



**HAL**  
open science

## Les effondrements dus à l'exploitation du sel

Bernard Feuga

► **To cite this version:**

Bernard Feuga. Les effondrements dus à l'exploitation du sel. Géosciences, BRGM, 2009, pp.86-95.  
hal-01059632

**HAL Id: hal-01059632**

**<https://hal-brgm.archives-ouvertes.fr/hal-01059632>**

Submitted on 1 Sep 2014

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Une terre vivante et dynamique connaît des phénomènes « rapides », à l'échelle géologique, tels que la dissolution des roches très solubles comme le sel et les autres évaporites quand elles sont exposées à l'action de l'eau. La dissolution naturelle du sel entraîne rarement des effondrements brutaux. En revanche, son exploitation par l'homme peut créer les conditions d'accidents souvent spectaculaires.

# Les effondrements dus à l'exploitation du sel



**Bernard Feuga**

CHARGÉ DE MISSION SEL  
GEODERIS  
bernard.feuga@geoderis.fr

**Effondrement provoqué de la cavité LR50-51  
de La Rape, Art-sur-Meurthe  
(Meurthe-et-Moselle) en décembre 2004.**

*Induced collapse of cavity LR50-51 sinkhole  
at the La Rape brine field, Art-sur-Meurthe  
(Meurthe-et-Moselle Department)  
in December 2004.*

© Rhodia-CIM.

## Le sel, un matériau particulier, des accidents spectaculaires

Le sel gemme et les roches apparentées, comme les minerais de potasse, possèdent des propriétés remarquables : une densité en général très inférieure à celle des autres roches et une capacité à fluier hors du commun.

Ces propriétés expliquent qu'il existe, parallèlement aux gisements de sel « en couche », de nombreux « dômes de sel », gigantesques colonnes de sel d'un diamètre dépassant souvent le kilomètre, dues à la remontée de sel gemme depuis les couches profondes.

Du fait de sa capacité de fluage, le sel se déforme de manière souple sous des efforts variant lentement, sans qu'apparaissent de fractures et s'il peut se briser d'une manière soudaine sous l'effet d'une sollicitation rapide, il va le plus souvent jusqu'à « cicatriser » spontanément les fractures qui y apparaissent. C'est pourquoi les fractures ouvertes sont très rares dans les masses de sel tant qu'elles ne sont pas perturbées par l'homme. Sans discontinuités permettant les circulations d'eau, les formations salines sont très imperméables, d'où la possibilité d'y stocker des déchets.





**La dissolution naturelle du sel est très lente et ne produit en général pas d'effondrement**

Le sel gemme est une roche très soluble : un litre d'eau douce peut en dissoudre environ 360 g.

