

# **Une méthodologie de délimitation des périmètres de protection rapprochée des captages d'eau souterraine en Bretagne**

## **A methodology to delineate water well groundwater protections zones in Brittany**

**Gilles Marjolet (1) François Herbreteau (2) Arnaud Le Gal (3)**

(1) Hydrogéologue agréé, retraité du Conseil départemental des  
Côtes d'Armor, 22190 Plérin, marjolet.gilles@gmail.com,

(2) Hydrogéologue agréé et Société Log Hydro Côtes d'Armor,

(3) Hydrogéologue agréé et Syndicat de l'eau du Morbihan

### **I. INTRODUCTION**

#### **I. 1 La réglementation de la protection des captages d'eau potable**

La réglementation française de la protection des captages publics, prélevant des eaux souterraines ou superficielles, destinés à l'alimentation en eau potable prévoit (EHESP, 2008), pour assurer la protection de la qualité des eaux, la mise en place de périmètres de protection : - un périmètre immédiat, acquis en pleine propriété, clos et d'accès interdit, à l'intérieur duquel seules sont autorisées les activités liées à la production d'eau ; - un périmètre rapproché (sauf en cas de « protection naturelle ») à l'intérieur duquel peuvent être interdits ou réglementés les installations, travaux, activités, ouvrages, aménagements ou occupation des sols, pouvant nuire à la qualité des eaux ; - et ,éventuellement, un périmètre éloigné, destiné à réglementer les installations ou activités mentionnées ci-dessus.

#### **I. 2 L'application de la réglementation et le cas de la Bretagne**

La situation de la mise en place des périmètres de protection, en principe obligatoires depuis la loi sur l'eau de 1964, n'était guère satisfaisante, au moment de la nouvelle loi sur l'eau de 1992. C'est ainsi qu'à cette époque, le pourcentage de captages disposant d'un arrêté de déclaration d'utilité publique établissant les servitudes de protection n'était que de 17%, dans le bassin Loire-Bretagne (Agence de l'eau Loire-Bretagne, 2013). Cette loi a donné une impulsion en fixant (de façon très optimiste) à cinq ans le délai d'achèvement des procédures. Ainsi, en 2013, le pourcentage atteint est de l'ordre de 74%.

En Bretagne, au cours des années quatre-vingt, devant le constat de la dégradation rapide la qualité des eaux potables souterraines et superficielles, principalement due à l'augmentation des teneurs en nitrates, liée à l'intensification agricole, une démarche contractuelle s'est mise en place entre les pouvoirs publics (Etat et collectivités) et la profession agricole. Entre autres dispositions, des protocoles d'accord départementaux ont été conclus pour faciliter la mise en place des périmètres de protection. Il en résulte un pourcentage actuel d'établissement des périmètres de protection, en Bretagne, supérieur à 90%.

Ces protocoles régulièrement actualisés (Conseil général des Côtes d'Armor, 2005) ont intégré la protection contre les pollutions diffuses d'origine agricole. C'est ainsi que, notamment pour les eaux souterraines, ils prévoient de subdiviser le périmètre de protection rapprochée en deux zones : - la zone sensible à contraintes fortes, où les activités agricoles sont restreintes (pas de cultures, mise en prairies obligatoire), conduisant souvent à l'acquisition, par la collectivité, des parcelles incluses, très fréquemment suivie de

boisement (Marjolet G., 2013); - la zone complémentaire, où des activités agricoles réglementées sont autorisées.

La prise en compte de la pollution diffuse dans l'établissement des périmètres de protection des captages d'eau souterraine, en Bretagne (Marjolet G.; Herbreteau F., 2005), et plus généralement dans le socle armoricain, a été non seulement nécessaire pour assurer leur pérennité, mais aussi possible du fait de la compartimentation et de l'exiguïté des aires d'alimentation des captages d'eau souterraine.

## **II. LE CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE BRETON**

### **II. 1 Caractéristiques générales**

Les aquifères du socle armoricain (Marjolet G., Artur A., Freslon M., 2002) sont principalement présents dans deux horizons : le substrat (granite, gneiss, schistes, grès,...) et, au-dessus, des formations superficielles de recouvrement (limons, colluvions,..) et/ou d'altération (décomposition plus ou moins prononcée du substrat (arènes, argiles,..).

Les formations superficielles présentent, soit une porosité d'interstices, soit une porosité mixte de fissures et d'interstices, selon le degré d'altération. Les formations de recouvrement sont généralement de faible épaisseur (rarement au-delà de 10 m). En revanche, les altérations peuvent être ponctuellement épaisses (plusieurs dizaines de mètres). Les débits rencontrés varient, selon les facies, de très faibles dans les argiles, à moyens (10 à 20 m<sup>3</sup>/h) dans les arènes.

