

CONSEIL GENERAL DU HAUT-RHIN

Sundgau (68) **Amélioration de l'alimentation en eau potable du Sundgau**

Rapport de phase 1

Conseil général du Haut-Rhin

Amélioration de l'alimentation en eau potable du Sundgau

Objet de l'indice	Date	Indice	Rédaction		Vérification		Validation	
			Nom	Signature	Nom	Signature	Nom	Signature
Phase 1 Document provisoire			Mathieu OUGIER Etienne HEISSAT		Laurence DUFOND		Stéphane BENES	
Phase 1		a	Laurence DUFOND		Laurence DUFOND		Stéphane BENES	
		b						
		c						

Numéro de rapport :	RSt1414a
Numéro d'affaire :	A21242
N° de contrat :	CSTZ080823
Domaine technique :	RE31
Mots clé du thésaurus	Etude hydrogéologique patrimoniale ; recherche en eau

BURGÉAP
13 rue du Parc - OBERHAUSBERGEN
F-67088 STRASBOURG CEDEX 02
Téléphone : 03.88.56.85.30 Télécopie : 03.88.56.85.31
e-mail : agence.de.strasbourg@burgeap.fr

RSt1414a/A21242/CSTZ080823	
LD - StB	
27/03/09	Page : 2

SOMMAIRE

Résumé	6
1 Présentation de l'étude et méthodologie	8
2 Contexte général	8
2.1 Morphologie générale et hydrographie	9
2.2 Contexte géologique et hydrogéologique	9
2.2.1 Chronologie et stratigraphie	9
2.2.2 Structurale	10
2.2.3 Hydrogéologie	10
2.3 L'alimentation en eau actuelle	11
3 Les cailloutis	12
3.1 L'aquifère	13
3.1.1 Le substratum et le toit	13
3.1.2 L'épaisseur	14
3.1.3 La lithologie	15
3.1.4 Les caractéristiques hydrogéologiques	15
3.2 La nappe	16
3.2.1 Piézométrie	16
3.2.1.1 Fluctuations saisonnières	16
3.2.1.2 Carte piézométrique	17
3.2.2 Alimentation de l'aquifère	18
3.2.3 Débits fournis	19
3.3 La qualité de l'eau	20
3.4 Vulnérabilité	23
3.4.1 Vulnérabilité intrinsèque	23
3.4.2 Vulnérabilité anthropique	25
4 La molasse alsacienne	26
4.1 L'aquifère	26
4.1.1 Le substratum et le toit	27
4.1.2 L'épaisseur	27
4.1.3 La lithologie	28
4.1.3.1 La série grise	28
4.1.3.2 La molasse alsacienne	29
4.1.4 Caractéristiques hydrogéologiques de l'aquifère	30
4.2 La nappe	30
4.2.1 Piézométrie	30
4.2.2 Alimentation de l'aquifère	31
4.2.3 Débits fournis	31
4.3 Qualité de l'eau	32
4.4 Vulnérabilité	33
4.4.1 Vulnérabilité intrinsèque	33
4.4.2 Vulnérabilité anthropique	33
5 Synthèse	34
6 Prospection géophysique	34
6.1 Sélection de la zone test	35
6.2 Réalisation du test	38
6.2.1 Prospection électrique	38

6.2.2	Prospection par résonance magnétique	39
6.2.3	Synthèse du test de prospection géophysique	39
6.3	Pré-sélection des zones à prospecter	42

FIGURES - Voir volume 2

ANNEXES - Voir volume 2

TABLEAUX

Tableau 1 : ouvrages publics AEP dans le secteur d'étude	12
Tableau 2 : synthèse des résultats sur l'épaisseur des cailloutis	14
Tableau 3 : synthèse des résultats sur la transmissivité des cailloutis	15
Tableau 4 : synthèse des résultats de profondeur de niveau d'eau par secteur	18
Tableau 5 : synthèse de l'alimentation en eau des cailloutis par secteur	19
Tableau 6 : synthèse des débits fournis par les cailloutis	20
Tableau 7 : synthèse des résultats qualitatifs de 2003 par secteurs	21
Tableau 8 : synthèse de la présence d'arsenic dans les cailloutis ($\mu\text{g/l}$)	22
Tableau 9 : synthèse sur la zone non saturée des cailloutis	23
Tableau 10 : synthèse sur la pédologie du Sundgau	24
Tableau 11 : synthèse des résultats qualitatifs de 2003 dans la molasse	32
Tableau 12 : synthèse des zones de prospection proposées	45

FIGURES

voir volume 2

Version

Figure n°1	Géologie du secteur étudié	
Figure n°2	Captages AEP	
Figure n°3	Cote du substratum des cailloutis (synthèse des études antérieures)	
Figure n°4	Cote du substratum des cailloutis (interpolation de la base de données)	
Figure n°5	Epaisseur des cailloutis	
Figure n°6	Carte piézométrique	
Figure n°7	Débits des sources dans les cailloutis	
Figure n°8	Débit équipé des forages dans les cailloutis	
Figure n°9	Qualité des eaux souterraines dans les cailloutis - pH	
Figure n°10	Qualité des eaux souterraines dans les cailloutis - nitrates	

RSt1414a/A21242/CSTZ080823

LD - StB

27/03/09

Page : 4

Figure n°11	Qualité des eaux souterraines dans les cailloutis - atrazine	
Figure n°12	Qualité des eaux souterraines dans les cailloutis - déséthylatrazine	
Figure n°13	Qualité des eaux souterraines dans les cailloutis - arsenic	
Figure n°14	Profondeur de l'eau dans les cailloutis	
Figure n°15	Occupation des sols	
Figure n°16	Cote du toit de la molasse	
Figure n°17	Synthèse sur les localisations probables de la molasse alsacienne	
Figure n°18	Secteurs aquifères reconnus dans la molasse	
Figure n°19	Qualité des eaux souterraines dans la molasse- pH	
Figure n°20	Qualité des eaux souterraines dans la molasse- nitrates	
Figure n°21	Qualité des eaux souterraines dans la molasse- atrazine	
Figure n°22	Qualité des eaux souterraines dans la molasse- déséthylatrazine	
Figure n°23	Qualité des eaux souterraines dans la molasse- arsenic	
Figure n°24	Zones de prospection proposées	

ANNEXES – voir volume 2

- Annexe 1 - Liste des documents consultés **Erreur ! Signet non**
- Annexe 2 - Log stratigraphique du forage Sundgau 201 et historique géologique **Erreur ! Signet non**
- Annexe 3 - Log stratigraphique général **Erreur ! Signet non**
- Annexe 4 - Liste des captages AEP et documents DDASS sur les DUP **Erreur ! Signet non**
- Annexe 5 - Fluctuations piézométriques dans le Sundgau. **Erreur ! Signet non**
- Annexe 6 - Zones de répartitions de la molasse alsacienne **Erreur ! Signet non**
- Annexe 7 - Log stratigraphiques des affleurements de molasse alsacienne **Erreur ! Signet non**
- Annexe 8 - prospection des cailloutis par tomographie électrique – extraits du rapport N° 6806-0218 de IMS RN à Ballersdorf **Erreur ! Signet non**
- Annexe 9 - Investigations géophysiques – rapport Terratec N° 08-1210 **Erreur ! Signet non**
- Annexe 9 - Fiches individuelles des captages AEP – volume 3 indépendant **Erreur ! Signet non**

RSt1414a/A21242/CSTZ080823	
LD - StB	
27/03/09	Page : 5

Résumé

L'étude pour l'amélioration de l'alimentation en eau du Sundgau est réalisée en 2 phases.

- Phase 1 : synthèse documentaire sur la connaissance actuelle des deux aquifères principaux constitués par les cailloutis du Sundgau et la Molasse Alsacienne et test de prospection géophysique afin de sélectionner des zones favorables à des investigations sur le terrain.
- Phase 2 : prospection géophysique et réalisation de piézomètres.

Ce rapport finalise la phase 1 et récapitule la connaissance actuelle sur les cailloutis et la molasse alsacienne.

Les cailloutis du Sundgau sont assez bien connus dans leur ensemble. L'analyse a été réalisée sur quatre secteurs découpés selon la localisation des affleurements de la formation : secteur Thalbach à l'Est, secteur Largue entre l'Ill et la Largue, secteur Ouest Largue à l'Ouest et secteur Nord. Le mur des cailloutis est représenté par des marnes du Stampien et présente une pente générale orientée vers le Nord, comparable à celle de l'écoulement souterrain. La formation est fréquemment surmontée par des loess d'épaisseur variable. La comparaison des quatre secteurs étudiés fait apparaître plus de potentialité pour l'exploitation d'eau potable dans les secteurs Largue et Ouest Largue.

	Thalbach	Largue	Ouest Largue	Nord
Epaisseur en mètres	9	17	12	5
Niveau d'eau en mètres par rapport au sol	8	20	13	5
Qualité de l'eau	mauvaise	bonne	bonne	mauvaise
Divers	Zones cultivées	Forêts et loess peu perméables	Forêts et loess peu perméables	Zones cultivées
Intérêt pour investigations	☹	☺	☺	☹

La molasse alsacienne, sous jacente aux cailloutis du Sundgau, est mal connue du fait de sa prospection réduite. Elle est constituée de strates successives de sables/grès plus ou moins argileux, la teneur en argile étant généralement décroissante dans les dépôts plus récents. Les variations latérales peuvent être rapides, liées à des modifications de conditions de dépôts ou à des fracturations postérieures, et les faciès potentiellement aquifères ne sont donc pas rencontrés de manière homogène. Pour qu'un secteur présente un intérêt pour une exploitation d'eau, il faut que le faciès « molasse » soit rencontré sur une superficie suffisante et que la formation soit alimentée en eau. Les vallées qui entaillent les cailloutis puis les terrains sous-jacents peuvent de ce fait constituer une zone d'alimentation des aquifères plus profonds tels que la molasse. La molasse a été rencontrée et a fourni des débits intéressants principalement dans les secteurs Sud-Est et de Dannemarie.

Un test de prospection géophysique (3 km de profils de tomographie électrique et 2 sondages de résonance magnétique) a été réalisé dans le secteur du forage AEP de Carspach, afin de disposer d'un ouvrage de référence avec une description lithologique et ayant rencontré de la molasse productive. Les résultats obtenus ont montré principalement :

- une bonne restitution par la prospection électrique de la succession lithologique rencontrée,
- une confirmation de la forte hétérogénéité latérale de la molasse,
- une confirmation de la faible extension des entités,
- un intérêt fort de la confirmation de la présence d'eau par les investigations par résonance magnétique, des formations comparables électriquement donnant des résultats très différents quant à la présence d'eau.

RSt1414a/A21242/CSTZ080823	
LD - StB	
27/03/09	Page : 6

Des zones de prospection sont proposées pour la phase 2.

Pour la molasse, le secteur Thalbach est privilégié, d'une part en raison du faible intérêt des cailloutis en surface et d'autre part afin de déterminer localement le rôle de la fracturation du secteur dans la présence ou l'absence de la molasse. La prospection proposée compte 23 km de profils de tomographie, 2 à 4 sondages de résonance magnétique et 2 piézomètres profonds.

Pour les cailloutis, le secteur Largue est privilégié d'une part en raison de ses caractéristiques qui le rendent favorables à une exploitation d'eau potable et d'autre part afin de vérifier le pendage général des cailloutis et leur continuité. La prospection proposée compte 17 km de profils de tomographie et 2 piézomètres courts.

RSt1414a/A21242/CSTZ080823	
LD - StB	
27/03/09	Page : 7

1 Présentation de l'étude et méthodologie

La nappe phréatique des cailloutis du Pliocène représente la principale ressource en eau des collectivités du Sundgau. Elle est cependant souvent mal protégée des pollutions de surface et présente une qualité dégradée en particulier par la présence de nitrates et de produits phytosanitaires.

Le second aquifère potentiel local est celui de la Molasse Alsacienne. Cette entité est cependant très hétérogène et mal connue.

Compte tenu des problèmes de qualité actuels et de la difficulté de trouver facilement de nouvelles ressources, le Conseil Général du Haut-Rhin a souhaité engager une étude visant à mieux connaître ces aquifères et leurs potentialités et à optimiser l'alimentation en eau du Sundgau. Cette étude bénéficie par ailleurs d'une aide financière de l'Agence de l'Eau Rhin/Meuse.

L'étude est réalisée en deux phases :

- Phase 1 : synthèse documentaire sur la connaissance actuelle des deux aquifères principaux constitués par les cailloutis du Sundgau et la Molasse Alsacienne et test de prospection géophysique afin de sélectionner des zones favorables à des investigations sur le terrain.
- Phase 2 : prospection géophysique et réalisation de piézomètres.

Ce document constitue la finalisation de la phase 1.

Dans un premier temps, les administrations susceptibles de disposer d'informations ont été consultées et 113 documents ont ainsi été exploités. Leur liste est fournie en annexe 1. Dans un deuxième temps, une base de données a été créée sous SIG. Elle reprend toutes les informations disponibles pour chaque ouvrage recensé. Elle est fondée sur les bases de données existantes du BRGM, de la région Alsace (APRONA), de l'Agence de l'Eau et de la DDASS. Elle a été complétée avec les informations recueillies au cours de la phase documentaire.

L'exploitation de la base de données permet de tracer des cartes des données utiles pour la compréhension du fonctionnement du secteur d'étude. Elle est associée à l'exploitation des informations issues de la documentation et qui ne peut faire l'objet d'une représentation cartographique.

2 Contexte général

Les limites géographiques du Sundgau sont constituées :

- A l'Est par les talus des terrasses alluviales du Rhin ;
- Au Sud par la frontière Suisse ;
- A l'Ouest par la limite départementale entre le Haut-Rhin et le Territoire de Belfort ;
- Au Nord par les cours d'eau situés au Sud de la Doller (Hahnenbach et Steinbaechlein notamment).

Le secteur concerné par l'étude BURGEAP est délimité :

- A l'Est par les limites de communes en contact avec les terrasses alluviales anciennes du Rhin ;
- Au Sud par les limites de communes en contact avec les affleurements des calcaires du Jura alsacien ;
- A l'Ouest par la limite départementale entre le Haut-Rhin et le Territoire de Belfort
- Au Nord par les limites de communes en contact avec les alluvions de la Doller.

La carte de localisation du Sundgau et du secteur d'étude de BURGEAP est disponible en figure 1.

RSt1414a/A21242/CSTZ080823	
LD - StB	
27/03/09	Page : 8

2.1 Morphologie générale et hydrographie

Le Sundgau est un plateau à soubassement d'âge oligocène (marnes, calcaires et grès), recouvert par des graviers pliocènes appelés « cailloutis du Sundgau » et des sables et graviers quaternaires (alluvions récentes), eux-mêmes recouverts par des formations éoliennes de loess et lehms.

Le plateau, légèrement ondulé, est découpé par les vallées creusées par des cours d'eau, les principales étant orientées Sud-Est/Nord-Ouest : le Thalbach, l'Ill, le Feldbach, le Largitzen, la Largue. L'orientation du réseau hydrographique est liée à la structure géologique des terrains décrite au chapitre 2.2.

L'altitude maximale est atteinte au Sud, à proximité de Bettlach (529 m NGF). La topographie s'abaisse vers l'Ouest (pente 0,5%), vers le Nord-Ouest (pente 0,7%) et vers le Nord (pente 0,9%), jusqu'à Steinbrunn-le-Bas, située à environ 300 m NGF d'altitude (données carte topographique IGN au 1/50 000 n°3721 ET de Mulhouse-Bâle).

2.2 Contexte géologique et hydrogéologique

2.2.1 Chronologie et stratigraphie

Le sous-sol du Sundgau est constitué d'une succession de terrains variés issus d'une histoire géologique résumée ci après. Les données exploitées pour ce chapitre sont essentiellement tirées de la thèse de Stéphane Roussé « architecture et dynamique des séries marines continentales de l'Oligocène moyen et supérieur du Sud du fossé rhénan – octobre 2006 ».

Les formations du Tertiaire qui vont être décrites reposent en discordance, directement sur le toit du Jurassique (Secondaire).

Au cours de l'Oligocène inférieur ou Rupélien (35 millions d'années), le fossé rhénan supérieur est occupé par un lac à salinité variable. Les dépôts au cœur du bassin sont des marnes et calcaires plus ou moins imprégnés de minéraux salins. Ces formations salifères atteignent une épaisseur maximale de 1 300 m dans le fossé de Dannemarie. Localement, elles peuvent être représentées par des calcaires comme c'est le cas dans le Horst de Mulhouse avec les calcaires du « Hausteine ».

Au Rupélien moyen et supérieur¹ (31,5/28,8 millions d'années), le fossé est envahi par la mer en provenance du Nord. Les dépôts de cette période sont regroupés sous le terme générique de « série grise » avec 4 subdivisions de la plus ancienne à la plus récente : marnes à foraminifères, schistes à poissons, couches à melettes et marnes à cyrènes. Dans le secteur du Sundgau, les couches à melettes et les marnes à cyrènes sont fréquemment appelées « molasse alsacienne » au sens large. Sporadiquement, des dépôts de grès et conglomérats appelés « formation du Meeressand » sont rencontrés en bordure du Jura, à la même période.

Au cours de l'Oligocène supérieur ou Chattien (28,5/24 millions d'années), le secteur d'étude devient continental suite à une régression marine en direction du Nord et les dépôts sont constitués d'abord de grès et marnes continentaux fluviatiles (Molasse alsacienne au sens strict) puis de marno-calcaires lacustres (calcaires de Roppentzwiller par exemple).

