

3. Secteur Graben de Pfulgriesheim

3.1. DESCRIPTION GENERALE DU SECTEUR

3.1.1. Contexte topographique et limites du secteur

La zone de bordure dite du « Graben de Pfulgriesheim » est située en partie Sud-Est de la haute terrasse du **Kochersberg**. Elle est plus spécifiquement bordée :

- au Nord-Est, par l'extrémité Sud-Ouest du **cône de déjection de la Zorn**,
- au Sud et Sud-Est, par une ligne de collines connues sous le nom de **Collines de Hausbergen**, qui sépare le graben de la **terrasse de Schiltigheim** au Nord-Ouest de Strasbourg, cette dernière formant un niveau dominant, d'une dizaine de mètres, la vallée de l'Ill et du Rhin,
- à l'Ouest et au Nord-Ouest, par des failles supposées décrites plus en détail dans le chapitre 3.2.1.

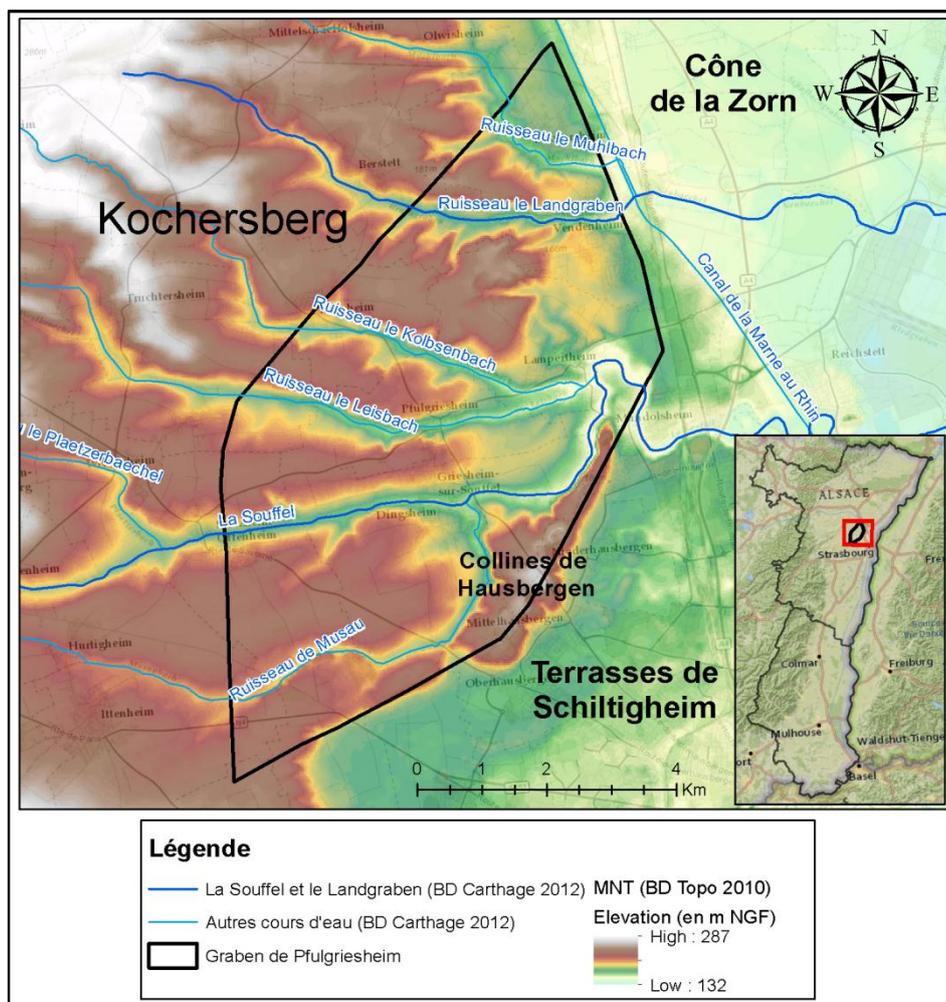


Illustration 10 : Localisation du secteur par rapport aux grands ensembles géo-morphologiques situés à l'Ouest de Strasbourg, Carte d'élévation topographique et localisation des cours d'eau (MNT : Modèle Numérique de Terrain)

Le Kochersberg, dans le prolongement ouest de ce graben, se présente comme un plateau régulièrement incliné vers l'Est, d'une altitude moyenne de 180 m et entaillé par des vallons fonctionnels parallèles, de direction générale Ouest-Est. Ces ruisseaux assez régulièrement espacés prennent naissance sur le rebord du Champ de fractures de Saverne (Arrière-Kochersberg) et s'écoulent en direction de la plaine rhénane.

Soumis vraisemblablement à l'influence des failles bordières du plateau, les cours d'eau rencontrés dans le graben de Pfulgriesheim se rassemblent en deux drains seulement :

- le Musau, le Leisbach et le Kolbsenbach qui rejoignent la Souffel ;
- le Muhlbach qui rejoint le Landgraben

En entaillant le plateau, les ruisseaux ont dessiné un paysage vallonné mollement ondulé, oscillant entre 180 et 200 m d'altitude et ayant une organisation digitée.

Les collines de Hausbergen ressortent tout particulièrement en bordure Sud-Est du secteur tout comme l'extrémité Sud de la terrasse sableuse de la Zorn en bordure du canal de la Marne au Rhin.

3.1.2. Critères utilisés pour délimiter le secteur

Cette zone de bordure est composée du même matériau que les secteurs situés plus à l'Est, qui sont associés à l'aquifère rhénan, à savoir des alluvions anciennes d'origine rhénane. Néanmoins, d'autres hypothèses étaient avancées, à tort, jusqu'à peu (affleurement de formations de l'Oligocène) et de ce fait, cette zone n'était pas entièrement considérée dans le modèle hydrodynamique de l'aquifère rhénan réalisé dans le cadre du projet Interreg III MoNit (LUBW, 2002-2006). Ceci a cependant été corrigé, dans le cadre du projet Interreg IV LOGAR (Région Alsace, 2009-2012), et la limite Ouest du modèle mis à jour intègre désormais le graben dans sa globalité supposée.

En 2009, s'appuyant notamment sur le modèle MoNit, un travail, réalisé à petite échelle mais demeuré inachevé (Elsass, 2009), avait permis une première délimitation de certaines zones de bordure. Dans le secteur de Pfulgriesheim, le résultat ne considérait ainsi que la moitié Est du Graben (cf. Illustration 11 – secteur hachuré en jaune), la limite Ouest de ce zonage correspondant à la limite du modèle qui coïncide avec le lit de la Souffel. En rive gauche de ce cours d'eau, la zone entre Pfulgriesheim et Pfettisheim était considérée comme une zone où les marnes de l'Oligocène étaient sub-affleurantes (cf. Illustration 12) et donc en dehors du modèle.

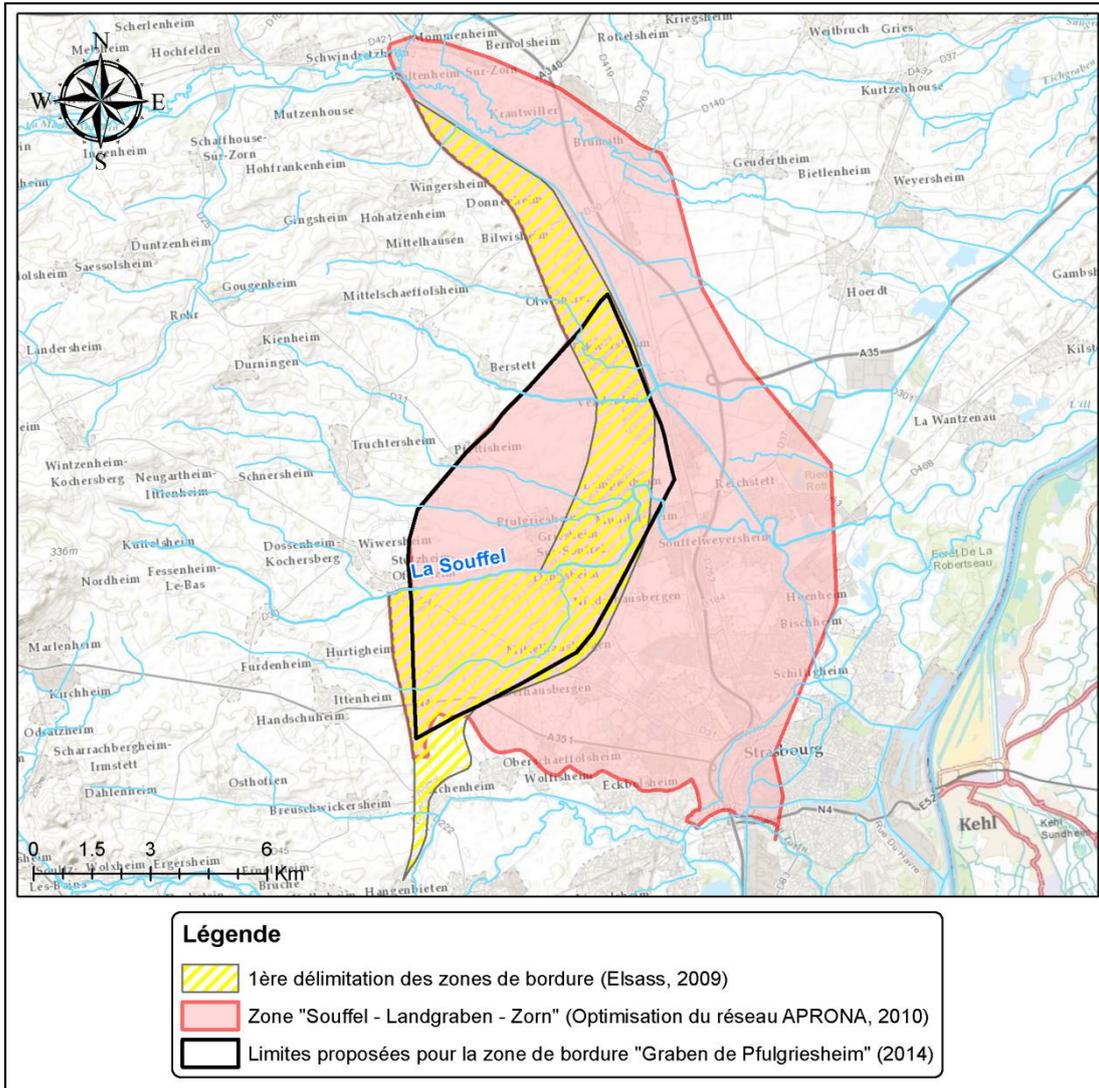


Illustration 11 : Les évolutions dans la définition d'un zonage homogène dans le secteur du graben de Pfulgriesheim à travers trois études (Elsass, 2009 – Urban *et al.*, 2010 – Présente étude, 2014)

En 2010, les travaux d'optimisation du réseau de surveillance de l'APRONA (Urban *et al.*, 2010) ont permis de définir une large zone homogène du point de vue des facteurs expliquant les signaux piézométriques (cf. Illustration 11 – secteur en rouge). Cette zone réunit les parties avales des bassins versants de la Souffel, et du Landgraben et la partie amont du cône de la Zorn. Selon ces travaux d'analyse statistique, ces trois rivières influencent fortement les eaux souterraines et expliqueraient au moins 30% du signal piézométrique observé dans ce secteur. Néanmoins, ce facteur « rivière » n'expliquant pas tout, ces travaux ont également mis en lumière un autre facteur contributif non négligeable dans cette zone. Celui-ci correspondrait, selon toute hypothèse, à des apports latéraux particuliers, du type flux de bordure venant de l'Ouest.

Les contours de la zone de bordure *sensu stricto* proposés pour la présente étude (cf. Illustration 11 – secteur bordé en noir) s'appuient donc sur les zonages précités mais également sur des critères d'ordre géologique et structural (zone d'alluvions rhénanes anciennes délimitée par des failles supposées ou avérées - cf. chapitre 3.2). Les secteurs au Nord et au Sud du graben sont associés aux deux autres zones de bordure étudiées dans les chapitres 4 et 5.

3.2. CONTEXTE GEOLOGIQUE ET STRUCTURAL

3.2.1. Description générale

La zone du graben de Pfulgriesheim est un pays loessique. A cet endroit, le loess a été déposé sur un bloc tectonique intermédiaire par suite de la déflation éolienne sur les cônes des affluents vosgiens du Rhin que sont la Bruche et la Zorn, au cours de phases climatiques froides du Quaternaire (végétation de steppe).

D'après la carte géologique au 1/50000^{ème} (BRGM, 1972), les formations affleurantes en question sont des loess et lehms (loess décalcifiés) anciens et récents indivisés, datés du Pléistocène (cf. Illustration 12).

D'un point de vue structural, les travaux menés dans le cadre de l'élaboration de cette carte géologique au 1/50000^{ème} ont permis la mise en évidence de plusieurs failles en bordure Est et Sud-Est du graben :

- un système de failles d'orientation S.SW-N.NE² entre Mundolsheim et Oberhausbergen (« Failles de Niederhausbergen ») borde le horst étroit des collines de Hausbergen. Cette ligne de faille est masquée par les dépôts loessiques plus récents et présenterait un rejet de l'ordre de 30m (Frey, 2006). L'analyse des sondages, ainsi que la cartographie des formations quaternaires a permis de la dater du Mindel-Riss ou du début du Riss. A l'époque cette faille avait d'ailleurs été mise en évidence, dans la région de Mundolsheim, car un dépôt du Quaternaire ancien, retrouvé à l'Ouest de la faille, faisait défaut à l'Est de la faille. Le compartiment affaissé à l'Est n'est constitué que de dépôts alluviaux et éoliens rissiens ; sur le compartiment gauchi, seuls se rencontrent des dépôts éoliens (BRGM, 1972).
- au Nord de Mundolsheim, la faille décrite précédemment présente une échancrure N.NW puis, à partir de Vendenheim (« Faille de Vendenheim »), elle reprend une direction presque méridienne avant de s'infléchir, plus au Nord, vers l'Est, à partir de Donnenheim jusqu'à Krautwiller.

Des travaux menés dans le cadre de la BRAR sur le substratum de la nappe d'Alsace (Elsass, 2009) ont permis de mettre en évidence ou de supposer d'autres systèmes de failles au Sud et à l'Ouest du graben :

- dans le prolongement Sud-Ouest de la faille de « Niederhausbergen », une faille d'orientation W.SW-E.NE³ est observée (« Faille d'Oberhausbergen ») qui semble rejoindre la « Faille d'Achenheim » d'orientation N.S.
- Cette dernière, bien connue et avérée dans sa partie Sud car visible dans la carrière d'Achenheim, se prolongerait vers le Nord sous la forme d'une faille d'effondrement en cuillère qui paraît largement avoir été scellée par les loess anciens du Pléistocène moyen à supérieur. Sa partie Sud ainsi que la faille d'Oberhausbergen auraient continué à jouer, délimitant une terrasse entaillée au Sud par les sables rouges anciens de la Bruche.

² Sud-Sud-Ouest / Nord-Nord-Est

³ Ouest-Sud-Ouest / Est-Nord-Est

- Vers Pfttisheim, cette faille prendrait une direction Sud-Ouest/Nord-Est pour rejoindre la faille de Vendenheim. Cependant, l'hypothèse de cette « faille de Pfttisheim » reste à confirmer, au travers d'une campagne localisée de géophysique à haute résolution, par exemple.

