

DOCUMENT PUBLIC

*Inventaire 1998 de la qualité des eaux
des aquifères du Sundgau
Notice hydrogéologique*

Etude réalisée dans le cadre des actions de Service public du BRGM 98-D-671

Août 1999
R 40722



DOCUMENT PUBLIC

*Inventaire 1998 de la qualité des eaux
des aquifères du Sundgau*

Notice hydrogéologique

Rédigé sous la responsabilité de
Philippe Elsass
en collaboration avec
François Ménillet

août 1999
R 40722



Mots clés :

Sundgau, Haut-Rhin, Système-aquifère, Qualité-eau, Cartographie.

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

ELSASS P., MENILLET F. (1999). Inventaire de la qualité des eaux des aquifères du Sundgau. Notice hydrogéologique. Rapport BRGM R40722

Synthèse

Dans le cadre de l'inventaire 1998 de la qualité des eaux des aquifères du Sundgau sous maîtrise d'ouvrage de la Région Alsace, le BRGM a effectué une identification et une cartographie de détail des sous-systèmes aquifères du Sundgau à partir des trois unités hydrogéologiques déjà connues.

Le soubassement du Sundgau est constitué par des marnes d'âge tertiaire peu aquifères, dites "Oligocène-Molasse alsacienne" (code SANDRE 597). On peut y distinguer trois sous-domaines : la Molasse alsacienne proprement dite où les intercalations de grès et sables dans les marnes peuvent constituer des aquifères locaux ; le Horst de Mulhouse, où la tectonique a amené les calcaires tertiaires à l'affleurement, et où les aquifères locaux ont un caractère plus ou moins karstique ; le domaine est, où sont préservées d'anciennes terrasses quaternaires du Rhin qui constituent de petits aquifères locaux.

Les "Cailloutis du Sundgau" (code SANDRE 173), sont les dépôts alluvionnaires, d'âge pliocène à quaternaire ancien, du Rhin ancien qui s'écoulait vers la vallée du Rhône. Puissants d'une vingtaine de mètres, ils reposent sur les marnes tertiaires et sont recouverts d'un épais manteau de loess. Profondément disséqués par le réseau hydrographique, ils constituent des aquifères perchés importants pour l'alimentation en eau potable des communes. Ils sont subdivisés en unités géographiquement et hydrauliquement distinctes, dont certaines sont composées d'alluvions d'origine alpine et d'autres d'alluvions d'origine vosgienne.

En bordure sud du Sundgau, à la frontière suisse, le massif calcaire de Ferrette, dit "Jura alsacien" (code SANDRE 092), appartient aux premiers contreforts du Jura suisse plissé et écaillé. Il constitue un aquifère karstique important. On le subdivise d'après la stratigraphie : les formations calcaires du Dogger ("Grande oolithe") apparaissant au cœur des plis, sont les plus aquifères ; elles sont séparées par une formation marneuse de la série calcaire du Jurassique supérieur.

Les résultats pour les paramètres chimiques classiques sur les 151 points de l'inventaire sont passés en revue pour chacun des sous-systèmes aquifères ainsi définis. Toutes les eaux souterraines des aquifères du Sundgau sont bicarbonatées calciques.

Les eaux originaires des aquifères calcaires karstiques du Jura alsacien présentent le pôle calcique le plus extrême, comme on pouvait s'y attendre, et sont d'une excellente qualité, si l'on excepte les problèmes d'arsenic des sources issues de la Grande oolithe dans le canton de Ferrette, dus à l'existence de minéralisations arsénifères naturelles.

Les eaux des aquifères de l'Oligocène-Molasse alsacienne sont un peu plus magnésiennes et sulfatées, sans doute en raison de la présence d'argiles et de pyrite dans les marnes. Elles sont affectées localement par des pollutions diffuses en nitrates et en chlorures.

Les eaux issues des Cailloutis du Sundgau ont des faciès chimiques différents selon l'origine des alluvions : les eaux des cailloutis d'origine vosgienne sont plus sodiques que celles des cailloutis d'origine alpine qui sont très calciques. On constate une pollution diffuse généralisée en nitrates dans les Cailloutis du Sundgau situés à l'est d'une ligne passant par la haute vallée de l'Ill et le palier de Sentheim. La représentation par polygones de Thiessen, malgré ses défauts, permet de bien mettre en évidence cette répartition géographique.

Table des matières

Synthèse.....	2
Introduction	6
1. Présentation générale.....	9
2. Description des systèmes aquifères du Sundgau	11
2.1. Le Jura alsacien (092b)	11
Géologie.....	11
Hydrographie	11
Subdivisions aquifères	11
Hydrogéochimie.....	12
2.2. L'oligocène du Sundgau (597c).....	13
Géologie.....	13
Subdivisions aquifères	14
Hydrogéochimie.....	15
2.3. Les Cailloutis du Sundgau (173).....	16
Géologie.....	16
Hydrographie	17
Subdivisions aquifères	17
Hydrogéochimie.....	17
2.4. Les alluvions récentes	19
3. Représentation par polygones de Thiessen.....	20
Conclusions	22
Références	23

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Schéma hydrogéologique du Sundgau.....	8
Figure 2 : Schéma de fonctionnement des circulations d'eau dans les Cailloutis du Sundgau	10
Figure 3 : Diagramme de Piper des eaux du Jura alsacien.....	13
Figure 4 : Diagramme de Piper des eaux de l'Oligocène du Sundgau.....	16
Figure 5 : Diagramme de Piper des eaux des Cailloutis du Sundgau	18
Figure 6 : Représentations par polygones de Thiessen des teneurs en calcium et en nitrates des Cailloutis du Sundgau.....	21

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : Carte hydrogéologique	
Annexe 2 : Liste des points de l'inventaire qualité 1998	

Introduction

La Région Alsace a confié en 1998 la conduite d'opération d'un inventaire de la qualité des eaux des aquifères du Sundgau au Service de l'Eau et des Milieux Aquatiques de la Direction Régionale de l'Environnement d'Alsace (DIREN/SEMA), et a demandé au BRGM Service Géologique Régional Alsace un appui hydrogéologique à l'opération.

Dans ce cadre le BRGM a effectué une identification et une cartographie de détail des sous-systèmes aquifères du Sundgau à partir des trois unités hydrogéologiques déjà connues, Jura alsacien, Oligocène-Molasse alsacienne, Cailloutis du Sundgau (Comte et George, 1994). Les contours ont été digitalisés à partir des cartes géologiques régulières de la France à 1/50 000 et fournis à la DIREN/SEMA ; ils sont reproduits en annexe 1.

Ces sous-systèmes aquifères ont servi à définir, en collaboration avec la DIREN/SEMA, des objectifs de nombres de points de prélèvement à rechercher dans chaque sous-système. Une extraction des points d'eau, sources et forages, de la Banque du sous-sol (BSS) a été utilisée comme base de départ pour effectuer une présélection des points de mesure.

Le travail d'identification des points sur le terrain, de prélèvement d'échantillons et d'analyse chimiques des eaux a été confié au bureau d'études IRH-Environnement. Les travaux se sont déroulés en deux phases :