La période suivante du Miocène (22/5 Millions d'années) n'est pas présente dans le secteur d'étude, excepté quelques lambeaux de sables et graviers en bordure du Jura, appelés « Nagelfluh », témoins d'apports en provenance des Vosges et de la Forêt Noire.

Les premiers dépôts post-Chattien sont les cailloutis du Sundgau, d'âge pliocène (4,5/3 Millions d'années), conglomérats fluviatiles déposés par l'ancien Rhin qui s'écoulait vers le Sud-Ouest (Vallée du Rhône),

¹ Le Rupélien supérieur est l'équivalent de l'ancien étage du Stampien, terminologie fréquemment utilisée dans les descriptions stratigraphiques

RSt1414a/A21242/CSTZ080823	
LD - StB	
27/03/09	Page : 9

transportant et déposant des matériaux d'origine principalement alpine. Une ligne de partage des eaux est alors individualisée au niveau du Kaiserstuhl.

La stratigraphie générale du Sundgau ainsi décrite est illustrée en Annexe 2 avec un Log stratigraphique d'un sondage de reconnaissance (Sundgau 201), associé à la réponse de prospection électrique. L'histoire géologique est par ailleurs illustrée dans cette même annexe.

2.2.2 Structurale

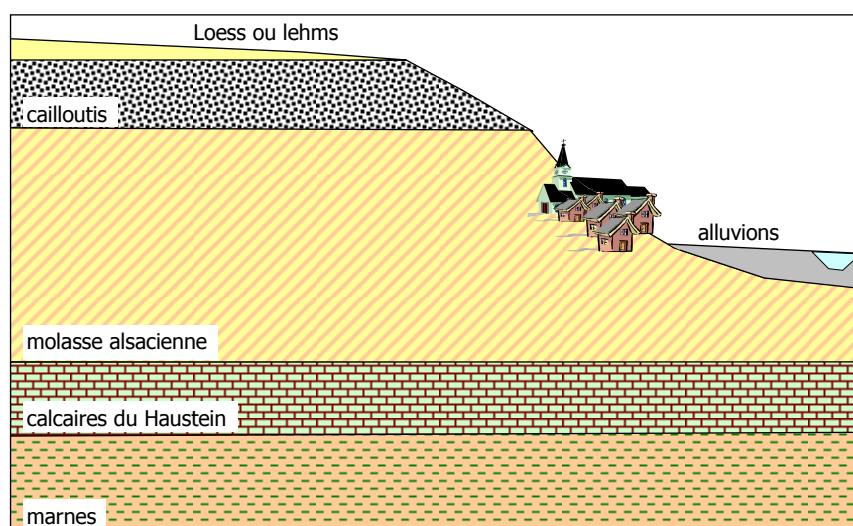
Le sous-sol du secteur d'étude dessine une succession de blocs basculés, d'Ouest en Est, séparés par des zones de fractures importantes :

- Le bassin ou fossé de Dannemarie, zone déprimée au Nord-Ouest, en prolongement du bassin potassique rencontré plus au Nord, et limité à l'Est par la faille d'Illfurth,
- Le Horst de Mulhouse, dôme surélevé et fracturé, essentiellement calcaire, entre Mulhouse et Altkirch,
- Le bloc d'Altkirch, limité à l'Est par la faille de Ferette,
- Le bloc de Sierentz, limité à l'Est par la faille d'Allschwil.

Les failles individualisées sont en fait des zones de fractures parfois de plus de 2 km de large. Dans la mesure où elles affectent entre autres des terrains marneux, elles sont susceptibles d'être comblées par de l'argile. Elles peuvent néanmoins constituer dans certains secteurs des zones de fragilisation et de circulation préférentielle de l'eau et contribuer à l'alimentation des strates aquifères non affleurantes. Les deux captages AEP de Hagenthal N° 4764X0020 et 34, par exemple, sollicitent la molasse alsacienne et sont localisés sur une zone de fractures.

2.2.3 Hydrogéologie

La succession des terrains rencontrés dans le sous-sol du Sundgau est récapitulée et simplifiée sur le schéma ci-dessous. Un Log stratigraphique global est par ailleurs fourni en annexe 3.



Du point de vue hydrogéologie, une formation est considérée comme aquifère lorsqu'elle est susceptible de contenir de l'eau (formation poreuse) et de lui permettre de circuler (formation perméable).

RSt1414a/A21242/CSTZ080823	
LD - StB	
27/03/09	Page : 10

La succession stratigraphique décrite précédemment présente plusieurs formations qui répondent à ces critères.

Les loëss et lehms correspondent à des dépôts éoliens récents datant de la fin du Quaternaire. Ils recouvrent une part importante de la superficie du Sundgau (plus de 70 % de la superficie totale). Ils sont constitués de sables fins jaunâtres à brunâtres et peuvent être aquifères localement, lorsque la teneur en argile est réduite. Ils font alors l'objet d'exploitation de type privée (par exemple, les N°04444X0107 à Carspach ou le forage n°04135X0432 à Morschwiller-le-Bas), les débits étant réduits. Cependant, leur perméabilité reste faible et d'une manière générale, ils représentent plutôt un frein aux infiltrations d'eau.

Les alluvions récentes correspondent aux dépôts récents des cours d'eau, datant du Quaternaire. Elles sont présentes dans les vallées des principales rivières mais sont peu étendues latéralement. Elles sont constituées de sables et graviers recouverts de limons provenant du lavage des loëss, et représentent un aquifère potentiel. La présence d'eau y est d'ailleurs avérée dans les vallées et parfois exploitée (sources AEP d'Uffheim, par exemple, hors secteur d'étude). Leur épaisseur reste cependant généralement réduite (quelques mètres au plus), ce qui limite les possibilités d'utilisation.

Les cailloutis du Sundgau correspondent à des dépôts alluviaux plus anciens, datant du Pliocène. Ils couvrent une part importante du Sundgau, en grande partie recouverts par une couverture loessique. Ils sont constitués de graviers et galets de taille variable, fortement altérés et entrecoupés de niveaux limoneux et sableux. Ils représentent le premier réservoir aquifère conséquent rencontré et l'eau peut s'y accumuler au dessus du substratum imperméable de marnes du Stampien. Cette formation est largement exploitée pour les besoins en eau des communes et fait l'objet de cette étude (voir chapitre 3).

La molasse alsacienne correspond à un faciès particulier de dépôts datant de l'Oligocène supérieur, dans la partie sommitale de la formation des marnes à cyrènes. Elle est constituée de sables et de grès avec des intercalations marneuses. Les bancs de sables et de grès peuvent être aquifères. Lorsqu'ils sont suffisamment conséquents et qu'ils sont en relation avec une zone d'alimentation, de l'eau souterraine peut y être rencontrée et exploitée, avec des débits parfois suffisants pour les besoins des communes locales. Cette formation est le second réservoir aquifère potentiellement conséquent, rencontré dans la succession stratigraphique du Sundgau et fait l'objet de cette étude (voir chapitre 4).

Les calcaires rencontrés dans le secteur d'étude correspondent à des dépôts datant de l'Oligocène supérieur, et ne sont pas présents sur l'ensemble de la zone d'étude. Ils sont rencontrés essentiellement vers Roppenwiller et entre Altkirch et Mulhouse. La présence de fissures et de fractures peut rendre ces formations aquifères. Les débits sont cependant très aléatoires et la vulnérabilité est importante.

Hors du secteur d'étude, le Sud du Sundgau est constitué par des calcaires d'âge jurassique à caractère karstique. Des sources et des forages permettent l'obtention de bons débits. Cependant, la qualité est souvent dégradée par la présence naturelle d'arsenic.

2.3 L'alimentation en eau actuelle

Le secteur d'étude couvre les territoires de 107 communes regroupées en 43 unités de gestion, dont 24 communes isolées et 19 en collectivités.

Une seule unité est alimentée en totalité par une autre collectivité extérieure au secteur d'étude : le SIAEP de Michelbach-Attenschwiller, N°524, alimenté par le syndicat de St-Louis, Huningue et environs,

L'alimentation en eau du secteur d'étude est récapitulée en Annexe 4 et en figure 2.

Les ouvrages permettant l'alimentation en eau potable sur le secteur sont récapitulés dans le tableau 1.

RSt1414a/A21242/CSTZ080823	
LD - StB	
27/03/09	Page : 11

Tableau 1 : ouvrages publics AEP dans le secteur d'étude

	sources	forages	Total
Nombre d'ouvrages	82	44	126
Aquifère des cailloutis	77	30	107
Aquifère de la molasse	1	9	10
Autres aquifères	4	2	6
Non renseigné	0	3	3

Parmi ces 126 ouvrages, 17 sont actuellement déconnectés des réseaux. 95 bénéficient actuellement d'une Déclaration d'Utilité Publique et sont donc protégés par des périmètres de protection.

Chaque ouvrage concerné a fait l'objet d'une fiche individuelle, l'ensemble étant consigné en Annexe 8.

Selon les informations du Guide des sols d'Alsace (petite région naturelle N°11 – Région Alsace), la répartition de l'alimentation en eau potable du Sundgau est la suivante :

- Nappe des cailloutis : 60%,
- Nappe des alluvions de la Doller : 20%,
- Nappe des alluvions de l'Ill et de la Largue : 5%,
- Nappe de la molasse et des calcaires du Tertiaire : 5%,
- Nappe des calcaires du Jurassique : 10%.

Par ailleurs, selon le Guide sols d'Alsace (petite région naturelle N°11 – Région Alsace), les prélèvements destinés aux usages domestiques, industriels et agricoles dans les cailloutis peuvent être estimés entre 10 et 25 millions de m³/an, soit entre 10 et 20% de la ressource.

3 Les cailloutis

Les cailloutis du Sundgau constituent le premier aquifère conséquent rencontré dans la succession stratigraphique caractérisant le secteur. Il s'agit de dépôts datant de l'époque Tertiaire ou Pliocène et plus particulièrement du Villafranchien, notée P¹ sur la carte géologique au 1/50 000 de Altkirch (N° 445) et reposant sur un substratum marneux imperméable du Stampien. Ces alluvions ont été déposées par le Rhin et ses affluents vosgiens, quand le fleuve s'écoulait vers l'Ouest par la trouée de Belfort, puis vers le Sud. Ils sont aussi connus sous divers noms : Sundgauschotter, oberelässischer, deckenschotter, graviers du Sundgau.

La formation est absente (Fig.1) :

- dans la partie Sud du Sundgau où affleurent les calcaires du Jura Alsacien ; cette partie a été exclue du secteur d'étude ;
- dans la partie Est du Sundgau, où se rencontrent soit directement les marnes de l'Oligocène, soit des terrasses alluviales anciennes du Rhin, à la limite avec la dépression marquée de la plaine rhénane ; cette partie a été exclue du secteur d'étude ;
- au Nord-Est d'Altkirch et jusqu'à Mulhouse, où se rencontrent les formations calcaires du horst de Mulhouse ; cette partie a été exclue du secteur d'étude ;
- entre Altkirch et Dannemarie vers l'Ouest, puis Dieffmatten vers le Nord, où affleurent directement les marnes de l'Oligocène.

RSt1414a/A21242/CSTZ080823	
LD - StB	
27/03/09	Page : 12

Une inclinaison générale de la formation est constatée vers le Nord-Ouest et son épaisseur variable peut atteindre 40 m. En position haute par rapport aux rivières, les cailloutis sont essentiellement alimentés par la pluviométrie et leur exutoire principal correspond à des sources qui jalonnent les flancs des vallées, à l'interface entre les cailloutis et le substratum.

Dans les secteurs où les cailloutis sont rencontrés, ils sont fréquemment surmontés par des loess ou des loehms et affleurent sur les flancs des vallées des principaux cours d'eau qui découpent nettement la formation en plusieurs zones. Pour structurer l'analyse de cette formation, ce découpage est repris dans l'étude, et 4 secteurs sont ainsi sélectionnés :

- Secteur 1 : Secteur du Thalbach, à l'Est de l'III,
- Secteur 2 : Secteur de la Largue, entre la Largue et l'III,
- Secteur 3 : Secteur Ouest Largue, à l'Ouest de la Largue,
- Secteur 4 : Secteur Nord, entre la Largue et la Doller, ce secteur étant parfois attribué aux alluvions récentes et non aux cailloutis.

3.1 L'aquifère

L'aquifère correspond à la formation qui contient l'eau. Il est caractérisé par les paramètres suivants : le substratum imperméable, l'épaisseur de terrains aquifères, la lithologie, les caractéristiques hydrogéologiques (la transmissivité ou la perméabilité des terrains, la porosité ou le coefficient d'emménagement des terrains).

3.1.1 Le substratum et le toit

Le substratum imperméable est représenté par les marnes du Chattien supérieur (Oligocène supérieur). Sa morphologie conditionne les écoulements souterrains au sein des formations graveleuses sus-jacentes.

Une carte du toit du substratum peut être dressée à partir des informations issues soit des sondages soit des prospections géophysiques. Une carte synthétique des informations existantes est illustrée en figure 3. Elle a été tracée en reportant les informations issues des études ayant exploité des données de prospection :

- Etude hydrogéologique du Sundgau, Pallas, 1962
- Recherche d'une nouvelle ressource en eau potable pour la commune de Ranspach-le-Haut – Etude hydrogéologique et campagne de reconnaissance du sous-sol, rapport ANTEA
- Commune de Ranspach-le-Bas - Recherche de nouvelles ressources en eau potable – Etude hydrogéologique préalable, Rapport ANTEA
- Alimentation en eau potable de la commune de Chavannes-sur-l'Etang – Etude hydrogéologique par prospection électrique, Rapport BRGM
- Renforcement de l'alimentation en eau potable du SIAEP de Buschwiller, Folgensbourg et Wentzwiller, Rapport ANTEA
- Etude hydrogéologique du captage de Martinsfeld – Commune de Ballersdorf, Rapport TMS RN
- Résultats de la campagne de prospection géophysique effectuée dans le secteur du Breitholz – Commune de Hirsingue, Rapport BRGM
- Résultats de la prospection géophysique – Magstatt-le-Bas, Rapport BRGM
- Recherche d'eau par prospection géophysique électrique à Ammertzwiller en vue du renforcement de l'alimentation en eau potable du syndicat de Balschwiller – Ammertzwiller et environs, Rapport BRGM.

RSt1414a/A21242/CSTZ080823	
LD - StB	
27/03/09	Page : 13

Une carte comparative a été tracée par interpolation (triangulation des points) des 478 points renseignés de la base de données, et en considérant la cote topographique des sources comme équivalente à la cote du toit du substratum (figure 4).

D'une manière générale, la pente du substratum est cohérente avec la topographie. Le pendage est orienté globalement vers le Nord-Ouest pour les secteurs du Thalbach et de la Largue, avec une pente de l'ordre de 0,7 %.

Dans le secteur Ouest de la Largue la carte permet de constater que les cours d'eau peuvent entailler largement le substratum.

Dans le secteur Nord, le pendage général est différent et orienté vers l'Est, avec une pente plus élevée de l'ordre de 0,9 %.

Il n'y a pas de chenaux mis en évidence, mais les données restent insuffisantes pour conclure sur ce point. Seul un dôme du substratum est observé dans le secteur Est du Thalbach.

La carte du substratum issue des points de la base de données présente la même allure générale. Les informations sont cependant insuffisantes, en particulier dans le secteur Nord et dans le secteur Ouest Largue, en dehors de la zone occupée par le canal du Rhône au Rhin.

3.1.2 L'épaisseur

L'épaisseur des terrains peut être tracée par interpolation des 394 points renseignés avec des données du mur et du toit des cailloutis, et en considérant l'épaisseur de l'aquifère comme égale à 1 mètre pour les sources localisées en bordure des affleurements. La carte obtenue est illustrée en figure 5.

Remarque : les épaisseurs sont issues d'une part de la base de données lithologiques de la Banque du Sous-Sol (BSS) et d'autre part des coupes lithologiques disponibles à la BSS. Les cotes de référence renseignées sont d'origine et de fiabilité variable. Les épaisseurs déduites peuvent donc elles aussi présenter des incohérences.

Le tableau 2 récapitule les résultats par secteur.

Tableau 2 : synthèse des résultats sur l'épaisseur des cailloutis

Secteur	Epaisseur totale en mètres		
	minimum	maximum	moyenne
Thalbach	0,7	27,2	8,8
Largue	5,9	34,2	17,2
Ouest Largue	0,9	36,0	11,7
Nord	3,5	10,1	5,4
Total	0,7	38	4,3

Les épaisseurs apparaissent comme très variables sur l'ensemble du domaine. Le secteur Nord est celui qui présente les épaisseurs les plus constantes mais en moyenne les plus réduites.

Dans le secteur du Thalbach, les épaisseurs les plus fortes sont observées dans la partie aval, avec quelques ouvrages dépassant les 20 m.

Les valeurs maximales sont rencontrées dans les secteurs Largue et Ouest Largue, avec :

- une zone centrale de surépaisseur, à proximité de la commune de Bisel, deux ouvrages dépassant les 30 m,
- une zone de surépaisseur à proximité de Seppois-le-bas, avec un ouvrage dépassant les 30 m,

RSt1414a/A21242/CSTZ080823	
LD - StB	
27/03/09	Page : 14

- une zone plus épaisse dans la partie Nord du secteur Ouest Largue, au moins 3 ouvrages dépassant les 20 m.

Quelques ouvrages mentionnent des épaisseurs plus élevées de cailloutis, en particulier dans le secteur de Feldbach, avec des valeurs dépassant les 40 m. Cependant, la description lithologique indique de nombreux bancs d'argile d'épaisseur métriques à plurimétriques et la description pourrait correspondre à la molasse alsacienne elle-même. Le doute persistant sur ces ouvrages, ils n'ont pas été pris en compte dans l'analyse des épaisseurs.

