

Etat initial et diagnostic du SAGE de la nappe des GTI Synthèse des données hydrogéologiques existantes

BRGM/RP-61377-FR

Juillet 2012

D. Nguyen-Thé

Étude réalisée dans le cadre des opérations de Service public 12EAUK04 du BRGM

Ce document a été vérifié par : S. Ollagnier date : 03/08/2012

Approbateur :

Nom : D. Midot

Date : XX/07/2012

Signature :

Le système de management de la qualité du BRGM est certifié AFAQ ISO 9001:2008.

Mots clés : nappe des grès du Trias inférieur, SAGE, état des lieux, état initial et diagnostic, géologie, hydrogéologie, potentiel géothermique.

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

Nguyen-Thé D. (2012) – Etat initial et diagnostic du SAGE de la nappe des GTI, Synthèse des données hydrogéologiques existantes. Rapport BRGM/RP-61377-FR, 23 p., 12 ill.

© BRGM, 2012, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

Synthèse

Dans le cadre de l'élaboration de l'état initial et du diagnostic appartenant à la séquence de l'état des lieux du Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE) de la nappe des grès du Trias inférieur (GTI) à l'ouest du département des Vosges, l'association La Vigie de l'Eau a sollicité le BRGM pour effectuer la synthèse des données existantes et disponibles qui sont relatives à la géologie, l'hydrogéologie et au potentiel géothermique des aquifères.

Les caractéristiques quantitatives et qualitatives des ressources en eau souterraines qui existent au droit du territoire du SAGE sont ainsi présentées. Les principales nappes sont celles des grès du Trias inférieur et des alluvions de la vallée de la Moselle. La nappe des carbonates du Muschelkalk et de la Lettenkohle, et la nappe des Grès rhétiens, à proximité des affleurements des aquifères, pourraient éventuellement servir de ressources de substitution à la nappe des GTI pour des prélèvements modestes.

Les cartes piézométriques les plus récentes concernant la nappe des GTI, disponibles pour les années 1997 et 2010, sont difficilement comparables du fait qu'elles n'ont pas été tracées en suivant la même méthodologie. Leur mise en regard permet tout de même de montrer, par rapport à 1997, que la surface piézométrique de la nappe des GTI en 2010 était plus basse au sud-ouest de la faille de Vittel dans le secteur de Contrexéville, Dombrot-le-Sec et Suriauville.

Les carbonates du Muschelkalk et de la Lettenkohle, et les grès du Trias inférieur, ont des potentialités d'exploitation géothermique sur nappe intéressantes à proximité de leurs affleurements. Des recommandations restrictives d'exploitation de la nappe des GTI sont cependant formulées puisqu'il existe un déséquilibre entre les prélèvements et l'alimentation de la nappe dans la zone de répartition des eaux du département des Vosges.

Sommaire

1. Introduction	5
2. Géologie et hydrogéologie.....	6
2.1. CONTEXTE GEOLOGIQUE	6
2.2. CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE	7
2.2.1. Les grès du Trias inférieur	7
2.2.2. Les carbonates du Muschelkalk et de la Lettenkohle	10
2.2.3. Les nappes des domaines hydrogéologiques peu ou pas aquifères du Trias supérieur et du Jurassique inférieur.....	11
2.2.4. Les calcaires du Dogger	12
2.2.5. Les alluvions quaternaires	13
2.2.6. Synthèse sur le contexte hydrogéologique du territoire du SAGE.....	14
3. La nappe des grès du Trias inférieur	15
4. Potentiel géothermique	19
5. Conclusion	21
6. Bibliographie	22

Liste des illustrations

Illustration 1 : Lithostratigraphie synthétique des grès du Trias inférieur.....	8
Illustration 2 : Productivité des GTI et qualité des eaux des GTI excepté dans leur partie libre située dans le bassin Rhin-Meuse.....	9
Illustration 3 : Qualité des eaux des carbonates du Muschelkalk et de la Lettenkohle, et productivité	10
Illustration 4 : Qualité des eaux des nappes des domaines du Trias supérieur et du Jurassique inférieur, et productivité.....	12
Illustration 5 : Qualité des eaux des calcaires du Dogger et productivité.	13
Illustration 6 : Qualité des eaux des alluvions et productivité.	14
Illustration 7 : Carte des terrains essentiellement aquifères des masses d'eau souterraine du territoire du SAGE.....	15
Illustration 8 : Evolution des équipotentiels de la nappe des GTI de 1997 à 2010.	17
Illustration 9 : Chroniques piézométriques des ouvrages de surveillance de la nappe des grès du Trias inférieur.....	18
Illustration 10 : Potentiels d'exploitation géothermique sur nappe du territoire du SAGE.	20

Liste des annexes

Annexe 1 : Coupes géologiques	23
-------------------------------------	----

1. Introduction

L'association La Vigie de l'Eau a sollicité le BRGM pour contribuer à élaborer l'état initial et le diagnostic de l'état des lieux du Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE) de la nappe des grès du Trias inférieur (GTI) à l'ouest du département des Vosges.

Le périmètre du SAGE comprend les cantons de Bulgnéville, Charmes, Darney, Dompierre, Lamarche, Mirecourt, Monthureux-sur-Saône et Vittel, et le territoire du SAGE représente 7,8 % de l'extension des grès du Trias inférieur en Lorraine. Il recouvre entièrement la zone de répartition des eaux (ZRE) du département des Vosges où la nappe connaît une surexploitation due au fait que les prélèvements d'eau sont supérieurs à l'alimentation de celle-ci.

Le présent rapport établit la synthèse des données existantes relatives à la géologie, l'hydrogéologie et au potentiel géothermique du territoire du SAGE. Il est rédigé à partir des informations et des données disponibles, et il s'appuie en particulier sur les rapports BRGM dont les références sont fournies dans la partie bibliographique (partie 6).

2. Géologie et hydrogéologie

2.1. CONTEXTE GEOLOGIQUE

Le contexte géologique du territoire du SAGE est constitué par les terrains de l'ère Secondaire de l'extrémité orientale de la grande structure géologique du Bassin de Paris, qui est recouverte par des formations alluviales du Quaternaire et dont l'assise est formée par des roches plutoniques du Primaire. Dans le détail, des formations géologiques les plus anciennes aux plus récentes, il s'agit :

- des granites, gneiss et schistes paléozoïques ;
- des terrains détritiques permien ;
- des grès du Trias inférieur, composés du Grès vosgien, du Conglomérat principal, des Couches intermédiaires et des Grès à *Voltzia* ;
- des grès et marnes du Muschelkalk, avec le Grès coquillier, les Couches rouges et les Couches grises ;
- des calcaires et dolomies du Muschelkalk et de la Lettenkohle, avec les Couches blanches, le Calcaire à entroques, le Calcaire à Cératites, le Calcaire à térébratules, la Dolomie de Vittel, les Argiles bariolées et la Dolomie supérieure ;
- de la série marneuse du Keuper, des Marnes irisées entrecoupées par le Grès à roseaux, la Dolomie de Beaumont et les Argiles de Chanville ;
- des Grès rhétiens et des Argiles de Levallois du Rhétien ;
- de la série du Jurassique inférieur essentiellement constituée de calcaires et marnes, avec le Calcaire à Gryphées, les Argiles à *Promicroceras*, le Calcaire ocreux, les Marnes à *Zeilleria numismalis*, le Calcaire à *Prodactylioceras davoei*, les Argiles à *Amaltheus*, le Grès médioliasique, les Schistes carton, les Marnes à septaria et le Grès supraliasique ;
- des calcaires du Dogger, représentés par les Calcaires à polypiers.

Les formations sédimentaires s'organisent localement en une structure monoclinale qui plonge vers le Nord-Ouest. L'agencement des terrains est présenté sur les coupes géologiques est-ouest et nord-sud de l'annexe 1. La coupe nord-sud met en évidence la faille de Vittel dont le rejet important décale verticalement les séries de plus de 250 m.

2.2. CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE

Les aquifères du territoire du SAGE et leurs nappes sont présentés en passant en revue les masses d'eau souterraine rencontrées dans le périmètre de celui-ci. Elles sont abordées en suivant leur ordre stratigraphique.