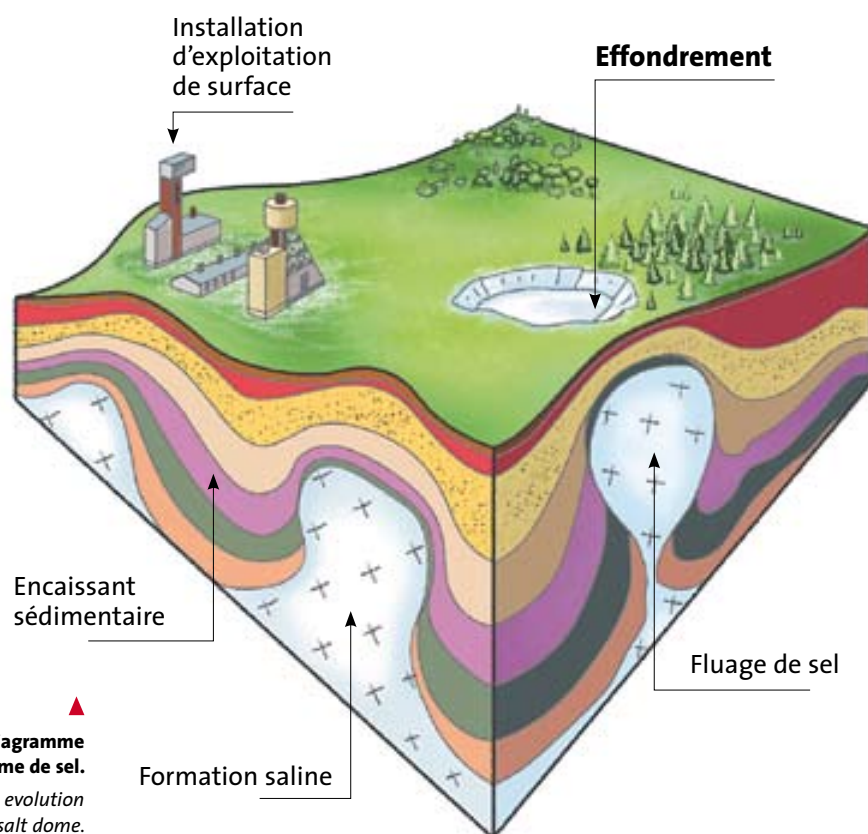
Des venues d'eau superficielle qui atteignent le sommet (le « toit ») d'une couche de sel peu profonde se contentent d'y circuler puisque le sel est imperméable. L'eau y dissout du sel et sa concentration s'accroît jusqu'à ce qu'elle atteigne la saturation et qu'elle perde toute capacité de dissolution. Le sel est alors protégé de la dissolution par une couche de saumure saturée sur laquelle surnage l'eau douce puisque la saumure est beaucoup plus dense que l'eau douce (1,2 au lieu de 1) et qu'eau douce et saumure ne se mélangent pas.

Ce schéma simple n'empêche pas la dissolution naturelle. En Lorraine, par exemple, où le pendage des couches devrait mettre le sel à l'affleurement, il est totalement absent des cinquante premiers mètres de terrain. La dissolution y est active entre 50 et 100 m de profondeur.

▲ **Mine de sel à Einville-au-Jard (Meurthe-et-Moselle)**  
**Exploitation selon la méthode des chambres et piliers abandonnés.**

*Room and pillar Einville-au-Jard salt mine (Meurthe-et-Moselle).*

© SALINS Varangéville/C.Lheur.



▲ **Bloc diagramme de l'évolution d'un dôme de sel.**

*Block diagram of the evolution of a salt dome.*

© D'après M. Villey.





Mais il s'agit d'un phénomène d'ordre géologique qui évolue lentement et qui reste confiné au toit du sel sans y creuser de cavités de grande taille. Les terrains recouvrant le sel étant souvent argileux et souples, cette dissolution ne provoque qu'un affaissement lent et progressif. La dissolution naturelle du sel n'y crée des cavités assez grandes pour être à l'origine d'effondrements de la surface que dans des situations exceptionnelles.

### *Des accidents souvent spectaculaires dans l'exploitation des gisements de sel*

L'exploitation d'un gisement de sel ou de potasse détruit l'intégrité de la formation salifère. L'eau en profite pour pénétrer au cœur du sel et y créer des vides de dissolution de grande taille dont l'effondrement peut atteindre la surface du sol. Parfois, la méthode d'exploitation crée elle-même de grandes cavités.

Les effondrements spectaculaires liés au sel ou à la potasse ont souvent une amplitude verticale très supérieure à l'épaisseur exploitée. C'est vrai dans certains exemples d'effondrements survenus dans les deux familles d'exploitation des évaporites : les mines « sèches » et les méthodes ayant recours à la dissolution.

### **Effondrements dus à des exploitations par « mines sèches »**

*La mine de Merkers, ou comment une mine de potasse peut s'effondrer sans que l'eau y joue un rôle*

La mine de Merkers (Thuringe, Allemagne) exploitée par chambres et piliers, comme la grande majorité des mines d'évaporites, connut le 13 mars 1989 l'effondrement le plus important de l'histoire minière : 3 200 piliers se rompirent en quelques secondes, sur une superficie de 6 km<sup>2</sup>, provoquant un séisme de magnitude 5,6 ressenti à 300 km, et des dégâts importants à la surface du sol qui s'affaissa de 0,80 m. 80 % des maisons de la ville de Völkershausen furent endommagées. C'est la rupture en chaîne de piliers surchargés, dans un minerai (la carnallite) très propice aux ruptures brutales, qui explique la catastrophe, déclenchée par un tir de mine [Minkley (2004)].

