



HAL
open science

Évaluation de la résistance à long terme des piliers des mines de fer du bassin lorrain

Christophe Didier, Frédéric Poulard

► **To cite this version:**

Christophe Didier, Frédéric Poulard. Évaluation de la résistance à long terme des piliers des mines de fer du bassin lorrain. Rapport Scientifique INERIS, 2012, 2011-2012, pp.63-65. ineris-01869427

HAL Id: ineris-01869427

<https://ineris.hal.science/ineris-01869427>

Submitted on 6 Sep 2018

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.

Contributeurs



Christophe Didier



Frédéric Poulard



Figure 1

En rouge : exemple de secteur rompu ayant donné lieu à désordre en surface; en vert : secteurs voisins dont les dimensions de piliers augurent de leur stabilité.

ÉVALUATION DE LA RÉSISTANCE À LONG TERME

DES PILIERS DES MINES DE FER DU BASSIN LORRAIN

Suite aux différents affaissements ayant affecté les secteurs sud et centre du bassin ferrifère lorrain après la fermeture de l'exploitation minière (Auboué, Moutiers, Moyeuve, etc.), diverses analyses furent entreprises pour mieux comprendre l'origine de ces phénomènes et mieux les anticiper [A]. Contrairement à ce que l'on pouvait craindre à la lumière des événements survenus dans les autres sous-bassins, les mois qui suivirent l'ennoyage du sous-bassin nord n'engendrèrent pas de nouveaux mouvements de grande ampleur, hormis, plusieurs années plus tard, sur la commune d'Angevillers.

Souhaitant mettre à profit le retour d'expérience disponible sur l'ennoyage de travaux miniers sur un aussi vaste secteur géographique, un travail d'analyse a été engagé, en partenariat avec l'université de Johannesburg (Afrique du Sud) et Geoderis. L'objectif est de mieux comprendre le comportement à long terme des piliers et, notamment, leur réponse à l'ennoyage [B] [C].

Objectifs de l'analyse, choix de l'approche et constitution de la base de données

Pour proposer une approche différente et complémentaire à la démarche « déterministe » systématiquement utilisée en France (essais en laboratoire, puis extrapolation de résistance à l'échelle *in situ*), il nous a semblé intéressant de développer une approche similaire à la démarche ➤

Références

[A] Didier, C. *Postmining management in France: situation and perspectives*. Risk Analysis, 2009, 29 (10), pp. 1347-1354.

[B] Van der Merwe J.-N., Didier C., Poulard F. *Investigation into the strength of iron ore pillars in the Lorraine basin*. 12th Int Congress on Rock Mechanics, Beijing, China, October 18-21, 2011, pp. 611-612.

[C] Didier C., Van der Merwe J.-N., Poulard F. *Back analysis on the Lorraine iron ore pillars behaviour. international congress on the management of mining wastes and closed mines*. GESRIM 2012, Marrakech, Maroc. 3-6 avril 2012.

[D] Salamon M.-D.-G., Munro A.-H. *A study of the strength of coal pillars*. J. S Afr Inst Min Metall, September 1967, pp. 56-67

[E] Didier C., Josien J.-P. *Importance of failure mechanisms for management of surface instability risk*. 10th International Congress of the ISRM. September 8-12, 2003, Sandton, South Africa, pp. 243-248.

