

Bilan et perspectives des recherches d'eau dans le Morbihan

Site de l'Aff et relations eau de surface/eau souterraine

Assessment and perspectives for groundwater surveys in the Morbihan region (France). The Aff site, and the surface-ground-water relationships

Arnaud Le Gal⁽¹⁾, Flora Lucassou⁽²⁾, Benoit Dewandel⁽²⁾, Emmanuelle Petelet-Giraud⁽²⁾, Virginie Vergnaud⁽³⁾

(1) Hydrogéologue, Eau du Morbihan (Vannes), (2) BRGM, (3) Géosciences Rennes – OSUR –
Plateforme CONDATE Eau
arnaud.le-gal@eaudumorbihan.fr

I. CONTEXTE

Entièrement en domaine de socle, le Morbihan est essentiellement alimenté en eau potable à partir de ressources superficielles, pour environ 80 % des volumes produits. Le contexte géologique de socle a historiquement limité l'accès à la ressource souterraine à quelques puits et captages de sources. Malgré ce contexte, les ressources en eau souterraine profonde ont été explorées dès la fin des années 1970, avec un développement important depuis une quinzaine d'années avec de nombreux forages profonds mis en exploitation. Ces mises en services sont la conséquence des orientations de Eau du Morbihan, reposant en premier niveau sur les eaux souterraines qui sont protégées et développées, puis sur les usines de production à partir d'eau de surface de capacité plus importante et enfin sur un réseau départemental d'interconnexions alimenté par les usines principales et connecté au réseau de l'Institution d'Aménagement de la Vilaine (Figure 1). Le présent document dresse la méthodologie, les enjeux, les résultats et les perspectives des recherches d'eau souterraine profonde réalisées par Eau du Morbihan. En deuxième partie est présentée une étude spécifique sur les relations nappe-rivière réalisée par le BRGM sur le principal site de production d'eau souterraine exploité par Eau du Morbihan.

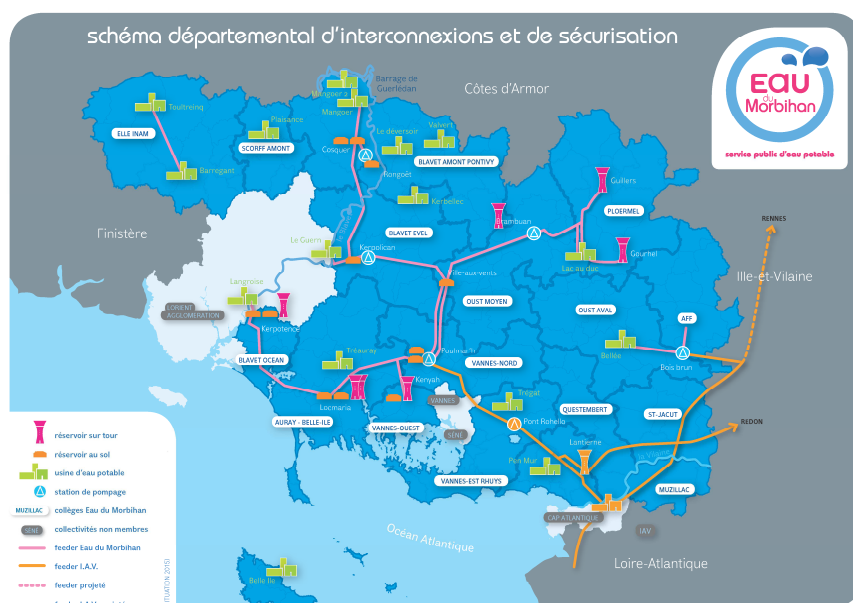


Figure 1 – Périmètre Eau du Morbihan, principales unités de production, réseau d'interconnexions

Les forages sont ensuite réalisés au marteau fond-de-trou, profonds généralement de 100 à 150 m. Les sondages les plus productifs selon les débits instantanés à la foration sont équipés afin d'être testés par essais de pompage, de « très » longue durée, soit environ 2 mois, afin de mettre en évidence les limites étanches, les aquifères étant souvent composés de réseaux faillés discontinus parfois très connectés et étendus, mais limités dans l'espace. L'implantation d'un réseau de piézomètres est indispensable pour définir l'aire d'alimentation préférentielle et la zone à protéger autour des forages [2].

