

## **Effondrements de terrain naturels en Lorraine : quelques cas classiques et d'autres moins**

*Bernard FEUGA*

### *Résumé*

On présente ici quelques cas d'effondrements de terrain localisés, d'origine naturelle, survenus en Lorraine. La plupart sont dus à la dissolution de roches carbonatées ou salines, et intéressent des formations connues de longue date pour se prêter à ce genre de phénomènes : calcaires du Jurassique moyen et supérieur, gypse du Keuper. Moins souvent mentionnés sont les effondrements dus à la dissolution de dolomie. On en montre ici deux exemples, dans la Dolomie de Beaumont (Keuper moyen) et dans le Muschelkalk inférieur. Encore plus rarement signalés, semble-t-il, sont les cas d'effondrements dus à des mécanismes, non pas de dissolution, mais de suffosion. Ce phénomène explique peut-être, au moins en partie, certains effondrements observés dans les Couches Intermédiaires (Buntsandstein supérieur), comme le montre cet article.

### *Abstract*

This paper presents several examples of natural sinkholes in Lorraine (France). Most of them are due to the dissolution of carbonate and salt rocks, belonging to geological formations identified since long as prone to this kind of phenomenon : the Middle and Upper Jurassic limestones and the Keuper gypsum. Less common in Lorraine are the sinkholes due to the dissolution of dolomitic rocks. Two examples of such sinkholes are presented here, in the Dolomie de Beaumont (Middle Keuper) and in the Lower Muschelkalk. Still less commonly mentioned are the sinkholes due to suffosion, and not to dissolution. Suffosion may be, at least partly, the cause of sinkholes observed in the Couches Intermédiaires (Upper Buntsandstein), as shown in this paper.

## Introduction

Les effondrements de terrain sont une réalité très présente en Lorraine. Quand on évoque ce sujet, les pensées se tournent en premier lieu vers les conséquences en surface de l'exploitation minière, qui ont mobilisé l'attention de l'opinion et des autorités au cours des décennies écoulées. L'arrêt de l'activité des mines n'a pas totalement mis un terme à ces phénomènes, qui peuvent encore se produire dans le bassin ferrifère, de façon résiduelle, de temps à autre<sup>1</sup>.

Une autre cause d'origine humaine, moins fréquente il est vrai de nos jours, d'effondrements de la surface du sol, réside dans la présence dans le sous-sol lorrain des nombreux ouvrages militaires que le passé a légués à notre région. Certains de ces souterrains, en s'effondrant, entraînent en surface des conséquences très comparables à celles d'effondrements de cavités minières ou naturelles.

En fait, les effondrements qui, s'ils ne sont pas les plus fréquents, sont de loin les plus nombreux car leur période d'occurrence possible n'est pas limitée dans le temps, sont les effondrements dus à la présence de cavités naturelles dans le sous-sol.

Ces cavités, dues dans la grande majorité des cas à la dissolution de roches carbonatées ou salines présentes dans le proche sous-sol, se concentrent particulièrement en Lorraine dans deux contextes géologiques : les calcaires du Jurassique (Dogger et Malm) ainsi que les gypses du Trias moyen (Muschelkalk) et surtout supérieur (Keuper). Mais les phénomènes de dissolution dans le sous-sol et leurs conséquences en termes d'effondrement de la surface ne se limitent pas à ces types de roche. On verra dans cet article des exemples intéressant un autre type de matériau rocheux.

En outre, les cavités naturelles dans le sous-sol, susceptibles, en s'effondrant, de provoquer des désordres en surface, ne sont pas toujours dues à la dissolution. On en verra également des illustrations dans ce qui suit.

Le présent article ne se fixe aucunement comme objectif de présenter une synthèse de l'ensemble des connaissances accumulées sur les effondrements de terrain en Lorraine. De nombreux organismes, à Nancy et à Metz

---

<sup>1</sup> Ces phénomènes font l'objet d'une surveillance attentive de la part de l'État, qui a mis en place, notamment avec Geoderis et le Département Prévention et Sécurité Minière du BRGM (DPSM), un dispositif qui permet de faire face au risque qu'ils représentent pour les populations et les biens.

notamment, ont réalisé (et continuent de le faire) des études très détaillées sur ce sujet. On peut citer parmi eux le BRGM, en charge des inventaires à la fois des cavités souterraines et des mouvements de terrain. Et, en Moselle, le Centre d'Études Géographiques de l'Université de Metz (CEGUM), désormais réuni avec le CERPA<sup>2</sup> dans une unité de recherche de l'Université de Lorraine nommée LOTERR<sup>3</sup>, et dont le champ d'action, il convient de le préciser, ne se limite évidemment pas à la Moselle.

Beaucoup plus modestement, cet article se propose de présenter quelques cas de mouvements de terrain observés par l'auteur non pas dans le cadre d'une recherche systématique, mais simplement au cours de ses promenades, même si certaines d'entre elles ont été guidées par des personnes informées de l'intérêt qu'il portait à ces phénomènes naturels. Certains de ces cas sont tout à fait « classiques » et sont présentés ici, en quelque sorte, à titre de rappel ou de référence. D'autres, au contraire, sont peu courants. Aucun de ces cas, à la connaissance de l'auteur, n'a jamais été publié.

Dans cet article, on utilisera indifféremment le mot « effondrement » pour désigner le phénomène (le fait que la surface du sol s'effondre) et son résultat (le vide créé à la surface du sol).

### **Bref rappel sur le mécanisme des effondrements localisés**

Les effondrements dont on va parler dans la suite de cet article sont des effondrements intéressant une surface limitée. Pour être tout à fait précis, on les qualifie d'*effondrements localisés*, ou encore de *fontis*, par opposition aux *effondrements généralisés* comme il s'en est produit quelques-uns au cours de l'histoire minière de la Lorraine.

Le mécanisme de ces effondrements est illustré par la figure 1. Le phénomène suppose la présence d'une cavité dans le sous-sol. Si cette cavité atteint une taille limite au-delà de laquelle la résistance mécanique du terrain qui en constitue le toit est dépassée, ce toit commence à s'effondrer. L'effondrement remonte bien entendu vers le haut et le matériau effondré s'accumule au fond de la cavité. Mais le volume qu'il y occupe est supérieur à celui qu'il occupait quand il était en place. Cette augmentation de volume s'appelle le foisonnement. Il résulte de ce phénomène que le vide qui subsiste au sommet de la cavité, au cours de sa remontée vers la surface,

---

<sup>2</sup> Centre d'Études et de Recherches sur les Paysages.

<sup>3</sup> Laboratoire d'Observation des Territoires.

diminue petit à petit, au point que, si la cavité est assez profonde, il peut être entièrement comblé avant d'atteindre la surface. Le phénomène s'interrompt alors sans entraîner de conséquence perceptible à la surface du sol. Si ce n'est pas le cas, le vide atteint la surface du sol et y provoque un effondrement d'autant plus profond que la hauteur du vide résiduel est importante.

