

Géologues

Géosciences et Société

Dossier

Le Fossé rhénan

Une coédition



DIRECTEUR DE PUBLICATION :

François BAUDIN

RÉDACTEUR EN CHEF :

Marc BRISEBARRE

CONSEILLER PUBLICATIONS :

François LEPARMENTIER

COMITÉ DE RÉDACTION :

• **SECTION GÉOLOGIE DE L'INGÉNIEUR**

Marianne CHAHINE
Denis FABRE

• **SECTION EAU**

Jean-Pierre FAILLAT
Anthony LE BEUX
Lahcen ZOUHRI

• **SECTION GÉOPHYSIQUE**

Antoine BOUVIER
Christian HERISSON
Jean-Marc MIEHE

• **SECTION SUBSTANCES MINÉRALES**

Patrice CAUMARTIN
Michel JÉBRAK
Christian POLAK
Véronique TOURNIS

• **SECTION ÉNERGIE**

Marc BLAIZOT
Éléonore DALMAIS
Jean-Marc FLEURY
Jean-Jacques JARRIGE

• **SECTION ENSEIGNEMENT ET RECHERCHE**

Christian BECK
Roselyne FRIEDENBERG
Cyril SCHAMPER

• **SECTION AFFAIRES PROFESSIONNELLES**

Eric MARCOUX

• **SECTION JEUNES**

Nicolas LEMONNIER

SECRETARIAT DE RÉDACTION :

redac.geologues@geosoc.fr

Géologues est la revue officielle de la Société Géologique de France et de Avenia.

Société Géologique de France
Association loi de 1901, fondée en 1830
et reconnue d'utilité publique par
Ordonnance du Roi du 3 avril 1832.

SIÈGE SOCIAL :

77, rue Claude Bernard - 75005 PARIS
01 43 31 77 35 - accueil@geosoc.fr
Site Internet : www.geosoc.fr

Avenia : pôle de compétitivité
des industries du sous-sol
Technopole Hélio Parc - Av. Pierre Angot
64053 PAU Cedex 09 - 05 59 84 81 10
Site Internet : www.pole-avenia.com

ABONNEMENT ET PUBLICITÉ :

Société Géologique de France

MISE EN PAGE ET COUVERTURE :

J.-C. MANCHON - CLÉRY-SAINT-ANDRÉ

IMPRIMÉ EN FRANCE PAR

CHEVILLON IMPRIMEUR

26, boulevard Kennedy - 89100 SENS

Commission paritaire

CPPAP n°0125G82626

Dépôt légal à parution



Marc Brisebarre¹,
Rédacteur en chef
de "Géologues".



Éléonore Dalmais²,
Géologue, ES-Géothermie,
Strasbourg.



François Leparmentier³,
Conseiller aux
publications de la SGF.

Fossé d'effondrement tertiaire encadré par des épaulements de socle paléozoïque, la plaine rhénane est à la fois une terre de passage et une terre de frontière. S'étendant sur près de 300 km depuis Bâle en Suisse jusqu'à Francfort en Allemagne en passant par Strasbourg en France, cette région a su prospérer et se développer au cours des siècles pour être l'un des carrefours de l'Europe actuelle. À l'origine de cette prospérité se trouve – parmi d'autres facteurs – la richesse de son sous-sol. Dès l'antiquité l'exploitation minière s'est développée dans ses épaulements, Vosges et Forêt-Noire, où les gisements, notamment argentifères, ont fait la fortune de quelques seigneurs locaux. Du Moyen-Age nous sont parvenus les premiers témoignages de l'exploitation du pétrole de Pechelbronn, début d'une aventure pluricentenaire qui verra l'émergence du groupe Schlumberger. Enfin, à l'aube du XX^e siècle, c'est la découverte d'un gisement de potasse, cette fois-ci au sud du Fossé, qui fera la renommée de la région au travers d'une exportation à l'échelle mondiale. Si, aujourd'hui, ces exploitations sont pour l'essentiel terminées, il n'en reste pas moins des vestiges dans les paysages et le patrimoine de cette région. Cette culture d'innovation dans le domaine des géosciences se traduit à la fois par la renommée des universités et instituts académiques de la région en la matière, mais également par l'émergence d'une nouvelle filière d'exploitation de l'eau géothermale qui circule dans les couches profondes et le socle du Fossé, aujourd'hui à des fins de production énergétique et demain – peut-être – pour en extraire des métaux stratégiques tels que le lithium.

