



HAL
open science

L'héritage de Courrières : de la sécurité minière à la sécurité industrielle.

Philippe Cassini, Jean-François Raffoux, Christian Tauziède

► **To cite this version:**

Philippe Cassini, Jean-François Raffoux, Christian Tauziède. L'héritage de Courrières : de la sécurité minière à la sécurité industrielle.. 10 mars 1906 : la catastrophe des mines de Courrières.. et après ?, 2007, Lewarde, France. pp.179-188. ineris-00140515

HAL Id: ineris-00140515

<https://ineris.hal.science/ineris-00140515>

Submitted on 6 Apr 2007

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.

L'héritage de Courrières : de la sécurité minière à la sécurité industrielle

Philippe CASSINI, Jean-François RAFFOUX et Christian TAUZIÈDE, Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques, Verneuil-en-Halatte (Oise)

Cette présentation est établie sur la base de deux articles de l'ouvrage publié en 2006 par la Société de l'Industrie Minérale : Courrières 1906, les enseignements d'une catastrophe (« Création des stations d'essais et recherches sur les poussières » par C. Tauziède ; « Le transfert de la compétence en sécurité minière à d'autres secteurs d'activité » par Jean-François Raffoux et Philippe Cassini)

INTRODUCTION

L'impact humain, social et politique de la catastrophe des mines de Courrières fût considérable. Le monde minier, et au-delà toute la société, plongée dans l'horreur, ne tardèrent pas à réagir à différents niveaux : techniques, sociaux, réglementaires. Ils se mobilisèrent pour mettre en œuvre les moyens afin qu'un tel drame ne se reproduise plus.

Un défi était lancé auprès de tous les acteurs de la sécurité minière... Pour relever ce défi les compagnies minières décidèrent la mise en place d'une organisation dédiée à la recherche avec comme objectifs, la compréhension des phénomènes tels que les explosions de poussières et la mise au point de mesures de prévention.

Les résultats très concrets de ces recherches, relayés par des innovations technologiques et des dispositions réglementaires, auront rapidement des effets bénéfiques en matière de risques miniers tout au long du XX^e siècle, tant en France que dans les grands pays industrialisés possédant des exploitations minières de charbon.

Parallèlement, dans le contexte économique de récession de la production charbonnière des dernières décennies du XX^e siècle en Europe occidentale, l'analyse des moyens, des méthodes et des ressources humaines mobilisés sur des objectifs de sécurité minière montrait que les compétences acquises en ce domaine pourraient être largement valorisées dans des secteurs différents de l'activité économique où les besoins en matière de sécurité et de protection de l'environnement devenaient de plus en plus pressants.

En France, cela amena le CERCHAR, Centre d'Etudes et de Recherches de Charbonnages de France, mis en place en 1947, à diversifier progressivement ses activités et à transférer ses compétences :

- vers d'autres mines et carrières où les procédés et produits mis au point pour améliorer la sécurité dans les mines de charbon ont pu être adaptés aux conditions et spécificités de ces exploitations ;
- vers d'autres branches industrielles qui, par certains aspects, présentaient des dangers apparentés à ceux rencontrés dans les mines de charbon.

Ces progrès en sécurité dans les mines de charbon et ce transfert fructueux de compétences vers d'autres mines et d'autres industries constituent véritablement l'héritage de Courrières.

On présente dans ce qui suit, dans une première partie, la création des stations d'essais et de recherches sur les poussières puis, dans une seconde partie, le transfert de la compétence en sécurité minière à d'autres secteurs d'activité.

LA CREATION DES STATIONS D'ESSAIS ET DE RECHERCHES SUR LES POUSSIÈRES

Les connaissances relatives aux risques liés aux poussières en Europe en 1906

Au tournant du siècle, les ingénieurs des mines étaient très partagés en Europe sur le rôle réel que pouvaient jouer les poussières de charbon dans les explosions. Tout le monde s'accordait sur le danger intrinsèque de la poussière de charbon finement divisée produite par l'abattage et le transport et dispersée dans les galeries de mine par l'aérage. Il était, en effet, reconnu sans conteste que cette poussière mise en suspension dans l'air pouvait brûler de manière vive et même provoquer une explosion. Ce même constat était fait pour d'autres matières combustibles telles que la farine, les sulfures, etc. (Mallard et Le Chatelier, 1882). Les points de vue étaient, par contre, divergents pour l'importance qu'il fallait accorder à cette caractéristique dans la probabilité d'apparition ou le développement d'une explosion en mine.

Ainsi, les spécialistes anglais étaient-ils qualifiés de « poussiéristes » car ils accordaient à la poussière une bien plus grande importance. La Grande-Bretagne était, en effet, particulièrement sensible à la question des poussières en mine. W. Galloway (circa 1913), grand ingénieur des mines et professeur, fait remonter à 1803 l'observation, par M. Buddle, d'accidents mortels dus à l'inflammation de poussières en mine. Instituée en 1891, la *Royal Commission on explosions from coal-dust in mines* analysa une dizaine d'accidents graves survenus entre 1882 et 1893 et considéra que leur cause était liée aux poussières. Les avis que formula cette commission dans son rapport de 1894, reprenant des opinions qui avaient été émises et les résultats d'expérimentations faites précédemment, confirmèrent, pour l'essentiel, la théorie « poussiériste » qui peut se résumer ainsi :

- « la présence de grisou seul est insuffisante pour expliquer plusieurs explosions ;
- les poussières seules, sans aucun mélange de grisou, peuvent, une fois allumées, produire une explosion dangereuse ;
- une explosion de grisou peut être accrue et indéfiniment étendue par suite de la présence des poussières ;
- du grisou, en proportion assez faible pour ne pas donner lieu à une explosion, devient inflammable lorsqu'il est mêlé avec des poussières » (Aiguillon, 1895).

En France, la théorie dite « anti-poussiériste » présidait. Des opinions analogues à celles de Faraday et Lyell en Angleterre en 1844 furent bien émises par Du Souich en 1855 à l'occasion de l'explosion du puits Charles à Firminy (Loire), puis en 1861 et, de nouveau, en 1867 mais la rareté et la faible gravité des accidents dus aux poussières en France et les expériences conduites par Mallard et Le Chatelier (1882) pour la *Commission pour l'étude des moyens propres à prévenir les explosions de grisou*, instituée en 1877, firent conclure à ces deux scientifiques : « Quoi qu'il en soit, nous considérons comme établi que les poussières, en l'absence de grisou, ne constituent pas une cause de danger sérieuse. Elles ne peuvent jouer un rôle important qu'en aggravant les conséquences d'une explosion produite par le gaz. Le grisou en proportion susceptible de faire explosion, tel est donc l'ennemi principal contre lequel il faut diriger tous ses efforts ; les poussières ne viennent qu'en second rang et très loin derrière ».

En Belgique, les ingénieurs du corps de mines V. Watteyne et A. Demeure considéraient, en 1890, la question comme plus nuancée. Discutant les arguments avancés par Mallard et Le Chatelier, notamment dans l'interprétation des résultats d'expérimentations à la galerie d'essais de Neunkirchen, rapportées par Hilt pour la *Commission prussienne du grisou*, ceux de Sir F. Abel qui réduisaient, en cas d'absence de grisou, l'importance

accordée aux poussières par W. Galloway, ils se ralliaient plutôt à la thèse poussiériste. Ils considéraient, *in fine*, qu'aux mesures préventives vis-à-vis du grisou, il fallait adjoindre des mesures propres aux poussières : l'enlèvement des poussières ou leur suppression par l'arrosage et l'utilisation d'explosifs de sûreté (Watteyne et Demeure, 1890).

En France, on s'attacha donc, à la fin du XIX^e siècle, en particulier à la suite de terribles accidents survenus dans le bassin de Saint-Etienne entre 1887 et 1891, à lutter contre le grisou. Sous l'impulsion de la *Commission d'étude sur l'emploi des explosifs dans les mines à grisou*, créée en 1887 et faisant suite à la première commission (Cocude, 1995), les principaux progrès portèrent, au cours de cette période, sur l'aérage, la grisoumétrie, les lampes de sûreté, les explosifs de sûreté. Ces perfectionnements conduisirent à une très nette amélioration du niveau de sécurité (Taffanel, 1909).

Les leçons tirées de la catastrophe : le besoin de recherches expérimentales

Le 10 mars 1906, la catastrophe de Courrières, avec ses 1099 victimes, se produisit « *comme un coup de tonnerre dans une atmosphère plutôt sereine* » (Schwartzmann, 2005). Le premier impact fut, avant tout, humain et social étant donné l'importance de la catastrophe et son triste record jamais atteint jusque là en pertes de vies humaines. La catastrophe eut également comme conséquence la prise de conscience générale du réel danger présenté par les poussières de charbon. « *Les poussières, longtemps méconnues en France, apparaissent à tous, après la catastrophe de Courrières, comme l'un des plus graves dangers des mines de houille. Leur présence expose les mines non grisouteuses (...) aux mêmes dangers que les mines à grisou* », écrit Heurteau (1907). En somme, la catastrophe vint douloureusement trancher la controverse entre les « poussiéristes » et les « anti-poussiéristes » : « *La catastrophe de Courrières a montré que les poussières de houille constituaient un danger beaucoup plus grand qu'on ne l'avait admis en France et qu'il convient de prendre contre elles un certain nombre de mesures préventives* » (Delafond, 1908) ; « *Aujourd'hui, le doute n'est plus permis ; la catastrophe de Courrières est une expérience douloureuse mais probante (...). Le danger des poussières existe donc.* » (Taffanel, 1909). La doctrine anglaise s'en trouva renforcée. Une commission anglaise mandatée en France par le Home Office rapporta, en effet : « *La conclusion générale à laquelle nous arrivons est que l'accident est dû à une vaste et formidable explosion de poussières de charbon, sans participation aucune de grisou.* » (Chalon, 1906).

Quoique douloureuse, la prise de conscience par les ingénieurs français du risque présenté par les poussières les amena à devoir préconiser des mesures de prévention spécifiques. Certaines d'entre elles avaient déjà été avancées mais non totalement mises en œuvre ou, en tout cas, pas de manière entièrement efficace. C'est ainsi, par exemple, que l'arrosage des galeries, « *pratiqué dans la mine de Reden, en Allemagne, [ne fut pas] suffisant pour empêcher les poussières de beaucoup aggraver les conséquences de l'explosion de grisou du 28 janvier 1907* » (Taffanel, 1909), alors même que l'Allemagne avait été très sensibilisée à la question des poussières par l'accident de Camphausen, en Sarre, le 17 mars 1885 et qu'elle prenait depuis des mesures préventives.