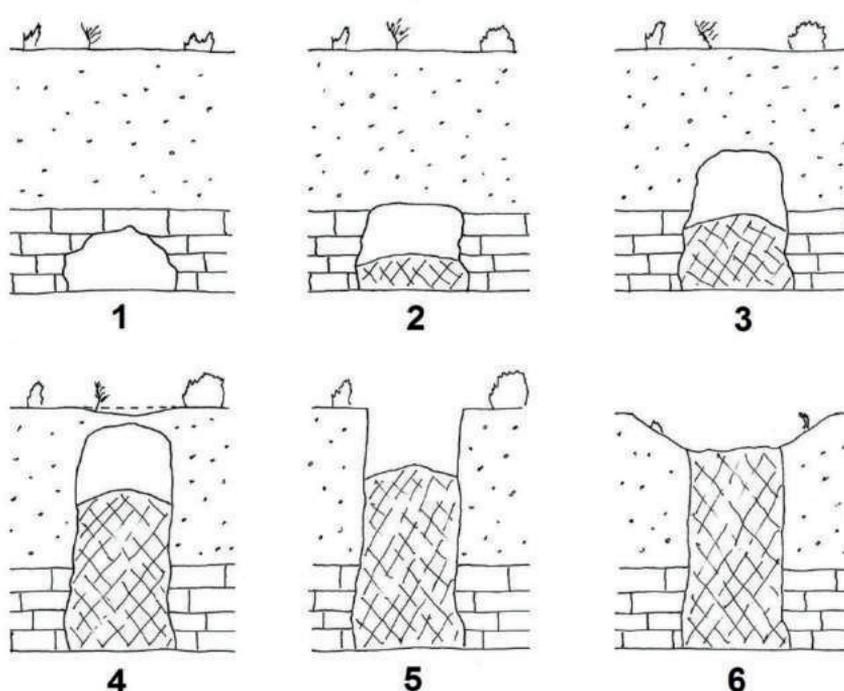


Figure 1 – Illustration du mécanisme d'un effondrement localisé (fontis).

La vitesse du phénomène varie en fonction de son stade d'avancement. La remontée progressive du vide vers la surface peut être très lente et rester totalement insoupçonnée pendant de très longues années. Toutefois, quand le sommet de ce vide s'approche de la surface, la planche de terrain qui le surmonte, devenue trop mince, commence à fléchir, de manière élastique dans un premier temps. Il en résulte un affaissement localisé progressif qui crée à la surface du sol une sorte de cuvette qui peut être identifiée par un œil averti. Cette phase peut elle-même durer plusieurs années. Elle se termine par une accélération brutale du mouvement qui précède l'effondrement à proprement parler. Celui-ci, le plus souvent, est quasiment instantané.

Dans les terrains relativement homogènes et dont la structure n'est pas fortement marquée par la fracturation, qui en déterminerait la morphologie, l'effondrement présente généralement des parois verticales, évoquant une « cheminée ». Avec le temps, ces parois s'effondrent progressivement. Le matériau éboulé s'accumule dans la « cheminée », qu'il comble petit à petit, et l'effondrement évolue vers un profil en forme de cuvette. De très nombreuses « mardelles » observables en Lorraine n'ont pas d'autre origine (Delafosse, 1948).

### **Effondrements dans les calcaires du Dogger des Côtes de Moselle**

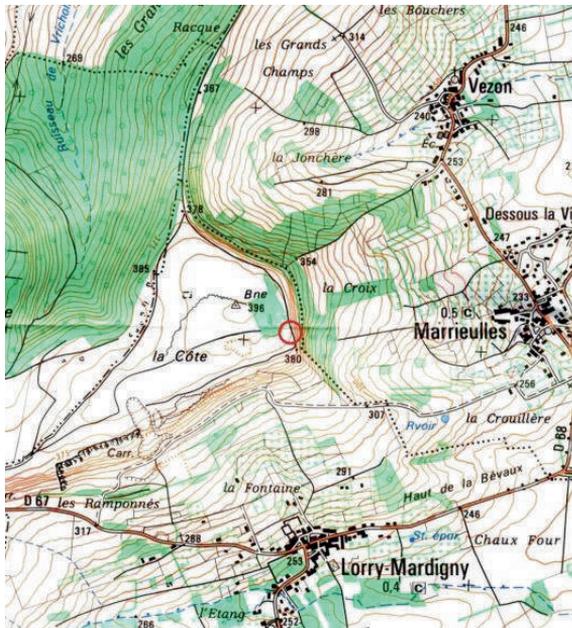
Comme cela a été dit dans l'introduction, ces effondrements sont extrêmement nombreux.

Celui de la figure 2, assez typique et en cours de comblement par éboulement de ses parois, a été observé en avril 2006 au Bois des Chevaux (forêt domaniale des Hauts de Gorze – Moselle), dans les calcaires du Bajocien supérieur.

Celui de la figure 3, localisé par un cercle rouge sur la carte de la figure 4, a été observé en mai 2012 en bordure du plateau de La Côte, au nord de Lorry-Mardigny (Moselle), juste au niveau de la rupture de pente. Il faut noter que cette situation est particulièrement favorable à l'apparition d'effondrements, pour des raisons essentiellement mécaniques, avec la présence de « fentes de décollement », qui sont des fractures ouvertes sous l'effet de la détente et de l'appel au vide (Renault, 1961 ; Bigot et Audra, 2010 ; Devos *et al.*, 2012). Cet effondrement, plus petit que celui de Gorze, présente une morphologie beaucoup plus influencée par la structure du massif rocheux que ce dernier. Il est à noter qu'à quelques mètres de cet effondrement se trouve une dépression de petite taille qui peut être soit l'indice de la présence à faible profondeur d'une autre cavité dont le processus d'effondrement est en cours soit la cicatrice d'un effondrement ancien (figure 5). Cette localisation d'effondrement en bordure de plateau est très courante en Lorraine.



Figure 2 – Effondrement dans les calcaires du Bajocien supérieur  
au Bois des Chevaux (Gorze, Moselle).



Figures 3 et 4 – Effondrement dans les calcaires du Bajocien inférieur à Lorry-Mardigny (Moselle) – fonds de carte à 1/25000 de l'IGN.



Figure 5 – Dépression pouvant être l'indice d'un effondrement en préparation à Lorry-Mardigny (Moselle) ou la cicatrice d'un effondrement ancien (celui de la figure 3 est visible à l'arrière-plan sur la vue de gauche).

Enfin, il faut signaler que dans ce secteur existent de nombreux ouvrages militaires enterrés, dont certains, en se dégradant, provoquent en surface des effondrements qu'il ne faut pas confondre avec des effondrements naturels (figures 6 et 7).



Figures 6 et 7 – Effondrements de surface dus à d'anciens ouvrages militaires enterrés – Lorry-Mardigny (Moselle).

### **Effondrements dus à la dissolution de gypse dans les Marnes irisées supérieures (Keuper) du Saulnois**

L'effondrement représenté sur les figures 9, 10 et 11 a été signalé à l'auteur par M. Roger Richard, président de l'Association des Amis du Saulnois (Château-Salins). Il est situé sur le territoire de cette commune, à quelques centaines de mètres à l'ouest du moulin de Seraincourt, en bordure d'un champ appartenant au lycée agricole de la ville (site n° 1 sur la carte de la figure 8).

Cet effondrement localisé, qui affecte les Argiles bariolées dolomitiques (Marnes irisées supérieures, Keuper), est apparu au printemps 2010 (figure 9). Son diamètre, au moment où il a été observé par l'auteur (juillet 2011), était de 5 mètres environ, valeur sans aucun doute notoirement supérieure à celle du diamètre initial. Ses parois étaient encore globalement sub-verticales, mais montraient de nombreuses traces de glissement. La profondeur maximale observée était de l'ordre de 4 m. Si l'on en juge par la photo de la figure 9, la profondeur originelle était nettement plus importante.