Les informations relatives à la productivité des aquifères sont reprises de l'atlas hydrogéologique du bassin Rhin-Meuse (Talbot *et al.*, 2002) et de synthèses qui ont été faites à l'échelle de la Lorraine ou du département des Vosges (Nguyen-Thé *et al.*, 2009 ; Vaute *et al.*, 2007).

Pour la caractérisation de la qualité des masses d'eau souterraine, une extraction exhaustive des données analytiques de la base nationale d'Accès aux Données des Eaux Souterraines (ADES) a été entreprise. Les producteurs de ces résultats d'analyses étaient l'Agence de l'eau Rhin-Meuse, l'Agence de l'eau Rhône-Méditerranée et Corse, la Direction Départementale des Affaires Sanitaires et Sociales des Vosges, la Direction Régionale de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement de Lorraine, et la Direction Régionale de l'Environnement de Lorraine. Les données correspondent notamment aux résultats des contrôles sanitaires des captages d'alimentation en eau potable (AEP), aux résultats concernant les ouvrages d'eau du Réseau de Contrôle de Surveillance (RCS) ou du Réseau de Contrôle Opérationnel (RCO), aux résultats des autocontrôles des industriels, et aux résultats des inventaires lorrains.

Une sélection des données d'analyses des points d'eau (sources, puits, forages, piézomètres...) situés dans le territoire du SAGE a été faite à partir de cette extraction et le rattachement des données à des masses d'eau souterraine a été effectué afin de réaliser des statistiques descriptives de la qualité des masses d'eau du territoire et commenter la chimie des eaux souterraines. Les résultats qui sont fournis dans des tableaux synthétiques correspondent aux analyses des ions et composés majeurs.

2.2.1. Les grès du Trias inférieur – Masses d'eau 2004, 2005 et 6217

Les grès du Trias inférieur correspondent à une puissante série gréseuse, qui s'est développée au Buntsandstein, il y a 240 à 245 millions d'années, sous l'action d'un grand fleuve s'écoulant vers le Nord-Est en direction de la Mer germanique.

L'extension des dépôts du Buntsandstein est très ample latéralement, les grès s'étendant à l'aplomb de pratiquement toute la Lorraine (même s'ils n'affleurent qu'au sud et à l'est de celle-ci). L'étalement de la série gréseuse provient du manque de subsidence, qui a eu lieu pendant la mise en place des dépôts, et qui a entraîné une large divagation du système fluvial.

Les principales formations géologiques qui composent les grès du Trias inférieur sont rappelées sur l'illustration 1 et sont les suivantes :

- les faciès détritiques rencontrés dans les grès du Trias inférieur commencent par la formation des Grès de Senones ou du Grès d'Annweiler, qui est souvent arkosique (proportion importante de feldspaths) et dont les grains sont anguleux ; son aspect buriné et tacheté est caractéristique ;

- au-dessus, le Grès vosgien est un grès tendre, constitué de grains bien roulés, de dimensions moyennes allant jusqu'à la taille de galets ; sa base est plus ou moins grossière et commence par des bancs conglomératiques (le Conglomérat inférieur) ; il est principalement constitué par du quartz et secondairement par des feldspaths, et on y rencontre des lentilles d'argile ; c'est la formation la plus épaisse des GTI ;
- le Conglomérat principal, qui vient par-dessus, contient des galets essentiellement siliceux parfois pluri-décimétriques ; il est organisé en une succession de lentilles conglomératiques ; son sommet est marqué par l'altération et la présence d'oxyde de fer ; c'est la Zone-limite violette ;
- les Couches intermédiaires qui suivent sont riches en feldspaths ; elles sont composées de grains grossiers, et dans leur tiers supérieur, les galets sont absents tandis que des lentilles argileuses sont rencontrées ;
- au-dessus, se trouvent les Grès à *Votzia* qui sont riches en débris de végétaux ; ils se décomposent en une partie inférieure massive (le Grès à meules) qui a un grain fin et contient des micas, et une partie supérieure (le Grès argileux) constituée de grès fins argileux, parfois entrecoupés de lits d'argiles.
- enfin, le Grès coquillier, qui vient coiffer la série, marque une transition majeure dans la sédimentation (transgression marine) puisqu'il correspond au premier dépôt marin du Trias moyen (Muschelkalk) ; il s'agit d'un grès à ciment dolomitique riche en fossile.

Age (Ma)	Stratigraphie		Lithologie	
240	Muschelkalk	inférieur	Grès coquillier	
	Buntsandstein	supérieur	Grès à <i>Votzia</i>	
			Couches intermédiaires	Grès bigarrés
		moyen	(Zone-limite violette)	
			Conglomérat principal	
245			Grès vosgien (Conglomérat inférieur)	
		inférieur	Grès de Senones ou Grès d'Annweiler	

Illustration 1 : Lithostratigraphie synthétique des grès du Trias inférieur.

L'épaisseur de ces formations géologiques est très faible à l'ouest de la Lorraine où la série disparaît et plonge en direction du centre du Bassin de Paris, tandis qu'elle est très importante vers le nord-est de la région où les formations affleurent. Concernant le SAGE, les GTI affleurent vers le sud-est de son territoire. C'est dans ce secteur que l'on rencontre en forage les plus faibles épaisseurs des grès, qui sont inférieures à 10 m. *A contrario*, dans le territoire du SAGE, l'épaisseur des grès lorsqu'ils sont situés sous recouvrement peut dépasser la centaine de mètres, et elle atteint au maximum 162 m. En moyenne l'épaisseur des grès traversés par les forages du territoire est de 45 m.

D'un point de vue hydrogéologique, les grès peuvent être aquifères depuis leur base du Buntsandstein inférieur, jusqu'à leur sommet dans le Muschelkalk inférieur. Mais globalement, le mur de l'aquifère correspond le plus souvent au Grès vosgien, et le toit peut coïncider avec les Grès à *Voltzia*. Selon l'échelle d'étude des GTI, ceux-ci peuvent être considérés ou non comme un aquifère multicouche. On y distingue parfois deux principales nappes : la nappe supérieure des Grès à *Voltzia* ; et la nappe inférieure du Grès vosgien qui est la plus importante. Quelle que soit l'approche retenue, les niveaux intermédiaires argileux rencontrés dans la série gréseuse sont le siège de flux verticaux de drainance qui justifient de considérer les grès du Trias inférieur comme un seul et même système aquifère.

L'ensemble du réservoir aquifère des GTI a une importance stratégique régionale. Il contient 180 milliards de mètres cubes d'eau douce, répartis en 30.10^9 m^3 pour la partie libre de la nappe et 150.10^9 m^3 pour sa partie captive. Première ressource en eau souterraine de la Lorraine et du bassin Rhin-Meuse (Alsace comprise), les GTI sont surexploités pour les alimentations en eaux potable ou industrielle et pour l'embouteillage et le niveau piézométrique de leur nappe captive diminue régulièrement. Par ailleurs, dans le nord du département de la Moselle, le réservoir aquifère se déverse dans les séries carbonifères sous-jacentes suite à l'exploitation du charbon. Le régime de la nappe des GTI a ainsi été considérablement perturbé par les exhaures minières du bassin houiller. Rappelons que le territoire du SAGE ne recouvre que 7,8 % de l'extension des grès du Trias inférieur en Lorraine.

A partir des mesures de perméabilité inventoriées par Noël (1997) sur tout l'aquifère, on peut établir pour les 45 résultats relatifs au territoire du SAGE que la perméabilité moyenne des GTI est de $2,5.10^{-5} \text{ m/s}$. Concernant les ouvrages d'exploitation de la nappe, ils ont généralement une très bonne productivité.

Les données analytiques disponibles dans ADES correspondant au territoire du SAGE ne concernent que les masses d'eau 2005 « Grès vosgien captif non minéralisé » et 6217 « Grès du Trias inférieur dans le bassin de la Saône ». Aucune donnée n'est disponible pour la masse d'eau 2004 « Grès vosgien en partie libre » dans le périmètre du SAGE. Les données disponibles, les eaux souterraines sont bicarbonatées calciques, sulfatées et sodiques, et elles sont agressives. Parmi les éléments et substances pouvant être problématiques, on note que de l'aluminium a été mesuré jusqu'à une concentration de 1,3 mg/L, de l'arsenic jusqu'à 1,8 mg/L, de l'ammonium jusqu'à 720 µg/L et de la déséthylatrazine jusqu'à 0,19 µg/L, du glyphosate a été dosé à 0,14 µg/L, et de l'AMPA ainsi que la somme des pesticides à 2 µg/L.

