

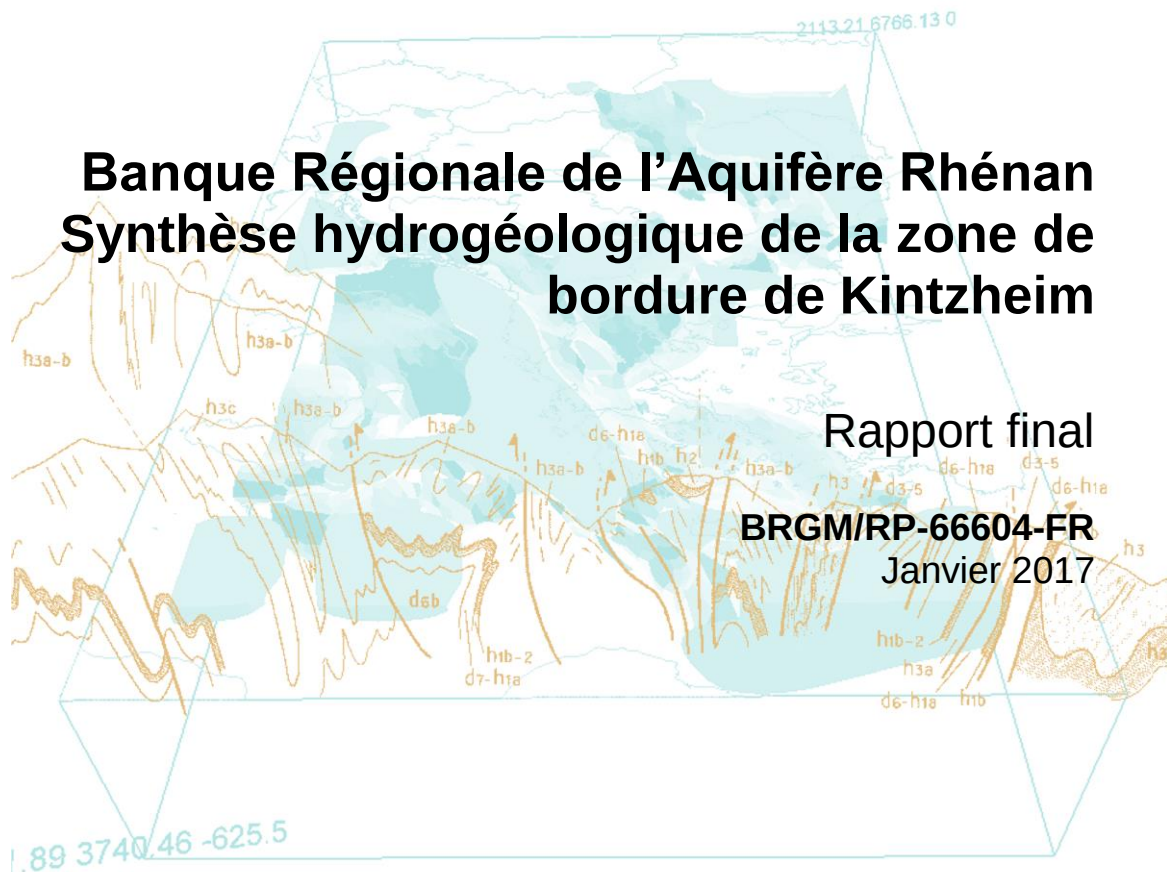


Banque Régionale de l'Aquifère Rhénan Synthèse hydrogéologique de la zone de bordure de Kintzheim

Rapport final

BRGM/RP-66604-FR

Janvier 2017



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

Rapport final

BRGM/RP-66604-FR

Janvier 2017

Étude réalisée dans le cadre des opérations
de Service public du BRGM 2015-RGH-04

A. BRUGERON

Vérificateur :

Nom : D. ALLIER

Responsable de programme

Date : 31/01/2017

Signature :



Approbateur :

Nom : K. SAMYN

Date : 21/02/17

Signature :

Kévin SAMYN
Directeur régional délégué
BRGM GRAND EST
Délégation de Strasbourg



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



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Mots-clés : BRAR, HYDROGEOLOGIE, EAU SOUTERRAINE, AQUIFERE RHENAN, SYNTHESE HYDROGEOLOGIQUE, NAPPE D'ALSACE, NAPPE ALLUVIALE, VOSGES, REGION GRAND EST

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

Brugeron A. (2017). Banque Régionale de l'Aquifère Rhénan. Synthèse hydrogéologique de la zone de bordure de Kintzheim. Rapport final BRGM/RP-66604-FR, 75 p., 34 ill.

Synthèse

L'étude du fonctionnement de la nappe rhénane en piémont vosgien (zones de bordure de la plaine d'Alsace) s'inscrit dans l'objectif d'une meilleure compréhension hydrogéologique de ces zones. En effet, du point de vue géologique et hydrogéologique, ces zones de bordure sont complexes car 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 nitrates et phytosanitaires.

Pour répondre à ce besoin, le programme 2015-2016 de la Banque Régionale de l'Aquifère Rhénan (BRAR), réalisé sous maîtrise d'ouvrage de la Région Grand Est, a donc fixé comme objectif prioritaire la réalisation d'une synthèse hydrogéologique de la zone de bordure de Kintzheim pour en améliorer la connaissance. Ce programme est réalisé par le BRGM et cofinancé par la Région Grand Est, l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse (AERM) et le BRGM.

Ce travail s'inscrit dans la continuité de la précédente convention BRAR (2011-2014) qui avait permis la réalisation de synthèses hydrogéologiques sur trois zones de bordures (Brugeron, 2014). Une approche méthodologique similaire a été ainsi menée sur cette zone de bordure de Kintzheim, comprenant plusieurs phases qui sont (i) une description du contexte topographique, (ii) une explication sur les critères utilisés pour délimiter la zone, (iii) une description du contexte géologique, en s'appuyant sur les cartes géologiques au 1/50000^{ème} mais également sur la carte des formations superficielles réalisée dans le cadre de la BRAR, (iv) le recensement des ouvrages à l'intérieur de la zone et leur description en fonction de leur usage (captages AEP, piézomètres ou qualitomètres), (v) une description du contexte hydrogéologique et hydrologique du secteur avec notamment la détermination des directions principales de l'écoulement souterrain et des zones remarquables d'alimentation de la nappe et (vi) une synthèse sur l'occupation actuelle du sol, les pratiques agricoles et quelques premiers éléments de 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 dans des endroits historiquement mal connus ou la mise en place de dispositifs de surveillance afin de se réapproprier la connaissance de certaines zones qui ont été délaissées.

La zone de bordure de Kintzheim est bordée, à l'Ouest par les premières collines vosgiennes et à l'Est par Sélestat et la bordure Ouest de l'Illwald. Elle inclut le cône de déjection du Giessen. Les premières formations géologiques aquifères qui y sont rencontrées correspondent à des alluvions d'origine vosgienne, généralement assez étendues. Les épaisseurs maximales de ces alluvions sont observées dans la partie centrale de la zone, qui pourrait correspondre à l'ancien chenal du Giessen, de direction Sud-Est. Cette hypothèse s'appuie sur la connaissance historique des directions d'écoulement des principaux cours d'eau vosgiens à l'époque pliocène (Vogt, 1992) mais également sur quelques rares indices mentionnés sur la notice de la carte géologique du secteur. Néanmoins, pour vérifier cette hypothèse, il est préconisé de réaliser une campagne de géophysique haute résolution, ciblée en partie centrale et Sud de la zone de Kintzheim.

Il faut noter également que, contrairement à d'autres zones de bordure, celle de Kintzheim se caractérise par la présence de dépôts de piémont de faible épaisseur mais largement étendus sur une bande d'un kilomètre à l'interface Vosges/Plaine ainsi que par une quasi-absence de

couches de loess recouvrant les alluvions aquifères. La zone étudiée montre par ailleurs (i) une variabilité importante dans la propension du terrain à laisser ruisseler ou s'infiltrer l'eau de pluie et (ii) une pollution avérée en nitrates en partie centrale et Sud. Il serait donc intéressant d'étudier plus finement les propriétés physico-chimiques et texturales des terrains en présence, à travers une campagne de prélèvements en différents points de ces secteurs.

Certains secteurs de la zone de bordure sont relativement bien documentés. Il existe notamment un grand nombre d'ouvrages dans la zone du débouché du Giessen ainsi qu'à l'Est de l'autoroute A35. Cependant, la qualité des informations de description de ces ouvrages est très hétérogène et ne permet pas, par endroits, une connaissance fine du contexte géologique et hydrogéologique. De plus, à l'Ouest de l'A35, entre Kintzheim et Orrschwiller, la densité d'ouvrages est particulièrement faible et il est notamment difficile (i) de déterminer le type et les caractéristiques hydrogéologiques de la formation géologique en présence sous les dépôts de piémont et (ii) de bien comprendre le rôle joué par ces dépôts de piémont dans les circulations d'eau souterraine de direction Ouest-Est. La réalisation d'ouvrages de reconnaissance sur ces secteurs permettrait d'en améliorer la connaissance.

D'autres préconisations plus spécifiques sont également proposées pour cette zone de bordure dans le chapitre 7 de ce rapport.

Sommaire

1. Introduction	9
2. Description générale du secteur	11
2.1. CONTEXTE TOPOGRAPHIQUE ET LIMITES DU SECTEUR	11
2.1.1. Description générale	11
2.1.2. Pluviométrie	12
2.1.3. Le Giessen	13
2.1.4. Les autres cours d'eau	14
2.2. CRITERES UTILISES POUR DELIMITER LE SECTEUR	14
2.2.1. Méthodologie	14
2.2.2. Choix des limites de la zone de bordure de Kintzheim	15
3. Contexte géologique et structural.....	19
3.1. DESCRIPTION GENERALE & METHODOLOGIE	19
3.2. CONTEXTE GEOLOGIQUE ET STRUCTURAL AUTOUR DE KINTZHEIM	19
3.3. CAS REMARQUABLE : LA VALLEE DU GIESSEN	22
3.4. DESCRIPTION DES FORMATIONS GEOLOGIQUES RENCONTREES A L'AFFLEUREMENT	23
3.4.1. Les formations du Cambro-Ordovicien	23
3.4.2. Les formations du Carbonifère	23
3.4.3. Les formations du Permien	24
3.4.4. Les formations du Trias	24
3.4.5. Les formations du Pléistocène	25
3.4.6. Les formations de l'Holocène	27
3.5. CARTOGRAPHIE DES FORMATIONS SUPERFICIELLES (BRAR, 2011).....	28
3.5.1. Rappel historique sur cette cartographie	28
3.5.2. Résultats autour de Kintzheim	30
4. Contexte hydrogéologique et hydrologique.....	31
4.1. DESCRIPTION GENERALE	31
4.2. ENTITES HYDROGEOLOGIQUES CARTOGRAPHIEES DANS LE REFERENTIEL BDLISA	32
4.2.1. Description du référentiel BDLISA.....	32
4.2.2. Résultats autour de Kintzheim	32

4.3. CARACTERISTIQUES HYDROGEOLOGIQUES DE L'AQUIFERE DES ALLUVIONS DU GIESSEN.....	34
4.3.1. Valeurs de caractéristiques hydrodynamiques de l'aquifère.....	35
4.3.2. Recharge	36
4.4. DIRECTIONS GENERALES DE L'ECOULEMENT SOUTERRAIN	36
4.4.1. Données utilisées	36
4.4.2. Résultats autour de Kintzheim	38
4.5. RELATIONS NAPPE-RIVIERE ET INTER-NAPPES.....	41
5. Valorisation des informations ponctuelles dans le secteur	45
5.1. CAPTAGES AEP OU POUR L'ADDUCTION PRIVEE	47
5.2. PIEZOMETRES (ADES ET HORS ADES)	49
5.2.1. Au pied des collines du piémont vosgien	51
5.2.2. En bordure du Giessen	53
5.2.3. En partie aval de la zone (Sélestat)	55
5.3. QUALITOMETRES	57
5.3.1. Les nitrates	58
5.3.2. Les produits phytosanitaires	60
5.3.3. Les organohalogénés volatils.....	61
6. Occupations du sol et premiers éléments de vulnérabilité	63
6.1. OCCUPATIONS DU SOL	63
6.2. COMPARAISON EPAISSEUR DE ZONE NON SATUREE (ZNS) ET IDPR	65
6.2.1. Description de l'IDPR.....	65
6.2.2. Résultats autour de Kintzheim	67
7. Bilan sur l'état des connaissances actuelles & Préconisations/recommandations pour améliorer la connaissance	69
8. Conclusion.....	71
9. Bibliographie	73

Liste des illustrations

Illustration 1 : Carte d'élévation topographique du secteur « Kintzheim » et de localisation des cours d'eau (MNT : Modèle Numérique de Terrain)	11
Illustration 2 : Aperçu du piémont au Sud de Kintzheim (reconnaissance terrain février 2015) .	12
Illustration 3 : Moyenne annuelle de référence 1981–2010 des précipitations (grille Aurelhy, Météo France) sur le secteur de Kintzheim	13
Illustration 4 : Les évolutions dans la définition d'un zonage homogène dans le secteur de Kintzheim à travers trois études (Elsass, 2009 – Urban et al., 2010 – Présente étude, 2016)	16
Illustration 5 : Coupe longitudinale au droit de la commune de Sélestat (modifié d'après Delporte, 1993)	20
Illustration 6 : Extrait de la carte géologique harmonisée au 1/50000 ^{ème} centrée sur la zone « Kintzheim », d'après les cartes géologiques de Sélestat (BRGM, 1970) et Colmar-Altorsheim (BRGM, 1972).....	21
Illustration 7 : Extrait de la carte du toit du substratum réalisée dans le cadre du projet LIFE (Elsass, 1996)	22
Illustration 8 : Cartographie des formations superficielles de la plaine d'Alsace (Urban et Boucher, 2011 - Programme BRAR Région Alsace 2011-2014)	29
Illustration 9 : Cartographie des formations superficielles dans la zone « Kintzheim » - à gauche les formations récentes de couverture, à droite, le substrat des formations aquifères (d'après Urban et Boucher, 2011)	30
Illustration 10 : Cartographie des principales superpositions d'entités hydrogéologiques du référentiel BDLISA version 1, répertoriés dans la zone « Kintzheim ».....	33
Illustration 11 : Points d'eau recensés dans la BSS EAU comme ayant fait l'objet d'un ou plusieurs pompages d'essai	35
Illustration 12 : Grille d'épaisseur de ZNS sur le territoire alsacien (d'après Allier et al., 2011) .	37
Illustration 13 : Extrait de la carte piézométrique de février 1972, avec axe du paléochanel supposé (trait rouge) et direction des écoulements du Giessen vers la nappe (flèches bleues) (Simler, 1976)	38
Illustration 14 : Localisation des lignes de courant principales et des lignes de partage des eaux souterraines – Kintzheim	39
Illustration 15 : Comparaison des bassins versants souterrains et de surface – zone « Kintzheim »	41
Illustration 16 : Echanges nappe/rivières estimés d'après le modèle LOGAR, en basse et hautes eaux (Observatoire de l'Eau, APRONA).....	42
Illustration 17 : Localisation des captages AEP, qualitomètres & piézomètres ADES et autres ouvrages répertoriés dans la BSS EAU dans ou à proximité de la zone de bordure « Kintzheim »	46
Illustration 18 : Représentation des ouvrages répertoriés dans la BSS EAU de la zone de bordure « Kintzheim » en fonction de leur profondeur et répartition de ces ouvrages sur une boîte à moustache	47
Illustration 19 : Représentation des ouvrages destinés à l'Alimentation en Eau potable (actifs ou non) répertoriés dans le Référentiel des captages AEP, au sein de la zone de bordure « Kintzheim ».....	48
Illustration 20 : Localisation des piézomètres ADES et hors ADES et des stations de mesure hydrométriques référencées dans la Banque Hydro – zone « Kintzheim »	50

Illustration 21 : Chroniques de quatre points d'eau localisés le long du piémont vosgien et chroniques de débits journaliers enregistrés par les stations hydrométriques du Giessen à Sélestat (stations « amont » et « annonce des crues »)	52
Illustration 22 : Comparaison des chroniques piézométriques des forages 03077X0026/249, 03077X0027/250 et 03077X0014/254A avec la chronique de débits journaliers enregistrés par la station hydrométrique du Giessen à Sélestat (période 1966-1980)	53
Illustration 23 : Chroniques de deux points d'eau localisés en bordure du Giessen et chroniques de débits journaliers enregistrés par les stations hydrométriques du Giessen à Sélestat (stations « amont » et « annonce des crues »)	54
Illustration 24 : Comparaison des chroniques piézométriques des forages 03077X00238/209F et 03077X0033/209E avec la chronique de débits journaliers enregistrés par la station hydrométrique du Giessen à Sélestat (période 1977-1989).....	55
Illustration 25 : Chroniques des points d'eau localisés à l'aval de la zone de bordure et chroniques de débits journaliers enregistrés par les stations hydrométriques du Giessen à Sélestat (stations « amont » et « annonce des crues »)	56
Illustration 26 : Comparaison des chroniques piézométriques des forages 03423X0018/209D, 03423X0017/209C et 03077X0025/209 avec la chronique de débits journaliers enregistrés par la station hydrométrique du Giessen à Sélestat (période 1965-1977)	57
Illustration 27 : Localisation des qualitomètres ADES dans la zone de bordure « Kintzheim »..	58
Illustration 28 : Carte des concentrations en nitrates dans les eaux souterraines issues de l'Inventaire de la qualité des eaux souterraines dans le Fossé Rhénan – zone de « Kintzheim » (Région Alsace, 2012)	59
Illustration 29 : Chronique des teneurs en nitrates des eaux souterraines captées au sein du forage AEP 03077X0020/F de Kintzheim (trait orange = norme de potabilité à 50 mg/l)60	
Illustration 30 : Chronique des teneurs en nitrates des eaux souterraines captées au sein du forage agricole 03077X0083/F de la Ferme Hugel à Châtenois (trait orange = norme de potabilité à 50 mg/l).....	60
Illustration 31 : Occupation du sol sur la zone « Kintzheim » (source : Bd OCS CIGAL v2, années 2011-2012).....	64
Illustration 32 : Densité de surface cultivée en fonction du type de pratique – centrée sur la zone de bordure de la présente étude (d'après l'atlas agricole de la DRAAF Alsace, 2014)	65
Illustration 33 : Carte IDPR en région Grand Est	66
Illustration 34 : Comparaison IDPR et épaisseur de Zone Non Saturée – zone de bordure de Kintzheim	67

1. Introduction

Le suivi de la qualité des eaux de la nappe d'Alsace met en évidence une pollution diffuse de la nappe qui s'observe particulièrement au niveau de ses zones de bordure. L'interprétation de ce particularisme est rendu difficile du fait de la complexité du fonctionnement hydrogéologique de ces zones. En effet, du point de vue géologique et hydrogéologique, elles se situent 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. **Cette étude 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.**

Pour répondre à ce besoin, le programme 2015-2016 de la BRAR, réalisé sous maîtrise d'ouvrage de la Région Grand Est, a donc fixé comme objectif prioritaire la réalisation d'une synthèse hydrogéologique de la zone de bordure de Kintzheim pour en améliorer la connaissance. Ce programme est réalisé par le BRGM et cofinancé par la Région Grand Est, l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse (AERM) et le BRGM.

La méthodologie adoptée pour cette synthèse hydrogéologique de la zone de bordure de Kintzheim est très similaire à celle employée dans le rapport BRGM/RP-64204-FR (Brugeron, 2014). Dans un premier temps, le présent rapport propose une description générale de la zone de bordure et décrit les arguments ayant été utilisés pour la délimiter. S'en suivent les descriptions détaillées des contextes géologique, structural, hydrogéologique et hydrologique du secteur étudié. Enfin, une analyse fine des informations ponctuelles en présence (données tirées de la BRAR, de la BSS, d'ADES, de la Banque Hydro...) est proposée ainsi que de premiers éléments sur la vulnérabilité intrinsèque du réservoir souterrain en présence.

L'objectif premier de cette synthèse est de consolider la connaissance hydrogéologique de ce type de zone particulière qu'est la zone de bordure de Kintzheim. De ce fait, elle pourra servir de socle de travail pour les prochaines études menées sur ce territoire.

Elle sert également d'état des lieux des connaissances actuelles. Sur la base de ce bilan, des préconisations sont données, en ciblant plus particulièrement les endroits pour lesquels la connaissance du contexte hydrogéologique est trop insuffisante ou mériterait d'être vérifiée.

Le contenu de ce travail spécifique aux zones de bordure est par ailleurs valorisé dans le SIGES Aquifère rhénan (<http://sigesar.brgm.fr/>), site web vitrine des réalisations de la BRAR.

2. Description générale du secteur

2.1. CONTEXTE TOPOGRAPHIQUE ET LIMITES DU SECTEUR

2.1.1. Description générale

La zone de bordure de « Kintzheim » est située à l'extrémité Sud-Ouest du département du Bas-Rhin, en limite avec celui du Haut-Rhin. Les communes principalement concernées par ce secteur sont Kintzheim, Châtenois, Orschwiller et Sélestat. De manière à considérer ce secteur dans sa globalité (prise en compte des écoulements de surface notamment, occupation agricole...), il intègre donc également le tiers Ouest du territoire communal de Sélestat ainsi que les zones des collines sous-vosgiennes situées en amont des trois autres communes citées précédemment.

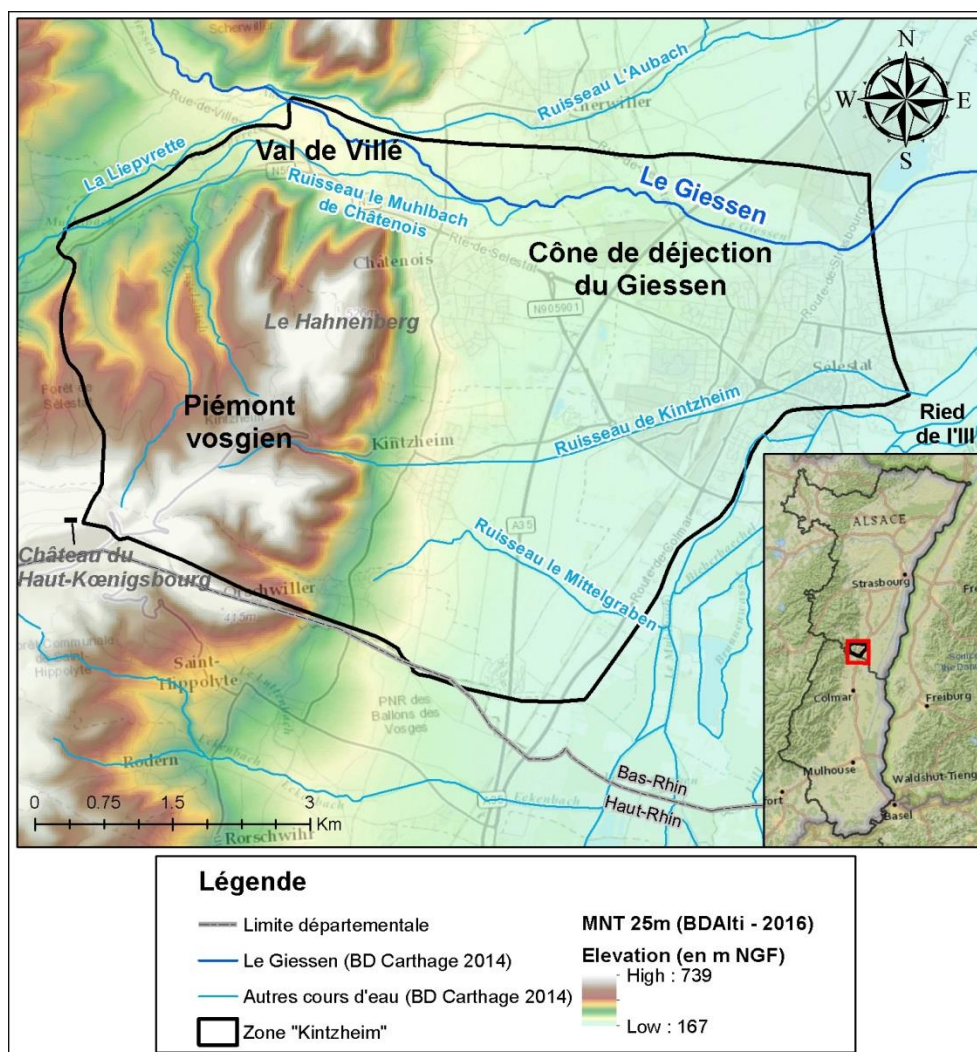


Illustration 1 : Carte d'élévation topographique du secteur « Kintzheim » et de localisation des cours d'eau (MNT : Modèle Numérique de Terrain)

D'après les travaux du Référentiel Paysager du Bas-Rhin (ADEUS), la moitié aval de ce secteur s'intègre dans l'entité paysagère des vignobles « de piémont », qui s'étend d'Heiligenstein à Orschwiller et qui se poursuit dans le Haut-Rhin. Cette entité paysagère a une structure paysagère linéaire, avec un talus principal marquant une transition rapide entre plaine et massif vosgien (ADEUS, 2011). Cette bande étroite n'excède pas 5 km de large.

La moitié amont correspond quant à elle à l'extrémité Sud de l'entité paysagère des Vosges (ADEUS, 2013), dans sa partie cristalline. Les collines sous-vosgiennes ou collines du **Piémont Vosgien** à l'intérieur du secteur d'étude sont d'altitude moyenne oscillant entre 300 et 600 m (cf. Illustration 2). Ces collines doivent leurs aspects divers à la variété de leur sous-sol, découpé par un réseau serré de failles, engendrant la juxtaposition de grès, calcaires et marnes d'âge secondaire et tertiaire, masqués par endroits par des alluvions et même du loess. A l'affleurement, les terrains sont par conséquent variés, d'âge triasique à oligocène inférieur.



Illustration 2 : Aperçu du piémont au Sud de Kintzheim (reconnaissance terrain février 2015)

La ville de Châtenois est localisée sur les coteaux de ces collines sous-vosgiennes qui marquent la transition entre la plaine d'Alsace et la Vallée du Giessen en montagne. A la sortie de ce « goulot d'étranglement géologique », le fond de la vallée s'élargit considérablement et fait place à une véritable plaine. Cette plaine, correspondant géomorphologiquement à un **cône de piémont**, est associée au fossé rhénan.

2.1.2. Pluviométrie

Un extrait de la carte de la moyenne annuelle de référence 1981–2010 des cumuls de précipitations (grille Aurelhy, Météo France) centré sur la zone de bordure de Kintzheim est proposé en Illustration 3.

La zone apparaît ainsi assez contrastée, avec la distinction de deux secteurs ayant une pluviométrie très différente. Le secteur côté plaine présente une pluviométrie moyenne annuelle faible, autour de 600 mm. Il s'agit d'une valeur parmi les plus basses du territoire national.

A contrario, au niveau des zones de relief des collines du piémont vosgien, la pluviométrie annuelle moyenne est logiquement un peu plus importante, avec des valeurs approchant les 750 à 800 mm/an. Ces valeurs restent néanmoins encore très éloignées des moyennes annuelles de précipitation dans les Vosges, plus à l'Ouest, qui dépassent par endroit 1500 mm/an.

