

# *Étude Du Fonctionnement Hydrogéologique Des Aquifères Du Quaternaire Et De l'Oxfordien Supérieur Dans La Partie Sud Du Marais Poitevin (Nouvelle-Aquitaine-France)*

## *[Study Of The Hydrological Functioning Of Quaternary And Upper Oxfordian Aquifers In The Southern Part Of The Poitevin Marsh (New-Aquitaine-France)]*

Anongba Braphond Rodrigue Vincent Benjamin<sup>1</sup>, Tohour Privat<sup>1</sup> and Traoré Abou<sup>2</sup>

- <sup>1</sup> École Normale Supérieure (ENS), Département des Sciences et Technologies, Section des sciences de la vie et de la Terre. 08 BP 10 Abidjan 08, Côte d'Ivoire.
- <sup>2</sup> Université Félix Houphouët-Boigny de Cocody-Abidjan, Unité de Formation et de Recherche (UFR) Sciences de la Terre et des Ressources Minières (STRM), Laboratoire des Sciences du Sol, de l'Eau et des Géomatériaux (LSSEG), 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire.



**Résumé** – L'étude des recharges des nappes du Quaternaire et de l'Oxfordien supérieur par les précipitations locales couplée à celle de la méthode Porchet à charge variable, ont permis de mettre en évidence la captivité de la nappe de l'Oxfordien supérieur. A l'inverse, celle du Quaternaire est libre. Ainsi, cette dernière est alimentée par les eaux de précipitations contrairement à la nappe de l'Oxfordien supérieur qui ne l'est pas. Les eaux de surface alimentent l'aquifère du Quaternaire dans la partie marais mouillé, mais l'alimentent moins dans la partie marais desséché. Cette différence de comportement, constatée dans la partie marais desséché, est liée aux aménagements hydroagricoles qui favorisent l'évacuation des eaux après les épisodes pluvieux plutôt que l'infiltration.

Il n'existe aucune connexion hydraulique entre l'aquifère du Quaternaire et celui de l'Oxfordien supérieur.

**Mots clés** – Marais Poitevin, Zone humide, Marais mouillé, Marais desséché, Conductivité hydraulique, Coefficient de perméabilité.

**Abstract** – The study of Quaternary and Upper Oxfordian aquifers recharge by the local precipitations coupled with the Porchet method revealed the captivity of the Upper Oxfordian aquifer. Conversely, the Quaternary aquifer is free. Thus, Quaternary aquifer is fed by precipitation water unlike the Upper Oxfordian aquifer which is not. Surface waters feed the Quaternary aquifer in the wet marsh part, but supply it less in the dried marsh part. This difference in behavior, observed in the dried marsh section, is linked to hydro agricultural developments which favor waters evacuation after rainy episodes rather than infiltration.

There is no hydraulic connection between the quaternary and the upper Oxfordian aquifer

**Keywords** – Poitevin marsh, wetland, wet marsh, dry marsh, hydraulic conductivity, permeability coefficient.

## I. INTRODUCTION

### 1.1 Contexte et justification

Les zones humides ont toujours attiré les populations en raison de leur localisation (côtière, en fond de vallée). De ce fait, ces endroits sont devenus l'un des écosystèmes mondiaux les plus touchés et les plus menacés par les activités humaines que sont l'industrialisation, et le développement urbain [1]. Ainsi, 60% des zones humides d'Europe ont disparu entre 1950 et 1970 [2]. La superficie des zones humides disparue dans le monde est estimée à 3,5 millions d'hectares dont 87% des pertes sont imputés à l'agriculture, 8% à l'urbanisation et 5% à d'autres aménagements [3]. Le Marais Poitevin, deuxième zone humide la plus vaste de la France après la Camargue n'est pas en reste. Elle a vu disparaître plus de la moitié de ses prairies humides. De plus, les nappes souterraines calcaires du Malm, du Dogger et du Lias situées en amont de ce marais sont également surexploitées. Elles font l'objet de prélèvements importants qui détériorent les équilibres qui président à leurs recharges naturelles, à la qualité de leurs eaux et au maintien d'un débit minimum d'étiage [4]. Des ruptures d'écoulement des cours d'eau dans le marais sont de plus en plus fréquents du fait probablement de l'existence de relations directes entre les rivières et les nappes souterraines.

Malgré cette dégradation générale, le Marais Poitevin demeure un espace écologique d'intérêt national et fait l'objet d'études pour en comprendre son fonctionnement [5] ; [6] ; [7] ; [8] ; [9] ; [10].

La partie sud du Marais Poitevin, objet de cette étude, est méconnue du point de vue de la recharge des aquifères du marais par les eaux de précipitations. Les études qui ont été réalisées sur cette partie du marais l'ont essentiellement été d'une part, sur le temps de résidence des eaux souterraines [5], sur les transferts hydriques entre les formations du quaternaire et celles de l'Oxfordien supérieur [7], sur le processus de minéralisation [6], et d'autre part sur les sols ([8] ; [10] ; [11] ; [12] ; [13]). Il s'avère donc nécessaire de mener des études sur la recharge des eaux souterraines de la partie sud du marais afin de compléter celles existantes sur le fonctionnement du marais Poitevin et favoriser ainsi une gestion durable et efficace de cette zone humide.

Ce travail a donc pour objectif d'étudier les recharges des aquifères du Quaternaire et de l'Oxfordien supérieur. Cela permettra de déduire les relations entre les nappes de ces derniers. L'approche utilisée est basée sur une étude de l'influence des précipitations locales.

### 1.2 Présentation de la zone d'étude

Le Marais Poitevin, localisé à l'Ouest de la France, se présente comme une dépression s'inscrivant entre deux plaines du substratum carbonaté traduisant la structure isoclinal des formations jurassiques de la bordure septentrionale du bassin d'Aquitaine ([14] ; [15]). Ancien Golfe des Pictons, ce marais s'étend de Niort à l'océan Atlantique, sur une longueur d'environ 70 km et est la deuxième plus grande zone humide de France après la Camargue et le plus vaste marais de la façade atlantique, couvrant environ 964 km<sup>2</sup> s'étendant sur deux régions (Pays de la Loire et Nouvelle-Aquitaine) et trois départements (Vendée, Charente Maritime et Deux-Sèvres). Cette zone humide qui regroupe au total 82 communes est très fortement peuplée avec une population estimée à 161 000 habitants recensés lors de la campagne de l'Institut National de la Statistique et des études économiques (INSEE) en 2015. Le processus d'évolution naturelle et les aménagements hydro-agricoles ont progressivement transformé cette vaste zone humide. Ces aménagements permettent de distinguer trois grandes zones qui sont la façade littorale qui est sous l'influence marine et où se rencontrent des vasières tidales et les prés salés de la baie de l'Aiguillon. Une zone centrale, le marais desséché, protégée des marées d'équinoxe par des digues de mer et des cours d'eau par des digues qui bordent les principaux cours d'eau. Elle est à l'abri de toute inondation. Une zone d'épandage des crues hivernales non protégée des inondations. Cette zone appelée le marais mouillé s'étend sur la périphérie et borde les rivières.

La zone retenue pour cette étude est la partie sud du Marais Poitevin. Elle est localisée sur les départements de la Charente Maritime et des Deux Sèvres et est située à proximité du détroit du Poitou, en bordure nord du bassin d'Aquitaine. Elle s'étend de Bessines à l'extrême Est jusqu'à Charron à l'Ouest (Figure 1). Elle englobe au total 27 communes dont 16 appartiennent au département de la Charente Maritime et 11 à celui des Deux Sèvres. La superficie totale de cette zone est estimée à 550 km<sup>2</sup>. Le climat est de type océanique avec une pluviométrie moyenne annuelle de 770 mm dans la partie Est de la zone d'étude et 840 mm dans la partie Ouest. Cette pluviométrie est très irrégulièrement répartie dans l'année et se concentre principalement d'octobre à février. La topographie du marais Poitevin est très homogène avec des îlots d'altitudes variant entre 10 et 20 m. Ce sont soit des soubassements calcaro-marneux qui ont échappé au nivellement lors des phases successives d'érosion qui ont jalonné l'histoire du

marais, soit des cailloux ou des graviers quaternaires reposant sur des bancs calcaires [16]. Au plan géologique et hydrogéologique, la zone d'étude est constituée de deux grandes formations géologiques qui sont les formations calcaires et marno-calcaires d'âge jurassique sur lesquelles reposent les formations du Quaternaire encore connu sous le vocable de Bri [17]. Ces deux entités géologiques permettent de différencier plusieurs aquifères dans la zone d'étude dont deux feront l'objet de cette étude. Ce sont les aquifères des formations du Quaternaire (Bri) et de l'Oxfordien supérieur (calcaire). Les formations de l'Oxfordien supérieur qui affleurent en amont du marais se retrouvent sous couverture des formations du quaternaires dans le marais.