Le substrat est caractérisé par une porosité de fissures, correspondant aux différentes discontinuités qui l'affectent (contacts entre formations, filons, fractures, plans de schistosité, joints de stratifications,..). Les débits rencontrés, jusqu'à des profondeurs importantes (au-delà de 200 m), rarement nuls, sont souvent faibles (quelques m<sup>3</sup>/h), mais peuvent être ponctuellement élevés (plus de 100 m<sup>3</sup>/h). D'une manière générale, les pompages dans le substrat drainent les formations superficielles.

La compartimentation des aquifères est très fréquente et a pour conséquence, dans les cas de forages très productifs, de limiter les volumes exploitables aux possibilités de réalimentation du compartiment exploité.

La qualité « naturelle » des eaux résulte de la nature pétrographique des roches. D'une manière générale les eaux sont peu minéralisées et agressives. Les eaux du substrat présentent souvent des teneurs fortes en fer et manganèse. En contexte environnemental agricole, les eaux des formations superficielles présentent souvent des teneurs en nitrates élevées. En revanche ces teneurs sont souvent nulles, à partir d'une certaine profondeur, dans les aquifères du substrat, du fait d'un phénomène de dénitrification.

### **II. 2 Les types de captages**

Le recours aux eaux superficielles (prises au fil de l'eau, retenues) pour l'alimentation en eau potable est largement majoritaire en Bretagne. Pour les eaux souterraines, on distingue principalement deux types de captages : - les captages anciens « traditionnels », puits peu profonds (une dizaine de mètres, souvent moins et rarement plus) implantés dans les formations superficielle ;- les forages « profonds », réalisés, dans le substrat sous-jacent, selon la technique du marteau fond de trou, très majoritairement à partir du milieu des années 70.

Outre les puits fermiers des exploitations agricoles, ainsi que les réseaux anciens de drains de plusieurs kilomètres de longueur, reliant des dizaines de puits, de grandes collectivités (Rennes, Saint Briec, Fougères), les captages anciens ont été réalisés, avant les années 70, principalement pour alimenter les besoins, alors relativement modestes, des collectivités rurales.

Les forages « profonds » ont succédé à ces ouvrages, notamment suite à la sécheresse de 1976, pour répondre à des besoins individuels (élevages) et collectifs, en forte augmentation. Les techniques de prospection et de réalisation (Marjolet G., Herbreteau F., Moreau JF., Lucas G., Le Gal A.; 2008) se sont précisées progressivement. En particulier, il faut signaler : - l'augmentation des profondeurs d'investigation (à présent jusqu'à 300 m) ; - les cimentations en tête du forage, sur des hauteurs importantes (parfois plusieurs dizaines de mètres) pour soutenir les terrains meubles de surface, mais aussi pour interdire les arrivées d'eau superficielles nitratées ; - les pompages d'essai de « très » longue durée (un à deux mois) pour mettre en évidence la présence de limites étanches, souvent présentes et limitant le volume exploitable ; - l'équipement du forage d'exploitation prévu pour limiter les phénomènes de colmatage (oxydation du fer et du manganèse dissous dans l'eau) : pas de massif filtrant, tubage jusqu'à une chambre de pompage, puis trou nu, si possible.

### III. LA DELIMITATION DES PERIMETRES DE PROTECTION

#### III. 1 Cas des captages traditionnels

L'aire d'alimentation (Marjolet G., Artur A., Freslon M., 2002) s'inscrit, la plupart du temps, en tout ou partie, dans le bassin topographique. Sa superficie peut être évaluée à partir du bilan hydrique (débit de l'ouvrage rapporté aux pluies efficaces). Il est parfois nécessaire de réaliser des piézomètres pour localiser précisément son contour. A l'intérieur de l'aire d'alimentation, la délimitation de la zone sensible du périmètre de protection rapprochée tient compte de l'objectif recherché, notamment vis-à-vis des teneurs en nitrates : soit assurer le maintien de la bonne qualité des eaux du captage, et on cherchera, alors, à conserver l'environnement existant, soit viser sa restauration. Dans ce dernier cas, la surface qu'il convient de « geler » tiendra compte de la teneur en nitrates existante et de celle recherchée (Marjolet G., 2013).

