



COMPAGNIE DES SALINS DU MIDI  
ET DES SALINES DE L'EST

Clichy Pouchet – Bâtiment A  
92-98 Boulevard Victor HUGO  
92115 Clichy

# DÉCLARATION D'ARRÊT DÉFINITIF DES TRAVAUX MINIERS ET D'UTILISATION DES INSTALLATIONS ASSOCIÉES

## CONCESSION DE MINES DE SEL GEMME DE PERRIGNY (JURA)

---

### Document E

Mémoire décrivant le bilan des effets des travaux miniers,  
et de l'arrêt de l'exploitation  
sur la tenue des terrains de surface

---

#### *Signataire de la déclaration*

*Patrick DALLA VALLE, Directeur Industriel  
Compagnie des Salins du Midi et des Salines de l'Est  
Groupe Salins*

Clichy Pouchet – Bâtiment A  
92-98 Boulevard Victor HUGO  
92115 Clichy  
☎ : 01.75.61.78.00

#### *Chargés du dossier*

*Emmanuel HERTZ, Responsable pôle technique minier  
Wendy LAURENT, Responsable ingénierie administrative minière  
Compagnie des Salins du Midi et des Salines de l'Est*

17, rue Gabriel PERI  
54 110 Varangéville  
☎ : 03.83.18.73.00

**Décembre 2018**



<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>4</b>
<b>1. MOUVEMENTS DE TERRAIN ANTERIEURS ET CONTEMPORAINS DE L'EXPLOITATION INDUSTRIELLE .....</b>	<b>4</b>
1.1. MOUVEMENTS DE TERRAINS ANTERIEURS A L'ETABLISSEMENT DE LA CONCESSION.....	4
1.2. MOUVEMENTS DE TERRAINS CONTEMPORAINS A L'EXPLOITATION INDUSTRIELLE.....	5
<b>2. MOUVEMENTS DE TERRAIN POSTERIEURS A L'ARRET DE L'ACTIVITE INDUSTRIELLE5</b>	
<b>3. IMPACT DE LA METHODE D'EXPLOITATION SUR LA STABILITE DES TERRAINS .....</b>	<b>5</b>
3.1. ELEMENTS DE REFLEXION SUR LA GEOMETRIE DES VIDES SOUTERRAINS .....	6
3.2. EVALUATION DU VOLUME DESTRUCTURE .....	6
3.3. MECANISMES DE FERMETURE DES VIDES SOUTERRAINS.....	9
3.4. MECANISMES RETENUS.....	11
3.5. CONCLUSIONS.....	13
<b>4. DESCRIPTION DES MOUVEMENTS DE TERRAIN RESIDUELS ENVISAGEABLES .....</b>	<b>13</b>
4.1. BILAN DES VIDES RESIDUELS DANS LE SOUS-SOL .....	13
4.2. MOUVEMENTS DE TERRAIN DE SURFACE ENVISAGEABLES .....	14

## Table des illustrations :

Figure 1: Eléments de géométrie de l'enveloppe déstructurée .....	7
Figure 2: Extension de la dissolution liée à l'exploitation des sondages.....	8
Figure 3: Foisonnement des insolubles .....	9
Figure 4: Convergence de la voûte.....	10
Figure 5: Coupe du sondage 20 de Montmorot.....	10
Figure 6: Effondrement du toit de la cavité.....	11
Tableau 1: Production par sondage .....	4
Tableau 2: Rayons de l'enveloppe conique déstructurée des sondages exploités .....	8
Tableau 3: Volume de remplissage des cavités par les insolubles et détermination du volume de vide résiduel avec k égal à 1,2.....	12
Tableau 4: Eléments de géométrie de la voûte d'effondrement du toit des cavités.....	13

**CONCESSION DE MINES DE SEL GEMME DE PERRIGNY (Jura)  
DÉCLARATION D'ARRÊT DEFINITIF DES TRAVAUX MINERS  
ET D'UTILISATION DES INSTALLATIONS ASSOCIEES**

---

## **Introduction**

Le présent dossier fait référence aux conclusions de l'expertise de stabilité réalisée par MICA Environnement.

Le sel a été exploité à Perrigny depuis l'institution de la concession en 1893. Ci-dessous un bilan des quantités extraites :

<b>Sondage</b>	<b>Période d'exploitation</b>	<b>Durée d'exploitation (années)</b>	<b>Production (T)</b>
<b>1</b>	1893-1904	12	35 003
<b>2</b>	1906-1926	21	51 911
<b>3</b>	1914-1952	39	90 916
<b>4</b>	1925-1959 et 1961-1971	46	162 142
<b>5</b>	1928-1942	15	38 157
<b>6</b>	1946-1948	3	5 983
<b>TOTAL</b>	<b>1893-1971</b>	<b>78</b>	<b>384 112</b>

**Tableau 1: Production par sondage**

L'extraction de plus de 384 000 tonnes de sel du sous-sol, soit près de 180 000 m<sup>3</sup> de roche dissoute, a apporté des perturbations dans le sous-sol susceptibles d'induire des mouvements de terrain.