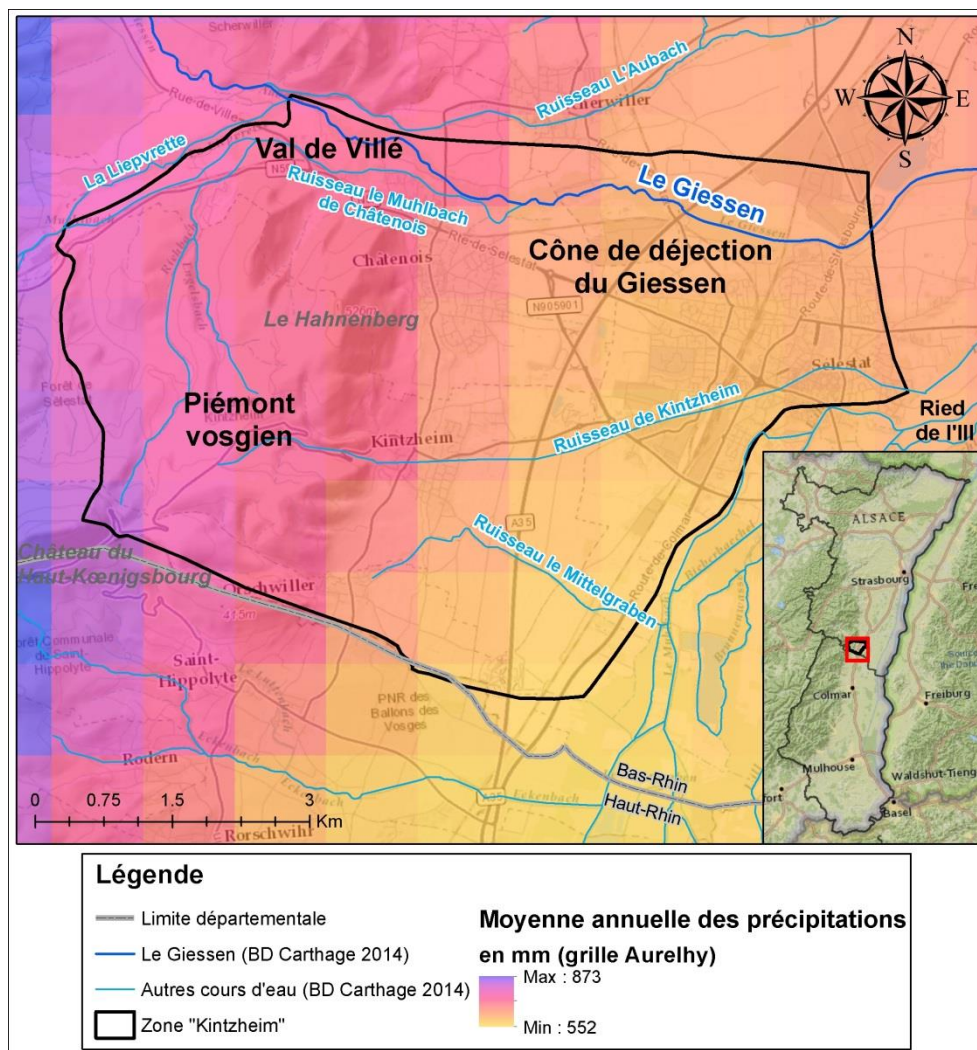


Illustration 3 : Moyenne annuelle de référence 1981–2010 des précipitations (grille Aurelhy, Météo France) sur le secteur de Kintzheim

2.1.3. Le Giessen

La limite Nord correspond au **Val de Villé** (partie aval de la vallée vosgienne du Giessen), qui entaille le piémont vosgien d'Ouest en Est, avant de se jeter dans l'III au niveau de la commune d'Ebersmunster, après un parcours de 35 km. La vallée suit la pente générale du relief descendant des Vosges vers la Plaine d'Alsace, et crée ainsi des séquences paysagères fortes, marquées par une végétation alluviale (ripisylves, prairies humides) en rupture avec le paysage viticole environnant (ADEUS, 2011).

Le Giessen présente un régime pluvial, à hautes-eaux l'hiver et basse-eaux l'été, traduisant ainsi fidèlement le régime pluviométrique vosgien. A Thanvillé, il présente un débit moyen interannuel de 1,4 m³/s (données calculées sur 33 ans, Banque Hydro), assez nettement inférieur à son principal affluent la Liepvrette. Ce dernier évacue environ 2 m³/s en moyenne à la station La Vancelle-Hurst (données calculées sur 15 ans, Banque Hydro). Après la confluence, au niveau de la station de Sélestat, le Giessen présente un débit moyen interannuel de 3,3 m³/s (données calculées sur 15 ans, Banque Hydro).

Le caractère pluvio-nival n'apparaît que lors de certains hivers à enneigement prolongé, ce qui est rare dans le bassin-versant du Giessen dont les altitudes ne sont pas assez élevées pour assurer une couverture neigeuse durable.

Le Giessen est un cours d'eau torrentiel aux crues soudaines pouvant engendrer des dégâts importants. Il est situé majoritairement hors agglomération mais des sites restent sensibles comme Villé et Sélestat. L'ensemble des communes du bassin versant a fait au moins l'objet de deux déclarations de catastrophes naturelles « CATNAT », pour les inondations de février 1990 et pour les inondations, coulées de boues et mouvements de terrain de décembre 1999 (CG67, 2011).

Trois crues caractéristiques ont été enregistrées à la station de Thanvillé : mars 1988 (21 m³/s), février 1990 (30 m³/s) et décembre 1991 (28 m³/s).

A contrario, le Giessen est fortement impacté par les phénomènes d'étiage. Il est en effet retrouvé asséché plusieurs fois depuis une vingtaine d'années. Il l'est même beaucoup plus fréquemment entre la dérivation de l'Aubach et sa confluence avec l'Ill.

2.1.4. Les autres cours d'eau

La Lièpvrette, présente en limite Nord-Ouest du secteur, est le principal affluent du Giessen. Elle conflue avec celui-ci au Nord-Ouest de Châtenois à environ 220 m d'altitude. La Lièpvrette est également un cours d'eau torrentiel aux crues soudaines pouvant engendrer des dégâts importants. C'est en effet un cours d'eau de montagne avec une énergie très marquée en amont (charge grossière de type blocs ou galets) et qui s'atténue vers l'aval, mais avec une dynamique latérale plus importante dans le fond de la vallée, marquée par un style fluvial de type "tresse" ou "méandres divagants" localement contraint par divers aménagements.

Le canal de l'Aubach, est une dérivation rive gauche du Giessen au niveau de Scherwiller qui historiquement servait à alimenter plusieurs moulins, lavoirs et industries de Scherwiller. Il s'écoule en direction Nord-Est pour se jeter dans l'Ill à l'aval d'Ebersheim. Ce canal alimente le bassin versant de l'Ill et ne restitue donc pas l'eau prélevée à l'aval. En période d'étiage, l'Aubach prélève toute la ressource présente et assèche alors le Giessen à l'aval de la prise d'eau.

Comme le Giessen, le Ruisseau de Kintzheim, le Mittelgraben et le Muhlbach de Châtenois s'écoulent tous d'Ouest en Est. Le dernier cité se jette dans le Giessen au Nord-Est de Châtenois. Seuls les ruisseaux l'Engelsbach et le Ribbach, qui prennent leurs sources dans la forêt de Kintzheim, s'écoulent du Sud vers le Nord pour rejoindre le Muhlbach de Châtenois.

2.2. CRITERES UTILISES POUR DELIMITER LE SECTEUR

2.2.1. Méthodologie

Les zones de bordure de l'aquifère rhénan sont des secteurs dont les limites n'ont jamais fait l'objet d'une étude spécifique *sensu stricto*. Par zones de bordure, certains entendent en réalité les collines sous-vosgiennes qui bordent une bonne partie de l'ouest rhénan ou encore les zones au sein desquelles ont été mis en évidence des problèmes spécifiques et localisés de qualité des eaux souterraines.

Dans le cadre de la présente étude, il a été décidé de s'appuyer sur des travaux engagés par Elsass *et al.* en 2009 s'appuyant sur le modèle MoNit¹ (projet Interreg III, LUBW, 2002-2006) ainsi que sur les travaux d'optimisation du réseau de surveillance de l'APRONA (Urban *et al.*, 2010) qui ont permis de sectoriser la nappe d'Alsace en fonction des facteurs expliquant les signaux piézométriques. Cette étude est d'ailleurs la première à identifier, par une approche statistique, des zones pour lesquelles des flux de bordure latéraux expliquent une partie de l'hydrodynamisme de la nappe captée.

En complément de ces deux travaux, certains autres critères ont pu être considérés pour contraindre au mieux ces zones complexes du point de vue hydrogéologique, notamment :

- des critères d'ordre géologique (présence d'alluvions d'origine vosgienne, apparition d'alluvions rhénanes...) ;
- des critères d'ordre structural (failles supposées ou avérées mettant en relation alluvions vosgiennes et rhénanes) ;
- des critères d'ordre qualitatif (zone polluée avérée en nitrates et/ou produits phytosanitaires).

2.2.2. Choix des limites de la zone de bordure de Kintzheim

La zone de bordure comprend une partie du cône de déjection du Giessen et intègre par conséquent la nappe contenue dans les alluvions vosgiennes associées au cours d'eau qui reposent sur un substratum marneux oligocène. Cette nappe s'écoule en direction Sud-Est à Est, pour rejoindre la nappe contenue dans les alluvions d'origine rhénane.

Les premiers travaux de délimitation, menés par Elsass en 2009 et s'appuyant sur le modèle MoNit (projet Interreg III, LUBW, 2002-2006), considéraient comme zone de bordure une bande étroite de moins d'un kilomètre de large, au pied du piémont (cf. Illustration 4 – secteurs hachurés en jaune). Cependant, les hypothèses prises à l'époque pour définir la limite Est de ce zonage ne sont pas clairement explicitées.

¹ Projet transfrontalier « Modélisation de la pollution par les nitrates (MoNit) dans la vallée du Rhin Supérieur » (cofinancé par le programme européen **INTERREG III**, maîtrise d'ouvrage LUBW)

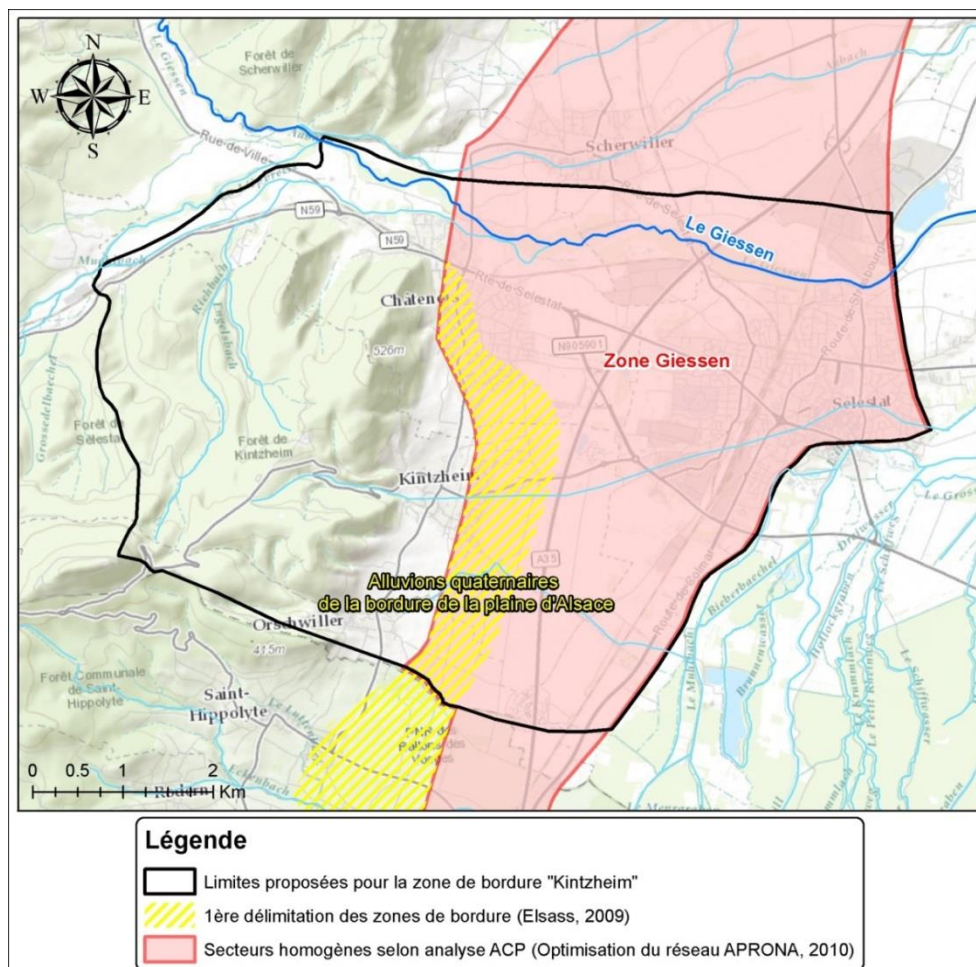


Illustration 4 : Les évolutions dans la définition d'un zonage homogène dans le secteur de Kintzheim à travers trois études (Elsass, 2009 – Urban et al., 2010 – Présente étude, 2016)

Les travaux d'optimisation du réseau de surveillance de l'APRONA (Urban et al., 2010a) ont quant à eux permis de distinguer un secteur plus large, en s'appuyant sur des facteurs expliquant les signaux piézométriques enregistrés (cf. Illustration 4 – secteur en rouge). Il représente la moitié Est de la zone de bordure de « Kintzheim », à savoir toute la zone de plaine. La limite Ouest de ce secteur s'appuie logiquement sur celle identifiée dans les travaux d'Elsass (2009) ainsi que sur les travaux menés pour le référentiel hydrogéologique BDLISA (Urban et al., 2010b).

Ce secteur, nommé « zone Giessen », coïncide assez bien avec la paléovallée supposée du Giessen, de direction Sud-Est (cf. chapitre 3.3) et se caractérise par des grosses épaisseurs d'alluvions vosgiennes. Selon les travaux d'analyse statistique menés en 2010, ce secteur présente une certaine complexité, avec notamment des battements et des gradients hydrauliques moyens assez élevés.

Les contours proposés dans la présente étude (cf. Illustration 4– secteur bordé en noir) s'appuient sur ces deux sectorisations, essentiellement pour les limites Est et Sud. Néanmoins, des critères complémentaires ont été considérés :

- pour la partie Est : une limite supposée d'apparition des alluvions d'origine rhénanes (cf. chapitres 3 et 4) ;
- pour la partie Ouest : la crête topographique immédiate, pour intégrer pleinement les secteurs des premières collines du piémont vosgien, qui constituent des zones de

recharge et de ruissellement importants, à pluviométrie plus importante que dans la moitié Est, influençant potentiellement les écoulements plus en aval captés par les forages en plaine.

3. Contexte géologique et structural

3.1. DESCRIPTION GENERALE & METHODOLOGIE

De manière générale, ce qui est communément appelé « plaine d'Alsace » constitue le domaine des alluvions qui ont été déposées au Pliocène et au Quaternaire par les cours d'eau. Les matériaux qui les composent sont très hétérogènes et reposent sur un substratum marneux Oligocène. Les alluvions pliocènes ayant généralement perdu complètement ou partiellement leur forte teneur en Fer, se retrouvent décolorés et, par conséquent, deviennent parfois difficiles à distinguer des alluvions quaternaires (particulièrement les alluvions rhénanes).

La distinction entre alluvions vosgiennes et alluvions rhénanes est quant à elle plus aisée. Les alluvions vosgiennes sont constituées de galets, graviers et sables, plutôt rouges et nettement argileux. Ces éléments proviennent des roches cristallines et gréseuses de la chaîne vosgienne et ont été transportés par les rivières pour former leurs cônes de déjection au débouché des vallées vosgiennes. Les alluvions rhénanes sont caractérisées quant à elles par des galets, graviers et sables dont les éléments lithologiques dominants, calcaires, sont d'origine jurassienne et alpine (Rebouças, 1964).

En raison des affaissements successifs du fossé rhénan, le Rhin et ses affluents ont, soit déposé leurs sédiments, soit creusé leurs cours dans leur propres alluvions. L'alternance de ces phases est d'ailleurs soulignée, actuellement, par l'allure des terrasses fluviales et des cônes de déjection parfois très étendus (Zorn, Bruche).

Dans les vallées, les alluvions sont constituées par les éboulis de pente et leurs épaisseurs et extensions s'accroissent en allant en direction de la plaine. Les dépôts alluvionnaires sont en grande partie recouverts d'une couche peu perméable, formée de fines particules de calcaire, quartz et argile et accumulées par les vents froids du Quaternaire que sont les loess.

Pour la zone de bordure étudiée, une description générale du contexte géologique et structural est fournie sur la base, entre autres, des cartes géologiques au 1/50000^{ème}, des résultats du chantier « Vosges-Rhin » du Référentiel Géologique Français (RGF), des études réalisées localement référencées dans le fonds documentaire alsacien ou encore des coupes géologiques et techniques réalisées dans le cadre des programmes de la BRAR depuis 20 ans. En complément de cela, une description fine de la lithologie des formations géologiques rencontrées à l'affleurement est proposée, avec des ordres de grandeur sur leurs épaisseurs quand cela est possible.

3.2. CONTEXTE GEOLOGIQUE ET STRUCTURAL AUTOUR DE KINTZHEIM

Deux zones distinctes constituent le sous-sol et les affleurements de la zone de bordure de Kintzheim. Dans sa moitié Ouest, les collines vosgiennes et sous-vosgiennes sont formées de terrains primaires constitués de conglomérats, arkoses et grès qui ont ensuite été repris lors de la mise en place de massifs granitiques (Haut-Koenigsbourg) et remplacés par des migmatites (roches recuites) et schistes situés actuellement au niveau des collines sous-vosgiennes à l'Ouest de Kintzheim (cf. Illustration 5 & Illustration 6).

La zone de bordure « Kintzheim » comprend également le cône alluvial du Giessen, qui se poursuit jusqu'à la basse terrasse du Rhin. Ce cône de déjection est formé en partie par des éléments argileux en provenance du bassin permien et triasique de Villé.

D'un point de vue structural, l'intérieur de la zone est recoupé par :

- la **Faille Vosgienne** (d'orientation N 5 à N 30), accident majeur visible qui coupe le secteur du Nord au Sud, du Giessen à la localité d'Orschwiller. Cette faille sépare les terrains du socle à l'Ouest des terrains secondaires et tertiaires (jusqu'au Lattorfien) à l'Est, eux-mêmes recouverts d'alluvions plio-quaternaires. C'est un réseau dense de fractures plongeant à plusieurs kilomètres sous le sol et pouvant découper jusqu'à 8 tranches verticales de roche qui décrochent successivement de quelques dizaines de mètres le long du massif granitique, générant ainsi une cascade de collines au pied de cette faille. Chaque bloc reste coiffé de lambeaux de sédiments arrachés aux roches vosgiennes situées au-dessus.
- Le **Champs de fractures de Kintzheim**. Jalonnant le bord du Fossé rhénan et lié à son effondrement post-triasique, il forme un relief en gradins faiblement inclinés vers l'Est, séparé par des pentes abruptes et s'ennoyant finalement sous les alluvions de la plaine. Il est constitué de compartiments de terrains en bandes disposées parallèlement au fossé, formés à leur tour par un ensemble de petites parcelles, véritables mosaïques, séparées les unes des autres par des dislocations.

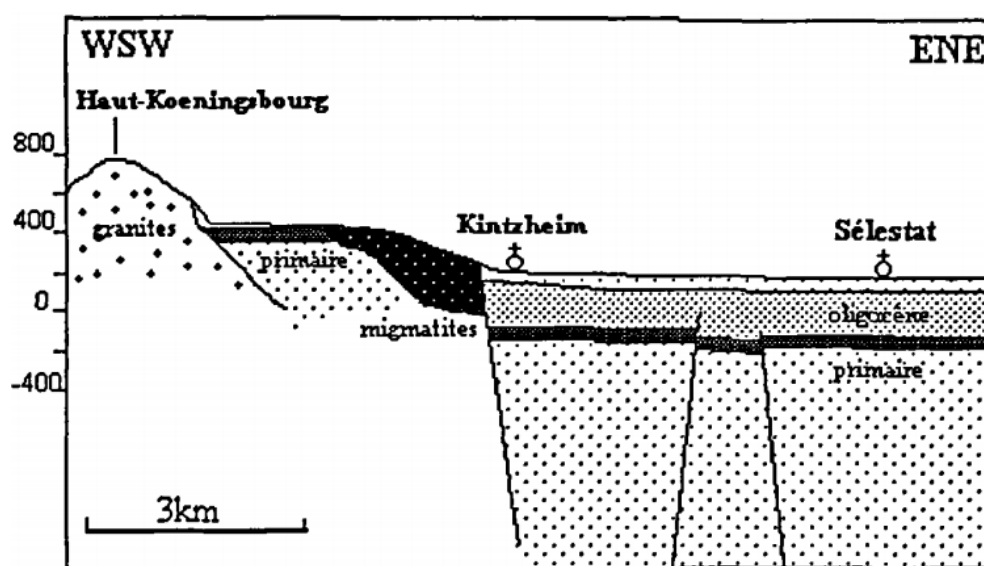


Illustration 5 : Coupe longitudinale au droit de la commune de Sélestat (modifié d'après Delporte, 1993)

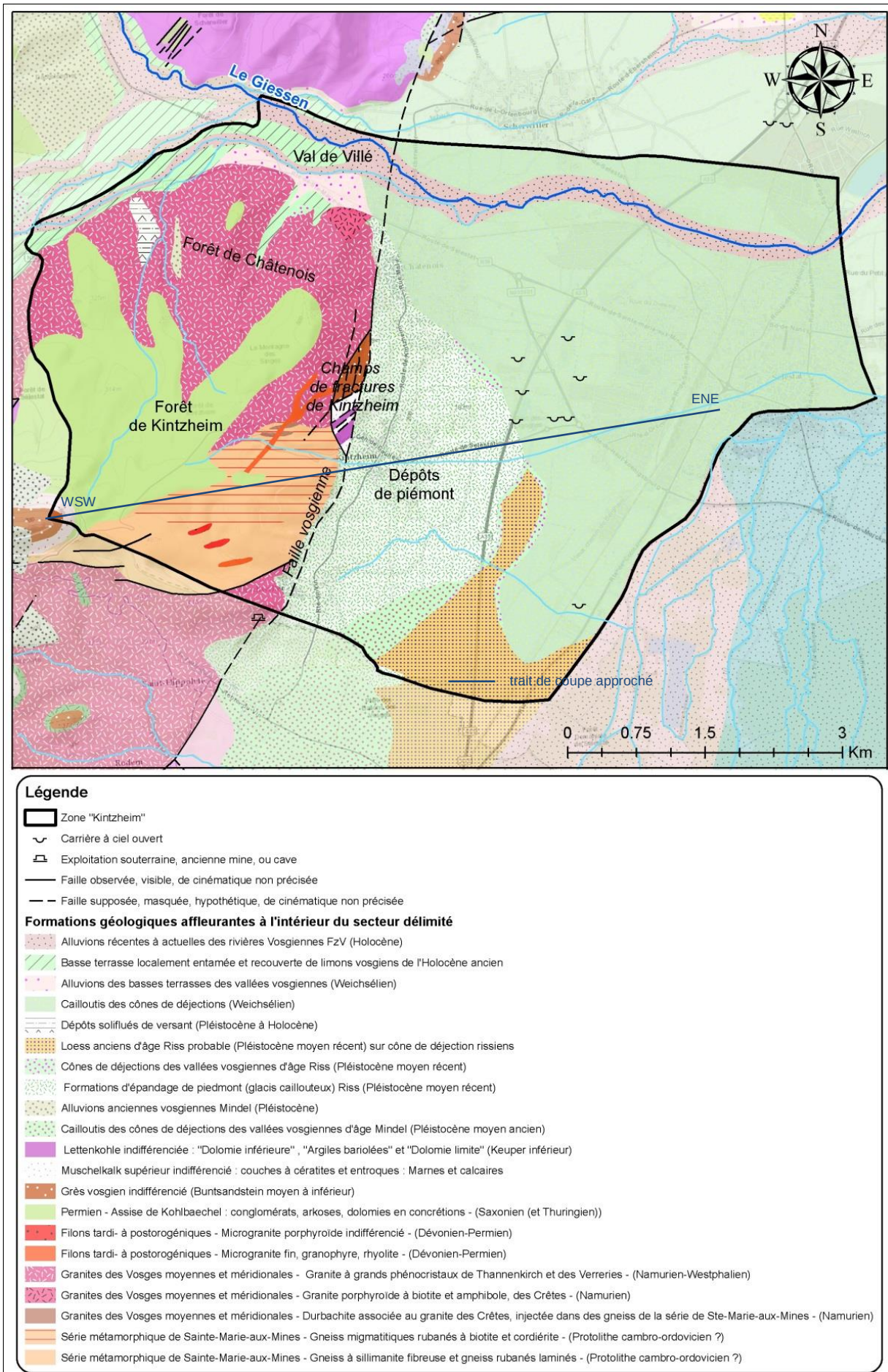


Illustration 6 : Extrait de la carte géologique harmonisée au 1/50000^{ème} centrée sur la zone « Kintzheim », d'après les cartes géologiques de Sélestat (BRGM, 1970) et Colmar-Altorsheim (BRGM, 1972)

3.3. CAS REMARQUABLE : LA VALLEE DU GIESSEN

Les alluvions du Giessen sont surtout développées à partir du Val de Villé, en aval de la confluence du Giessen et de la Lièpvrette, là où la pente de la vallée est la plus faible. Au niveau de Châtenois, les dépôts du Giessen ont formé un cône de déjection, constitué de galets et de sables, atteignant 3 à 4 m d'épaisseur. Une campagne de prospection géophysique effectuée dans ce secteur au début des années 1960 fait apparaître une épaisseur maximale des alluvions à l'Est de la scierie de Val de Villé (Krebs, 1992). Un sondage de reconnaissance (ouvrage 03077X0015/S) y a été réalisé en 1967. D'une profondeur de 40 m, cet ouvrage n'a pas atteint le socle granitique que la géophysique situe vers 60 mètres. Sa coupe montre que les alluvions traversées sont les plus productives entre 7 et 29 m, la proportion d'argile augmentant sensiblement au-delà de cette profondeur.

D'après la notice de la carte géologique de Sélestat (BRGM, 1972), des indications données par les sondages géophysiques semblent révéler un approfondissement net d'orientation NW-SE de la surface post-tertiaire en face du débouché du Giessen dans la plaine rhénane, qui témoignerait d'un écoulement ancien de cette rivière vers le SE. Cette vallée fossile, avec léger épaissement des alluvions, expliquerait les écoulements souterrains de direction NW-SE rencontrés dans ce secteur, au débouché du Giessen (cf chapitre 4.4).

Cette ancienne orientation du cours d'eau coïncide avec celles mises en évidence pour la Bruche, la Mossig et la Zorn (Brugeron, 2014, d'après Vogt, 1992). Il est donc fort probable que le Giessen ait creusé cette vallée en direction du Sud-Est pour rejoindre les eaux de la partie occidentale du bassin alpin du Rhin qui s'écoulaient selon un paléo-Doubs vers la plaine de la Saône et la Méditerranée. Cette paléovallée aurait par la suite été remblayée d'alluvions vosgiennes durant le Pléistocène, la rivière migrant progressivement vers le Nord, en édifiant un vaste cône au Quaternaire moyen à supérieur. Toutefois, il serait intéressant de vérifier cette hypothèse en s'appuyant sur des investigations de terrain plus poussées (géophysique haute résolution, analyse précise des coupes de forage...). D'autant plus que les travaux menés dans le cadre de la BRAR sur la cartographie du toit du substratum en appui au programme franco-germano-suisse LIFE (Elsass, 1996) n'ont pas réellement confirmé la présence de cette paléovallée du Giessen (cf. Illustration 7). A noter toutefois que la quantité de point de calage ayant clairement recoupé le substratum reste faible sur cette carte.

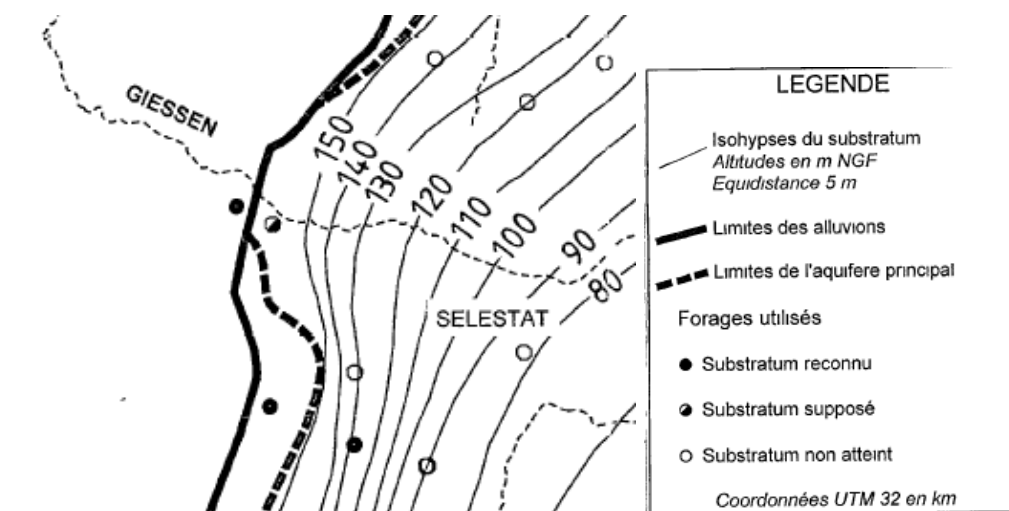


Illustration 7 : Extrait de la carte du toit du substratum réalisée dans le cadre du projet LIFE (Elsass, 1996)

3.4. DESCRIPTION DES FORMATIONS GEOLOGIQUES RENCONTREES A L'AFFLEUREMENT

3.4.1. Les formations du Cambro-Ordovicien

Série métamorphique de Sainte-Marie-aux-Mines : Gneiss à sillimanite fibreuse

Ces gneiss à sillimanite et parfois à cordiérite qui affleurent en amont d'Orschwiller, en limite Sud de la zone de bordure, représentent une ancienne série silico-alumineuse. Des bancs quartzitiques roses parfois chargés de nodules de minéraux alumineux alternent avec des gneiss sombres à biotite et sillimanite. A côté de faciès très massifs, peu lités, apparaissent des gneiss rubanés, d'aspect migmatitique. La sillimanite se présente en placages nacrés de fibrolite ; elle manque dans les gneiss rubanés où elle est remplacée par du mica. La cordiérite forme des taches bleu verdâtre; elle est généralement altérée en ses produits habituels. On peut trouver également quelques intercalations de gneiss à grenat et de gneiss graphiteux.

