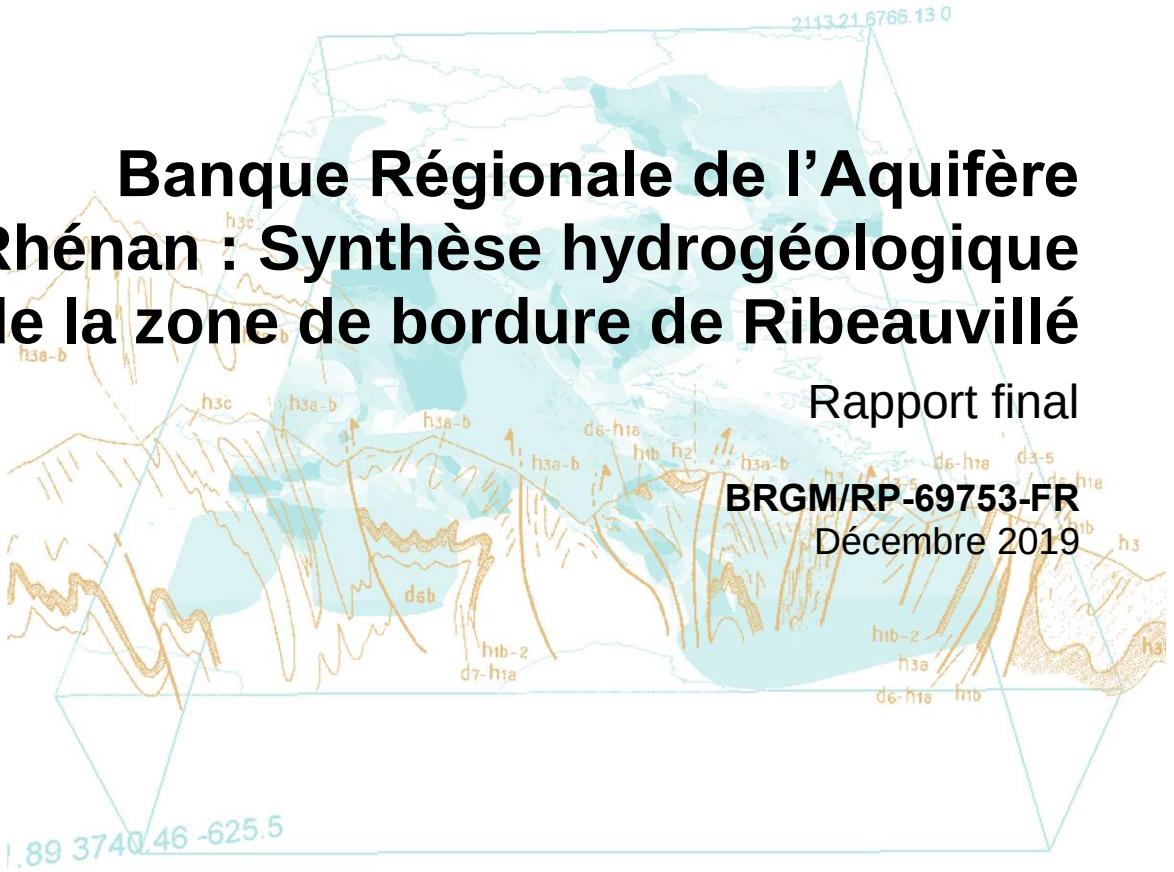
Document public

Banque Régionale de l'Aquifère Rhénan : Synthèse hydrogéologique de la zone de bordure de Ribeauvillé

Rapport final

BRGM/RP-69753-FR
Décembre 2019



Document public

Banque Régionale de l'Aquifère Rhénan : Synthèse hydrogéologique de la zone de bordure de Ribeauvillé

Rapport final

BRGM/RP-69753-FR

Décembre 2019

Étude réalisée dans le cadre des opérations
de Service public du BRGM 2019-AP17STB003

S. Schomburgk, E. Giuglaris

Vérificateur :	**Approbateur :**
Nom : D. ALLIER	Nom : D. SALQUEBRE
Fonction : Hydrogéologue	Fonction : Directeur régional délégué - BRGM Strasbourg
Date : 20/12/2019	Date : 07/01/2020
Signature :	Signature :

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

Mots-clés : BRAR, hydrogéologie, eau souterraine, champ de fractures, zone de bordure, nappe d'Alsace, Ribeauvillé, pollutions diffuses, Vosges, Région Grand Est

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

Schomburgk, S. et E. Giuglaris (2019) - Banque Régionale de l'Aquifère Rhénan : Synthèse hydrogéologique de la zone de bordure de Ribeauvillé. Rapport Final. BRGM/RP-69753-FR, 83 p., 38 ill., 5 tabl., 4 ann.

© BRGM, **2019**, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

Synthèse

Pour une mise en œuvre de programmes d'actions pour la protection des ressources en eau, une meilleure compréhension des mécanismes hydrogéologiques et du fonctionnement de la nappe rhénane en piémont vosgien (zones de bordure de la plaine d'Alsace) est devenue prioritaire pour les acteurs de l'eau.

En effet, du point de vue géologique et hydrogéologique, ces zones de bordure sont complexes, car elles sont situées à l'interface de trois entités géomorphologiques qui se succèdent d'Ouest en Est : les Vosges cristallines et/ou gréseuses, les collines sous vosgiennes et enfin la plaine d'Alsace. Une meilleure caractérisation est donc nécessaire à la définition de mesures préventives et correctives pour la protection de la nappe d'Alsace et notamment pour gérer les pollutions liées aux nitrates et aux produits phytosanitaires.

Pour répondre à ce besoin, le programme 2017-2018 de la Banque Régionale de l'Aquifère Rhénan (BRAR), réalisé par le BRGM sous maitrise d'ouvrage de la Région Grand Est en partenariat avec l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse (AERM), a donc conduit à la réalisation d'une synthèse hydrogéologique de la zone de bordure de Ribeauvillé, pour améliorer la connaissance du fonctionnement des nappes et le lien avec les problématiques de qualité de l'eau.

Cette synthèse hydrogéologique s'inscrit dans la continuité des quatre synthèses précédentes, réalisées dans le cadre des conventions BRAR (2011-2014 ; 2015-2016) : les zones de bordures de « Kintzheim » (Brugeron, 2017), « Graben de Pfulgriesheim », « Entzheim-Basse vallée de la Bruche » et « Mommenheim-Brumath-Cône de la Zorn » (Brugeron, 2014).

Une approche méthodologique similaire a ainsi été menée, sur cette zone de bordure de Ribeauvillé, comprenant plusieurs phases qui sont : (I) une description du contexte topographique et des limites du secteur, (II) une description du contexte géologique, en s'appuyant sur les cartes géologiques au 1/50 000ème et sur la carte des formations superficielles réalisée dans le cadre de la BRAR, (III) le recensement des ouvrages à l'intérieur de la zone et leur description en fonction de leur usage, (IV) une description du contexte hydrogéologique et hydrologique du secteur avec notamment la détermination des directions principales des écoulements souterrains et la délimitation des bassins versants souterrains (V) une synthèse sur l'occupation actuelle du sol, les pratiques agricoles et des éléments sur la vulnérabilité de la nappe considérée.

A l'issue de ce travail de synthèse, un bilan des connaissances a pu être mené. Sur cette base, des recommandations sont formulées concernant la réalisation d'études complémentaires ou la mise en place de dispositifs de surveillance dans des secteurs historiquement mal connus. Cette synthèse s'appuie essentiellement sur l'analyse et l'interprétation de données historiques, disponibles via 1) des rapports et notes réalisés depuis les années 1960, 2) des ouvrages dédiés aux eaux souterraines comportant des informations sur la qualité et la quantité des eaux souterraines, 3) des cartes, réalisées notamment au cours des 10 dernières années.

Historiquement, la zone de bordure de Ribeauvillé a fait l'objet de plusieurs forages, notamment pour capter des eaux thermo-minérales. Les études détaillées de la réalisation de ces ouvrages nous ont permis de connaître le mode de circulations à l'intérieur du champ de fractures : la circulation des eaux est liée à la densité et à l'ouverture des fractures et fissures, ainsi qu'aux zones karstiques. Les karsts favorisent le développement d'un réseau de cavités emprunté par les eaux souterraines. Les eaux souterraines ne disposent ***pas vraiment d'autres voies de transit que ces fissures, ce type d'aquifère n'a que peu de capacité de stockage ou de filtration***. Certaines hypothèses mériteraient encore d'être vérifiées, par exemple par la

réalisation de **campagnes de traçages** permettant de définir plus précisément le cheminement qu'empruntent les eaux dans ce milieu fracturé, du champ de fractures de Ribeauvillé, et ainsi d'avoir une meilleure connaissance des transferts des nitrates et pesticides.

Les corrélations entre les séries hydrométrique et piézométrique montrent une **relation étroite entre les nappes d'accompagnement (cônes de déjection) et les rivières vosgiennes**. Des investigations de caractérisation des relations nappes-rivières permettraient de mieux comprendre le fonctionnement et la pérennité des ressources en eaux souterraines et en eaux de surface, ce qui constitue un enjeu fort dans le contexte de changement climatique.

Concernant les **directions des écoulements souterrains**, des cartes piézométriques sont disponibles pour la partie Est de la zone d'étude, indiquant un écoulement vers le nord/nord-est dans la zone de plaine. On peut noter que dans la partie ouest, ils sont globalement orientés vers l'est, guidés par les ruisseaux de la zone de piedmont. La piézométrie de la zone de fractures, du cône de déjection à Ribeauvillé et dans la zone du piémont, reste toutefois mal connue et pourrait être accrue par la mise en place d'un dispositif de surveillance plus important**,** en privilégiant notamment l'implantation d'un réseau de piézomètres au sein même du champ de fractures de Ribeauvillé, et par une campagne piézométrique plus fine.

Le **réseau de suivi de la qualité** des eaux couvre bien la partie située à l'Est du champ de fractures, avec une vingtaine de points présentant notamment des fortes concentrations en nitrates et en produits phytosanitaires. Les trois sondages de reconnaissance implantés dans le champ de fractures de Ribeauvillé ont montré que pour des profondeurs inférieures à 15 m, les eaux souterraines sont peu influencées par les eaux superficielles, caractérisées par des teneurs en nitrates élevées. En revanche, la minéralisation naturelle globale augmente fortement en profondeur.

La quasi-totalité des points de mesures disposent d'un historique de mesures relativement court. Il serait donc intéressant de pérenniser le suivi, afin de **disposer de chroniques de mesures de qualité plus longues incluant également les variations saisonnières** (hautes et basses eaux), pour connaître l'évolution de la qualité des eaux de la nappe et s'il y a une tendance à l'amélioration ou au contraire à une dégradation.

D'après la carte de **vulnérabilité des eaux souterraines,** à l'est et au nord-est de Ribeauvillé, des terrains particulièrement vulnérables aux éventuelles pollutions de surface sont identifiés, correspondant à l'extension du champ de fractures au nord des alluvions du Strengbach.

Concernant la présence des **formations superficielles** qui peuvent théoriquement avoir un rôle protecteur vis-à-vis des pollutions, on peut noter que la **couverture lœssique est peu étendue** dans la zone de bordure de Ribeauvillé et la perméabilité des limons dépend de la fraction d'argiles et de sables. Très souvent, les limons se présentent sous forme de lentilles sans continuité verticale. Malgré la présence des limons en aval du champ de fractures, les concentrations en nitrates sont élevées et dépassent depuis les année 1990, la limite de potabilité (50 mg/l).

Sommaire

1. Introduction 11

2. Description générale du secteur 13

2.1. SITUATION GEOGRAPHIQUE.....13

2.2. DELIMITATION DE LA ZONE D'ETUDE.....14

2.3. CLIMATOLOGIE.....16

2.4. LES COURS D'EAUX : STRENGBACH ET FECHT.....17

2.5. ELEMENTS ADMINISTRATIFS.....18

2.6. USAGES ET PROJETS MAJEURS.....19

3. Contexte géologique et structural.....21

3.1. DESCRIPTION GENERALE & METHODOLOGIE.....21

3.2. CONTEXTE GEOLOGIQUE ET STRUCTURAL AUTOUR DE RIBEAUVILLE.22

3.3. DESCRIPTION DES FORMATIONS GEOLOGIQUES.....24

3.4. LES FORMATIONS SUPERFICIELLES.....26

3.4.1. Cartographie des formations superficielles (BRAR, 2011).....26

3.4.2. Résultats autour de Ribeauvillé.....28

4. Contexte hydrogéologique et hydrologique.....31

4.1. DESCRIPTION GENERALE.....31

4.2. LES PRINCIPAUX AQUIFERES.....31

4.2.1. Entités hydrogéologiques cartographiées dans le référentiel BDLISA.....31

4.2.2. Les aquifères du secteur alluvial.....35

4.2.3. Les aquifères des collines sous-vosgienne/Champ de fractures.....35

4.2.4. Le Massif vosgien : socle des bassins versants de la Weiss et de la liepvrette 39

4.3. PARAMETRES HYDRODYNAMIQUES ET HYDROCHIMIE DE L'AQUIFERE40

4.4. DIRECTIONS GENERALES DE L'ECOULEMENT SOUTERRAIN.....42

4.4.1. Données utilisées.....42

4.4.2. Résultats autour de Ribeauvillé.....43

4.5. RELATIONS NAPPES-RIVIERES.....45

5. Valorisation des données quantitatives et qualitatives de la zone d'étude 47

5.1. ACCES AUX DONNEES 47

5.2. ANALYSE PIEZOMETRIQUE ET HYDROMETRIQUE 50
5.2.1. Chroniques piézométriques 50
5.2.2. Chroniques hydrométriques 51

5.3. QUALITOMETRES 55
5.3.1. Données disponibles 55
5.3.2. Evolution des teneurs en nitrates et en produits phytosanitaires 56
5.3.3. Données complémentaires sur la pollution aux nitrates sur le site de Carola 63

5.4. ELEMENTS DE SYNTHESE 63

6. Occupation du sol et éléments de vulnérabilité 65

6.1. OCCUPATION DU SOL 65

6.2. COMPARAISON ENTRE L'EPAISSEUR DE LA ZONE NON SATUREE (ZNS) ET L'IDPR 66
6.2.1. Méthodologie et données exploitées 66
6.2.2. Vulnérabilité autour de Ribeauvillé 68

7. Conclusion et préconisations/recommandations 69

8. Bibliographie 71

Liste des illustrations

Illustration 1 - Photo de la zone de bordure de « Ribeauvillé » (Source : https://www.route-des-vins-alsace.com) 13

Illustration 2 – Localisation géographique de la zone de bordure de « Ribeauvillé » 15

Illustration 3 - Normales de référence 1981-2010 des précipitation (Méthode AURELHY, Météo France) sur le secteur de Ribeauvillé 16

Illustration 4 - Débits (en l/s) de la Fecht et du Strengbach (1972-2018, Source : Banque Hydro) 17

Illustration 5 - Le débit de la Fecht à Ostheim : peu soutenu par les eaux souterraines 18

Illustration 6 - Localisation des SAGES à proximité de Ribeauvillé (Source : https://www.gesteau.fr/) 19

Illustration 7 : Prélèvements déclarés auprés de la BNPE sur la zone d'étude (données AERM). La localisation peut être rattachée au siège social et non au point de prélèvement strict. 20

Illustration 8 - Coupe simplifiée des trois domaines (d'après G.Hirlemann, 1970) 22

Illustration 9 - Bloc diagramme du champ de fractures de Ribeauvillé et zone d'étude (d'après G. Hirlemann, 1970) 24

Illustration 10 - Extrait de la carte géologique harmonisée au 1/50000ème centrée sur la zone 25

Illustration 11 - Coupe géologique Est - Ouest du champ de fractures de Ribeauvillé, extraite de la carte géologique de Colmar - Artolsheim 25

Illustration 12 - Cartographie des formations superficielles de la plaine d'Alsace (Urban et Boucher, 2011 - Programme BRAR Région Alsace 2011-2014) 27

Illustration 13 - Cartographie des formations superficielles dans la zone « Ribeauvillé » - à gauche les formations récentes de couverture, à droite, le substrat des formations aquifères (d'après Urban et Boucher, 2011) 28

Illustration 14 - Cartographie des principales superpositions d'entités hydrogéologiques du référentiel BDLISA version 2, répertoriées dans la zone « Ribeauvillé » 33

Illustration 15 - Répartition des voies de la circulation fissurale (LAUGIER.1991) 37

Illustration 16 - Les captages et points d'eau à Ribeauvillé 38

Illustration 17 - Points d'eau recensés dans la BRAR comme ayant fait l'objet d'un ou plusieurs pompages d'essai 41

Illustration 18 - Grille d'épaisseur de ZNS sur le territoire alsacien (d'après Allier et al., 2011) . 43

Illustration 19 - Localisation des lignes de courant principales et des lignes de partage des eaux souterraines - Ribeauvillé 44

Illustration 20 - Echanges nappes/rivières estimés d'après le modèle LOGAR, en basse et hautes eaux des nappes (Observation de l'Eau, APRONA) 46

Illustration 21 - Localisation des points d'eau, des captages AEP, qualitomètres et piézomètres dans la zone de bordure « Ribeauvillé» (Source : ADES et BSS) 48

Illustration 22 - Représentation des ouvrages répertoriés dans la BSS EAU de la zone de bordure de 49

Illustration 23 - Piézomètres dans la zone d'étude : à Ostheim (03422X0029/95) et Guémar (03423X0056/100) 50

Illustration 24 - Piézomètres dans la zone d'étude à Guémar 51

Illustration 25 - Piézomètres à Orschwiller, au nord de la zone d'étude 51

Illustration 26 - Superposition des chroniques piézométrique du forage 03422X0031/101 avec les chroniques de débits journaliers de la station hydrométrique du Strengbach à Ribeauvillé 52

Illustration 27 - Superposition des chroniques piézométrique du forage 03077X0056/100 avec les chroniques de débits journaliers de la station hydrométrique du Strengbach à Ribeauvillé 53

Illustration 28 - Superposition des chroniques piézométrique du forage 03422X0031/101 avec les chroniques de débits journaliers de la station hydrométrique de la Fecht à Ostheim 53

Illustration 29 - Superposition des chroniques piézométriques du forage 03422X0029 avec les chroniques de débits journaliers enregistrées par la station hydrométrique de la Fecht à Ostheim 54

Illustration 30 - Superposition des chroniques piézométriques du forage 03423X0056/100 avec les chroniques de débits journaliers enregistrées par la station hydrométrique de l'Ill à Colmar 55

Illustration 31 - Carte des concentrations en nitrates dans les eaux souterraines issues de l'Inventaire de la qualité des eaux souterraines dans le Fossé Rhénan (Région Alsace, 2012) et des valeurs maximales en nitrates des qualitomètres ADES dans la zone de bordure « Ribeauvillé » 57

Illustration 32 - Carte des concentrations en nitrates dans les eaux souterraines issues du programme ERMES Alsace 2016 sur la qualité des eaux souterraines dans le Fossé Rhénan 58

Illustration 33 - Chronique des teneurs en nitrates des eaux souterraines captées au sein du forage 03423X0002/F 59

Illustration 34 - Chronique des teneurs en nitrates des eaux souterraines captées au sein du forage 03422X0003/F 59

Illustration 35 - Chronique des teneurs en nitrates des eaux souterraines captées au sein du forage 03423X0172/AVL_S 60

Illustration 36 - Occupation du sol sur la zone « Ribeauvillé » (source : Bd OCS CIGAL v2, années 2011-2012) et le registre parcellaire graphique (RPG), version 2017 (Vignes) 66

Illustration 37 - Résultats de l'IDPR et de la Zone Non Saturée dans la zone d'étude 68

Illustration 38 - Schéma stratigraphique synthétique du Trias Dressé d'après les observations de terrain (HIRLEMANN, 1970) 75

Liste des tableaux

Tableau 1 : Stratigraphie du secteur de Ribeauvillé 21

Tableau 2 : Superposition des entités BDLISA dans la zone d'étude de Ribeauvillé 34

Tableau 3 : Les points d'eau et leurs caractéristiques hydrodynamiques 40

Tableau 4 : Qualitomètres selon les analyses de nitrates disponibles 56

Tableau 5 : Tableau des qualitomètres avec analyses de pesticides 61

Liste des annexes

Annexe 1 Liste des chroniques hydrométriques utilisées 73

Annexe 2 Limites de potabilité 74

Annexe 3 Description litho-stratigraphique de la zone d'étude 75

Annexe 4 Légende des formations géologiques 83

1. Introduction

Le suivi de la qualité des eaux de la nappe d'Alsace met en évidence une pollution des eaux souterraines notamment en nitrates et pesticides. Cette pollution, en général diffuse, est présente à des concentrations particulièrement élevées en certains points de la zone de bordure de la nappe. Or la complexité du fonctionnement hydrogéologique de ces zones à l'interface de trois entités géomorphologiques rend difficile l'interprétation, la recherche des sources de pollution et les actions à entreprendre.

Le réseau dense de points d'eau suivis dans le cadre du projet ERMES (Evolution de la Ressource et Monitoring des Eaux Souterraines, suite du projet « Inventaires généraux de la qualité des eaux souterraines ») permet de suivre les nitrates, un grand nombre de pesticides (137 molécules) et leurs produits de dégradation dans la plaine d'Alsace. Une pollution diffuse de la nappe s'observe particulièrement au niveau de la zone de bordure de Ribeauvillé avec la plus forte concentration en pesticides relevée sur la nappe d'Alsace en 2016. Le lien avec les vignobles situés sur le champ de fracture de Ribeauvillé, secteur en amont hydraulique de la plaine, est peu connu, notamment en raison de la faible connaissance de l'hydrogéologie locale.

Cette synthèse hydrogéologique **s'inscrit ainsi dans une démarche globale engagée depuis près de 20 ans dans le cadre de la Banque Régionale de l'Aquifère Rhénan (BRAR)**, qui a comme objectif, parmi d'autres, une meilleure compréhension hydrogéologique de ces zones et, in fine, une aide à la définition de mesures préventives et correctives pour la protection de la nappe d'Alsace, notamment pour gérer les pollutions par les nitrates ou les phytosanitaires. Elle est réalisée dans la continuité des quatre précédentes synthèses, réalisées dans le cadre des conventions BRAR (2011-2014 ; 2015-2016) : Les zones de bordures de « Kintzheim » (Brugeron, 2017), « Graben de Pfulgriesheim », « Entzheim-Basse vallée de la Bruche » et « Mommenheim-Brumath-Cône de la Zorn » (Brugeron, 2014).

L'objectif de cette synthèse est de :

- Consolider les connaissances actuelles sur le fonctionnement hydrogéologique de la zone de bordure de Ribeauvillé en préalable à toute étude sur la compréhension des phénomènes de transferts de polluants ;
- Dresser un bilan des études existantes et interpréter les résultats selon les connaissances actuelles ;
- Préconiser des actions à mener afin de combler les lacunes et vérifier certaines hypothèses : études complémentaires à mener ou opérations de reconnaissance de terrain si nécessaire (nouveaux forages, passage caméra, etc.) ;
- Servir de socle de travail pour les prochaines études à mener, notamment avec l'objectif de mieux gérer les pollutions par les nitrates ou les phytosanitaires.

La méthodologie adoptée pour cette synthèse hydrogéologique de la zone de bordure de Ribeauvillé est très similaire à celle employée dans le rapport BRGM/RP-66604-FR (Brugeron, 2017).

Le présent rapport propose d'abord une description de l'environnement géographique du secteur étudié puis le contexte géologique, structural, hydrogéologique et hydrologique. Cette première analyse permet la définition de la délimitation de la zone de bordure selon les surfaces qui influencent directement ou indirectement les systèmes aquifères en lien avec la nappe d'Alsace.

Dans un deuxième temps, des informations ponctuelles accessibles dans la zone d'étude via les sites de la BRAR[1], de la BSS[2], d'ADES[3], de la Banque Hydro[4], l'APRONA[5] etc. seront exposés.

Pour finir, une synthèse sur l'occupation actuelle du sol, les pratiques agricoles et quelques premiers éléments de vulnérabilité de la nappe sera présentée.

Le contenu de ce travail spécifique aux zones de bordure est valorisé dans le SIGES Aquifère rhénan. Il est accessible à l'adresse http://sigesar.brgm.fr/, site web qui constitue un portail d'accès aux réalisations de la BRAR.

[1] http://sigesar.brgm.fr/

[2] http://infoterre.brgm.fr/page/banque-sol-bss

[3] https://ades.eaufrance.fr/

[4] http://www.hydro.eaufrance.fr/

[5] https://www.aprona.net/

2. Description générale du secteur

2.1. SITUATION GEOGRAPHIQUE

La zone de bordure de « Ribeauvillé », est située à l'extrémité nord-ouest du département du Haut-Rhin, en limite avec celui du Bas-Rhin (Illustration 1). Elle se trouve sur la zone des collines sous vosgiennes, en bordure de la nappe rhénane à quelques kilomètres au nord-ouest de Colmar. Cette zone est influencée par le champ de fractures de Ribeauvillé (Illustration 2).

Illustration 1 - Photo de la zone de bordure de « Ribeauvillé » (Source : https://www.route-des-vins-alsace.com)

D'une manière générale, la topographie dans la région diminue progressivement d'Ouest en Est, en passant :

- De l'Est du massif Vosgien (700 m), avec une occupation du sol quasi exclusive par la forêt ;
- Aux collines sous-vosgiennes (200 à 250 m), où se situent les vignobles ;,
- A la plaine d'Alsace (170 à 200 m), où dominent les grandes cultures (maïs, blé, etc..).

La ville de Ribeauvillé est localisée sur les coteaux de ces collines sous-vosgiennes en amont de la vallée qui s'élargit et fait place à la plaine d'Alsace.

2.2. DELIMITATION DE LA ZONE D'ETUDE

La zone d'étude a été défini de manière à répondre aux deux critères suivants :

- Englober la zone de pollution diffuse liée aux pesticides et nitrates qui s'étend sur une bande d'environ 13 km dans un axe Nord-Sud, située entre la vallée de la Weiss, 8 km au sud de Ribeauvillé et le ruisseau d'Eckenbach, à 5 km au Nord de Ribeauvillé;

- Correspondre à des limites hydrogéologiques. Le choix s'est porté sur :
    - les contreforts du piémont vosgien à l'ouest jusqu'aux alluvions de la Fecht (Illustration 2) ;
    - Les lignes de partage des eaux, décrites plus loin, qui ont permis d'affiner les contours du secteurs, en conservant une cohérence dans le fonctionnement hydrogéologique.

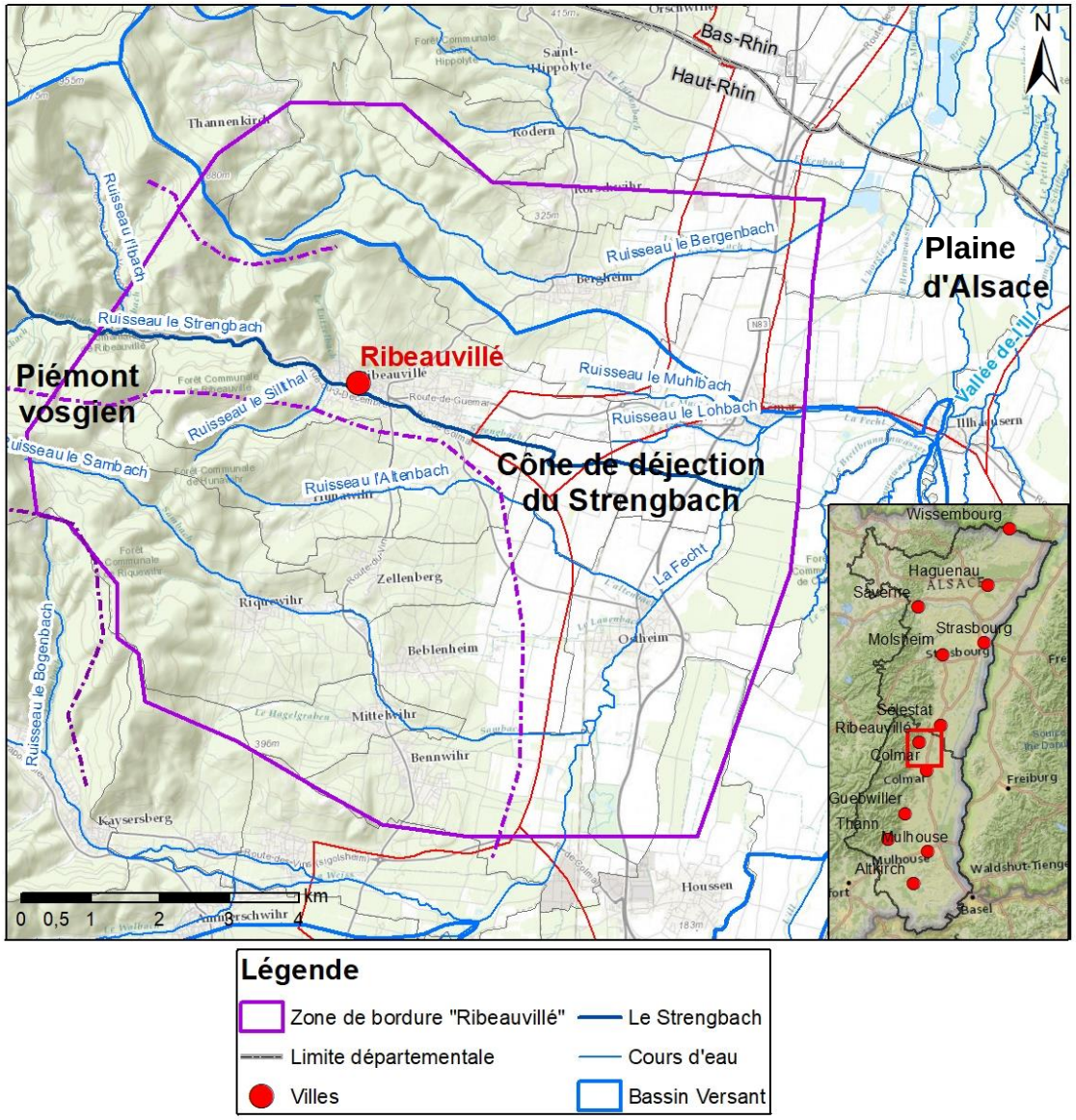


Illustration 2 – Localisation géographique de la zone de bordure de « Ribeauvillé »

2.3. CLIMATOLOGIE

La zone de bordure de Ribeauvillé présente un climat maritime ayant une forte influence continentale à l'Est, et un climat montagnard à l'ouest du département dans le Massif des Vosges. Le Massif vosgien forme un véritable barrage pour les nuages, ce qui explique le contraste assez marqué de la pluviométrie et la distinction de trois secteurs :

- Le secteur côté plaine avec une pluviométrie moyenne annuelle faible, autour de 600 mm ;
- Au niveau des zones de relief des collines du piémont vosgien, la pluviométrie annuelle moyenne, avec des valeurs approchant les 750 à 800 mm/an ;
- Dans les Vosges, plus à l'Ouest, des précipitations qui dépassent par endroit 1500 mm/an.

