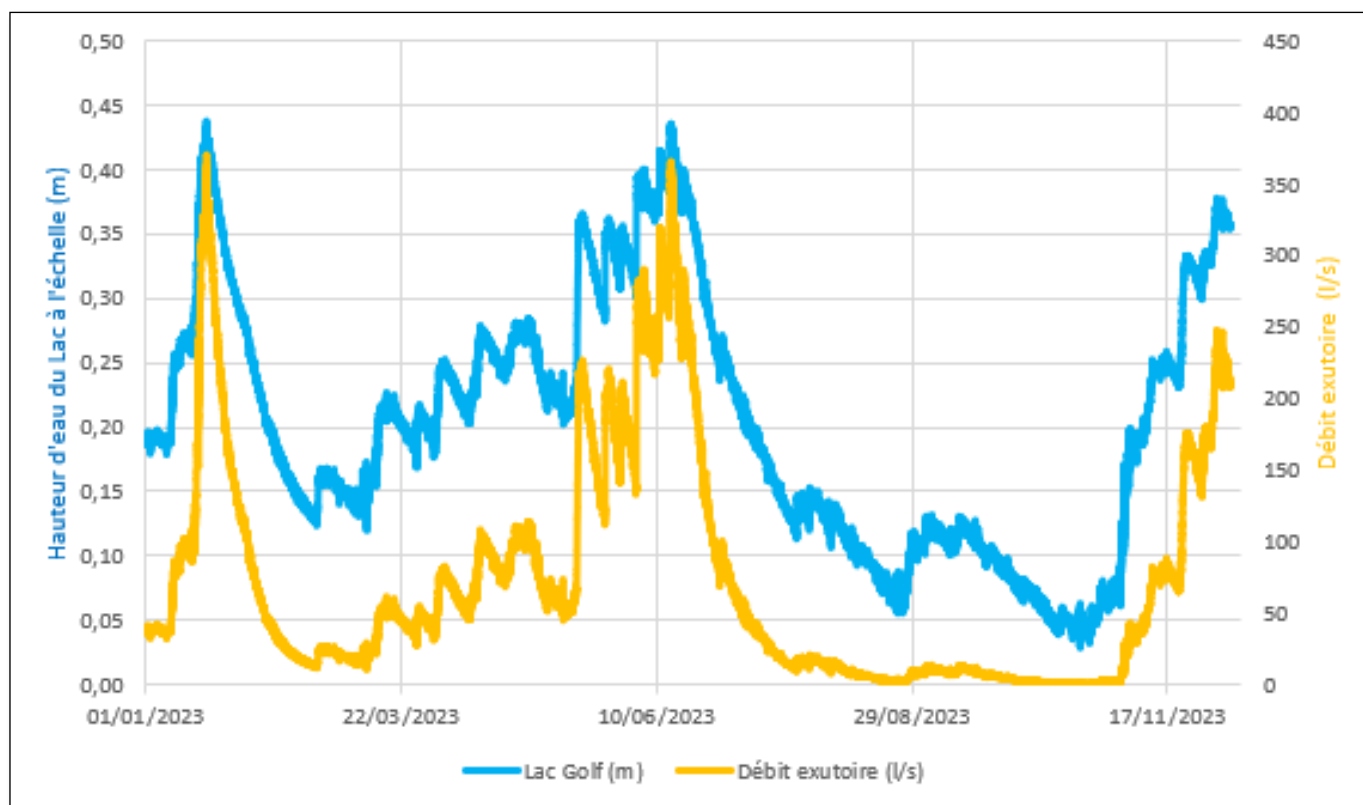


Figure 20 : Evolution des débits à l'exutoire du Lac sur les années 2023 et 2024 selon l'équation de la courbe d'étalonnage CETRA



On peut faire les observations suivantes :

- Les basses eaux en périodes estivales **sont plus courtes sur l'année 2024 que 2023** : débit faible de fin juillet à début août 2024 /débit faible de fin juillet à début novembre en 2023.
- Une augmentation importante et brutale des débits sur le mois de mars 2024, jusqu'à atteindre un pic à 400 L/s. Cette augmentation du débit de l'exutoire est liée à une augmentation des niveaux d'eau sur le lac sur cette même période, consécutive à un fort épisode pluvieux. Un épisode de même ampleur s'était déroulé en juin 2023 (non-visible en 2024).
- Une recharge importante et brutale à partir du mois de septembre 2024, qui se manifeste par une augmentation brutale des débits sur l'exutoire.
- Une stabilisation des débits sur le mois d'octobre.
- Augmentation sous forme de pics du débit sur l'exutoire à la mi-novembre et début décembre.

#### En 2023

- Débit à l'exutoire important pour les mois de janvier, juin et novembre.
- Débit à l'exutoire très faible entre juillet et novembre lié aux basses eaux sur le lac.
- Débit à l'exutoire modéré du lac sur la période mars à mai (débit entre 0,05 et 0,1 L/s) ;

#### En 2024

- Débit à l'exutoire important en mars et novembre lié aux hautes eaux sur le lac.
- Débit à l'exutoire très faible entre juillet et août liée aux basses eaux sur le lac (périodes de basses eaux plus courtes en 2024).
- Débit à l'exutoire modéré du lac sur les mois de janvier et septembre et sur la période d'avril à juin (débit moyen entre 0,05 et 0,1 L/s).

**Globalement, les débits mesurés à l'exutoire du lac sont bien corrélés avec les débits calculés sur la base de la courbe d'étalonnage. Ainsi les débits de vidange peuvent varier assez rapidement en suivant les variations du niveau du Lac.**

**Le débit moyen semble compris entre 50 et 100 L/s avec une amplitude pouvant varier de moins de 10 L/s en période d'étiage à près de 400 L/s suite à de fortes précipitations.**



### 3. ANALYSE DE L'ÉVAPOTRANSPIRATION

En complément et conformément au CCTP établi par le PLVG, ECR Environnement a réalisé durant l'année 2024 une analyse des données d'évapotranspiration\* disponibles sur le secteur.

Il existe différentes stations Météo-France situées dans un rayon de 15 km autour du site d'étude.

La collecte et l'analyse des données des précipitations et d'évapotranspiration potentielle (ETP) se sont faites sur la station de Tarbes Lourdes Ossun – mettant à disposition les données de pluviométrie et d'évapotranspiration potentielle associées sur le secteur.

*\*on parlera ici d'évapotranspiration potentielle*

#### 3.1. Généralités

L'évapotranspiration correspond à **l'émission de vapeur d'eau dans l'atmosphère depuis le sol et la surface des végétaux**. Elle s'exprime en millimètre d'eau évaporé, de la même manière que la pluviométrie.

On distingue deux phénomènes naturels qui rejettent de l'eau dans l'atmosphère :

- L'évaporation de l'eau du sol et des milieux aquatiques qui est un fait purement physique ;
- La transpiration des plantes, un processus biologique et mécanique, par lequel les végétaux perdent de l'eau.

#### ❖ L'évapotranspiration potentielle (ETP) :

Est la quantité maximale d'eau susceptible d'être évaporée par évapotranspiration sous un climat donné par un couvert végétal continu bien alimenté en eau. Elle comprend donc l'évaporation du sol/substrat et la transpiration de la végétation d'une région donnée pendant le temps considéré.

#### ❖ L'évapotranspiration réelle (ETR)

Qui est la quantité d'eau effectivement consommée, en fonction du stade phénologique de la végétation (souvent utilisée pour les cultures) et de la disponibilité de l'eau dans le sol. Comme indiqué **l'évapotranspiration réelle nécessite des mesures in-situ** pour déterminer le coefficient d'évapotranspiration réelle.

Dans la présente étude, seule l'évapotranspiration potentielle a pu être utilisée.