Afin donc de mieux comprendre les phénomènes en jeu lors d'une explosion de poussières, de rechercher les moyens de s'en prémunir et de définir les modalités pratiques pour rendre ces derniers les plus efficaces, il apparut nécessaire à la communauté scientifique de recourir à la voie expérimentale.

Comme l'a écrit J. Taffanel, « *beaucoup d'expériences avaient déjà été faites, avant Courrières, sur l'inflammabilité des poussières (...); elles avaient donné d'utiles indications.(...) Mais aucun des expérimentateurs français ou étrangers n'avait disposé de moyens suffisants pour étudier les possibilités et les lois de propagation lointaine d'une inflammation de poussières.* » (Taffanel, 1909). En fait, les expériences faites jusque là en France par Mallard, Le Chatelier, Simon, en Grande-Bretagne par Galloway, Hall, Clark,

Morison, Marreco, Harton, Abel, Bedson, en Allemagne par la *Commission prussienne du grisou* à Neunkirchen, par la *Commission autrichienne du grisou* ou encore à la galerie de Gelsenkirchen, pour ne citer qu'elles, n'avaient été conduites qu'à une échelle réduite (Leprince-Ringuet, 1908). Il apparut donc nécessaire que soient poursuivies ces recherches au travers d'essais en grand capables notamment d'étudier le risque de transformation d'une explosion locale en catastrophe généralisée. « *C'est alors que le Comité central des Houillères de France, représentant la presque totalité des houillères françaises, prit l'initiative de créer, à ses frais, une Station d'essais où seraient étudiées, d'une manière générale toutes les questions intéressant la sécurité dans les mines, et spécialement les questions relatives à la propagation des inflammations de poussières et aux moyens de lutter contre ce grave danger.* » (Taffanel, 1909).

Ainsi fut décidée, en 1907, avec l'accord des autorités, la création de la Station d'essais de Liévin (Pas-de-Calais).

La Station d'essais de Liévin et les résultats des recherches faites de 1907 à 1914

Décidée en 1907, la Station d'essais de Liévin fut mise en chantier la même année. Jacques Taffanel, ingénieur des mines alors en poste à Saint-Etienne fut chargé, « *à dater du 16 février 1907, d'une mission spéciale ayant pour objet l'étude scientifique et pratique des questions concernant la sécurité dans les mines* » (arrêté du 5 février 1907) et, par là-même, de diriger la station.

La station et son programme de recherches.

Dans une de ses nombreuses publications, J. Taffanel énonçait le programme de la station comme suit :

- « *étudier l'inflammabilité des poussières de houille, les conditions de propagation de l'inflammation, les moyens de lutter contre le danger des poussières ;*
- *étudier et contrôler la sûreté des explosifs de mine en présence de grisou ou des poussières, ainsi que la sûreté des procédés et engins d'amorçage des coups de mine ;*
- *étudier et contrôler la sûreté des lampes de mine et des appareils électriques susceptibles d'être employés dans les mines ;*
- *étudier les appareils de sauvetage ;*
- *constituer un laboratoire d'études scientifiques et pratiques, pour toutes questions intéressant la sécurité dans les mines ;*
- *faire des enquêtes à l'étranger, notamment à la suite de grands accidents miniers, et relever toutes observations utiles à la résolution des problèmes intéressant la sécurité.* » (Taffanel, 1909).

On notera le programme ambitieux et les missions déjà très larges de la station. Afin de répondre à ces objectifs, la Station d'essais de Liévin « *ne comportait pas uniquement une galerie d'essais mais constituait un ensemble complet, comprenant des services extrêmement variés. A côté d'une galerie, destinée à l'étude des poussières, dont la longueur a été progressivement portée jusqu'à 300 m, elle possédait une galerie spéciale pour l'étude des explosifs, un appareil d'essai des lampes, une installation de broyage du charbon, un laboratoire de photographie, un laboratoire de chimie et un laboratoire de pyrotechnie très richement installés ; à côté d'elle se trouvait le poste central de secours des houillères du Pas-de-Calais*¹. » (Audibert, 1922). La station se situait à environ 500 m

¹ NDA : A noter que, conformément aux prescriptions d'un arrêté ministériel d'avril 1907, dix-neuf compagnies minières du Nord-Pas-de-Calais s'associèrent pour créer, à Liévin, juste à côté de la Station d'essais, le premier poste central de secours français. Le poste disposait en propre de

de la Fosse n°3 de Liévin, de façon à profiter utilement de grisou capté presque pur dans cette fosse, sur des soufflards, acheminé directement par des tuyauteries et ensuite stocké à la station dans deux gazomètres. De façon à se rapprocher le plus possible des conditions réelles de la mine, la galerie d'étude des poussières disposait d'une ventilation mécanique et avait une forme trapézoïdale et une section d'environ 3 m², comportait un premier tronçon bétonné, de 30 m de long, prolongé d'un tronçon boisé recouvert de remblai, long, au départ, de 35 m. La longueur de la galerie fut ultérieurement accrue. La galerie était équipée, en particulier, de dispositifs de mesure de la pression et de la vitesse de propagation de la flamme. L'équipement de premier niveau dont elle fut dotée fait qu'« *aucun des sièges d'expériences étrangers ne posséd[ait] des moyens d'investigation comparables à ceux dont dispos[ait alors] la Station d'essais de Liévin* » (Taffanel, 1909).



Vues générales de la station de Liévin vers 1910 (in Taffanel, 1909)

Il est utile de préciser que c'est à peu près à la même époque que d'autres plates-formes expérimentales semblables à celle de Liévin furent mis en place :

- en Grande-Bretagne, l'*Association minière* créa, en 1908, à Altsofts (Yorkshire) une station d'essais munie d'une galerie de 246 m de longueur faite de tubes métalliques de 2,3 m de diamètre (Leprince-Ringuet, 1908). Cette galerie fut transférée, en 1911, à Eskmeals, près de Whitehaven (nord-est de l'Angleterre) ;
- en Allemagne, comme la galerie de Gelsenkirchen (dans la Ruhr), mise en place en 1894 n'avait pas été équipée pour l'étude des poussières, une autre station fut instituée, en 1908 également, à Derne, près de Dortmund, dans la Ruhr (Audibert, 1922). Il semble que celle-ci commença à fonctionner en 1911 (Audibert et Delmas, 1926b) ;
- en Autriche, en 1909, une compagnie minière mit à la disposition de la *Commission autrichienne du grisou* une ancienne galerie de mine près de Segengottes (dans l'actuelle République Tchèque), pour l'étude des coups de poussières (Audibert, 1922) ;

sauveteurs destinés à intervenir dans tout le bassin en cas de besoin. Il assurait également la formation des sauveteurs des postes secondaires et l'entretien de leurs appareils. Il fut dirigé par J. Taffanel, secondé par E. Fenzy (J. Taffanel et E. Fenzy, 1912, *Description du Poste central de secours de Liévin.*). Ce dernier prit la direction du poste à sa reconstruction après la guerre.

- aux Etats-Unis, peu avant 1910, une première petite galerie de 30 m de long fut installée à Lawrenceville, près de Pittsburg (Pennsylvanie) avant la mise en place, en décembre 1910, d'une mine expérimentale à peu de distance, à Bruceton, gérée par le *Bureau of Mines* (Tuchman et Brinkley, s.d.).

E. Audibert (1922) cite, pour mémoire, d'autres galeries : celle de Neunkirchen, en Sarre, la première galerie d'essais d'Europe, où l'on expérimentait, dès 1885, les explosifs de mine en milieu grisouteux ; le siège d'expériences de Frameries, en Belgique, institué en 1901 pour la même raison que la précédente ; la galerie de Donetz, en Ukraine, créée en 1903, mais occupée à de simples mesures et tarages. D'autres galeries ou stations existaient avant Courrières : à Mährisch-Ostrau, dans l'actuelle République Tchèque ; à Schlebusch (près de Cologne) et Neubabelsberg (près de Potsdam), en Allemagne ; à Hebburn-upon-Tyne et à Woolwich, en Grande-Bretagne... mais toujours pour l'étude des explosifs. La station de Liévin fut donc la toute première à posséder une grande galerie dédiée à l'étude des poussières inflammables.

Les résultats des premières recherches.

A Liévin, J. Taffanel et ses collaborateurs se mirent à l'ouvrage dès 1907, avant même l'achèvement de la galerie d'essais. Depuis cette date jusqu'en 1914, les travaux de recherche s'y poursuivirent et c'est plus d'un millier d'explosions de poussières qui furent expérimentées. Alors que les travaux relatifs aux explosifs et à l'inflammation des mélanges gazeux sont restés, en partie, inédits, ceux relatifs aux coups de poussières ont été intégralement publiés, par le *Comité central des houillères de France*, dans les *Annales des mines* ou encore dans le *Bulletin de la Société de l'Industrie minière*.

Les principaux travaux relatifs aux poussières conduits à Liévin et les nombreux résultats obtenus sont les suivants :

- étude des conditions d'inflammabilité des nuages poussiéreux en fonction de la teneur en matières volatiles du charbon et de la concentration de l'air en poussières en suspension (Taffanel, 1907 ; Taffanel, 1910a). Ces essais à échelle réduite furent réalisés fin 1907, alors même que la galerie était encore en construction. L'expérimentateur note que la présence de poussières schisteuses a un effet modérateur sur l'inflammation, ce qui oriente les recherches à réaliser dans la galerie vers la schistification comme moyen de prévention ;
- recherche des conditions favorisant l'apparition d'un coup de poussières (Taffanel, 1910b). Ces essais sont les premiers à avoir été réalisés dans la galerie de 65 m, en 1908 et 1909. J. Taffanel étudia séparément l'influence de la source d'inflammation, la composition du charbon, la qualité, la finesse, la pureté et l'humidité des poussières. Les résultats portent sur le classement des gisements vis-à-vis des poussières et l'on en tire des premières idées sur les moyens de détection du risque par des mesures de « schistométrie » (équivalentes aux mesures de grisoumétrie) et sur les moyens de prévention ;
- étude des moyens d'arrêter un coup de poussières (Taffanel, 1911). Grâce à des essais faits en 1909 et 1910 dans la galerie dont la longueur a été portée à 230 m (Taffanel, 1910c), J. Taffanel put développer une théorie des coups de poussières : comment ils se développent à partir de l'inflammation initiale et comment ils se transforment éventuellement en « explosion généralisée ». Dans une note de synthèse, J. Taffanel (1910d) formula des premières préconisations quant à la prévention du risque de coup de poussières : schistification et arrosage, mise en place d'« arrêts-barrages » à poussières stériles ou à eau. A noter que, même si le nom donné à ce dispositif le fut par anticipation par l'ingénieur des mines L. Aguilon, sa conception, sa mise en œuvre pratique ainsi que son test furent réalisés en 1910 par J. Taffanel à Liévin pour la première fois (Aguillon, 1910). L'administration des mines valorisa rapidement les

résultats de ces recherches en publiant une circulaire dès le début de 1911 (Ministère des Travaux Publics..., 1911) ;