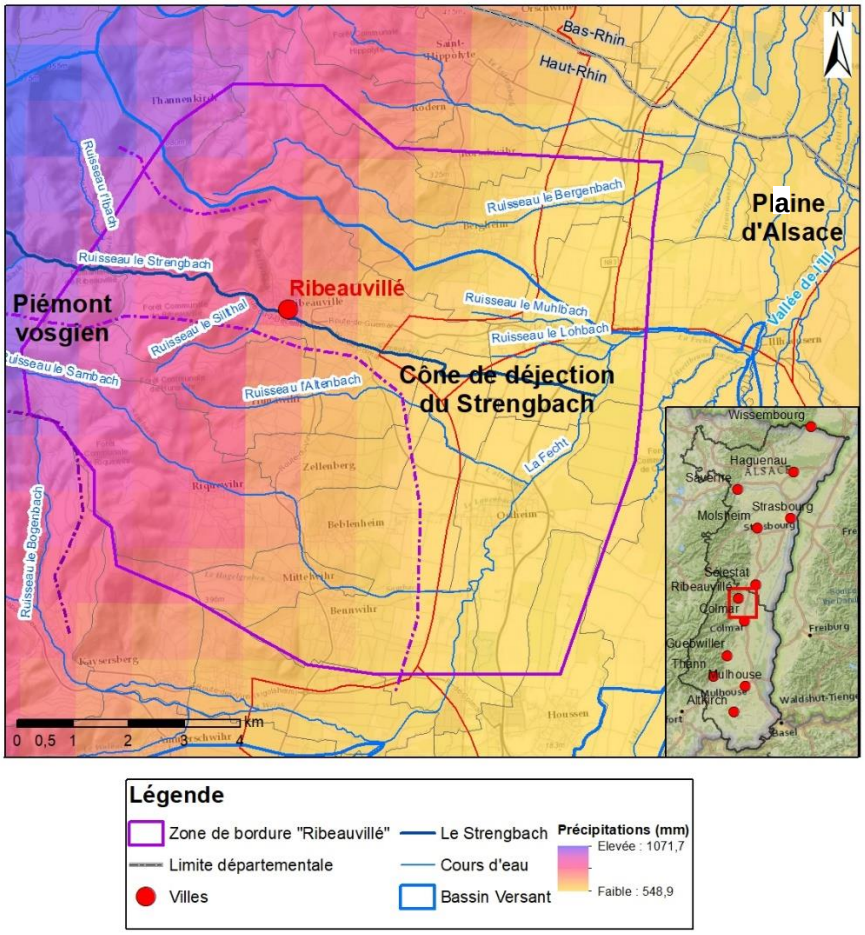


Illustration 3 - Normales de référence 1981-2010 des précipitation (Méthode AURELHY, Météo France) sur le secteur de Ribeauvillé

La carte de pluviométrie de la zone de bordure de Ribeauvillé est issue d'un extrait de la carte de la normale de référence 1981−2010 des cumuls de précipitations (méthode AURELHY, Météo France) (Illustration 3).

2.4. LES COURS D'EAUX : STRENGBACH ET FECHT

Le Strengbach est le principal cours d'eau de la zone de bordure de Ribeauvillé. Comme tous les autres cours d'eau issus du massif vosgien, il entaille le piémont vosgien d'Ouest en Est, avant de se jeter dans la Fecht au niveau de la commune de Guémar, 6 kilomètres à l'est de Ribeauvillé. La Fecht rejoint ensuite, à 3 km au nord-est, la rivière de l'Ill, le plus grand cours d'eau d'Alsace, après le Rhin.

L'extraction issue de la banque Hydro, des deux débits des cours d'eau, et leur superposition dans le graphique ci-dessous (Illustration 4) permet d'observer le même type de comportement des débits et leur évolution dans le temps.

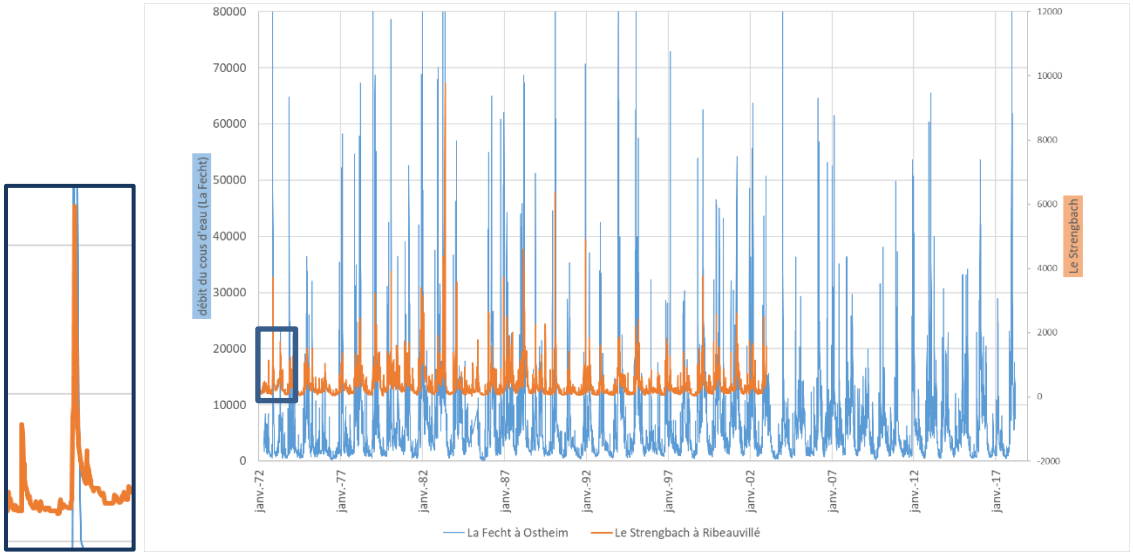


Illustration 4 - Débits (en l/s) de la Fecht et du Strengbach (1972-2018, Source : Banque Hydro)

Le régime des hautes eaux des rivières vosgiennes est fonction des précipitations et de l'évapotranspiration, les précipitations efficaces sont plus élevées en hiver (janvier et février notamment). On observe des hautes eaux en hiver jusqu'en mars-avril et l'étiage durant tout l'été (cf. Illustration 5).

Le débit est très peu soutenu par les nappes phréatiques en période de basses eaux : les débits sont très faibles en basses eaux et les variations des débits très fortes durant l'année. Par contre, le débit baisse moins vite qu'il augmente ce qui pourrait être le signe d'un soutien des nappes au débit des cours d'eau (Illustration 4, carré bleu).

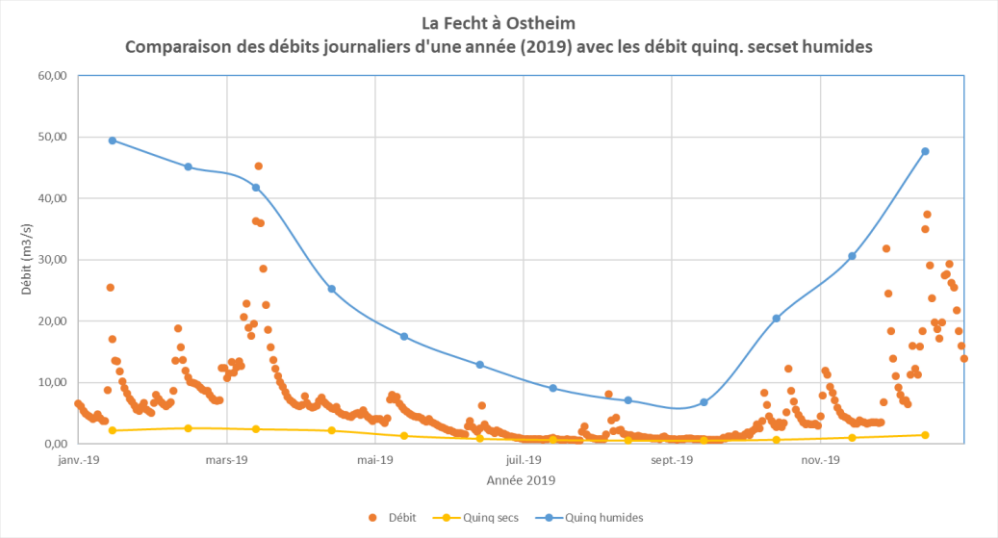


Illustration 5 - Le débit de la Fecht à Ostheim : peu soutenu par les eaux souterraines

Les autres cours d'eau

Comme le Strengbach, les autres cours d'eau de la zone d'étude prennent leurs sources dans le massif vosgien et se rejettent dans la Fecht. Ils suivent le même régime de basses et hautes eaux que le Strengbach.

En période de fortes précipitations, ces rivières peuvent provoquer des inondations. Le bassin de la Fecht fait l'objet d'un Plan de Prévention des Risques Inondations, prescrit par le préfet (http://www.haut-rhin.gouv.fr/content/download/6340/34131/file/Arrêté%20PPRI%20de%20la%20Fecht.pdf).

2.5. ELEMENTS ADMINISTRATIFS

Il n'existe pas de SAGE[6] sur la zone de Ribeauvillé stricte, que ce soit pour la gestion des eaux souterraines et des eaux de surface.

Le SAGE Ill Nappe Rhin se situe sur la partie est de la zone, au niveau de la nappe d'Alsace. et par conséquent en lien direct avec la zone de bordure. La partie aval du SAGE Giessen-Lièpvrette se trouve au nord (cf. Illustration 6).

[6] SAGE : Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux

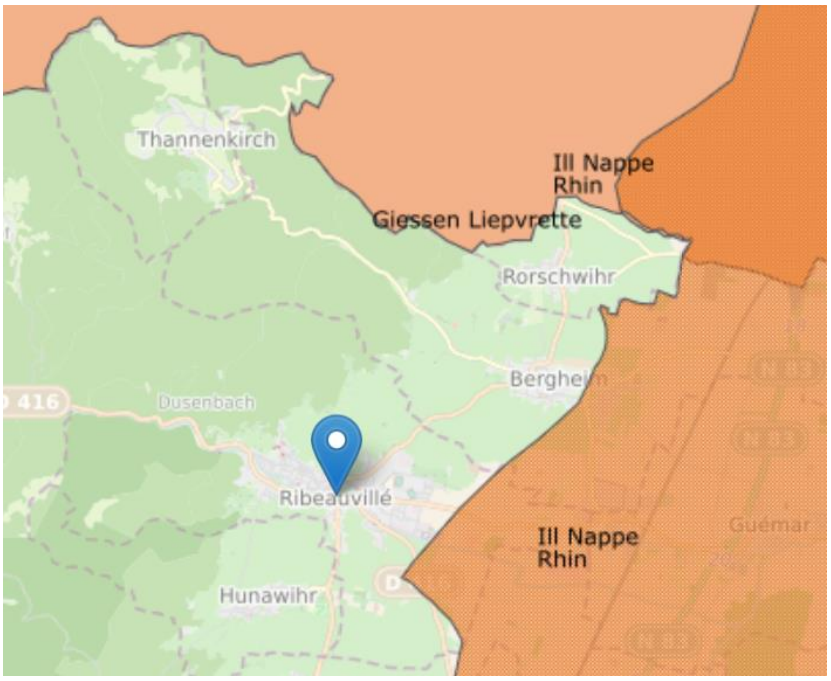


Illustration 6 - Localisation des SAGES à proximité de Ribeauvillé (Source : https://www.gesteau.fr/)

On note toutefois en amont du secteur d''étude sur le bassin versant du Strengbach un site expérimental choisi depuis 1986 par l'OHDE (Observatoire Hydro-Géochimique de l'Environnement) afin d'y mener des études incluant le suivi en continu des données météorologique, hydrologique et géochimique : l'objectif est de mieux comprendre les ressources en eau potable et l'effet du changement climatique sur le stock d'eau et le fonctionnement hydrologique des systèmes et ainsi permettre de mieux préserver des sols, des eaux et des systèmes forestiers ainsi que leurs interactions.

Ce bassin versant en contexte granitique est par ailleurs un site de référence en France et dans le monde : labellisé d'abord en 1997 par l'Ecole et Observatoire des Sciences de la Terre de Strasbourg (EOST) et en 2007 par l'Institut National des Sciences de l'Univers (INSU/ CNRS) comme Service National d'Observation.

2.6. USAGES ET PROJETS MAJEURS

Les usages des eaux souterraines sur le secteur de Ribeauvillé sont principalement liés à l'alimentation en eau potable et à l'irrigation.

Une particularité de la zone vient de l'exploitation des eaux minérales « Carola ». Exploitant historiquement des sources, les prélèvements sont maintenant obtenus par forage pour maitriser au mieux la ressource exploitée.

Une tentative d'exploiter les eaux profondes pour des projets de géothermie et de thermes ont été réalisés dans les années 90. En raison de la faible productivité des forages profonds réalisés, ce type de réalisation a été abandonné. Toutefois, les températures et la géochimie des eaux tendraient à conforter l'hypothèse d'un potentiel profond plus important, mais dont la localisation et la compréhension restent à ce jour peu caractérisées.

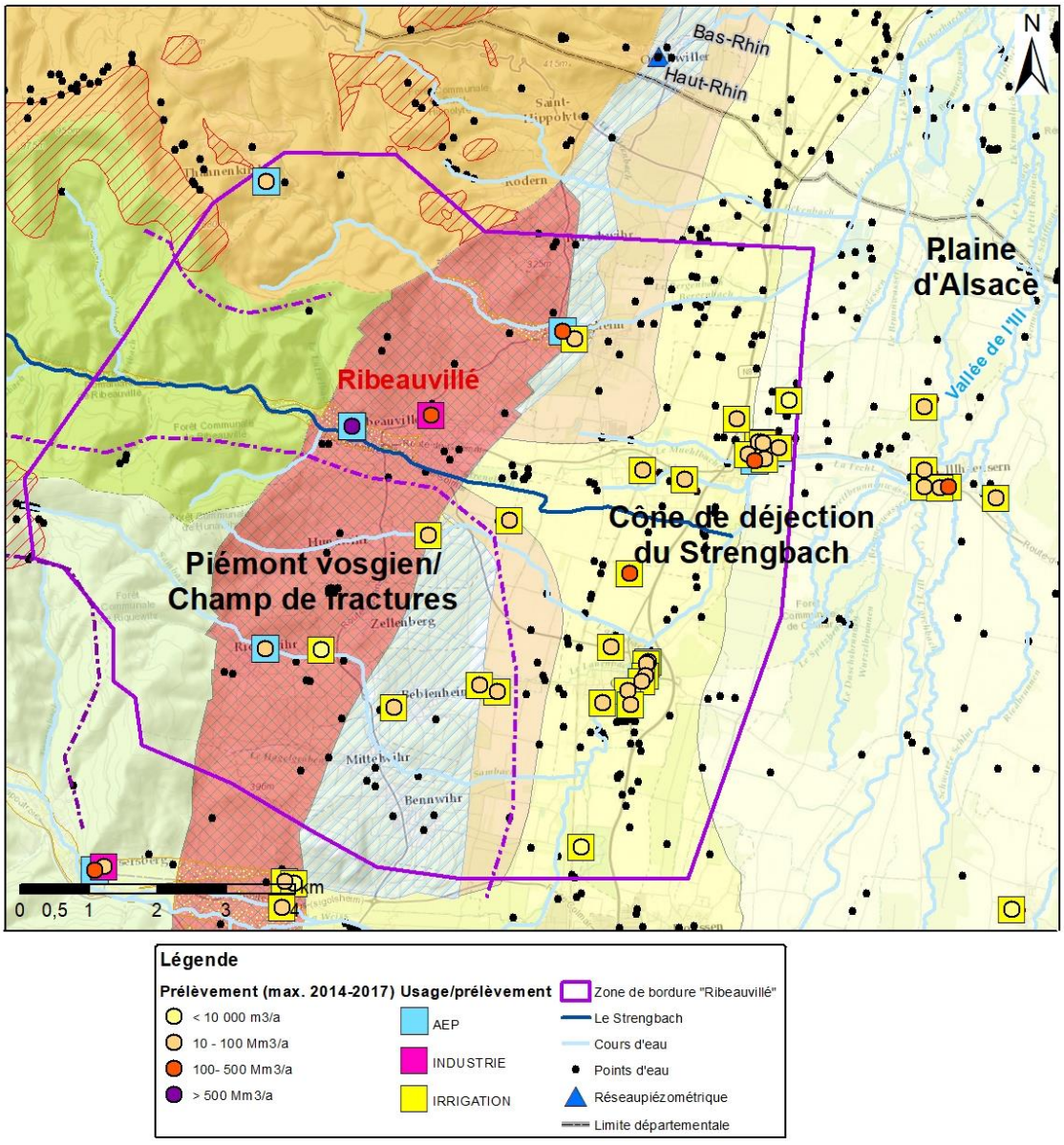


Illustration 7 : Prélèvements déclarés auprés de la BNPE sur la zone d'étude (données AERM). La localisation peut être rattachée au siège social et non au point de prélèvement strict.

3. Contexte géologique et structural

3.1. DESCRIPTION GENERALE & METHODOLOGIE

Cette partie est consacrée à la présentation de la succession stratigraphique et le contexte géologique et structural du champ de fractures de Ribeauvillé. Elle rassemble les données sur cette région, issues notamment de la notice de la carte géologique de Colmar-Artolsheim au 1/50 000 et de la recherche bibliographique en s'appuyant sur des travaux dédiés à la géologie de la région (G. Hirlemann, 1970), réalisés dans le cadre de sa contribution à l'étude géologique du « champ de fractures » de Ribeauvillé.

Ribeauvillé se trouve le long d'un couloir d'effondrement, sur le rift rhénan. Deux failles traversent avec une orientation Nord-Sud la commune : la faille vosgienne (limite entre la forêt et le vignoble) et la faille rhénane, qui marque approximativement la rupture de pente de la plaine. Ces deux failles normales ont créé un effondrement d'ouest en est de près de 1700 m pour donner le Fossé rhénan. Elles délimitent ainsi une mosaïque de petits compartiments géologiques qui forment les collines sous-vosgiennes ou le champ de fractures de Ribeauvillé.

Des campagnes de prospection géophysique, réalisées dans le cadre des recherches d'eau thermo-minérale par le Service Géologique d'Alsace et de Lorraine, ont permis de préciser la localisation en profondeur de la faille rhénane et la zone tectonique complexe à la limite du champ de fractures (failles, failles inverses - ou succession stratigraphique irrégulière) et la profondeur du substratum résistant en bordure du fossé.

La succession stratigraphique dans la région est résumée dans le tableau suivant, qui peut être observé en suivant une coupe Ouest-Est, du Muschelkalk jusqu'au Quaternaire (cf. Tableau 1) :

Tableau 1 : Stratigraphie du secteur de Ribeauvillé

Ere	Système	ETAGE
Quaternaire	NEOGENE	Holocène
		Pléistocène
Tertiaire	PALEOGENE	Oligocène
		Eocène
Secondaire	JURASSIQUE	Moyen (Bajocien)
		Inférieur (Lias)
	TRIAS	Supérieur (Keuper)
		Moyen (Muschelkalk)
		Inférieur (Buntsandstein)

3.2. CONTEXTE GEOLOGIQUE ET STRUCTURAL AUTOUR DE RIBEAUVILLE

D'un point de vue structural, trois domaine peuvent être distingués d'ouest en est :

- **Les versants orientaux des Vosges,** aux altitudes comprises entre 988 m et 350 m, présentent des pentes légèrement concaves, au niveau du raccordement avec les collines sous-vosgiennes. Ce relief est fortement entaillé par le réseau hydrographique. Ces versants sont de nature cristalline, ils sont formés de granites, de gneiss et de migmatites. Leurs sommets comportent localement des grès conglomératiques du Trias ;
- **Les collines sous-vosgiennes** de 350 à 200 m d'altitude correspondent au « ***champ de fractures de Ribeauvillé »*** qui s'étire sur dix kilomètres de long pour une largeur atteignant quatre kilomètres au maximum. Les collines sous-vosgiennes sont formées de terrains sédimentaires. Ce sont notamment des calcaires, mais également des grès, des dolomies, des conglomérats, des argiles et des marnes d'âge secondaire et tertiaire. Ces terrains sont localement recouverts par les cônes de déjection des rivières vosgiennes ;
- **La plaine du Rhin** comprise entre 200 et 173 m d'altitude commence au pied des Vosges et correspond à un fossé d'effondrement limité par de grandes failles orientées Nord-Sud. Elle est constituée de sédiments d'âge pliocène et quaternaire. Ce sont des graviers, des sables et des limons déposés par le Rhin, l'Ill et les rivières issues des Vosges.

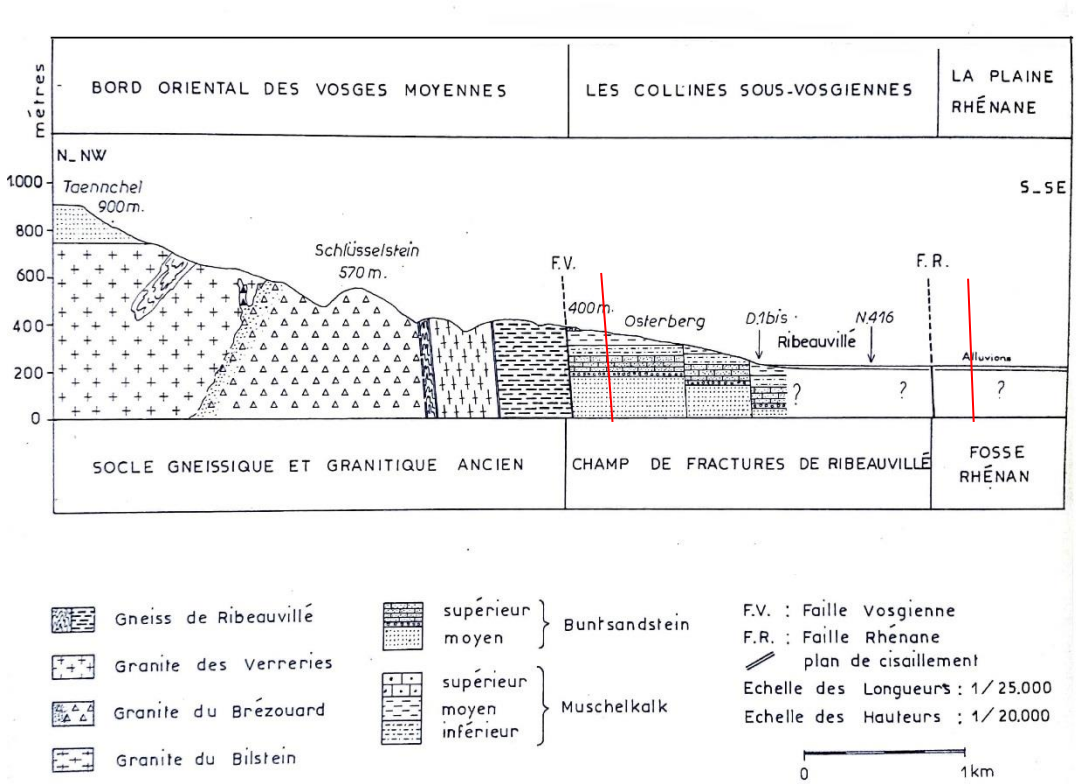


Illustration 8 - Coupe simplifiée des trois domaines (d'après G.Hirlemann, 1970)

La « faille vosgienne » (cf. Illustration 8: F.V.) sépare les Vosges cristallines des collines sous-vosgiennes sédimentaires. De même, « la faille rhénane » (cf. Illustration 8 : F.R.) sépare les collines sous-vosgiennes de la plaine du Rhin.

A la hauteur de St-Hippolyte, au nord de la zone d'étude, face aux granites, la faille vosgienne et la faille rhénane se confondent en un accident unique dont le rejet dépasse 1 500 m. Le remplissage tertiaire du Fossé rhénan se trouve en contact direct avec le socle dans cette zone, contrairement à Ribeauvillé, où les formations triasiques de calcaires du Muschelkalk et de grès du Buntsandstein affleurent entre le socle à l'ouest et les formations tertiaires.

Au centre du champ de fractures : De Ribeauvillé à Sigolsheim (20 km au sud), la largeur du champ de fractures atteint 4 Km. On y rencontre tous les niveaux stratigraphiques. Les failles y sont orientées N 10° à N 50°.

Au Sud du champ de fractures : Aux environs de Wintzenheim, le champ de fractures n'a plus qu'une largeur de 1,5 Km. De vastes panneaux de conglomérat oligocène, associés à des lambeaux de Jurassique moyen, forment l'essentiel des affleurements. Les directions de failles dominantes sont N 0 à N 20.
Cette zone de largeur réduite fait transition entre le champ de fractures de Ribeauvillé et celui de Guebwiller.

Les granites répondent aux contraintes tectoniques par des failles peu nombreuses avec des rejets importants d'ordre hectométrique : les granites du Bilstein, du Brézourard et des Verreries au Nord, le granite de Wintzenheim au Sud.

Face aux roches cristallophylliennes, le champ de fractures est bien développé avec un réseau de failles, le rejet de la faille vosgienne est d'ordre décamétrique : de 100 m à Bergheim, 360 m à Riquewihr, 500 m à Ribeauvillé. La structure détaillée du champ de fractures est représentée en illustration 9.

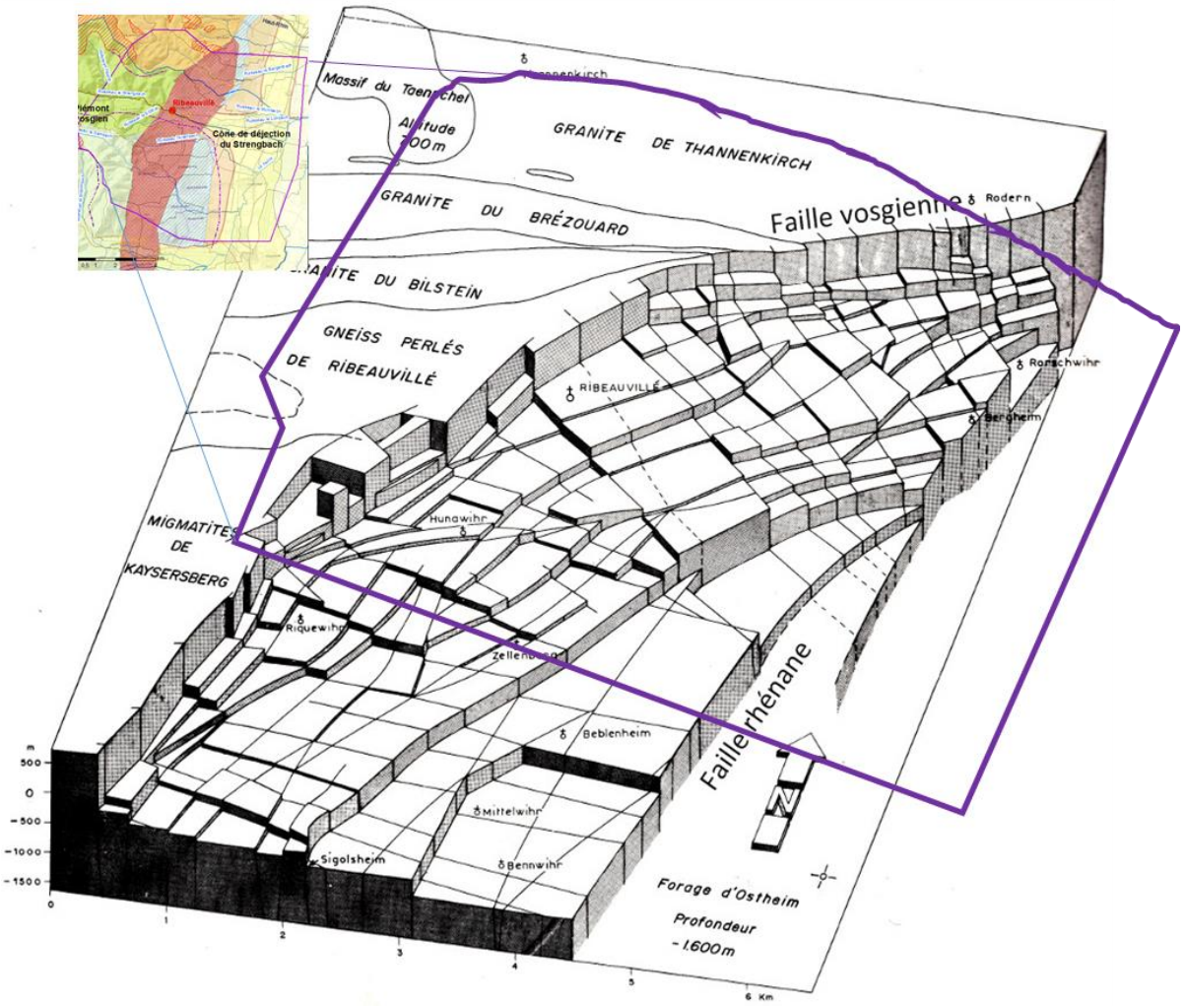


Illustration 9 - Bloc diagramme du champ de fractures de Ribeauvillé et zone d'étude (d'après G. Hirlemann, 1970)

3.3. DESCRIPTION DES FORMATIONS GEOLOGIQUES

Pour avoir un aperçu complet de la série stratigraphique du secteur, il est nécessaire de considérer les renseignements fournis par les sondages profonds de la région. Peu de sondages profonds sont présents dans la région. Les deux présents sur la zone d'étude sont :

- Le sondage d'Ostheim qui atteint la grande Oolithe d'une profondeur 1002 m (BSS000YVXT/03422X0002), pour la recherche de Potasse dans l'année 1910 ;
- Un forage de reconnaissance à Ribeauvillé (1000 m) pour la recherche d'eaux thermo-minérales (BSS000YWAY/ 03422X0080), réalisé à proximité de la faille Vosgienne. Ce forage avait permis de mettre en évidence un schéma structural plus complexe que prévu.

L'illustration suivante (Illustration 10) est la carte géologique de Ribeauvillé avec les trois zones géologiques, au centre se trouve le champ de fractures, ainsi que la coupe géologique NW-SE.