### 3.2. Données météorologiques générales : station météorologique Tarbes-Lourdes Ossun.

Les données météorologiques du secteur sont récoltées par la station météorologique TARBES-LOURDES-OSSUN (n°65344001), située à 11 km du Lac de Lourdes. Elles sont basées sur les statistiques de 1991 à 2020.

Le graphique ci-dessous présente les valeurs mensuelles moyennes des précipitations et de l'évapotranspiration potentielle (ETP).

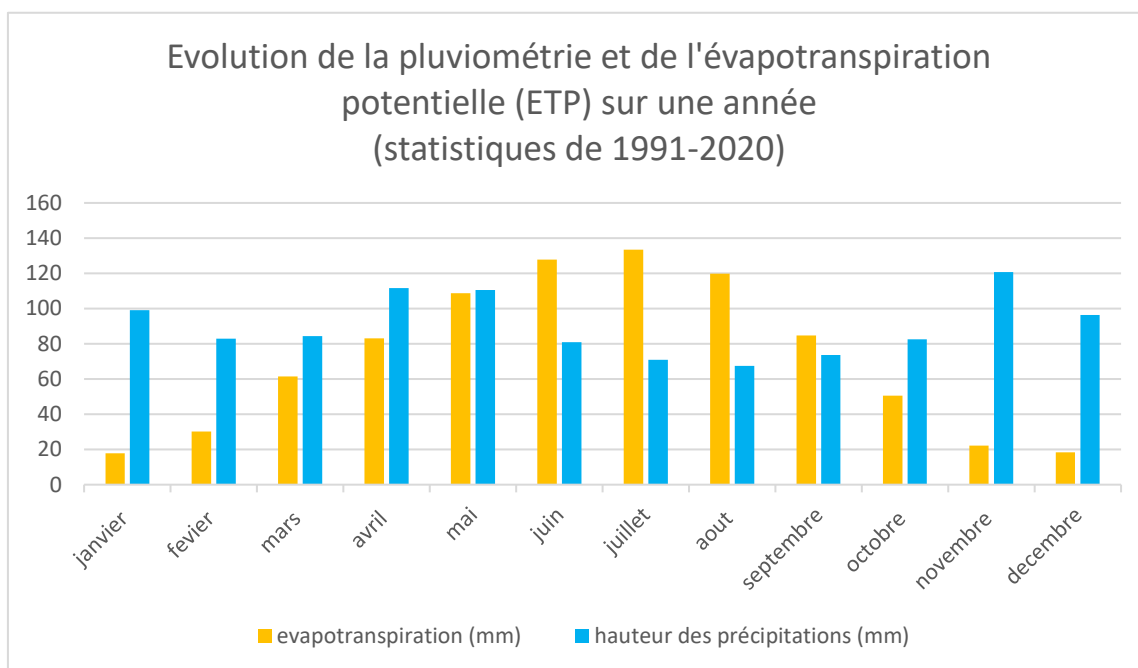


Figure 21 : Evolution des paramètres climatologiques sur une année (basé sur les statistiques de 1911-2020 station TLO)

D'après les statistiques de 1991 à 2020, nous pouvons faire les observations suivantes :

- ❖ Sur le début d'année l'évapotranspiration est la plus faible, mais augmente progressivement jusqu'à atteindre son maximum en juillet. Cette augmentation progressive est liée à plusieurs phénomènes dont les principaux sont les suivants :
  - Une augmentation progressive des températures atmosphériques qui fait augmenter l'évaporation des eaux de surface
  - L'activité des végétaux, qui augmente progressivement jusqu'en juillet, faisant augmenter l'évapotranspiration.
- ❖ Sur la fin d'année, l'évapotranspiration diminue progressivement jusqu'à atteindre son minimum en décembre liée à une inversion des paramètres précédemment cités



- ❖ Jusqu'au mois de mai, **le bilan hydrique est positif**, car l'évapotranspiration potentielle est inférieure aux précipitations. Sur cette période, les précipitations qui semblent abondantes et homogènes sont suffisantes pour compenser l'augmentation de l'évapotranspiration.
- ❖ Sur le mois de mai le bilan hydrique est neutre les valeurs d'évapotranspiration étant égales aux précipitations.
- ❖ Sur la période estivale (juin, juillet et août) **l'évapotranspiration est la plus forte et les hauteurs de précipitations sont les plus faibles**. **A cette période l'évapotranspiration est supérieure aux précipitations**

**Le bilan hydrique est donc déficitaire sur la période estivale, entre juin et août.**

- ❖ Sur le mois de septembre, on peut observer une diminution importante de l'évapotranspiration et une légère augmentation des précipitations. Cependant, l'augmentation des précipitations n'est pas suffisante pour compenser l'évapotranspiration.
- ❖ A partir d'octobre, on observe une inversion des paramètres avec des précipitations beaucoup plus importantes que l'évapotranspiration potentielle.

En effet, sur la fin d'année (novembre décembre), l'évapotranspiration potentielle est la plus basse.

A l'inverse, les hauteurs de précipitations sur cette période sont les plus hautes ou similaires à celles observées en début d'année.

**A cette période, l'évapotranspiration est inférieure aux précipitations.**

**Le bilan hydrique est donc excédentaire sur la période hivernale, entre octobre et décembre.**

**D'après ces statistiques, le cumul moyen annuel de précipitations enregistré par la station météorologique s'élève à 1081 mm.**

**Le cumul moyen annuel de l'évaporation potentielle s'élève quant à lui à 858,5 mm.**

### **3.1. Données météorologiques journalière sur l'année 2024 : station météorologique Tarbes-Lourdes Ossun.**

A partir des données météorologiques journalières (précipitations et évapotranspiration potentielle) de la station météorologique de Tarbes lourdes Ossun, il a été possible d'observer les variations des paramètres météorologiques précédemment cités à l'échelle d'une année (2024). Ces données ont ensuite servi à établir un **bilan hydrique météorologique à l'échelle de l'année 2024.**



#### 4. BILAN HYDRIQUE GLOBAL (A L'ECHELLE DE BASSIN VERSANT)

Un bilan hydrique complet à l'échelle du projet peut être estimé pour l'année 2024 en analysant les précipitations efficaces à l'échelle du bassin-versant, soit les volumes d'eaux météoriques qui contribuent réellement aux écoulement superficiels et souterrains.

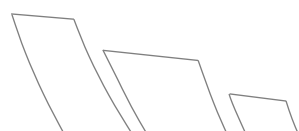
Les données brutes issues de la station météorologique la plus proche (11km) ont ensuite été transposées au bassin-versant topographique du lac de lourdes sous forme de volumes journaliers ou cumulés.

On notera que seul l'évapotranspiration Potentielle (ETP) sera utilisée pour le bilan hydrique, l'évapotranspiration réelle étant surtout utilisée en agriculture et dépend de données mesurées in-situ correspondant à la végétation présente.

Tableau 5 : Superficie du bassin versant du lac de Lourdes :

| Bassin versant topographique                   | Superficie (hectares) |
|------------------------------------------------|-----------------------|
| Lac                                            | 46.6                  |
| Tourbière                                      | 22.8                  |
| Versant topographique (hors lac et tourbières) | 184.5                 |
| Total                                          | 253.9                 |

Le graphique ci-dessous présente la répartition mensuelle des pluies efficaces (**volumes d'eaux météoriques qui contribuent réellement aux écoulement superficiels et souterrains**) sur l'année 2024.