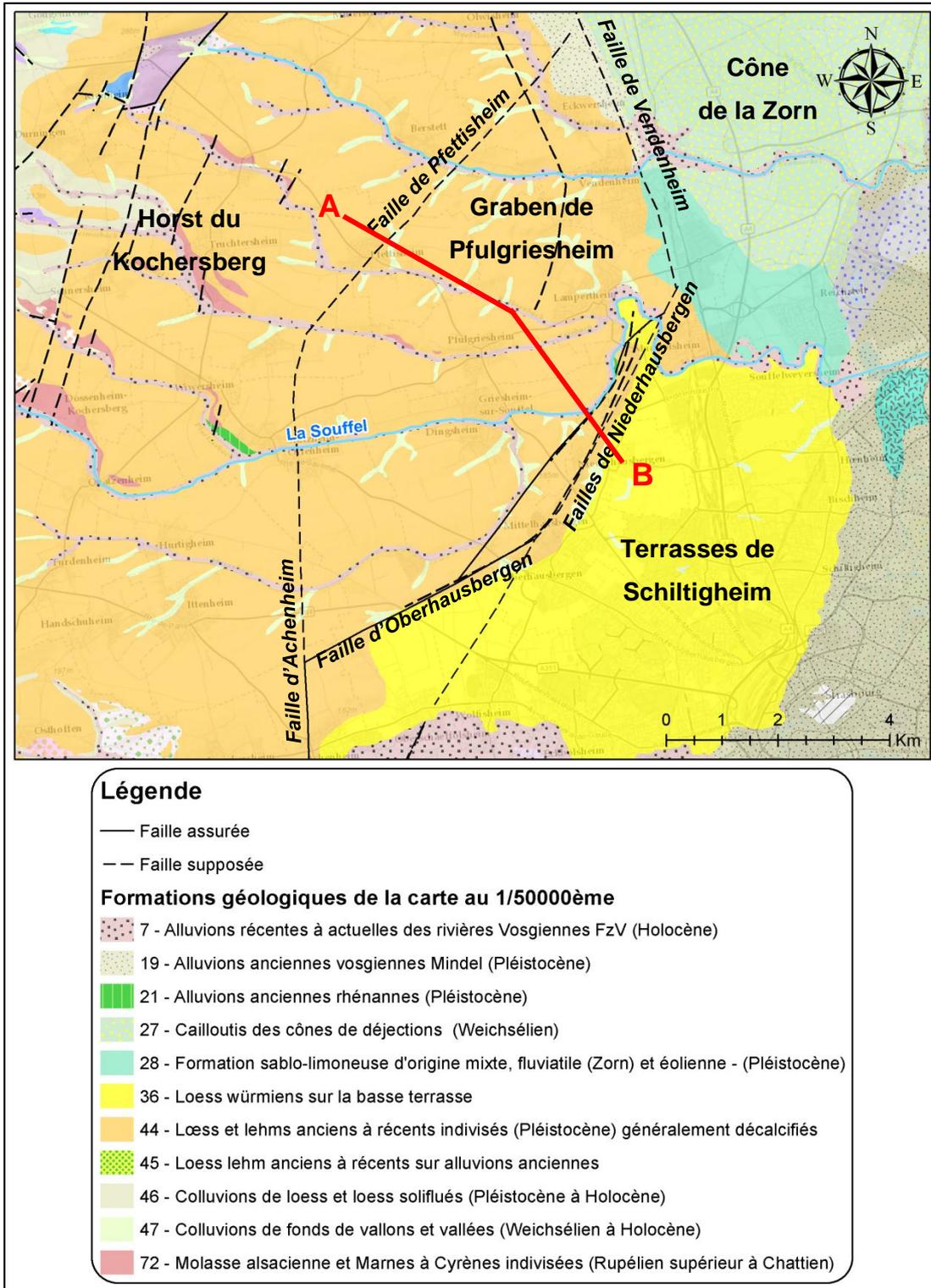


Illustration 12 : Carte géologique au 1/50000^{ème} centrée sur le graben de Pfulgriesheim (trait rouge = coupe schématique réalisée par Frey en 2006)

L'illustration 13 représente une coupe schématique du graben depuis Pfttishheim au Nord-Ouest jusqu'à Oberhausbergen au Sud-Est (tracé de la coupe présentée en Illustration 12). Le pendage des couches qui se réduit vers l'Est indique qu'il s'agit d'un demi-graben plus affaissé au Sud-Est et ayant joué pendant la sédimentation. L'affaissement continu de ce graben a préservé des intercalaires argileux et sableux fins à niveaux de tourbe qui ont été érodés dans la partie plus centrale de l'aquifère.

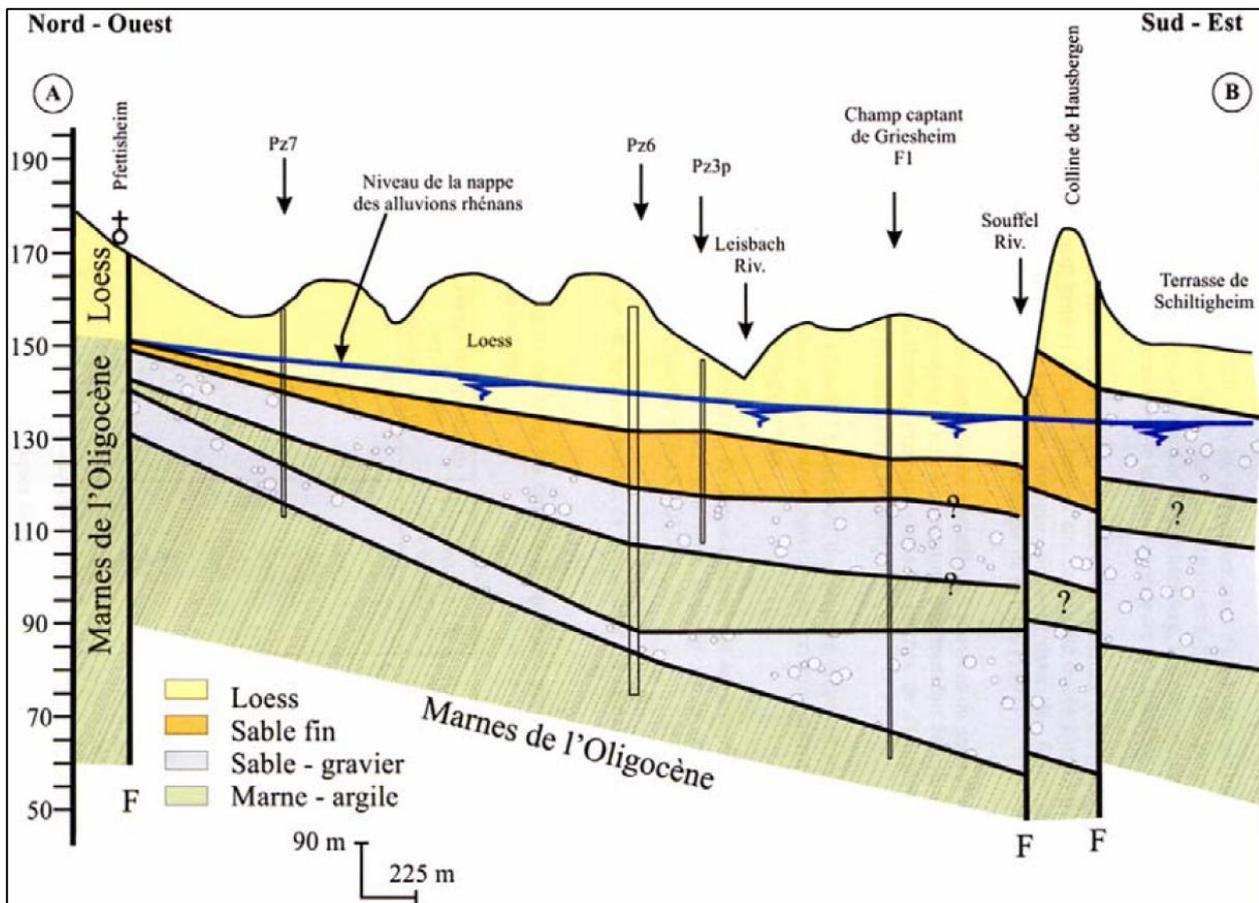


Illustration 13 : Coupe schématique Nord-Ouest/Sud-Est du graben de Pfulgriesheim (Frey, 2006)

Ce graben remarquable, en plus de son intérêt pour l'alimentation en eau potable, mériterait des études plus poussées (notamment géophysiques pour en reconnaître les structures et préciser ces limites et palynologiques pour en dater les épisodes) qui apporteraient des informations cruciales pour la tectonique récente du Fossé rhénan.

3.2.2. Cartographie des formations superficielles (BRAR, 2011)

La carte des formations superficielles (Urban et Boucher, 2011) confirme la présence, en surface, d'une importante couche de loess sur l'ensemble de la zone, parsemée de colluvions loessiques dans les petits talwegs et traversée d'Est en Ouest par les sédiments des cours d'eau actuels (cf. Illustration 14). Jusqu'à peu, l'hypothèse d'un prolongement des sables rhénans à l'Ouest des collines de Hausbergen n'était pas retenue. En effet, des terrains oligocènes avaient été cartographiés, de façon erronée, sous les loess à Pfulgriesheim. Cet état des connaissances était encore reflété par la coupe hydrogéologique transfrontalière Strasbourg-Offenbourg réalisée en 1995 par Elsass et Rau.

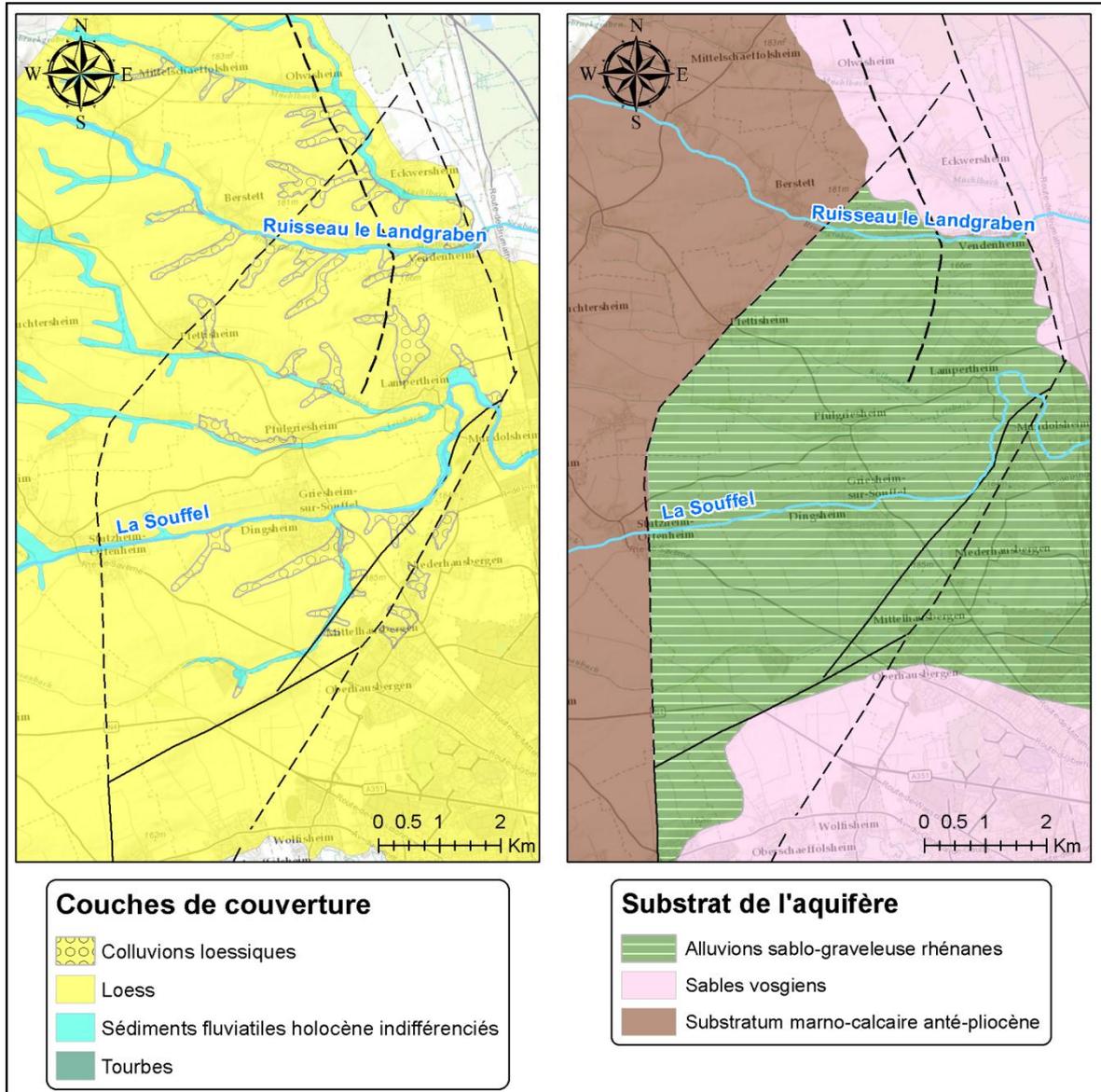


Illustration 14 : Cartographie des formations superficielles dans la zone du graben de Pfulgriesheim - à gauche, les formations récentes de couverture, à droite le substrat des formations aquifères (d'après Urban et Boucher, 2011)

Toutefois, le forage de recherche d'eau 02346X0185/N6, réalisé en 1993 par le BRGM à Pfulgriesheim, pour le Syndicat d'Adduction d'Eau de Strasbourg-Nord et son maître d'œuvre le SDEA, a mis en évidence la présence d'une puissante série de graviers rhénans (Buard *et al.*, 1994). Le substratum des graviers rhénans serait atteint à 96 m de profondeur, soit à une plus grande profondeur qu'à Strasbourg plus à l'Est. Un forage AEP situé plus en amont et réalisé en 2008, a montré également une épaisseur importante de loess puis de graviers rhénans. Les recherches d'eau poursuivies par le bureau d'études ANTEA pour les mêmes commanditaires et pour la CUS (Communauté Urbaine de Strasbourg) ont progressivement permis de délimiter ce "graben de Pfulgriesheim" (Gemin *et al.* 1998, Talbot et Bendler 2004, Frey 2006).

Ces différentes constatations, confirmées par les travaux du chantier Vosges-Fossé rhénan pour le Référentiel Géologique Français, ont permis de valider la présence d'alluvions sablo-graveleuses rhénanes anciennes sous les loess dans cette structure affaissée d'âge

Quaternaire (graben ou demi-graben), séparée de la terrasse de Schiltigheim par les Collines de Hausbergen.

A Eckwersheim, en rive gauche du ruisseau le Landgraben, des sables d'origine vosgienne, associés à la Zorn, sont cartographiées sous une faible épaisseur de loess. Ils constituent l'extrémité Sud-Est de la terrasse sableuse de la Zorn (A noter que les rares ouvrages localisés dans ce secteur sont peu décrits et ne permettent donc pas de confirmer cette hypothèse).

3.2.3. Description des formations géologiques principales rencontrées à l'affleurement

Les formations anciennes en limite Ouest du graben

Ces formations affleurantes dans les vallons du plateau du Bas-Kochersberg sont parmi les facteurs à l'origine du traçage des limites Ouest et Nord-Ouest (failles supposées) du graben de Pfulgriesheim. Quelques forages réalisés en bordure Ouest du graben (vers Wiwersheim et Berstett) rencontrent rapidement ces formations majoritairement argileuses et marneuses datant de l'Oligocène, sous une couverture loessique de l'ordre de 5 à 15m.

- **Formation du Trias : les Marnes irisées supérieures du Keuper supérieur**

Le vallon du Plaetzerbach, entre Wiwersheim et Offenheim, montre une petite terrasse, à environ 1km de la limite Ouest du graben. La carte géologique au 1/50000^{ème} de Brumath-Drusenheim, la décrivait à l'époque comme étant constituée de « sable rouge d'origine vosgienne qui ne saurait avoir été amené par ce ruisseau » et l'associe donc à un ancien dépôt fluvial quaternaire sous couverture loessique analogue à celui d'Achenheim, appartenant au système de grandes terrasses rhénanes.

Or, les travaux récents d'harmonisation de la carte géologique (Skrzypek *et al.*, 2007) révèlent plutôt, à cet endroit, la présence d'évaporites (type gypse et anhydrite) qui seraient dès lors associées à la base inférieure des Marnes irisées supérieures du Keuper supérieur. Cette hypothèse permettrait de confirmer la limite Ouest d'extension du graben de Pfulgriesheim.