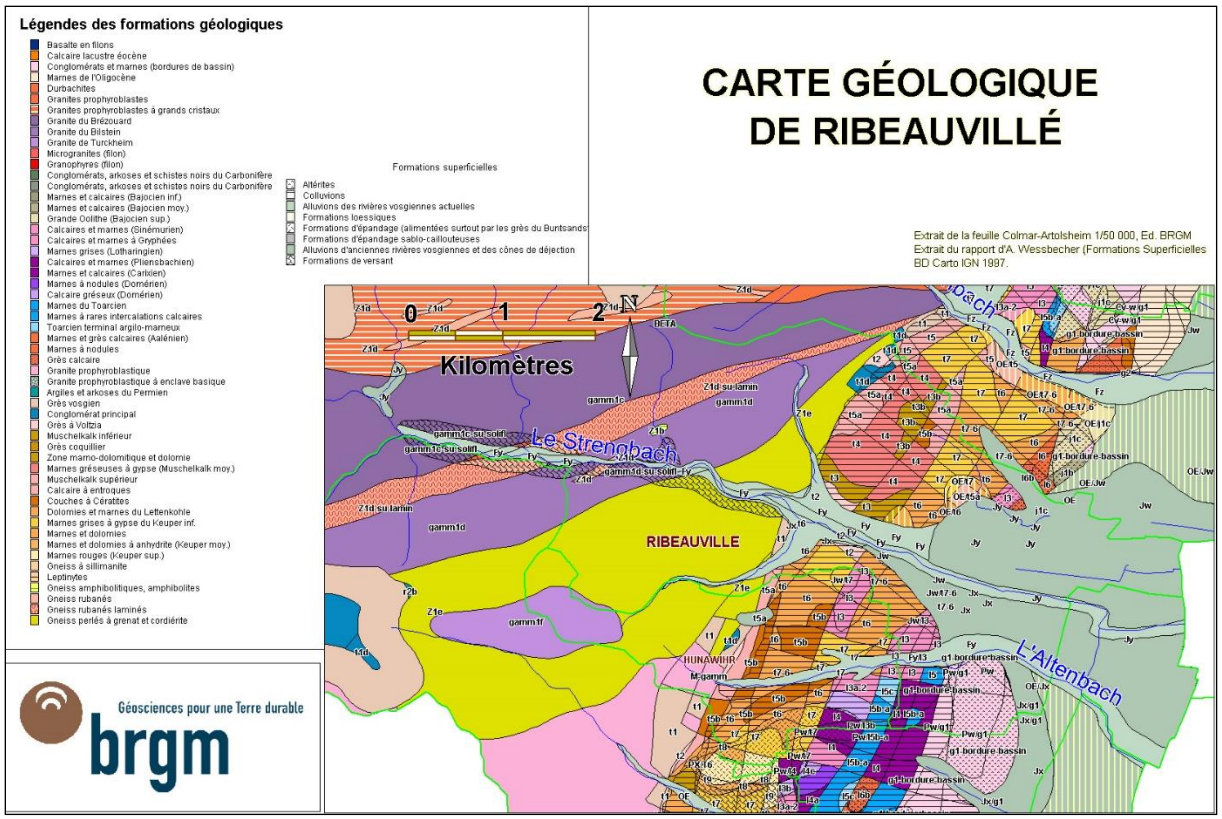


Illustration 10 - Extrait de la carte géologique harmonisée au 1/50000ème centrée sur la zone « Ribeauvillé », d'après les cartes géologiques de Sélestat (BRGM, 1970) et Colmar-Altorsheim (BRGM, 1972)

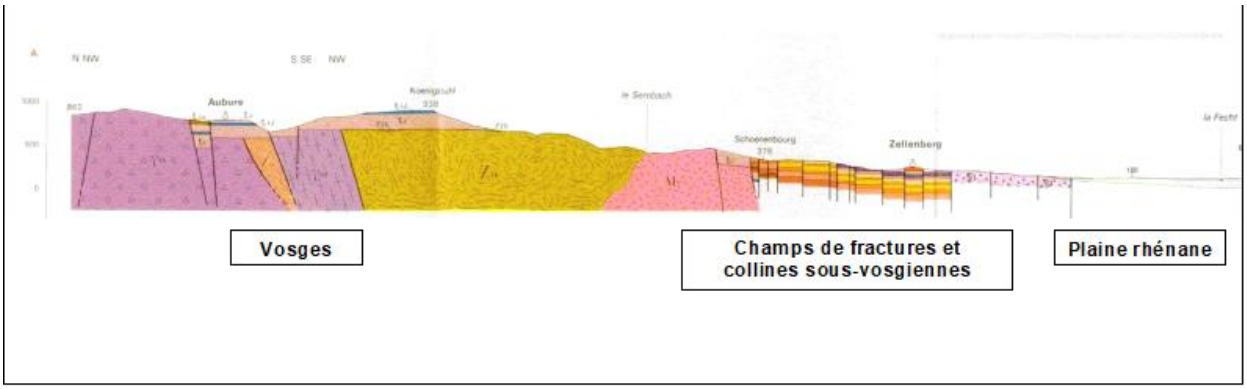


Illustration 11 - Coupe géologique Est - Ouest du champ de fractures de Ribeauvillé, extraite de la carte géologique de Colmar - Artolsheim

Les formations géologiques rencontrées à affleurement vont du Trias jusqu'au Quaternaire et sont décrites en détail dans l'Annexe 3.

3.4. LES FORMATIONS SUPERFICIELLES

3.4.1. Cartographie des formations superficielles (BRAR, 2011)

Les programmes 2000-2003 et 2003-2006 de la BRAR ont permis de cartographier des formations superficielles de la plaine rhénane à l'échelle de 1/25000ème, qui forme une couverture de l'aquifère de la nappe d'Alsace.

Les travaux réalisés se sont appuyés sur les cartes existantes, géologiques (BRGM), agricoles (DDAF), topographiques (IGN), pédologiques (Guides des sols publiés par la Région Alsace) et diverses publications, notamment de l'Institut de Géographie de Strasbourg.

Les formations superficielles les plus représentées sont les alluvions rhénanes et vosgiennes (limons, sables, graviers), les lœss des terrasses (plusieurs séquences d'âge et de propriétés différents) et les tourbes des zones humides ou "Rieds".

La carte harmonisée pour l'ensemble de la plaine d'Alsace est présentée dans Illustration 12 (Urban et Boucher, 2011). La carte comprend trois couches numériques : remblais, couverture de l'aquifère et aquifère lui-même, renseignées par divers attributs.

L'objectif de cette cartographie est notamment la création de cartes de temps de transfert des polluants et d'en dériver des cartes de vulnérabilité de la nappe.

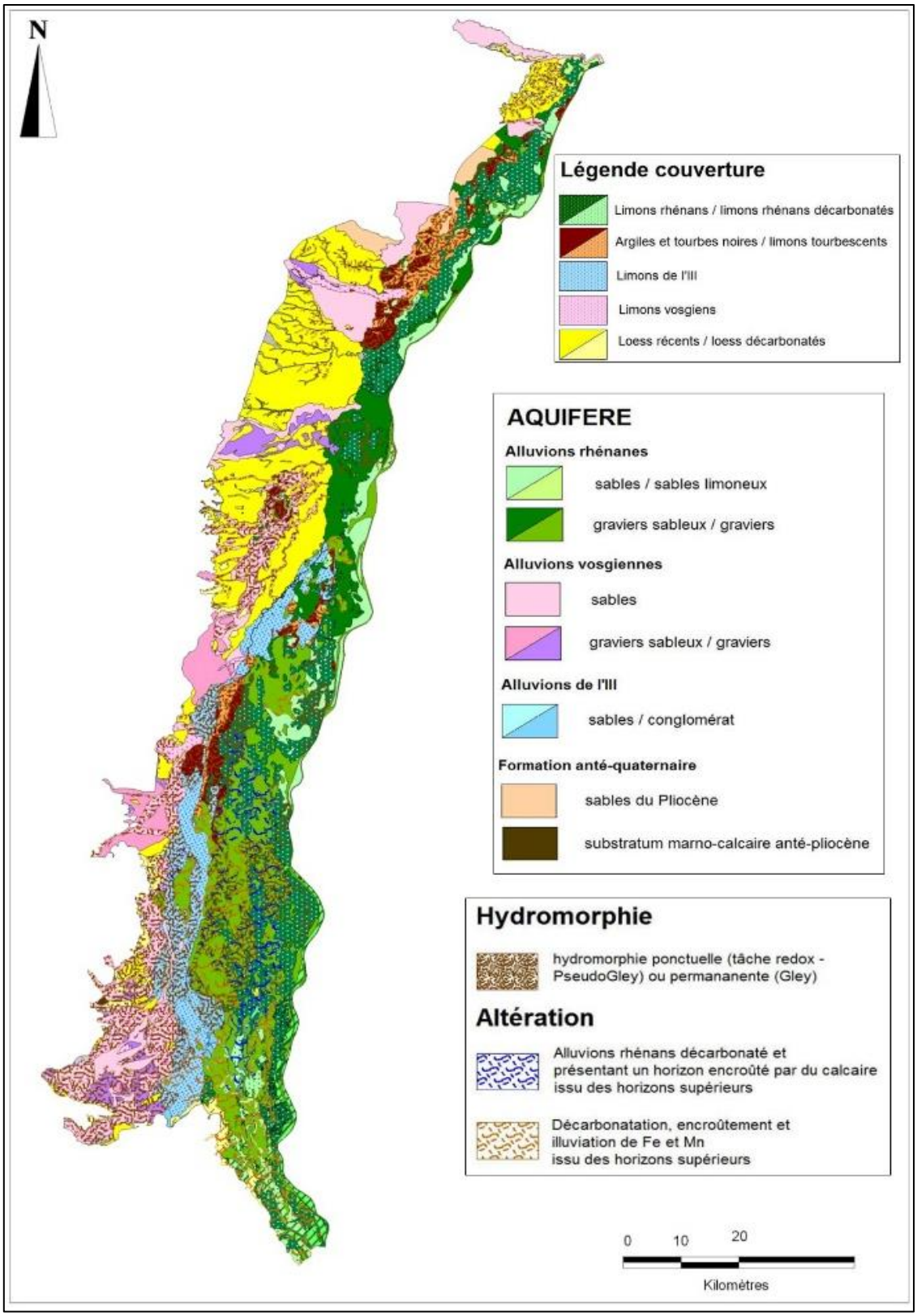


Illustration 12 - Cartographie des formations superficielles de la plaine d'Alsace (Urban et Boucher, 2011 - Programme BRAR Région Alsace 2011-2014)

3.4.2. Résultats autour de Ribeauvillé

Les formations géologiques affleurent très peu dans la région de Ribeauvillé (Illustration 13), du fait de la présence de nombreuses formations superficielles qui recouvrent les alluvions. Les formations peu perméables sont potentiellement protectrices vis à vis d'éventuelles pollutions superficielles.

La carte des formations superficielles identifie la présence, en surface, d'une **couche de lœss** localisée à l'est du secteur d'étude en zone de piémont, à la limite entre les collines sous-vosgiennes et la plaine. Ces formations sont interprétées comme étant des limons éoliens déposés en contexte périglaciaire pendant les phases froides du Quaternaire. Cette formation est constituée principalement de particules dont la taille varie de 0,002 à 0,05 mm (silts), une fraction argileuse est toujours présente (7 à 20%) ; la teneur en sable est assez variable (5 à 15 %) et peut devenir quantitativement importante à proximité des affleurements d'alluvions sableuses. La perméabilité de la matrice fine poreuse est généralement de 10^{-5} à 10^{-6}m/s (Quesnel et al., 2002).

La **couverture lœssique** est peu étendue dans la zone de bordure de Ribeauvillé, car ce segment des collines sous-vosgiennes était à l'abri des vents dominant d'ouest au Quaternaire. Ces formations se sont donc mises en place à la faveur de vents locaux et ont été plaquées sur les alluvions vosgiennes contre les premiers reliefs des collines sous-vosgiennes. Ces placages de lœss sur le vignoble ont généralement une épaisseur inférieure à 5 m.

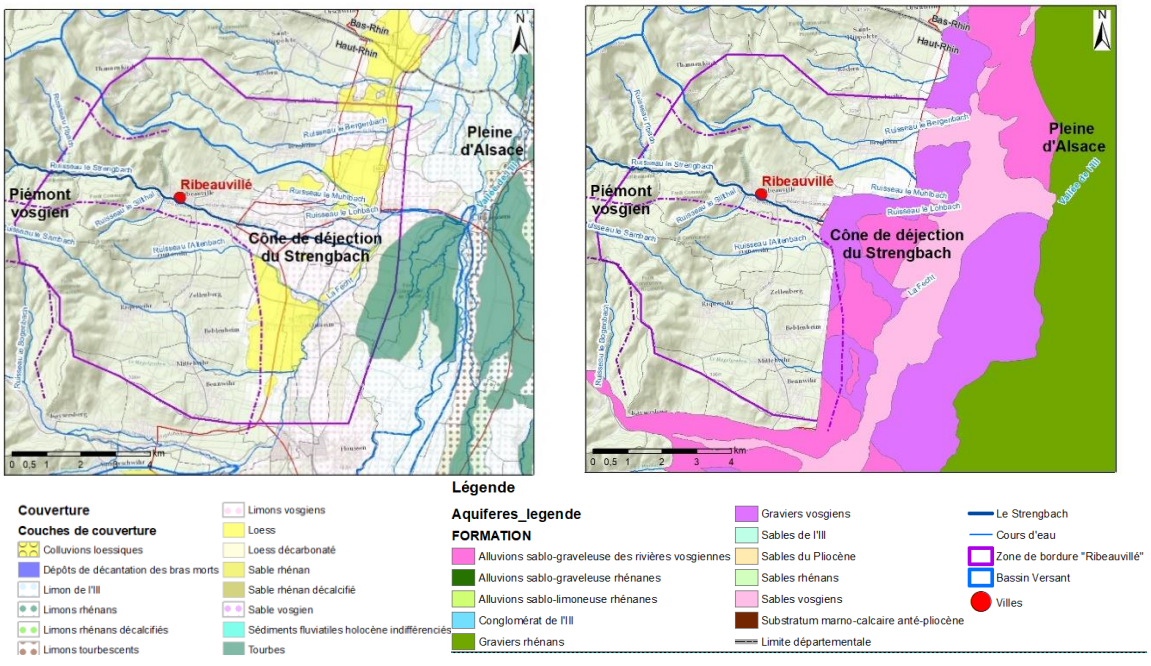


Illustration 13 - Cartographie des formations superficielles dans la zone « Ribeauvillé » - à gauche les formations récentes de couverture, à droite, le substrat des formations aquifères (d'après Urban et Boucher, 2011)

Aucune couverture lœssique est identifiée au niveau du cône de déjection du Strengbach, à part d'une zone de quelques centaines de mètres le long de la Fecht. Effectivement, les **limons de débordement remaniant du lœss** sont très fréquents dans cette zone. Le matériel lœssique est mélangé aux limons dans des « chenaux divagants » construisant des bancs et des levées.

Ces **limons vosgiens à l'ouest et les limons de l'Ill** sont très étendus dans la zone. Ils couvrent entièrement les alluvions vosgiennes du Strengbach (sablo-graveleuses). Comme les lœss, cette formation est constituée principalement de particules dont la taille varie de 0,002 à 0,05 mm (silts).

Selon Quesnel et al (2002), on peut différencier les limons suivants dans la zone d'étude :

halV	Limons des alluvions récentes des rivières vosgiennes, argilo-sableux, non carbonatés
halV-hgV	Limons des alluvions récentes des rivières vosgiennes, contenant des éléments plus grossiers des alluvions anciennes vosgiennes (remaniement)
halV-lo	Limons des rivières vosgiennes plus ou moins mélangés avec des lœss
hI	Limons de débordement de l'Ill, finement sableux, non carbonatés
hI-ht	Limons de débordement de l'Ill, soumis à des phénomènes d'hydromorphie et souvent tourbescents (Ried noir de l'Ill)

Leur perméabilité dépend de la fraction d'argiles et de sables. Très souvent, les limons se présentent sous forme de lentilles, une couche qui n'est pas en continuité verticale et qui peut laisser infiltrer localement les eaux et les pollutions.

A la limite Est du secteur, sont présentes **des tourbières** des Vosges et de la plaine d'Alsace proche de la vallée de l'Ill, couvrant les alluvions sablo-graveleuses des rivières vosgiennes de leurs cônes de déjections. La tourbe est un dépôt organique formé par l'accumulation de débris ou de parties végétales mortes dans un milieu ennoyé, en conditions anaérobies, qui ont une forte influence sur la qualité des eaux. Dans les secteurs présentant encore une tendance à la subsidence ou des bras morts, les tourbières sont fréquentes, avec un **drainage médiocre.**

Les trois formations suivantes présentent des sédiments beaucoup plus perméables pour l'écoulement des nappes :

- Au sud-est affleurent les **alluvions sablo-graveleuses** rhénanes du Quaternaire, principalement constituées de galets et de sables ;

- Les **colluvions** sont principalement localisées sur les glacis et les pentes faibles (<10°) des collines sous-vosgiennes, alors que les formations de solifluxion sont délimitées sur les fortes pentes (>12°). Il est difficile d'identifier l'origine de la roche mère ;

- Les formations d'épandage datant du Riss sont localisées sur les communes de Rodern et Saint-Hippolyte. Elles correspondent à des matériaux d'origine locale étalés par le ruissellement.

4. Contexte hydrogéologique et hydrologique

4.1. DESCRIPTION GENERALE

Les ressources en eaux souterraines se retrouvent essentiellement dans trois types de formations :

- **Le massif Vosgien** constitué de granites gneiss et migmatites, constitue une ressource limitée par la nature des terrains. Considéré dans son ensemble comme étant peu perméable, ils peut toutefois abriter localement une ressource aquifère liée à la présence de diaclases ou d'un manteau d'altération sableux et perméable. Ils permettent respectivement une circulation profonde des eaux souterraines et des circulations plus superficielles dans des nappes locales ;

- **Les collines sous-vosgiennes** avec la zone de fractures du « ***champ de fractures de Ribeauvillé »***, formées de grès, calcaires, dolomies, conglomérats, argiles et marnes. La circulation des eaux est alors liée à la densité et l'ouverture des fractures et fissures. Des ressources locales peuvent être présentes dans certains compartiments ;

- **La plaine alluviale** avec des graviers, des sables et des limons déposés par le Rhin, l'Ill et les rivières issues des Vosges. Ces formations forment des aquifères puissants (de plus de 20 m d'épaisseur). Elles peuvent être séparées en deux parties :
  1) Les alluvions vosgiennes, regroupant notamment les cônes de déjection des rivières vosgiennes comme celles de la Fecht, de la Weiss et du Strengbach ;
  2) Les alluvions de la plaine rhénane et les alluvions de l'Ill à l'est du secteur d'étude.

4.2. LES PRINCIPAUX AQUIFERES

4.2.1. Entités hydrogéologiques cartographiées dans le référentiel BDLISA

Description du référentiel BDLISA

Dans le cadre du référentiel national hydrogéologique BDLISA (Base de Données des Limites des Systèmes Aquifères), des travaux menés en Alsace (Urban *et al.*, 2013) ont permis de mieux cerner la dimension verticale des formations d'intérêt du point de vue hydrogéologique sur le territoire alsacien, ces formations sont définies en entités hydrogéologiques qui se superposent. Depuis, le référentiel a évolué et la version 2 a été diffusée en février 2018.

Pour rappel, l'objectif principal de ce référentiel est de décrire les entités hydrogéologiques présentes sur le territoire afin de constituer un référentiel national permettant de localiser des données relatives à l'eau souterraine. Il se présente sous la forme de couches cartographiques et de tables associées à chaque entité hydrogéologique.

La nouvelle version intègre plusieurs améliorations en conformité avec le modèle conceptuel de données du **Sandre** (Service d'administration nationale des données et référentiels sur l'eau) qui a d'ailleurs été mis à jour pour l'occasion.

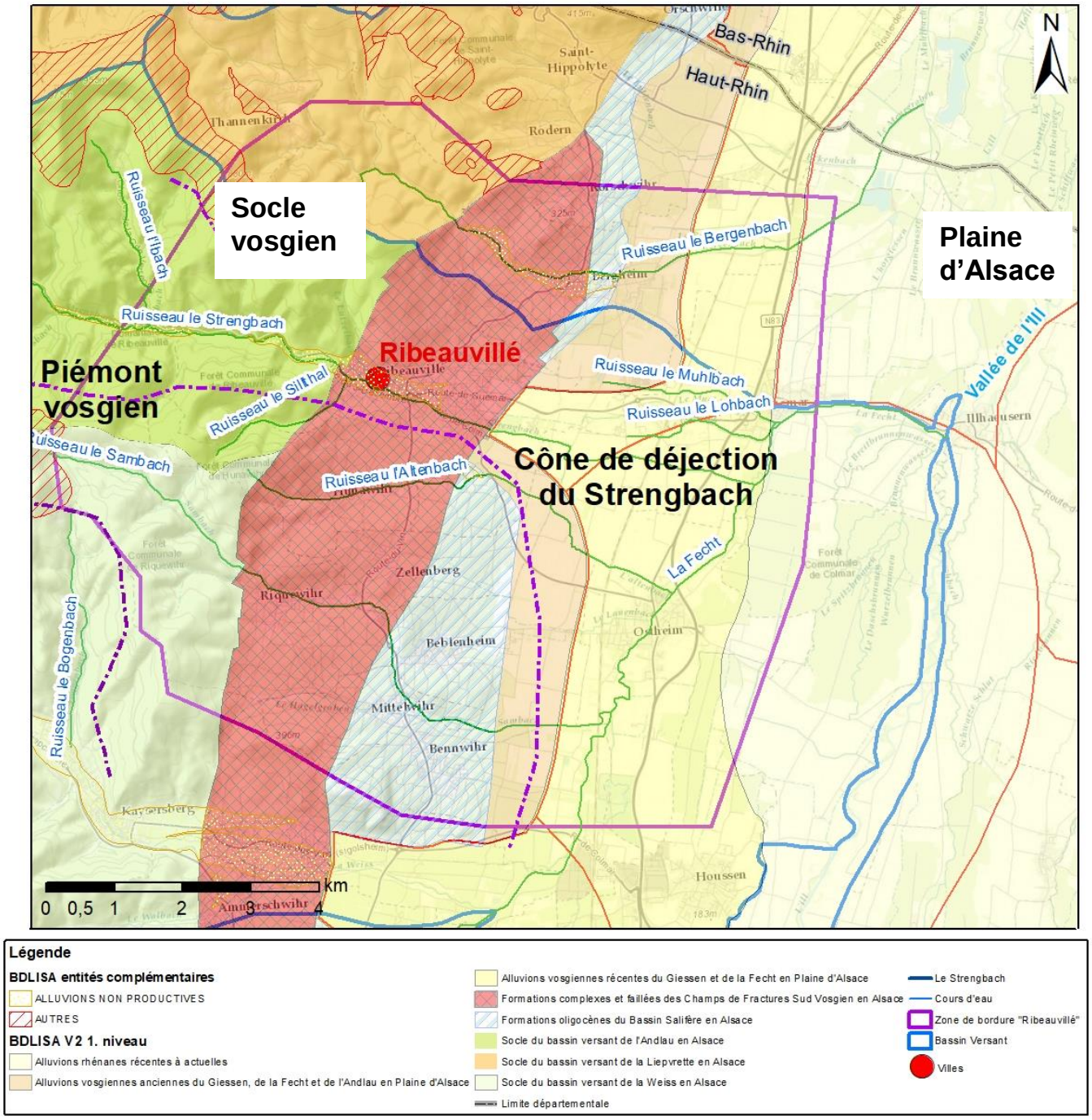
Tous les informations concernant la BDLISA peuvent se trouver sur le **site internet du référentiel BDLISA**. Il a comme objectifs une meilleure accessibilité et une centralisation de

toutes les informations et explications sur la BDLISA. Ce site est accessible à l'adresse suivante : **https://bdlisa.eaufrance.fr**.

Les entités BDLISA autour de Ribeauvillé

On retrouve dans la cartographie des entités BDLISA les 4 grandes types d'aquifères (cf. Illustration 14) :

1) La moitié ouest est occupée par les bassins versants du socle du Strengbach, de la Fecht, et de la Weiss. Les terrains de nature cristalline sont définis comme globalement imperméables ;
2) Les formations complexes et faillées du champ de fractures de Ribeauvillé, constituées de roches sédimentaires (grès, calcaires, dolomies, conglomérats, argiles et des marnes) d'âge secondaire et tertiaire localement, recouvertes par les cônes de déjection des rivières vosgiennes et formant la transition avec la plaine ;
3) La moitié Est au niveau de la plaine, avec les formations alluviales récentes à anciennes issues des rivières vosgiennes et ello-rhénanes qui reposent directement sur le substratum marneux des formations Oligocènes du Bassin Salifère ;
4) Les aquifères et épontes du Trias et du Jurassique, non affleurants dans ce secteur, sous couverture des sédiments de l'Oligocène et du Quaternaire.



Légende

BDLISA entités complémentaires
- ALLUVIONS NON PRODUCTIVES
- AUTRES

BDLISA V2 1. niveau
- Alluvions rhénanes récentes à actuelles
- Alluvions vosgiennes anciennes du Giessen, de la Fecht et de l'Andlau en Plaine d'Alsace
- Alluvions vosgiennes récentes du Giessen et de la Fecht en Plaine d'Alsace
- Formations complexes et faillées des Champs de Fractures Sud Vosgien en Alsace
- Formations oligocènes du Bassin Salifère en Alsace
- Socle du bassin versant de l'Andlau en Alsace
- Socle du bassin versant de la Liepvrette en Alsace
- Socle du bassin versant de la Weiss en Alsace
- Limite départementale
- Le Strengbach
- Cours d'eau
- Zone de bordure "Ribeauvillé"
- Bassin Versant
- Villes

Illustration 14 - Cartographie des principales superpositions d'entités hydrogéologiques du référentiel BDLISA version 2, répertoriées dans la zone « Ribeauvillé »

Le tableau suivant (Tableau 2) présente les différentes entités avec leurs superpositions (selon des niveaux 1 à 10), leur situation locale, leur milieu et leur nature (aquifère ou pas).

Tableau 2 : Superposition des entités BDLISA dans la zone d'étude de Ribeauvillé

Ordre de superposition par rapport aux autres entités	Description de l'entité et position dans la zone d'étude Sous la pile d'entités plus récentes dans le fossé rhénan, si elle affleure pas dans la zone d'étude., à l'est du champ de fractures de Ribeauvillé	Milieu /Nature
1	L'aquifère des « Alluvions vosgiennes récentes du Giessen et de la Fecht en Plaine d'Alsace » couvre à l'est du champ de fractures sur une bande de 2 à 5 km les alluvions plus anciennes.	Aquifère poreux
1-2	L'aquifère des « Alluvions vosgiennes anciennes du Giessen, de la Fecht et de l'Andlau en Plaine d'Alsace » affleure en bordure du fossé rhénane à l'est des formations affleurantes du bassin salifère (Ordre 1 - affleurant)), sauf sous les Alluvions vosgiennes récentes (ordre 2).	Aquifère poreux
1-2	L'aquifère des « Alluvions rhénanes anciennes » (ordre 2) dans le fossé rhénane est entièrement couvert par l'aquifère des « Alluvions rhénanes récentes à actuelles », affleurants dans le fossé rhénane (ordre 1) sauf en bordure ouest (Ordre 2).	Aquifère poreux
1-3	L'aquifère semi-perméable des « Formations oligocènes du Bassin Salifère en Alsace » affleure en bordure du fossé rhénane (1. niveau) et passe sous les alluvions rhénanes vers l'est (Ordre : 2./3/	Aquifère sémi-perméable poreux
2-3	L'éponte des « Marnes et calcaires du Rauracien au Bathonien (Rauracien, Oxfordien, Callovien, Bathonien) en Alsace » sépare les calcaires oolithiques de l'aquifère du bassin salifère et se trouve en bordure sous ce dernier aquifère.	Unité imperméable
3-4	L'aquifère des « Calcaire de la Grande Oolithe bajocienne en Alsace », couvert de formations plus récents. Il est considéré comme perméable avec une double porosité matricielle et fissures et/ou fractures.	Matricielle / fissures
4-6	L'éponte des « Formations majoritairement argilo-marneuses et calcaires de l'Aalénien au Keuper en Alsace », imperméables, est également couvert de formations plus récentes et sépare les calcaires des formations oolithiques	Unité imperméable
5-8	Les aquifères de « Calcaire du Muschelkalk en Alsace » et de « Calcaire de la Lettenkohle en Alsace », présent à l'est du champ de fractures n'affleure pas. Leur perméabilité est lié aux fractures.	Fissuré/fracturé
1	L'aquifère des « Formations complexes et faillées des Champ de fractures Sud Vosgien en Alsace » ne distinguent pas l'âge des roches : cette formation met en contact les grès du Trias jusqu'au formations du Jurassique (?Bajocien ?), ces formations sont considérées comme perméables lié à une fissuration et fracturation.	Fissuré/fracturé
7-9	L'éponte du « Muschelkalk Inférieur - Marnes en Alsace », avec la même extension que les Grès, sépare l'aquifère des grès de l'aquifère au-dessus sous les alluvions. Cette entité n'affleure pas.	Unité imperméable
8-10	L'aquifère des Grès du Trias inférieur et Grès du Permien en Alsace influence la qualité des eaux souterraines par ses eaux ascendantes, ils sont considérés comme perméables avec une double porosité matricielle et fissures et/ou fractures.	Matricielle / fissures
1	Les trois entités du socle "Socle des bassins versants" de la Weiss, de la Liepvrette et de l'Andlau sont considérés comme imperméable, même s'il y a localement des sources proche des zones de fractures et fissures.	Unité imperméable

4.2.2. Les aquifères du secteur alluvial

Les aquifères de la plaine rhénane sont composés d'alluvions anciennes et récentes d'origine vosgienne et ello-rhénane (alluvions de l'Ill et du Rhin). Cet ensemble reposant sur le substratum marneux tertiaire constitue un important aquifère, communément appelé nappe rhénane.

A **l'ouest de l'Ill**, la puissance des sédiments aquifères, de l'ordre de 80 m en bordure de l'Ill, diminue progressivement en direction des Vosges.

De **vastes cônes de déjection** s'étalent à l'est du débouché des principales vallées vosgiennes. Ils sont caractérisés par l'alternance entre aquifères constitués de niveaux grossiers peu argileux et de niveaux argileux, qui forment des intercalaires entre aquifères.
Le cône de déjection à l'est de Ribeauvillé présente entre 26 et 31 m de profondeur, un niveau de graviers peu sableux, surmonté par une couche de sable argileux de 21 à 26 m puis par un niveau argileux, plus ou moins sableux entre 16 et 21 m.
La perméabilité de l'aquifère diminue nettement par suite d'une teneur en éléments argileux plus élevée des dépôts en provenance du massif vosgien.