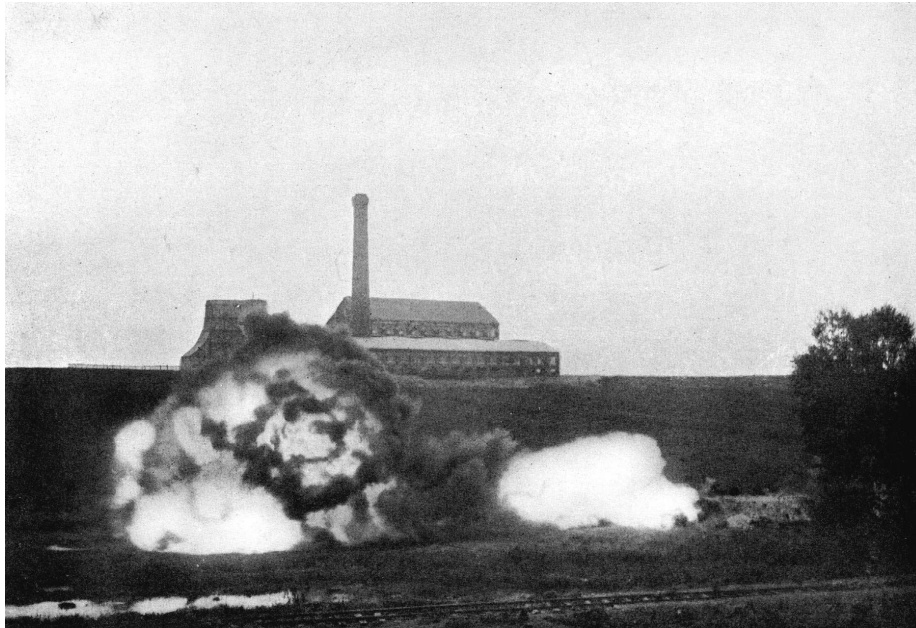
Vue de la galerie des poussières de Liévin vers 1910 (in Taffanel, 1909)

- essais d'inflammabilité des poussières (Taffanel et Durr, 1911), classement des gisements (Taffanel, 1912) et travaux de laboratoire sur l'oxydation et la distillation des poussières (Taffanel *et al.*, 1912). Après avoir passé en revue, de manière très exhaustive, les expériences faites par d'autres expérimentateurs français et étrangers, les auteurs décrivent celles réalisées à Liévin : essais d'inflammabilité au tube ou à l'injecteur à poussières, assez pertinents pour classer les poussières. Dans une note de synthèse, J. Taffanel précise une méthode de classement des gisements de charbon vis-à-vis du risque d'inflammation des poussières ;
- vérification, par des essais réalisés dans une galerie de mine réelle, des résultats obtenus à Liévin (Taffanel, 1913a). Alors que les expériences se poursuivaient à la Station de Liévin, J. Taffanel eut soin de faire, en 1912 et 1913, quelques vérifications de ses résultats dans des conditions réelles. La galerie d'une ancienne mine à Commentry (Allier), mise à sa disposition pour l'expérience, différait de la galerie de Liévin par sa longueur (1125 m), son schéma (changements de pente, de direction, sinuosité, ramifications, notamment), sa section, son mode de soutènement, etc. Ces conditions permirent l'étude, dans un contexte plus complexe, des conditions de propagation d'une explosion, du développement et de l'arrêt des explosions en voie de généralisation. C'est ainsi que différents types d'arrêts-barrages furent testés à Commentry comme il l'avaient été à Liévin. Ils semble que d'autres essais en mine réelle aient été envisagés à Montvicq (Allier) (Taffanel, 1913b) mais l'absence de publication de résultats laisse penser qu'ils ne furent finalement pas réalisés, probablement par empêchement dû à la guerre ;
- formulation de préconisations pratiques pour la maîtrise du risque (Taffanel, 1913b). Après la réalisation de nouvelles séries d'essais (475 au total) entre fin 1911 et début 1914 dans la galerie de Liévin ayant alors 325 m de long (Taffanel, 1921²), l'expérimentateur fit des préconisations relatives à l'enlèvement des poussières de charbon, leur neutralisation par la schistification et le contrôle de son efficacité par la réalisation régulière de prélèvements et de tests sur ces échantillons.

Pendant la réalisation de ces nombreuses expérimentations, la rédaction de rapports de synthèse et la formulation de préconisations pratiques, J. Taffanel eut soin de suivre les résultats des travaux du même type réalisés à l'étranger (on peut citer, en particulier, les

² Cette publication, quasi achevée en 1914, fut retardée par le déclenchement du conflit mondial. J. Taffanel la finalisa en 1921 alors qu'il ne dirigeait plus la Station d'essais.

travaux réalisés à la Station d'Altofts [Taffanel, 1910e]) ainsi que de faire un retour d'expérience des grands accidents qui endeuillèrent l'industrie minière au cours de cette période. Il effectua notamment plusieurs missions à l'étranger à la suite des catastrophes de Reden (Allemagne), le 28 janvier 1907, Petite-Rosselle (Moselle, alors en zone annexée par l'Allemagne), le 15 mars 1907, Naomi, Monongah et Darr (Etats-Unis), respectivement les 1^{er}, 6 et 19 décembre 1907, West-Stanley et Pretoria (Grande-Bretagne), les 16 février 1909 et 21 décembre 1910. Ces visites firent l'objet de rapports très détaillés. L'analyse de ces accidents ne fit que rappeler, après Courrières, si besoin était encore, le rôle particulièrement aggravant des poussières de charbon et l'urgence qu'il y avait à résoudre cette question. Ces catastrophes firent, en effet, au total³, 1343 victimes.



Un des très nombreux coups de poussières expérimentaux de Liévin (in Taffanel, 1911)

Les travaux de recherche effectués à la Station de Liévin furent malheureusement « interrompus, en août 1914, par la mobilisation générale. Ses installations demeurèrent jusqu'à l'automne 1918 dans la zone occupée par l'armée » allemande. « Elles ne furent, pendant la plus grande partie de cette longue période, qu'à une très faible distance de la ligne de feu ; aussi n'en demeurait-il rien lorsque le repli de l'armée allemande les dégagées ; les constructions étaient détruites, la grande galerie, endommagée au point d'être inutilisable ; le matériel, l'outillage et les archives avaient disparu. » (Audibert, 1921)⁴.

Au cours des sept années 1907-1914, J. Taffanel conduisit des recherches expérimentales sur l'inflammabilité des poussières que ses successeurs qualifièrent de brillantes et fécondes, à la fois par le caractère scientifique de la méthode avec laquelle elles furent conduites et, bien entendu, par les résultats obtenus, en termes de compréhension du phénomène et de détermination de dispositions pratiques pour empêcher ou arrêter les

³ A l'exception de celle de Naomi où les poussières semblent ne pas avoir joué de rôle.

⁴ Malgré la volonté de l'armée allemande de protéger la station, celle-ci se retrouva sous le feu des deux artilleries ennemies et la visite que fit sur place J. Taffanel après la fin de la guerre ne laissa aucun doute sur l'impossibilité de réutiliser le site ou même une partie de l'équipement. Toutefois, des archives restées sur place avaient été enterrées soigneusement avant le conflit et une partie d'entre elles put être retrouvée par la suite et être valorisée (Gruner, 1919).

coups de poussières. Le nom de Taffanel restera définitivement attaché à l'arrêt-barrage à poussière stérile. Ce type de dispositif aura connu une très large diffusion en France mais aussi à l'étranger. Nous signalons avoir personnellement connu ce dispositif encore en service dans les exploitations du bassin du Nord et du Pas-de-Calais à la toute fin des années 1970, sous le nom commun de « taffanelles ».

La réputation de J. Taffanel aura été très large puisqu'il se vit proposer par le gouvernement américain, en 1913, l'organisation d'expériences, au Bureau of Mines de Bruceton, en parallèle à celles de Liévin. Il fut lauréat de l'Académie des Sciences et reçut la médaille d'honneur de la Société de l'Industrie Minérale, dont il fut président de 1934 à sa mort, en 1946.

N'oublions pas également que la Station d'essais de Liévin réalisa d'autres travaux, portant notamment sur les explosifs et sur les appareils de sauvetage, que nous n'avons pas développés ici mais qui constituent les bases de travaux de recherches qui furent poursuivis par la suite.

La station d'essais de Montluçon

Nous avons vu qu'à la fin de la Première Guerre Mondiale, la station de Liévin était entièrement détruite. Néanmoins, les questions de sécurité étant loin d'être élucidées, le *Comité central des Houillères de France* considérait qu'il fallait poursuivre et développer les recherches. Il envisagea donc, dès le début de 1919, la « *réinstallation d'un établissement scientifique* » pour :

- « *poursuivre les recherches relatives aux conditions pratiques de réalisation des arrêts-barrages, de la schistification et du dépoussiérage envisagés par M. Taffanel et ses collaborateurs* » ;
- « *reprendre méthodiquement les recherches sur les modifications à apporter à la composition et au mode d'emploi des explosifs dits de sûreté pour que la réalité réponde, en tout état de cause, à la désignation donnée à ces explosifs* » ;
- « *reprendre les recherches relatives aux appareils à employer pour circuler dans les milieux irrespirables* » ;
- « *aborder d'autres questions (...)* » que sont les « *conditions d'emploi des combustibles solides, liquides et gazeux* » (Gruner, 1919).

Profitant d'une opportunité qui se présentait alors, à savoir l'installation à Montluçon (Allier) d'un vaste laboratoire de recherches scientifiques métallurgiques par la Compagnie des Forges de Châtillon-Commentry et Neuves-Maisons, société qu'intégra J. Taffanel en octobre 1919 en tant que directeur des établissements du Centre, le Comité des Houillères décida l'implantation de la nouvelle station d'essais sur les terrains et dans les locaux mis à disposition par cette société. Etienne Audibert, ingénieur au corps des mines, fut chargé, en avril 1920, de concevoir le programme de recherches du nouvel établissement (Anonyme, 1920) et d'en préparer les plans d'installation et d'aménagement.