### *Un cas unique au monde : l'effondrement de 1873 à la mine de sel de Saint-Nicolas*

Le 31 octobre 1873, un quartier de la mine de Saint-Nicolas (Meurthe-et-Moselle), s'effondra en quelques secondes, provoquant un séisme ressenti à Nancy, à 10 kilomètres de là.



Le quartier, desservi par un puits central, avait une forme ramassée de 350 m de côté à une profondeur de 150 m. Le « taux de défrètement » (rapport de la surface exploitée dans la couche sur sa surface totale) était de 82 %, valeur considérée de nos jours comme trop élevée.

▼ **Photo 1 : Galerie périphérique du quartier Saint-Maximilien, effondré en 1873. Mine de sel de Saint-Nicolas (Meurthe-et-Moselle).**

*Photo 1: Outer gallery of the Saint-Maximilien panel, which collapsed in 1873. Saint-Nicolas salt mine (Meurthe-et-Moselle Department).*

© Compagnie des Salins du Midi et des Salines de l'Est.





▲ **Photo 2 : Inondation de la mine de potasse de Holle (Congo) – effondrement n° 1.**

Photo 2: Flooding of the Holle potash mine (Congo) – sinkhole N° 1.

© Mines de Potasse d'Alsace.

L'effondrement s'est traduit en surface par une cuvette de 3,30 m de profondeur (la hauteur des chambres était de 5,50 m), centrée sur le puits. À l'intérieur d'un « cercle » de 80 m de diamètre, au fond peu déformé, les dégâts aux bâtiments étaient minimes. Ils étaient beaucoup plus importants dans la couronne située entre ce « cercle » intérieur et la limite du quartier. Le puits, descendu de 3,30 m, n'avait subi aucun désordre significatif mais se trouvait comblé par 15 mètres de marne provenant du mur de la mine. Au fond, les galeries s'étaient complètement refermées sous le « cercle » intérieur, leur toit venant au contact du mur, dans lequel les piliers s'étaient enfoncés. Sous la couronne, le mur s'élevait, et le toit s'abaissait progressivement vers le centre du quartier, tandis que les piliers, fortement endommagés, n'avaient pas volé en éclats. Dans la galerie périphérique, les dalles du toit s'étaient rompues, provoquant une montée de voûte de trois mètres (*photo 1*).

L'accident s'explique par le poinçonnement du mur marneux de la mine par les piliers, phénomène rendu possible par l'usage d'une méthode d'abattage avec jets d'eau creusant des saignées dans les parois. L'eau, mal évacuée, a progressivement dégradé les marnes du mur. Bérest *et al.* (2008) ont montré que la faible cohésion du mur et la raideur du toit expliquaient l'effondrement. Il s'agit du seul accident très grave survenu en France dans une mine de sel.

### ***La perte de la mine de potasse de Holle, ou les mauvaises surprises de la géologie***

Le 18 juin 1977, une petite venue d'eau apparut lors du creusement d'une galerie dans la mine de potasse de Holle, en République du Congo [Feuga *et al.* (2005)]. Le débit de cette venue d'eau, au début fortement salée, s'accrut rapidement, cependant que sa teneur en sel diminuait, et finit par devenir incontrôlable. La mine dut être abandonnée le 22 juin. L'inondation s'accompagna de trois effondrements sur une distance de plus de 1 500 m. Le plus grand, d'un diamètre de 150 m et d'une profondeur de 20 m, était situé à la verticale du point d'irruption de l'eau (*photo 2*).

La mine de Holle, surmontée par d'importants niveaux aquifères dont elle était séparée par des dizaines de mètres de roches imperméables était considérée à l'abri de tout risque d'inondation. C'est la rencontre, par la galerie en cours de percement, d'une discontinuité insoupçonnée qui a créé une communication avec les aquifères surmontant la mine. L'alignement des cratères d'effondrement montre qu'il pourrait s'agir d'une faille même s'il est possible que cette discontinuité soit en rapport avec des phénomènes diagénétiques<sup>(1)</sup> ayant affecté le gisement.