La direction générale de l'écoulement de la nappe à l'ouest de l'Ill s'incurve vers le Nord-Est. Les apports des rivières vosgiennes se traduisent par une diminution de la dureté et surtout des chlorures qui, entre III et Vosges, passent rapidement de 150 à moins de 30 mg/l.
Les forages réalisés dans cette partie occidentale de la nappe permettent en général un débit inférieur à 100 m^3/h (sauf le captage de l'A.E.P. Kaysersberg qui atteint 200 m^3/h).

Les eaux les plus douces (moins de 10°) se situent dans les ouvrages captant la base de l'aquifère dans les cônes de déjection de la Fecht et de la Weiss. Dans la partie nord-ouest du secteur alluvial, la dureté des eaux captées sous couverture lœssique en bordure des collines sous-vosgiennes est plus élevée (34 à 38°).

4.2.3. Les aquifères des collines sous-vosgienne/Champ de fractures

En profondeur dans la zone de fractures du « ***champ de fractures de Ribeauvillé »*** se distinguent trois réservoirs aquifères potentiels : les calcaires de la grande Oolithe, les calcaires et dolomies du Muschelkalk et les grès bigarrés du Buntsandstein.

Le système de failles d'orientation Nord-Sud conditionne l'orientation du réseau hydrographique, favorisant dans certains cas la circulation de l'eau des aquifères supérieurs vers les aquifères inférieurs. Les nappes d'eau souterraine peuvent être libres ou captives suivant la nature des formations rencontrées.

Le réseau de fissures qui constitue le cortège des failles est d'une grande complexité. La circulation des eaux est alors liée à la densité et à l'ouverture :

- des fractures tectoniques matérialisées par des failles d'importance majeure accompagnées par un cortège de fractures secondaires (qui descendent jusqu'aux formations du socle) ;
- des fissures, notamment climatiques, principalement dans les premiers 25 à 30 m.

Elles jouent également un rôle important dans la karstification des formations calcaires. Les eaux circulantes ne disposent a priori ***pas d'autre voie de transit, ni de stockage***.

Les eaux qui empruntent les réseaux circulent :

1) par ascendance pour les eaux profondes qui peuvent donner lieu à l'artésianisme

La minéralisation des eaux captés dans les sources de Ribeauvillé provient des faciès gréseux du Trias inférieur (grès du Buntsandstein) que les eaux traversent via le réseau de fissures, et qui produit des eaux minérales. Ces eaux sont également influencées par le socle cristallin. Les eaux traversent ces couches profondes avant d'émerger de la nappe des calcaires du Muschelkalk.

2) par sens descendant par infiltration

Ces aquifères liés aux karstifications et au morcellement des roches liées aux fractures forment des passages privilégiés. Ils **facilitent la pénétration dans le sous-sol profond des pressions potentiellement polluantes, d'origine urbaine, industrielle et agricole** (B. Bourdeau, BRGM 1991).

Ces aquifères ont peu de capacité de filtration, dépourvus de porosité propre, ils forment des réservoirs restreints avec peu de stockage : Il existe un grand nombre de rapports concernant la recherche d'eau thermo-minérale à Ribeauvillé. Selon les forages profonds réalisées entre 1983 et 1992, il est difficile de trouver un réservoir avec un débit artésien suffisant pour une exploitation dans les grès vosgiens de cette zone. Le lieu de l'implantation est difficile à prédire, **du fait d'une grande variabilité verticale et horizontale des fractures.**

Une étude et surveillance de tous les points d'eau du voisinage à l'intérieur et à l'extérieur de la propriété de CAROLA, située à Ribeauvillé, a été réalisée avec l'objectif de mieux comprendre l'augmentation progressive de la concentration en nitrates, observée depuis les années 80/90 (R. Laugier, 1991).

Cette étude a permis d'identifier trois directions principales qui se positionnement à peu près orthogonalement entre elles avec la distinction de deux types de fissures (illustration 15) :

Fissures oblitérées (fermées) par :

- Un seul dépôt de carbonate de calcium : calcite ;
- De la calcite suivie par un dépôt d'hydroxydes ferriques ;
- *Par plusieurs générations d'enduits de carbonate : calcite.*

Fissures ouvertes :
- Les parois sont corrodées par le gaz carbonique agressif ;
- Les entroques sont nettement en relief.

Plusieurs sondages de reconnaissance en carottage continu ont permis de mieux décrire le réseau fissural actif repéré à 18, 22,47 et 58,30 m, correspondant aux voix principales de circulation des eaux.

Accessoirement, les multiples cavités qui sont en communication sont noyées. **Elles sont à la fois un milieu de stockage et de passage**.

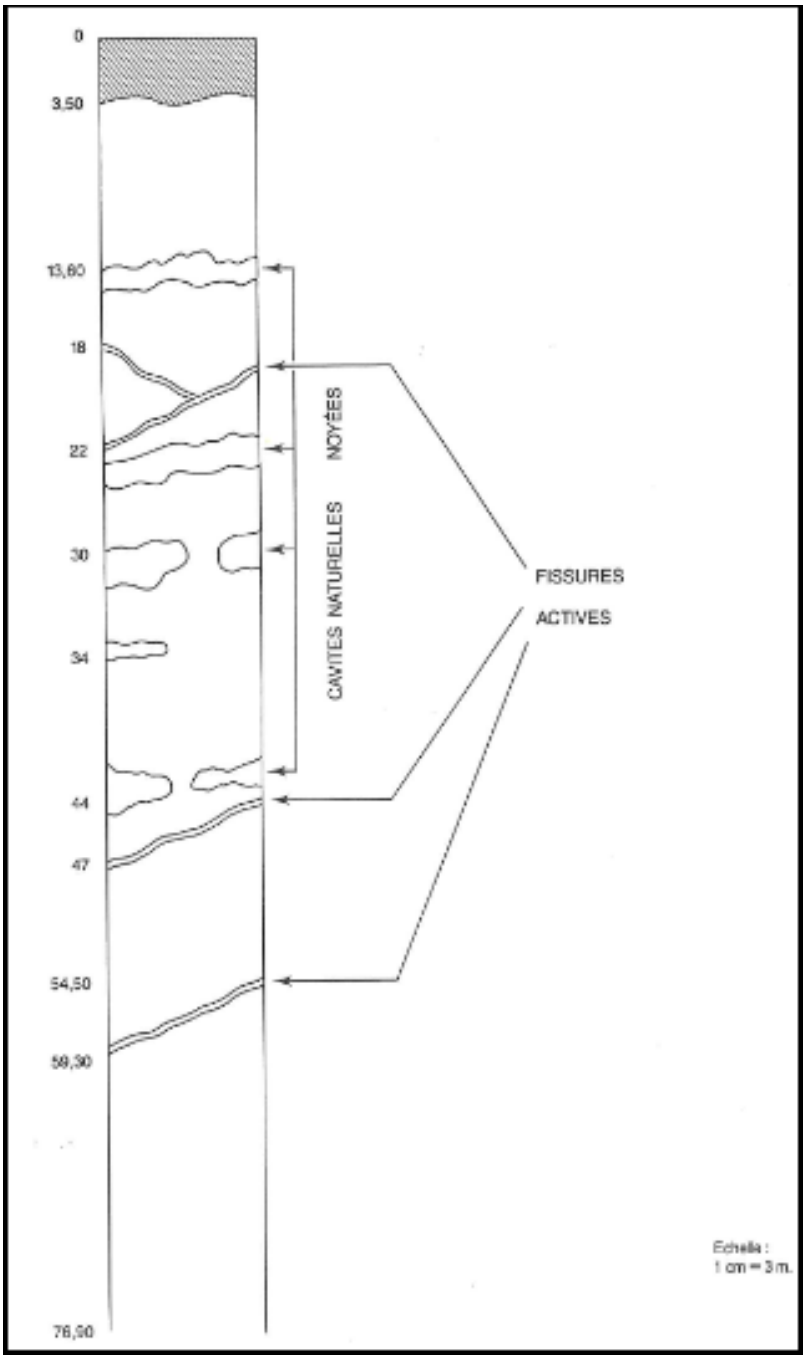


Illustration 15 - Répartition des voies de la circulation fissurale (LAUGIER.1991)

Les cavités, qui constituent à la fois un milieu de stockage et de passage, étaient en communication et noyées. Ces réseaux karstiques noyés (entre 10 et 30 m de profondeur) constituent des réservoirs secondaires dont la réserve est faible. Une fois épuisées, elles ne sont réalimentées que par l'aquifère plus profond.

Le rapport de réalisation d'un forage dans le Parc des Sources à Ribeauvillé (C. Bouard, 1993) indique que la création du forage S4 a montré que les circulations d'eau mélangent des eaux superficielles moyennement nitratées avec des eaux profondes au faciès sulfaté calcique.

Le réseau de fissures élargies en cavités qui se développe dans les calcaires et dolomies, traversés de 14 à 18 m de profondeur, draine le milieu environnant avec un axe d'alimentation de direction Nord-Sud. **Les prélèvement d'eau par pompage à des débits supérieurs à 30 m^3/s tendent à surexploiter la nappe et à tarir les points d'eau voisins**.

Trois sondages de reconnaissances ont montré une zone faillée, karstifiée, qui est à l'origine des émergences des sources dans le champ de fractures de Ribeauvillé *(cf.* Illustration 16*):*

Deux sources se trouvent à 1 km au nord-est de Ribeauvillé***, exploitées par Carola :***

La source des « Ménétriers » (ancienne), livre une eau classée, d'une minéralisation totale de 1,06 mg/l à une température de 16,2°C, en provenance du Calcaire à entroques atteint à 5,5 m de profondeur par le captage. Son débit est de 0,3 m³/h en écoulement libre, de 2,5 m³/h en pompage.

La source du « Château » ou « Carola » fournit une eau de table, d'une minéralisation totale de 0,7 mg/l à une température de 15,8°C, issue du même Calcaire à entroques exploité entre 7 et 11 m de profondeur. Le captage débite 18 m³/h en écoulement libre et atteint 45 m³/h en pompage.

D'autres sources se trouvent à 2 km au sud, à Zellenberg au sud du ruisseau l'Altenbach. Ces sources sont des anciens captages pour l'alimentation en eau potable, elles ne sont plus exploitées actuellement.

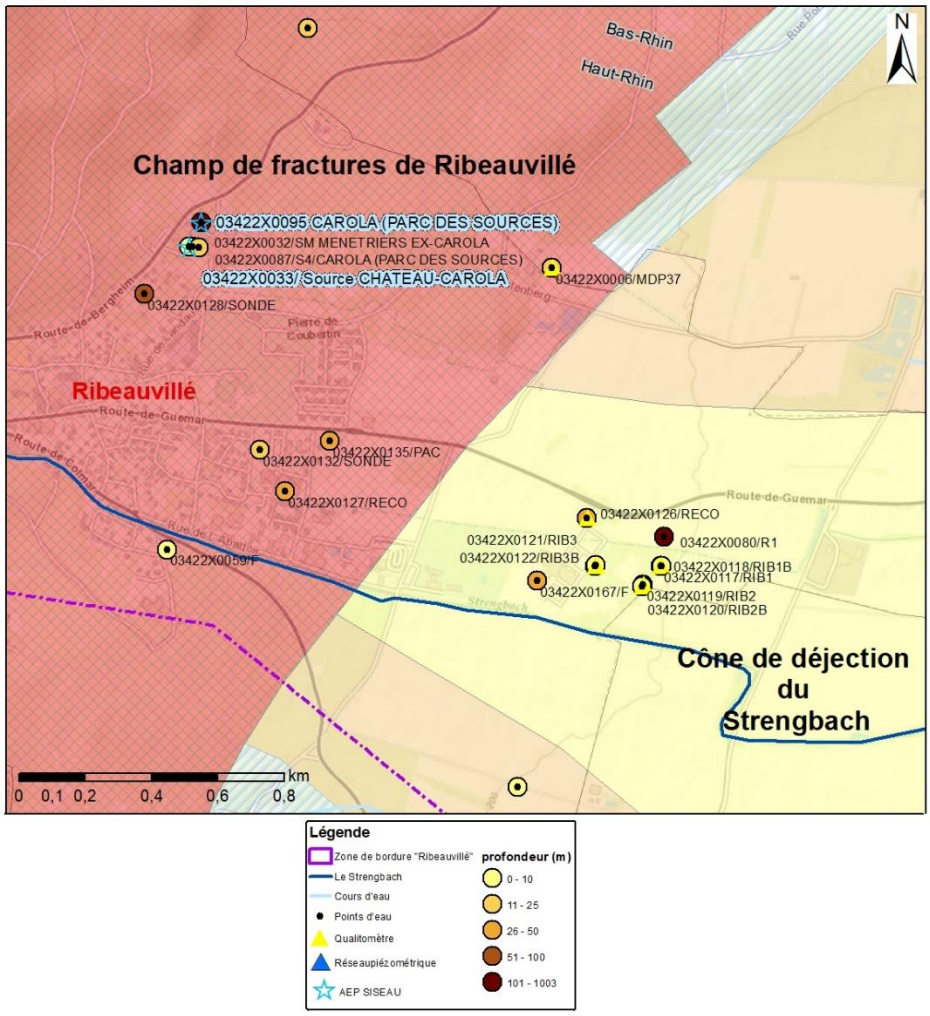


Illustration 16 - Les captages et points d'eau à Ribeauvillé

4.2.4. Le Massif vosgien : socle des bassins versants de la Weiss et de la liepvrette

Le massif vosgien avec le bassin versant du Strengbach en amont de Ribeauville est formé de granites, de gneiss et de migmatites et constitue une ressource limitée par la nature des terrains qui peuvent être considérés **comme peu perméables** dans leur ensemble.

Cependant, la présence de diaclases, des zones faillées et/ou d'un manteau d'altération sableux et perméable permet une **circulation d'eaux souterraines**. L'émergence de sources des formations gréseuses du Trias inférieur ou de terrains cristallins et cristallophylliens témoigne de nappes locales provenant d'aquifères dont l'extension dépend de l'intensité des failles et des phénomènes d'altérations.

Les ressources aquifères du massif vosgien sont exploitées par des captages de sources qui alimentent une grande partie des collectivités des vallées et des collines sous-vosgiennes (cf. chap. 5, Illustration 22).

a) ***Le recouvrement gréseux du Trias inférieur*** constitue des châteaux d'eau largement exploités. Le massif du Kalblin-Koenigstuhl-Muesberg est exploité par les communes de Kaysersberg, Riquewihr et Ribeauvillé. Les sources se situent soit à flanc de colline dans la formation gréseuse, soit à la base de la formation. Au contact entre les grès vosgiens infra-triasique et les roches cristallines sous-jacentes (constituées de gneiss et granites), **ces sources de déversement** fournissent les débits les plus élevés allant de 4 à 12 l/s. Les eaux sont très peu minéralisées, très douces, avec un pH inférieur à 7.

b) ***Les terrains granitiques et migmatitiques*** renferment localement des nappes peu puissantes qui ont pu se constituer à la faveur de zones de broyage ou d'arénisation. L'importance et la pérennité du débit des sources sont liées à la nature de la roche et à son degré d'altération. De nombreux sources dispersées caractérisent ces formations fissurées, avec des débits généralement inférieurs à 1 l/s.
Les eaux sont de très bonne qualité, faiblement minéralisées, très douces, à pH acide.
A titre d'exemple :
- les sources d'A.E.P. d'Aubure en provenance du granite du Brézouard : dureté 1°, pH 5,7.
- les sources d'A.E.P. Labaroche en provenance du granite migmatitique de Kaysersberg : dureté 1,8°, pH 6,6.

c) **Eau minérale de Ribeauvillé** :
Deux sources aménagées (« Clausmatt » et « Schelmenkopf ») sont captées pour la ville à 7 km au NW de Ribeauvillé (AEP). Elles présentent une eau de type mixte, riche en bicarbonates et en sulfates alcalino-terreux.

Deux autres sources situées à 2 km du centre de la commune :
- La « **Fontaine Lutzelbach** » au nord la commune, exploitée en 1971, une source de débordement issue d'une faille dans les granites et gneiss selon les informations disponibles ;
- Les sources « **Hameau de Bilsteintal**» au sud-ouest de la commune (aucune information disponible).

4.3. PARAMETRES HYDRODYNAMIQUES ET HYDROCHIMIE DE L'AQUIFERE

Dans le cadre de la BRAR, une compilation des résultats de pompages d'essai sur toute la zone d'extension de la nappe d'Alsace a été menée. A l'intérieur de la zone de bordure de Ribeauvillé, 12 points d'eau sont recensés dans la BSS EAU comme ayant fait l'objet d'un ou plusieurs pompages d'essai (cf. Illustration 17, Tableau 3).

Tableau 3 : Les points d'eau et leurs caractéristiques hydrodynamiques

code_bss	commune_a	prof_inves	date_essai	duree_essa	T (m²/s)	perméab. (m/s)	debit_spec (m3/h/m)	Aquifer
03422X0003/F	OSTHEIM	15	06/09/46	100	0	0	29,88	Alluvions vosgiennes récentes du Giessen et de la Fecht en Plaine d'Alsace
03422X0072/20M	OSTHEIM	20,2	04/10/84	1	0	0	17,64	Pliocène de Haguenau et nappe d'Alsace
03422X0073/35M	OSTHEIM	35	04/10/84	1	0	0	13,68	Pliocène de Haguenau et nappe d'Alsace
03422X0074/48M	OSTHEIM	48,85	04/10/84	1	0	0	2,016	Pliocène de Haguenau et nappe d'Alsace
03422X0078/RG	OSTHEIM	40	22/10/85	3	0	0	100,8	Pliocène de Haguenau et nappe d'Alsace
03423X0001/F1	BERGHEIM	22,65	01/01/00	0	0	0	43,2	Alluvions vosgiennes récentes du Giessen et de la Fecht en Plaine d'Alsace
03423X0004/F	SAINT-HIPPO	40,3	22/06/84	80,5	0	0	61,2	Alluvions vosgiennes récentes du Giessen et de la Fecht en Plaine d'Alsace
03423X0046/F2	BERGHEIM	31	23/03/79	20,5	0,05	0,0029		Alluvions vosgiennes récentes du Giessen et de la Fecht en Plaine d'Alsace
03423X0065/S	GUEMAR	40	20/05/86	70	0	0	33,84	Pliocène de Haguenau et nappe d'Alsace
03423X0066/F1	GUEMAR	46	02/06/87	56	0,07	0		Alluvions rhénanes récentes à actuelles
03423X0076/F2	BERGHEIM	51	12/10/90	8	0	0	158,4	Pliocène de Haguenau et nappe d'Alsace
03423X0080/F	GUEMAR	50,2	06/07/93	0	0,077	0		Alluvions rhénanes récentes à actuelles

La plupart des points sont localisés en plaine, dans les alluvions vosgiennes ou rhénanes : leur débit spécifique varie entre 2 à 158 $m^3/h/m$, avec une médiane d'environ 30 $m^3/h/m$. La transmissivité est rarement calculée, elle est de $5*10^{-2}$ à $7*10^{-2}$ m^2/s sur la localité de Bergheim / Guémar.

En contact entre la bordure vosgienne et la nappe rhénane, l'aquifère contenant la nappe phréatique présente une d'épaisseur d'environ 20 m. La transmissivité augmente vers l'Est avec l'augmentation de l'épaisseur et la baisse du pourcentage des sédiments fins. (T= 10^{-4} m^2/s→ 10^{-2} m^2/s à Guémar et à l'est de l'Ill : T> 10^{-1} m^2/s).

Les eaux captées dans le champ de fractures autour de Ribeauvillé sont issues des formations calcaires aquifères du Muschelkalk supérieur. Les eaux s'infiltrent sur les reliefs et se mettent en charge. Les débits indiqués sont :

- Pour la source Carola « Ménétriers » (dite médicinale), captée à 7.2 m de profondeur, le débit était de 7 m^3/h en 1952. Le débit a ensuite baissé dans les années 90 à 1 m3/h ;
- Pour la source de Château (Carola), capté à 9.4 m de profondeur, le débit mentionnée est de 18 m^3/h.

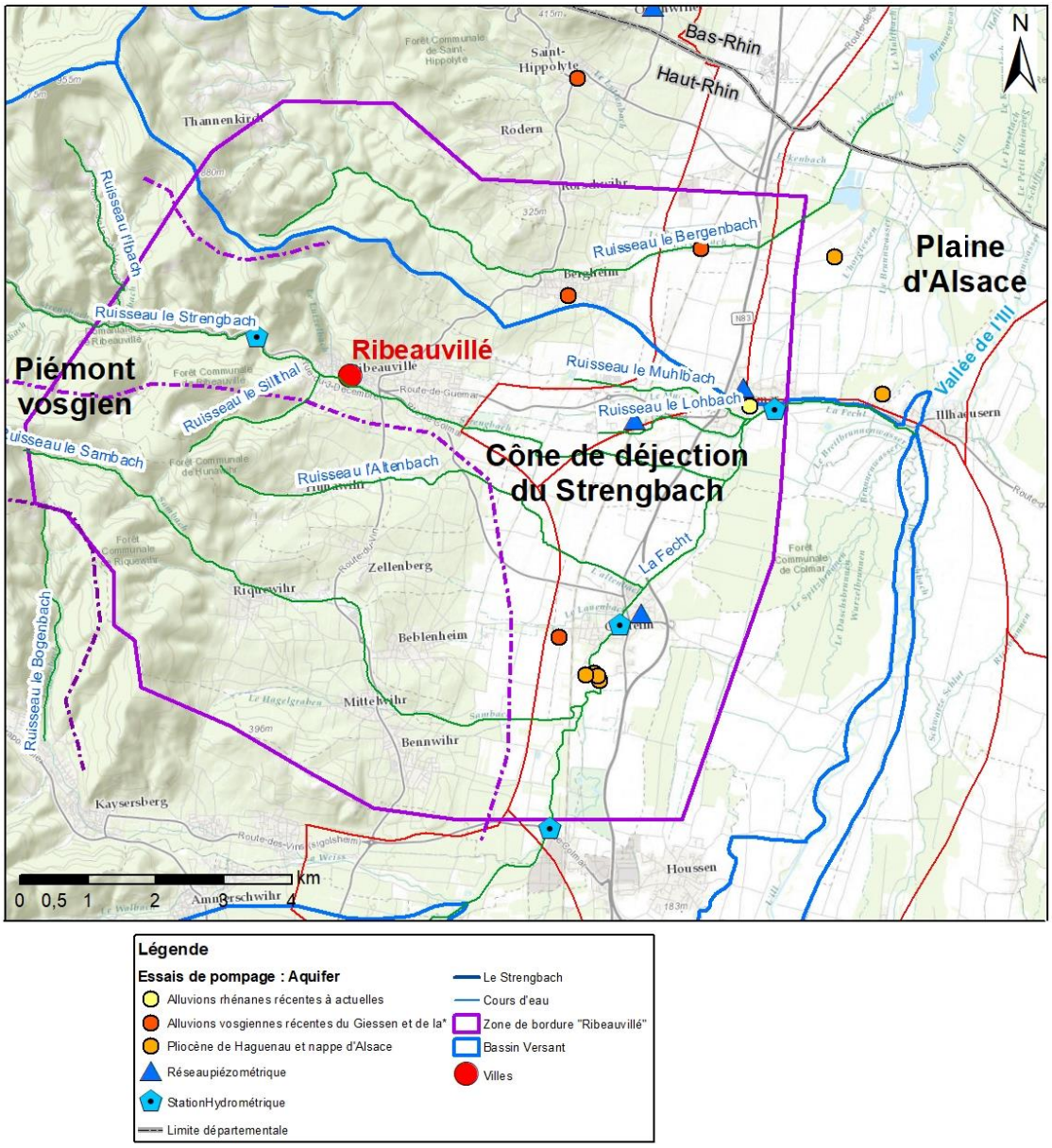


Illustration 17 - Points d'eau recensés dans la BRAR comme ayant fait l'objet d'un ou plusieurs pompages d'essai

Le forage dans le parc des sources à Ribeauvillé BSS000YWAY (03422X0080/R1, cf. Illustration 16) est un ouvrage de 18 m de profondeur avec un débit d'exploitation de 20 m^3/h captant les calcaires à cératites entre 14,1 et 18 m. Ce captage capte une eau peu nitratée, car l'aquifère inférieur est protégé par un niveau peu perméable.

La transmissivité de la nappe captée est de **$6{,}8.10^{-3}$ m^2/s** à proximité immédiate du forage. Le pompage d'essai montre qu'à distance, cette transmissivité diminue ou rencontre une limite. Ceci est dû au réseau de fissures élargies en diaclases et cavités verticales repérées sur l'ouvrage, dont le développement est limité latéralement.

L'étude des interférences entre les sources et le forage montre que l'alimentation de l'ouvrage se fait par un réseau karstifié de diaclases verticales aux directions Nord-Sud et Est-Ouest dans lesquelles prédominent les circulations venant du Nord via les sources dites

« Sauvage ». Ce mode de circulation des eaux peut localement mélanger les eaux proches de la surface aux eaux profondes.

Néanmoins, les résultats des pompages montrent que les eaux captées sont différentes des eaux superficielles, ces dernières étant moins dures et beaucoup plus nitratées. Les eaux de Carola sont des eaux minérales au faciès sulfaté calcique secondairement bicarbonaté sodique et magnésien. Cette caractéristique se retrouve sur la source des Ménétriers historiquement exploitée.

Les différentes analyses montrent également que l'eau est probablement un mélange entre des eaux profondes chaudes, salées dont la minéralisation est d'origine triasique et des eaux moins chaudes, moins salées et moins profondes.

4.4. DIRECTIONS GENERALES DE L'ECOULEMENT SOUTERRAIN

4.4.1. Données utilisées

Un croisement de deux données cartographiques a permis de définir les grands bassins versants souterrains en situation de moyennes eaux :

- la grille nationale d'épaisseur de la Zone Non Saturée (ZNS), calculée par le BRGM en novembre 2011 (cf. Illustration 18), pour des problématiques de remontée de nappe (Allier, D. *et al.*, 2011) ;
- la carte piézométrique réalisée par l'APRONA en 2009 (moyennes eaux).

En l'absence de carte piézométrique et vue la faible densité de points d'eau avec niveau piézométrique dans la zone d'étude, l'utilisation de la cartographie des épaisseurs de ZNS est le seul moyen pour calculer la direction d'écoulement. Ces lignes de courant principales, également tracées sur logiciel SIG, donnent un bon aperçu des principales directions prises par les écoulements souterrains, même si ce calcul reste très dépendant de la précision et de la densité des données cartographiques d'entrée, qui peuvent être sensiblement variables selon les secteurs d'une même zone de bordure.

Les crêtes piézométriques sont en effet délimitées en fonction des lignes d'écoulement des eaux souterraines tracées manuellement avec des outils SIG.

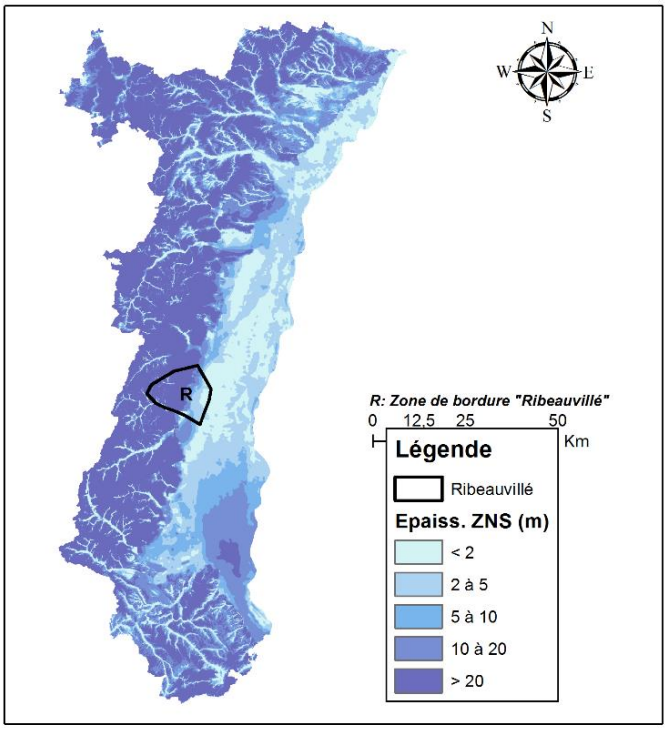


Illustration 18 - Grille d'épaisseur de ZNS sur le territoire alsacien (d'après Allier et al., 2011)

La partie alsacienne de cette grille de résolution 100 m, a été réalisée à partir :

- De la carte piézométrique de la nappe d'Alsace en situation de Moyennes Eaux 2009 de l'APRONA ;
- Des points d'eau de la BSS et de la banque ADES (avec application d'un poids plus important pour ces derniers dont les mesures sont particulièrement fiables) dans les zones moins bien renseignées par la carte piézométrique ;
- Des cours d'eau de la BD Carthage® pour astreindre l'épaisseur de ZNS à 0 m au niveau des linéaires des cours d'eau connus pour être non perchés.

Cette grille d'épaisseur de ZNS ne concerne que la première nappe rencontrée en tout point du territoire.

4.4.2. Résultats autour de Ribeauvillé

Une seconde étape consiste ensuite à comparer ces bassins versant souterrains avec les bassins versants de surface des principaux cours d'eau recensés dans les zones étudiés, issus de la BD Carthage 2015.

En dépit des incertitudes liées à la conception de cette grille de 2011 ainsi que sur le mode de calcul des bassins versants hydrogéologiques, cette approche permet d'émettre certaines hypothèses concernant les directions d'écoulement générales dans la zone de bordure (cf. Illustration 19). Notamment dans les zones à fort relief dans l'ouest de la zone d'étude, les résultats calculés peuvent s'éloigner de la réalité. De même, les nappes perchées locales, comme les buttes témoins ou des zones d'altérations dans les granites peuvent ne pas avoir été toutes prises en compte lors du calcul d'interpolation.