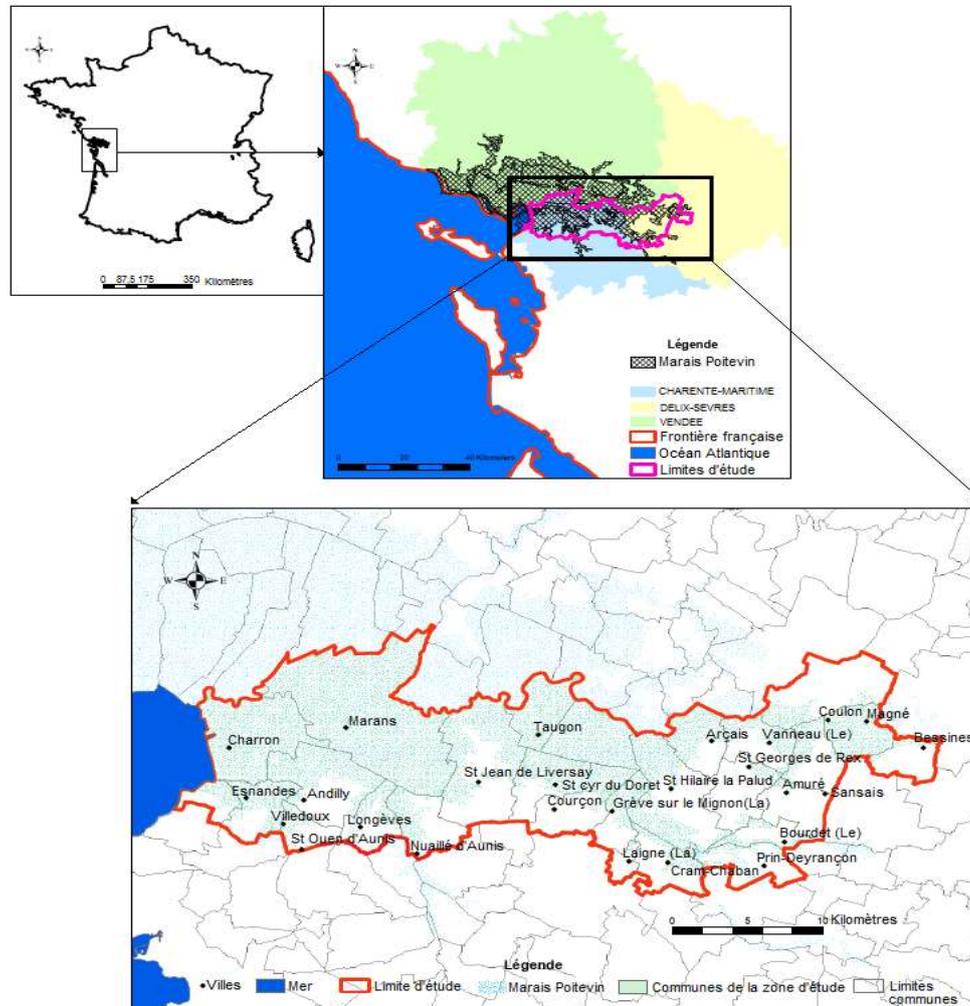


Figure 1 : Localisation de la zone d'étude [8]

## II. MATÉRIEL ET MÉTHODES

### 2.1. Matériel

#### 2.1.1. Implantation des forages sur les sites expérimentaux

Pour mener à bien cette étude, il a été décidé la mise en place de deux sites expérimentaux (figure 2) dont l'un, situé à l'Est de la zone d'étude (site expérimental de Saint Hilaire la Palud situé dans le marais de la Devisse) se trouve en zone dite « marais mouillé ». C'est une zone d'épandage des crues hivernales non protégée des inondations. Et l'autre situé à l'Ouest de la zone d'étude (site expérimental de Marans situé dans le marais du Grand Saint-Louis) se trouve en zone dite « marais desséché ». C'est une zone protégée des marées d'équinoxe par des digues de mer et des cours d'eau par des digues qui bordent les principaux cours d'eau. Elle est à l'abri de toute inondation.

Huit (8) forages réalisés en mode destructif sont localisés sur les deux sites expérimentaux. Sur chaque site expérimental, quatre ouvrages (forages) ont été réalisés dont deux captent l'aquifère carbonaté du Jurassique supérieur (Oxfordien supérieur) et les deux autres celui des formations quaternaires. Les forages captant l'aquifère du Jurassique supérieur sont isolés de l'aquifère du Quaternaire par cimentation et sont espacés de 20 m sur le site expérimental de Saint Hilaire la Palud et de 24 m sur celui de Marans. Entre ceux-ci, sont intercalés les ouvrages captant les formations du Quaternaire qui sont eux espacés de 3 m sur le site expérimental de Saint Hilaire la Palud et de 4 m sur celui de Marans (figure 3).

Le forage F1 du site expérimental de Saint Hilaire la Palud a une profondeur de 86 m. Sur ce forage, des formations quaternaires sont rencontrées jusqu'à une profondeur de 9 m. Ensuite, des coquillages sont observées sur une épaisseur de 20 m, puis des formations argileuses et marneuses sont rencontrées sur une épaisseur de 25 m. A partir de 55 m de profondeur, on observe des formations calcaires. Le forage F2 du site expérimental de Saint Hilaire la Palud a une profondeur de 8,5 m. Sur cet ouvrage, les formations quaternaires sont rencontrées sur une épaisseur de 7,5 m. Des coquillages sont observés à la base du forage. Le forage F3 du site expérimental de Saint Hilaire la Palud à une profondeur de 8 m. Il traverse les formations quaternaires sur une épaisseur de 7 m. Il y a ensuite une présence de coquillages à la base de cet ouvrage. Le forage F4 du site expérimental de Saint Hilaire la Palud à une profondeur de 21 m. Des formations quaternaires sont rencontrées sur une épaisseur de 11 m. Des formations calcaires sont observées à partir de 11 m jusqu'à la base du forage. Les forages F2 et F3 du site expérimental de Marans ont une profondeur de 18 m. Ils n'interceptent que des formations du Quaternaire. Les forages F1 et F4 du site expérimental de Marans ont une profondeur de 44 m. Ils interceptent des formations du Quaternaire sur une épaisseur de 18 m. Ensuite, des formations calcaires sont observées à partir de 18 m jusqu'à la base du forage.

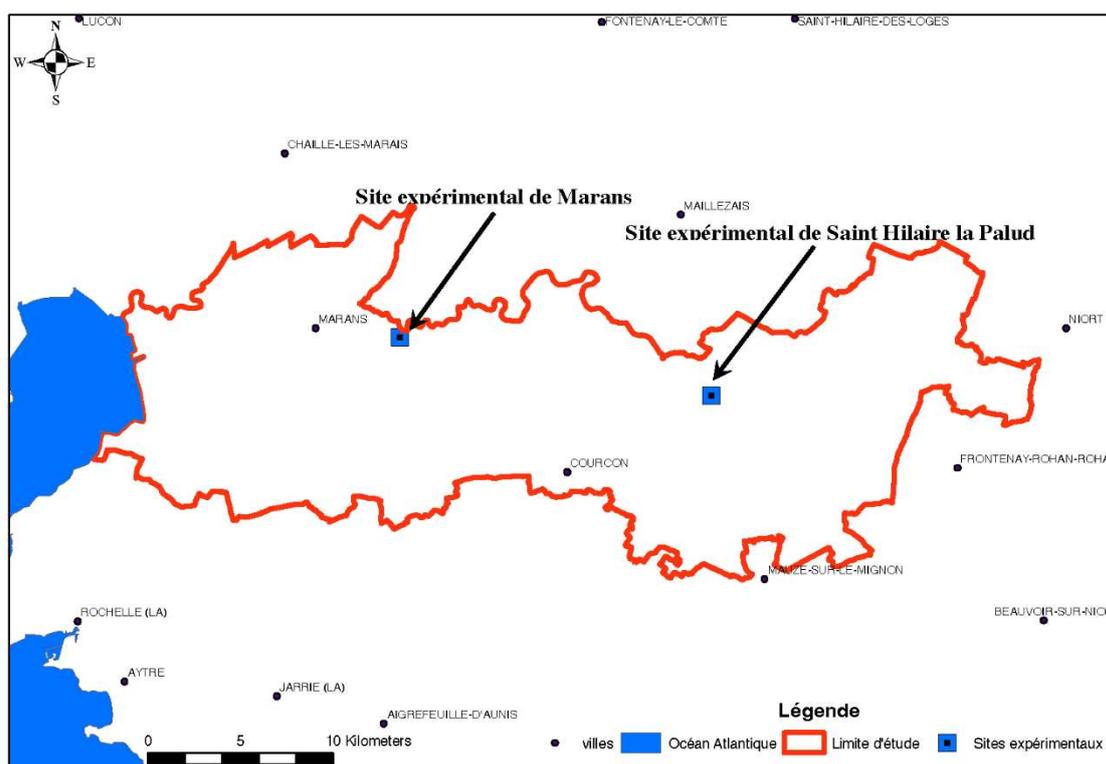


Figure 2 : Carte de localisation de la zone d'étude montrant l'implantation du site expérimental de Marans localisé dans le marais du Grand Saint-Louis et du site expérimental de Saint Hilaire la Palud localisé dans le marais de la Devise