Série métamorphique de Sainte-Marie-aux-Mines : Gneiss rubanés laminés et gneiss migmatitiques rubanés à biotite et cordiérite

Cette série, au contact de la précédente et qui affleure essentiellement en amont de Kintzheim, inclut ici les gneiss ayant subi des modifications soit par apport, soit par homogénéisation granitique in situ plus ou moins poussée. Les faciès lit-par-lit et nébulitiques sont les plus répandus a priori dans ce secteur.

3.4.2. Les formations du Carbonifère

Granites des Vosges moyennes et méridionales - Durbachite associée au granite des Crêtes, injectée dans des gneiss de la série de Ste-Marie-aux-Mines - (Namurien)

Il s'agit d'une formation remarquable intercalée dans les gneiss de Sainte-Marie-aux-Mines. Les durbachites, gneiss surmicacés œillés de microcline, se caractérisent par leur composition hypersyénitique. Bien que spatialement voisines du granite des Crêtes, celles-ci ne lui sont pas génétiquement liées, mais résultent de la transformation métagénétique (par apport potassique) de gneiss amphiboliques ou pyroxéniques.

Granites des Vosges moyennes et méridionales - Granite porphyroïde à biotite et amphibole, des Crêtes - (Namurien)

Le granite des Crêtes à actinote est aussi appelé « syénite des Vosges ». La portion de ce granite enjambe la faille de Sainte-Marie-aux-Mines à laquelle est liée son intrusion et s'incurve vers le bassin de Villé. Il affleure à l'Ouest de Châtenois, sur les coteaux au débouché du Giessen. C'est une roche porphyroïde sombre dont la composition varie entre la granosyénite et la granodiorite. Elle s'accompagne de faciès microgènes et d'un système filonien microsyénitique développé vers le Nord et vers l'Ouest, témoignant de son origine magmatique. Ce granite est parcouru par la dislocation de Retournemer-Sainte-Marie-aux-Mines, d'orientation SW-NE, jalonnée sur son parcours par une bande de mylonites d'une largeur de 200 m environ.

Granites des Vosges moyennes et méridionales - Granite à grands phénocristaux de Thannenkirch et des Verreries - (Namurien-Westphalien)

Ces granites à très grands phénocristaux d'orthose et de microcline, parfois à amphibole, sont liés au socle gneissique dont ils dérivent sans avoir apparemment fait intrusion et sont sans doute à rattacher au granite fondamental accompagné de granito-gneiss connus également sur la feuille Saint-Dié. Ils composent l'essentiel du sous-sol au niveau de la forêt de Châtenois.

3.4.3. Les formations du Permien

Filons tardi- à postorogéniques - Microgranite fin, granophyre, rhyolite ou Microgranite porphyroïde indifférencié (Dévonien-Permien)

Ces microgranites, granophyres et rhyolites représentent le cortège filonien du granite acide de Dambach-Scherwiller et du granite du Brézouard. On y rattache également les venues hypovolcaniques du Robinot. Dans le massif du Champ-du-Feu ces filons sont à mettre en relation avec les corps intrusifs de Natzwiller et du Kagenfels. Ces filons sont observables en amont du champ de fractures de Kintzheim et du côté d'Orschwiller.

Assise de Kohlbaechel : conglomérats, arkoses, dolomies en concrétions - (Saxonien et Thuringien)

Ce sont les dépôts rubéfiés classiques du Permien supérieur mais ayant ici une importance très variable. Ils reposent soit en discordance sur le socle, soit recouvrent les terrains permien antérieurs là où ils existent.

Cette assise comprend une suite de poudingues, conglomérats et brèches à morceaux de granite à deux micas, granite des Crêtes, microgranite, galets de rhyolite, quartz laiteux et feldspaths plus ou moins altérés. Dans certains secteurs, une zone dolomitique gris-rose est observable ; cette dolomie a une allure de concrétions cavernueuses contournées où les vides sont remplis de matériel arkosique. Plus à l'Ouest, vers les sommets vosgiens, l'on passe à des arkoses et à des grès grossiers à stratification entrecroisée ; les lits argileux lenticulaires sont fréquents.

Cette formation compose le sous-sol de la forêt de Kintzheim. Son épaisseur fut estimée à plus de 280 m à la Vancelle (BRGM, 1970), commune située en limite Ouest de la zone de bordure de Kintzheim.

3.4.4. Les formations du Trias

Grès vosgien indifférencié (Buntsandstein moyen à inférieur)

Cette formation est généralement constituée de bancs épais de 0,50 à 6 m de grès durs, feldspathiques, dont la couleur est rarement gris-bleu dans la masse, généralement rouge clair à brun, parfois jaunâtre, même blanchâtre. Les grains de quartz bien roulés, la plupart du type émoussé-luisant d'un diamètre moyen de 0,25 mm, sont plus ou moins bien cimentés par une matrice siliceuse ou ferrugineuse.

Des lentilles ou petits lits d'argile rouge de quelques centimètres d'épaisseur sont stratifiés dans la masse ainsi que des galets de quartz blanc et de quartzites noirs (lydiennes). Les surfaces

horizontales des bancs présentent parfois de beaux ripple-marks, des traces de gouttes de pluie et des polygones de dessiccation.

L'épaisseur du Grès vosgien est en moyenne de 230 à 250 m, dans le bassin de Villé. Dans la zone de bordure, ces grès n'affleurent qu'en limite Sud-Ouest (château du Haut-Kœnigsbourg) et au niveau du champ de fractures de Kintzheim. Il est à supposer que les épaisseurs soient moindres dans ce dernier secteur.

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

Les terrains du Muschelkalk, de la Lettenkohle et du Keuper affleurent uniquement dans les champs de fractures.

Dans celui de Kintzheim affleurent essentiellement :

- les Calcaires à entroques qui se présentent en gros bancs compacts gris à grain fin ou spathique, parfois oolithiques et glauconieux. Les entroques (articles de tiges ou fragments de calices d'*Encrinus liliiformis*) sont abondants dans quelques bancs qui en sont pétris.
- le Lettenkohle, sur environ 30 m d'épaisseur, composé des séries :
 - « Dolomie inférieure » : moins de 10 m d'épaisseur de calcaires et dolomies contenant à certains niveaux un bone-bed à nombreux restes de Poissons et de Reptiles (écailles et dents) ou des Brachiopodes et des Bivalves.
 - « Argiles bariolées » : 16 m de marnes bariolées à dominante gris-vert et rouge violacé renfermant de minces lits gréseux jaunâtres et des géodes de calcite. On y trouve des horizons à débris végétaux transformés en lignite et parfois des esthéries (petits crustacés branchiopodes).
 - « Dolomie-limite » : horizon repère de 2-3 m d'épaisseur de dolomie grise dure massive à pâte fine, jaunâtre par altération. Un des bancs est riche en fossiles.

3.4.5. Les formations du Pléistocène

Cailloutis des cônes de déjections des vallées vosgiennes d'âge Mindel (Pléistocène moyen ancien)

Généralement, ces cailloutis s'étalent au débouché des vallées vosgiennes et recouvrent les terrains secondaires et tertiaires des champs de fracture des collines sous-vosgiennes (Sud de Ribeauvillé, Nord de Bergheim) et disparaissent vers l'Est sous les formations plus récentes ou les dépôts superficiels. Dans le secteur d'étude, ils affleurent en limite Sud mais disparaissent rapidement sous les dépôts de piémont et les loess (vers Saint-Hippolyte notamment).

Alluvions anciennes vosgiennes Mindel (Pléistocène)

Ces formations composent l'essentiel de la nappe alluviale caillouteuse du Giessen et du Lauterbach en amont (Villé) mais leur présence n'est pas réellement avérée à l'intérieur du

secteur d'étude de Kintzheim, exception faite d'un petit affleurement sur les pentes de la vallée de l'Engelsbach.

Formations d'épandage de piémont (glacis caillouteux) Riss (Pléistocène moyen récent)

Cette série se compose de dépôts de piémont (glacis de solifluxion et de ruissellement sur roche tendre, de période froide périglaciaire). Leur épaisseur se réduit souvent à 3-4 m parfois moins. Elle est observée principalement dans la zone de transition piémont vosgien / plaine, sur une bande dépassant le kilomètre de largeur, de Châtenois à Orschwiller.

Les galets cristallins sont partiellement friables (60-80 %), ainsi que les galets de schiste (20-40 %). Les galets de grès sont généralement frais. Les débris de Buntsandstein font 4 à 20 % de l'ensemble. Les galets sont des débris de gélifraction anguleux ou subémoussés, aplatis. L'altération déjà avancée suppose que le matériel ait subi une période relativement chaude et humide assez longue.

Cônes de déjections des vallées vosgiennes d'âge Riss (Pléistocène moyen récent)

Il s'agit d'accumulations fluviatiles d'origine vosgienne, forcées par rupture de charge, soit à une confluence, soit à l'arrivée dans la plaine, avec chenaux instables, diffluences successives et accumulation de matériel supérieure à 3 mètres. Elles sont généralement caillouteuses et caractérisées par la présence de lentilles argileuses nettes.

Niveau composition, les galets cristallins sont partiellement friables (60 à 80 %), ainsi que les galets de schiste (20 à 40 %). Les galets de grès sont généralement frais. La matrice est de couleur rosâtre au Sud d'Epfig, sur une profondeur de 2 à 3 mètres. Dans la zone des collines, les débris de Buntsandstein forment 4 à 20 % du matériel. Les galets sont subémoussés et assez aplatis, suggérant des galets de gélifraction remaniés par l'eau courante. L'altération déjà avancée suppose que le matériel ait subi une période relativement chaude et humide assez longue.

Elles plongent sous le matériel würmien (loess, alluvions) situé à leur contact ; les cailloux sont un peu plus grossiers que ceux des cônes würmiens.

Loess anciens d'âge Riss à Würm (Pléistocène moyen récent) sur cône de déjection rissiens

Les loess 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 ; ils sont assez peu étendus en rive gauche du Rhin, où on les trouve essentiellement en bordure des Vosges, sur les terrains non inondés au Würm.

Sous cette dénomination sont groupés les loess typiques, les loess sableux et les dérivés du loess (loess de ruissellement, loess gleyifiés, etc.). Il n'a pas été possible de les distinguer cartographiquement, ni de faire d'éventuelles distinctions d'âge à l'intérieur des loess. Ces loess recouvrent les cônes de déjection d'âge Riss.

Sur les collines sous-vosgiennes se rencontrent des restes d'altérations et de paléosols, caractérisés par une certaine décalcification (matériaux de teinte plus brune et plus argileux) et

par des précipitations de carbonates en forme de concrétions (poupées) et de pseudo-micorrhizes².

Cailloutis des cônes de déjections d'âge Würm (Weichsélien)

Ce sont des accumulations fluviales similaires à celles précédemment décrites mais sans altération. Le cône de déjection du Giessen en est un exemple, affleurant sur le tiers Nord-Est de la zone de bordure de Kintzheim. Les roches pré-triasiques forment au moins 90 % des galets qui le composent.

Alluvions des basses terrasses des vallées vosgiennes d'âge Würm (Weichsélien)

Rencontrées dans le Val de Villé, ces accumulations fluviales, généralement caillouteuses, se caractérisent par la présence de lentilles nettes et sont des formations d'origine vosgienne, non altérées, situées dans des fonds de vallées.

Leur composition lithologique est variée, les roches pré-triasiques forment au moins 90 % des galets dans la zone des collines. Les larges fonds de vallées supposent un régime de chenaux anastomosés, donc un système morphoclimatique caractérisé par la rareté du couvert végétal. Il s'y raccorde les vallons en berceau, formes de périodes froides ; sans doute, dans les fonds de vallées, le matériel est-il remanié partiellement à l'Holocène.

Basse terrasse localement entamée et recouverte de limons vosgiens de l'Holocène ancien / Dépôts soliflués de versant (Pléistocène à Holocène)

Ces deux types de formations sont rencontrés dans le Val de Villé. Les terrasses würmiennes présentent des niveaux d'érosion et des remaniements post-glaciaires à historiques. Le matériel de ces terrasses a été progressivement remanié et colmaté par endroit par des éléments de plus en plus fins (des graviers aux limons).

Les dépôts de solifluxion épais (au moins 1,5 m) remanient également du matériel local. Ils se composent de débris de roches anguleux de dimensions réduites entourés d'une matrice limoneuse et argileuse abondante. Ces dépôts couvrent en particulier les parois et les fonds des vallons en berceau.

3.4.6. Les formations de l'Holocène

Alluvions récentes à actuelles des rivières Vosgiennes FzV (Holocène)

Il s'agit de dépôts sablo-limoneux non calcaires d'origine vosgienne, déposé par l'action des rivières vosgiennes (dont le Giessen), contenant généralement une nappe d'accompagnement plus ou moins développée.

² Accumulations calcaires affectant la forme de traces de racines ; le phénomène est supposé être d'origine pédologique

3.5. CARTOGRAPHIE DES FORMATIONS SUPERFICIELLES (BRAR, 2011)

3.5.1. Rappel historique sur cette cartographie

Les programmes 2000-2003 et 2003-2006 de la BRAR ont été principalement consacrés à la cartographie des formations superficielles de la plaine rhénane. Ce projet avait pour objectif une représentation cartographique à l'échelle de 1/25000^{ème} de la 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 loëss des terrasses (plusieurs séquences d'âge et de propriétés différents), les tourbes des zones humides ou "Rieds".

Au final, un travail d'harmonisation entre les trois zones cartographiées (Sud, Centre et Nord incluant Strasbourg) a été réalisé en 2010 à partir de traitements SIG, de vérification sur le terrain à la tarière à main et de validation des choix de représentation et nomenclature avec le géologue régional (Urban et Boucher, 2011). Une carte homogène sur l'ensemble de la nappe d'Alsace a ainsi pu être réalisée (cf. Illustration 8). La carte comprend trois couches numériques : remblais, couverture de l'aquifère et aquifère lui-même, renseignées par divers attributs. Cette cartographie a été réalisée dans le but de permettre la création de cartes de temps de transfert des polluants et d'en dériver des cartes de vulnérabilité de la nappe.

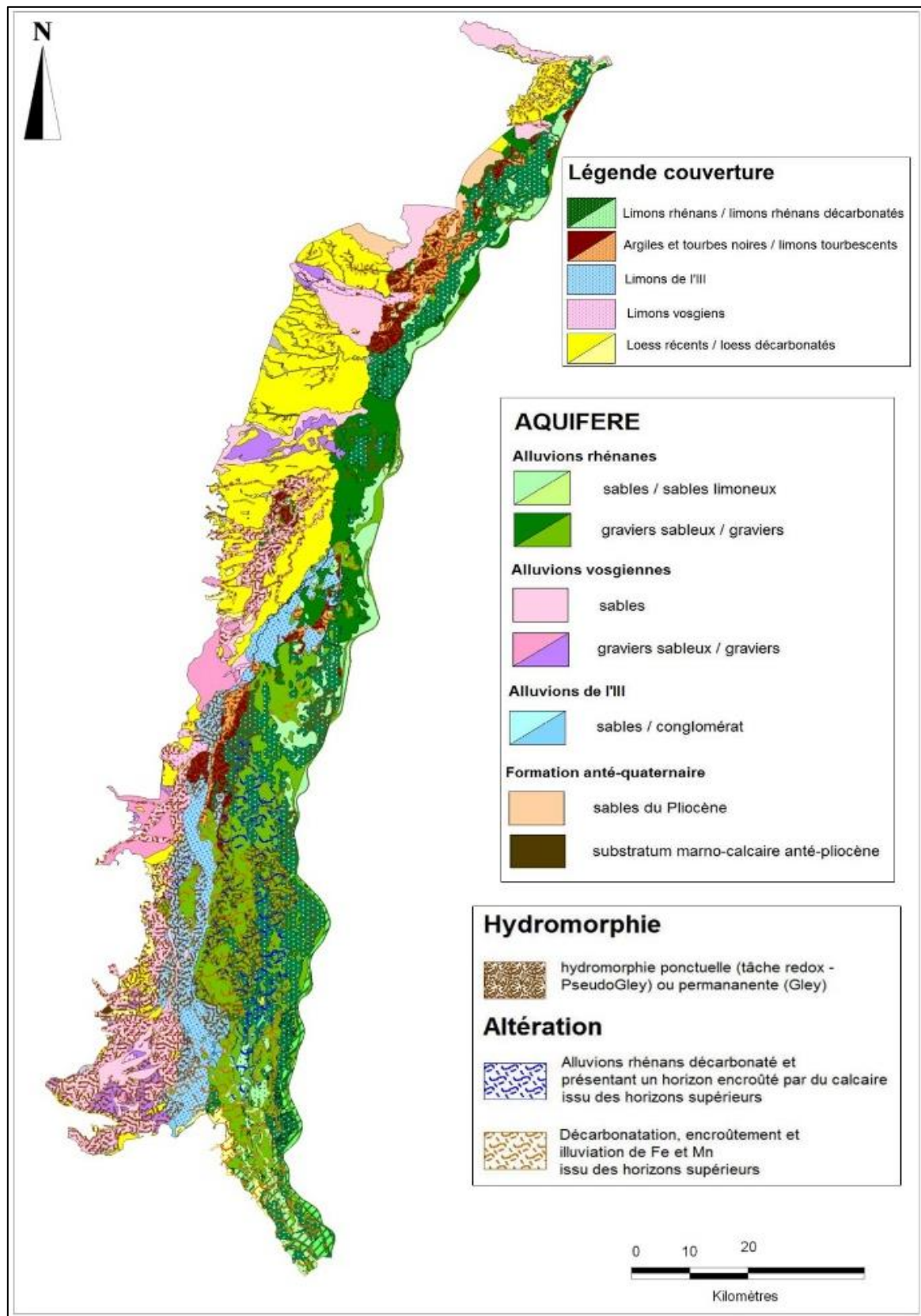


Illustration 8 : Cartographie des formations superficielles de la plaine d'Alsace (Urban et Boucher, 2011 - Programme BRAR Région Alsace 2011-2014)

3.5.2. Résultats autour de Kintzheim

La carte des formations superficielles (Urban et Boucher, 2011) confirme la présence, en surface, d'une couche de loess en limite Sud de la zone (cf. Illustration 9). Les investigations de terrain menées dans le cadre de cette cartographie ont permis d'estimer les épaisseurs à moins d'un mètre dans ce secteur. Mis à part ce secteur particulier, la couverture loessique est très peu étendue dans la zone de bordure de Kintzheim, contrairement à d'autres zones de bordure précédemment étudiées (Brugeron, 2014).

De fait, aucune couverture loessique n'a été cartographiée au niveau du cône de déjection du Giessen, qui voit par conséquent affleurer les formations alluviales peu épaisses déposées par le cours d'eau durant le Quaternaire récent (Würm puis Holocène). Les investigations de terrain ont permis d'estimer l'épaisseur moyenne de ces alluvions à 10 m environ.

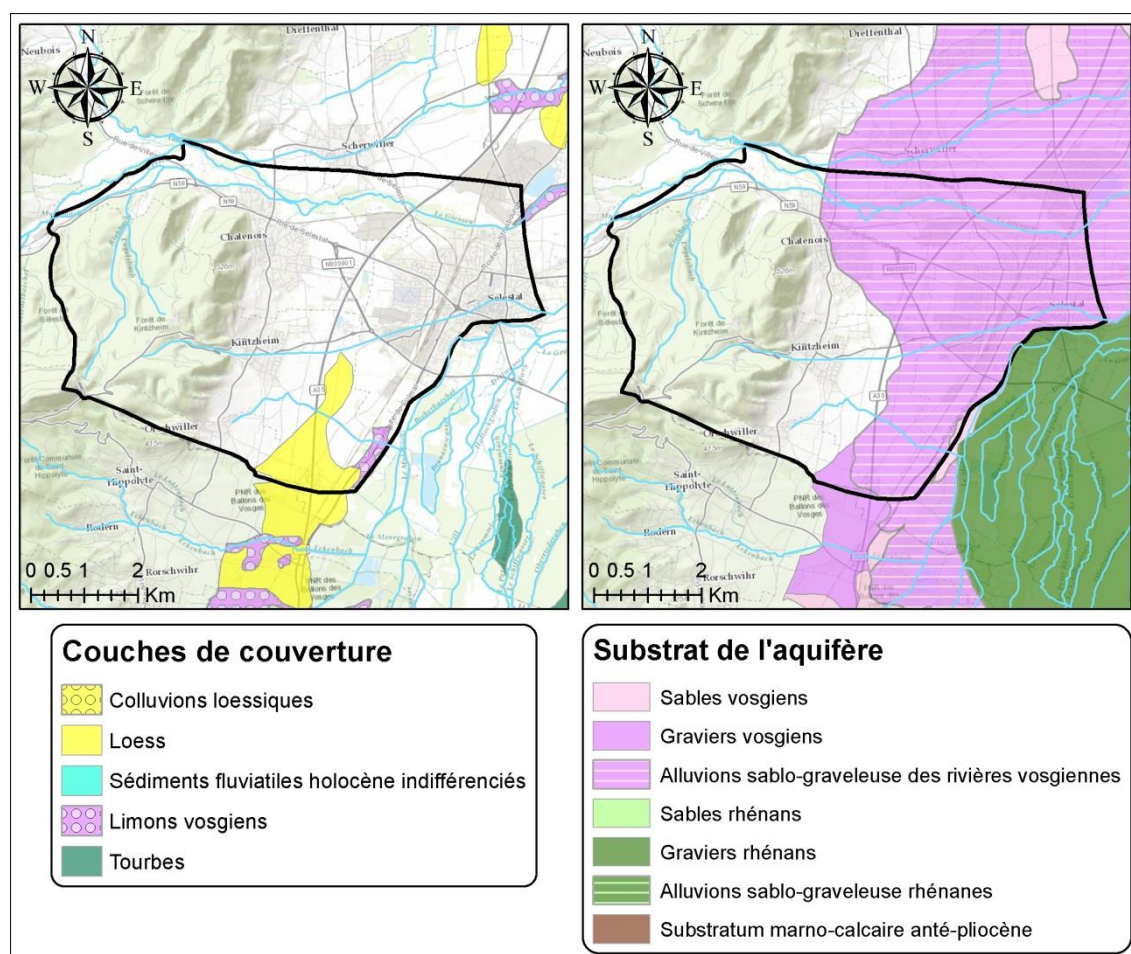


Illustration 9 : Cartographie des formations superficielles dans la zone « Kintzheim » - à gauche les formations récentes de couverture, à droite, le substrat des formations aquifères (d'après Urban et Boucher, 2011)

L'Illustration 9 montre que la limite Est de la zone d'étude coïncide clairement avec la limite supposée d'apparition des graviers rhénans. Reste que certains travaux mentionnent, à l'Ouest de cette limite, la présence d'alluvions rhénanes intercalées entre les alluvions vosgiennes récentes et le substratum marneux (cf. chapitre 4.2).

4. Contexte hydrogéologique et hydrologique

4.1. DESCRIPTION GENERALE

Dans la région, les ressources en eaux souterraines se retrouvent essentiellement dans trois types de formations :

- dans les alluvions de la plaine du Rhin et des principaux affluents descendant du massif vosgien, à savoir ici le Giessen essentiellement ;
- dans les formations gréseuses du Trias inférieur, même si, dans le secteur de Kintzheim, ces formations ne sont guère présentes (mis à part dans le champ de fractures de Kintzheim et en limite amont) ;
- dans les terrains primaires, cristallins et cristallophylliens, sous réserve d'un état de fracturations non colmatées suffisant (piémont de Kintzheim et Châtenois), sous forme d'émergences de nappes d'extension limitée.

En amont du Val de Villé, les alluvions du Giessen sont en général d'une puissance trop faible pour fournir des ressources intéressantes, celui-ci coulant quasiment sur le substratum. La situation semble changer à partir du Val de Villé où le changement brusque de la pente permet l'accumulation des alluvions. A la suite d'une prospection géophysique de la zone de confluence Giessen-Lièpvrette, il a été possible de situer une puissance d'alluvions de 30 m (BRGM, 1970) et de réaliser un forage débitant 30 m³/h (forage 03077X0015/S de Châtenois-Val de Villé, au lieu-dit MittelMuhle), abandonné par la suite. Néanmoins, ces dépôts de remplissage de vallées présentent globalement un rendement aquifère assez médiocre du fait d'un pourcentage élevé en argiles et des faibles épaisseurs. En effet, le Giessen et ses affluents ont leurs cours supérieurs dans des formations du Permien très riches en lits argileux ou en lits de grès kaoliniques qui, par décomposition, produisent des sables très argileux.

En partie Est-Sud-Est du secteur, la puissance du recouvrement alluvial semble augmenter en direction de la plaine ; le forage AEP de Kintzheim 03077X0020/F, poussé à 48 m de profondeur, a atteint le toit du substratum oligocène.

Une reconnaissance en vue d'exploiter les formations permienues par forage a conclu à une trop faible perméabilité des terrains aquifères (BRGM, 1972).

Les granites peuvent être considérés comme imperméables. Cependant, la présence de diaclase ou d'un manteau d'altération sableux et perméable permet une circulation et une accumulation des eaux. Les zones d'arénisation peuvent également jouer le rôle de réservoir et le trop-plein de la nappe s'écoule au contact de la roche saine et de la roche altérée. Dans les deux cas, le type de résurgence est en relation directe avec la pluviométrie. Les qualités hydrogéologiques des granites sont donc médiocres. Les sources captées dans ces terrains correspondent en général à des émergences de nappes locales peu puissantes. L'importance et la pérennité de leurs débits (souvent inférieurs à 1l/s) sont liées à la nature de la roche et à son degré d'altération.

D'après Rebouças (1964), les gneiss et schistes (en présence dans le piémont au-dessus de Kintzheim) s'altèrent facilement en donnant un matériel argilo-caillouteux. Localement de petites nappes peuvent s'individualiser dans ces formations, où des résurgences sont observées. Leurs régimes sont également en relation directe avec la pluviométrie. La présence de failles peut, dans certains cas, permettre un drainage plus intensif et donner lieu à des sources pérennes. Cependant, en raison de leur plasticité, ces formations sont moins fracturées que les granites.

Les produits d'altération, essentiellement argileux, ont tendance à provoquer le colmatage des fissures et à freiner la circulation des eaux. Donc, les sources localisées dans ces roches sont moins nombreuses et ont des débits toujours inférieurs.

Il faut également noter la présence des sources minérales iodo-bromurées à Châtenois situées sur la faille vosgienne. Leur découverte est très ancienne mais tous les auteurs reconnaissent que c'est au XVIII^{ème} siècle que débute vraiment leur exploitation, jusqu'à la 1^{ère} guerre mondiale (Roethinger, 2011). Les deux sources principales, la source Badbronn et la source Henry, sont actuellement recouvertes par des dalles bétonnées et leurs autorisations d'exploitation sont devenues caduques du fait de non exploitation (Grandarovski, 1984). L'examen des différentes caractéristiques des eaux de ces sources ont montré qu'il s'agissait de résurgences d'une eau dont l'origine serait profonde (environ 250 à 300 m), vraisemblablement dans une zone de contact entre les grès vosgien et le Muschelkalk (Simler, 1973).

4.2. ENTITES HYDROGEOLOGIQUES CARTOGRAPHIEES DANS LE REFERENTIEL BDLISA

4.2.1. 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 l'organisation verticale des formations d'intérêt du point de vue hydrogéologique sur le territoire alsacien.