Les difficultés sont nombreuses, notamment les négociations auprès des propriétaires qui doivent être engagées dès la prospection géophysique. La perspective de la mise en place des servitudes des périmètres de protection auprès des exploitants agricoles, bien que des ressources présentant des caractères dénitrifiants soient recherchées, est un frein important aux recherches d'eau. Certains propriétaires forestiers craignent également des impacts négatifs sur leurs peuplements par assèchement des réserves hydriques des sols.

Enfin, la mise en production des nouveaux forages nécessite des démarches administratives longues, au titre du code de la santé publique avec notamment la mise en place des périmètres de protection, et au titre du code de l'environnement, avec une étude d'impact à réaliser dès le seuil des 200 000 m³/an. Ce seuil très faible, équivalent à un forage exploité 25 m³/h et 22h/jour, peut conduire à des estimations aléatoires de l'impact piézométrique préalablement à sa mise en service sur les milieux aquatiques, notamment les zones humides et les cours d'eau proximaux.

Les montants d'investissements pour la mise en service de nouveaux forages sont importants, surtout en cas de création de nouveaux bâtiments. Le coût varie de 600 k€ à 1 M€ pour une station de 30 à 50 m³/h, auquel il faut rajouter les raccordements en eau brute et eau traitée. En effet, ces eaux profondes sont également chargées en fer et en manganèse et le coût des installations, du traitement et de la maintenance sont plus importants que pour les captages de type puits ou source captée. Ces fortes teneurs en fer ont été, jusqu'aux années 2000, un frein à la mise en service de ce type de forage dans le Morbihan. Malgré ces difficultés, les eaux souterraines profondes présentent un certain intérêt, sur le plan qualitatif grâce à la dénitrification naturelle, en appoint par exemple de captages plus superficiels contaminés par les nitrates. Sur le plan quantitatif, certains sites ont été recherchés en complément de captages affectés par l'étiage et dans certains cas en substitution à des prélèvements dans des petits cours d'eau, fragiles sur le plan quantitatif et difficilement protégeables (exemple de Beignon).

II.2 Bilans et perspectives

Sur le territoire où Eau du Morbihan exerce sa compétence, une dizaine de sites de production d'eau souterraine profonde ont été mis en service depuis 2000 pour un total de plus de 400 m³/h et une production annuelle d'environ 2 hm³ d'eau, très généralement dénitrifiée, représentant le tiers de la production d'eau souterraine (Figure 3). Avant 2000, plusieurs forages profonds ont été mis en service mais avec des eaux ne présentant pas de dénitrification naturelle et donc sans traitement spécifique du fer et du manganèse, pour un total d'environ 100 m³/h.

La mise en exploitation de plus de 150 m³/h supplémentaires sur 6 sites, ainsi que des recherches d'eau complémentaires sont programmées, de même que l'étude de la mise en exploitation de ressources avérées à moyen terme pour environ 170 m³/h supplémentaires sur 3 sites. D'autres sites ont montré des potentiels importants mais abandonnés car trop éloignés des réseaux, ne répondant pas ou plus à des besoins en eau ou difficilement protégeables.

On peut également noter les sites de production de Lorient Agglomération, qui comptent près de 200 m³/h en production, ainsi qu'un potentiel exploitable de l'ordre de 200 m³/h sur 2 sites mis en évidence par des recherches d'eau réalisées sur le périmètre du syndicat départemental de l'eau antérieurement à 2012.

Les sites les plus productifs sont, bien entendu en domaine de socle fracturé, ceux dont les forages ont recoupé des failles majeures et productives (Figure 4). Les zones de contacts sont également des cibles privilégiées. La zone la plus productive est celle de Ploemeur-Guidel, avec un contact micaschistes-granites subhorizontal d'orientation N110 (cisaillement sud-armoricain), recoupé localement de zones fracturées conjuguées N10 à N20 subverticales [3], [4]. Ce type de contact est présent en Presqu'île de Rhuys où une campagne de recherche d'eau souterraine est programmée.

La zone est-morbihannaise, de Beignon à Rieux, présente également d'excellents résultats dans des accidents cartographiés en N150 correspondant à des failles anciennes réactivées en extension à l'Oligocène inférieur par l'orogénèse alpine, notamment la faille Quessoy-Nord sur Erdre, et ses conjuguées en N20-N30. La dynamique extensive a conduit, côté Ille-et-Vilaine, à la création de petits grabens qui se sont remplis de sédiments durant les transgressions marines du Miocène supérieur et du Pliocène. Côté Morbihan, la dynamique extensive n'a pas été suffisante pour créer de tels bassins dans ce secteur, mais les

fractures ouvertes sont favorables aux circulations d'eau souterraines, dont d'ailleurs les émergences de sources ont été mises en exploitation dès les années 60, à proximité desquelles certains forages profonds productifs ont été réalisés et mis en service.