(1) La diagenèse est l'ensemble des processus biochimiques et physico-chimiques qui transforment un sédiment postérieurement à son dépôt.

“  
La dissolution naturelle du sel ne crée de cavités assez grandes pour être à l'origine d'effondrements de la surface que dans des situations exceptionnelles.”





◀ **Photo 3 : Cratère d'effondrement et d'explosion au-dessus de la mine Bereznikovskiy-3 (Russie).**

*Photo 3: Collapse and explosion crater above the Bereznikovskiy-3 mine (Russia).*

© Adolfo Eraso.

La venue d'eau, initialement très faible, mais alimentée par un réservoir quasiment inépuisable, s'est d'abord frayé un chemin au sein de matériaux peu cohérents qui remplissaient la discontinuité recoupée. Elle a ensuite agrandi par dissolution son passage vers la galerie, d'autant plus vite qu'elle était de moins en moins chargée en sel et donc de plus en plus capable d'en dissoudre. Un tel mécanisme évolue souvent de manière exponentielle pour devenir rapidement non maîtrisable.

Les effondrements résultent du développement de cavités de dissolution devenues trop grandes pour rester stables et qui, en s'effondrant, ont fini par atteindre la surface du sol.

***L'inondation de la mine de Retsof, ou comment des piliers trop chargés entraînent une inondation fatale***

Des désordres géotechniques sont parfois à l'origine d'inondations de mines.

L'immense mine de sel de Retsof, dans l'état de New York, était en partie située sous une vallée comblée de matériaux fluvio-glaciaires perméables et gorgés d'eau, dont elle était séparée par des couches imperméables. Les études hydrogéologiques excluaient la possibilité d'inondation.

Tout débuta dans un chantier où la mine expérimentait la méthode d'exploitation des *yield pillars* (« piliers affaissables »), qui entraîne un léger mouvement du toit. Cela suffit pour que le toit du chantier se fissure, puis qu'une rupture se produise le 12 mars 1994 entraînant

une venue de saumure et de gaz évoluant en inondation non maîtrisable. Le rabattement de la nappe phréatique provoqué par l'inondation de la mine, qui dura des mois, entraîna un affaissement temporaire de la surface du sol sur une grande étendue.

***Où l'on vit un lac entier se déverser dans la mine de sel de Jefferson Island***

La mine de Jefferson Island, en Louisiane, exploitait un dôme de sel sous le lac Peigneur. Le 20 novembre 1980, un sondage pétrolier depuis une barge sur le lac pénétra dans les travaux miniers. En quelques heures, le lac se vida dans la mine par le trou de sonde, rapidement transformé en orifice gigantesque, surmonté d'un énorme tourbillon. Un cratère d'effondrement de grande taille apparut au fond du lac asséché.

Les mesures de convergence (diminution de la hauteur des galeries avec le temps) réalisées avant et après l'accident montrèrent que l'inondation avait entraîné une diminution considérable de la vitesse de convergence. La poussée d'Archimède réduit en effet significativement les efforts dans les piliers : le remplissage d'une mine par de l'eau (et *a fortiori* par de la saumure, plus dense) a le plus souvent des effets bénéfiques sur sa stabilité. C'est si vrai que l'ennoyage volontaire d'une mine de sel ou de potasse constitue une méthode d'abandon largement pratiquée.

***Où l'eau et le gaz conjuguent leurs effets : la mine de potasse de Bereznikovskiy-3***

La mine de potasse de Bereznikovskiy-3, dans l'Oural, connut en 1986 un accident extraordinaire, peu après avoir été abandonnée [Andreichuk *et al.* (2000)].

