

Colloque
"Gestion des eaux souterraines"
Bordeaux - 2023

Article étendu

Titre
<i>Une approche scientifique pluri-disciplinaire pour caractériser des pertes en rivière en zone de socle - Le site de l'Aff à usage eau potable (Morbihan, Bretagne)</i>
Nom des auteurs
<i>Bruno MOUGIN⁽¹⁾, Arnaud LE GAL⁽²⁾, Benoît DEWANDEL^{(3) (4)}, Jean-Michel SCHROËTTER⁽⁵⁾, Emmanuelle PETELET-GIRAUD⁽⁵⁾, Sandra LANINI^{(3) (4)}, Alexandre BOISSON⁽¹⁾, Jean-Baptiste CHARLIER^{(3) (4)}, Angélie PORTAL⁽⁵⁾, Florian KOCH⁽¹⁾, Virginie VERGNAUD⁽⁶⁾</i>
Affiliation
<i>(1) BRGM, F-35700 Rennes, France (2) Eau du Morbihan, Vannes, France (3) BRGM, Univ. Montpellier, Montpellier, France (4) G-eau, INRAE, CIRAD, IRD, AgroParisTech, Institut Agro, BRGM, Montpellier, France (5) BRGM, F-45060 Orléans, France (6) Géosciences Rennes - Observatoire des Sciences de l'Univers de Rennes, France</i>

Le principal site de production d'eau souterraine pour l'Alimentation en Eau Potable (AEP) d'Eau du Morbihan est situé sur la commune de Beignon, dans le nord-est du Morbihan [1]. Les recherches d'eau réalisées ont permis de mettre en service en 2012 trois forages (FE3, FE4 et FE7 ; cf. Illustration 1) pour un débit total de 125 m³/h. Ces forages sont situés le long de la limite départementale de l'Ille-et-Vilaine et du Morbihan, constituée par un cours d'eau : l'Aff. Celui-ci est affecté régulièrement par des assecs en étiage, au droit des forages mais également sur plusieurs kilomètres en amont.

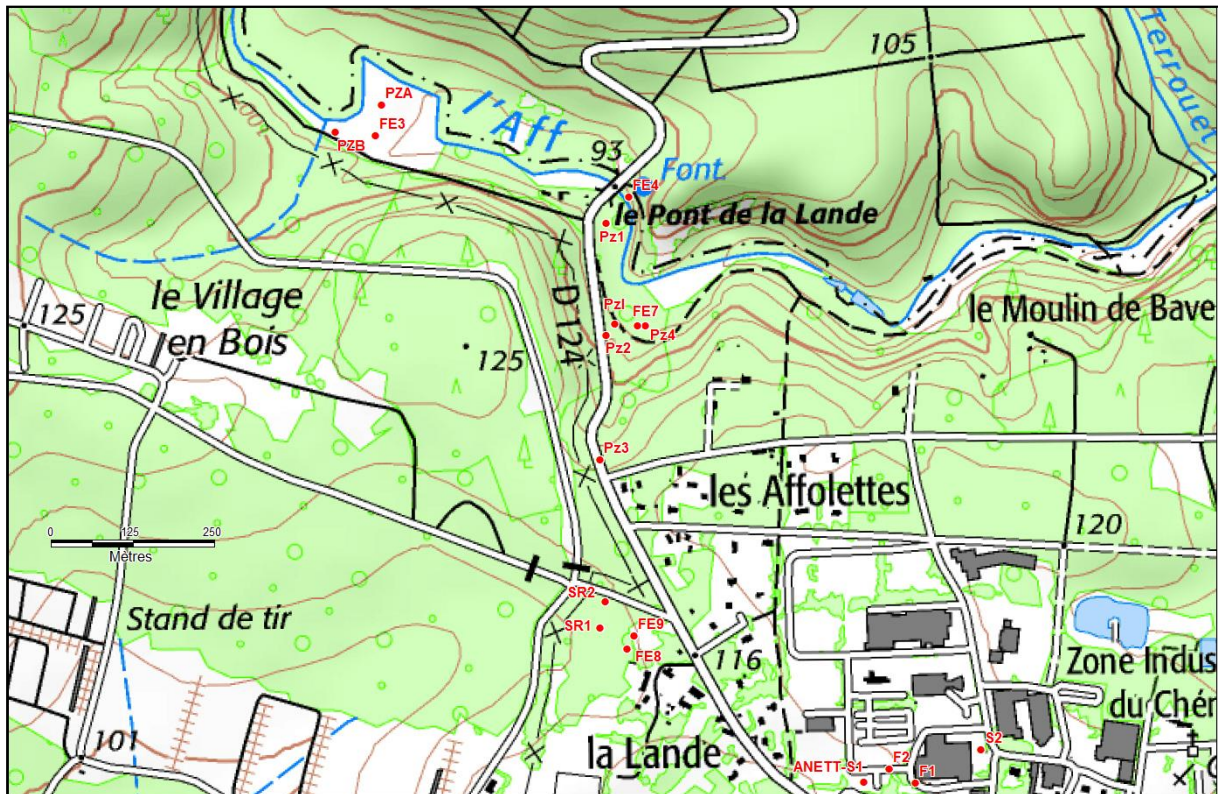


Illustration 1 - Carte de localisation des forages et des piézomètres du site de l'Aff