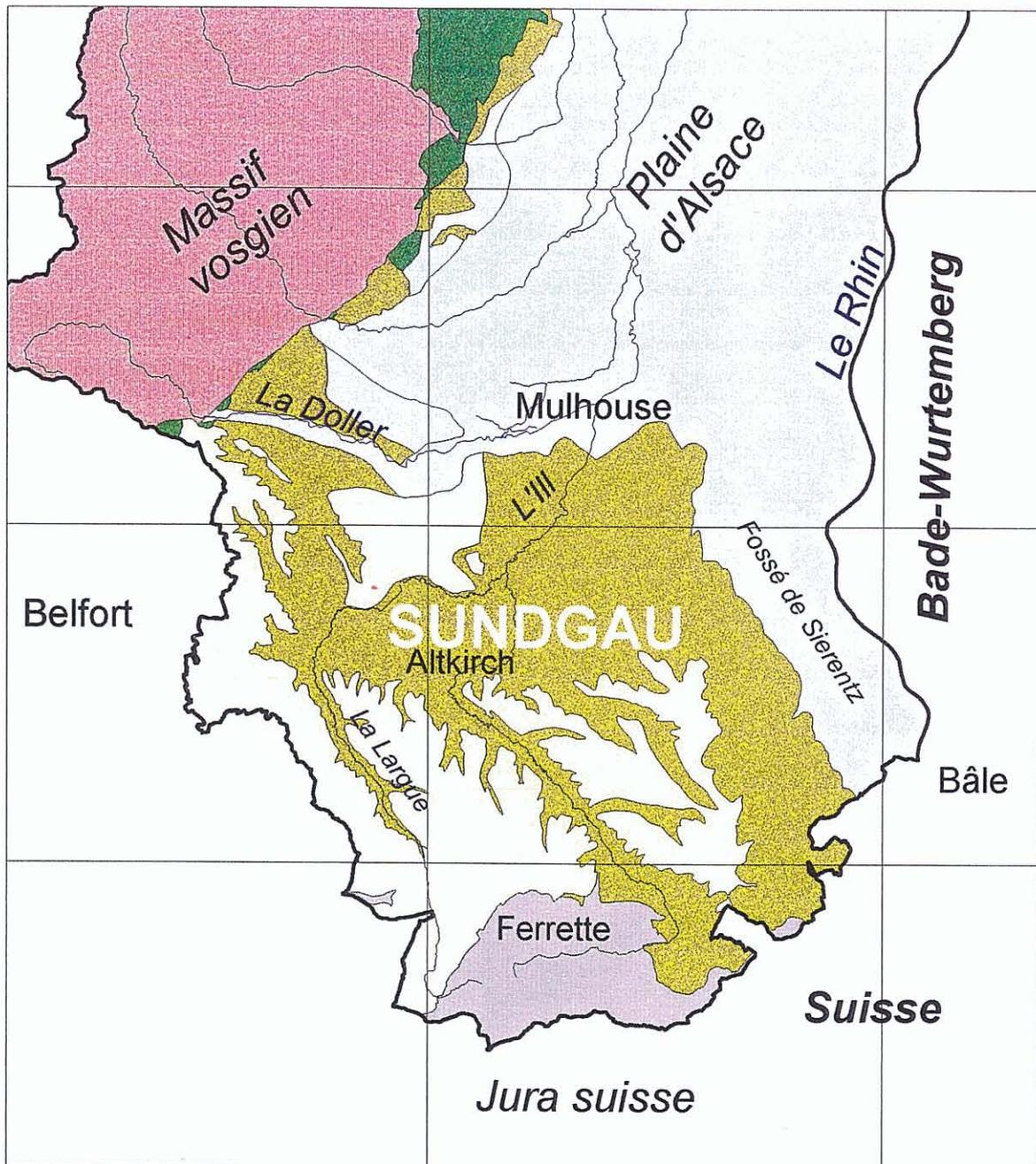
- Identification des points sur le terrain et recherche de points complémentaires ; le BRGM a appuyé cette phase en fournissant des documents d'archives, en vérifiant l'attribution des numéros nationaux et en attribuant des numéros aux quelques points nouveaux découverts lors de cette campagne ;
- Campagne de prélèvements sur les points validés par le groupe de pilotage, analyses chimiques des eaux (analyse des paramètres classiques sur tous les 151 points, analyse des micropolluants sur une sélection de 76 points).

A la fin de la campagne de prélèvements, l'attribution aux différents systèmes et sous-systèmes des points utilisés pour l'inventaire a été contrôlée individuellement d'après les dossiers de la Banque du sous-sol et les fiches de prélèvement remises par IRH-Environnement.

Le tableau de l'annexe 2 donne la liste finale des points de prélèvement et leur attribution hydrogéologique. Un certain nombre de points situés cartographiquement dans un système aquifère ont été réattribués. Ceci concerne notamment les sources situées dans l'Oligocène sur le pourtour cartographique des Cailloutis du Sundgau ou des calcaires du Jura alsacien. En effet les bordures des terrasses de Cailloutis du Sundgau ou les affleurements des calcaires du Jura sont souvent empâtés de loess et il existe une imprécision cartographique sur leur limite exacte. De plus les sources peuvent émerger ou être captées dans des formations superficielles à une certaine

distance de leur réservoir d'origine : c'est le cas par exemple des sources de Lutter et Wolschwiller (annexe 1).

Le découpage en sous-systèmes aquifères adopté pour la réalisation de l'inventaire est explicité dans le présent rapport, et les résultats sur les paramètres chimiques classiques sont passés en revue pour chacun des sous-systèmes aquifères ainsi définis.



Légende

- 091 : Alluvions de la nappe d'Alsace (aquifère alluvial continu)
- 092 : Calcaires du Jura alsacien (aquifères karstiques)
- 173 : Cailloutis du Sundgau (nappes perchées)
- 533 : Champs de fractures (aquifères locaux)
- 597 : Marnes de l'Oligocène-molasse alsacienne (nappes d'intérêt local)
- 601 : Socle vosgien (petits aquifères superficiels)

Figure 1 : Schéma hydrogéologique du Sundgau

1. Présentation générale

Le Sundgau est la partie du département du Haut-Rhin située au sud de Mulhouse. Du point de vue géographique, c'est un paysage de collines douces se poursuivant vers l'ouest par les collines du Belfortain. La région est frangée au nord par la vallée de la Doller et la plaine d'Alsace, et à l'est par la plaine du Rhin, dite "fossé de Sierentz" entre Bâle et Mulhouse (figure 1). Au sud elle s'arrête sur les chaînes du Jura suisse, dont le massif calcaire de Ferrette représente le premier contrefort.

Du point de vue géologique et hydrogéologique on distingue trois grandes unités (figure 1) :

- Le soubassement du Sundgau qui est constitué par des marnes d'âge tertiaire peu aquifères, dites "Oligocène-Molasse alsacienne" ;
- Des lambeaux d'alluvions anciennes, aquifères, les "Cailloutis du Sundgau", qui reposent sur ce soubassement ;
- En bordure sud, le massif calcaire de Ferrette, dit "Jura alsacien", qui constitue un aquifère karstique.

L'Oligocène-molasse alsacienne (codifié 597 dans la nomenclature nationale des systèmes et domaines aquifères du SANDRE) comprend une puissante série de marnes, sables et calcaires déposées dans le Fossé rhénan juste après son effondrement à l'ère tertiaire. L'appellation de "Molasse alsacienne" se réfère aux molasses alpines, séries de roches détritiques fines déposées après le soulèvement des Alpes (molasse : pierre à meules). Les marnes qui sont les roches les plus représentées constituent des terrains peu perméables, mais elles peuvent être intercalées de niveaux sableux ou gréseux qui sont, eux, aquifères. On les exploite par forage pour l'AEP à Altenach et Leymen.

Le jeu des failles amène également des calcaires à l'affleurement dans le "horst de Mulhouse" (annexe 1). Ces calcaires exploités notamment par les cimenteries d'Altkirch recèlent quelques aquifères locaux plus ou moins karstiques (les eaux circulent dans des failles qu'elles élargissent par dissolution), captés par les forages AEP de Tagolsheim et de Steinbrunn. Enfin sur la bordure est, le long du fossé de Sierentz, il subsiste des lambeaux d'anciennes terrasses d'alluvions du Rhin reposant sur les marnes et recouvertes de loess. Aujourd'hui perchées à plusieurs dizaines de mètres au-dessus du niveau de la plaine, elles sont localement aquifères : elles sont captées par le forage A.E.P. Kabis à Blotzheim.

Les Cailloutis du Sundgau (codification SANDRE 173) sont les témoins d'anciens dépôts d'alluvions du Rhin, remontant à l'époque pliocène à quaternaire ancien où le Rhin coulait encore vers le sud et rejoignait la vallée de la Saône et du Rhône. Ils contiennent des galets originaires des Alpes au sud et des galets originaires des Vosges au nord d'une ligne passant par le seuil de Valdieu et Altkirch (annexe 1). Reposant sur les marnes oligocènes, les Cailloutis, puissants d'une vingtaine de mètres, sont recouverts d'un épais manteau de loess. L'altération des galets et l'envahissement par les limons provenant des loess sus-jacents réduit la perméabilité de cette formation.

Les rivières principales (Ill, Largue, Thalbach, ...) entaillent les Cailloutis jusqu'au soubassement marneux, leur donnant un aspect cartographique "persillé". Les nappes circulant dans les Cailloutis se trouvent donc généralement en position perchée par rapport aux fonds de vallée, et de nombreuses sources, souvent utilisées pour l'AEP, émergent le long des affleurements (cf. schéma figure 2).

Le Jura alsacien (codification SANDRE 092) est un massif de calcaires d'âge jurassique (ère secondaire) plissés et faillés, qui représente l'extrémité nord du Jura suisse. Dans les plis (pli de Ferrette, chaîne du Glaserberg, cf. annexe 1) apparaissent les calcaires oolithiques du Dogger connus sous le nom de "Grande oolithe". L'ensemble est affecté de nombreuses failles de direction nord-sud.

Ce massif constitue un aquifère typiquement karstique : les eaux s'écoulent dans un réseau de conduits souterrains et de cavités créées par dissolution à partir des nombreuses failles et fractures des calcaires, et resurgissent à la surface par des sources pouvant présenter de gros débits. Les calcaires de la Grande oolithe constituent un réservoir karstique important, mais l'existence de filons minéralisés en arsenic entraîne la présence de cet élément indésirable dans beaucoup de sources du canton de Ferrette.

