



Rapport d'expertise :

Recommandations pour déterminer l'impact potentiel d'un forage sur une nappe alimentant les rivières en Loire-Atlantique

BRGM/RP-69473-FR
Janvier 2020

Cadre de l'expertise :

Appuis aux administrations Appuis à la police de l'eau

Date de réalisation de l'expertise : septembre-décembre 2019

Localisation géographique du sujet de l'expertise : Loire-Atlantique

Auteurs BRGM : Pierre Chrétien

Demandeur : Bryan Henning, DDTM 44

1.89 3740.46 -625.5



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Le système de management de la qualité et de l'environnement du BRGM est certifié par AFNOR selon les normes ISO 9001 et ISO 14001. Contact : qualite@brgm.fr

Ce rapport est le produit d'une expertise institutionnelle qui engage la responsabilité civile du BRGM. Il constitue un tout indissociable et complet ; une exploitation partielle ou sortie du contexte particulier de l'expertise n'engage pas la responsabilité du BRGM.

La diffusion des rapports publics est soumise aux conditions de communicabilité des documents, définie en accord avec le demandeur. Aucune diffusion du présent document vers des tiers identifiés ne sera volontairement engagée par le BRGM sans notification explicite du demandeur.

Le BRGM a mis en place un dispositif de déontologie visant à développer une culture de l'intégrité et de la responsabilité dans le quotidien de tous ses salariés.


Après examen, il est ressorti qu'il n'existait aucun lien d'intérêt :

- ***entre le BRGM et l'objet ou les différentes parties prenantes de la présente expertise,***
- ***entre les salariés du BRGM qui seront impliqués et l'objet ou les différentes parties prenantes de la présente expertise.***

susceptible de compromettre l'indépendance et l'impartialité du BRGM dans la réalisation de cette expertise.

Ce document a été vérifié et approuvé par :

Vérificateur :
Nom : Emmanuelle Rouxel
Hydrogéologue régionale
Date : 13/01/2020


Approbateur :
Nom : Alexander Norie
Directeur régional Pays-de-la-Loire :
Date : 17/01/2020


Le système de management de la qualité et de l'environnement est certifié par
AFNOR selon les normes ISO 9001 et ISO 14001.

Mots-clés : expertise, appuis aux administrations, impact, eau surface, prélèvement, forage, soutien étiage, Loire-Atlantique, Pays-de-la-Loire.

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :

Chrétien P. (2020) – Recommandations du BRGM pour déterminer si un forage impacte une nappe contribuant au débit d'un cours d'eau. Rapport final. BRGM/RP-69473-FR, 18 p., 2 ill., 1 tabl.

© BRGM, 2020, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

Sommaire

1. Introduction.....	4
1.1. RAPPEL RÉGLEMENTAIRE	4
1.1.1. Le SDAGE Loire-Bretagne	4
1.1.2. L'arrêté cadre « sécheresse » (ACS) du département de Loire-Atlantique	6
1.2. NAPPE CONTRIBUANT À L'ALIMENTATION D'UN COURS D'EAU.....	6
1.2.1. Aquifères alluviaux	6
1.2.2. Aquifères sédimentaires des bassins d'effondrement.....	7
1.2.3. Aquifères de socle	7
2. Protocole proposé pour vérifier l'absence de relation entre un prélèvement et une nappe contribuant à l'alimentation d'un cours d'eau.....	8
2.1. TRAVAUX DE FORAGE	8
2.1.1 Cas des nouveaux forages (nouveaux prélèvements).....	8
2.1.2 Cas des forages existants à régulariser	8
2.2. ESSAI DE NAPPE LONGUE DUREE.....	8
2.2.1 Piézomètres de contrôle.....	8
3. Bibliographie.....	10
4. Déclaration	11

Liste des illustrations

Illustration 1 : carte des bassins et des axes concernés par les dispositions 7B-2 et 7B-3.....	6
Illustration 2 : schéma conceptuel des aquifères de socle (R. Wyns, 1998 et 2004).....	7

Liste des tableaux

Tableau 1 : fréquence d'enregistrement du rabattement pendant l'essai longue durée	9
--	---

1. Introduction

La DDTM 44 et la DDT 49 souhaitent s'appuyer sur un protocole partagé pour « vérifier l'absence de relation entre un prélèvement et les nappes souterraines contribuant à l'alimentation des cours d'eau ou des zones humides ».

