BECHELER CONSEILS
Géologie – Pédologie
Conseils et Etudes
Protection et Valorisation des

Enora Becheler
DROS

TOURBIÈRE DU MOURA DE PASSEBEN

Saint-Laurent-de-Gosse

Etude des suivis piézométriques et limnigraphiques

Juin 2016-juillet 2017

CPIE Seignanx



Réf. :Hyd/ StLG64/ 17-11
Décembre 2017

11 avenue de la Possession, 33 380 MARCHEPRIME ✆ : 06 11 49 32 91
Siret : 431 362 490 00010 – Adhérent d'une association agréée, accepte le règlement des honoraires par chèque

Sommaire

Préambule 2

Avertissement préliminaire 2

I - Méthodologie et disposition d'acquisition des données 3

II - Bassins Versants et systèmes hydrogéologiques environnementaux 4

Localisation des trois bassins versants topographiques 4

III - Le fonctionnement du Bassin Versant Est 7

Délimitation et données altimétriques 7

Le temps de concentration 8

Pluie efficace 8

Coefficient de ruissellement 8

La pluie de référence 8

Les capacités de débit du canal Est 9

IV - Les échanges Adour-Canal 11

Les variations comparées de niveau Adour-Canal 11

Le fonctionnement de la porte-à-flot 12

Les variations de conductivité et de pH dans le canal 12

Conclusion de ce chapitre 13

V - Les échanges Canal Est- Tourbière 13

VI - Echanges Tourbière – Atmosphère 13

Rappels et considérations préalables 13

Analyse globale 15

Analyse des périodes spécifiques 17

Conclusion générale 20

Préambule

Cette étude, à la suite de nombreuses autres, s'inscrit dans la recherche d'une compréhension à la fois fine et globale du fonctionnement hydrogéologique de la tourbière dite du Moura de Passeben.

Plus précisément, son objet est de répondre aux trois objectifs généraux traduits par les fiches actions du Plan de Gestion 2015-2020 mis au point et animé par le CPIE Seignanx :

- FH1 : détermination du comportement général de la nappe de la tourbière,
- FH2 : détermination de l'influence de la marée sur les battements de la nappe
- FH3 : détermination du lien entre les eaux de la nappe de la tourbière et les canaux périphériques

Avertissement préliminaire

Les différentes réponses à apporter au CPIE, gestionnaire du site, ne peuvent découler que d'une analyse intégrée des relations entre les divers et nombreux systèmes hydrogéologiques identifiables dans l'environnement de la tourbière.

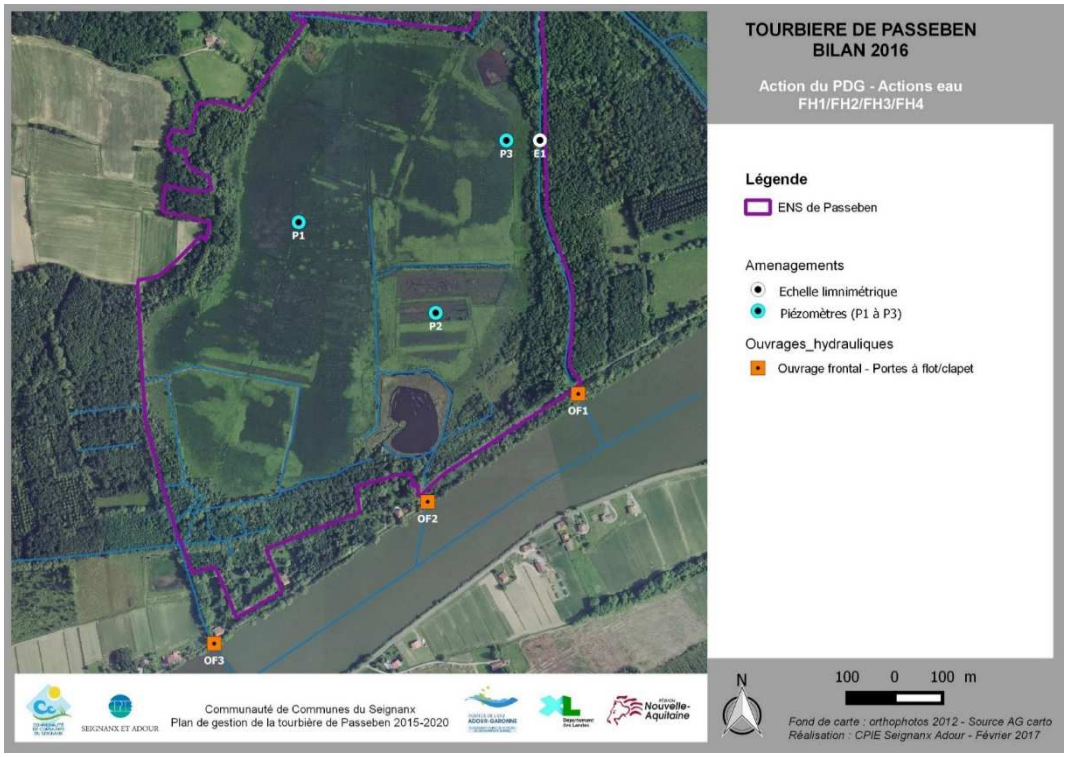
Ces réponses ne sauraient s'inscrire à la suite d'une simple délimitation topographique d'une surface qui serait faussement considérée comme l'aire contributive à la zone humide.

De ce fait, par souci d'un minimum de rigueur et de respect des principes et méthodes hydrogéologiques, la présente étude ne répond pas à la Méthode Nationale d'Evaluation des Fonctions de Zones Humides que l'ONEMA et l'AFB voudraient voir appliquer.

I - Méthodologie et disposition d'acquisition des données

Pour permettre cette analyse, le CPIE Seignanx a mis en place :

- Un dispositif d'acquisition de données piézométriques dans la tourbière (Piézomètres P1, P2, P3)
- Un dispositif d'acquisition de données de niveau d'eau dans le canal Est (limnigraphe dit « Mire ») ;
- Une collecte des données de pluviométrie et d'évapotranspiration issues de la station météo de Saint-Martin-de-Hinx, pour la période 2016-2017 ;
- Une collecte des données de niveaux de l'Adour, issues du marégraphe d'Urt ;
- Un protocole d'acquisition des données piézométriques dans la tourbière et limnigraphiques dans le canal Est (voir détails du protocole dans le tableau suivant).



➢ Les objectifs particuliers du dispositif mis en place et du protocole établi, sont :