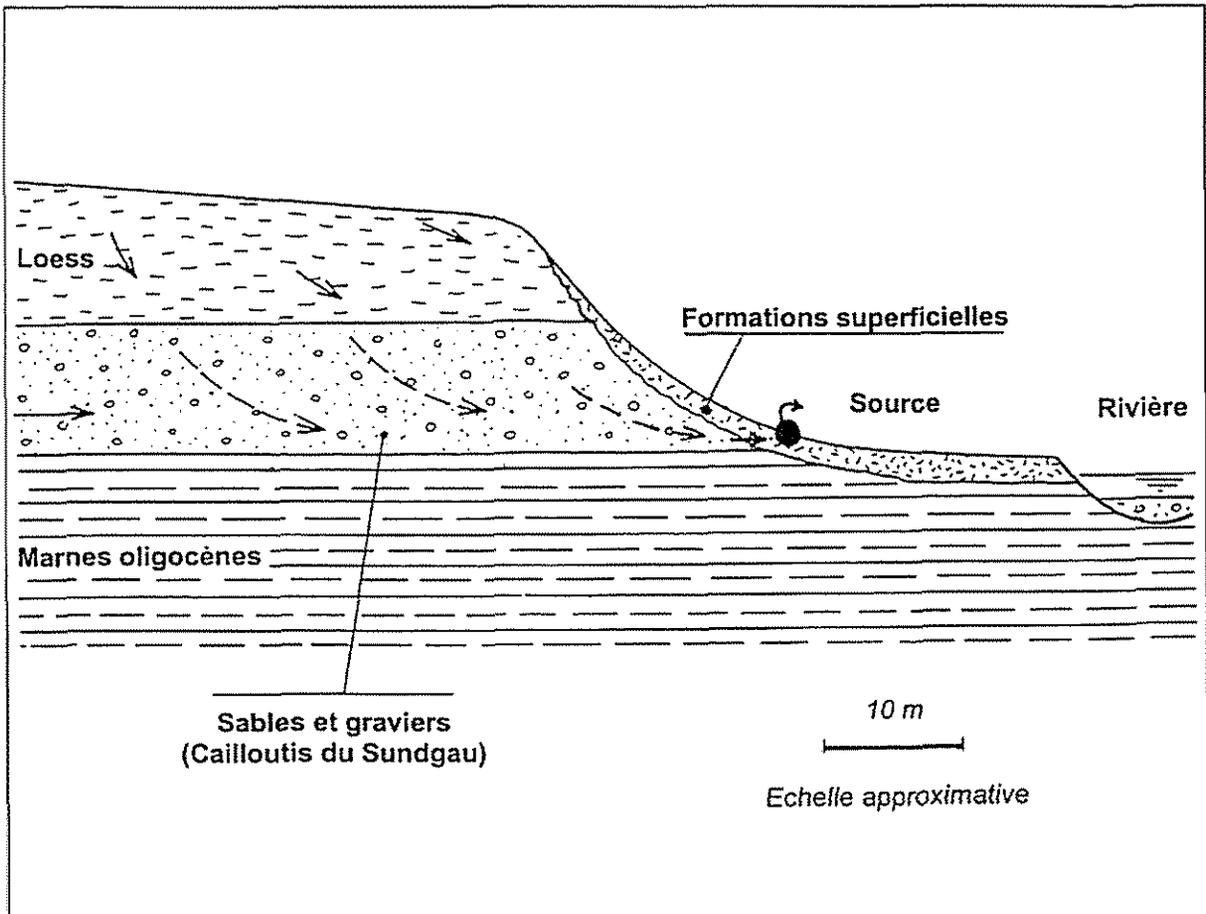


Figure 2 : Schéma de fonctionnement des circulations d'eau dans les Cailloutis du Sundgau

2. Description des systèmes aquifères du Sundgau

2.1. LE JURA ALSACIEN (092b)

Géologie

Le Jura alsacien, constitué de calcaires et de marnes plissés d'âge Jurassique, représente du point de vue structural le front des plissements alpins du Jura. La série comprend principalement les formations du Dogger (Jurassique moyen : Bajocien-Bathonien), où les calcaires prédominent sur les marnes, avec, en particulier, les niveaux très perméables et aquifères de la Grande oolithe, et les formations de l'Oxfordien (Jurassique supérieur), marnes et argiles de l'Oxfordien *sensu stricto* et calcaires oolithiques à récifaux de la plate-forme rauracienne.

L'ensemble de la série est affecté de deux grandes structures plissées, l'anticlinal de direction E-W de la chaîne du Glaserberg, amenant le Jurassique moyen à l'affleurement au milieu des terrains du Jurassique supérieur, et le pli de Ferrette, d'axe SW-NE, déversé vers le Nord où il vient chevaucher les terrains oligocènes de sa couverture tertiaire (597).

Hydrographie

Pour les circulations souterraines, les principaux drains se localisent dans les calcaires du Bajocien-Bathonien, en particulier la Grande oolithe, et dans ceux de l'Oxfordien (principalement les faciès oolithiques et récifaux rauraciens). Les zones d'affleurement de ces calcaires, très fracturés sur les "crêts" et flancs des structures anticlinales, sont très affectées par la karstification. Les diverses associations des structures tectoniques (plis E-W et SW-NE ; fractures SW-NE et subméridiennes) et des formes d'érosion (cluses, combes etc.) varient très largement les types de réseaux karstiques. Les sources karstiques sont nombreuses et les aquifères ne prennent de l'extension que dans les structures synformés les plus vastes.

Il a récemment été démontré que l'existence de minéralisations arsénifères dans les fractures subméridiennes était à l'origine des teneurs élevées en arsenic rencontrées dans les eaux des sources karstiques issues de la Grande oolithe dans la partie la plus septentrionale du pli de Ferrette (Sanjuan et Daesslé, 1997).

Subdivisions aquifères

Les calcaires du Jura de Franche-Comté sont codés 092 ; dans le bassin Rhône-Méditerranée-Corse voisin les calcaires tabulaires des avant-monts du Jura (plateau d'Ajoie) sont codés 092a, tandis que les premiers chaînons du Jura plissé (monts du Lomont) sont codés 092b. Les calcaires du Jura alsacien correspondent tant du point de vue stratigraphique que structural à ces derniers, on peut les suivre en continuité en

Suisse sur la feuille géologique Delle. Aussi avons-nous attribué le code 092b au système aquifère du Jura alsacien.

Plusieurs sous-systèmes ont été distingués cartographiquement dans ce système aquifère du Jura alsacien qui couvre environ 100 km² au total, en incluant le massif du Landskron à l'Est. Le petit affleurement de Pfetterhouse à l'Ouest correspond en fait au Jura tabulaire 092a, mais il est d'une surface trop réduite pour en faire un système à part en Alsace :

092b1 : Calcaires du Dogger ("Grande oolithe") : 19 km²

Aquifère calcaire karstique, affecté de minéralisations arsénifères à l'intersection de failles subméridiennes dans le secteur de Ferrette.

092b2 : Marnes de l'Oxfordien

Marnes sableuses peu perméables séparant partiellement les ensembles calcaires.

092b3 : Calcaires du Jurassique supérieur : 71 km²

Aquifère calcaire à caractère karstique, peu affecté par l'arsenic (on y rattache par commodité l'affleurement de Pfetterhouse).

Hydrogéochimie

Les eaux sont bicarbonatées calciques. Le report sur un diagramme de Piper (figure 3) montre une grande homogénéité de la composition extrêmement calcique, les eaux de la Grande oolithe (092b1) se distinguant par une composition très légèrement plus magnésienne (5 mg/l en moyenne contre 2,5 pour le Jurassique supérieur). Le potassium est rarement détecté. Les faibles teneurs en chlorures et nitrates sont probablement dues à des pollutions. Le fer, le manganèse, le phosphore, le bore et les nitrites sont complètement absents.

La fontaine communale de Sondersdorf (04762X0044), légèrement polluée par du chlorure de sodium (49 mg/l en Cl⁻), a été éliminée des moyennes calculées dans le tableau ci-dessous.

Calcium	117 mg/l	Hydrogénocarbonates	336 mg/l
Magnésium	4 mg/l	Sulfates	17 mg/l
Sodium	3 mg/l	Chlorures	7 mg/l
Potassium	traces	Nitrates	9 mg/l