	Ca mg/L	K mg/L	Mg mg/L	Mn µg/L	Na mg/L	Cl mg/L	HCO ₃ mg/L	NO ₃ mg/L	SO ₄ mg/L	SiO ₂ mg/L
Moyenne	61	4,8	15,1	101	45	22	207	8,7	89	9,5
Médiane	49	4,0	15,5	67	18	9,3	217	2,6	49	9,6
Écart-type	57	2,1	7,6	172	64	25	85	11,4	155	2,3
Minimum	1,6	0,7	0,7	0,0	0,7	0,0	4,0	0,0	0,0	1,4
Maximum	622	14	77,2	3090	300	122	443	50	1550	17,3
Nb. Échan.	276	264	274	432	300	435	270	410	468	253

Perméabilité de l'ordre de 10^{-5} m/s

Productivité forte

*Illustration 2 : Productivité des GTI et qualité des eaux
des GTI excepté dans leur partie libre située dans le bassin Rhin-Meuse.*

2.2.2. Les carbonates du Muschelkalk et de la Lettenkohle – Masses d'eau 2006 et 6202

Les calcaires et dolomies du Muschelkalk et de la Lettenkohle (Trias moyen) correspondent à la masse d'eau souterraine de code 2006 dans le bassin hydrographique Rhin-Meuse et à celle de code 6202 dans le bassin hydrographique Rhône-Méditerranée et Corse. Ces formations géologiques carbonatées ont été listées dans la partie 2.1 précédente. Leur épaisseur a été recoupée par forage au droit du territoire du SAGE sur 42 m en moyenne et elle a même atteint 120 m dans sa totalité en tenant compte des Argiles bariolées de la Lettenkohle.

Ces carbonates sont affectés d'une perméabilité de fissure qui diminue avec l'épaisseur du recouvrement. L'expérience montre que les forages qui captent les nappes carbonatées sous une couverture épaisse sont souvent improductifs, et, qui plus est, ne permettent de soutirer que des eaux de qualité médiocre. D'une manière générale, la productivité des ouvrages d'eau qui exploitent cette ressource est faible et variable. A l'échelle du bassin Rhin-Meuse, la perméabilité des carbonates varie généralement de $1,6 \cdot 10^{-5}$ à $5,4 \cdot 10^{-5}$ m/s. En limite du territoire du SAGE, elle a été estimée entre $4,5 \cdot 10^{-6}$ et $1,4 \cdot 10^{-5}$ m/s à Morville et à $1,8 \cdot 10^{-6}$ m/s à Ainville, c'est-à-dire à des valeurs plus faibles.

Les eaux des nappes des calcaires et des dolomies du Muchelkalk et de la Lettenkohle ont un faciès bicarbonaté calcique, sulfaté et magnésien (illustration 3). Leur minéralisation est moyenne mais elle augmente rapidement lorsque les formations aquifères s'approfondissent. Parmi les éléments et composés dont la présence peut être problématique, on note que la moyenne des concentrations en nitrate est de 22 mg/L. De l'atrazine de la déséthylatrazine ont aussi été observées à 0,1 µg/L et du tébuconazole à 1,4 µg/L. Du cadmium a été mesuré à 6 µg/L, sachant qu'avec l'atrazine, il fait partie de la liste des substances prioritaires ou des substances dangereuses prioritaires dans le domaine de l'eau. Enfin, du manganèse a été rencontré jusqu'à 2,6 mg/L, de l'aluminium jusqu'à 18 mg/L et du fer jusqu'à 39 mg/L.

	Ca mg/L	K mg/L	Mg mg/L	Mn µg/L	Na mg/L	NH ₄ mg/L	Cl mg/L	HCO ₃ mg/L	NO ₃ mg/L	SO ₄ mg/L	SiO ₂ mg/L	Silicates mg/L
Moyenne	121	1,5	31	148	3,0	0,04	9,3	419	22	65	6,1	6,6
Médiane	112	0,9	26	7	2,0	0,0	8,0	426	21	30	5,4	6,4
Écart-type	26	2,9	11	559	4,3	0,09	6,1	39	8,9	96	2,2	1,4
Minimum	77	0,1	15,7	0,01	0,5	0,0	2,0	222	0,8	3,2	0,6	4,8
Maximum	222	24	80	2580	39	0,73	68	505	43	475	11	9,9
Nb. échan.	85	65	85	21	85	106	157	85	403	168	62	22

Perméabilité de l'ordre de 10^{-6} à 10^{-5} m/s

Productivité faible à variable

Illustration 3 : Qualité des eaux des carbonates du Muschelkalk et de la Lettenkohle, et productivité

A l'affleurement, en limite de captivité des nappes et dans les zones minéralisées des nappes, dans le secteur de Contrexéville et de Vittel, les nappes sont exploitées pour l'industrie d'embouteillage et pour l'hydrothermalisme.

Il est à noter que des réseaux karstiques se sont développés dans le réservoir aquifère carbonaté du Muschelkalk et de la Lettenkohle, ce qui expose leurs nappes d'eau souterraine aux pollutions. Ajoutons que des flux de drainance descendants ou ascendants pourraient exister entre ce réservoir du Trias moyen et celui des grès du Trias inférieur.

2.2.3. Les nappes des domaines hydrogéologiques peu ou pas aquifères du Trias supérieur et du Jurassique inférieur – Masses d'eau 2007, 2008 et 6506

Plusieurs formations aquifères sont rencontrées au sein des domaines hydrogéologiques peu ou pas aquifères du Trias supérieur (Keuper) et du Jurassique inférieur (Lias) qui correspondent aux masses d'eau souterraine des codes 2007 et 2008 dans le bassin hydrographique Rhin-Meuse et 6506 dans celui Rhône-Méditerranée et Corse. Il s'agit du Grès à roseaux, de la Dolomie de Beaumont, du Calcaire à Gryphées, et surtout des Grès rhétiens qui représentent le réservoir le plus intéressant de ces domaines.

Les eaux de tous ces aquifères confondus sont bicarbonatées calciques, sulfatées et magnésiennes ou sodiques (illustration 4), et elles peuvent être influencées par la présence d'évaporites. D'une manière générale, leur minéralisation augmente avec la profondeur. Par exemple pour les Grès rhétiens, la distance d'implantation des forages par rapport aux affleurements des grès ne doit pas excéder trois kilomètres environ, dans le sens de l'écoulement des eaux d'alimentation, pour éviter que les forages ne captent une eau de minéralisation supérieure à 1 g/L. L'exploitation du Grès à roseaux, de la Dolomie de Beaumont et du Calcaire à Gryphées doit se faire encore plus près de leurs zones d'affleurement ou sur leurs affleurements. Du fait de courts temps de résidence des eaux dans ces aquifères, leurs nappes ont souvent une qualité médiocre et elles sont sensibles aux aléas climatiques.

Du point de vue des paramètres problématiques, on note que de la déséthylatrazine a déjà été mesurée à une concentration 0,15 µg/L, tandis que le mercure qui est classé comme une substance prioritaire dans le domaine de l'eau a été retrouvé à une concentration de 0,11 µg/L lorsqu'il a été recherché.

La perméabilité du Grès à roseaux est généralement faible et est liée à la lithologie et à la fracturation. Le grès est argileux et il peut comporter des bancs de lignite ou de houille (comme au niveau de la commune de Gemmelaincourt) et des intercalations de schistes noirs ou de pellites. Son épaisseur moyenne est de 6 m dans les forages situés dans le territoire du SAGE. Il ne délivre que de très faibles débits.

La Dolomie de Beaumont ou dolomie en dalles est une formation aquifère qui est composée de petites plaquettes qui se délitent facilement à l'affleurement. L'épaisseur de la Dolomie de Beaumont qui a été rencontrée dans les forages du territoire du SAGE est également en moyenne de 6 m. Sa perméabilité est aussi généralement faible et elle est liée à la lithologie et à la fracturation. De la même manière, la Dolomie de Beaumont ne permet d'obtenir que de très faibles débits.