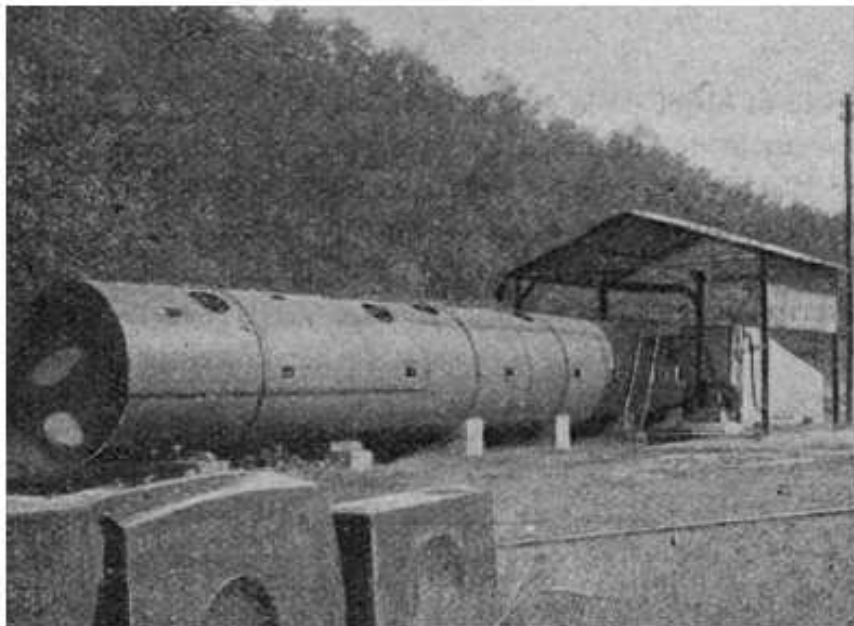
La Station d'essais de Montluçon se composait, en juin 1921, date de sa mise en service, de deux sites :

- le site des Ilets, situé presque en centre ville, comprenant les bureaux, des laboratoires (physique, chimie, électrolyse, mesures calorimétriques, photographie), un atelier et un magasin ainsi qu'un atelier de préparation des combustibles avec silos, machines pour le classement des produits, appareils de pulvérisation, étuve et grille de combustion ;
- le polygone de la Loue, à l'extérieur de la ville, avec un laboratoire de pyrotechnie, une galerie d'essais de 15 m et des dépôts pour les explosifs (Audibert, 1922).

Une galerie pour l'étude des poussières fut également construite en 1929 (Audibert, 1934). Elle était faite de viroles d'acier de 1,8 m de diamètre et mesurait 150 m de longueur

(Chéradame, 1947).

La station fut placée sous la direction d'E. Audibert. Celui-ci favorisa le développement de la coopération internationale et la dissémination des résultats issus des travaux réalisés à Montluçon et dans les centres équivalents, notamment à Buxton, qui fit suite à Eskmeals, en Grande-Bretagne (Audibert et Delmas, 1926a), Bruceton aux Etats-Unis (Audibert, 1924), Derne en Allemagne (Audibert et Delmas, 1926b) et Mikolow en Pologne. Grâce à d'étroites relations avec son homologue britannique, Wheeler, E. Audibert institua les « Conférences internationales des Directeurs de Stations d'Essais sur la sécurité dans les mines » dont la première se tint à Buxton du 11 au 16 juillet 1931 et la seconde à Montluçon du 18 au 23 septembre 1933. Ces conférences se poursuivirent tous les deux ans. La guerre les interrompit mais elles reprirent en 1948. Elles se poursuivent aujourd'hui encore sous l'intitulé de « Conférences internationales des Instituts de Recherche sur la Sécurité dans les mines ».



*Vues de la station de Montluçon vers 1922 (in Audibert, 1922)
En haut, les bureaux et laboratoires des llets ; en bas, la galerie d'essais des explosifs au polygone
de la Loue*

E. Audibert instaura également des conférences ou « stages d'instruction pour les ingénieurs des houillères » destinés à valoriser largement les résultats des recherches, qu'elles soient françaises ou étrangères. De telles sessions de formation, d'une durée de 3 jours et rassemblant plus de 150 personnes, eurent lieu en mars 1926, octobre 1928, mai 1931 et octobre 1937. Elles furent reprises et durablement poursuivies après la Seconde Guerre Mondiale par le CERCHAR (Centre d'Etudes et de Recherches des Charbonnages de France).

En 1934, E. Audibert décrivait comme suit l'activité de la station d'essais en matière de sécurité minière :

- « *elle étudie les lois auxquelles obéissent les phénomènes susceptibles de constituer un danger dans les houillères, et dont la connaissance est seule en état d'indiquer les mesures à prendre pour assurer la sécurité.* » Dans ce domaine, les principaux axes de recherche sont le mécanisme de l'inflammation des mélanges grisouteux, la recherche, la formulation et l'évaluation d'explosifs de sûreté et des dispositifs de tir, la compréhension des mécanismes de dégagement des gaz (grisou, dioxyde de carbone) en relation avec les mouvements de terrains, la définition des modalités pratiques de mise en œuvre de la schistification comme moyen de prévention des inflammations de poussières ;
- « *elle examine, préalablement à leur mise en service, les appareils dont le fonctionnement peut comporter un risque d'accident, et s'assure de l'efficacité des mesures prises pour rendre leur emploi inoffensif.* » Il s'agit là des lampes, des matériels électriques et mécaniques. Il est intéressant de noter que, déjà à cette date, les industries de surface, « *comme les raffineries de pétrole, les poudreries, et un certain nombre d'autres [avaient] pris l'habitude de soumettre également à l'examen préalable [de la station] les appareils producteurs d'étincelles qu'elles se propos[aient] de mettre en service (...).* » ;
- « *elle construit certains engins, qui répondent à des besoins particuliers des houillères ou dont la fabrication exige des précautions particulièrement sévères ou minutieuses.* » Les appareils en question sont des filtres de masques à oxyde de carbone, mais la station a également pour mission de concevoir et fabriquer des indicateurs de méthane (tels que le grisoumètre « Léon-Montluçon », d'oxyde de carbone ou d'hydrogène sulfuré ;
- « *elle se tient au courant des accidents qui se produisent dans les houillères, tant nationales qu'étrangères, des circonstances dans lesquelles ils ont eu lieu et des causes qui les ont provoquées.* » (Audibert, 1934).

Le champ de ces recherches s'élargit régulièrement puisqu'en 1938, la station travaillait également sur l'étude du phénomène de l'inhibition de la combustion du méthane et la recherche de matériaux inhibiteurs, la recherche d'un arrêt-barrage à faible charge pour arrêter une inflammation de poussières au plus près d'un front de traçage⁵, l'évaluation de détonateurs instantanés et à retard, celle d'exploseurs à piles sèches ou à magnéto, la mise au point d'un grisoumètre enregistreur (Audibert, 1938a). On peut citer également comme élargissement du champ d'action l'étude expérimentale des pressions de terrain en taille, l'étude des conduites d'aéragage secondaire, le perfectionnement de l'appareil respiratoire Fenzy ainsi que, dans le champs de l'utilisation du charbon, l'étude des mélanges de charbon à coke et la réalisation d'analyses de contrôle des qualités commerciales de charbon (Dressler, 1945).

⁵ Il est intéressant de noter qu'il s'agit là de travaux très précoces sur un « arrêt-barrage déclenché » tel que Charbonnages de France l'expérimentait encore à la fin des années 1990.

La Station d'essais de Montluçon poursuit ainsi ses activités jusqu'en 1947, date de la création du CERCHAR. A noter toutefois que le sort semblait s'acharner sur les stations d'essais françaises puisque la galerie d'essais des poussières de Montluçon fut mise hors service à la suite du bombardement allié de la ville en 1943 (Chéradame, 1949).

Il faut noter que, parallèlement à la Station d'essais de Montluçon, le *Comité des Houillères* avait constitué, en 1924, la Société Nationale de Recherches sur le Traitement des Combustibles, en partenariat avec le *Comité des Forges* et l'*Office des Combustibles Liquides*. Ce centre était également dirigé par E. Audibert et ses laboratoires étaient installés à Villers-Saint-Paul (Oise). Il travailla jusqu'à la guerre sur le traitement chimique de la houille et la synthèse des carburants.

Le CERCHAR et l'INERIS

E. Audibert ayant veillé à ce que la loi de nationalisation des houillères de 1946 donne à Charbonnages de France la responsabilité en matière de recherche, le 1^{er} juillet 1947, fut créé le Centre d'Etudes et de Recherches des Charbonnages de France (CERCHAR). Dans l'idée d'E. Audibert, ce centre devait regrouper les modestes laboratoires de Montluçon et de Villers-Saint-Paul qui serviraient de base à la mise en place d'un grand établissement central de recherches au sein de Charbonnages de France. Il ne devrait pas souffrir de la comparaison avec ses homologues étrangers (Blum-Picard et Loison, 1955). Le CERCHAR, dirigé par E. Audibert, développa donc d'abord ses deux laboratoires autant que cela était possible et, surtout, mit immédiatement en place un plan à plusieurs tranches. Le CERCHAR s'installa ainsi sur un nouveau site, à Verneuil-sur-Oise⁶ (Oise), où des constructions de bureaux et laboratoires furent entreprises en 1948. En service en 1950, ceux-ci furent complétés en 1952. A la mi-1950, les laboratoires de Verneuil prirent le relais de ceux de Montluçon et de Villers qui furent fermés, le matériel, dont notamment la grande galerie d'expérimentation des poussières, étant déménagé à Verneuil.



*Vue des laboratoires du CERCHAR à Verneuil vers 1955,
futur site principal de l'INERIS à partir de 1990 (photo CERCHAR)*

Les missions confiées au CERCHAR étaient celles de la Station d'essais de Montluçon et des laboratoires de la Société Nationale de Recherches sur le Traitement des Combustibles de Villers-Saint-Paul auxquelles s'ajoutaient de nouvelles missions. Toutefois, la construction et l'entretien d'appareils (détecteurs de gaz, exploseurs...) furent abandonnés au profit de l'industrie privée.

Ainsi, en 1950, les activités du Centre étaient les suivantes :

⁶ Qui sera rebaptisé, plus tard, Verneuil-en-Halatte.

- « études sur les traitements physiques de la houille : lavage des charbons, agglomération ;
- études sur les traitements chimiques de la houille : carbonisation pour fabrication de coke et de semi-coke, combustion, utilisation des flambants secs ;
- études sur le matériel d'exploitation : aérage et matériel d'aérage, explosion de compresseur, étude du fonctionnement des machines à air comprimé (marteaux et moteurs), essais de câbles souples pour le fond ;
- études sur la sécurité : contrôle du matériel anti-grisouteux, études pratiques et contrôle des explosifs de sécurité au grisou et aux poussières, études théoriques sur les explosifs de sécurité (inflammation du grisou, mécanisme d'inflammation), amorces, études sur l'inflammation des poussières ;
- études biologiques sur la silicose » (Raineau, 1950).