Certains secteurs prospectés n'ont pas montré de ressources intéressantes, en l'absence de fracturation importante, ou dans des formations altérées argileuses. Ainsi, environ 25 sondages de reconnaissance ont été réalisés à Belle-Ile-en-Mer, la plupart secs ou présentant des débits au soufflage inférieurs à 2 m³/h.

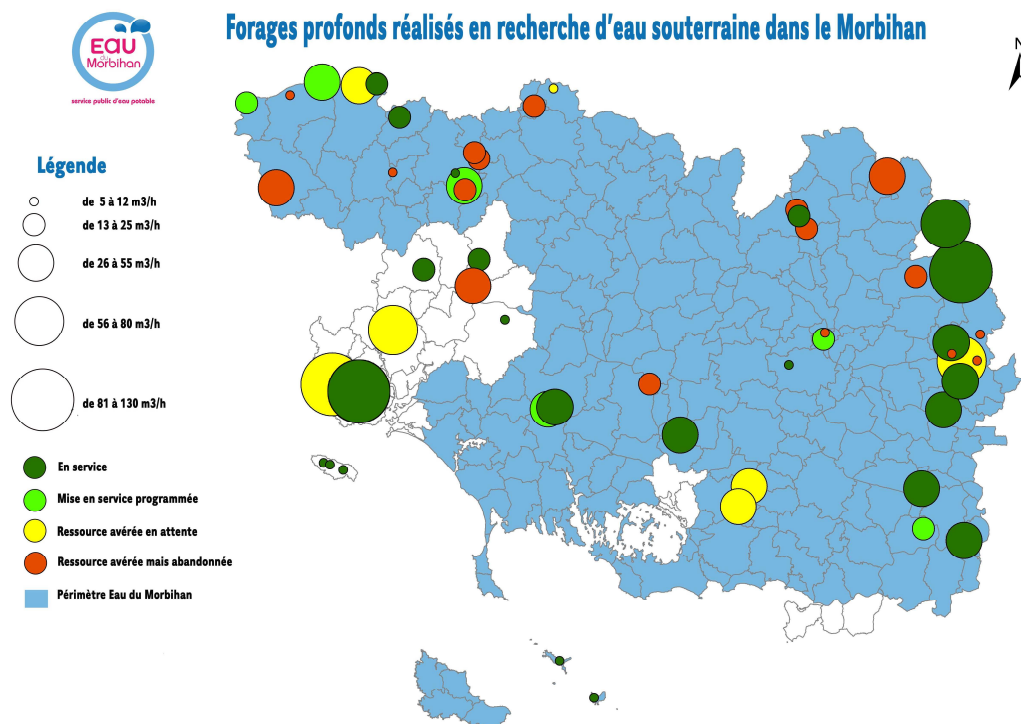


Figure 3 – Carte de localisation des forages profonds en service et ressources profondes avérées (mise en service programmée, à l'étude ou abandonnées)