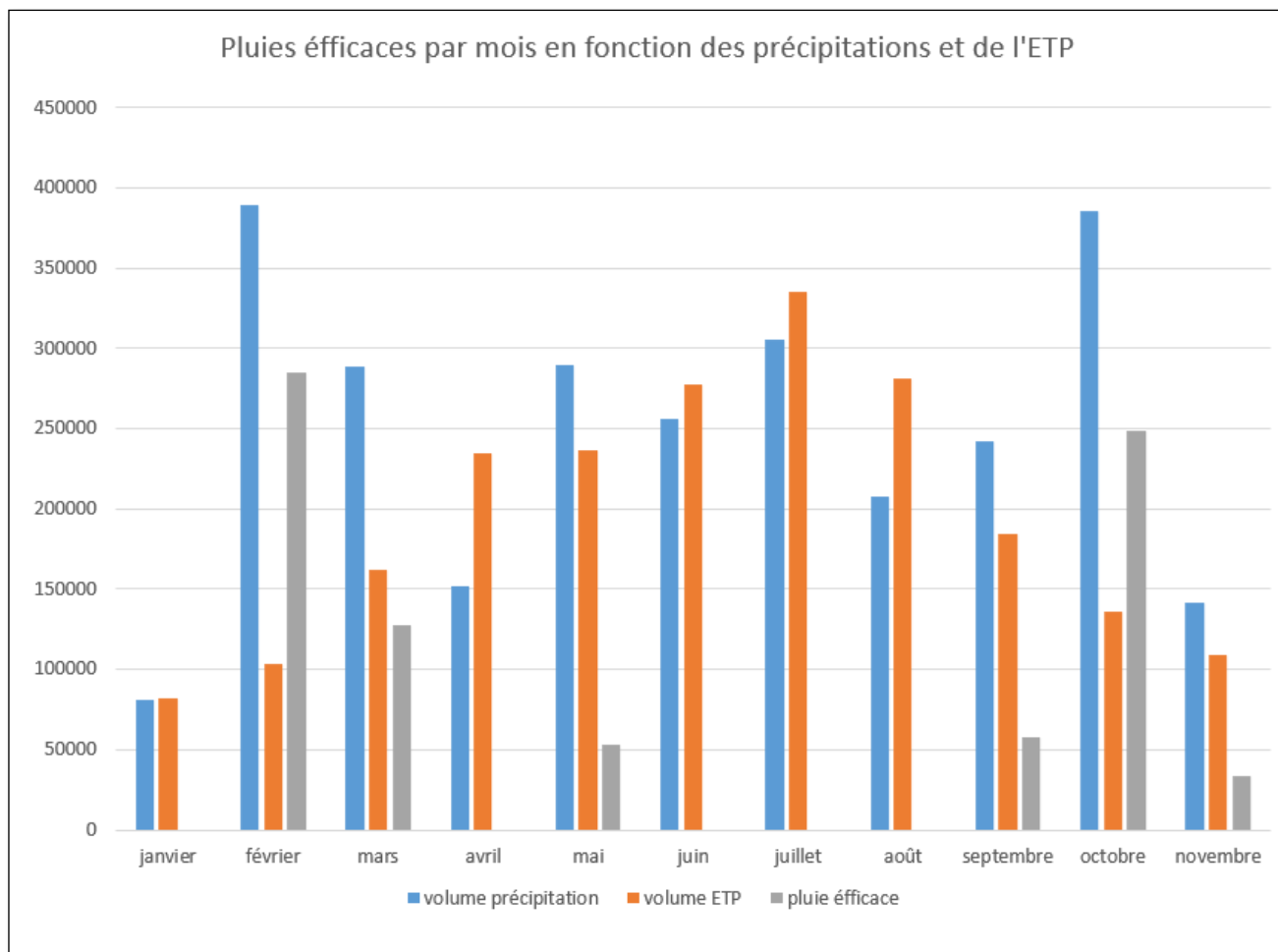


Figure 22 : Répartition mensuelle des pluies efficace sur l'année 2024\*

*\*le bilan s'arrête en novembre en raison de données incomplètes en décembre*

D'après le graphique ci-dessus, lorsque le volume mensuel précipité est supérieur au volume mensuel évaporé, les pluies efficaces sont positives ce qui signifie que, à ces périodes, le lac et la tourbière sont alimentés en eau par ruissellement.

**Février et octobre sont les mois où les précipitations efficaces sont les plus importantes, accompagné d'un faible ensoleillement peu d'activité de la végétation, traduisant les deux grandes périodes de recharge du Lac et de la nappe avoisinante.**

A l'inverse, lorsque les volumes mensuels précipités sont inférieurs à ceux évapo-transpirés le volume d'eaux météoriques qui contribue réellement aux écoulements superficiels et souterrains est nul ce qui est le cas pour les **mois d'avril juin et juillet**. En effet la hausse des températures et la durée d'ensoleillement couplées à une forte activité du couvert végétal avec des besoins en eau



**croissants ne permettent pas de réaliser une recharge des eaux souterraines (nappes et aquifères) sur cette période.**

Pour janvier le bilan est neutre puisqu'il y a autant d'eau précipitée que d'évaporation.

Le graphique ci-dessous présente le volume mensuel précipité, les pluies efficaces et le volume mensuel de l'exutoire.

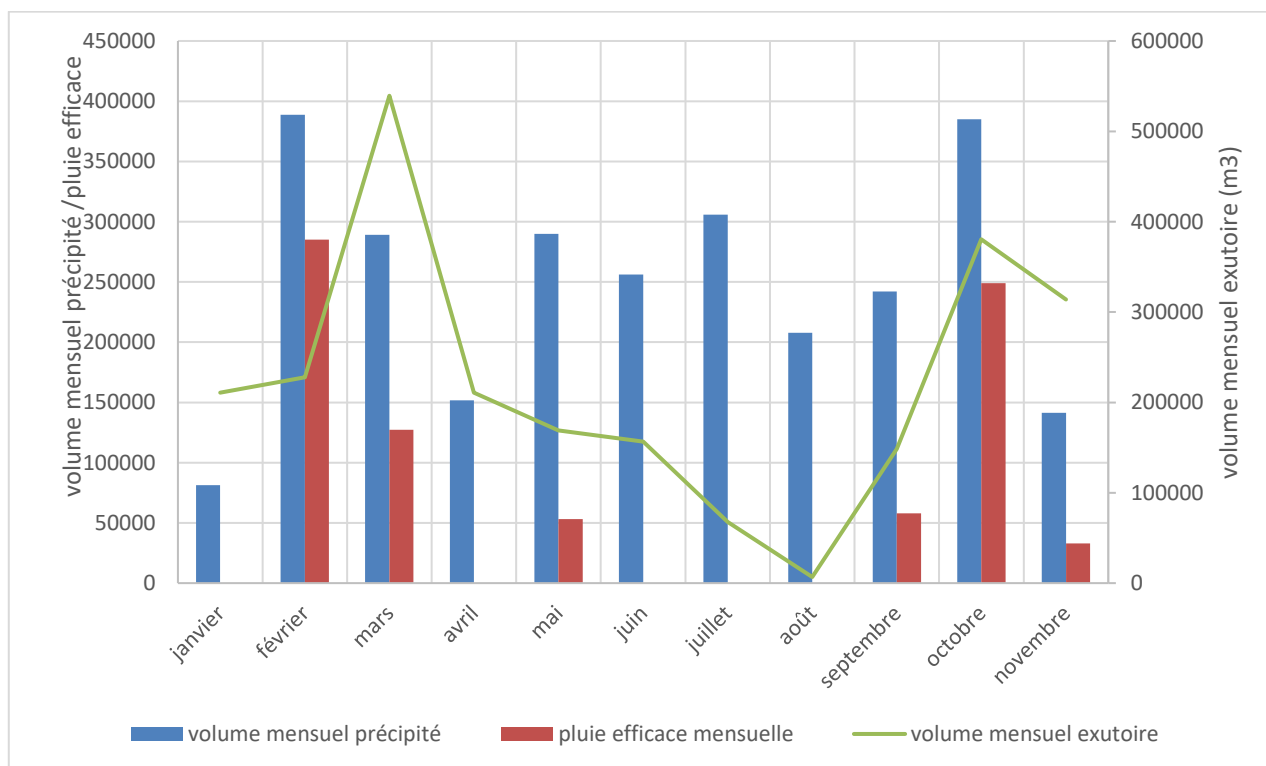


Figure 23 : Evolutions des paramètres et bilan hydrique cumulé sur l'année 2024

Le graphique permet de faire les observations suivantes :

- La relation entre les pluies efficaces et les volumes rejetés au niveau de l'exutoire, qui montre une même tendance
- La contribution des pluies efficaces à l'augmentation des niveaux d'eau sur le lac est ainsi fortement marquée pour le lac de Lourdes. On peut observer que plus les pluies efficaces sont importantes, plus les volumes rejetés sont importants.