La DDTM 44 a donc sollicité le BRGM pour qu'il propose, dans le cadre de ses missions d'appui aux administrations, un protocole destiné à déterminer si un forage capte une nappe contribuant à l'alimentation des cours d'eau ou des zones humides.

L'expertise s'inscrit dans le cadre des missions d'Appui aux Administrations menées par le BRGM au titre de l'année 2019.

1.1. RAPPEL RÉGLEMENTAIRE

1.1.1. Le SDAGE Loire-Bretagne

Les dispositions 7B-2 et 7B-3 du Schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux 2016-2021 du bassin Loire-Bretagne édictent les règles encadrant les prélèvements à l'étiage dans certains milieux, et notamment dans les « **nappes souterraines contribuant à l'alimentation des cours d'eau ou des zones humides** ».

Disposition 7B-2 : Bassins avec une augmentation plafonnée des prélèvements à l'étiage pour prévenir l'apparition d'un déficit quantitatif

Sur tous les bassins non classés en zone de répartition des eaux (ZRE) et non visés par l'une des dispositions 7B-3 ou 7B-4), le Sage peut définir l'augmentation possible des prélèvements en période d'étiage, après réalisation d'une étude HMUC¹.

Dans les bassins concernés et pour les prélèvements autres que ceux destinés à l'alimentation en eau potable ou à la sécurité civile, cette augmentation est plafonnée à la valeur de lame d'eau* figurant dans le tableau des objectifs de quantité aux points nodaux² afin de prévenir l'apparition d'un déséquilibre entre la ressource et les besoins en eau.

Les services de police des eaux prennent en compte les prélèvements nets, qui intègrent les volumes restitués dans le même cours d'eau ou la même nappe phréatique à une position donnée (position du point de rejet des volumes restitués). Ils veillent également à éviter une concentration de pression de prélèvements sur certaines parties des sous-bassins qui serait préjudiciable à l'atteinte du bon état des eaux.

Sont concernés les prélèvements dans les cours d'eau et leurs annexes, dans les sources et **dans les nappes souterraines contribuant à l'alimentation des cours d'eau ou des zones humides**.

Les prélèvements dans les axes réalimentés objets de la disposition 7B-5 sont exclus de la présente disposition.

Disposition 7B-5 : Bassins avec un plafonnement, au niveau actuel, des prélèvements à l'étiage pour prévenir l'apparition d'un déficit quantitatif

Dans les secteurs où les étiages naturels sont sévères et ne doivent pas être aggravés par une augmentation de prélèvements en dehors de la période hivernale, ainsi que dans les secteurs faisant déjà l'objet de

¹ Hydrologie, milieux, usages, climat. Voir glossaire du SDAGE pour plus d'informations.

² On entend par point nodal « les principaux points de confluence du bassin et (les) autres points stratégiques pour la gestion de la ressource en eau potable ». Voir glossaire du SDAGE pour plus d'informations.

prélèvements importants à l'étiage sans qu'un déséquilibre soit encore avéré, le classement en zone de répartition des eaux n'est pas justifié. Les prélèvements à l'étiage, autres que ceux destinés à l'alimentation en eau potable ou à la sécurité civile, sont globalement plafonnés à leur niveau actuel (maximum antérieurement prélevé).

La mise en place d'une gestion coordonnée des prélèvements est recommandée pour contribuer à une utilisation plus rationnelle de l'eau et au développement éventuel d'usages nouveaux sans augmentation du prélèvement global.

Pour tous les usages, sont recherchées et mises en œuvre les mesures permettant ou incitant à la réduction des prélèvements hors de la période hivernale. Le SAGE peut fixer des objectifs de réduction par usage.