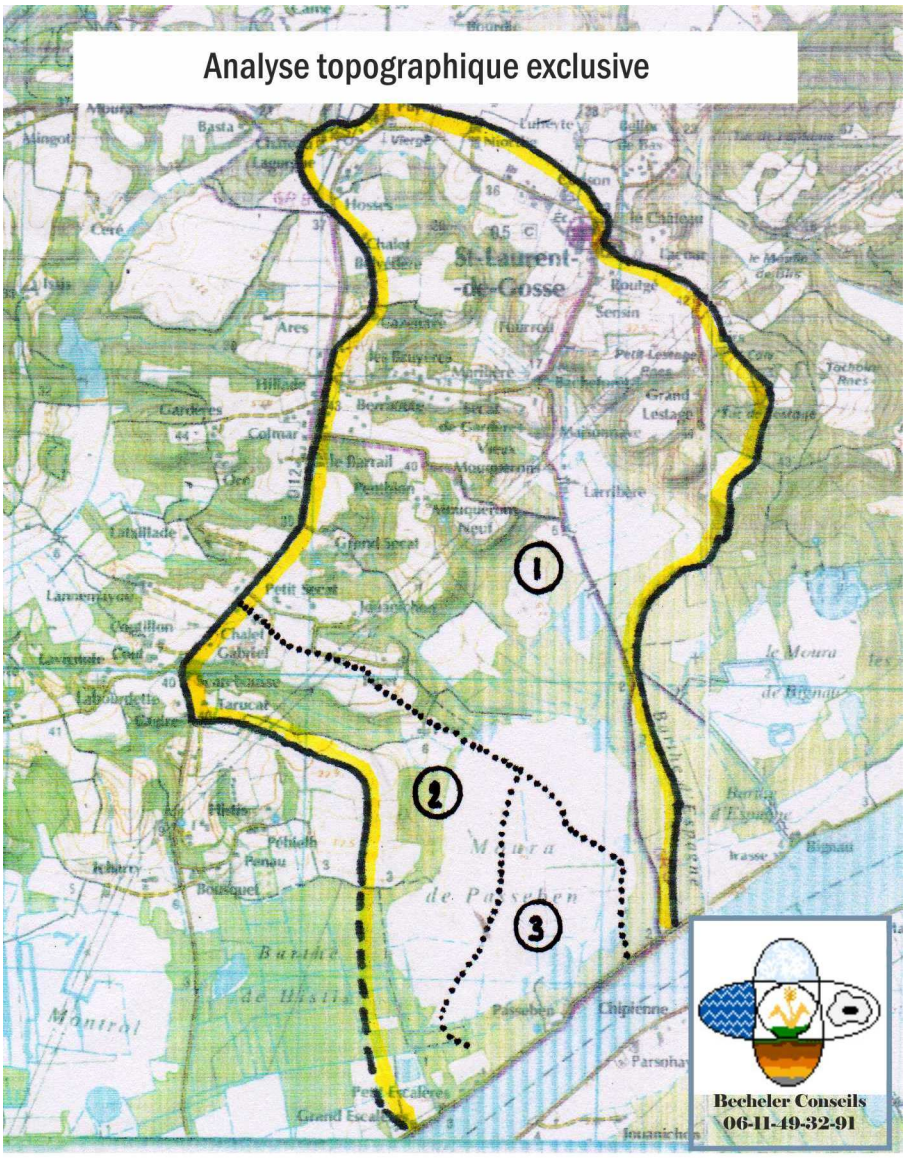
- Une analyse des données météo : précipitations, évapotranspiration, pluie efficace,
- Une analyse des conditions d'écoulement dans le canal Est et son BV en relation avec les variations du niveau de l'Adour,
- Une analyse des niveaux de nappe dans la tourbière et des relations avec :
  - La pluie efficace,
  - Le niveau d'eau dans le canal Est,
  - Le niveau de l'Adour ;
- Une analyse des paramètres physico-chimiques des diverses masses d'eau en tant qu'indicateurs d'échanges hydriques.

➢ Les trois objectifs généraux sont ceux des fiches Actions du Plan de Gestion.

II - Bassins Versants et systèmes hydrogéologiques environnementaux

Localisation des trois bassins versants topographiques

Considéré uniquement sur le plan de la topographie, le contexte géographique du Moura de Passeben correspond à 3 BV *a priori* bien définis et limités par des axes « hauts ».



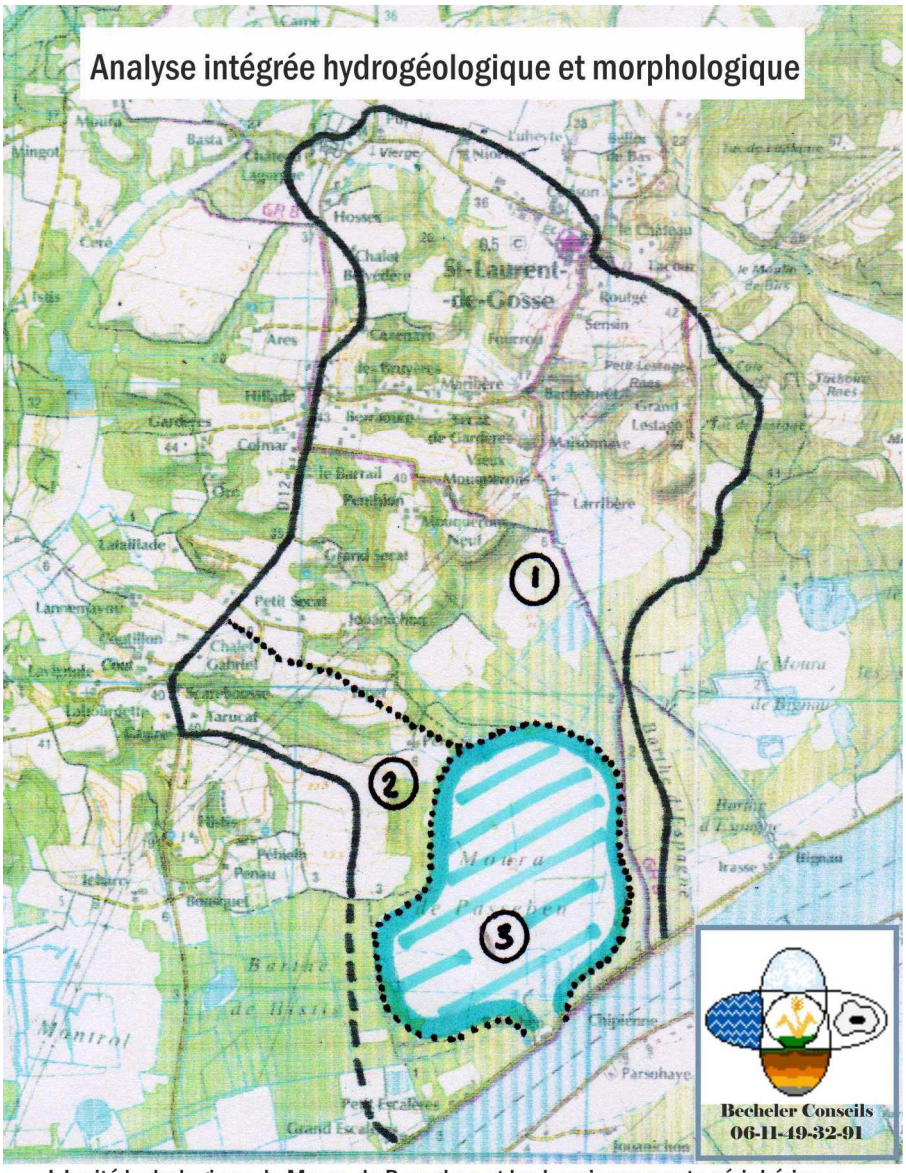
Le bassin versant du Moura de Passeben
1 : Sous-unité du Canal Est
2 : Sous-unité du canal Ouest
3 : Sous-unité du fossé de Passeben

Fond de plan : © Géoportail

L'intégration de données hydrogéologiques telles que la nature des matériaux géologiques, leur perméabilité, leur capacité de stockage en eau (CSE), leur géométrie souterraine, mènent à modifier cette vision un peu simpliste.

Ces données dont certaines ont été acquises lors du suivi des niveaux des masses d'eau, en 2016-2017, montrent le corps géologique tourbeux de Passeben comme une entité hydrogéologique

particulière. Les échanges de cette entité hydrogéologique avec le réseau hydrographique environnant, Adour, Canal Ouest, Canal Est, ne répondent pas à la seule logique topographique.

