

## Contribution à la connaissance des transferts hydriques entre les nappes du Quaternaire et de l'Oxfordien supérieur (calcaire) de la partie sud du Marais Poitevin (Poitou-Charentes, France)

### [ 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) ]

*Braphond Rodrigue Vincent Benjamin Anongba<sup>1</sup>, Djémin Jacques Édoukou<sup>2</sup>, Privat Tohour<sup>1</sup>, and Miessan Germain Adja<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>École Normale Supérieure (ENS), Département des Sciences et Technologiques, Section des Sciences de la Vie de la Terre. 08 BP 10 Abidjan 08, Côte d'Ivoire

<sup>2</sup>Université Félix Houphouët Boigny d'Abidjan, Laboratoire des Sciences de l'Eau, du Sol et des Géomatériaux, UFR des sciences de la Terre et des Ressources Minières, (STRM). 22 BP 582, Abidjan 22, Côte d'Ivoire

---

Copyright © 2023 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the *Creative Commons Attribution License*, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**ABSTRACT:** Poitevin marsh is a typical example of anthropogenic activities influence on wetlands. One of the problems to be solved before considering preservation solutions, concerns the improvement of hydrogeological knowledge and water transfers between the marsh and Jurassic carbonate bedrock. This study aims to determine the hydrodynamic parameters of Quaternary and Upper Oxfordian aquifers in order to appreciate the water transfers between these aquifers and to better understand the hydrogeology of this area. Thus, pumping tests are carried out to determine the hydrodynamic parameters of the aquifers. The pumping tests interpretation carried out, allowed to highlight very low permeability of upper Oxfordian formations under Quaternary cover. As for the formations of Quaternary aquifer, obtained permeability coefficients are in the order of  $10^{-7}$  m/s to  $10^{-6}$  m/s with transmissivity values in the order of  $10^{-6}$  to  $10^{-5}$  m<sup>2</sup>/s and a storage coefficient in the order of  $10^{-2}$ . However, Quaternary formations are more permeable than Upper Oxfordian formations. On the time scale of the measurements, no hydraulic connection between Quaternary and Upper Oxfordian aquifers could be observed. The water transfers between these two aquifers would therefore be very limited.

**KEYWORDS:** Marais Poitevin, Quaternary aquifer, Upper Oxfordian aquifer, Permeability.

**RESUME:** Le marais Poitevin est un exemple typique de l'influence des activités anthropiques sur les zones humides. L'un des problèmes à résoudre avant d'envisager des solutions de préservation, concerne l'amélioration des connaissances hydrogéologiques et des transferts hydriques entre le marais et le substratum carbonaté du Jurassique. Cette étude vise à déterminer les paramètres hydrodynamiques des nappes du Quaternaire et de l'Oxfordien supérieur en vue d'apprécier les transferts hydriques entre celles-ci pour mieux appréhender l'hydrogéologie de cette zone. Ainsi, des essais de pompage sont réalisés pour la détermination des paramètres hydrodynamiques des aquifères. L'interprétation des essais de pompage réalisés, a permis de mettre en évidence la très faible perméabilité des formations de l'Oxfordien supérieur sous couverture quaternaire. Quant aux formations de l'aquifère du Quaternaire, les coefficients de perméabilité obtenus sont de l'ordre de  $10^{-7}$  m/s à  $10^{-6}$  m/s avec, des valeurs de transmissivité de l'ordre de  $10^{-6}$  à  $10^{-5}$  m<sup>2</sup>/s et un coefficient d'emmagasinement de l'ordre de  $10^{-2}$ . Les formations quaternaires sont cependant plus perméables que celles de l'Oxfordien supérieur. A l'échelle du pas de temps des mesures, aucune connexion hydraulique entre les aquifères du Quaternaire et de l'Oxfordien supérieur n'a pu être observée. Les transferts hydriques entre ces deux nappes seraient donc très limités.

**MOTS-CLEFS:** Marais Poitevin, Aquifère du Quaternaire, Aquifère de l'Oxfordien Supérieur, Perméabilité.

## **1 INTRODUCTION**

Le marais Poitevin, est un exemple typique de l'influence des activités humaines sur les zones humides. Il fait donc l'objet d'une surexploitation de ses ressources en eau depuis plusieurs années et a vu disparaître une grande partie de sa zone inondable à la suite d'activités anthropiques [1], [2]. 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 de plus en plus importants susceptibles de détériorer les équilibres qui président à leurs recharges naturelles, à la qualité de leurs eaux et au maintien d'un débit minimum d'étiage dans les cours d'eau drainant le marais [3]. Ainsi, des ruptures d'écoulement des cours d'eau dans le marais sont de plus en plus observées ces dernières années du fait probablement de l'existence de relations directes entre les rivières et les nappes souterraines. Malgré cette dégradation générale, le marais Poitevin reste un espace écologique d'intérêt national et fait l'objet d'études pour en comprendre son fonctionnement ([4], [5]).

La partie sud du marais Poitevin, objet de cette étude, est méconnue du point de vue hydrogéologique. En effet, l'état actuel des connaissances met en évidence des lacunes de connaissances sur les caractéristiques hydrogéologiques des formations du Quaternaire et de l'Oxfordien supérieur ainsi que sur les échanges entre celles-ci aussi bien à l'intérieur du marais qu'en amont [3]. Les études qui ont été réalisées sur cette partie du marais l'ont essentiellement été sur les sols [5], [6] [7]. [8]. Il s'avère donc nécessaire de mener des études sur l'hydrogéologie de la partie sud du marais afin de comprendre les phénomènes qui concourent à son fonctionnement et favoriser ainsi une gestion durable et efficace de cette zone humide. Les approches utilisées dans cette étude sont celles basées sur la détermination de certains paramètres hydrodynamiques des aquifères à partir des essais de pompage. Cette étude vise donc à déterminer les paramètres hydrodynamiques des nappes du Quaternaire et de l'Oxfordien supérieur de la partie sud du marais Poitevin en vue d'apprécier les transferts hydriques entre celles-ci pour mieux appréhender l'hydrogéologie de cette zone. En d'autres termes, il agit de contribuer à la connaissance du fonctionnement de circuits hydrogéologiques entre les différents aquifères rencontrés dans cette partie sud du marais. Les essais de pompage sont réalisés sur deux sites expérimentaux (Marans et Saint Hilaire la Palud).

## **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 isoclinale des formations jurassiques de la bordure septentrionale du bassin d'Aquitaine [9], [10]. 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. Il couvre une superficie d'environ 964 km<sup>2</sup> et s'étend sur deux régions (Pays de la Loire et Poitou-Charentes) et trois départements (Vendée, Charente Maritime et Deux-Sèvres). Cette zone humide qui regroupe au total 75 communes, est assez fortement peuplée avec, 100 000 habitants recensés lors de la campagne de 1990.

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 à 840 mm. 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 [11]. 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 [12]. 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 au Nord-Est, Sud-Est et au Sud de la zone d'étude, se retrouvent sous couverture des formations quaternaires au Nord (Figure 2).