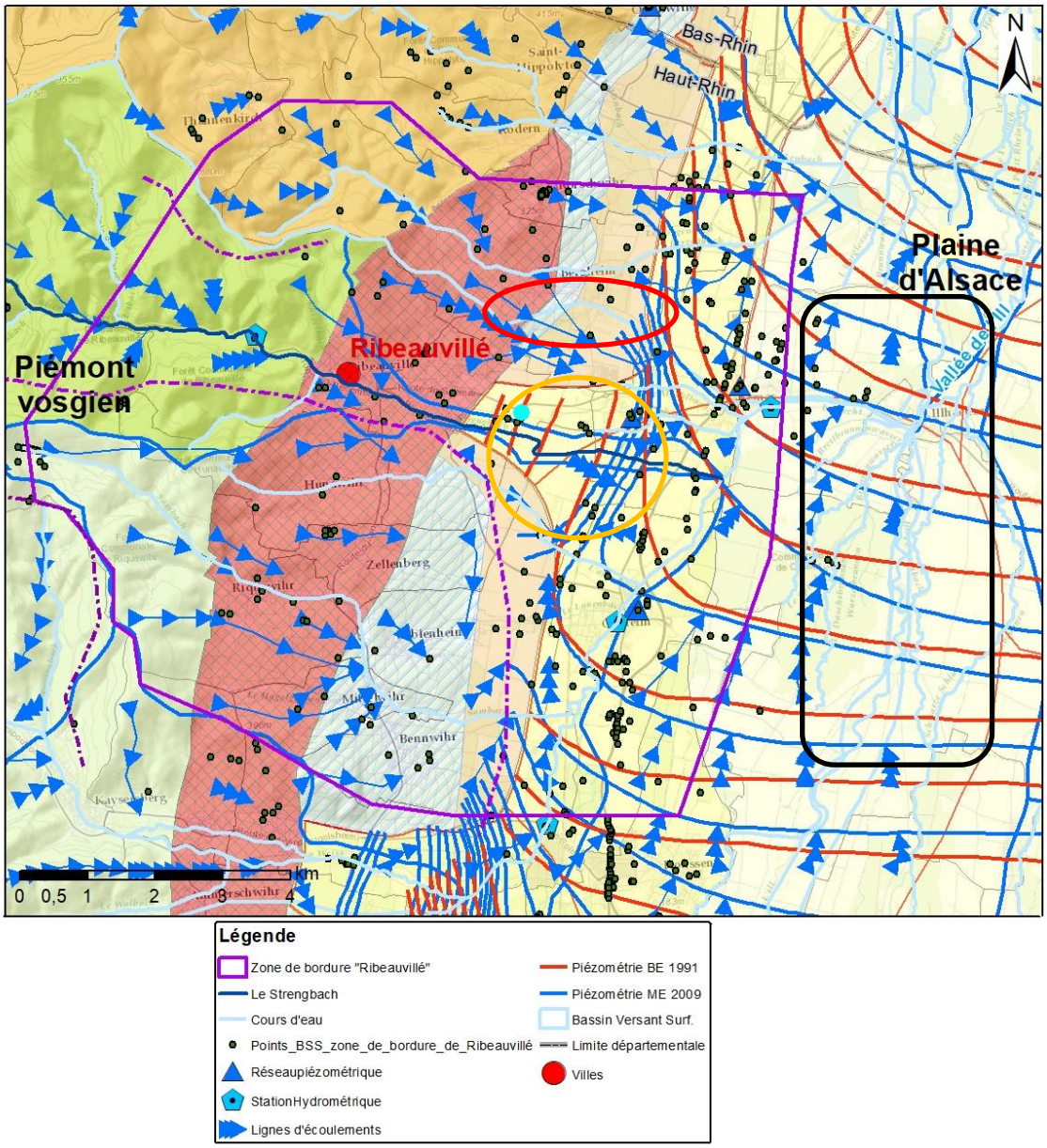


Illustration 19 - Localisation des lignes de courant principales et des lignes de partage des eaux souterraines - Ribeauvillé

On observe que dans la moitié ouest de la zone d'étude, en zone de piémont, les lignes d'écoulements suivent la topographie générale correspondant au massif vosgien : à partir des crêtes géographiques et hydrogéologiques, les eaux souterraines se dirigent vers les vallées des ruisseaux comme le Strengbach, le Bergenbach, le Sembach, le Silthal et le Altenbach.

Dans le secteur du Bergenbach, les formations de socle sont peu profondes sous les alluvions, il semble que ce cours d'eau contribue à l'alimentation de sa nappe d'accompagnement dans la zone des champs fracturés (zone cerclée en rouge - Illustration 19).

A l'Est, dans les alluvions vosgiennes à l'est des champs fracturés et dans la zone de contact entre la bordure vosgienne et la nappe rhénane, les eaux souterraines ne se dirigent plus vers les rivières vosgiennes mais elles suivent l'écoulement général des nappes souterraines vers l'Est (zone cerclée en orange - Illustration 19).

Dans le secteur de plaine à l'Ouest de l'Ill, la direction générale de l'écoulement de la nappe s'incurve vers le Nord-Est et ensuite en direction Nord (zone cerclée en noir - Illustration 19). L'Ill reçoit tous les apports souterrains venant des alentours où son rôle va évoluer plutôt comme un drain. Avec l'augmentation de l'épaisseur de la nappe vers l'Est, le gradient est de plus en plus faible. Le battement de la nappe est d'environ 1 m.

Ce phénomène est identifiable dans presque toutes les zone de bordures.

4.5. RELATIONS NAPPES-RIVIERES

Cette partie permet de mieux comprendre la relation qui peut exister entre les nappes considérées et les cours d'eau présents dans la zone de bordure.

La seule étude accessible actuellement concernant les échanges nappes/rivières est la modélisation hydrogéologique menée dans le cadre du réseau LOGAR (liaison opérationnelle pour la gestion de l'aquifère Rhénan)

Elle apporte des informations tronçon par tronçon, à la fois du point de vue qualitatif (sens de l'échange), quantitatif et temporel (période de basses eaux, moyennes eaux ou hautes eaux) (LUBW, 2006). Les résultats dans la zone de Ribeauvillé, sont présentés pour les périodes des basses et hautes eaux (illustration 20).

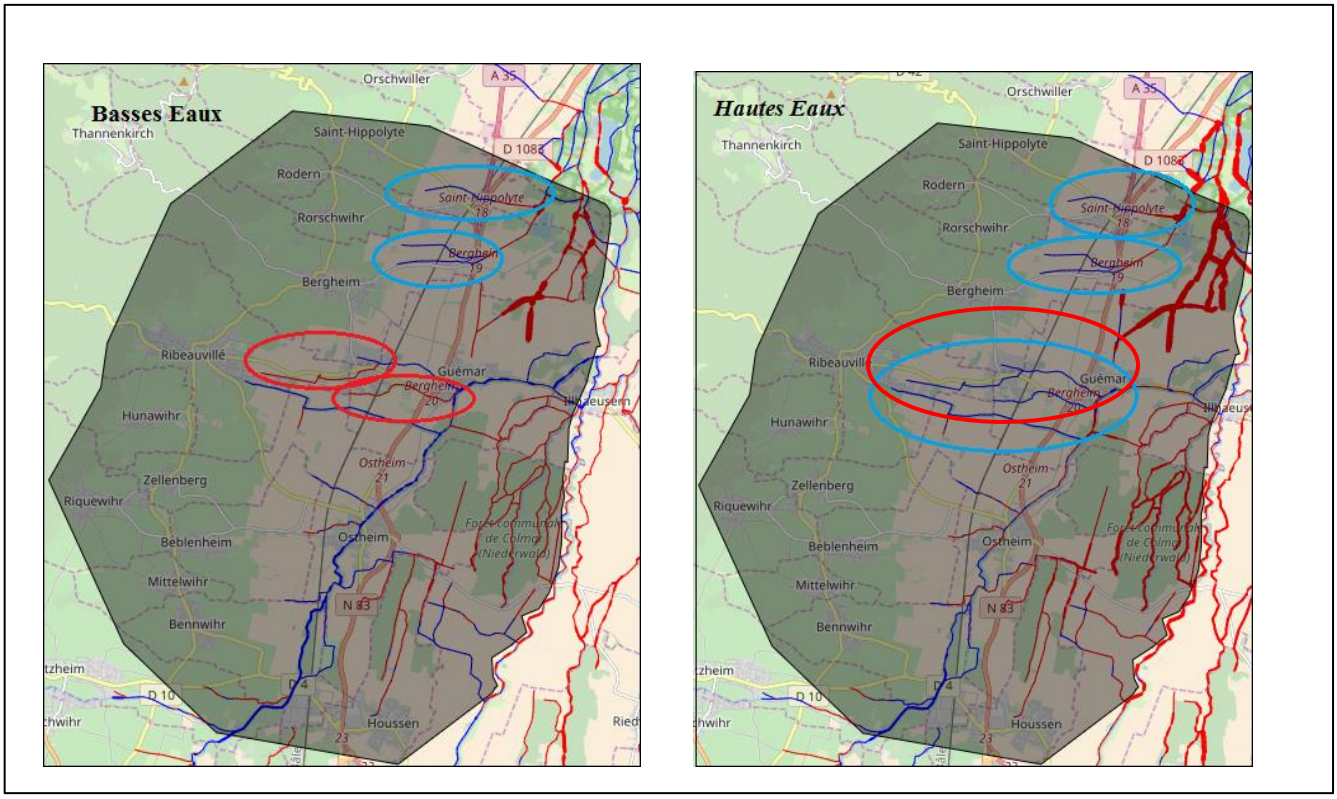


Illustration 20 - Echanges nappes/rivières estimés d'après le modèle LOGAR, en basse et hautes eaux des nappes (Observation de l'Eau, APRONA)

Ces résultats confirment globalement que l'alimentation de la nappe alluviale se fait principalement par le Strengbach, et plus généralement par les autres cours d'eau de la zone de bordure, que ce soit en situation de basses eaux ou de hautes eaux (représenté en couleur bleu foncé sur la figure). On note cependant des zones particulières, qui mériteraient une vérification complémentaire.

- Secteurs cerclés en rouge : on remarque que dans ce secteur immédiatement au débouché des deux affluents de la Fecht (Le Muehlbach et le Lohbach) qui vont drainer la nappe en basses eaux, la tendance s'inverse en période de hautes eaux ;
- Secteurs cerclés en bleu : On remarque que dans ce secteur situé à l'extrémité nord de la zone de bordure au niveau de Saint-Hippolypte et de Bergheim la tendance reste inchangée que ce soit en basses eaux ou en hautes eaux, le cours d'eau alimente la nappe.

Ces résultats, dans le secteur de Ribeauvillé situé en bordure de l'emprise du modèle LOGAR, restent à considérer avec précaution. Le modèle à l'échelle du fossé Rhénan ne peut pas remplacer une étude d'échanges nappes-rivières à une échelle locale.

5. Valorisation des données quantitatives et qualitatives de la zone d'étude

5.1. ACCES AUX DONNEES

Un recensement des points d'eau localisés dans la zone de bordure de Ribeauvillé est réalisé en s'appuyant sur la Banque nationale de Données du Sous-Sol (BSS), gérée par le BRGM, et plus particulièrement sa déclinaison relative aux informations sur les eaux souterraines qu'est la BSS-Eau ainsi que le portail ADES (Accès aux Données sur les Eaux Souterraines) :

- La banque nationale d'**ADES** rassemble sur un site Internet public des données quantitatives relatives aux eaux souterraines, avec comme objectif de mettre à disposition les données des différents réseaux de suivi de l'état patrimonial des ressources en eau souterraine. Les données collectées dans le cadre du réseau de suivi piézométrique des eaux souterraines de la région Grand Est, sous Maitrise d'œuvre de l'APRONA, y sont notamment présentes ;

- La **BSS-Eau** qui intègre toutes les informations disponibles sur les points d'eau, notamment les données historiques associées à la piézométrie (niveaux d'eau et informations associées sur les repères de mesure), saisies et gérées par les directions régionales du BRGM mais qui n'ont pas forcément été intégrées dans un réseau de suivi *sensu stricto*.

Les informations contenues dans ces bases sont issues des déclarations faites au titre du Code Minier ou du Code de l'Environnement, les informations peuvent être variables entre les différents types de points d'eau. Dans la carte ci-dessous (Illustration 21), on peut distinguer les captages pour l'Alimentation en Eau Potable (AEP), les ouvrages associés à un réseau de suivi piézométrique ou de suivi de la qualité des eaux souterraines.

Le site de Carola (entouré en rouge sur la carte) connu sous le nom de « Parc des Sources de Ribeauvillé » abrite à lui seul un grand nombre de points d'eau dans la région comprenant à la fois forages, sondage, sources et puits.

La plupart des qualitomètres est localisée à proximité des zones d'activités humaines (industrielles et agricoles), dans la plaine à l'Est de la zone d'étude. La densité des points est plus faible dans les zones de bordure : On y compte deux points : 03422X0006/MDP37 (à l'est de Ribeauvillé) et 03422X0022/HY (à la limite nord de la zone d'étude).

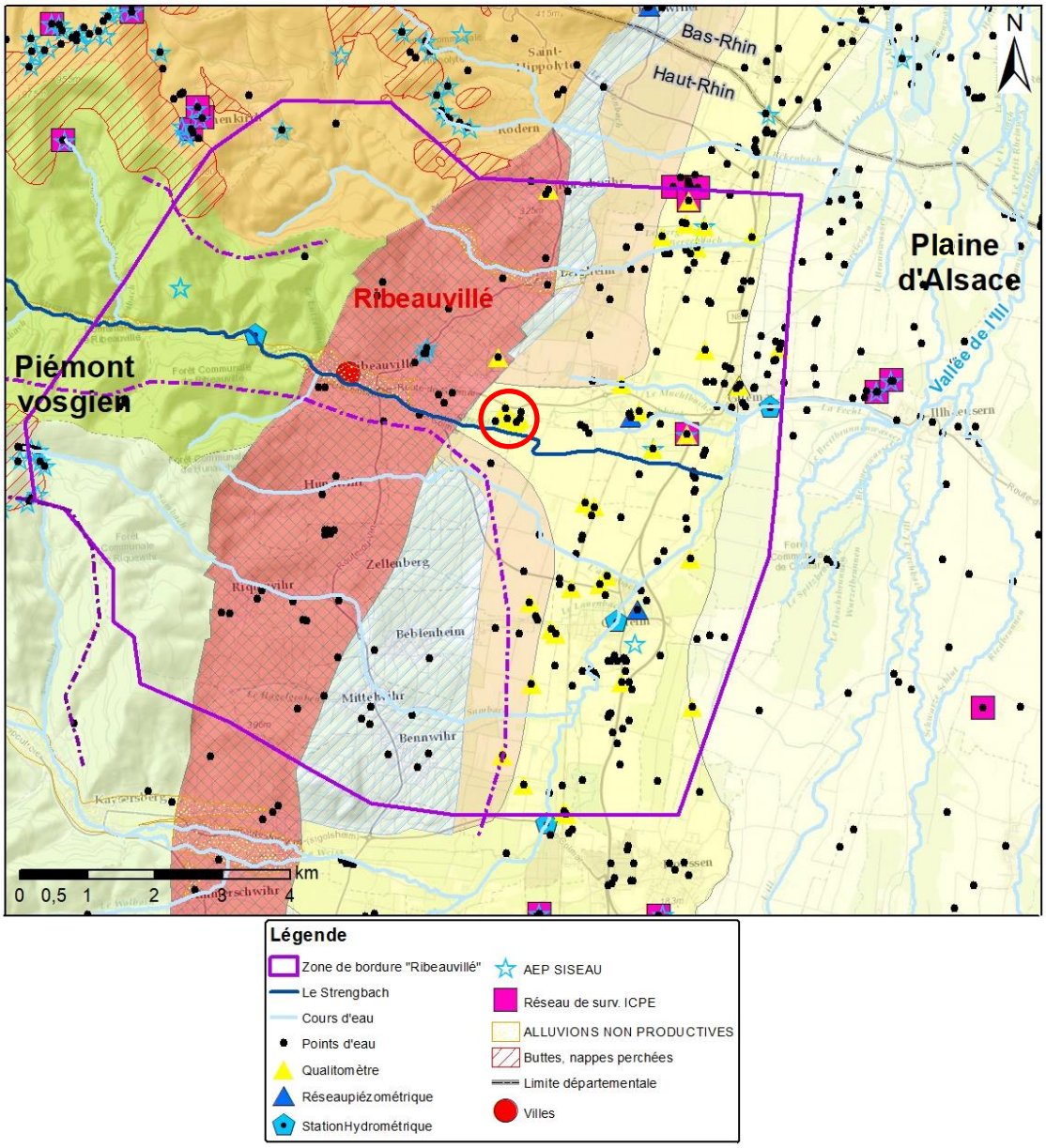


Illustration 21 - Localisation des points d'eau, des captages AEP, qualitomètres et piézomètres dans la zone de bordure « Ribeauvillé» (Source : ADES et BSS)

L'illustration 22 représente les ouvrages captant des eaux souterraines en fonction de leur profondeur d'investigation (quand elle est connue). On note que la plupart des ouvrages recensés ont une profondeur inférieure à 20 m. Ces valeurs sont assez caractéristiques des zones de bordure, où les forages et puits sont très généralement peu profonds et captent les eaux contenues dans les alluvions récentes. Quelques ouvrages profonds sont également présents sur le secteur, utilisés pour la plupart pour la géothermie. On notera également la présence d'un forage de recherche d'eau thermo-minérale atteignant 1000 m de profondeur (cercle rouge sur la carte (03422X0080/R1, réalisé par la Mairie de Ribeauvillé en 1989[7]).

[7] http://ficheinfoterre.brgm.fr/InfoterreFiche/ficheBss.action?id=BSS000YWAY

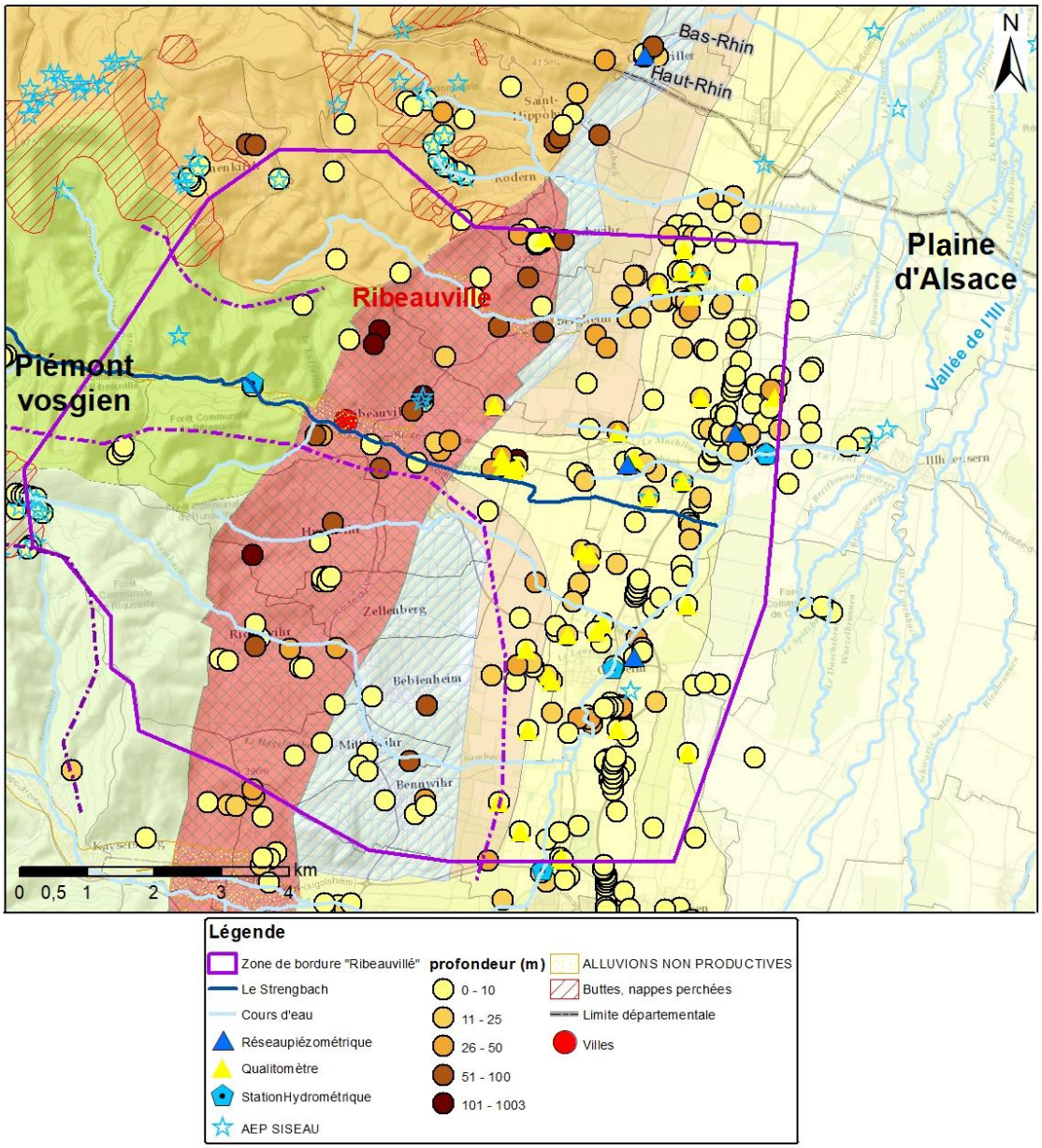


Illustration 22 - Représentation des ouvrages répertoriés dans la BSS EAU de la zone de bordure de « Ribeauvillé » en fonction de leur profondeur

Cette zone d'étude est d'ailleurs caractérisée par une forte exploitation d'eau thermo-minérale, donnant lieu à plusieurs études techniques (campagne de prospection géophysique, forage de reconnaissance, etc.) et ce essentiellement entre les années les 1970 et 1990. Ces études fournissent de nombreuses coupes géologiques et log stratigraphiques, permettant une meilleure compréhension de la nature du sous-sol dans la région.

Les ressources aquifères du massif vosgien sont exploitées par des sources captées qui alimentent les collectivités des vallées et des collines sous-vosgiennes. Ces dernières complètent leur alimentation par des forages dans la nappe alluviale.

Deux sources exploitées distantes de 5 m l'une de l'autre, les sources des « Ménétriers » (BSS000YVYZ) et du « Château » (ou « Carola », BSS000YVZA), exploitent une eau de type mixte, riche en bicarbonates et en sulfates alcalino-terreux.

5.2. ANALYSE PIEZOMETRIQUE ET HYDROMETRIQUE

5.2.1. Chroniques piézométriques

Dans la zone de bordure de Ribeauvillé, 4 piézomètres font partie du réseau de suivi quantitatif des eaux souterraines de la région Grand Est, géré par l'APRONA. Ce sont donc ces piézomètres qui ont été analysés, sur la période allant de 1954 à 2017. Leurs caractéristiques générales sont représentées dans le tableau suivant (source Infoterre, emplacement cf. Illustration 22) :

Code BSS	commune	Région naturelle	Nature	Profondeur (m)	Diamètre de l'ouvrage	Période d'observ.
BSS000YVYW 03422X0029/95	OSTHEIM	COLLINES-SOUS-VOSGIENNES	FORAGE	10.0	80	1955-2017
BSS000YWHH 03423X0056/100	GUEMAR	VALLEE-DU-RHIN	PUITS	10.7	400	1954-act.
BSS000YVYY 03422X0031/101	GUEMAR	COLLINES-SOUS-VOSGIENNES	FORAGE	9.7	120	1954-2011
BSS000WXCP 03077X0026/249	ORSCHWILLER	VALLEE-DU-RHIN	FORAGE	7.1	1000	1991-2012

Ils suivent tous la nappe des « alluvions Vosgiennes récentes du Giessen et de la Fecht ».

Les chroniques des 2 premiers ouvrages (Ostheim- 03422X0029/95 et Guemar-03423X0056/100), situés à proximité du cours d'eau de la Fecht, ont des fluctuations très similaires : battement assez faible (1 à 2 m), cycle annuel bien marqué avec une phase de recharge puis de vidange (cf. Illustration 23).

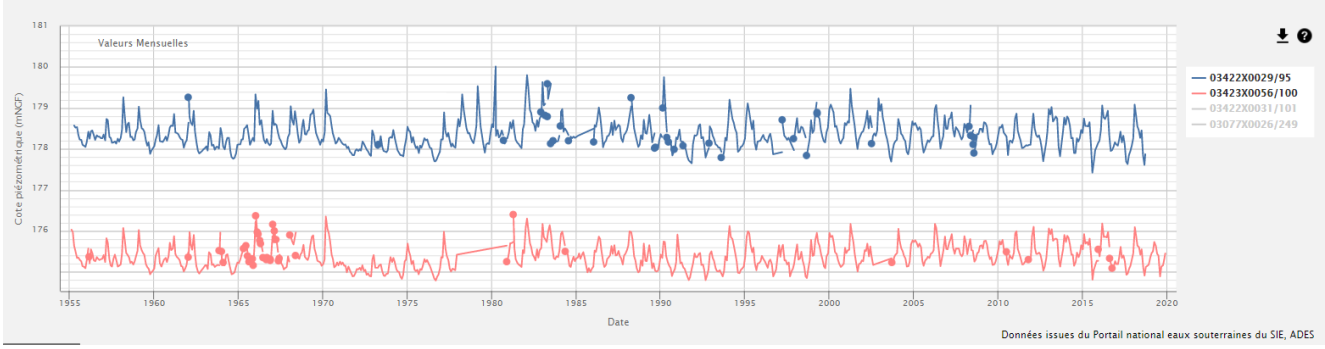


Illustration 23 - Piézomètres dans la zone d'étude : à Ostheim (03422X0029/95) et Guémar (03423X0056/100)

La chronique du deuxième piézomètre dans la commune de Guémar (03422X0031/101), plus en amont du bassin du ruisseau de Lohbach est très lacunaire, le signal, plus « bruité » est plus difficile à interpréter (cf. Illustration 24). On peut néanmoins reconnaitre des fluctuations avec battement plus important et un cycle annuel qui se superpose à un cycle pluriannuel : 2000-2008 marque l'évolution de Hautes Eaux puis de vidange jusqu'à atteindre des très Basses Eaux, avec un battement pluriannuel de 4 m. Les niveaux de plus Hautes Eaux ont été atteints en 1969 et 1970, et entre 2000 et 2003, et ceux de plus basses Eaux en 1972 et 1976, 1998 et en 2008.

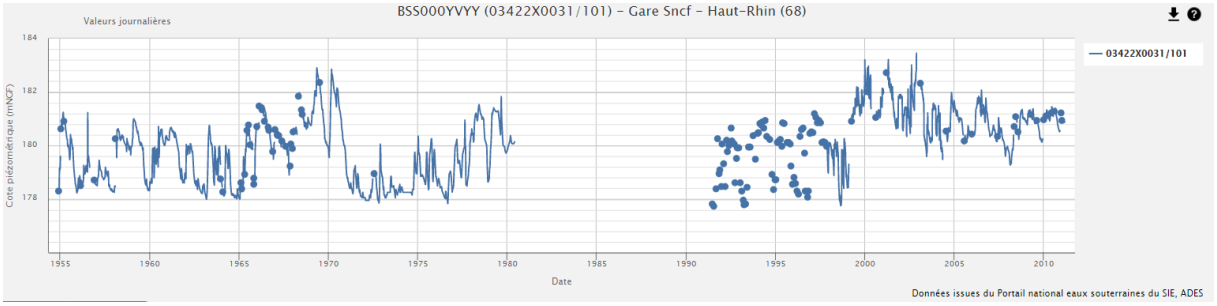


Illustration 24 - Piézomètres dans la zone d'étude à Guémar

La chronique mesurée à ORSCHWILLER montre que des cycles pluriannuels se superposent au cycle annuel de recharge /vidange (cf. Illustration 25). Les niveaux de plus Hautes Eaux ont été atteints en mai 1983 et juillet 1969 et ceux de plus basses Eaux en janvier 1965 et en novembre 1972.

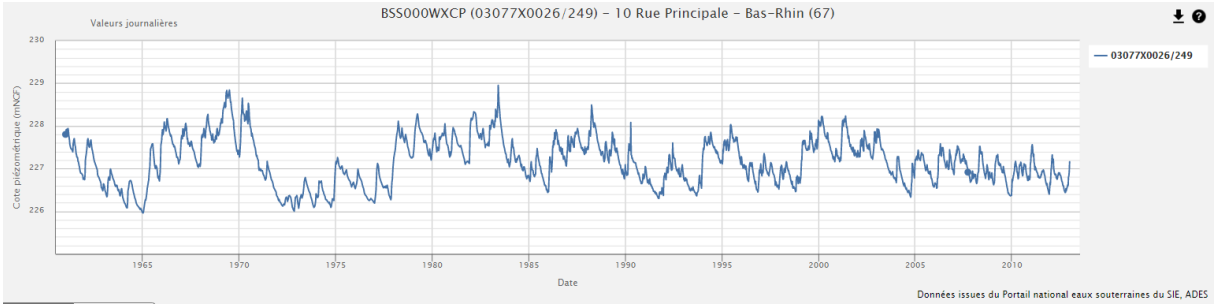


Illustration 25 - Piézomètres à Orschwiller, au nord de la zone d'étude

5.2.2. Chroniques hydrométriques

Toutes les données hydrométriques exploitées (débits des cours d'eau, gérés par la DREAL) sont issues du site de la Banque Hydro à l'accès public, (Annexe 1). Près de la zone d'étude, 6 stations de mesures disposant de chroniques au pas de temps hebdomadaire (cf. Illustration 21), dont 3 se trouvent dans la zone d'étude. Les données disponibles les plus actuelles sont les stations :

- à Ostheim sur la Fecht (depuis 1972) ;
- à Ribeauvillé sur le Strengbach (1971-2002) ;
- à Colmar sur l'Ill (depuis 1958).

Méthodologie :

L'analyse conjuguée des chroniques piézométriques et hydrométriques permet d'identifier les relations nappes-rivières existantes. La concomitance des évènements constitue un premier indice d'alimentation des cours d'eau par les eaux souterraines, ou inversement. Tous les piézomètres exploités captent l'aquifère des alluvions du Strengbach et de la Fecht.

Résultats : *Relation entre chronique piézométriques et chronique hydrométriques*

On note que sur l'ensemble des couples chroniques piézométrique et hydrométriques, les fluctuations saisonnières importantes de la nappe sont calquées sur celles des cours d'eau, notamment en période de hautes eaux. En effet, lorsque le cours d'eau atteint ses débits forts, le niveau de la nappe augmente quasi-simultanément. Le cours d'eau alimente les nappes d'accompagnements alluvionnaires, alors qu'en période de basses eaux, la nappe voit ses niveaux diminuer progressivement et dans ce cas la nappe alimente le cours d'eau et soutient l'étiage.