“ Des désordres géotechniques sont parfois à l'origine d'inondations de mines. ”



“ Le remplissage d'une mine par de l'eau a le plus souvent des effets bénéfiques sur sa stabilité. ”

La mine était exploitée par piliers affaissables qui finirent par se rompre, provoquant un effondrement du toit et des venues d'eau qui se transformèrent en inondation et furent la cause de l'abandon de la mine. Mais l'évolution de celle-ci et des terrains environnants se poursuit, avec la dissolution d'importantes quantités de sel et le développement de vides de grande taille. Les terrains surincombants finirent par s'effondrer provoquant une explosion du méthane accumulé dans les vides et donnant naissance à un cratère de 80 m de long, 40 m de large et 200 m de profondeur (*photo 3*). Ce cas est lui aussi unique dans les annales minières mondiales.

### Effondrements dus à des exploitations par dissolution

Les premières méthodes d'exploitation du sel par dissolution ne faisaient qu'effleurer le sommet des gisements et ne provoquaient que de faibles affaissements. Mais par la suite, les sondages profonds visant

à exploiter une épaisseur de sel plus importante allaient créer des cavités souterraines de dimensions considérables pouvant atteindre 100 m de diamètre.

Conçues pour rester stables à long terme, ces cavités échappent parfois au contrôle, voient leur taille s'accroître, leur sommet sortir de la formation salifère et « monter » progressivement dans les terrains de recouvrement, moins résistants, allant jusqu'à provoquer en surface de vastes effondrements. Ceux-ci ne sont en général pas brutaux car les cavités sont remplies de saumure qui ne peut être expulsée instantanément.

La *photo 4* présente l'effondrement survenu le 21 octobre 1974 près de Hutchinson, Kansas [Walters (1978)]. L'éboulement d'une cavité de dissolution devenue trop grande s'est propagé dans les shales surmontant le sel jusqu'à atteindre la surface du sol, y créant un cratère profond de 18 m et d'un diamètre de 80 m qui s'est rapidement rempli d'eau.

**Photo 4 : Le « Cargill Sinkhole », Hutchinson, Kansas (USA).**

*Photo 4: The "Cargill Sinkhole", Hutchinson (Kansas, USA).*

© The Wichita Eagle & Beacon.



## ► COMMENT PRÉVOIR L'EFFONDREMENT D'UNE CAVITÉ

Robert Fabriol – BRGM / GISOS – r.fabriol@brgm.fr

En Lorraine, la méthode d'exploitation utilisée par Solvay à Cerville-Buissoncourt consiste à extraire le sel par dissolution sur toute l'épaisseur de la couche en injectant de l'eau entre les sondages espacés de 50 m sur une longueur d'environ un kilomètre avant de récupérer la saumure en aval. En amont de la piste la dissolution du sel crée une cavité dont la taille augmente jusqu'à provoquer l'effondrement du recouvrement.

Dans le cadre de ses travaux de recherche, le GISOS<sup>(1)</sup> a mis à profit l'effondrement de la cavité à Cerville-Buissoncourt en amont des pistes 2100 et 2200, prévu fin 2008-début 2009, pour instrumenter le site. L'objectif est d'observer la succession

