

la main. Les parois se dégradant continuellement, l'ouverture entre la boîte à mousse et le terrain s'accrut de telle façon que la venue d'eau s'éleva bientôt à 5 mètres cubes. Elle pouvait être combattue par l'installation d'épuisement; cependant celle-ci ayant été surmenée par les travaux précédents, les réparations entraînèrent un nouvel arrêt de deux mois dans l'avaleresse. Après la reprise, on parvint non sans peine à creuser 3 mètres sous la boîte à mousse, jusqu'à l'assise d'une trousse picotée. Mais les eaux en affluant minèrent le terrain à tel point qu'il s'éboula par endroits jusqu'à 1^m50 derrière le boisage provisoire. Aussi l'espace entre le cuvelage et le terrain fut-il chaque fois comblé avec du bon ciment à prise rapide. Dans celui-ci, on ménageait au fur et à mesure trois canaux en maçonnerie allant rejoindre la boîte à mousse et conduisant l'eau à trois ouvertures ménagées dans le deuxième anneau de cuvelage. Bien qu'on laissât écouler l'eau par ces ouvertures pendant le picotage de l'espace entre le cuvelage de raccord et la boîte à mousse, la pression de l'eau sur le cuvelage était encore si forte qu'on ne parvint pas d'abord à faire le picotage étanche. On n'y réussit qu'en enfonçant des coins d'acier dans les coins en bois, et en refermant les ouvertures ainsi formées par des picots en bois de plus en plus petits.

Lorsqu'enfin on ferma les trois ouvertures par des tampons boulonnés, il se fit encore une venue, de 25 à 30 litres par minute, sous la trousse picotée. Pour faciliter la prise du ciment derrière le cuvelage, on laissa le puits noyé pendant huit jours. Après épuisement et reprise du travail d'avaleresse, le terrain sous-jacent se montra peu consistant, de sorte qu'un glissement du cuvelage était à craindre. C'est pourquoi la trousse fut suspendue par des tirants à la boîte à mousse et qu'on rendit issue à l'eau par les trois ouvertures munies de tampons. Après avoir creusé encore 3^m60, on picota une deuxième trousse de cuvelage. En-dessous de celle-ci, le puits pénétra dans du bon terrain, savoir du schiste compact, et à 4^m60 en dessous de la seconde trousse, fut picotée la troisième trousse sur une base en maçonnerie de briques et de mortier de ciment. Dans l'espace entre le terrain et le cuvelage, on pilonna soigneusement du béton. Après montage des anneaux et picotage soigné, le puits fut de nouveau noyé pendant quatorze jours pour laisser prendre le ciment derrière le cuvelage de raccord. Signalons encore que le joint entre le deuxième et le troisième raccord, comme il y avait urgence par suite d'avarie à l'installation d'épuisement, fut rendu étanche par refoulement de ciment, ce qui ne prit que huit heures, tandis que le picotage au bois des deux

premiers raccords avait pris huit jours. Après épuisement et fermeture de toutes les issues, on constata que l'on avait enfin réussi définitivement à maîtriser la venue d'eau.

Ainsi, il a fallu quatre années entières, depuis le début des travaux de fonçage jusqu'en janvier 1904, pour que le puits Julius fut creusé jusqu'à 117^m10 de profondeur. De cette période, deux ans trois quarts ont été absorbés par les travaux effectués en vue de rendre le cuvelage étanche. Fort heureusement, l'exploitation de la mine n'a pas été compromise par le retard dans le creusement de ce puits, qui n'était d'abord destiné qu'à servir de seconde issue et qui a pu être mis en service pour l'extraction en novembre 1905.

B. — Développement du procédé par la congélation depuis sa première application en 1883 (1)

PAR M. J. JOOSTEN, INGÉNIEUR DES MINES, A KERKRADE
(LIMBOURG HOLLANDAIS).

Sous ce titre, l'auteur a réuni dans une série de tableaux les données les plus intéressantes sur tous les creusements de puits effectués depuis 1883 par le procédé de la congélation Poetsch, afin de montrer que, toutes circonstances égales, il peut non-seulement concourir avec les autres procédés, mais qu'il leur est même jusqu'à un certain point supérieur.

Ces tableaux renseignent la nature des terrains traversés, le nombre et la profondeur des sondages exigés pour la congélation, pour un diamètre de puits déterminé, le système et la puissance de l'installation calorifique, la durée du forage, de la congélation et du creusement. On y trouve aussi, pour autant qu'il a été possible de se les procurer, les données sur l'effet utile en général et sur les prix de revient, d'où l'on pourra déduire des prévisions au sujet de la durée et du coût d'un puits à établir. Sont également mentionnés les noms des entrepreneurs et des notes bibliographiques et sources concernant chacun des creusements.

(1) *Glückauf*, Essen, n° 22.

Nous reproduisons ici les renseignements concernant les plus intéressants de ces fonçages, en considérant surtout les plus récents et les puits où les plus grandes profondeurs ont été atteintes.