Sont concernés les prélèvements dans les cours d'eau et leurs annexes, dans les sources et **dans les nappes souterraines contribuant à l'alimentation des cours d'eau ou des zones humides.**

Dans la région Pays-de-la-Loire, les bassins concernés sont les suivants :

- **Bassin de la Vilaine** à l'exception de l'axe mentionné en 7B-5 ;
- **Bassin de l'Oudon** ;
- **Bassins Logne, Boulogne, Ognon, Grand Lieu** ;
- Bassins de l'Auzance, de la Vertonne et des petits côtiers vendéens jusqu'au bassin du Lay ;
- Bassins de la Vie et du Jaunay ;
- Iles d'Yeu et de Noirmoutier ;
- **Bassin de la Sèvre Nantaise** ;
- Bassins Layon-Aubance ;
- Bassins Evre-Thau ;

(Les bassins en gras sont partiellement situés en Loire-Atlantique).

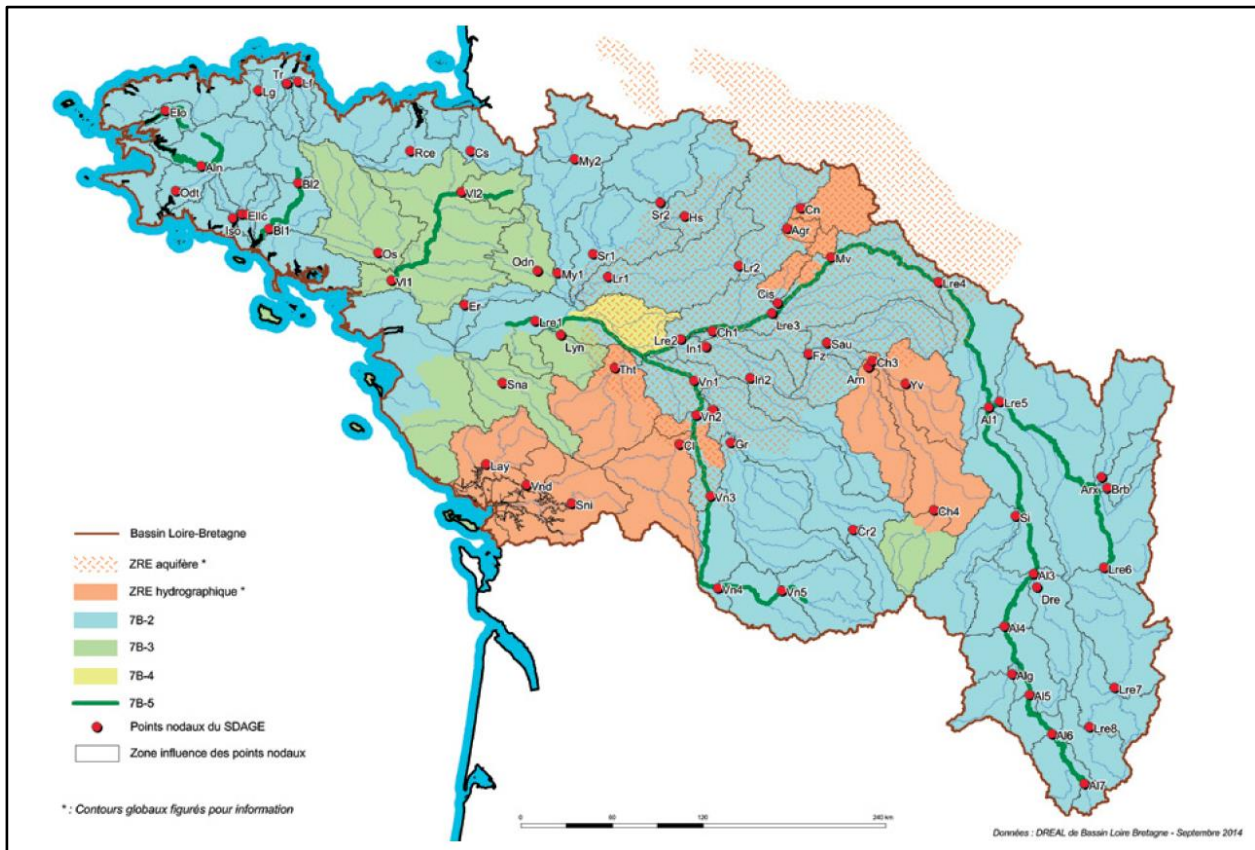


Illustration 1 : carte des bassins et des axes concernés par les dispositions 7B-2 et 7B-3