3.1.3 La lithologie

Selon la carte géologique d'Altkirch N°445, « la formation est constituée de graviers et galets de tailles variables, fortement altérés, décalcifiés, noyés dans une matrice de limons argileux jaunes ou brunâtres et de sables parfois blanchis. Les galets sont plutôt d'origine alpine, avec des quartzites, gneiss, grauwackes, grès pour ceux déposés par le Rhin, et d'origine vosgienne dans les environs de Altkirch, pour ceux déposés par les affluents du Rhin ».

Les galets peuvent parfois être soudés entre eux et former un poudingue résistant, comme dans le secteur de Bisel ou de Feldbach, ou encore vers Seppois-le-bas.

L'analyse des descriptions lithologiques apporte peu de compléments, d'autant plus qu'elles sont souvent subjectives et dépendent des observateurs. Les cailloutis y sont généralement décrits comme des sables et graviers plus ou moins argileux. La présence de galets parfois de grande taille est fréquemment mentionnée. Il semble qu'ils soient plutôt présents vers le fond dans la partie Sud du Sundgau. Des intercalations argileuses sont parfois notées, plus particulièrement dans la partie Sud du secteur Largue. Le nombre de coupes lithologiques disponibles reste cependant peu important ce qui nuance ces observations.

3.1.4 Les caractéristiques hydrogéologiques

La transmissivité des terrains est déterminée à partir d'essais de pompage réalisés dans les forages.

12 valeurs sont disponibles, ce qui reste faible pour la superficie concernée. Le tableau 3 synthétise les résultats obtenus par secteur.

Tableau 3 : synthèse des résultats sur la transmissivité des cailloutis

	Nombre de valeurs	Transmissivité moyenne en m ² /s
Thalbach	2	0,009
Largue	6	0,004
Ouest Largue	7	0,007
Nord	1	0,012
Total	15	0,008

L'analyse des informations disponibles témoigne d'une part de lacunes de données et d'autre part d'une disparité des transmissivités, y compris au sein d'un même secteur. Le secteur du Thalbach illustre bien la difficulté d'exploitation de ces informations : les 2 données disponibles concernent la même collectivité de la communauté de communes de la vallée de Hundsbach. Les essais réalisés dans le puits N°3 de Jettingen (N° BSS 4456X0003) en 1972 donnaient une valeur de transmissivité de 0,0037 m²/s. Les essais réalisés en 1988 sur le puits voisin N° 4 (N° BSS 4457X0057), situé à environ 200 m du précédent, donnaient une valeur de 0,0146 m²/s.

Le nombre de valeurs des secteurs Thalbach et Nord est trop faible pour disposer d'une moyenne correcte. La valeur élevée obtenue dans le secteur Nord est tempérée par l'épaisseur réduite des cailloutis de l'ordre de 4 mètres. La transmissivité apparaît meilleure sur le secteur Ouest de la Largue.

RSt1414a/A21242/CSTZ080823	
LD - StB	
27/03/09	Page : 15

3.2 La nappe

La nappe correspond à l'eau souterraine contenue dans l'aquifère. Elle est caractérisée par les paramètres suivants : la piézométrie et la profondeur du niveau d'eau, l'alimentation. La nappe des cailloutis est la plus importante du Sundgau et représente 100 à 130 millions de m³ pour 290 km² (donnée guide des sols d'Alsace – petite région naturelle N°11 – Région Alsace).

3.2.1 Piézométrie

3.2.1.1 Fluctuations saisonnières

La piézométrie correspond à la surface de la cote de l'eau souterraine. Le portail national ADES (Accès aux Données sur les Eaux Souterraines) répertorie les ouvrages qui bénéficient d'un suivi régulier de la piézométrie. Ces suivis sont utilisés pour observer les fluctuations saisonnières de la nappe.

2 ouvrages situés dans le secteur d'étude bénéficient d'un suivi quotidien effectué par l'ADES : le N° 04457X0046 à Muespach-le-Haut et le n°04761X0021 à Mooslargue. Les graphes d'évolution de la cote de la nappe sont disponibles en annexe 5.

Le point N° 04761X0021 est un forage de 25,6 m de profondeur, suivi depuis 2005. Le niveau d'eau est rencontré vers 20 m sous le niveau du sol. L'ouvrage est situé en bordure Sud de l'aquifère des cailloutis. Son comportement peut être soumis à l'influence de l'alimentation issue des coteaux calcaires du Jura Alsacien, soit par ruissellement, soit par apports souterrains. L'analyse des fluctuations ne peut donc pas être caractéristique de l'ensemble des cailloutis.

La piézométrie est mesurée sur 4 années. Une augmentation régulière du niveau piézométrique est constatée, avec une amplitude totale de 1,4 m environ, s'effectuant par paliers d'une durée d'environ 1 an : l'augmentation est observée principalement dans la première moitié de l'année, suivie d'une stabilisation relative pendant la deuxième moitié de l'année. Pour l'année 2008, la piézométrie semble avoir atteint un maximum et une tendance à la stabilisation voire à la baisse s'amorce sur la courbe mais devrait être vérifié par les mesures ultérieures.

Ce comportement de nappe est particulier et pourrait être en relation avec la période de sécheresse historique de l'été 2003, qui a pu fortement abaisser le niveau de la nappe. L'augmentation régulière serait alors un retour aux conditions normales. Cette hypothèse ne peut cependant être confirmée, l'historique de mesures étant trop réduit.

Le point N° 04457X0046 est un forage dont la profondeur est inconnue. Le niveau d'eau est rencontré vers 16 m sous la surface du sol. Cet ouvrage est situé dans la partie Sud du secteur du Thalbach de l'aquifère des cailloutis.

La piézométrie est mesurée sur un peu plus de 6 mois, ce qui reste trop court pour une analyse du comportement de la nappe. Sur cette période, le niveau piézométrique augmente légèrement au cours de la première moitié de l'année 2008. L'amplitude est faible, de quelques dizaines de centimètres.

L'étude des suivis piézométrique de ces 2 points n'est donc pas significative en terme de comportement de nappe dans les cailloutis. Un suivi régulier des niveaux d'eau dans un réseau adapté disséminé sur l'ensemble de la superficie de l'aquifère permettrait de mieux comprendre le fonctionnement de la nappe.

RSt1414a/A21242/CSTZ080823	
LD - StB	
27/03/09	Page : 16

3.2.1.2 Carte piézométrique

Une carte piézométrique peut être tracée si les niveaux d'eau sont mesurés dans des ouvrages nivelés selon un même repère et à une même date. Les données recueillies au cours de la phase documentaire sont trop disparates pour permettre un tel tracé. Par contre, des études spécifiques ont déjà été réalisées et des cartes ont été tracées :

- Opération Ferti-Mieux, par EAT Environnement : contient une carte couvrant une grande partie Sud du Sundgau. La piézométrie est datée d'octobre 1986 ;
- Rapport hydrogéologique du captage Martinsfeld, par IMS-RN : contient une carte piézométrique des environs de Ballersdorf, datée du 29 juin 2006 ;
- Etude hydrogéologique de la partie Ouest du Sundgau, par le SGAL (ancien BRGM) : contient une carte piézométrique de l'Ouest du Sundgau datée du 20 avril 1964 ;
- Etude sur modèle mathématique de la nappe du Sundgau, par le BRGM : contient une carte piézométrique de la partie Sud-Ouest du Sundgau datant du 27 et 28 janvier 1988 ;
- Etude hydrogéologique, par Pallas : contient une carte piézométrique couvrant tout le secteur Thalbach datée du 30 septembre 1962 ;
- Commune de Mooslarque - Recherche d'une nouvelle ressource en eau potable, rapport BURGEAP RSt369a de novembre 2001 : contient une carte piézométrique du Sud-Ouest du Sundgau (secteur Est Largue et Ouest Largue).

Une synthèse de ces résultats est donnée en figure 6.

L'écoulement global de la nappe des cailloutis se fait vers le Nord-Nord-Ouest, avec un gradient moyen de l'ordre de 1% en dehors du secteur Nord.

Dans le secteur Nord, les informations sont réduites. Seule une étude mentionne des données de piézométrie (étude de l'origine des nitrates dans le captage AEP de Spechbach le bas – Tredi Division Gemmes – 1995). Selon ces données, l'écoulement local est orienté vers le Sud-Est, en conformité avec le cours d'eau du Spechbach, avec un gradient de l'ordre de 0,4%.

Dans son ensemble, la nappe des cailloutis est perchée par rapport aux principaux cours d'eau qui entaillent le substratum marneux. Seul le secteur Nord ne présente pas cette particularité et les cours d'eau existants y entaillent les cailloutis. En dehors de ce secteur, il n'y a donc pas d'échange direct entre les eaux de surface et l'eau souterraine présente dans les cailloutis. L'exutoire de l'aquifère est donc représenté directement par les sources qui jalonnent la limite stratigraphique entre les affleurements de cailloutis et les marnes sous-jacentes, ce qui se traduit sur les cartes piézométriques par un drainage apparent vers les vallées.

Les zones où les données piézométriques sont manquantes sont les suivantes :

- Le secteur Nord ;
- La partie Nord du secteur Ouest Largue ;
- L'extrémité Ouest du secteur Thalbach.

La profondeur du niveau d'eau permet d'estimer la zone non saturée. Elle est abordée par interpolation des 74 points renseignés et en considérant l'épaisseur non saturée égale à 0 au droit des sources. Le tableau 4 fait la synthèse des résultats par secteur, illustrée en figure 14.

Remarque : les profondeurs sont issues d'une part de la base de données de la Banque du Sous-Sol (BSS) et d'autre part des coupes lithologiques disponibles à la BSS. Les cotes de référence renseignées sont d'origine et de fiabilité variable. Les profondeurs déduites peuvent donc elles aussi présenter des incohérences.

RSt1414a/A21242/CSTZ080823	
LD - StB	
27/03/09	Page : 17

Tableau 4 : synthèse des résultats de profondeur de niveau d'eau par secteur

Secteur	Profondeur du niveau d'eau en mètres			
	minimum	maximum	moyenne	nombre de valeurs
Thalbach	0,3	26,0	8,0	33
Largue	4,0	31,2	20,1	12
Ouest Largue	0,3	31,4	13,1	21
Nord	1,4	11,5	5,4	8
Total	0,3	31,2	11,7	74

L'analyse de ces données témoigne d'une forte disparité des profondeurs des niveaux d'eau, y compris dans un même secteur. Les ouvrages où l'eau est rencontrée à de grandes profondeurs sont essentiellement les mêmes que ceux qui présentent de fortes épaisseurs de cailloutis, dans les secteurs de Bisel et Seppois-le-bas (Largue et Ouest Largue).

La vitesse de propagation de l'eau dans l'aquifère dépend de la porosité, de la perméabilité des terrains, et du gradient de nappe. Pour la nappe des cailloutis, elle est estimée entre 0,2 et 0,8m/j (Guide des sols d'Alsace – petite région naturelle N°11 – Région Alsace). Cependant les différentes études réalisées dans le secteur indiquent plutôt des valeurs comprises entre 1 et 3 m/jour.

3.2.2 Alimentation de l'aquifère

L'alimentation de la nappe des cailloutis se fait essentiellement par les eaux météoriques. Le caractère perché des 3 principaux secteurs supprime l'alimentation issue des cours d'eau les plus importants, les cours d'eau d'envergure réduite étant plutôt en position de drainage.

Dans la partie Sud, les cailloutis du Sundgau sont limités par les affleurements de calcaires du Jura Alsacien. Ils peuvent alors être en partie alimentés par les ruissellements issus des reliefs plus marqués du Sud ou par des apports d'eau souterraines issues de fractures dans les calcaires. La proportion de ces apports est difficile à estimer sur la base des informations existantes. Cependant, l'analyse de la qualité des eaux de la nappe des cailloutis met en évidence une différence entre les zones proches du Jura Alsacien et celles plus éloignées vers le Nord, ce qui tend à confirmer la possibilité des apports souterrains (voir chapitre 3.3).

Parmi les études consultées, les données relatives à la pluviométrie annuelle sont les suivantes :

- Wolfersdorf (à quelques km au Nord d'Altkirch) : 936 mm /an ;
- Waldighoffen (à 15 km au Sud-Est d'Altkirch) : 561,2 mm/an ;
- Seppois-le-Haut (à 15 km au Sud d'Altkirch) : 823,8 mm/an ;
- Altkirch : 849 mm/an ;
- Retzwiller (à quelques km à l'Ouest de Dannemarie) : 884,5 mm/an.

Selon ces données, la pluviométrie moyenne sur le domaine d'étude peut être considérée comme voisine de 900 mm/an, ce qui est cohérent avec la fourchette proposée dans le guide des sols d'Alsace, entre 730 et 1085 mm. Pour tous les postes d'enregistrement, la pluviométrie est répartie sur l'année avec 2 périodes de fortes valeurs entre mai/juin d'une part et novembre/décembre d'autre part, avec des pluies mensuelles de 70 à 80 mm.

Sur l'ensemble du volume d'eau issu de la pluviométrie, seule une portion réduite appelée pluviométrie efficace atteindra l'aquifère, le reste étant soit ruisselé, soit utilisé par la végétation, soit évaporé. La pluie efficace peut être estimée selon différentes approches qui nécessitent la connaissance de plusieurs paramètres : précipitations, températures, réserve facilement utilisable (RFU¹).

Le rapport BURGEAP Rst 351 (Etude de vulnérabilité et diagnostic de l'origine des produits phytosanitaires des captages de Grentzingen, Roppentzwiller, Steinsoultz et Werentzhouse - 2001) propose un calcul de la pluie utile à partir des moyennes des années 1985 à 2000, sur un pas de temps mensuel. L'évaporation potentielle (ETP) qui correspond à la perte en eau par évaporation directe du sol et par transpiration du couvert végétal a été estimée selon la formule de TURC, extrapolée par rapport à la station d'Altkirch. Pour une réserve facilement utilisable (RFU) des sols variant de 100 à 300 mm/an, la pluie utile interannuelle varie de 140 à 96 mm/an. Une RFU de 300 mm est peu réaliste et en se fondant sur une valeur moyenne de 200 mm, la pluie utile est de 110 mm/an.

Pour une pluie annuelle de 850 à 900 mm, le taux d'infiltration moyen est donc de 12 à 13 %. Le tableau 5 résume cette information appliquée à chaque secteur.

Tableau 5 : synthèse de l'alimentation en eau des cailloutis par secteur

Secteur	Superficie en km ²	Pluie efficace en m ³ /an
Thalbach	86	9 460 000
Largue	114	12 540 000
Ouest Largue	112	12 320 000
Nord	49	5 390 000
Total	361	39 710 000

3.2.3 Débits fournis

Les débits fournis par les sources ou les forages permettent de donner une indication complémentaire sur les potentialités locales de l'aquifère. Quelques remarques préliminaires doivent cependant être faites :

- Les débits des sources sont rarement mesurés de manière régulière. De ce fait, les valeurs recensées sont généralement ponctuelles et ne peuvent être considérées comme des moyennes ;
- Certains débits mentionnés pour des sources sont des débits mesurés au niveau de collecteurs regroupant plusieurs sources. Dans ce cas, le débit mesuré a été réparti de manière homogène sur les différentes sources alimentant le collecteur ;
- Les débits indiqués pour les forages sont généralement les données des pompes en place et ne correspondent pas au débit réellement possible.

L'analyse a été réalisée en exploitant les valeurs isolées retrouvées et en considérant les débits moyens quand plusieurs données étaient disponibles.

La répartition des débits est illustrée en figures 7 et 8 et le tableau 6 propose une synthèse des informations.

¹ RFU : Réserve Facilement Utilisable : zone non saturée où l'eau va se stocker temporairement avant de réalimenter la nappe

Tableau 6 : synthèse des débits fournis par les cailloutis

Secteur	Débit des sources en l/s (m^3/h)			Débit des forages en l/s (m^3/h)		
	minimum	maximum	moyenne	minimum	maximum	moyenne
Thalbach	0,1 (0,4)	4,5 (16)	0,8 (2,9)	0,5 (1,8)	11,1 (4)	4,1 (14,8)
Largue	0,1 (0,4)	5 (18)	1,6 (5,8)	0,8 (2,9)	25,8 (93)	5,4 (19,4)
Ouest Largue	0,1 (0,4)	9 (32)	1,6 (5,8)	0,8 (2,9)	5,8 (21)	3,5 (12,6)
Nord	0,3 (1,1)	0,7 (2,5)	0,5 (1,8)	7 (25)	13 (47)	10 (36)
Total	0,1 (0,4)	9 (32)	1,1 (4)	0,5 (1,8)	25,8 (93)	5,8 (20,7)

Les débits des sources oscillent entre 0,1 et 9 l/s, avec une moyenne de 1,1 l/s, ce qui correspond à un bassin versant topographique de l'ordre de 32 hectares en se fondant sur la pluie efficace moyenne estimée de 110 mm. Les débits les plus élevés sont rencontrés dans les secteurs Largue et Ouest Largue, avec une moyenne de 1,6 l/s (*environ 6 m³/h*).

Dans le secteur Largue, un groupe de sources présente des débits élevés supérieurs à 3 l/s (*11 m³/h*), à proximité de Hirsingue.

Une source présente un débit qui peut être qualifié d'exceptionnel, à Ueberstrass, avec 9 l/s (*32 m³/h*). Le rapport de définition des périmètres de protection de l'hydrogéologue agréé précise que ce débit ne peut être fourni par le seul bassin versant topographique de la source et qu'une autre origine doit compléter l'alimentation.