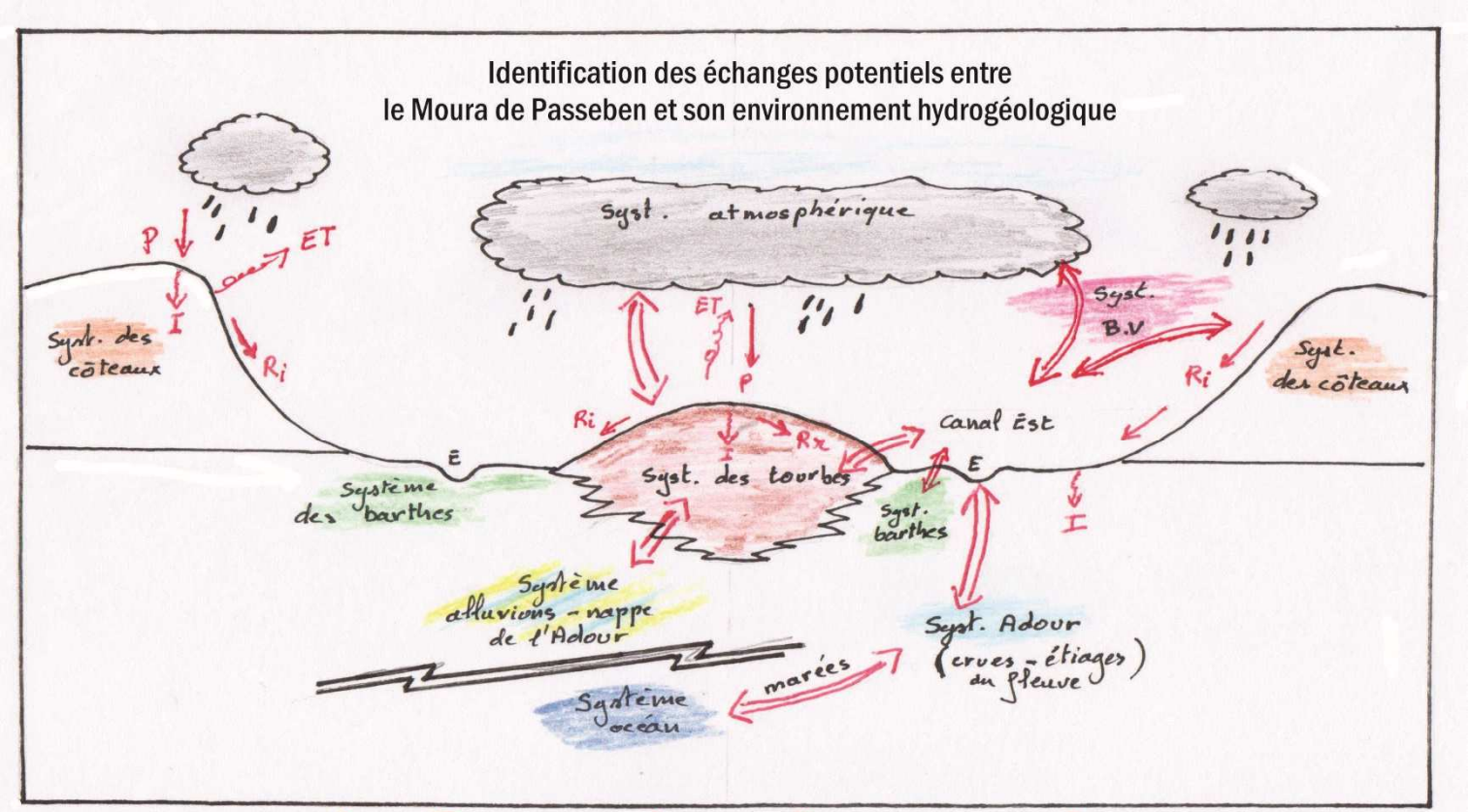


L 'unité hydrologique du Moura de Passeben et les bassins versants périphériques
1 : BV du Canal Est
2 : BV du canal Ouest
3 : Unité hydrologique indépendante de Passeben

Fond de plan : © Géoportail

La compréhension du cycle de l'eau, dans et autour de la tourbière haute, active, de Passeben, nécessite donc une approche qui, pour être aussi intégrée que possible, se doit de tenir compte des deux logiques précédemment évoquées : topographique et hydrogéologique.

Le schéma suivant illustre ce propos.



E : écoulement fluvial ; P : pluie ; ET évapotranspiration ; I : infiltration ; Ri : ruissellement immédiat ; Rr : ruissellement retardé ;

⟺ : principaux échanges potentiels

Seul le canal Est ayant été équipé d'une échelle limnigraphique (Mire), l'analyse ne portera que sur le demi-système Est.

III - Le fonctionnement du Bassin Versant Est

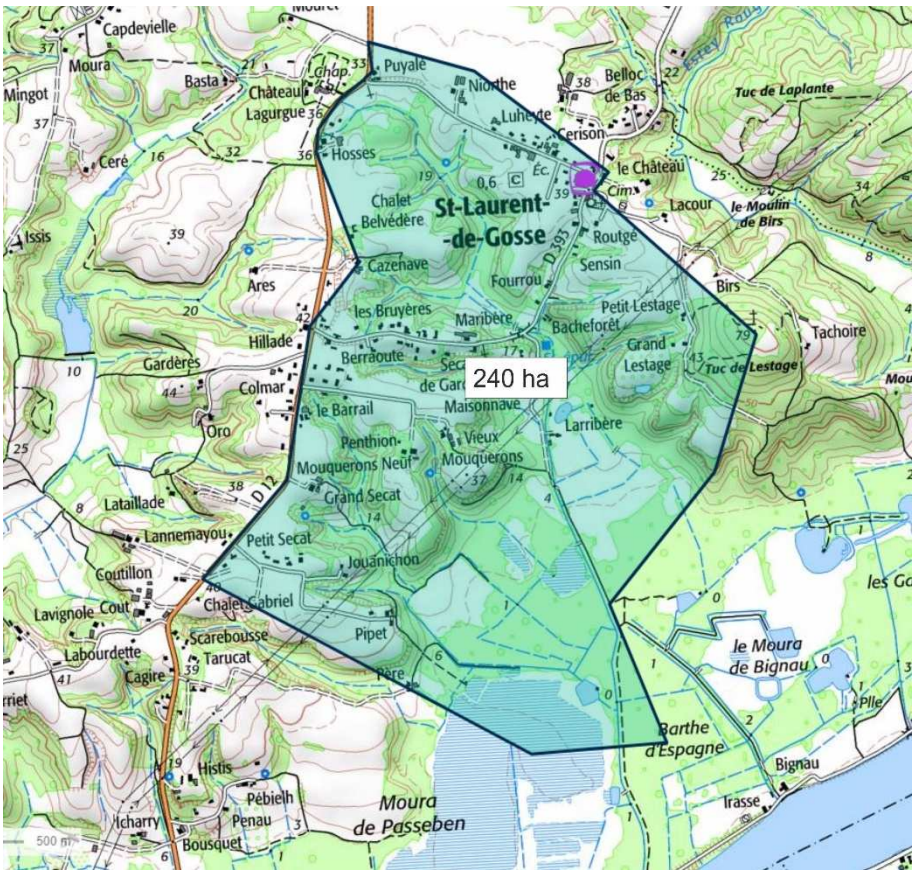
Dans le développement de l'analyse qui suit, nous considèrerons que la zone haute de la tourbière ne fournit pas d'eau au réseau hydrographique par effet de ruissellement direct en surface. La perméabilité de la surface de la tourbière, l'irrégularité de cette surface, la succession de gouilles, de touradons de molinie et de mini buttes de sphaignes, ainsi que sa rugosité, terme pris au sens d'entrave à l'écoulement, sont des effets trop importants pour permettre un ruissellement de surface significatif. A titre d'exemple, si le coefficient de rugosité γ est de 1 à 5 pour un champ cultivé, il est de 10 à 15 pour une tourbière (M. Poirée et Ch. Ollier – Assainissement agricole – 1962).

Délimitation et données altimétriques

En amont de l'échelle limnimétrique, la surface du bassin versant est de 240 ha se répartissant comme suit :

- 138 ha sur le plateau de Saint-Laurent de Gosse,
- 38 ha sur le rebord pentu des coteaux,
- 64 ha sur la plaine alluviale de l'Adour.

Les altitudes moyennes sont de 35 m sur le plateau, 15 m sur le système des coteaux et < 2,5 m dans la plaine.



Fond de plan : © Géoportail

Le temps de concentration

La notion de temps de concentration (Tc) correspond au temps nécessaire à une goutte de pluie tombée sur la ligne de crête au plus loin de l'exutoire, pour gagner ce dernier.

Ce temps ne peut être, dans la pratique, qu'approché à l'aide de formules empiriques. Dans le contexte climatique régional de type atlantique tempéré humide, et pour des BV de taille modérée, la formule de Giandotti donne des résultats satisfaisants :

$$Tc = \frac{4\times\sqrt{S}+1{,}5\times L}{0{,}8\times\sqrt{h}}$$

BV : Bassin versant
Tc : temps de concentration

- S = surface du BV
- L = longueur du talweg d'écoulement
- h = différence entre altitude moyenne du BV et altitude de l'exutoire

On calcule :

- Tc1 = 5 h pour le système plateau et coteaux ;
- Tc2 = 7 h pour la plaine ;

Et donc un temps de concentration global de : Tc = 12 h.