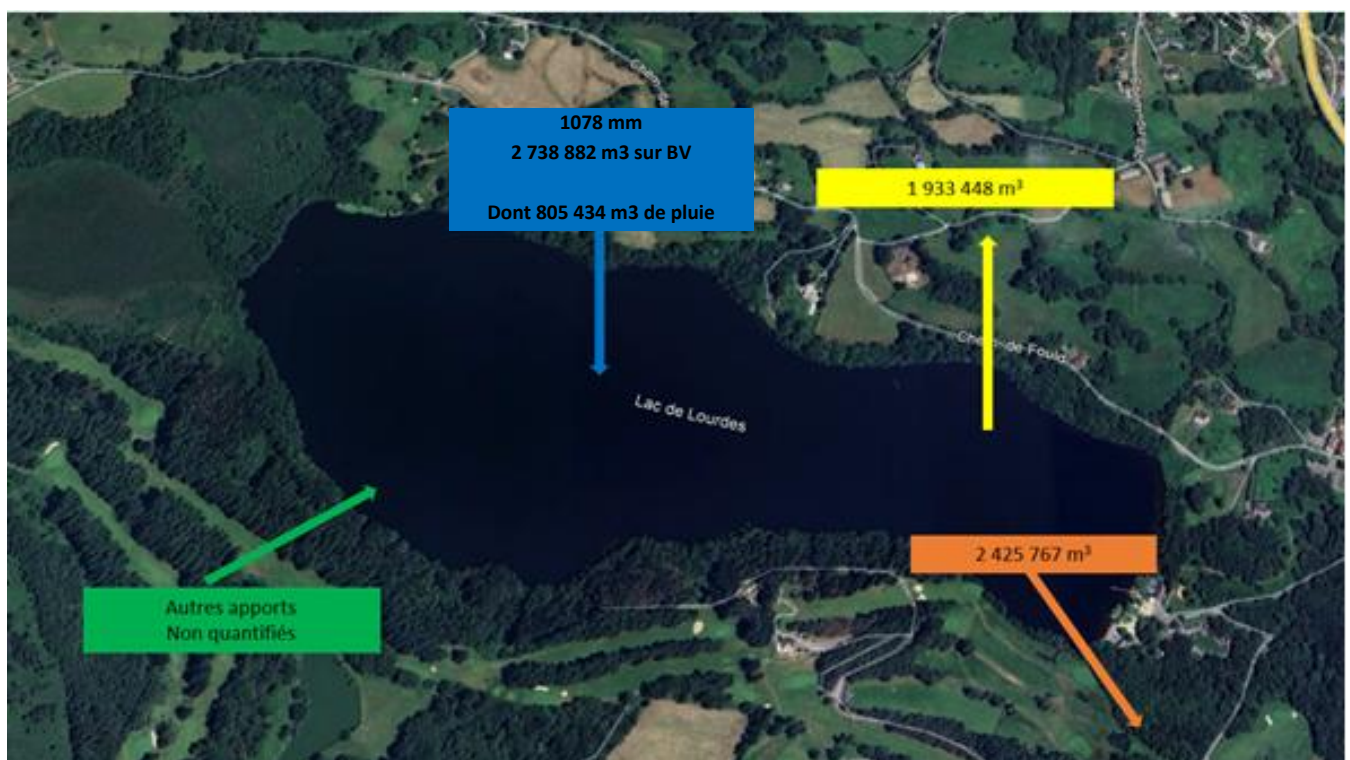
Ainsi, à l'échelle de l'année, les volumes rejetés les plus importants au niveau de l'exutoire sont observés sur février-mars 2024 avec un pic à 500 000 m³ et sur le mois d'octobre (≈400 000 m³).



- A l'inverse, lorsque les pluies efficaces sont les plus faibles, le lac n'est peu ou pas alimenté en eau par des **écoulement superficiels et souterrains**. **Le niveau d'eau sur le lac n'augmente pas voire même diminue, ce qui fait réduire le volume d'eau rejeté sur l'exutoire.**
- On trouve des volumes rejetés à l'exutoire très bas sur la période estivale entre juin et août 2024

La figure ci-dessous présente les chiffres clés du bilan hydrique global de janvier à novembre inclus 2024 (dernière relève le 03/12).

Tableau 6 : Bilan hydrique global sur l'année 2024



On peut observer que le volume des précipitations sur l'année 2024 est supérieur au volume de l'évapotranspiration potentielle. A l'échelle du bassin versant, le bilan hydrique n'est pas déficitaire en 2024.

**Le volume d'eaux météoriques** qui contribuent réellement aux écoulement superficiels et souterrains (pluies efficaces) est de l'ordre de **805 434 m³** sur l'année 2024 et présente **un bilan hydrique positif**.



Également, on peut observer que le volume de vidange du lac est très proche du volume total précipité sur le bassin versant. Ainsi on peut supposer qu'il y ait **d'autres apports non identifiés à ce jour mais estimés de l'ordre de 1 620 000 m<sup>3</sup> qui participent au bilan global.**

A noter que des sources subaquatiques avaient été déjà évoquées dans des études précédentes réalisées par le bureau d'études CETRA.

Enfin la connaissance du volume du lac permet d'évaluer son taux de renouvellement et permet également d'appréhender le temps de séjour des eaux dans le système hydrologique du lac et de la tourbière de Lourdes.

D'après l'étude du CEMAGREF en date de décembre 1991, le volume du lac est estimé à **3 200 000 m<sup>3</sup>**. A cette époque et selon la climatologie de cette année de l'ordre de 1 400 mm et d'un volume écoulé de 1 500 000 m<sup>3</sup>/an le rapport avait conclu à un taux de renouvellement annuel de 54 % avec un temps de séjour des eaux du lac estimé à 1,85 an.

**En 2024 sur la base d'une pluie de 1 100 mm observée et d'un volume écoulé de 2 425 767m<sup>3</sup>/an le taux de renouvellement annuel est de l'ordre de 76 % avec un temps de séjour des eaux estimé à 16 mois**



## 5. CONCLUSIONS

Cette partie fait la synthèse des résultats et interprétations des paramètres sur la tourbière et le lac.

### 5.1. Pluviométrie :

- Sur la période traitée, deux périodes de forts cumuls pluviométriques avec des dépassements par rapport aux normales saisonnières se distinguent : **février et mars 2024 et en septembre-octobre 2024** (épisode exceptionnel plus brutal). On observe un déficit très important de pluviométrie sur la période estivale en juillet 2024 (nettement en dessous des normales saisonnières). A partir de fin août début septembre, un pic de précipitations important est très rapide se distingue (+175.4 mm en 15 jours).