Pour rappel, l'objectif principal de ce type de 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 version utilisée dans le cadre de la présente étude est la version 1, diffusée depuis août 2015.

Ce référentiel a succédé à l'ancien référentiel hydrogéologique BDRHF V1 car ce dernier souffrait d'un manque d'homogénéité et parfois de précision des découpages des entités hydrogéologiques, de l'absence de hiérarchisation entre les entités et du manque de représentation cartographique des entités non affleurantes (pour les structures multicouches des bassins sédimentaires en particulier). De plus, le travail d'élaboration de la BDLISA a permis :

- De tenir compte de l'évolution des connaissances géologiques et hydrogéologiques, notamment à travers l'harmonisation des cartes géologiques au 1/50000^{ème}, ce qui a permis de préciser la délimitation des entités hydrogéologiques et
- De permettre d'accéder à la dimension verticale des entités hydrogéologiques qui se superposent. Autant que possible, l'organisation verticale des couches est d'ailleurs décrite pour chaque zone de bordure étudiée.

4.2.2. Résultats autour de Kintzheim

Au niveau de la plaine, sont logiquement retrouvées les formations alluviales récentes à anciennes issues du Giessen (cf. Illustration 10), qui reposent directement sur le substratum marneux des formations Oligocènes du Bassin Salifère. La configuration particulière supposée du substratum marneux (sillons de la paléovallée du Giessen) joue probablement un rôle très important dans les conditions hydrogéologiques de la plaine. D'après la BDLISA, la zone délimitée ne comprend ainsi aucune alluvion rhénane, que ce soit à l'affleurement ou bien

intercalée entre les alluvions de la Bruche et ce substratum imperméable. Ces alluvions rhénanes anciennes et récentes n'apparaissent qu'en limite Est de la zone, recouvrant également le substratum d'âge Oligocène.

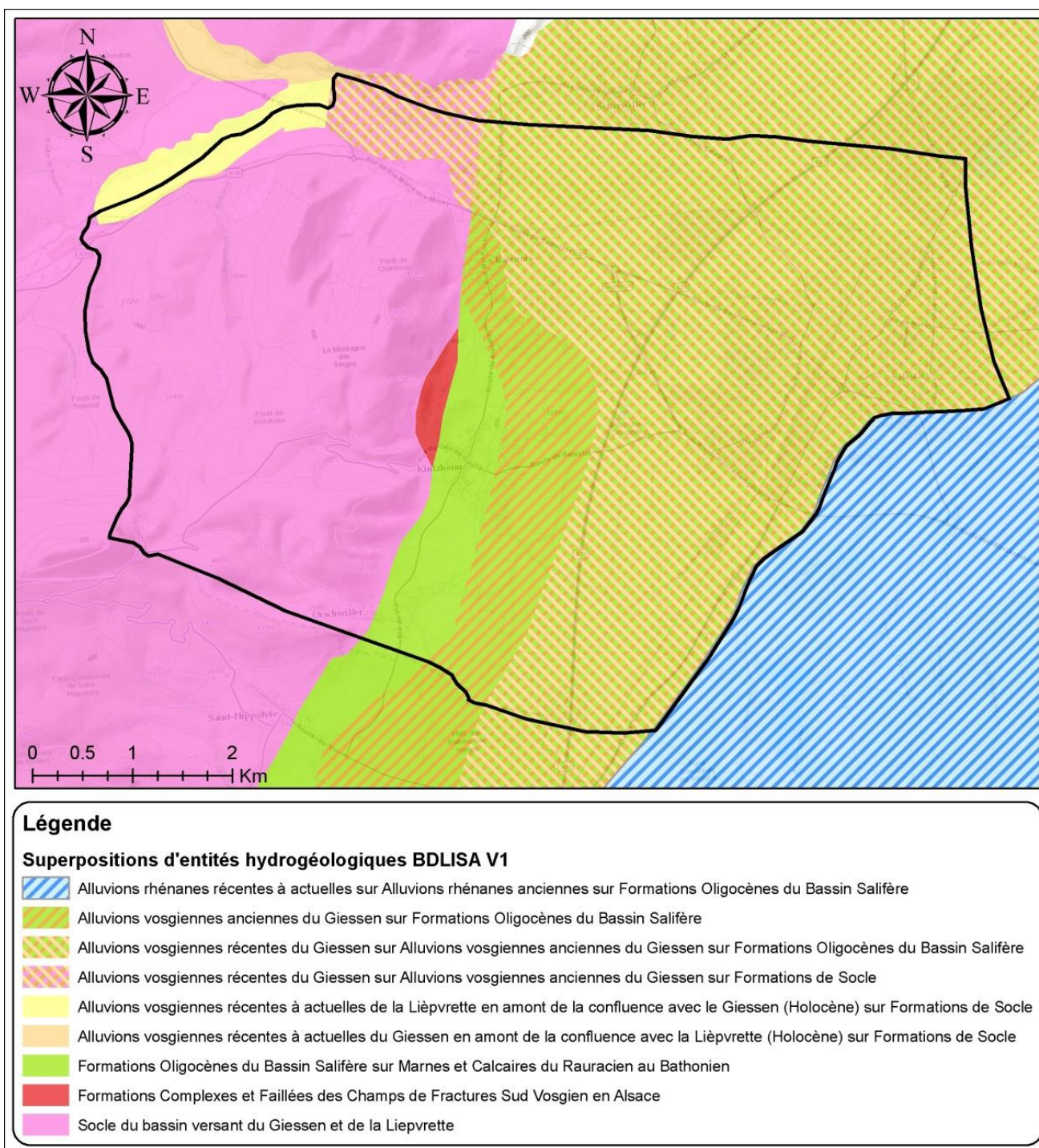


Illustration 10 : Cartographie des principales superpositions d'entités hydrogéologiques du référentiel BDLISA version 1, répertoriés dans la zone « Kintzheim »

En vérité, cette limite Est d'apparition des alluvions rhénanes n'est pas réellement bien définie. En effet, certains travaux considèrent que les alluvions rhénanes sont rencontrées plus à l'Ouest. Ainsi, Krebs (1992) considère qu'à l'Est immédiat du débouché du Giessen, les alluvions

rhénanes reposent sur les formations imperméables du Tertiaire (Pliocène et Oligocène). Elles se distinguent des alluvions du Giessen par une proportion plus faible en argile et en sable, et par leur dominante calcaire. Elles sont composées d'un mélange de sables, galets et graviers, avec des intercalations argileuses. Ces alluvions plio-quaternaires s'épaississent d'ouest en est. Selon lui, la puissance de leur recouvrement atteint une vingtaine de mètres au niveau de Châtenois (!) et environ 100 mètres à proximité de l'III. De même, selon THERA (2009), l'ouvrage AEP de Kintzheim (03077X0020/F), situé à mi-chemin entre Kintzheim et Sélestat, capterait une nappe contenue dans des alluvions rhénanes de 17 m d'épaisseur environ, intercalées entre des alluvions vosgiennes et le substratum marneux Oligocène.

Il faut cependant souligner que la distinction entre ces formations alluviales de lithologies finalement assez proches mais d'origines différentes reste particulièrement délicate, au vue des données disponibles actuellement. Aucune étude ne semble avoir réellement statué sur la présence ou non des alluvions rhénanes à l'intérieur de la zone de bordure de Kintzheim. Reste que les discussions actuelles s'appuient essentiellement sur l'analyse de données historiques, parfois incomplètes voire peu fiables. Des investigations complémentaires mériteraient d'être menées (campagne de forages de reconnaissance avec carottage, campagne géophysique, fouille documentaire ciblée sur les rapports de chantiers de forage) afin de confirmer ou d'infirmer la présence de ces alluvions d'origine rhénane.

4.3. CARACTERISTIQUES HYDROGEOLOGIQUES DE L'AQUIFERE DES ALLUVIONS DU GIESSEN

Les caractéristiques des aquifères prépondérants dans les zones étudiées sont détaillées sur la base des informations collectées dans la BSS-Eau³. Cette dernière a par ailleurs intégré l'ensemble des données qui ont été capitalisées dans le cadre des différentes conventions BRAR. Ainsi, quand elles sont disponibles, les valeurs de caractéristiques hydrodynamiques de l'aquifère résultant des pompages d'essai (transmissivités, perméabilités, débits critiques...) sont présentées pour la zone étudiée.

La zone de la vallée vosgienne et du débouché du Giessen (moitié Nord de la zone de bordure) comporte peu de points de mesure et se caractérise, d'un point de vue géologique, par la présence d'anciens chenaux liés à des diffuents successifs. On y traverse généralement deux nappes (une nappe d'accompagnement du cours d'eau superficielle et une seconde nappe en charge) séparées par une couche d'argile de 1 à 2 m d'épaisseur en moyenne (Rebouças, 1964, Krebs, 1992).

Le forage 03077X0002/F, réalisé dans la fin des années 1920, près de la scierie Stadelmann dans le Val de Villé (25m de profondeur) aurait traversé deux nappes bien individualisées,

³ La BSS-Eau est la base de données relative aux informations sur les eaux souterraines, au format SANDRE, qui est organisée et gérée par le BRGM. Son contenu (descriptif des points d'eau, données sur les prélèvements et les traçages...) constituent le référentiel des points d'eau en France. Les informations contenues dans cette base sont issues des déclarations faites au titre du Code Minier ou du code de l'Environnement.

La BSS-Eau est l'objet de mises à jour pour améliorer la qualité des informations déjà saisies (précisions et compléments de dossiers) et pour prendre en compte les informations communiquées par les différents organismes du Système d'Information sur l'Eau (Agences de l'eau, DREAL, collectivités locales, syndicats d'eau,...) dont le soutien est nécessaire pour enrichir les informations sur le descriptif des points d'eau. Ces mises à jour sont réalisées par les directions régionales du BRGM et leur rythme actuel est quotidien en fonction des informations transmises. Les données informatisées proviennent de plusieurs sources complémentaires dans l'espace et dans le temps. Ainsi les données ne font pas toutes l'objet de contrôles et de vérifications. Au fur et à mesure la traçabilité de l'origine des données saisies sera précisée et accessible à l'utilisateur. Certaines lacunes en termes de documentation associée au point d'eau s'expliquent par des non-instructions de dossiers.

séparées par 2m d'argiles. Malgré cela, les caractéristiques hydrodynamiques des alluvions du Giessen dans ce secteur ne sont pas très bonnes, ces alluvions étant très riches en argiles (cf. chapitre 4.1).

Au sein de la zone de bordure, le secteur ayant les meilleures caractéristiques, et donc qui est le plus intensément exploité (cf. chapitre 5), reste le cône de déjection du Giessen, surtout sa moitié Sud, entre Kintzheim et Sélestat.

4.3.1. Valeurs de caractéristiques hydrodynamiques de l'aquifère

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 Kintzheim, 11 points d'eau sont recensés dans la BSS EAU comme ayant fait l'objet d'un ou plusieurs pompages d'essai (cf. Illustration 11). Ces derniers permettent de caractériser la nappe captée par ces ouvrages. Ce recensement ne semble pas exhaustif puisque la recherche bibliographique dans le secteur d'étude a révélé d'autres valeurs de caractéristiques hydrodynamiques, qui devront donc être capitalisées en BSS EAU.

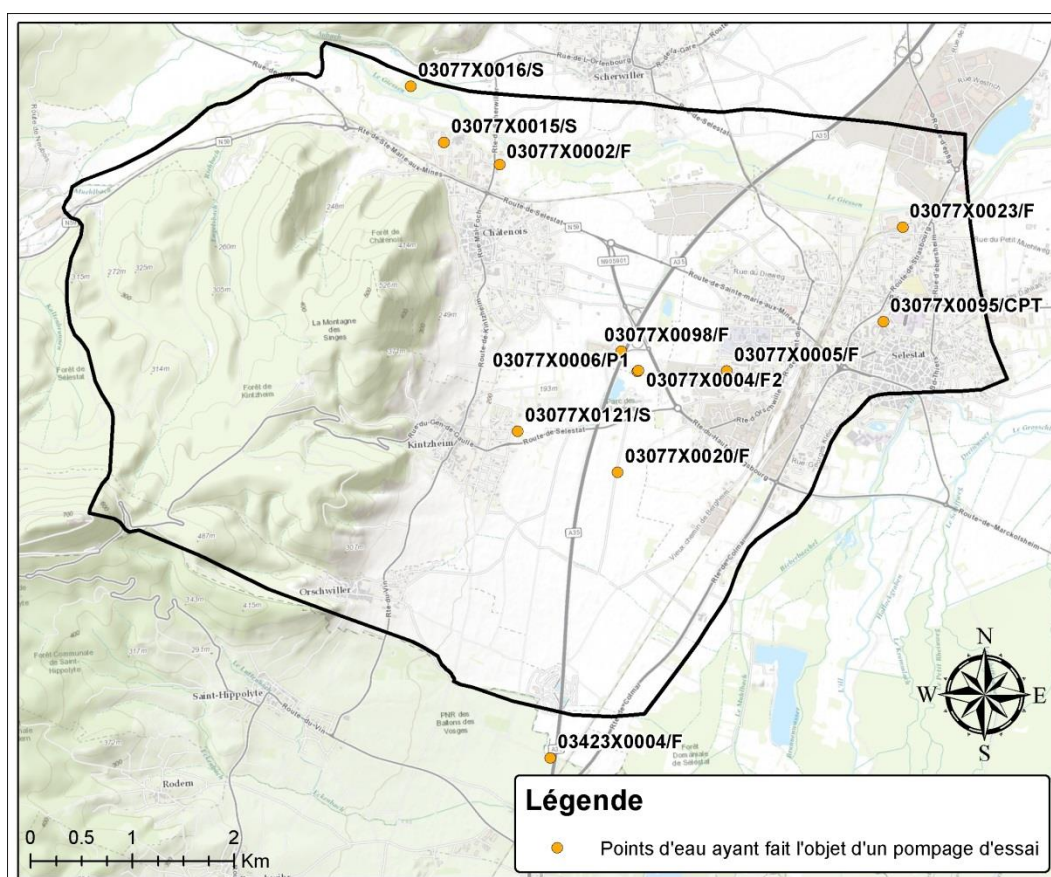


Illustration 11 : Points d'eau recensés dans la BSS EAU comme ayant fait l'objet d'un ou plusieurs pompages d'essai

Dans le Val de Villé, les 2 forages de recherche d'eau du Mittelmuhl (03077X0015/S et 03077X0016/S), réalisés dans la fin des années 1960 ont permis d'apprécier la transmissivité de la nappe alluviale captée à environ 4.10^{-3} m²/s, sa conductivité hydraulique à 3.10^{-4} m/s et son coefficient d'emmagasinement à 2.10^{-3} .

Un inventaire antérieur à celui de la BRAR avait déjà été réalisé par Krebs en 1992. Il concluait sur une répartition suivante des valeurs de conductivité hydraulique moyenne :

- 2.10^{-3} m/s aux forages Galgenfeld de Sélestat situé au Sud-Ouest de l'agglomération,
- 6.10^{-5} m/s dans le forage industriel 03077X0005/F pour la Société Alsacienne d'Aluminium, situé à l'Ouest de Sélestat.

Compte tenu de ces valeurs et du gradient d'écoulement de la nappe, il avait estimé à l'époque une vitesse moyenne de circulation de la nappe comprise entre 0,3 et 2 m/jour. Il faut cependant noter que cette vitesse peut, à proximité des ouvrages de captage ainsi que dans des strates plus perméables, être beaucoup plus élevée et dépasser les 10 m/jour.

Plus au Sud, le pompage d'essai réalisé sur le forage AEP 03077X0020/F de Kintzheim a montré une transmissivité de $1,15.10^{-2}$ m²/s et une conductivité hydraulique de $2,3.10^{-4}$ m/s pour la nappe captée (Rebouças, 1964).

Les ouvrages ayant les meilleurs débits spécifiques (débits de pompage divisés par le rabattement) sont ceux situés généralement en bordure Est du secteur de Kintzheim : 0,011 m²/s pour 03077X0005/F et 03077X0095/CPT, 0,0067 m²/s pour 03077X0023/F. Les valeurs sont légèrement inférieures pour les autres ouvrages plus à l'Ouest, à proximité du piémont vosgien. Il faut néanmoins relativiser ces valeurs qui retranscrivent à la fois la « qualité » de la nappe et la qualité de l'ouvrage et de son équipement au moment du pompage d'essai.

4.3.2. Recharge

Au niveau de la plaine (débouché du Giessen et secteur plus au Sud), la nappe, contenue dans les alluvions holocènes à würmiennes du Giessen semble alimentée par :

- les précipitations sur leur domaine d'extension, avec un effet retardateur éventuel dans la zone à l'extrémité Sud comportant quelques mètres de loess peu perméables ;
- les apports latéraux venant d'écoulements subsuperficiels des formations des collines avoisinantes (colline sous-vosgiennes amont) et qui transitent au sein des dépôts de piémont (présence de quelques forages et puits peu profonds). Cette alimentation de la nappe par les coteaux avait d'ailleurs été estimée par Krebs en 1979 à $1,5.10^5$ m³ par an et par km ;
- Le Giessen.

Le Giessen peut localement ou temporairement drainer la nappe mais il s'agit de phénomènes plutôt localisés (cf. chapitre 4.5).

4.4. DIRECTIONS GENERALES DE L'ECOULEMENT SOUTERRAIN

4.4.1. Données utilisées

Un croisement entre le Modèle Numérique de Terrain (MNT) issu de la BDAlti (©IGN) et la grille nationale d'épaisseur de Zone Non Saturée (ZNS), calculée par le BRGM en novembre 2011 (cf. Illustration 12), pour des problématiques de remontée de nappe (Allier *et al.*, 2011), a permis de définir les grands bassins versants souterrains en situation de moyennes eaux. Ceux-ci sont en effet délimités en fonction des lignes de partage des eaux souterraines qui ont pu être tracées grâce à des outils SIG.

Les 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.

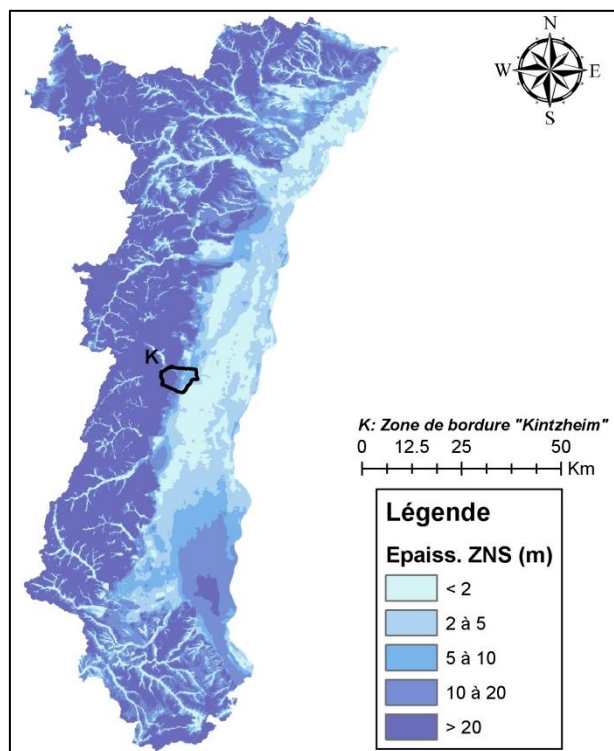


Illustration 12 : Grille d'épaisseur de ZNS sur le territoire alsacien (d'après Allier et al., 2011)

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 Moyenne Eau 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. En l'absence de carte piézométrique, les épaisseurs de ZNS calculées sur certains secteurs à faible densité de points d'eau avec niveau piézométrique, peuvent ainsi s'éloigner de la réalité. C'est le cas notamment dans les zones à fort relief, dont les ressources en eau souterraine sont plus incertaines donc moins exploitées (Vosges). De même, les nappes perchées localement peuvent ne pas avoir été toutes prises en compte lors du calcul d'interpolation.

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 étudiées, issus de la BD Carthage 2015. Le but est d'identifier les zones remarquables qui participent, par infiltration et/ou ruissellement en surface, à l'alimentation de la zone étudiée. Cette démarche aboutit à l'établissement d'une typologie de ces zones remarquables, selon qu'elles contribuent en

souterrain uniquement, en surface uniquement, des deux manières ou bien aucunement, à l'alimentation de la nappe considérée.

4.4.2. Résultats autour de Kintzheim

Historiquement, les études menées localement (Simler, 1976, Krebs, 1992) définissaient les directions d'écoulement de la nappe contenue dans les alluvions vosgiennes à l'Ouest puis rhénanes à l'Est comme étant les suivantes :

- vers l'Est dans sa partie essentiellement vosgienne ;
- en direction Sud-Est au débouché du Giessen, sous l'influence probable de la paléovallée du Giessen ;
- en direction du Nord-Nord-Est vers le centre plaine à partir de Sélestat.

L'illustration 13 présente ainsi un extrait de la carte piézométrique de référence en période d'étiage 1972, réalisée par Simler (1976) et qui met en évidence i) la présence de cette paléovallée entre Kintzheim et Sélestat et ii) l'alimentation de la nappe par le Giessen entre Scherwiller et Sélestat.

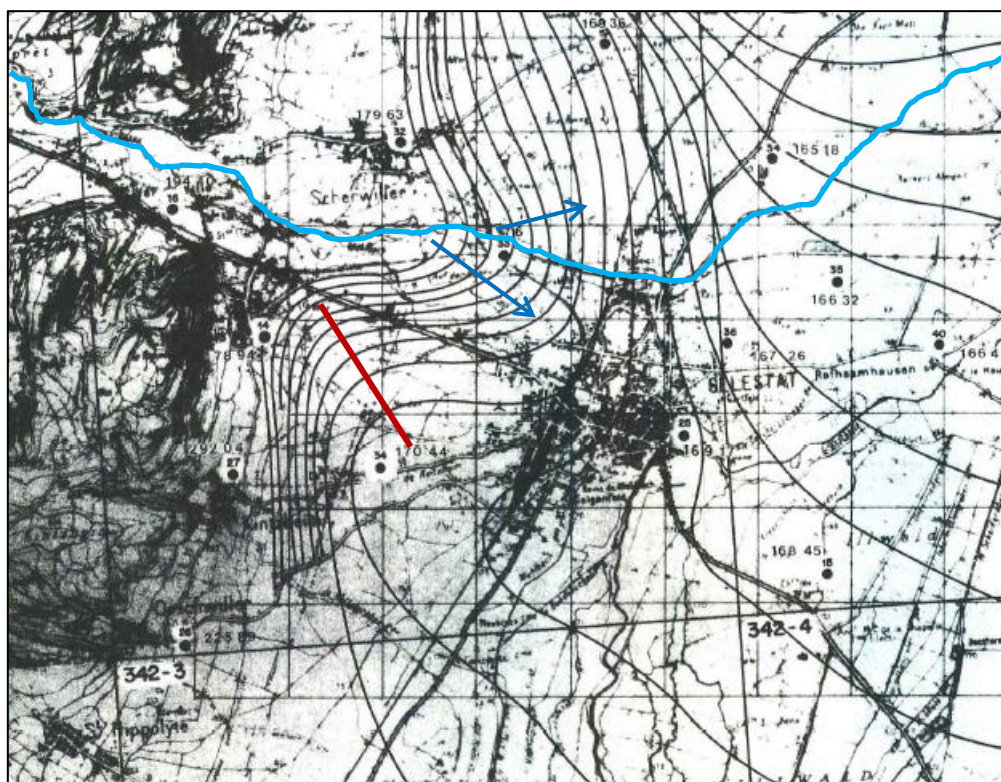


Illustration 13 : Extrait de la carte piézométrique de février 1972, avec axe du paléochanel supposé (trait rouge) et direction des écoulements du Giessen vers la nappe (flèches bleues) (Simler, 1976)

La piézométrie au débouché du Giessen à Scherwiller et dans la zone des dépôts de piémont à Kintzheim reste mal connue. Les cartes piézométriques en période d'étiage 1991 et de moyennes eaux 2009 (source : APRONA), ne permettent pas d'apporter de compléments, leurs limites d'extension s'arrêtant légèrement plus à l'Est. Une campagne piézométrique plus fine dans ces secteurs, au travers du recensement de nouveaux points d'eau, permettrait d'améliorer sensiblement la connaissance des écoulements souterrains en ces lieux.

Krebs (1992) a estimé que le gradient hydraulique passerait de 8‰ en amont de Châtenois, au débouché du Giessen, à moins de 1‰ dans le domaine des alluvions rhénanes proprement dites, à hauteur de Sélestat.

Une approche cartographique a été menée, consistant à délimiter les bassins versants souterrains sur la base de la grille d'épaisseur de zone non saturée (Allier *et al.*, 2011) et à déterminer des lignes de courant associées. 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 et notamment celle d'un apport global (souterrain et en surface) venant du piémont vosgien (cf. Illustration 14).

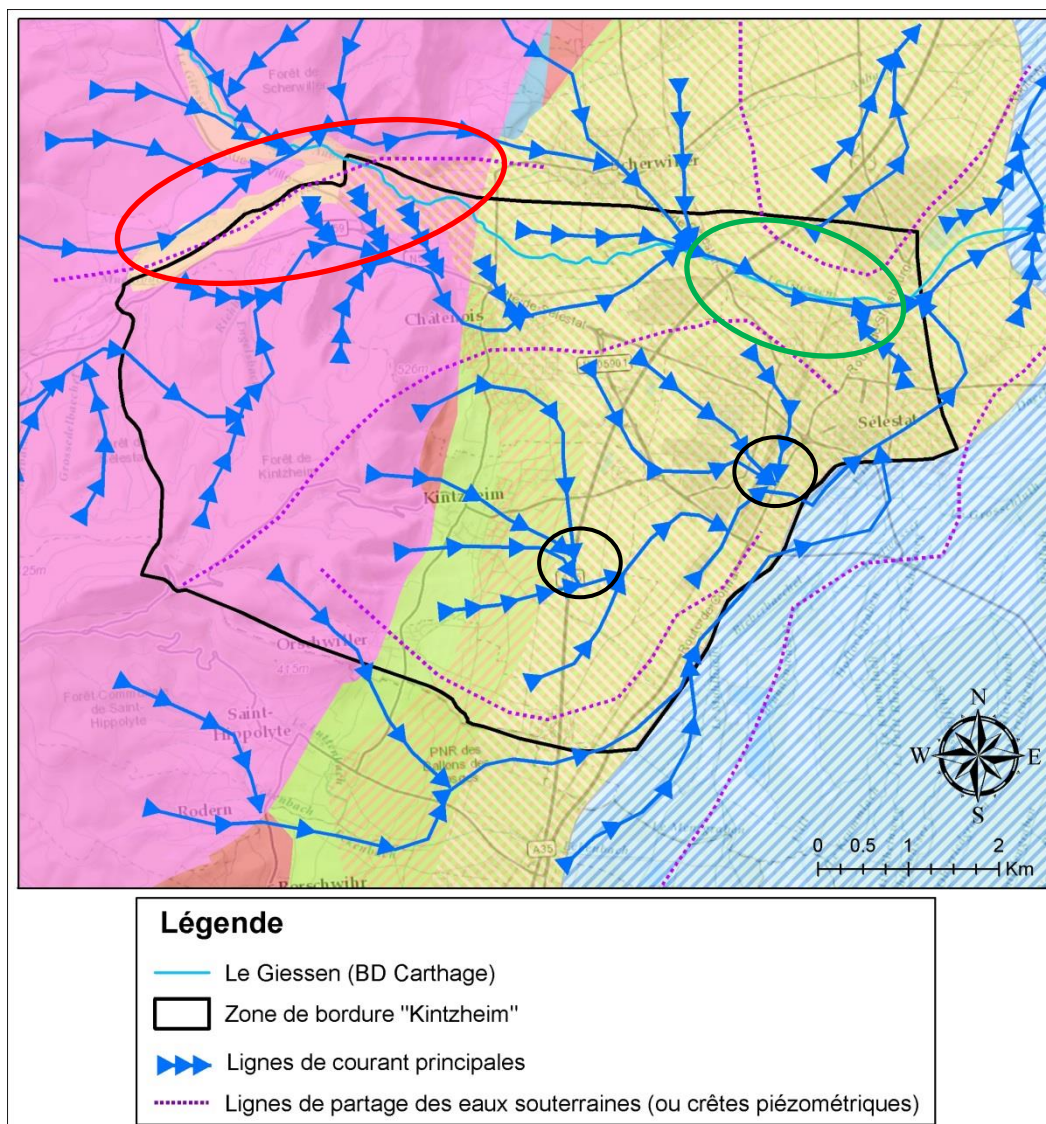


Illustration 14 : Localisation des lignes de courant principales et des lignes de partage des eaux souterraines – Kintzheim

De plus, dans la moitié Ouest, secteur où les formations de socle sont peu profondes sous les alluvions, il semble que les cours d'eau associés (La Lièpvrette et le Giessen) contribuent à l'alimentation de leurs nappes d'accompagnement (zone encerclée en rouge - Illustration 14). Cette alimentation se poursuivrait jusqu'à un secteur au Sud-Est de Scherwiller où le Giessen verrait

son rôle évoluer plutôt comme un drain avec des apports souterrains venant des alentours (zone cerclée en vert - Illustration 14) mais cette dernière hypothèse est discutable (cf. chapitre 4.5).