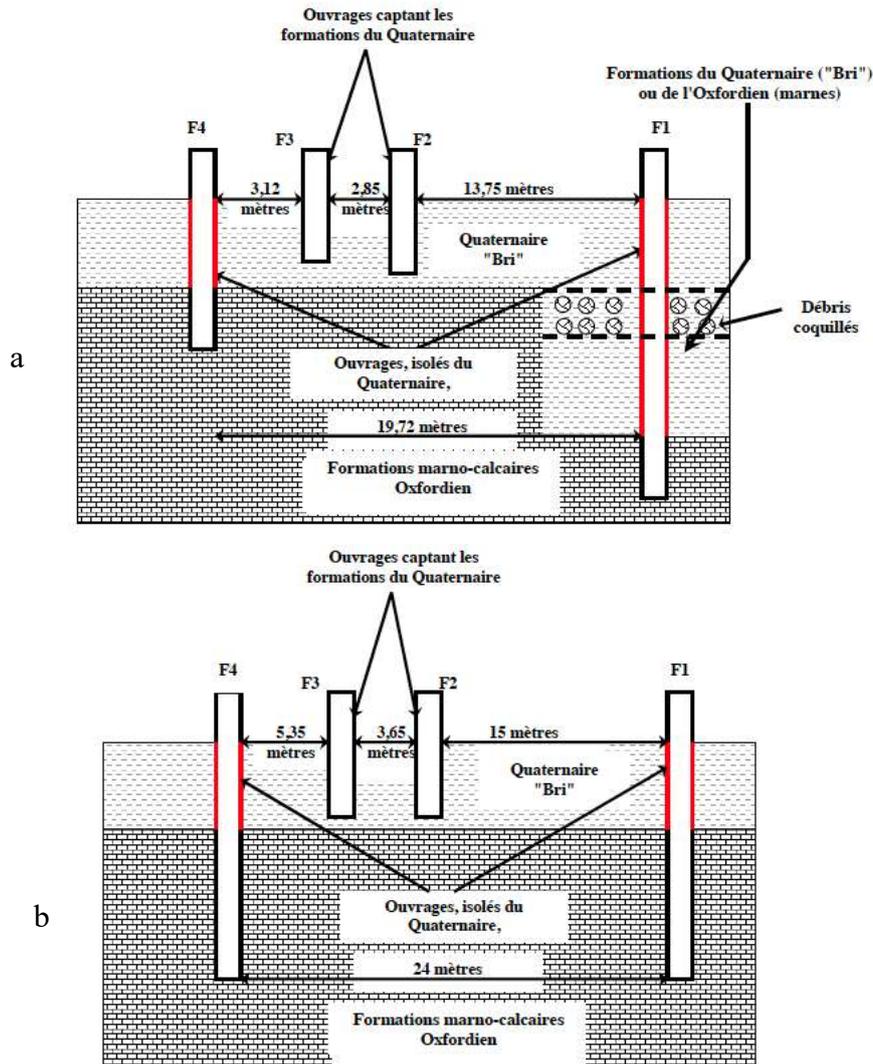


Figure 3 : Coupe schématique de la disposition des ouvrages du Quaternaire (F2, F3) et de l'Oxfordien supérieur (F1, F4), sur le site expérimental de Saint Hilaire la Palud (a) et de Marans (b)

### 2.1.2. Instrumentation des forages des sites expérimentaux

Dans le cadre de cette étude, quatre (4) forages, deux (2) ouvrages par site expérimental, ont été équipés en vue d'un suivi automatique et continu de certains paramètres physico-chimiques que sont la température, le pH, la conductivité, et le niveau piézométrique. Les forages équipés sont les forages F3 et F4 du site expérimental de Saint Hilaire la Palud et les forages F1 et F3 du site expérimental de Marans.

Le matériel utilisé est une centrale d'acquisition appelée « Nivemac 98 S\*S-4 conçue par Hydroemac Matériels Auteg. Il est constitué d'un coffret en polyester étanche IP66 à 4 voies d'entrées à l'intérieur duquel se trouve, un plastron de visualisation de 2 lignes et de 16 caractères alphanumériques pour la lecture des données de mesures (instantanées, minimum, maximum, et moyennes journalières) et des données de fonctionnement de l'appareil (état de la batterie, seuils d'alarmes, horodateur). Un clavier tactile de 8 touches de commande pour l'acquiescement des alarmes et la sélection des fonctions. Et d'une batterie de 12 volts et 7 ampères heure munie d'un connecteur. Il existe dans ce boîtier 2 interfaces de série asynchrone RS 232 paramétrable par logiciel dont un est réservé à la communication locale et le second à une communication du type téléphone RTC ou GSM avec un protocole de communication et de gestion du modem extérieur. Le coffret est relié à 3 sondes de mesure par des câbles.

Une sonde pour la conductivité/salinité et la température des eaux. Cette sonde de conductivité salinité toroïdale à effet électromagnétique, a une plage de mesure allant de 0 à 100 mS/cm pour une résolution de 0,1mS/cm. La sonde de température intégrée à celle de la conductivité/salinité a sa gamme de mesure qui varie entre -20°C et 60°C pour une résolution de 0,1°C. Une sonde pH dont la plage de mesure varie entre 0 et 14 upH avec une résolution de 0,1 upH. Et enfin, une dernière sonde pour la mesure du niveau d'eau avec une gamme de mesure allant de 0,00 m à 40,80 m pour une résolution de 1 cm.

### **2.1.3. Matériel utilisé pour la mesure des propriétés de subsurface des sites expérimentaux**

Le matériel utilisé pour l'étude des propriétés de subsurface par la méthode Porchet [18] est constitué d'une tarière à main de 10 cm de diamètre, des bidons d'eau de 20 litres, d'un chronomètre, d'une tige graduée pour la mesure de la variation du niveau d'eau durant la mise en œuvre de la méthode et des fiches de terrain pour l'enregistrement des résultats.

## **2.2. Méthodes**

### **2.2.1. Étude de la recharge des aquifères du Marais Poitevin par les précipitations**

Les quatre centrales d'acquisition automatiques installées sur les deux sites expérimentaux effectuent des mesures toutes les heures. La lecture de ces dernières s'effectue sur site à l'aide d'un micro-ordinateur portable avec le logiciel "Logemac". Parmi les données récupérées, seules les données piézométriques ont fait l'objet d'une interprétation pour cette étude.

Les chroniques piézométriques des nappes du Quaternaire et de l'Oxfordien supérieur ont été comparées aux données pluviométriques. Celles utilisées dans le cadre de cette étude proviennent des stations météorologiques de Météo France situées à la Rochelle et à Niort-Souché. La station météorologique de la Rochelle est contiguë au site expérimental de Marans. Celle de Niort-Souché est localisée non loin du site expérimental de Saint Hilaire la Palud. Par conséquent, les données climatiques fournies par chaque station météorologique sont donc considérées comme représentatives des conditions climatiques pour chaque site expérimental correspondant.

L'analyse des chroniques piézométriques a été réalisée en comparant d'une part la piézométrie des ouvrages et les précipitations efficaces (pluie-ETP calculée par la formule de Penman-Monteith ([19] ; [20])) et de l'autre en comparant systématiquement la piézométrie de l'ouvrage du Quaternaire à celle de l'Oxfordien supérieur sur chaque site expérimental. Pour que cette comparaison puisse se faire, la piézométrie de l'ouvrage captant la nappe du Quaternaire a été rattachée à celle du calcaire de l'Oxfordien supérieur à l'aide d'un nivellement relatif. Ainsi, à Saint Hilaire la Palud, la piézométrie de l'ouvrage F3 peut être comparée à celle de l'ouvrage F4 en y ajoutant 3,5 centimètres. De même, à Marans, la piézométrie de l'ouvrage F3 peut être comparée à celle de l'ouvrage F1 en y ajoutant 0,25 centimètre.