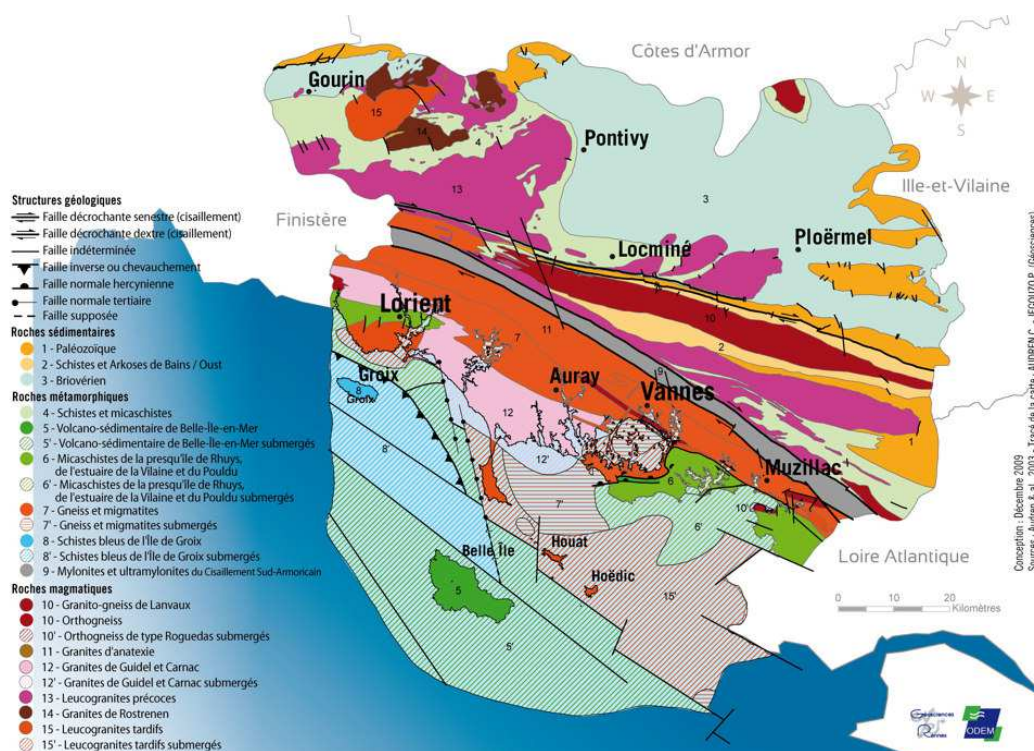


Figure 4 – Carte géologique simplifiée du socle du Morbihan (ODEM d'après C. Audren et P. Jégouzo [5])

III. SITE DE L'AFF

III. 1 Contexte

Le principal site de production d'eau souterraine de Eau du Morbihan est situé à Beignon, dans le nord-est du Morbihan. Les recherches d'eau réalisées ont permis de mettre en service en 2011 trois forages (FE3, FE4 et FE7 – Figure 5), pour un débit total de 125 m³/h. Ces forages sont situés à proximité d'un cours d'eau, l'Aff, affecté régulièrement par des assècs en étiage, au droit des forages mais également sur plusieurs kilomètres en amont des forages. Leur profondeur varie de 97 m (FE7) à 150 m (FE4).