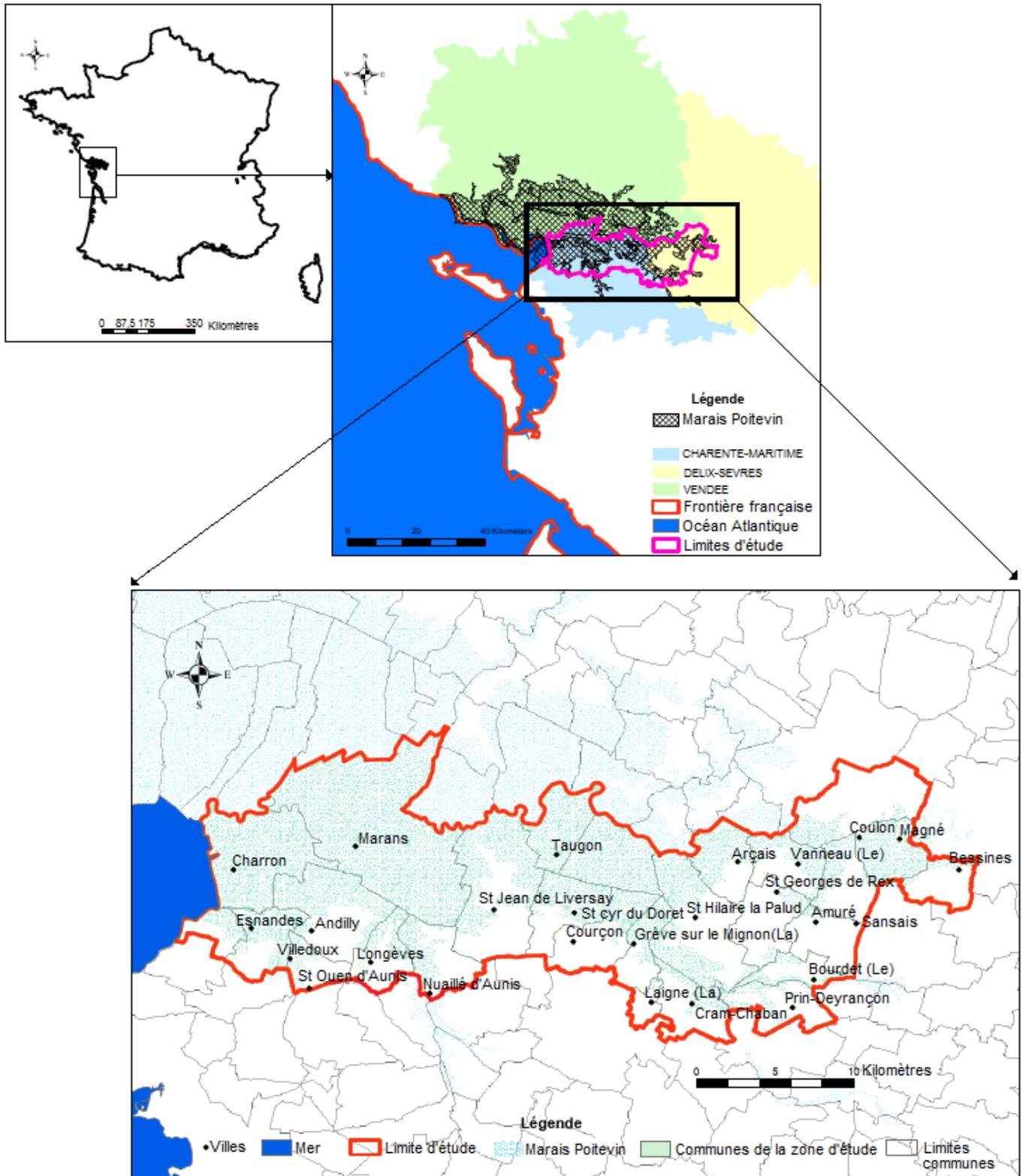


Fig. 1. Localisation de la zone d'étude

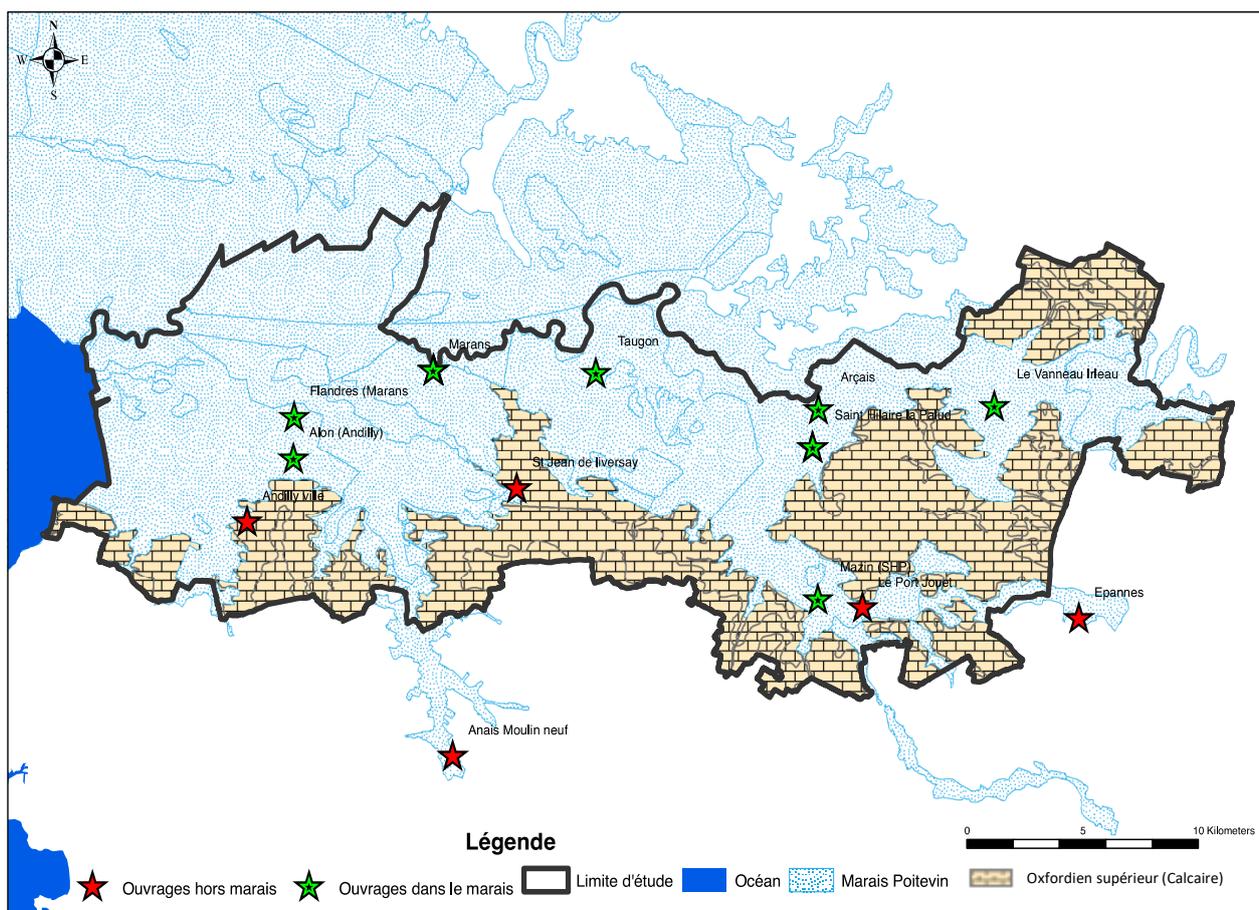


Fig. 2. Carte montrant les aquifères du Quaternaire (marais Poitevin) et de l'Oxfordien Supérieur (calcaire) avec quelques ouvrages réalisés

### 3 MATÉRIEL ET MÉTHODES

#### 3.1 MATÉRIEL

##### 3.1.1 IMPLANTATION DES FORAGES ET DES SONDAGES À LA TARIERE

Pour mener à bien cette étude, 19 forages ont été réalisés en mode destructif. Ils sont disposés d'Ouest en Est selon des transects Nord-Sud (Figure 3). Parmi ces forages, 8 forages destinés à des essais hydrauliques sont localisés sur deux sites expérimentaux dont l'un se trouve à Marans à l'Ouest de la zone d'étude et l'autre à Saint Hilaire la Palud, à l'Est de la zone d'étude. Sur chaque site expérimental, 4 forages ont été réalisés dont deux captent l'aquifère carbonaté du Jurassique supérieur (Oxfordien) 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 24 m au maximum. Entre ceux-ci, sont intercalés les ouvrages captant les formations du Quaternaire qui sont eux espacés de 4 m. Les onze (11) autres ouvrages disséminés dans le marais ne captent que l'aquifère du Quaternaire. Les ouvrages sur les sites expérimentaux sont décrits comme suit:

- Sur le site expérimental de Marans, les forages F1 et F4 ont une profondeur de 44 m et interceptent les formations du Quaternaire sur une épaisseur de 18 m à partir de laquelle s'observe des formations calcaires jusqu'à la base du forage. Les forages F2 et F3 avec, une profondeur de 18 m, n'interceptent que les formations du Quaternaire;
- Sur le site expérimental de Saint Hilaire la Palud (SHP), le forage F1 a une profondeur de 86 m avec, des formations quaternaires rencontrées jusqu'à 9 m de profondeur puis, des coquillages sur 20 m et des formations argileuses et marneuses sur 25 m. Les formations calcaires de l'Oxfordien supérieur sont observées à partir de 55 m de profondeur. Le forage F2 a une profondeur de 8,5 m avec, des formations quaternaires rencontrées sur une épaisseur de 7,5 m et des coquillages observés à la base. Le forage F3 est profond de 8 m et traverse les formations quaternaires sur une épaisseur de 7 m avec, une présence de coquillages à la base. Le

forage F4 à une profondeur de 21 m avec, des formations quaternaires rencontrées sur une épaisseur de 11 m à partir de laquelle, s'observe des formations calcaires jusqu'à la base du forage.