Pluie efficace

Il s'agit de la part de pluie, non évapotranspirée, qui ruisselle vers les ruisseaux ou qui s'infiltre dans les sols et recharge les nappes.

Les données météo de la station de Saint-Martin de Hinx, du 1er juin 2016 au 31 juillet 2017, soit 426 j, indiquent une pluie cumulée de 1 246 mm et une ETP de 917 mm, soit une pluie efficace :

- Peff : 329 mm = 0,26 x P

Peff : pluie efficace

Coefficient de ruissellement

Il s'agit de la part de la pluie efficace qui ruisselle, le reste étant infiltré.

Ce coefficient est sous la dépendance de très nombreux facteurs dont la végétation, la rugosité de la surface du sol, la pente, la perméabilité du sol en sont les principaux.

Une analyse intégrée de la situation sur le BV amène à définir un coefficient de ruissellement moyen, pondéré, de :

- C = 0,16

La pluie de référence

C'est la pluie qui provoque un débit maximal du cours d'eau. Elle est caractérisée par sa durée et la hauteur de la lame d'eau précipitée ;

Sur le plan statistique, il est acquis comme « Lois fondamentales » de l'hydrologie que :

- Plus une pluie est courte, plus son intensité peut être forte ;
- Plus une pluie est rare, (faible récurrence statistique), plus son intensité peut être forte.

Sur le plan hydrologique, il est démontré que pour un BV donné, la pluie produisant le plus fort débit est statistiquement la pluie de durée égale au temps de concentration. Pour le BV du Canal Est, la durée de la pluie de référence est donc :

- T = 12 h.

L'analyse des enregistrements des pluies à la station de Saint-Martin de Hinx durant le suivi hydrologique réalisé par le CPIE, indique quatre épisodes pluvieux de durée ≥ 12 h.

- Le 6 novembre 2016, de 4 h 00 à 23 h 00 : Hauteur de pluie : 40, 5 mm
- Du 3 mars 2017 à 18 h 00, au 4 mars 2017 à 17 h 00 : Hauteur de pluie : 50,5 mm
- Le 12 mars 2017- 3 h 00 à 23 h 00 : Hauteur de pluie : 40,5 mm
- Du 18 mai 2017 à 5 h 00 au 19 mai 2017 à 12 h 00 : Hauteur de pluie : 51, 5 mm

Un traitement des données statistiques régionales acquises sur une très longue période ((Anglet – 40 années d'enregistrement) permet de dresser le tableau suivant pour les pluies de durée supérieure ou égale à 12 h.

Récurrence en années	**Hauteur de pluie** en mm
1	41
2	50
5	65
10	76
20	80
25	89
50	99
75	106
100	110

Le rapprochement des données précédentes, permet de montrer que, sur l'année d'acquisition des données à Passeben, les pluies de durée ≥12 h ont été des pluies tout à fait « banales » en termes d'intensité : la récurrence statistique des pluies du 6 novembre 2016 et du 12 mars 2017, est annuelle. Celle des 3-4 mars 2017 et des 18 et 19 mai 2017 et biannuelle (2 ans).

Aucune de ces pluies ne s'est accompagnée d'un débordement du canal. Ce qui permet d'énoncer que : « **Le débordement du canal en relation unique avec la pluviométrie, c'est-à-dire excluant l'effet des marées dans l'Adour, est un phénomène dont la période de récurrence est très supérieure à 2 ans.** »

Les capacités de débit du canal Est

Ce débit est limité, en période de vidange, à la valeur du débit capable de la porte à flot. Compte tenu de la géométrie du canal donc du volume stocké en amont de la porte à flot en situation de « pré-débordement », et des temps de vidange observés, on estime un débit capable de la porte à flot de :

- Qcap ≅0,5 $m^3.s^{-1}$

Qcap : Débit capable : Débit maximal que l'on peut faire transiter par un ouvrage coulant à plein.

Il s'agit d'un débit obtenu dans des conditions très particulières :

- Marée basse de Vives eaux,
- Fort étiage de l'Adour,
- Porte à flot découverte côté Adour – pas de pression s'opposant à son ouverture,
- Canal en situation de quasi débordement.

La pluie critique, de durée 12h, permettant ce débit, représenterait une lame d'eau qui ruisselle, le reste étant soit évaporé soit infiltré, de 32 mm. Si on considère sur la période de 426 j de relevés de données à la station de Saint-Martin de Hinx, que Peff = 0,26 x P, on calcule une lame d'eau précipitée de 123 mm en 12 h.

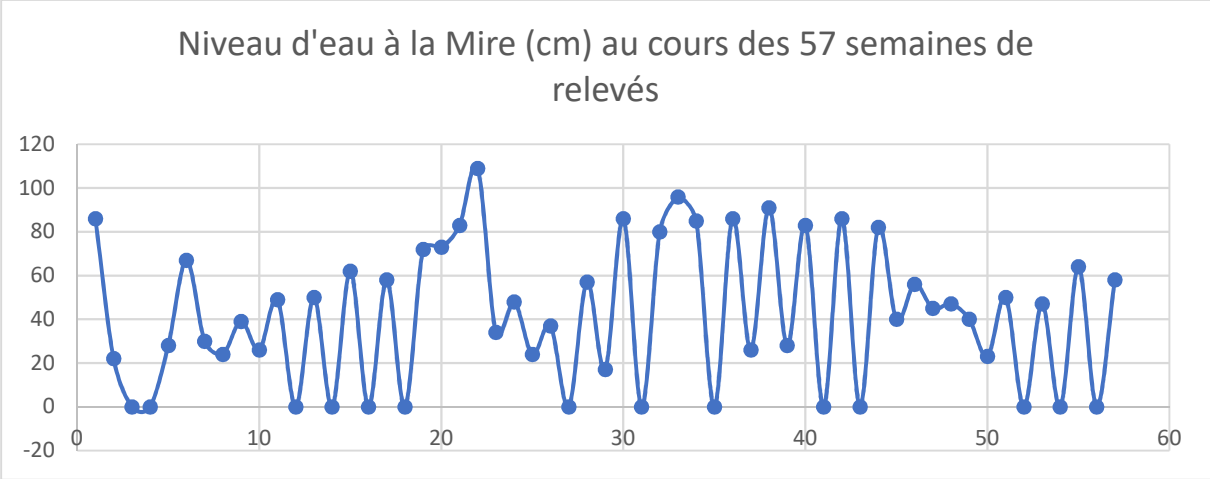
La récurrence de la pluie susceptible de faire déborder le canal « sans l'aide de l'Adour », est une pluie de récurrence supérieure à 100 ans.

Il résulte de cela que les périodes de débordement du canal vers les bordures de la tourbière sont limitées à celles des grandes crues de l'Adour dont le niveau est alors en permanence assez haut pour bloquer l'écoulement du canal.

A titre d'exemple, la plus forte pluie enregistrée lors du suivi réalisé par le CPIE a été celle des 18-19 mai 2017, avec une lame d'eau précipitée de 51, 5 mm en 31 h.

Compte tenu des caractéristiques du BV, cette pluie n'a été capable de générer qu'un débit max de l'ordre de 0,05 $m^3.s^{-1}$ soit 10 fois plus faible que le débit nécessaire au débordement.

La courbe de variation du niveau du canal, pour le suivi hebdomadaire sur 1 an, illustre la prépondérance du cycle des marées sur le niveau d'eau dans ce canal.



- Sa forme générale est une ligne brisée ayant un écartement de 7 j entre un « pic » et un « creux ».
- Les relevés ont toujours été réalisés le matin entre environ, 10 h et 10h30.
- Le décalage entre la 1ère marée haute d'un jour et son homologue du jour suivant est d'environ 50 mn, ce décalage sur 7 j est de 6 h, soit un cycle Marée-Haute- marée basse

Si un relevé a été fait à marée haute, le suivant, 7 jour plus tard, correspond donc à une marée basse. Ceci explique l'aspect brisé, globalement très régulier de la courbe de variation du niveau du canal, et confirme l'influence quasi exclusive de la marée sur le niveau du canal.