### **1. Mouvements de terrain antérieurs et contemporains de l'exploitation industrielle**

#### **1.1. Mouvements de terrains antérieurs à l'établissement de la concession**

La période qui se situe avant la date d'institution de la concession de PERRIGNY (4 juillet 1892) constitue l'« état initial ».

Selon les archives, des sources salées existaient dans la région bien avant la création des sondages. Leur présence s'est traduite par la salure d'eaux ou de puits naturels (puits salé à Lons-Le-Saunier, puits à Muire à Montmorot, puits de l'étang du saloir au nord de Montmorot, puits de la gypserie).

Un article paru en 1850 dans « Travaux de la Société d'Emulation du département du Jura » donne les renseignements suivants :

1703 : éboulement à Lons-Le-Saunier : un petit bâtiment situé dans la ville s'enfonce

1709 : affaissement aux salines

1712 : éboulement à Lons-Le-Saunier

1715 : enfoncement du sol à Lons-Le-Saunier

1734 : éboulement à Lons-Le-Saunier

1737 : écroulement d'un mur de clôture, à l'emplacement de l'éboulement de 1703

1738 : enfoncement du sol à Lons-Le-Saunier

1760 : enfoncement du sol à Lons-Le-Saunier

1768 : enfoncement du sol à Lons-Le-Saunier

1792 : écoulement d'une maison, à l'emplacement des éboulements de 1703 et 1737, dans un gouffre de 18 m de diamètre ; un deuxième gouffre de 8 m de diamètre (6.5 de profondeur) s'ouvre dans la ville

1813 : lézardes dans les murs d'une maison située à l'emplacement sensible : 1703, 1737, 1792, 1813

1841 : mouvements du sol signalés aux mêmes endroits qu'en 1792

⇒ Une dizaine de mouvements de terrains antérieurs à l'exploitation ont été répertoriés dans la concession voisine de MONTMOROT mais aucun dans la concession de PERRIGNY.

## **1.2. Mouvements de terrains contemporains à l'exploitation industrielle**

Les archives mentionnent des dommages subis par les tubages des sondages n°1, n°2 et n°3 pendant l'exploitation mais aucun mouvement de terrain en surface lié à l'exploitation n'a été constaté au droit et aux alentours immédiats des sondages.

Un rapport d'exploitation du 28 septembre 1904 : indique que le trou n°1 « dont l'exploitation a lieu depuis 10 ans sans avoir occasionné aucun dommage à la surface » est désormais « hors de service [...] par suite d'une avarie survenue au tuyautage au mois de mars dernier ».

### **1.2.1. Mouvements de surface observés ou mesurés**

Aucun mouvement des terrains de surface en lien direct ou indirect avec l'exploitation par dissolution n'est cité dans les archives, ni aucun fait qui laisserait envisager des mouvements, comme des dommages au bâti ou aux réseaux enterrés.

Aucun élément dans la topographie du terrain ou dans le paysage ne témoigne de tels mouvements.

### **1.2.2. Mouvements observés par photographies aérienne**

Sur les photographies aériennes de 1939 à 1975, aucun indice de mouvement de terrain n'est visible, ni aucune dépression fermée, ni aucune accumulation d'eau dans une zone basse.

## **2. Mouvements de terrain postérieurs à l'arrêt de l'activité industrielle**

Les campagnes successives de terrain (CSME, MICA Environnement) n'ont jamais permis de mettre en évidence de mouvements de terrain imputables de manière certaine à l'exploitation des sondages de Perrigny. Les témoignages des riverains, habitant pour certains depuis plusieurs décennies dans leur maison, n'ont fait état d'aucun dommage au bâti ni d'aucun mouvement de terrain, qu'il soit imputable à l'exploitation du sel ou pas.

L'inventaire départemental des mouvements de terrain du Jura (BRGM/RP-55976-FR) et la base du sous-sol (BSS) indiquent qu'un glissement de terrain affecte la bordure du plateau au nord des sondages de Perrigny. Ce glissement est instrumenté et suivi, il est réputé naturel et totalement indépendant de l'exploitation du sel.

## **3. Impact de la méthode d'exploitation sur la stabilité des terrains**

L'exploitation minière de la concession de PERRIGNY a été conduite par drainage d'eau douce des aquifères du sous-sol, provoquant ainsi la dissolution du sel au pied des sondages.

Le volume exploité peut aussi être appelé « volume déstructuré » pour mieux représenter le fait qu'il ne s'agit pas d'une cavité unique mais d'un ensemble de cavités comblées par des éléments foisonnés et remplies de saumure.