1.1.2. L'arrêté cadre « sécheresse » (ACS) du département de Loire-Atlantique

L'article 3 de l'arrêté cadre portant sur les limitations et les interdictions de prélèvement dans les cours d'eau et les nappes (« arrêté cadre sécheresse ») du département de la Loire-Atlantique précise que celui-ci s'applique aux cours d'eau et **leur nappe d'accompagnement** dans une limite de 100 m de part et d'autre des cours d'eau ou plans d'eau connectés.

L'article 3 ajoute par ailleurs qu'il revient aux usagers de démontrer la déconnexion de leurs installations régulières de prélèvement au cours d'eau et à **la nappe d'accompagnement**. Les études permettant cette caractérisation sont réalisées sur la base du protocole construit avec les services de l'État.

Les mesures de restriction de l'arrêté cadre ne s'appliquent pas si l'origine de la ressource est déconnectée du milieu aquatique à l'étiage.

1.2. NAPPE CONTRIBUANT À L'ALIMENTATION D'UN COURS D'EAU

Les aquifères de Loire-Atlantique peuvent être répartis en trois catégories :

1. Les aquifères alluviaux (en particulier celui des alluvions de la Loire) ;
2. Les aquifères sédimentaires des bassins d'effondrement (par exemple Machecoul, Saffré, Grand-Lieu, Nord-sur-Erdre, Saffré, Campbon, Saint-Gildas-des-Bois, Saint-Sulpice-des-Landes) ;
3. Les aquifères du socle cristallin.

1.2.1. Aquifères alluviaux

Les nappes alluviales sont associées à un cours d'eau et des échanges s'opèrent entre eux.

1.2.2. Aquifères sédimentaires des bassins d'effondrement

Lorsqu'ils sont libres, ils sont généralement connectés au réseau hydrographique de surface.

En revanche, lorsqu'ils sont captifs, ils ne participent pas à l'alimentation des cours d'eau ou des zones humides.

1.2.3. Aquifères de socle

S'ils ne constituent pas en volume l'origine principale de l'eau souterraine du département, les aquifères de socle forment par la superficie qu'ils couvrent la catégorie d'aquifères la plus rencontrée en Loire-Atlantique.

Il a été décrit dans la littérature³ que ces aquifères de socle sont dans le cas général :

- des aquifères continus multicouches ;
- libres ;
- connectés au réseau hydrographique de surface (cours d'eau et zones humides) ;
- caractérisés par un niveau piézométrique peu profond.

Ainsi en Loire-Atlantique, sauf exception (nappe captive d'un bassin d'effondrement sédimentaire ou autre cas particulier localisé), les eaux souterraines sont connectées au réseau hydrographique de surface et contribuent à l'alimentation des cours d'eau et des zones humides.