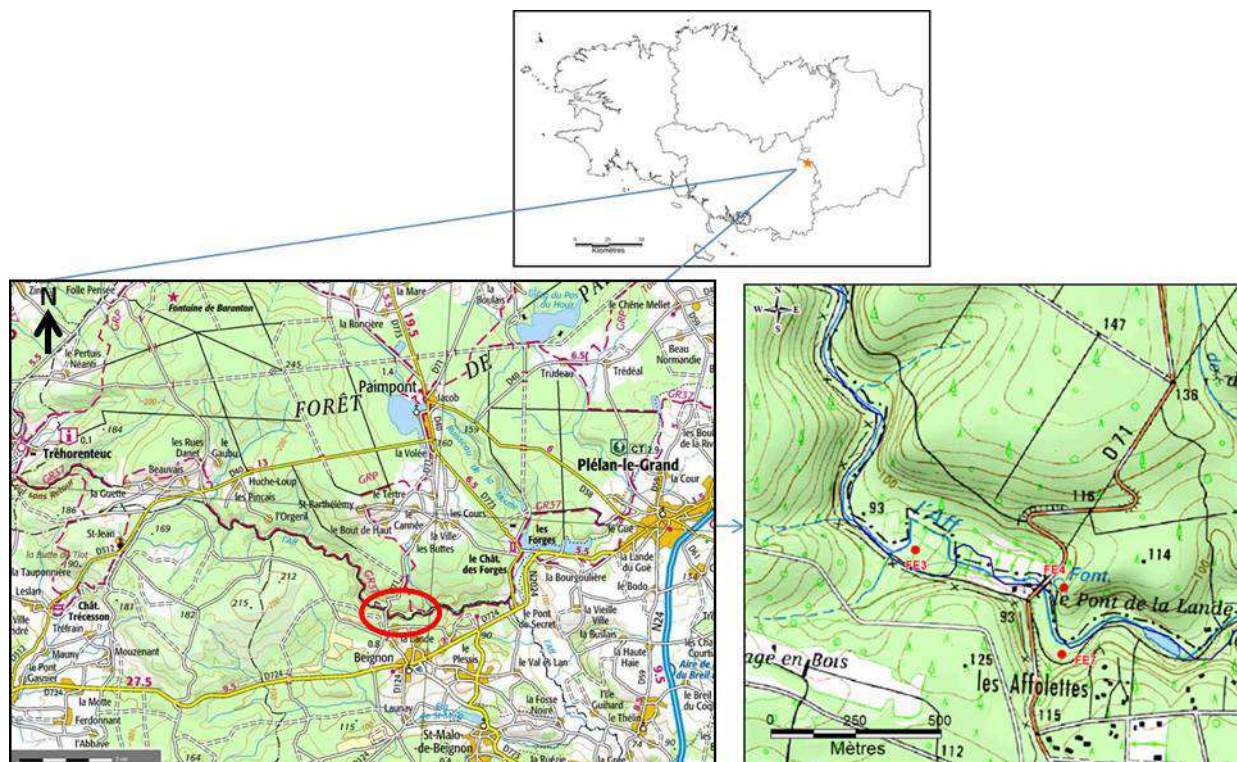


Figure 5 – Localisation des 3 forages d'eau potable dans la vallée de l'Aff

Du point de vue géologique, le site est implanté à l'extrémité ouest des synclinaux paléozoïques du sud de Rennes, sur les Schistes rouges de Pont Réan, d'âge paléozoïque. Ces schistes recouvrent les Schistes briovériens, qui affleurent plus au sud. Les schistes rouges sont surmontés par les Grès armoricains. L'Aff a un cours sinueux, en lien avec les nombreuses failles du secteur (orientation principale N150).

Les 3 forages captent en profondeur l'aquifère des Schistes briovériens fracturés, sous recouvrement des Schistes rouges de Pont Réan (zone cimentée, non crépinée).

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 des études complémentaires afin d'évaluer l'incidence de l'exploitation des 3 forages sur le débit de l'Aff [6].

III. 2 Réinterprétation des essais de pompage

Sur ces forages, une réinterprétation des essais de pompage réalisés en 2007 [7] et 2010 [8] a été réalisée par examen des pentes de la courbe de dérivée logarithmique des rabattements en fonction du temps [6,9, 10, 11], afin d'étudier les relations éventuelles entre l'Aff et l'aquifère capté (Figure 6).

La réinterprétation des essais de pompage a mis en évidence un comportement hydrodynamique différent des forages en pompage en période de hautes et basses eaux du cours d'eau (respectivement en 2007 et

en 2010) et des effets de drainance des formations géologiques superficielles, montrant l'influence des systèmes de surface sur les eaux souterraines.