### **3.1. Eléments de réflexion sur la géométrie des vides souterrains**

L'exploitation du sel à Perrigny s'est faite par pompage de saumure avec injection d'eau douce drainée par les sondages depuis les aquifères de surface. Le sel a été mis en solution par l'intermédiaire des nappes rencontrées lors du forage et percolant à l'extrados des sondages. Ce mode de mise en solution n'est pas compatible avec la création de grandes cavités. D'après les renseignements trouvées dans les archives, le débit des puits était faible (quelques m<sup>3</sup>/h) et la teneur en NaCl de la saumure diminuait fortement lorsque l'on tentait d'accroître le débit pompé.

- ⇒ Ceci permet de conclure qu'il n'existait pas à la base des sondages de cavités formant un réservoir de saumure suffisamment grand pour permettre une extraction de saumure saturée à un débit important.

Il est à souligner que les mêmes observations ont été réalisées aux sondages de la concession SAINT-NICOLAS (Meurthe et Moselle) et que la note technique de synthèse rédigée en 1942 pour cette exploitation conclut qu'il ne doit pas exister de grandes cavités à la base des sondages.

### **3.2. Evaluation du volume déstructuré**

L'absence de mouvements de terrain contemporains de l'exploitation ou postérieurs indique qu'aucune cavité de grandes dimensions susceptible de s'effondrer ne s'est formée.

Cela signifie que le sel extrait provenait d'une dissolution au pied du sondage, entraînant la formation de cavités dont nous allons évaluer l'extension.

#### 3.2.1. Eléments de géométrie et hypothèse de calcul

Le volume déstructuré par l'exploitation, ainsi que la géométrie de cette enveloppe, peuvent être évalués à partir des données d'exploitation et des hypothèses suivantes :

- La teneur moyenne du gisement « sel gemme / marnes salées » est de 75% de NaCl (teneur en volume proche de la teneur en masse) ;
- L'enveloppe déstructurée a une géométrie conique (cône inversé) dont la surface de base est superposée au toit du gisement, supposé horizontal par simplification, et dont le sommet est situé deux mètres environ sous le bas du tube d'aspiration ;
- Quand elles étaient disponibles, les données d'archive sur la profondeur initiale du bas du tube d'aspiration ont été utilisées. C'est le cas pour l'ensemble des sondages n°1 à n°6.

Les éléments de géométrie de cette enveloppe déstructurée par l'exploitation sont présentés sur la figure 1.

Il est à noter que la forme exacte de ces cavités reste inconnue mais, en supposant que les couches de sel sont peu pentées, il est logique de retenir une géométrie conique. Cette géométrie tient compte du fait que la dissolution du sel est plus importante à l'axe du sondage et diminue au fur et à mesure que l'on s'en éloigne.