Ainsi ce numéro de "Géologues" tente de faire le lien entre la géologie du Fossé rhénan et de ses bordures, son histoire minière et les enjeux actuels de la transition énergétique. Il n'en oublie pas moins que d'autres enjeux environnementaux se trament à sa proche surface, et dédie quelques articles à la nappe rhénane et aux risques engendrés par les forages dans les collines sous-vosgiennes.

Pas encore abonné !

Géologues
REVUE OFFICIELLE DE LA SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE
L'ÉCONOMIQUE APPLIQUÉE

www.geosoc.fr/geologues

Abonnez-vous en quelques clics

1. Courriel : redac.geologues@geosoc.fr

2. Courriel : eleonore.dalmais@es.fr

3. Courriel : francois.leparmentier@gmail.com



Crédit photo : Gettyimages et ES-Géothermie.

Photo de première de couverture :
La plaine rhénane avec au second plan les collines sous-vosgiennes et en arrière-plan le massif vosgien.

Éditorial 1

Actualités 5

La prise de position de l'ONU sur le nucléaire 5
François Leparmentier

Le prix de l'innovation 2021 de l'EGEC
attribué à ENGIE, associé à ANTEA 6
François Leparmentier

PYCASSO : un projet de territoire de capture,
utilisation et stockage géologique de CO₂ 7
Marc Blaizot

L'eau souterraine, clé des Objectifs
de Développement Durable de l'ONU 8
François Leparmentier

Appli muRex 9
Marc Brisebarre

Jeune entreprise 10

Tessael, la start-up experte en maillage du sous-sol :
Une nouvelle technologie pour la simulation
couplée écoulement-géomécanique 3D
des réservoirs naturels 10
François Leparmentier avec Wan-Chiu Li

Décryptage 12

Le nouveau rapport du GIEC : Le cri de la science ... 12
François Leparmentier

Dossier 14 Le Fossé rhénan

CADRE GÉOLOGIQUE 14

Données stratigraphiques du Fossé rhénan supérieur dans la région de Strasbourg 14

Coralie Aichholzer, Pauline Harlé, Philippe Düringer

Entre 2012 et 2020, dans le Fossé rhénan supérieur, plusieurs forages géothermiques ont atteint le socle granitique. Les plus complets ont traversé environ 100 m de graviers quaternaires, 1 700 m de Tertiaire, plus de 1 000 m de Mésozoïque et près de 200 m de Permien. Une discontinuité majeure sépare le Jurassique moyen des séries cénozoïques. Dans cet article, nous proposons une colonne stratigraphique virtuelle et complète (compilation de puits) avec la succession de toutes les formations sédimentaires du Permien au Quaternaire dans la région de Strasbourg avec une indication des variations latérales d'épaisseur et de faciès.

Regard sur un changement climatique majeur : la transition Éocène-Oligocène dans le Fossé rhénan 26

*Emile Simon, Laurent Gindre-Chanu, Alexis Nutz,
Quentin Boesch, Guillaume Dupont-Nivet,
Hendrik Vogel et Mathieu Schuster*

La transition Éocène-Oligocène marque le passage d'un climat « greenhouse » à un climat « icehouse », c'est-à-dire l'entrée pour la Terre d'une configuration « chaude » à une configuration climatique quasi-moderne. Cet article synthétise les connaissances à l'échelle globale de cet épisode climatique majeur et propose pour la première fois de se confronter à l'histoire tectono-sédimentaire du Fossé rhénan.

UNE RÉGION RICHE DE SON HISTOIRE MINIÈRE 35

Les gisements métalliques des Vosges et leurs relations avec l'histoire régionale : un aperçu bibliographique 35

C. Maignac

Près de la moitié du massif ancien des Vosges est constituée par des granites carbonifères (ca. 340-300 Ma) intrusifs soit dans des gneiss de haut grade (Vosges moyennes), soit dans des complexes volcano-sédimentaires de bas degré, dévoniens (Vosges du nord) ou viséens (Vosges du sud). Des minéralisations variées, mais dans l'ensemble peu ou pas économiques, y sont connues : W, Sn, Mo, associées aux granites ; filons de sulfures à métaux de base et argent ; filons à barytine-fluorite ; minéralisations liées aux

strates des bassins stéphano-permiens discordants. Les filons sont liés à la réactivation des grandes failles NE-SO du Viséen.