On retiendra donc qu'à côté du champ « historique » de la sécurité minière, une large part était alors faite, à ce moment-là, aux procédés (lavages, cokéfaction, fabrication de boulets, carbonisation...) et qu'une importante voie nouvelle de recherches était ouverte en ce qui concerne l'étude biologique de la silicose. Le CERCHAR rassemblait ainsi des compétences très diverses : en plus des mathématiciens, mécaniciens, chimistes et des physiciens, le centre disposait de biologistes, médecins et pharmaciens. Il s'organisa en « groupes de recherche » constitués d'hommes de spécialités et de tempéraments différents.

Pour la réalisation de ses recherches, et de façon à pouvoir travailler depuis l'échelle du laboratoire jusqu'à l'échelle industrielle, le CERCHAR disposait, en plus des « laboratoires de Verneuil », de stations pilotes telles que des unités d'agglomération à Meurchin (Pas-de-Calais) et Fontanes (Gard), une cokerie expérimentale à Marienau (Moselle), une unité de gazéification en Lorraine, un four à semi-coke à Decazeville (Aveyron), des stations de lavage semi-industrielles dans le Nord et en Sarre (Audibert et Chéradame, 1949). Le CERCHAR développa des relations, notamment de coopération, avec divers organismes scientifiques ou industriels, français ou étrangers : universités, centres techniques, écoles des mines...

Le CERCHAR, bien que partie intégrante de Charbonnages de France et son propre centre de recherches, voyait ses programmes, chaque année, évalués et approuvés par la CORSS⁷, cette commission exerçant la tutelle du Centre pour le compte du ministère en charge des mines.

Nous ne développerons pas plus avant l'activité qu'exerça le CERCHAR. Signalons simplement que son champ d'activité s'élargit régulièrement dans le domaine minier, tout au moins jusque dans les années 1960. Le CERCHAR accompagna Charbonnages de France dans ses progrès constants en matière de sécurité et de productivité de ses exploitations, malgré la récession inéluctablement programmée à partir de cette période. Il dut alors rechercher des marchés extérieurs à la mine pour ses recherches et son expertise, surtout à partir des années 1970. Fin 1990, il fut mis fin au CERCHAR dans sa forme d'alors. Par décret du 7 décembre 1990, un nouvel organisme fut créé, l'Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques (INERIS), avec comme base principale les moyens

⁷ Commission des recherches scientifiques sur le grisou et les explosifs utilisés dans les mines (faisant suite, en 1907, à la Commission du grisou), puis (1950) Commission des recherches scientifiques sur le grisou, les poussières et les explosifs utilisés dans les mines, puis (1960) Commission des recherches scientifiques sur la sécurité dans les mines et carrières, et enfin (1993) Commission des recherches scientifiques et techniques sur la sécurité et la santé dans les industries extractives (Cocude, 1995).

du CERCHAR et avec le renfort d'équipes en provenance de l'IRCHA⁸. Une partie des équipes du CERCHAR, travaillant toujours sur l'utilisation du charbon à la plate-forme d'essais de Mazingarbe (Pas-de-Calais) mise en place en 1979, demeura, quant à elle, au sein de Charbonnages de France⁹. Cet organisme nouveau, placé sous la tutelle du ministère chargé de l'environnement, apportera sa compétence aux pouvoirs publics, aux industriels et aux collectivités territoriales. Il continuera d'assurer, parmi des missions beaucoup plus larges, sa mission de sécurité minière pour Charbonnages de France et le ministère chargé des mines jusqu'en 2004, fin de l'exploitation du charbon en France.

Conclusion

L'importance numérique des divers organismes français de recherche qui se sont succédé dans le domaine très spécifique de la sécurité minière n'aura pas été du même niveau. La place que nous leur avons tour à tour consacrée dans ces lignes n'est évidemment pas proportionnelle à cette importance. Les effectifs de ces centres de recherche nous donnent une idée assez objective des moyens consacrés, à différentes périodes du XX^e siècle, à ce champ d'activité :

- la Station d'essais de Liévin occupait, en 1910, 4 personnes (Taffanel, 1910e) ;
- la Station d'essais de Montluçon occupait, en 1938, 31 personnes (Audibert, 1938b) ;
- le CERCHAR occupait, au 31 décembre 1947, 111 personnes, et au 31 décembre 1948, 141 personnes (Audibert et Chéradame, 1949). Il ne cessa de grossir et atteindre, dans les années 1970-1980, un effectif dépassant 700 personnes¹⁰ ;
- l'INERIS, lors de sa création, au 1^{er} janvier 1991, avait un effectif de 451 personnes. Fin 2005, celui-ci sera de 550.

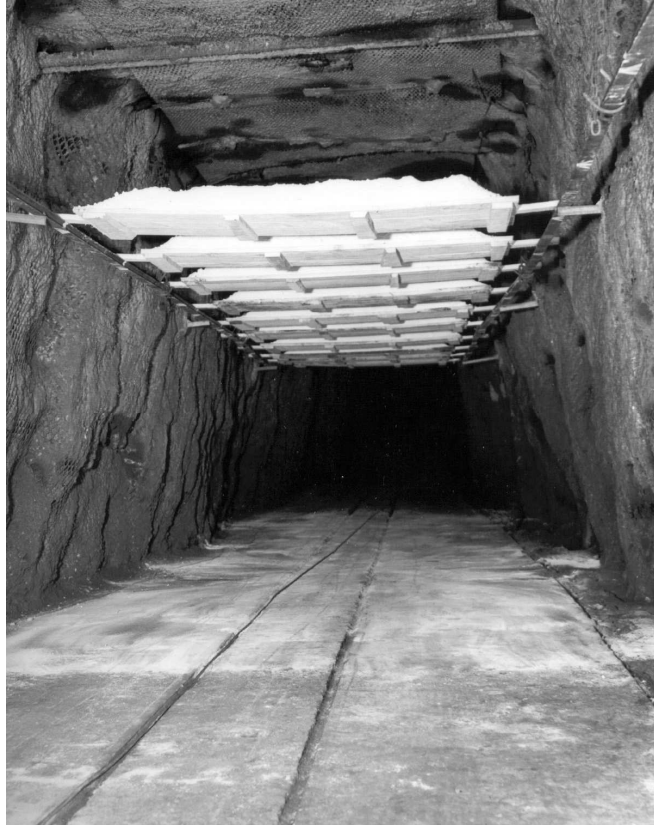
Cette croissance des moyens humains dédiés aux recherches en matière de sécurité minière, même si elle est accentuée par l'élargissement constant du champ d'activité des organismes à des sujets purement techniques, montre bien à la fois l'évolution du besoin et celle de l'effort que l'industrie houillère et les pouvoirs publics consacrèrent à ce domaine de la recherche.

On retiendra de ce qui précède que ces moyens, même s'ils furent temporairement interrompus ou perturbés par les deux guerres, furent mobilisés de manière quasi continue depuis l'accident de Courrières. En outre, une analyse des accidents et de leurs taux de fréquence montrerait les progrès considérables qui furent faits en matière de sécurité au cours du siècle qui suivit la catastrophe, rendant l'exploitation du charbon en France, à sa fin, parmi les plus sûres au monde. Ces progrès se firent sentir très tôt. Nous avons, en effet, essayé de montrer que, grâce au travail des grands chercheurs qu'auront été J. Taffanel et E. Audibert, mais également de leurs nombreux collaborateurs, souvent plus anonymes, qu'ils soient scientifiques ou hommes de terrain, les recherches entreprises donnèrent rapidement des fruits. Nous ne rappellerons comme exemple que celui des arrêts-barrages, conçus à peine trois ans après l'accident de Courrières et rapidement mis en œuvre dans les chantiers.

⁸ Institut national de recherche chimique appliquée.

⁹ Cette entité conservera l'acronyme CERCHAR mais avec un sens différent : Centre d'Etudes et de Recherches de la Combustion.

¹⁰ Source : rapports annuels du CERCHAR.



Test d'arrêt-barrages « taffanelles » dans une galerie expérimentale souterraine du CERCHAR à Verneuil (photo CERCHAR)

On peut considérer l'accident de Courrières de plusieurs manières. Les premiers qualificatifs qui viennent, effectivement, à l'esprit sont évidemment ceux de catastrophique, tragique, dramatique - la liste pourrait être allongée sans peine - adjectifs employés à juste titre par de nombreux auteurs et observateurs, tant les conséquences humaines, sociales, voire politiques furent grandes. Ceci est indiscutable. Mais on peut aussi qualifier l'accident de Courrières de « *catastrophe exemplaire* » (Schwartzmann, 2005), en ce sens qu'elle aura mis en lumière une « *absence totale de maîtrise d'un progrès technique auquel on accordait un excès de confiance* ». En effet, les améliorations de chaque composante de l'exploitation, abattage, transport, aérage..., qui eurent lieu dans la période précédant l'accident constituaient, à coup sûr, prises individuellement, des facteurs de progrès. Mais la survenue de la catastrophe mit en lumière l'absence de ce que l'on nommerait aujourd'hui une analyse globale de la sécurité de l'exploitation.

Pour notre part, nous voudrions surtout reprendre la qualification de la catastrophe de Courrières d'« *accident fondateur* » ou de « *catastrophe fondatrice* » (Kourchid, 2000). En effet, il est indiscutable que cet événement terrible aura réveillé la conscience des scientifiques et des décideurs de l'époque et permis de mettre sur pied, en France mais également à l'étranger, les fondements solides de structures organisées spécialement dédiées à la recherche en matière de sécurité minière. Nous avons, en effet, montré la filiation logique et inébranlable entre la Station d'essais de Liévin, mise en place au lendemain de l'accident, la Station d'essais de Montluçon, le CERCHAR et, enfin, l'INERIS aujourd'hui. Ces moyens permirent des progrès indéniables en matière de prévention des accidents dans l'industrie minière au cours du siècle qui suivit l'accident de Courrières. C'est pourquoi nous pouvons affirmer que les leçons de cette terrible catastrophe furent largement tirées, permettant de préserver, à coup sûr, des milliers d'autres vies humaines par la suite.