- **Molasse alsacienne et Marnes à Cyrènes indivisées (Rupélien supérieur à Chattien)**

Cette formation géologique de l'Oligocène supérieur est également rencontrée en limite Ouest du graben de Pfulgriesheim. Il s'agit d'un ensemble indifférencié de dépôts lacustres et fluviaux de type marnes argileuses avec intercalations de grès calcaire (molasse alsacienne). Ces formations sont en réalité particulièrement remaniées jusqu'à une profondeur dépassant 1,5m.

Les formations du Pléistocène

- **Cailloutis et sables de la Zorn : « Terrasse » de la Zorn (Mindel)**

Ces dépôts d'origine vosgienne se trouvent actuellement en position de terrasse sur la rive droite de la Zorn vers Vendenheim, en partie Nord du graben. Ce matériel grossier est constitué de galets de quartzite blanc pris dans une matrice sablo-argileuse. Ces dépôts deviennent plus sableux en surface. La couleur rouge de l'ensemble du matériel témoigne de l'important épisode de pédogenèse caractérisant l'Interglaciaire Mindel-Riss, période ayant permis la conservation des oxydes de fer.

- **Alluvions sablo-graveleuses rhénanes (Mindel) – formation non affleurante**

Ces alluvions sablo-graveleuses ont été mises en évidence suite à des campagnes de forages d'exploration menés du côté de Pfulgiesheim et de Griesheim-sur-Souffel.

Recouvertes par les lœss du Pléistocène indifférencié, pouvant atteindre localement 30m d'épaisseur, ces investigations terrains ont montré qu'elles sont ensuite recouvertes d'un niveau de sable fin avec des intercalations argileuses puis qu'elles se décomposent en deux niveaux souvent séparés par une couche argileuse (Frey, 2006).

- **Lœss du Pléistocène indifférencié (Mindel à Würm)**

La fin des deux dernières périodes froides du Quaternaire, Riss et Würm, a été caractérisée par d'importants phénomènes éoliens. Des climats froids et secs avec vents forts soufflant dans une direction Est-Ouest ont permis d'importants dépôts de limons lœssiques (de quelques mètres à plus de 10 m d'épaisseur par endroits).

Sauf pour ce qui est de la terrasse de Schiltigheim (voir ci-dessous) il n'est actuellement pas possible de différencier systématiquement les affleurements de lœss rissien et ceux de lœss würmien, bien que leurs caractéristiques divergent assez sensiblement :

- le lœss würmien est généralement recouvert par un lehm d'altération de couleur brune, moins foncée que celle du lœss rissien (couleur brun-rouge) ;
- en profondeur, l'important lessivage des carbonates, dû à la pédogenèse, a permis la formation de concrétions calcaires (« poupées ») de tailles très différentes (quelques mm à quelques cm dans le lœss würmien, plus de 10 cm dans celui d'âge rissien).

Le forage de reconnaissance 02346X0185/N6 à Pfulgiesheim a par exemple traversé une épaisseur de lœss d'environ 23m mais il semble probable que l'épaisseur du lœss puisse atteindre les 30 m par endroit (cf. chapitre 3.4.1).

- **Terrasse de Schiltigheim : Lœss würmiens recouvrant les cailloutis du Rhin et de la Bruche (Würm)**

Cette grande accumulation éolienne forme la terrasse de Schiltigheim qui domine de plusieurs mètres les vallées du Rhin et de la Bruche. L'épaisseur des formations est très grande et peut dépasser 10 m en certains points.

Les formations de l'Holocène

- **Alluvions sablo-limoneuses vosgiennes**

Ces dépôts récents constituent le fond alluvial des petits ruisseaux rencontrés dans le secteur. Ils sont particulièrement limoneux et proviennent du remaniement des lœss rissiens et würmiens et de leurs lehms d'altération.

3.3. CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE ET HYDROLOGIQUE

3.3.1. Entités hydrogéologiques cartographiées dans le référentiel BDLISA

Les travaux menés dans le cadre du référentiel hydrogéologique BDLISA (Urban *et al.*, 2013) ont permis de mieux cerner l'organisation verticale des formations d'intérêt du point de vue

hydrogéologique. Dans le graben de Pfulgiesheim, les entités hydrogéologiques affleurantes sont donc bien les alluvions anciennes rhénanes. Ces dernières se caractérisent d'ailleurs, sur ce secteur, par la présence d'horizons argileux grisâtres pluri-métriques pouvant parfois recouper les horizons sablo-graveleux typiques de l'aquifère rhénan.

Ces alluvions reposent sur les formations oligocènes du Bassin du Pechelbronn qui sont sub-affleurantes en amont du secteur, au-delà des failles d'Achenheim et Pftttsheim. Les formations lœssiques n'ont pas été cartographiées dans le cadre de ce référentiel.

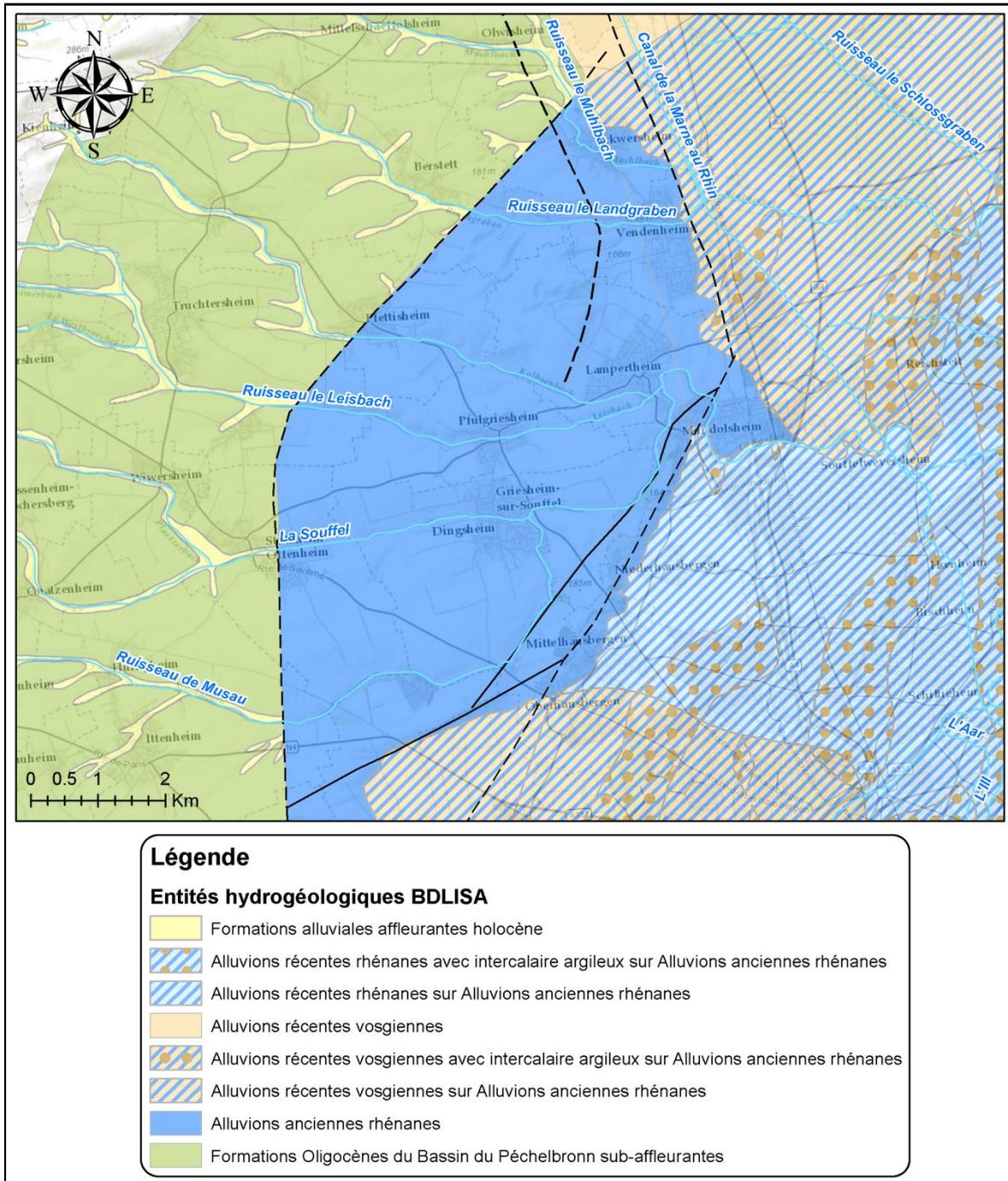


Illustration 15 : Cartographie des entités hydrogéologiques affleurantes du référentiel BDLISA répertoriés dans le graben de Pfulgiesheim

3.3.2. Caractéristiques hydrogéologiques de l'aquifère des alluvions rhénanes anciennes

Valeurs de caractéristiques hydrodynamiques de l'aquifère

Dans le cadre de la BRAR, une compilation des résultats de pompage d'essai sur des ouvrages captant la nappe d'Alsace a été réalisée. Cependant, dans le secteur, seul l'ouvrage 02346X0046/F3 situé à proximité du champ captant de Lampertheim, propose des valeurs de paramètres hydrodynamiques. Il est profond de 55 m et a recoupé 15m de loess puis 40m d'alluvions rhénanes. Les valeurs de perméabilité et de transmissivité sont respectivement de $8,8 \cdot 10^{-3} \text{m/s}$ et $210 \cdot 10^{-3} \text{m}^2/\text{s}$ et le débit critique du forage a été défini à hauteur de $500 \text{ m}^3/\text{h}$, soit deux fois la valeur moyenne de la nappe d'Alsace (Risler *et al.*, 2006). Le gradient hydraulique moyen a été estimée à 0,2‰ environ entre Pfulgiesheim et Lampertheim (Gemin *et al.*, 1998).

Recharge

La recharge de la nappe semble être majoritairement influencée par les apports des rivières du bassin ainsi que par les précipitations sur les couvertures loessiques qui finissent par s'infiltrer et atteindre les sables et graviers rhénans sous-jacents.

Battement de la nappe

La nappe mesurée sur le piézomètre 02346X0139/313A à l'Est du graben présente un battement annuel moyen de 1,5 m (statistiques ADES calculées pour la période 1986-2014).

3.3.3. Détermination des directions d'écoulement souterrain

La délimitation des bassins versants souterrains et la détermination des lignes de courant associées confirment cette hypothèse d'apports souterrains venant de l'Ouest (cf. Illustration 16). En effet, une grande majorité des lignes de courant sont d'orientation Est-Ouest et vont en direction de la plaine d'Alsace.

Les zones cerclées en rouge sur l'illustration 16 correspondent à des zones nettement influencées par (A) les champs captant de Lampertheim (cf. chapitre 3.4.1), (B) des captages publics et privés situés à Reichstett, (C) les forages AEP de la Cour d'Angleterre et (D) les forages AEP d'Oberhausbergen, ces derniers étant tous deux gérés par la Communauté Urbaine de Strasbourg (CUS).

Plusieurs lignes de courant se rejoignent à Vendenheim (cercle de vert), zone qui se caractérise par la superposition de plusieurs formations potentiellement aquifères (Terrasse de la Zorn, Alluvions rhénanes, Formations du Pliocène) et une complexité structurale certaine. De plus, le tracé des lignes de courant principales montrent que cette zone particulière semblerait recueillir des eaux souterraines d'origine assez lointaine (partie centrale du Kochersberg). Cette hypothèse pourrait être vérifiée en datant les eaux souterraines captées à cet endroit.

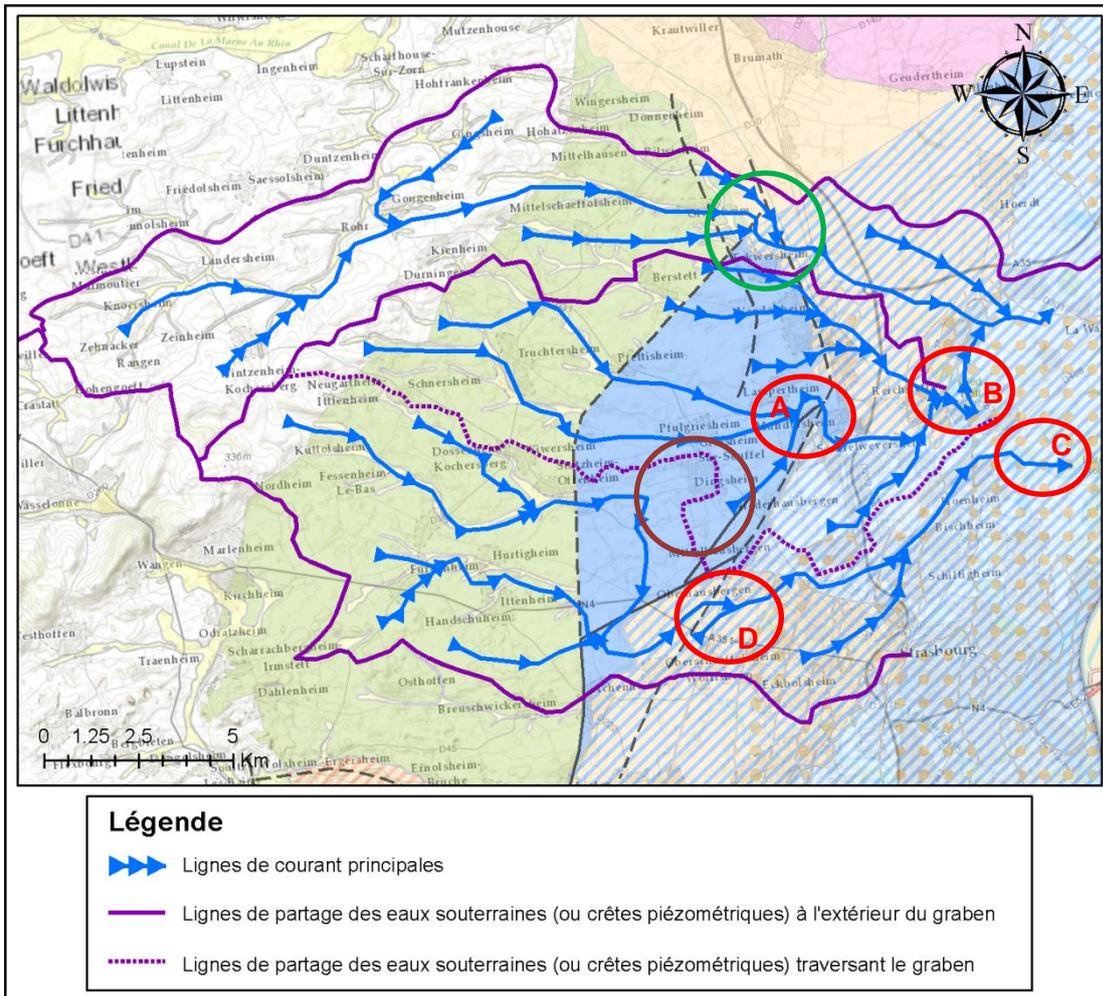


Illustration 16 : Localisation des lignes de courant principales et des lignes de partage des eaux souterraines – graben de Pfulgriesheim

Entre Vendenheim et Griesheim-sur-Souffel, les lignes de courant, de direction Est, se rejoignent toutes au niveau des champs captant de Lampertheim puis à Reichstett. Au Sud de Griesheim, une ligne de partage des eaux souterraines (cercle marron) est observée, qui semble marquer la séparation entre l'influence des champs captant précités et celle du forage AEP d'Oberhausbergen, exploité à un débit moyen de plus de 500 m³/h (selon le rapport d'activité de la CUS, 2012). Au Sud-Ouest de cette ligne de partage des eaux, les lignes de courant cartographiées contournent le horst des collines de Hausbergen, ce qui montre une certaine influence du système complexe de failles à cet endroit.

La mise en service du champ captant de Griesheim-sur-Souffel (cf. chapitre 3.4.1) devrait avoir comme conséquence un probable déplacement de cette ligne de partage des eaux intra-graben vers le Sud-Ouest.