L'observation de ses parois montre que cet effondrement se trouve sur le tracé d'une petite faille-flexure qui décale les couches de quelques décimètres (figure 10). Quant à la cause de cet effondrement, elle est très probablement à rechercher dans la présence d'une cavité de dissolution du gypse dans les Argiles de Chanville, formation sur laquelle reposent les Argiles bariolées dolomitiques. Les Argiles de Chanville sont connues pour receler localement des amas lenticulaires de gypse pouvant être suffisamment épais pour donner lieu à une exploitation, comme ce fut le cas par exemple sur la commune de Guébling, distante d'une quinzaine de kilomètres.

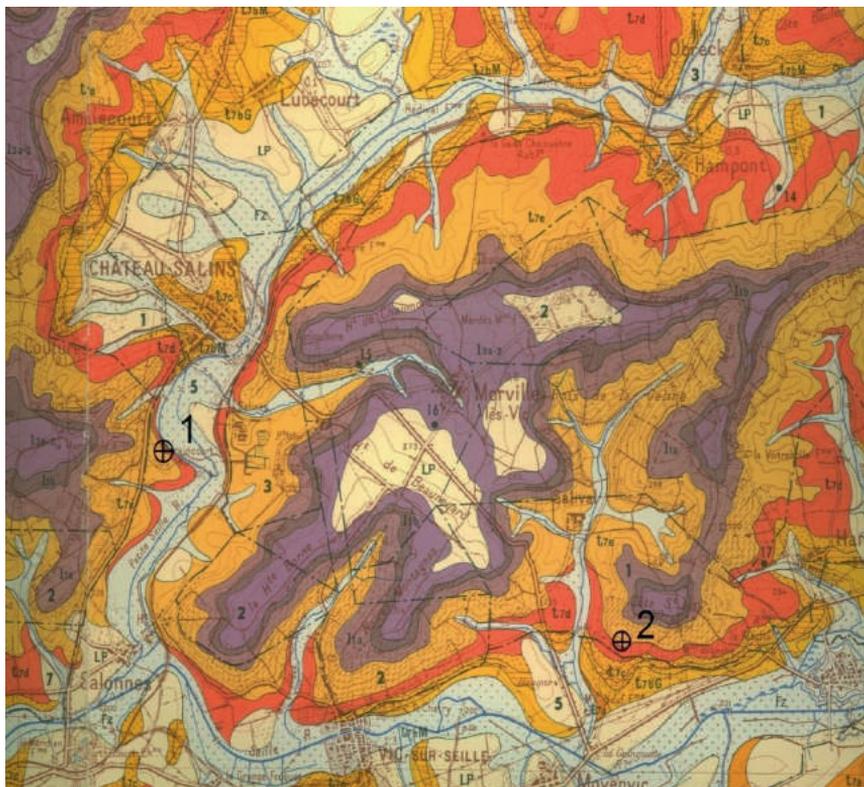


Figure 8 – Carte géologique de la région de Château-Salins (Moselle) avec la localisation des effondrements de Seraincourt (n° 1) et de la Côte Saint-Jean (n° 2) (carte géologique à 1/50000, feuille Château-Salins – BRGM éd.).

#### Légende

- l3a-2* : Calcaire à gryphées
- l1b* : Argiles de Levallois
- l1a* : Grès rhétiens
- t7e* : Argiles bariolées dolomitiques
- t7d* : Argiles de Chanville
- t7c* : Dolomie de Beaumont
- t7bM* : Argiles bariolées intermédiaires
- t7bG* : Grès à roseaux



Figure 9 – Effondrement de Seraincourt (Château-Salins, Moselle) peu de temps après sa survenue, au printemps 2010 (photo R. Richard).



Figures 10 et 11 – Effondrement de Seraincourt en juillet 2011. Le cratère s’est élargi du fait de l’éboulement de ses parois et il s’est en partie comblé. Sur la photo de gauche, on observe une discontinuité structurale qui a peut-être joué un rôle dans la localisation de l’effondrement.

L'effondrement de Seraincourt, situé sur une parcelle exploitée, est destiné à être remblayé pour éliminer la gêne qu'il représente pour l'agriculture. Mais quand un effondrement de ce type se produisait dans un secteur où il ne gênait personne, il ne faisait l'objet d'aucune intervention et évoluait de lui-même vers un profil en cuvette, comme cela a été expliqué précédemment. Des cuvettes de ce type, également signalées à l'auteur par M. Roger Richard, peuvent être observées sur la Côte Saint-Jean, au-dessus de Moyenvic, dans un secteur boisé difficile d'accès, à peu de distance au-dessus d'une zone où subsistent des traces d'exploitation à ciel ouvert du gypse des Argiles de Chanville (localisation figure 8, site n° 2, et figure 12).



Figure 12 – Petite dépression témoignant sans doute d'un effondrement très ancien d'une cavité de dissolution du gypse dans les Argiles de Chanville sous-jacentes (Côte Saint-Jean, Moyenvic, Moselle).

Deux autres cas d'effondrements anciens pouvant être attribués au gypse des Argiles de Chanville ont été signalés à l'auteur par M. Laurent Pâté, cultivateur à Haraucourt-sur-Seille (Moselle) en mars 2011. Ils sont localisés sur la carte géologique de la figure 13.

Le premier (site n° 2 sur la figure 13) est situé dans un champ appartenant à M. Pâté, à peu de distance de la lisière de la forêt de Bride et Koecking, dans un secteur pentu. Il s'agit d'un effondrement ancien, apparu il y a environ 25 ans, mais toujours actif. À l'origine, l'effondrement présentait la forme d'une cheminée d'environ 1,5 m de diamètre, à parois vertica-

les. Il présente aujourd'hui l'allure d'une cuvette très évasée d'au moins une dizaine de mètres de diamètre (figure 14). Entre 50 et 100 m<sup>3</sup> de terre ont été déversés, en plusieurs fois, pour combler la dépression, qui est toujours en évolution.

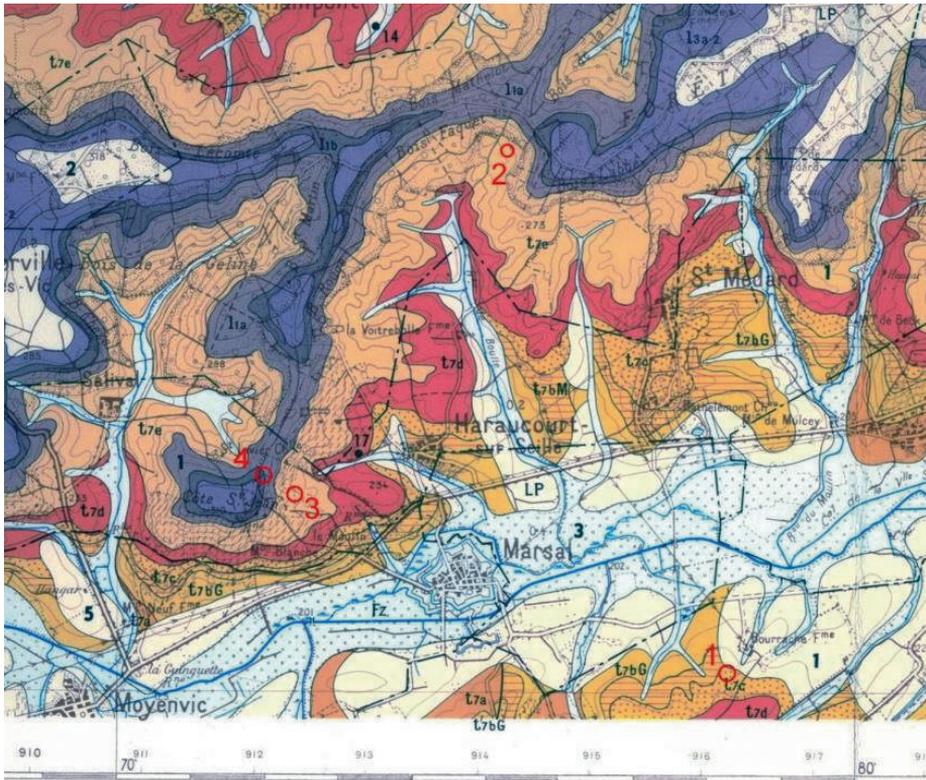


Figure 13 – Localisation des effondrements d'Haraucourt-sur-Seille et de Marsal (les effondrements sont localisés par des cercles rouges numérotés).