Le secteur cerclé de vert révèle la présence resserrée de 2 lignes de partage des eaux qui laisse à penser que, si des apports vers le cours d'eau sont présents, alors ceux-ci restent très limités dans cette zone. Ces écoulements rapidement divergents pourraient s'expliquer par la présence de nombreux captages d'exploitation (tout usage), qui « exfiltrent » l'eau du sous-sol, de part et d'autre du Giessen.

A 1 km au Sud du cours d'eau, une ligne de partage apparaît, qui sépare les écoulements précédemment décrits de ceux de direction globale S-E à SSE et correspondant à peu près à l'axe du paléochenal supposé. Le cercle noir le plus au Sud représenté sur l'Illustration 14, révèle un secteur qui rassemble plusieurs drains, et notamment ceux provenant du piémont vosgien plus à l'Ouest. Il apparaît que ce secteur est celui où se concentrent plusieurs captages, dont le captage AEP 03077X0020/F de Kintzheim. Comme montré en Illustration 15, cette ligne de partage des eaux coïncide plutôt bien avec celle qui sépare les bassins versants de surface Giessen-Lièpvrette et Ill.

Enfin, une ligne de partage des eaux coïncide également assez bien avec la limite Sud de la zone de bordure, en dehors de laquelle les eaux souterraines sembleraient plutôt influencées par le parcours de l'Ill et de ses affluents proches. Cette crête piézométrique est un argument de plus validant le choix porté de délimiter la partie Sud de la zone de bordure de cette manière.

Globalement, les directions prises par les écoulements de surface et souterrains sont assez similaires. Néanmoins, quelques divergences apparaissent dans l'Illustration 15, qu'il serait intéressant de confirmer ou d'infirmer par une étude complémentaire plus fine :

- en zone 1 (hachurée en vert), les calculs menés montrent des écoulements souterrains en direction de la zone de bordure alors que les écoulements de surface, associés au bassin versant du Scheer, s'en éloignent ;
- les zones 2 et 3 hachurées en rouge sont, elles, des zones où les écoulements souterrains sortent de la zone de bordure. La zone 2 est probablement influencée par des prélèvements situés au N-N-E. La réalité de la zone 3 est quant à elle très incertaine, du fait de la faiblesse du jeu de données utilisé dans cette zone lors des calculs.

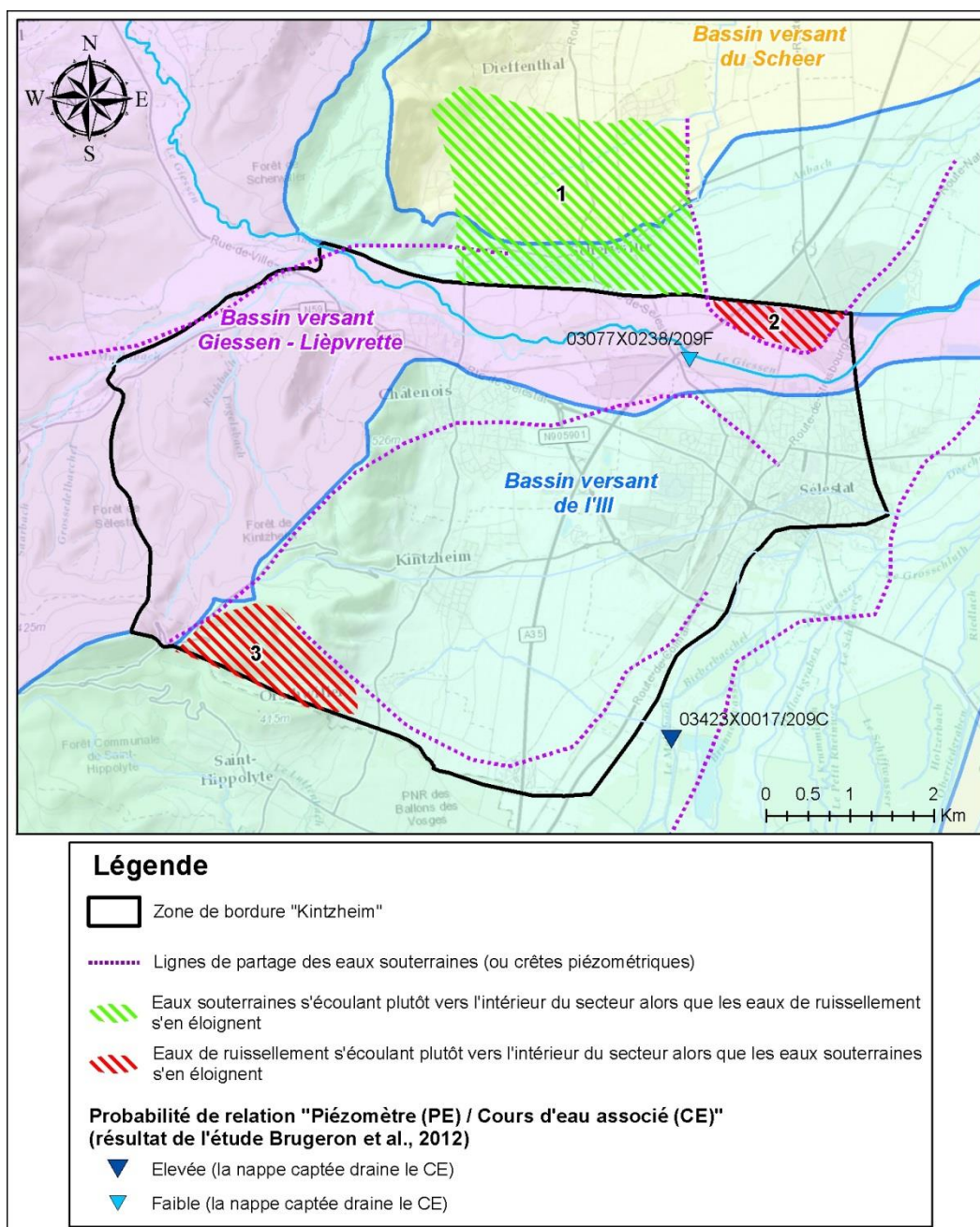


Illustration 15 : Comparaison des bassins versants souterrains et de surface – zone « Kintzheim »

4.5. RELATIONS NAPPE-RIVIERE ET INTER-NAPPES

Ce chapitre synthétise principalement les connaissances établies, à l'issue d'études locales, sur les relations entre les nappes considérées et les cours d'eau présents dans la zone de bordure mais également, et quand cela est possible, les éventuelles connections existantes entre deux nappes superposées.

Plusieurs travaux ont montré que le Giessen contribue plutôt et de façon permanente à l'alimentation de la nappe alluviale, notamment à son débouché dans la plaine. En 1973 et 1974, 3 campagnes de jaugeages différentiels ont été menées sur le cours d'eau, entre Scherwiller et

de la Nord-Est de Sélestat qui ont permis d'estimer des apports moyens du Giessen vers la nappe à 0,15 m³/s (Krebs, 1979).

Le SAGE Giessen-Lièpvrette révèle également une perte importante de débit, dans le même ordre de grandeur (0,26 m³/s), entre les deux stations hydrométriques de Sélestat amont et aval, qui ne sont séparées que de 3 km en aval de la zone de bordure. Cette perte est d'autant plus visible en étiage. Ces résultats sont cohérents avec les travaux de Brugeron *et al.* (2012) sur la caractérisation des échanges nappes/rivière sur la base des ouvrages de la banque ADES. En effet, ceux-ci ont également conclu que la nappe captée par l'ouvrage 03077X0238/209F situé au Nord-Ouest de Sélestat draine effectivement le Giessen (cf. Illustration 15). Cette relation est jugée cependant à probabilité faible à cet endroit, situé en amont immédiat de la zone de « bascule » supposée du sens des échanges (avec le resserrement des lignes de partage des eaux de chaque côté du Giessen).

La modélisation hydrogéologique menée dans le cadre du réseau LOGAR (Région Alsace, 2009-2012) apporte également des informations sur les échanges nappes/rivières, tronçons par tronçons, à la fois du point de vue qualitatif (sens de l'échange), quantitatif et temporel (période de basses eaux, moyennes eaux ou hautes eaux). Les résultats dans la zone de Kintzheim, sont présentés en Illustration 16, pour les périodes de basses et hautes eaux.

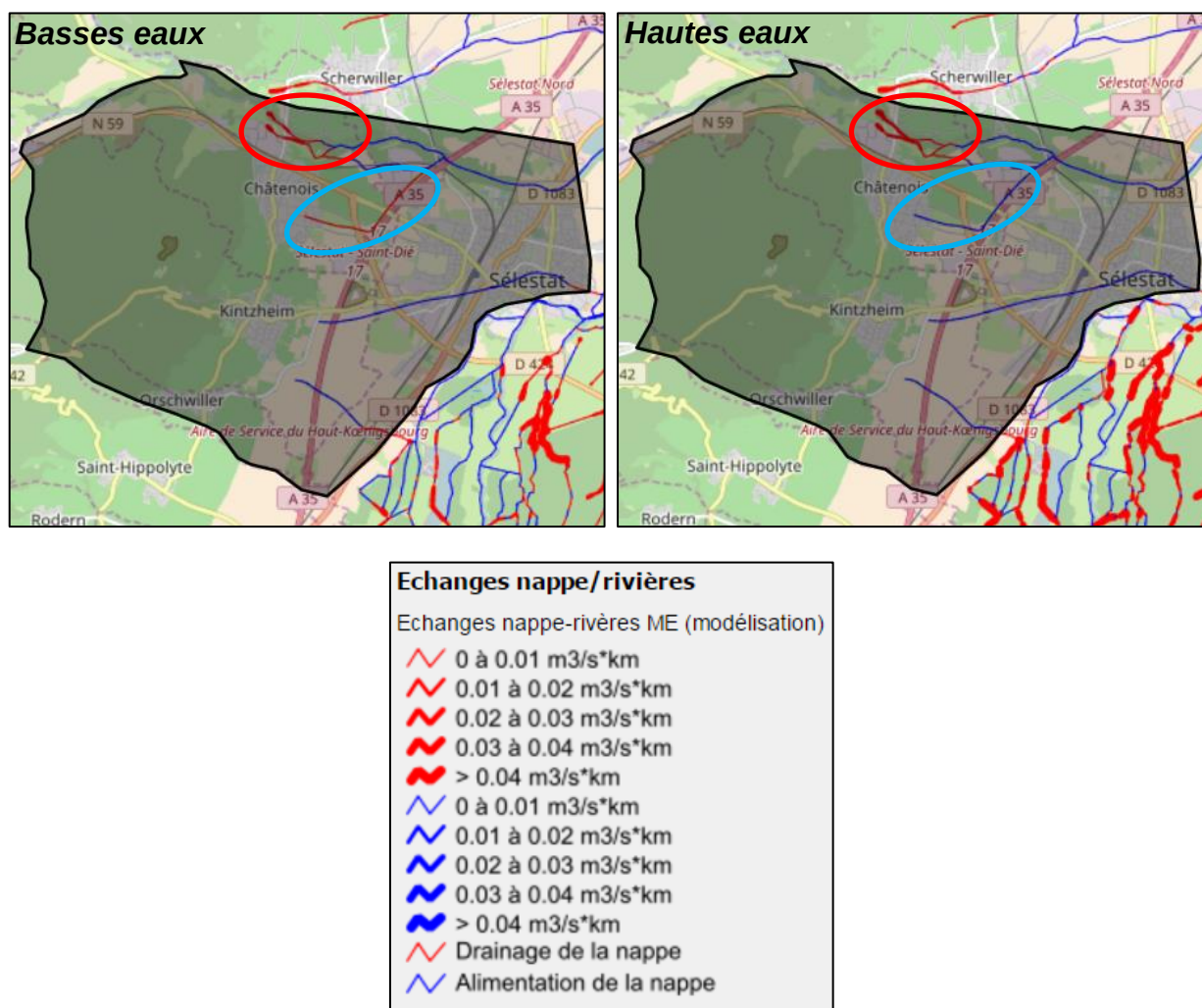


Illustration 16 : Echanges nappe/rivières estimés d'après le modèle LOGAR, en basse et hautes eaux (Observatoire de l'Eau, APRONA).

Ces résultats confirment globalement l'alimentation de la nappe par le Giessen, et plus généralement par les autres cours d'eau de la zone, que ce soit en situation de basses ou de hautes eaux (couleur bleue). Cependant, des zones particulières sont à noter, qui mériteraient d'ailleurs une vérification complémentaire :

- contour rouge : ce secteur immédiatement au débouché du Giessen est désigné comme étant plutôt le lieu d'une alimentation du Giessen par la nappe ; cette configuration amène à penser que la nappe soutient le Giessen dans le premier kilomètre à son arrivée dans la plaine puis une inversion se produit pour les tronçons suivants. Il faut noter que, sur ce même endroit, le modèle Eau-dyssée, mis en œuvre sur le bassin Rhin-III dans le cadre du projet de recherche NAPROM (NAPpes-Rivières : Observation et Modélisation), lancé par l'ONEMA en 2011 et animé par Armines (Paran *et al.*, 2014), présente un résultat inverse, à savoir une alimentation de la nappe par le cours d'eau ; des investigations complémentaires semblent donc nécessaires, tout comme plus en aval (cf. chapitre 4.4) ;
- contour bleu : un cours d'eau intermittent est localisé sur ce secteur qui présente la particularité de drainer la nappe en Basses Eaux et de l'alimenter lorsque celle-ci est en Hautes Eaux. L'hypothèse de ce comportement surprenant et différent des autres cours d'eau du secteur serait à vérifier.

Ces résultats, dans un secteur situé en bordure de l'emprise du modèle LOGAR, restent donc à considérer avec précaution et ne doivent pas supplanter d'autres résultats tirés d'investigations de terrain ou d'études spécifiques. En outre, la question se pose de savoir si ce modèle à l'échelle du fossé Rhénan est adapté pour caractériser ces échanges nappes-rivières à une échelle si locale.

Plus en amont, au niveau de la confluence entre le Giessen et la Lièpvrette, la baisse de la hauteur d'eau se visualise également très bien en période d'étiage. Cette perte s'explique d'une part par un prélèvement vers l'Aubach qui « exporte » sans restitution aval un débit non négligeable vers la Scheer et d'autre part par des infiltrations en nappe au niveau du cône de déjection de la rivière à son débouché dans la plaine d'Alsace. Les cartes piézométriques recensées dans ce secteur présentent toutes un bombement qui indique une alimentation de la nappe par le Giessen.

5. Valorisation des informations ponctuelles dans le secteur

Un recensement des points d'eau localisés à l'intérieur ou à proximité de la zone de bordure étudiée, est réalisé. Ce travail est mené 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. Les informations contenues dans ces bases sont issues des déclarations faites au titre du Code Minier ou du code de l'Environnement. Dans la mesure du possible, les distinctions sont faites selon l'usage de l'ouvrage : captage pour l'Alimentation en Eau Potable (AEP), ouvrage associé à un réseau de suivi piézométrique ou qualité. Chacun de ces usages donne des informations spécifiques sur la nappe captée.

D'une manière générale, les eaux souterraines du secteur de Kintzheim sont principalement captées dans le Val de Villé, à Châtenois mais surtout dans la moitié aval de la zone de bordure entre Kintzheim et Sélestat (cf. Illustration 17). Le tracé de l'autoroute A35 apparaît comme une limite à l'Est de laquelle de nombreux puits sont recensés alors que, de l'autre côté, la densité d'ouvrages est bien inférieure, en particulier en bordure du piémont de Kintzheim à Orschwiller.

Les ouvrages destinés à l'AEP sont essentiellement localisés dans une zone entre Kintzheim et Sélestat. A noter que dans l'Illustration 17, aucune distinction n'est faite entre les captages AEP abandonnés et ceux qui sont toujours actifs.

Les qualitomètres sont logiquement localisés à proximité des zones d'activités industrielles du secteur, à l'Ouest de Sélestat. Une densité importante est également observée au niveau du Centre de Stockage des Déchets non Dangereux à Châtenois, au lieu-dit du Heidenbuhl (extrême Nord-Ouest du secteur).

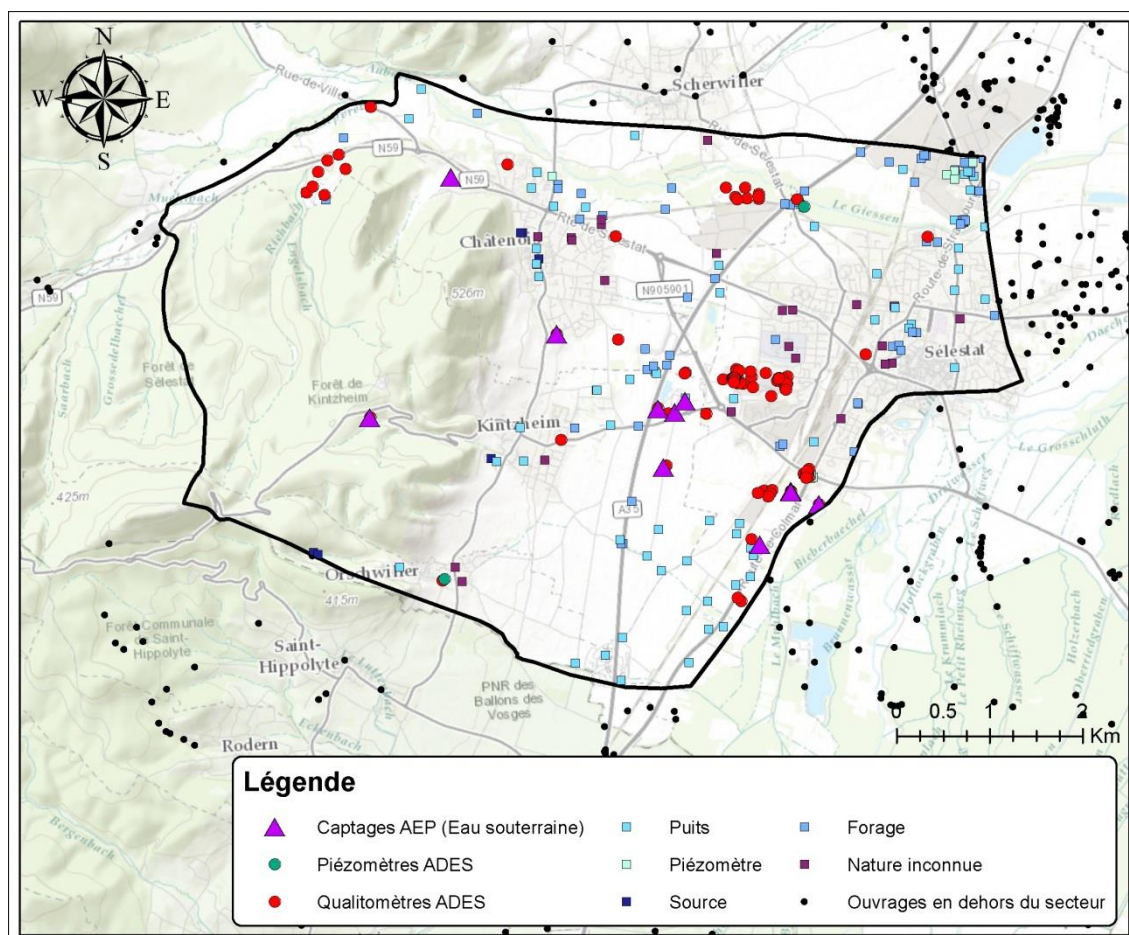


Illustration 17 : Localisation des captages AEP, qualitomètres & piézomètres ADES et autres ouvrages répertoriés dans la BSS EAU dans ou à proximité de la zone de bordure « Kintzheim »

L'illustration 18 représente les ouvrages captant des eaux souterraines en fonction de leur profondeur d'investigation (quand elle est connue). Il s'accompagne d'une représentation statistique en boîte à moustache qui montre une médiane des profondeurs à 13,5 m. Il faut noter également que 75% des ouvrages recensés ont une profondeur inférieure à 23 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 rencontrées les plus récentes.

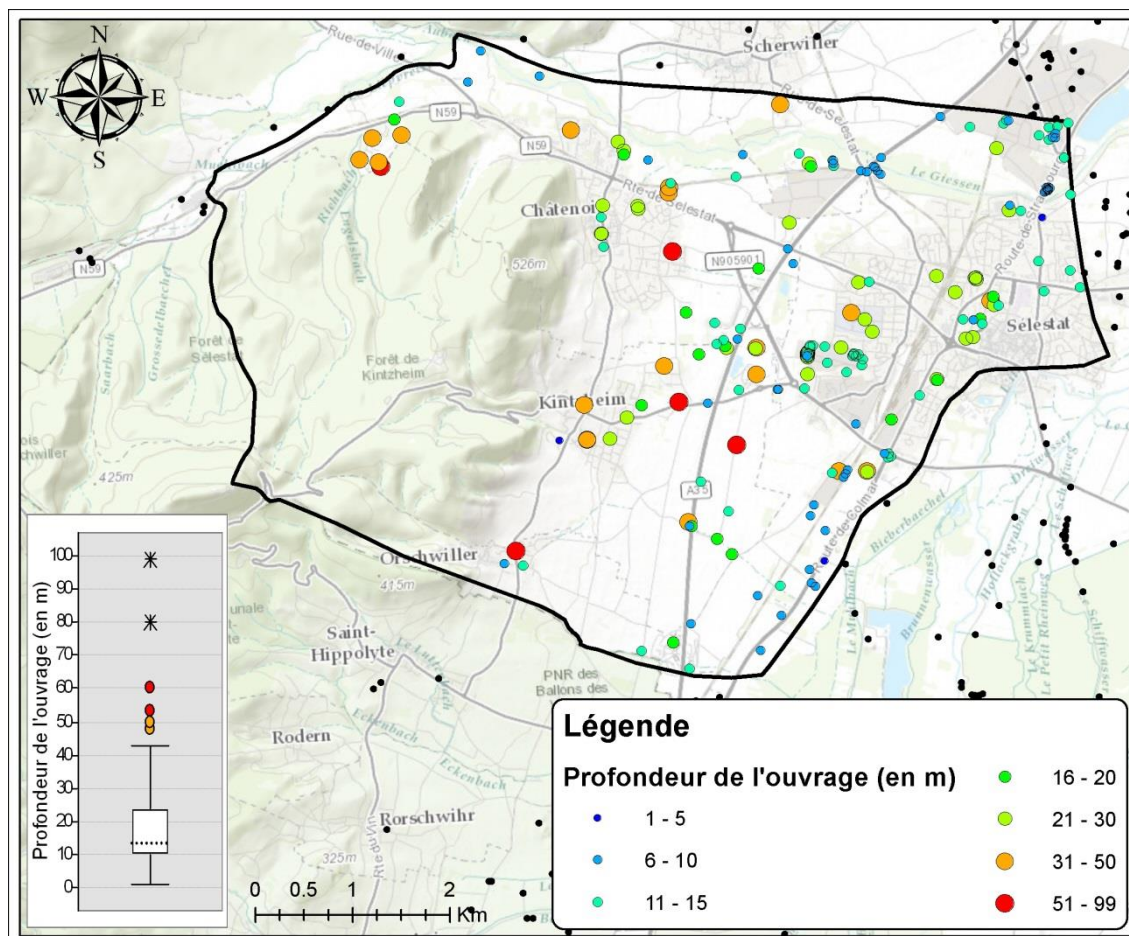


Illustration 18 : Représentation des ouvrages répertoriés dans la BSS EAU de la zone de bordure « Kintzheim » en fonction de leur profondeur et répartition de ces ouvrages sur une boîte à moustache

Les ouvrages dépassant ces profondeurs caractéristiques sont localisés essentiellement dans l'axe de la paléovallée supposée du Giessen (cf. chapitres 3.1 et 4.4). Cette observation s'apparente à celle faite pour les zones de bordure de la Bruche et de la Zorn (Brugeron, 2014).

Les ouvrages profonds situés en dehors de cet axe constituent des exceptions (ouvrage pour la géothermie à Orschwiller et piézomètres de surveillance du Centre de Stockage des Déchets non Dangereux à Châtenois, au lieu-dit du Heidenbuhl).

5.1. CAPTAGES AEP OU POUR L'ADDUCTION PRIVEE

Les ouvrages destinés à l'AEP et à l'adduction d'eau collective privée sont essentiellement localisés dans une zone entre Kintzheim et Sélestat (cf. Illustration 19).

La production d'eau du village de Kintzheim est assurée par le forage 03077X0020/F dont les eaux sont prélevées à un débit de 35m³/h (THERA, 2009). Cependant, la capacité de production totale de la station de pompage est de 90 m³/h, du fait d'un apport complémentaire d'eau issue du réseau de Sélestat (provenant du captage « Obere Erlen », cf. ci-dessous), pour atténuer les

teneurs en nitrates des eaux prélevées par le forage. Ces valeurs très élevées en nitrates font d'ailleurs que ce captage est identifié comme prioritaire au titre du SDAGE⁴ Rhin-Meuse.

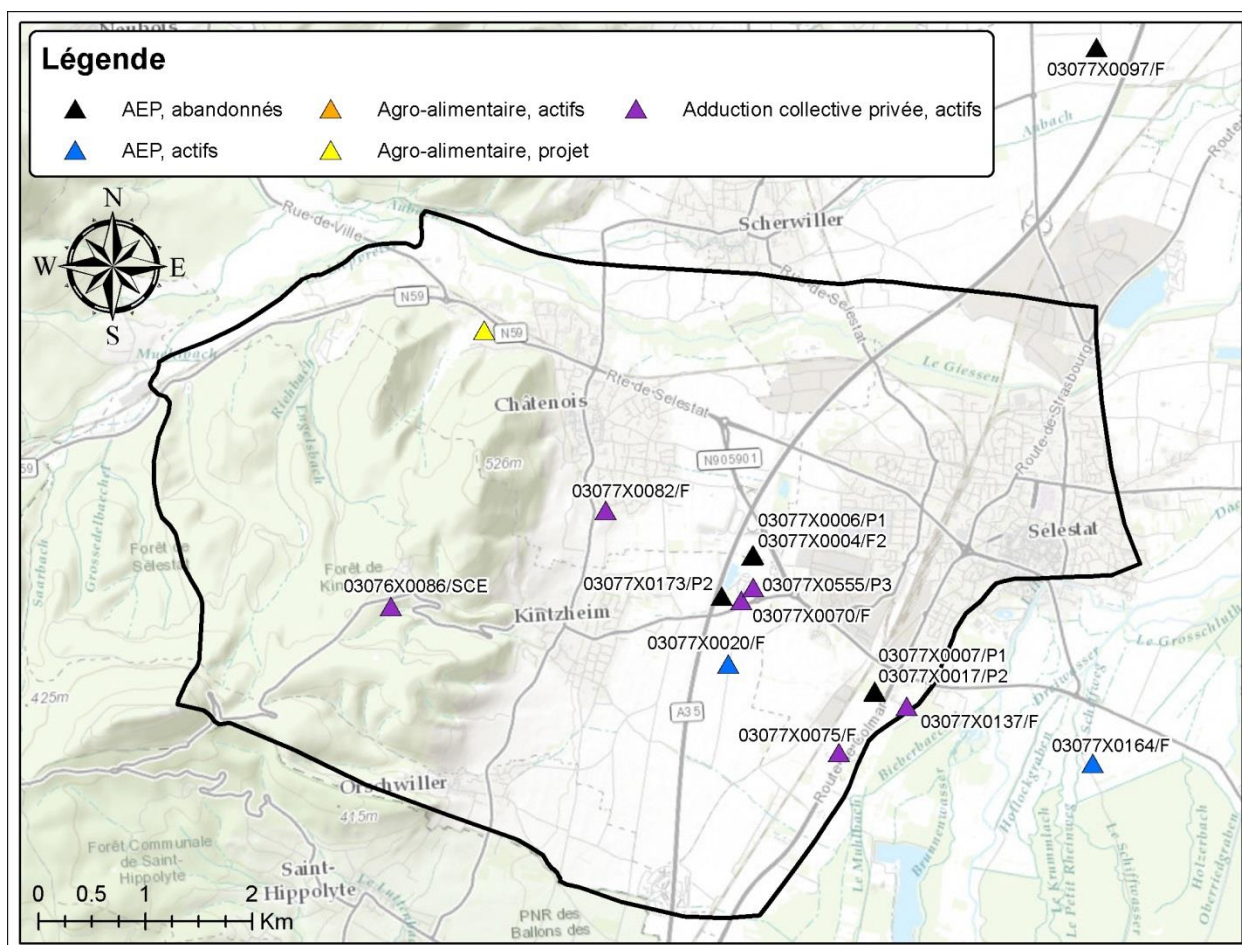


Illustration 19 : Représentation des ouvrages destinés à l'Alimentation en Eau potable (actifs ou non) répertoriés dans le Référentiel des captages AEP, au sein de la zone de bordure « Kintzheim »

La station de pompage dite de « Galgenfeld » à Sélestat, en bordure Sud-Est du secteur d'étude, est installée sur deux forages, 03077X0007/P1 et 03077X0017/P2, respectivement réalisé en 1904 à 40 m de profondeur et en 1949 à 29 m de profondeur. Dans le cadre de la recherche d'une nouvelle ressource en eau potable pour Sélestat, un nouveau forage 03077X0164/F a été réalisé en 1998, au lieu-dit « Obere Erlen », au nord de l'Ill-Wald. D'une profondeur de 90 m, cet ouvrage produit une eau de très bonne qualité (teneur en nitrates de 10 à 12 mg/l) à un débit moyen de 1000 m³/h. Cette très bonne productivité a fait que les deux forages de Galgenfeld sont désormais des forages de secours, dont les débits d'exploitation ont été ramenés à environ 700 m³/jour en cumulé.