Teneurs moyennes des eaux du Jura alsacien

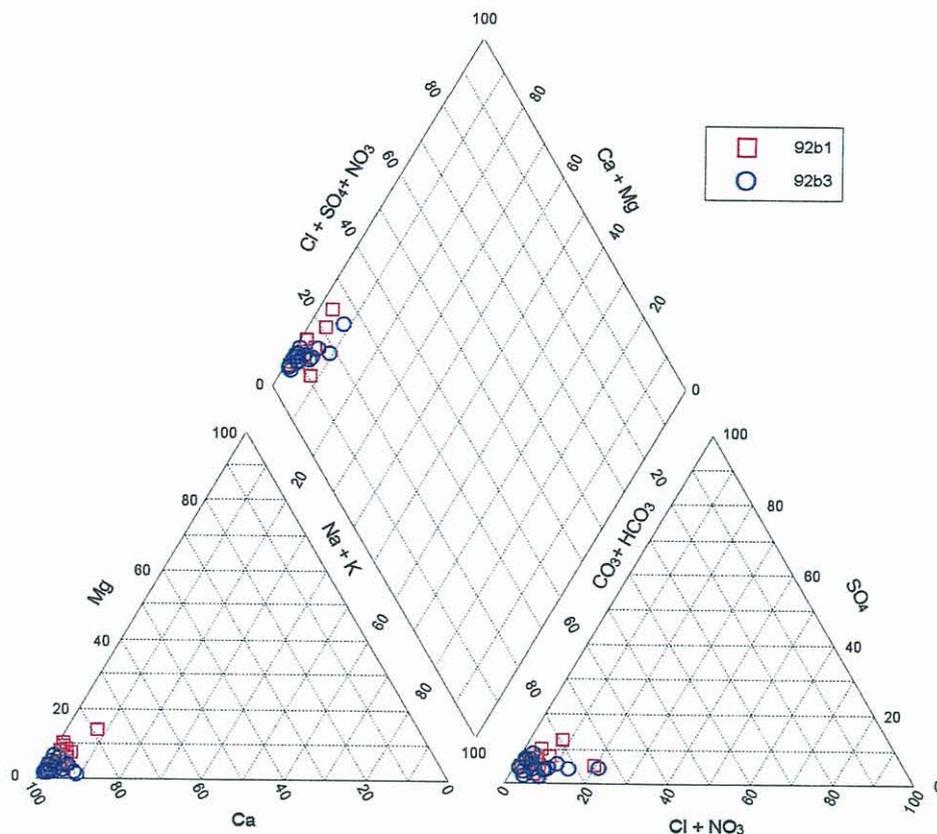


Figure 3 : Diagramme de Piper des eaux du Jura alsacien
(92b1 : Grande oolithe, 92b3 : Jurassique supérieur)

2.2. L'OLIGOCENE DU SUNDGAU (597c)

Géologie

Le soubassement tertiaire du Sundgau appartient au Fossé rhénan et est principalement constitué de marnes, silts, sables et calcaires d'âge éocène à oligocène. Il comprend plusieurs domaines géographiques, présentant chacun des particularités lithologiques et structurales. On distingue d'une part la partie est, structurellement plus haute, dénommée Horst de Mulhouse, et la partie ouest, connue sous le nom de Fossé de Dannemarie. Cette structuration en horst et graben a joué au Tertiaire pendant la sédimentation, entraînant des changements de faciès des dépôts.

Les terrains tertiaires sont partiellement recouverts par une couverture alluvionnaire d'âge plio-quaternaire (dite Cailloutis du Sundgau : 173), tous ces terrains pouvant de plus être recouverts de formations loessiques d'épaisseur variable.

Conglomérats de bordure du Tertiaire rhénan

A l'Ouest du Horst de Mulhouse, le remplissage tertiaire du Fossé rhénan est essentiellement marneux, puis se charge vers l'Ouest et le Sud en intercalations

conglomératiques. Sur le piémont vosgien, ces conglomérats recueillent toutes les eaux qui échappent au drainage latéral vers les vallées par les zones perméables des champs de fractures des collines sous-vosgiennes (domaine aquifère 533). Dans les parties occidentale et méridionale du Fossé de Dannemarie, les conglomérats souvent accompagnés d'intercalations calcaires ou gréseuses (Système de Bourogne), prennent une extension considérable et forment un aquifère de perméabilité variable selon la nature et la compacité de leur ciment.

Calcaires du Horst de Mulhouse

La série condensée de l'Eocène supérieur-Oligocène inférieur du Horst de Mulhouse comprend deux formations perméables : le Calcaire à Mélanies (épaisseur 100 m), et le Hausteim, gréseux et calcaire dans sa partie inférieure (épaisseur 50 m). Ces deux formations sont le siège de circulations d'eau, karstique pour le Calcaire à Mélanies, de porosité matricielle pour le Hausteim. La dynamique aquifère est complexe de par la présence d'un réseau de failles mal connu du fait de la couverture loessique et du petit nombre de sondages. Les directions de fracturation prédominantes sont N 45°E, N 160°E et subméridienne.

Série grise et Molasse alsacienne

Au Sud du Horst de Mulhouse et dans les parties centrale et orientale du Fossé de Dannemarie, les formations silteuses du Rupélien, en particulier les Marnes à Cyrènes, affleurent dans la partie inférieure des versants. Au-dessus de ces formations, les couches présentent des intercalations sableuses, faciès de la Molasse alsacienne du Chattien, correspondant à de larges chenaux détritiques qui s'écoulaient probablement vers le Nord. Le remplissage de certains d'entre-eux présente une porosité matricielle suffisante pour alimenter en eau quelques communes, mais la localisation de ces chenaux est très mal connue.

Les terrasses anciennes du Rhin ("Hochterrasse")

Le long de la bordure orientale du Sundgau, surplombant l'étroite vallée du Rhin entre Bâle et Mulhouse, les alluvions du Pléistocène ancien et moyen, en partie indurées en conglomérats, sont étagées en terrasses, plus ou moins déformées par solifluxion et empâtées de lèss. Les parties subhorizontales et mal drainées de ces terrasses donnent des zones sourceuses, généralement sans débits importants. Elles sont localement captées par forage.

Subdivisions aquifères

Les domaines oligocènes du Fossé rhénan en général sont codifiés 597, la partie appartenant géographiquement au Sundgau (Oligocène Molasse alsacienne) étant le 597c. Nous subdiviserons ce domaine de 511 km² en trois parties principales :

597c1 : Molasse alsacienne : 343 km²

Domaine essentiellement marneux, localement aquifère lorsque les intercalations calcaires ou gréseuses (Molasse alsacienne) sont altérées (exemple : forage AEP d'Altenach) ou sableuses (forages AEP du secteur de Leymen).

597c2 : Oligocène calcaire du Horst de Mulhouse : 116 km²

Domaine marno-calcaire à aquifères locaux plus ou moins karstiques contrôlés par la fracturation (exemples : forages AEP de Tagolsheim, de Steinbrunn).

597c3 : Domaine des terrasses anciennes : 50 km²

Domaine marneux à terrasses anciennes du Rhin recouvertes de loess et localement aquifères (exemple : forage Kabis à Blotzheim).

Hydrogéochimie

Les eaux sont bicarbonatées calciques. Le report sur un diagramme de Piper (figure 4) montre une grande ressemblance entre les eaux du Horst de Mulhouse et celles du domaine des terrasses anciennes. Les eaux de la Molasse alsacienne montrent par contre une plus grande dispersion, due essentiellement à une pollution diffuse par les nitrates et les chlorures.

Le fer et le manganèse sont parfois présents à de faibles teneurs, généralement inférieures au mg/l. Le potassium est rarement détecté, de même que le phosphore, le bore et les nitrites.

Deux points pollués par des chlorures et des sulfates ont été éliminés des moyennes présentées ci-dessous : un puits à Geispitzen (04453X0111) et la source rue des Castors à Mulhouse (04136X0452).

Calcium	120 mg/l	Hydrogénocarbonates	371 mg/l
Magnésium	20 mg/l	Sulfates	28 mg/l
Sodium	7 mg/l	Chlorures	24 mg/l
Potassium	traces	Nitrates	32 mg/l

Teneurs moyennes des eaux de l'Oligocène du Sundgau

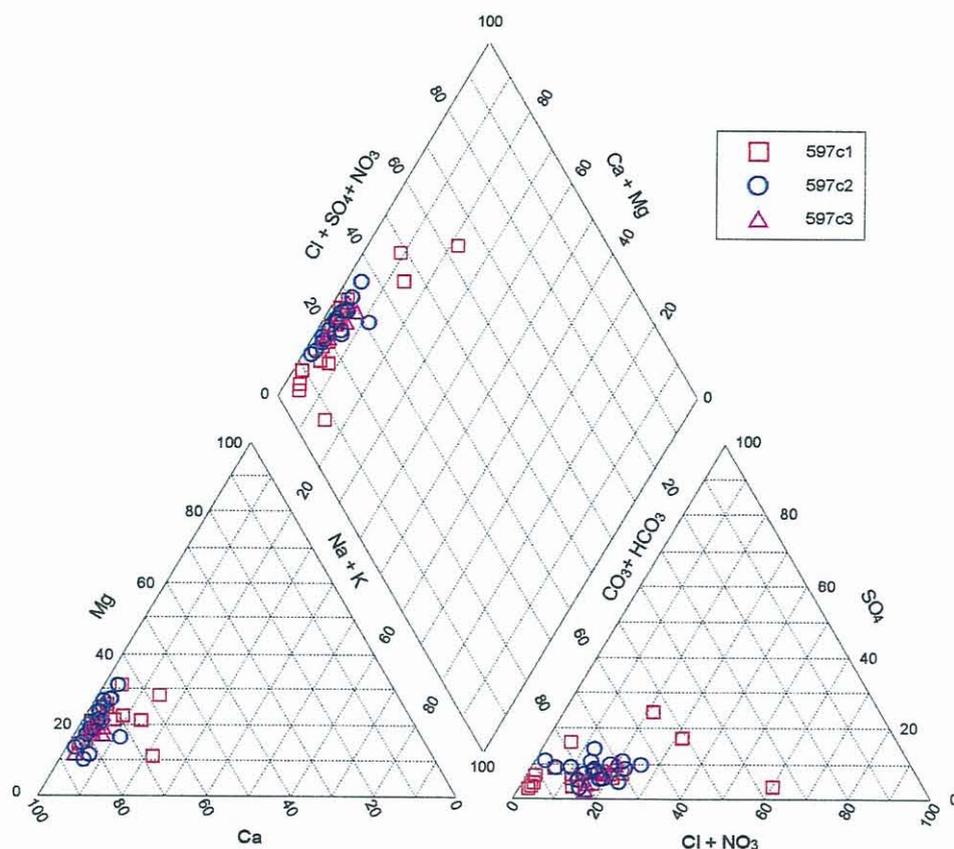


Figure 4 : Diagramme de Piper des eaux de l'Oligocène du Sundgau
 (597c1 : Molasse alsacienne ; 597c2 : Horst de Mulhouse ; 597c3 : Terrasses anciennes)