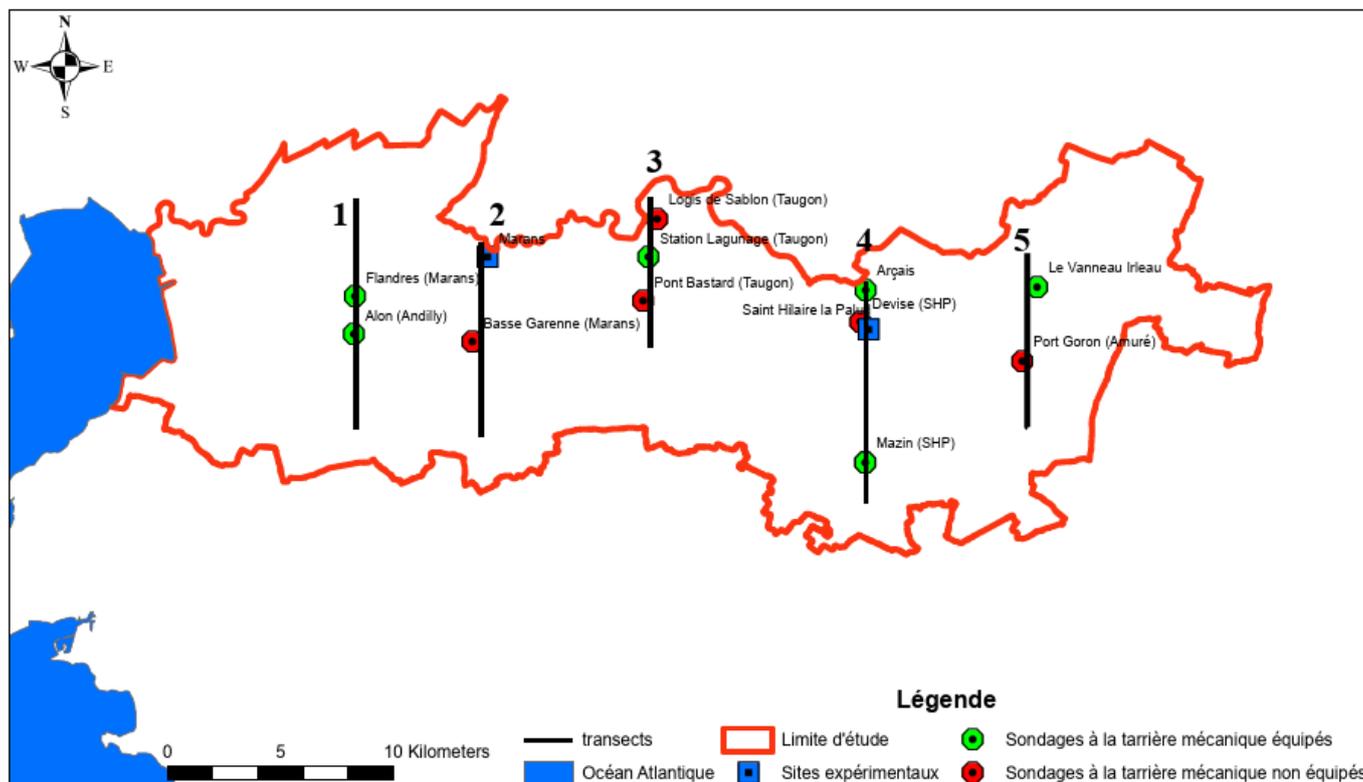


Fig. 3. Carte de localisation des sites expérimentaux à Marans et à Saint Hilaire la Palud et des sondages à la tarière mécanique

### 3.1.2 INSTRUMENTATION DES FORAGES DES SITES EXPERIMENTAUX

Dans le cadre de cette étude, quatre (04) forages dont deux (02) forages par site expérimental, ont été équipés en vue d'un suivi automatique et continu de certains paramètres notamment le niveau piézométrique.

Le matériel utilisé est une centrale d'acquisition appelée « Nivemac 98 S\*S-4 » conçue par Hydroemac Matériels Auteg. Cette centrale d'acquisition est constituée d'un coffret en polyester étanche IP66 à quatre (04) voies d'entrées à l'intérieur duquel se trouve, un plastron de visualisation de deux (02) lignes et de seize (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). Le coffret est relié à trois (03) sondes de mesure par des câbles. L'une de ces trois sondes permet de mesurer le niveau d'eau avec une gamme de mesure allant de 0 m à 40,80 m pour une résolution de 1 cm. Les centrales d'acquisition automatiques installées sur les deux sites expérimentaux effectuent des mesures toutes les heures dont la lecture s'effectue à l'aide d'un micro-ordinateur portable avec le logiciel « Logemac ». Pour la réalisation des essais de pompage dans les forages, une pompe immergée à alimentation électrique a aussi été utilisée. Ces essais de pompage sont traités à l'aide du logiciel AquiferTest Pro de Waterloo Hydrogeologic Inc.

### 3.2 MÉTHODES

Deux essais de pompage de longue durée à débit constant ont été réalisés en juillet 2005 sur le forage F2 du site expérimental de Marans et en mai 2006 sur le forage F3 du site expérimental de Saint Hilaire la Palud. Et cela, afin de déterminer les paramètres hydrodynamiques des aquifères de l'Oxfordien supérieur et du Quaternaire. Les autres ouvrages des sites expérimentaux ont servi de piézomètres lors des essais de pompage. Ces essais ont été interprétés à partir des expressions hydrodynamiques en régime transitoire établies par [13] et simplifiées par [14]. L'expression générale de [13] applicable à un pompage d'essai est donnée par l'équation 1:

$$s = \frac{Q}{4\pi T} \int_u^\infty \frac{e^{-u}}{u} du \Leftrightarrow s = \frac{Q}{4\pi T} W(u), \text{ avec } W(u) = \int_u^\infty \frac{e^{-u}}{u} du \text{ et } u = \frac{x^2 S}{4Tt} \quad (1)$$

Le terme  $W(u)$  est une fonction exponentielle intégrale décroissante. Cette fonction est donnée par l'expression de l'équation 2:

$$W(u) = -0,577216 - \text{Log } u + u - \frac{u^2}{2.2!} + \frac{u^3}{3.3!} - \frac{u^4}{4.4!} + \dots + \left( -\sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^n u^n}{n(n)!} \right) \quad (2)$$

Avec, Q: débit de pompage ( $\text{m}^3/\text{s}$ ); T: transmissivité ( $\text{m}^2/\text{s}$ ); s: le rabattement mesuré dans un piézomètre (m); x: la distance à partir du centre du puits au piézomètre (m); S: coefficient d'emmagasinement (sans dimension); t: temps écoulé depuis le début du pompage (s).

La méthode de [13] est généralement utilisée lorsque le temps de pompage est petit ou que la distance entre le forage et le piézomètre d'observation est très importante [15]. Le calcul des paramètres hydrodynamiques T et S est réalisé à l'aide de la courbe standard de [13] et de celle obtenue à partir des données de pompage d'essai à débit constant. Les données de pompage sont représentées sur un graphique bi-logarithmique (avec en abscisses les valeurs du temps et en ordonnées celles du rabattement) de même module que le graphique représentant la courbe standard de [13]. Les deux graphiques sont superposés en faisant coïncider la plus grande partie des deux courbes tout en conservant parallèles les axes de ceux-ci. Il est ainsi possible de déterminer un couple de point (s, t) sur le graphique du pompage d'essai et [w(u), 1/u] sur le graphique standard de [13]. Les coordonnées de ce couple de point permettent de calculer T et S des expressions des équations 3 et 4 [16]:

$$T = \frac{0,08Q}{s} w(u) \quad (3)$$

$$S = \frac{4Tt}{x^2 \cdot 1/u} \quad (4)$$

Lorsque le temps de pompage augmente, les termes du développement en série (équation 2) de la fonction exponentielle intégrale deviennent négligeables par rapport au premier terme qui est constant. De ce fait, l'expression de [13] se simplifie et [14] propose l'expression des équations 5, 6 et 7:

$$s = \frac{Q}{4\pi T} \left( \text{Log } \frac{4Tt}{x^2 S} - 0,577216 \right) \quad (5)$$

D'où :

$$s = \frac{Q}{4\pi T} \text{Log } \frac{2,25 T t}{x^2 S} \quad (6)$$

Soit en logarithme décimal

$$s = \frac{0,183Q}{T} \log \frac{2,25 T t}{x^2 S} \quad (7)$$

Les paramètres sont les mêmes que ceux de [13]. La méthode de [14] est généralement utilisée lorsque la distance entre le forage et le piézomètre d'observation est petite [15]. Il est admis que l'expression d'approximation logarithmique de [14] (équation 7) peut être appliquée à l'aquifère à nappe libre lorsque le rabattement s, est petit comparé à l'épaisseur b, de l'aquifère. Les conditions de validité sont fixées à  $s \leq 0,1 b$  avec une tolérance portée à  $s \leq 0,3 b$  [17].