Ces sources avec un débit élevé sont relativement bien alignées, selon un axe Sud-Ouest/Nord-Est, et sont localisées dans une zone riche en fractures sous-jacentes. Un apport secondaire éventuellement en relation avec ces discontinuités pourrait expliquer ces forts débits. Cette observation est à mettre en parallèle avec la qualité de l'eau constatée dans le même secteur où un ouvrage témoigne au moins une fois historiquement de la présence d'arsenic à une teneur anormale dans les cailloutis (voir chapitre 3.3).

Les débits des forages sont répartis de manière plus homogène sur l'ensemble du Sundgau. La comparaison entre secteurs est cependant plus aléatoire, le nombre d'ouvrages étant parfois réduit. Les débits moyens sont de l'ordre de 4 à 5 l/s (*14 à 18 m³/h*), avec des pointes pouvant atteindre 25 à 30 l/s (90 à 110 m³/h) pour les débits maximum (non indiqués sur la carte des débits moyens). Deux ouvrages très éloignés permettent cette sollicitation : à proximité de Feldbach d'une part (secteur Largue) et à proximité de Stetten d'autre part (secteur Thalbach).

3.3 La qualité de l'eau

La qualité de l'eau est abordée à partir des paramètres principaux qui peuvent caractériser le contexte et les dégradations possibles : Conductivité et pH pour les caractéristiques générales, nitrates, atrazine, déséthylatrazine et arsenic pour les dégradations possibles (figures 9 à 13).

D'une manière générale, l'eau des cailloutis est moyennement minéralisée, avec une conductivité variant de moins de 100 $\mu\text{S/cm}$ à plus de 1 000 $\mu\text{S/cm}$. Elle est plus réduite en bordure du Jura au Sud et dans les parties Ouest du Sundgau (Secteur Ouest Largue et Largue) avec des valeurs souvent inférieures à 500 $\mu\text{S/cm}$, par rapport aux secteurs Est (Thalbach) et Nord où les valeurs dépassent 500, voir 1000 $\mu\text{S/cm}$. Cette différence ne semble pas liée aux apports extérieurs, la conductivité des eaux du Jura alsacien par exemple étant généralement plus élevée, et devrait plutôt être consécutive aux apports anthropiques.

Le pH est proche de la neutralité. Il peut cependant être légèrement acide, avec des valeurs inférieures à 6,5, principalement en bordure Sud, à proximité du Jura, ou à l'Ouest, dans le secteur Ouest Largue. Des valeurs supérieures à 7,5 sont aussi constatées, plutôt dans le secteur Largue. Un point anormal est noté vers Knoeringue, avec un pH compris entre 8,5 et 9 (figure 9).

RSt1414a/A21242/CSTZ080823	
LD - StB	
27/03/09	Page : 20

Les résultats qualitatifs sont illustrés sur carte (figures 10 à 13), pour l'année 2003 qui dispose du plus grand nombre de mesures issues des sources suivantes :

- Inventaire de la qualité de 2003 par la Région Alsace,
- Base de données de l'Agence de l'Eau,
- Base de données de la DDASS,
- Informations complémentaires issues des rapports consultés.

Le tableau 7 récapitule les résultats principaux par secteur pour les nitrates et les pesticides.

Tableau 7 : synthèse des résultats qualitatifs de 2003 par secteurs

	Thalbach	Largue	Ouest Largue	Nord	TOTAL
NO3 en mg/l					
Minimum	0,3	< l.q	2,80	2,9	< l.q.
Maximum	62	27	56	69	69
Moyenne	33	15	18	41	27
Nombre d'ouvrages renseignés	28	17	21	6	72
Nombre d'ouvrages dont la teneur est comprise entre 25 et 50 mg/l	21 soit 75%	3 soit 18%	5 soit 24%	3 soit 50 %	32 soit 44%
Nombre d'ouvrages dont la teneur est supérieure à 50 mg/l	2 soit 7%	0	1 soit 5 %	2 soit 33 %	5 soit 7%
Atrazine en µg/l					
Minimum	< l.q	< l.q	< l.q	< l.q	< l.q
Maximum	0,378	0,515	0,042	0,074	0,515
Moyenne	0,136	0,151	0,035	0,063	0,096
Nombre d'ouvrages renseignés	22	6	4	4	36
Nombre d'ouvrages dont la teneur est supérieure à 0,1 µg/l	14 soit 64 %	3 soit 50 %	0	0	17 soit 47%
Déséthylatrazine en µg/l					
Minimum	< l.q	< l.q	< l.q	0,067	< l.q
Maximum	0,703	0,507	0,116	0,194	0,703
Moyenne	0,240	0,126	0,057	0,135	0,140
Nombre d'ouvrages renseignés	21	10	8	6	45
Nombre d'ouvrages dont la teneur est supérieure à 0,1 µg/l	17 soit 81%	4 soit 40 %	1 soit 13 %	5 soit 83%	27 soit 60%
Atrazine + déséthylatrazine en µg/l					
Minimum	0,117	0,070	0,074	0,124	0,070
Maximum	0,950	1,022	0,151	0,257	1,022
Moyenne	0,377	0,338	0,112	0,214	0,273
Nombre d'ouvrages renseignés	21	6	3	4	34
Nombre d'ouvrages dont la teneur est comprise entre 0,1 et 0,5 µg/l	17 soit 81 %	4 soit 67%	2 soit 67%	4 soit 100%	27 soit 79 %
Nombre d'ouvrages dont la teneur est supérieure à 0,5 µg/l	4 soit 19%	1 soit 17 %	0	0	5 soit 15 %

RSt1414a/A21242/CSTZ080823

LD - StB

27/03/09

Page : 21

En ce qui concerne les nitrates, les valeurs sont très variables, avec une forte amplitude entre les minimum et les maximum, quelque soit le secteur considéré. Les secteurs du Thalbach et Nord apparaissent particulièrement dégradés, avec des teneurs fréquemment supérieures à 40 mg/l.

Sur les 8 ouvrages renseignés du secteur Nord, 6 dépassent le niveau guide de 25 mg/l ou la Concentration Maximale Admissible pour les eaux potables de 50 mg/l. Dans le secteur Thalbach, près de 80 % des ouvrages dépassent 25 mg/l et la moyenne de concentration est élevée, de 33 mg/l.

Les secteurs Largue et Ouest Largue apparaissent moins touchés par cette dégradation. La moyenne des concentrations est plus faibles, de 15 à 18 mg/l et les ouvrages dépassant les valeurs de références sont moins nombreux : 26 et 15% au dessus de 25 mg/l.

Les ouvrages renseignés sont moins nombreux pour les pesticides (atrazine et déséthylatrazine). Il est donc hasardeux de comparer les secteurs entre eux, compte tenu de la disparité de la connaissance. Le secteur du Thalbach, qui bénéficie d'un plus grand nombre d'ouvrages contrôlés apparaît très dégradé, avec 62 à 77% d'ouvrages analysés qui dépassent la norme de potabilité pour les pesticides individuels. La cartographie laisse apparaître le même constat que pour les nitrates.

La déséthylatrazine est souvent plus abondante que l'atrazine. Elle correspond à un produit de dégradation de l'atrazine et un rapport atrazine/déséthylatrazine en faveur du second (0,56 en moyenne) signifie l'existence d'une phase de dégradation. Les résidus de pesticides rencontrés dans les eaux sont donc issus d'une utilisation passée et les infiltrations ont subi une dégradation poussée. Le rapport est généralement inverse dans la plaine¹, ce qui laisse supposer l'existence d'une dégradation au cours de l'infiltration et qui pourrait être en relation avec les loess présents en surface qui freinent la pénétration de l'eau vers la nappe.

En ce qui concerne l'arsenic, ce paramètre est fréquemment rencontré dans les aquifères calcaires de la partie Sud du Sundgau, dans le Jura alsacien. Sa présence dans les cailloutis constitue plutôt une anomalie et peut être utilisée comme indice d'une relation possible et locale des cailloutis avec des formations plus profondes, par exemple par l'intermédiaire de fractures. Compte tenu de son origine naturelle, des fluctuations saisonnières peuvent être observées mais il y a peu d'évolution à long terme. C'est pourquoi sa présence est étudiée sans tenir compte de la date de mesure afin de vérifier les zones où il est détecté. Le tableau 8 récapitule les résultats obtenus.

Tableau 8 : synthèse de la présence d'arsenic dans les cailloutis (µg/l)

	Thalbach	Largue	Ouest Largue	Nord	TOTAL
Minimum	< l.q	< l.q	< l.q	< l.q	< l.q
Maximum	2,1	11	1,3	< l.q	11
Moyenne	0,15	0,6	0,07	/	0,3
Nombre d'ouvrages renseignés	24	20	19	6	69
Nombre d'ouvrages dont la valeur est supérieure à la LQ*	2	2	1	0	5

* LQ : limite de quantification du laboratoire

Deux ouvrages apparaissent avec des concentrations anormales en arsenic, dans le secteur de la Largue. Il s'agit du forage 445.5.70, situé au Sud d'Hirsingue avec une analyse de 11 µg/l en 1998 (13 février) et d'une source N° 445.6.47 située à Riespach avec 6,8 µg/l mesurés en 2000 (27 novembre).

La localisation des 2 ouvrages anormaux est intéressante : le forage 445.5.70 est implanté en bordure des affleurements de cailloutis, dans le prolongement Sud d'une zone fracturée reconnue dans le Horst de Mulhouse, et dans la même zone que les sources qui présentent un débit élevé. La source 445.6.47 est implantée à proximité d'une zone de fracture (faille de Ferette).

¹ Moyenne de 1,2 sur une vingtaine de points répartis du Sud au Nord entre Huningue et Bantzenheim et suivis par l'APRONA

La localisation des ouvrages, les débits élevés des sources et la présence d'arsenic dans l'eau laissent supposer des apports secondaires possibles liés à la fracturation sous-jacente dans ces secteurs.

3.4 Vulnérabilité

3.4.1 Vulnérabilité intrinsèque

La vulnérabilité intrinsèque des eaux souterraines est liée à leur contexte naturel. Pour les nappes d'eau des cailloutis du Sundgau, elle peut être liée à :

- La faible épaisseur moyenne de l'aquifère qui ne permet pas de dilution importante des pollutions éventuelles, ce paramètre étant particulièrement sensible dans les secteurs Nord et au Sud du Thalbach ;
- La faible profondeur de l'eau souterraine, qui ne permet pas une filtration suffisante des polluants, ce paramètre étant particulièrement sensible dans les secteurs Nord et Thalbach ;
- L'absence d'apports extérieurs autres que la pluviométrie.

La protection naturelle des eaux souterraines peut être liée à :

- La présence de formations de surface imperméables qui évitent les infiltrations directes vers la nappe ;
- La présence de formations de surface peu perméables qui permettent une filtration des polluants éventuels épandus en surface ;
- Une occupation des sols peu anthropisée (forêts par exemple).

La présence de formations de surface peu perméables est notée sur une grande partie des cailloutis du Sundgau, avec des dépôts de loess et de lehms parfois très épais.

Le tableau 9 récapitule l'épaisseur de zone non saturée sur les différents secteurs, illustrée en figure 14.

Tableau 9 : synthèse sur la zone non saturée des cailloutis

	Thalbach	Largue	Ouest Largue	Nord
Minimum	0,3	4	0,3	1,4
Maximum	26	31,2	31,4	11,5
Moyenne	8	20,1	13,1	5,4
Nombre d'ouvrages renseignés	33	12	21	8

Les secteurs Largue et ouest large apparaissent comme les mieux protégés, avec une zone non saturée moyenne supérieure à 10 m. La présence d'étangs au Sud-Ouest de la commune d'Altkirch, dans le secteur Ouest Largue indique que les formations superficielles sont peu perméables. Elles constituent donc une protection en cas de pollution pour les formations sous-jacentes des cailloutis du Pliocène.

Le recouvrement de matériaux très fins, plus ou moins argileux devrait permettre de limiter les pollutions de l'eau souterraine. Cependant, la filtration exercée par les matériaux fins de surface permet d'éviter les pollutions bactériennes mais ne conduit qu'à retarder les autres types de polluants. L'impact d'un épandage de produits polluants en surface pourra ne pas avoir de conséquence immédiate sur les eaux souterraines. L'impact sera constaté avec un retard et les produits qui atteindront les eaux souterraines pourront avoir subi une évolution. C'est le cas par exemple de l'atrazine, qui se transforme en déséthylatrazine, ce produit de dégradation étant plus abondant dans les eaux des cailloutis du Sundgau.

En ce qui concerne les sols, le guide des sols d'Alsace (petite région naturelle N°11 – Région Alsace) distingue 3 sous régions appelées Bas-Sundgau à l'Est (Secteur Est du Thalbach et secteur Thalbach), Moyen Sundgau au centre (Est du secteur Largue) et Haut Sundgau à l'Ouest (Ouest du secteur Largue et Ouest Largue) :

RSt1414a/A21242/CSTZ080823	
LD - StB	
27/03/09	Page : 23

- **Dans le Bas-Sundgau**, les sols sont bruns calcaires profonds et limoneux, développés sur collines loessiques.
- **Dans le Moyen Sundgau**, les sols sont bruns calciques et bruns lessivés développés sur lehm et loess. Sur les ruptures de pente, les sols sont bruns limoneux décarbonatés,
- **Dans le Haut-Sundgau**, les sols sont bruns lessivés et sols lessivés, hydromorphes et dégradés à limons très battants sur les faibles pentes, sols lessivés érodés plus argileux en surface sur les pentes plus accusées, sols bruns limoneux acides et hydromorphes sur les ruptures de pente.

Le tableau 10 récapitule les données principales sur les sols issues du guide des sols d'Alsace.

Tableau 10 : synthèse sur la pédologie du Sundgau

	Localisation	Profondeur	Teneur en argile	Occupation	Risque lessivage NO ₃	Perméabilité du substrat
Bas Sundgau	Partie supérieure des collines	1 à >1,5 m 0,5 à 0,6 si tassements	10 à 20%, peut diminuer au-delà de 1 m	Maïs puis céréales à paille ou betteraves	élevé	Perméable
	Bas de versant sec	1 à >1,5 m	15 à 20 % peut diminuer au-delà de 1 m	Maïs puis céréales à paille ou betteraves	moyen	Perméable
	Fond de vallons avec ruisseau	1 à >1,5 m	20 à 25 % peut diminuer au-delà de 1 m	Maïs puis céréales à paille ou betteraves	limité	Perméable
	Haut des versants, avec limons érodés	0,5 à 1 m	25 à 35%, augmente au-delà de 0,5 m	Bois, vergers, maïs ou céréales à paille	élevé	Moyenne à faible
Moyen Sundgau	Hauts des versants à pente faible sur loess	1 m. 0,4 à 0,6 si tassements	25 à 30 % diminue au-delà de 0,8 m	Maïs puis céréales à paille ou fourrages	élevé	perméable
	Hauts des versants à pente faible sur lehm	1 à >1,5 m	15 à 25% peut diminuer au-delà de 1 m	Maïs puis céréales à paille ou fourrages	moyen	Perméable à moyennement perméable
	Ruptures de pente	0,3 à 0,8 m	15 à 25%	Prairies, fourrages	Très élevé	Perméable
	Bas des versants et fonds de vallons	1 à >1,5 m	15 à 25%	Maïs, secondairement prairies	moyen	Moyenne à faible
Haut Sundgau	Haut des versants	1 à >1,5 m. 0,4 à 0,6 si tassements	20% à 35% en profondeur	Maïs puis céréales à paille ou fourrages	élevé	Faible
	Haut des versants à pente faible	1 m	15 à 30%	Maïs puis céréales à paille ou fourrages	Très élevé	Plus ou moins imperméable
	Haut des versants à pente forte	0,8 à 1 m	25 à 30%	Maïs puis céréales à paille ou fourrages	élevé	Moyenne à colmaté
	Fonds de vallons	1 m et plus	15 à > 30%	Maïs puis céréales à paille ou fourrages	élevé	Faible

RSt1414a/A21242/CSTZ080823	
LD - StB	
27/03/09	Page : 24

D'une manière générale, le substrat est plus fréquemment perméable dans le Bas Sundgau et le Moyen Sundgau, ce qui peut contribuer à faciliter les infiltrations vers les eaux souterraines.

En ce qui concerne le lessivage des nitrates, la majorité de la zone couverte par le guide des sols est classée vulnérable au sens de la directive nitrates européenne. Le rapport « Opération Ferti-Mieux du S.U.A.D du Haut-Rhin » indique une sensibilité moyenne aux pollutions diffuses d'origine agricole, prenant en compte le lessivage et le ruissellement.

3.4.2 Vulnérabilité anthropique

La vulnérabilité des eaux souterraines sera consécutive à l'occupation des sols en surface. Pour un captage, c'est l'occupation des sols de son bassin d'alimentation qui générera les risques de contamination.

La carte de l'occupation des sols du secteur montre très nettement l'importance de la couverture boisée dans les secteurs Ouest par rapport au secteur du Thalbach, très exploité par l'agriculture.

Dans le secteur d'étude, la qualité des eaux est principalement dégradée par les nitrates et les pesticides. Selon les données du rapport de Fertimieux et du journal « le Paysan du Haut-Rhin », le Sundgau agricole est caractérisé par deux composantes principales : la céréaliculture et l'élevage avec 27 000 UGB. L'excès d'azote généré par le secteur agricole est estimé dans l'étude de Fertimieux à 1 500 t/an (30 kg/ha/an), ce qui correspondrait à $\frac{3}{4}$ de la pollution azotée des eaux souterraines, le quart restant étant issu des activités domestiques.