Les Grès rhétiens sont formés de grès consolidés ou sableux, qui comportent des intercalations argileuses et d'argiles noires. La proportion d'argile peut être supérieure à 50 %. En forage dans le territoire du SAGE, ils ont été rencontrés sur épaisseur moyenne de 10 m. Il existe cependant des discontinuités latérales dans les corps sédimentaires qui constituent les Grès rhétiens, du fait de la mise en place de ces derniers sous l'action d'une sédimentation fluviale.

La perméabilité de matrice des Grès rhétiens est médiocre et dépend de la proportion d'argile. Elle est renforcée par une perméabilité de fissure qui diminue néanmoins avec la profondeur. La productivité obtenue pour les Grès rhétiens semble principalement résulter de l'épaisseur des grès et de leur structure. Les débits d'exploitation rencontrés dans les grès vont de quelques m³/h à une dizaine de m³/h. Les Grès rhétiens ne constituent ainsi qu'une ressource en eau secondaire, utile pour des besoins relativement modestes.

La nappe est exploitée seulement au niveau des affleurements ou à leur proximité. Ainsi, pour implanter de nouveaux captages, il serait nécessaire de prendre en compte la distance aux affleurements, les conditions structurales, et la minéralisation des forages déjà exploités.

Enfin, le Calcaire à Gryphées tire de sa fissuration des propriétés aquifères très médiocres. Dans les forages situés dans le territoire du SAGE, le Calcaire à Gryphées a été observé sur une épaisseur moyenne de 11 m. On ne peut attendre du Calcaire à Gryphées que de très faibles débits d'exploitation.

	Ca mg/L	K mg/L	Mg mg/L	Na mg/L	Cl mg/L	HCO ₃ mg/L	NO ₃ mg/L	SO ₄ mg/L	Silicates mg/L	SiO ₂ mg/L
Moyenne	61	2,0	23	130	13	372	17	100	12	10
Médiane	45	1,8	19	7,3	8,0	422	17	23	12	10
Écart-type	63	1,2	18	152	13	153	12	152	2,9	4,3
Minimum	5,1	0,6	1,6	0,7	0,0	17	0,0	0,0	6,5	1,9
Maximum	360	7,6	79	375	48	580	46	860	15	22
Nb. échan.	85	74	85	95	191	85	323	199	12	69

	Grès à roseaux	Dolomie de Beaumont	Grès rhétiens	Calcaire à Gryphées
Débits	Très faibles	Très faibles	Médiocres	Très faibles

Illustration 4 : Qualité des eaux des nappes des domaines du Trias supérieur et du Jurassique inférieur, et productivité.

2.2.4. Les calcaires du Dogger – Masse d'eau 2011

L'important aquifère des calcaires du Dogger qui correspond à la masse d'eau souterraine de code 2011 n'est présent que sur une petite partie des bords des communes d'Aulnois, Gendreville, Hagneville-et-Roncourt, Malaincourt et Médonville

qui sont situées au nord-ouest du canton de Bulgnéville. Son épaisseur y atteint une soixantaine de mètres.

Si cet aquifère possède généralement de très bonnes caractéristiques hydrodynamiques, il n'a qu'un intérêt local puisque seule l'extrémité du plateau qu'il forme est présente sur le territoire du SAGE. Sa nappe est d'ailleurs captée par l'intermédiaire de sources pour l'AEP à Gendreville et Médonville.

Les eaux de la nappe du Dogger ont un faciès bicarbonaté calcique et elles ne présentent pas d'éléments indésirables dans le territoire du SAGE.

	Ca mg/L	Mg mg/L	Na mg/L	Cl mg/L	HCO ₃ mg/L	NO ₃ mg/L	SO ₄ mg/L	SiO ₂ mg/L
Moyenne	96	3,3	4,1	4,5	297	1,2	17	3,7
Médiane	98	3,6	1,5	3,7	299	0,8	17	3,7
Écart-type	5,3	0,89	5,3	3,1	16	0,9	6,9	0,3
Minimum	89	2,0	1,4	2,0	278	0,0	6,7	3,4
Maximum	100	4,0	12	15	310	3,4	32	4,2
Nb. échan.	4	4	4	16	4	18	18	4

Aquifère de bonne productivité mais d'extension géographique très restreinte

Illustration 5 : Qualité des eaux des calcaires du Dogger et productivité.

2.2.5. Les alluvions quaternaires – Masse d'eau 2017

Des alluvions sont retrouvées régulièrement sur tout le territoire du SAGE. Elles sont peu épaisses, mis à part celles de la Moselle qui font plusieurs mètres d'épaisseur et atteignent même exceptionnellement 13 m d'épaisseur à Charmes. Des gravières ont de ce fait été exploitées dans les alluvions de la Moselle. Parallèlement, c'est la nappe alluviale de la Moselle qui présente le plus d'intérêt et elle est captée pour l'alimentation en eau potable.

La perméabilité des alluvions est importante lorsque celles-ci ne sont pas argileuses. Leur partie supérieure peut être constituée de limons peu perméables. Les nappes alluviales sont souvent en liaison hydraulique avec les cours d'eau ainsi qu'avec les formations aquifères sur lesquelles elles reposent, si bien que la productivité des alluvions peut être intéressante.

Les données analytiques disponibles pour les alluvions ne concernent que la nappe de la Moselle (illustration 6). Il s'agit d'eaux moyennement minéralisées, bicarbonatées calciques et sulfatées, avec une concentration notable en nitrate. Pour les captages de Charmes et Portieux, les concentrations en fer et manganèse dans la Moselle sont généralement inférieures à celles dans la nappe alluviale, ce qui indique que le milieu alluvial est plus réducteur que les eaux de surface. Le rôle des bactéries semble primordial. Lorsqu'ils sont épais, les limons argileux de recouvrement contribuent au confinement du milieu alluvial en limitant son aération. Mais il n'apparaît pas de relation entre la présence d'un recouvrement des alluvions et l'augmentation des concentrations en manganèse. D'une manière générale, même sous un recouvrement limoneux, les nappes alluviales restent exposées aux pollutions de surface.

	Ca mg/L	K mg/L	Mg mg/L	Na mg/L	NH ₄ mg/L	Cl mg/L	HCO ₃ mg/L	NO ₃ mg/L	NO ₂ mg/L	SO ₄ mg/L
Moyenne	47	4,5	14	10	0,02	16	154	22	0,02	39
Médiane	44	4,0	13	7,6	0,01	13,2	156	21	0,0	38
Écart-type	17	3,0	5,3	6,8	0,05	8,2	83	13	0,04	18
Minimum	25	1,0	6,5	3,1	0,0	3,9	55	0,9	0,0	4,4
Maximum	82	10	33	30	0,27	49	345	55	0,13	136
Nb. échan.	35	33	37	37	38	68	36	93	37	87

Faible productivité, sauf en cas de liaison hydraulique avec une rivière
ou en cas de drainage d'un aquifère sous-jacent

Bonne productivité
des alluvions de la Moselle

Illustration 6 : Qualité des eaux des alluvions et productivité.

2.2.6. Synthèse sur le contexte hydrogéologique du territoire du SAGE

Dans le territoire du SAGE, les ressources en eau souterraine les plus importantes sont celles de la nappe des grès du Trias inférieur et des alluvions de la vallée de la Moselle. Il existe d'autres nappes d'eau souterraine mais elles sont moins intéressantes et moins bien caractérisées, ne serait-ce que parce qu'il n'y a pas de cartes piézométriques disponibles pour celles-ci. La répartition des terrains principalement aquifères des masses d'eau souterraine du territoire du SAGE est présentée sur l'illustration 7.

Cette carte a été réalisée à partir de la première version du référentiel hydrogéologique français BDLISA (Base de Données des Limites des Systèmes Aquifères ; disponible depuis le mois de juillet), pour la zone du territoire du SAGE qui est située dans le bassin hydrographique Rhin-Meuse où le niveau d'agrégation le plus précis de la base est déjà accessible. Pour la zone du territoire du SAGE qui est située dans le bassin hydrographique Rhône-Méditerranée et Corse, le niveau de découpage actuellement accessible n'étant pas suffisamment précis, la carte des ressources en eau souterraine qui avait été réalisée dans le cadre de la synthèse hydrogéologique faite à l'échelle du département des Vosges (Vaute *et al.*, 2007) a été reprise.