Les forages 03077X0006/P1 et 03077X0004/F2 de Châtenois, forés dans les années 30 et situés à proximité immédiate du parc Cigoland, étaient utilisés pour l'alimentation en eau potable jusqu'à la fin des années 1980. Cependant, les concentrations en nitrates mesurés à l'époque, régulièrement au-dessus de la limite de potabilité de 50 mg/l et ayant une tendance vers l'augmentation (Delporte et Talbot, 1989), ont fait que l'exploitation de ces forages a été stoppée.

⁴ Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux

Ils ont été remplacés par le forage 03077X0097/F de Châtenois-Scherwiller, situé en dehors de la zone de bordure et ayant un débit d'exploitation de 400 m³/h, mais qui n'est lui non plus pratiquement plus utilisé du fait d'une pollution accidentelle au tétrachlorure et au COHV mis en évidence pour la première fois dans le cadre de l'Inventaire de la qualité des eaux souterraines dans la vallée du Rhin supérieur (Région Grand Est, 2003).

La production d'eau du secteur La Vancelle-Hurst, en amont de la zone de bordure, est assurée par 4 sources avec une capacité de production autour des 150 m³/j. Cependant, leurs teneurs en arsenic dépassant les normes en vigueur depuis 2003, elles sont destinées à être abandonnées.

Parmi les captages destinés à une alimentation en eau à usage privé, on citera notamment ceux du Parc Cigoland (deux actifs : 03077X0070/F et 03077X0555/P3 et un abandonné pour cause d'excès de nitrates : 03077X0173/P2).

5.2. PIEZOMETRES (ADES ET HORS ADES)

Les ouvrages ayant fait (ou faisant toujours) l'objet d'un suivi continu de leur niveau piézométrique sont recensés dans ce chapitre. Deux sources de données sont utilisées pour ce recensement :

- La banque nationale d'**Accès aux Données sur les Eaux Souterraines (ADES)** qui 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, depuis 2013, 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*. Dans le cadre des différentes conventions BRAR, un réel effort de capitalisation de ce type de données a été fait. De ce fait, les nombreux points qui ont fait l'objet d'un suivi dans les années 1960 à 1990 ont pu être valorisés. Ces données ont permis d'augmenter sensiblement le nombre de chroniques piézométriques exploitables pour la suite.

Dans la zone de bordure de Kintzheim, 2 piézomètres sont répertoriés comme faisant partie du réseau de suivi piézométrique des eaux souterraines de la région Grand Est géré par l'APRONA (cf. Illustration 20) :

- le piézomètre 03077X0026/249 (BSS000WXCP), situé à Orschwiller à proximité de la zone de contact entre les formations granitiques des Vosges et les alluvions en plaine (faille Vosgienne). Il est très peu profond (7,1m) et, malgré l'absence de coupe géologique et technique, il a apparait probable qu'il capte une nappe sub-affleurante contenue dans les dépôts de piémont⁵. A noter qu'il possède une chronique piézométrique longue (de 1961 à 2012) ;
- le piézomètre 03077X0238/209F (BSS000WXMC), situé au Nord-Ouest de Sélestat au lieu-dit Giessenwald, en bordure du Giessen. Il est également très peu profond (6,5m). Il

⁵ http://aprona-websig.prod.sig.cloud.camptocamp.net/files/pdf/Fiche_03077X0026.pdf

capte la nappe sub-affleurante des alluvions récentes du Giessen (graviers et sables brun-rouge d'après la coupe technique⁶), en relation très forte avec ce dernier.

Un troisième point de surveillance, le 03423X0017/209C, a été considéré bien que situé à l'extérieur de la zone, en limite aval Sud-Est. D'une profondeur de 6,2m, il capte la nappe alluviale plutôt d'origine rhénane (graviers et sables gris⁷) dont les cotes piézométriques enregistrées dépassent parfois celle du sol. Il est situé en bordure Ouest de la zone humide de l'Illwald.

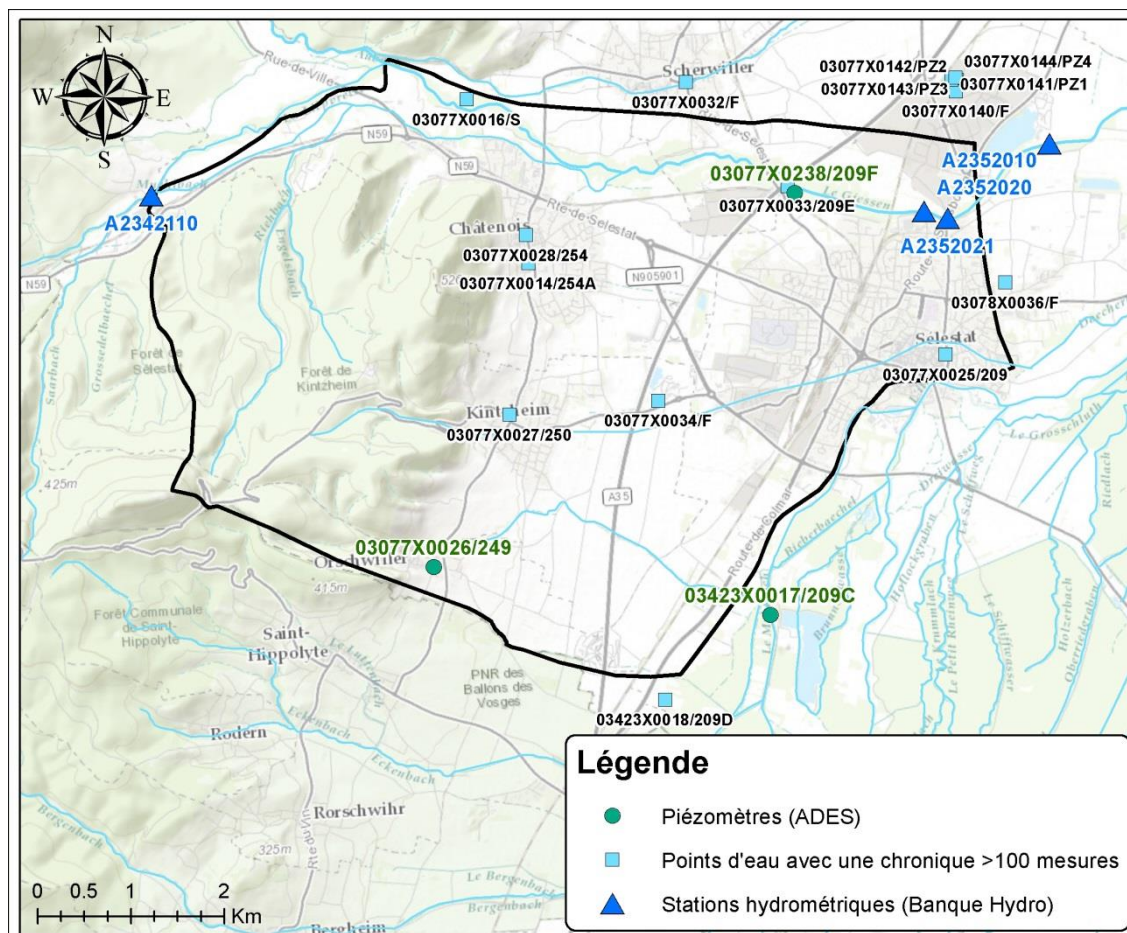


Illustration 20 : Localisation des piézomètres ADES et hors ADES et des stations de mesure hydrométriques référencées dans la Banque Hydro – zone « Kintzheim »

Les 15 autres points d'eau situés à l'intérieur de (ou limitrophe à) la zone d'étude représentés sur l'illustration 20 ont également fait l'objet, dans une période de temps plus ou moins restreinte, d'un suivi de leur niveau piézométrique. Une grande partie de ce suivi fut menée fin des années 1960 jusqu'au milieu des années 1970. Certains possèdent une chronique suffisamment longue pour permettre une sectorisation de la zone en fonction des signaux piézométriques enregistrés.

Quatre stations hydrométriques sont également présentes à l'intérieur ou à proximité immédiate de la zone d'étude, à savoir :

⁶ http://aprona-websig.prod.sig.cloud.camptocamp.net/files/pdf/Fiche_03077X0238.pdf

⁷ http://aprona-websig.prod.sig.cloud.camptocamp.net/files/pdf/Fiche_03423X0017.pdf

- la station A2342110 « La Lièpvrette à la Vancelle [Hurst] », située sur la Lièpvrette, en amont de la zone d'emprise de l'étude, avec des données allant de 1969 à 1984 ;
- la station A2352020 « Le Giessen à Sélestat [amont] », située sur le Giessen au Nord de Sélestat, avec des données allant de 1965 à 2007 ;
- la station A2352021 « Le Giessen à Sélestat [annonce des crues] », qui a remplacé la station A2352020 située à environ 260 en amont (données de 2007 à ce jour) ;
- la station A2352010 « Le Giessen à Sélestat [aval] », situé à un peu plus de 1 km en aval des deux précédentes, avec des données allant de 1971 à 1989.

La suite du chapitre présente le détail des fluctuations piézométriques enregistrées par grand secteur. Il faut noter toutefois que des zones peu connues subsistent encore, notamment celle au Sud-Est de Kintzheim, entre les collines vosgiennes et la route de Colmar, où s'écoule le ruisseau le Mittelgraben. Cette zone se caractérise en effet par un manque de description des quelques ouvrages en présence et de chronique piézométrique suffisamment longue. Des investigations complémentaires mériteraient d'être menées sur ce secteur à l'extrémité Sud de la paléovallée supposée du Giessen (cf. chapitre 3.1).

5.2.1. Au pied des collines du piémont vosgien

L'illustration 21 ci-dessous présente les chroniques piézométriques de quatre points d'eau localisés au pied des collines du piémont vosgien.

Les ouvrages les plus proches du cône de déjection sont les points d'eau 03077X0028/254, suivi en 1961 et 1962 puis rapidement remplacé par 03077X0014/254A, qui fut suivi jusqu'en 1977. Tous deux situés en plein cœur de Châtenois et profond d'un peu plus de 14m, ils captent une nappe contenue dans les alluvions holocène et würmiennes du Giessen, extrêmement réactive et qui présente un battement annuel pouvant atteindre 10m.

Plus au Sud, en partie centrale, en plein centre de Kintzheim, se trouve l'ouvrage 03077X0027/250, qui fut suivi entre 1961 et 1977 également. L'absence de coupe géologique pour ce point d'eau ne permet pas de statuer réellement sur le type de réservoir capté. Sa profondeur de 30m environ laisse supposer qu'il capte une nappe contenue au sein des formations de dépôts de piémont et des formations géologiques sous-jacentes (Pliocène supérieur ou alluvions vosgiennes ?).

Enfin, l'ouvrage le plus intéressant dans ce secteur est le piézomètre 03077X0026/249, localisé à Orschwiller, et donc à l'extrémité Sud de la zone de bordure. Déjà détaillé précédemment, il présente la chronique piézométrique la plus longue avec une double cyclicité (saisonnière et pluri-annuelle).

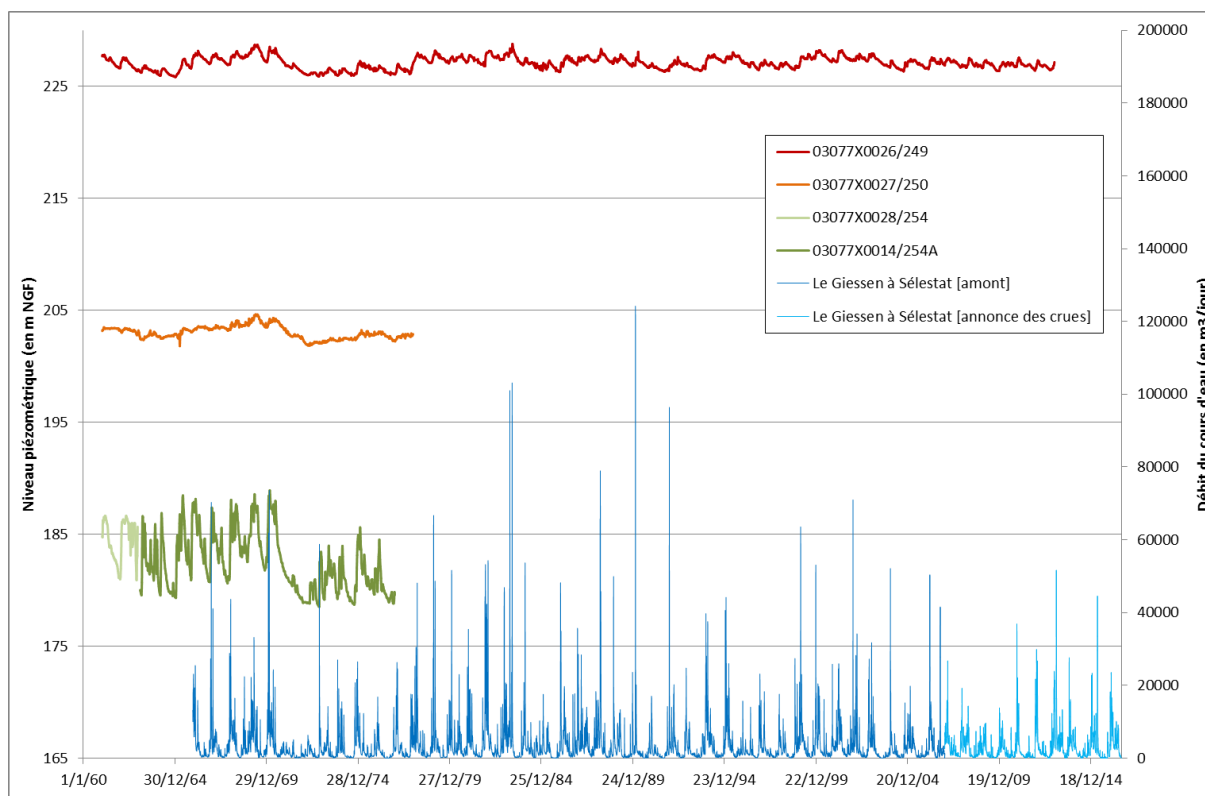


Illustration 21 : Chroniques de quatre points d'eau localisés le long du piémont vosgien et chroniques de débits journaliers enregistrés par les stations hydrométriques du Giessen à Sélestat (stations « amont » et « annonce des crues »)

Le comportement purement saisonnier du point d'eau 03077X0014/254A de Châtenois est très fortement corrélé avec les chroniques de débits enregistrées dans la station hydrométrique installées sur le Giessen à Sélestat et de façon presque synchrone (cf. Illustration 22). Les fluctuations saisonnières importantes de la nappe sont en effet calquées sur celle du cours d'eau. En effet, lorsque le cours d'eau atteint ses débits maximums (zone bleue de l'illustration), la cote de la nappe captée par l'ouvrage augmente quasi-simultanément alors qu'en période d'étiage, la nappe réactive voit ses niveaux diminuer progressivement. La localisation de l'ouvrage, en bordure Sud du Val de Villé et à proximité de l'embouchure du cône de déjection du Giessen, explique cette corrélation très forte avec le cours d'eau.

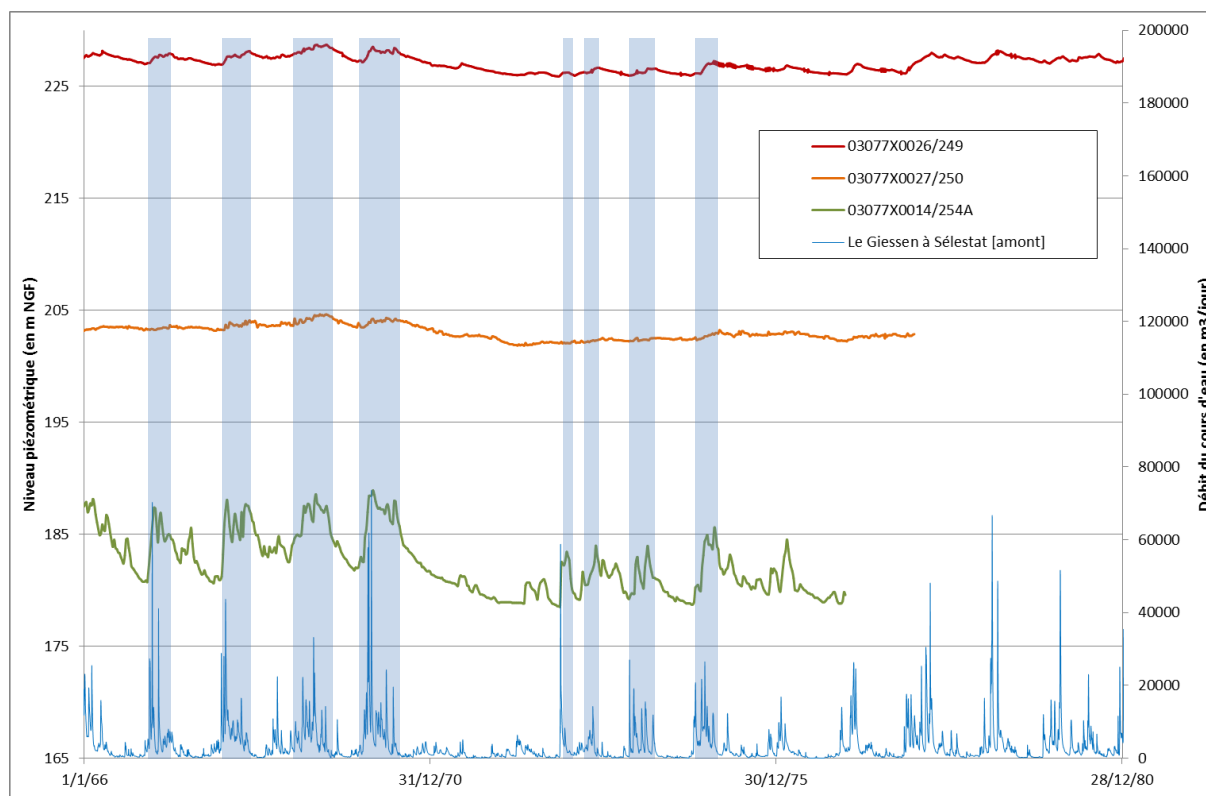


Illustration 22 : Comparaison des chroniques piézométriques des forages 03077X0026/249, 03077X0027/250 et 03077X0014/254A avec la chronique de débits journaliers enregistrés par la station hydrométrique du Giessen à Sélestat (période 1966-1980)

Les ouvrages plus au Sud, à Kintzheim et à Orschwiller, captent une nappe présentant un caractère bien plus inertiel et une amplitude maximale ne dépassant pas les 3m. Les remontées des niveaux piézométriques suivent également assez bien les pics de débits du cours d'eau, mais plus que cela, il semble raisonnable de penser que la nappe captée dans ces secteurs est soumise préférentiellement à l'influence des précipitations dans les collines vosgiennes amont.

5.2.2. En bordure du Giessen

Les deux ouvrages présentant des chroniques piézométriques suffisamment longues pour être exploitables sont le piézomètre ADES 03077X0238/209F (suivi depuis 1977) et le point d'eau 03077X0033/209E (suivi entre 1971 et 1989), ne dépassant pas, tous deux, les 7m de profondeur. Situés à environ 100m l'un de l'autre et à moins de 100m de la rive droite du Giessen, ils captent la nappe d'accompagnement de ce cours d'eau, contenue dans les alluvions holocène en présence.

L'illustration 23 présente des chroniques très nettement influencées par le régime du Giessen. Ces fluctuations imposées sont propagées dans la nappe, qui reste néanmoins toujours très proche du niveau des eaux de surface qui les soutiennent (à une cote moyenne de 177,5m alors que les niveaux du Giessen à proximité sont en moyenne un mètre au-dessus).

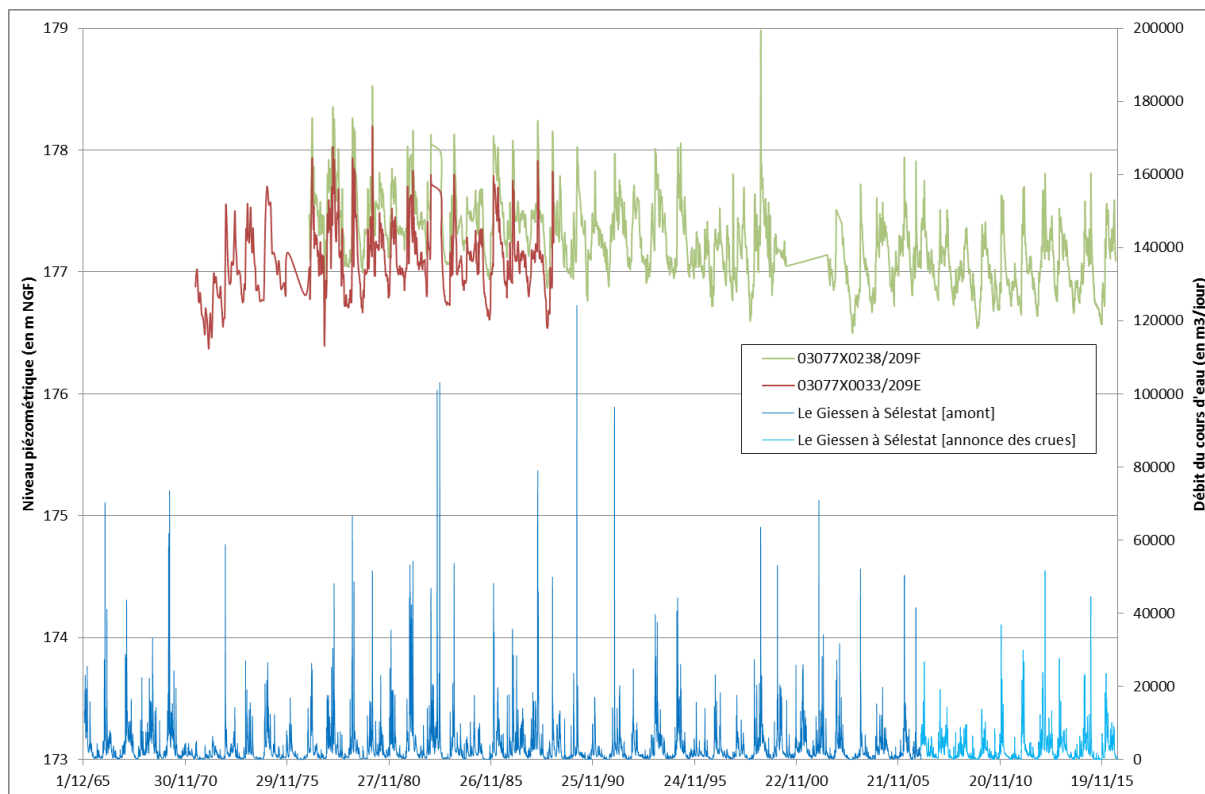


Illustration 23 : Chroniques de deux points d'eau localisés en bordure du Giessen et chroniques de débits journaliers enregistrés par les stations hydrométriques du Giessen à Sélestat (stations « amont » et « annonce des crues »)

Là encore, les fluctuations saisonnières importantes de la nappe s'avèrent calquées sur celle du cours d'eau. En effet, lorsque le cours d'eau atteint ses débits maximums (zone bleue de l'illustration 24), la cote de la nappe captée par l'ouvrage augmente quasi-simultanément alors qu'en période d'étiage, la nappe réactive voit ses niveaux diminuer progressivement.

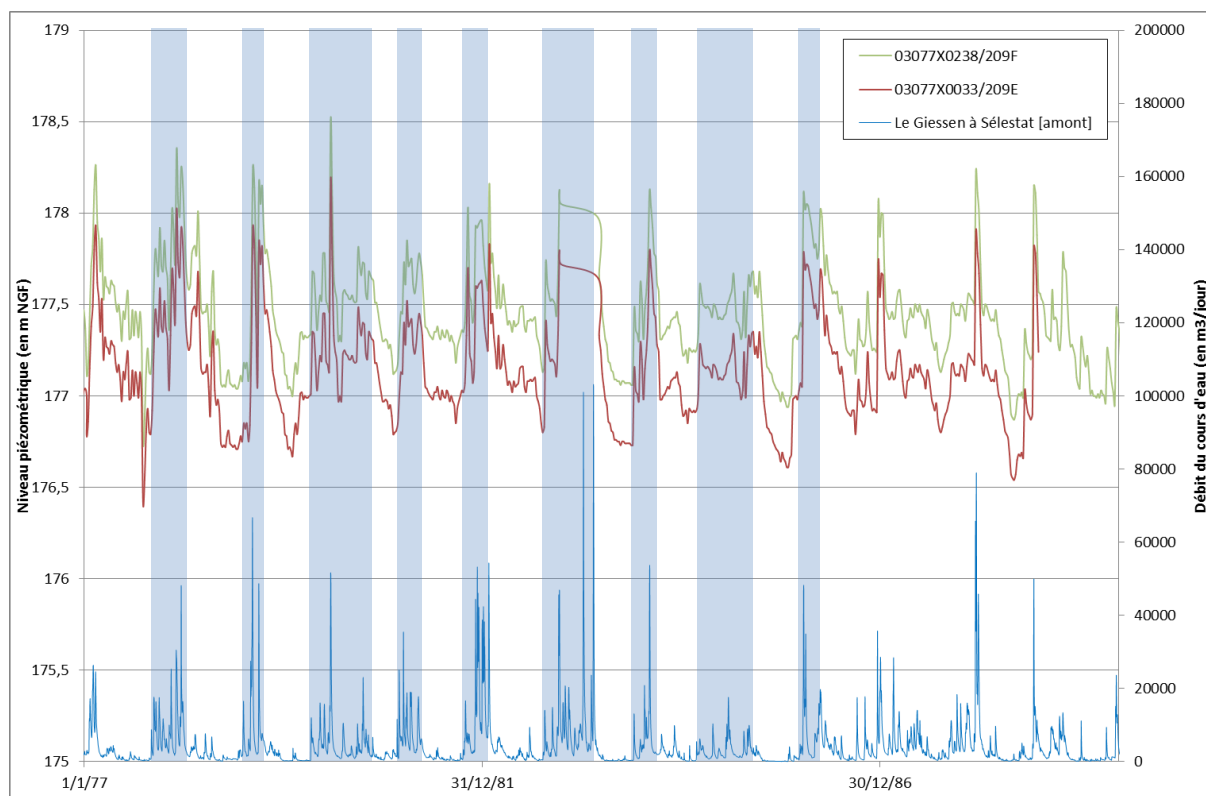


Illustration 24 : Comparaison des chroniques piézométriques des forages 03077X00238/209F et 03077X0033/209E avec la chronique de débits journaliers enregistrés par la station hydrométrique du Giessen à Sélestat (période 1977-1989)

5.2.3. En partie aval de la zone (Sélestat)

Dans le tiers aval de la zone de bordure, à l'Ouest de Sélestat, trois ouvrages présentent des chroniques piézométriques d'intérêt.