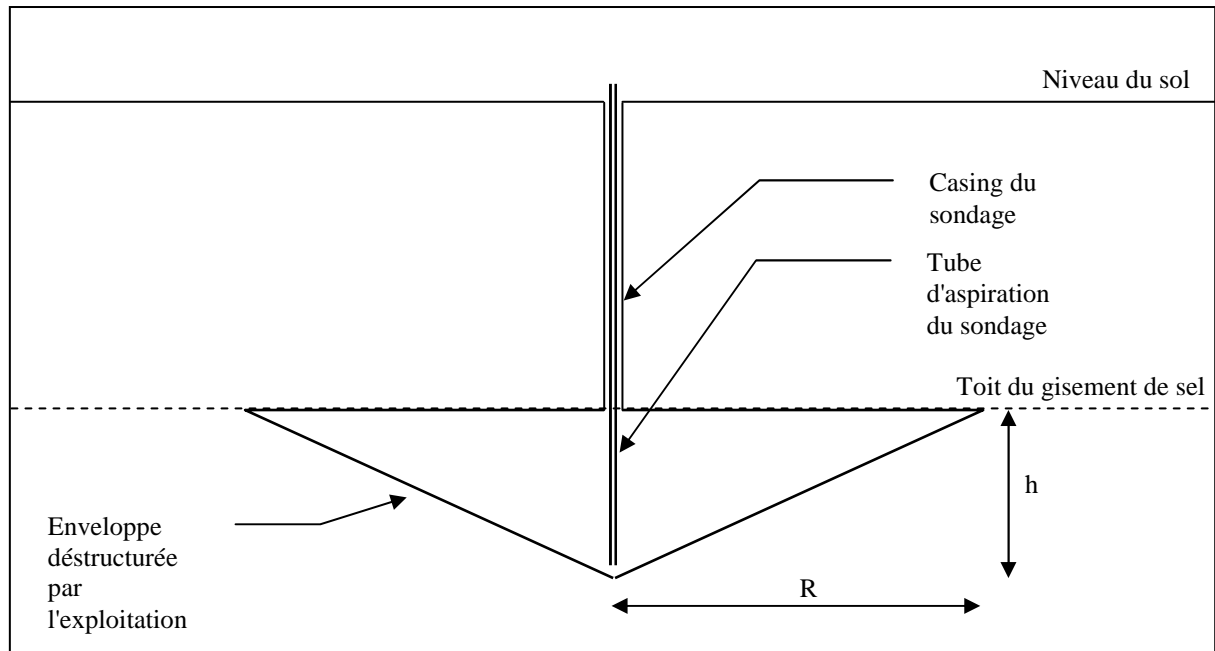


Figure 1: Eléments de géométrie de l'enveloppe déstructurée

### 3.2.2. Calcul du rayon de l'enveloppe déstructurée pour chaque sondage

Le volume de l'enveloppe déstructurée est donné par la formule :  $V = \frac{\pi R^2 h}{3}$

Le rayon de cette enveloppe est donc :  $R = \sqrt{\frac{3V}{\pi h}}$  (1)

Soit P la production de sel d'un sondage, on a :  $P = T \times d \times t \times V$

Avec T : teneur du gisement

d : densité du sel (2,16)

V : Volume de sel dissout

t : taux de récupération (ici 90%)

$$\text{Ou : } V = \frac{P}{T \times 2,16 \times 0,9}$$

En remplaçant V dans la relation (1), on en déduit :

$$R = \sqrt{\frac{3 \times P}{\pi h \times T \times 2,16 \times 0,9}}$$

$$\text{Soit avec } T = 75\% \text{ de NaCl, } R = \sqrt{\frac{3 \times P}{\pi h \times 1,46}}$$

Le rayon de l'enveloppe conique déstructurée a ainsi été calculé pour chacun des six sondages exploités. Les résultats sont présentés dans le tableau 2 ci-dessous :

**CONCESSION DE MINES DE SEL GEMME DE PERRIGNY (Jura)  
DÉCLARATION D'ARRÊT DEFINITIF DES TRAVAUX MINIERS  
ET D'UTILISATION DES INSTALLATIONS ASSOCIEES**

Sondage	Production <sup>1</sup> (T)	Hauteur du cône <sup>2</sup> (m)	Rayon du cône (m)
1	35 003	28.75	26.8
2	51 911	23	36.4
3	90 916	29.2	42.8
4	162 142	28.5	57.9
5	38 157	24.6	30.3
6	5 983	25.6	11.3

**Tableau 2: Rayons de l'enveloppe conique déstructurée des sondages exploités**

Etant donné les rayons de cône calculés et la distance entre les sondages, il est à noter que des cônes se superposent ( figure 2).



**Figure 2: Extension de la dissolution liée à l'exploitations des sondages.**

<sup>1</sup> Voir document B pour le détail de l'estimation.

<sup>2</sup> Hypothèse de calcul.



### 3.3. Mécanismes de fermeture des vides souterrains

Du fait de la méthode d'exploitation utilisée dans la concession de PERRIGNY, la dissolution du sel s'est effectuée au pied des sondages d'exploitation. Celle-ci a généré des vides dans le sous-sol. Le diamètre des volumes déstructurés interconnectés ne permet pas de conserver des cavités stables dans le sous-sol.

Dans ce type d'exploitation, trois hypothèses permettent d'expliquer comment une cavité saline est susceptible de se refermer au fur et à mesure de sa création :

- par foisonnement des insolubles du gisement de sel,
- par convergence de la voûte et subsidence des terrains de surface,
- par effondrement de la voûte et foisonnement des éléments effondrés.

#### 3.3.1. Foisonnement des insolubles contenus dans le gisement salifère

Par définition, les insolubles sont les éléments non solubles présents dans le gisement de sel, constitués essentiellement par des phases minérales argileuses et des sulfates (sulfates de calcium). La teneur moyenne des insolubles retenue dans le gîte est de 25%.