2.3. LES CAILLOUTIS DU SUNDGAU (173)

Géologie

Entre le Horst de Mulhouse et le Jura, le plateau du Sundgau conserve, entre les silts du Rupélien (Oligocène supérieur) et une couverture de loess, une formation alluviale grossière, correspondant à un ancien écoulement du Rhin bâlois vers la plaine de la Saône, attribuée en Bresse au Pliocène supérieur (Prétiglien probable). Atteignant fréquemment une vingtaine de mètres d'épaisseur, ces alluvions, dits "Cailloutis du Sundgau", constitués de sables, graviers et galets d'origine alpine affectés d'une altération supergène caractéristique (quartz cariés, galets granitiques "pourris"), sont aquifères.

Au pied des Vosges, une paléo-Doller a eu également un écoulement vers la trouée de Belfort, probablement jusqu'au Quaternaire moyen, apportant des matériaux détritiques vosgiens. Quelques chenaux surcreusés et remblayés présentent un intérêt en ressources hydrologiques.

Hydrographie

Le pourtour des affleurements des Cailloutis du Sundgau est jalonné de sources souvent utilisées pour l'AEP des villages, mais leur perméabilité est diminuée par la présence d'une matrice silto-argileuse liée à leur altération. Lorsque les Cailloutis sont entaillés par les grandes rivières du Sundgau (Largue, Ill), ils constituent des nappes perchées ; à l'Ouest de l'Ill, cette nappe s'abaisse jusqu'au niveau du fond des vallées et devient captive sous les lœss.

Une synthèse hydrogéologique récente, s'appuyant sur les travaux géophysiques du SCGAL des années 60 (Pallas, 1962, Bernert, 1965), estime entre 100 et 130 millions de m³ les ressources en eau des Cailloutis du Sundgau (EAT, 1997).

Subdivisions aquifères

Les Cailloutis du Sundgau ont pour code 173, et n'avaient pas été subdivisés jusqu'à présent. Nous proposons d'introduire les subdivisions suivantes :

173a : Cailloutis du Sundgau du Belfortain : 433 km² dont 112 km² pour le Haut-Rhin

Cet ensemble présent sur la bordure ouest du Sundgau alsacien est beaucoup plus étendu sur le Territoire de Belfort où il constitue une ressource en eau importante. Il est constitué d'alluvions alpines au Sud du seuil de Valdieu (secteur Ouest Largue : 173a1,) et d'alluvions vosgiennes au Nord (secteur Nord Montreux : 173a2).

173b : Cailloutis du Sundgau à l'Est de la Largue : 114 km²

On peut éventuellement distinguer des précédents ces cailloutis du secteur à l'Est de la Largue (entre la Largue et la vallée de l'Ill) qui sont pratiquement hydrauliquement indépendants de ceux à l'Ouest de la Largue qui draine l'ensemble.

173c : Cailloutis du Sundgau du secteur du Thalbach : 86 km²

Cet ensemble de cailloutis du Sundgau d'origine rhénane (alpine), situé à l'Est de l'Ill, est disséqué par les ruisseaux et complètement indépendant des cailloutis précédents situés à l'Ouest de l'Ill.

173d : Cailloutis du Sundgau entre Largue et Doller : 49 km²

Cet ensemble indépendant de cailloutis du Sundgau d'origine vosgienne, situé entre Largue et Doller, est en grande partie dissimulé sous une couverture de lœss.

Hydrogéochimie

Les eaux sont bicarbonatées calciques. Le report sur un diagramme de Piper (figure 5) montre une grande dispersion, due à deux facteurs :

- les eaux des cailloutis d'origine vosgienne sont généralement plus sodiques que celles des cailloutis d'origine alpine : les eaux du 173a2 ont ainsi en moyenne 2 fois

moins de calcium (30 mg/l) que celles du 173a1 (60 mg/l).

- une pollution diffuse par les nitrates et les chlorures : 30 mg/l de moyenne en nitrates pour les cailloutis du Thalbach (173c) et les cailloutis entre Largue et Doller (173d) contre 15 mg/l en moyenne pour les autres unités.

Le potassium est souvent détecté à des teneurs de l'ordre du mg/l. Le fer et le manganèse sont parfois présents à de très faibles teneurs (toujours inférieures à 0,5 mg/l), le phosphore, le bore et les nitrites sont rarement détectés.

Le puits rue du Moulin à Courtavon (04754X0014) est fortement pollué par du sel (385 mg/l de chlorures), la source captée près de l'autoroute à Soppe-le-Bas (04128X0084) présente une teneur anormale en sodium.

Calcium	83 mg/l	Hydrogénocarbonates	240 mg/l
Magnésium	9 mg/l	Sulfates	12 mg/l
Sodium	6 mg/l	Chlorures	19 mg/l
Potassium	traces	Nitrates	24 mg/l

Teneurs moyennes des eaux des Cailloutis du Sundgau

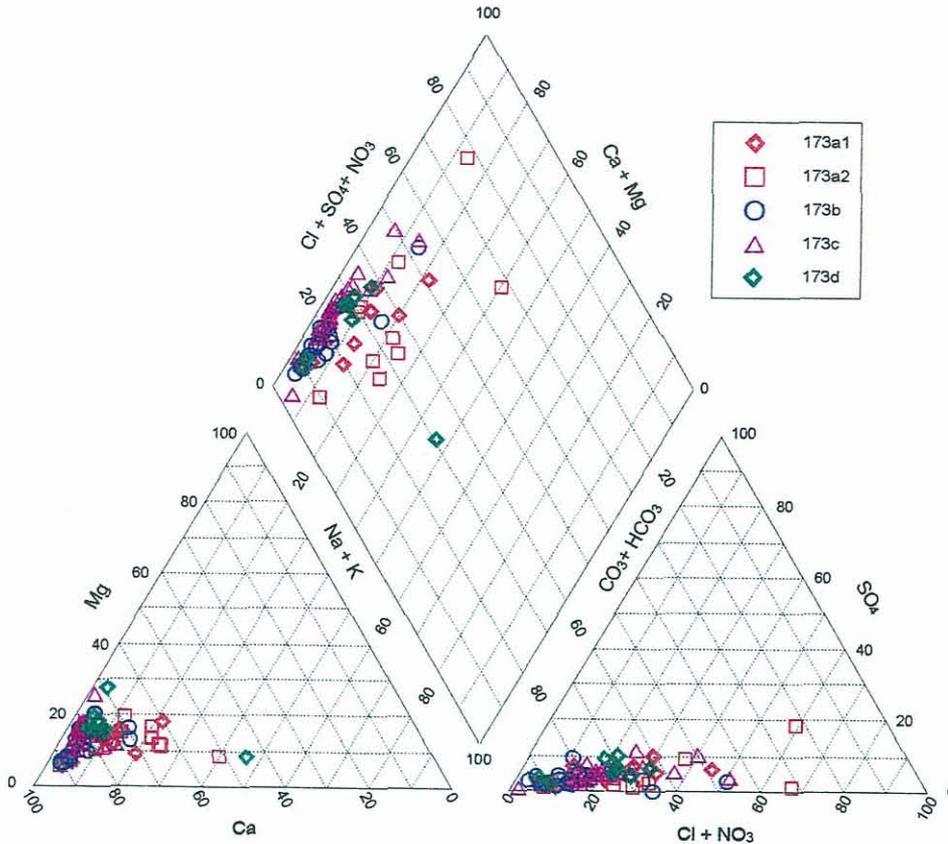


Figure 5 : Diagramme de Piper des eaux des Cailloutis du Sundgau
 (173a1 : Belfortain alpin ; 173a2 : Belfortain vosgien ;
 173b : Est Largue ; 173c : Thalbach ; 173d : Largue/Doller)

2.4. LES ALLUVIONS RECENTES

Signalons enfin les alluvions récentes de l'Ill et de la Largue, constituées généralement de sables et de graviers recouverts de limons. Ces derniers sont parfois tourbeux (Folgensbourg, Tagolsheim). Ces alluvions très limoneuses ne constituent toutefois pas de ressources notables en eaux souterraines.