Ces deux références cartographiques ont elles-mêmes été réalisées à partir de la vectorisation des feuilles géologiques à 1/50 000^e. Etant donné qu'il peut exister des discontinuités cartographiques d'une feuille à une autre, certaines formations géologiques ont dû être regroupées afin d'être présentées à l'échelle de tout le territoire du SAGE. C'est par exemple le cas, dans le Keuper, du Grès à roseaux et de la Dolomie de Beaumont qui n'ont pas pu être distingués des Argiles bariolées intermédiaires.

Les nappes autres que celles des GTI et des alluvions de la vallée de la Moselle sont néanmoins utiles lorsque l'on recherche de faibles débits d'exploitation pour satisfaire des besoins modestes. Elles pourraient éventuellement servir de ressources locales de substitution à la nappe des GTI. Dans ce cas, c'est lorsque leurs aquifères affleurent ou qu'ils sont peu profonds que ces autres nappes pourraient être exploitées. Mais en contrepartie leurs eaux sont facilement exposées aux pollutions d'origine superficielle. Parmi ces autres nappes, celle des carbonates du Muschelkalk et de la Lettenkohle, et celle des Grès rhétiens sont les plus intéressantes.

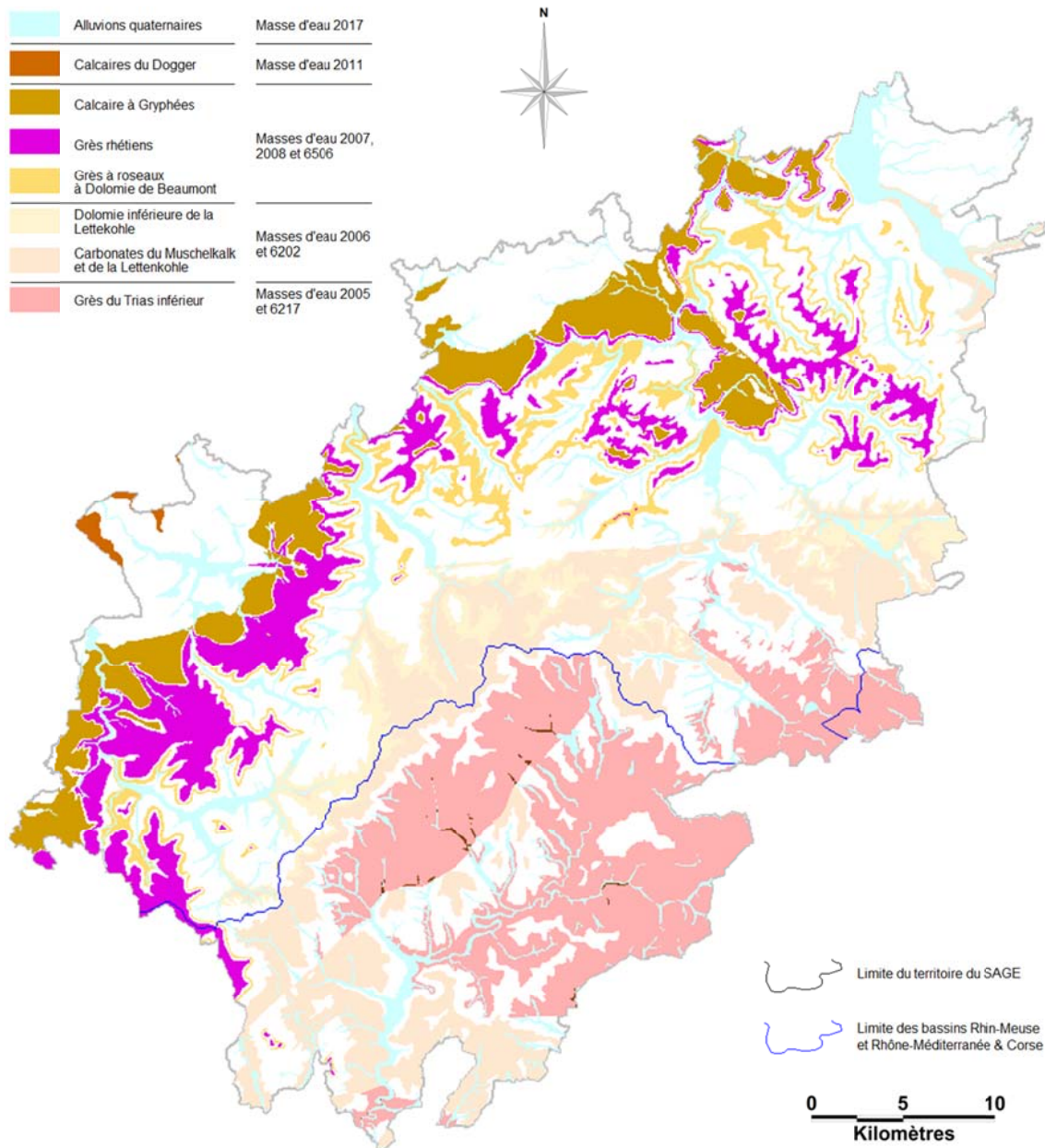


Illustration 7 : Carte des terrains essentiellement aquifères des masses d'eau souterraine du territoire du SAGE.

3. La nappe des grès du Trias inférieur

Les grès du Trias inférieur et leur ressource en eau ont déjà été abordés une première fois dans la partie 2.2.1. La présente partie est consacrée à la présentation de l'état piézométrique de la nappe des GTI.

Les deux cartes piézométriques de la nappe des GTI les plus récentes, celle de 1997 et celle de 2010, c'est-à-dire celles qui sont les plus représentatives de la situation actuelle, n'ont pas été établies selon la même méthodologie ni en investiguant tous les mêmes forages (Burgéap, 1998 ; Nguyen-Thé *et al.*, 2010). En particulier, le rôle imperméable de la faille de Vittel a été pris en compte uniquement pour tracer la carte de l'année 2010. Dans ces conditions, il n'y aurait pas de sens à établir une carte des rabattements en retranchant à la piézométrie de 2010 celle de 1997, puisqu'un grand nombre de différences seraient directement liées à la différence de méthodologie.

C'est pourquoi il a été choisi d'illustrer l'historique de l'état piézométrique de la nappe des GTI en réalisant une carte sur laquelle la situation de la nappe en 1997 et celle en 2010 sont mises en regard (illustration 8). On constate ainsi une évolution des équipotentiels entre les deux années de référence. Par exemple les niveaux piézométriques sont plus élevés en 2010 au sud-est de la faille de Vittel, où un « dôme » piézométrique a été tracé. Mais cette variation pourrait simplement provenir du fait que davantage de forages ont été investigués en 2010, ce qui a permis d'apporter des précisions sur l'état de la nappe dans ce secteur. En revanche, ailleurs les niveaux piézométriques sont plus bas en 2010, notamment au sud-ouest de la faille de Vittel dans le secteur de Contrexéville, Dombrot-le-Sec et Suriauville.

Les ouvrages du réseau piézométrique du BRGM Lorraine qui captent la nappe des GTI sont représentés sur l'illustration 8 afin de les localiser. Leurs chroniques piézométriques sont reportées sur l'illustration 9 afin de décrire de manière factuelle l'évolution piézométrique de la nappe. Pour les ouvrages de Dombrot-le-Sec, Gignéville et Lignéville, les niveaux piézométriques décroissent, ce qui conforte le constat précédent. Pour l'ouvrage de Relanges, le niveau piézométrique est stationnaire, mis à part les fluctuations des cycles saisonniers. Et pour les ouvrages de Valfroicourt et surtout de Saint-Menge, les niveaux piézométriques remontent. Ce dernier est en effet situé au nord de la faille de Vittel qui a une incidence sur le régime de la nappe d'eau souterraine.