Extrait de la carte géologique à 1/50000, feuille Château-Salins, BRGM éd.

#### Légende

<i>11a</i> :	Grès rhétiens
<i>t7e</i> :	Argiles bariolées dolomitiques
<i>t7d</i> :	Argiles de Chanville
<i>t7c</i> :	Dolomie de Beaumont
<i>t7bM</i> :	Argiles bariolées intermédiaires
<i>t7bG</i> :	Grès à roseaux



Figure 14 – Effondrement ancien toujours actif dans les Argiles bariolées dolomitiques à Haraucourt-sur-Seille (Moselle) (site n° 2 sur la figure 13).

Cet effondrement se situe dans les Argiles bariolées dolomitiques. Cette formation contient des bancs de dolomie (donnant lieu à la présence de nombreuses pierres volantes dans le champ où se situe l'effondrement). La dolomie<sup>4</sup> est une roche relativement « soluble », mais ici, ses bancs sont décrits comme peu épais (quelques centimètres selon la légende de la carte géologique) et ne peuvent se prêter à l'apparition de cavités de dissolution de grande taille. Par contre, comme on l'a vu, les Argiles de Chanville, sous-jacentes, contiennent du gypse, en épaisseur suffisante pour avoir été exploité dans la région. Aucun indice ne donne toutefois à penser qu'il y ait eu une exploitation souterraine de gypse, susceptible de s'effondrer, sous le champ de M. Pâté.

---

<sup>4</sup> La dolomie est une roche constituée de dolomite  $[\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2]$ .

L'effondrement observé pourrait donc être dû à la remontée vers le jour d'une cavité de dissolution dans le gypse des Argiles de Chanville. Celles-ci se trouvent à une distance plus grande, sous la surface du sol, que dans les deux cas précédents. On peut en déduire que la cavité de dissolution qui est remontée jusqu'au jour dans le champ de M. Pâté était probablement plus grande que celles qui sont à l'origine des effondrements précédents. Cette hypothèse serait en accord avec la dimension assez grande de l'affaissement qu'on observe aujourd'hui, de même qu'avec son caractère évolutif : la stabilisation du comblement d'une cavité nécessite en effet d'autant plus de temps que cette cavité est plus grande. En outre, compte tenu de la configuration topographique, il est tout à fait possible d'imaginer des circulations d'eau souterraine suffisamment actives pour entretenir une dissolution du gypse, se traduisant par une poursuite de l'affaissement de la surface perceptible à l'échelle humaine.

Le second effondrement est situé sur la commune de Marsal, sur le flanc est de la Côte Saint-Jean, dans un terrain appartenant à M. Zeiber et affermé à M. Laurent Pâté (site n° 3 sur la carte de la figure 13). Bien qu'ancien, cet effondrement est encore bien marqué, d'un diamètre de l'ordre de 2 m et d'une profondeur de l'ordre de 0,50 m (figure 15).

Il se trouve dans une situation comparable à celle de l'effondrement portant le n° 2 sur la figure 13 (Argiles bariolées dolomitiques, surface du sol en pente). Il n'y a pas d'indice qui permette de dire s'il est en évolution ou non. On est tenté de rattacher son origine à l'effondrement d'une cavité de dissolution dans le gypse des Argiles de Chanville sous-jacentes (d'après M. Zeiber, il n'y a dans ce secteur aucun ancien ouvrage militaire enterré susceptible de s'effondrer).

Avant de quitter la Côte Saint-Jean, et bien qu'il ne s'agisse plus ni d'effondrements naturels ni des Argiles de Chanville, on rappellera qu'elle a, elle aussi, fait l'objet de travaux militaires souterrains qui peuvent être aujourd'hui à l'origine d'effondrements localisés de la surface du sol. La figure 16 en montre un exemple (site n° 4 sur la carte de la figure 13). Les terrains de surface sont à cet endroit constitués des Calcaires à gryphées de l'Hettangien-Sinémurien.



Figure 15 – Effondrement « ancien » dans les Marnes irisées supérieures sur la Côte Saint-Jean (Marsal, Moselle) (site n° 3 sur la figure 13).



Figure 16 – Effondrement d’anciennes galeries militaires dans les Calcaires à gryphées au sommet de la Côte Saint-Jean (Marsal, Moselle) (site n° 4 sur la figure 13).

### **Effondrements dans le Saulnois dus à la Dolomie de Beaumont (Marnes irisées moyennes, Keuper)**

La Dolomie de Beaumont, parfois appelée « Dolomie en dalles », est une formation de la partie médiane du Keuper, très présente et d’une grande continuité en Lorraine. Elle se présente sous la forme d’un banc très compact et résistant, d’une épaisseur moyenne de 5 m, mais pouvant localement atteindre 8 m. Dans sa partie supérieure, la dolomie peut laisser place à de l’anhydrite, roche également compacte et résistante. Bien que moins « soluble » que le calcaire, la dolomie est néanmoins une roche sujette à la corrosion chimique, et ce d’autant plus que, comme c’est le cas pour la Dolomie de Beaumont, elle peut contenir une certaine proportion de calcaire ( $\text{CaCO}_3$ ). L’anhydrite (sulfate de calcium anhydre) est elle aussi soluble, et même beaucoup plus soluble que la dolomie.

La plupart du temps, la Dolomie de Beaumont est exempte de toute trace de dissolution (figure 17). Mais elle peut aussi présenter un faciès bréchrrique (figure 18). Aux affleurements, ce faciès marque presque systématiquement le sommet de la formation où il résulte d’une dissolution des sulfates interstratifiés. À faible profondeur sous la surface du sol, la Dolomie de

Beaumont, facilement atteinte par l'eau météorique, est soumise à la corrosion chimique.



Figure 17 – Dolomie de Beaumont –  
Faciès compact  
(Château-Salins, Moselle).



Figure 18 – Dolomie de Beaumont –  
Faciès bréchique  
(Château-Salins, Moselle).

Cette corrosion peut lui conférer une porosité et une perméabilité suffisantes pour que des captages d'eau y soient installés, comme celui qui alimente la commune d'Haraucourt-sur-Seille. Elle peut même aller jusqu'à créer des cavités karstiques de taille suffisante pour que, en s'ébouyant, elles donnent lieu à des effondrements en surface.