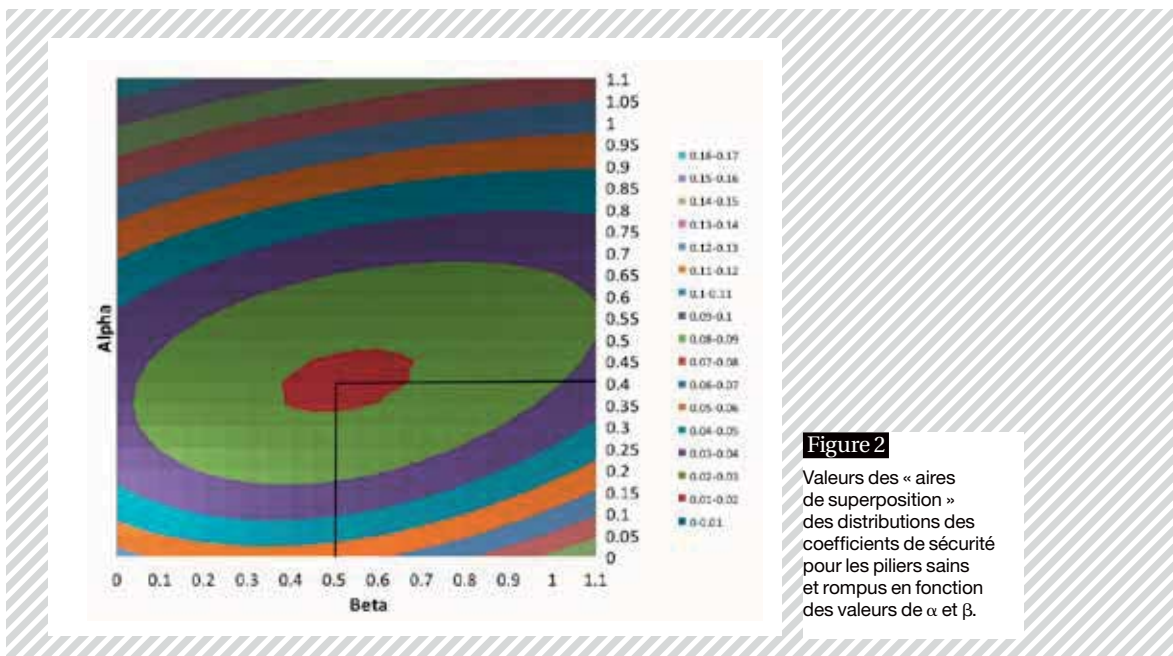


Figure 2
Valeurs des « aires de superposition » des distributions des coefficients de sécurité pour les piliers sains et rompus en fonction des valeurs de α et β .

développée par Salamon et Munro en 1967 [D], qui fait aujourd'hui référence dans le monde minier anglo-saxon. Celle-ci s'appuie sur la détermination d'une loi de résistance « empirique » des piliers permettant de différencier au mieux les piliers « rompus » des piliers « sains ».

La démarche s'appuie sur l'hypothèse majeure suivante : à l'échelle du bassin de risque, la résistance des piliers dépend plus de leurs dimensions et surtout de leur « géométrie » que des variations de propriétés du massif rocheux. Cette géométrie étant principalement définie par deux grandeurs caractéristiques : la largeur, w , et la hauteur, h , il vient : σ_s : résistance des piliers, en MPa.

$$\sigma_s = k \frac{w^\alpha}{h^\beta}$$

w et h : respectivement largeur et hauteur des piliers.

k , α et β : paramètres à définir en fonction du bassin de risque considéré.

La qualité de la base de données est un élément clé de la démarche. La base doit intégrer un nombre suffisant de piliers, certains rompus, d'autres stables. Les « rompus » correspondent aux désordres ayant affecté, par le passé, les mines du bassin [E]. Une quinzaine de cas ont été retenus, le plus ancien datant de 1902 (Audun-le-Tiche) et le plus récent de 2009 (Angevillers). Pour chaque secteur, une « maille représentative » est définie pour caractériser la géométrie des piliers dans la zone rompue.

À l'opposé, une soixantaine de piliers « sains », jugés stables à long terme¹ ont été introduits dans la base, afin de permettre l'élaboration de la loi empirique. Certains de ces piliers « sains » ont été systématiquement sélectionnés dans des quartiers environnant les zones rompues [figure 1] afin que les échantillons « rompus » et « sains » ne présentent pas de biais systématique, du fait de leur situation géographique ou de leur ancienneté.

Enfin, de manière innovante au regard de l'approche de Salamon, une troisième famille a été constituée : les piliers jugés « suspects », à savoir ceux qui présentent une résistance mécanique insuffisante pour garantir leur stabilité à long

terme, mais à propos desquels on ne dispose d'aucun indice laissant supposer qu'ils sont déjà effondrés². Environ 80 piliers « suspects » représentant cette classe intermédiaire ont ainsi été identifiés, en veillant là aussi à assurer un échantillonnage géographique aussi satisfaisant que possible.

C'est donc une base de données compilant plus de 170 échantillons de piliers qui a ainsi été constituée en s'appuyant sur la base LORFER mise à disposition par Geoderis.

Méthodologie d'élaboration de la formule retenue et application au cas étudié

La discrimination des piliers stables et instables est menée sur la base des facteurs de sécurité (rapport entre résistance du pilier et niveau de contrainte verticale). Une approche paramétrique permet de trouver le couple de valeurs (a , b) pour lequel la « zone de superposition » entre la distribution normale des valeurs de coefficients de sécurité calculés pour les piliers rompus et pour les piliers stables apparaît être la plus limitée.

La [figure 2] synthétise les résultats des simulations menées. Elle présente une cartographie de la valeur de l'aire de superposition entre les distributions de coefficients de sécurité stables et rompus, exprimée en pourcentages. Le centre de gravité de la classe minimale (inférieure à 17 %) correspond à la combinaison $\alpha = 0,4$ et $\beta = 0,5$. En ce point, l'aire de superposition est de 7,9 %.

Par principe, on norme alors la loi pour centrer la moyenne de la distribution des piliers rompus sur 1. Il vient dès lors $k = 8,3$ MPa. La loi de résistance s'exprime donc :

$$\sigma_s = 8.3 \frac{w^{0.4}}{h^{0.5}} \text{ (en MPa)}$$

La [figure 3] représente, sur cette base, la distribution des trois familles de piliers décrites précédemment (« rompus », « suspects », « stables »). On constate que l'aire de recouvrement entre les familles « rompus » et « stables » est bien limitée, ce qui traduit une fiabilité prometteuse de l'approche (les piliers rompus sont bien sensiblement différents des piliers stables en termes de géométrie).