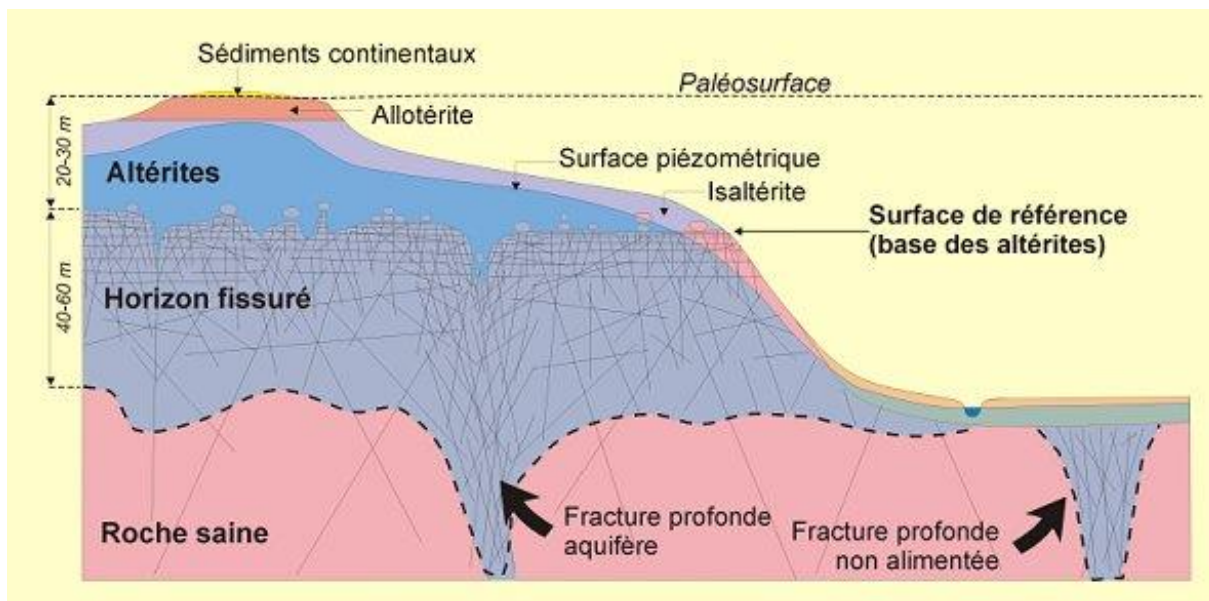


Illustration 2 : schéma conceptuel des aquifères de socle (R. Wyns, 1998 et 2004)

³ cf. Lachassage et collab. (2001), Caballero et collab. (2007) et Mougin et collab. (2008).

2. Protocole proposé pour vérifier l'absence de relation entre un prélèvement et une nappe contribuant à l'alimentation d'un cours d'eau

2.1. TRAVAUX DE FORAGE

Dans cette partie, le protocole proposé vise à obtenir une information fiable et précise concernant les formations géologiques recoupées et l'équipement des ouvrages considérés.

2.1.1 Cas des nouveaux forages (nouveaux prélèvements)

Un rapport de fin de travaux mentionnera la succession des couches traversées par le forage. Celle-ci sera décrite (lithologie, cote) sur la base de l'analyse des déblais de forages (cuttings – échantillonnage à réaliser tous les mètres) par un professionnel (géologue, hydrogéologue ou foreur expérimenté). Ce rapport présentera également l'équipement du forage réalisé (coupe technique détaillée).

En contexte sédimentaire, la réalisation d'une diagraphie de radioactivité naturelle (gamma-ray) réalisée sur toute la profondeur du forage et avant son équipement permettra de détecter d'éventuels horizons argileux et d'évaluer leur épaisseur.

2.1.2 Cas des forages existants à régulariser

En cas de régularisation d'un forage existant, si la coupe technique n'est pas connue et le log géologique n'est pas décrit, il sera exigé :

- Une inspection caméra pour identifier les passages crépinés du tubage et qualifier son état ;
- Une diagraphie de radioactivité naturelle (gamma-ray) ;

Le pétitionnaire devra en outre démontrer la présence d'une protection adéquate du forage vis-à-vis des infiltrations d'eaux superficielles et l'absence de risque de mise en relation de deux aquifères (par exemple : coupe technique originale validée, ou contrôle de cimentation par diagraphie CBL (log sonique)).

2.2. ESSAI DE NAPPE LONGUE DUREE

Le protocole à mettre en œuvre repose principalement sur la réalisation d'un essai de nappe longue durée destiné à :

1. Déterminer les caractéristiques hydrodynamiques de l'aquifère (transmissivité et coefficient d'emmagasinement) ;
2. Vérifier l'absence de relation entre le prélèvement et la nappe contribuant au débit d'un cours d'eau.

L'essai de nappe est réalisé à partir du nouveau forage ou du forage faisant l'objet d'une régularisation. Un ou plusieurs piézomètres de contrôle représentatifs de la nappe libre superficielle sont mis en place afin de mesurer les variations de la nappe lors du pompage.