La comparaison de ces bassins versants souterrains avec les bassins versants de surface des rivières Souffel et Landgraben, issus de la BD Carthage 2012, est intéressante dans l'optique de mieux cerner les zones d'alimentation, par infiltration et/ou ruissellement, du graben de Pfulgriesheim (cf. Illustration 17). Les secteurs où les limites entre bassins ne coïncident pas sont ainsi mis en évidence.

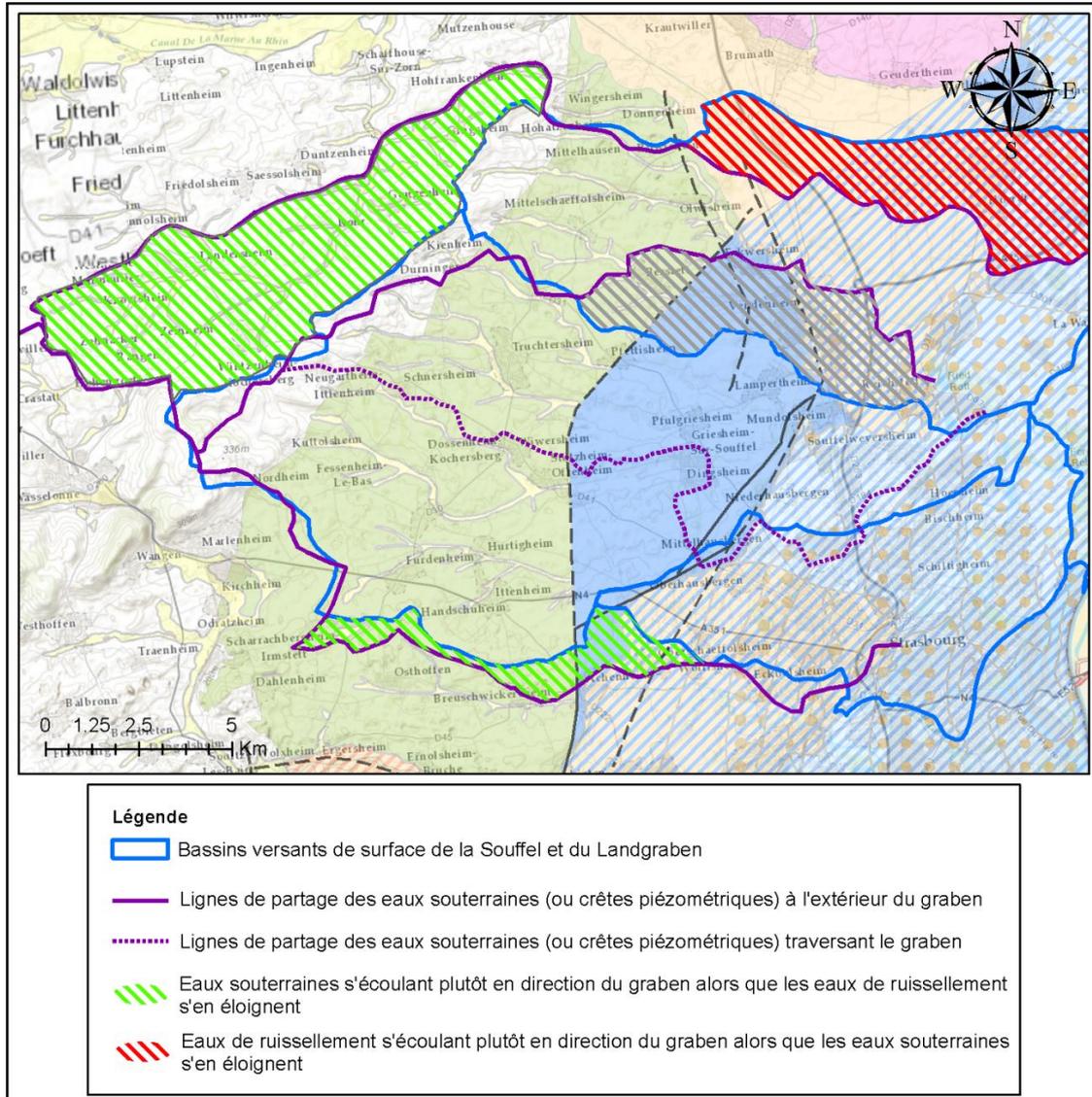


Illustration 17 : Comparaison des bassins versants souterrains et de surface – graben de Pfulgiesheim

Parmi les secteurs remarquables, celui hachuré en vert en amont du graben, est localisé dans le bassin versant de la Zorn. De ce fait, les eaux qui y ruissellent s'écoulent en direction Nord-Nord-Ouest, vers la rivière. Cependant, les travaux de délimitation des bassins versants souterrains montrent que les eaux qui s'y infiltrent s'écouleraient plutôt en direction Nord-Est puis Est-Sud-Est dans le bassin versant du Landgraben pour aboutir au sud du cône de déjection de la Zorn. Cette hypothèse reste néanmoins à vérifier à travers une étude plus locale car des incertitudes subsistent concernant la moitié Nord-Est de ce secteur (entre Wingersheim et Durningen), très peu documentée. A contrario, sa moitié Sud-Ouest se caractérise par une densité importante de puits très peu profonds captant très probablement des nappes perchées localisées contenues dans les colluvions lœssiques surmontant les formations triasiques de Saverne.

Une zone similaire mais de moindre ampleur est identifiée au sud du graben, pour laquelle les eaux souterraines s'écouleraient en direction Est-Nord-Est (influence du forage d'Oberhausbergen ?) alors que les eaux ruisselleraient en direction de la Bruche. Cette hypothèse reste néanmoins à confirmer pour ce secteur car les limites des bassins restent

particulièrement proches. Il pourrait s'agir d'un artefact lié à la qualité des interpolations et du tracé des bassins.

Le secteur hachuré en rouge est quant à lui situé à l'intérieur du bassin versant de surface du Landgraben mais ses eaux d'infiltration s'écoulent plutôt en direction de la Zorn. Ce secteur est décrit plus en détails dans le chapitre 4.

Enfin, entre Pfettisheim et Reichstett, la ligne de partage des eaux souterraines se décale soudainement d'environ 2km au Nord de la ligne de crête séparant les bassins versants de la Souffel et du Landgraben. Dans ce secteur, hachuré en gris dans l'illustration 17, les eaux qui s'infiltrèrent sont influencées par les pompages exercés dans le champ captant de Lampertheim et s'écoulent par conséquent en prenant une direction Sud-Est. Les eaux de ruissellement rejoignent plutôt le cours d'eau Landgraben, en direction Nord-Est.

Pour le reste, une bonne coïncidence entre les limites des bassins souterrains et surfaciques est observée. Par exemple, l'eau qui ruisselle sur, ou s'infiltré dans les loëss déposés directement sur les formations oligocènes en amont du graben, s'écoule forcément en direction du graben.

3.3.4. Relations nappe-rivière et inter-nappes

A l'exception du ruisseau du Musau et de la moitié aval de la Souffel, les tracés des autres ruisseaux traversant le graben semblent coïncider parfaitement avec les lignes principales d'écoulement souterrain. L'hypothèse d'un maintien des niveaux de ces ruisseaux par un apport venant de la nappe est donc à privilégier, même si elle mériterait d'être confortée par d'autres indices.

Une approche menée en 2012 par Brugeron *et al.* pour identifier et qualifier les relations pouvant exister entre les nappes captées par les piézomètres ADES et les cours d'eau avoisinants, a permis d'émettre l'hypothèse que la nappe captée par 02346X0139/313A draine le cours d'eau de la Souffel. Ce résultat semble contradictoire avec l'hypothèse émise juste avant. Cependant, il faut rappeler que cet ouvrage est situé dans un secteur très nettement influencé par le champ captant de Lampertheim, dont les pompages ont induit une baisse sensible du niveau de la nappe à cet endroit. Ces pompages ont pu participer localement à l'inversion du sens initial des échanges nappe/cours d'eau.

A l'exception de petites nappes perchées hypothétiques dans les loëss en amont de la zone d'étude, celle-ci ne semble se caractériser que par la présence d'une seule nappe, contenue dans les alluvions rhénanes. En limite Est du graben, il faut noter toutefois que le décalage engendré par le rejet de la faille d'Oberhausbergen au droit des collines de Hausbergen aurait pour conséquence de mettre la partie inférieure de l'aquifère des alluvions rhénanes du graben en contact avec le substratum marneux sous la terrasse de Schiltigheim. La partie supérieure serait quant à elle en contact avec la partie inférieure de l'aquifère rhénan principal de la plaine d'Alsace (Frey, 2006).

3.4. VALORISATION DES INFORMATIONS PONCTUELLES DANS LE SECTEUR

D'une manière générale, les eaux souterraines sont principalement captées dans la moitié aval du graben, avec une concentration d'ouvrages recensés plus importante le long de la faille d'Oberhausbergen et dans les communes de Griesheim-sur-Souffel, Pfulgriesheim, Mundolsheim et Lampertheim (cf. Illustration 18).

En amont d'une ligne imaginaire qui passerait par Pfulgriesheim, très peu d'ouvrages captant des eaux souterraines ont été répertoriés et parmi eux, rares sont ceux décrits de manière suffisamment précise.

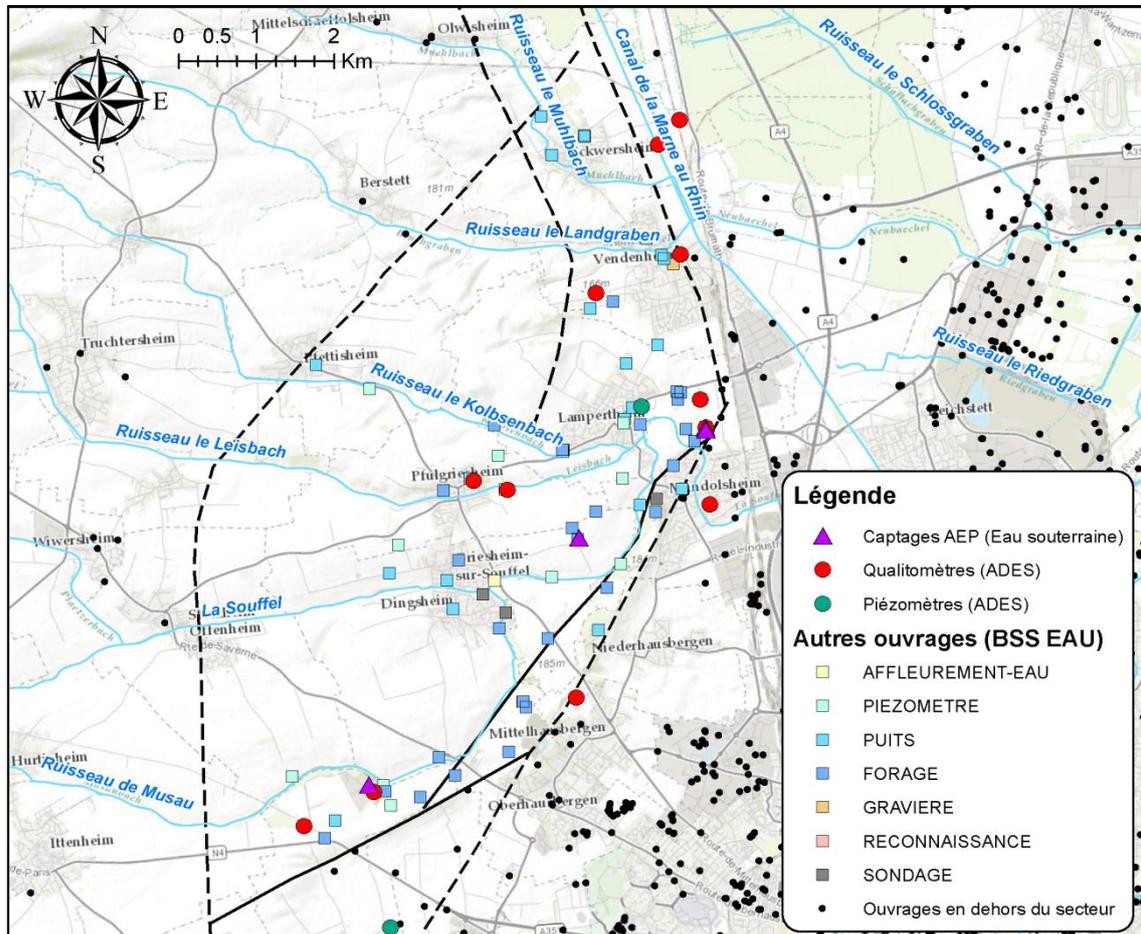


Illustration 18 : Localisation des captages AEP, qualitomètres ADES, piézomètres ADES et des autres points d'eau associés à la BSS EAU dans ou proche du graben de Pfulgriesheim

3.4.1. Captages AEP

Deux champs captants destinés à l'alimentation publique en eau potable (AEP) sont répertoriés dans le Référentiel national des captages AEP. Ils sont localisés à Lampertheim et à Griesheim-sur-Souffel et sont gérés par le Syndicat des Eaux et de l'Assainissement Alsace-Moselle (SDEA). Les forages associés au premier cité, actifs depuis 1980 et profonds d'environ 50 m, captent une nappe libre contenue dans des alluvions rhénanes grossières à graviers recouvertes d'une épaisseur d'environ 8m de loess. Ils ont rencontré des argiles compactes gris-foncé à 46 m de profondeur mais ces dernières n'ont pu être clairement associées aux marnes oligocènes. La capacité totale de production du champ captant de Lampertheim est de 630 m³/h (cf. Illustration 19). L'eau souterraine captée est de bonne qualité et ne nécessite pas d'autre traitement qu'une simple chloration.

localisation	dénomination	type de ressource	indice national	traitement	capacité installée m ³ /h
Lampertheim	puits 1	puits	234-6-7	néant	70
Lampertheim	puits 2	puits	234-6-51	néant	200
Lampertheim	puits 3	puits	234-6-46	néant	360
capacité totale de production					630 m³/h ou 15 120 m³/j

Illustration 19 : Caractéristiques des forages du champ captant de Lampertheim (SDEA, 2014)

Les deux ouvrages, réalisés en 2004 (02346X0218/F) et 2008 (02346X0239/P2) à Griesheim-sur-Souffel au lieu-dit « Wucher » sont eux situés légèrement en amont d'un forage de reconnaissance réalisé en 1993 qui avait montré, à l'époque, un potentiel prospectif intéressant. Ils captent également la nappe des alluvions rhénanes sablo-graveleuses (avec plusieurs passées plus argileuses), sur environ 60 m et situées en-dessous d'une puissante couverture de loess. Ces deux ouvrages ont fait l'objet d'un arrêté préfectoral en avril 2013, autorisant leur exploitation pour l'AEP, avec des débits instantanés maximum d'environ 700 m³/h chacun pour un volume annuel maximum autorisé à hauteur de 4 750 000 m³ (somme des deux ouvrages). La station de traitement et de pompage de Griesheim-sur-Souffel (déferrisation, démanganisation, décarbonatation) a été mise en service mi-juillet 2014 (SDEA, 2014).

Plus au Sud, à proximité du ruisseau de Musau, un puits de 50 m de profondeur, destiné à l'AEP mais pour un usage privé depuis 2005, a également traversé environ 26m de loess puis 25 m d'alternance sables/graviers/argiles associés aux alluvions rhénanes.

3.4.2. Piézomètres (ADES et hors ADES)

Dans le secteur d'étude, seul un ouvrage d'eau est identifié comme appartenant au réseau de suivi piézométrique des eaux souterraines de la nappe d'Alsace géré par l'APRONA (cf. Illustration 20). Il s'agit du point d'eau 02346X0139/313A, d'une profondeur de 12,5 m et situé à Lampertheim. Malgré l'absence de coupe géologique pour cet ouvrage, ce dernier est logiquement associé à la nappe d'Alsace (alluvions anciennes rhénanes).