La méthode de [14] consiste à reporter les données du pompage sur un graphe semi-logarithmique. En effet, les rabattements (m) sont représentés en ordonnées linéaires et le temps en abscisses logarithmiques. La courbe observée en début de pompage correspond à l'effet de capacité du forage et est de ce fait non linéaire. Les points suivants donnent approximativement une droite représentative de l'expression de [14]. L'échelle n'étant pas homogène, cette pente est obtenue par l'accroissement des rabattements au cours d'un cycle logarithmique noté  $c$ . Le point d'intersection de cette droite avec l'origine des rabattements (correspondant au niveau piézométrique initial) donne le temps fictif à l'origine noté  $t_0$ . La transmissivité  $T$  ( $m^2/s$ ) et l'emmagasinement  $S$  sont obtenus respectivement à partir des expressions des équations 8 et 9:

$$T = \frac{0,183 Q}{c} \quad (8)$$

$$S = \frac{2,25 T t_0}{x^2} \quad (9)$$

Avec,  $t_0$  (temps à l'origine) obtenu graphiquement.

La transmissivité étant le produit du coefficient de perméabilité  $K$  (m/s) par l'épaisseur de l'aquifère  $b$  (m) [18], il est possible de déduire le coefficient de perméabilité à partir de l'expression de l'équation 10 [17]:

$$T = K b \Rightarrow K = \frac{T}{b} \quad (10)$$

Après arrêt du pompage, l'équation de la remontée s'écrit:

$$s_r = \frac{0,183 Q}{T} \log \frac{t+t'}{t'} \quad (11)$$

$s_r$  est le rabattement résiduel mesuré pendant la remontée à un instant donné (m);  $t$ : le temps écoulé depuis le début du pompage (s);  $t'$ : le temps écoulé depuis l'arrêt du pompage (s).

Les données de la remontée du niveau statique de l'eau après l'arrêt du pompage permettent d'obtenir un graphe. Les rabattements résiduels (m) sont portés en ordonnées linéaires et le temps  $(t+t') / t'$  en abscisses logarithmiques. Dans ce cas de figure, seule la transmissivité peut être calculée avec l'expression de l'équation 11 [17].

Les interprétations ont été réalisées à partir des données de rabattement mesurées sur le terrain à l'aide d'une sonde piézométrique automatique.

## 4 RÉSULTATS ET DISCUSSION

### 4.1 ESTIMATION DES PARAMETRES HYDRODYNAMIQUES (QUATERNAIRE ET OXFORDIEN SUPERIEUR)

#### 4.1.1 SITE EXPERIMENTAL DE MARANS

Sur le site expérimental de Marans, les forages F1 et F4 (aquifères de l'Oxfordien supérieur et du Quaternaire) sont considérés comme parfaits. L'essai de pompage réalisé sur le forage F4 captant les formations de l'Oxfordien supérieur a permis d'avoir un débit constant ( $Q = 0,5 \text{ m}^3/\text{h}$  soit  $1,4 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$ ) avec, une durée de pompage de 30 minutes. C'est le temps qu'il a fallu pour la vidange de la colonne d'eau du captage. Le forage F1 situé à 24 m du forage d'essai F4, a été utilisé comme piézomètre et son niveau d'eau n'a pas évolué durant le pompage. Les données recueillies pendant ce pompage n'ont donc pas fait l'objet d'interprétation.

Le pompage réalisé sur le forage F2 captant les formations quaternaires a duré 29 heures avec un débit de  $1 \text{ m}^3/\text{h}$  soit  $2,8 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$ . Le forage F3 captant également l'aquifère des formations quaternaires situé à 3,65m a été utilisé comme piézomètre. La remontée après arrêt du pompage a été observée pendant 93 heures (Figure 4).

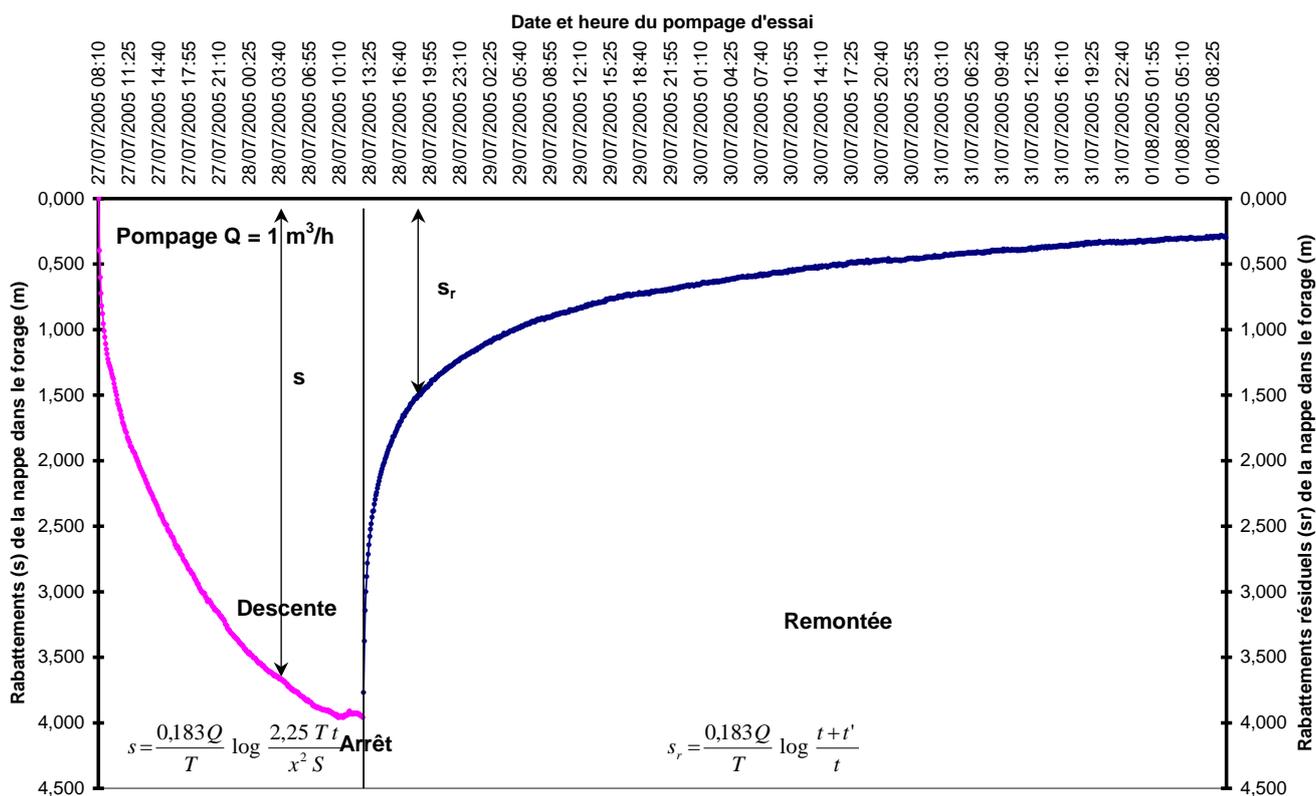
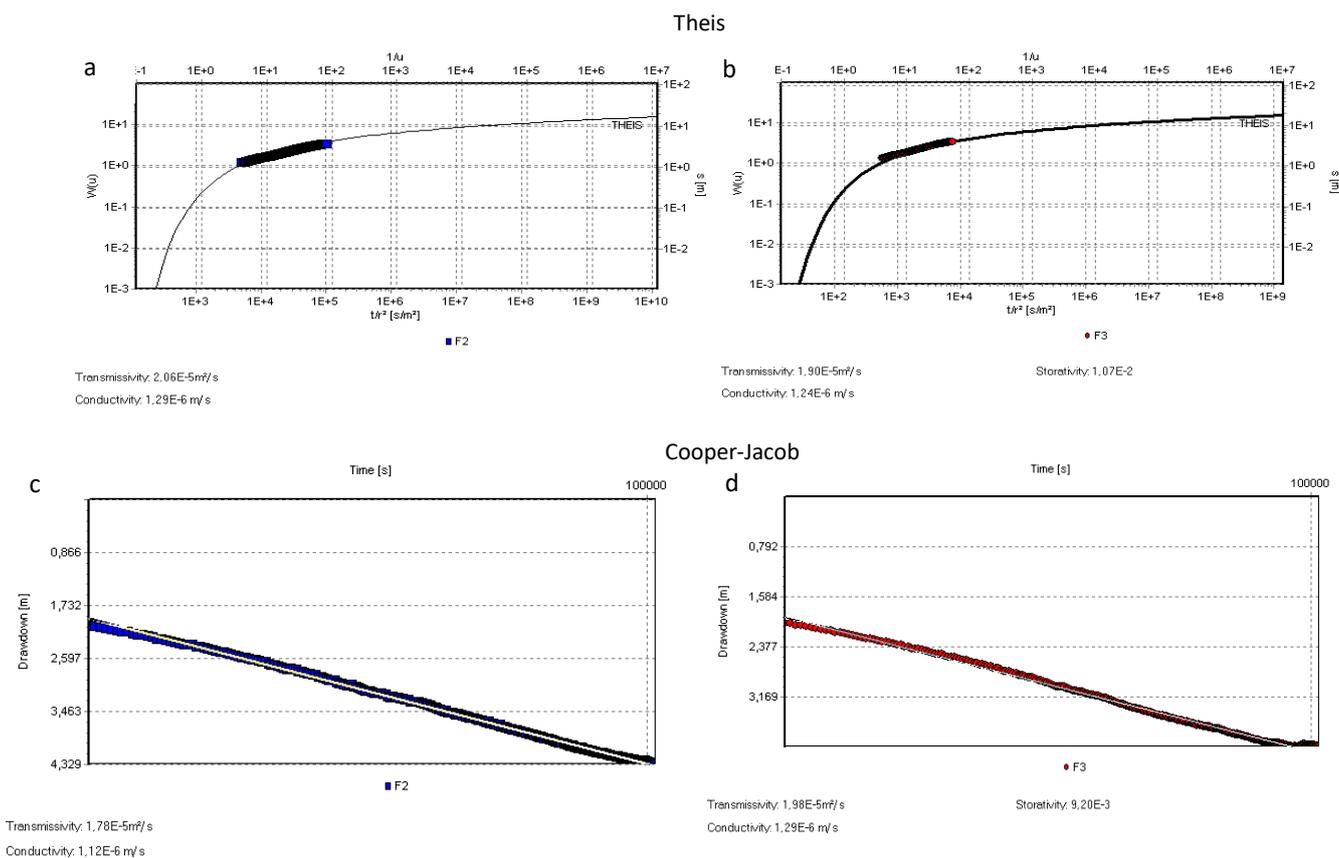