#### Exemple n°1 : captages de la Hutte (Saint Jacut du Mené, Côtes d'Armor)

Le Syndicat des eaux de la Hutte prélève, dans les altérations des micaschistes du Mené, environ 90000 m<sup>3</sup>/an dans huit puits, répartis sur deux sites. L'aire d'alimentation, correspondant au bassin topographique, est d'environ 50 à 60 hectares, occupés auparavant par des cultures fourragères (prairies temporaires, maïs, céréales). Compte tenu d'une teneur en nitrates initiale de l'ordre de 50 à 65 mg/l, le périmètre rapproché, correspondant sensiblement à l'aire d'alimentation, a été subdivisé en une zone sensible de 31 hectares, acquise et boisée par la collectivité, et une zone complémentaire, de 25 hectares, restant en cultures. Il en a résulté une amélioration nette. Au bout de huit ans, la teneur moyenne en nitrates stabilisée est de l'ordre de 25 à 35 mg/l.

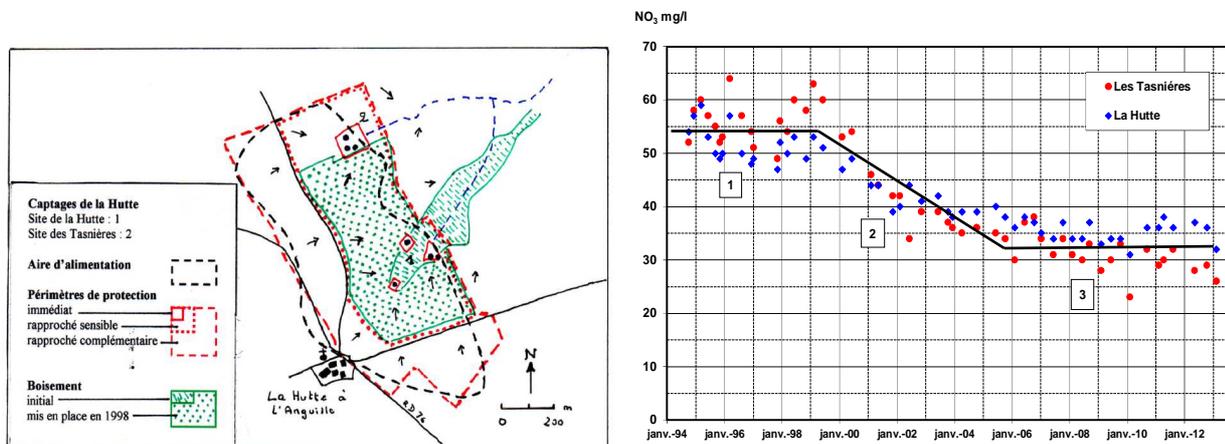


Figure 1 – Captages de la Hutte, St Jacut du Mené Côtes d'Armor. Boisement de la zone sensible du périmètre rapproché et évolution des teneurs en nitrates (Marjolet G., 2013)

### III. 2 Cas des forages profonds

La méthodologie décrite ci-dessus n'est pas applicable aux forages profonds. En effet, la prise en compte du bassin topographique n'est, ici, pas pertinente, l'influence des pompages s'étendant souvent au-delà. Elle n'est souvent pas justifiée, du fait de la dénitrification des eaux souterraines profondes. Enfin, elle pose des problèmes de faisabilité socio-économiques, du fait de l'importance des surfaces à protéger.

L'absence d'une méthodologie adaptée à ces cas, a entraîné des différences importantes dans la délimitation des périmètres rapprochés, selon les hydrogéologues agréés. Outre les difficultés rencontrées avec les collectivités et les services administratifs, le surdimensionnement des périmètres, dans une logique de « principe de précaution » a eu, aussi, pour conséquence l'abandon de projets de captage.

Depuis l'arrêté du 15 mars 2011 (modalités de désignation et de consultation des hydrogéologues agréés), l'hydrogéologue agréé coordonnateur départemental est en charge d'une « animation technique ». Les quatre coordonnateurs bretons ont donc décidé de mettre cette question à l'ordre du jour d'une réunion commune de tous les hydrogéologues agréés bretons, en mai 2014, au cours de laquelle, une méthodologie a été proposée, à partir d'un exemple concret.

#### Exemple n°2 : Forages de La Ferrière (Plesder, Ille et vilaine)

Pour conforter les ressources en eau potable du nord-ouest de l'Ille et Vilaine, le Syndicat Mixte de Production du Bassin Ille et Rance a engagé des recherches en eau souterraine avec un objectif de production de 1000 m<sup>3</sup>/jour. Ces recherches ont été confiées au bureau d'études Lithologic de Rennes (Ille et Vilaine) qui a localisé, au nord de la commune de Plesder, un secteur hydrogéologique potentiellement intéressant : le contact entre le granite cadomien de Bonnemain, au nord, et les schistes briovériens métamorphisés en cornéennes, au sud.