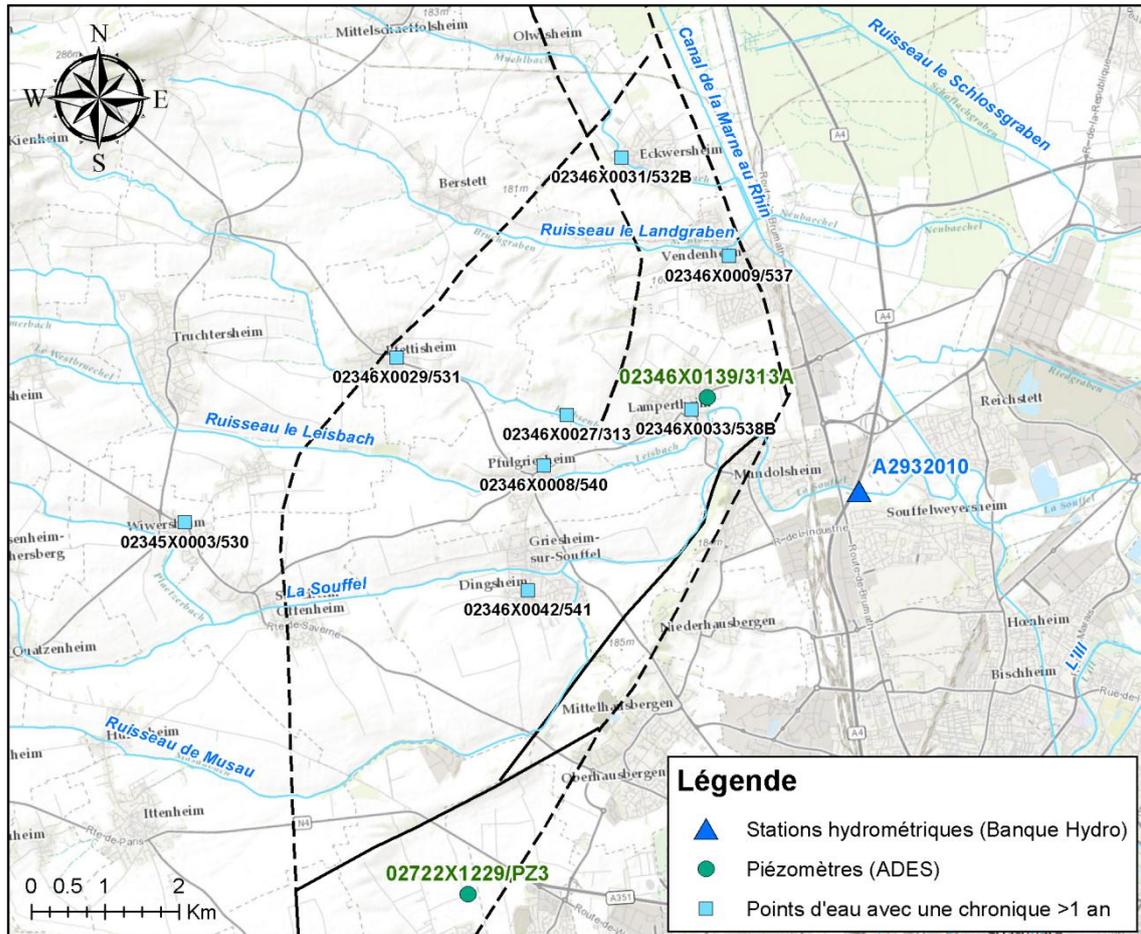


Illustration 20 : Localisation des piézomètres ADES et hors ADES et des stations de mesure hydrométrique référencées dans la Banque Hydro – graben de Pfulgriesheim

Le piézomètre 02722X1229/PZ3, situé au Sud du graben, capte également la nappe contenue dans les sables et graviers rhénans, sous une couverture d'environ 12m de limons argilo-silteux. Cependant, cet ouvrage ne fait l'objet d'un suivi continu que depuis août 2013, ce qui limite pour le moment l'exploitation des mesures qui y sont réalisées.

Les autres points d'eau présentés dans l'Illustration 20 ont fait l'objet d'un suivi hebdomadaire de leur niveau piézométrique entre la fin des années soixante et le milieu des années soixante-dix. Seul cas notable, le puits 02346X0033/538B, profond de 9m et localisé à Lampertheim, qui a fait l'objet d'un suivi jusqu'à mars 1987 (cf. Illustration 21).

Aucune station de mesure hydrométrique n'est (et n'a jamais été) implantée dans le secteur. La station la plus proche est la station de la Souffel à Mundolsheim (A2932010), située plus en aval à environ 2,5 km du piézomètre 02346X0139/313A.

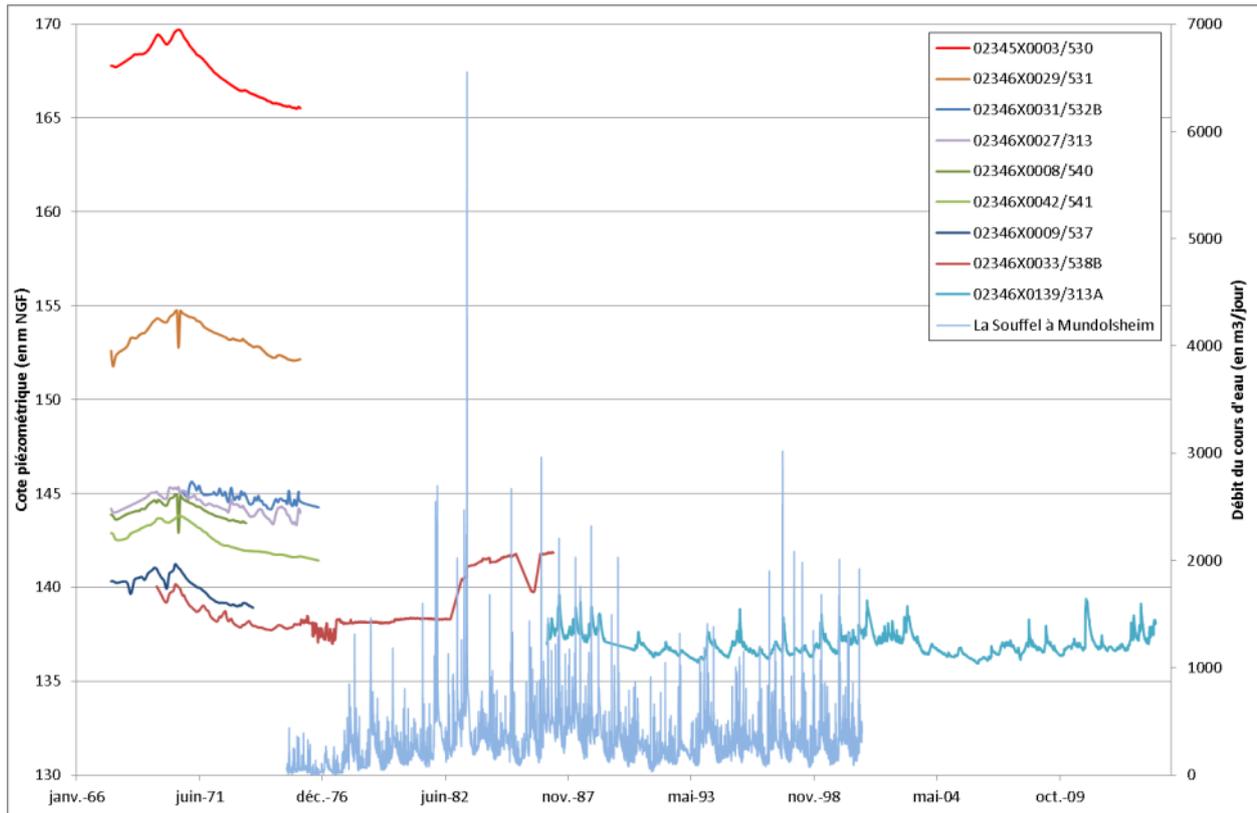


Illustration 21 : Chroniques piézométriques remarquables et comparaison avec les débits enregistrés sur la station hydrométrique la plus proche – graben de Pfulgiesheim

De toutes les chroniques piézométriques accumulées sur ce secteur, seules celles des ouvrages 02346X0033/538B et 02346X0139/313A ont une période de suivi commune avec la chronique des débits journaliers de la station en aval (début 1975 à fin 1999). Ces deux puits sont quasiment de même profondeur et distant de 300m l'un de l'autre.

L'illustration 22 ci-dessous montre néanmoins que la chronique piézométrique du puits 02346X0033/538B est très douteuse entre 1976 et 1986, date à laquelle son suivi a été interrompu (cercle rouge). Avant cela, le comportement de la nappe semble assez similaire à ce qui est enregistré à partir de 1986 sur le puits 02346X0139/313A.

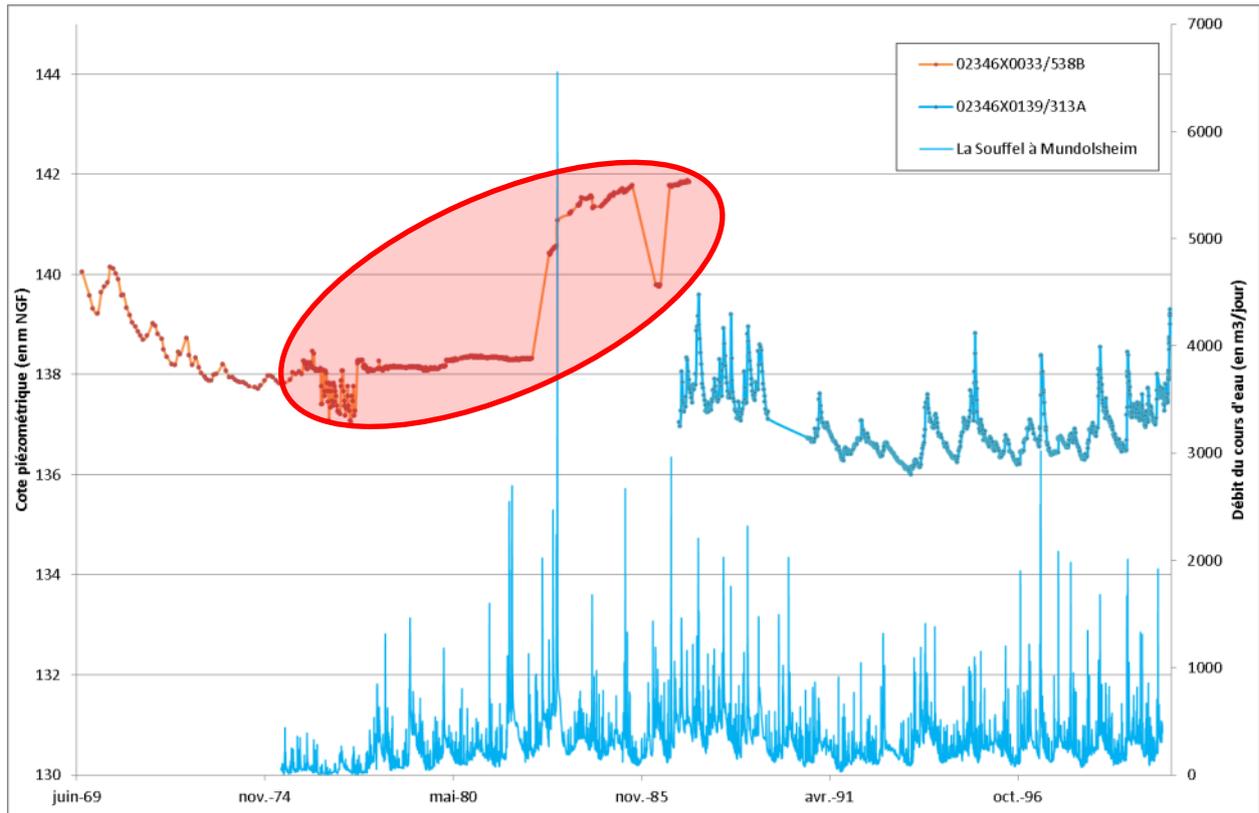


Illustration 22 : Comparaison des chroniques piézométriques des deux points d'eau à chronique longue situés à Lampertheim avec la chronique de débits journaliers enregistrés par la station hydrométrique de la Souffel à Mundolsheim

Malgré son caractère douteux durant cette période, il est néanmoins constaté que le niveau de la nappe captée par le puits 02346X0033/538B augmente subitement de 1,5m environ en mai 1983, ce qui coïncide avec l'épisode de crue exceptionnelle observée sur la Souffel à cette époque (période de retour 80 ans).

D'après les travaux de Brugeron *et al.* (2012), les niveaux piézométriques mesurés depuis fin décembre 1986 sur le puits 02346X0139/313A présentent à la fois une cyclicité saisonnière et une cyclicité pluriannuelle assez marquée. La première témoignerait de l'influence directe des précipitations et d'une relation étroite avec la rivière Souffel située à environ 200 m en aval. Même si la station hydrométrique est située en aval du puits, les pics de hautes eaux de la nappe observés sur l'illustration 22 coïncident parfaitement avec ceux correspondant aux épisodes de crue de la Souffel. La seconde cyclicité témoigne plutôt d'apports souterrains plus inertiels et moins tributaires des variations saisonnières (apports latéraux venant du Kochersberg ?). A noter que les variations du débit d'exploitation des forages du champ captant de Lampertheim situé à environ 500 m à l'Est ont probablement également une incidence sur le signal mesuré sur ce piézomètre.

Tous les autres points d'eau, affichés sur la carte de l'illustration 20 et situés plus en amont, ont vu leur suivi prendre fin en 1976 ce qui ne permet pas une étude poussée des signaux qui y ont été enregistrés. Néanmoins, même s'il est difficile d'appréhender le degré de précision des mesures réalisées à cette époque, il est intéressant de noter une grande similitude dans les signaux piézométriques enregistrés avant 1976 entre tous ces points, incluant le puits 02346X0033/538B précédemment décrit (cf. Illustration 23).

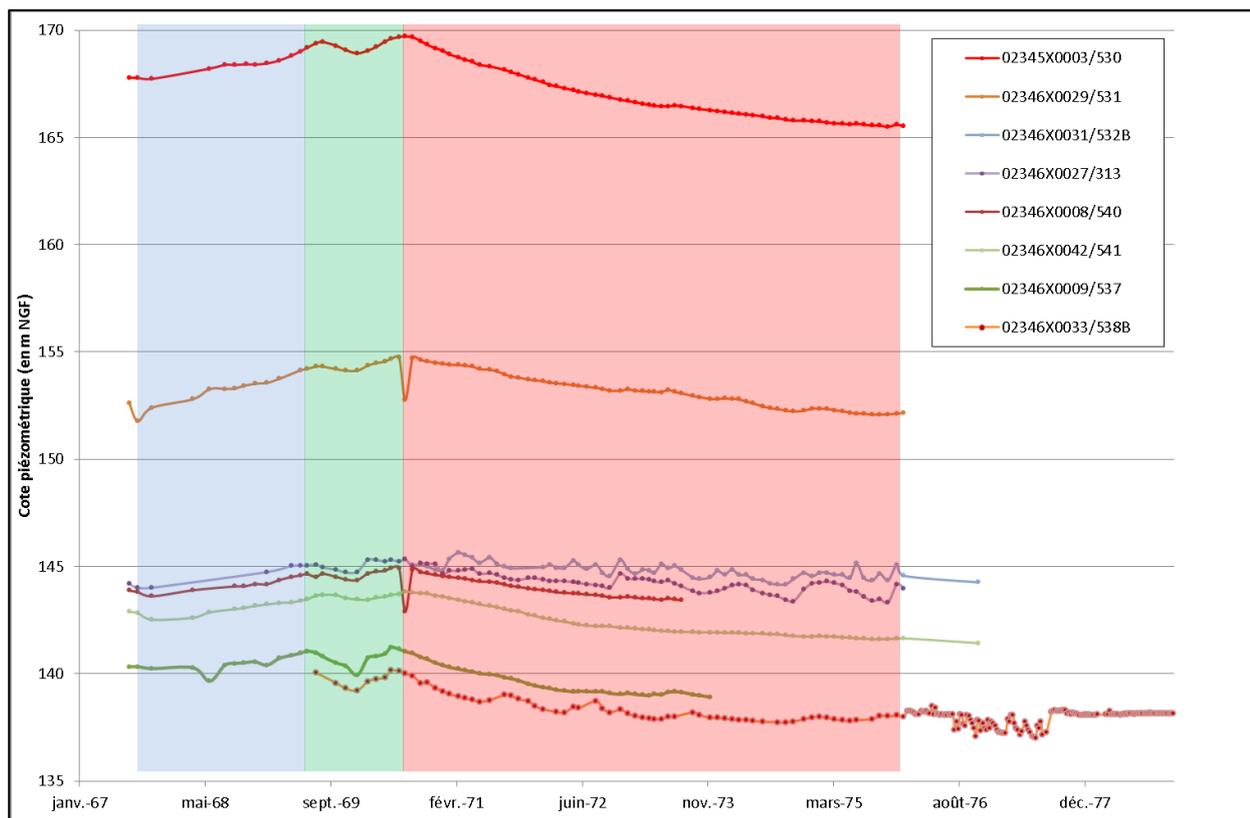


Illustration 23 : Comparaison des chroniques piézométriques de la partie amont du graben jusqu'à Lampertheim

Globalement, ces signaux sont caractéristiques de nappes semi-captives à captives. Ceci coïncide avec les travaux de Frey (2006) qui décrivait déjà la nappe des alluvions rhénanes dans le graben comme étant semi-captive sous les niveaux de loess, pour devenir nettement libre à partir des collines de Hausbergen en direction Est.