Une étude basée sur la corrélation entre les niveaux piézométriques des ouvrages suivis sur chaque site a été réalisée. Au cours de cette étude, le coefficient de corrélation linéaire a été calculé à l'aide de l'expression suivante.

$$\rho_{X,Y} = \frac{\text{cov}(X,Y)}{\sigma_X \cdot \sigma_Y} \quad (1)$$

$\rho_{X,Y}$  : coefficient de corrélation

$\text{cov}(X,Y)$  : covariance de deux séries de données

$\sigma_X$  et  $\sigma_Y$  : écart type respectivement de la série X et Y.

### **2.2.2. Détermination des propriétés hydrauliques de subsurface des sites expérimentaux**

La méthode utilisée dans le cadre de ce travail est la méthode Porchet [18] à charge variable. Cette méthode consiste à creuser un trou de 10 cm de diamètre et de 100 cm de profondeur. Après l'avoir rempli d'eau, on mesure la vitesse d'infiltration dans le sol. Cependant, cette méthode est très critiquable car un des biais de cette dernière est l'évolution de la charge au cours du temps qui va donner une valeur du coefficient de conductivité non stabilisée. Toutefois, bien qu'elle ne donne pas des résultats exacts en valeur absolue, elle demeure dans la plupart des cas très satisfaisante du point de vue ordre de grandeur.

Au cours de l'expérience, les trous à la tarière une fois saturés sont remplis d'eau. On considère que l'eau s'écoule aussi bien par le fond du trou que par les parois. De ce fait, pour quantifier ce flux d'eau, il faut appliquer la loi de Darcy [21] :

$$Q = K S \frac{dH}{dL} \quad (2)$$

avec  $Q$  : débit ( $\text{cm}^3\text{s}^{-1}$ ),  $K$  : conductivité hydraulique à saturation qui représente la vitesse d'infiltration verticale de l'eau libre dans un sol saturé ( $\text{cm s}^{-1}$ ),  $S$  : surface de la couche filtrante ( $\text{cm}^2$ ),  $dH/dL$  : gradient hydraulique [avec  $H$  hauteur de la colonne d'eau au-dessus de la couche filtrante ( $\text{cm}$ ) et l'épaisseur de la couche ( $\text{cm}$ )].

De façon générale, le débit est égal à la variation de volume par unité de temps :

$$Q = \frac{dV}{dt} = \pi r^2 \frac{dz}{dt} \quad (3)$$

Au fond du trou :

$$Q_f = -K \pi r^2 \frac{dH}{dz} \quad (4)$$

Au niveau des parois :

$$Q_p = -K 2 \pi r z \frac{dH}{dz} \quad (5)$$

Le débit total qui sort du trou est :

$$Q_T = Q_f + Q_p = -2 K \pi r \left( \frac{r}{2} + z \right) \frac{dH}{dz} \quad (6)$$

On admet que  $\frac{dH}{dz} = 1$  lorsque le sol est saturé, de ce fait, l'équation (3) est égale à l'équation (6), on déduit

$$\frac{dz}{\left( \frac{r}{2} + z \right)} = -\frac{2 K}{2,3 r} dt \quad (7)$$

L'équation (7) est une équation différentielle du premier ordre dont l'intégrale donne, en prenant à  $t = 0$ ,  $z = h$  (hauteur d'eau dans le trou à la tarière au début de l'expérience) :

$$\log \left( \frac{r}{2} + z \right) = -\frac{2 K}{2,3 r} t + \log \left( \frac{r}{2} + h \right) \quad (8)$$

Il est possible de construire une courbe expérimentale du type  $\log \left( \frac{r}{2} + z \right) = f(t)$

La pente de la courbe expérimentale est  $\text{tg} \alpha = \frac{2 K}{2,3 r}$ . Il est donc possible de déduire,  $K = \frac{2,3 r}{2} \text{tg} \alpha$

Pour la mise en œuvre de la méthode Porchet dans cette étude, un carré de trente-six trous à la tarière a été réalisé (figure 4). La profondeur de chaque trou est d'un mètre. Des mesures du niveau d'eau en fonction du temps ont été faites sur chaque trou. Des valeurs de coefficient de perméabilité ont été calculées sur ces trous.

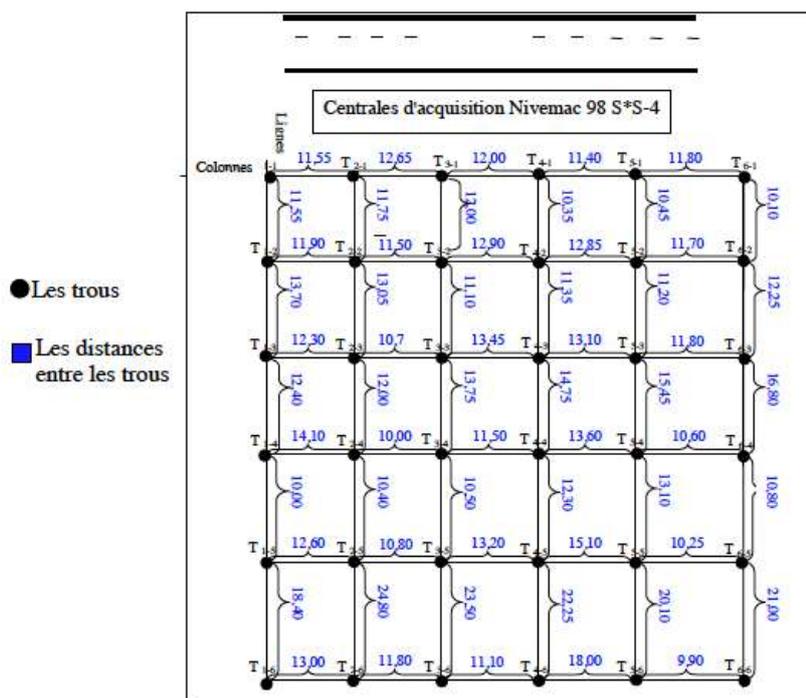


Figure 4 : Disposition des trous de tarière utilisés dans le cadre de l'étude de sub-surface sur le site expérimental de Marans (distance en mètre)

### III. RÉSULTATS ET DISCUSSION

#### 3.1. Présentation des résultats

##### 3.1.1. Étude de la recharge des aquifères du Marais Poitevin par les précipitations

Les mesures du niveau piézométrique réalisées sur l'ouvrage F3 du site expérimental de Saint Hilaire la Palud s'étendent sur la période allant de décembre 2005 à mars 2007. Cependant, en raison de problèmes liés à l'appareillage, l'acquisition des informations sur cet ouvrage a été perturbée, ce qui nous donne des lacunes de données entre mai et août 2006. Le niveau piézométrique de la nappe du Quaternaire mesuré dans l'ouvrage F3 présente une tendance générale à la hausse entre décembre 2005 et avril 2006 avec des réponses bien marquées aux précipitations (figure 5). Puis une baisse est observée d'avril à mai 2006. On observe à partir d'août 2006 une nouvelle tendance générale à la hausse jusqu'en mars 2007 avec toujours des réponses bien marquées aux différents épisodes pluviométriques.

Le niveau piézométrique de la nappe de l'ouvrage F4 présente une tendance générale à la hausse entre décembre 2005 et février 2007 (figure 6). Contrairement à la nappe du Quaternaire, celle du calcaire réagit aux épisodes pluviométriques mais pas de façon systématique. Ainsi, les seules réponses à la pluviométrie de cette nappe sont observées en mars, avril et décembre 2006.

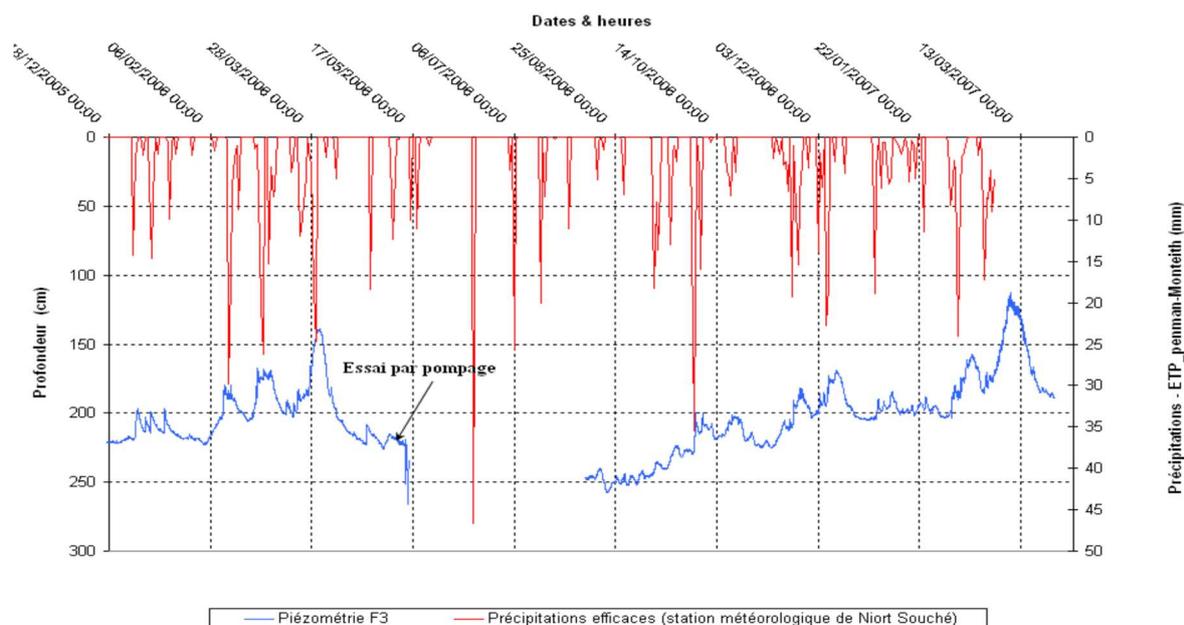


Figure 5 : Évolution du niveau piézométrique dans l'ouvrage F3 (captant l'aquifère du Quaternaire) du site expérimental de Saint Hilaire la Palud en fonction des précipitations efficaces