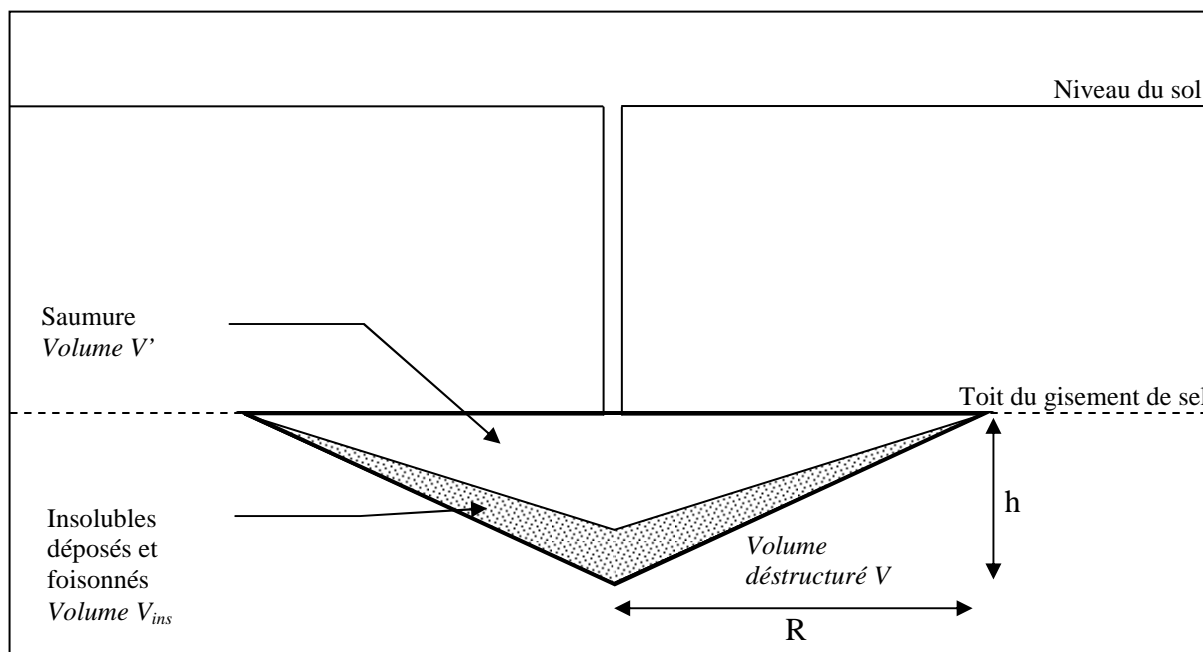


Figure 3: Foisonnement des insolubles

Pendant l'exploitation, le sel est dissout en place et forme de la saumure qui est pompée jusqu'à la surface. Les matières insolubles restent dans la cavité et sédimentent en prenant plus de place qu'à l'origine : cette augmentation de volume constitue ce que l'on appelle le « foisonnement ». On appelle  $k$  le coefficient de foisonnement, c'est-à-dire le rapport entre le volume final sur le volume initial.

Le volume de cavité correspondant au volume déstructuré par l'exploitation est assimilé à un cône :

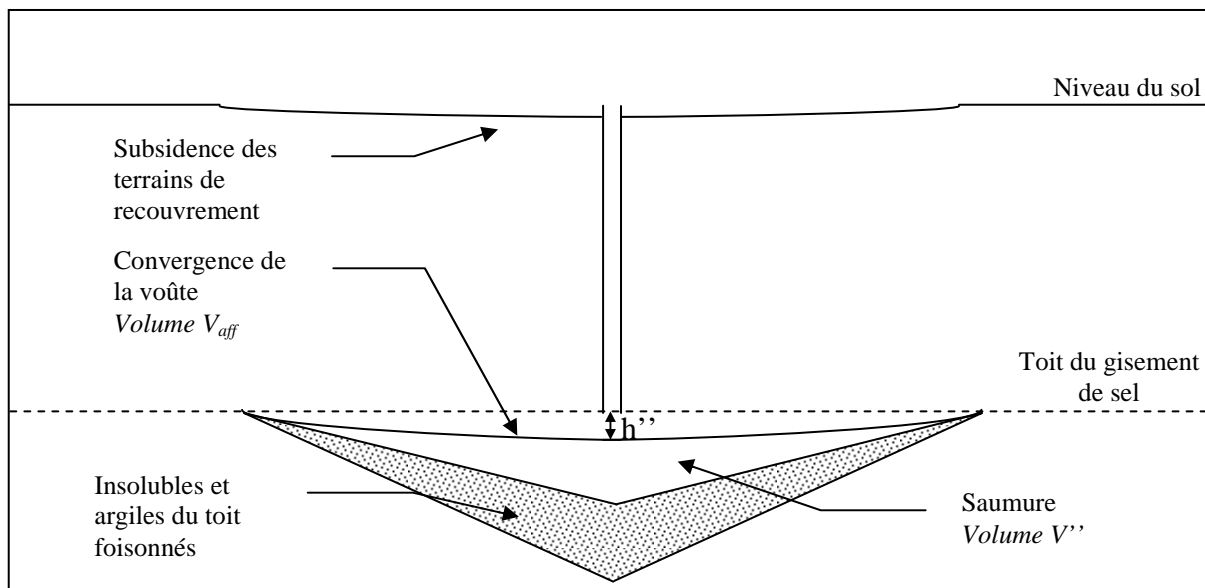
$$V = \frac{\pi R^2 h}{3}$$

Le volume des insolubles déposés au fond de la cavité peut être évalué en considérant un coefficient de foisonnement  $k$  :

$$V_{ins} = k \times (0,25 \times V)$$

### 3.3.2. Convergence de la voûte et subsidence des terrains de recouvrement

Le fléchissement de la voûte de la cavité de dissolution peut conduire à des mouvements de terrain de surface.