Fig. 4. Représentation des rabattements dans l'ouvrage F<sub>3</sub> pendant et après l'essai de pompage réalisé sur le site expérimental de Marans

Les résultats de l'interprétation des essais de pompage réalisés à Marans à partir des méthodes de [13] et de [14] sont présentés à la figure 5. Les paramètres hydrodynamiques déterminés, sont présentés dans le tableau 1. L'analyse du tableau 1 montre que le rabattement maximum dans l'ouvrage pompé (F<sub>2</sub>) est de 4,33 m et 3,96 m dans le piézomètre (F<sub>3</sub>) pour une épaisseur saturée respective de 15,94 m et 15,35 m. L'analyse montre aussi que:

- Les résultats selon la méthode de [13] indiquent une transmissivité de  $2,1 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$  et un coefficient de perméabilité de  $1,3 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$  pour F<sub>2</sub> (Figure 5a); une transmissivité de  $1,9 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$  et un coefficient de perméabilité de  $1,2 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$  pour F<sub>3</sub> (Figure 5b). Les données obtenues sur l'ouvrage F<sub>3</sub> ont permis de calculer un coefficient d'emmagasinement de  $1,1 \cdot 10^{-2}$ . En effet, les valeurs de transmissivité et de coefficient de perméabilité obtenues, sont quasi identiques aussi bien pour l'ouvrage ayant servi au test (F<sub>2</sub>) que pour le piézomètre (F<sub>3</sub>);
- Les résultats selon la méthode de [14] indiquent des valeurs de transmissivité obtenues de  $1,8 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$  pour le F<sub>2</sub> (Figure 5c) et  $2,0 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$  pour le F<sub>3</sub> (Figure 5d). Les valeurs de coefficient de perméabilité sont de  $1,1 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$  pour le F<sub>2</sub> et  $1,3 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$  pour le F<sub>3</sub>. Le coefficient d'emmagasinement obtenu à partir du piézomètre est de  $9,2 \cdot 10^{-3}$ .



**Fig. 5.** Résultats de l'interprétation des essais de pompage réalisés à Marans par les méthodes Theis et de Cooper-Jacob (puits de pompage F<sub>2</sub>, piézomètre F<sub>3</sub>)

**Tableau 1.** Rabattements observés et paramètres hydrodynamiques déduits des essais de pompage à Marans

		Site de Marans					
Pompage : débit (m <sup>3</sup> /h)		1					
Pompage : durée (h)		29					
		Rabattement maximum (m)					
Calcaire (piézomètre - F <sub>4</sub> )		0,00					
Calcaire (piézomètre - F <sub>1</sub> )		0,00					
Bri (Piézomètre - F <sub>3</sub> )		3,96					
Bri (forage - F <sub>2</sub> )		4,33					
interprétation	Méthode	Theis			Cooper- Jacob		
		T (m <sup>2</sup> /s)	S	K (m/s)	T (m <sup>2</sup> /s)	S	K (m/s)
	Bri (Piézomètre - F <sub>3</sub> )	1,9 10 <sup>-5</sup>	1,1 10 <sup>-2</sup>	1,2 10 <sup>-6</sup>	2,0 10 <sup>-5</sup>	9,2 10 <sup>-3</sup>	1,3 10 <sup>-6</sup>
Bri (forage - F <sub>2</sub> )	2,1 10 <sup>-5</sup>		1,3 10 <sup>-6</sup>	1,8 10 <sup>-5</sup>		1,1 10 <sup>-6</sup>	

Les paramètres hydrodynamiques obtenus par la méthode de [13] et de [14] étant quasi identiques, l'analyse de la remontée est uniquement effectuée par la méthode logarithmique de [14]. La droite représentative de l'expression de [14] qui exprime les rabattements résiduels en fonction de la valeur  $(t+t')/t'$  en abscisses logarithmiques (Figure 6), a permis de déterminer les valeurs de transmissivité et de coefficient de perméabilité qui sont respectivement de  $4,1.10^{-5} m^2/s$  et de  $2,67.10^{-6} m/s$  lors de la remontée.

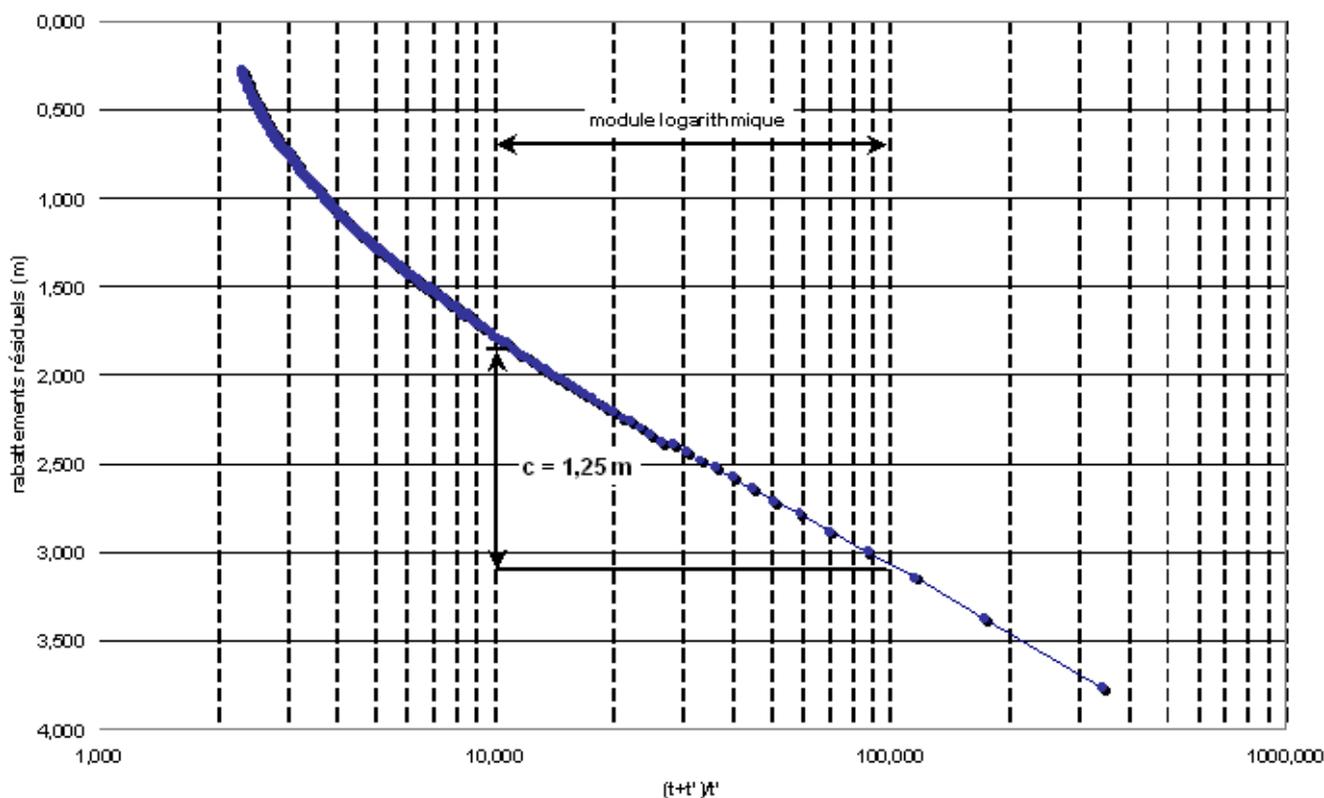


Fig. 6. Représentation semi logarithmique de la phase de remontée de l'essai de pompage réalisé dans les formations quaternaires du Marais Poitevin à Marans (Charente Maritime)