Suite à des sondages de reconnaissance, deux sites favorables, distants d'environ 1500 mètres, ont été retenus, sur lesquels, deux forages d'essai-exploitation ont été réalisés : FE3 (profondeur : 115 m) et FE5 (profondeur : 134 m). Un pompage d'essai, de 75 jours, a été effectué, à l'automne 2010, au débit total de 42 m<sup>3</sup>/h (17 m<sup>3</sup>/h sur FE3 et 25 m<sup>3</sup>/h sur FE5), avec suivi sur un réseau de 26 piézomètres, de 50 à 60 mètres de profondeur, en moyenne.

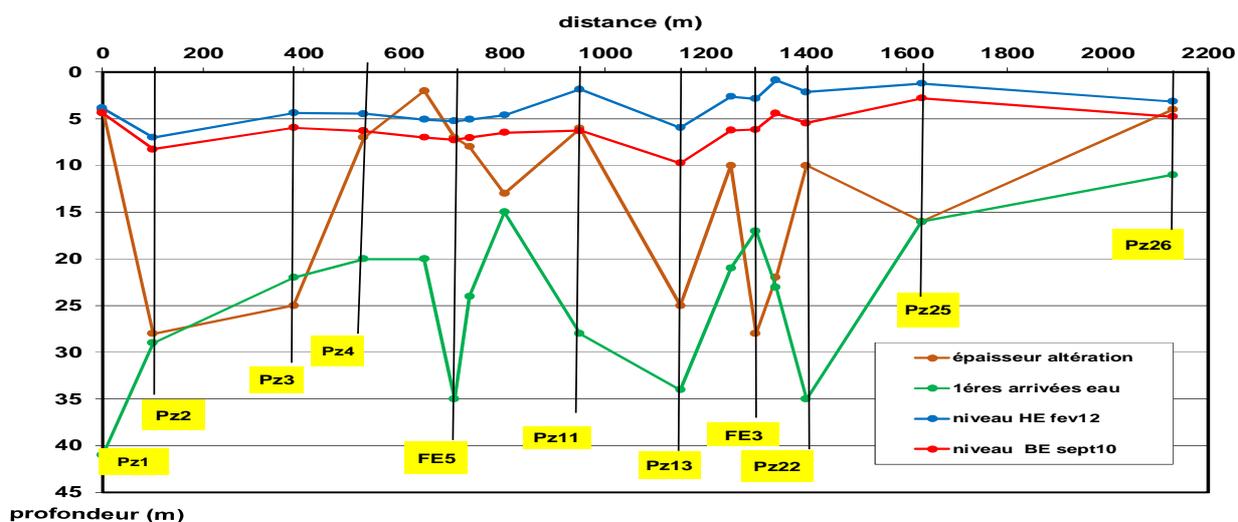


Figure 2 –Site de Plesder (Ille et Vilaine) profil hydrogéologique nord-sud : profondeurs des altérations et des arrivées d'eau, niveaux piézométriques (hautes et basses eaux) (cf. résultats du bureau d'études Lithologic)

Des investigations géologiques et hydrogéologiques, il ressort que (fig. 2) : - l'épaisseur des altérations est comprise entre 2 et 28 mètres (moyenne de l'ordre de 15 m); - en dessous de l'apparition de l'humidité

(déblais mouillés), les premières arrivées d'eau (écoulement constaté) sont relativement profondes (25 à 30 m) et, le plus souvent en deçà de la base des altérations ; - les niveaux piézométriques (hautes et basses eaux, hors pompages) sont caractéristique d'un aquifère en charge.

L'évolution des niveaux, au cours du pompage, est marquée par un palier de pseudo stabilisation, caractéristique d'un effet de drainance. Les caractéristiques hydrauliques, déterminées selon la méthode de Theis-Jacob, sont : Transmissivité: de 0.3 à 0.7  $10^{-3}$  m<sup>2</sup>/s, Coefficient d'emmagasinement : 2 à 6  $10^{-2}$ .

La qualité des eaux, mesurée sur les deux forages, en fin de pompage, indique l'absence de nitrates et des teneurs en fer (4.6 et 4.7 mg/l) et manganèse (0.18 et 0.21 mg/l) élevées.

Compte tenu de pluies efficaces moyennes locales de l'ordre de 200 mm et d'une infiltration de l'ordre de 70 %, une aire d'alimentation de 250 hectares est nécessaire pour assurer la production annuelle de 1000 m<sup>3</sup>/jour; on retiendra cette surface pour le périmètre éloigné dont la limite est extrapolée à partir des rabattements constatés.