La participation de l'origine domestique sera plus fréquente dans les secteurs où il existe des agglomérations sur les plateaux, au droit des cailloutis, comme dans la partie Nord (Spechbach ou Ammertzwiler par exemple). Dans les secteurs plus au Sud, la pollution sera plus nettement d'origine agricole, les agglomérations étant situées en contrebas des cailloutis.

L'occupation des sols est illustrée en figure 15 (base de données issue du Conseil Général du Haut-Rhin). Les résultats de l'analyse spatiale montrent que les cultures annuelles et permanentes occupent un espace majoritaire sur l'ensemble du secteur étudié. Elles sont particulièrement développées dans la moitié Est du Sundgau. La moitié Ouest est caractérisée par la présence de cultures le long des rives de la Largue ; le reste du territoire est occupé par des forêts.

La forte proportion d'agriculture à l'Est explique les problématiques de qualité des eaux souterraines notamment la présence de nitrates, d'atrazine et de déséthylatrazine à des concentrations parfois supérieures aux valeurs fixées par le décret du 11 janvier 2007 pour la consommation des eaux potables.

Une étude réalisée en interne au Conseil Général du Haut Rhin a mis en évidence une certaine corrélation entre l'occupation des sols sur le bassin versant topographique des captages et la présence de nitrates dans l'eau, avec un coefficient de corrélation de 0,54 entre la part du bassin versant occupé par des cultures et la teneur en nitrates des captages. Ce coefficient passe à 0,82 en considérant la superficie du périmètre de protection éloignée¹. La présence de cultures apparaît donc bien comme un facteur déterminant de la qualité des captages et des eaux souterraines.

¹ Etude faite sur un échantillon de 26 captages du Sundgau répartis principalement sur les collectivités suivantes : Ill et Gersbach, Hirsingue, Vallée du Hundsbach.

RSt1414a/A21242/CSTZ080823	
LD - StB	
27/03/09	Page : 25

4 La molasse alsacienne

La molasse alsacienne constitue le second aquifère potentiel conséquent rencontré dans le Sundgau. Notée o^{3a} sur la carte géologique au 1/50 000 de Altkirch (N°445), elle correspond à des dépôts datant de l'Oligocène et peut être rattachée à plusieurs strates.

Une thèse présentée en 2006 par Stéphane Roussé décrit plus précisément ces terrains et l'essentiel des éléments utiles à cette étude sont repris de ce document (Architecture et dynamique des séries marines et continentales de l'Oligocène moyen et supérieur du Sud du Fossé Rhéna – Stéphane Roussé – octobre 2006).

Pendant la période Tertiaire, et plus particulièrement l'Oligocène inférieur (Rupélien), des dépôts marins se sont accumulés dans le secteur du Sundgau, avec une succession de marnes argileuses (marnes à foraminifères, schistes à poissons) puis de marnes sableuses (marnes à mélettes, marnes à cyrènes). Cet ensemble constitue ce qui est appelé du terme générique « série grise ». A la fin du Rupélien et au début du Chattien (Oligocène supérieur), les dépôts deviennent progressivement saumâtres puis continentaux, avec des marnes sableuses et des grès.

La molasse alsacienne correspond aux faciès sablo-gréseux de la fin du Rupélien et du début du Chattien. Elle est l'équivalent latéral des marnes à cyrènes supérieures. Cependant, selon Stéphane Roussé dans sa thèse, « à partir du Sundgau et plus au Sud, le terme marnes à cyrènes devient impossible à utiliser tant les faciès sont différents de ceux décrits plus au Nord ».

La molasse alsacienne peut être subdivisée en 2 entités :

- La molasse alsacienne sensus lato ou molasse alsacienne marine, qui correspond aux marnes sableuses d'origine marine ou plus ou moins saumâtres de la fin du Rupélien. Elles sont un des faciès du sommet des marnes à cyrènes rencontrées plus au Nord ;
- La molasse alsacienne sensus stricto ou molasse alsacienne continentale qui correspond aux marnes sablo-gréseuses du début du Chattien, d'origine continentale.

D'une manière générale, la dénomination « molasse alsacienne » rencontrée dans la documentation rassemble l'ensemble des dépôts sableux micacés avec intercalations de marnes.

En annexe 2, un log stratigraphique est extrait de la thèse de Stéphane Roussé. Il illustre la stratigraphie à partir d'un sondage de reconnaissance, associée aux résultats d'une prospection électrique (sondage Sundgau 201).

Après les dépôts de molasse alsacienne au Chattien, un épisode de surrection est noté au Miocène, avec creusement de vallées orientées du Nord vers le Sud, qui se comblent de dépôts issus du démantèlement des Vosges (appelés dépôt du Nagelfluh). Quand ils existent, ces dépôts peuvent apporter une surépaisseur de sables et graviers au dessus de la molasse, en continuité avec les cailloutis. Ils sont cependant d'extension très réduite, notés uniquement dans la partie Sud-Ouest du secteur d'étude vers Mooslargue et Pfetterhouse. L'historique géologique est illustré en annexe 2.

4.1 L'aquifère

L'aquifère correspond à la formation qui contient l'eau. Il est caractérisé par les paramètres suivants : le substratum imperméable, l'épaisseur de terrains aquifères, la lithologie, les caractéristiques hydrogéologiques (la transmissivité ou la perméabilité des terrains, la porosité ou le coefficient d'emmagasinement des terrains).

RSt1414a/A21242/CSTZ080823	
LD - StB	
27/03/09	Page : 26

4.1.1 Le substratum et le toit

Le substratum de la molasse alsacienne au sens large est constitué par les couches à melettes ou marnes argileuses de la série grise. Cependant, les couches à melettes sont décrites comme des marnes sableuses et la différence lithologique peut s'avérer difficile. Les premiers terrains manifestement imperméables sont ceux de l'Oligocène inférieur, constitués des schistes à poissons et des marnes à foraminifères de la série grise et décrits comme des marnes argileuses.

Selon la stratigraphie décrite précédemment, le toit de la molasse correspond soit aux couches carbonatées d'eau douces soit au Pliocène (cailloutis). Cependant, dans les descriptions lithologiques, le toit de la molasse correspond à la limite entre les zones notées avec présence de sables ou de grès et les zones essentiellement marneuses. Elle peut être assez subjective et l'interprétation est délicate. L'analyse des cotes disponibles permet cependant quelques observations (figure 17) :

- Dans le secteur Sud-Est, les cotes du toit de la molasse oscillent entre 385 et 295,6 m NGF. Elles indiquent globalement un pendage vers le Nord-Nord-Est ;
- Dans le secteur de Muespach, le toit de la molasse est indiqué à 445 m NGF, ce qui correspond à un fort relèvement, par rapport au secteur précédent et qui peut être mis en relation avec la zone de fractures orientées Sud-Ouest/Nord-Est qui sépare les deux zones ;
- Dans le secteur Nord (vers Dannemarie), les cotes du toit de la molasse sont plus proches de celles indiquées au Sud-Est, notées entre 357 et 298 m NGF. Elles sont très hétérogènes avec des valeurs très différentes sur des ouvrages proches. Cependant, une tendance générale à l'approfondissement vers le Nord-Est peut être estimée.

4.1.2 L'épaisseur

L'épaisseur de la molasse alsacienne est difficile à estimer dans la mesure où :

- son appellation est utilisée de manière très variable selon les cas,
- elle est souvent associée à l'ensemble de la série grise de l'Oligocène supérieur ou au moins aux marnes sableuses de la partie supérieure de cette série (couches à melettes et marnes à cyrènes),
- elle est rarement traversée sur toute son épaisseur.

La série grise quant à elle peut atteindre une épaisseur de 300 à 500 mètres au Sud-Est du Sundgau et de 300 à 400 mètres dans le secteur de Dannemarie.

Le sommet de la série grise et donc la molasse alsacienne marine n'est que rarement conservée dans son intégralité, en raison des phénomènes d'érosion. Quand elle est conservée, son épaisseur est assez constante. Une carte de répartition des épaisseurs de la série grise marine (couches à melettes et marnes à foraminifères) est proposée dans la thèse de Stéphane Roussé et donnée en Annexe 6. Elle montre des épaisseurs variables avec 3 zones de puissance plus élevée :

- dans le secteur de Dannemarie, avec un maximum de 300 à 400 mètres, un bloc de dépôts s'individualisant à l'Ouest de la faille d'Illfurth,
- au Sud d'Altkirch, avec un allongement Sud-Nord et un maximum de 200 à 300 mètres,
- à l'Est de Ferette, dans un bloc compris entre deux zones de fractures et avec une épaisseur maximale de 400 à 500 mètres, limité par la faille d'Allschwill.

Au sein de la série grise, les épaisseurs moyennes à considérer sont les suivantes :

- Marnes à foraminifères de 15 mètres,
- Schistes à poissons, de 10 mètres,

RSt1414a/A21242/CSTZ080823	
LD - StB	
27/03/09	Page : 27

- Couches à mélettes, de plusieurs centaines de mètres,
- Marnes à cyrènes de 100 mètres dans le bassin de Dannemarie.

La carte illustre par ailleurs les zones de possible préservation maximale de la série, c'est-à-dire les zones où la molasse alsacienne marine est susceptible d'être rencontrée. Trois zones s'individualisent :

- Au Sud-Est du secteur d'étude, entre Bettlach et Wentzwiller,
- Au Nord-Ouest du secteur d'étude, entre Dannemarie et Altkirch, la limite Est correspondant à la faille d'Illfurth,
- Au Nord de Ferette et Bouxwiller.

La molasse alsacienne continentale quant à elle ne serait préservée que par lambeaux, dans les parties les plus profondes du bassin (bassin de Dannemarie, aux environs de la faille d'Illfurth). D'une manière générale, elle serait retrouvée dans les mêmes secteurs que ceux décrits pour la molasse alsacienne marine, sur une superficie plus réduite (voire annexe 6).

Toujours extrait de la thèse de Stéphane Roussé, une carte synthétique interprète la géologie de subsurface et donne la répartition probable de la molasse alsacienne indifférenciée (annexe 6).

Pour compléter ces informations, une carte a été réalisée à partir des ouvrages renseignés dans la banque du sous-sol, afin de mettre en évidence d'une part les ouvrages où le Stampien a été atteint et d'autre part ceux où le faciès molasse a été décrit. Cette carte en figure 18 rejoint les informations issues de la thèse de Stéphane Roussé.

Les zones où les interprétations de présence se recoupent sont mises en évidence. Ce sont celles où la probabilité de rencontrer la molasse alsacienne est la plus grande.

4.1.3 La lithologie

4.1.3.1 La série grise

La molasse Alsacienne appartient en partie à un ensemble marneux plus vaste qu'il est utile de resituer localement. Dans leur sens large, elles correspondent à la partie supérieure des marnes à cyrènes du Rupélien, ces dernières faisant elles-mêmes partie de l'ensemble intitulé « série grise » qui regroupe des dépôts de nature marneuse de couleur bleue à brune et contenant des faunes marines. La série repose en concordance sur les marnes de la série salifère ou sur les calcaires du Haustein. A proximité des calcaires jurassiques, elle surmonte les formations du Meeressands, constitués de grès et conglomérats et contemporains de la partie inférieure de la série grise (marnes à foraminifères et schistes à poissons).

La série grise peut être subdivisée en 2 groupes successifs :

- A la base, les marnes argileuses, avec les marnes à foraminifères et les schistes à poissons,
- Au dessus, les marnes sableuses, avec les couches à melettes et les marnes à cyrènes.

Les marnes à foraminifères sont des marnes argileuses gris-bleues à gris-verdâtres, devenant jaunâtres à l'affleurement. Elles sont légèrement pyriteuses avec de rares intercalations de calcaires ou de dolomie. Leur épaisseur atteint 15 mètres dans le Sundgau.

Les schistes à poissons sont des argiles marneuses brun-gris à gris foncé, avec des laminations blanches crayeuses. Des niveaux de calcaires marneux plus ou moins dolomitiques sont rarement intercalés. Ces marnes, d'une épaisseur de l'ordre de 10 mètres, peuvent être bitumineuses, avec une forte concentration de pyrite.

Les couches à melettes marquent un changement dans la sédimentation. La dominante reste marneuse mais les formations se chargent en sables et silts. L'ensemble peut être épais de plusieurs centaines de mètres, constitué de marnes gris-bleu sableuses.

RSt1414a/A21242/CSTZ080823	
LD - StB	
27/03/09	Page : 28

Les marnes à cyrènes sont constituées d'une alternance de marnes finement sableuses grises à gris clair, voir légèrement brunes et de grès jaunes à beiges, plus fins et micacés que ceux des couches à melettes. La limite entre les 2 formations est difficile à établir en raison de l'homogénéité des faciès. Le toit de la formation est plus aisé à identifier, avec un changement de couleur des marnes du gris aux marnes bariolées des couches d'eau douces sus-jacentes. Leur épaisseur atteint 110 m dans le bassin de Dannemarie.

4.1.3.2 La molasse alsacienne

Au Sud de Mulhouse, et donc dans le Sundgau, les marnes à cyrènes présentent des faciès plus variables et sont appelées molasse alsacienne par certains auteurs. D'une manière générale, les formations contenant des grès jaunes à gris et micacées portent cette appellation lorsque leur origine est continentale, en opposition avec les marnes à cyrènes d'origine marine à saumâtre. Cependant, comme précisé précédemment, « à partir du Sundgau et plus au Sud, le terme marnes à cyrènes devient impossible à utiliser tant les faciès sont différents de ceux décrits plus au Nord ».

La molasse alsacienne est caractérisée par une lithologie sablo-gréseuse et des intercalations de marnes. La limite entre molasse alsacienne marine et continentale est caractérisée par un changement de couleur :

- La molasse alsacienne marine correspond à des marnes grises et des sables ou grès jaunes à gris, associés à des faunes saumâtres, équivalent des marnes à cyrènes plus au Nord ; les marnes diminuent en proportion dans le haut de la série. Selon les travaux décrits dans la Thèse de Stéphane Roussé, le faciès marin n'apparaîtrait plus au Nord d'une ligne suivant le canal du Rhône au Rhin à l'Ouest.
- La molasse alsacienne continentale correspond à des marnes verdâtres à bariolées et des sables ou grès gris à jaune, avec de rares intercalations de calcaires, associées à des faunes continentales. Les dépôts de molasse alsacienne continentale peuvent être surmontés de calcaires lacustres et de marnes associées, regroupés sous le terme de « couches d'eau douce carbonatées », d'origine lacustre.

La description lithologique peut être complétée par une synthèse des lithofaciès reconnus sur les affleurements existants et analysés dans le cadre de la thèse de Stéphane Roussé. Cette description est donnée en Annexe 7 pour les 2 entités, marine et continentale.

Enfin, les descriptions lithologiques disponibles ne permettent pas de mettre en évidence des zones préférentielles de présence de sables ou de bancs de grès plus compact. D'une manière générale, les bancs de grès sont plutôt décrits dans le secteur Sud-Est mais le nombre de descriptions reste trop réduit pour que l'observation soit confirmée.

L'analyse permet cependant de constater que les ouvrages productifs dans la molasse les plus profonds sont localisés dans le secteur de Dannemarie ou à l'Ouest : Par exemple le forage N°4448X0046, réalisé à l'Ouest de Friesen pour des besoins d'une pisciculture, atteint 184 mètres de profondeur, avec des bancs de grès rencontrés à partir de 150 mètres. La production n'est pas indiquée, mais l'ouvrage est crépiné, ce qui suppose la présence d'eau. Le forage de Carspach N° 4444X0129 atteint 130 mètres de profondeur.

Dans le secteur Sud-Est, les ouvrages oscillent entre 50 et 90 mètres, avec un captage jusqu'à 130 mètres de profondeur (N° 4764X0034, Syndicat des eaux de Hagenthal).

RSt1414a/A21242/CSTZ080823	
LD - StB	
27/03/09	Page : 29

4.1.4 Caractéristiques hydrogéologiques de l'aquifère

Les données de transmissivité sont issues des essais de pompage qui ont pu être réalisés dans les ouvrages atteignant la molasse. Les résultats répertoriés sont peu nombreux avec 4 valeurs retrouvées :

- Dans le secteur Sud-Est :
 - Forage N° 4457X0067, captage AEP de Wentzwiller : 2.10^{-3} m²/s
 - Forage N° 4457X0063, captage AEP de Wentzwiller : $1,6.10^{-3}$ m²/s,
 - Forage N° 4458X0080, à proximité de Neuwiller, à l'Est de la limite du secteur d'étude : 4.10^{-4} m²/s
- Dans le secteur de Dannemarie :
 - Forage N° 4444X0129, captage du syndicat des eaux de Carspach : $5,3.10^{-4}$ m²/s

Ces données sont trop isolées pour permettre de déduire une sectorisation du domaine.

4.2 La nappe

L'eau souterraine présente dans la molasse est tributaire de l'extension des strates sablo-gréseuses et de l'existence d'une alimentation en eau. De ce fait, il ne s'agit pas d'une nappe d'eau continue mais de nappes successives et indépendantes comme en témoignent l'existence de forages « secs ». L'analyse des informations est donc rendue difficile dans un cadre global.

4.2.1 Piézométrie

Les données de piézométrie dans la molasse sont trop limitées pour être exploitées dans le but de déterminer un sens d'écoulement général. Par ailleurs, toutes les approches réalisées ont montré la forte hétérogénéité de la formation et de la présence d'eau.

Les niveaux d'eau mesurés dans la molasse sont très hétérogènes.