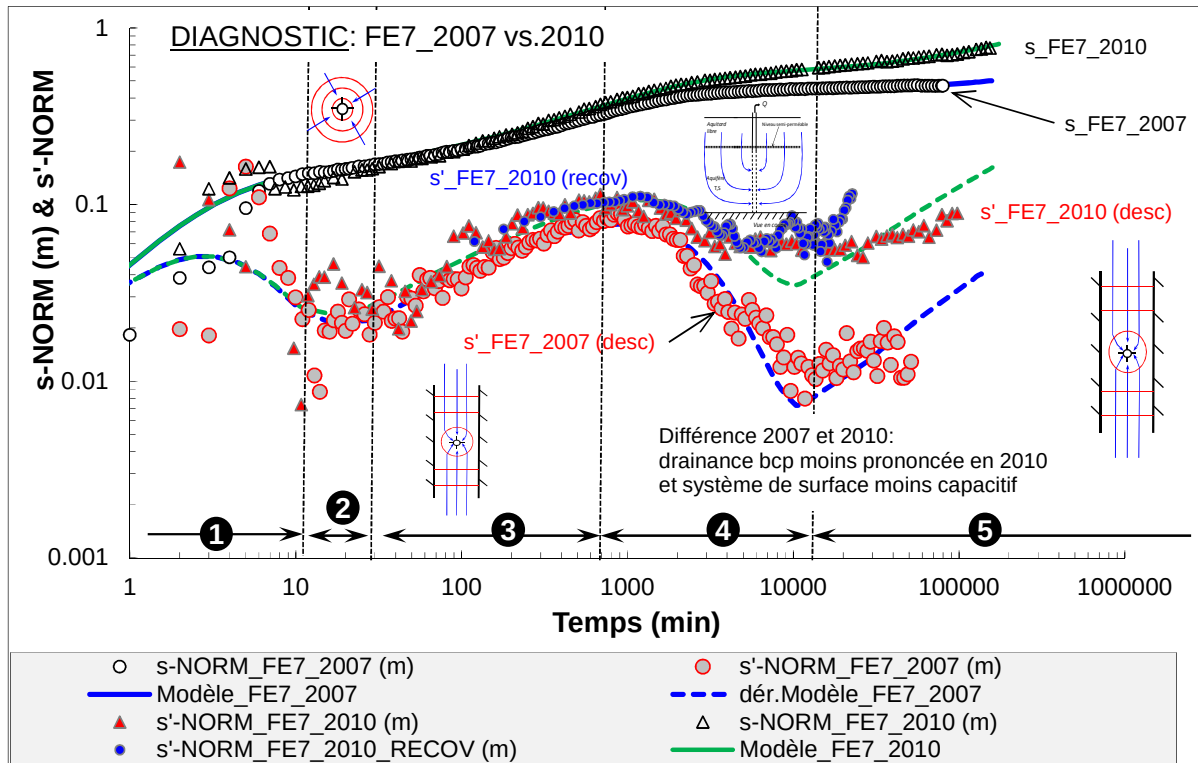


Figure 6 – Comparaison des diagnostics des essais réalisés en 2007-2008 et 2010 sur le forage FE7. s-NORM : rabattement normalisé ; s'-NORM : dérivée du rabattement normalisé à la descente et recov : à la remontée du niveau. En bleu et en vert : modèle « Hunt modifié » (trait plein : rabattement ; pointillés : dérivée)

L'impact des pompages sur le débit du cours d'eau a été calculé via un modèle d'aquifère stratifié et limité dans l'espace où le cours incise en partie l'aquifère de surface (modèle Hunt modifié [6]) : il se chiffre en quelques litres/secondes (Figure 7), en cohérence avec les pertes naturelles observées sur le cours d'eau à proximité des forages [13].

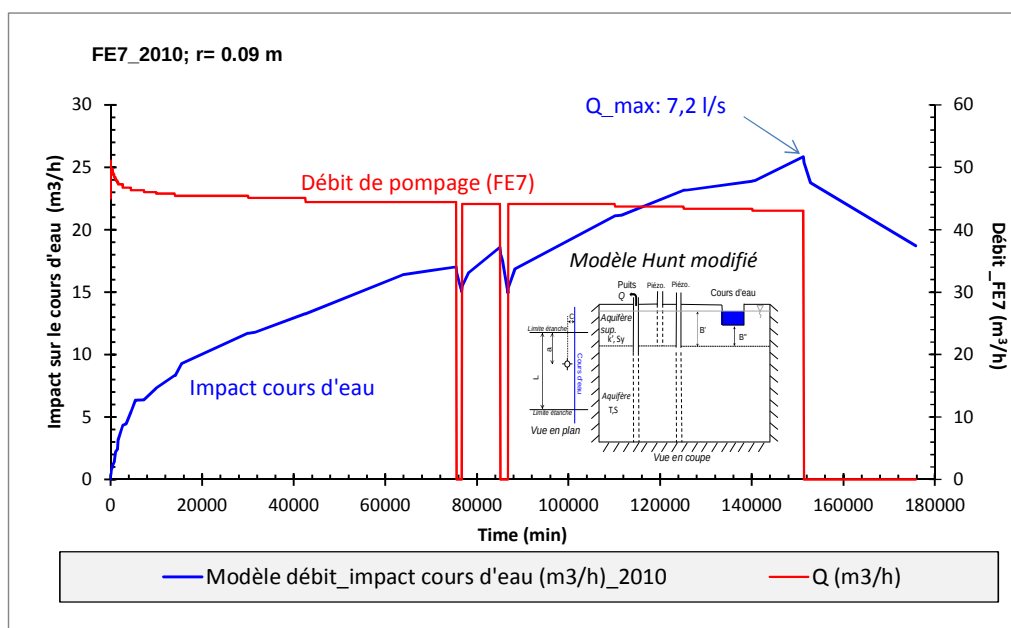


Figure 7 – Calcul de l'impact des essais par pompage réalisés en FE7 sur l'Aff en 2010 et modèle de Hunt modifié

III. 3 Analyses physico-chimiques et isotopiques

Des analyses chimiques (éléments majeurs et traces) et isotopiques ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) de l'eau des trois forages, de l'Aff en amont de ces ouvrages et d'un autre forage captant le même aquifère (schistes briovériens) à distance de l'Aff (ANETT), ont été réalisées afin d'identifier l'origine de l'eau captée par les forages (discrimination eau de surface/eau souterraine). En complément, des mesures du tritium et des gaz dissous CFC-SF6 ont permis d'appréhender le temps de résidence moyen des eaux souterraines.