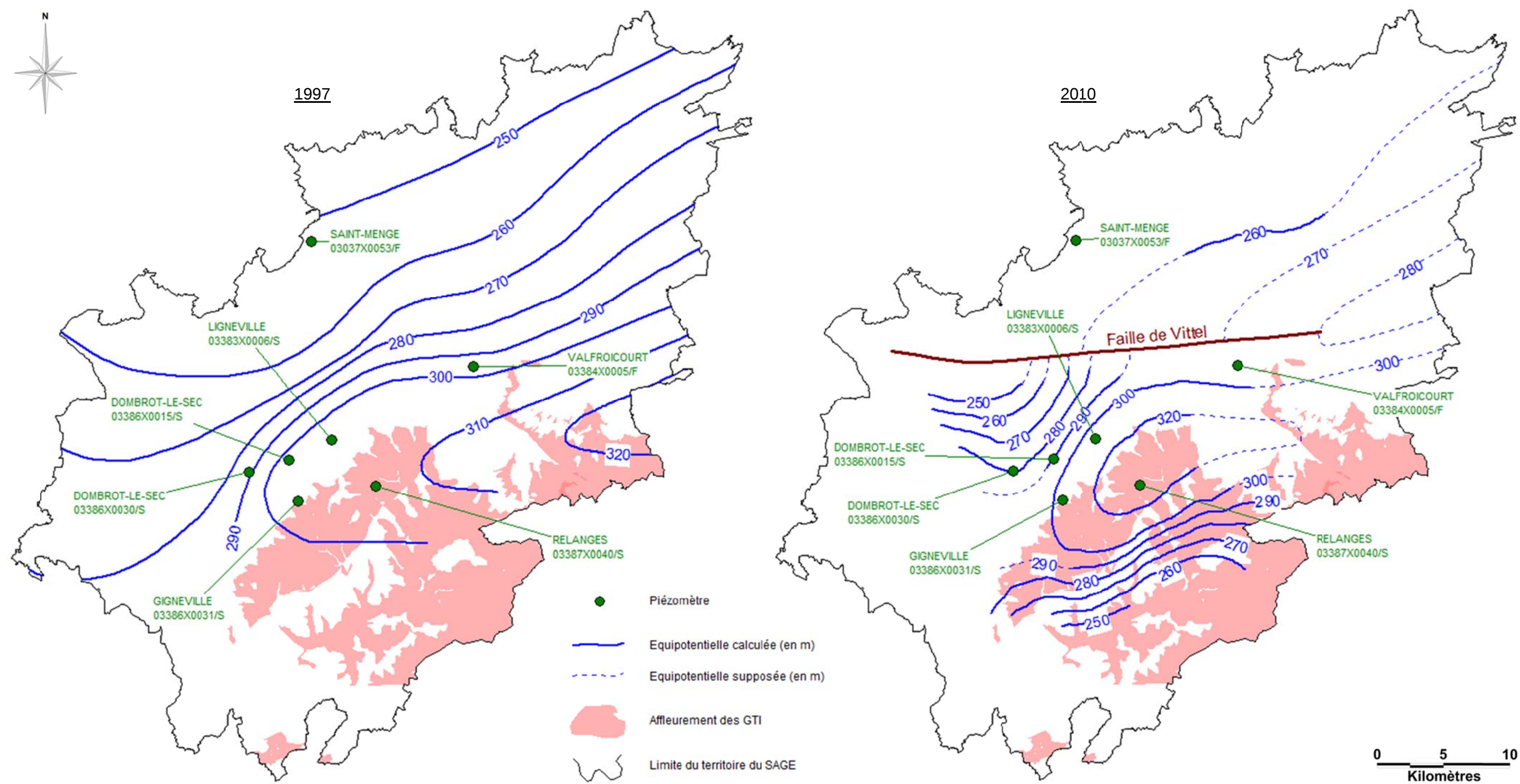


Illustration 8 : Evolution des équipotentiels de la nappe des GTI de 1997 à 2010.

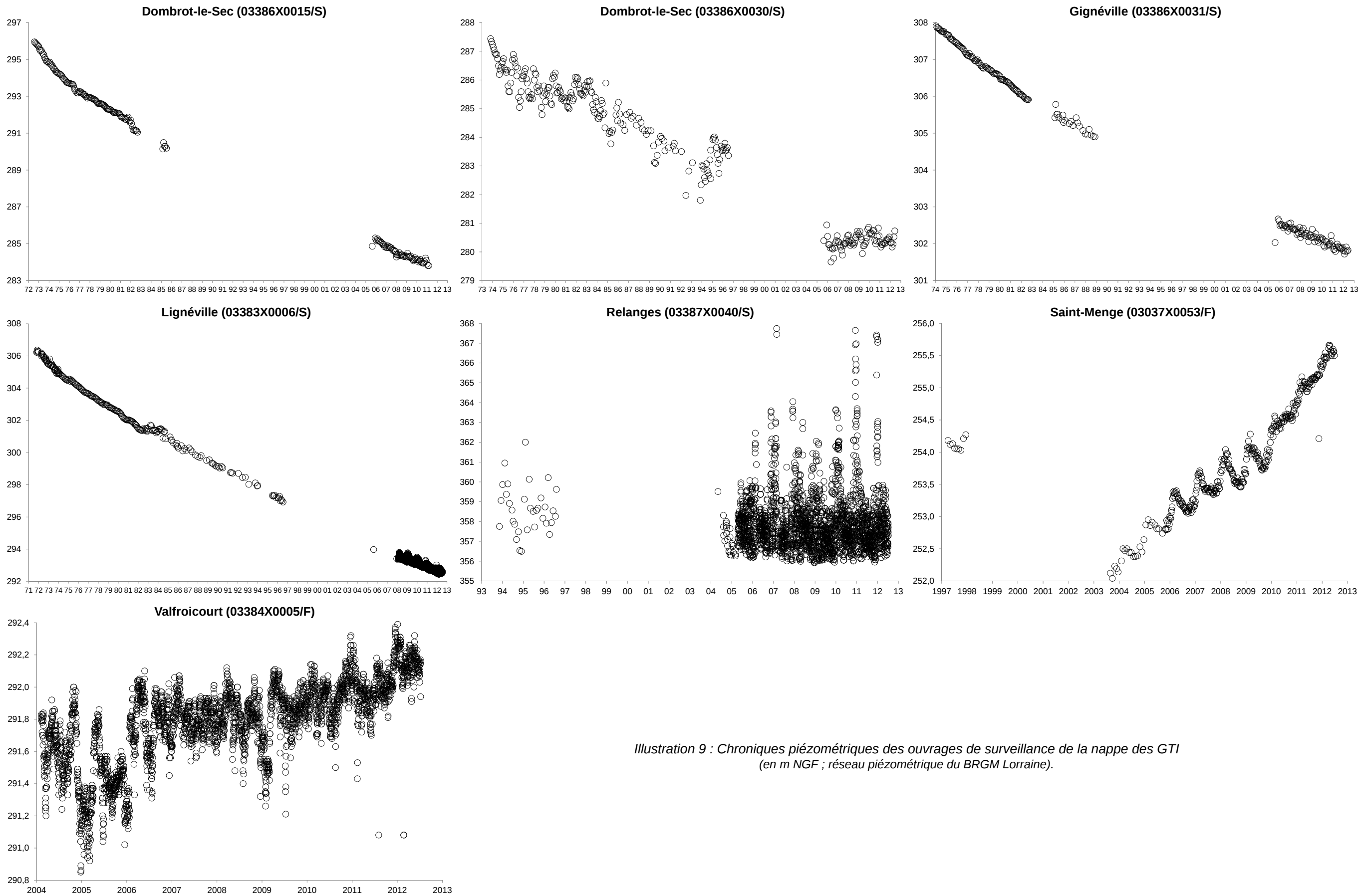


Illustration 9 : Chroniques piézométriques des ouvrages de surveillance de la nappe des GTI
(en m NGF ; réseau piézométrique du BRGM Lorraine).

4. Potentiel géothermique

Un atlas des ressources géothermales superficielles pour pompes à chaleur sur nappe a été réalisé pour les principaux aquifères lorrains (Bourgine *et al.*, 2007). Il a été demandé de présenter à partir de ce document une évaluation du potentiel géothermique du territoire du SAGE.

Au droit du territoire, trois aquifères ont été traités dans l'atlas. Il s'agit de ceux des grès du Trias inférieur, des carbonates du Muschelkalk et de la Lettenkohle, et des calcaires du Dogger. Les potentiels des nappes de ces aquifères en Lorraine ont été calculés en combinant et pondérant différents paramètres qui caractérisent ces ressources en eau (productivité, température et qualité de l'eau, profondeur de la ressource). Les résultats des calculs ont été restitués sous la forme d'une note adimensionnelle, dont l'échelle est commune à tous les aquifères et qui va de - 5 pour les plus faibles potentiels à + 5 pour les plus forts potentiels.