IV - Les échanges Adour-Canal

Sur le canal, le « 0 » de l'échelle limnigraphique est calée sur le « 0 » NGF.

La marégraphe d'Urt est calé sur le « 0 » hydrographique, spécifique à chaque station. Son calage par rapport au 0 NGF est de - 2,143 m.

Par ailleurs, l'établissement des graphiques des variations de niveaux, a nécessité un recalage des horaires de relevés sur le Temps Universel (heure légale = TU+ 1 h en hiver, TU+2 h en été)

Les variations comparées de niveau Adour-Canal

L'examen des graphiques de comparaison des niveaux du Canal et de l'Adour permet quelques observations.

Le moment de remplissage maximal du canal est décalé de la pleine marée haute sur l'Adour de :

- 2 h environ en période de Mortes-Eaux
- 3 h environ en période de Vives-Eaux.

Cette différence peut s'expliquer à partir des éléments suivants :

- En Vives-Eaux, le niveau de l'Adour à marée haute, est supérieur à 2 m NGF. La pression sur le battant de la porte à flot est importante. Son niveau de fermeture est fort. Le débit vers le canal est réduit.
- En Mortes-Eaux, le niveau de l'Adour, toujours à marée haute, est plus faible. La fermeture est moindre et le débit plus fort.

La dissymétrie de fonctionnement de la porte-à-flot est forte ; une évaluation sommaire des débits sortant et entrant dans le canal, a été effectuée à partir du graphique du suivi sur 12 h en période d'étiage et de Vives-Eaux :

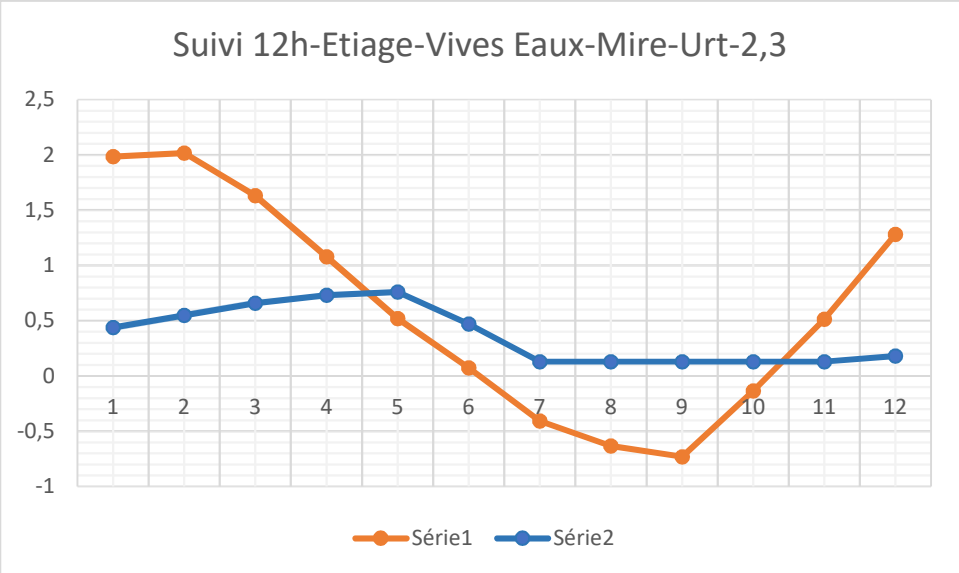
La vidange se fait en 2 h avec un débit sortant moyen :

- $Qs = 0,4\ m^3.s^{-1}$

Le remplissage se fait en 4h avec un débit entrant moyen :

- $Qc = 0,07\ m^3.s^{-1}$

Série 1 : Marégraphe à Urt
Série 2 : Mire



Le fonctionnement de la porte-à-flot

Il est très irrégulier. Pour 3 suivis de 12 h, le rapport entre débit entrant et débit sortant, a pu être évalué ; ce rapport Qe / Qs varie dans de larges proportions : 0,175 à 0,520.

Ceci illustre, à notre sens, des irrégularités de fermeture de la porte, indépendantes du niveau de l'Adour. Ces irrégularités peuvent tenir à la présence de déchets (branches), de sédiments accumulés, ou à un grippage de la porte.

Pour l'avenir, la réflexion sur le fonctionnement hydrique du site gagnerait probablement en simplicité, à voir les 3 ouvrages frontaux, les portes-à flots, révisés dans leur fonctionnement.

Les variations de conductivité et de pH dans le canal

- Suivies sur 12h et en rythme horaire

➢Les variations de conductivité sont en parfaite harmonie avec l'analyse des niveaux d'eau dans le canal et le scénario d'échange avec l'Adour :

- Hausse de la conductivité dès que le niveau de l'Adour vient équilibrer celui du canal soit environ 2 h avant la marée haute, pendant une période pouvant atteindre 4 h. Ceci signifie que le flux de l'Adour vers le canal se poursuit pendant la descendante jusqu'à équilibrer les niveaux ;
- Les courbes les plus « parlantes » sont celles correspondant à la période d'étiage, les eaux « marines » étant moins diluées, et plus conductrices qu'à la crue ;
- La courbe la moins parlante est celle correspondant à la conjonction Crue – Mortes-Eaux. Ceci en raison d'un phénomène de crue très limitée sur l'Adour et d'un coefficient de marée très faible (34-36, le 19 avril 2016).

Ces courbes permettent une approche des caractéristiques des masses d'eau sur le plan de la conductivité.

- En effet, à marée basse, le débit-capable de la porte-à-flot permet, après un effet de chasse, l'évacuation totale des eaux venues de l'Adour à marée haute. Les conductivités dans le canal caractérisent alors les eaux du BV du canal.
  Conductivité = 234 à 241 $\mu S.cm^{-1}$.
- Inversement, à marée haute, les eaux de l'Adour ont largement repoussé les eaux issues du BV en amont de la Mire. Ce sont alors les eaux peu diluées de l'Adour.
  Conductivité = 270 à 443 $\mu S.cm^{-1}$ en période d'étiage
  Conductivité = 250 à 285 $\mu S.cm^{-1}$ en période de crue.

➢Concernant les pH, les valeurs mesurées apparaissent globalement stables. Les variations mesurées ne peuvent être formellement mises en relation avec un paramètre clairement identifiable :

- Marée montante ou descendante,
- Episode de pluie, concomitant avec le prélèvement,
- Episode de crue sur le canal en relation avec des pluies légèrement antérieures aux prélèvements
- …

- Suivi sur 1 an et rythme mensuel

Les relations entre pH et conductivité pour les eaux du canal, apparaissent globalement cohérentes, même si la relation statistique n'est pas "parfaite". Leur analyse n'apporte pas plus que les suivis sur 12 h, sur le fonctionnement hydrique et les échanges Adour-Canal.

Conclusion de ce chapitre

- Les échanges d'eau concernent des volumes importants, surtout en relation avec l'effet de marée ;
- L'effet de marée masque presque complètement l'effet des pluies sur le bassin-versant du canal ;
- On note une dissymétrie normale car voulue, de la porte à flot dans les échanges d'eau ;
- La fermeture de la porte à flot apparaît quelque peu aléatoire lors des hauts niveaux sur l'Adour.

V - Les échanges Canal Est- Tourbière

Ces échanges sont étudiés par les analyses des suivis sur 12h et sur 1 mois.

➢ Les 4 suivis des niveaux d'eau sur 12 h ne montrent aucune relation entre canal et piézométrie de la tourbière (P3). Les fortes variations de niveau dans le canal, n'influent en rien le niveau d'eau au piézomètre P3.

La seule variation de niveau du P3 apparaît comme saisonnière : le niveau d'eau de P3 est de 0,88 à 0,90 m NGF en fin de période de recharge hivernale et printanière (avril), et de 0,76 m NGF en fin de période estivale (septembre et octobre). On a ici le sentiment d'avoir « enfoncé » une porte ouverte.