Les points d'eau 03077X0018/209D et 03077X0017/209C (piézomètre ADES déjà présenté précédemment) sont tous deux situés juste à l'extérieur de la zone de bordure de Kintzheim, dans un secteur qui constitue la limite Ouest de l'Illwald, une zone humide d'envergure dans la région. Le battement annuel de la nappe captée ne dépasse que très occasionnellement le mètre.

Le point d'eau 03077X0025/209 est quant à lui situé en plein cœur de Sélestat. D'une profondeur de 4m environ, il capte également la nappe contenue dans les alluvions vosgiennes holocène. A noter qu'il est situé à proximité du ruisseau de Kintzheim.

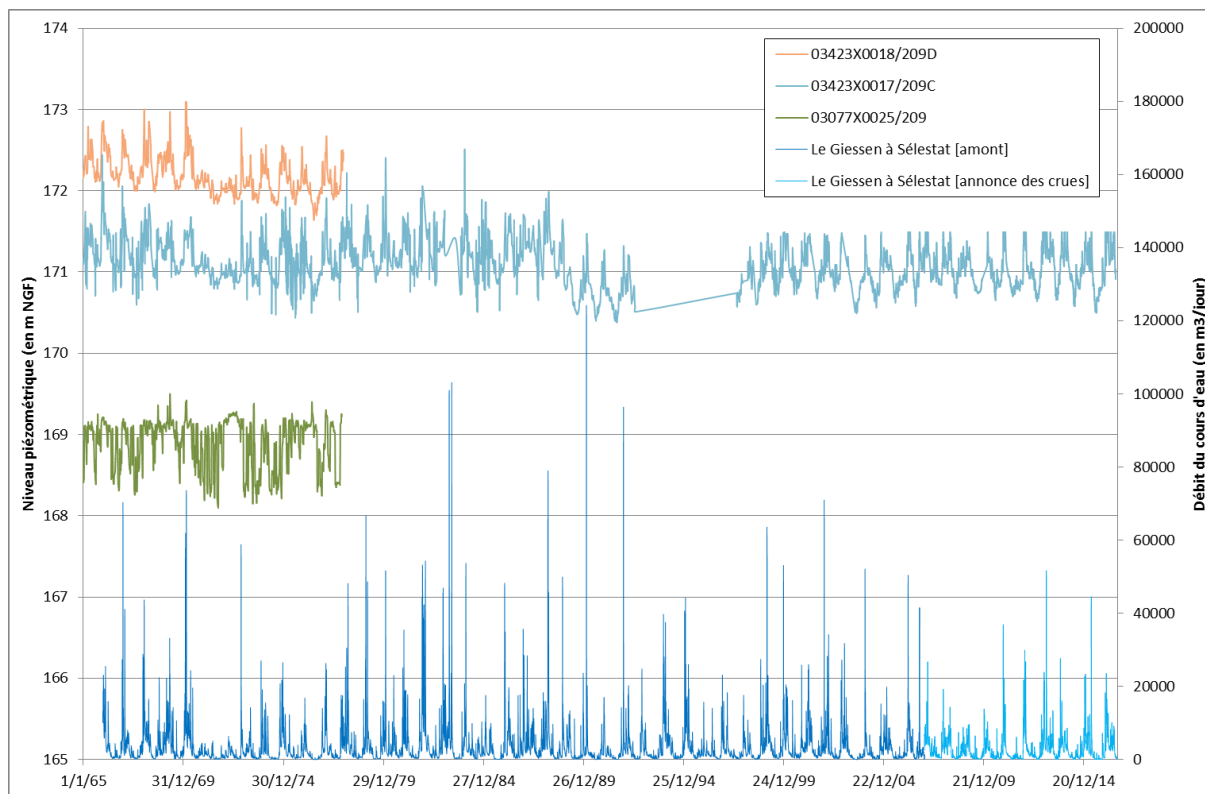


Illustration 25 : Chroniques des points d'eau localisés à l'aval de la zone de bordure et chroniques de débits journaliers enregistrés par les stations hydrométriques du Giessen à Sélestat (stations « amont » et « annonce des crues »)

En examinant plus en détail, durant la période 1965 à 1977 (cf. Illustration 26), les fluctuations enregistrées sur le point d'eau 03077X0025/209 présentent toutes les caractéristiques d'une nappe très nettement influencée par les prélèvements réalisés à proximité, et notamment, dans ce cas-là, en amont immédiat, pour l'AEP ou les activités industrielles recensées à l'Ouest de Sélestat. En plus de cela, il est fort probable que des problèmes de mesures de type dérives de capteurs ou effets de seuil aient pu être rencontrés.

La fréquence du suivi étant strictement identique entre les deux ouvrages 03423X0018/209D et 03423X0017/209C, il est également constaté en Illustration 26 que les fluctuations de la nappe enregistrées sur ces deux ouvrages sont identiques, à l'exception de certaines périodes, mises en exergue par des contours rouge, au cours desquelles l'ouvrage 03423X0017/209C semble également subir l'influence des nombreux prélèvements avoisinants (captages AEP notamment). L'ouvrage 03423X0018/209D en est bien plus éloigné.



Illustration 26 : Comparaison des chroniques piézométriques des forages 03423X0018/209D, 03423X0017/209C et 03077X0025/209 avec la chronique de débits journaliers enregistrés par la station hydrométrique du Giessen à Sélestat (période 1965-1977)

5.3. QUALITOMETRES

Les ouvrages ayant fait (ou faisant toujours) l'objet d'un suivi continu de la qualité de la nappe captée sont recensés dans ce chapitre. La source de données principale utilisée pour ce recensement est la banque nationale **ADES** qui rassemble également les données qualitatives relatives aux eaux souterraines.

Dans la zone de bordure de Kintzheim, 96 points d'eau sont recensés comme qualitomètres dans la banque ADES (cf. Illustration 27). Parmi ces points d'eau, on peut noter que :

- 19 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) ;
- 70 appartiennent au « réseau qualitatif des eaux souterraines pour le suivi des installations classées pour la région Alsace (ICSP) » (réseau n°0200000036), concentrés principalement au niveau des zones d'activités industrielles du secteur ;
- 9 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) ;
- 3 appartiennent au « Réseau national de suivi de la directive Nitrates pour les eaux souterraines » (réseau n°0000000078).

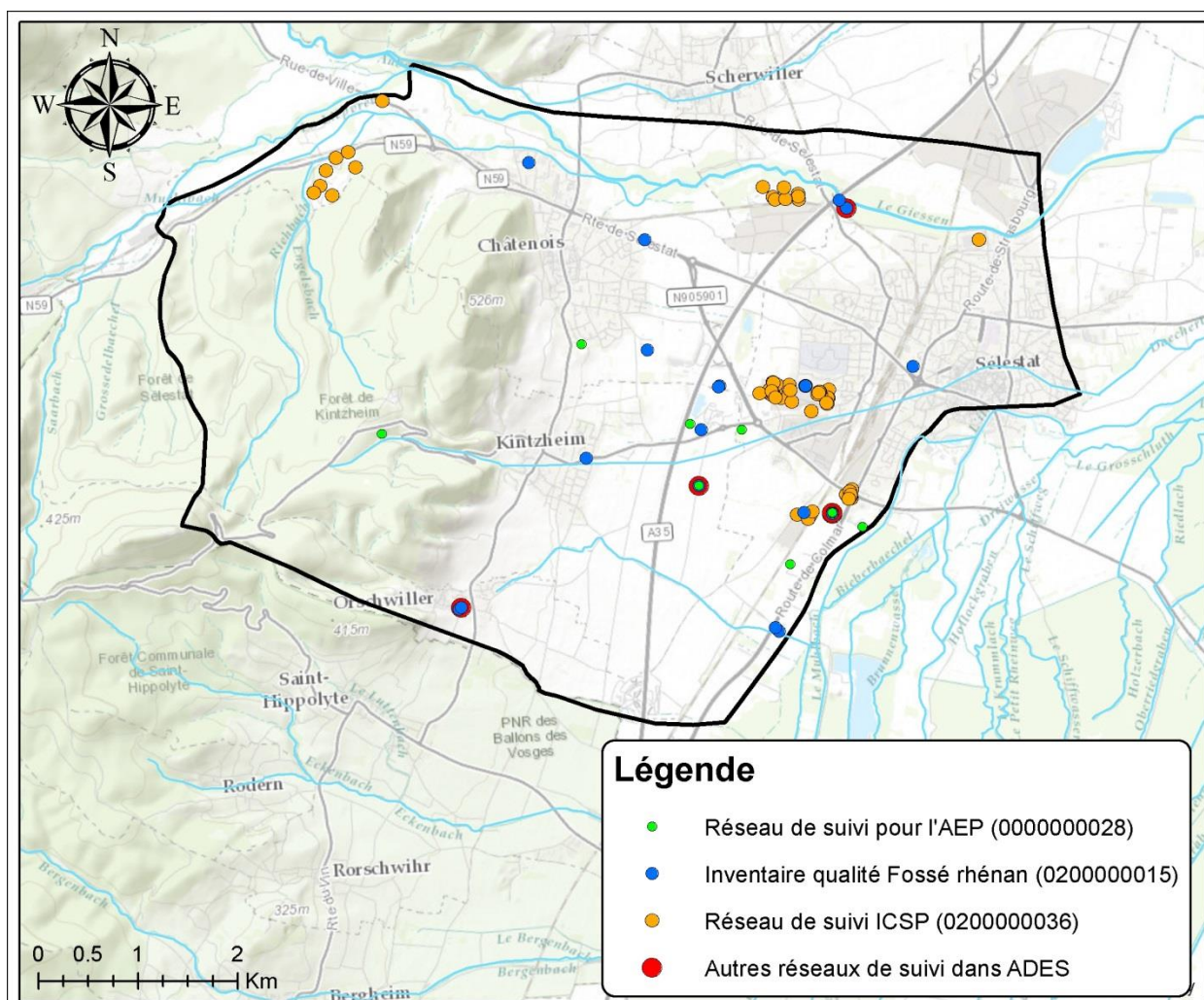


Illustration 27 : Localisation des qualitomètres ADES dans la zone de bordure « Kintzheim »

Les alluvions vosgiennes du Giessen et de son cône de déjection renferment des eaux douces, acides, caractérisées par des teneurs excessives en fer et en manganèse et ceci plus particulièrement dans le secteur du Val de Ville.

5.3.1. Les nitrates

L'illustration 28 ci-dessous représente un zoom sur la zone de bordure de Kintzheim des résultats pour les nitrates 2009 de l'inventaire transfrontalier de la qualité des eaux souterraines dans le Fossé Rhénan (Région Alsace, 2012). Cette carte propose une sectorisation de cette zone où, par exemple, le débouché du Giessen peut être considéré comme un secteur présentant une bonne qualité de l'eau souterraine vis-à-vis des nitrates (du fait de l'apport d'eau de bonne qualité provenant du cours d'eau).

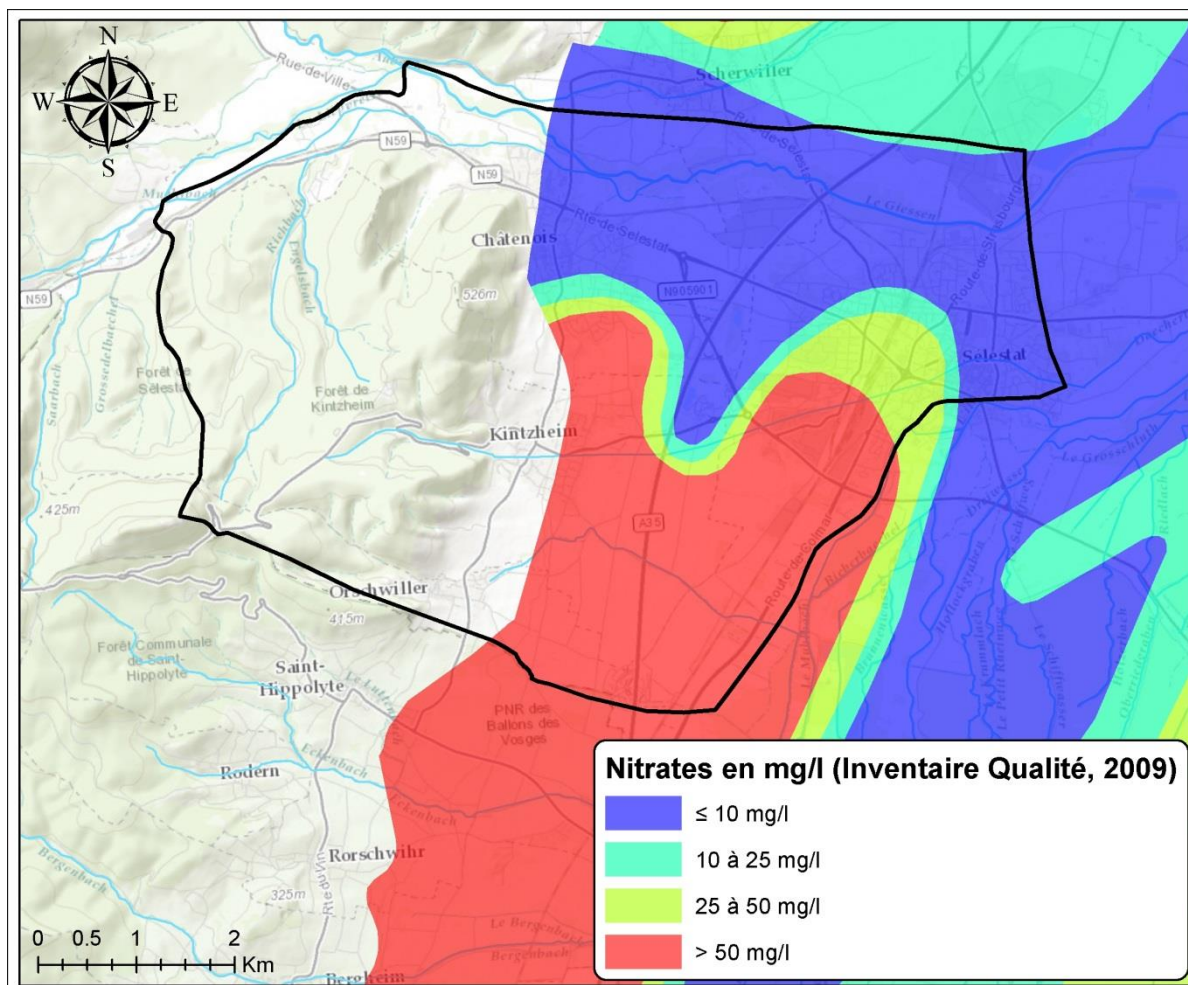


Illustration 28 : Carte des concentrations en nitrates dans les eaux souterraines issues de l'Inventaire de la qualité des eaux souterraines dans le Fossé Rhénan – zone de « Kintzheim » (Région Alsace, 2012)

A contrario, la moitié Sud de la zone de bordure, allant du captage AEP 03077X0020/F de Kintzheim jusqu'à Orschwiller, se caractérise par une minéralisation élevée de l'eau et des teneurs en nitrates qui dépassent les teneurs maximales admises dans les eaux potables (50 mg/l). Cette zone de fortes teneurs en nitrates s'étendrait du pied des coteaux vers le centre de la plaine sur une largeur d'environ 2 km.

Depuis la fin des années 1980 (Krebs, 1979) jusqu'à aujourd'hui, plusieurs études ont été menées, notamment différents inventaires transfrontaliers de la qualité des eaux souterraines dans le Fossé Rhénan (1983, 1991, 1997, 2001 et 2009), pour mieux appréhender l'extension de la pollution en nitrates du secteur. Déjà en 1992, Krebs expliquait ce phénomène par le fait que ce secteur de nappe, soumis à une activité agricole intense, se caractérise par un faible pouvoir de dilution, étant donné l'épaisseur réduite des alluvions en présence.

Les conclusions de l'étude isotopique de l'azote des nitrates menée par Krebs en 1979 ont montré que les nitrates rencontrés à l'époque étaient essentiellement liés aux activités agricoles et viticoles et provenaient à la fois de l'épandage de fumures naturelles et d'engrais artificiels. A noter que ces pollutions pouvaient également provenir, à cette époque, d'un dysfonctionnement des stations d'épurations du secteur.

Le captage AEP 03077X0020/F de Kintzheim a vu les teneurs en nitrates de ces eaux prélevées augmenter régulièrement depuis les années 1970, pour dépasser la norme de potabilité de 50 mg/l à la fin des années 1990. Elles stagnent autour de cette valeur depuis lors, avec une légère baisse ces dernières années qui reste à confirmer (cf. Illustration 29). Pour pallier à ces fortes teneurs, une dilution de ces eaux captées est opérée, par apport d'eau depuis le réseau de la ville de Sélestat (cf. chapitre 5.1).

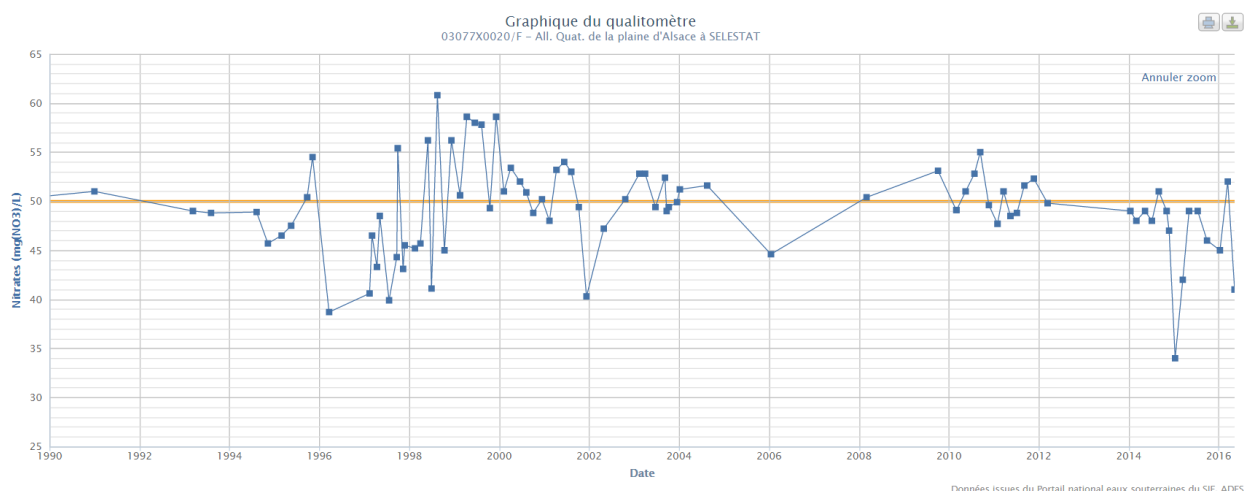


Illustration 29 : Chronique des teneurs en nitrates des eaux souterraines captées au sein du forage AEP 03077X0020/F de Kintzheim (trait orange = norme de potabilité à 50 mg/l)

Il faut noter que le forage agricole 03077X0083/F, localisé à la Ferme Hugel à Châtenois, présente des concentrations en nitrates dépassant les 100 mg/l depuis le début des années 1990 (cf. Illustration 30). En 2009, la teneur en nitrates des eaux captées par cet ouvrage était encore de 110 mg/l.

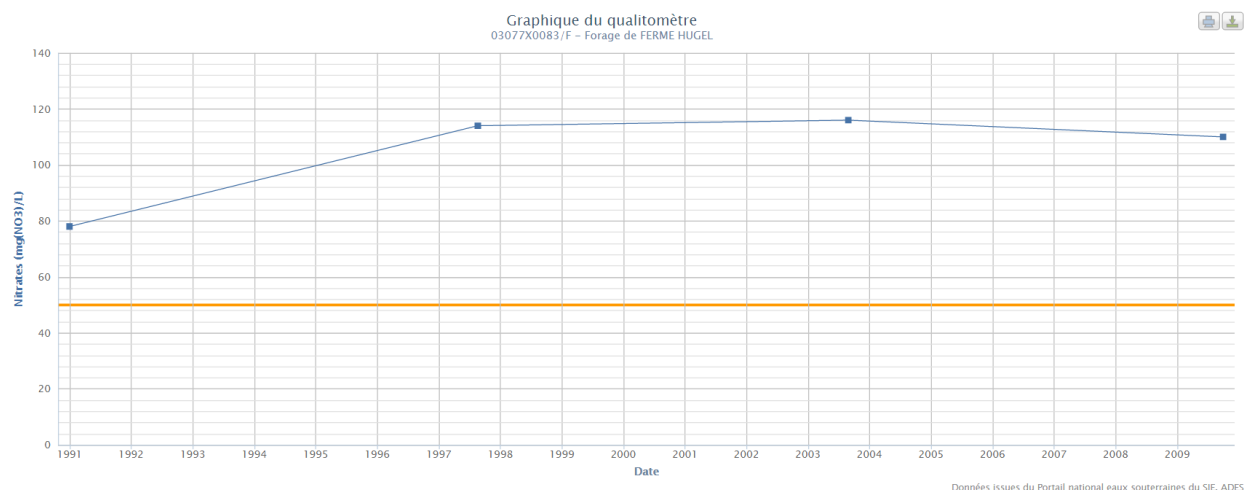


Illustration 30 : Chronique des teneurs en nitrates des eaux souterraines captées au sein du forage agricole 03077X0083/F de la Ferme Hugel à Châtenois (trait orange = norme de potabilité à 50 mg/l)

5.3.2. Les produits phytosanitaires

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 :

L'Atrazine et ses métabolites (Atrazine déséthyl, Atrazine déisopropyl) ont été régulièrement retrouvés à des teneurs dépassant les 0,1 µg/l durant les inventaires qualité de 1997 et 2003, sur une vaste zone, allant du débouché du Giessen jusqu'à la limite Sud-Est de la zone d'étude. L'interdiction de cette substance en 2003 s'est traduite par une nette tendance à la baisse des concentrations mesurées durant l'inventaire de 2009. A titre d'exemple, la teneur en Atrazine dans l'eau captée par l'ouvrage 03077X0051/F à Sélestat a été divisées par 30 en 20 ans. Pour le qualimètre 03423X0207/F, le long de la route de Colmar en limite Sud-Est, l'Atrazine n'a plus été détectée, pour la première fois, en 2009.

D'autres produits phytosanitaires ont pu être rencontrés ponctuellement à des teneurs dépassant le seuil de potabilité fixé à 0,1 µg/l, notamment :

- la Simazine, herbicide interdit en France depuis 2003, qui a été détectée à des teneurs élevées au niveau du qualimètre 03077X0051/F de Sélestat (respectivement 0,12 et 0,13 µg/l en 1997 et 2003) et au niveau du qualimètre 03077X0034/F de l'hôtel restaurant de Kintzheim (0,15 µg/l en 2003). Il n'a plus été détecté à des teneurs si élevées par la suite en 2009.
- le Bromacil, herbicide interdit en France depuis 2003, a été retrouvé à une teneur de 1,68 µg/l en 2003 sur le point d'eau 03077X0051/F de Sélestat. Ces teneurs très élevées (indice de pollution ponctuelle) n'ont ensuite plus été mesurée sur ce point d'eau en 2009.

D'autres produits phytosanitaires, tels que la Terbutylazine (herbicide interdit en 2003) ou le Flusilazole (fongicide), ont également pu être décelés mais à des teneurs ne dépassant pas le seuil de potabilité de 0,1 µg/l.

5.3.3. Les organohalogénés volatils

Lors de la campagne pour l'inventaire transfrontalier de la qualité des eaux du Fossé Rhénan en 1997 (Région Alsace, 1999), une pollution ponctuelle en Tétrachloroéthylène et en Trichloroéthylène fut détectée dans les eaux captée par l'ouvrage 03077X0051/F, situé en plein cœur de l'agglomération de Sélestat, à proximité de sites d'activité industrielle. Les teneurs enregistrées à l'époque ont été respectivement de 420 µg/l et de 11 µg/l, dépassant la limite de potabilité de 10 µg/l.

En 2003 (Région Alsace, 2003) et 2009 (Région Alsace, 2012), ces deux organohalogénés volatils ont été de nouveau mesurés sur ce point d'eau. Cependant, les teneurs ont progressivement diminuées et seul le Tétrachloroéthylène dépassait la limite de potabilité (59,1 µg/l en 2003 et 38 µg/l en 2009).

Il faut également noter également que plusieurs ouvrages appartenant au « réseau qualitatif des eaux souterraines pour le suivi des installations classées pour la région Alsace (ICSP) » localisés au niveau de la zone industrielle Ouest de Sélestat, ont présenté également des teneurs très élevées pour ces deux organohalogénés volatils, dépassant régulièrement les 100 µg/l, soit dix fois au-dessus de la limite de potabilité.

6. Occupations du sol et premiers éléments de vulnérabilité

6.1. OCCUPATIONS DU SOL

La Base de données d'Occupation du Sol v2, réalisée sous la maîtrise d'ouvrage de la Région Grand Est, dans le cadre de la Coopération pour l'Information Géographique en Alsace (CIGAL), permet d'avoir un bel aperçu de l'occupation du sol sur le territoire, à l'échelle du 1/10 000^{ème}. La version utilisée pour la présente étude correspond à l'état des lieux de 2011/2012.

Les informations contenues dans cette base de données permettent de sectoriser la zone de bordure de la façon suivante (cf. Illustration 31) :

- environ 18% de la superficie de la zone d'étude a une vocation agricole, essentiellement au Sud, entre Kintzheim, Orschwiller et la limite Ouest de l'Illwald ;
- environ 34% de la zone d'étude est boisée, au niveau des collines du piémont vosgien et le long du Giessen ;
- environ 26% de la zone d'étude est constituée de territoires artificialisés (Sélestat, Kintzheim, Châtenois et Orschwiller) ;
- une importante activité viticole est identifiée, étendue sur plus de 12% de la surface de la zone d'étude, sur les flancs des collines du piémont (cercles violets sur l'Illustration 31) ;
- un peu moins de 7% de la zone est recouverte de prairies, essentiellement dans le Val de Villé ;
- les cultures spécifiques, vergers traditionnels et vergers intensifs représentent respectivement 0,6, 0,5 et 0,1% de la zone d'étude.