Du point de vue géologique, le site se situe à la base et à l'extrémité ouest du synclinorium paléozoïque du sud de Rennes, dans la Formation de Pont-Réan, formation métasédimentaire composée d'une succession de conglomérats, grès, siltites et argilites rouges caractéristiques, d'âge Paléozoïque. Cette série repose en discordance sur les schistes d'âge Briovérien au sens large qui affleurent plus au sud, et elle est surmontée stratigraphiquement et topographiquement par la Formation du Grès armoricain, au nord et à l'ouest. L'Aff court sur la Formation de Pont-Réan, connue comme étant peu perméable, en utilisant les diverses directions tectoniques qui affectent son sous-bassement (orientation principale N150°). Les 3 ouvrages FE3-FE4-FE7, forés respectivement jusqu'à 114, 150 et 97 m, captent en profondeur l'aquifère des Schistes briovériens fracturés, sous recouvrement des Schistes rouges de Pont-Réan (zone cimentée, non crépinée sur environ 45 m).

A la demande d'Eau du Morbihan et des Directions Départementales des Territoires et de la Mer du Morbihan et d'Ille-et-Vilaine, le BRGM a réalisé en 2014-2015 des études complémentaires (réinterprétation des essais de pompage et analyses géochimiques des eaux), afin d'évaluer l'incidence de l'exploitation des 3 forages sur le débit de l'Aff [1]. Ces études ont confirmé la complexité du site et ont mis en évidence : des pertes du cours d'eau inhabituelles et des débits d'exploitation peu communs pour une zone de socle, un aquifère horizontalement et verticalement compartimenté, et enfin des signatures atypiques en isotopes du strontium et des teneurs en calcium de l'aquifère briovérien.

Comme ce site est d'importance pour l'AEP du secteur, Eau du Morbihan (avec une subvention de l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne) et le BRGM ont cofinancé, de 2017 à 2021, un projet pour améliorer la compréhension du fonctionnement hydrogéologique du site.

Les objectifs étaient les suivants : (i) améliorer la connaissance de l'aquifère de socle complexe considéré, (ii) établir son schéma de fonctionnement hydrogéologique et géochimique, (iii) évaluer l'impact quantitatif des prélèvements dans les 3 forages FE3-FE4-FE7 sur la rivière de l'Aff, et (iv) gérer de façon durable les prélèvements au niveau des 3 forages pour assurer la distribution d'eau potable, préserver la ressource quantitativement (notamment en étiage sévère) et qualitativement, et limiter l'impact de l'exploitation sur le cours d'eau.

Pour répondre à ces objectifs, la réalisation de ce projet s'est appuyée sur une approche scientifique pluri-disciplinaire :

- hydrogéologie (synthèse bibliographique de 35 rapports, équipement en sondes puis monitoring niveau-température-conductivité sur 3 forages et 6 piézomètres [FE3-FE4-FE7, Pz1-Pz2-Pz3-Pz4 et PZA-PZB ; cf. Illustration 1], slug-tests dans les piézomètres, diagraphies de débit et de fluide dans les forages, interprétation de 4 essais de pompage historiques [2007-2011] et de 2 récents [2019], réalisation de 4 nouveaux sondages [FE8-FE9 et PZA-PZB]),
- géophysique (3 panneaux électriques de 950 m et 1 de 235 m),
- géologie (plusieurs campagnes d'investigations de terrain, analyse des cuttings des 4 nouveaux sondages, établissement de logs validés et de coupes géologiques, schéma structural du site),
- hydrologie (installation de 3 stations hydrométriques en rivière [en amont du site, à proximité de FE3, et en aval], équipement en échelles limnimétriques et en sondes, monitoring niveau-température-conductivité, jaugeages puis établissement des courbes de tarage),
- géochimie (campagnes d'analyses physico-chimiques et isotopiques : en hautes eaux, en basses eaux, et en pompage).

En parallèle à cette étude, Eau du Morbihan a fait réaliser deux forages d'essai FE8-FE9 en 2019 (suivis d'essais de pompage), situés à côté de la station de production d'eau potable de La Lande, qui pourront être convertis en forage de secours en cas de défaillance sur les forages actuellement exploités dans la vallée de l'Aff (sécurisation de l'alimentation en eau potable en cas de sécheresse, pollution ou panne).

En complément du suivi de l'exploitant effectué sur les 3 forages FE3-FE4-FE7 (niveaux dynamiques et volumes prélevés), ces investigations complémentaires menées sur le terrain ont permis de mieux comprendre le comportement hydrogéologique du site et les relations entre l'aquifère capté pour l'eau potable et la surface, notamment la rivière de l'Aff.