Un projet transfrontalier autour des ressources minérales : Regio mineralia (Région du Rhin Supérieur) 46

Pierre Fluck

Les Vosges et la Forêt-Noire étant constituées de terrains anciens de socle anté-permiens, hébergent des concentrations assez remarquables de ressources métallifères. Aussi ont-elles été agitées par une histoire minière intense en même temps que tourmentée. L'article propose une vision holistique de la question, qui ne sépare pas les approches relevant des sciences de la Terre et celles plus spécialement liées aux hommes, aux économies et aux territoires à travers l'épaisseur des temps.

La potasse en Alsace : une aventure industrielle de renommée mondiale 52

François Leparmentier

L'histoire industrielle du Bassin potassique d'Alsace est intimement liée à celle du XX^e siècle dont elle embrasse les contours, du premier forage d'exploration en 1904 à la déclaration officielle de l'épuisement du gisement en 2004. L'exploitation de la potasse a contribué à l'essor industriel de la région dans un contexte mondialisé, avec ses succès, mais aussi ses drames et ses crises. Aujourd'hui, la reconversion économique du bassin d'emploi est largement réalisée et le patrimoine industriel est en partie préservé grâce à une forte culture identitaire des anciens acteurs des sociétés minières.

StocaMine 59

Marc Brisebarre

StocaMine est un stockage souterrain de déchets dangereux situé à Wittelsheim, près de Mulhouse ; il a été en activité de 1999 à 2002, date à laquelle un incendie a conduit à l'arrêt de l'apport de déchets. Depuis, nombreuses ont été les études (et polémiques) pour rechercher une solution permettant de préserver la nappe d'Alsace d'une éventuelle pollution par les matériaux entreposés.

Histoire de l'exploitation du pétrole en Alsace 60

Daniel Rodier et Denise Weinling

Pechelbronn fut d'abord (sous la forme Baechelbronn, qui signifie la source du petit ruisseau) le nom d'un affleurement sur la commune de Lampertsloch, située entre Haguenau et Wissembourg. Ce site, à l'origine de l'aventure pétrolière en Alsace, est le plus ancien en Europe, et sans doute dans le monde, qui ait connu une exploitation continue depuis le Moyen Âge jusqu'à l'ère industrielle. Ce terme de Pechelbronn est devenu par la suite le nom de la concession et du gisement, puis à partir de la fin du XIX^e siècle il fut associé aux noms successifs de l'entreprise, qui ferma définitivement en 1970 sous le nom de SAEM Pechelbronn.

Rapatriement des carottes historiques d'Alsace à la carothèque du BRGM d'Orléans 68

Olivier Serrano

La carothèque du BRGM a pour vocation de regrouper, reconditionner, préserver et mettre à disposition de la communauté scientifique les carottes et échantillons de forages réalisés par le BRGM ou faisant partie de ses collections historiques. Plusieurs lieux de stockage à vocation temporaire ont été gérés par le BRGM en France ; c'est le cas, notamment, du stockage de Preuschdorf, près de Merckwiller-Pechelbronn, dont le contenu a été transféré à la carothèque d'Orléans et les locaux réaménagés pour accueillir le Musée du Pétrole.

Les collections en Sciences de la Terre de l'Université de Strasbourg 70

Barbara Gollain, Kévin Janneau et Delphine Issenmann

L'Université de Strasbourg se distingue par un patrimoine constitué au fil du temps par l'équipement scientifique, instrumental comme architectural, lié à l'émergence des sciences expérimentales telles que la sismologie ou l'étude du magnétisme terrestre, à la fin du XIX^e siècle. Cet article dresse un panorama de ce patrimoine non seulement historique mais aussi typologique et dynamique, mettant notamment en avant les perspectives communes de (re)mobilisation des collections à des fins non seulement patrimoniales mais aussi scientifiques.

UNE EXPLOITATION DU SOUS-SOL AUJOURD'HUI TOURNÉE VERS LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE 77

Atlas des ressources géothermiques de surface en Alsace : un outil d'aide à la décision pour conseiller sur l'exploitabilité locale des principaux aquifères 77

Murielle Chabart

Lors d'un choix énergétique, les maîtres d'ouvrages, les bureaux d'études, les décideurs des collectivités territoriales ou les particuliers sont en attente d'informations locales sur la ressource, afin d'examiner la possibilité d'utiliser ou pas la géothermie très basse énergie (TBE). Cet article présente les principaux résultats et l'approche technique mise en œuvre par le BRGM pour établir l'atlas des ressources géothermiques de surface sur nappe concernant le territoire alsacien, en complément des atlas préexistants sur la Champagne-Ardenne et la Lorraine.