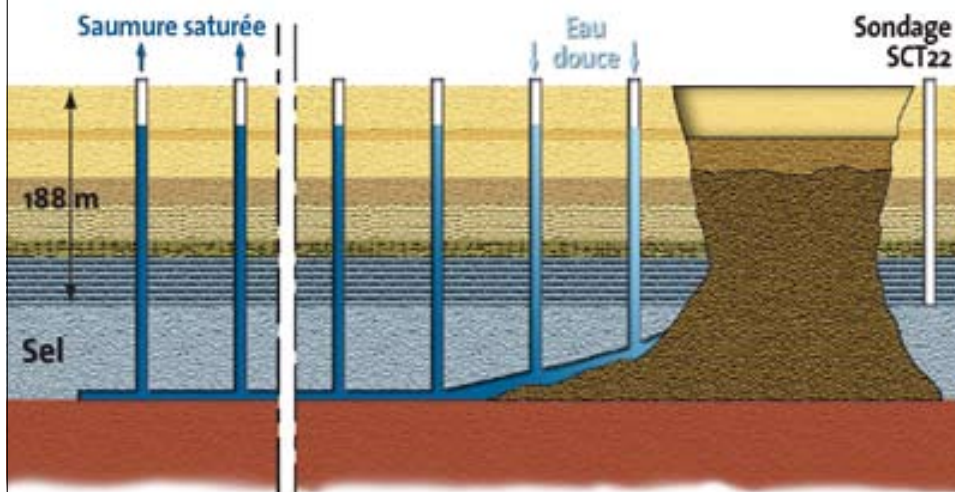
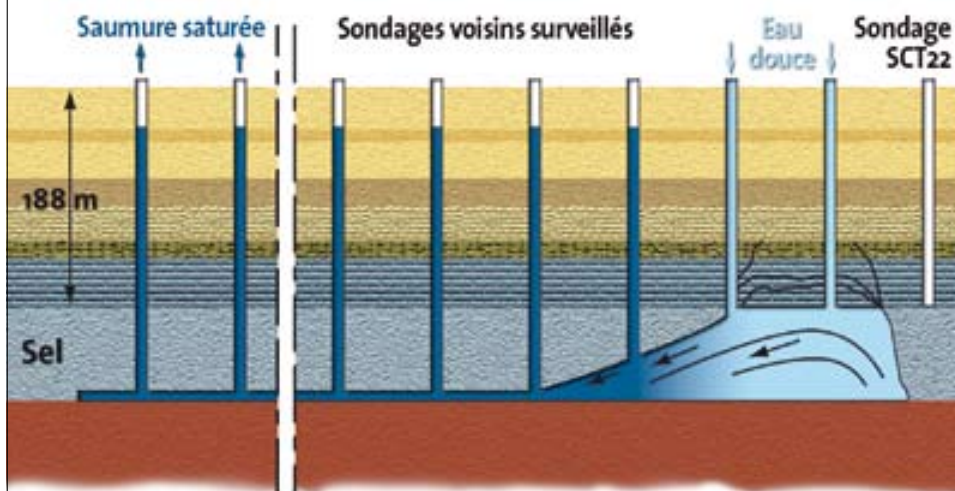
des événements précédant l'effondrement mais aussi d'identifier et de caractériser les signaux précurseurs. Cette démarche permettra d'améliorer les méthodes de suivi des zones à risque d'effondrement à l'aplomb de cavités abandonnées.

La cavité instrumentée à l'amont de deux pistes d'exploitation possède un diamètre d'environ 150 m et se situe entre 180 et 260 m de profondeur. Les méthodes de suivi mises en place par l'INERIS et le BRGM comprennent plusieurs dispositifs de mesures : géophysique (écoute micro-sismique, électrique/magnétique, hydro-acoustique, électrique de surface), géomécanique (extensométrie, inclinomètre, tachéométrie laser), hydrochimique

(piézométrie, conductivité et température de l'eau, analyses de la composition chimique de l'eau et des gaz).

En avril 2007, un essai de variation de pression par diminution du niveau de la saumure dans la cavité a entraîné une relaxation de la couverture avec déformation dans les couches supérieures. Les mesures confirment l'irréversibilité des déformations, avec cependant, des déplacements supérieurs de 20 % à ceux observés en octobre 2005 pour la même variation de pression. Les événements microsismiques enregistrés pendant cet essai sont aussi faibles en énergie que ceux qui caractérisent l'état dit « stable » de la cavité. Le suivi du niveau piézométrique des grès du Rhétien autour de la cavité montre une évolution liée aux fluctuations saisonnières de la pluviosité et n'a pas enregistré de variations significatives dues à l'essai de pression. L'effondrement de la cavité est un phénomène remarquablement brutal qui se traduira par de très fortes variations de tous les paramètres. ■

(1) GISOS : groupement d'intérêt scientifique sur l'impact et la sécurité des ouvrages souterrains, créé en 1999, constitué du BRGM, de l'INERIS, du LAEGO-INPL et de l'ENSMP ([www.gisos.org](http://www.gisos.org)).