➢ Les deux suivis des niveaux d'eau sur 1 mois à rythme journalier, n'apportent pas plus d'information. Il n'y apparaît aucune relation de niveau entre canal et tourbière sauf en 1 point : la remontée de la nappe de la tourbière à partir du 13 septembre 2016 correspond, dans le temps, à une remontée du niveau dans le canal (maximum atteint le 18).

Cette conjonction de remontée des niveaux ne tient pas à l'établissement brutale d'une communication du canal vers la tourbière, le canal n'a pas débordé, mais au fait que de forts évènements pluvieux ont eu lieu du 13 au 17 septembre donnant un cumul, de précipitation de 32,5 mm.

Sur le canal, un tel cumul de pluie peut donc s'exprimer sur le niveau d'eau sans être totalement masqué par l'effet marée sur l'Adour, comme cela est le cas lors des suivis sur 12 h.

Concernant le suivi du mois d'avril 2017, on remarque, outre l'indépendance des variations des niveaux d'eau dans le canal et dans la tourbière, un abaissement régulier du plan d'eau de la tourbière.

Cela est en relation avec un mois peu arrosé, exclusion faite des 3 premiers jours, au cours duquel le déficit hydrique, P – ETP, est de 60 mm entre le 3 et le 29 du mois.

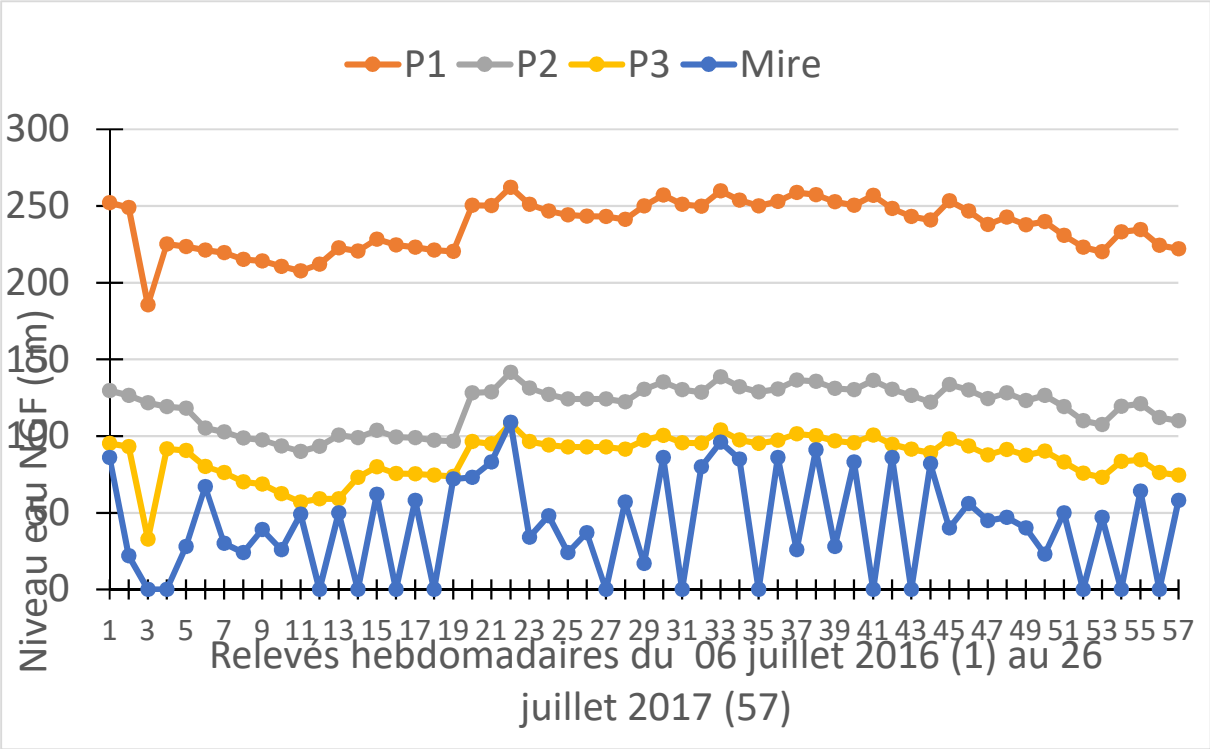
VI - Echanges Tourbière – Atmosphère

Effectué sur 57 semaines, le suivi piézométrique en P1, P2, P3, a permis d'étudier les relations entre le niveau de la nappe de la tourbière et la pluviométrie.

Rappels et considérations préalables

Les courbes d'évolution des niveaux piézométriques en P1, P2, P3, apparaissent totalement parallèles indiquant ainsi une parfaite homogénéité de la réponse de la nappe de la tourbière aux influences des phénomènes météorologiques et à celles des processus de vidange.

De ce fait, l'analyse des variations qui suit est menée à partir du seul cas de P1 généralisable à l'ensemble du Moura de Passeben.



N.B. : Il faut faire ici abstraction des relevés n°1, 2, 3 périodes pendant lesquelles P1 et P3 se sont obturés.

Les données météorologiques utilisées sont celles de la Station de Saint-Martin de Hinx :

- P : lame d'eau précipitée en cumul journalier
- ETP : évapotranspiration potentielle, journalière ; il s'agit de la pluie restituée à l'atmosphère, par transpiration de la végétation et évaporation du sol. Il s'agit d'une valeur potentielle maximale, devant généralement être adaptée à la nature du couvert végétal et à la situation hydrique du sol.

Les caractéristiques de la tourbière :

- sol en permanence bien pourvu en eau,
- couvert végétal herbacé, continu

font que la valeur de l'évapotranspiration réelle (ETR) est, par définition, égale à l'ETP.

Les valeurs de la pluie efficace, Peff, sont extraites des valeurs P et ETP. Peff est la part de la lame d'eau précipitée non évaporée qui, dans l'ordre :

- Recharge la capacité de stockage en eau (CSE) du sol,
- Réalimente la nappe de la tourbière,
- S'écoule latéralement vers les bordures du système tourbeux pour, éventuellement, revenir en surface.

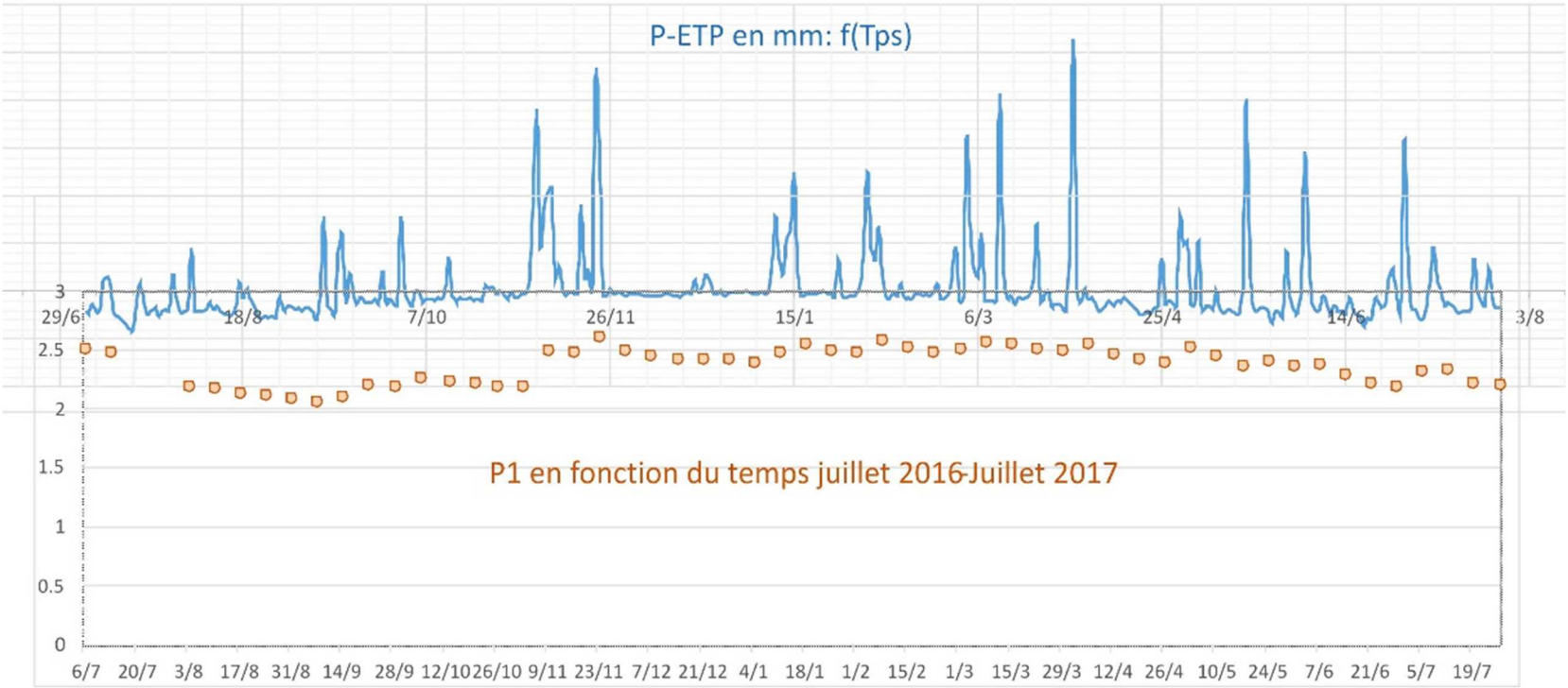
Il est rappelé ici, que la recharge de la nappe ne peut commencer que lorsque la CSE du sol est saturée.