Les valeurs de transmissivité et de coefficient de perméabilité sont quasi identiques aussi bien pour la descente que pour la remontée. Les valeurs de transmissivité déterminées au cours de ces deux phases varient de  $1,8 \cdot 10^{-5}$  à  $4,1 \cdot 10^{-5} \text{m}^2/\text{s}$  soient des valeurs de transmissivité de l'ordre de  $10^{-5} \text{m}^2/\text{s}$ . Quant aux valeurs de coefficient de perméabilité variant de  $1,1 \cdot 10^{-6}$  à  $2,67 \cdot 10^{-6} \text{m/s}$ , elles sont de l'ordre de  $10^{-6} \text{m/s}$  avec, un coefficient d'emmagasinement de l'ordre de  $10^{-3}$  à  $10^{-2}$ .

L'essai de pompage dans les formations de l'Oxfordien supérieur, sur le site expérimental de Marans, n'a duré qu'une trentaine de minutes. Il a été trop court pour qu'une interprétation fiable soit faite à partir de ces données. Cependant, la durée de ce pompage permet d'affirmer que la perméabilité de cet aquifère est très faible. De plus, la faible productivité de l'aquifère combinée au niveau piézométrique de la nappe de l'Oxfordien qui est très largement au-dessus des 18 m, toit de l'aquifère, permet d'affirmer que cette nappe est en charge sous les formations du Quaternaire sans relation apparente avec le milieu superficiel.

L'interprétation de l'essai de pompage réalisé dans les formations du Quaternaire donne des valeurs de coefficient de perméabilité de l'ordre de  $10^{-6} \text{m/s}$ . Ces valeurs du coefficient de perméabilité permettent de qualifier les formations du Quaternaire dans le marais à Marans de peu perméables donc un écoulement souterrain assez faible avec, des valeurs de transmissivité de l'ordre de  $10^{-5} \text{m}^2/\text{s}$ . A contrario, la forte valeur du coefficient d'emmagasinement (de l'ordre  $10^{-2}$ ) obtenue au cours de l'essai de pompage montre que la nappe quaternaire du site expérimental de Marans est libre. A l'échelle du pas de temps des mesures ( $\approx 1$  journée et  $1/4$ ), aucune connexion entre les aquifères du Quaternaire et de l'Oxfordien n'a été mise en évidence sur le site expérimental de Marans au cours des essais de pompage. En effet, le pompage dans un aquifère n'a eu aucune incidence dans l'autre.

#### 4.1.2 SITE EXPERIMENTAL DE SAINT HILAIRE LA PALUD

Des essais de pompage ont été réalisés sur le site expérimental de Saint Hilaire la Palud. Les aquifères sollicités sont également ceux des formations de l'Oxfordien supérieur et du Quaternaire. Comme dans le cas du site expérimental de Marans, seul l'aquifère du Quaternaire est capté dans sa totalité et les ouvrages utilisés sont considérés comme parfaits. La durée du pompage réalisé sur l'ouvrage F4 captant les formations de l'Oxfordien n'a duré que 20 minutes à débit constant ( $Q = 0,36 \text{m}^3/\text{h}$  soit  $10^{-4} \text{m}^3/\text{s}$ ). Le second forage F1 situé à 20 m du forage F4 a été utilisé comme piézomètre. Son niveau d'eau n'a pas évolué durant le pompage dans F4. Aucune incidence

n'a été constatée sur les ouvrages F2 et F3. Comme dans le cas des essais de Marans, le pompage réalisé dans les formations de l'Oxfordien supérieur à Saint Hilaire la Palud n'a pas été interprété à cause de la trop courte durée du pompage due à la faible productivité de l'ouvrage.

Le pompage réalisé sur le forage F3 captant les formations quaternaires, a duré une heure (1h) avec un débit de  $0,36 \text{ m}^3/\text{h}$  soit  $10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$ . Le régime permanent étant atteint au bout de 15 minutes de pompage (Figure 6), il a été décidé de ne pas prolonger la durée de ce dernier de plus d'une heure. Le forage F2 captant également l'aquifère des formations quaternaires situé à un peu moins de 3 m et le forage F4 captant les formations de l'Oxfordien supérieur ont été utilisés comme piézomètres. Aucune variation de leur niveau piézométrique n'a été constatée au cours du pompage dans le forage F3. La remontée après arrêt du pompage a été observée pendant près de 5 heures dans le forage F3 avec un niveau piézométrique qui est presque revenu à sa position initiale (Figure 7).

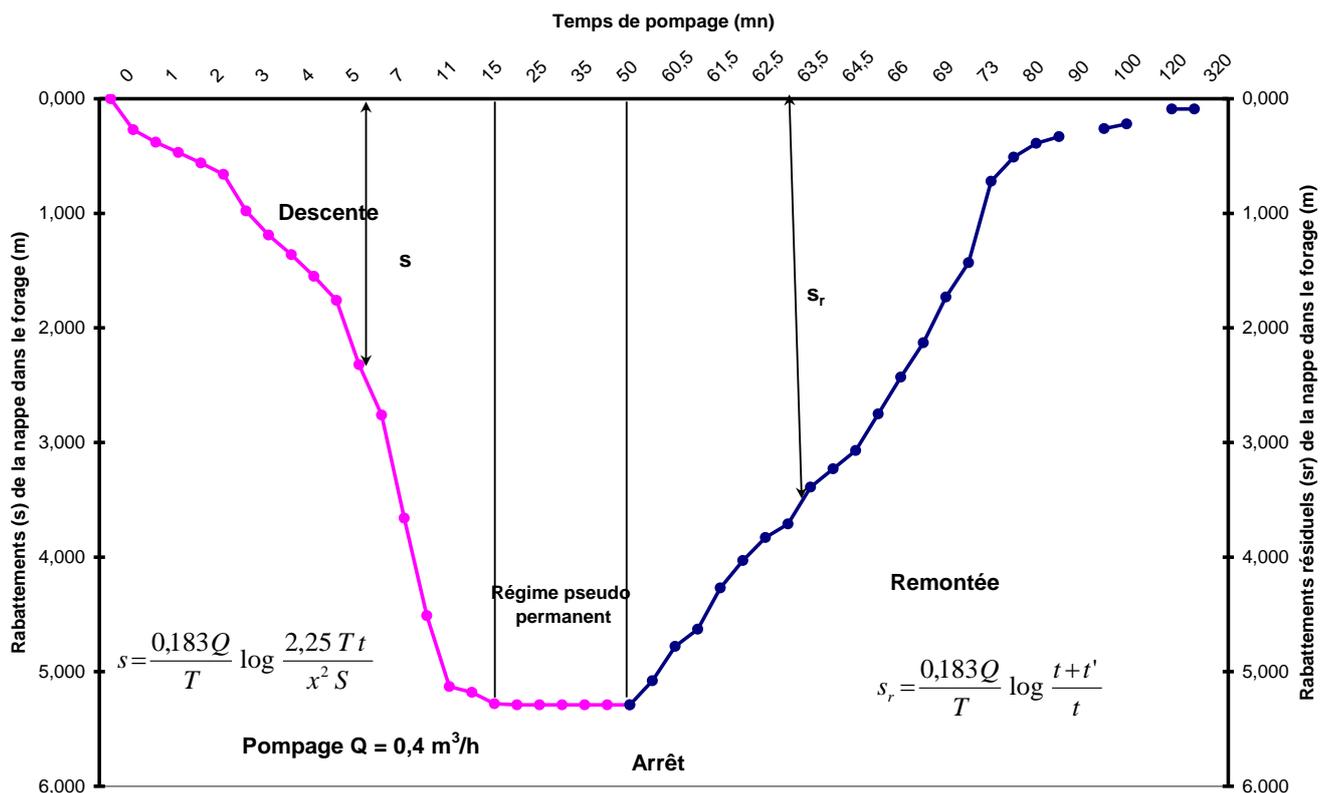


Fig. 7. Représentation des rabattements dans l'ouvrage F<sub>3</sub> pendant et après le pompage l'essai de pompage réalisé sur le site expérimental de Saint Hilaire la Palud

Les résultats de l'interprétation des essais de pompage réalisés sur le site expérimental de Saint Hilaire la Palud à partir des méthodes de [13] et de [14] sont présentés à la figure 8. Les paramètres hydrodynamiques déterminés, sont présentés dans le tableau 2. L'analyse du tableau 2 montre que le rabattement maximum dans l'ouvrage pompé (F3) est de 5,29 m, supérieur à la condition de validité fixée à  $s \leq 0,3 b$  ( $s \leq 2,05 \text{ m}$ ). L'analyse montre aussi que:

- Les résultats selon la méthode de [13] indiquent une transmissivité de  $4,7 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$  et un coefficient de perméabilité de  $6,9 \cdot 10^{-7} \text{ m/s}$  pour le forage F<sub>3</sub> (Figure 8a);
- Les résultats selon la méthode de [14] indiquent une valeur de transmissivité de  $3,1 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$  et un coefficient de perméabilité de  $4,5 \cdot 10^{-7} \text{ m/s}$  pour le forage F<sub>3</sub> (Figure 8b). Dans le cas du pompage à Saint Hilaire la Palud, il n'a pas été possible de calculer le coefficient d'emmagasinement par manque de piézomètre.