Sur les deux années :

- **Cumul annuel proche de l'ordre de 1000 mm**
- Répartition des précipitations différente avec notamment en janvier avril et juillet 2024 des basses eaux plus importantes nettement en dessous des normales saisonnières et à l'inverse des cumuls mensuel très importants au-dessus des normales saisonnières entre août et octobre 2024.

### 5.2. Chroniques piézométriques

Les données piézométriques s'arrêtent pour Pz4 en mars 2024 en raison d'un dysfonctionnement de la sonde. Les données reprennent en novembre 2024.

#### 5.2.1. Données 2023/2024

**L'évolution du niveau d'eau sur l'année 2024 est similaire aux observations faites en 2023.**

On notera cependant une période de basses eaux associée à la période estivale bien plus courte sur 2024 que sur 2023. En effet, les basses eaux sur la tourbière et le lac sont essentiellement identifiées de fin juillet à août 2024 alors que sur 2023 elles s'étalent de juillet août et d'octobre à novembre.

#### 5.2.2. Relation entre tourbière et lac

Les variations des niveaux d'eau sont influencées par la pluviométrie. On peut constater cependant, que la variation de niveau d'eau **est bien plus importante sur le lac que sur la tourbière qui joue son rôle de tampon en amont.**



A l'échelle de la tourbière le comportement de la nappe est similaire entre les points de mesure ce qui montre une bonne continuité de la nappe en direction du lac.

Ces observations, également constatées sur les campagnes de mesure précédentes (2022 et 2023), **traduisent bien le rôle de zone tampon hydraulique de la tourbière** qui stocke de l'eau lors d'épisodes pluvieux (présence de la nappe à très faible profondeur ou à l'affleurement sur l'ensemble de la tourbière et sur une grande partie de l'année) et **qui lisse la baisse des eaux en période plus sèche** (baisse des niveaux d'eau sur la tourbière en période estivale) **participant au soutien à l'étiage.**

### 5.3. Mesures de la conductivité

#### 5.3.1. Suivi qualitatif des eaux souterraines (suivi piézométrique)

Les sondes automatiques ont toutes été recalibrées courant juillet 2023 à l'aide d'une solution à 1 413  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

Les données de conductivité et température s'arrêtent pour Pz4 en mars 2024 en raison d'un dysfonctionnement de la sonde. Elle a été remplacée par une sonde DIVER en juillet 2024 mais cette dernière ne mesure qu'un unique paramètre : la hauteur d'eau.

Dans l'ensemble, les données de 2024 sont similaires à celles de 2023.

- **Sur la tourbière :**

A l'échelle de la tourbière nous observons une différence de minéralisation de l'eau suivant la localisation des points de mesure.

Les conductivités les plus élevées sont mesurées au droit de Pz3 (entre 150 et 200  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), les plus faibles au droit de Pz1 et Pz4 (50 à 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ).

Sur Pz6 la conductivité est stable et suit une tendance qui est similaire à celle du lac.

**Globalement ces eaux sont faiblement minéralisées ce qui indique un temps de résidence des eaux dans le sous-sol relativement court et un bassin relativement restreint.**

D'autres hypothèses à ces faibles conductivités peuvent être émises :

- ➔ D'une part le fait que les sondes sur la tourbière soient comprises entre 2 et 3 m de profondeur. Les mesures ponctuelles effectuées à plus faible profondeur présentent des conductivités plus élevées traduisant une stratification des eaux (gradient conductivité/profondeur).
- ➔ D'autre part, on pourrait supposer que comme la végétation présente sur la tourbière stocke de l'eau, les minéraux soient stockés ou consommés par cette dernière.



Cette variation spatiale des conductivités est également expliquée par **la présence d'écoulements préférentiels en subsurface de la tourbière (Pz1 et Pz4) et drainant celle-ci.**

En effet sur Pz1 qui est situé au plus près du lac, les eaux présentent malgré tout une conductivité différente de celle du lac. Cette différence peut être expliquée par la présence d'écoulements de surface ou souterrain qui se rejoignent tous au point bas de la tourbière (Pz1), diminuant ainsi la conductivité. **Lors de la dernière campagne de mesure début décembre 2024 il a d'ailleurs été observé des débits d'écoulement superficiels relativement importants autour de Pz1.**

- **Sur le lac**

A l'échelle du lac la conductivité présente des fluctuations plus intenses liées aux apports par des écoulements **avec une tendance à la hausse en période estivale, cohérent avec des volumes d'eau plus faibles au droit de la sonde et des temps de transfert plus longs.**

### **5.3.2. Suivi qualitatif des eaux superficielle (écoulements de surface)**

- ❖ Les valeurs de conductivité mesurées sur les différents écoulements sont comprises entre 100 et 400  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .
- ❖ Pour un même écoulement, les points de mesure présentent une conductivité similaire.
- ❖ Bien que les écoulements présentent des conductivités différentes on notera cependant une tendance à :
  - Une augmentation de la conductivité sur la période estivale associée à une baisse importante des débits.
  - Une baisse plus ou moins importante, en fonction des points de mesure, sur le mois d'octobre liée à la reprise des précipitations sur cette période qui provoque une augmentation des débits avec une dilution des eaux. Les conductivités restent cependant majoritairement au-dessus des valeurs de la première mesure de mars.
  - En décembre les conductivités continuent d'augmenter.

## **5.4. Mesure de la température :**

### **5.4.1. Suivi qualitatif des eaux souterraines (suivi piézométrique)**

L'évolution de la température sur les piézomètres est liée aux conditions hydrologiques et climatiques.



**Les observations faites sur la période de mesure sont similaires à celles de la précédente campagne faite en 2023.**

- **Sur la tourbière**

La température de l'eau à l'échelle de la tourbière est homogène puisqu'on observe la même évolution au cours du temps avec des valeurs proches entre les différents points de mesure.

**La température moyenne de la nappe est de 11 °C** avec une faible amplitude des températures (<5°C).

**Le point d'inflexion se situe au mois de mars pour la remontée des températures jusqu'au mois de Novembre où démarre la baisse.** A cette période, les températures varient de seulement 1 à 3°C sur un temps relativement long.

L'augmentation des températures est régulière et limitée sur la période estivale, traduisant une bonne stabilité de la température au cours du temps.

- **Sur le lac**

Sur le lac, la variation de la température de l'eau est beaucoup plus importante avec un gradient de température plus élevé que celui de la tourbière.

L'eau du lac (ressource superficielle) est plus soumise aux variations météoriques et climatiques que les eaux de la tourbière (comme précisé les valeurs de température relevées sur la sonde correspondent à la température de la « surface du lac » qui s'avère être particulièrement influencée par les conditions atmosphériques).

La différence de température est aussi visible à l'échelle d'une journée (diurne/nocturne).

#### **5.4.2. Suivi qualitatif des eaux superficielle (écoulements de surface)**

- ❖ Les valeurs de température relevées sont relativement similaires entre les différents points de mesure.
- ❖ Dans l'ensemble, une augmentation de la température sur la période estivale (31/07/2024) puis une baisse sur la période automnale et hivernale jusqu'à approcher les valeurs de mars 2024. Cette augmentation peut être expliquée d'une part par une augmentation de la température atmosphérique et d'autre part, par une diminution des précipitations traduisant une baisse de hauteur d'eau engendrant un réchauffement plus important de l'eau.

### **5.5. Mesures de débit**

#### **5.5.1. Débit sur l'exutoire du lac**



Les débits sur l'exutoire du lac sont dépendants de la hauteur d'eau sur le lac.

Des débits très faibles avec une faible hauteur d'eau au niveau du point de mesure ont pu être mesurés en juillet 2024.