Les forages implantés dans ces alluvions captent en fait essentiellement les formations oligocènes sous-jacentes (Molasse alsacienne à Altenach, Calcaire à Mélanies à Tagolsheim).

3. Représentation par polygones de Thiessen

Afin de mieux visualiser la répartition géographique des teneurs dans les Cailloutis du Sundgau, un essai de représentation en polygones de Thiessen a été réalisée. Ce type de représentation permet de régionaliser des valeurs ponctuelles en supposant *a priori* une corrélation entre points voisins et en négligeant les anisotropies telles que les directions d'écoulement d'une nappe. Elle est donc adaptée à la représentation de la qualité d'aquifères sans directions préférentielles bien marquées (zones de socle par exemple) ou à des aquifères continus échantillonnés par un réseau dense et régulier de points de mesure.

Le principe de la méthode repose sur l'affectation des valeurs des points de mesure à des polygones jointifs centrés sur les points et pavant le domaine d'étude. Le pavage est réalisé à l'aide de l'algorithme de Voronoï : on décrit le polygone entourant chaque point en parcourant les médiatrices des segments joignant le point considéré à tous les autres points, en commençant par la médiatrice la plus proche du point considéré, jusqu'à son intersection avec une autre médiatrice, puis en continuant le parcours dans le même sens suivant cette nouvelle médiatrice, et ainsi de suite jusqu'à revenir à la médiatrice de départ. La solution géométrique est unique, à condition d'étendre les polygones externes jusqu'à la bordure du domaine.

Deux exemples sont donnés ci-après (figure 6). Les polygones de Thiessen ont été créés à partir des seuls points d'observation situés dans les Cailloutis, et étendus jusqu'à la bordure de ce système. Le premier exemple montre la répartition des concentrations en calcium dans les eaux des Cailloutis du Sundgau : les plus grandes concentrations de la partie sud, où les alluvions sont principalement d'origine alpine et plus calcaires, ressortent bien.

Dans le second exemple, les teneurs en nitrates sont représentées à la fois par les classes de couleur des points de mesure et par les polygones. La représentation par polygones a un fort impact visuel et met bien en évidence les fortes teneurs en nitrates à l'est de la haute vallée de l'Ill et entre Largue et Doller, à l'est du palier de Sentheim.

Un examen attentif permet cependant de se rendre compte des limites de la méthode : à cause du découpage persillé des affleurements par les rivières, les teneurs de certains points peuvent être attribuées à des polygones s'étendant jusqu'à l'autre côté d'un talweg, avec lequel ils ne sont pas en continuité hydraulique... Il s'agit là évidemment d'un cas assez complexe du point de vue topologique, et ces observations soulignent le fait que le réseau de points de mesure, basé surtout sur des sources situées en bordure des affleurements (les forages sont rares), n'a pas une répartition suffisamment régulière.

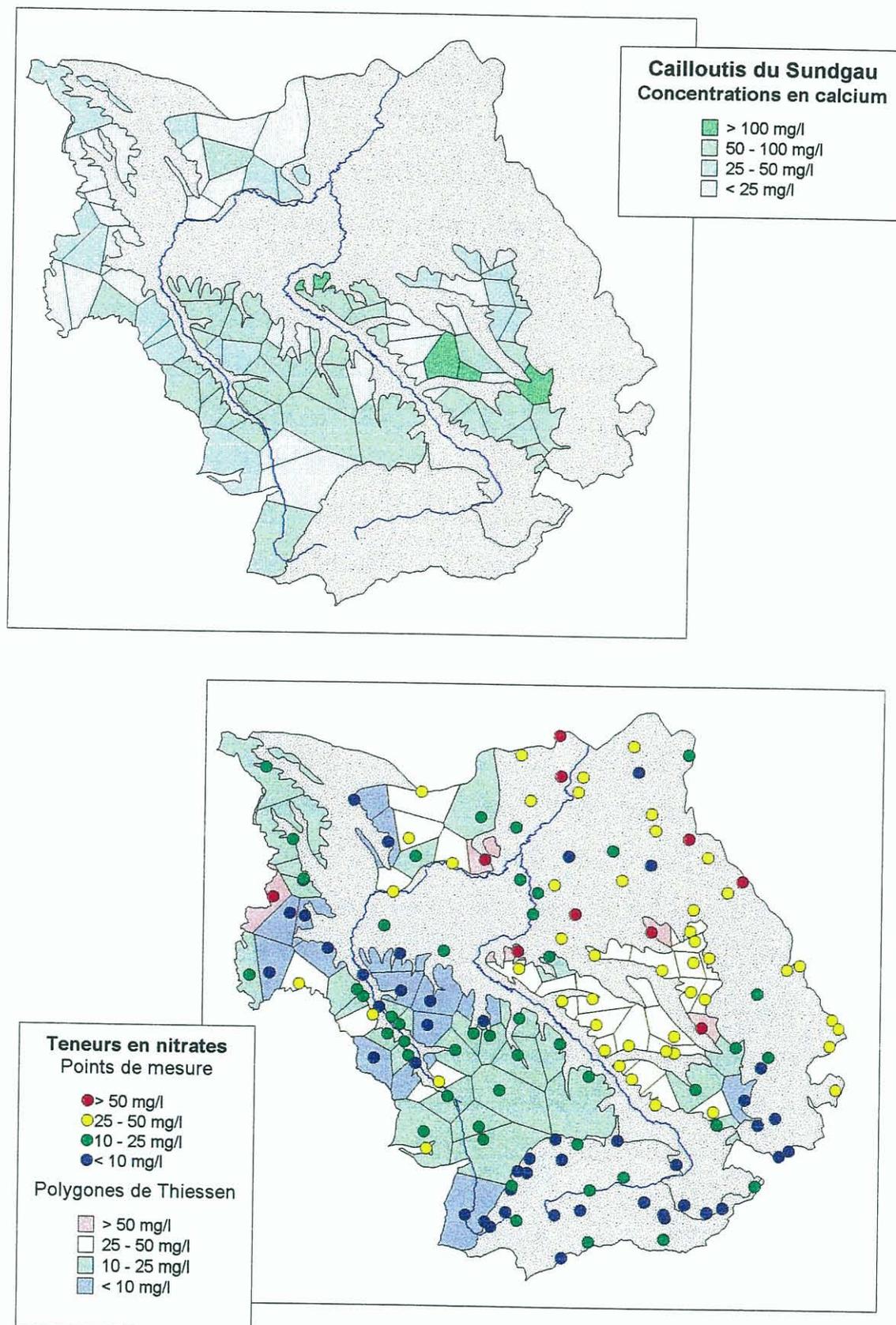


Figure 6 : Représentations par polygones de Thiessen des teneurs en calcium et en nitrates des Cailloutis du Sundgau

Conclusions

Toutes les eaux souterraines des aquifères du Sundgau sont bicarbonatées calciques. Les eaux originaires des aquifères calcaires karstiques du Jura alsacien présentent le pôle calcique le plus extrême, comme on pouvait s'y attendre, et sont d'une excellente qualité, si l'on excepte les problèmes d'arsenic dus à l'existence de minéralisations arsénifères naturelles.

Les eaux des aquifères de l'Oligocène-Molasse alsacienne sont un peu plus magnésiennes et sulfatées, sans doute en raison de la présence d'argiles et de pyrite dans les marnes. Elles sont affectées localement par des pollutions diffuses en nitrates et en chlorures.

Les eaux issues des Cailloutis du Sundgau ont des faciès chimiques différents selon l'origine des alluvions : les eaux des cailloutis d'origine vosgienne sont plus sodiques que celles des cailloutis d'origine alpine qui sont plus calciques. Le découpage en sous-unités suivant la lithologie montre ici tout son intérêt : les systèmes aquifères basés sur de pures considérations de continuité hydraulique ne sont pas suffisants pour interpréter les faciès hydrochimiques naturels.

On constate une pollution diffuse généralisée en nitrates dans les Cailloutis du Sundgau situés à l'est d'une ligne passant par la haute vallée de l'Ill et le palier de Senheim. La représentation en polygones de Thiessen, malgré ses défauts, permet de bien mettre en évidence cette répartition géographique.

Références

EAT (1997) – Conseil Régional Alsace – Agence de l'eau Rhin-Meuse. Opération Fertimieux sur le Sundgau. Analyse de la situation initiale et diagnostic hydrogéologique. Rapport final. Rapport EAT EC96014/2d – 71-2-409/6.

BERNERT G. (1965) – Etude hydrogéologique de la partie occidentale du Sundgau comprise entre les vallées de l'Ill et de la Doller. Rapport SCGAL.

COMTE J.P., GEORGE M. (1994) – Identification et codification des domaines hydrogéologiques et systèmes aquifères du bassin Rhin-Meuse. Rapport BRGM R 38056.

GEORGE M., CALMBACH L., LETTERMANN M., MENILLET M., BADEROT S. (1995) – Carte hydrogéologique suisse à 1/100 000 – Feuille Basel/Bâle. Eléments de notice pour la partie française. Rapport BRGM R38678.