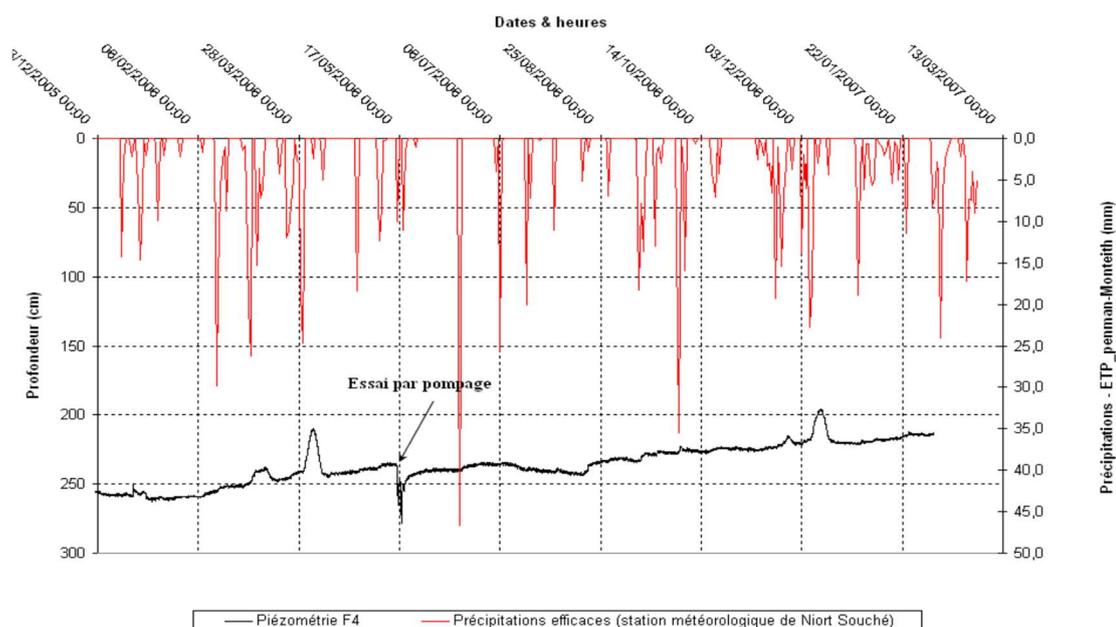


Figure 6 : Évolution du niveau piézométrique dans l'ouvrage F4 (captant l'aquifère de l'Oxfordien supérieur) du site expérimental de Saint Hilaire la Palud en fonction des précipitations efficaces

Pour ce site, compte tenu d'une absence de mesures de niveau piézométrique entre mai et août 2006, deux coefficients de corrélation ont été calculés sur les périodes pourvus de mesures. Le coefficient obtenu sur la période allant de décembre 2005 jusqu'à mai 2006 est de 0,42 ce qui dénote d'une corrélation positive de qualité moyenne entre les niveaux d'eau des deux

aquifères. A l'inverse, le coefficient obtenu sur la période allant d'août 2006 à février 2007 est de 0,91. La corrélation entre les niveaux d'eau durant cette seconde période est bonne. Les niveaux piézométriques dans les deux ouvrages semblent avoir les mêmes causes de fluctuation.

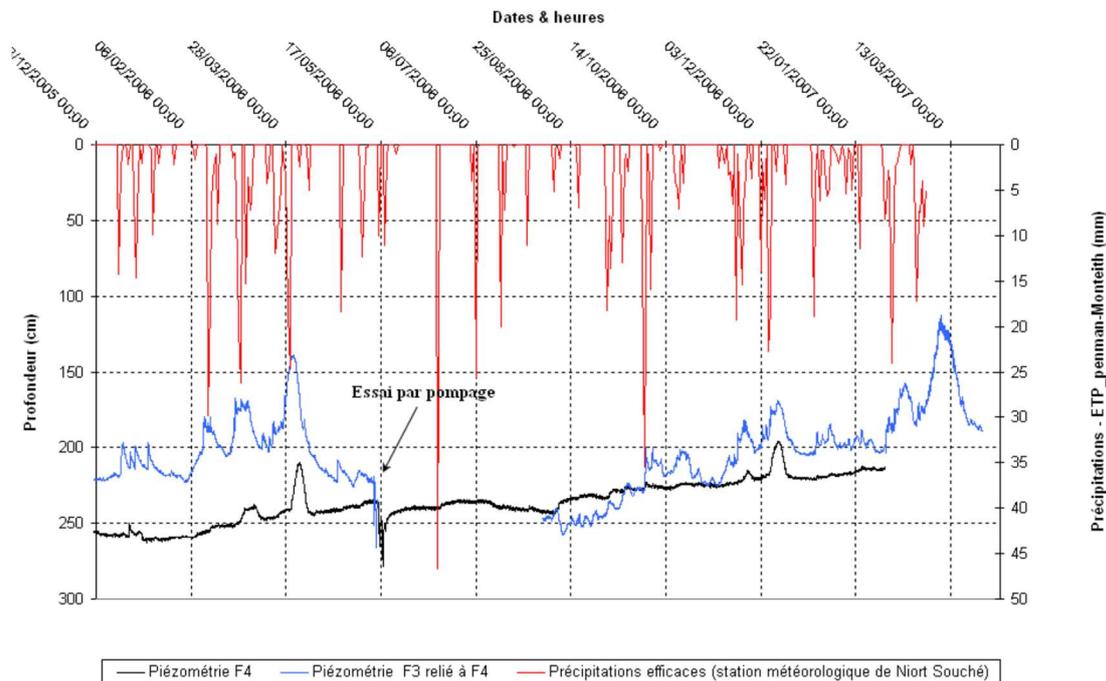


Figure 7 : Évolution du niveau piézométrique dans les ouvrages F3 (captant l'aquifère du Quaternaire) et F4 (captant l'aquifère de l'Oxfordien supérieur) du site expérimental de Saint Hilaire la Palud en fonction des précipitations efficaces

Les mesures du niveau piézométrique réalisées sur l'ouvrage F3 du site expérimental de Marans présente une tendance générale à la hausse de septembre 2005 à mai 2006 avec des réponses à la pluviométrie très peu marquée (figure 8). Après une très brève descente, durant le mois de mai 2006, une hausse est encore constatée jusqu'en août 2006 suivi d'une légère baisse entre août et septembre 2006 puis encore une hausse jusqu'en février 2007. Ces différentes variations piézométriques sont toujours accompagnées de réponses à la pluviométrie toujours assez peu marquées. La nappe du Quaternaire à Marans réagit donc comme une nappe libre avec une recharge par la pluviométrie très peu marquée.

Les niveaux piézométriques mesurés sur l'ouvrage F1 captant l'aquifère de l'Oxfordien supérieur sous couverture quaternaire localisé sur le site expérimental de Marans présentent une tendance générale à la hausse de septembre à décembre 2005 sans réponse marquée à la pluviométrie (figure 9). Une baisse est constatée de décembre 2005 à février 2006. Par la suite, la tendance à la hausse est de nouveau constatée jusqu'en février 2007 toujours sans une réponse marquée à la pluviométrie. La nappe calcaire de l'Oxfordien supérieur sous couverture quaternaire semble donc ne pas être rechargée par les précipitations.