Le périmètre de protection rapprochée, correspond à la zone d'influence du pompage jusqu'à l'iso rabattement un mètre, ajustée sur le parcellaire cadastral, soit une superficie d'environ 105 hectares. Dans la zone complémentaire, la plus éloignée des forages, l'aquifère reste en charge.

A l'intérieur, la délimitation de la zone sensible du périmètre de protection rapprochée (fig.3), répartie en deux secteurs (ZS1 et ZS2) autour des deux forages, correspond à la partie des deux cônes de rabattement (niveau constaté - 3 m), située sous la côte de l'humidité. Dans cette zone, du fait du pompage, la nappe n'est plus en charge, ce qui est un facteur défavorable pour la dénitrification (BRGM, 2000). Il convient donc, dans cette zone, de limiter au maximum, voire, mieux, de supprimer toute infiltration d'azote.

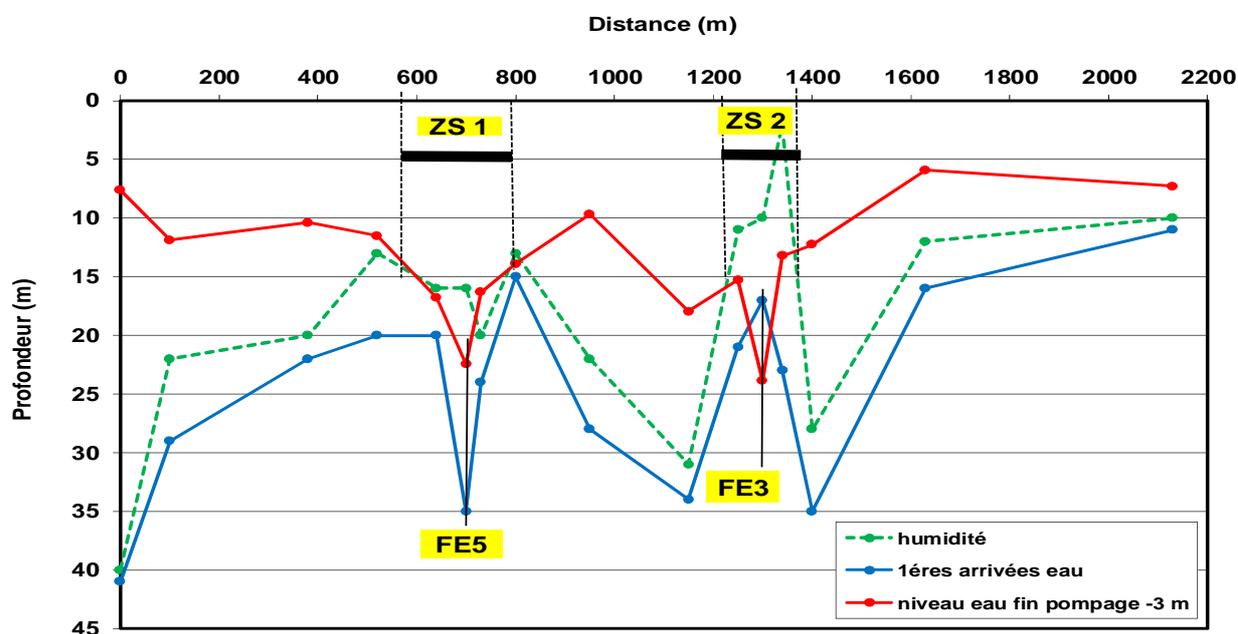


Figure 3 –Site de La Ferrière (Plesder, Ille et Vilaine) délimitation des deux zones sensibles (ZS1 et ZS2) du périmètre de protection rapprochée des forages d'exploitation

La superficie de la zone sensible (ajustée au parcellaire cadastral) est de 28 hectares, dont environ la moitié de superficie cultivée. Elle représente environ 11% de l'aire d'alimentation.