Sur les trois mesures de débit, le débit de l'exutoire du lac le plus important a eu lieu en mars 2024 ce qui coïncide avec le gros épisode pluviométrique.

Pour une même hauteur d'eau sur le lac, les valeurs de débit mesurées sur la présente campagne sont similaires aux débits mesurés par CETRA lors d'une campagne en 2019 (courbe d'étalonnage).

En comparant les deux années, on peut observer un comportement global similaire.

On notera cependant des différences sur certaines périodes avec :

- Des débits plus constants sur la période de fin mars à juin 2024 liés à l'absence de l'épisode de juin 2023 (augmentation des niveaux d'eau du lac traduisant une vidange plus importante du lac).
- De très faibles débits sur la période estivale observés sur les deux années, mais sur une plus courte durée en 2024 (seulement sur les mois de juillet et août) que sur 2023 (entre mi-juillet et novembre)

### En 2023

- Vidange importante du lac en janvier juin et novembre liée aux hautes eaux du lac.
- Vidange du lac très faible entre juillet et novembre liée aux basses eaux du lac.
- Vidange modérée du lac sur la période mars à mai (débit entre 0,05 et 0,1 L/s).

### En 2024

- Vidange importante du lac en mars et novembre liée aux hautes eaux sur le lac.
- Vidange du lac très faible entre juillet et août liée aux basses eaux sur le lac (périodes de basses eaux plus courtes en 2024).
- Vidange modérée du lac sur les mois de janvier et septembre et sur la période d'avril à juin (débit moyen entre 0.05 et 0.1 L/s).

#### 5.5.2. Débit sur les écoulements de surface

Les écoulements de surface sont dépendants de la pluviométrie.

Pour un même écoulement superficiel, il a été mesuré des débits différents entre les points de mesure associés. Il est possible que ces différences soient liées aux différentes conditions de mesures mais elles peuvent également être liées à des pertes ou apports entre deux points de mesure.



On notera en effet la présence d'une zone humide entre P13 et P14.

On peut observer cependant une tendance générale avec sur l'ensemble des points une diminution importante des débits sur la période estivale liée à de faibles cumuls de précipitation avec notamment juillet 2024 où la plupart des points de mesure étaient secs ou non-mesurables et par la suite une augmentation plus ou moins importante des débits liés aux précipitations plus abondantes.

Il semblerait également qu'il y ait des écoulements de surface qui soient plus importants et susceptibles d'être plus permanents que d'autres. Sur les données 2024, il semblerait que pour une même date, les écoulements sur P1 et P7 soient les plus importants. Pour rappel, ils sont situés en amont de la tourbière. **Ils alimentent donc en eau en grande partie la tourbière**

## 5.6. Bilan hydrique global

On peut observer que le volume des précipitations sur l'année 2024 est supérieur au volume de l'évapotranspiration potentielle. A l'échelle du bassin versant, le bilan hydrique n'est pas déficitaire en 2024.

**Le volume d'eaux météoriques** qui contribuent réellement aux écoulements superficiels et souterrains (pluies efficaces) est de l'ordre de **805 434 m<sup>3</sup>** sur l'année 2024 et présente **un bilan hydrique positif**.

**En 2024 sur la base d'une pluie de 1 100 mm observée et d'un volume écoulé de 2 425 767m<sup>3</sup>/an le taux de renouvellement annuel est de l'ordre de 76 % avec un temps de séjour des eaux estimé à 16 mois**

## 6. PERSPECTIVES

### ✓ Mesures de débit sur les écoulements de surface :

Certains points de mesure présentaient des débits faibles même en période de hautes eaux voire sèches en période estivale, ce qui a rendu les mesures plus compliquées ou impossibles.

Par ailleurs, pour un même écoulement, des différences de débit ont été observées. Elles peuvent être liées à :

- ❖ Des infrastructures (drains, buses, canalisations...) pouvant influencer le prélèvement.
- ❖ Une difficulté de prélèvement sur certains points (P11, P12, P13, P15) liée à une faible hauteur d'eau même en période de hautes eaux.



- ❖ Éventuelles pertes ou autres apports superficiels entre les points de mesures. On notera la présence entre les points P12, P13 et P14 d'une zone humide qui peut relarguer des eaux plus en aval. C'est ce qui a été observé entre P14 et P13 le 02/12/2024.

De manière générale, et au vu des très faibles écoulements, **un aménagement** (seuil, canalisation en chute, ...) de certains points de mesures (P11, P12 et P13 notamment) permettrait une amélioration de l'acquisition de la donnée.

Les mesures de débit étant réalisées d'une année sur l'autre de façon ponctuelle et à des mois différents, il paraît difficile de faire une corrélation entre les deux années. En effet, les périodes de basses et hautes eaux étant variables d'une année sur l'autre, avec parfois des créneaux courts comme en juillet 2024, une corrélation reste difficile.

**En ce sens il pourrait être envisagé les adaptations suivantes :**

1. **Établir un protocole** avec des périodes d'intervention identiques permettrait de mieux documenter les évolutions hydrodynamiques de la tourbière et du lac.
2. **Réduire le nombre de point de suivi** aux points d'alimentation principaux et évaluer un point de mesure sur le versant sud, par exemple conserver P1, P2, P7, P8, P9, P11 et P15 voir 1 point supplémentaire au sud si un écoulement est notable soit 7 à 8 points au lieu de 11 actuellement.
3. Etablir une comparaison de l'ensemble de ces débits aux jaugeages et débits calculés à l'exutoire pour évaluer la proportion de ces écoulements.

A noter que le point P8 est situé à la sortie d'un bassin de rétention qui capte les eaux de l'écoulement de surface concerné par les points en amont P13 et P14. Le bassin dispose d'une vanne de vidange qui peut être ouverte en cas forte charge du lac ce qui était le cas en mars et octobre et décembre 2024. Un protocole particulier devra être mise en place (déplacement du point en amont ou libre écoulement à laisser par le propriétaire lors des passages).

**Ces adaptations permettraient d'affiner la compréhension des apports par ruissellement de surface et de quantifier leurs apports vis-à-vis d'autres apports estimés mais non-identifiés à ce jour. Une identification des écoulements les plus importants et les plus pérennes permettrait également d'évaluer les zones de la tourbière et leurs habitats les plus réalimentés pouvant favoriser certaines végétations à forte hygrométrie.**