La figure 19 montre un exemple d'effondrement de ce type. Celui-ci s'est produit au cours de l'été 2005 dans un champ appartenant à M. Michel Remillon, cultivateur à Marsal, au lieu-dit La Croix Blanche, entre Marsal et Juvelize (figure 20). Il était de très petite taille, son diamètre en surface ne dépassant pas un mètre. Mais contrairement, par exemple, à l'effondrement de la figure 9, ses parois n'étaient verticales que sur une très faible hauteur. En profondeur, la cavité s'élargissait, laissant apparaître un vide qui, sans être très étendu, n'en était pas moins beaucoup plus grand que l'orifice visible au niveau de la surface du sol. Il est clair qu'on était en présence non pas d'un effondrement dû à la remontée progressive vers la surface d'une cavité « profonde », comme cela a été décrit précédemment, mais de l'effondrement de la mince couche de terrain resté en place au-dessus d'une cavité très proche de la surface. À cet endroit, la carte géologique indique qu'affluent les Argiles de Chanville, formation qui se situe immédiatement au-dessus de la Dolomie de Beaumont. Les parois de l'effondrement offrent une coupe géologique qui permet de constater que l'épaisseur de ces argiles, d'une

couleur rouge caractéristique, n'est à cet endroit que de quelques décimètres. En dessous apparaît fort bien, de couleur très claire, la Dolomie de Beaumont, et la cavité que l'on peut observer ne peut être autre chose qu'une cavité de dissolution dans cette formation.



Figure 19 – Effondrement d'une cavité de dissolution dans la Dolomie de Beaumont, La Croix Blanche, Marsal, (Moselle).

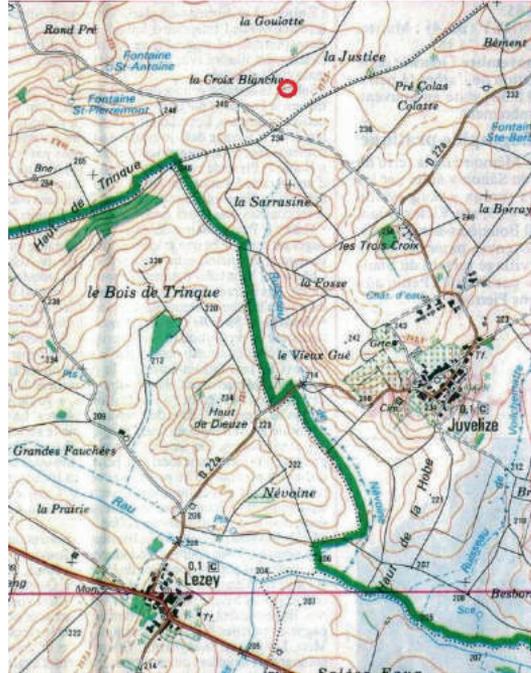


Figure 20 – Localisation de l'effondrement de la figure 19 (cercle rouge) – Fonds IGN à 1/25000.

L'auteur n'avait pas connaissance, avant celui-ci, de cas d'effondrements dus à la Dolomie de Beaumont dans le nord de la Lorraine<sup>5</sup>. Pourtant, le cas qui vient d'être présenté n'est pas isolé.

<sup>5</sup> Les phénomènes karstiques sont par contre assez courants à ce niveau dans le sud de la Lorraine et jusqu'en Haute-Saône. Ainsi, par exemple, un effondrement tout à fait comparable à celui de Marsal s'est produit à Belmont-sur-Vair (Vosges, région de Mirecourt-Vittel), où la cavité s'est ouverte sous les pas d'un chasseur [DURAND M. (1960) – Le gouffre de Belmont-sur-Vair (Vosges). *Le P'tit Minou*, 36, p. 12-14].

En mars 2011, M. Remillon a montré à l'auteur, dans un champ situé à proximité de sa ferme (ferme de La Bourrache, à Marsal, Moselle – site n° 1 sur la carte de la figure 13), une cuvette témoignant d'un ancien effondrement, intervenu une cinquantaine d'années auparavant (figure 21).



Figure 21 – Trace en surface d'un effondrement ancien au-dessus de la Dolomie de Beaumont – Ferme de la Bourrache, Marsal, Moselle.

Et surtout, à quelques dizaines de mètres de cet effondrement ancien, M. Remillon a montré à l'auteur une petite cuvette apparue dans un champ de blé quelques semaines avant la visite. Son diamètre était de l'ordre de un mètre (figure 22) et sa profondeur, en son centre, d'environ un décimètre. On observait en outre, au pourtour de cette cuvette, la présence d'une fissure d'extension concentrique à celle-ci (figure 23).



Figure 22 – Cuvette témoignant d'un effondrement en préparation au-dessus de la Dolomie de Beaumont. Ferme de la Bourrache, Marsal, Moselle. La règle posée au sol mesure un mètre.



Figure 23 – Vue de détail de la cuvette de la figure 22.

Cette cuvette, ainsi que l'effondrement ancien qui lui est proche, se trouvent dans les Argiles de Chanville, au-dessus de la Dolomie de Beaumont. Cette dernière se trouve à très faible distance sous la surface du sol, comme le confirme le fait que de nombreux morceaux de dolomie peuvent être ramassés dans le champ (figure 24). Il est donc justifié d'imputer les deux phénomènes observés à la ferme de la Bourrache à la présence de cavités de dissolution dans la Dolomie de Beaumont.



Figure 24 – Morceau de dolomie récolté à peu de distance de la cuvette des figures 22 et 23.

L'auteur a eu l'occasion de revoir, le 29 avril 2013, soit deux ans après ses premières observations, la cuvette de la ferme de la Bourrache. Les conditions étaient alors très différentes de celles de mars 2011, puisque le champ était ensemencé en tournesol dont la croissance était compromise par les limaces dont le temps très humide favorisait le pullulement.

Une comparaison rigoureuse avec la situation de 2011 n'était donc pas possible. La cuvette existait toujours, évidemment (figure 25), elle semblait s'être étendue et peut-être un peu approfondie, mais l'impression prédominante était qu'elle n'avait pas beaucoup évolué.



Figure 25 – Aspect en avril 2013 de la cuvette des figures 22 et 23. La règle jaune située à gauche, longue de 1 mètre, montre bien l’inclinaison du sol vers le centre de la cuvette.

Cette comparaison, à deux années d’intervalle, confirme que la phase d’évolution du sous-sol qui précède la survenue d’un effondrement de surface peut être fort longue, alors même que le vide souterrain est suffisamment proche de la surface du sol pour y marquer sa présence par un fléchissement de celle-ci.

### **Effondrement dans le « Grès coquillier » (Muschelkalk inférieur) sur la bordure orientale du Plateau Lorrain**

Au début des années 2000, M. Dominique Feuga, agent technique de l’Office National des Forêts, a eu l’occasion de montrer à l’auteur, dans la parcelle C de la forêt communale de Parux (Meurthe-et-Moselle), un fontis de petite taille (guère plus d’un mètre de diamètre). Ce fontis n’a pas pu être photographié à l’époque et des recherches sur le terrain en mars 2013 n’ont pas permis de le retrouver. Sa localisation approximative figure sur la carte de la figure 26 (site n° 1).