**Figure 4: Convergence de la voûte**

*L'amplitude de la convergence de la voûte est exagérée sur le schéma dans le but d'une meilleure lisibilité*

On a :

$$V' = V_{\text{aff}} + V'' \quad \text{et} \quad V_{\text{aff}} = \frac{2}{3} \pi h'' R^2$$

Les phénomènes de convergence de voûte et de subsidence des terrains de recouvrement ont existé dans la concession voisine de MONTMOROT mais dans la concession de PERRIGNY, aucun mouvement de subsidence des terrains de surface n'est ni cité, ni décrit ni même suspecté.

⇒ On peut conclure que la convergence de la voûte n'a pas participé à la fermeture des cavités, en l'absence de subsidence des terrains de recouvrement.

### 3.3.3. Effondrement ou fléchissement du toit immédiat des vides souterrains

Ci-dessous la série stratigraphique locale décrite par COLLIN et LIENHARDT en 1972.

Zones marneuses	0 m — 5,00	Dépôts superficiels .....	Quaternaire	Lias inférieur
		Partie supérieure calcaire glauconieux (Banc à Davos)	Lotharingien	
	5,00 — 20,00	Calcaire gris clair et marne grise .....	Lotharingien	
	20,00 — 33,00	Calcaire à gryphées .....	Sinemurien	
		Partie inférieure gréseuse .....	Hettangien	
	33,00 — 54,00	Marnes, schistes noirs, dolomie et grès; à 34 m mélange de marnes chocolat (Marnes de Lovallio) et de dolomie beige. Schistes noirs notamment à 40, 46, 48 et 52 m (retombées possibles). Marnes bariloïdes d'abord pures (Chalure) se chargeant progressivement en dolomie et anhydrite, puis en anhydrite seule.	Rhétien	Trias
	54,00 — 75,00	Zone III marnes bariloïdes. Marnes à tons pâles au sommet présentant des teintes franches à partir de 60 m.	Keuper supérieur	
	75,00 — 95,00	Zone II marnes à dolomie et anhydrite. Le gypse apparaît brusquement à 75 m. La « Dolomie de 2 m » est assez nette entre 85 m et 87 m mais il est impossible de voir dans les cuttings où s'arrête la dolomie à cause du recyclage.		
	95,00 — 133,00	Zone I marnes à anhydrite. A 128 m apparaissent les marnes rouge brique caractéristiques de la base.	Keuper moyen	
	133,00 — 145,00	Dolomie moëllon.		
	145,00 — 147,00	Schistes gris.		
	147,00 — 151,00	Marnes chocolat.		
	151,00 — 159,00	Marnes grises, schistes noirs pétilliques avec gypse rouge.	Keuper inférieur	
	159,00 — 196,00	SYSTEME DU SEL .....		

**Figure 5: Coupe du sondage 20 de la concession de Montmorot**

Au toit du gisement de sel de Perrigny, on trouve des bancs de marne. Ces bancs ne sont pas suffisamment compétents pour supporter leur propre poids sur une grande portée, et il est fort probable qu'ils se soient effondrés au cours de la dissolution et soient tombés dans la cavité au fur et à mesure de l'exploitation.