◀ **Coupe schématique d'une piste d'exploitation du sel par dissolution avec la cavité de dissolution en amont avant effondrement.**

*Schematic section of a dissolution track for extracting salt showing the dissolution cavity upstream prior to collapse.*

Source : Solvay.

◀ **Coupe schématique de l'exploitation après effondrement de la cavité de dissolution en amont de la piste.**

*Schematic section of extraction following the collapse of the dissolution cavity upstream from the track.*

Source : Solvay.



**Photo 5 : Effondrement provoqué de la cavité LR50-51 à La Rape, près de Nancy. Évolution de la cheminée d'effondrement au cours du temps.**

*Photo 5: Induced collapse of cavity LR50-51 at the La Rape brine field near Nancy (France). Evolution of the Sinkhole over time.*

© Rhodia-CIM.

De tels cratères sont également visibles en France, notamment dans le bassin salifère de Nancy. Les plus récents ont été provoqués volontairement par les exploitants, pour éviter que des cavités trop grandes ne s'effondrent de manière incontrôlée. C'est vrai notamment pour l'effondrement de la cavité LR50-51 du champ de sondages de La Rape (Meurthe-et-Moselle) [Jeanneau (2005)]. Bien que la cavité ait été partiellement vidée de sa saumure pour faciliter son effondrement, celui-ci n'a pas revêtu un caractère brutal. La taille du cratère initial était beaucoup plus petite que celle de la cavité souterraine. Le cratère a atteint, progressivement, par chute d'écaillles successives, une dimension du même ordre que celle de la cavité (photo 5).

### Les sondages profonds réservent parfois des surprises

Les sondages profonds entraînent parfois des effets néfastes quand ils recoupent une formation salifère et des niveaux aquifères de charges différentes. Cette situation est favorable à la circulation d'un aquifère à l'autre si le sondage les met en communication, ce qui survient en cas de défaut de cimentation du tubage ou de rebouchage défectueux après abandon du sondage. L'eau qui chemine à la faveur du sondage dissout du sel en traversant la formation salifère, y créant une cavité qui peut devenir trop grande et finir par s'effondrer, donnant lieu à un cratère de grande taille. Un tel effondrement s'est produit en octobre 1986 sur le champ pétrolifère de Haoud Berkaoui, au Sahara avec un cratère profond de 75 m.

*“ Les sondages profonds entraînent parfois des effets néfastes. ”*





Photo 6 : Le Wink Sink 1 (Texas, USA), effondrement dû à un sondage pétrolier défectueux.

Photo 6: Wink Sink 1, Winkler County, (Texas, USA), a collapse caused by a defective oil drilling.

© Dr Robert C. Trentham, Center for Energy & Economic Diversification, University of Texas of the Permian Basin.

Photo 7 : Plan d'eau résultant de la jonction d'une vingtaine d'effondrements survenus suite à l'inondation de la mine de potasse de Vienburg 1 (Basse-Saxe) en 1930.

Photo 7: Lake resulting from the merging of about 20 sinkholes due to the flooding of Vienburg 1 potash mine (Lower Saxony) in 1930.

© Geoderis (B. Feuga).

La circulation de l'eau se faisait d'un aquifère situé sous le sel vers les aquifères superficiels, situés au dessus. Dans un autre exemple apparu le 3 juin 1980 à Wink Sink 1 au Texas l'eau s'écoulait du haut vers le bas, pour un résultat comparable (photo 6).

### Des techniques éprouvées pour réduire les risques

Il ne faut pas conclure de ce qui précède que les formations salines sont inaptes à une exploitation maîtrisant le risque, et même à l'enfouissement de déchets, alors qu'elles possèdent au contraire des propriétés remarquables pour cet usage. Les leçons tirées de ces accidents ont contribué à une meilleure compréhension des risques liés au sel et ont alimenté la réflexion sur la question du stockage de déchets en contexte salifère, tel qu'il se pratique notamment en Allemagne. Les catastrophes évoquées sont toutes dues à des interventions de l'homme. Certes, le stockage de déchets nécessite de creuser puits et galeries, et donc de porter atteinte à l'étanchéité du sel. Mais, si les points d'accès au site de stockage sont