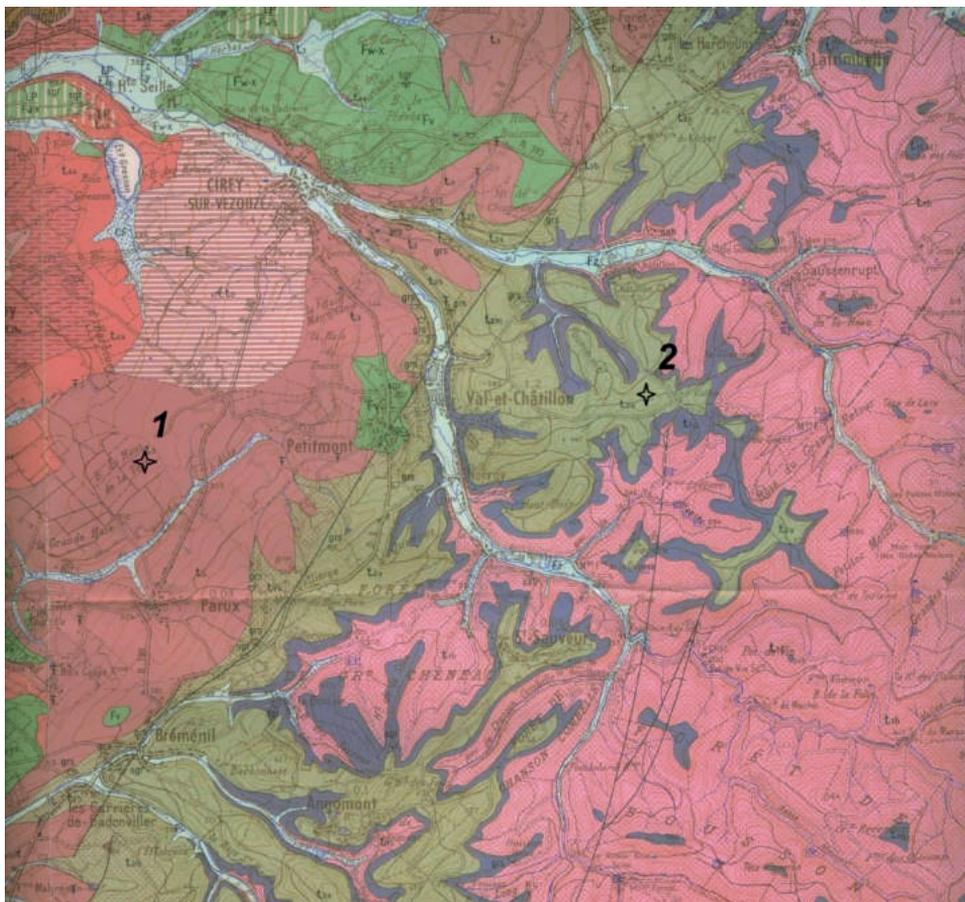


Figure 26 – Localisation des fontis de Parux (site n° 1) et de la Croix Collin (site n° 2) à Val-et-Châtillon (Meurthe-et-Moselle). Carte géologique à 1/50000, feuille Cirey-sur-Vezouze – BRGM éd.

Légende

- t3* : Limons d'altération du « Grès coquillier »
- t4a* : Muschelkalk moyen – « Couches rouges »
- t3* : Muschelkalk inférieur – « Grès coquillier »
- t2b* : Buntsandstein – Grès à Voltzia
- t2a* : Buntsandstein – Couches intermédiaires
- t1c* : Buntsandstein – Conglomérat principal
- t1b* : Buntsandstein – Grès vosgien s. s.

Ce fontis se situe dans la zone d’affleurement du Muschelkalk inférieur, appelé, dans la notice de la carte géologique à 1/50000 (feuille Cirey-sur-Vezouze), « Grès coquillier ». Cette formation, épaisse d’une cinquantaine de mètres dans la zone du fontis, et de lithologie assez variable, est décrite comme étant essentiellement argilo-gréseuse. Elle peut toutefois, surtout dans sa partie supérieure, être plutôt dolomitique, l’épaisseur du dernier banc de dolomie pouvant atteindre 4 mètres.

Aucune autre roche « soluble » n’étant mentionnée dans ce secteur, on est tenté d’attribuer ce fontis à l’effondrement d’une cavité de dissolution dans un de ces niveaux dolomitiques. Ce cas ne semble pas isolé, mais il est sans doute rare. Lors d’une conversation avec l’auteur, M. Marc Durand, maître de conférences à l’université Henri Poincaré, lui a indiqué ne connaître lui-même qu’un seul cas de forme karstique certaine dans le Muschelkalk inférieur (la doline-perte d’eau près de la chapelle N. D. de Lohr, commune de Métairies – St-Quirin, Moselle).

### **Effondrements dans le Buntsandstein supérieur sur la marge occidentale des Vosges gréseuses**

La figure 27 présente un effondrement localisé dans le Buntsandstein supérieur, et plus précisément dans les Couches Intermédiaires (probablement inférieures). Signalé à l’auteur en avril 2002 par M. Dominique Feuga (ONF), il est localisé sur la commune de Val-et-Châtillon (Meurthe-et-Moselle), à quelques centaines de mètres à l’ouest du carrefour de la Croix Collin. Son emplacement est indiqué sur la carte de la figure 26 (site n° 2).



Figure 27 – Effondrement dans les Couches Intermédiaires (Buntsandstein supérieur) sur la commune de Val-et-Châtillon (Meurthe-et-Moselle) – photo prise en avril 2002.

Son diamètre au niveau de la surface du sol était de l'ordre de 3 mètres, mais cette dimension résulte d'un élargissement dû à l'éboulement des parois, qui étaient certainement beaucoup plus pentues au moment de son apparition. La dimension de la « cheminée » diminue avec la profondeur, pour n'être plus que de l'ordre de un mètre à 1,50 mètre sous la surface du sol. Plus en profondeur, les dimensions du vide s'accroissent nettement : on pénètre sans doute alors dans la cavité qui, en s'éboulant, a provoqué l'effondrement de la surface du sol.

Cet effondrement a pu être observé à nouveau le 2 mars 2013 (figure 28). Le couvert neigeux qui s'étendait à cette date sur la région n'a pas permis une comparaison précise avec la situation de 2002, mais il ne semble pas qu'entre ces deux dates l'état du fontis ait beaucoup évolué. Par contre, un examen plus attentif du terrain au voisinage de ce fontis a permis de découvrir deux autres dépressions dont l'une (figure 29) semble être également un fontis, mais de plus petite taille que celui des figures 27 et 28. Quant à l'autre (figure 30), en forme de cuvette aux pentes très amorties, elle pourrait être la trace en surface d'un fontis très ancien dont les parois, en s'éboulant, auraient comblé en grande partie le vide créé à la surface.



Figure 28 – État le 2 mars 2013 de l'effondrement de la figure 27.



Figure 29 – Petit fontis observé à proximité de l’effondrement des figures 27 et 28.



Figure 30 – Cuvette observée à proximité de l’effondrement de la figure 27 et pouvant être le vestige d’un fontis très ancien.

Pour expliquer la présence de ces effondrements, il n'est pas possible de recourir, comme dans tous les cas précédents, à l'hypothèse de la dissolution d'un matériau rocheux soluble. Il faut donc explorer d'autres pistes.

La piste « militaire » ne peut être écartée. La « guerre souterraine » ou « guerre des mines » a fait rage, en effet, en 1914-1915, dans la région, et il est possible que ces effondrements révèlent simplement la présence d'entrées d'ouvrages souterrains. La situation topographique du secteur de la Croix Collin en faisait sans doute un point stratégique et la localisation précise de chaque ouvrage n'est le plus souvent pas connue, les déblais ayant été dispersés et certaines entrées remblayées rapidement sans être repérées. La dissymétrie du fontis des figures 27 et 28 viendrait à l'appui d'une telle origine.

Une autre explication possible serait liée à la tectonique. Des effondrements des terrains superficiels altérés, sans cohésion, dans des fractures ouvertes par la tectonique, notamment à la faveur de la distension oligocène, sont en effet envisageables. Selon M. Marc Durand, de telles fractures (suffisamment ouvertes dans certains cas pour qu'on puisse parler de cavités) sont plus fréquentes qu'on ne le suppose. Certaines ont même été visitées et ont fait l'objet de relevés topographiques (Durand, 1960).