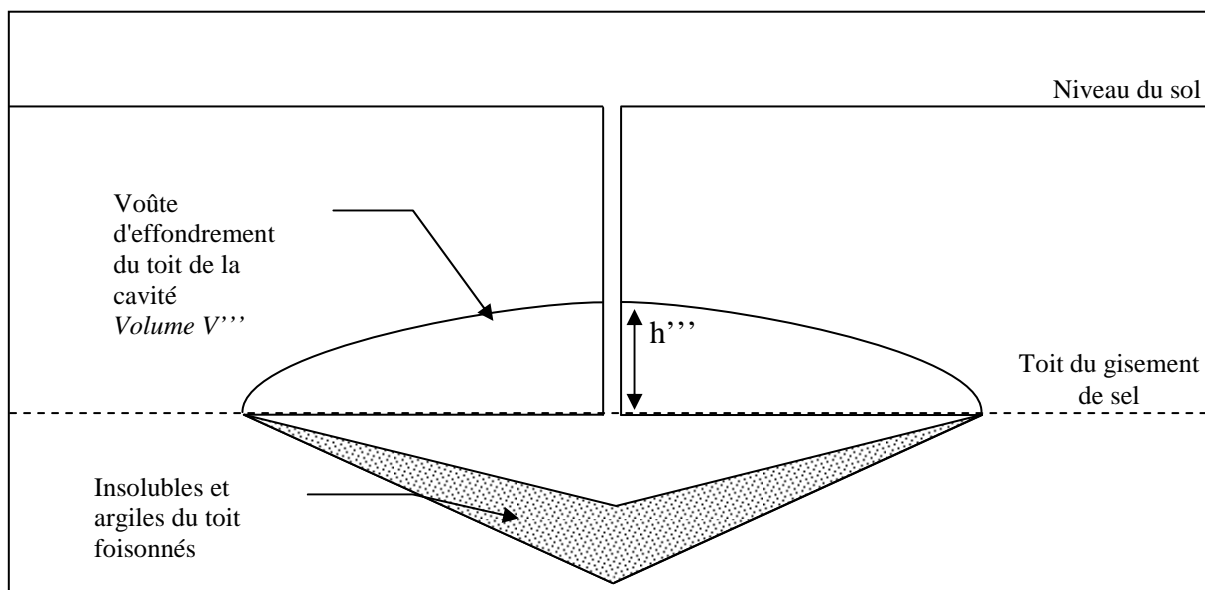


Figure 6: Effondrement du toit de la cavité

### 3.4. Mécanismes retenus

Trois étapes successives peuvent être retenues dans le cas des cavités de la concession de PERRIGNY :

- Etape 1 : création de la cavité par dissolution in situ au pied du sondage d'exploitation.
- Etape 2 : dépôt des phases insolubles du gisement foisonnées dans la cavité.
- Etape 3 : rupture locale du toit de la cavité et dépôt des bancs rompus foisonnés jusqu'à ce que la cavité soit complètement comblée.

En réalité ces trois phénomènes sont simultanés.

#### 3.4.1. Calcul du volume de vide résiduel suite au remplissage de la cavité par le foisonnement des insolubles

Les matières insolubles présentes dans les couches de sel du gîte ne sont pas dissoutes lors de la création de la cavité et se déposent par gravité dans la cavité. Le phénomène de foisonnement conduit à augmenter le volume initial des matériaux insolubles dans la cavité et la remplit partiellement.

Connaissant la production de sel sur chaque sondage, il est possible d'évaluer le volume  $V'$  de vide résiduel suite au dépôt des insolubles. Le tableau 3 présente les résultats du calcul du volume résiduel des cavités (vide résiduel) en prenant comme hypothèse une teneur moyenne des insolubles dans le gîte de 25% et en retenant un coefficient de foisonnement  $k=1,2$ , ce qui est une hypothèse très majorante.

**CONCESSION DE MINES DE SEL GEMME DE PERRIGNY (Jura)**  
**DÉCLARATION D'ARRÊT DEFINITIF DES TRAVAUX MINIERES**  
**ET D'UTILISATION DES INSTALLATIONS ASSOCIEES**

Sondage	Volume exploité « enveloppe déstructurée » (en m <sup>3</sup> )	Volume de vide résiduel <sup>3</sup> V' en fonction de k (en m <sup>3</sup> )
		k = 1,2
S1	21 600	15 120
S2	32 000	22 400
S3	56 100	39 260
S4	100 100	70 060
S5	23 600	16 520
S6	3 700	2 580

**Tableau 3: Volume de remplissage des cavités par les insolubles et détermination du volume de vide résiduel avec k égal à 1,2.**

Le foisonnement des insolubles contenus dans le gisement réduit le volume de vide résiduel à 65-70% de l'enveloppe déstructurée en fonction du coefficient de foisonnement retenu.

3.4.2. Calcul du volume de vide résiduel suite à la convergence de la voûte et à la subsidence des terrains de surface

En l'absence de convergence de la voûte de la cavité, il n'y a pas de réduction du volume de la cavité lié à ce phénomène.

On a donc :

$$V_{\text{aff}} = 0$$

3.4.3. Calcul de la hauteur de la voûte créée suite à la rupture du toit de la cavité et du comblement total de cette dernière

Si l'on considère que les bancs du toit de la cavité qui se rompent se déposent dans la cavité avec un coefficient de foisonnement k, la cavité sera totalement comblée lorsque :

$$V'' + V''' = k \times V'''$$

Soit :

$$V''' = \frac{V''}{k-1}$$

$$\text{Or, en l'absence de fléchissement de la voûte, } V'' = V' \quad (3)$$

En prenant l'hypothèse que la forme de la voute effondrée est celle d'une parabole, on alors :

$$V''' = \frac{2}{3} \pi h''' R^2 \quad (4)$$

La relation (2) s'écrit donc, avec les relations (3) et (4):

$$\frac{2}{3} \pi h''' R^2 = \frac{V' - (1 - 0,25 \times k)V}{k - 1}$$

et on en déduit :

$$h''' = \frac{3}{2\pi R^2} \times \left( \frac{V' - (1 - 0,25 \times k)V}{k - 1} \right)$$