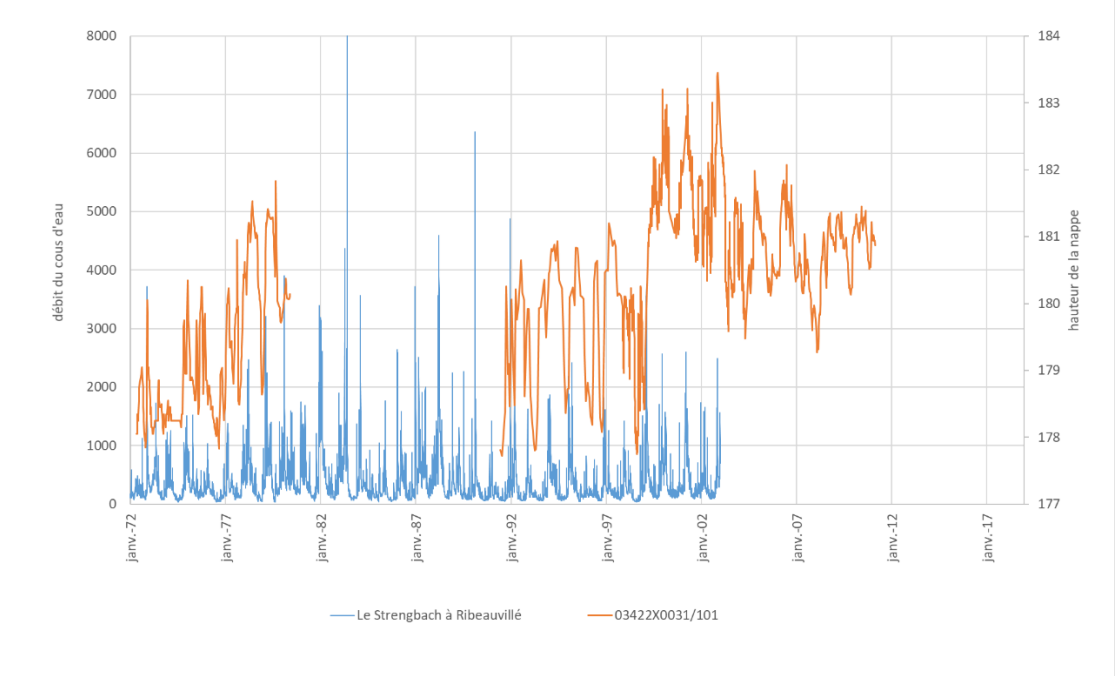


Illustration 26 - Superposition des chroniques piézométrique du forage 03422X0031/101 avec les chroniques de débits journaliers de la station hydrométrique du Strengbach à Ribeauvillé

L'Illustration 26 présente l'évolution du piézomètre 03422X0031/101, installé dans les alluvions du Delta du Strengbach à 5 km en aval, et les débits de la station hydrométrique du Strengbach à Ribeauvillé.

Les hautes eaux du cours d'eau correspondent aux hautes eaux de la nappe, avec un décalage de quelques semaines, ce qui montre une alimentation des cours d'eau vers les nappes en hautes eaux. La nappe dans cette zone a en plus un rôle de stockage des eaux, le niveau baisse sur plusieurs mois, voire années, elle est alors drainée par la rivière et donne lieu à une alimentation du cours d'eau.

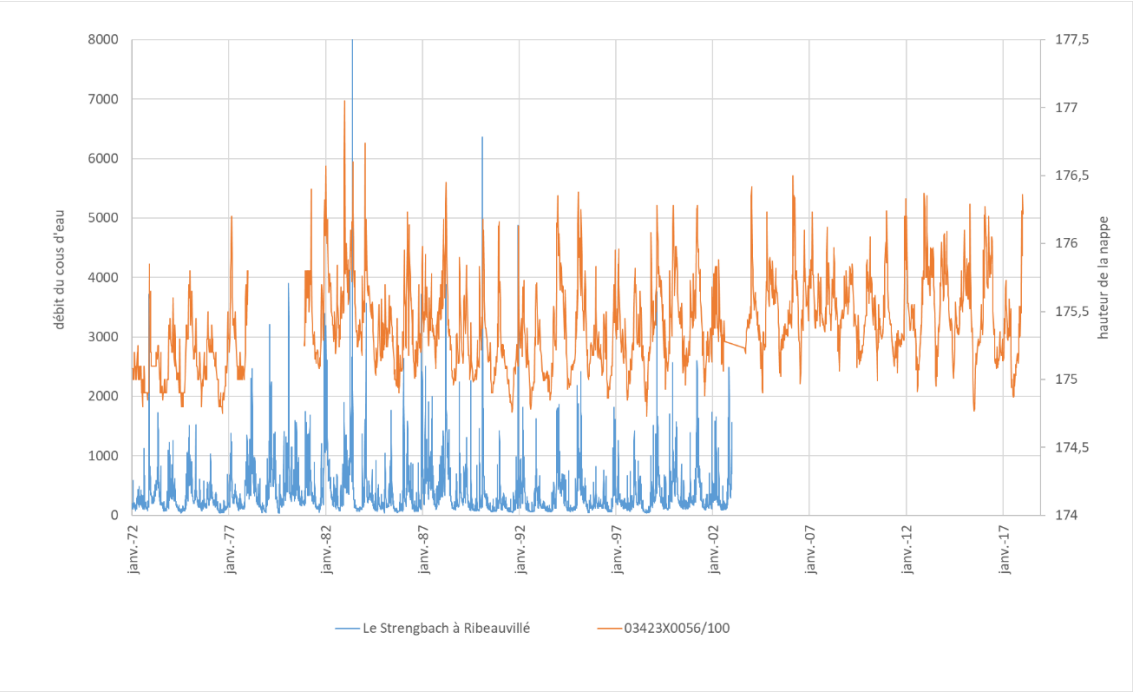


Illustration 27 - Superposition des chroniques piézométrique du forage 03077X0056/100 avec les chroniques de débits journaliers de la station hydrométrique du Strengbach à Ribeauvillé

Le piézomètre 03077X0056/100 (Illustration 27) présente également une relation importante avec les cours d'eau : Le cours d'eau le plus proche, la Fecht et le ruisseau de Muhlbach, sont directement en lien, avec quelques jours de décalage entre les hautes eaux de la rivière et celles de la nappe.

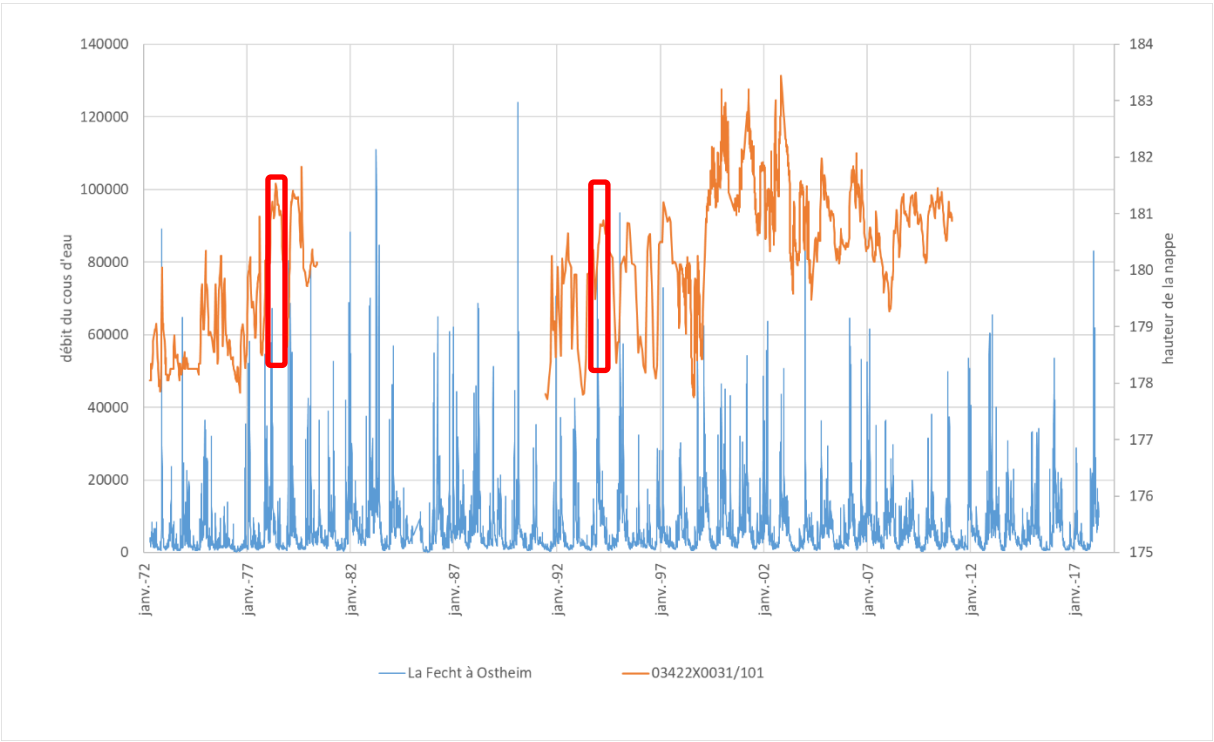


Illustration 28 - Superposition des chroniques piézométrique du forage 03422X0031/101 avec les chroniques de débits journaliers de la station hydrométrique de la Fecht à Ostheim

L'illustration 28 présente l'évolution du piézomètre 03422X0031/101 et les débits de la station hydrométrique du de la Fecht à Ostheim. Ce piézomètre est situé à 2 km en amont de la station, proche de la source du Lohbach.

Les hautes eaux du cours d'eau correspondent aux hautes eaux de la nappe, avec un décalage de plusieurs semaines (entouré en rouge dans l'illustration 28), comme pour le Strengbach. La nappe dans cette zone a en plus un rôle de stockage des eaux, le niveau baisse sur plusieurs mois, voire années, elle est alors drainée par la rivière. En période de sécheresse, le débit des rivières Lohbach, Fecht ainsi que le Strengbach est soutenu par cette nappe des alluvions du delta du Strengbach.

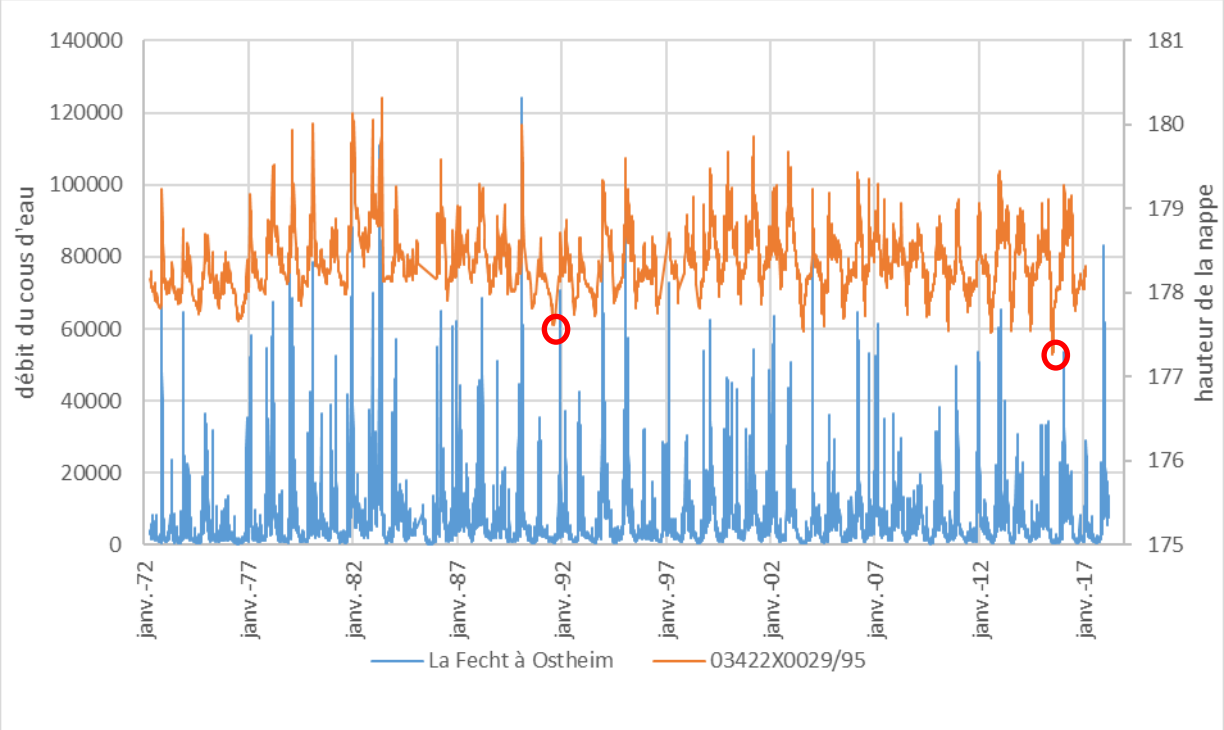


Illustration 29 - Superposition des chroniques piézométriques du forage 03422X0029 avec les chroniques de débits journaliers enregistrées par la station hydrométrique de la Fecht à Ostheim

Le point d'eau 03422X0029 se situe à 300 m à l'est de la Fecht dans les alluvions du cours d'eau (BDLISA : Alluvions vosgiennes récentes du Giessen et de la Fecht en Plaine d'Alsace). Les deux chroniques montrent une forte corrélation, la nappe est alimentée pendant cette période par les eaux de surface et réagit en période de hautes eaux du cours d'eau en moins d'une semaine. Compte-tenu de son inertie et des effets de stockage au sein de l'aquifère, la nappe alimente le cours d'eau et soutient l'étiage.
En période de très basses eaux de la nappe, la rivière était à moins de 50 cm (plusieurs périodes depuis l'été 1991 et été 2015).

Illustration 30 - Superposition des chroniques piézométriques du forage 03423X0056/100 avec les chroniques de débits journaliers enregistrées par la station hydrométrique de l'Ill à Colmar

Le piézomètre 03423X0056/100 se situe près de Guémar et près de la Fecht, à 2 km en amont de la confluence avec l'Ill. Néanmoins, les fluctuations enregistrées sur le point d'eau et la station de l'Ill permettent de voir une correspondance parfaite entre les hautes eaux et les basses eaux (entouré en rouge dans l'illustration 30). La nappe montre néanmoins une diminution plus progressive avec une alimentation et un soutien des débits des rivières.

La mise en relation des chroniques piézométriques et hydrométriques permet de démontrer une forte corrélation entre le niveau de la nappe et les débits des rivières vosgiennes aux alentours de l'Ill, de la Fecht et du Strengbach.

5.3. QUALITOMETRES

5.3.1. Données disponibles

Dans la zone de bordure de Ribeauvillé, on compte 38 qualitomètres ayant fait ou faisant toujours l'objet d'un suivi continu de la qualité de la nappe. Ils sont, pour la plupart, gérés par l'APRONA[8] et l'AERM[9],. La source de données principalement utilisée pour ce recensement est la banque nationale **ADES** qui rassemble les données de différents réseaux qualitatifs relatifs aux eaux souterraines :

- 21 d'entre eux sont associés au réseau pour les « inventaires de la qualité des eaux souterraines dans le Fossé rhénan en plaine d'Alsace » (réseau n°0200000015) ;
- 2 sont associés au « réseau qualitatif des eaux souterraines pour le suivi des installations classées pour la région Alsace (ICSP) » (réseau n°0200000036), au nord-est et est du secteur ;

[8] Association pour la protection de la nappe d'Alsace

[9] Agence de l'eau Rhin Meuse

- 11 appartiennent au « réseau national de suivi au titre du contrôle sanitaire sur les eaux brutes utilisées pour la production d'eau potable » (réseau n°0000000028), dont 4 sont actifs ;
- 1 appartient au « Réseau national de suivi de la directive Nitrates pour les eaux souterraines » (réseau n°0000000078, ouvrage situé à Guémar).

Sur 223 points d'eau dans la zone, 38 ouvrages peuvent être exploités à partir des extractions d'ADES concernant les concentrations en nitrates ou en pesticides. La majorité des ouvrages se situent au droit de la nappe d'Alsace.

5.3.2. Evolution des teneurs en nitrates et en produits phytosanitaires

L'état de la nappe phréatique d'Alsace est suivi dans le cadre de nombreuses études. Le projet ERMES, initié en 1973, permet de suivre l'évolution de différents polluants grâce à une campagne d'analyses tous les 6 ans d'un grand nombre de points dans cette nappe jugée stratégique.

Pour la zone d'étude de Ribeauvillé, les valeurs élevées en nitrates et en pesticides sont observés depuis longtemps : même si des améliorations peuvent être observées, une grande surface de cette zone reste fortement impactée, identifiée par de nombreux points dépassant la limite de potabilité, pour les nitrates (50 mg/L) et pour les pesticides (> 0.1 µg/L individuellement, ou 0.5 µg/L pour la somme)

Le rapport BRGM de l'année 1977 (77SGN678, ALS) mentionnait déjà des concentrations en nitrates importantes :

- 203 mg/L (03422X0065, ferme Barte), 55 mg/L (03422X0024) : représentatif des pollutions ponctuelles et superficielles ;
- 49 mg/L (03422X0065, AEP de Beblenheim), captant les eaux plus profondes entre 10 et 15 m, représentatif d'une contamination plus étendue issue des collines sous-vosgiennes et de la bordure ;
- Des valeurs plus faibles dans les deux forages voisins (<36 mg/L : X0040, 4.5 mg/L X0058), liées probablement à une recharge de la nappe plus importante ;
- La zone à l'est de Guémar et vers l'Ill est caractérisée par une dilution au sein de la nappe (zone aquifère plus puissante) avec des valeurs inférieures à 10 mg/L ;
- L'eau de la nappe en contact avec les eaux de surface de la Fecht est également caractérisée par des concentrations faibles.

Les nitrates

L'export des analyses issu du portail ADES a permis d'identifier, parmi les qualitomètres de la zone d'étude, 6 ouvrages avec plus de 10 analyses en Nitrates (tableau ci-dessous).

Tableau 4 : Qualitomètres selon les analyses de nitrates disponibles

Code BSS	NO3 max	Dat max	Dat min	Nbr anal.
03422X0003/F	**> 40 mg/L**	**04/12/1991**	**27/03/1968**	**56**
03423X0002/F	**> 40 mg/L**	**23/11/2018**	**29/10/1971**	**38**
03423X0172/AVL_S	**> 40 mg/L**	**18/06/2012**	**15/12/1995**	**37**
03422X0022/HY	**< 10 mg/L**	**08/03/1989**	**21/05/1973**	**15**
03422X0004/F	**> 40 mg/L**	**07/03/1989**	**30/10/1968**	**14**
03423X0001/F1	**> 40 mg/L**	**07/01/1992**	**21/05/1973**	**11**
03423X0008/PAM	10-40 mg/L	12/09/2016	20/10/1980	7

03422X0006/MDP37	> 40 mg/L	29/08/2016	17/10/1980	6
03423X0081/F	> 40 mg/L	29/08/2016	01/01/1991	6
03422X0090/F	> 40 mg/L	03/10/2016	01/01/1991	5
03422X0093/PAM	< 10 mg/L	21/09/2016	01/01/1991	5
03422X0107/F	> 40 mg/L	21/09/2016	01/01/1991	5
03422X0118/RIB1B	< 10 mg/L	06/10/1998	21/10/1996	5
03422X0120/RIB2B	< 10 mg/L	06/10/1998	21/10/1996	5
03422X0122/RIB3B	> 40 mg/L	06/10/1998	21/10/1996	5
03423X0073/P11	> 40 mg/L	05/09/2016	01/01/1991	5

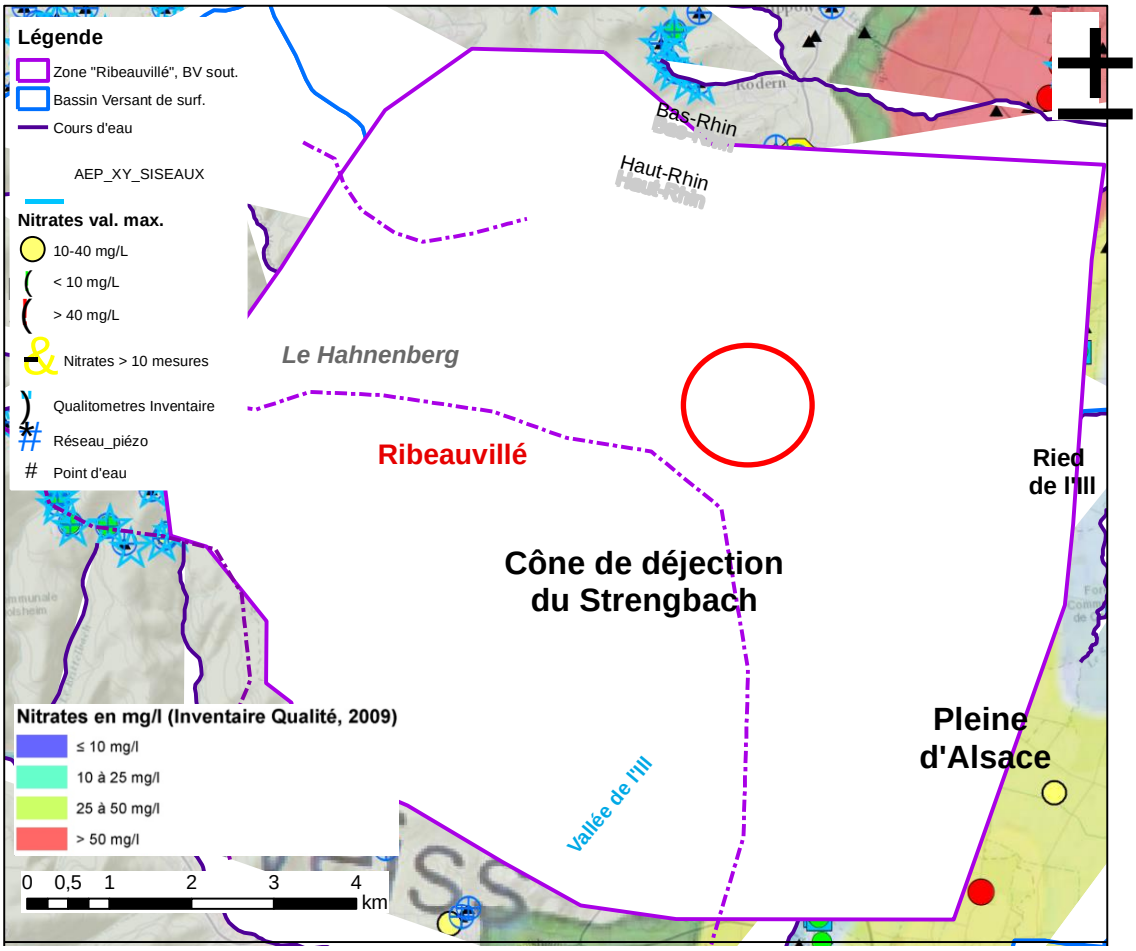


Illustration 31 - Carte des concentrations en nitrates dans les eaux souterraines issues de l'Inventaire de la qualité des eaux souterraines dans le Fossé Rhénan (Région Alsace, 2012) et des valeurs maximales en nitrates des qualitomètres ADES dans la zone de bordure « Ribeauvillé »

L'illustration 31 ci-dessus présente les résultats pour les nitrates (2009) de l'inventaire transfrontalier de la qualité des eaux souterraines dans le Fossé Rhénan (Région Alsace, 2012) sur la zone de bordure de Ribeauvillé sous forme d'une carte de zones selon 4 classes de concentrations en nitrates. La limite ouest des secteurs correspond à la limite de la plaine d'Alsace et de la zone d'étude de l'Inventaire.

L'export des analyses issu du portail ADES de tous les qualitomètres disposant de teneurs en nitrates a permis d'extraire les concentrations maximales sur la période de surveillance, soit

de 1968 à 2018. Ces valeurs sont superposées à la carte selon trois classes (< 10 mg/L, 10-40 mg/L et > 40 mg/L).

Ces zones correspondent bien aux données ponctuelles maximales : on retrouve l'aval du cône de déjection des alluvions du Strengbach, avec une zone très étendue caractérisée par des valeurs élevées en nitrates (> 40/50 mg/L).

La zone en jaune en aval de Ribeauvillé, avec la classification de concentrations en nitrates de 25 à 50 mg/L, ne peut pas être confirmée aujourd'hui : Effectivement, **plusieurs points en aval de Ribeauvillé dans cette zone ont récemment montré des concentrations au-dessus de 50 mg/L**. Cette zone n'est effectivement plus présente dans la toute nouvelle cartographie issue du projet ERMES Alsace 2016.

Le qualitomètre au nord du cercle confirme que la **zone rouge ne peut pas être limitée vers l'ouest** (également modifié sur la cartographie du programme ERMES Alsace 2016).

Il manque des données d'analyses en nitrates en amont de cette zone, dans les champs de fractures de Ribeauvillé, qui permettraient de délimiter cette zone de pollution en Nitrates.

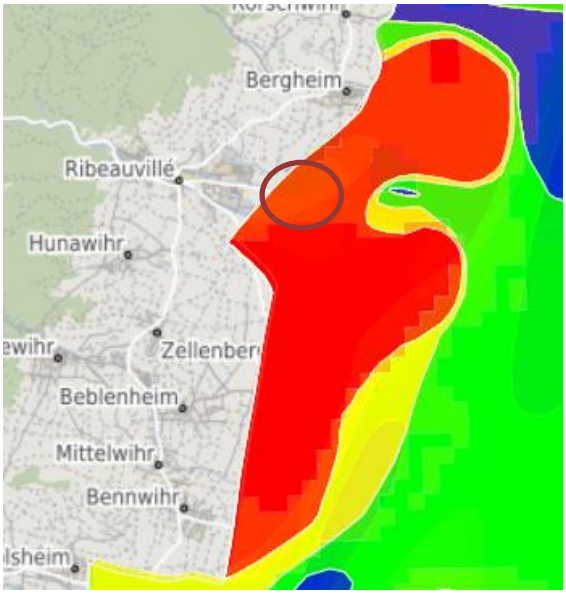


Illustration 32 - Carte des concentrations en nitrates dans les eaux souterraines issues du programme ERMES Alsace 2016 sur la qualité des eaux souterraines dans le Fossé Rhénan

L'ouvrage **03423X0002/F** (illustration 33), situé dans la commune de Guémar et appartenant au « Réseau national de suivi de la directive Nitrates pour les eaux souterraines », dispose d'une chronique actuelle et permet un suivi de l'évolution des nitrates dans le temps. Le forage de 21 m de profondeur est installé dans des sables et graviers des alluvions vosgiennes récentes du Strengbach et de la Fecht.

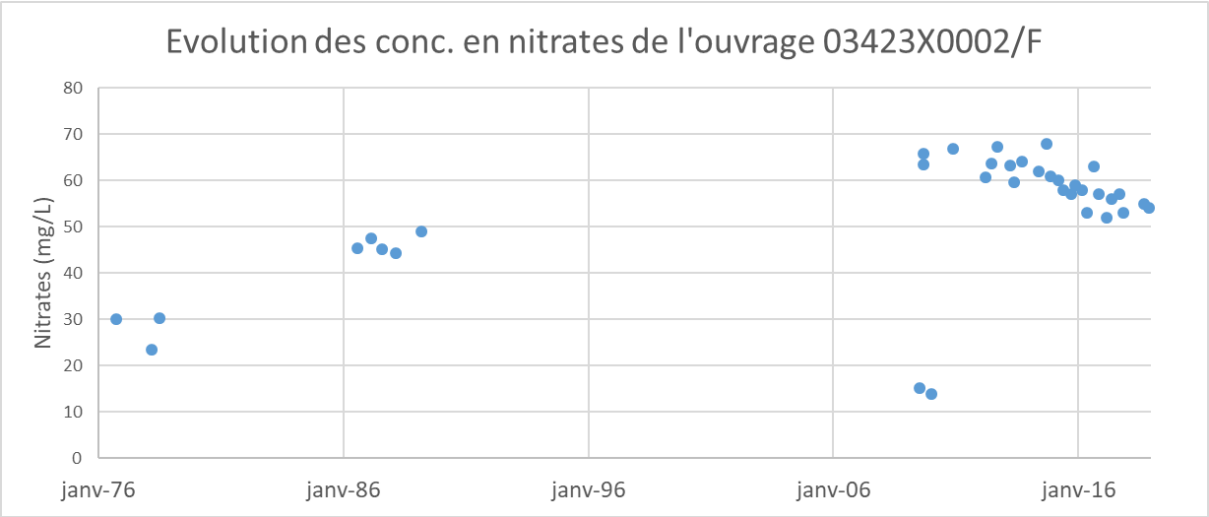


Illustration 33 - Chronique des teneurs en nitrates des eaux souterraines captées au sein du forage 03423X0002/F

On constate que les teneurs en Nitrates ont augmenté sensiblement dans le temps (entre 1971 et 1990) et dépassent les teneurs maximales admises dans les eaux potables (50 mg/L) depuis les mesures des années 2000, aussi bien en période de hautes et basses eaux. Ces valeurs sont en légère baisse depuis l'année 2014 mais les concentrations restent toujours au-dessus des normes admises (cf. Annexe 2).

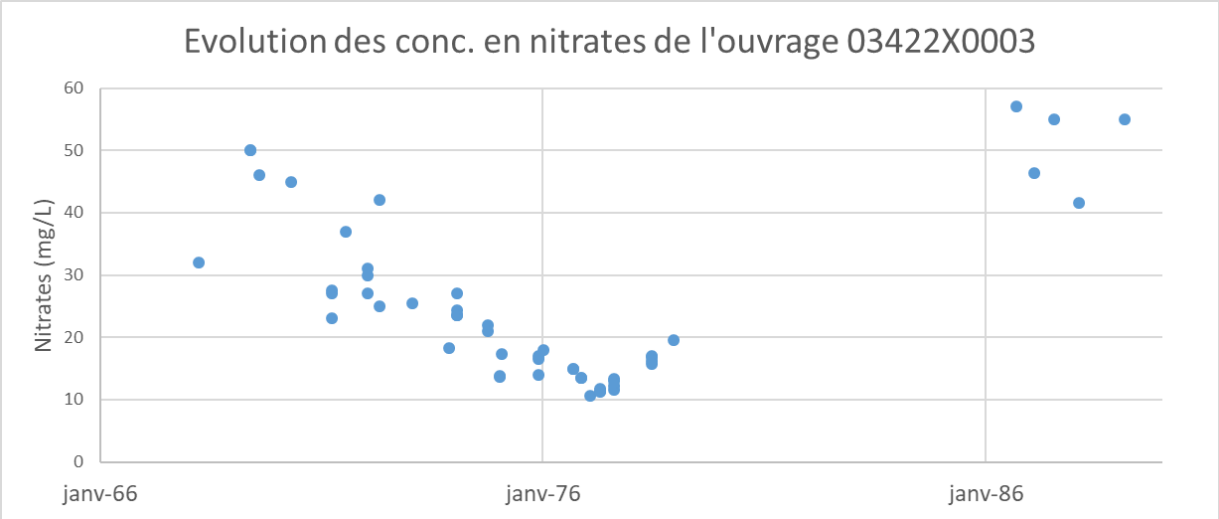


Illustration 34 - Chronique des teneurs en nitrates des eaux souterraines captées au sein du forage 03422X0003/F

L'ouvrage **03422X0003/F** (illustration 34), situé à l'est de Ostheim, est installé dans des sables et graviers et argiles des alluvions vosgiennes récentes du Strengbach et de la Fecht à une profondeur de 20 m. Ce point appartenait au syndicat des eaux de Beblenheim. Des valeurs élevées en nitrates, proche de la norme, ont été constatées dans les années 60. Des analyses des années 1980 indiquent des concentrations autour de 50 mg/L (pas de données récentes).