En l'absence de preuves que seule une étude beaucoup plus approfondie (impliquant notamment une visite de la cavité, opération nécessitant la mise en œuvre de mesures de sécurité hors de portée d'un simple promeneur) pourrait apporter, on ne peut trancher en faveur de l'une ou l'autre des explications ci-dessus.

L'auteur, quant à lui, propose une troisième explication possible, faisant appel au phénomène de suffosion, illustré par la figure 31 (Barbier, 1953 ; Pellegrin et Salomon, 2001 ; Khomenko, 2006 ; Bkhairi, 2012). Ce phénomène concerne les matériaux granulaires fins et sans cohésion, comme peut l'être le grès des Couches Intermédiaires, décrit dans la carte géologique à 1/50000 (feuille Cirey-sur-Vezouze) comme possédant une matrice argilo-ferrugineuse, ce qui en fait une roche assez friable.

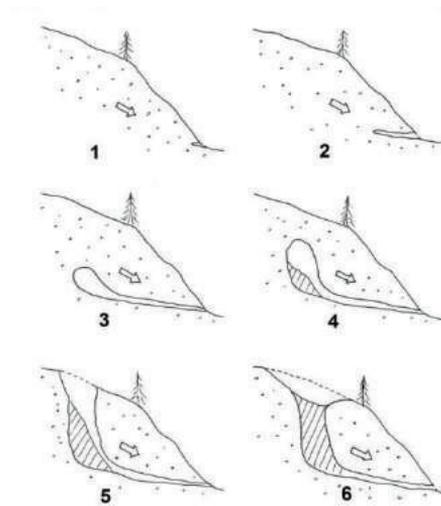


Figure 31 – Illustration du mécanisme de l'érosion régressive souterraine ou « suffosion » (la flèche indique le sens d'écoulement de l'eau souterraine).

La circulation de l'eau souterraine y joue un rôle déterminant. L'eau, en s'écoulant dans le sous-sol, exerce sur celui-ci une force répartie nommée « force d'écoulement ». Si le sous-sol est constitué d'un matériau sans cohésion, c'est-à-dire dont les éléments ne sont pas collés les uns aux autres, la force d'écoulement peut entraîner ces éléments. Mais encore faut-il que cela soit « géométriquement » possible. C'est le cas si le matériau présente une granulométrie étalée, c'est-à-dire s'il comporte des éléments de toutes tailles. Dans ce cas, les grains les plus petits, entraînés par la force d'écoulement, peuvent passer dans les interstices que ménagent entre eux les grains plus gros. Mais cela ne suffit pas. Encore faut-il, pour que ce mécanisme se mette réellement en place et entraîne la formation d'une cavité, que les grains entraînés puissent être évacués. Il faut donc qu'existe, à proximité, une interface entre le milieu rocheux et la surface<sup>6</sup>, par exemple une falaise ou même un simple escarpement, qui offre à l'écoulement de l'eau un exutoire. Cet exutoire tient également lieu de point de sortie pour les éléments entraînés par l'écoulement.

L'auteur a observé ce phénomène, à échelle réduite et à vitesse accélérée, sur une plage de Loire-Atlantique. Les figures 32, 33 et 34, qui l'illustrent, se passent presque de commentaire.

<sup>6</sup> Une interface entre le milieu rocheux et une masse d'eau libre peut également jouer ce rôle.



Figure 32 – Phénomène de suffosion sur la plage de Port aux Goths, commune de Préfailles (Loire-Atlantique), observé en décembre 2010. On observe, à la base du petit escarpement sableux, haut d'environ un décimètre, deux exutoires de l'écoulement de l'eau souterraine vers le « ruisseau » situé au premier plan. L'écoulement de l'eau a entraîné les grains de sable, créant de véritables petits tunnels (ces galeries sont qualifiées de « renards », par analogie avec les terriers creusés par ce canidé, quand elles se développent dans des fondations de barrage ou dans le corps même de barrages en terre).



Figure 33 – Phénomène de suffosion sur la plage de Port aux Goths, commune de Préfailles (Loire-Atlantique). L'entraînement des grains de sable crée des cavités souterraines qui, en s'agrandissant, finissent par s'effondrer. On observe sur la photo plusieurs de ces effondrements, à différents stades de leur évolution. (1) l'effondrement vient d'atteindre la surface. L'orifice visible au niveau du sol est encore nettement plus petit que la cavité qu'il surmonte. (2) l'effondrement s'est agrandi pour atteindre une taille correspondant à peu de choses près à celle de la cavité. Les parois sont sub-verticales. (3) par suite de l'éboulement des parois, l'effondrement a évolué vers une forme en entonnoir.



Figure 34 – Phénomène de suffosion sur la plage de Port aux Goths, commune de Préfailles (Loire-Atlantique). On observe un orifice comparable à celui de la phase (1) de la figure 33 et, autour de celui-ci, signalée par les flèches rouges, une fissure concentrique à cet orifice. Cette fissure doit épouser, à peu de choses près, le pourtour de la cavité sous-jacente et délimite la partie du terrain qui va s’effondrer pour aboutir à la situation (2) de la figure 33. Bien que l’origine de la cavité responsable du phénomène ne soit pas la même, on rapprochera cette fissure de celle de la figure 23.

Pour en revenir à l’effondrement de Val-et-Châtillon (figures 27 et 28), les caractéristiques mécaniques et granulométriques des Couches intermédiaires inférieures, qu’il affecte, sont compatibles avec la mise en place d’un mécanisme de suffosion<sup>7</sup>. Sa situation topographique, par contre, ne l’est pas particulièrement. S’il existe bien, non loin de l’effondrement, un versant en pente assez forte pouvant fournir un exutoire à l’écoulement d’eau souterraine et à l’évacuation des matériaux solides qu’elle transporterait, par contre la position topographique, non loin d’une crête, de cet effondrement n’est pas favorable à la présence d’une circulation très active d’eau souterraine, nécessaire à la mise en place d’un tel phénomène.

L’effondrement observé à Val-et-Châtillon semble ne pas être isolé. En juin 2011, l’auteur a eu l’occasion d’observer au bord du lac de Pierre

---

<sup>7</sup> M. Marc Durand, principal auteur de la feuille Épinal de la carte géologique de la France à 1/50000, a rappelé à l’auteur qu’il avait émis l’hypothèse, dans la notice de cette feuille (p. 8), que la formation de renards dans le substratum du barrage de Bouzey avait joué un rôle dans sa rupture catastrophique le 27 avril 1895.

Percée (carte de la figure 35), près de Badonviller (Meurthe-et-Moselle), dans la même formation (les Couches Intermédiaires inférieures), deux effondrements tout à fait comparables à celui de Val-et-Châtillon, quoique à un stade d'évolution plus avancé puisque le fond en était comblé (figure 36).