Ainsi, la mission confiée, en 1907, à la Station d'essais de Liévin fut durablement assurée au cours du XX^e siècle. Elle est, aujourd'hui encore, poursuivie par l'INERIS, dans un champ considérablement étendu. Les valeurs portées par les équipes de chercheurs et de techniciens qui se sont succédé au cours du siècle ont été largement transmises et les personnels de l'INERIS sont aujourd'hui fiers d'en être les héritiers et de les mettre au service d'autres problématiques aussi complexes que celle des inflammations de poussières de charbon. La démarche scientifique qui combine l'approche de laboratoire, la modélisation, l'expérimentation à grande échelle, l'observation sur le terrain et le retour d'expérience est un élément fort de cette culture historique partagée.

LE TRANSFERT DE LA COMPETENCE EN SECURITE MINIERE A D'AUTRES SECTEURS D'ACTIVITE

Du coup de grisou et de poussières aux explosions industrielles

Les grands accidents et catastrophes des mines de charbon souterraines ont été liés essentiellement à des explosions de grisou et des coups de poussières. Les exploitants, centres de recherche, administrations ont fait de la lutte contre ces phénomènes une priorité partagée à l'échelle européenne et mondiale. Outre le retour d'expérience sur les accidents, les approches expérimentales et théoriques sur l'origine des explosions, leur développement, leurs effets ont permis des progrès tant en matière de prévention que de lutte contre les conséquences d'explosions qui n'auraient pu être prévenues ou évitées. Les centres de recherche des pays charbonniers ont mis en place à cet effet, au cours du XX^e siècle, des moyens expérimentaux importants en surface et dans des mines expérimentales et des équipes de chercheurs de haut niveau qui ont bénéficié d'une reconnaissance internationale sur ces phénomènes et les techniques de lutte dans les domaines suivants :

- mécanismes des explosions de mélanges gazeux ou de nuages de poussières ;
- lutte contre les explosions de poussières par neutralisation (eau, schistification) et par arrêts-barrages de divers types ;
- sécurité des réseaux d'alimentation électrique et des matériels électriques utilisés dans des atmosphères explosibles) ;
- caractérisation des propriétés antistatiques de matériaux polymères susceptibles d'accumuler de l'énergie électrique ;
- sécurité du tir en atmosphère explosive poussiéreuse et grisouteuse.

Beaucoup d'activités industrielles (chimie, pétrochimie, agro-alimentaire et bien d'autres) peuvent comporter des risques d'explosion de gaz, vapeurs, aérosols de liquides, nuages de poussières). L'examen des statistiques annuelles des accidents industriels montre malheureusement que ce risque est important et quelques accidents marquants en témoignent (Metz en 1982, La Mède : en 1992, Blaye en 1997).

Les centres de recherche en sécurité minière et, plus particulièrement, le CERCHAR, puis l'INERIS, en France, ont mis à disposition des industries à risque d'explosion, leur savoir-faire, leurs spécialistes, leurs moyens expérimentaux, dès les années 1970, et ont acquis une reconnaissance qui en fait, le plus souvent, des spécialistes incontournables de ces phénomènes. Cette reconnaissance et l'adaptabilité des équipes à l'étude de nouveaux contextes de risques d'explosion, comme, par exemple, la mise au point par l'INERIS, avec le centre néerlandais TNO, d'un logiciel REAGAZ permettant la modélisation du développement d'une explosion en présence d'obstacles, ont fortement contribué à la reconversion d'activité au moment où l'industrie charbonnière européenne réduisait progressivement sa demande d'expertise en ce domaine.

De l'aéragé des mines à la ventilation des ouvrages souterrains

L'aéragé a un rôle essentiel dans les mines car il permet de :

- limiter la teneur en gaz et poussières dont l'inhalation est dangereuse (gaz d'échappement d'engins, gaz dégagés par les terrains et les eaux, poussières produites par les travaux) ;
- diluer les gaz susceptibles de constituer des mélanges inflammables ou des atmosphères explosibles (en particulier du méthane) ;
- maintenir des conditions climatiques acceptables.

Une étude d'aéragé minier a pour but de déterminer les dispositions qui permettent, le plus économiquement possible, d'assurer les débits d'air frais nécessaires pour respecter les limites fixées par l'hygiène et la sécurité des chantiers. Une telle étude conduit à agir sur divers paramètres :

- le schéma d'aéragé ;
- le tracé et la section des galeries à creuser ;
- les caractéristiques des ventilateurs et, le cas échéant, des dispositifs de réfrigération ;
- le calendrier permettant d'ajuster les débits aux contraintes d'exploitation.

Des outils informatiques ont été mis au point à cet effet de même que des moyens de mesure autonomes lorsque cela devient nécessaire et permettant le suivi en continu des principaux paramètres de l'aéragé dans des conditions de sécurité imposées pour un fonctionnement au-delà des teneurs limites déclenchant l'évacuation des ouvrages et la mise hors tension des installations électriques.

Compte tenu de la forte similitude des contextes, ces compétences ont pu être transférées pour la réalisation d'études d'aéragé ou de salubrité de l'atmosphère de tunnels en phase de creusement et d'exploitation, de parkings, de stockages profonds ou d'autres ouvrages souterrains. On peut citer par exemple les études relatives à la ventilation des travaux du Tunnel sous la Manche en phase de creusement et à plusieurs projets de parkings souterrains à plusieurs niveaux où la définition des caractéristiques des ouvrages a été complétée par celle de l'implantation de détecteurs de gaz toxiques ou explosibles et d'anémomètres.

Du contrôle des atmosphères minières à celui des espaces confinés et de la qualité de l'air

Le mineur de charbon a comme souci constant la connaissance et le contrôle de la composition de l'atmosphère. Il surveille notamment les concentrations en CH₄ (risque d'explosion) et en CO (risque d'auto-échauffement, feu de mines).

Les centres de recherche, en liaison avec les constructeurs (par exemple, le CERCHAR, puis l'INERIS avec le constructeur Oldham) ont été amenés à mettre au point des matériels de grisométrie depuis le capteur et l'appareil portatif jusqu'à la chaîne complète d'acquisition, de traitement de données et de contrôle du fonctionnement des équipements.

Ces matériels, qui présentent des garanties de fonctionnement, même en cas de coupure d'alimentation électrique, peuvent être utilisés en sites industriels pour le contrôle des teneurs en mélanges explosibles ou toxiques et, ce également, dans les espaces confinés.

Par ailleurs, le développement de l'activité de mise au point de capteurs, instruments de mesures et chaînes de télésurveillance a été accompagné par celui d'une activité d'évaluation métrologique des capteurs et des chaînes de mesure.

Ces compétences et les moyens expérimentaux afférents (chambres d'essais) ont été mis à disposition par l'INERIS pour la validation de divers instruments de mesure de la qualité de l'air au service des constructeurs et des différentes structures agréées pour la surveillance de la qualité de l'air.

Les contrôles d'atmosphère minière dans une optique d'hygiène du travail incluent des mesures d'empoussiérement dû à des poussières nocives et des connaissances sur les modes d'action de ces dernières. Le CERCHAR a beaucoup travaillé sur ces domaines : nocivité des poussières, développement de dispositifs permettant des mesures représentatives. Les compétences correspondantes, qui ne sont pas détaillées dans cet article dédié à la sécurité, ont également été transférées à des contextes non miniers (amiante, carrières, pollution urbaine ...).

Du risque « feu et incendie » en mine aux incendies hors de la mine

Dans les mines de charbon souterraines, deux types de phénomènes exothermiques sont à redouter :

- le feu de mine initié par une oxydation spontanée du charbon, lorsqu'il est mis en contact avec l'air dans certaines conditions ;
- les incendies de matériels et matériaux combustibles divers dont l'extinction est plus difficile en milieu souterrain qu'en surface. Ils génèrent des gaz toxiques dont les effets sont particulièrement dangereux dans les espaces confinés où peut se trouver du personnel.

Les connaissances acquises sur les phénomènes d'auto-inflammation du charbon à partir de la température ambiante ont pu être appliquées à divers produits pulvérulents oxydables utilisés dans l'industrie et le secteur de l'agro-alimentaire.

Des essais visant à caractériser la susceptibilité et l'inflammabilité des produits pulvérulents oxydables ont été développés et permettent de définir les paramètres physico-chimiques à partir desquels sont établis les modèles mathématiques représentant les phénomènes. Ces outils prévisionnels sont largement utilisés pour préciser les conditions à respecter pour stocker et transporter des produits pulvérulents, en particulier dans l'agriculture (silos de céréales, stockages d'engrais).

Les connaissances relatives aux incendies de matériaux et matériels ont été acquises suite à une approche expérimentale importante allant du laboratoire aux essais en vraie grandeur. Ainsi, le CERCHAR, puis l'INERIS ont utilisé, pour ces études, une galerie garnie de matériaux réfractaires de 10 m² de section et 30 m de long qui permet de réaliser, sans risque pour l'environnement (traitement des fumées et des gaz), des incendies expérimentaux en milieu confiné et ventilé.

Ces essais, qui ont porté initialement sur des matériaux et matériels miniers et, en particulier, les bandes de convoyeurs, ont été étendus à divers types de produits, comme, par exemple, des palettes de stockage de produits chimiques et à des matériaux et matériels utilisés dans des espaces confinés (matériaux polymères, transformateurs, engins de manutention...).

Le dimensionnement d'un réseau d'aéragage de façon à satisfaire à des exigences réglementaires et de sécurité en cas d'incendie nécessite bien évidemment un outil de modélisation (dont il a été fait mention précédemment), mais il ne peut s'opérer sans la connaissance de la quantité de produits (de quelque nature qu'ils soient : toxiques, combustibles ...) susceptibles d'être émis dans l'atmosphère.

Cette connaissance a pu être acquise par la réalisation d'essais expérimentaux, par exemple, pour le cas des incendies de véhicules en tunnels. Ainsi, le CERCHAR a réalisé des campagnes expérimentales pour améliorer la sécurité en cas d'incendie dans le tunnel sous la Manche. Pour ce qui est des tunnels routiers, l'INERIS a participé à la définition de

puissances, de vitesses de développement, et d'émissions toxiques de combustions standardisées qui ont été intégrées dans les règles de l'art en la matière¹¹.

En outre, les connaissances relatives au tirage thermique des incendies et leur effet sur la ventilation (inversion d'aéragé pouvant exposer aux fumées toxiques des personnels situés dans une atmosphère saine en amont aéragé d'un foyer) ont conduit à la mise au point de logiciels permettant des approches préventives ou facilitant les interventions en temps réel dans des réseaux souterrains complexes, comme ceux rencontrés dans des ouvrages souterrains de transport routiers ou ferroviaires (tunnels, échangeurs).