correctement conçus et en nombre limité, si le dimensionnement des vides n'entraîne pas de cassures dans les terrains, les risques sont minimes en phase d'exploitation. Une fois le site abandonné, les vides souterrains finiront par se remplir de saumure qui ne pourra remonter d'elle-même à la surface. En revanche, la fermeture par fluage des vides résiduels pourra chasser cette saumure. La solution consiste à ne pas laisser de vide dans le sous-sol au moment de l'abandon, en comblant les vides résiduels par remblayage hydraulique, technique très efficace et éprouvée, réduisant considérablement tout mouvement ultérieur des terrains. Ce remblayage hydraulique peut être appliqué en site vierge, mais également dans d'anciennes mines. L'incorporation de déchets comme les REFIOM (résidus des fumées d'incinération des ordures ménagères) permet de combiner une opération de stabilisation d'anciens vides miniers et l'élimination de ces déchets, sans risque de contamination de la biosphère. ■





## ► EFFONDREMENTS EN SARRE

Jean-Luc Foucher – BRGM, département prévention et sécurité minière – jl.foucher@brgm.fr

Depuis les années 80, l'approfondissement de l'exploitation minière charbonnière dans le bassin sarro-lorrain s'est accompagné d'une activité sismique relativement importante. Ainsi une certaine d'événements sismiques ont été enregistrés avec une magnitude se situant entre 2 et 3,5 sur l'échelle de Richter au droit du champ d'Ensdorf en Sarre. Une secousse de magnitude 4,3 survenue le 23 février 2008 a provoqué de nombreux dégâts, notamment à Saarwellingen dont une partie de l'église s'est effondrée.

Dans ce secteur, les veines de charbon atteignent 1 500 m de profondeur, engendrant d'importants champs de contraintes. Phénomène courant à grande profondeur, la rupture des roches au voisinage immédiat des exploitations souterraines entraîne une expulsion brutale de la couche de charbon ou des terrains, accompagnée d'un ébranlement violent qui peut être perçu relativement loin du foyer au fond et en surface. L'énergie libérée crée des ondes qui se propagent jusqu'à la surface avec une magnitude qui peut atteindre 5.

Ce phénomène était bien connu de Charbonnages de France qui a élaboré, dès 1983, un dispositif d'écoute sismique avec l'appui de l'IPG de Strasbourg sur le bassin houiller lorrain. Cette surveillance est toujours active, bien que l'exploitation soit achevée depuis 2004. En revanche, la

dernière secousse enregistrée en Sarre aura eu pour conséquence l'abandon immédiat de l'exploitation dans ce champ et un arrêt définitif de l'exploitation minière programmé en 2012. ■



▲ Une partie de l'église Saint-Blaise, Saarwellingen, s'est effondrée le 23 février 2008.

A portion of the St. Blaise church in Saarwellingen collapsed on 23 February 2008.

© Philippe Riedinger, Le Républicain Lorrain, 25-02-08.



## ***The effects of mining operations at the ground surface: collapse phenomena caused by salt extraction***

*Rock salt and other evaporites may undergo natural dissolution in the subsoil that often induces gradual subsidence but rarely sudden collapse. The same cannot be said when mining of salt or potash deposits has disturbed the subsurface, producing or promoting the formation of cavities liable to collapse.*

*The two techniques called on in salt mining (traditional mines or dissolution) may cause collapse events that involve a wide variety of mechanisms. Although salt or potash mines may experience collapses due to undersized pillars without any significant influence of water, most often this element does play a determining role in collapse. Among several types of accident scenario, mine flooding with unsaturated water produces geotechnical disturbances via dissolution, which ultimately bring about collapse. Conversely, the geotechnical disturbances may occur before flooding and cause it. The process triggered by flooding often progresses exponentially, eventually getting out of control. It may cause very high cavities to form that produce deep craters on reaching the ground surface. Mining methods that entail dissolution and that also create vast underground cavities sometimes lead to comparable results.*