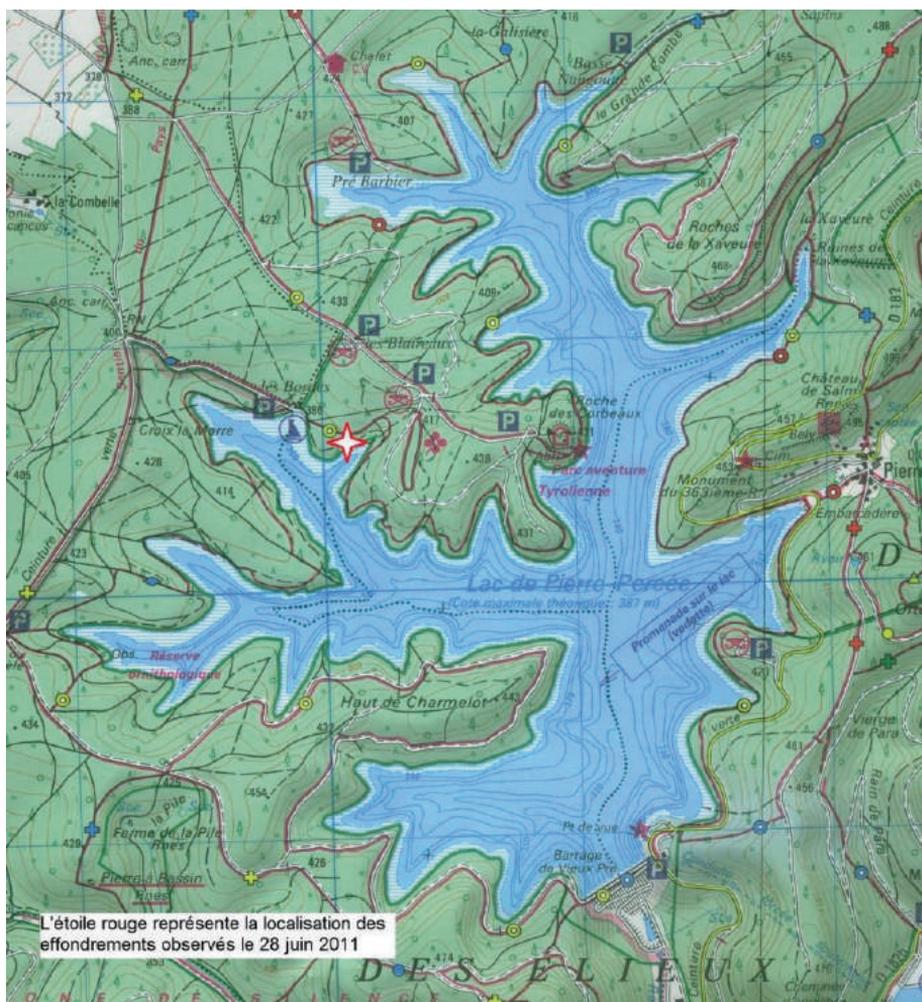


Figure 35 – Localisation des effondrements observés près du lac de Pierre Percée (Meurthe-et-Moselle) (fonds IGN à 1/25000).



Figure 36 – Vues de deux effondrements dans les Couches Intermédiaires inférieures (Buntsandstein supérieur) à proximité du lac de Pierre Percée (Meurthe-et-Moselle). L'emplacement de ces effondrements est indiqué sur la carte de la figure 35 par une étoile rouge et blanche à quatre branches.

Comme on le voit, les données disponibles ne permettent pas de trancher entre les trois hypothèses évoquées pour expliquer l'apparition des effondrements qui viennent d'être décrits. Mais il faut noter que, selon M. Marc Durand, qui a indiqué à l'auteur n'avoir jamais observé, au cours de son travail de terrain sur les grès du Trias vosgien, d'effondrement pouvant être attribué à la seule suffosion, celle-ci peut néanmoins intervenir dans l'hypothèse « tectonique ». Il est en effet possible que les fractures ouvertes dans les grès aient été à un moment donné progressivement comblées par des matériaux sans cohésion provenant de la zone d'altération superficielle et que ce soit la suffosion qui ait contribué par la suite à les déblayer.

## Conclusion

On a, au cours de la promenade relatée dans cet article, rencontré des effondrements de types très répandus en Lorraine, dus à la corrosion chimique des calcaires du Dogger ou à la dissolution du gypse des Marnes irisées supérieures (Keuper moyen). Plus rares, ont également été observés des phénomènes karstiques sur dolomies : la Dolomie de Beaumont (Keuper moyen) ou les bancs dolomitiques contenus dans les « Grès coquilliers » du Muschelkalk inférieur.

Mais ce qui serait vraiment nouveau en Lorraine concerne des effondrements dont l'auteur suggère qu'ils pourraient être dus non pas à un mécanisme chimique, mais à la « suffosion ». Ces effondrements affectent les grès des Couches Intermédiaires du Buntsandstein supérieur. L'auteur n'a observé de tels phénomènes dans aucune autre des formations du Buntsandstein.

## Remerciements

L'auteur adresse ses plus vifs remerciements à M. Gérard Marchal, de Petitmont (Meurthe-et-Moselle), qui lui a communiqué des informations très détaillées sur les combats des guerres de 1914-1918 et 1939-1945 dans la région de Cirey-sur-Vezouze et sur les traces qu'ils ont laissées dans le paysage. Les nombreux trous d'obus ou autres bouleversements de la surface du sol dus à ces combats ne doivent pas être confondus avec des effondrements naturels.

Il remercie également les personnes citées dans le texte de cet article pour l'amabilité avec laquelle elles l'ont guidé sur le terrain et pour les nombreuses informations qu'elles lui ont communiquées sur les phénomènes qu'elles lui ont montrés.

Enfin, M. Marc Durand a relu très attentivement son manuscrit et lui a fait part de nombreuses remarques et informations qui lui ont permis de l'améliorer significativement. Qu'il en soit chaleureusement remercié.

## Références bibliographiques

BARBIER R. (1953) – Une curieuse forme d'érosion : les entonnoirs d'ablation. *Trav. Lab. Géol. Grenoble*, t. 33, pp. 183-188.

- BIGOT J.Y. et AUDRA Ph. (2010) – Pseudokarst : cavités de fractures, grottes marines, cavités des tufs. In AUDRA Ph. (dir.) (2010) – *Grottes et karsts de France*, éd. Association française de karstologie, coll. Karstologia Mémoires, n° 19, pp. 82-83.
- BKHAIRI A. (2012) – Suffosion et érosion hydrique en milieux semi-arides, le cas des Hautes Steppes tunisiennes (Tunisie centrale). *Physio-Géo – Géographie Physique et Environnement*, vol. 6, pp. 1-22.
- DELAFOSSE W. (1948) – De l'origine des mardelles de Lorraine. *Mémoires de l'Académie Nationale de Metz*, 118<sup>e</sup> année, 11<sup>e</sup> série, t. 17, pp. 63-82
- DEVOS A., CHALUMEAU L., BOLLOT N., SOSSON Ch., BARRE E., LEJEUNE O. et GOBANCÉ G. (2012) – Organisation spatiale de la fracturation de détente mécanique de versant en carrières souterraines. Application aux plateaux des calcaires éocènes du Bassin de Paris. *Physio-Géo – Géographie Physique et Environnement*, vol. 6, pp. 243-262.
- DURAND M. (1960) – Le gouffre du Haut-des-Monts à Girancourt (Vosges). *Le P'tit Minou*, 37/38, pp. 23-25.
- KHOMENKO V.P. (2006) – Suffosion hazard : Today's and tomorrow's problem for cities. *IAEG 2006 Paper*, n° 577, Geological Society of London, 8 p.
- PELLEGRIN J.C. et SALOMON J.N. (2001) – Hydrocompaction, dissolution, suffosion et soutirage. Contribution à la formation des dépressions fermées. *Karstologia*, n° 37, pp. 54-56.
- RENAULT Ph. (1961) – Sur le caractère des fentes de décollement. *Annales de Spéléologie*, t. 16, n° 1, pp. 49-56.