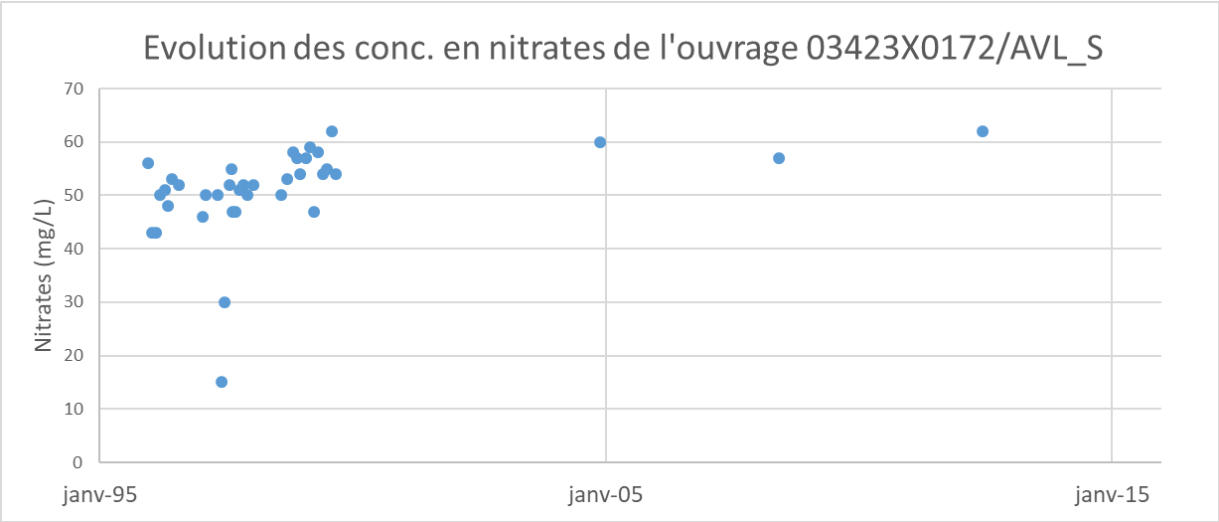


Illustration 35 - Chronique des teneurs en nitrates des eaux souterraines captées au sein du forage 03423X0172/AVL_S

L'ouvrage **03423X0172/AVL_S** (illustration 35), situé à Bergheim dans le nord-est de la zone d'étude, est installé très probablement dans des alluvions vosgiennes récentes du Strengbach et de la Fecht sous les limons (profondeur inconnue). **Malgré la présence des limons, les concentrations en nitrates sont élevées et dépassent depuis les année 90 la norme de 50 mg/L.** Ce point appartient au « réseau qualitatif des eaux souterraines pour le suivi des installations classées pour la région Alsace (ICSP) ». **Les limons semblent ne pas avoir une influence protectrice vis-à-vis des pollutions en nitrates.**

Les produits phytosanitaires

Les analyses des pesticides issues du portail ADES ont permis d'identifier parmi les qualitomètres de la zone d'étude 23 ouvrages avec au moins une analyse (tableau ci-dessous).

Tableau 5 : Tableau des qualitomètres avec analyses de pesticides

Code national BSS	Nombre Analyses	min. date	max. date	Analyses traces/dom val.	Analyses > 0,1 µg/L
03422X0006/MDP37	21	22/09/1997	29/08/2016	03422X0006/MDP37	03422X0006/MDP37
03422X0090/F	19	27/08/2003	03/10/2016	03422X0090/F	03422X0090/F
03422X0091/F	3	22/09/1997	22/09/1997	03422X0091/F	03422X0091/F
03422X0093/PAM	17	23/09/1997	21/09/2016	03422X0093/PAM	
03422X0107/F	9	15/09/2003	21/09/2016	03422X0107/F	
03422X0108/F	13	27/08/2003	22/08/2016	03422X0108/F	03422X0108/F
03422X0109/F	12	23/09/1997	01/09/2009	03422X0109/F	
03422X0126/RECO	11	12/09/2016	12/09/2016	03422X0126/RECO	03422X0126/RECO
03422X0153/CAPT	9	18/10/2016	18/10/2016		
03422X0175/PTS	5	21/09/2016	21/09/2016	03422X0175/PTS	
03423X0002/F	162	09/09/2009	25/11/2014	03423X0002/F	03423X0002/F
03423X0008/PAM	19	01/09/2003	12/09/2016	03423X0008/PAM	03423X0008/PAM
03423X0046/F2	3	25/09/1997	25/09/1997	03423X0046/F2	
03423X0056/100	9	23/09/2016	23/09/2016	03423X0056/100	03423X0056/100
03423X0073/P11	17	15/09/2003	05/09/2016	03423X0073/P11	
03423X0081/F	27	24/09/1997	29/08/2016	03423X0081/F	03423X0081/F
03423X0083/F	4	29/08/2003	19/08/2009	03423X0083/F	
03423X0204/F	11	03/10/2016	03/10/2016	03423X0204/F	03423X0204/F
03423X0210/F	8	15/09/2003	19/08/2009	03423X0210/F	
03426X0106/F	6	29/09/2003	29/09/2003		
03426X0121/F	3	22/09/1997	22/09/1997	03426X0121/F	03426X0121/F
03426X0310/1300	4	09/09/2009	09/09/2009		
03426X0520/PTS	5	22/08/2016	22/08/2016	03426X0520/PTS	

L'export des analyses a permis d'identifier 23 ouvrages avec des analyses de pesticides, dont 20 ont détectés au moins des traces de pesticides (Tableau 5). 11 ouvrages révèlent des teneurs en pesticides qui dépassent la norme de potabilité (> 0,1 µg/L) pour au moins une molécule du groupe des pesticides. Certains de ces ouvrages relèvent jusqu'à 5 molécules différentes avec des teneurs supérieures à 0.1 µg/L.

Les produits phytosanitaires dont les teneurs dépassent les limites de potabilité de l'eau et qui sont les plus usuellement retrouvés à l'intérieur de la zone de bordure, sont les suivants : 19 des 23 points révèlent de l'Atrazine et ses métabolites (Atrazine déséthyl, Atrazine déisopropyl) avec des teneurs dépassant les 0,1 µg/l. Durant les inventaires qualité de 1997 et 2003, ces concentrations ont été trouvées dans une zone très étendue de l'aquifère des alluvions vosgiennes comme celles du Giessen, de la Fecht et du Strengbach.

Cet herbicide a été largement utilisé en France et en Europe entre les années 1960 et 2000, cette molécule présente un très grand risque de lessivage vers la nappe. Depuis son interdiction en 2003, l'atrazine et ses métabolites ont persisté à de fortes concentrations dans l'eau et continuent de faire l'objet de suivis dans la région : la campagne de 2016 indique cependant une baisse importante des concentrations en atrazine (molécule mère) et ses métabolites, il reste 1 point avec des concentrations supérieures à 0.1 µg/L, 12 points ne détectent plus cette molécule.

D'autres produits phytosanitaires ont pu être rencontrés ponctuellement à des teneurs dépassant le seuil de potabilité fixé à 0.1µg/l : les Métolachlores (également interdit depuis 2003) et le Diméthachlore.

5.3.3. Données complémentaires sur la pollution aux nitrates sur le site de Carola

Des travaux de recherche ont été menées sur le site « CAROLA » (LAUGIER, 1991) avec l'objectif de comprendre la circulation des eaux dans le sous-sol. Ainsi, une étude et surveillance de tous les points d'eau du voisinage à l'intérieur et à l'extérieur de la propriété de CAROLA, située à Ribeauvillé, ont été réalisées avec l'objectif de mieux comprendre l'augmentation progressive de la concentration en nitrate, observée depuis les années 80/90 (R. Laugier, 1991).

Les eaux météoriques s'infiltrent dans les zones d'affleurement des Grès Vosgiens et des calcaires du Muschelkalk (à proximité de la faille vosgienne) puis cheminent de bloc tectonique en bloc tectonique à la faveur de la juxtaposition de terrains perméables, certaines failles constituent vraisemblablement des passages privilégiés.

La circulation des couches perméables du champ de fractures vers les mêmes horizons situés dans les fossés rhénans ne pourrait se faire que par l'intermédiaire de la faille rhénane. La circulation des horizons perméables profonds de la zone vers les horizons de surface ne peut se faire que grâce à la contiguïté de deux horizons perméables.

La minéralisation naturelle des eaux s'acquiert au contact des terrains. Les eaux des Grès Vosgiens, ainsi que celles du Muschelkalk sont, dans le champ de fractures, en raison du contact, des eaux chargées en anhydrites et gypse (source Carola), sulfatées et bicarbonaté calcique. Les eaux sont influencées par un mélange de ces eaux profondes et minéralisées et des eaux superficielles.

En 1990, les concentrations de Nitrates sont en général faible, de 3 mg/ L en profondeur (< 45 m). Localement, les concentrations en profondeur ont augmenté, de 15 mg/L en 1968 à 19.4 mg/L en 1981. Dans la même période, les concentrations étaient plus élevés dans les premiers mètres des eaux souterraines, de 34 mg/L (source du château). Selon cette étude, le taux élevé des nitrates dans les eaux souterraines proche de la surface est directement lié aux dates d'épandages des engrais et l'importance de l'écoulement des eaux de ruissellement, lié à la fréquence et l'importance des pluies.

Les trois sondages de reconnaissances dans le champ de fractures de Ribeauvillé ont montré que pour des profondeurs inférieures à 15 m, les eaux souterraines sont peu influencées par les eaux superficielles, caractérisés par des teneurs en nitrates élevées. En revanche, la minéralisation naturelle augmente fortement en profondeur.

5.4. ELEMENTS DE SYNTHESE

Les discontinuités créées par les fractures forment au premier abord des passages privilégiés et ont peu de capacité de rétention des pollutions. Les eaux superficielles chargées de nitrates et pesticides (dont l'origine est liée principalement aux activités agricoles) peuvent donc s'infiltrer sur ces passages et se mélanger aux eaux profondes. Toutefois, les mouvements ascendants naturels des eaux profondes peuvent limiter ce phénomène ainsi que la présence locale de niveaux peu perméables.

Dans les années 90, les nitrates avaient faiblement contaminé le niveau semi profond (10 à 45 mètres) mais étaient présents à de fortes concentrations dans la partie superficielle.

Actuellement, très peu de données publiques sont disponibles permettant de statuer sur le niveau de pollution. Or l'exploitation de la zone a pu provoquer une infiltration plus profonde des polluants dans la zone des fractures.

La présence dès les années 90 de nitrates dans le champ de fracture renforce l'hypothèse d'une source de pollution issue de la zone des vignobles. Toutefois la connexion entre le champ de fracture et les alluvions se fait au travers de la faille rhénane par un cheminement à priori complexe et peu connu.

6. Occupation du sol et éléments de vulnérabilité

6.1. OCCUPATION DU SOL

Deux bases de données permettent de sectoriser la zone d'étude en cinq secteurs :

1) Les informations de la base de données d'occupation du sol (état des lieux de 2011/2012 : BD-OCS v2[10]) à l'échelle du 1/10 000ème ;
2) Le registre parcellaire graphique (RPG), version 2017 permet d'identifier toutes les parcelles et les îlots culturaux ainsi que leur groupe de cultures majoritaires.

Les secteurs suivants ont été identifiés (cf. Illustration 36)

- Les vignes s'étendent sur les flancs des collines du piémont, sur une bande nord-sud le long des formations complexes du champ de fractures ;
- Plus à l'Est de la zone d'étude, correspondant à la plaine, les champs agricoles sont occupés par les cultures céréalière et maraîchère (blé et autres céréales, soja, colza, fourrage, betterave, mais, vergers…) ;
- Les espaces forestiers occupent les collines du piémont vosgien, et se prolongent le long des cours d'eau et au sud au niveau de la forêt communale de Colmar ;
- Des territoires artificialisés correspondent aux villes comme Ribeauvillé, Ostheim, Bennwihr, Gémar ;
- Les prairies se retrouvent tout le long des collines sous-vosgiennes.

Le sous-sol des terrains de vignes (cf. Illustration 36), en rouge (RPG 2017) et avec lignes rouges (CIGAL 2011/2012) peut être classé en trois grands groupes dans la zone d'étude :

1. A l'ouest dans l'extrémité nord, les terrains sont constitués par le socle Buntsandstein et les arènes granitiques, localisés à la limite socle-champ de fractures. On trouve quelques surfaces sur ces formations en dehors de la zone d'étude, en amont du ruisseau Eckenbach au nord de la zone et dans la vallée et au sud de la zone près de la vallée de la rivière Weiss ;
2. Pratiquement la totalité des vignes est localisée au centre, sur des terrains calcaires du Muschelkalk dans les formations complexes du champ de fractures, caractérisées par une infiltration rapide des eaux superficielles ; il en résulte des sols caillouteux et secs ;
3. A l'est, quelques terrains à la limite du champ de fractures, formés par les alluvions des rivières vosgiennes et partiellement couverts par les lœss.

[10] Réalisée sous la maîtrise d'ouvrage de la Région Grand Est, dans le cadre de la Coopération pour l'information Géographique en Alsace (CIGAL).

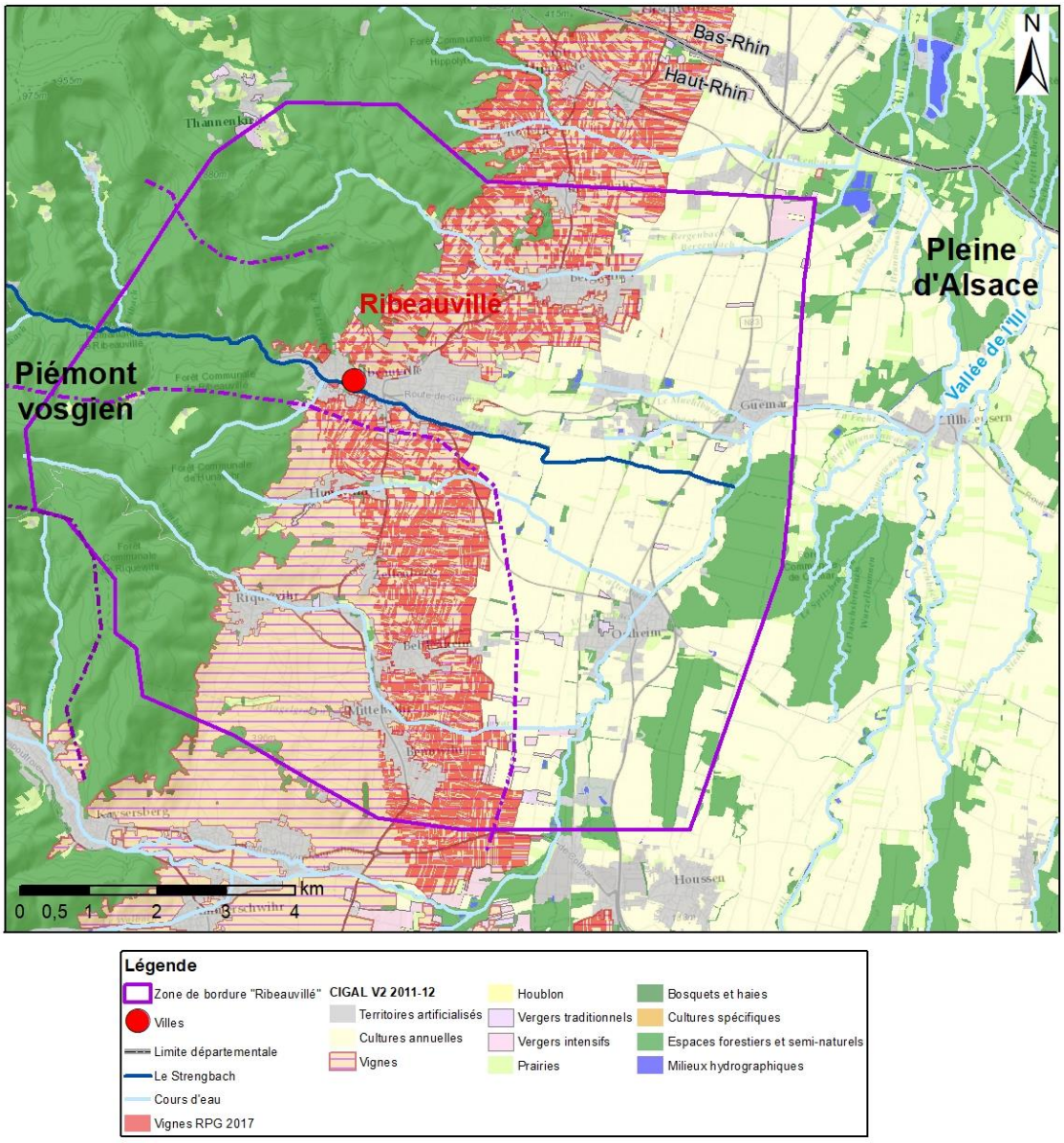


Illustration 36 - Occupation du sol sur la zone « Ribeauvillé » (source : Bd OCS CIGAL v2, années 2011-2012) et le registre parcellaire graphique (RPG), version 2017 (Vignes)

6.2. COMPARAISON ENTRE L'EPAISSEUR DE LA ZONE NON SATUREE (ZNS) ET L'IDPR

6.2.1. Méthodologie et données exploitées

La vulnérabilité est représentée par la capacité donnée à l'eau située en surface de rejoindre le milieu souterrain saturé en eau. La notion de vulnérabilité repose sur l'idée que le milieu physique en relation avec la nappe souterraine procure un degré plus ou moins élevé de protection vis-à-vis des pollutions suivant les caractéristiques de ce milieu. Le transfert des polluants dans le sol s'effectue d'abord à travers la zone non saturé (ZNS) avant d'atteindre la zone saturée.

L'analyse de cette vulnérabilité des eaux souterraines, conduite dans cette étude, a été menée sur la combinaison de deux critères :

- L'indice de développement et persistance des réseau (IDPR) ;
- L'épaisseur de la zone non saturée (ZNS).

Description de l'IDPR

L'Indice de développement et de persistance des réseaux (IDPR) est un indice cartographique qui permet de rendre compte de façon indirecte de la capacité intrinsèque des formations du sous-sol à laisser infiltrer ou ruisseler les eaux de pluie. Cette fonction d'infiltration dépend de la perméabilité verticale qui traduit la capacité d'un sol à laisser passer un fluide, cette notion d'infiltration est requise dans l'élaboration de toute carte de vulnérabilité. Très variable, ce paramètre dépend essentiellement de la lithologie de la formation considérée.

Il est calculé à partir de la BD Topo pour la prise en compte du réseau hydrologique naturel (état et type d'écoulement, nature des axes hydrographiques) et du MNT de la BD Alti (IGN) pour définir le réseau théorique des écoulements par l'analyse des talwegs. Sur le principe que l'organisation du réseau hydrographique est dépendant des formations géologiques (lithologie, structure) et permet la substitution des données liées à la perméabilité des sols et sous-sol.

Cet indice peut ainsi indiquer les secteurs vulnérables à une infiltration des eaux dans le sol.

Définition de la ZNS

Un autre critère à considérer pour caractériser la vulnérabilité d'une nappe est l'épaisseur de la ZNS. C'est la zone du sous-sol comprise entre la surface du sol et la surface d'une nappe libre. A cet endroit, la quantité d'eau gravitaire est temporaire, en transit. En effet, dans un milieu continu ou assimilé continu, la vulnérabilité de l'aquifère vis-à-vis des pollutions diffuses diminue avec la profondeur à laquelle il se trouve. **Une épaisseur importante de la ZNS peut protéger partiellement la nappe sous-jacente.**

6.2.2. Vulnérabilité autour de Ribeauvillé

Les deux indicateurs montrent que cette zone de bordure présente un contraste assez net entre ses deux moitiés Ouest et Est (cf. Illustration 37).

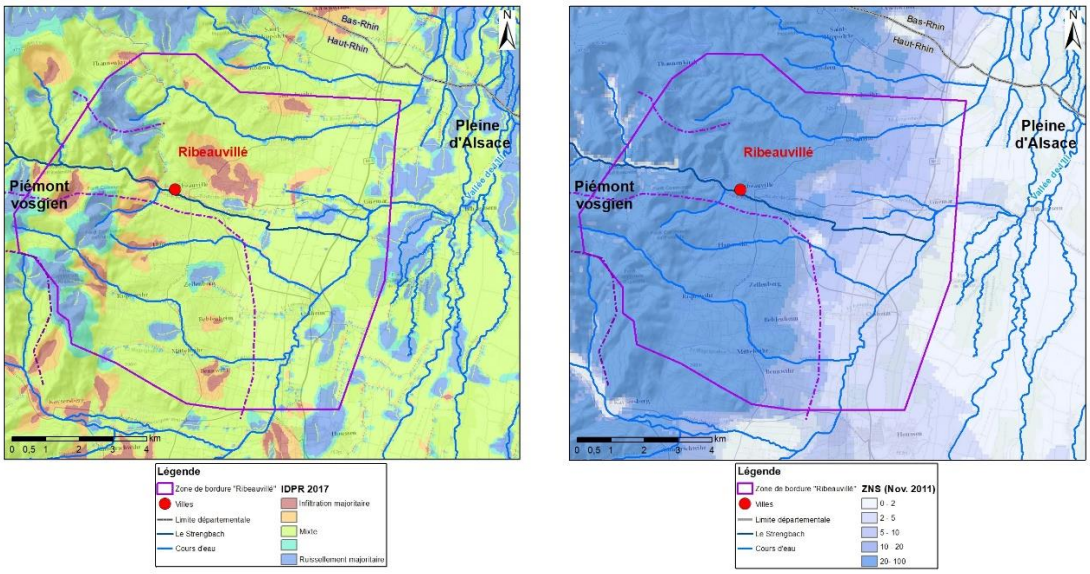


Illustration 37 - Résultats de l'IDPR et de la Zone Non Saturée dans la zone d'étude

La plaine, remplie d'Ouest vers l'Est par des dépôts de piémont puis les alluvions récentes et affleurantes du Strengbach et des grands cônes de déjections des autres rivières vosgiennes (Fecht, Weiss) se caractérise par une faible épaisseur de ZNS. La nappe y est d'ailleurs sub-affleurante par endroit vers la zone de l'Ill (< 2m), et de faible profondeur autour de la Fecht avec des valeurs inférieures à 5 m. Le delta amont de Ribeauvillé à proximité de la ville est une zone de transition vers la zone des montagnes avec une profondeur de 5 à 10 m.

La zone étudiée montre une variabilité importante dans la capacité du terrain à laisser ruisseler ou s'infiltrer l'eau de pluie :

On observe que la partie ouest au niveau des zones situées le long du linéaire des cours d'eau présente des indices d'infiltration mixte (couleurs orange- jaune-vert clair) à très infiltrant (couleur rouge, Illustration 37), ce qui correspond aux nappes d'accompagnement des cours d'eau. Dans ces parties, les formations superficielles sont peu épaisses et les terrains sont fortement fracturés et permettent localement une infiltration rapide des eaux superficielles. Ces zones sont alors les plus vulnérables à la pollution.

Une zone s'avère particulièrement infiltrante : A l'est et au nord-est de Ribeauvillé, une surface de 1,5 km de large et de 3 km de long témoigne des terrains particulièrement vulnérables aux éventuelles pollutions de surface, correspondant exactement à l'extension du champ de fractures au nord des alluvions du Strengbach.

La zone d'étude à l'Est dans la plaine est couverte de formations superficielles moins perméables et les indices d'infiltration sont de type mixte à ruisselant.

7. Conclusion et préconisations/recommandations

La compréhension du fonctionnement hydrogéologique de la zone de bordure de Ribeauvillé est rendue difficile du fait de la complexité de ce champ de fractures. En effet d'un point de vue géologique, elle se situe à l'interface de trois unités géomorphologiques qui se succèdent d'ouest en est : les Vosges cristallines et/ou gréseuses, les collines sous vosgiennes et enfin la plaine d'Alsace.

Cette synthèse s'appuie essentiellement sur l'analyse et l'interprétation de données historiques, disponibles via 1) des rapports et notes réalisés depuis les années 1960, 2) des ouvrages des eaux souterraines comportant des informations sur la qualité et la quantité des eaux souterraines, 3) des cartes, réalisées notamment depuis les 10 dernières années.

Historiquement, la zone de bordure de Ribeauvillé a fait l'objet de plusieurs forages dans le but de capter des eaux thermo-minérales dans le but d'un embouteillage (Carola) ou géothermique (porjet Ribeau-thermes ajournés). Le contexte hydrogéologique est en effet favorable en raison du passé tectonique présent dans la région. Les études ayant accompagnés ces réalisations ont permis de mieux appréhender le mode de circulation des eaux souterraines à l'intérieur du champ de fractures. Ainsi, la circulation des eaux est liée à la densité et à l'ouverture des fractures et fissures, auxquelles s'ajoutent des zones karstiques. Les karsts favorisent le développement d'un réseau de cavités complexe et hétérogène, constituant des chemins de circulations préférentielles pour les eaux souterraines Les eaux qui y circulent ne disposent ***pas d'autres voies de transit que ces fissures, ce type d'aquifère n'ayant que peu de capacité de stockage ou de filtration***. Certaines hypothèses mériteraient encore d'être vérifiées. Notamment, la réalisation de **campagnes de traçages** permettrait de définir plus précisément le cheminement qu'empruntent les eaux dans ce milieu fracturé du champ de fractures de Ribeauvillé et ainsi d'avoir une meilleure connaissance des zones de transfert des nitrates et pesticides.

Les corrélations entre les série hydrométrique et piézométrique montrent une **relation étroite entre les nappes d'accompagnement (cônes de déjections) et les rivières vosgiennes**. Des investigations de caractérisation des relations nappes-rivières permettraient de mieux comprendre le fonctionnement et la pérennité des ressources en eaux souterraines et en eaux de surface, ce qui constitue un enjeu fort dans le contexte de changement climatique. Parmi les investigations pouvant être envisagées, nous pouvons notamment préconiser une **campagne de jaugeages différentiels** le long des cours d'eau, depuis Ribeauvillé jusqu'à la confluence de la Fecht et sur la Fecht entre les différentes confluences des ruisseaux permettrait de localiser plus précisément les zones d'échanges. Concernant les **directions des écoulements souterrains**, la piézométrie de la zone de fractures, du cône de déjection à Ribeauvillé et dans la zone du piémont reste mal connue. Les cartes piézométriques existantes (source : APRONA) ne couvrent que la partie Est de la zone d'étude (25 % de la surface).

La mise en place **d'un dispositif de surveillance plus important** en privilégiant notamment l'implantation d'un réseau de piézomètres au sein même du champ de fractures de Ribeauvillé, permettrait d'améliorer sensiblement la connaissance de l'évolution des nappes dans le temps. Par ailleurs, une **campagne piézométrique plus fine** incluant la majorité de la zone d'étude Ouest, au travers du recensement de nouveaux points d'eau, permettrait d'y préciser les écoulements souterrains e et de mieux connaitre les zones de recharge et/ou de vidange de la nappe.

Le secteur du champ de fractures de Ribeauvillé est marqué par une occupation des sols dominée par les vignobles. A ce stade, nous disposons de quelques études qui permettent d'appréhender le transfert des polluants dans le champ de fractures et qui permettent de formuler des hypothèses sur la vulnérabilité des aquifère vis-à-vis de la pollution, majoritairement d'origine agricole. Elle a également permis de tirer le bilan des connaissances actuelles sur le secteur de Ribeauvillé, en identifiant les zones où il y a un manque de données.

Le **réseau de suivi de la qualité** des eaux couvre bien la partie située à l'Est du champ de fractures avec une vingtaine de points présentant des fortes concentrations en nitrates et en produits phytosanitaires. Les trois sondages de reconnaissance dans le champ de fractures de Ribeauvillé ont montré que pour des profondeurs **inférieures à 15 m, les eaux souterraines sont peu influencées par les eaux superficielles**, caractérisées par des teneurs en nitrates élevées. En revanche, la minéralisation naturelle augmente fortement en profondeur.

La quasi-totalité des points de mesures disposent d'un historique de mesure relativement court. Il serait donc intéressant de pérenniser le suivi afin de **disposer de chroniques de mesures de qualité plus longues incluant également les variations saisonnières (hautes et basses eaux)** pour connaître l'évolution de la qualité des eaux de la nappe et s'il y a une tendance à l'amélioration ou au contraire à une dégradation de cette dernière.

D'après la carte de vulnérabilité des eaux souterraines, à l'est et au nord-est de Ribeauvillé, de terrains particulièrement vulnérables aux éventuelles pollutions de surface sont identifiées, correspondant à l'extension du champ de fractures au nord des alluvions du Strengbach.

Concernant la présence de formations superficielles qui peuvent théoriquement avoir un rôle protecteur vis-à-vis des pollutions : La **couverture lœssique est peu étendue** dans la zone de bordure de Ribeauvillé et **la perméabilité des limons** dépend de la fraction d'argiles et de sables. **Très souvent, les limons se présentent sous forme de lentilles sans continuité verticale. Malgré la présence des limons en aval du champ de fractures, les concentrations en nitrates sont élevées et dépassent depuis les année 1990 la norme de 50 mg/L.** Les limons semblent donc ne pas avoir une réelle influence protectrice vis-à-vis des pollutions diffuses, majoritairement issues d'une origine agricole.

8. Bibliographie

Allier, D, Tormo, F., et Burgeron, A. (2011) - Evaluation préliminaires du risque d'inondations par remonté de nappes. BRGM/RP-59890-FR, 61 p.

Bildstein, O. et Buard, C. (1993) - Réalisation d'un forage dans le parc des sources à Ribeauvillé (68) - Comte rendu de fin de travaux - Réf : 37121 ALS 4S 93

Brugeron, A. (2014) - Synthèse hydrogéologique des zones de bordure « Graben de Pfulgriesheim », « Mommenheim - Brumath - Cône de la Zorn » et « Entzheim - Basse vallée de la Bruche ». Coll. « Banque Régionale de l'Aquifère Rhénan. », 148 p.