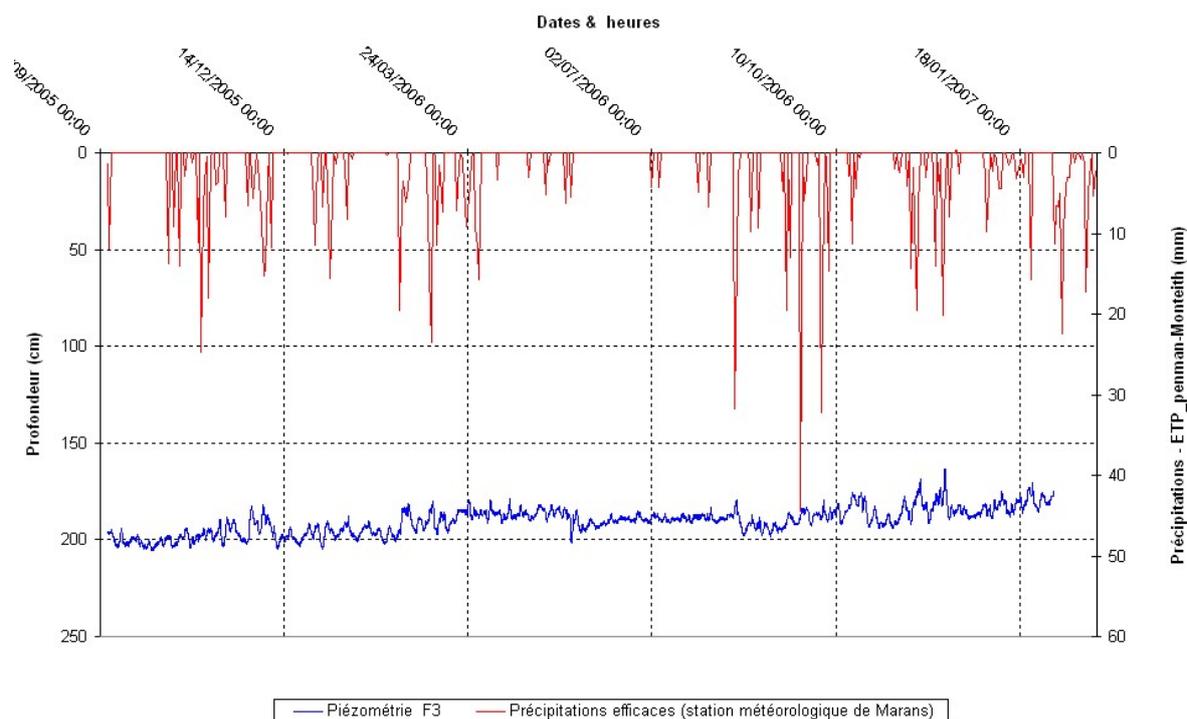


Figure 8 : Évolution du niveau piézométrique dans l'ouvrage F3 (captant l'aquifère du Quaternaire) du site expérimental de Marans en fonction des précipitations efficaces

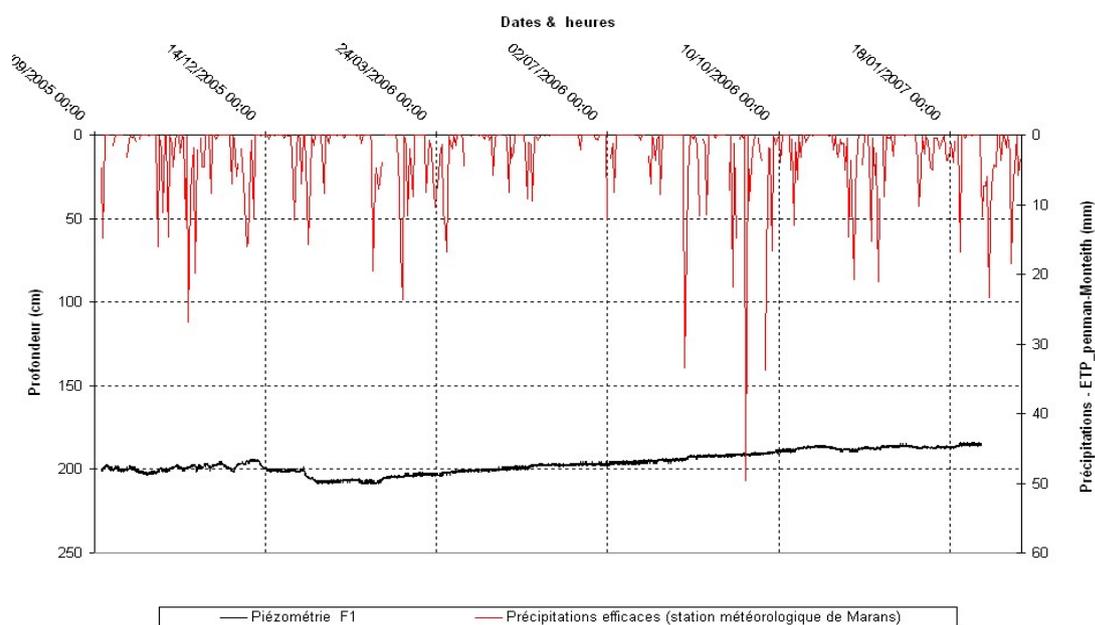


Figure 9 : Évolution du niveau piézométrique dans l'ouvrage F1 (captant l'aquifère de l'Oxfordien supérieur) du site expérimental de Marans en fonction des précipitations efficaces

Comme à Saint Hilaire la Palud, une comparaison des variations des niveaux piézométriques des deux nappes a été réalisée à l'aide d'un coefficient de corrélation, ce dernier calculé donne une valeur de 0,55. La corrélation entre ces deux paramètres existe cependant, elle est de qualité moyenne et n'est pas significative. Les deux niveaux piézométriques ne sont donc pas corrélés (figure 10).

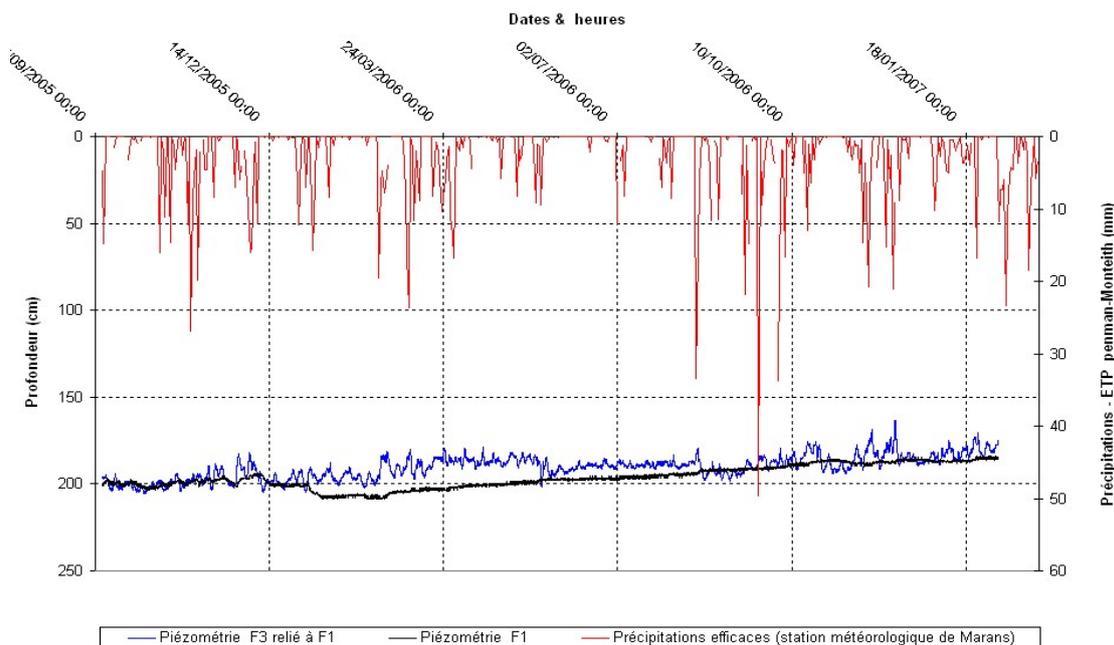


Figure 10 : Évolution du niveau piézométrique dans les ouvrages F3 (captant l'aquifère du Quaternaire) et F1 (captant l'aquifère de l'Oxfordien supérieur) du site expérimental de Marans en fonction des précipitations efficaces

### 3.1.2. Détermination des propriétés hydrauliques de subsurface du site expérimental de Marans

Une étude portant sur la partie superficielle des sols du site expérimental de Saint Hilaire la Palud a été réalisée par [22]. Au cours de ce travail, les propriétés hydrauliques de sub-surface de ce site expérimental ont été étudiées, l'objectif étant de définir les conductivités hydrauliques ou coefficients de perméabilité en surface afin de comprendre leur impact sur la recharge des nappes d'eau souterraines du Quaternaire et de l'Oxfordien supérieur sous couverture quaternaire. Cette étude s'est déroulée dans le premier mètre de sol et a permis d'avoir une idée sur la perméabilité du toit de l'aquifère du Quaternaire. Il a donc été décidé la réalisation d'une étude similaire sur le site expérimental de Marans (figure 11).

Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau 1. Les coefficients de perméabilité ou conductivités hydrauliques obtenus vont de  $8,1 \times 10^{-8}$  à  $1,2 \times 10^{-6}$  m/s. Les valeurs de coefficient de perméabilités obtenues à la surface du site expérimental de Marans sont du même ordre de grandeur que celles obtenues par [8] à partir de l'analyse granulométrique des sols du Marais Poitevin. Elles sont également du même ordre de grandeur que celles obtenues par [22] sur le site expérimental de Saint Hilaire la Palud ( $8,63 \times 10^{-8}$  à  $8 \times 10^{-6}$  m/s). Une si faible perméabilité en surface des sols du Marais Poitevin est donc responsable des inondations constatées dans la partie marais mouillé après des épisodes pluvieux.

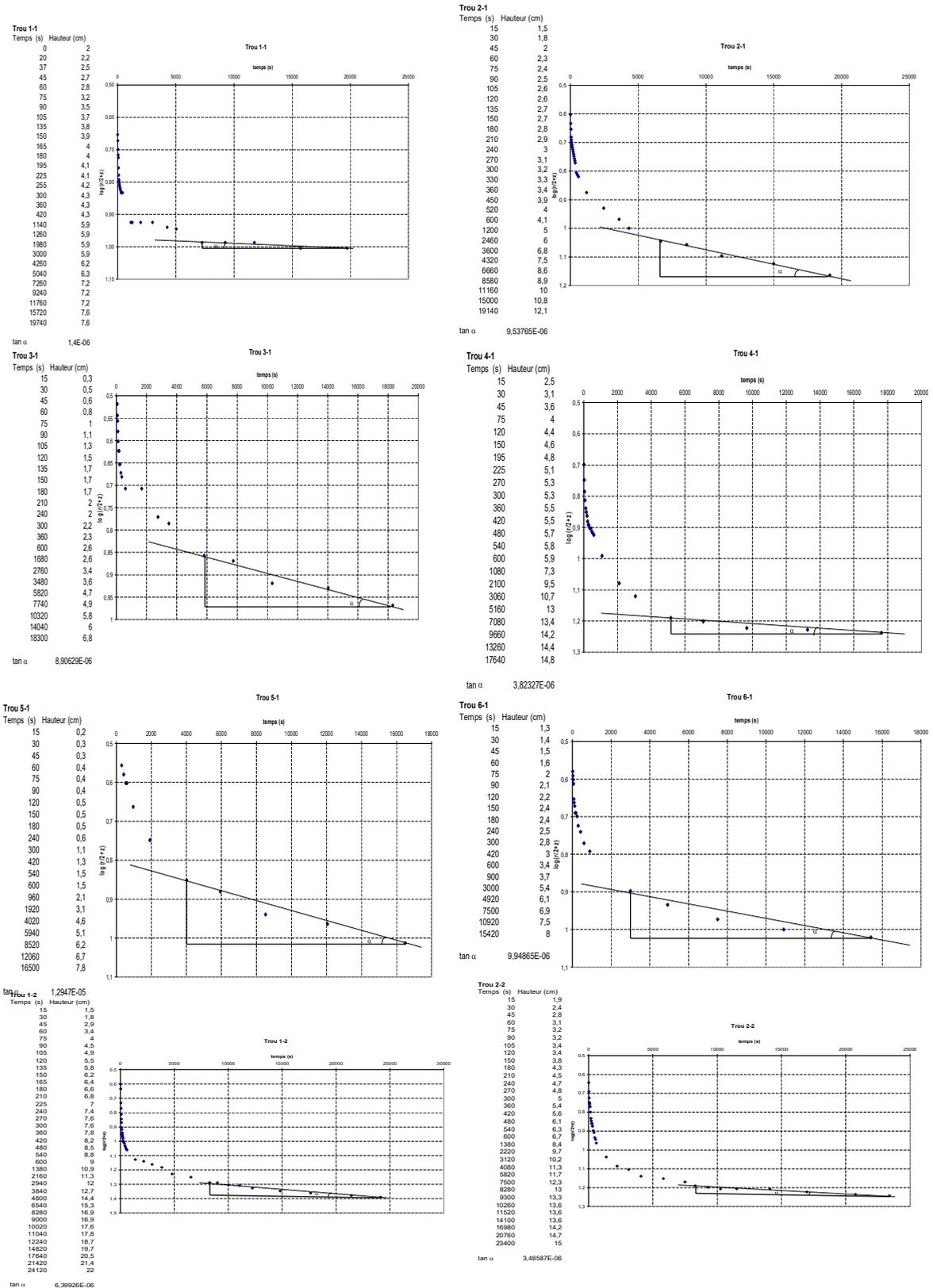


Figure 11 : Conductivités hydrauliques calculées par la méthode Porchet sur le site expérimental de Marans (K en m/s)

Tableau 1 : Tableau 1 : Conductivités hydrauliques calculées par la méthode Porchet sur le site expérimental de Marans (K en m/s)

K de T1-1	K de T2-1	K de T3-1	K de T4-1	K de T5-1	K de T6-1
$8,1 \times 10^{-8}$	$5,5 \times 10^{-7}$	$5,1 \times 10^{-7}$	$2,2 \times 10^{-7}$	$7,4 \times 10^{-7}$	$5,7 \times 10^{-7}$
K de T1-2	K de T2-2	K de T3-2	K de T4-2	K de T5-2	K de T6-2
$3,7 \times 10^{-7}$	$2,0 \times 10^{-7}$	$4,2 \times 10^{-7}$	$1,0 \times 10^{-7}$	$9,0 \times 10^{-7}$	$6,8 \times 10^{-7}$
K de T1-3	K de T2-3	K de T3-3	K de T4-3	K de T5-3	K de T6-3
$8,5 \times 10^{-7}$	$5,4 \times 10^{-7}$	$8,2 \times 10^{-7}$	$9,7 \times 10^{-7}$	$9,7 \times 10^{-7}$	$2,5 \times 10^{-7}$
K de T1-4	K de T2-4	K de T3-4	K de T4-4	K de T5-4	K de T6-4
$5,0 \times 10^{-7}$	$3,0 \times 10^{-7}$	$4,1 \times 10^{-7}$	$5,7 \times 10^{-7}$	$4,7 \times 10^{-7}$	$8,2 \times 10^{-7}$
K de T1-5	K de T2-5	K de T3-5	K de T4-5	K de T5-5	K de T6-5
$1,2 \times 10^{-6}$	$6,0 \times 10^{-7}$	$8,6 \times 10^{-7}$	$9,5 \times 10^{-7}$	$7,7 \times 10^{-7}$	$4,6 \times 10^{-7}$
K de T1-6	K de T2-6	K de T3-6	K de T4-6	K de T5-6	K de T6-6
$8,1 \times 10^{-7}$	$9,3 \times 10^{-7}$	$7,0 \times 10^{-7}$	$5,1 \times 10^{-7}$	$4,5 \times 10^{-7}$	$1,1 \times 10^{-6}$

K : Conductivité hydraulique (m/s), T1-1 : Trou de la première ligne et de la première colonne

### 3.2. Discussion

La comparaison de l'évolution de la piézométrie de la nappe du Quaternaire sur le site expérimental de Saint Hilaire la Palud et celle de la nappe de l'Oxfordien supérieur sur le même site avec la pluviométrie de la station météorologique de Niort-Souché, montre que les niveaux piézométriques mesurés dans les deux ouvrages réagissent aux différents épisodes pluviométriques. L'aquifère du Quaternaire est celui qui réagit le mieux à ces différents épisodes et ce de façon quasi immédiate. Ainsi, les pluies des mois de janvier, février et de mars 2006 ont immédiatement entraîné des évolutions à la hausse du niveau piézométrique (figure 7). La nappe de l'aquifère de l'Oxfordien supérieur sous couverture quaternaire réagit également à la pluviométrie avec toutefois une réponse décalée de 3 jours à une semaine par rapport à celle du Quaternaire. Cette réaction est plus complexe car pas systématique et laisse penser à un transfert de pression plutôt qu'à un transfert de masse. Cette absence de relation entre les deux nappes confirme la captivité de la nappe de l'Oxfordien supérieur mise en évidence par [7]. S'il est possible de conclure à une recharge de la nappe du Quaternaire par la pluviométrie, il semble plus difficile de tirer une telle conclusion pour la recharge de celle de l'Oxfordien supérieur.

Ainsi, la nappe du Quaternaire sur le site expérimental de Saint Hilaire la Palud réagit comme une nappe libre avec une recharge par la pluviométrie. A l'inverse, celle de l'Oxfordien supérieur ne présente pas de connexion hydraulique avec celle du Quaternaire localisée au-dessus ce qui confirme les résultats obtenus par [6] et [7].