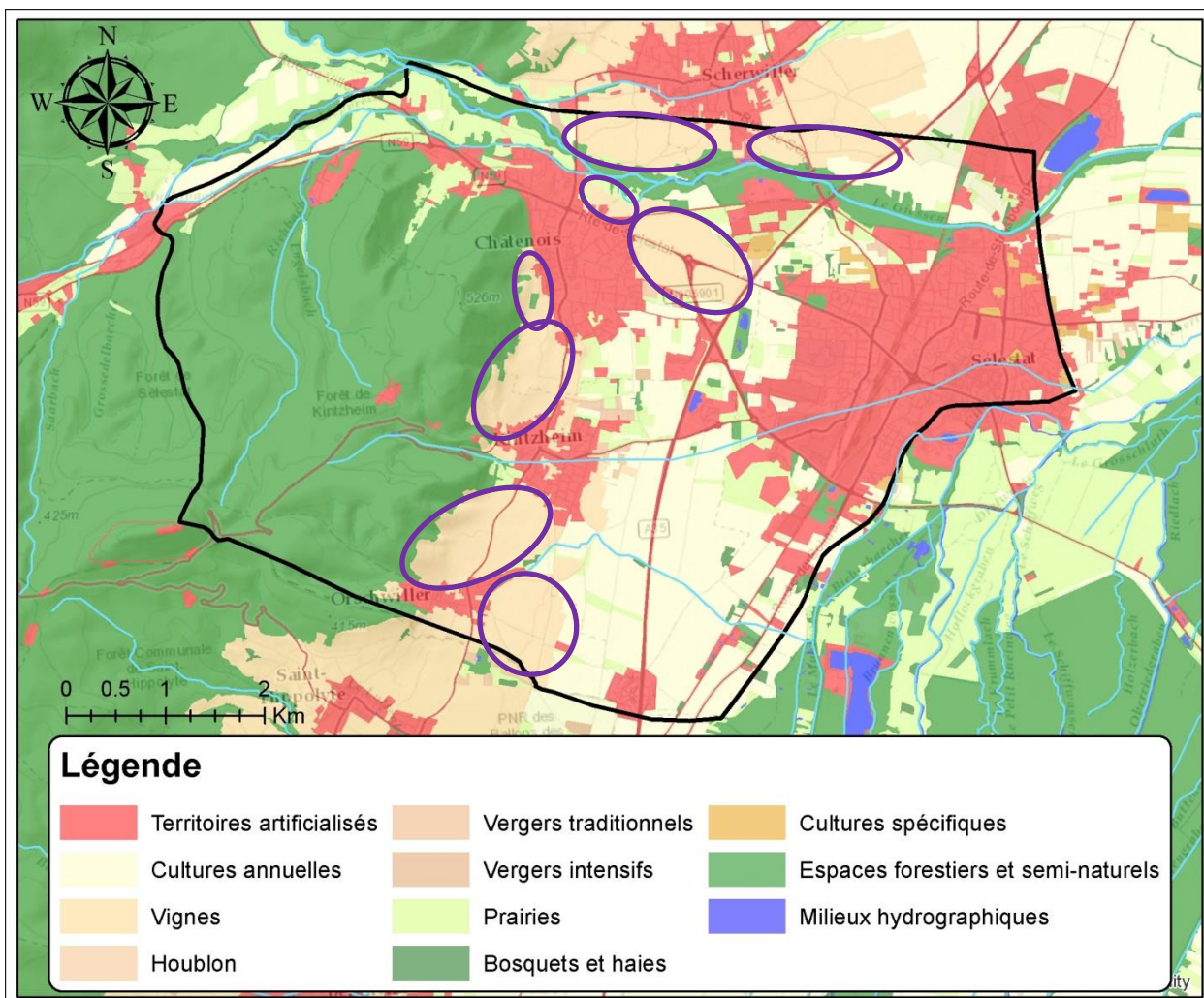
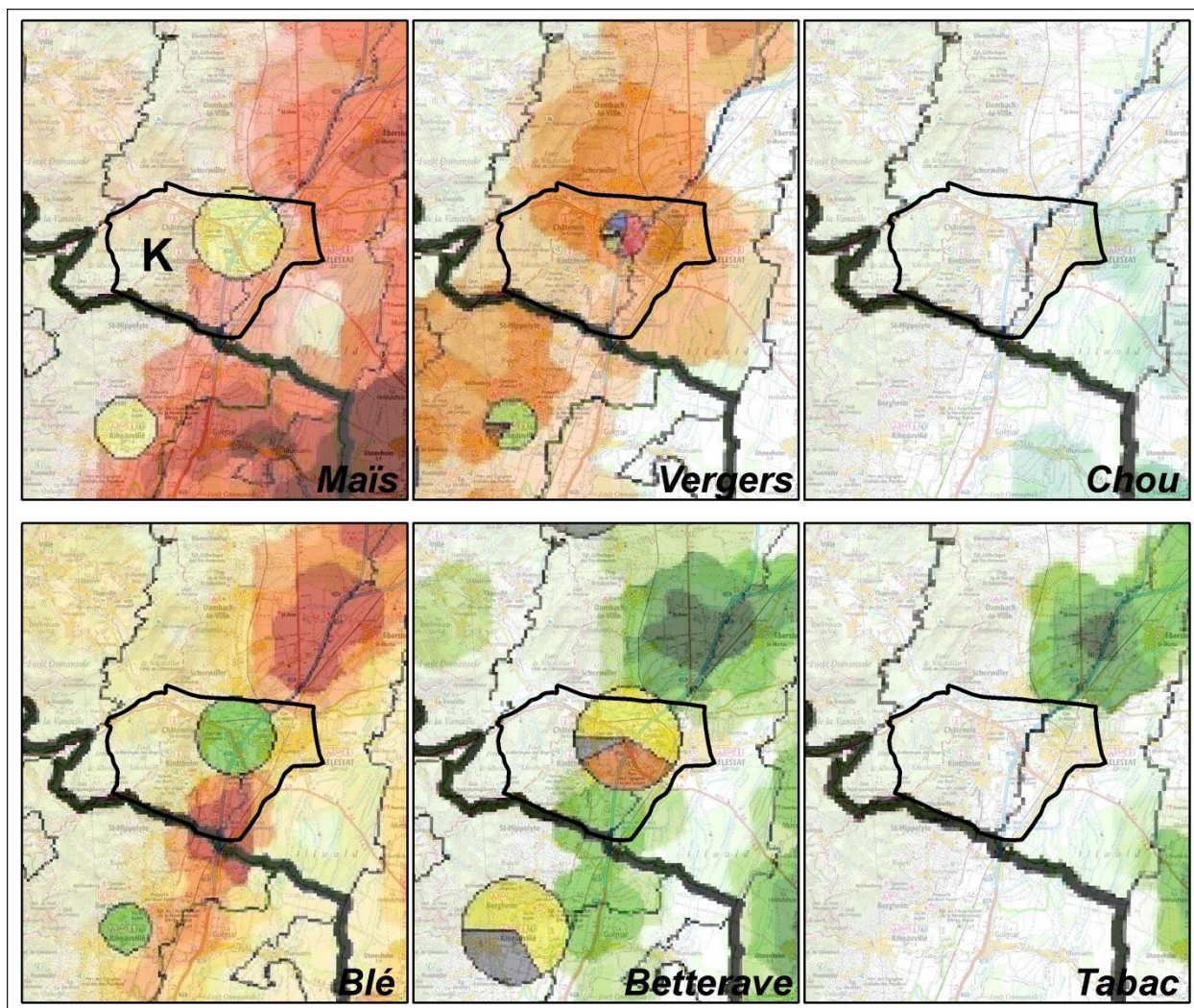


Illustration 31 : Occupation du sol sur la zone « Kintzheim » (source : Bd OCS CIGAL v2, années 2011-2012)

L'atlas « Une Agriculture Alsacienne aux Multiples Visages » réalisé par la DRAAF Alsace en 2014 et basé sur le Recensement agricole de 2010 permet d'apporter des précisions sur les types de pratiques agricoles au sein de la zone de Kintzheim, et notamment les cultures dites annuelles. Ce dernier donne de précieuses informations sur la répartition géographique des parcelles de vigne, de blé, de maïs, de betterave à sucres, de chou à choucroute, de tabac, de vergers ou sur les prairies permanentes ou temporaires (cf. Illustration 32).

Les cultures du blé, du maïs et de la betterave à sucre industrielle se pratiquent de manière assez homogène dans le quart Sud-Est de la zone d'étude. Des vergers sont quant à eux localisés plutôt dans la moitié Nord, le long du Giessen.



K : Zone de bordure "Kintzheim"

Illustration 32 : Densité de surface cultivée en fonction du type de pratique – centrée sur la zone de bordure de la présente étude (d'après l'atlas agricole de la DRAAF Alsace, 2014)

Les informations apportées par cet atlas sont confirmées par les données 2013 du Référentiel Parcellaire Graphique Agricole (RPGA). Ce dernier évoque par ailleurs quelques parcelles cultivant également le colza et l'orge dans le quart Sud de la zone.

6.2. COMPARAISON EPAISSEUR DE ZONE NON SATURÉE (ZNS) ET IDPR

6.2.1. 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 notion d'infiltration est requise dans l'élaboration de toute carte de vulnérabilité et l'IDPR peut se substituer à de nombreux critères usuellement employés. **Cet indice peut ainsi mettre en exergue les secteurs où une eau polluée peut rapidement s'infiltrer dans le sol pour atteindre la nappe sous-jacente.**

Il est calculé à partir de la BD Carthage pour la prise en compte du réseau hydrologique naturel (état et type d'écoulements, 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) qui le supportent, la densité de drainage est révélatrice des formations et permet la substitution des données liées à la perméabilité des sols et sous-sol. Cette approche indirecte permet de s'affranchir de la détermination de critères tels que la perméabilité de l'aquifère, la nature de la ZNS et du sol ou la cartographie des discontinuités. Les principales étapes de calcul de cet indice sont décrites dans le rapport de Mardhel et Gravier (2005). En 2016, des travaux de révision de la méthodologie ont été réalisés, aboutissant à l'actualisation du calcul IDPR à l'échelle nationale. L'extrait de cette carte centrée sur la Région Grand Est est présenté dans l'illustration 33 ci-dessous.

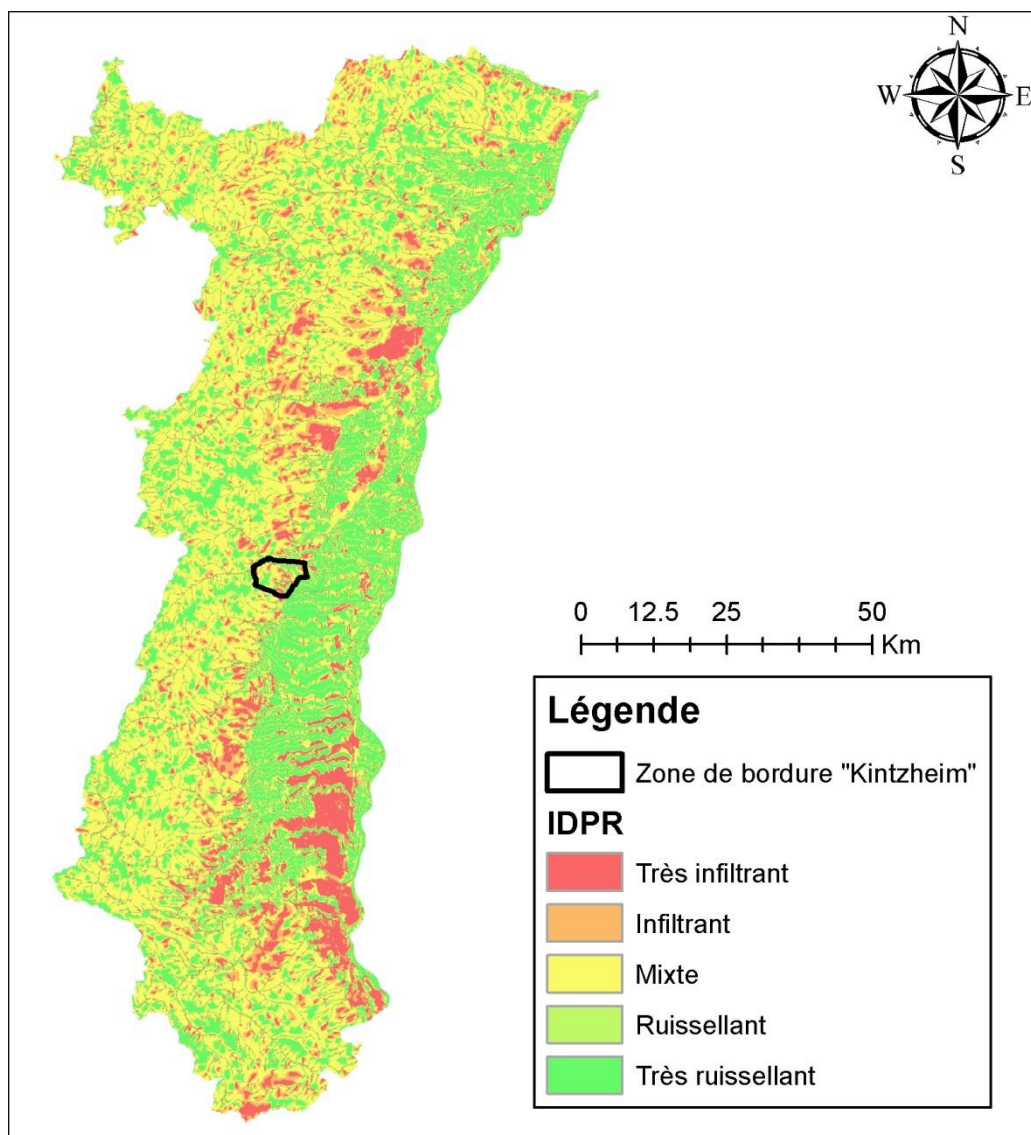


Illustration 33 : Carte IDPR en région Grand Est

Un autre critère à considérer pour caractériser la vulnérabilité d'une nappe est l'épaisseur de la ZNS (déjà décrite dans le chapitre 4.4.1). 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.

De ce fait, comparer l'IDPR avec la grille d'épaisseur de ZNS revient à distinguer des sous-secteurs selon une hiérarchie relative à la vulnérabilité des premières nappes rencontrées. Cette hiérarchisation permet ainsi de cibler les zones à prioriser en matière de protection de la ressource.

6.2.2. Résultats autour de Kintzheim

L'illustration 34 ci-dessous oppose les résultats du calcul de l'IDPR, permettant de différencier qualitativement les terrains favorisant le ruissellement de ceux favorisant l'infiltration, avec l'épaisseur moyenne de la zone non saturée, donnée déjà utilisée pour la détermination des bassins versants souterrains moyens ainsi que des drains souterrains principaux.

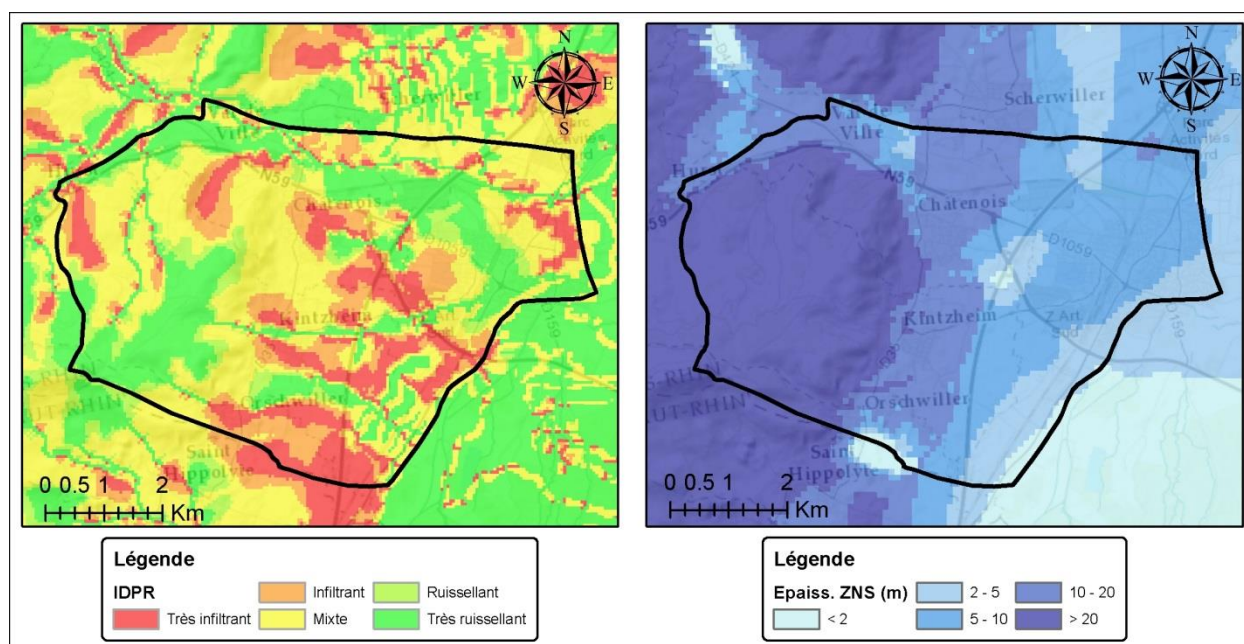


Illustration 34 : Comparaison IDPR et épaisseur de Zone Non Saturée – zone de bordure de Kintzheim

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

La plaine, remplie d'Ouest vers l'Est par les dépôts de Piémont puis les alluvions récentes et affleurantes du Giessen, se caractérise par une faible épaisseur de ZNS. La nappe y est d'ailleurs sub-affleurante par endroit. L'analyse menée sur certaines chroniques piézométriques dans le chapitre 5.2 avait d'ailleurs déjà montrée une épaisseur de zone non saturée de l'ordre du mètre par endroit (soit un niveau de nappe situé à un mètre de profondeur). De même, ce secteur est globalement plus favorable à l'infiltration de l'eau qu'à son ruissellement, sauf au droit des ruisseaux de Kintzheim et du Mittelgraben. De ce fait, la faible profondeur de la nappe à cet endroit, ajoutée à une propension du sol à favoriser l'infiltration (zones rouges de l'illustration 34 rend bien compte de la forte vulnérabilité de la nappe vis-à-vis de transferts d'éventuels polluants.

Au Nord, au débouché du Giessen et tout le long de son cours, l'interpolation de l'épaisseur de la zone non saturée présente des valeurs faibles à moyennes. Par ailleurs, à cet endroit, la part de ruissellement semble prépondérante. Le fait que le renouvellement du stock de la nappe se fasse de façon assez conséquente et constante via les apports, en amont, des précipitations et du Giessen, qui plus est de bonne qualité chimique, et que le niveau de la nappe soit finalement

relativement profond, fait que la ressource en eau souterraine, à cet endroit, peut être considérée comme peu vulnérable.

Les deux conclusions énoncées pour la plaine et le débouché du Giessen s'avèrent complètement en cohérence avec les conclusions du chapitre 5.3 présentant la qualité des eaux souterraines.

Dans la moitié Ouest, au niveau des premiers reliefs vosgiens, les informations apportées par la carte d'épaisseur de zone non saturée sont trop incertaines pour être réellement considérées, du fait d'une faible densité des points utilisés pour l'interpolation à cet endroit. L'IDPR révèle quant à lui des terrains de type « mixtes » ou favorisant le ruissellement, ce qui apparaît logique vu les pentes fortes et les terrains plutôt peu perméables qui s'y trouvent.

7. Bilan sur l'état des connaissances actuelles & Préconisations/recommandations pour améliorer la connaissance

Ce dernier chapitre permet (i) de tirer le bilan des connaissances actuellement disponibles sur la zone de bordure étudiée, (ii) de faire des recommandations sur des travaux complémentaires à mener dans des secteurs ciblés car historiquement mal connus, (iii) de préconiser la mise en place de dispositifs de surveillance afin de se réapproprier la connaissance de certaines zones qui ont pu être délaissées.

Historiquement, la zone correspondant au cône de déjection du Giessen constitue la partie du secteur la plus exploitée pour ses eaux souterraines, profitant d'un contexte hydrogéologique favorable avec une nappe contenue dans les alluvions vosgiennes déposées par le cours d'eau durant le Quaternaire. Le chenal de la paléovallée supposée du Giessen, de direction Nord-Ouest/Sud-Est constituerait une zone d'accumulation alluviale importante (dépassant les 30 à 40m) et capacitive, qui participerait aux bonnes caractéristiques hydrodynamiques et qualitative de la nappe en son sein. Cette paléovallée expliquerait les écoulements souterrains de direction NW-SE rencontrés dans ce secteur, au débouché du Giessen mais mériterait d'être vérifiée par des investigations complémentaires (notamment une analyse précise des coupes de forage). La réalisation de **plusieurs profils géophysiques à haute résolution** pourrait apporter des éléments concrets sur l'existence ou non de cette paléovallée. Deux profils pourraient réalisés successivement :

- un premier perpendiculairement à l'axe principal supposé de la paléovallée afin de confirmer ou d'infirmer sa présence ;
- un second le long du paléochenal supposé, dans l'objectif d'estimer au mieux l'épaisseur des alluvions anciennes du Giessen et son évolution vers le Sud-Est.

La zone de transition « alluvions vosgiennes »/« alluvions rhénanes » est particulièrement difficile à cerner. La carte des formations superficielles définit clairement la limite Est de la zone de bordure délimitée dans cette étude comme la limite supposée d'apparition des graviers rhénans. Reste que certains travaux mentionnent, à l'Ouest de cette limite, la présence d'alluvions rhénanes intercalées entre les alluvions vosgiennes récentes et le substratum marneux. Or la présence de ces alluvions d'origine rhénane pourrait avoir une incidence positive sur la productivité globale de la nappe. Leur caractéristiques hydrodynamiques sont en effet meilleures que celles des dépôts alluviaux du Giessen qui présentent globalement un rendement aquifère assez médiocre du fait d'un pourcentage élevé en argiles et des faibles épaisseurs. Au final, aucune étude ne semble avoir réellement statué sur la présence ou non des alluvions rhénanes à l'intérieur de la zone de bordure de Kintzheim. Les discussions actuelles s'appuient essentiellement sur l'analyse de données historiques, parfois incomplètes voire peu fiables. Des investigations complémentaires mériteraient d'être menées (**campagne de forages de reconnaissance avec carottage, campagne géophysique, fouille documentaire ciblée sur les rapports de chantiers de forage**) afin de confirmer ou d'infirmer la présence de ces alluvions d'origine rhénane.

Concernant les directions des écoulements souterrains, la piézométrie au débouché du Giessen à Scherwiller et dans la zone des dépôts de piémont à Kintzheim reste mal connue. Les cartes

piézométriques en période d'étiage 1991 et de moyennes eaux 2009 (source : APRONA), ne permettent pas d'apporter de compléments, leurs limites d'extension s'arrêtant légèrement plus à l'Est. Une **campagne piézométrique plus fine** dans ces secteurs, au travers du recensement de nouveaux points d'eau, permettrait d'améliorer sensiblement la connaissance des écoulements souterrains en ces lieux. En outre, le secteur immédiatement au débouché du Giessen est désigné soit comme étant le lieu d'une alimentation du Giessen par la nappe (modèle LOGAR), soit comme étant le lieu d'échanges inverses (modèle Eau-dyssée). Des investigations complémentaires doivent donc être menées afin de mieux cerner le rôle joué par le Giessen sur les écoulements souterrains, par le biais de métriques spécifiques à la problématique des échanges nappes/rivière, par exemple par une **campagne de jaugeages différentiels** le long du cours d'eau, depuis le Val de Villé jusqu'au Nord de Sélestat. Enfin, il semble important de régler la question de l'applicabilité du modèle LOGAR à des problématiques locales. Des travaux faisant le point sur ses capacités réelles pourraient être envisagés dans le cadre du Réseau LOGAR.

Enfin, la zone de bordure de Kintzheim souffre d'un manque de donnée sur une zone bien spécifique, située à l'Ouest de l'autoroute A35, entre Kintzheim et Orschwiller. La densité des ouvrages est très faible à cet endroit, les rares ouvrages sont mal décrits et aucun paramètre hydrodynamique n'a été recensé. C'est d'autant plus regrettable qu'il s'agit ici d'un secteur particulier, où des dépôts de piémont, épais de quelques mètres au pied des collines vosgiennes, sont recensés à l'affleurement. Mais il apparaît difficile (i) de déterminer le type et les caractéristiques hydrogéologiques de la formation géologique en présence sous ces dépôts superficiels et (ii) de bien comprendre le rôle joué par ces dépôts dans les circulations d'eau souterraine de direction Ouest-Est. La **réalisation d'ouvrages de reconnaissances** plus profonds sur ce secteur permettrait d'en améliorer la connaissance.

8. Conclusion

L'étude du fonctionnement hydrogéologique de la zone de bordure de Kintzheim reliant hydrauliquement les Vosges à la nappe d'Alsace *sensu stricto*, constitue l'une des actions prioritaires du programme 2015-2016. Ce genre d'étude participe à renforcer les objectifs de la BRAR qui sont d'acquérir et de diffuser les connaissances sur l'aquifère rhénan.

Grâce à l'enrichissement en continu de la BRAR et à la valorisation des données locales acquises, une synthèse hydrogéologique de bordure a pu être menée. Elle a porté sur le secteur de Kintzheim, situé dans le département du Bas-Rhin.

Cette synthèse s'inscrivant dans la continuité du programme BRAR précédent (2011-2014), la méthodologie adoptée pour cette étude est restée très similaire à celle menée en 2014. A partir de la synthèse et de l'analyse des informations disponibles, le périmètre de la zone d'étude a été délimité. Replacée dans son contexte géologique et hydrogéologique, la zone a fait l'objet d'une étude approfondie précisant notamment les directions principales des écoulements souterrains et les interactions entre les différents apports en eaux souterraines et superficielles avec la nappe d'Alsace.

La caractérisation de cette zone apporte des informations précieuses sur les différents apports d'eaux et permet d'estimer sa vulnérabilité (présence ou non de formations superficielles protectrices, zone non saturée épaisse ou pas). Les lacunes d'information sur certains sous-secteurs sont également mises en exergue et permettent ainsi d'aboutir à des recommandations sur des études complémentaires à mener dans le futur.

Le prochain programme de la BRAR s'attachera à poursuivre ce bilan de connaissance sur d'autres zones de bordure, s'appuyant toujours sur des études historiques localisées mais profitant également de l'enrichissement permanent des informations ponctuelles de la BRAR.

9. Bibliographie

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

Agence de Développement Et d'Urbanisme de l'agglomération Strasbourgeoise, ADEUS (2013) – Référentiel paysager du Bas-Rhin. Synthèse sur le secteur Vosges.

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

BRGM (1970) - Carte géologique à 1/50 000 de Sélestat. Champ du Feu, Schlossberg (307). Carte n°XXXVII-17.

BRGM (1972) - Carte géologique à 1/50 000 de Colmar-Altorsheim (342). Carte n°XXXVII-18.

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

Brugeron A. (2014) – Région Alsace. Banque Régionale de l'Aquifère Rhénan 2011-2014. Synthèse hydrogéologique des zones de bordure « Graben de Pfulgiesheim », « Mommenheim-Brumath-Cône de la Zorn » et « Entzheim-Basse vallée de la Bruche ». Rapport BRGM/RP-64204-FR.

Conseil Général du Bas-Rhin (2011) – Le bassin versant du Giessen et de la Lièpvrette. Document PDT/DAERE/Service Rivières 2011.

Delporte B., Talbot A. (1989) – Recherche de nouvelles ressources en eau potable pour l'alimentation de Sélestat. Compagnie Générale des Eaux. Rapport BRGM 89 SGN 124 ALS.

Delporte B. (1993) – Déplacement du champ captant de la ville de Sélestat (67). SIVOM de Sélestat et environs. Rapport BRGM R 36959 ALS 4S 93. Mars 1993.

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

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

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

Grandarovski G. (1984) – Eaux minérales et thermales d'Alsace. Carte à l'échelle du 1/200 000 avec notice. Octobre 1984. Rapport BRGM 84-AGI-327-ALS.

Krebs G. (1979) – Recherche de l'origine des nitrates dans la nappe phréatique de la plaine d'Alsace. Secteur Vignoble – Sélestat. Agence financière de bassin Rhin-Meuse. 20 novembre 1979. Rapport BRGM/80-SGN-024-ALS.

Krebs G. (1992) – Impact hydrogéologique du projet de contournement de Châtenois (67). Juin 1992. Direction Départementale de l'équipement. Rapport BRGM R 35180 ALS 4S 92.

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

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

Paran F., Graillot D., Lalot E., Dujardin F., Marmonier P. et al. (2014) Caractérisation des échanges nappes/rivières à l'échelle du tronçon ou du linéaire par métrique expérimentale ou par modélisation jusqu'à l'échelle régionale. NAPROM (NAPpes-Rivières : Observation et Modélisation). [Rapport de recherche] ONEMA (Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques). 209 pages. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01316704>.

Rebouças A.D.C. (1964) - Etude hydrogéologique de la région comprise entre les vallées de la Bruche et du Giessen. Thèse. 66 p., 4 ann.

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

Région Alsace (1999) – Inventaire de la qualité des eaux souterraines dans la vallée du Rhin Supérieur. Résultats de la campagne de prélèvements et d'analyses 1996/97. Initiative communautaire Interreg II.

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

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

Roethinger J. (2011) – « Les eaux minérales d'Alsace ». Revue d'Alsace. 137 | 2011. URL : <http://alsace.revues.org/1234>. DOI : 10.4000/alsace.1234.

Simler L. (1973) – Etude géologique des sources minérales de Châtenois (Bas-Rhin) – 20 novembre 1972. BRGM SGAL. Note/73-ALS-X042.

Simler L. (1976) – Etude hydrodynamique sur modèle analogique électrique de la nappe phréatique, secteur alluvial Strasbourg-Sélestat. Rapport d'étalonnage. Rapport BRGM/76-SGN-585-ALS.

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

THERA (2009) – Forage de la Commanderie, Délimitation d'aires d'alimentation de captages d'eau potable sur le territoire du bassin Rhin-Meuse, Dossier de travail explicitant la méthode de délimitation de l'aire d'alimentation. AERM, fiche n°57010, 12p.

Urban S., Geneviev M., Guignat S. (2010a) – Optimisation du réseau piézométrique de la Nappe d'Alsace. Rapport final BRGM/RP-58670-FR.

Urban S., Boucher J., Mardhel V., Xu D. (2010b) – Référentiel Hydrogéologique Français BDLISA. Bassin Rhin-Meuse ; Année 4. Rapport BRGM/RP-58091-FR.

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

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

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



Siège – 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 Activités Porte Sud
Rue Pont du Péage – Bâtiment H1
67118 – GEISPOLSEIM – France
Tél. : 03 88 77 48 90