Les potentiels sont présentés à l'échelle du territoire du SAGE sur l'illustration 10. Le potentiel des calcaires du Dogger est toujours positif et il va de + 0,7 à + 0,9 environ, mais il ne concerne qu'un secteur extrêmement restreint du territoire. Le potentiel des carbonates du Muschelkalk et de la Lettenkohle va de - 3,8 à + 0,9 environ. Les notes les plus élevées correspondent au secteur où les carbonates affleurent, c'est-à-dire là où la réalisation de forages serait la plus aisée. Pour les grès du Trias inférieur, la plage des notes est plus large puisqu'elles vont de - 4,1 à + 1,9 environ. Le potentiel est très défavorable en bordure nord-ouest du territoire du SAGE quand la profondeur des grès devient importante et que le coût de la réalisation de forages augmente de manière conséquente. En revanche, les potentiels les plus élevés sont trouvés non seulement lorsque les grès affleurent, mais un peu au-delà des zones d'affleurement des grès.

Ainsi, à partir des résultats de l'atlas, on constate que les carbonates du Muschelkalk et de la Lettenkohle, ainsi que les grès du Trias inférieur, présentent des potentialités d'exploitation géothermique sur nappe intéressantes, notamment à proximité de leurs zones affleurements. Rappelons que d'un point de vue qualitatif, une installation géothermique effectuée selon les règles de l'art ne devrait avoir qu'un impact thermique sur la ressource en eau.

Toutefois pour les grès du Trias inférieur, dans la ZRE au nord de la ligne de partage des eaux qui existe entre la partie de la nappe qui s'écoule vers le Nord, et la partie de la nappe qui s'écoule vers le réseau hydrographique de la Saône en direction du Sud, les prélèvements sont supérieurs à l'alimentation de la nappe. Compte tenu du déséquilibre entre ces prélèvements et l'alimentation de la nappe, il est recommandé de ne pas installer de pompes à chaleur sur la nappe des GTI dans ce secteur. A défaut, il est recommandé de concevoir des exploitations géothermiques par doublet de forages comprenant un ouvrage de prélèvement et un ouvrage de réinjection. Cette recommandation doit aussi être étendue, pour partie, aux projets situés un peu plus au sud de la ligne de partage des eaux, dans la mesure où les débits d'exploitation recherchés pourraient engendrer un déplacement de cette ligne de partage des eaux vers le Nord, ce qui accentuerait le déséquilibre.

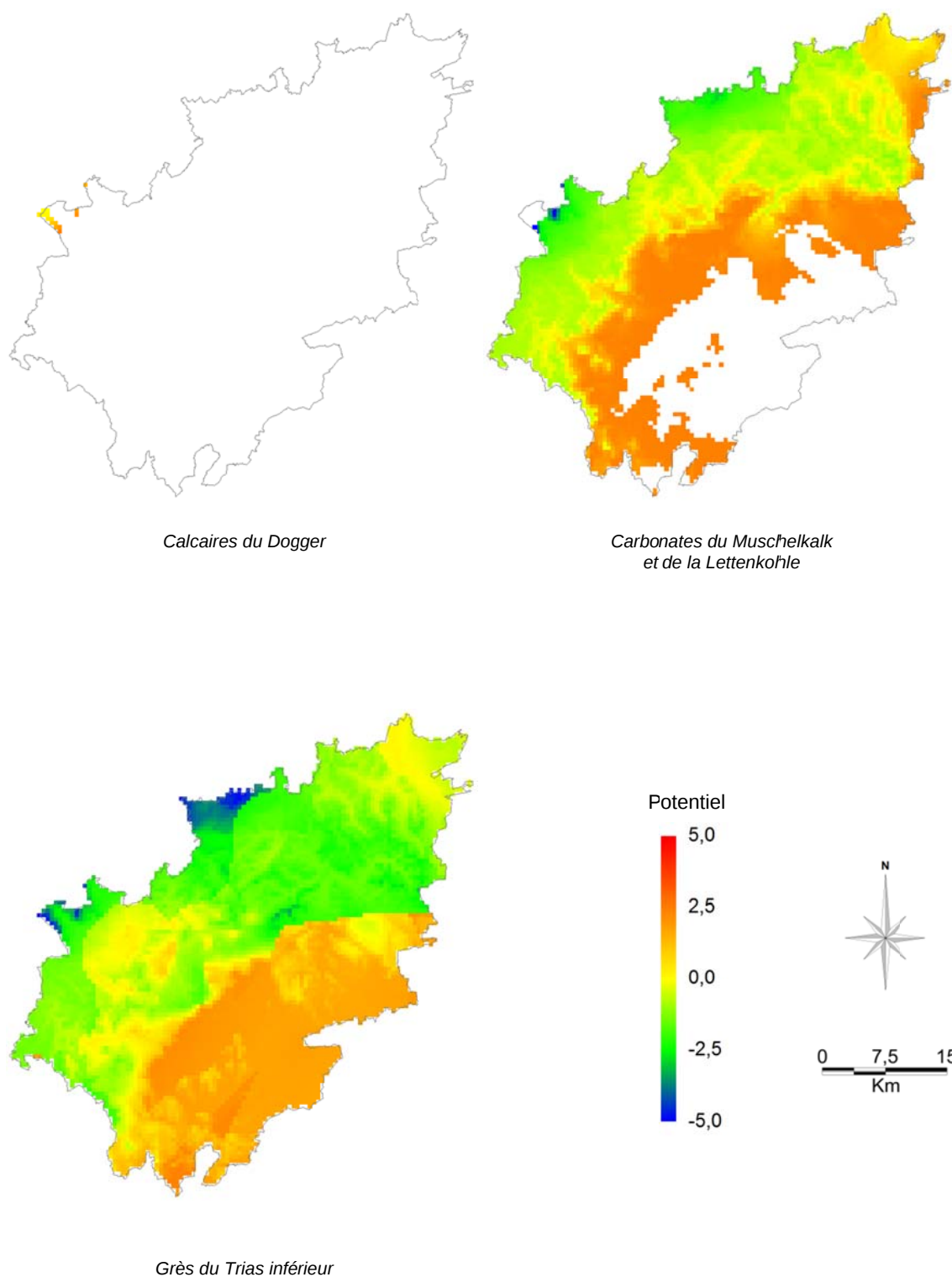


Illustration 10 : Potentiels d'exploitation géothermique sur nappe du territoire du SAGE.

5. Conclusion

Les contextes géologique et hydrogéologique du territoire du SAGE ont été exposés pour présenter les caractéristiques des ressources en eau souterraine qui existent, en termes de productivité et qualité des eaux. Les principales nappes sont celles des grès du Trias inférieur et des alluvions de la vallée de la Moselle. La nappe des carbonates du Muschelkalk et de la Lettenkohle, et la nappe des Grès rhétiens, à proximité des affleurements des aquifères, pourraient éventuellement servir de ressources de substitution à la nappe des GTI pour des prélèvements modestes.

Les cartes piézométriques les plus récentes concernant la nappe des GTI, disponibles pour les années 1997 et 2010, sont difficilement comparables du fait qu'elles n'ont pas été tracées en suivant la même méthodologie. Leur mise en regard permet tout de même de montrer, par rapport à 1997, que la surface piézométrique de la nappe des GTI en 2010 était plus basse au sud-ouest de la faille de Vittel dans le secteur de Contrexéville, Dombrot-le-Sec et Suriauville. Cette situation est confirmée par les chroniques des mesures du réseau piézométrique du BRGM Lorraine.

Les carbonates du Muschelkalk et de la Lettenkohle, et les grès du Trias inférieur ont des potentialités d'exploitation géothermique sur nappe intéressantes à proximité de leurs affleurements. Des recommandations pour éviter d'exploiter la nappe des GTI à des fins géothermiques ou pour utiliser des doublets de forages sont cependant formulées. Il existe en effet un déséquilibre entre les prélèvements et l'alimentation de la nappe dans la zone de répartition des eaux du département des Vosges.

6. Bibliographie

Bourgine B., Denis L., Filhine-Tresarrieu T., Monnot P., Nguyen-Thé D., Robelin C. (2007) – Atlas du potentiel géothermique des aquifères lorrains. Rapport BRGM/RP-54987-FR, 83 p., 36 ill., 3 ann.