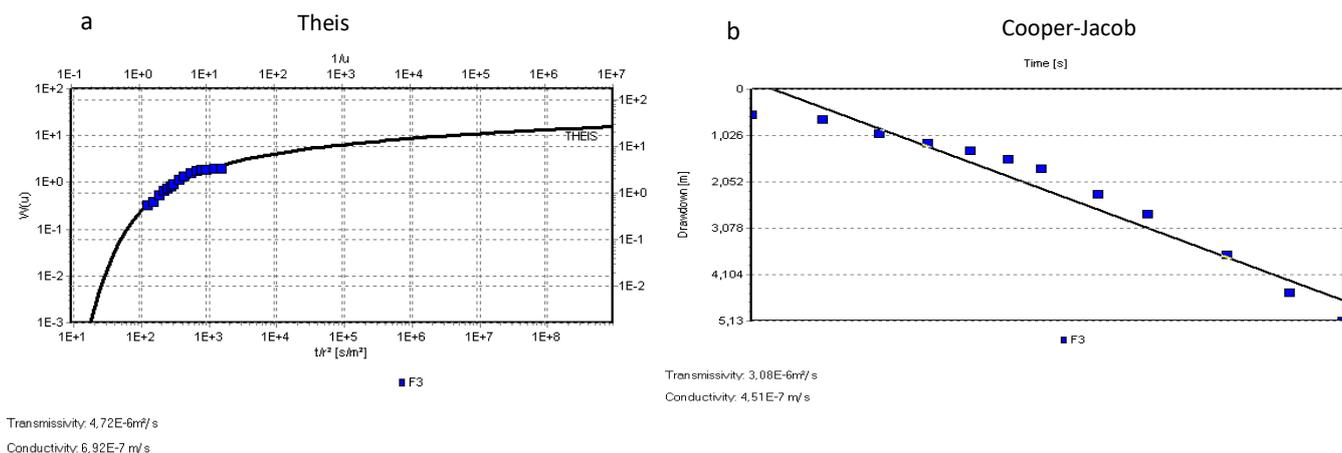


Fig. 8. Résultats de l'interprétation des essais de pompage réalisés à Saint Hilaire la Palud par les méthodes de Theis et de Cooper-Jacob (Forage F<sub>3</sub>, piézomètres F2 et F4)

Tableau 2. Rabattements observés et paramètres hydrodynamiques déduits des essais de pompage à Saint Hilaire la Palud

		Site de Saint Hilaire la Palud					
Pompage : débit (m <sup>3</sup> /h)		0,36					
Pompage : durée (h)		1					
		Rabattement maximum (m)					
Calcaire (piézomètre - F <sub>4</sub> )		0,00					
Calcaire (piézomètre - F <sub>1</sub> )		0,00					
Bri (Piézomètre - F <sub>2</sub> )		0,00					
Bri (forage - F <sub>3</sub> )		5,29					
interprétation	Méthode	Theis			Cooper- Jacob		
		T (m <sup>2</sup> /s)	S	K (m/s)	T (m <sup>2</sup> /s)	S	K (m/s)
	Bri (forage - F <sub>3</sub> )	4,72 10 <sup>-6</sup>		6,92 10 <sup>-7</sup>	3,08 10 <sup>-6</sup>		4,51 10 <sup>-7</sup>

Comme dans le cas de Marans, la phase de remontée a été interprétée manuellement uniquement par la méthode de [14] (Figure 9). Les valeurs de transmissivité et de coefficient de perméabilité déterminées sont respectivement de  $6,91 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$  et de  $1,01 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$  lors de la remontée. Les paramètres hydrodynamiques calculés au cours du pompage et ceux calculés au moment de la remontée du niveau d'eau sont quasi identiques c'est-à-dire de l'ordre de  $10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$  ( $4,72 \cdot 10^{-6}$  à  $3,08 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ ) pour la transmissivité et de l'ordre de  $10^{-7} \text{ m/s}$  ( $6,92 \cdot 10^{-7}$  à  $4,51 \cdot 10^{-7} \text{ m/s}$ ) à  $10^{-6} \text{ m/s}$  soit  $1,01 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$  pour le coefficient de perméabilité.

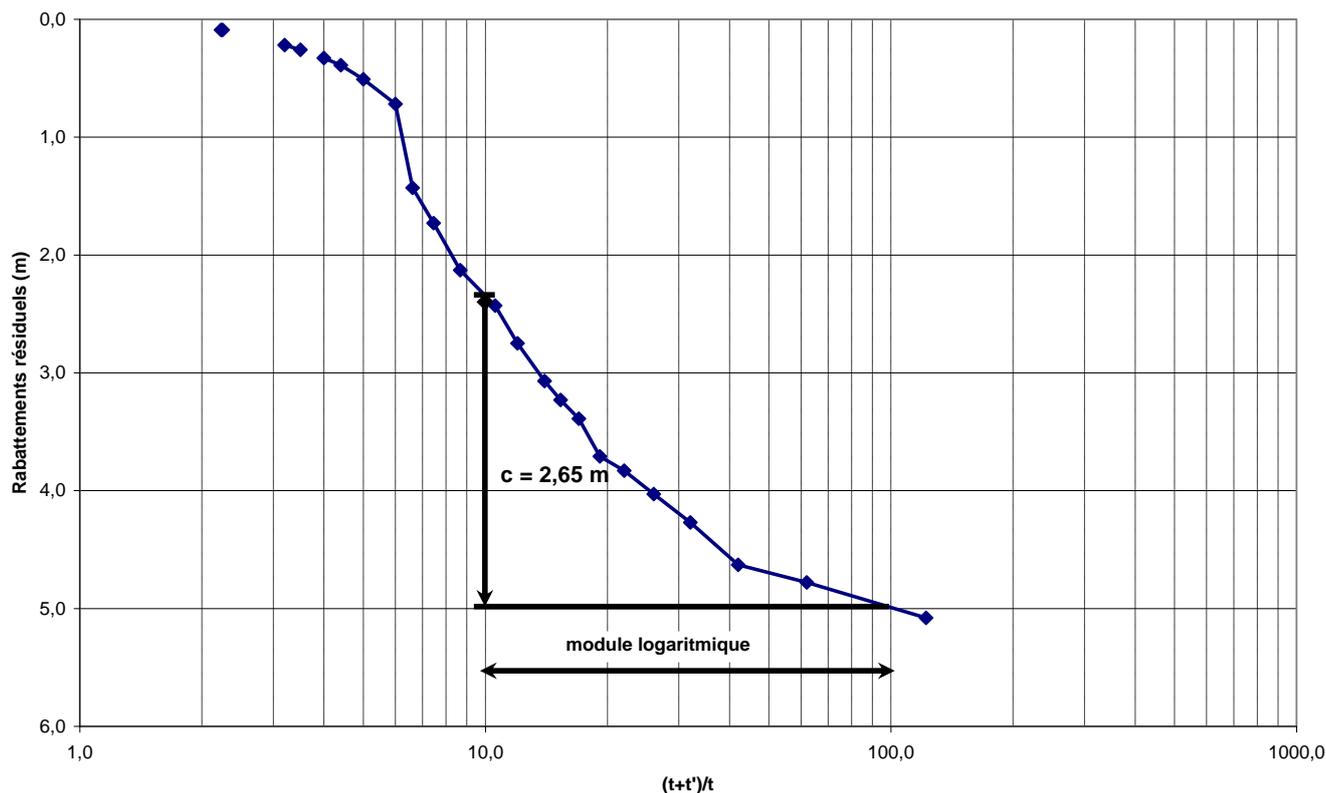


Fig. 9. Représentation semi logarithmique de la phase de remontée lors du pompage d'essai réalisé dans les formations quaternaires du Marais Poitevin à Saint Hilaire la Palud

La durée du pompage dans les formations de l'Oxfordien sur le site expérimental de Saint Hilaire la Palud, comme dans le cas de Marans, dénote d'une très faible perméabilité des formations de l'Oxfordien supérieur sous couverture quaternaire. La faible productivité de l'aquifère combinée au niveau piézométrique de la nappe de l'Oxfordien supérieur qui se situe au-dessus du toit de l'aquifère, permet d'affirmer également que cette nappe est en charge sous les formations du Quaternaire.