Remarque : le suivi des variations du niveau de la nappe alimentant les cours d'eau au droit d'un piézomètre de contrôle pendant l'essai de nappe constitue la seule véritable nouveauté par rapport à ce que la police de l'eau exigeait auparavant dans les notices d'incidence des dossiers de forage.

2.2.1 Piézomètres de contrôle

Ils sont représentatifs de la nappe libre superficielle alimentant les cours d'eau ou les zones humides.

Leur nombre est apprécié au regard des caractéristiques géologiques et du sens d'écoulement de la nappe au droit du site. Un réseau de piézomètres est privilégié dès lors que le sens d'écoulement est difficile à déterminer (horizons fracturés en particulier).

La distance entre le piézomètre de contrôle et le point de prélèvement doit être adaptée au contexte géologique et à la durée de pompage. En effet, le dossier de déclaration du forage exploité doit démontrer que le piézomètre de suivi est bien situé dans la zone d'influence théorique du prélèvement. Ce postulat sera vérifié ultérieurement par le bureau d'études, qui recalculera cette zone d'influence théorique en utilisant les caractéristiques hydrodynamiques de terrain obtenues par interprétation de l'essai de nappe longue durée.

Il est également envisageable de positionner des piézomètres à proximité des enjeux « eaux superficielles » identifiés. Parfois, des ouvrages existent à proximité du point de prélèvement. Dès lors que cela est pertinent, ces ouvrages peuvent être équipés aux mêmes fins que les piézomètres de suivi faisant l'objet du présent protocole.

Les piézomètres de contrôle doivent être représentatifs de la nappe superficielle :

- Leur profondeur est adaptée aux variations piézométriques de la nappe superficielle (effets de battements).
- Ils disposent d'une faible cimentation en tête, afin de capter la zone d'influence, et sont crépinés de la base de la cimentation jusqu'au fond de l'ouvrage. S'ils sont voués à être remblayés ([dans les règles de l'art](#)) à l'issue de l'essai de nappe, ils sont dispensés de dalle de propreté et capot métallique.

Ils sont équipés d'un enregistreur piézométrique, la fréquence des enregistrements étant adaptée au projet de prélèvement. Il est généralement conseillé les fréquences suivantes :

Étape du protocole	Fréquence d'enregistrement
Au démarrage du pompage (1ère demi-heure)	toutes les minutes
Phase de stabilisation	toutes les 15 minutes
Arrêt du pompage // phase de récupération (ou de remontée)	toutes les minutes

Tableau 1 : fréquence d'enregistrement du rabattement pendant l'essai longue durée

Si la capacité de stockage de l'appareil le permet, on peut tout-à-fait maintenir une fréquence de quelques minutes pendant tout l'essai et éviter ainsi une éventuelle erreur d'acquisition pouvant conduire à recommencer le protocole d'essai.

En cas d'utilisation d'un groupe électrogène, une vigilance particulière devra être assurée pour éviter toute pollution aux hydrocarbures.

2.2.2 Essai de nappe longue durée

Un délai de 72 h sera respecté entre la fin des travaux de forage et le démarrage de l'essai de nappe.

Le pompage d'essai doit idéalement être réalisé deux fois, en période de basses eaux (mesure de la plus forte incidence) et en période de hautes eaux (mesure de la connexion des nappes). Il est néanmoins possible de privilégier une période intermédiaire au cours de laquelle l'irrigation n'est pas encore importante (selon les conditions climatiques, avril/mai).

Il est réalisé à un débit fixe, identique à celui du débit d'exploitation visé. Il se prolonge jusqu'à ce qu'il permette d'établir ou d'exclure un lien entre l'aquifère exploité et la nappe superficielle. Dans tous les cas, la durée de

Le pompage n'est pas inférieure à 72 h. Le débit de pompage étant en règle général difficilement maintenu parfaitement constant pendant l'essai, sa mesure est enregistrée en continu pendant tout l'essai.