PALLAS (1962) – Etude hydrogéologique de la région du Sundgau. Rapport SCGAL.

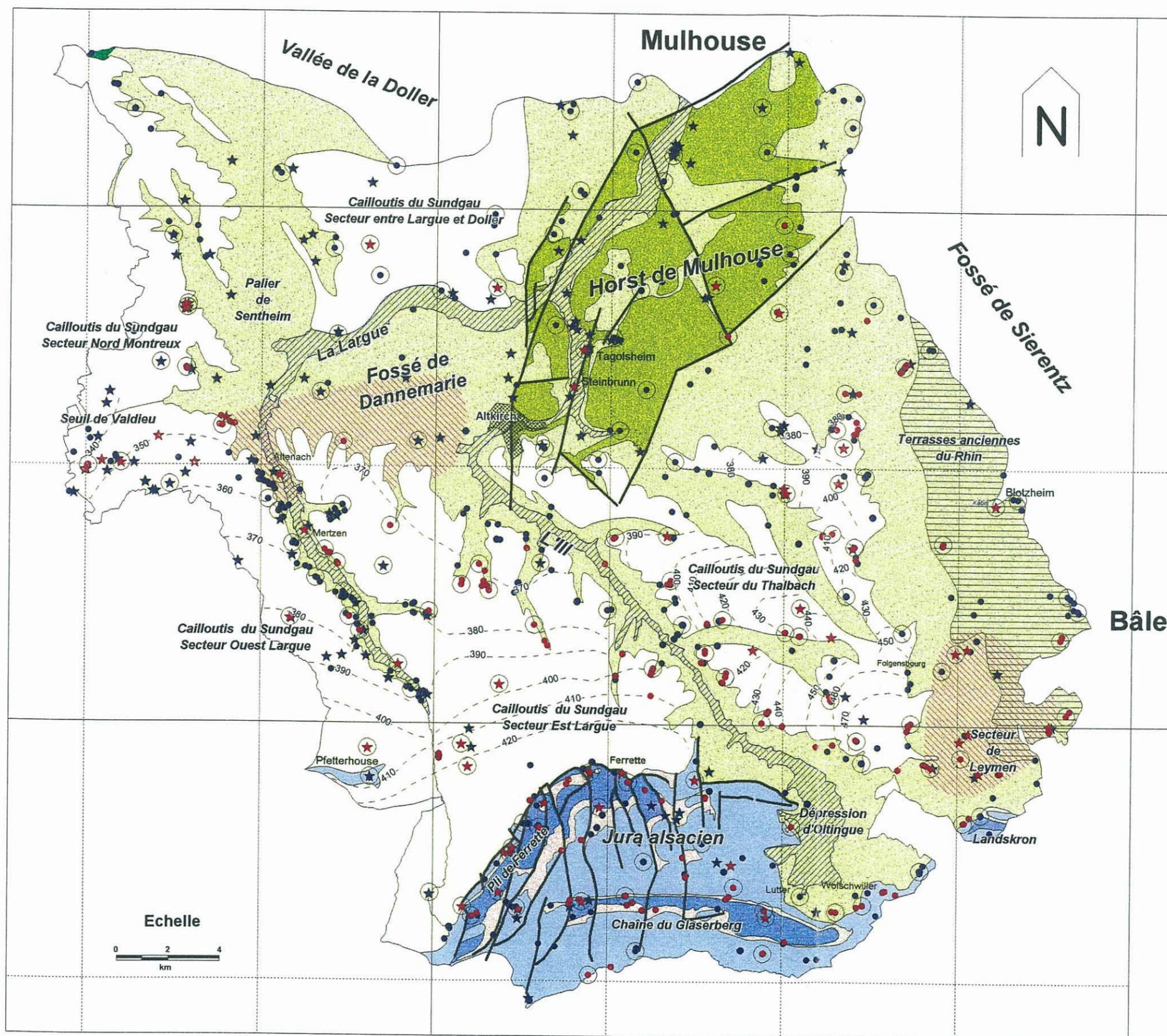
SANJUAN B., DAESSLE M. (1997) - Caractérisation des aquifères contaminés par de l'arsenic dans le Haut-Rhin. Rapport final. Rapport BRGM R39799.

ANNEXE 1

Carte hydrogéologique

Inventaire 1998
de la qualité des eaux
des aquifères du Sundgau

CARTE HYDROGEOLOGIQUE



LEGENDE

Points d'accès aux aquifères

- ★ Forages utilisés pour l'AEP
- Sources utilisées pour l'AEP
- ★ Autres puits et forages d'eau
- Autres sources et fontaines
- Points du réseau qualité

Unités hydrogéologiques

- 173 : Cailloutis du Sundgau (avec indication de la piézométrie)
- 597 : Marnes de l'Oligocène-Molasse alsacienne
- ▨ Alluvions récentes (III, Largue)
- ▨ Terrasses anciennes du Rhin
- Calcaires du horst de Mulhouse
- ▨ Molasse alsacienne aquifère
- 92 : Calcaires du Jura alsacien
- Grande oolithe
- Marnes jurassiques
- Jurassique supérieur
- 533 : Champ de fractures

Réalisation BRGM, août 1999

Liste des points de l'inventaire qualité 1998

ANNEXE 2 : Liste des points de l'inventaire qualité 1998

Indice	Désignation	Nature	Code aquifère	Commune
04761X0004	HY	SOURCE-CAPTEE	92b1	OBERLARG
04761X0028	AVL-W	SOURCE-KARSTIQUE	92b1	LIEBSDORF
04761X0070	S2	FORAGE	92b1	BENDORF
04761X0078	F4	FORAGE	92b1	OBERLARG
04761X0080	F1	FORAGE	92b1	WINKEL
04761X0081	F1	FORAGE	92b1	LIEBSDORF
04761X0083	F	FORAGE	92b1	DURLINSORF
04761X0085	F2	FORAGE	92b1	KOESTLACH
04761X0092	F	FORAGE	92b1	MOERNACH
04762X0001	S1	SOURCE-CAPTEE	92b1	VIEUX-FERRETTE
04762X0014	HY	SOURCE-KARSTIQUE	92b1	LIGSDORF
04762X0060	KALMIS	FORAGE	92b1	LUTTER
04763X0028	HY	SOURCE-KARSTIQUE	92b1	LUTTER
04764X0030	FNE	FONTAINE	92b1	LEYMEN
04754X0004	F	PUITS-VERTICAL	92b3	PFETTERHOUSE
04761X0035	HY	SOURCE-CAPTEE	92b3	OBERLARG
04761X0036	S1	SOURCE-CAPTEE	92b3	LUCELLE
04761X0047	HY	SOURCE-CAPTEE	92b3	DURLINSORF
04761X0074	F	FORAGE	92b3	COURTAVON
04762X0027	AVAL	SOURCE-KARSTIQUE	92b3	RAEDERSORF
04762X0032	OUEST	SOURCE-KARSTIQUE	92b3	KIFFIS
04762X0039	HY	SOURCE-CAPTEE	92b3	LUCELLE
04762X0044	FNE	FONTAINE	92b3	SONDERSORF
04762X0047	HY	FONTAINE	92b3	LIGSDORF
04762X0054	S2	FORAGE	92b3	BOUXWILLER
04763X0005	- FNE	SOURCE-KARSTIQUE	92b3	LUTTER
04763X0012	S1	SOURCE-CAPTEE	92b3	WOLSCHWILLER
04763X0019	S2	SOURCE-KARSTIQUE	92b3	WOLSCHWILLER
04763X0025	HY	SOURCE-CAPTEE	92b3	OLTINGUE
04763X0036	FNE	FONTAINE	92b3	BIEDERTHAL
04764X0011	HY	SOURCE-CAPTEE	92b3	LEYMEN
04443X0018	F	PUITS-VERTICAL	173a1	MONTREUX-JEUNE
04443X0030	S3	SOURCE-CAPTEE	173a1	REZWILLER
04447X1001	S1	SOURCE-CAPTEE	173a1	MONTREUX-VIEUX
04447X1003	F	PUITS-COMPLEXE	173a1	MAGNY
04448X0001	AMONT	SOURCE-CAPTEE	173a1	SAINT-ULRICH
04448X0005	HY	SOURCE-CAPTEE	173a1	ALTENACH
04448X0030	SI	SOURCE-CAPTEE	173a1	FRIESEN
04448X0049	CTRE	SOURCE-CAPTEE	173a1	UEBERSTRASS