- Des sources sont indiquées comme issues de la molasse, avec l'eau affleurante ou sub-affleurante : Manspach, Emlingen, Magstatt-le-bas, Hagenthal...
- A proximité immédiate, des niveaux d'eau peuvent osciller de quelques mètres (Fulleren, Wittersdorf...) à plus de 20 mètres de profondeur (Muespach, Hagenthal le haut...). Les niveaux les plus profonds atteignent 30 et 40 mètres, respectivement au Sud-Ouest de Carspach et au Sud de Mooslargue.
- Quelques ouvrages sont indiqués comme artésiens, dans le secteur Sud-Est, vers les villages de Hagenthal (Forages N° 4764X0032 et 4764X0020), mais aussi dans le secteur Ouest, à Manspach (Forage N° 4448X0019).

Ces observations témoignent bien de la discontinuité des zones aquifères, avec des niveaux très différents à peu de distance les uns des autres.

L'écoulement des eaux devrait être orienté selon le pendage du toit des strates imperméables des marnes sous-jacentes. Cette donnée n'est cependant pas accessible sur la base des informations existantes. L'histoire géologique décrit une subsidence des terrains orientée plutôt vers le Nord, ce qui pourrait donner un indice de pendage des couches et d'écoulement des eaux. De même, une alimentation possible en provenance des reliefs milite en faveur d'un écoulement général plutôt orienté vers le Nord. Cette hypothèse est à nuancer par les zones de fractures qui contribuent elles aussi à la circulation des eaux et ne se conforment pas systématiquement aux pendages. L'orientation de ces fractures est cependant principalement Sud-Sud-Ouest/Nord-Nord-Ouest.

RSt1414a/A21242/CSTZ080823	
LD - StB	
27/03/09	Page : 30

L'écoulement de l'eau dans la molasse serait donc orienté de manière privilégiée avec le Nord et vers le Nord-Nord-Est.

4.2.2 Alimentation de l'aquifère

L'alimentation en eau de la molasse peut avoir plusieurs origines :

- La pluviométrie sur les parties affleurantes et perméables de la molasse,
- Les apports des cours d'eau quand ils sont en position d'alimentation sur des parties perméables de la molasse,
- Les apports latéraux en provenance des calcaires du Jura alsacien au Sud,
- Les fractures productives.

Les zones affleurantes sont localisées sur la bordure Est du Sundgau et le long du canal du Rhône au Rhin. Leur caractère perméable n'est pas évident. Il existe cependant quelques sources à faible débit qui sont alimentées par les infiltrations de surface.

Les cours d'eau principaux du Sundgau (Ill et Largue en particulier) ont entaillé les cailloutis et reposent sur les terrains marneux du Stampien. Si ces formations correspondent à de la molasse perméable, les rivières peuvent donc contribuer à leur alimentation par infiltration.

Les fractures peuvent être productives et participer à l'alimentation de la molasse. Par exemple, les forages de Hagenthal sont localisés sur une zone de fractures qui contribue très probablement à leur alimentation et qui justifie par ailleurs leur caractère artésien.

4.2.3 Débits fournis

Les débits fournis par les sources ou les forages permettent de donner une indication complémentaire sur les potentialités locales de l'aquifère. Les mêmes remarques préliminaires indiquées pour les cailloutis peuvent être réitérées pour la molasse :

- Les débits des sources sont rarement mesurés de manière régulière. De ce fait, les valeurs recensées sont généralement ponctuelles et ne peuvent être considérées comme des moyennes ;
- Certains débits mentionnés pour des sources sont des débits mesurés au niveau de collecteurs regroupant plusieurs sources. Dans ce cas, le débit mesuré a été réparti de manière homogène sur les différentes sources alimentant le collecteur ;
- Les débits indiqués pour les forages sont généralement les données des pompes en place et ne correspondent pas au débit réellement possible.

Par ailleurs, les ouvrages où la présence d'eau n'est pas mentionnée ne peuvent être retenus comme des forages secs : la description est souvent faite en fonction du but recherché et la présence d'eau n'est donc pas systématiquement mentionnée.

L'analyse a été réalisée en exploitant les valeurs isolées retrouvées et en considérant les débits moyens quand plusieurs données étaient disponibles.

La répartition des débits est illustrée en figure 18. Cette carte permet de mettre en évidence les éléments suivants :

- Les secteurs non renseignés occupent la plus grande superficie du domaine d'étude, avec 27 points disposant de mesures ;
- Le secteur correspondant au Thalbach pour les cailloutis est celui où les débits obtenus sont les plus faibles, voir inexistant : 3 forages sont secs et 4 ouvrages donnent moins de 1,5 l/s (5 m³/h) ;

RSt1414a/A21242/CSTZ080823	
LD - StB	
27/03/09	Page : 31

- Le secteur Sud-Est est le plus productif, avec des débits pouvant atteindre 9 l/s (32 m³/h pour le forage de Wentzwiller N° 4457X0067) ;
- Les forages productifs de la zone Sud-Est sont localisés entre 2 zones de fractures, et 2 d'entre eux sont situés au droit même des failles, avec des débits fournis artésiens (forages de Hagenthal) ;
- A l'Ouest de la fracture mentionnée précédemment, les débits deviennent très faibles et le domaine est peu ou pas productif. Ce domaine correspond au relèvement des terrains constatés d'après les cotes des niveaux de la molasse (voir chapitre 4.1.1). Il est ainsi possible que les strates productives de la molasse aient été érodées dans cette partie surélevée suite à un accident tectonique ;
- Les ouvrages redeviennent producteurs à l'Ouest de la zone de fractures importante qui passe à proximité d'Altkirch.

L'analyse des débits met en évidence un lien probable fort entre molasse et fractures. Ces dernières ne sont pas systématiquement productives mais elles ont pu modifier les profondeurs des faciès aquifères qui par la suite ont pu être ou non érodés.

4.3 Qualité de l'eau

La qualité de l'eau est abordée à partir des paramètres principaux qui peuvent caractériser le contexte et les dégradations possibles : Conductivité, dureté et pH pour les caractéristiques générales, nitrates, atrazine, déséthylatrazine et arsenic pour les dégradations possibles.

L'eau issue de la molasse alsacienne peut être minéralisée. D'une manière générale, elle est assez dure, avec une dureté supérieure à 30°F, et sa conductivité est moyenne, de l'ordre de 150 à 200 µS/cm (rapport BRGM de 1980 « évaluation des ressources hydrauliques de la feuille d'Altkirch – situation en 1978. »).

Les résultats qualitatifs sont illustrés sur carte (figures 19 à 22), pour l'année 2003 qui dispose du plus grand nombre de mesures issues des sources suivantes :

- Inventaire de la qualité de 2003 par la Région Alsace,
- Base de données de l'Agence de l'Eau,
- Base de données de la DDASS,
- Informations complémentaires issues des rapports consultés,
- Pour l'arsenic, l'ensemble des mesures disponibles a été utilisée, sans tenir compte de l'année.

Le tableau 11 récapitule les résultats principaux pour les nitrates et les pesticides.

Tableau 11 : synthèse des résultats qualitatifs de 2003 dans la molasse

	Minimum	Maximum	Moyenne	Nombre
Nitrates en mg/l	0,1	45	15	11
Atrazine µg/l	<l.q	0,1	0,03	11
Déséthylatrazine µg/l	<l.q	0,15	0,08	11
Arsenic µg/l	<l.q	28	2,2	14

Les nitrates sont présents dans la molasse, avec des teneurs qui peuvent atteindre 40 mg/l dans un ouvrage à Magstatt le bas, secteur où la molasse est affleurante. Plus fréquemment, des valeurs supérieures à 25 mg/l sont observées, avec 4 ouvrages répartis aussi bien au Sud-Est qu'à proximité d'Altkirch.

Les ouvrages localisés sur la fracture de Hagenthal et dans la vallée de la Largue sont les moins atteints par la présence de nitrates.

La même observation peut être faite pour l'atrazine et la déséthylatrazine, rencontrés dans certains ouvrages, avec des teneurs pouvant dépasser les normes de potabilité. Le rapport entre atrazine et déséthylatrazine est de l'ordre de 0,25 dans le secteur de Dannemarie/Altkirch (quatre ouvrages avec des valeurs proches) et

atteint 0,7 dans le secteur de Wentzwiller (un seul ouvrage renseigné). La première valeur indique une dégradation a priori plus forte que celle constatée dans les cailloutis, avec un rapport moyen de 0,56.

Ces résultats montrent que l'aquifère de la molasse peut ne pas être préservé des pollutions anthropiques.

En ce qui concerne l'arsenic, sa présence est très sporadique, avec 3 ouvrages où le paramètre a été décelé. Seul un ouvrage situé à Ranspach présente une valeur élevée et anormale de 28 µg/l (N° 4457X0060).

4.4 Vulnérabilité

4.4.1 Vulnérabilité intrinsèque

La vulnérabilité intrinsèque des eaux souterraines contenues dans la molasse est liée à leur contexte naturel, comme pour les cailloutis du Sundgau. Elle peut être liée à :

- La faible épaisseur des strates perméables qui ne permet pas de dilution importante des pollutions éventuelles ;
- La faible profondeur de l'eau souterraine, qui ne permet pas une filtration suffisante des polluants, ce paramètre étant particulièrement sensible dans les secteurs où la molasse est affleurante ;
- La participation éventuelle de fractures ouvertes où la circulation d'eau est rapide.

La protection naturelle des eaux souterraines peut être liée à :

- La présence de formations de surface imperméables qui évitent les infiltrations directes vers la nappe ;
- La présence de formations de surface peu perméables qui permettent une filtration des polluants éventuels épandus en surface ;
- Une occupation des sols peu anthropisée (forêts par exemple).

La protection existante pour l'aquifère sus-jacent des cailloutis bénéficiera de la même façon aux strates aquifères de la molasse (voir chapitre 3.5).

4.4.2 Vulnérabilité anthropique

La vulnérabilité des eaux souterraines sera consécutive à l'occupation des sols en surface. Pour un captage, c'est l'occupation des sols de son bassin d'alimentation qui génèrera les risques de contamination. Cette vulnérabilité sera la même que celle décrite pour les cailloutis (voir chapitre 3.5).

RSt1414a/A21242/CSTZ080823	
LD - StB	
27/03/09	Page : 33

5 Synthèse

L'étude réalisée a permis de faire la synthèse de la connaissance actuelle sur les deux aquifères principaux du Sundgau : les cailloutis et la molasse alsacienne.

Les cailloutis du Sundgau sont assez bien connus dans leur ensemble. Localement cependant, certaines zones manquent de renseignements. Les données qui restent peu documentées sont récapitulées ci-après :

- Le substratum marneux est essentiellement connu par l'intermédiaire de prospections géophysiques réalisées dans les années 1960, les informations issues des sondages renseignés dans la Banque de données du BRGM confirmant les grandes lignes. L'aval des secteurs Thalbach et Largue sont encore mal connus pour ce paramètre.
- L'épaisseur des cailloutis est mal renseignée dans le secteur Nord et manque d'informations au cœur des autres secteurs.
- La transmissivité est connue à partir des essais de pompage réalisés dans les forages AEP. Les zones où ces forages sont absents ne disposent donc d'aucune valeur.
- La piézométrie a été reconnue par quelques campagnes de mesures dans certains secteurs ciblés. Les fluctuations sont par contre pratiquement inconnues, aucun suivi régulier caractéristique n'étant actuellement disponible.
- La qualité est le paramètre le mieux connu, par les campagnes d'analyses réalisées par l'Agence de l'Eau et la Région Alsace et qui couvre l'ensemble du Sundgau.

L'analyse des informations disponibles a permis de mettre en évidence les secteurs potentiellement les plus favorables à une sollicitation pour de l'eau potable.

La molasse alsacienne, et particulièrement son potentiel aquifère, est mal connue du fait de sa prospection réduite pour les besoins en eau. L'analyse des données existantes et en particulier la thèse de Stéphane Roussé (Architecture et dynamique des séries marines et continentales de l'Oligocène moyen et supérieur du Sud du Fossé Rhénan – Stéphane Roussé – octobre 2006) a permis de préciser les connaissances actuelles. Les zones où la probabilité de présence est la plus forte ont ainsi été recensées.

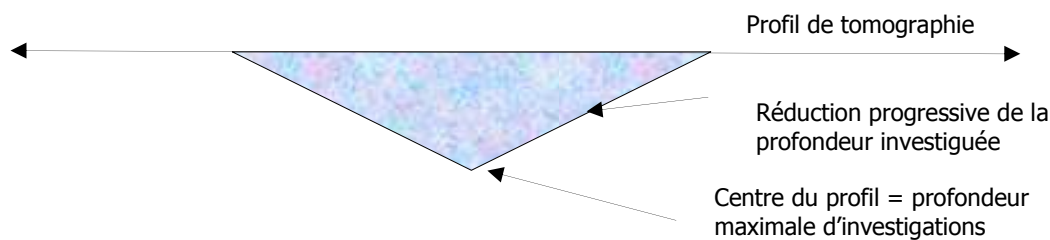
La poursuite de l'étude est fondée sur la réalisation de prospections géophysiques sur des zones reconnues comme intéressantes dans le cadre de cette première phase. Leur extension totale est prévue sur une superficie comprise entre 5 et 20 km² et le nombre de zones est à définir, entre 2 et 10.

6 Prospection géophysique

La méthode géophysique qui a été retenue correspond à la tomographie électrique. Cette méthode permet de localiser les anomalies de résistivité des terrains qui peuvent être générées par des contacts lithologiques de formations contrastées et permet de mettre en évidence par exemple des strates sableuses sous-jacentes à des strates argileuses. Les investigations sont réalisées en panneaux, sur des profondeurs à choisir et sur les longueurs souhaitées. Plus la profondeur est importante, plus le volume d'investigations est vaste et donc le résultat moins précis. D'une manière générale, l'épaisseur des anomalies qui peuvent être décrites est de l'ordre de 10 % de la profondeur d'investigations (épaisseur minimale de 5 mètres pour une profondeur d'investigation de 50 mètres).

La profondeur d'investigation est maximale au milieu du profil et décroît en s'éloignant du centre. C'est pourquoi il est nécessaire d'augmenter de 30 % la profondeur d'investigations souhaitée afin d'obtenir un résultat sur cette profondeur sur l'ensemble du profil.

RSt1414a/A21242/CSTZ080823	
LD - StB	
27/03/09	Page : 34



C'est l'interprétation des profils qui permet de tracer des coupes géologiques. Cette interprétation est fiabilisée si les investigations par panneaux sont précédées d'un sondage électrique dans une zone connue afin de caler les résultats de résistivités avec la lithologie locale.

Enfin, les résultats peuvent être confortés par des tests ponctuels de résonance magnétique, cette méthode permettant de préciser si les anomalies constatées sont ou non liées à la présence d'eau.

L'étude prévoit la sélection d'une zone test afin de valider la méthode retenue. Le test sera composé des investigations suivantes : 3 profils de tomographie croisés afin de pouvoir corréliser les informations, complétés d'un sondage électrique de calage et de quelques sondages de résonance magnétique. Les caractéristiques du test seront les suivantes :

- une profondeur d'investigation de l'ordre de 100 mètres sur la majorité du profil (150 mètres au centre),
- un espacement des électrodes de 10 mètres,
- une longueur totale de profils de 3 000 mètres, répartis en 3 profils croisés,
- un sondage électrique de calage à proximité d'un forage ayant rencontré de la molasse alsacienne productive,
- une réalisation en 2 temps avec 2 profils en croix interprétés immédiatement et un troisième profil parallèle à l'un des précédents, choisi selon l'axe des chenaux qui aura pu être mis en évidence au cours de l'interprétation.
- 1 journée de sondages de résonance magnétique dans les secteurs apparaissant favorables sur les profils de tomographie, afin de vérifier si les bancs de sables sont aquifères.

6.1 Sélection de la zone test

Le test de géophysique doit permettre de valider la méthode retenue. La localisation de la zone test est proposée en analysant les critères suivants :

- Deux aquifères différents font l'objet de cette étude. Dans ces conditions, le test de validation devrait concerner les deux aquifères. L'analyse faite au cours de l'étude montre cependant que d'une manière générale une recherche en eau serait intéressante dans la molasse quand elle ne l'est pas dans les cailloutis. La prospection simultanée des deux aquifères ne se justifie que dans le cadre d'un test.
- Le but de l'étude étant la recherche d'eau, il est préférable de tester un secteur où la présence d'eau est avérée, en particulier dans la molasse.
- L'interprétation de la géophysique est améliorée quand il existe un sondage de référence qui permet de corréliser les résultats géophysiques aux observations lithologiques. Un sondage disposant d'une description lithologique des aquifères doit donc se situer à proximité de la zone.

RSt1414a/A21242/CSTZ080823	
LD - StB	
27/03/09	Page : 35

- Parmi les deux aquifères étudiés, la molasse est le moins bien connu et le plus difficile à prospecter en raison de sa profondeur plus importante. En conséquence, la reconnaissance de cet aquifère par un forage de référence sera privilégiée.
- La molasse alsacienne peut atteindre des profondeurs importantes et la prospection dans un but de recherche en eau peut nécessiter des investigations sur 100 mètres de profondeur. Le test devrait être suffisamment profond pour vérifier les réponses à ces niveaux.

Secteurs Ouest Largue

Parmi les ouvrages de la base de données, 5 ouvrages sont désignés comme ayant atteint la molasse dont seulement un à une profondeur supérieure à 50 mètres.