Analyse globale

L'analyse repose sur la comparaison entre la répartition des Peff avec le niveau de la nappe en P1.

Plusieurs constats s'imposent en premier lieu :

- La courbe d'évolution des pluies efficaces (P – ETP) traduit des périodes de déficit hydrique, P < ETP, et des périodes d'excédent hydriques, P> ETP, bien perceptibles en tendance moyenne :
- Excédent hydrique : mi-septembre à fin mars ;
- Déficit hydrique : avril à mi-septembre ;

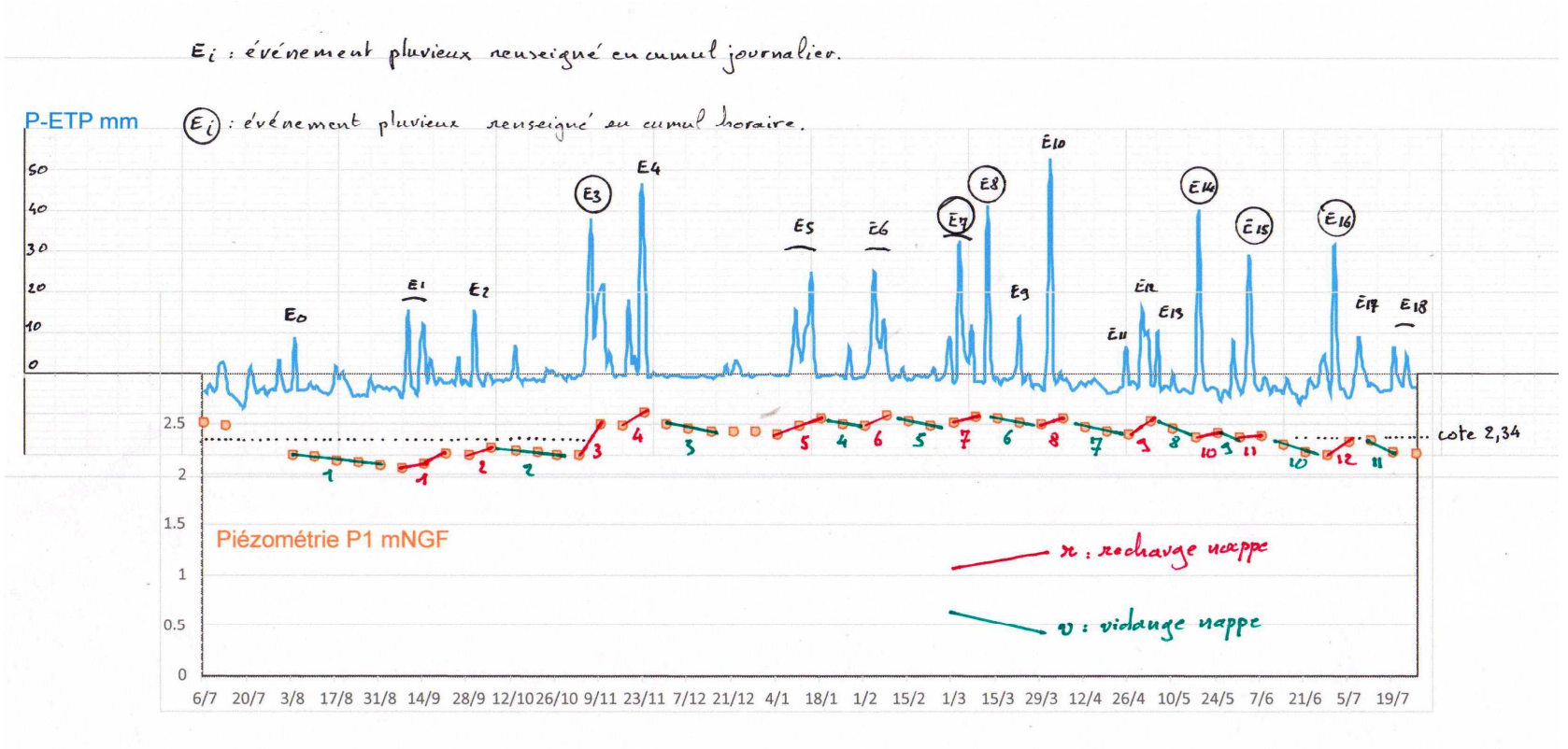


A la tendance moyenne définie ci-dessus, se surimposent des pics de fortes valeurs constituant autant d'évènements de fortes précipitations au regard de l'ETP ;

Ces évènements, notés de E0 à E18 sur le schéma suivant, coïncident exactement, pour ceux dotés des plus fortes valeurs, avec des épisodes de recharge de la nappe.

Inversement, les périodes insuffisamment pluvieuses, en termes de Peff, correspondent tout à fait à des périodes de vidange de la nappe.

Rapprochement Pluviométrie et Piézométrie



Aussi succincte soit-elle, cette première analyse vient donc confirmer l'un des résultats antérieurs :

Le niveau piézométrique de la nappe de la tourbière est, pour la période juin 2016 – juillet 2017, et en ce qui concerne les flux entrants, sous l'influence unique des phénomènes pluviométriques. Dit autrement, la tourbière n'a reçu, sur cette période, aucun flux hydrique en provenance des bassins-versants des coteaux ou du lit de l'Adour.

Comme le système tourbeux ne peut stocker indéfiniment les excès pluviométriques, il convient donc d'examiner les possibilités et les modalités des seuls flux hydriques « sortants » de la tourbière et donc de revenir sur le thème des échanges de cette dernière avec sa périphérie.

Cet examen a été effectué en analysant plusieurs périodes soit de vidange de nappe soit de recharge.

Analyse des périodes spécifiques

- Les périodes de vidange de nappe

Ce sont des périodes sans précipitation efficace. Cinq de ces périodes ont été plus précisément étudiées. Elles sont toutes en relations avec des niveaux de nappe inférieur à + 2,34 m NGF.

Période v1 : du 3/08/2016 au 7/09/2016
Période v2 : du 5/10/2016 au 2/11/2016
Période v3 : du 30/11/2016 au 4/01/2017
Période v5 : du 8/02/2017 au 22/02/2017
Période v10 : du 14/06/2017 au 28/06/2017

La méthode d'analyse est simple dans le principe. La baisse du niveau de nappe, Δn, dépend de deux grandeurs : le cumul des pertes par évapotranspiration sur la période considérée (ΣETP en mm) et les pertes dues aux échanges entre la tourbière et son environnement hydrogéologique, Pe

$$\Delta n = \Sigma ETP + Pe$$

Les calculs effectués suivant ce simple principe, intègrent également une valeur de porosité des tourbes de l'ordre de 90 %. Une variation de niveau d'eau dans la tourbière de 1 unité signifie une lame d'eau équivalente de 0,9 unité.