<sup>3</sup> V' = V - V<sub>ins</sub>

Soit avec la relation (4) : V' = V × (1 - 0,25 × k)

Les résultats des calculs sont présentés dans le tableau 4 ci-dessous :

Sondage	Profondeur du toit du sel (m)	Hauteur de la voûte (en m)	Profondeur du toit de la voûte (en m)
		k = 1,2	k = 1,2
S1	168	50	147
S2	141.25	40	159
S3	198.5	51	147
S4	204.5	50	155
S5	198.7	43	159
S6	204.8	48	157

**Tableau 4: Eléments de géométrie de la voûte d'effondrement du toit des cavités**

Il est à noter que les voûtes n'atteignent pas le niveau de dolomie moellon, situé entre 80 et 150 m de profondeur. Ce banc est probablement fracturé et ne forme pas un banc raide. Les voûtes d'effondrement pourraient donc se propager au-delà si le banc était atteint. Dans tous les cas, les cavités sont auto-comblées et les cloches d'éboulement ne peuvent pas atteindre la surface, ce qui explique l'absence de mouvements de terrain.

### **3.5. Conclusions**

L'étude de stabilité a montré que l'exploitation du sel dans la concession de PERRIGNY n'a pas induit la formation de grandes cavités dans le sous-sol.

La hauteur du sel exploité est de 23 à 30 m et sur la base des données de production reconstituées, les calculs montrent que le rayon de l'enveloppe déstructurée au niveau des sondages d'exploitation varie entre 11 et 58 m.

Deux mécanismes sont en jeu après la formation de la chambre de dissolution :

- Les insolubles se déposent par gravité au fond de la cavité au fur et à mesure de la dissolution et en remplissent une partie.
- Par la suite, les terrains marneux et argileux se délitent. Ils viennent alors combler le vide résiduel. Le toit de la cavité remonte alors dans les terrains supérieurs jusqu'à ce que le vide soit complètement rempli. Cette remontée de toit est en moyenne de 50 m quand on se place dans le cas le plus défavorable (k=1,2).

Aucune de ces voûtes d'éboulement n'a atteint la surface ni n'est susceptible d'atteindre la surface.

## **4. Description des mouvements de terrain résiduels envisageables**

### **4.1. Bilan des vides résiduels dans le sous-sol**

Nous avons fait l'hypothèse de cavités coniques à toit horizontal, ce qui n'est pas le cas dans l'environnement géologique de l'exploitation de la concession de PERRIGNY. Ceci étant, les épaisseurs affectées par l'exploitation sont peu dépendantes de l'extension horizontale des cavités ou des zones affectées par la dissolution, cette hypothèse de calcul peut donc raisonnablement être faite.

Les calculs ont montrés qu'au terme de l'exploitation, le remplissage des cavités par les matières insolubles en réduisait le volume de 65 à 70%. En complément, l'effondrement du toit immédiat des cavités de dissolution a provoqué le comblement du vide résiduel. Ainsi, ces deux mécanismes ont provoqué un auto comblement total des cavités sur l'ensemble des sondages d'exploitation.

Il n'existe pas de vide résiduel significatif dans le sous-sol, si ce n'est les sondages en eux-mêmes, du niveau du sol au toit de la voûte d'effondrement.

Il est à noter que dans certains sites de Lorraine ne présentant pas de circulation naturelle de saumure, l'exploitation du sel au toit du gisement avec injection d'eau, telle qu'elle a été pratiquée dans la concession de PERRIGNY, a conduit à des mouvements de subsidence lents ou à des affaissements rapides mais sans rupture de la continuité de la topographie (formation de cuvettes, jamais de cratères). Lorsqu'ils ont eu lieu, ces mouvements ont commencé durant l'exploitation et ont cessé dans les quelques années ayant suivi l'arrêt de l'exploitation. Il peut donc être avancé que tous les mouvements de terrain qui auraient pu se produire, consécutivement à l'exploitation du sel, dans la concession de PERRIGNY, auraient déjà dû être terminés depuis longtemps puisque l'exploitation industrielle des sondages a cessé en 1971, il y a près de 50 ans.

⇒ L'exploitation du sel par les sondages de la concession de PERRIGNY ne génère donc pas d'aléa de mouvement de terrain significatifs à moyen ou long terme.

#### **4.2. Mouvements de terrain de surface envisageables**

En l'absence de vides résiduels dans le sous-sol résultant de l'exploitation passée, aucun mouvement résultant de la fermeture des cavités n'est à envisager.

Des cuvettes d'affaissement rapides relativement peu profondes et de quelques mètres de diamètre pourraient se créer si les têtes des sondages venaient à s'effondrer. Cet aléa ne présenterait un risque pour la sécurité des personnes et des animaux que si cet effondrement localisé avait lieu dans un lieu de circulation, ce qui est le cas pour tous les sondages de la concession.