#### ✓ Sondes piézométriques :

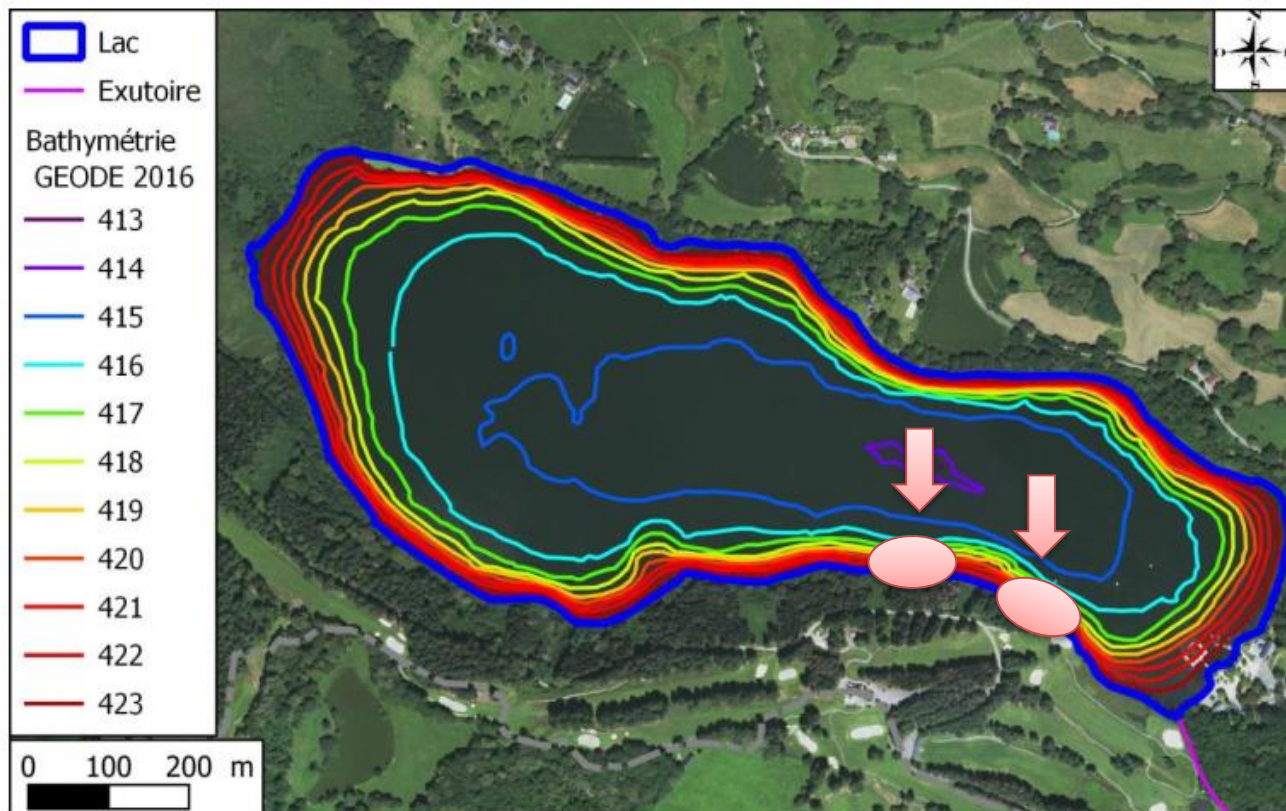
##### Sur le lac

La sonde du lac est située à un endroit avec **une très faible hauteur d'eau (entre 5cm et 40 cm).**



Dans des conditions hydrologiques particulières, et notamment sur la période d'été, une perte de données peut avoir lieu lorsque la sonde est hors d'eau ce qui a été le cas à l'été 2022.

Le fait d'avoir une faible hauteur d'eau **augmente la variabilité de certains paramètres** (température et conductivité) qui sont susceptibles d'être plus **influencés par les conditions atmosphériques**.



De ce fait un déplacement de la sonde serait pertinent afin de disposer de données plus représentatives sans risques de pertes, tout en restant dans le même secteur qu'actuellement qui présente une bathymétrie favorable (cf. plan ci-dessus).

### Sur la tourbière

La sonde Pz4 a arrêté de fonctionner en juillet 2024. Une sonde de remplacement DIVER a été mise afin de garantir la continuité des données liées aux hauteurs d'eau (pas de mesure de conductivité ni de température). Pour la suite, il est nécessaire de **racheter une sonde SOLINST** (identique aux autres déjà en place) afin de poursuivre le suivi.

Lors de la réalisation des mesures ponctuelles de conductivité pendant les relevés trimestriels des sondes, il a été observé **une différence de conductivité en fonction de la profondeur et de la période**



pour un même point de mesure laissant supposer **une stratification des eaux pour un même point, voir une modification des apports (exemple Pz1).**

Ainsi, dans le cas d'une vérification simple des données enregistrées par la sonde, les mesures ponctuelles devront se faire à la même profondeur à chaque passage et à une profondeur la plus proche de celle de la sonde pour être dans les mêmes conditions.

Il serait également intéressant de **réaliser un suivi en continu** pour établir un gradient de conductivité en fonction de la profondeur sur un même point afin de mieux cerner ces variations en fonction de la profondeur et de détecter d'éventuelles circulations de surface voir des apports subaquatiques et les proportions de ces apports.

En ce sens, dans l'ordre de priorité les points intéressants à suivre sont :

1. Pz1,
2. Pz4
3. Pz3
4. Pz6 (trop proche des berges).

**Cette adaptation permettrait d'avoir une meilleure compréhension du fonctionnement de la nappe au droit de la tourbière, de l'influence de l'activité de la flore sur la conductivité et les éventuelles arrivées souterraines présentant une chimie des eaux différente.**

#### Bilan hydrique :

Les données climatologiques utilisées pour effectuer le bilan hydrique global sont issues de la station météorologique Tarbes Lourdes Ossun située à 11 km au nord du lac de Lourdes et permettent une approche de la pluie efficace.

Il apparaît suite à ce bilan qu'une partie des volumes participants au bilan restent peu connus tels que d'éventuelles connexions extra-bassin pouvant alimenter la zone.

**A ce stade et sans plus d'indication sur l'origine de ces apports complémentaires, une analyse hydrogéologique bibliographique permettrait d'évaluer ces connexions. Cette meilleure compréhension permettrait d'avoir une connaissance plus détaillée du fonctionnement de la tourbière et du lac et de leur vulnérabilité (éventuels transferts de pollution, etc...) à confronter au suivi qualitatif qui sera à mettre en place.**



# ANNEXES

## Mesures des débits par exploration de champs de vitesse : Fiches méthode



## Exutoire du lac de Lourdes

N° Chrono : 6411141  
 Etude : Suivi quantitatif de la ressource en eaux  
 Adresse : 43.103822° , -0.077492°  
 Client : PLVG  
 Date : 14/03/2024



### Mesures de débit par la méthode "d'exploration de champs de vitesse"

#### • Courentomètre vertical de type FlowProbe



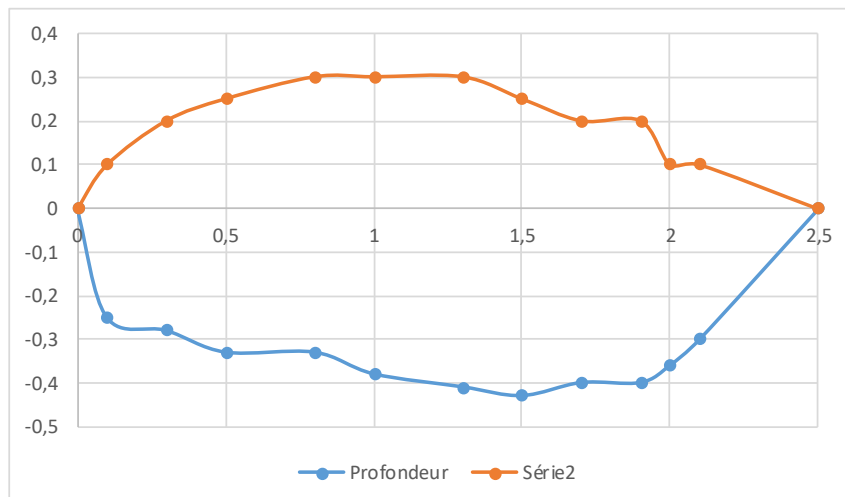
#### • Caractéristiques

|                   |               |
|-------------------|---------------|
| méthode de mesure | hélice        |
| Gamme             | 0,1 à 4,5 m/s |
| Résolution        | 0,03 m/s      |

#### • Paramètres du points de mesures

| type de profil | largeur | vitesse maximale (m/s) | hauteur d'eau maximale | nbr verticale |
|----------------|---------|------------------------|------------------------|---------------|
| rivière        | 2,5     | 0,3                    | 0,4                    | 9             |

#### • Profil du transect et vitesse associées (m/s)



#### • Résultats :

|             |        |      |
|-------------|--------|------|
| debit moyen | 230    | l/s  |
| debit moyen | 0,2300 | m3/s |