Des explosifs de mine aux produits pyrotechniques et substances instables

L'utilisation des explosifs dans les charbonnages pose à la fois des problèmes communs aux différents utilisateurs d'explosifs (sécurité de tir, manutention, stockage) et des problèmes spécifiques tels que le risque d'inflammation du grisou ou des poussières de charbon par le tir autrefois à l'origine de nombreux accidents miniers. En collaboration avec l'Administration, les fabricants d'explosifs et les exploitants, le CERCHAR, puis l'INERIS, ont développé une activité d'essai et de contrôle des explosifs, organisé des sessions de formation et effectué des études qui ont permis :

- l'adaptation de la réglementation d'emploi des explosifs aux progrès techniques ;
- le développement de détonateurs et explosifs performants présentant un coût raisonnable et un bon niveau de sécurité.

Cette compétence, qui a valu au CERCHAR puis à l'INERIS d'être reconnu comme laboratoire officiel de l'Administration, a été étendue dès 1970 à :

- la sécurité d'emploi des explosifs dans d'autres industries extractives en France et à l'étranger ;
- l'appréciation des risques que présentent les explosifs à usage civil lors de leur fabrication, leur transport, leur stockage et leur mise en œuvre. Cette activité s'étend des explosifs d'abattage à ceux de divertissement (feux d'artifice) en passant par les poudres, les compositions pyrotechniques, les détonateurs (par exemple ceux utilisés dans les air-bags des voitures) ;
- la sécurité générale des produits chimiques plus ou moins explosibles et instables (nitrate d'ammonium, peroxydes ...) en offrant des services aux industriels concernés, mais aussi en réalisant des essais reconnus officiellement et en assurant la représentation française dans divers organismes internationaux.

De la sécurité électrique au fond à celle des industries à ambiance potentiellement explosible

L'utilisation croissante de l'énergie électrique dans les exploitations minières à des tensions de plus en plus élevées (5000 V) alimentant des machines fixes (moteurs) ou mobiles (haveuses, machines de creusement) à très haute puissance (1200 kW) nécessitait que les installations électriques correspondantes soient sûres vis-à-vis du risque d'explosion tant en fonctionnement normal que dégradé. Les constructeurs et instituts de recherche ont mis au point des équipements anti-déflagrants ou de sécurité intrinsèque associés aux normes et procédures d'essais qui permettent d'en assurer la sécurité et la fiabilité.

¹¹ Guide des dossiers de sécurité des tunnels routiers - Fascicule n° 4 : Les études spécifiques des dangers.

Les prescriptions nationales relayées par des directives européennes (ATEX) s'appliquent, moyennant quelques adaptations propres aux gaz auxquels sont susceptibles d'être exposés les équipements utilisés dans les installations industrielles.

Des méthodes ont été définies pour réaliser, dans les installations industrielles, un classement des zones selon le risque d'explosion encouru et y installer le matériel adéquat avec un regard qui concerne non seulement ses caractéristiques intrinsèques, mais également celles de son fonctionnement et, en particulier, de sa fiabilité. Ces méthodes nécessitent de déterminer l'importance et la fréquence des émissions de ces gaz ou poussières et de leur dispersion ou mise en suspension par la ventilation naturelle ou forcée.

De la géotechnique minière à la gestion des risques du sol et du sous-sol

L'exploitation minière souterraine nécessite la réalisation d'ouvrages de types et de dimensions très divers, dans des conditions naturelles diversifiées et pour des durées de vie variables. La progression de ces ouvrages dans le sous-sol entraîne des réajustements des terrains dont les effets sont susceptibles d'affecter la sécurité des mineurs et celle des populations en surface (affaissements progressifs ou effondrements instantanés, localisés ou généralisés).

Les méthodes de géotechnique minière utilisées pour étudier, prévenir et maîtriser ces phénomènes associent l'analyse du comportement *in situ* des ouvrages à des modèles analytiques ou numériques qui ont permis d'élaborer des outils prévisionnels du comportement des ouvrages et de surveillance de leur évolution.



Effondrement de terrain au-dessus d'une carrière souterraine abandonnée

Ces méthodes ont pu être transposées :

- au vaste problème de la prévision et de la surveillance en surface des séquelles des exploitations minières terminées, en particulier, dans le cas où elles n'étaient que partielles et laissent le terrain sus-jacent dans un équilibre pouvant se révéler instable dans le temps. Les bassins ferrifère et salifère lorrains, comme certains bassins houillers, sont les domaines privilégiés d'application de ces techniques et, en particulier, de la mise en place de réseaux de surveillance sismique permettant aux autorités locales de prendre les décisions nécessaires à la protection des populations en cas de risque immédiat ou différé d'effondrement ;

- à la surveillance d'anciennes carrières souterraines pouvant être utilisées à d'autres fins que l'extraction du matériau et recevoir du public (champignonnières, thermes souterrains ...) ou simplement abandonnées en l'état et susceptibles de provoquer des désordres en surface et d'y mettre en péril les populations et les infrastructures (anciennes carrières de craie de certaines zones urbaines et péri-urbaines, par exemple) ;
- à la surveillance de pentes, talus rocheux et falaises dont l'instabilité peut menacer les populations et installations situées à leur pied ou sur leur faîte ;
- à la réalisation de plans de prévention des risques naturels (PPRN) ou des risques miniers (PPRM) accompagnés, le cas échéant, de la maîtrise d'œuvre de travaux de mise en sécurité des zones déclarées sensibles ;
- à l'étude du comportement à long terme des cavités destinées au stockage souterrain (hydrocarbures, déchets radioactifs) et susceptibles d'être affectées par des modifications des propriétés mécaniques de la roche ou de l'état de contrainte sous l'influence des différents facteurs (température, écoulements, hygrométrie, composition de l'atmosphère, travaux ultérieurs...).

Des dégagements de gaz dangereux dans les mines à ceux susceptibles de se produire en surface

Le dégagement de grisou riche en méthane est à l'origine de bien des catastrophes minières en travaux souterrains. Mais il peut également se manifester dans d'autres circonstances, en particulier celles relatives à des émanations en surface provenant du sous-sol ou, plus fréquemment, de décharges d'ordures ménagères. Ces émanations peuvent engendrer des risques d'explosions dans le cas où des bâtiments ont été aménagés au-dessus d'anciennes décharges ou en leur voisinage lorsque des mélanges à teneur explosible ont pu se former dans des espaces confinés (caves, vides sanitaires...).

Les connaissances acquises dans les mines sur la mesure du grisou et sa migration, une fois complétées par la connaissance de la méthanogénèse propre aux décharges, ont pu être adaptées à l'étude de ces émanations et, en particulier, à la mesure de leur flux et migration.

CONCLUSION

L'accident de Courrières peut être considéré de plusieurs manières. Les premiers qualificatifs qui viennent à l'esprit sont évidemment ceux de catastrophique, tragique, dramatique - la liste pourrait être allongée sans peine - adjectifs employés à juste titre par de nombreux auteurs et observateurs, tant les conséquences humaines, sociales, voire politiques furent grandes. Ceci est indiscutable. Mais on peut aussi qualifier l'accident de Courrières de « *catastrophe exemplaire* » (Schwartzmann, 2005), en ce sens qu'elle aura mis en lumière une « *absence totale de maîtrise d'un progrès technique auquel on accordait un excès de confiance* ». En effet, les améliorations de chaque composante de l'exploitation, abattage, transport, aérage..., qui eurent lieu dans la période précédant l'accident constituaient, à coup sûr, prises individuellement, des facteurs de progrès. Mais la survenue de la catastrophe mit en lumière l'absence de ce que l'on nommerait aujourd'hui une analyse globale de la sécurité de l'exploitation.

Pour notre part, nous voudrions surtout reprendre la qualification de la catastrophe de Courrières d'« *accident fondateur* » ou de « *catastrophe fondatrice* » (Kourchid, 2000). En effet, il est indiscutable que cet événement terrible aura réveillé la conscience des scientifiques et des décideurs de l'époque et permis de mettre sur pied, en France mais également à l'étranger, les fondements solides de structures organisées spécialement

dédiées à la recherche en matière de sécurité minière. Nous avons, en effet, montré la filiation logique et inébranlable entre la Station d'essais de Liévin, mise en place au lendemain de l'accident, la Station d'essais de Montluçon, le CERCHAR et, enfin, l'INERIS aujourd'hui. Ces moyens permirent des progrès indéniables en matière de prévention des accidents dans l'industrie minière au cours du siècle qui suivit l'accident de Courrières. Ce fût notamment le cas des « arrêts-barrages » qui furent conçus à peine quatre ans après l'accident et mis en œuvre immédiatement tant en France que dans d'autres pays miniers. Nous pouvons sans peine affirmer que les leçons de cette terrible catastrophe furent largement tirées, permettant de préserver, à coup sûr, des milliers d'autres vies humaines par la suite.

La mission confiée, en 1907, à la Station d'essais de Liévin est poursuivie aujourd'hui par l'INERIS, dans un champ considérablement étendu. Les valeurs portées par les équipes de chercheurs et de techniciens qui se sont succédé au cours du siècle ont été largement transmises et les personnels de l'INERIS sont les héritiers des pionniers de Liévin et ils sont fiers de les mettre au service d'autres problématiques aussi complexes que celle des inflammations de poussières de charbon. La démarche scientifique qui combine l'approche de laboratoire, la modélisation, l'expérimentation à grande échelle, l'observation sur le terrain et le retour d'expérience est un élément fort de cette culture historique partagée.

Dans le milieu charbonnier, les efforts de recherche relatifs à d'autres facteurs d'accidents (les explosions de poussières ou de grisou ne furent responsables que de d'une partie minoritaire des accidents mortels dans les houillères en France au cours du XX^e siècle) ont porté des fruits, rendant l'exploitation du charbon dans ces dernières années en France parmi les plus sûres du monde comme le montre l'examen des statistiques d'accidents et de leur taux de fréquence.

Par ailleurs, dans les dernières années du XX^e siècle, la filiation « Station de Liévin - Station de Montluçon - CERCHAR - INERIS » permet des progrès indéniables en matière de prévention des accidents industriels en préservant à coup sûr des milliers d'autres vies humaines.

Mais au-delà des aspects techniques, l'héritage de Courrières, c'est aussi la construction progressive, la mise en œuvre et la diffusion d'une « culture de sécurité » issue de Courrières qui, entre autres, aura mis en lumière « l'absence totale de maîtrise d'un progrès technique auquel on accordait un excès de confiance ».