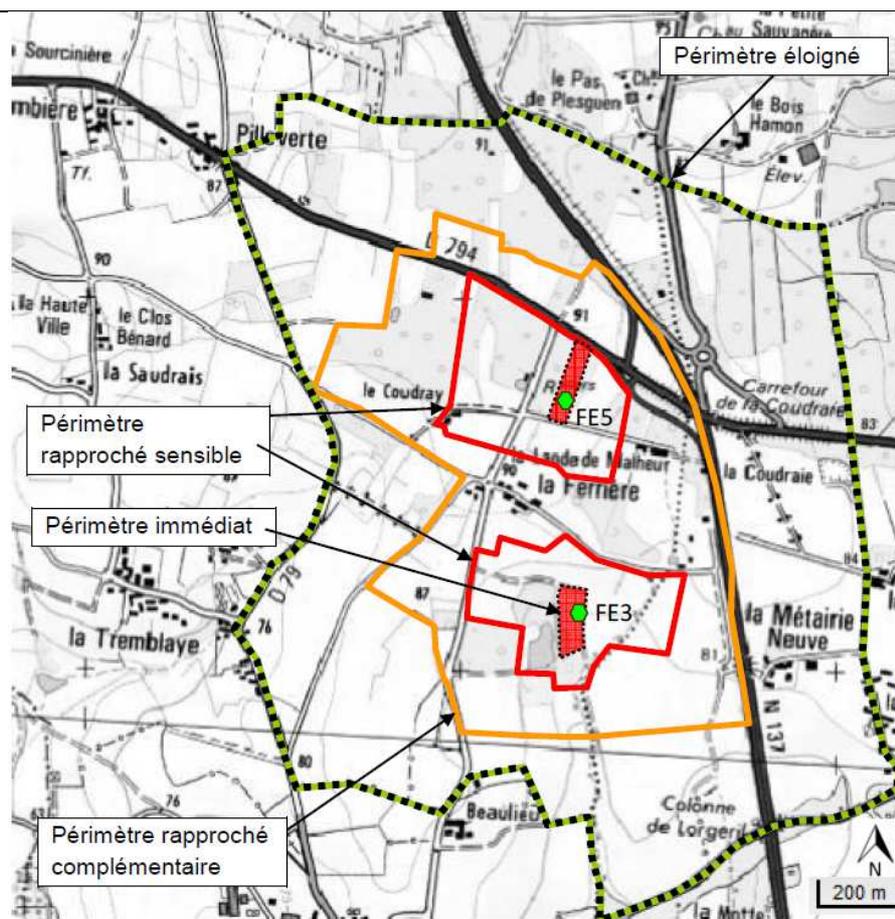


Figure 4 – Site de La Ferrière (Plesder, Ille et Vilaine) aire d'alimentation (périmètre éloigné) et proposition de périmètre de protection rapprochée (zone sensible et zone complémentaire) des forages d'exploitation

### Exemple n°3: Forages de Saint Mathieu (Guidel, Morbihan)

Afin de conforter sa production d'eau potable, réalisée à partir d'une seule prise d'eau superficielle, l'ex-SMAEP de la région de Pont-Scorff, intégré à Lorient Agglomération depuis 2012, a procédé, à partir de 2005, à des recherches en eau souterraine avec un objectif de diversification des ressources notamment en période d'été. Avec l'assistance du syndicat départemental de l'eau, ces recherches ont été confiées au bureau d'études Lithologic de Rennes (Ille et Vilaine) qui a localisé, à Saint Mathieu, au sud de la commune de Guidel, un secteur hydrogéologique potentiellement intéressant : contact micaschistes-granite, dans un contexte très fracturé, similaire à celui de Kermadoye à Ploemeur qui produit environ 1 million de m<sup>3</sup>/an.

De la prospection par des sondages de reconnaissance, il ressort : - que les altérations des micaschistes ont une épaisseur de 15 à 25 m, avec de faibles arrivées d'eau ; - que des arrivées d'eau ponctuellement très fortes sont décelées, à partir de 20 m et jusqu'à 100 m de profondeur, dans les micaschistes sains et fracturés sous-jacents. Les niveaux piézométriques sont au-dessus de la base des altérites et des arrivées d'eau ; l'aquifère est donc en charge.

Trois forages d'exploitation ont été réalisés (FE3 : 106 m ; FE16 : 164 m ; FE17 : 92 m) qui présentent tous de très forts débits au soufflage en fin de fonçage (FE3 : 128 m<sup>3</sup>/h ; FE16 : 417 m<sup>3</sup>/h ; FE17 : 375 m<sup>3</sup>/h). Un pompage d'essai, d'une durée de 75 jours a été effectué, à l'automne 2009, au débit total de 130 m<sup>3</sup>/h (40 m<sup>3</sup>/h sur FE3, 20 m<sup>3</sup>/h, sur FE16 et 70 m<sup>3</sup>/h sur FE17). La productivité du site atteindrait 2600 m<sup>3</sup>/jour (960000 m<sup>3</sup>/an) soit environ la moitié des besoins du secteur. Les niveaux d'eau ont été suivis sur un réseau de 17 piézomètres. La profondeur moyenne des piézomètres est de 60 m avec une cimentation en tête d'au moins 10 m (réglementation propre à la région Bretagne). Ils sont répartis dans un rayon de 500 m à

l'amont du site et à 250 m en aval. Parmi ces ouvrages, figurent les sondages de reconnaissance réalisés lors de la recherche en eau. Les caractéristiques hydrauliques, déterminées selon la méthode de Theis-Jacob, sont : Transmissivité:  $0.7 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ , Coefficient d'emmagasinement :  $1 \cdot 10^{-1}$ .