Les niveaux mesurés augmentent de 1967 à juillet 1969 (zone en bleu foncé) puis s'en suit une période plus stabilisée jusqu'à fin 1970 (zone en vert) pour ensuite aboutir vers une baisse régulière du niveau jusqu'au début de l'année 1976 (zone en rouge).

L'ouvrage 02345X0003/530, situé à Wiwersheim, en amont du graben (en dehors de la zone d'étude), présente un signal très nettement inertiel. Cet ouvrage peu profond (15,6m), situé dans la haute terrasse du Kochersberg qui se caractérise normalement par des dépôts loessiques pouvant atteindre jusqu'à 15m d'épaisseur recouvrant des marnes datées de l'Oligocène, est malheureusement pauvrement décrit. Les rares ouvrages situés à proximité le sont tout autant. Il est donc difficile de dire si cet ouvrage traverse une frange alluvionnaire aquifère (de quelle origine ?) mise en captivité par les loess sus-jacents, ce qui remettrait en cause la géologie cartographiée à cet endroit, ou alors si les loess épais traversés contiennent une nappe dans leur partie basale plus perméable, qui se jetterait vers la nappe contenue dans les alluvions rhénanes plus en aval.

Quoiqu'il en soit, bien que cette relation hydraulique semble établie entre les différents ouvrages de la zone d'étude, cette hypothèse mériterait néanmoins d'être confirmée sur la base de chroniques piézométriques plus longues, non disponibles à ce jour.

A noter que l'ouvrage 02346X0031/532B à Eckwersheim présente un signal qui se distingue légèrement des autres par une plus forte variabilité à court terme (pics régulièrement espacés). Cette dernière s'explique en réalité par le fait que ce puits, peu profond (5,6m), capte très probablement la nappe d'accompagnement du ruisseau le Muehlbach, situé à moins de 50m.

3.4.3. Qualitomètres

Dans ou à proximité du graben, 13 points d'eau sont recensés comme qualitomètres dans la banque ADES (cf. Illustration 24). Ils sont tous associés au réseau pour les « inventaires de la qualité des eaux souterraines dans le Fossé rhénan en plaine d'Alsace » (réseau n°0200000015) et/ou au « Réseau national de suivi au titre du contrôle sanitaire sur les eaux brutes utilisées pour la production d'eau potable » (réseau n°0000000028).

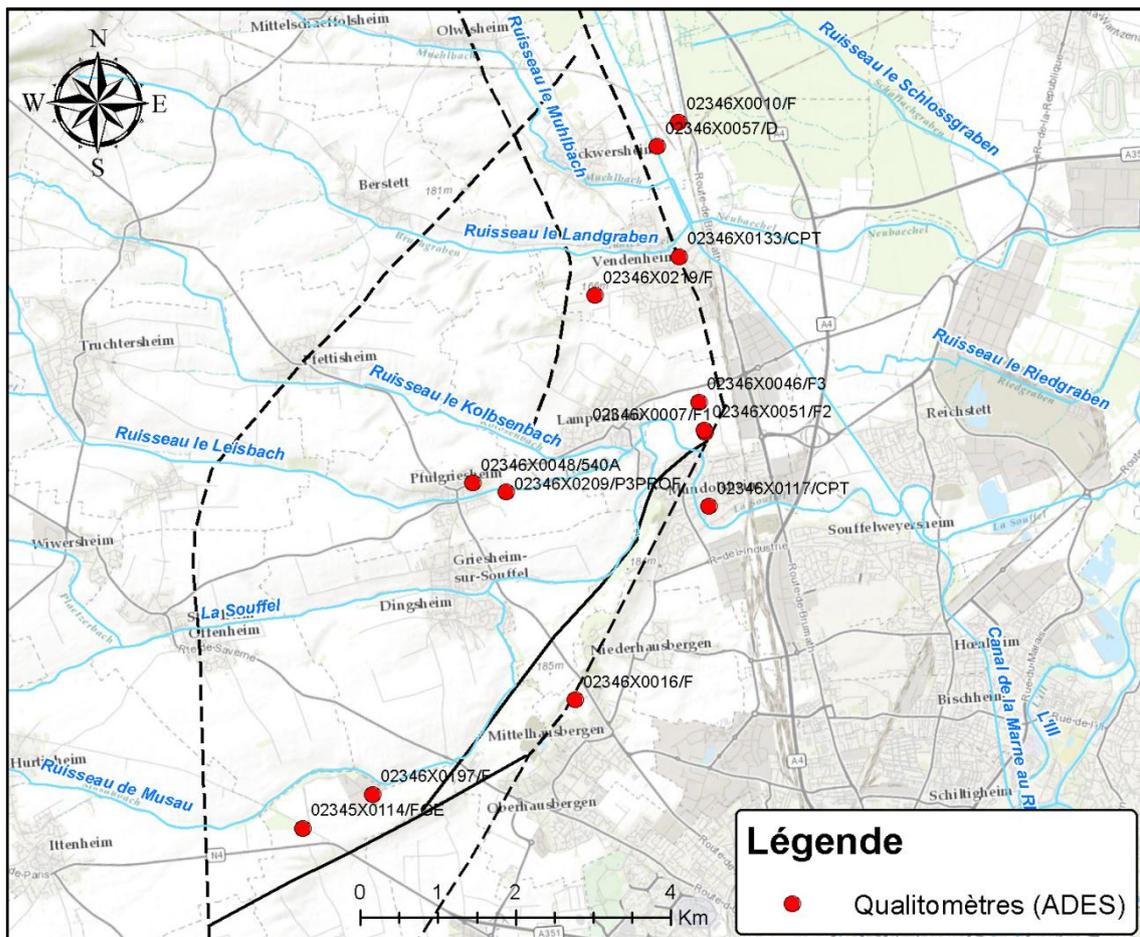


Illustration 24 : Localisation des qualitomètres ADES – graben de Pfulgriesheim

En attendant la mise en service du champ captant de Griesheim-sur-Souffel et la réalisation des analyses qualité qui suivront obligatoirement, aucun qualitomètre n'est identifié dans cette zone particulière.

Pour une large majorité de ces qualitomètres, les valeurs mesurées en nitrates restent en deçà de 20 mg/l. Il faut noter cependant que :

- les points d'eau situés du côté de Vendenheim et qui sont limitrophes du cône de déjection de la Zorn (losanges dans l'illustration 25) présentent des valeurs :

- très proches du seuil de potabilité de 50mg/l, pour les ouvrages 02346X0010/F et 02346X0019/F,
 - très nettement supérieurs à ce seuil, avec des valeurs mesurées comprises entre 120 et 180 mg/l pour l'ouvrage 02346X0133/CPT – une tendance à la baisse (à confirmer) semble être néanmoins observée;
- Du côté de Pfulgiesheim (carrés dans l'illustration 25), le point d'eau 02346X0048/540A, peu profond et captant très probablement des venues d'eau issues des loëss, présentaient des valeurs extrêmement élevées en 1991 (174 mg/l) et 2003 (148 mg/l). Cependant, la dernière mesure réalisée en septembre 2009 a montré une concentration en nitrates de 2,6 mg/l. Cette tendance extrême à la baisse devra être vérifiée afin de savoir s'il s'agit d'un problème analytique ou bien d'un phénomène naturel induit par des changements de pratiques agricoles ou des programmes de mesures environnementales dont les bénéfiques pourraient être observées, à une si faible profondeur, au bout de 10 ans. L'ouvrage 02346X0209/P3PROF, situé non loin, est quant à lui beaucoup plus profond. Il capte la nappe des alluvions rhénanes sous une couverture de loëss de près de 30m et les concentrations en nitrates sont inférieures à 20 mg/l.

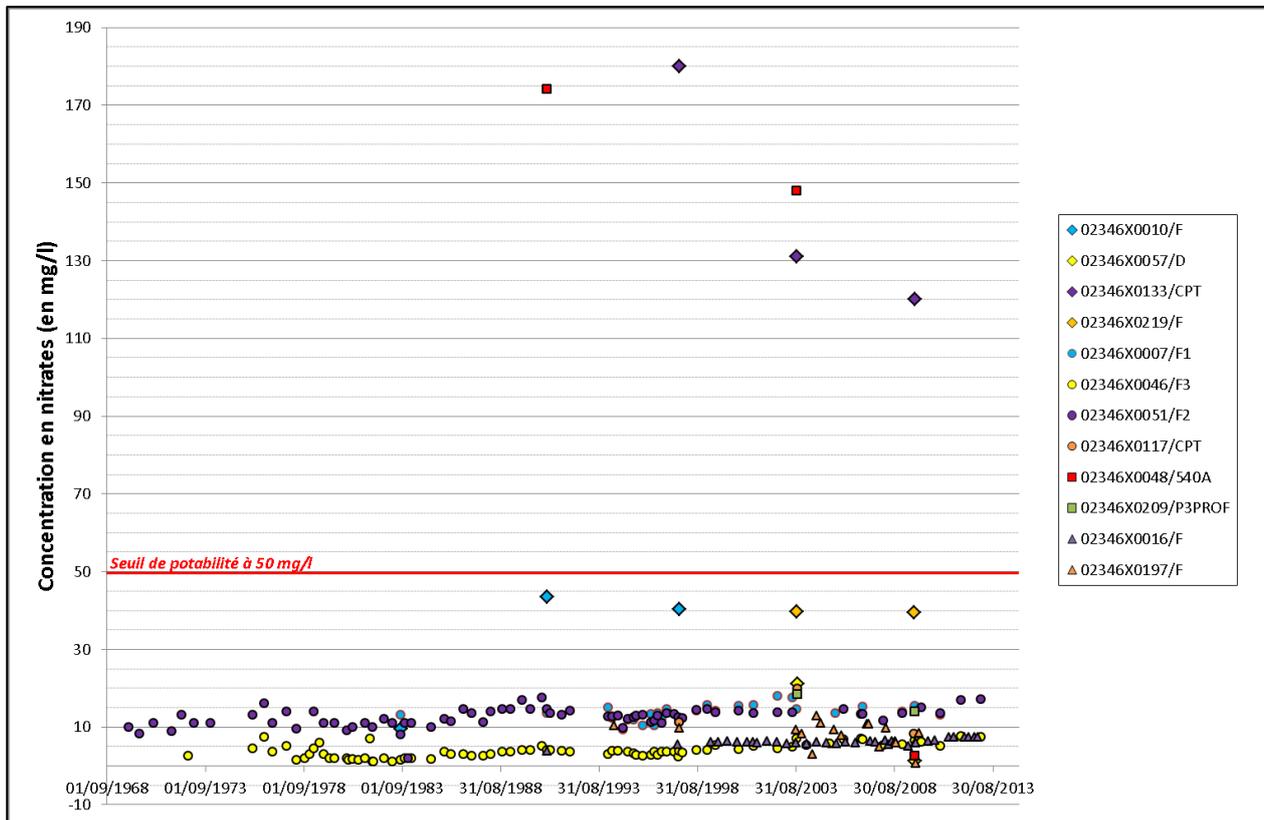


Illustration 25 : Chroniques nitrates pour les qualitomètres dans ou à proximité du graben de Pfulgiesheim

Les trois puits exploités du champ captant de Lampertheim font régulièrement l'objet d'analyses de la qualité de l'eau. Ils se caractérisent tous trois par une bonne qualité de l'eau captée. En effet, la teneur moyenne en nitrates rencontrée est de 14 mg/l, largement inférieure à la limite de qualité fixée à 50 mg/l et seul un pesticide, le métolachlore, a été détecté à une teneur de 0,05 µg/l, au niveau du puits 2 (SDEA, 2014). Cette valeur reste néanmoins inférieure à la limite de qualité fixée à 0,1 µg/l.

Concernant la problématique des produits phytosanitaires, l'inventaire qualité 2009 du fossé rhénan (APRONA, 2012) mené sur les points d'eau du graben montre que leur grande majorité ne présente pas de problème de qualité pour ces paramètres. Le point d'eau 02346X0057/D présentait en 2003 des valeurs en atrazine, atrazine désisopropyl et atrazine déséthyl toutes trois supérieures ou très proches de 0,1 µg/l mais les mesures réalisées en 2009 ont montré une nette tendance à la baisse et un retour à des valeurs acceptables.

3.5. OCCUPATIONS DU SOL ET PREMIERS ELEMENTS DE VULNERABILITE

3.5.1. Occupations du sol (Bd OCS CIGAL V2)

Les informations contenues dans la Base de données d'Occupation du Sol v2 confirment le fait que la Haute Terrasse du Kochersberg, et par conséquent le graben de Pfulgriesheim qui en fait partie, constitue l'une des grandes zones agricoles de l'Alsace (cf. Illustration 26).

De manière générale, cette zone agricole est fondée sur une polyculture très diversifiée alliant les cultures de céréales (blé, maïs), les cultures industrielles (betteraves, tabac, houblon), les cultures fourragères en vue d'un élevage bovin à l'étable (viande et lait) à quelques vignes et arbres fruitiers et quelques élevages spécialisés (volailles pour les œufs).