Il s'agit de l'ouvrage n° 0444X0046 dont la profondeur atteint 184 mètres. Les formations correspondant aux cailloutis sont décrites sur les 10 premiers mètres et précèdent des marnes du Stampien jusqu'à 159 mètres de profondeur. Les formations gréseuses productrices sont rencontrées entre 159 et 184 mètres. **Elles sont situées trop profondément pour pouvoir être investiguées lors du test de calage de géophysique, prévu sur 150 mètres maximum.**

Secteur Est Largue

Parmi les ouvrages de la base de données, 4 ouvrages sont désignés comme ayant atteint la molasse et possédant une profondeur supérieure à 50 mètres. Aucun de ces ouvrages n'est décrit comme traversant les formations des cailloutis. Les informations suivantes sont disponibles :

- le piézomètre **04444X0109**, d'une profondeur de 59,5 mètres atteint les formations de type molasse à partir de 15,85 mètres. Elles sont caractérisées par la présence d'alternance de marnes et de sables puis de grès sur le dernier mètre. Le niveau piézométrique est donné à 39,5 mètres de profondeur.
- Le forage **04444X129**, exploité par la commune de Carspach, décrit des marnes gréseuses de 30 à 67,5 mètres, surmontant des marnes plus ou moins indurées de 67,5 à 130 mètres de profondeur. Le niveau d'eau est noté à 30 m de profondeur. Les formations de surface correspondent à des argiles et une strate de sable marneux de 19 à 22,5 mètres.
- Les forages **04455X0021 et 04455X0024**, réalisés dans le cadre de prospection pétrolière à des profondeurs respectives de 402,9 et 747,7 mètres traversent des formations lœssiques sur les dix premiers mètres puis l'horizon de la série grise dite de Pechelbronn constituée de « Schistes à Melettes ». Aucune présence d'eau n'a été signalée au droit de ces forages.
- Le piézomètre **04444X0153** d'une profondeur de 35 mètres est caractérisé par la présence d'une couverture lœssique jusqu'à 2,75 mètres puis d'une alternance de sables et grès jusqu'à 32,65 mètres et enfin de formations décrites comme appartenant à la molasse alsacienne jusqu'à 35 m. Le niveau d'eau est donné à environ 9 m mètres. Cependant cet ouvrage n'est pas assez profond pour envisager de le conserver pour le calage des tests géophysiques.
- Le forage **04761X122** exploité par la commune de Mooslargue décrit des cailloutis sur 14 mètres d'épaisseur. Ils sont cependant attribués au Stampien dans l'interprétation stratigraphique. Les terrains sous-jacents sont décrits comme une succession d'alluvions et d'argile de 14 à 71 mètres, puis de calcaire, de sables, d'argiles et de graviers jusqu'à 85 mètres de profondeur.

Parmi ces ouvrages, la description qui en est faite est peu caractéristique dans le forage N° 4761X0122, avec en particulier une strate de calcaire (75 à 76 mètres) et une strate de graviers et gros galets en eau (80 à 85 mètres). Cet horizon pourrait éventuellement être rattaché au faciès des Meeressands décrits au Sud du Sundgau et contemporains de la base de la série grise. Le but étant de caractériser la réponse de la molasse dans une prospection par tomographie électrique, il est préférable de privilégier un faciès plus fréquemment rencontré.

Aucun des forages qui décrivent convenablement la molasse ne permet de décrire simultanément les cailloutis, et cette formation n'est pas décrite dans des ouvrages indépendants suffisamment proches des premiers.

RSt1414a/A21242/CSTZ080823	
LD - StB	
27/03/09	Page : 36

Secteur Thalbach

Les ouvrages qui concernent la molasse ont été réalisés en général dans la partie située à l'Est du secteur d'étude, au droit des anciennes terrasses alluviales du Rhin, les zones reconnues comme productives étant rencontrées au Sud (secteurs de Hagenthal et Wentzwiller).

Parmi les ouvrages renseignés dans la base de données 10 sont désignés comme ayant atteint la molasse dans ce secteur à une profondeur supérieure à 50 mètres. Cependant ils sont majoritairement situés en limite extérieure du secteur des cailloutis et ne permettent pas la description de cette formation.

Les informations recueillies sont les suivantes :

- Le sondage **04451X205**, d'une profondeur de 90 m est décrit comme atteignant des formations gréseuses à partir de 8 mètres, avec une coupe cependant peu détaillée. Par ailleurs, aucune information sur la présence d'eau n'est disponible ;
- Le forage **04457X0065** d'une profondeur de 191 m est décrit comme atteignant des calcaires gréseux fracturés entre 39 et 41,5 mètres. Cette épaisseur est trop faible pour être « visible » lors des tests de géophysique ;
- Les forages **04453X0098** et **04453X0108** d'une profondeur respective de 100 m et de 90 m présentent des variations de faciès lithologiques caractéristiques de la molasse alsacienne. Cependant aucune description des cailloutis n'est mentionnée sur les coupes lithologiques et la quantité d'eau produite par les ouvrages est très faible et ne permet pas leur exploitation pour de l'alimentation en eau potable ;
- Les sondages **04764X0033** et **04764X0034** d'une profondeur de 130 m chacun présentent également des variations de faciès lithologiques caractéristiques de la molasse alsacienne. Le niveau d'eau décrit uniquement pour le forage 04764X0034 est de 20,72 m. Aucune description des terrains du pliocène n'est donnée. Ces ouvrages sont situés à proximité d'une fracture qui contribue très probablement à leur alimentation ;
- Les sondages **04764X0020** et **04764X0032** d'une profondeur respective de 50 et 130 m décrivent la présence de molasse alsacienne. Ils sont situés sur un champ de fractures ce qui pourrait expliquer la présence d'un niveau d'eau artésien ;
- Les forages **04458X0089** et **04458X0128** d'une profondeur respective de 75 m et 55 m traversent un banc gréseux de 3 à 11 m d'épaisseur. Cependant l'absence de marnes sableuses est notée sur les coupes lithologiques. Le niveau piézométrique est égal à 7 m au droit des deux ouvrages.

Les ouvrages situés dans le secteur de Hagenthal semblent être influencés par la présence de fractures (niveau artésien). Le choix de ce secteur pour le calage des résultats du test de géophysique ne semble pas approprié en raison de ce caractère atypique.

Synthèse

Les données disponibles auprès de la base de données montrent qu'il n'existe pas d'ouvrage permettant la description simultanée des cailloutis et de la molasse alsacienne (marnes, marnes sableuses et grès fracturés) d'une profondeur supérieure à 50 mètres et témoignant d'une productivité intéressante.

Compte tenu de ces observations le secteur de Carspach a été proposé et retenu pour le test géophysique, selon les critères suivants :

- La zone située à proximité du forage AEP n°04444X0129 qui dispose d'une bonne description lithologique caractéristique de la molasse, sur une profondeur de 130 mètres et qui est producteur. Il peut donc être utilisé comme ouvrage de référence.
- L'absence de cailloutis reconnus sera compensée par la description de cette formation existante plus à l'Ouest, dans le secteur de Ballersdorf où des prospections géophysiques ont déjà été réalisées en surface en 2006 (rapport N° 6806-0218 du bureau d'études IMS RN). Les extraits du rapport concernant la prospection géophysique sont joints en annexe 8.

RSt1414a/A21242/CSTZ080823	
LD - StB	
27/03/09	Page : 37

6.2 Réalisation du test

Le test de géophysique a été réalisé par l'entreprise TERRATEC les 14, 16 et 23/10/2009, conformément aux caractéristiques décrites au chapitre 6 :

- Trois profils de tomographies électriques T1 à T3 sur un linéaire total de 3 010 m (respectivement 790 m pour les profils T1 et T2 et 1430 m pour le profil T3), selon deux orientations perpendiculaires (globalement Est/Ouest pour T1 et Nord/Sud pour T2 et T3),
- Un sondage électrique de calage à proximité du forage AEP de Carspach,
- Deux sondages de résonance magnétique MRS1 à proximité du forage de Carspach et MRS2 au droit du profil de tomographie T1.

Les résultats obtenus ont fait l'objet de deux rapports détaillés du bureau d'étude de géophysique TERRATEC, joint en annexe 9 et sont synthétisés ci-après.

6.2.1 Prospection électrique

La prospection électrique reproduit bien la succession de terrains rencontrés dans le Sundgau avec principalement de haut en bas (voir annexe 9 ou figure de synthèse dans le texte) :

- Des strates peu épaisses de surface à résistivité élevée et potentiellement aquifères sur une épaisseur maximale de 20 mètres. L'interprétation assimile ces strates aux formations meubles de surface telles que les loess, les éboulis, les alluvions et les cailloutis du Sundgau.
- Des formations à faible résistivité sur une épaisseur de l'ordre de 30 à 40 mètres. L'interprétation assimile cette réponse au faciès de marnes argileuses de la molasse alsacienne.
- Des formations à résistivité élevée et potentiellement aquifères, d'une épaisseur de l'ordre de 40 mètres. L'interprétation assimile cette réponse au faciès de marnes gréseuses de la molasse alsacienne.
- De nouveau des formations à faible résistivité sous-jacentes, assimilées au faciès de marnes argileuses de la molasse alsacienne ou aux marnes bariolées de l'Oligocène.

Dans le profil T1, orienté Est Nord-Est/Ouest Sud-Ouest, cette succession est linéaire, relativement homogène. Les profils T2 et T3, orientés globalement Nord/Sud, montrent une succession plus hétérogène, avec des secteurs anormaux par rapport à la logique décrite et des zones de surépaisseur. Cette différence pourrait être en relation avec des conditions de dépôts localement orientées selon un axe plutôt Est/Ouest.

Les trois profils confirment les variations latérales rapides reconnues dans les marnes de la molasse alsacienne et signalées suite à l'analyse documentaire. Elles peuvent être liées soit à des variations latérales de faciès, soit à des fractures.

Les discontinuités ont été interprétées de manière privilégiée comme des zones de fractures. Les marnes apparaissent ainsi fortement fracturées, avec des accidents généralement de faible rejet, peu symptomatique en surface et de ce fait non reconnus sur la carte géologique.

Du point de vue hydrogéologique, la prospection électrique met en évidence la présence de strates potentiellement aquifères confinées sous des formations peu perméables, entre 30 et 50 m de profondeur. Leur extension est cependant toujours limitée latéralement par des faciès moins conducteurs. Cet aspect confirme l'importance de la fracturation dans l'intérêt de la molasse alsacienne pour la production d'eau : les réservoirs sablo-gréseux risquent d'être généralement peu étendus.

Selon les résultats, une zone plus étendue peut être observée sur le profil T1 sur 300 mètres de linéaire, qui peuvent être recoupés avec le même type de formations observées sur le profil perpendiculaire T3. Sur la base des seuls profils de tomographie ce secteur serait le plus intéressant à prospecter.

RSt1414a/A21242/CSTZ080823	
LD - StB	
27/03/09	Page : 38

6.2.2 Prospection par résonance magnétique

La prospection par résonance magnétique permet d'approcher la porosité et la perméabilité des terrains testés et donc de vérifier l'intérêt réel quand à la recherche en eau des formations reconnues comme potentiellement favorables par la prospection électrique.

Pour le test, un sondage de référence MRS1 a été réalisé à proximité du forage de Carspach. Un second sondage MRS2 a été réalisé dans la zone reconnue comme potentiellement favorable, entre les profils de tomographie T1 et T3.

Les résultats obtenus sont illustrés dans le rapport de TERRATEC en annexe 9.

Sondage MRS1 à proximité du forage de Carspach

Deux niveaux aquifères sont mis en évidence, ce qui est cohérent avec les résultats de la prospection électrique. Leur porosité est similaire, de 1,2 à 3,8%. L'aquifère supérieur, entre 6 et 20 mètres de profondeur, présente une bonne perméabilité de l'ordre de 100 m/jour (1.10^{-3} m/s). L'aquifère inférieur de 40 à 70 mètres de profondeur, présente une perméabilité plus réduite de 3,4 m/jour (4.10^{-5} m/s). Ce résultat est cohérent avec les données de l'essai de pompage du 13/07/02 réalisé dans le forage de Carspach qui a permis de calculer une perméabilité de 1,1 à 2,7 m/jour ($1,2$ à $3,1.10^{-5}$ m/s).

Sondage MRS2 entre les profils T1 et t3

Deux niveaux aquifères sont là aussi mis en évidence avec une porosité de 1 à 4% entre 5 et 20 mètres de profondeur et de 0,5% entre 40 et 70 mètres de profondeur. La perméabilité est elle aussi très variable, avec 20 m/jour ($2,3.10^{-4}$ m/s) pour l'aquifère de surface et de 0,4 m/jour ($4,6.10^{-6}$ m/s) pour l'aquifère inférieur.

Ces résultats permettent de constater la différence de réponse très nette de terrains pourtant comparables selon la résistivité. La zone potentiellement favorable selon la prospection électrique apparaît d'un intérêt limité pour la recherche en eau : l'eau est bien présente mais la perméabilité des terrains ne permet pas d'espérer un débit important, sauf apport d'une fracture productrice d'extension limitée et donc non perceptible lors de la prospection.

6.2.3 Synthèse du test de prospection géophysique

Le test de prospection géophysique réalisé dans le secteur du forage AEP de Carspach apporte les enseignements suivants :

- La prospection électrique reproduit bien la succession lithologique du Sundgau et l'existence de strates potentiellement aquifères confinées sous des formations peu perméables,
- Les variations latérales dans la molasse sont rapides et nombreuses ce qui réduit l'extension des strates intéressantes et confirme l'importance de la fracturation dans la production d'eau de la molasse alsacienne pour certains ouvrages,
- Cette forte hétérogénéité confirme l'intérêt d'une prospection en deux temps telle que réalisée au cours du test : d'abord deux profils croisés permettant de mettre en évidence l'orientation la plus utile à prospecter, puis les autres profils en parallèle à l'orientation sélectionnée,
- Compte tenu des variations rapides observées, il est important de réaliser des profils avec un éloignement réduit, afin de pouvoir les corrélérer entre eux en limitant les risques d'omission,
- Le complément par résonance magnétique apparaît très important avec une réponse très différente pour des terrains potentiellement favorables selon la prospection électrique,
- La prospection combinée des 2 méthodes permet de privilégier la ou les zones potentiellement favorables du point de vue électrique (présence possible d'un réservoir et/ou de fractures) et de confirmer son intérêt du point de vue hydrogéologique (présence d'eau). Si la production d'eau est principalement consécutive à une fracturation isolée et peu étendue et non à un réservoir ou une

RSt1414a/A21242/CSTZ080823	
LD - StB	
27/03/09	Page : 39

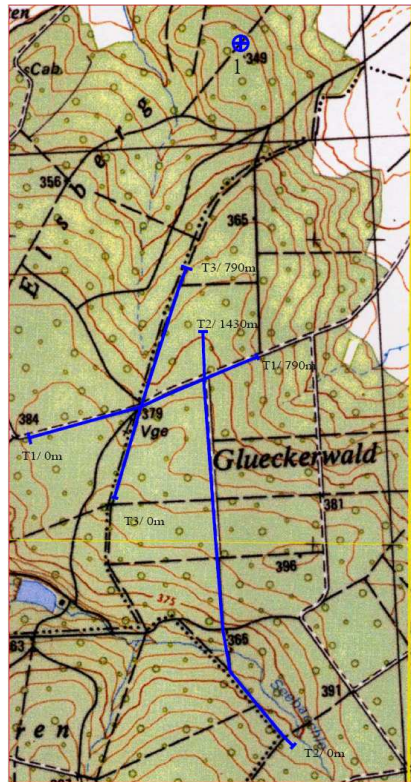
zone fracturée, les accidents pourront être interprétés par la prospection électrique, mais la présence d'eau pourra être sous estimée par la résonance magnétique,

- Dans le cadre de recherches en eau locales, les variations latérales rapides de la molasse confirmées par les résultats de ce test, imposent la nécessité d'une étude spécifique de recherche en eau avant de réaliser des investigations géophysiques ciblées.

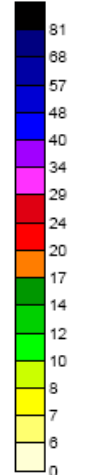
Pour la prospection envisagée sur les zones à sélectionner, les résultats de ce test incitent à proposer les adaptations suivantes par rapport au programme actuel :

- Il est préférable de limiter le nombre de zones à prospecter et d'augmenter le nombre de profils par zone,
- Les sondages de résonance magnétique apparaissent très importants dans le diagnostic. Le test a permis de constater que pour ces profondeurs d'investigations dans le secteur d'étude, une journée en moyenne sera nécessaire pour un sondage. Il paraît utile de privilégier ce type d'investigation pour les zones concernées par la molasse.