Burgéap (1998) – Réalisation d'une carte piézométrique de la nappe des Grès vosgiens en Lorraine (septembre à novembre 1997). AERM, note technique Burgéap RSt149a/A.5613 du 25 février 1998/FM, 10 p., 4 fig., 3 ann.

Nguyen-Thé D., Hugues J-M., Durendeau B. (2009) – Suivi de la qualité des eaux souterraines en aval des installations classées situées dans le bassin Rhin-Meuse à l'ouest des Vosges, Synthèse des contrôles 2004. Rapport BRGM/RP-54517-FR, 131 p., 80 ill., 1 ann., 1 vol. hors-texte.

Nguyen-Thé D., Ollagnier S., Pétrignet M., avec la collaboration de Thonnon J., Joannes O. (2010) – Carte piézométrique de la nappe des grès du Trias inférieur en 2010. Rapport BRGM/RP-59294-FR, 30 p., 8 ill., 2 ann., 1 Cd-rom.

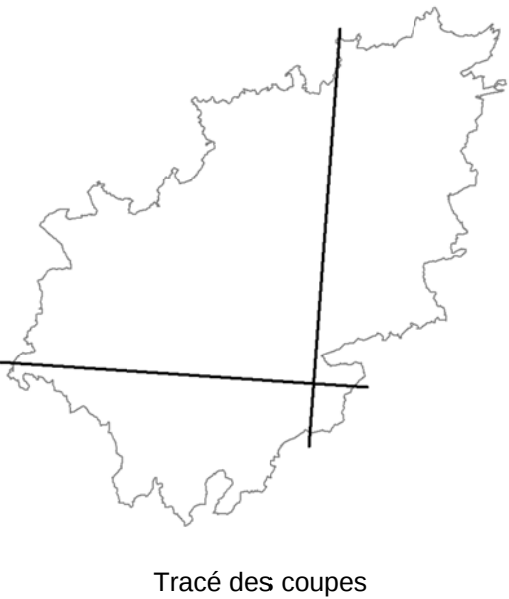
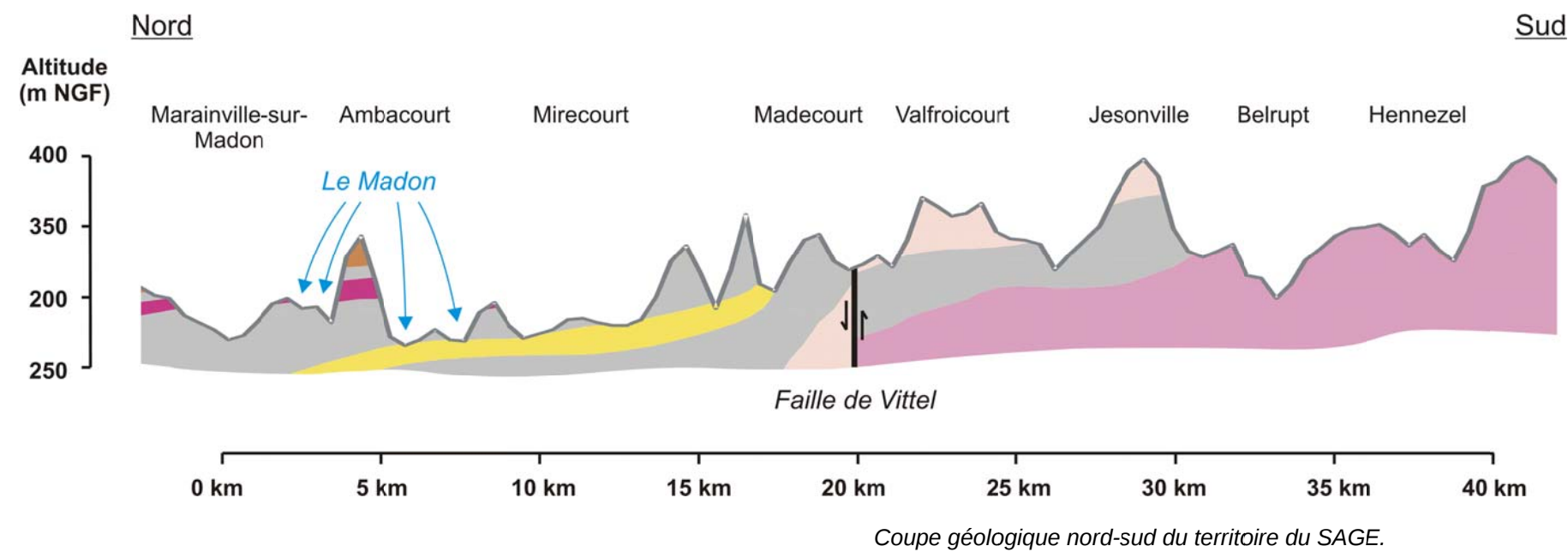
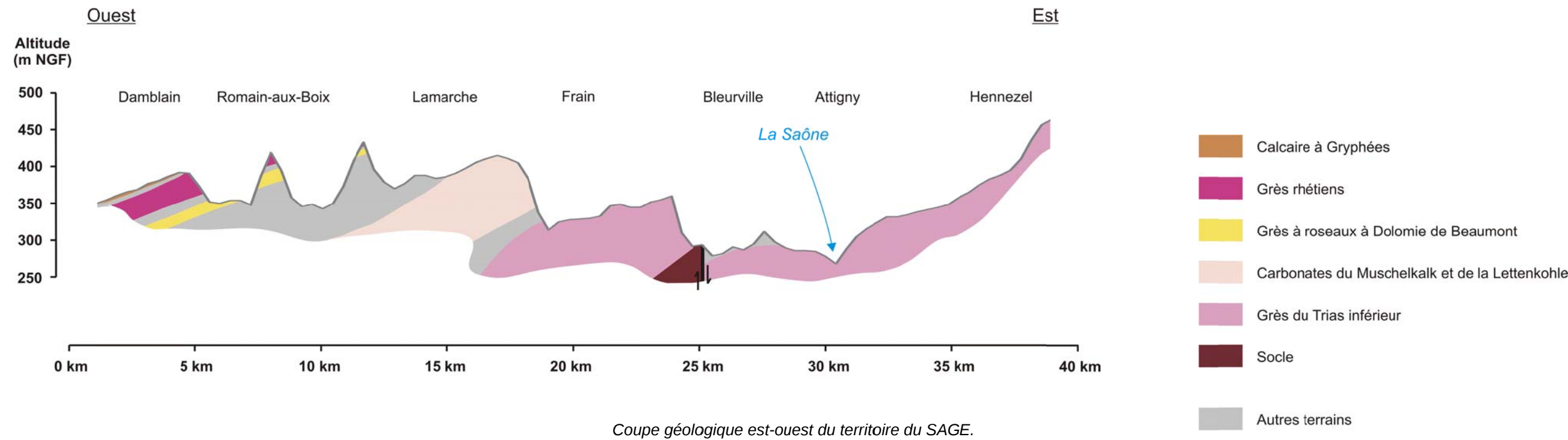
Noël Y. (1997) – Modèle de gestion de la nappe des grès du Trias inférieur en Lorraine, Phase 1 - Acquisition de données. Rapport BRGM R 39228, 62 p., 27 fig., 7 tabl., 12 ann.

Talbot A., Babot Y., Garadi A., Masquelier Q. (2002) – Atlas hydrogéologique du bassin Rhin-Meuse. AERM, 128 p.

Vaute L., Gigleux S., Nguyen-Thé D. (2007) – Eaux souterraines du département des Vosges : caractérisation des principales ressources exploitables et révision du modèle de gestion de la nappe des grès du Trias inférieur. Rapport BRGM/RP-55653-FR, 145 p., 62 fig., 9 tabl., 3 ann.

Annexe 1

Coupes géologiques





Géosciences pour une Terre durable

brgm

Centre scientifique et technique

3, avenue Claude-Guillemain
BP 36009 – 45060 – Orléans Cedex 2 – France
Tél. : 02 38 64 34 34

Direction régionale Lorraine

1, avenue du Parc de Brabois
54500 – Vandœuvre-lès-Nancy – France
Tél. : 03 83 44 81 49