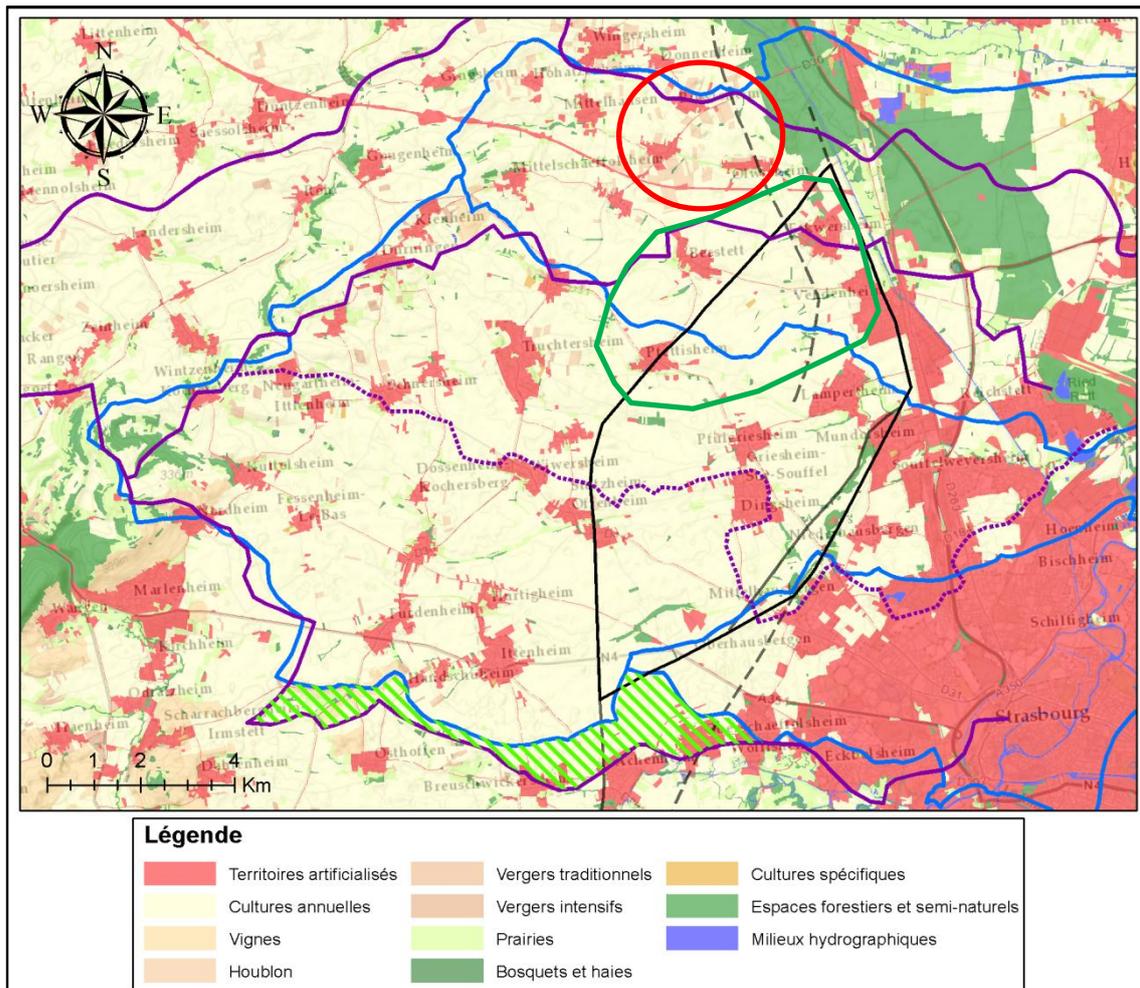


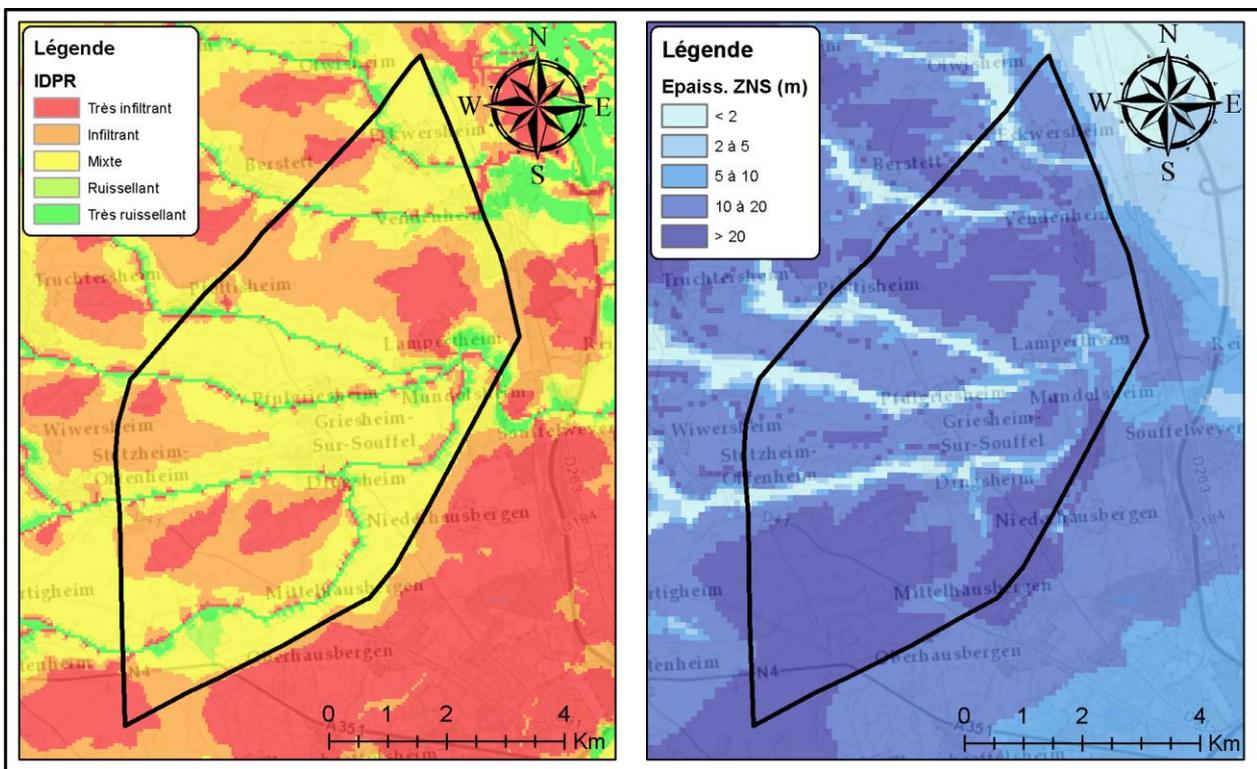
Illustration 26 : Occupation du sol sur la zone d'étude du graben de Pfulgriesheim et en amont, sur la Haute Terrasse du Kochersberg (source : Bd OCS CIGAL v2, années 2011-2012)

Parmi les activités particulières menées dans la zone du graben, les cultures maraîchères de l'asperge et du chou sont assez présentes du côté d'Eckwersheim, Berstett, Pfettisheim, Vendenheim et Lampertheim (zone encerclée de vert sur l'illustration 26).

De même, une concentration de parcelles destinées à la culture spécialisée du houblon est constatée du côté de Mittelschaeffolsheim, Bilwisheim et Olwisheim (zone encerclée en rouge sur l'illustration 26).

3.5.2. Comparaison épaisseur de ZNS et IDPR

L'illustration 27 ci-dessous oppose les résultats du calcul de l'IDPR, permettant de différencier qualitativement les terrains favorisant le ruissellement de ceux favorisant l'infiltration, avec l'épaisseur moyenne de la zone non saturée, donnée déjà utilisée pour la détermination des bassins versants souterrains moyens ainsi que des drains souterrains principaux.



La zone du graben présente une épaisseur de ZNS dépassant en moyenne les 10m. Dans sa moitié Sud ainsi que dans un secteur délimité par les communes de Pfettisheim, Vendenheim et Lampertheim, cette épaisseur peut même dépasser 20m. La nappe n'est sub-affleurante qu'au droit des ruisseaux qu'elle semble alimenter. A première vue, la configuration hydrogéologique spécifique de ce secteur, avec cette épaisse ZNS au sein des dépôts de lœss recouvrant les alluvions rhénanes aquifères, favoriserait le retardement du transfert d'éventuels polluants.

Néanmoins, le calcul IDPR met en évidence des secteurs très favorables à l'infiltration qui coïncident assez bien avec les zones à forte épaisseur de ZNS et en amont du graben (notamment une zone spécialisée dans la culture du houblon vers Mittelschaeffolsheim). Malgré le recouvrement complet du graben par des dépôts lœssiques assez épais, le calcul IDPR

semble montrer que ces terrains ne sont finalement pas homogènes avec des zones apparemment plus vulnérables.

Il faut noter que la terrasse loessique de Schiltigheim, en limite Sud-Est du graben, est également caractérisée comme très infiltrante, principalement du fait de l'absence de cours d'eau dans ce secteur par ailleurs particulièrement artificialisé.

3.5.3. Comparaison avec l'inventaire transfrontalier de la qualité des eaux souterraines du Fossé Rhénan – focus sur les nitrates (Région Alsace, 2012)

Le graben de Pfulgriesheim se caractérise par une moitié Sud relativement épargnée par la problématique des nitrates dans les eaux souterraines (<10 mg/l), au contraire de sa moitié Nord (cf. Illustration 28) et plus particulièrement du secteur de Vendenheim et Eckwersheim, en limite avec le cône de déjection de la Zorn (cf. chapitre 4).

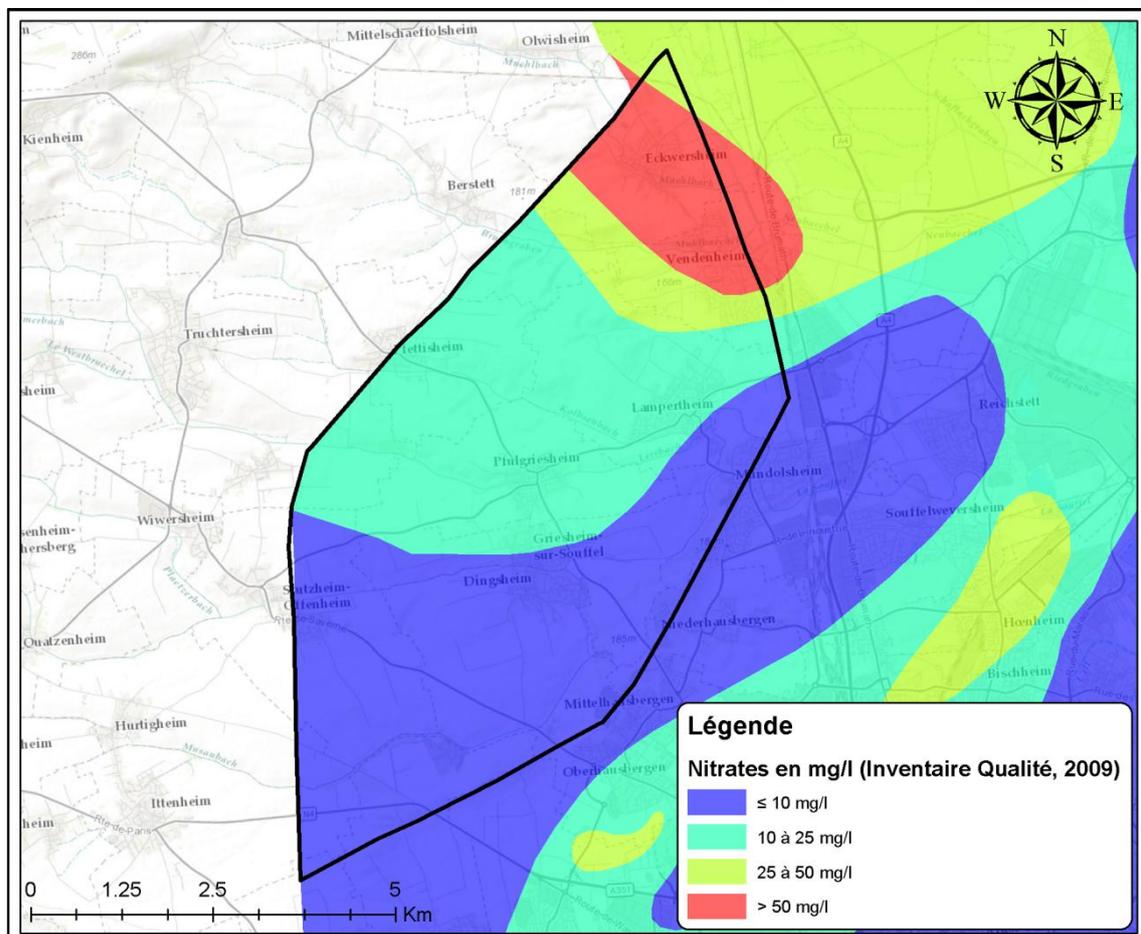


Illustration 28 : Carte des concentrations en nitrates dans les eaux souterraine issue de l'Inventaire de la qualité des eaux souterraines dans le Fossé Rhénan – Graben de Pfulgriesheim (Région Alsace, 2012)

Dans une première approche, le croisement de l'occupation du sol actuelle (cf. Illustration 26) avec les résultats de cet inventaire transfrontalier de la qualité 2009 des eaux souterraines du Fossé rhénan sur les nitrates permet de mettre en avant le fait que les secteurs pour lesquels la concentration mesurée en nitrates dans les eaux souterraines dépasse 50 mg/l, sont les mêmes qui voient la culture historique de l'asperge être pratiquée. Par ailleurs, en amont

immédiat, une densité importante de parcelles destinées à la culture de houblon, betterave à sucre ainsi qu'à la culture céréalière est également observée.

A première vue, ces coïncidences spatiales semblent faire de ces deux pratiques agricoles, les causes possibles de ce problème de forte teneur en nitrates. A la lecture de la carte sur les drains souterrains principaux établis dans le chapitre 3.3.3, il semblerait que l'influence majeure proviendrait plutôt des parcelles situées en amont. Par ailleurs, le calcul IDPR caractérise cette zone amont comme comportant des terrains favorisant clairement le phénomène d'infiltration des eaux, potentiellement chargées en intrants agricoles.

Il reste cependant nécessaire de confirmer ou d'infirmer ces hypothèses au travers d'une étude locale dédiée à cette problématique spécifique (cf. chapitre 3.6).

3.6. BILAN SUR L'ETAT DES CONNAISSANCES ACTUELLES & RECOMMANDATIONS POUR AMELIORER LA CONNAISSANCE

Ce graben remarquable, en plus de son intérêt pour l'alimentation en eau potable, mériterait des études plus poussées pour en reconnaître les structures et préciser ses limites. Par exemple, la réalisation de **plusieurs profils géophysiques à haute résolution**, localisés perpendiculairement aux failles de Pfettisheim et d'Achenheim, qui constituent les limites Ouest supposées du graben, permettraient de mieux appréhender ce secteur mal documenté, en confirmant (ou non) la présence de ces failles et la période à laquelle elles ont pu jouer. Des **investigations géologiques de terrain complémentaires** semblent également nécessaires pour caractériser les formations affleurantes notamment dans les vallons des ruisseaux en amont et dans le graben.

Il semble qu'historiquement, et à juste titre, cette moitié amont du graben n'ait pas été considérée comme ayant un potentiel hydrogéologique intéressant (épaisseur supposée faible des alluvions aquifères, substratum marneux imperméable à faible profondeur). Néanmoins, ces hypothèses restent à confirmer et, parallèlement aux campagnes géophysiques, il paraîtrait intéressant de réaliser **un ou deux forages d'exploration** à vocation purement scientifique par exemple à l'Ouest de Pfulgriesheim et entre Pfettisheim et Lampertheim. Ces ouvrages feraient l'objet d'une attention particulière dans la description des formations rencontrées, pourquoi pas via un carottage sur des horizons bien définis (lithologie, texture, épaisseur de loess...), et dans la détermination de leur potentiel aquifère (via des essais de pompage...).

Une autre campagne géophysique à haute résolution pourrait être menée en bordure Nord et Nord-Est du graben, vers Eckwersheim et Vendenheim, zone qui s'avère complexe d'un point de vue structural (présence de nombreuses failles supposées) mais aussi d'un point de vue géologique avec la superposition de trois formations potentiellement aquifères, sur de faibles épaisseurs (Terrasse sableuse de la Zorn, Alluvions rhénanes et Sables Pliocène). Peu d'ouvrages y sont bien documentés.

Des incertitudes subsistent également sur l'âge des alluvions sablo-graveleuses rhénanes aquifères remplissant ce graben ; d'autant que l'âge des loess recouvrant ces alluvions est également mal connu (âge Pléistocène indifférencié). Il serait intéressant, à partir des cuttings des forages d'exploration et d'exploitation réalisés du côté de Griesheim-sur-Souffel notamment, d'en **recenser les indices de paléoflores et paléofaunes** qui permettrait de préciser au mieux l'épisode quaternaire de dépôt de ces alluvions et mieux comprendre ainsi les phases successives ayant participé à la mise en place de ce graben.