L'ensemble des investigations complémentaires de cette étude a montré que : (1) l'aquifère à l'interface Briovérien-Formation de Pont-Réan correspond à un niveau fracturé, d'épaisseur productive homogène de 50-60 m, composé de grès fins lités ; (2) le toit de cet aquifère est décalé par des failles fortement pentées et orientées nord-sud à N150° montrant une géométrie en horst et graben (bassins d'effondrement) ; (3) les forages FE3-FE4-FE7 captent le même niveau aquifère artésien et inertiel (stabilité géochimique entre hautes et basses eaux), d'extension pluri-kilométrique, et (4) les forages FE8-FE9 complémentaires captent eux aussi cet aquifère mais sans connexion hydraulique avec les 3 autres captages (aquifère limité dans l'espace avec limites étanches parallèles).

Au niveau du site, l’Aff s’écoule sur la Formation de Pont-Réan, composée de la base au sommet de faciès gréseux et silto-argileux, avec des teintes pourpres à verdâtres, d’une épaisseur de 10 à 60 m. L’interface Briovérien-Formation de Pont-Réan peut ainsi se rapprocher de la surface à la faveur des failles des horst et graben, expliquant ces pertes en rivière. Ce phénomène naturel est amplifié par les pompages liés à la production d’eau potable dans les forages FE3-FE4-FE7 situés près de l’Aff.

L’ensemble de cette géométrie a été mise en évidence par la réalisation de trois panneaux électriques sériés et interprétés par les levés géologiques qui offrent une vision 2,5D du sous-sol (stratification verticale, différence de faciès, pendage, failles) et qui permettent d’identifier les structures potentielles provoquant ces zones de perte en rivière.

Le monitoring des eaux souterraines et de surface, sur 3 cycles hydrologiques, fournissent des indications sur les connexions hydrauliques entre la Formation de Pont-Réan et le Briovérien, entre points d’eau, et avec la rivière.

La réinterprétation des essais de pompage (utilisation des dérivées des rabattements pour diagnostiquer les essais) a permis de tester différents modèles de fonctionnement de l’aquifère : avec ou sans fracture, avec pompage seul ou simultané en multi-puits, avec aquifère multicouches et cours d’eau (Aff-aquitard-aquifère). En utilisant un modèle aquifère multicouches - cours d’eau sans fracture, l’impact moyen sur la rivière des trois forages pompés a été évalué entre 2 et 6 litres/seconde et ce chiffre est en adéquation avec les pertes du cours d’eau mesurées par les 3 stations hydrométriques. Par ailleurs, et toujours à partir des valeurs moyennes des paramètres hydrodynamiques, le flux de drainance en provenance de l’aquitard a aussi été calculé, confirmant la connexion hydraulique de l’aquifère capté avec la surface.

A la fin de cette étude, un modèle numérique a été réalisé (approche globale de type réseaux de réservoirs avec modélisation semi-spatialisée) pour simuler le fonctionnement dynamique du système de l’Aff et de l’aquifère sous-jacent dans la zone d’étude.

Ce modèle a permis :

- de valider et/ou compléter le schéma conceptuel établi en croisant les connaissances acquises par des approches différentes (géologique, hydrogéologique, géochimique, hydraulique, géophysique, hydrologique) ;
- de préciser les termes du bilan de l’aquifère, et notamment la recharge liée aux pertes de l’Aff et celle liée à l’infiltration de la pluie efficace ;
- de simuler les niveaux piézométriques aux 3 forages FE3-FE4-FE7 et leur évolution dans le temps en fonction des forçages externes (pluviométrie et pompages).

La réalisation de simulations de débit d’exploitation au sein du champ captant (modèle multi-puits) a fourni des indications sur l’impact sur l’Aff en termes de débit.

A l’issue de cette étude [2], Eau du Morbihan dispose d’un choix de plusieurs scénarios de gestion durable des 3 forages, de façon à ce que les prélèvements assurent la distribution d’eau potable, préservent la ressource quantitativement et qualitativement, et limitent l’impact de l’exploitation sur le cours d’eau.

Références bibliographiques :

[1] Dewandel B., Petelet-Giraud E., Lucassou F., Koch F., Vergnaud V. (2015) - Etudes complémentaires sur les forages de la vallée de l’Aff : réinterprétation des essais de pompage, analyses physico-chimiques et isotopiques. Rapport final BRGM/RP-64225-FR.

[2] B. Mougou, B. Dewandel, J-M. Schroëtter, E. Petelet-Giraud, S. Lanini, A. Boisson, J-B. Charlier, A. Portal, F. Koch avec la collaboration de B. Maurice, F. Lucassou et V. Vergnaud (2022) - Amélioration de la compréhension du fonctionnement hydrogéologique du site de l’Aff (communes de Beignon et Paimpont), pour une gestion durable des prélèvements dans les 3 forages FE3, FE4 et FE7. Rapport final BRGM/RP-71294-FR