La durée de pompage doit être étayée et argumentée dans le dossier descriptif de l'essai de nappe, notamment en tenant compte des caractéristiques hydrodynamiques théoriques de la nappe et du rayon d'influence du pompage. La pertinence de la durée de pompage sera vérifiée ultérieurement par les résultats de l'essai de pompage (caractéristiques hydrodynamiques vérifiées).

Les mesures piézométriques sont, dans chacun des ouvrages (forage + piézomètres) :

- débutées au moins 24 h avant le début du pompage ;
- poursuivies après l'essai de pompage afin de couvrir la phase de remontée de nappe (récupération).

La fréquence d'enregistrement de la descente et de la récupération dans le forage suit les mêmes règles que celles présentées pour le piézomètre de contrôle dans le Tableau 1.

L'évacuation des eaux de forage ne doit pas perturber l'enregistrement des piézomètres, et doit être réalisée en aval des dispositifs de mesure ou sur un autre bassin versant. Elles ne doivent pas constituer une nuisance pour les eaux superficielles (turbidité, débit, température, pollution...).

Les pluies qui surviennent durant l'essai de pompage sont datées, quantifiées et prises en compte dans l'analyse des essais de pompage.

Le service police de l'eau est informé au moins un mois avant les travaux des dates de début et fin du chantier, du nom de la ou des entreprises retenues pour l'exécution des travaux de sondages, forages, puits, ouvrages souterrains et, sommairement, des différentes phases prévues dans le déroulement de ces travaux, y compris la phase de réalisation de l'essai de pompage.

2.2.3 Rapport de fin de travaux

Le pétitionnaire doit remettre au service instructeur un rapport de fin des travaux qui contient une description du protocole réellement mis en œuvre, le résultat des pompages d'essais, leur interprétation et l'évaluation de l'incidence de ces pompages sur la nappe alimentation les cours d'eau ou les zones humides.

Le rapport d'essai doit notamment présenter une comparaison des données d'entrées théoriques avec les données mesurées (l'objectif est de démontrer la pertinence du dispositif de suivi déployé sur la base des valeurs théoriques), puis conclure sur la relation entre la nappe exploitée et la nappe superficielle.

3.

4. Bibliographie

CABALLERO Y., WYNS R., MIEHE J.-M., et collab. (2007) - Estimation de la réserve en eau souterraine participant au soutien d'étiage des rivières, dans le socle granitique de Corse. Application au bassin versant du haut-Rizzanese. Rapport final. BRGM/RP-55121-FR, 105 p., 65 ill., 1 ann.

LACHASSAGNE P., WYNS R., BÉRARD P., BRUEL T., CHÉRY L., COUTAND T., DESPRATS J.-F., LESTRAT P. (2001) - Exploitation of high-yields in hard-rock aquifers : downscaling methodology combining GIS and multicriteria analysis to delineate field prospecting zones. Groundwater, vol.39, (4), pp.568-581.

MOUGIN B., ALLIER D., BLANCHIN R., CARN A., COURTOIS N., GATEAU C. PUTOT E., avec la collaboration de JEGOU J.P., LACHASSAGNE P., STOLLSTEINER P. et WYNS R. (2008) – SILURES Bretagne – Rapport final – Année 5 - BRGM/RP-56457-FR. 129 p., 37 ill., 7 ann. dont 2 planches.

5. Déclaration

Le BRGM déclare qu'il n'existe aucun lien d'intérêt :

- **entre le BRGM et l'objet ou les différentes parties prenantes de la présente expertise,**
- **entre les salariés du BRGM qui seront impliqués et l'objet ou les différentes parties prenantes de la présente expertise,**

susceptible de compromettre l'indépendance et l'impartialité du BRGM dans la réalisation de cette expertise.



Centre scientifique et technique
3, avenue Claude-Guillemin
BP 36009 - 45060 Orléans Cedex 2 - France
Tel. 02 38 64 34 34

Direction Régionale Pays-de-la-Loire
1 rue des Saumonières
BP 92342 - 44323 Nantes cedex 3 - France
Tél. : 02 51 86 01 51