La géothermie profonde dans le Fossé rhénan supérieur, des années 80 à aujourd'hui 83

Éléonore Dalmais, Albert Genter, John Reinecker et Béatrice Pandélis

Depuis les années 80, des projets de géothermie se sont succédés dans le Fossé rhénan pour tirer parti de la chaleur

terrestre dans une région où le gradient thermique peut atteindre jusqu'à 100°C/km. Cet article tente de tracer le panorama des différents projets en les replaçant dans leur contexte tant géologique que technico-économique et sociétal.

En Alsace, la géothermie fait ses preuves 92

Pionnier de l'aventure géothermique en Alsace, le groupe ÉS (Électricité de Strasbourg) exploite aujourd'hui deux centrales dans le Bas-Rhin. De la conception d'un projet à son exploitation, son expertise est complète et ne cesse de s'enrichir grâce à de nombreux programmes de recherche et d'innovation. Avec deux énergies renouvelables décarbonées, la chaleur et l'électricité, et une ressource potentielle de lithium « vert », la transition énergétique se joue aussi ici.

Évolution du suivi sismique des sites géothermiques en exploitation dans le Fossé rhénan supérieur 94

Emmanuel Gaucher et Vincent Maurer

Le Fossé rhénan concentre, au niveau européen, un grand nombre de systèmes géothermiques améliorés, dits EGS (« Enhanced Geothermal Systems »), qui ont dû être stimulés en profondeur. Or les stimulations génèrent de la sismicité qui apporte de l'information sur le réservoir mais qui peut être également ressentie par la population ; d'où la mise en place d'un suivi sismique qui a évolué pour répondre à ces deux problématiques.

La valorisation du lithium issu des eaux géothermales : le cas du Fossé rhénan 103

Clio Bosia, Elif Kaymakci, Thomas Koelbel, Bernard Sanjuan, Blandine Gourcerol et Romain Millot

Le lithium se profile, dans les années à venir, comme une ressource critique pour la réussite de la transition énergétique. Les saumures géothermales sont une ressource qui mérite d'être explorée car elle offre un potentiel en lithium significatif et à faible empreinte carbone. Au niveau européen, des travaux récents ont montré que le Fossé rhénan représentait la zone la plus prometteuse en Europe ;

plusieurs permis d'exploration lithium sont en cours d'instruction et il existe également un test pilote relatif aux technologies d'extraction sur la centrale géothermique de Rittershoffen.

ENJEUX DE PROCHE SURFACE 110

La réalisation de sondes géothermiques dans les collines de bordure du Fossé rhénan, un pari à risque 110

Charles Frey

À partir des années 2005 de nombreuses sondes géothermiques (ne nécessitant pas la présence d'une nappe phréatique) ont été installées dans les collines bordant le Fossé rhénan ; or le non respect des règles de l'art joint à l'absence d'études géologiques préalables sérieuses a généré de nombreux sinistres dans ces collines d'une grande complexité tectonique ; trois cas emblématiques seront étudiés : Lochwiller et Kirchheim en Alsace (Bas-Rhin), et Staufen dans le pays du Bade-Wurtemberg en Allemagne.

Lochwiller, une autre origine est-elle possible ? 119

Interview de Luc Jaillard

Cet article propose une nouvelle origine des désordres observés à Lochwiller ne faisant pas intervenir le forage géothermique comme cause principale.

Réseaux de surveillance des eaux souterraines de l'aquifère du Rhin supérieur : enjeux et perspectives 122

Rémy Cotinet, Fabien Toulet, Michel Wingerling, Emmanuelle Witz, Baptiste Rey et Didier Lihmann

L'aquifère alluvial du Fossé rhénan renferme une ressource d'envergure transfrontalière. Ce réservoir d'eau souterraine fait l'objet d'une surveillance particulièrement dense depuis le début du XX^e siècle. Les réseaux de mesures et les campagnes d'analyses permettent le développement de connaissances et d'outils nécessaires pour assurer aux générations futures une eau de bonne qualité.