Inventaire qualité du Sundgau. Notice hydrogéologique

Indice	Désignation	Nature	Code aquifère	Commune
04448X0053	HY	SOURCE-CAPTEE	173a1	SEPPOIS-LE-HAUT
04448X0071	FNE	SOURCE	173a1	FRIESEN
04448X0077	S-W	SOURCE-CAPTEE	173a1	STRUETH
04448X0078	S-W	SOURCE-CAPTEE	173a1	HINDLINGEN
04448X0119	F	FORAGE	173a1	HINDLINGEN
04754X0006	F	FORAGE	173a1	PFETTERHOUSE
04754X0014	F	PUITS-VERTICAL	173a1	COURTAVON
04127X0032	FNE	FONTAINE	173a2	MORTZWILLER
04443X0016	HY	SOURCE-CAPTEE	173a2	ELBACH
04443X0019	HY	SOURCE-CAPTEE	173a2	BRECHAUMONT
04443X0032	P2	PUITS-VERTICAL	173a2	BRECHAUMONT
04443X0035	P5	PUITS-VERTICAL	173a2	BRECHAUMONT
04443X0099	F	PUITS-VERTICAL	173a2	BELLEMAGNY
04443X0127	F	FORAGE	173a2	CHAVANNES-SUR-LETANG
04444X0018	HY	SOURCE-CAPTEE	173b	BALLERSDORF
04448X0020	F	FORAGE	173b	SEPPOIS-LE-BAS
04448X0021	HY	SOURCE-CAPTEE	173b	MERTZEN
04448X0024	OUEST	SOURCE-CAPTEE	173b	HINDLINGEN
04448X0029	S-E	SOURCE-CAPTEE	173b	FULLEREN
04448X0047	HY	SOURCE-CAPTEE	173b	LARGITZEN
04448X0070	F	PUITS-VERTICAL	173b	FRIESEN
04448X0099	N-E	SOURCE-CAPTEE	173b	FULLEREN
04455X0001	S1	SOURCE-CAPTEE	173b	HEIMERSDORF
04455X0011	HY	SOURCE-CAPTEE	173b	HIRTZBACH
04455X0013	SUD	SOURCE-CAPTEE	173b	HIRTZBACH
04455X0015	F	FORAGE	173b	BISEL
04455X0017	HY	SOURCE-CAPTEE	173b	RUEDERBACH
04455X0047	HY	SOURCE	173b	GRENTZINGEN
04455X0070	F	FORAGE	173b	HIRSINGUE
04456X0011	S1	SOURCE-CAPTEE	173b	WALDIGHOFEN
04761X0021	F1	FORAGE	173b	MOOSLARGUE
04761X0039	F2	FORAGE	173b	MOOSLARGUE
04451X0113	SCE	SOURCE-CAPTEE	173c	ALTKIRCH
04451X0121	HY	SOURCE-CAPTEE	173c	WITTERSDORF
04452X0021	HY	SOURCE-CAPTEE	173c	ZAESSINGUE
04452X0022	S. R.N	SOURCE-CAPTEE	173c	HAUSGAUEN
04453X0016	HY	SOURCE-CAPTEE	173c	MAGSTATT-LE-HAUT
04453X0039	F	FORAGE	173c	STETTEN
04455X0060	SCE	SOURCE-CAPTEE	173c	HIRSINGUE
04456X0007	HY	SOURCE-CAPTEE	173c	WERENTZHOUSE
04456X0008	S-E	SOURCE-CAPTEE	173c	ROPPENTZWILLER
04456X0018	HY	SOURCE-CAPTEE	173c	STEINSOULTZ
04456X0020	F	FORAGE	173c	WILLER

Inventaire qualité du Sundgau. Notice hydrogéologique

Indice	Désignation	Nature	Code aquifère	Commune
04456X0024	HY	SOURCE-CAPTEE	173c	GRENTZINGEN
04456X0029	AMONT	SOURCE-CAPTEE	173c	BETTENDORF
04456X0032	S2	SOURCE-CAPTEE	173c	DURMENACH
04456X0061	FNE	FONTAINE	173c	WALDIGHOFEN
04457X0006	S2	SOURCE-CAPTEE	173c	HAGENTHAL-LE-HAUT
04457X0007	F	FORAGE	173c	HELFRANTZKIRCH
04457X0009	S1	SOURCE-CAPTEE	173c	RANSPACH-LE-HAUT
04457X0015	HY	SOURCE-CAPTEE	173c	BERENTZWILLER
04457X0018	S2	SOURCE-CAPTEE	173c	MUESPACH-LE-HAUT
04457X0023	F	FORAGE	173c	KNOERINGUE
04457X0025	OUEST	SOURCE-CAPTEE	173c	MUESPACH
04457X0026	EST	SOURCE-CAPTEE	173c	MUESPACH
04457X0036	FNE	FONTAINE	173c	HELFRANTZKIRCH
04457X0040	ETANG	SOURCE-CAPTEE	173c	MICHELBAACH-LE-HAUT
04457X0045	FNE	FONTAINE	173c	KNOERINGUE
04457X0057	P4	FORAGE	173c	JETTINGEN
04763X0023	FNE	FONTAINE	173c	BETTLACH
04763X0040	HY	SOURCE-CAPTEE	173c	BETTLACH
04128X0079	HY	SOURCE-CAPTEE	173d	BURNHAUPT-LE-BAS
04128X0084	HY	SOURCE	173d	SOPPE-LE-BAS
04444X0019	F	FORAGE	173d	AMMERZWILLER
04444X0115	HY	SOURCE-CAPTEE	173d	FALKWILLER
04444X0118	HY	SOURCE-CAPTEE	173d	BALSCHWILLER
04444X0123	HY	SOURCE	173d	BUETHWILLER
04451X0085	HY	SOURCE	173d	GALFINGUE
04451X0099	P	PUITS-VERTICAL	173d	SPECHBACH-LE-BAS
04451X0114	HY	SOURCE-CAPTEE	173d	SAINT-BERNARD
04135X0249	YH	SOURCE-CAPTEE	597c1	HOCHSTATT
04135X0250	HY	SOURCE	597c1	MORSCHWILLER-LE-BAS
04136X0452	HY	SOURCE-CAPTEE	597c1	MULHOUSE
04444X0126	SCE	PUITS-VERTICAL	597c1	GOMMERSDORF
04444X0162	F	PUITS-VERTICAL	597c1	CARSPACH
04448X0019	F	FORAGE	597c1	ALTENACH
04448X0027	F	FORAGE	597c1	MERTZEN
04451X0136	HY	SOURCE	597c1	FROENINGEN
04452X0024	F	PUITS-VERTICAL	597c1	STEINBRUNN-LE-BAS
04453X0011	S1	SOURCE-CAPTEE	597c1	MAGSTATT-LE-BAS
04453X0040	S1	SOURCE-CAPTEE	597c1	UFFHEIM
04453X0111	F	PUITS-VERTICAL	597c1	GEISPITZEN
04453X0112	FNE	FONTAINE	597c1	SCHLIERBACH
04457X0013	F	PUITS-VERTICAL	597c1	WENTZWILLER
04457X0034	SCE	SOURCE-CAPTEE	597c1	FOLGENSBOURG
04763X0004	AVAL	SOURCE-CAPTEE	597c1	LIEBENSWILLER

Inventaire qualité du Sundgau. Notice hydrogéologique

Indice	Désignation	Nature	Code aquifère	Commune
04764X0017	HY	SOURCE-CAPTEE	597c1	LEYMEN
04136X0312	HY	SOURCE	597c2	RIXHEIM
04136X0317	F	PUITS-VERTICAL	597c2	BRUNSTATT
04136X0318	HY	SOURCE	597c2	BRUNSTATT
04136X0329	HY	SOURCE	597c2	DIDENHEIM
04136X0534	F	FORAGE	597c2	RIEDISHEIM
04137X0012	YH	SOURCE	597c2	HABSHEIM
04451X0128	HY	SOURCE	597c2	TAGOLSHEIM
04451X0145	F2	FORAGE	597c2	WALHEIM
04451X0148	F	FORAGE	597c2	TAGOLSHEIM
04452X0006	HY	SOURCE-CAPTEE	597c2	STEINBRUNN-LE-HAUT
04452X0007	HY	SOURCE-CAPTEE	597c2	BRUEBACH
04452X0040	NORD	SOURCE	597c2	OBERMORSCHWILLER
04452X0044	FNE	FONTAINE	597c2	LUEMSCHWILLER
04452X0051	FNE	FONTAINE	597c2	ZILLISHEIM
04452X0053	FNE	SOURCE	597c2	KOETZINGUE
04452X0056	F	PUITS-VERTICAL	597c2	STEINBRUNN-LE-BAS
04453X0009	HY	SOURCE	597c2	LANDSER
04453X0034	S2	SOURCE-CAPTEE	597c3	SIERENTZ
04457X0008	AVAL	SOURCE-CAPTEE	597c3	RANSPACH-LE-BAS
04458X0001	KABIS	PUITS-COMPLEXE	597c3	BLOTZHEIM
04458X0008	HY	SOURCE	597c3	BLOTZHEIM
04458X0015	HY	SOURCE	597c3	HEGENHEIM
04458X0019	HY	SOURCE	597c3	HEGENHEIM
04458X0021	HY	SOURCE-CAPTEE	597c3	HEGENHEIM
04458X0048	S-E	SOURCE-CAPTEE	597c3	NEUWILLER

BRGM

Service Géologique Régional Alsace

15, rue du Tanin - Lingolsheim - BP 177- 67834 Tanneries Cedex France
Tél. (33) 03.88.77.48.90 - Fax : 03.88.76.12.26