Les analyses du strontium montrent que l'eau des forages ne résulte pas d'un mélange binaire entre un aquifère profond (forage ANETT dans le Briovérien hors influence de l'Aff) et de l'eau de surface (rivière Aff) (Figure 8).

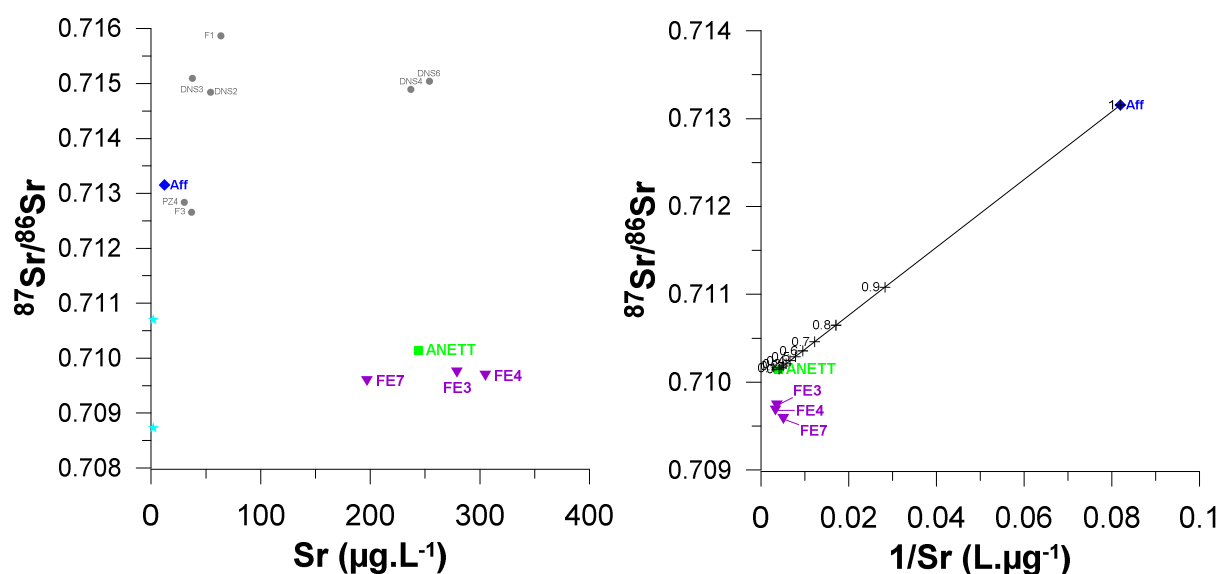


Figure 8 – $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ en fonction de la teneur en Sr et de l'inverse de la teneur en Sr pour les échantillons du secteur d'étude

Du point de vue géochimique, aucun impact quantifiable d'eau récente dans les eaux souterraine n'a été mis en évidence, notamment sur le forage FE7, sur lequel on a constaté une absence de tritium et de CFCs-SF6 et une faible température de recharge suggérant une eau ancienne (rechargée avant les années 1950). Cependant, les pertes mesurées dans le cours d'eau et susceptibles d'atteindre les eaux souterraines, sont très probablement négligeables en termes de volume par rapport au volume d'eau présent dans l'aquifère capté par les forages. Il est donc possible que cet effet de dilution par des eaux plus superficielles et donc récentes, ajouté à la très faible minéralisation de l'eau de la rivière, masque l'infiltration d'eau récente de la surface vers la profondeur. L'eau souterraine étant captée en profondeur par les forages (à plus de 45 m), il est aussi possible que les infiltrations d'eau de surface restent trop superficielles pour être captées par les forages, ou suivent un chemin différent qui ne serait pas capté par les forages mais rechargeraient localement l'aquifère.

IV. CONCLUSION

Ces études [6] ont confirmé la complexité de ce site : signature atypique en strontium pour un aquifère briovérien, pertes du cours d'eau inhabituelles en zone de socle, débits souterrains exceptionnellement élevés en zone de socle, aquifère très compartimenté.