L'interprétation de l'essai de pompage réalisé dans les formations superficielles du Quaternaire donne des valeurs de coefficient de perméabilité de l'ordre de  $10^{-7}$  à  $10^{-6}$  m/s. Les formations superficielles rencontrées sur le site expérimental de Saint Hilaire la Palud peuvent donc être qualifiées, comme dans le cas de Marans, de peu perméables. Les écoulements souterrains y sont également faibles avec, des valeurs de transmissivité de l'ordre de  $10^{-6}$  m<sup>2</sup>/s. Contrairement, au site de Marans, il n'a pas été possible d'estimer la valeur du coefficient d'emmagasinement de l'aquifère des formations du Quaternaire sur le site de Saint Hilaire la Palud, par manque de piézomètre. Comme dans le cas de Marans, le pas de temps durant lequel a été réalisé l'essai de pompage n'a pas permis de constater une connexion hydraulique entre les aquifères du Quaternaire et de l'Oxfordien supérieur. Le pompage dans un aquifère ne provoquait aucune incidence dans l'autre.

## 4.2 DISCUSSION

Les essais de pompage réalisés au cours de ce travail ont permis de mettre en évidence la faible perméabilité des formations de l'Oxfordien supérieur. En effet, les essais réalisés dans les ouvrages captant ces formations n'ont pu aller à leur terme à cause d'une faible recharge de cet aquifère ce qui a eu pour conséquence la vidange de l'ouvrage et le dénoyage de la pompe. De ce fait, il n'a pas été possible d'estimer un coefficient de perméabilité pour ces formations sur les deux sites expérimentaux. A contrario, les essais réalisés dans les ouvrages des formations captant l'aquifère du Quaternaire ont permis d'obtenir des coefficients de perméabilité assez faibles (de l'ordre de  $10^{-6}$  m/s à Marans et  $10^{-7}$  m/s à Saint Hilaire la Palud). Ces valeurs sont supérieures à celles généralement attribuées à des milieux qualifiés d'imperméables pour lesquels les coefficients de perméabilité sont largement inférieurs à  $10^{-7}$  m/s [19]. Néanmoins, les formations quaternaires à Saint Hilaire la Palud semblent moins perméables que celles de Marans. Toutefois, une certaine hétérogénéité existe dans ces formations du Quaternaire [4]. Ainsi, le toit de ces formations apparaît moins perméable avec des valeurs de coefficient de perméabilité inférieures à  $10^{-7}$  m/s. Cette faible perméabilité en surface expliquerait le fait que l'eau ait tendance à stagner en surface

plusieurs jours après un épisode pluvieux. Même si, aucune valeur sur la perméabilité des formations de l'Oxfordien supérieur sous couverture quaternaire n'a pu être déterminée, il est cependant aisé d'affirmer que les formations du Quaternaire sont beaucoup plus perméables que celles de l'Oxfordien supérieur sur lesquelles elles reposent. Dans les deux cas, les écoulements souterrains sont faibles mais, un peu plus importants dans les formations du Quaternaire que celles de l'Oxfordien supérieur avec, des valeurs de transmissivité respectives de l'ordre de  $10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$  et  $10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ .

A l'échelle du pas de temps des essais réalisés, aucune connexion hydraulique n'a pu être observée entre les formations du Quaternaire et celles de l'Oxfordien supérieur aussi bien sur le site expérimental de Saint Hilaire la Palud que sur celui de Marans. En effet, les différentes perturbations engendrées dans l'un des deux aquifères lors des différents essais n'ont à aucun moment modifié l'équilibre de l'autre aquifère. Deux hypothèses peuvent être avancées: soit il n'existe pas de connexions hydrauliques entre les aquifères du Quaternaire et de l'Oxfordien supérieur à l'endroit où se trouvent les sites expérimentaux, soit le temps de pompage et le volume d'eau extrait sur les deux sites n'ont pas permis d'observer l'impact de la perturbation d'un des aquifères dans l'autre.

Il faut enfin noter que les niveaux piézométriques des formations de l'Oxfordien supérieur qui sont au-dessus du toit de cet aquifère, aussi bien à Saint Hilaire la Palud qu'à Marans, permettent de conclure à la captivité de la nappe de cet aquifère sous les formations quaternaires. A l'inverse, la valeur du coefficient d'emménagement obtenue au cours de ces tests hydrauliques permet d'affirmer que la nappe du Quaternaire est libre du moins celle localisée à Marans car aucun coefficient d'emménagement n'a pu être calculé à Saint Hilaire la Palud. Toutefois, le niveau piézométrique de cette dernière (inférieur au toit de l'aquifère) laisse penser qu'elle est également libre.

## **5 CONCLUSION**

L'étude hydrodynamique de la partie sud du marais Poitevin à partir de l'interprétation d'essais de pompage sur les deux sites expérimentaux (Marans et Saint Hilaire la Palud) a montré que la nappe de l'Oxfordien supérieur, de productivité faible, est en charge sous les formations quaternaires sans relation apparente avec le milieu superficiel. Les faibles valeurs de coefficient de perméabilité déterminées sur les deux sites expérimentaux c'est-à-dire de l'ordre de  $10^{-6} \text{ m/s}$  à Marans et de  $10^{-7}$  à  $10^{-6} \text{ m/s}$  à Saint Hilaire la Palud, permettent d'affirmer que les formations quaternaires sont peu perméables. En effet, la nappe quaternaire est une nappe libre avec, de faibles valeurs de transmissivité de l'ordre de  $10^{-6}$  à  $10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$  et un coefficient d'emménagement assez important de l'ordre de  $10^{-2}$ . Cependant, les formations du Quaternaire sont beaucoup plus perméables que celles de l'Oxfordien supérieur sur lesquelles elles reposent. A l'échelle du pas de temps des mesures, aucune connexion hydraulique entre les aquifères du Quaternaire et de l'Oxfordien supérieur n'a pu être observée aussi bien sur le site expérimental de Saint Hilaire la Palud que sur celui de Marans. Le pompage dans un aquifère ne provoquait aucune incidence dans l'autre.

**REFERENCES**

- [1] Guetté A., 2018. Contribution à l'analyse multiscalaire de l'anthropisation et de la naturalité en géographie de la conservation. Thèse de doctorat, Université de Bretagne Loire, 245p.
- [2] Guetté A., Robin M., Godet L., (2018) Historical anthropization of a wetland: steady encroachment by building and roads versus back and forth trends in habitat composition and demography. *Applied Geography*, 92: 41-49.
- [3] Safège ingénieurs conseils (2001). Rapport étude hydrogéologique de la nappe intensément exploitée de l'Aunis, 228p.
- [4] Anongba B.V.R. (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.
- [5] 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.
- [6] 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.
- [7] 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.
- [8] 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.
- [9] 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.
- [10] 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.
- [11] Welsch J. (1916): Le Marais Poitevin. *Annales de Géographie.*, tome XXV. Pp326-346.
- [12] 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.
- [13] Theis, C.V., 1935. The relation between the lowering of the piezometric surface and the rate and duration of discharge of a well using groundwater storage, *Am. Geophys. Union Trans.*, vol. 16, pp. 519-524.
- [14] Jacob, C.E. (1950) *Flow of Groundwater in Engineering Hydraulic*. John Wiley & Sons, New York, 321-386.
- [15] Detay M.: (1993): le forage d'eau: réalisation, entretien, réhabilitation, ingénierie de l'environnement. Masson, Paris, 379 p.
- [16] Llamas J., (1993): hydrologie générale: principes et applications. 2<sup>ème</sup> édition. Gaëtan Morin, Paris, 527 p.
- [17] Castany G., 1982. Principes et méthodes de l'hydrogéologie. Dunod Université, Paris, 236 p.
- [18] Castany G and Margat J., 1977: Dictionnaire français d'hydrogéologie. Edition BRGM 249 p.
- [19] Mathieu C., Pieltain F., Asseline J., Chossat J. C., Valentin Ch., 1998: Analyse physique des sols: méthodes choisies. Londres, Paris, New-York. Tec & Doc. 275 p.