Sur le site expérimental de Marans, La comparaison de l'évolution des niveaux piézométriques (aquifère du Quaternaire et de l'Oxfordien supérieur) avec la pluviométrie de la station météorologique de la Rochelle met en évidence des niveaux d'eau qui réagissent peu aux différents épisodes pluviométriques.

Toutefois, des deux nappes, seule celle du Quaternaire réagit sensiblement aux différents épisodes pluvieux. En effet, on observe de faibles augmentations du niveau piézométrique de cette dernière après des épisodes pluvieux.

La faible influence de la pluviométrie sur le niveau piézométrique de cette nappe peut être attribuée aux aménagements hydroagricoles réalisés par les exploitants dans cette partie du marais. Ces aménagements sont constitués de drains enterrés dans les parcelles dont la fonction est l'évacuation des eaux après un épisode pluvieux.

La nappe du calcaire quant à elle, ne semble pas du tout influencée par les précipitations. Il est donc difficile de tirer une conclusion sur la recharge de cette dernière. Comme dans le cas du site expérimental de Saint Hilaire la Palud, la nappe de l'aquifère de l'Oxfordien supérieur sous couverture Quaternaire du site expérimental de Marans semble ne pas avoir de connexion hydraulique avec celle du Quaternaire ce qui confirme les résultats obtenus sur ce site expérimental par [6] et [7].

Il ressort de cette étude que les aménagements agricoles réalisés dans le Marais Poitevin (marais desséché), avec la présence des canaux d'évacuation des eaux de pluie des parcelles, ne favorisent pas l'alimentation de la nappe du Quaternaire dans cette partie du marais localisé à l'Ouest de la zone d'étude. Cette problématique ne se pose pas dans la partie marais mouillé à l'Est de cette zone, où l'eau stagne après les épisodes pluvieux à cause d'une perméabilité très faible des sédiments de surface avec des valeurs de coefficient de perméabilité largement inférieur à  $10^{-7}$ m/s. Ces valeurs sont conformes à celles obtenues par [8] sur le Marais Poitevin. Cette stagnation des eaux de pluie à la surface du marais mouillé facilite donc l'alimentation de la nappe du Quaternaire depuis la surface.

#### IV. CONCLUSION

L'étude des recharges des nappes du Quaternaire et de l'Oxfordien supérieur par les précipitations locales couplée à celle de la conductivité hydraulique de subsurface par la méthode Porchet à charge variable permettent d'affirmer que l'alimentation des aquifères du Quaternaire se fait essentiellement par la pluviométrie efficace aussi bien à Saint Hilaire la Palud qu'à Marans. Cependant, la faible influence de la pluviométrie sur la nappe du Quaternaire à Marans est liée aux aménagements agricoles. Quant à Saint Hilaire la Palud, le fait que le site expérimental soit localisé en marais mouillé, réceptacle des eaux d'inondation, favorise l'accès à la nappe de ces dernières. La recharge des aquifères de l'Oxfordien supérieur sous couverture quaternaire est plus complexe. Si aucune influence de la pluviométrie n'est constatée à Marans, un transfert de pression plutôt qu'un transfert de masse pourrait expliquer les réponses à la pluviométrie de cette nappe à Saint Hilaire la Palud. Il ressort de cette étude que la nappe de l'Oxfordien supérieur sous couverture quaternaire n'est pas alimentée depuis la surface.

#### RÉFÉRENCES

- [1] Mitsch W.J. et Gosselink J.G., 2000: Wetlands, third ed. Van Nostrand Reinhold, New-York.
- [2] Fustec E., Lefevre J.C., 2000 : Fonctions et valeurs des zones humides. Dunod, Paris, 426 p.
- [3] Frayer W.E., Monathan T.J, Bowden D.C., et Graybill F.A., 1983: Status and trends of wetlands and deepwater habits in the conterminous United States, 1950's to 1970's, Department of Forest and Wood Sciences, Colorado State University, Fort Collins, 32 p.
- [4] Safège ingénieurs conseils, 2001 : Rapport étude hydrogéologique de la nappe intensément exploitée de l'Aunis, 228p.
- [5] [Anongba Braphond Rodrigue Vincent Benjamin, Traore Abou et Tohouri Privat., 2024 : Origine et temps de résidence des eaux souterraines de la partie sud du Marais Poitevin (Nouvelle-Aquitaine-France) et de son substratum carbonaté de l'Oxfordien Supérieur par utilisation couplée d'isotopes Stables et radioactifs. Int. J. of Adv. Res. (Jan). 231-249] (ISSN 2320-5407). <http://dx.doi.org/10.21474/IJAR01/18113>
- [6] Anongba Braphond, R.V.B., Privat, T., Issa S. S. & Germain, A. M., 2023 : Origine et processus de minéralisation des eaux souterraines dans la partie Sud du Marais Poitevin (Nouvelle-Aquitaine France) et de son substratum carbonaté de l'Oxfordien Supérieur. European Scientific Journal, ESJ, 19(33), 231. <https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n33p231>
- [7] Braphond Rodrigue Vincent Benjamin Anongba, Djémin Jacques Édoukou, Privat Tohouri, and Adja Miessan Germain., 2023: "Contribution to the knowledge of water transfers between the Quaternary and Upper Oxfordian (limestone) aquifers of the southern part of the Poitevin marsh (Poitou-Charentes, France)," *International Journal of Innovation and Scientific Research*, vol. 65, no. 1, pp. 15–29.

- [8] Vincent Benjamin, A. B. R., Germain, A. M., & Jacques, D. E., 2022 : Contribution à la Caractérisation des Sédiments Superficiels Quaternaires de la Partie Sud du Marais Poitevin (Poitou Charentes-France). *European Scientific Journal, ESJ*, 18(40), 211. <https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n40p211>
- [9] Anongba B., 2007 : Identification du système hydrogéologique des formations quaternaires et callovo-oxfordiennes du Marais Poitevin par approche couplée minéralogique, hydrodynamique et géochimique. Thèse de Doctorat de l'Université de Poitiers (France), 319 p.
- [10] Bernard M., 2006 : Étude des comportements des sols de marais : évolution minéralogique, structurale et hydromécanique. (Marais de Rochefort et Marais Poitevin). Thèse de doctorat. Université de Poitiers. 309 p.
- [11] Garnier D., 1975 : Contribution à l'étude de la pédogenèse récente : les sols sur argile à scrobiculaire du Marais Poitevin. Thèse de doctorat. Université de Poitiers. 91p.
- [12] Ducloux J et Nijs R., 1972 : Contribution à l'étude géologique et géomorphologique du Marais Poitevin, Bull. de la Soc. Belge de Géologie, de Paléontologie et d'Hydrologie, t.81, fasc. 3-4, pp. 227-249.
- [13] Dupuis J., 1969 : Le climat et l'économie de l'eau dans les sols de marais mouillés. Étude pédologique du Marais Poitevin, tome II, 144p.
- [14] Dupuis J., Dutreuil J.P., et Jambu P., 1965 : Observation sur quelques sols récents du littoral poitevin. Sc. Du sol, n°2, Pp. 173-188.
- [15] Camuzard J.P., 2000 : Les sols marqueurs de la dynamique des systèmes géomorphologiques continentaux. Thèse de doctorat de l'Université de Caen. Volume I pp 53-129.
- [16] Welsch J., 1916 : Le Marais Poitevin. Annales de Géographie., tome XXV. Pp326-346.
- [17] Mazeau M., 1979 : Contribution à l'étude géologique et hydrogéologique du Jurassique supérieur entre Courçon et Saint Jean D'Angély. Thèse de Doctorat. Université de Bordeaux I. xp.
- [18] Porchet M., 1928 : Éssai sur une méthode de détermination du débit d'un puits. Annales du Ministère de l'Agriculture, fascicule 56, Eaux et Génie Rural.
- [19] Monteith, J.L., 1965: Evaporation and environment. In symposia of the society for experimental biology (Vol. 19, pp. 205-234). Cambridge University Press (CUP).
- [20] Penman, H.L., 1948: Natural evaporation from open water, bare soil and grass. Proceedings of the Royal Society of London? Series A. Mathematical and Physical Sciences, 193 (1032), 120-145.
- [21] Darcy H., 1856 : Les Fontaines Publiques de la ville de Dijon. Victor Dalmont, Paris.
- [22] Lhulier V., 2005 : Perméabilité des sols de subsurface dans le Marais Poitevin en fonction de leurs teneurs en eau. Mémoire de TER Master recherche 1<sup>ère</sup> année Géosciences Géomatériau - Eaux. Laboratoire Hydrasa. Université de Poitiers. 20 p.