La qualité des eaux, mesurée sur les trois forages, en fin de pompage, indique l'absence de nitrates et des teneurs en fer (0.41, 2.53 et 3.89 mg/l) et manganèse (0.32, 0.47, 0.40 mg/l) élevées.

Compte tenu de pluies efficaces moyennes locales de l'ordre de 340 mm et d'une infiltration de l'ordre de 70 %, une aire d'alimentation de 400 hectares est nécessaire pour assurer la production annuelle de 2600  $\text{m}^3/\text{jour}$ .

La méthodologie exposée sur le cas précédent conduit à un périmètre éloigné de 400 hectares, à l'intérieur duquel le périmètre rapproché couvre environ 140 hectares, dont 42 hectares de zone sensible (soit environ 10% de l'aire d'alimentation) dont seuls 10 hectares sont cultivés.

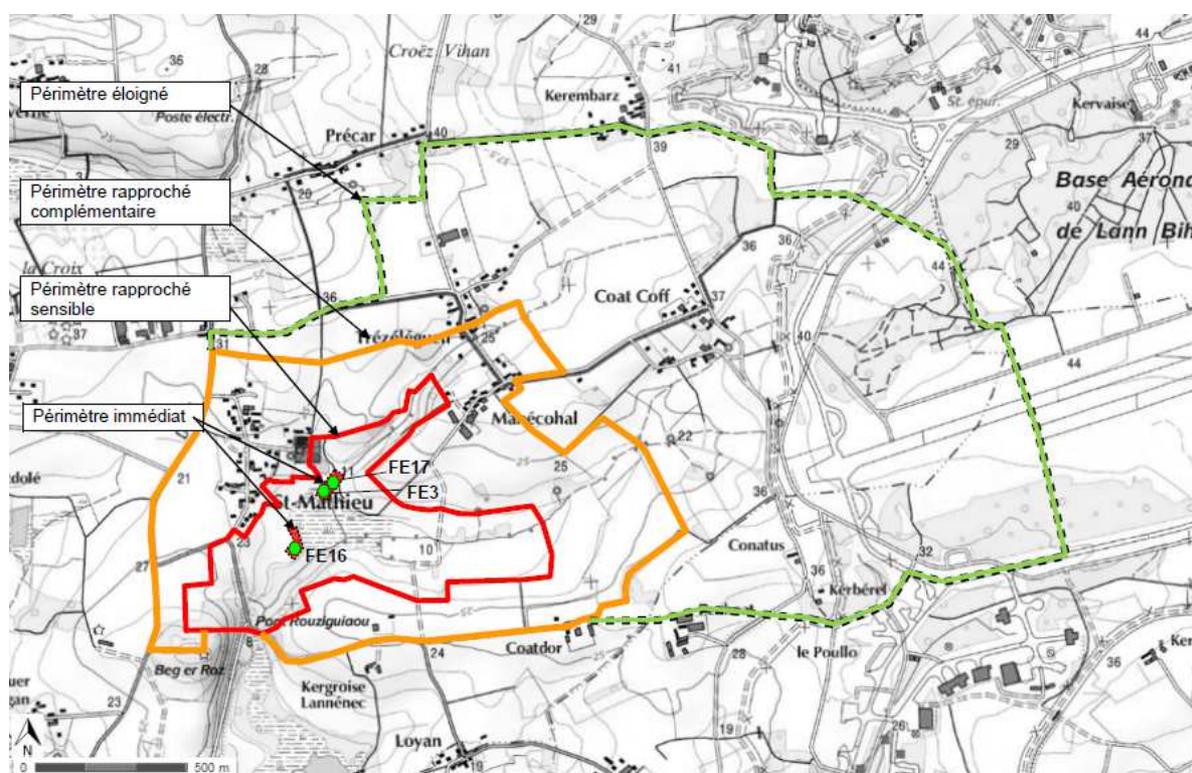


Figure 4 – Site de Saint Mathieu (Guidel, Morbihan) Aire d'alimentation potentielle (périmètre éloigné) et proposition de périmètres de protection rapprochée des forages

#### IV. CONCLUSIONS

Si, d'une manière générale, le recours aux eaux superficielles pour l'alimentation en eau potable est, en volume prélevé, très majoritaire, en Bretagne, l'utilisation des eaux souterraines, en particulier depuis le recours aux forages profonds, pour la production de volumes d'eau importants, reste d'actualité et constitue d'ailleurs aujourd'hui, l'unique ressource recherchée lors de la création de nouveaux captages.