De même, il n'est actuellement pas possible de différencier systématiquement les affleurements de loëss rissien de ceux de loëss würmien au niveau du graben. Or ces deux contextes de dépôts sont probablement à l'origine de loëss à caractéristiques intrinsèques divergentes, ce qui peut avoir une incidence sur l'effet de retardement de transfert de polluant éventuel vers la nappe sous-jacente. Selon les caractéristiques lithologiques du loëss (présence de silts grossiers ou matrice fine et argileuse), celui-ci présentera une variabilité importante dans sa propension à laisser ruisseler ou à infiltrer l'eau ; variabilité qui est par ailleurs constatée sur le secteur à travers la carte IDPR (cf. chapitre 3.5.2). Une approche possible pour améliorer la connaissance sur cet aspect consisterait à mener **une campagne de carottages dans ces loëss**, en plusieurs points du graben, qui seraient choisis de manière à intégrer toutes les configurations qui y sont rencontrées (différentes épaisseurs de ZNS, différentes zones selon la capacité à infiltrer/ruisseler...etc...). Sur les échantillons recueillis pourraient être réalisées des **mesures de leurs propriétés physico-chimiques et texturales** (porosité) ainsi qu'une **analyse graduée de certains polluants** (tous les 30 à 50 cm par exemple, ordre de grandeur de la distance annuelle parcourue verticalement par l'eau dans un loëss).

De manière générale, un travail d'**analyse de la chimie des eaux captées** par les ouvrages du graben semble nécessaire, sur la base de données historiques et issues de campagnes terrain de prélèvement à mener en hautes eaux et basses eaux. Dans le cas où ces eaux présenteraient des signatures chimiques distinctes selon les secteurs du graben, cela pourrait remettre en question certaines des hypothèses émises dans la présente étude sur l'origine de l'eau. Croiser ces résultats avec ceux issus de **datation des eaux** pourrait également permettre d'affiner la connaissance sur ce point.

Concernant la problématique des nitrates, qui n'est réellement observée que dans la bordure Nord et Nord-Est du graben, il serait intéressant de **réaliser des profils de teneurs en nitrates en fonction de la profondeur**, dans les ouvrages situés (i) dans cette zone, (ii) dans la partie à l'Ouest de cette zone où se pratique notamment la culture du houblon et (iii) encore en amont de cette zone de culture. Ces profils pourraient s'accompagner de **profils nitrates en long, au niveau des ruisseaux** situés dans ce secteur particulier (le **Muhlbach et le Landgraben**) pour en estimer les influences éventuelles. Il semble qu'aucune mesure de la qualité des eaux de surface n'ait été réalisée à ce jour sur ce secteur.

Du point de vue du potentiel pour l'alimentation en eau potable, la zone très peu documentée entre la Souffel et le ruisseau de Musau, au Sud-Ouest de Dingsheim, pourrait s'avérer intéressante. Le contexte hydrogéologique semble assez similaire à celui du côté de Lampertheim (mêmes formations, épaisseur de ZNS importante, terrains favorisant l'infiltration), à l'exception des relations avec les cours d'eau qui semblent inexistantes. **La réalisation d'un forage d'exploration** pourrait permettre d'améliorer la connaissance sur la géologie du secteur tout en évaluant son potentiel aquifère.

Plus à l'Ouest, à Wiwersheim, l'ouvrage 02345X0003/530, cité dans les chapitres précédents, présente la particularité d'être le seul ayant fait l'objet d'un suivi piézométrique sur ce secteur en amont du graben. Le signal mesuré concorde assez bien avec les autres signaux mesurés dans les ouvrages plus en aval. Malheureusement, tout comme les ouvrages avoisinants, ce point d'eau est actuellement mal documenté et des incertitudes subsistent quant à la formation aquifère effectivement captée. De plus il est censé traverser des formations au potentiel aquifère faible (loëss, marnes). Des investigations complémentaires sont nécessaires pour lever les zones d'ombre sur ce secteur, qui semble par ailleurs influencer sur le comportement hydraulique du graben (fouille dans les dossiers de forage, réalisation de forages d'exploration peu profonds ?).

Enfin, quelques hypothèses ont pu être apportées sur les relations nappe/cours d'eau au sein du graben (alimentation des cours d'eau par la nappe – sauf en pour la Musau et la partie aval de la Souffel) qui mériteraient d'être vérifiées sur la base d'autres métriques (jaugeage différentiel, analyses hydrochimiques, modélisation globale ?).

7. Bibliographie

7.1. BIBLIOGRAPHIE GENERALE

Allier D., Tormo F., Brugeron A. (2011) – Evaluation préliminaire du risque d'inondations par remontées de nappes. Rapport public BRGM/RP-59890-FR.

Birtler C., Elsass P. (2006) – Région Alsace. Banque Régionale de l'Aquifère Rhénan – Programme 2003-2006. Rapport final, Rapport BRGM/RP-54876-FR

Brugeron. A., Allier. D., Klinka. T (2012) – Approche exploratoire des liens entre référentiels hydrogéologique et hydrographique Première identification des piézomètres potentiellement représentatifs d'une relation nappe/rivière et contribution à leur valorisation. Rapport final BRGM/RP-61047-FR.

DRAAF Alsace (2014) – Une Agriculture Alsacienne aux Multiples Visages. Recensement agricole 2010. Agreste Alsace. Dossier n°3. Janvier 2014.

Elsass P. (1996) – Région Alsace. Banque Régionale de l'Aquifère Rhénan (BRAR). Compteur d'avancement 1995 : Fichiers du substratum. Rapport BRGM/RR-38643-FR.

Elsass P. (2009) – Région Alsace. Banque Régionale de l'Aquifère Rhénan (BRAR). Rapport technique sur les travaux réalisés en 2008. Rapport BRGM/ALSNT09N01.

Elsass P., Surdyk N. (2009) – Région Alsace. Etude prospective de l'évolution des concentrations en produits phytosanitaires en nappe d'Alsace. Rapport BRGM/RP-57404-FR.

Foucault A., Raoult J.-F. (2001) – Dictionnaire de géologie. 5^{ème} Edition. Editions DUNOD, Paris, 2001.

Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, LUBW (2002-2006) – Projet Interreg III – « Modélisation de la pollution des eaux souterraines par les nitrates dans la vallée du Rhin supérieur (MoNit) ».

Mardhel V., Gravier A. (2005) – Carte de vulnérabilité simplifiée des eaux souterraines du bassin Seine-Normandie. Rapport BRGM/RP-54148-FR.

Mardhel V. (2010) – Carte de vulnérabilité intrinsèque simplifiée des eaux souterraines du bassin Rhin-Meuse et de la région Lorraine. Rapport BRGM/RP-56539-FR.

Menillet F. (1995) – Les formations superficielles des Vosges et de l'Alsace. Identification, potentialités, contraintes. Rapport BRGM R38640, 106 p., 34 fig., 4 tabl., 20 ph.

Région Alsace (2009-2012) – Rapport final du projet Interreg IV – « Liaison Opérationnelle pour la Gestion de l'Aquifère Rhénan / LOGAR ».

Région Alsace (2012) – Inventaire 2009 de la qualité des eaux souterraines dans le Fossé rhénan supérieur.

Richert J. (2004) – Détermination des vitesses de transfert de l'eau, des nitrates et d'autres solutés dans la zone non saturée dans un loess profond. Rapport Chambre d'Agriculture du Bas-Rhin.

Risler J.-J., Elsass P., Kauffmann C., Schafer G. (2006) - Plaine d'Alsace. Aquifères & Eaux souterraine en France - Tome 1. Éditions BRGM.

Simler L., Millot G. (1967) — Le réseau hydrographique alsacien à l'époque pliocène. Bull. Serv. Carte géol. Als. Lorr., 20, 3, p. 159-16.

Toulet F., Lihmann D. (2013) - Réseau piézométrique de la région Alsace - Gestion 2012. Rapport final APRONA.

Urban S., Boucher J. (2011) – Région Alsace. Banque Régionale de l'Aquifère Rhénan – Programme 2008-2010. Rapport final BRGM/RP-59978-FR.

Urban S., Boucher J., Mardhel V., Xu D., Schomburgk S. (2013) – Référentiel Hydrogéologique Français BDLISA. Bassin Rhin-Meuse. Délimitation des entités hydrogéologiques de niveaux 1, 2 et 3 en Alsace. Rapport final. Mise à jour BDLISA Version 0. BRGM/RP-62217-FR.

Vogt H. (1992) – Le relief en Alsace. Etude géomorphologique du rebord sud-occidental du Fossé Rhénan, 240 p., Oberlin ed., Strasbourg.

7.2. BIBLIOGRAPHIE SPECIFIQUE A LA ZONE « GRABEN DE PFULGRIESHEIM »

Buard C., Talbot A. (1994) – Recherche de nouvelles ressources. Note BRGM/Alsace. N 500 STR 4593.

BRGM (1972) – Carte géologique de la France à 1/50000. Feuille n°XXXVIII-15 de Brumath-Drusenheim.

Communauté Urbaine de Strasbourg, CUS (2012) - Rapport annuel 2012 sur la qualité et le prix du service de l'eau et de l'assainissement.

Elsass P., Rau S. (1995) – Projet DR EG 52. Notice des coupes hydrogéologiques de la feuille Strasbourg-Offenburg. Rapport BRGM/RR-38272-FR.

Frey C. (2006) – Recherche de nouvelles ressources en eau. Réalisation d'un forage de reconnaissance à Oberhausbergen (67). Etude de faisabilité. Rapport ANTEA A 41248/A pour la CUS, 22 p., 1 ann.

Gemin V., Meurer T., Mathieu F. (1998) – Recherche de nouvelles ressources en eau potable sur le site de Pfulgriesheim (67). Etude hydrogéologique complémentaire. Rapport ANTEA A 13783 pour le SDEA, 47 p., 13 ann.

Skrzypek E., Cruz Mermy D., Chèvremont P. et Ménillet F. (2007) - Carte géologique harmonisée du département du Bas-Rhin (67). Notice géologique. BRGM/RP-56028-FR, 319 p., 4 fig., 3 tab., 8 ann., 3 pl. horstexte

Syndicat des Eaux et de l'Assainissement Alsace-Moselle (SDEA) (2014) – Rapport annuel 2013 sur le prix et la qualité du service public d'eau potable. Syndicat des Eaux de Strasbourg-Nord. Version du 15/05/2014.

Talbot A., Bendler J. (2004) – Observatoire de la nappe au droit du territoire de la CUS. Ancienne décharge d'Oberschaeffolsheim-Ittenheim (67). Suivi de la qualité des eaux souterraines. Rapport ANTEA A 33895/A pour la CUS, 24 p., 5 ann.

7.3. BIBLIOGRAPHIE SPECIFIQUE A LA ZONE « MOMMENHEIM-BRUMATH-CONE DE LA ZORN »

Agence de Développement Et d'Urbanisme de l'agglomération Strasbourgeoise, ADEUS (2013) – Référentiel paysager du Bas-Rhin. Synthèse sur le secteur des collines et deltas entre Zorn et Moder et forêt de Haguenau.

APRONA (2013) – Etude de la nappe du Plio-Quaternaire de la Terrasse de Haguenau-Riedseltz : de la synthèse des données à la modélisation. Rapport APRONA. 107 pages - 14 annexes – 40 références.

BURGEAP (1999) – Champ captant de Mommenheim (67) – Etude diagnostic sur la contamination en produits phytosanitaires. Rapport final à la demande du SDEA.

BRGM (1972) – Carte géologique de la France à 1/50000. Feuille n°XXXVIII-15 de Brumath-Drusenheim.

De Baulny H. (1966) - La Moder. Etude hydrologique. Rapport de thèse. Faculté des Sciences de l'Université de Paris.

Morel. G., Ungemach. P. (1971) – Etude hydrodynamique de la nappe des formations pliocènes de la région de Haguenau. Rapport hydrogéologique préliminaire a la simulation sur modèles mathématiques et analogies électriques. Rapport BRGM/71-SGN-249-SGAL.

Quesnel F., Lacquement F., Kramers E., Greder C., Elsass P. (2002) – Cartographie thématique numérique à 1/25 000 des formations superficielles de la Plaine rhénane sur les zones Centre-Plaine et Sud-Alsace. Rapport BRGM RP-52145-FR, 47 p., 8 fig., 2 ann.

Syndicat des Eaux et de l'Assainissement Alsace-Moselle, SDEA (2014) – Rapport Annuel 2013 sur le Prix et la Qualité du Service Public d'Eau Potable. Syndicat des Eaux et de l'Assainissement Alsace-Moselle. Communauté de communes de la Basse Zorn. 28/04/2014.

Syndicat des Eaux et de l'Assainissement Alsace-Moselle, SDEA (2014) – Rapport Annuel 2013 sur le Prix et la Qualité du Service Public d'Eau Potable. Syndicat des Eaux et de l'Assainissement Alsace-Moselle. Périmètre de Hochfelden et environs. 28/04/2014.

Syndicat des Eaux et de l'Assainissement Alsace-Moselle, SDEA (2014) – Rapport Annuel 2013 sur le Prix et la Qualité du Service Public d'Eau Potable. Syndicat des Eaux et de l'Assainissement Alsace-Moselle. Ville de Brumath. 25/07/2014.

Tridon E. (2012) – Etude sur la nappe Plio-Quaternaire de la Terrasse de Haguenau : synthèse des données hydrogéologiques et modélisation. Rapport de stage de fin d'études réalisé à l'APRONA.

Tridon E., Toulet F. (2013) – Champ captant de Mommenheim. Synthèse bibliographique. Rapport APRONA.

Urban. S., Winckel. A., Surdyk. N., Gourcy. L., Mazoyer. E (2013) - Etude prospective de l'évolution des concentrations en nitrates et phytosanitaires pour les captages de Mommenheim et de la ville de Mulhouse (Hardt Sud). Rapport final BRGM/RP-61711-FR, 209 p., 144 ill. , 3 ann., 1 CD.

7.4. BIBLIOGRAPHIE SPECIFIQUE A LA ZONE « ENTZHEIM-BASSE VALLEE DE LA BRUCHE »

Agence de Développement Et d'Urbanisme de l'agglomération Strasbourgeoise, ADEUS (2011) – Référentiel paysager du Bas-Rhin. Synthèse sur le secteur de la vallée de la Bruche.

BRGM (1971) – Carte géologique de la France à 1/50000. Feuille n°XXXVIII-16 de Strasbourg et sa notice descriptive.

BRGM (1975) – Carte géologique de la France à 1/50000. Feuille n°XXXVII-16 de Molsheim et sa notice descriptive : Mont-Ste Odile, Vallée de la Bruche, Nideck.

Daessle. M. (1979) – Recherche d'eau dans la zone industrielle d'Ernolsheim sur Bruche. Puits expérimental n°272-1-87. Janvier 1979

Reboucas. A.D.C (1964) – Etude hydrogéologique de la région comprise entre les vallées de la Bruche et du Giessen. Mémoire présenté à la Faculté des Sciences de l'Université de Strasbourg – Institut de géologie, le 29 juin 1964.

Syndicat des Eaux et de l'Assainissement Alsace-Moselle, SDEA (2014) – Rapport Annuel 2013 sur le Prix et la Qualité du Service Public d'Eau Potable. Syndicat des Eaux et de l'Assainissement Alsace-Moselle. Communauté de communes de la région de Molsheim-Mutzig. 02/06/2014.

Syndicat des Eaux et de l'Assainissement Alsace-Moselle, SDEA (2014) – Rapport Annuel 2013 sur le Prix et la Qualité du Service Public d'Eau Potable. Syndicat des Eaux et de l'Assainissement Alsace-Moselle. Périmètre de Griesheim-près-Molsheim. 22/04/2014.

Schwoerer. P. (1977) – Note concernant la recherche d'eau dans la zone industrielle d'Ernolsheim-sur-Bruche (Bas-Rhin). Avril 1977.

Simler L., Millot G., Fischer E., Gilly S. (1967) - La basse vallée de la Bruche à l'époque pliocène. Bull. Serv. Carte géol. Als. Lorr., t. 20, 3, p. 167-173.

Simler. L. (1971) – Syndicat des Eaux de Molsheim - Etude des possibilités aquifères des alluvions de la BRUCHE - 14 décembre 1961.



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Centre scientifique et technique

3, avenue Claude-Guillemin
BP 36009

45060 – Orléans Cedex 2 – France

Tél. : 02 38 64 34 34 - www.brgm.fr

Direction régionale Alsace

Parc Activités Porte Sud
Rue Pont du Péage – Bâtiment H1
67118 – GEISPOLSEIM - France

Tél. : 03 88 77 48 90