Les deux approches utilisées dans cette étude, hydrodynamique et géochimique, montrent une dualité mais fournissent néanmoins des résultats tangibles.

On peut supposer qu'il s'agit d'un aquifère stratifié verticalement, sans mélange homogène de l'eau sur toute son épaisseur, mais aussi compartimenté latéralement par les nombreuses fractures (comportement hydrodynamique et signature chimique différents pour chaque forage). Des effets de drainance, plus ou moins forts, ont été constatés au niveau des 3 forages, montrant une connexion hydraulique avec la surface, bien qu'elle ne soit pas visible sur les analyses géochimiques. Il est cependant difficile d'estimer réellement l'impact des pompages sur le cours d'eau, faute d'état initial avant la mise en service des ouvrages. D'autre part, les forages n'expliquent pas à eux seuls les assèchements constatés sur le cours d'eau sur plusieurs kilomètres en amont des forages.

Ce site, dont la complexité a été confirmée par cette étude (signature atypique en strontium pour un aquifère briovérien, pertes du cours d'eau inhabituelles en zone de socle, débits souterrains exceptionnellement élevés en zone de socle, aquifère très compartimenté), mériterait des investigations complémentaires afin de mieux comprendre son comportement hydrogéologique et les relations entre l'aquifère et la surface. La mise en place de stations de jaugeage sur le cours d'eau en amont et en aval des forages, la réalisation de traçage au niveau des pertes ainsi qu'un suivi temporel de la chimie des eaux souterraines de sub-surface et profondes permettraient de répondre à ces questionnements.

En conclusion générale, les études hydrogéologiques réalisées à des fins de prospection en vue de l'alimentation en eau potable ou permettant la définition des aires d'alimentation, des capacités d'exploitation et, comme dans le cas présenté, des relations nappe-rivières sont longues et complexes à réaliser en domaine de socle. Malgré tout, les eaux souterraines profondes des aquifères de socle présentent un intérêt certain, que ce soit qualitatif grâce à la dénitrification naturelle, et quantitatif en adéquation avec les besoins locaux et les pointes de consommation, participant ainsi à la diversification et à la sécurisation de l'alimentation en eau potable.

Références bibliographiques :

- [1] Lithologic, Recherche en eau souterraine profonde sur le site de Siloret, étude et prospection géophysique préalable à la réalisation de forages de reconnaissance, commune de Carentoir, octobre 2006
- [2] Marjolet G., Herbreteau F., Le Gal A., Une méthodologie de délimitation des périmètres de protection rapprochés des captages d'eau souterraine en Bretagne, Colloque CFH-AIH La-Roche-sur-Yon juin 2015
- [3] Géoarmor, Protection des forages de Kermadoc, synthèse hydrogéologique, Commune de Ploemeur, déc. 1996
- [4] Lithologic, Rapports de 2005 à 2011, Recherches d'eau souterraine sur le site de St Mathieu à Guidel
- [5] Audren C., Jégouzo P., Belloncle J.L. et Daniel F., 2003. Système d'Information sur la Géologie du Morbihan (SIGM) : élaboration d'un ensemble de bases de données et de cartes numériques dédié au socle géologique - Rapport final. ODEM, Géosciences Rennes. 71 p.
- [6] 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, 71 p., 35 ill., 13 tabl., 3 ann.
- [7] Terre et Habitat, 2008. Rapport de phase n°3 : réalisation des ouvrages d'exploitation et réalisation de pompages d'essai. Mai 2008, 49 p.
- [8] Terre et Habitat, 2011. Site de la vallée de l'Aff : interprétation de pompages d'essai réalisés à la fin de l'année 2010. Juin 2011, 26 p.
- [9] Bourdet, Whittle T.M., Dougalis, A.A., Pirard V.M., 1983. A new set of type curves simplifies well test analysis, *World Oil*.
- [10] Bourdet D., Ayoud J.A. and Pirard Y.M., 1989. Use of pressure derivative in well-test interpretation. *SPE*, 293-302.
- [11] Spivey F.A. and Wurstner S.K., 1993. DERIV: a computer program for calculating pressure derivatives for use in hydraulic test analysis.
- [12] Hunt, B. 2003. Unsteady stream depletion when pumping from semi-confined aquifer. *ASCE Journal of Hydrologic Engineering*, Vol. 8, No.1, 12-19.
- [13] Aquascop, 2013. Mesures de débit sur l'Aff. Etude n°8722 ; septembre 2013, 7 p.