L'ensemble des cas examinés montre que l'abaissement de la nappe par effet de pertes hydrogéologiques, se fait avec une vitesse apparente extrêmement faible : de 2.10^{-9} m.s^{-1} à 6.10^{-9} m.s^{-1}.

Ces valeurs sont totalement négligeables.

La conclusion tirée de cette analyse s'énonce donc clairement :

En dessous d'une cote de nappe inférieure à 2,34 m NGF, en P1, l'abaissement de la nappe s'explique entièrement par le déficit hydrique. Les pertes hydrogéologiques par le fond ou les bordures de la tourbière, sont nulles.

- Les périodes de recharges de la nappe

Trois périodes de recharge ont été extraites de divers cas analysés pour présentation :

r4 : période du 16/11/2016 au 23/11/2016
r5 : période du 11/01/2017 au 18/01/2017
r8 : période du 29/03/2017 au 5/04/2017

Elles sont en relation avec une recharge concomitante à un fort niveau de nappe, supérieur à la cote 2,34 m NGF, et elles succèdent à une période pendant laquelle des pluies ont saturé la CSE du

sol. Ce dernier point permet une simplification des calculs car la pluie n'a pas à recharger le sol superficiel et gagne directement la nappe.

D'une façon constante pour ces périodes, les cumuls de pluie efficace, sont beaucoup trop importants au regard des remontées de nappe constatées : des pertes hydrogéologiques se sont déclarées.

Ces dernières n'ont pu se faire verticalement, le fond géologique de la tourbière étant apparu totalement imperméable. Il s'agit donc de pertes latérales par effet de ruissellement dit « retardé ». Il s'agit de « volumes » d'eau qui, après une infiltration dans le sol, se déplacent latéralement avant de revenir à la surface des zones de suintement à la périphérie du corps tourbeux.

Les hauteurs d'eau « perdues » sont :

En r4 → 59,1 mm
En r5 → 55,0 mm
En r8 → 50,7 mm

L'homogénéité de ces valeurs, en ordre de grandeur, pour des durées équivalentes (7j) et le fait que l'on soit en milieu saturé, trouve une traduction hydrogéologique. : L'écoulement de la nappe après une période de recharge qui amène cette dernière au-dessus de la cote 2,34 m et permet la saturation du sol, mène à un régime que les hydrogéologues qualifient de permanent.

La baisse de la nappe dues aux fuites latérales, se fait avec les vitesses apparentes calculées, suivantes :

r4 : $V = 9{,}8 \cdot 10^{-8}$ m.s^{-1}
r5 : $V = 9{,}0 \cdot 10^{-8}$ m.s^{-1}
r8 : $V = 8{,}5 \cdot 10^{-8}$ m.s^{-1}

En pratique, compte tenu des approximations liées à ce type de calcul, on retiendra que la vitesse apparente des pertes latérales, déduite au niveau des piézomètres est de l'ordre de :

10^{-7} m.s^{-1}.

A partir de cette valeur de vitesse apparente d'abaissement de la nappe, il est possible d'apprécier le débit de fuite par unité de surface.

A partir de la formule :

$$Q = V \times p \times S$$

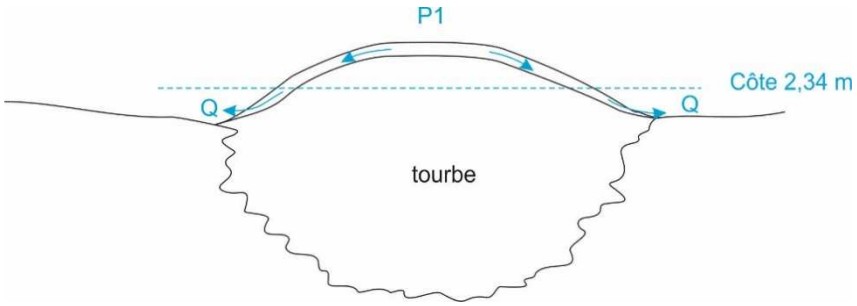
Où :

V : vitesse apparente
p : porosité de la tourbe
S : surface unitaire ;

On calcule :

$Q_{unitaire} \cong 1$ l.s^{-1}.ha^{-1}

➢ Conséquences



- Compte tenu de la surface de la tourbière, le débit périphérique des pertes est de 45 à 50 $l.s^{-1}$.
  Avec une surface en tourbe de 45 ha, un périmètre de 3 km et une épaisseur de la couche superficielle fibrique de transfert pouvant atteindre 1,5 m, on calcule à l'aide de la formule de Darcy, une perméabilité de la surface de la tourbière :
  - $K > 10^{-3}$ $m.s^{-1}$

- C'est là une valeur extrêmement élevée, pour le moins, peu courante en hydrogéologie, mais pouvant s'expliquer en fonction de deux causes :
  - Une très forte porosité de la tourbe ici arrêtée à p = 0,9
  - Un système « tourbière haute active », très hétérogène puisque constitué d'une succession de dépressions en eau (les gouilles) et de buttes formées de sphaignes et de touradons de molinie. C'est donc, sur le plan hydraulique, une alternance de zones à perméabilité en grand (les gouilles) et des zones à perméabilité de porosité (les buttes), pour lesquelles ne devraient pas s'appliquer les mêmes lois de l'écoulement.
  - En toute rigueur, la perméabilité calculée ne caractérise donc pas le matériel tourbeux mais l'organisation morphologique d'ensemble de la tourbière haute.

- Le débit des pertes de 50 $l.s^{-1}$correspond à l'hypothèse pour laquelle la tourbière aurait un fonctionnement non perturbé par les actions anthropiques. Il s'agit d'un débit d'équilibre théorique entre les capacités de stockage de la tourbière et le régime pluviométrique de la région.

- Une comparaison de ce débit théorique avec une mesure des pertes périphériques, apparaitrait comme un élément d'appréciation de l'état de dégradation du fonctionnement hydrogéologique de la tourbière : les ouvrages de drainage réalisés dans le passé notamment le fossé central Nord-Sud sont susceptibles d'avoir une action très déséquilibrante.
  Il serait intéressant de connaître le débit de ces fossés au moyen d'un suivi de mesures, afin de déterminer les modalités de leur éventuelle neutralisation.

CONCLUSION GÉNÉRALE

- La tourbière haute, active, du Moura de Passeben apparaît, sur la période du suivi, déconnectée des apports d'eau depuis les systèmes hydrogéologiques environnants.
    - Pas d'apport d'eau du Bassin Versant et du canal par infiltration à travers les berges de ce dernier,
    - Pas d'apport d'eau par débordement du canal,
    - Pas d'apport d'eau depuis l'Adour.

- Seules sont reçues les eaux météoriques :
    - En période estivale : la tourbière ne perd de l'eau que par effet d'évapotranspiration. Les pertes hydrogéologiques sont nulles, tant verticalement par le fond de la tourbière, que latéralement ;
    - En période hivernale, la tourbière perd de l'eau par phénomène de ruissellement retardé, en circulation « hypodermique ». Le débit moyen de ces pertes latérales est de 45 à 50 $l.s^{-1}$.

- Le Moura de Passeben peut donc être qualifié de tourbière ombrogène ;

Ce type de tourbière se développe généralement en zone montagneuse où les températures basses limitent l'évaporation et où les précipitations sont importantes.

La présence de telles tourbières, Passeben et Montrol, dans la basse vallée de l'Adour ne s'explique donc que par le régime pluviométrique, spécifique, du Pays Basque et de ses environs immédiats : une pluviométrie abondante et des pluies d'intensité suffisante et régulièrement réparties sur l'année.

- La dégradation de la tourbière, constatée sur le plan phytosociologique semble donc principalement liée aux travaux de drainage anciens.

L'urgence en termes de gestion semble de ce fait, la neutralisation de ces axes de drainage en commençant par ceux dont les débits sont les plus importants. Ces débits devront par conséquent, être évalués. Les modalités de neutralisation devront intégrer le fait que la perméabilité, appréciée en grand, des niveaux superficiels est extrêmement élevée.