Cette culture de sécurité c'est :

- la prise en compte globale de la sécurité d'un système industriel par une approche intégrant les dimensions technique, humaine et organisationnelle, sociale, réglementaire, juridique et économique ;
- la mise en œuvre d'une démarche scientifique qui combine l'approche de laboratoire, l'expérimentation à grande échelle, la modélisation, l'observation sur le terrain et le retour d'expérience ;
- l'entretien de valeurs de transparence de l'information, de solidarité entre chercheurs au-delà des frontières et de respect fondamental de la vie humaine qui ont toujours été des valeurs fortes de l'industrie minière ;
- la certitude que le risque « 0 » n'existe pas et qu'une vigilance constante est à mettre en œuvre pour faire face aux nouveaux défis que notre société ne manque pas de nous lancer.

C'est bien l'entretien de cette culture de sécurité et son inscription dans la durée qui permettront de continuer à bénéficier de l'héritage de la catastrophe des mines de Courrières et d'être fidèles à la mémoire de ses 1099 victimes.

Références

- Aiguillon L., 1895, *Note sur la question des poussières en Angleterre*, Annales de Mines, Mémoires, Tome VII
- Aiguillon L., 1910, *Un mot sur la question des poussières*, Bulletin de la Société de l'Industrie Minérale, Mémoires, Tome XIII
- Anonyme, 1920, Compte rendu de la séance du 16 avril 1920 de la commission technique du Comité central des Houillères de France, Archives du Centre Historique Minier, Cote 130D4
- Audibert E., 1921, *Les résultats des recherches de Liévin sur les inflammations de poussières*, Annales des Mines, Mémoires, Tome XII
- Audibert E., 1922, *Note sur la Station d'essais de Montluçon*, Annales des Mines, Mémoires, Tome I
- Audibert E., 1924, *Les expériences américaines sur les inflammations de poussières*, Rapport présenté à la Commission permanente des recherches scientifiques sur le grisou et les explosifs employés dans les mines, Annales des Mines, Mémoires, Tome V
- Audibert E., Delmas L., 1926a, *Les recherches anglaises sur les inflammations de poussières*, Rapport présenté à la Commission permanente des recherches scientifiques sur le grisou et les explosifs employés dans les mines, Annales des Mines, Mémoires, Tome X
- Audibert E., Delmas L., 1926b, *La neutralisation des poussières dans les houillères de la Ruhr*, Rapport présenté à la Commission permanente des recherches scientifiques sur le grisou et les explosifs employés dans les mines, Annales des Mines, Mémoires, Tome IX
- Audibert E., 1934, *Sur le rôle et l'activité de la station d'essais du Comité central des Houillères de France*, Journées sur la sécurité, Lyon, 12-13 mars 1934, Revue de la Sécurité, n°7, août 1934
- Audibert E., 1938a, *Rapport sur l'état actuel et le développement de la Station d'essais*, Rapport pour la Commission d'examen des travaux de la Station d'essais de Montluçon, Comité Central des Houillères de France, 25 novembre 1938
- Audibert E., 1938b, *Rapport sur l'utilisation du personnel de la Station d'essais*, Rapport pour la Commission d'examen des travaux de la Station d'essais de Montluçon, Comité Central des Houillères de France, 25 novembre 1938
- Audibert A., Chéradame R., 1949, *Rapport sur l'activité du Centre en 1948*, Note technique CERCHAR hors cote
- Blum-Picard L., Loison R., 1955, *Etienne Audibert, 1888-1954, sa vie et ses travaux*, Annales des Mines, Mémoires, Tome XI
- Chalon, 1906, *L'opinion anglaise sur la catastrophe de Courrières*, Communication faite à la réunion du 8 novembre 1906 de la Société de l'Industrie Minérale, District de Paris, Comptes rendus mensuels de la Société de l'Industrie Minérale
- Chéradame R., 1947, *Le danger des inflammations de poussières*, Conférence faite au stage d'instruction pour ingénieurs, Montluçon, 1-3 octobre 1947, Note technique CERCHAR n°47/2, novembre 1947
- Chéradame R., 1949, *Au sujet des coups de poussières*, Conférence faite au stage d'instruction pour ingénieurs, Montluçon, 13-15 juin 1949, Note technique CERCHAR n°49/12, novembre 1949
- Cocude M., 1995, *De la Commission du grisou à la CORSS, De la III^e à la V^e République, un siècle de recherches sur la sécurité et la santé dans les industries extractives*, Mines et Carrières, Industrie Minérale, avril 1995
- Delafond, 1908, *L'accident des mines de Courrières du 10 mai 1906*, Communication à l'occasion des comptes rendus mensuels de la Société de l'Industrie Minérale, Séance du 9 mai 1908
- Dressler J., 1945, *Rapport sur les travaux effectués à la station d'essais de Montluçon en 1944*, Note technique du Comité d'Organisation de l'Industrie des Combustibles Minéraux Solides n°E2/63, juin 1945
- Galloway W., circa 1913, *Practical Coal-Mining, Colliery explosions and rescue appliances, On the nature and mode of occurrence of coal-dust*, ed. W.S. Boulton, The Gresham Publishing Company, Divisional-Volume V, London

- Gruner E., 1919, *Note sur les questions techniques étudiées ou à étudier par l'organisme de recherches dépendant du Comité central des houillères*. Note présentée à la commission technique du Comité central des Houillères de France, 21 mars 1919, Archives du Centre Historique Minier, Cote 130D4
- Heurteau C.E., 1907, *La catastrophe de Courrières (10 mars 1906)*, Annales des Mines, Mémoires, Tome XII
- Kourchid O., 2000, *Le CERCHAR : des origines à la reconversion d'un centre de recherches industriel*, Synthèse d'un travail de recherche « Sciences de l'homme et de la société », CNRS-IFRESI-UMR 8593 Université de Paris I
- Leprince-Ringuet H., 1908, *Les expériences anglaises sur les poussières de houille*, Annales des Mines, Mémoires, Tome XIV
- Mallard, Le Chatelier, 1882, *Du rôle des poussières de houille dans les accidents de mines*, Annales des Mines, Mémoires, Tome I
- Ministère des Travaux Publics, des Postes et des Télégraphes, 1911, *Instruction provisoire sur les moyens à employer pour lutter contre le danger des poussières*, Annales des Mines, Partie administrative, 15 avril
- Raineau A., 1950, *Le laboratoire des Charbonnages de France*, Document technique, n° 1
- Schwartzmann R., 2005, *Le drame de Courrières*, Editions Alan Sutton, Saint-Cyr-sur-Loire, ISBN 2-84910-196-6, mars 2005
- Taffanel J., 1907, *Première série d'essais sur les inflammations de poussières*, Comité central des Houillères de France, août 1907
- Taffanel J., 1909, *Description de la station d'essais de Liévin*, Comité central des Houillères de France, mars 1909
- Taffanel J., 1910a, *Deuxième série d'essais sur les inflammations de poussières. Essais d'inflammabilité*, Comité central des Houillères de France, avril 1910
- Taffanel J., 1910b, *Troisième série d'essais sur les inflammations de poussières. Production des coups de poussières*, Comité central des Houillères de France, avril 1910
- Taffanel J., 1910c, *Compte-rendu sommaire des essais sur les inflammations de poussière exécutés de juin 1909 à avril 1910 dans la galerie de 230 m*, Comité central des Houillères de France, mai 1910
- Taffanel J., 1910d, *Essais sur les inflammations de poussières. Conclusions pratiques*, Comité central des Houillères de France, novembre 1910
- Taffanel J., 1910e, *Les expériences anglaises sur les poussières de houille d'après le rapport du Comité d'expériences d'Altofts*, Comité central des Houillères de France, décembre 1910
- Taffanel J., 1911, *Quatrième série d'essais sur les inflammations de poussières. Développement et arrêt des coups de poussières. Théorie des explosions*, Comité central des Houillères de France, août 1911
- Taffanel J., Durr A., 1911, *Cinquième série d'essais sur les inflammations de poussières. Essais d'inflammabilité*, Comité central des Houillères de France, août 1911
- Taffanel J., Le Floch G., Durr A., 1912, *Travaux de laboratoire. Première série. Oxydation et distillation des poussières*, Comité central des Houillères de France, mai 1912
- Taffanel J., 1912, *Notes sur les expériences relatives au classement des gisements de poussières*, Comité central des Houillères de France, juillet 1912
- Taffanel J., 1913a, *Les expériences de Commentry sur les inflammations de poussières*, Comité central des Houillères de France, août 1913
- Taffanel J., 1913b, *Application des résultats d'expériences. Méthode de neutralisation. Contrôle des poussières*, Comité central des Houillères de France, août 1913
- Taffanel J., 1921, *Sixième série d'essais sur les inflammations de poussières*, Comité central des Houillères de France, juin 1921

Tuchman R., Brinkley R.F., s.d., *A history of the Bureau of Mines Pittsburgh Research Center*, US. Department of the Interior, Bureau of Mines

Watteyne V., Demeure A., 1890, *Notice sur les moyens employés pour combattre le danger des poussières charbonneuses dans les mines*, Annales des Travaux Publics de Belgique, Tome XLVII

Liste chronologique des accidents cités dans le texte

Lieu	Pays	Date	Nombre de victimes
Courrières	France	10 mars 1906	1099 tués
Reden	Allemagne	28 janvier 1907	150 tués
Petite-Rosselle	France annexée	15 mars 1907	80 tués
Naomi	Etats-Unis	1 ^{er} décembre 1907	?
Monongah	Etats-Unis	6 décembre 1907	362 tués
Darr	Etats-Unis	15 décembre 1907	239 tués
West-Stanley	Grande-Bretagne	16 février 1909	168 tués
Pretoria	Grande-Bretagne	21 décembre 1910	344 tués

Liste des stations d'essais et centres de recherche cités dans le texte

Lieu	Pays	Année de création
Neunkirchen	Allemagne	1885 ?
Gelsenkirchen	Allemagne	1894
Frameries	Belgique	1901
Galerie de Donetz	Ukraine	1903
Mährisch-Ostrau	Autriche (actuelle Rép. Tchèque)	?
Schlebusch	Allemagne	?
Neubabelsberg	Allemagne	?
Hebburn-upon-Tyne	Grande-Bretagne	?
Woolwich	Grande-Bretagne	?
Liévin	France	1907
Altsofts	Grande-Bretagne	1908
Derne	Allemagne	1908
Mine de Segengottes	Autriche (actuelle Rép. Tchèque)	1909
Lawrenceville-Pittsburgh	Etats-Unis	1909 ?
Bruceton (suite de Lawrenceville)	Etats-Unis	1910
Eskmeals (suite de Altsofts)	Grande-Bretagne	1911
Montluçon	France	1921
Buxton (suite d'Eskmeals)	Grande-Bretagne	1925 ?
Mine Barbara (Mikolow)	Pologne	1925
CERCHAR (Verneuil-en-Halatte)	France	1947
INERIS (suite du CERCHAR)	France	1990