Brugeron, A. (2017) - Synthèse hydrogéologique de la zone de bordure de Kintzheim. Coll. « Banque Régionale de l'Aquifère Rhénan. », 78 p.

Hirlemann, G. (1970) - « Contribution à l'étude géologique du champ de fractures de Ribeauvillé (Haut-Rhin) ». Institut de Géologie, 109 p.

Le Gac, H. (Août 1989) Réalisation d'un forage de recherche d'eau thermominérale à Ribeauvillé (Haut-Rhin). Service géologique régionale Alsace - Réf : 89 SGN 676 ALS.

LUBW (2006) - Projet Interreg III - « Modélisation de la pollution des eaux souterraines par les nitrates dans la vallée du Rhin supérieur (MoNit)». Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden - Württemberg, 186 p.

Moiriat, D. et Kramers, E. (2002) - Evaluation et cartographie de l'aléa mouvement de terrain dans la région de Ribeauvillé (68) : étude détaillée Rapport BRGM/RP - 51999-FR, 42 p.

Party, J.P (2013) Guides des sols d'Alsace : Petite région naturelle n°12 Piémont haut-rhinois et Ochsenfeld- un guide pour l'identification des sols et leur valorisation agronomique.

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

Région Alsace (2003) - Inventaire transfrontalier 2002-2003 de la qualité des eaux souterraines dans la vallée du Rhin supérieur. Région Alsace, APRONA.

Risler, J.J. et Buard, C. (1989) - Projet de forage de recherche d'eau thermo-minérale à Ribeauvillé (68) - Etude de faisabilité.

Urban, S. et Boucher, J. (2011) - Région Alsace. Banque Régionale de l'Aquifère Rhénan-Programme 2008-2010. Rapport finale, Rapport. BRGM/RP-59978-FR. 65 p.

Sites internet

ADES. http://www.ades.eaufrance.fr/

AERM. www.eau-rhin-meuse.fr

APRONA. http://www.aprona.net/

Banque Hydro. www.hydro.eaufrance.fr

Infoterre. http://infoterre.brgm.fr/

Météo France. https://donneespubliques.meteofrance.fr

SANDRE. http://www.sandre.eaufrance.fr/

SIGES Rhénan. http://sigesar.brgm.fr/

Annexe 1
Liste des chroniques hydrométriques utilisées

ID	Code	Libellé	Département de localisation	Chronique	X l2_e	Y l2_e	Service
1	A2073010	Le Strengbach à Ribeauvillé	Haut-Rhin (68)	1971-2002	968871	2367308	NON
2	A2153020	Le Strengbach à Aubure	Haut-Rhin (68)	1989-1993	961634	2368192	NON
3	A2102010	La Weiss à Orbey	Haut-Rhin (68)	1988-2001	958051	2357726	NON
4	A2120200	ss à Kaysersberg [rue de la R	Haut-Rhin (68)	2006-2018	963976	2361974	OUI
5	A2122010	eiss à Kaysersberg [Fréland-C	Haut-Rhin (68)	1957-2017	962817	2362093	NON
6	A2132010	La Weiss à Sigolsheim	Haut-Rhin (68)	1968-1988	970006	2359627	NON
7	A2012010	La Fecht à Metzeral	Haut-Rhin (68)	1976 - 1979	953135	2345610	NON
8	A2012020	La Fecht à Muhlbach-sur-Munster	Haut-Rhin (68)	1978 - 2018	954432	2346849	OUI
9	A2023010	Petite Fecht à Stosswihr [Soffl	Haut-Rhin (68)	1970 - 1977	950739	2349581	NON
10	A2023020	etite Fecht à Stosswihr [Grossm	Haut-Rhin (68)	1969 - 1975	952342	2350045	NON
11	A2023030	Petite Fecht à Stosswihr [Villag	Haut-Rhin (68)	1976 - 2018	955751	2349981	OUI
12	A2030100	echt à Wihr-au-Val [rue de la Fe	Haut-Rhin (68)	2006 - 2018	963011	2349954	OUI
13	A2040100	La Fecht à Turckheim	Haut-Rhin (68)	1993 - 2018	967636	2354453	OUI
14	A2042010	Fecht à Wintzenheim [La Forge	Haut-Rhin (68)	1958 - 2007	964699	2351826	NON
15	A2052010	La Fecht à Bennwihr [gare]	Haut-Rhin (68)	1958 - 1971	973240	2360160	NON
16	A2052020	La Fecht à Ostheim	Haut-Rhin (68)	1972 - 2018	974250	2363159	OUI
17	A2062010	La Fecht à Guémar	Haut-Rhin (68)	1960 - 1973	976500	2366361	NON

Annexe 2

Limites de potabilité

CE µs/cm	PH	O2 dissous(%)	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Na (mg/l)	K (mg/l)	Cl (mg/l)	SO4(mg/l)	NO3(mg/l)	Pesticide/ Métabolite (µg/l)
200 à 1100	6,5-8,5	<30	200	150	200	12	250	200	50	0.1 (Somme :0.5)

Annexe 3
Description litho-stratigraphique de la zone d'étude

Les formations du SECONDAIRE

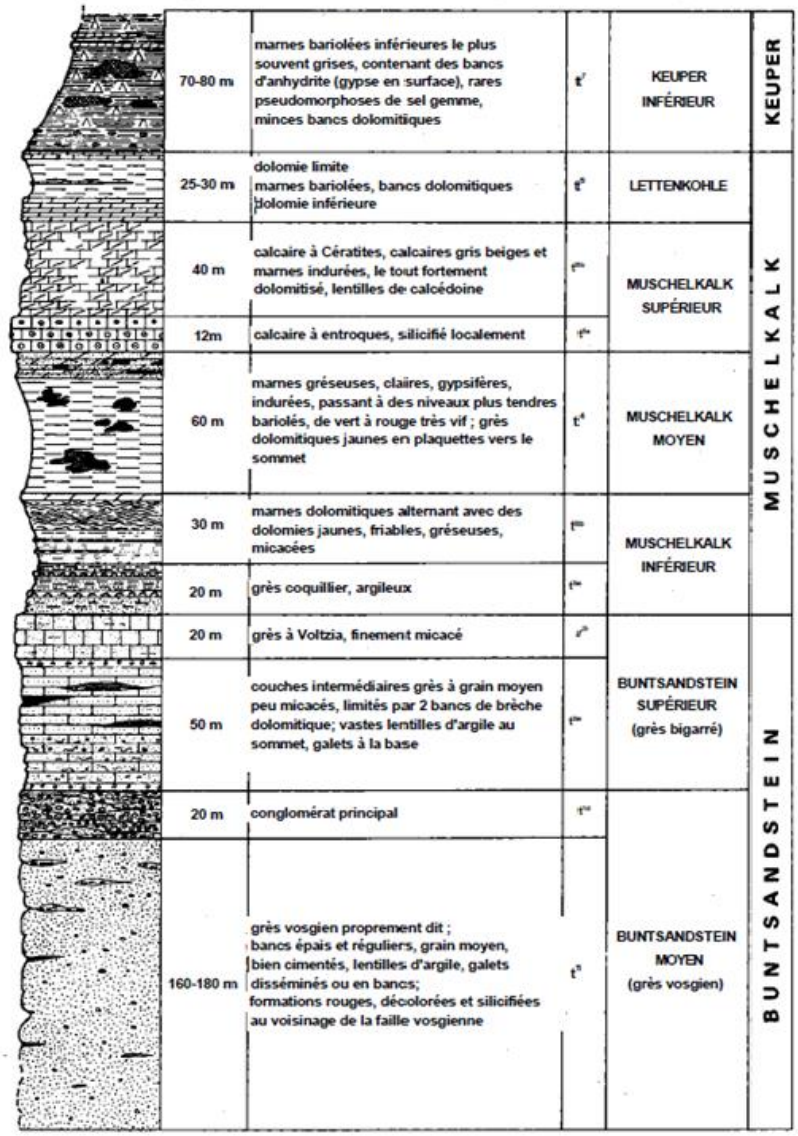


Illustration 38 - Schéma stratigraphique synthétique du Trias Dressé d'après les observations de terrain (HIRLEMANN, 1970)

Les formations du Trias

- **Buntsandstein**

Buntsandstein moyen : Grès vosgien (ou Grès des Vosges) (100 à 180m) :

C'est une formation détritique essentiellement gréseuse, de couleur généralement rouge. Le grès est assez grossier, formé par des grains de quartz arrondis réunis par un ciment silico-ferrugineux. Il contient 15 % de fragments de feldspaths potassiques alors que toute trace de muscovite est absente ; des galets de quartz blanc ou noir et des lentilles d'argiles rouges sont disséminés dans la masse. Ces grès sont disposés en bancs épais de 0,50 m à 6 m ; la stratification est oblique ou entrecroisée, le plus souvent horizontale.

Buntsandstein moyen : Conglomérat principal (20-25 m).

A son sommet, le Grès vosgien se charge brusquement de galets pour constituer un poudingue, c'est le Conglomérat principal ou Poudingue de Sainte-Odile. La lithologie de la matrice gréseuse est identique à celle du Grès vosgien ; il contient en abondance des galets (de 1 à 10 cm) de quartz filonien, de quartzites du Dévonien et de lydiennes du Silurien.

Le Buntsandstein supérieur

De par sa faible résistance à l'érosion, peu d'affleurement sont présents dans cette région ; il a cependant été identifié aux environs immédiats du village d'Aubure. Il est également présent à la base de la colline située au Nord de Ribeauvillé.

Les couches intermédiaires (30 à 50 m) sont formées par une série de grès qui présentent des traits caractéristiques à la fois du Grès vosgien et du Grès à *Voltzia.* Ce sont des grès grossiers lie-de-vin foncé ou brunâtres, parsemés de nombreux nodules noirs d'oxyde de manganèse.

Les grains de quartz teintés de violet en surface sont associés à des feldspaths blancs et à quelques très larges paillettes de muscovite.

Les niveaux gréseux sont disposés en bancs massifs, épais irréguliers, séparés par des joints au tracé irrégulier ; de vastes lentilles d'argile d'une épaisseur de 0,10 à 0,60 m sont intercalées entre les grès. Deux bancs gréseux bréchiques (de 0,20 à 1 m d'épaisseur) à éléments de dolomie limitent cette formation à la base et au sommet.

Le Grès à *Voltzia* (12-20 m) diffère des formations précédentes par la finesse de ses grains de quartz et par l'abondance des micas blancs qui sont disposés en lits très minces et qui favorisent le débit de la roche en dalles et en plaquettes. On y distingue : le Grès à *Voltzia* inférieur ou Grès à meules, épais de 8 à 12 m, gris, beige, ou rose, en bancs épais (1 à 3 m), avec des lentilles argileuses et le Grès à *Voltzia* supérieur ou Grès argileux, où les bancs de grès et les niveaux argileux gris-vert et lie-de-vin alternent régulièrement sur 4 à 6 mètres. Les Grès à *Voltzia* sont riches en débris végétaux, accumulés dans de petits lits charbonneux irrégulièrement répartis.

Les caractères sédimentologiques, la faune et la flore décrits dans le Nord de l'Alsace par Gall (1971) permettent de rapporter cette formation à un dépôt deltaïque où interfèrent les influences marines et d'eau douce.

- **Muschelkalk**

Muschelkalk inférieur**.** Il comprend :

- À la base, le Grès coquillier ;
- Au sommet la zone marno-dolomitique et la Dolomie à *Myophoria orbicularis.*

Le Muschelkalk inférieur affleure peu. Il forme la base des collines situées immédiatement au Nord de Ribeauvillé ; seul le Grès coquillier peut facilement être identifié sur le terrain ; il a été reconnu autrefois dans le village d'Aubure. Il s'agit là du vestige de roches secondaires le plus récent et le plus haut perché (770 m) à l'intérieur du socle cristallin des Vosges moyennes.

Cet unique témoin atteste l'immersion, au moins au Muschelkalk inférieur, du môle hercynien des Vosges.

Grès coquillier (15-20 m). Il est représenté par une vingtaine de mètres de grès dolomitiques et argileux, ocre-jaune à brun, piquetés de noir, finement micacés. Des niveaux à entroques y sont intercalés.

***Zone marno-dolomitique et Dolomie*.**

Le Grès coquillier est surmonté par des marnes dolomitiques jaunes qui alternent avec des dolomies jaunes, friables, vacuolaires. Les marnes présentent quelquefois une structure ondulée. Les apports détritiques se manifestent par quelques niveaux sableux.

Le Muschelkalk inférieur se termine par une dizaine de mètres de dolomies jaunes, sableuses, bien caractérisées par de nombreuses empreintes de *Myophoria orbicularis.*

Muschekalk moyen : Marnes gréseuses bariolées à gypse (60 m). Cette formation qui affleure uniquement au Nord de Ribeauvillé est essentiellement composée de niveaux marneux et salifères. Ce sont des marnes claires, localement bariolées de rouge et de vert. Les plaquettes marneuses portent des pseudomorphes de sel. Cette formation contient en profondeur d'importantes lentilles de sel gemme et de gypse. Des dolomies caverneuses surmontent les marnes.

Muschelkalk supérieur indifférencié : Calcaires à entroques couches à cératites et entroques : Marnes et calcaires / Lettenkohle indifférenciée : "Dolomie inférieure", "Marne bariolées" et "Dolomie limite" (Keuper inférieur)

Les terrains du Muschelkalk, de la Lettenkohle et du Keuper affleurent uniquement dans le champ de fractures. Dans celui de Ribeauvillé affleurent essentiellement :

Calcaires à entroques (10 à 15 m). Elles forment presque toujours un relief vigoureux apparent dans le paysage ; les affleurements en bande étroite, morcelés par des failles transverses, sont localisés le long de la faille vosgienne. Le calcaire est massif, compact, de couleur gris-beige, jaune sale par altération, disposé en bancs métriques, devenant oolithiques vers le sommet.

Couches à Cératites (40 à 50 m). Elles forment la colline qui porte l'église fortifiée de Hunawihr ; le chemin qui va à Riquewihr recoupe ces terrains à la sortie nord de Riquewihr.

Lettenkohle : Dolomie, Marnes bariolées et Dolomie limite (27 à 33 m). La Lettenkohle affleure médiocrement dans la colline du Mühlforst, au Sud de Ribeauvillé ainsi qu'aux abords de Hunawihr.

La Dolomie inférieure à la base, épaisse d'environ 10 m, est représentée par des dolomies beiges, en bancs épais, semblables à celles des couches à Cératites.

Les Marnes bariolées, épaisses de 15 à 20 m, sont grises à vertes, avec des lits rouges ou noirs, et de petites intercalations dolomitiques ou gréseuses. On y trouve des empreintes *d'Estheria minuta* et des débris végétaux. Des horizons charbonneux ont été observés au sein des marnes et des bancs dolomitiques.

La Dolomie-limite (au sommet) comprend 2 à 3 m de dolomie jaune pâle, fine, dure, à cassure conchoïdale en bancs de 5 à 15 centimètres.

- **Keuper**

Keuper inférieur: Marnes grises à noires, à gypse (50-70 m).

Les marnes du Keuper inférieur sont bien représentées dans de nombreux compartiments entre Bergheim et le Sud de Riquewihr. Cet ensemble est la partie la plus homogène de Keuper, il est composé de marnes grises à noires, nuancées de vert, très peu bariolées. Les marnes se débitent en fines lamelles ou forment des bancs compacts et durs (marnolites). Du gypse blanc, fibreux ou saccharoïde, y est interstratifié en abondance. A part quelques Esthéries, la faune est extrêmement réduite.

Keuper moyen : Marnes et dolomies à anhydrite (15-25 m).

Keuper supérieur: Marnes rouges (40-65 m). Le Keuper supérieur se distingue par sa couleur dominante rouge et violacée. Sur le terrain, lorsque les vignes sont fraîchement labourées, il est reconnaissable sur le flanc sud-est de la colline de Schoenenbourg au Nord-Est de Riquewihr à la couleur violacée du sol. Il comprend :

Les Argiles de Chanville, à la base (17 m) : marnes brun-rouge, plus ou moins dolomitiques, avec quelques passages verts. Anhydrite et gypse assez abondants.

Les formations du Jurassique

- **Lias**

Calcaires et marnes à Gryphées (10-15 m). Ces couches sont semi-affleurantes sur de grandes surfaces ; elles donnent un sol sombre et lourd, parsemé de Gryphées et de petits blocs calcaires gris.

Toarcien indifférencié (30 mètres) : Toarcien inférieur à supérieur :

Le Toarcien, identifiable grâce aux débris d'Ammonites épars dans les vignes.

- **Dogger**

Bajocien indifférencié (80 à 140 m) : **Bajocien inférieur à supérieur**

On y distingue les marnes et les calcaires et une partie terminale envahie par un faciès calcaire particulier, la Grande oolithe. Celle-ci est formée par des bancs métriques compacts de calcaire oolithique blanc, parfois spathique ou coralligène. La stratification est localement oblique : la masse des calcaires est entrecoupée par de petits lits marneux localement fossilifères.

Bajocien inférieur: Marnes et Calcaires (14-17 m) **;** Ces faciès ont été cartographiés sur le Mont de Sigolsheim, sur le flanc sud du Kantzlerberg (Bergheim) et au Sud de Bahlingen (Kaiserstuhl) : ils présentent la succession suivante de bas en haut :

- Marnes sableuses et micacées ;
- Marnes grises, jaunes, brunes, bleues ou noires, argiles grises à taches jaunes et calcaires sableux jaune
- Marnes bleues et bancs calcaires compacts (« Blaukalk ») de la zone à *E. sauzei.*

Bajocien moyen: Marnes et Calcaires (10-22 m).

Le Bajocien moyen apparaît sur le flanc du Mont de Sigolsheim et sur le flanc ouest de la colline du Florimont. Ces deux affleurements sont peu visibles car recouverts par endroits par un épais manteau d'éboulis. La série débute par 4 à 12 m de marnes riches en grosses

Bélemnites *(Megateuthis giganteus),* se poursuit par 1 à 4 m de calcaires argileux oolithiques plus ou moins ferrugineux qui ont livré *M. giganteus, Stephanoceras humphriesianum* et de grosses Huîtres plissées, et se termine par 5 m de marnes bleu-noir, localement sableuses à nombreuses concrétions.

Bajocien supérieur: Grande oolithe (50-90 m).

La Grande oolithe est bien visible dans les carrières abandonnées au Nord de Bergheim sur le flanc sud-est du Kantzlerberg (où l'on peut observer un contact par faille entre le Bajocien supérieur et le conglomérat oligocène).

La Grande oolithe est formée par des bancs métriques compacts de calcaire oolithique blanc, parfois spathique ou coralligène. La stratification est localement oblique : la masse des calcaires est entrecoupée par de petits lits marneux localement fossilifères

Les formations du TERTIAIRE

Éocène

Calcaire lacustre ; Sidérolithique (Bohnerz) (de 9 à 13m en sondage).

L'Éocène est représenté par des débris de fer sidérolithique en grain (Bohnerz), des brèches et des argiles rouges qui colmatent les fissures de la Grande oolithe ; ils affleurent dans la carrière abandonnée de la colline du Brandhurst, au Nord de Rorschwihr.

Oligocène

Lattorfien : Conglomérats et marnes interstratifiées (faciès de bordure du bassin)

Largement représentée dans les champs de fractures il occupe la partie la plus oriental de ces derniers. Cette série est remarquable par son épaisseur, estimée à plusieurs centaines de mètres ; elle comprend de puissantes formations conglomératiques où s'intercalent des marnes rouges, brunes, vertes ou beiges. Tous les intermédiaires existent entre les conglomérats grossiers et les sédiments fins (conglomérats, microconglomérats, grès conglomératiques, grès calcaires, marnes gréseuses, marnes argileuses).

Ces conglomérats sont constitués par un assemblage d'éléments plus ou moins arrondis, de taille variable (du millimètre au mètre), mal triés, comprenant toute la gamme des terrains sédimentaires anté-oligocènes ; les galets de socle (granites) sont rares et localisés au sommet de la formation. Les galets sont légèrement imbriqués les uns dans les autres, par dissolution de la portion jointive de chaque galet). Les galets peuvent être enrobés dans une matrice gréso-argileuse peu Consolidée, ou être fortement liés par un ciment carbonaté. Ces amas de galets sont d'origine fluviatile.

Trois grandes subdivisions, tenant compte de la fréquence relative de chaque type de galets, peuvent être utilisées sur le terrain :

Lattorfien inférieur (200 m environ) ; il débute par des marnes grises auxquelles succèdent des conglomérats où dominent les galets de Grande oolithe (plus de 50 %), quelques galets de grès calcaires à *L. murchisonae.* Puis viennent des marnes rouges à petits galets.

Lattorfien moyen (20 à 40 m environ) : marnes et conglomérats, niveaux fossilifères à *Mytilus faujasi.*

Lattorfien supérieur (200 m environ) : marnes grises ou bariolées et conglomérats à moins de 50 % de galets de Grande oolithe ; les éléments de Muschelkalk et de Grès vosgien dominent largement ; apparition des galets de granites.

Zone salifère transformée par métamorphisme de contact. Longue de 1,3 km, d'une largeur de quelques centaines de mètres, cette bande de Zone salifère métamorphisée est entourée au Sud, de phonolites intrusives responsables du métamorphisme. Le degré de métamorphisme est décroissant vers le Sud et vers l'Est. De petites auréoles de contact s'observent également sur quelques décimètres au voisinage des filons peu importants d'essexites ; les essexites ne sont donc pas responsables de la transformation. Les couches métamorphisées de la zone salifère se présentent comme une roche à grain fin et compact, grise à gris-vert parfois finement litée. Elle est très dure et se casse en éclats coupants ; altérée, cette roche devient grise-jaune à brun-rouille. Quartz, feldspath, calcite et diopside sont les principaux minéraux de ces « cornéennes calcaires ».

Les formations du PLEISTOCENE

Cailloutis de cônes de déjections

Cailloutis des cônes de déjections des vallées vosgiennes d'âge Mindel
Ils s'étalent au débouché des vallées vosgiennes et recouvrent les terrains secondaires et tertiaires du champ de fractures des collines sous-vosgiennes (Sud de Ribeauvillé, Nord de Bergheim) et disparaissent vers l'Est sous les lœss (Saint-Hippolyte, Bergheim, Ribeauvillé).

Cailloutis des cônes de déjections des vallées vosgiennes. Ils s'étalent au débouché des vallées vosgiennes et recouvrent les terrains secondaires et tertiaires du champ de fractures des collines sous-vosgiennes (Sud de Ribeauvillé, Nord de Bergheim) et disparaissent vers l'Est sous les lœss (Saint-Hippolyte, Bergheim, Ribeauvillé).

Cailloutis de cônes de déjections ; Riss ou Würm, Riss à Würm (Bergheim). Il s'agit d'un cône, mis en place en partie au Würm, sur du matériel rissien qui a été remanié. Les matériaux sont grossiers, avec des blocs métriques et une abondante matrice fine.

Formations d'épandage sablo-caillouteuses (glacis). Sur le bord de certains cônes de déjections (cône de déjections de la Weiss), des matériaux d'origine locale ont été étalés par le ruissellement en nappes de graviers et de petits cailloux dans une matrice terreuse. Au sud d'Ammerschwihr se trouve un glacis de ce type du Quaternaire ancien.

Cailloutis des cônes de déjections de la Fecht, de la Weiss, du Strengbach. Les cônes de déjections sont largement étalés sur le piedmont vosgien au bord de la région affaissée. Leurs caractéristiques varient d'un cours d'eau à l'autre, en fonction de la nature lithologique des bassins et des conditions paléoclimatiques qui régnaient dans ces bassins.

Colluvions

Colluvions: Argiles, graviers, petits blocs (>2m). Formation à dominante argileuse, rubéfiée, contenant des fragments de calcaire oolithique provenant des affleurements bajociens du Kantzlerberg. Vers le sommet, présence de concrétions calcaires.

Colluvions : Argiles, sables, cailloux. Ce sont des dépôts de pentes périglaciaires, très hétérométriques, dont seuls les plus importants ont été figurés.

Alluvions

Alluvions caillouteuses des vallées vosgiennes (« terrasses »). Elles passent graduellement aux cônes de déjections et sont constitués de cailloux et de sables. Elles sont hétérométriques, à la fois plus riches en éléments fins et en gros éléments.

Lœss

Lœss indifférenciés ; lœss wurmiens (0 à 30 m). Les lœss sont des limons éoliens, carbonatés. Ils ont été disposés par le vent lors des périodes froides du Quaternaire dans des conditions de steppe clairsemée, sur des étendues non inondables, ce qui explique leur répartition.

Les formations de l'HOLOCENE

La cartographie des alluvions actuelles et subactuelles a permis de distinguer deux types de nappes alluviales déposées par le Rhin ainsi que par l'Ill et ses affluents :

- Les matériaux rhénans : toujours calcaires, de dimensions variées (limons, sables et graviers ne dépassant pas 2 à 3 m)
- Les sédiments fins de l'Ill : jamais calcaires (limons avec une faible part de sables Vosgiens).

Alluvions

Alluvions de l'Ill

La majeure partie de la vallée de l'Ill est occupée en surface par des dépôts à texture fine, limoneuse, sablo-limoneuse parfois sablo-graveleuse. Ce sont des dépôts d'inondation non calcaires, leurs principales caractéristiques les rapprochent des limons de débordement (« Auelehm »). La granulométrie peut varier en fonction de l'éloignement des sédiments par rapport au lit mineur ou par suite de remaniements locaux entraînant un nouveau triage lors des crues postérieures. En général, 70 à 80 % des dépôts sont composés de grains inférieurs à 50 microns et 8 à 20 % correspondent aux sables de 50 à 200 microns. Par, contre, dans des zones d'extension réduite, dominent les sables et les graviers.

Alluvions sablo-limoneuses actuelles et subactuelles (« Ried brun » de l'Ill)

(0,4 à 1 m). Dépôts de type limons de débordement ; ils colmatent un ensemble de chenaux parallèles à l'Ill, creusés dans la nappe alluviale rhénane (Fz1*R*).
— 70 à 80 % du matériel est d'une taille inférieure à 50 microns ;
— 30 à 40 % est compris entre 10 et 30 microns.
L'épaisseur de ces dépôts varie entre 0,4 et 1 m selon la profondeur du chenal colmaté.

Cailloutis (« terrasse dite holocène »)

Alimentées par la Fecht, la Weiss, le Strengbach et le Bergenbach, ces alluvions d'une épaisseur de 1 à 2 m sont formées de sables limoneux avec graviers d'origine vosgienne.

Limons

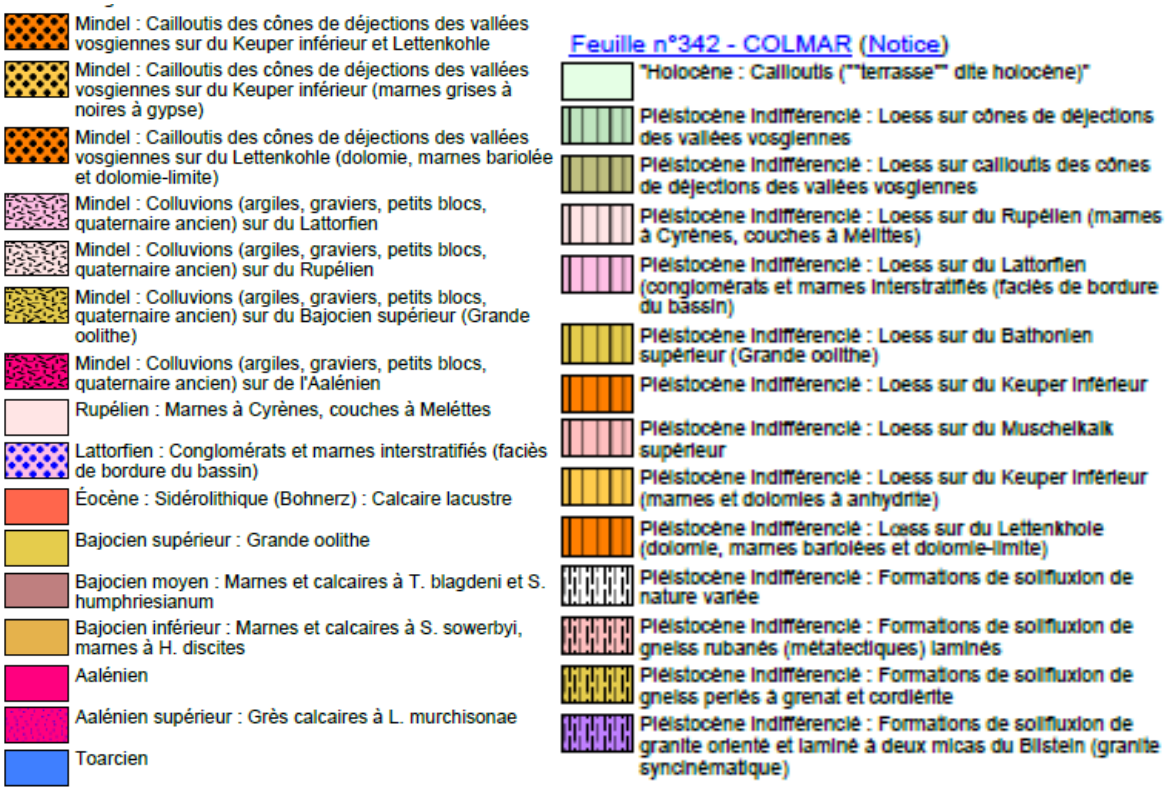
Limons post-romains et actuels de l'Ill

Ce sont les limons de débordement les plus étendus d'une épaisseur de 1 à 3 m, de couleur ocre et brune. Réduits, au Sud, à une bande étroite correspondant à la zone d'inondation de l'Ill, ils s'étendent largement au Nord. A la hauteur de Colmar et de Houssen, les limons forment deux levées alluviales correspondant à deux positions successives de l'Ill. Leur texture sablo-limoneuse très variable (70 à 80 % < 50 microns, 40 % entre 10 et 30 microns).

Limons de l'Ill, remaniés à l'époque subactuelle et actuelle

Sables limoneux non calcaires ou décalcifiés contenant parfois des graviers altérés et friables ; la proportion de limons augmente en surface. Cette formation d'une épaisseur de 1 à 2,5 m repose aussi sur la nappe alluviale rhénane (Fz1*R*) qui forme le soubassement général des formations alluviales de l'Ill. Elle correspond aux limons de débordement proches du lit mineur, comblant souvent d'anciens chenaux ou bras de crue.

Annexe 4
Légende des formations géologiques



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 Grand Est
Délégation de Strasbourg
Parc d'Activité Porte Sud - Bât H1
Rue du Pont du Péage
67118 - Geispolsheim - France
Tél. : 03 88 77 48 90