## Exutoire du lac de Lourdes

N° Chrono : 6411141  
 Etude : Suivi quantitatif de la ressource en eaux  
 Adresse : 43.103822° , -0.077492°  
 Client : PLVG  
 Date : 31/07/2024



### Mesures de débit par la méthode "d'exploration de champs de vitesse"

#### • Courentomètre vertical de type FLUVIA (COMETEC)



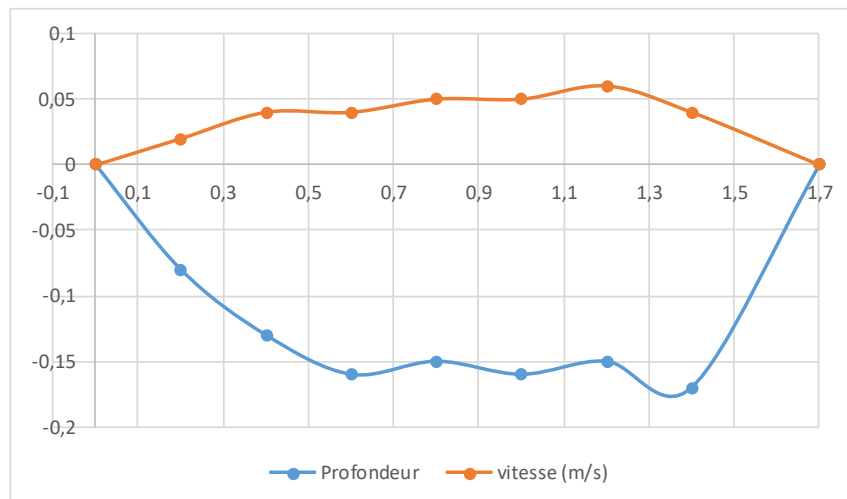
#### • Caractéristiques

|                   |                               |
|-------------------|-------------------------------|
| méthode de mesure | électromagnétique             |
| Cycle de mesure   | 0,5 seconde                   |
| Gamme             | 0 à 6 m/s                     |
| Résolution        | 0,001 m/s                     |
| hauteur mini      | 30 mm d'eau avec perche lisse |

#### • Paramètres du points de mesures

| type de profil | largeur | vitesse maximale (m/s) | hauteur d'eau maximale | nbr verticale |
|----------------|---------|------------------------|------------------------|---------------|
| rivière        | 1,7     | 0,07                   | 0,17                   | 7             |

#### • Profil du transect et vitesse associées (m/s)



#### • Résultats :

|             |        |      |
|-------------|--------|------|
| debit moyen | 8,68   | l/s  |
| debit moyen | 0,0087 | m3/s |

## Exutoire du lac de Lourdes

N° Chrono : 6411141  
 Etude : Suivi quantitatif de la ressource en eaux  
 Adresse : 43.103822°, -0.077492°  
 Client : PLVG  
 Date : 04/10/2024



### Mesures de débit par la méthode "d'exploration de champs de vitesse"

#### ● Courentomètre vertical de type FLUVIA (COMETEC)



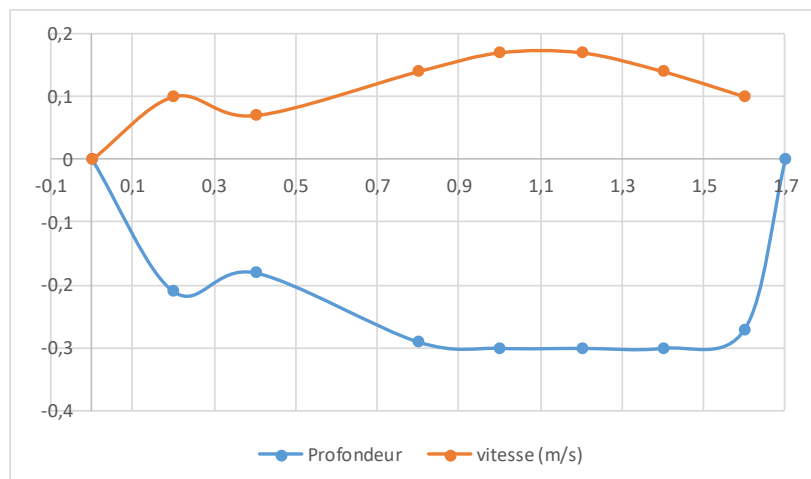
#### ● Caractéristiques

|                   |                               |
|-------------------|-------------------------------|
| méthode de mesure | électromagnétique             |
| Cycle de mesure   | 0,5 seconde                   |
| Gamme             | 0 à 6 m/s                     |
| Résolution        | 0,001 m/s                     |
| hauteur mini      | 30 mm d'eau avec perche lisse |

#### ● Paramètres du points de mesures

| type de profil | largeur | vitesse maximale (m/s) | hauteur d'eau maximale | nbr verticale |
|----------------|---------|------------------------|------------------------|---------------|
| rivière        | 2       | 0,17                   | 0,3                    | 7             |

#### ● Profil du transect et vitesse associées (m/s)



#### ● Résultats :

|             |       |      |
|-------------|-------|------|
| debit moyen | 53,30 | l/s  |
| debit moyen | 0,053 | m3/s |

## Exutoire du lac de Lourdes

N° Chrono : 6411141  
 Etude : Suivi quantitatif de la ressource en eaux  
 Adresse : 43.103822° , -0.077492°  
 Client : PLVG  
 Date : 03/12/2024



### Mesures de débit par la méthode "d'exploration de champs de vitesse"

#### ● Courentomètre vertical de type FLUVIA (COMETEC)



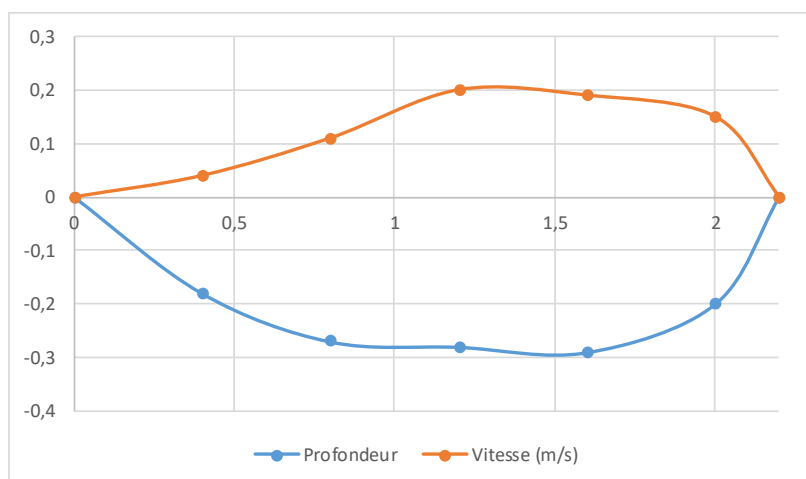
#### ● Caractéristiques

|                   |                               |
|-------------------|-------------------------------|
| méthode de mesure | électromagnétique             |
| Cycle de mesure   | 0,5 seconde                   |
| Gamme             | 0 à 6 m/s                     |
| Résolution        | 0,001 m/s                     |
| hauteur mini      | 30 mm d'eau avec perche lisse |

#### ● Paramètres du points de mesures

| type de profil | largeur | vitesse maximale (m/s) | hauteur d'eau maximale | nbr verticale |
|----------------|---------|------------------------|------------------------|---------------|
| rivière        | 2,2     | 0,23                   | 0,3                    | 5             |

#### ● Profil du transect et vitesse associées (m/s)



#### ● Résultats :

|             |       |      |
|-------------|-------|------|
| debit moyen | 66,50 | l/s  |
| debit moyen | 0,07  | m3/s |