Notes

1. Sur la base de l'estimation de la résistance *in situ* à long terme des piliers, estimée à 7,5 MPa par le comité d'experts, en s'appuyant sur divers retours d'expérience et interprétations d'essais de laboratoire.
2. La plupart des chantiers étant désormais inaccessibles, ces indices se limitent au développement d'instabilités en surface.

Lorsque l'on applique la formule obtenue en différenciant les sous-bassins, il apparaît que les piliers rompus présentent une distribution plus défavorable au sud qu'au nord (ce qui explique pour partie la forte réactivité du sous-bassin sud à l'ennoyage). Les piliers « suspects » des différents sous-bassins présentent par ailleurs une distribution très proche de celle des piliers récemment rompus dans le sous-bassin nord. Ceci témoigne du fait que leur « potentiel de stabilité » demeure donc très faible.

Enfin, la **figure 4** suggère que l'approche développée semble également prometteuse en termes de cinétique de rupture. Elle illustre en effet le positionnement des « instabilités historiques » sur la loi de distribution en différenciant les « effondrements brutaux » des « affaissements progressifs ». À de très rares exceptions près, qu'il conviendra d'analyser, la démarche permet une différenciation claire entre les phénomènes.

Conclusions et perspectives

Une loi empirique de résistance des piliers a été établie pour le bassin ferrifère lorrain, sur la base d'une analyse en retour d'expérience des instabilités observées durant environ un siècle d'exploitation et une décennie d'abandon (arrêt puis ennoyage). Les premiers résultats s'avèrent encourageants. L'approche sera désormais affinée sur la base de nouvelles instabilités produites récemment, mais non encore intégrées jusqu'ici dans la base des « événements historiques ».

La définition d'une loi normale ouvre la voie au développement d'une approche probabiliste de caractérisation du « potentiel de rupture » des piliers, qui permettra d'analyser précisément les différents secteurs du bassin minier jugés potentiellement instables et de prendre ainsi les dispositions de gestion du risque les plus adaptées aux différents contextes. ●

Co-contributeur

Nielen Van der Merwe, University of the Witwaterstrand, Johannesburg, South-Africa.

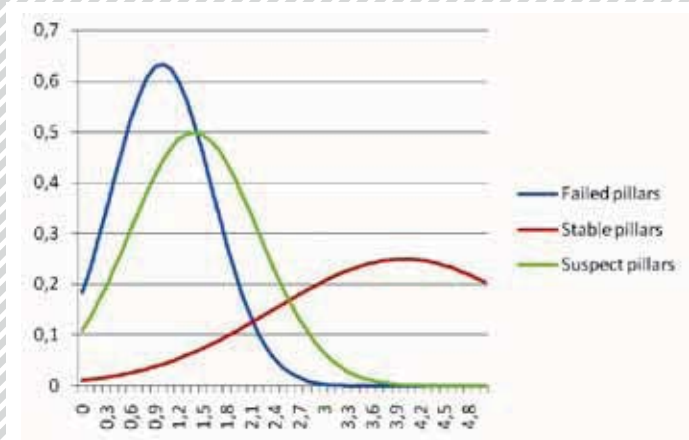


Figure 3

Distributions normales des facteurs de sécurité pour les piliers stables, suspects et rompus.

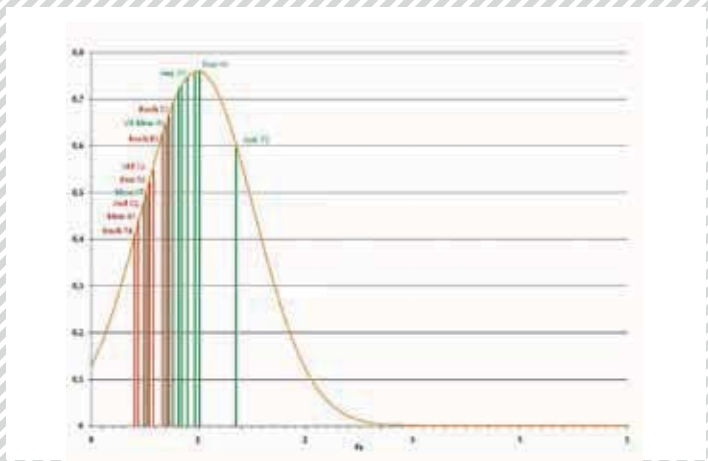


Figure 4

Positionnement des instabilités passées (en rouge effondrements, en vert affaissements).

Abstract

After one hundred years of activity, mining in the Lorraine iron ore basin has ceased. Following several surface instabilities, investigations into methods of evaluating underground long-term stability were initiated few years ago. This paper concerns the latest

developments in the field of pillars stability evaluation as input into the risk assessment procedures. The methodology is based on the empirical back analysis philosophy developed by Salamon in South African coalfields after the Coalbrook disaster. A strength formula resulting in the best possible separation of data bases of safety

factors of failed and intact pillar cases was determined. The first results appear quite promising. Work is ongoing into the kinematics of failure as well as the distinction between different zones of the basin and the development of a "Failure Potential Index".