La mise en place des périmètres de protection des captages d'eau souterraine, engagée depuis le début des années 80, a été conduite avec un objectif de conservation, mais aussi de restauration de cette ressource, bien adaptée aux besoins des petites collectivités rurales. Il s'agissait alors d'ouvrages traditionnels,

prélevant dans les aquifères superficiels des altérations. Du fait de leur très grande vulnérabilité, la méthodologie utilisée a donc visé les pollutions diffuses d'origine agricole, avec des résultats positifs sur la qualité des eaux, obtenus au prix de l'instauration de servitudes très contraignantes sur une superficie importante, pouvant dépasser 50% de l'aire d'alimentation.

Les investigations menées, bien plus profondément, dans le substrat, ont mis en évidence des ressources ponctuellement importantes, mieux protégées des pollutions en provenance de la surface, en particulier du fait de la dénitrification des eaux en profondeur.

La question est donc posée de la méthodologie à suivre pour les nouveaux ouvrages prélevant en profondeur. Compte tenu des interactions entre les aquifères superficiels et profonds, il convient toujours de prendre en compte la pollution diffuse d'origine agricole. En revanche, il peut être envisagé de restreindre considérablement la part de l'aire d'alimentation à prendre en compte pour la délimitation de la zone sensible du périmètre de protection rapprochée, en la limitant à la partie du cône de rabattement, où l'aquifère n'est plus en charge. Dans les deux exemples exposés, cette part a été réduite à environ 10%.

L'utilisation de cette méthodologie suppose que l'on dispose des données nécessaires : nombreux piézomètres suffisamment profonds, coupes géologiques (altérites et substrat) et hydrogéologiques (débits et qualités des arrivées d'eau, piézométrie non influencée en hautes et basses eaux), essais de puits (débits/rabattements), pompages d'essai de longue durée, analyses de l'eau. Il importe donc que ces éléments figurent dans les cahiers des charges des études préalables.

#### Références bibliographiques :

**BRGM (2000).** - Synthèse des cas de dénitrification naturelle dans les eaux souterraines de France : intérêt du processus pour restaurer la qualité des eaux ; Etude BRGM/RP-50304-FR.

**Marjolet G., Artur A, Freslon M. (2002).** - Périmètres de protection des captages d'eau souterraine dans le massif armoricain. Effets sur la qualité des eaux. Celtic water in a European framework-pointing the way of quality. The third inter-Celtic colloquium on hydrology and management of water resources, National University of Ireland, Galway 8<sup>th</sup>-10<sup>th</sup> July 2002, p 223-232.

**Conseil Général des Côtes d'Armor (2005).**- Protection des points d'eau publics : le protocole d'accord entre la Préfecture, le Conseil Général, l'Association Départementale des Maires, le Syndicat Départemental d'alimentation en eau potable, la Chambre d'Agriculture et l'Agence de l'eau Loire-Bretagne), octobre 2005, 31 p.

**Marjolet G., Herbreteau F (2005).**- La prise en compte de la pollution diffuse agricole dans les périmètres de protection des captages d'eau souterraine du département des Côtes-d'Armor. Douzièmes journées techniques du Comité Français de l'Association Internationale des Hydrogéologues : l'eau souterraine et les produits phytosanitaires, 24 et 25 novembre 2006, BRGM Orléans, p 111-116.

**EHESP (2008).**-Protection des captages d'eau, Acteurs et stratégies. Document du Ministère de la Santé Publique et des Sports (Ecole des Hautes Etudes en Santé Publique), 82 p.

**Marjolet G., Herbreteau F, Moreau JF, Lucas G., Le Gal A (2008).**- Le forage d'eau dans le socle armoricain : prospection, réalisation et suivi. Actes du colloque AHSP-EGID Bordeaux 3 « Le forage d'eau du XXI<sup>e</sup> siècle », Bordeaux, 27 au 29 octobre 2008, p 13-22.

**Agence de l'eau Loire-Bretagne (2013).**- Captages d'alimentation en eau potable dans le bassin Loire-Bretagne, Périmètres de protection, Aires d'alimentation des captages, Captages abandonnés, décembre 2013, 18 p.

**Marjolet G. (2013).**- Impact du gel-boisement des terres agricoles dans les périmètres de protection des captages bretons. Géologues n°179, La qualité des eaux souterraines, processus et enjeux, décembre 2013, p 94-98.