RSt1414a/A21242/CSTZ080823	
LD - StB	
27/03/09	Page : 40



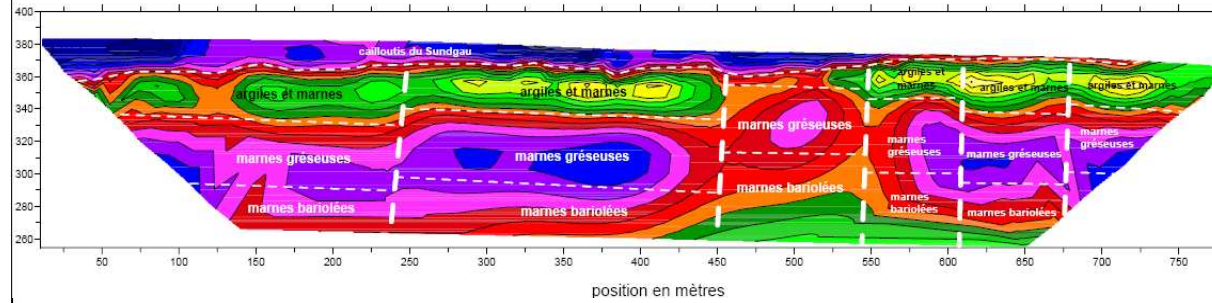
résistivité
(Ohm*m)



WSW

Carspach Profil 1

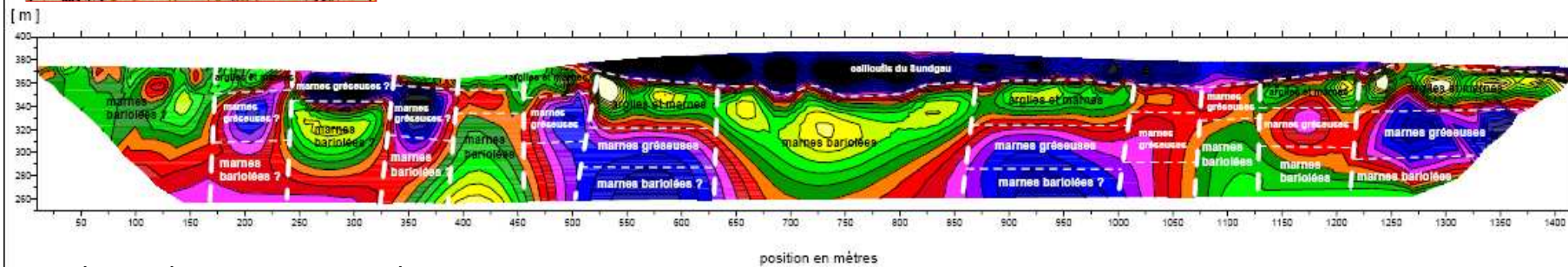
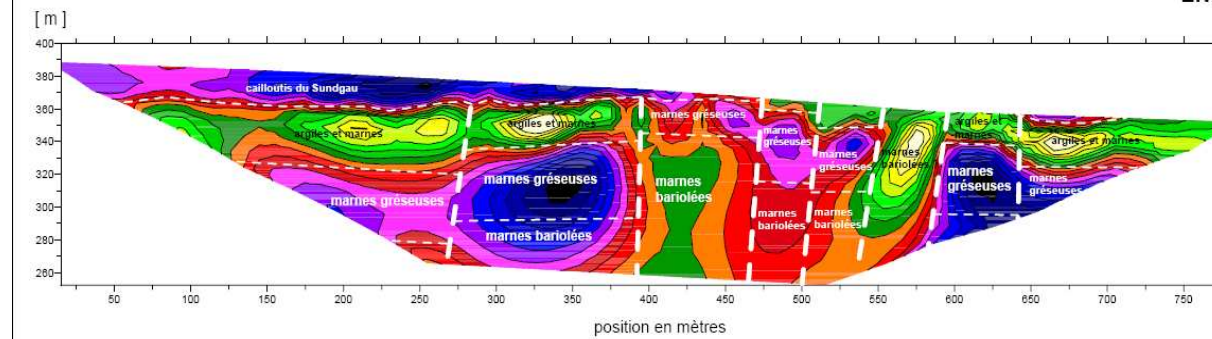
ENE



WSW

Carspach Profil 3

ENE



Synthèse des résultats de tomographie électrique

RSt1414a/A21242/CSTZ080823	
LD - StB	
27/03/09	Page : 41

6.3 Pré-sélection des zones à prospecter

Les zones à prospecter préférentiellement sont celles qui ont été mises en évidence comme potentiellement intéressantes du point de vue de la production d'eau potable dans le cadre de cette première phase d'étude.

Pour l'aquifère des cailloutis, ces zones sont sélectionnées en analysant les critères suivants :

- Eau de qualité compatible avec une utilisation pour l'eau potable ; ce critère conduit à favoriser les secteurs de la Largue et de l'Ouest Largue (Fig. 10 à 12), ou la partie amont du secteur Thalbach.
- Surépaisseur des cailloutis ; ce critère conduit à favoriser le centre du secteur de la Largue et le centre et le Nord du secteur de l'Ouest Largue (Fig. 5).
- Transmissivité favorable ; ce critère n'est pas suffisamment renseigné pour être pertinent en particulier s'il est considéré isolément.
- Débits fournis favorables ; ce critère est peu renseigné en particulier pour les forages. Certaines zones ont cependant présenté des débits particulièrement importants pour être intéressants à analyser, essentiellement dans le secteur Largue, éventuellement en relation avec de la fracturation.
- Zones où la géométrie de l'aquifère est mal connue, la géophysique permettant ainsi de compléter la couverture du domaine d'étude ; ce critère conduit à favoriser la partie Nord des secteurs du Thalbach et de la Largue et la partie centrale du secteur Ouest Largue (Fig. 3 et 5).

Les zones de prospection proposées sont illustrées en figure 24 :

- Zone C1, dans le secteur Largue. Zone de surépaisseur, avec des ouvrages dépassant 30 m de profondeur dans les cailloutis.
- Zone C2, dans le secteur Ouest Largue, pendant du secteur C1, sur la rive opposée de la Largue. zone de surépaisseur, avec des ouvrages dépassant 30 m de profondeur dans les cailloutis.
- Zone C3, dans le secteur Ouest Largue. zone de surépaisseur, avec des ouvrages dépassant 20 m de profondeur dans les cailloutis.
- Zone C4, dans le secteur Largue. Zone de débits importants, voir anormaux dans le contexte. La prospection devrait recouper les zones de fractures.
- Zone C5, dans le secteur Ouest Largue. Zone de débits importants, voir anormaux dans le contexte.
- Zone C6, dans le secteur Largue. Zone de forte épaisseur mais avec un doute sur l'attribution aux cailloutis de la formation rencontrée.

Pour l'aquifère de la molasse alsacienne, ces zones sont sélectionnées en analysant les critères suivants :

- Absence de cailloutis ou caractéristiques des cailloutis sus-jacents défavorables à une exploitation pour de l'eau potable ; ce critère conduit à privilégier les secteurs Thalbach et Nord.
- Présence supposée du faciès molasse ; ce critère conduit à privilégier les secteurs Sud-Est et de Dannemarie, mais aussi le Nord de Ferette (Fig. 17).
- Présence d'une zone d'alimentation possible de l'aquifère ; ce critère conduit à privilégier les secteurs proches de fractures ou de rivières.
- Validation de la participation des fractures à la présence des faciès aquifères. Un découpage en panneaux successifs est possible dans la molasse, en relation avec les fractures existantes. Ces accidents ont pu contribuer à isoler des compartiments où les faciès à tendance aquifère se sont maintenus ou ont été érodés. Ces discontinuités pourraient alors expliquer la faible productivité de certains secteurs. Une validation de cette hypothèse permettrait de sélectionner de manière moins

RSt1414a/A21242/CSTZ080823	
LD - StB	
27/03/09	Page : 42

arbitraire les zones susceptibles de fournir de l'eau. Ce critère conduit à privilégier le secteur équivalent du Thalbach pour les cailloutis.

Les zones de prospection proposées sont illustrés en figure 24 :

- Zone M1, dans le secteur du Thalbach, où la molasse est susceptible d'être moins aquifère ou moins alimentée, suite à un jeu de fractures. La prospection devrait recouper les fractures. Par ailleurs, il serait utile de la coupler avec un des piézomètres prévus, afin de vérifier la cote du toit de la molasse, à mettre en parallèle avec les cotes des secteurs productifs connus, au Sud-Est et vers Dannemarie.
- Zone M2, dans la vallée de la Largue. Zone d'alimentation possible de la molasse par les infiltrations de la rivière. Les bancs productifs sont rencontrés à de grandes profondeurs dans le secteur. Au droit de la vallée, cette profondeur doit être plus réduite, les formations supérieures ayant été entaillées par la rivière.
- Zone M3, dans la vallée de l'Ill. Zone d'alimentation possible de la molasse par les infiltrations de la rivière. Zone de présence possible selon la Thèse de Stéphane Roussé.
- Zone M4, dans le secteur de la Largue. Pendant de la zone de prospection C4 proposée dans les cailloutis. Les fractures susceptibles d'influencer la productivité des cailloutis peuvent avoir le même type d'influence sur les formations sous-jacentes de la molasse.
- Zone M5, dans le secteur Ouest Largue. Pendant de la zone de prospection C5 proposée dans les cailloutis. Les fractures susceptibles d'influencer la productivité des cailloutis peuvent avoir le même type d'influence sur les formations sous-jacentes de la molasse.
- Zone M6, dans le secteur de la Largue. Proche de la zone de prospection C6 proposée dans les cailloutis. Une partie des strates attribuées aux cailloutis pourraient appartenir à la molasse. Par ailleurs, le faciès de la molasse semble différent localement, avec de gros galets aquifères mentionnés en profondeur vers Mooslargue.
- Zone M7, au Nord-Est. Zone d'affleurement de la molasse. Peu d'informations disponibles dans ce secteur. Zone de présence possible selon la thèse de Stéphane Roussé.

Le tableau 12 récapitule les zones à privilégier en fonction des critères de sélection utilisés.

Le programme prévoit actuellement un maximum de 20 km² de zones à prospector avec au total 40 km de profils de tomographie et 1 journée de sondages de résonance magnétique (RMP) par groupe de 5 zones de 2 km², soit en moyenne 1 à 2 sondages RMP par jour.

Pour respecter ce programme, toutes les zones proposées ne pourront pas faire l'objet d'investigations et un choix doit être effectué. Dans ce but, quelques principes méritent d'être soulignés afin d'éclairer cette sélection :

- L'étude réalisée est une étude globale, à l'échelle de l'ensemble de la région du Sundgau, dans le but de mieux connaître les aquifères des cailloutis et de la molasse. Elle ne peut en aucun cas se substituer à une étude spécifique et locale de recherche en eau. Le choix des secteurs de recherche ne doit donc pas se faire dans un objectif trop localisé mais afin d'améliorer la connaissance des aquifères concernés.
- Le test réalisé et décrit au chapitre 6.2. a mis en évidence la très forte variabilité des faciès de la molasse, cette hétérogénéité ayant déjà été évoquée dans le cadre de l'analyse documentaire. De ce fait, des zones de prospection d'extension trop réduite seront peu caractéristiques de l'aspect global de l'aquifère.

Selon ces principes, les zones privilégiées proposées sont les suivantes, avec le minimum d'investigations à envisager pour apporter des informations utiles. Les profils sont proposés en tenant compte des chemins indiqués sur les cartes topographiques et devront être adaptés au contexte réel sur site.

Pour la molasse, les secteurs où les cailloutis ne seront pas exploitables ont été retenus. La zone M1 apparaît particulièrement importante (voir ci-dessus). Une prospection géophysique minimale adaptée au but recherché et respectant les quantités envisagées peut être proposée :

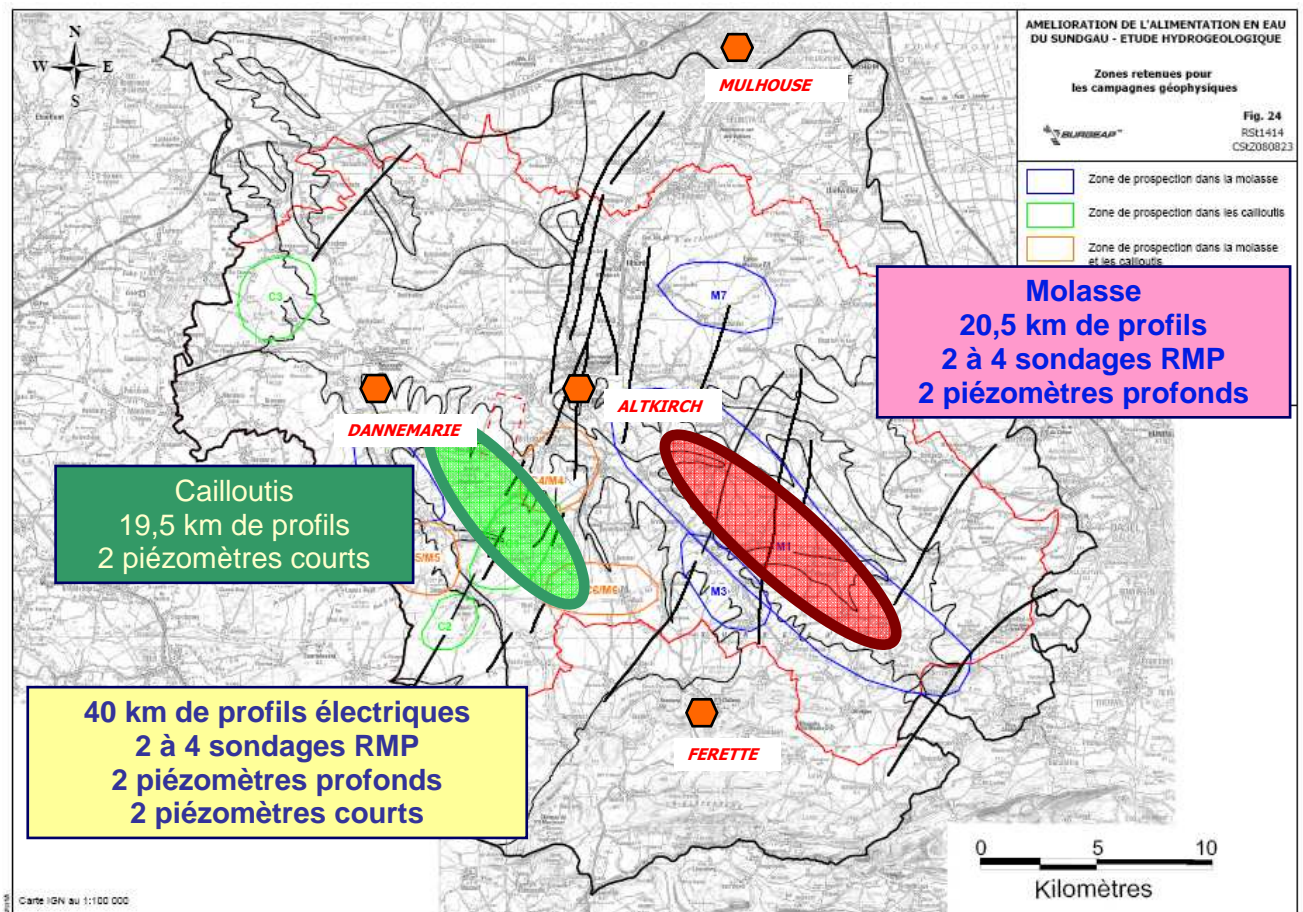
RSt1414a/A21242/CSTZ080823	
LD - StB	
27/03/09	Page : 43

- 1 profil principal Ouest/Est,
- 1 profil secondaire parallèle,
- 1 profil transversal,
- 2 jours de sondages RMP (2 ou 4 sondages), de part et d'autre des zones de fractures, en fonction des résultats obtenus par la prospection électrique,
- 2 piézomètres profonds, en fonction des résultats obtenus par la prospection géophysique.

Pour les cailloutis, le secteur Est Largue a été retenu afin de vérifier le pendage du mur des cailloutis sur l'ensemble de la zone des dépôts et la continuité de l'aquifère.

- 1 profil principal Nord/Sud,
- 1 profil secondaire parallèle,
- 2 profils transversaux,
- 2 piézomètres courts en fonction des résultats obtenus par la géophysique.

Au total, ces investigations couvrent 40 km de profils tomographiques et totalisent 2 jours de sondages de résonance magnétique (soit 2 à 4 sondages selon le contexte). Ce choix est proposé en tenant compte de l'ensemble des informations recueillies et des critères de sélections évoqués.



RSt1414a/A21242/CSTZ080823	
LD - StB	
27/03/09	Page : 44

Tableau 12 : synthèse des zones de prospection proposées

Zone	Localisation	Justification	Remarques	Prospection proposée
C1	Centre du secteur Largue	Vérification du pendage et de la continuité	Zone modifiée, centrée sur le secteur Largue	Profils tomographie : 17 km Piézomètres : 2 superficiels
C2	Centre du secteur Ouest Largue	Surépaisseur		
C3	Nord du secteur Ouest Largue	Surépaisseur		
C4	Secteur Largue	Forts débits. Relation possible avec fractures		
C5	Secteur Ouest Largue	Forts débits. Relation possible avec fractures		
C6	Sud du secteur Largue	Doute sur l'épaisseur et débits élevés		
M1	Secteur Thalbach	Validation de l'hypothèse de la relation fractures/faciès aquifères		Profils tomographie : 23 km Sondages RMP : 2 à 4 Piézomètres : 2 profonds
M2	Vallée de la Largue	Alimentation possible par les infiltrations de la rivière et zones productives existantes à proximité		
M3	Vallée de l'III	Alimentation possible par les infiltrations de la rivière		
M4	Secteur Largue	Pendant du secteur C4 dans les cailloutis. Forts débits éventuellement en relation avec les fractures.		
M5	Secteur Ouest Largue	Pendant du secteur C5 dans les cailloutis. Forts débits éventuellement en relation avec les fractures.		
M6	Sud du secteur Largue	Proche du secteur C5 des cailloutis. Doubte sur l'attribution des formations aux cailloutis et faciès particulier de la molasse, avec gros galets producteurs.		
M7	Nord-Est	Peu d'informations sur le secteur		

RSt1414a/A21242/CSTZ080823

LD - StB

27/03/09

Page : 45

FIGURES - Voir volume 2

RSt1414a/A21242/CSTZ080823	
LD - StB	
27/03/09	Page : 46

ANNEXES - Voir volume 2

RSt1414a/A21242/CSTZ080823	
LD - StB	
27/03/09	Page : 47