N° 6. — Mine de houille de Houssu, puits n° 8, à Haine-Saint-Pierre (Belgique).

Diamètre du puits : 4 mètres. — 20 sondages.

Craie, silice et marnes jusqu'à 54 mètres. Sable bouillant avec intercalations d'argile de 54 à 73^m70. Argile compacte.

Profondeur des sondages : 54 à 76 mètres.

Creusement en terrain congelé : 54 à 77^m80.

Machine frigorifique à l'ammoniaque par absorption : 110,000 calories-heures.

Durée des sondages : 5 ½ mois.

Durée de la congélation : du 12 décembre 1885 à fin d'octobre 1887 (venue d'eau chaude venant de la condensation de la vapeur des machines).

Durée du creusement, y compris la pose du cuvelage : d'octobre à décembre 1887. — Avancement : 0^m50 par jour.

Avancement moyen, tout compris, pour 22^m50 de puits : 0^m81 par mois.

Prix des forages : fr. 62-50 par mètre courant.

Prix de revient total : 9,715 francs par mètre courant.

Entrepreneur : Poetsch Tiefbauten Aktiengesellschaft. — *Mémoire de Poetsch au Congrès des Mines de Vienne 1888. — Oesterr. Zeitsch., 1889. — Bull. Soc. Ind. Minérale, 1888 et 1895. — Zeitsch. für die gesamte Kälteindustrie, 1898.*

N° 7. — Mine de sels potassiques de Jessenitz (Lübtheen) Allemagne.

Diamètre du puits : 5 mètres; du cercle des sondages : 7 mètres. — 20 sondages.

Sable fin aquifère et gravier jusqu'à 31^m25; argile, cailloux roulés et gravier de 31^m25 à 39 mètres; gypse fissuré et aquifère, de 39 à 69 mètres; gypse compact en-dessous.

Profondeur des sondages : 16 de 70 mètres, 3 de 80 mètres, 1 de 100 mètres. On a creusé sous la protection du mur de glace de 7 mètres à 77^m50 et, dans la suite, de 125 à 180 mètres.

Machine frigorifique à l'ammoniaque : 145,000 calories-heures.

Durée du forage : 14 mois, d'avril 1886 au 6 juillet 1887.

Durée de la congélation jusqu'au début du creusement : 108 jours, du 26 juillet au 10 novembre 1887.

Durée du creusement : du 10 novembre 1887 au 14 mars 1888. Le 5 juillet, le puits était creusé et cuvelé jusqu'à 77^m50. Par suite d'une venue d'eau salée à 180 mètres de profondeur, le puits a été achevé par le procédé Kind-Chaudron.

Avancement du creusement : 0^m30 par jour, y compris le cuvelage; tout compris, 2^m90 par mois.

Prix de la congélation, du creusement et du cuvelage, sans la force motrice : 373,000 marks.

Entrepreneur : Poetsch Tiefbauten Aktiengesellschaft. — *Mémoire de F.-H. Poetsch; Bulletin de la Société de l'Industrie minière, 1895, t. IX; Zeitsch. für die gesamte Kälteindustrie, 1898.*

N° 16. — Mine de Lens, puits n° 15 (Saint-Albert), France (Pas-de-Calais).

Diamètre du puits : 4^m80; du cercle des sondages : 6^m80.

22 sondages, dont un, au centre, n'a pas servi à la congélation.

Craie jusqu'à 58^m70; marne de 58^m90 à 97^m65; en dessous, argile compacte.

Profondeur des sondages : 86^m50; du puits creusé sous la protection du mur de glace : de 20^m14 à 101^m94.

Compresseur à l'ammoniaque : 200,000 calories-heures.

Durée des sondages : 2 mois 10 jours, de février à avril 1905.

Durée de la congélation : 46 jours, du 10 avril au 25 mai 1905.

Durée du creusement : pose du cuvelage comprise : du 25 mai au 14 août 1905.

Avancement des sondages : 23 mètres par jour.

Avancement du creusement : 1^m09.

Avancement, tout compris : 15^m70 par mois.

Rapports de la Compagnie des Mines de Lens.

N°s 27 à 31. — Mine de houille d'Anzin, puits de Vicq.

Diamètre des puits : 1 de 3^m65; 4 de 5 mètres; du cercle des sondages : 5^m10 et 6^m50.

Graviers et sables bouillants de 1 mètre à 6^m75; grès argileux jusqu'à 10^m75; craie jusqu'à 60 mètres; marne jusqu'à 78^m50; silice

jusqu'à 91 mètres; argile bleue jusqu'à 116 mètres; en-dessous, argile plastique et grès vert; terrain houiller à 187^m65.

Profondeur des sondages : 91 mètres; du puits congelé : 117^m65.

Compresseurs d'ammoniaque : 350,000 calories-heures.

Sondages commencés en octobre 1893.

Durée de la congélation : 50 jours au premier puits d'extraction, 36 jours aux autres puits (28 mai au 16 et au 2 juillet 1894).

Durée du creusement, jusqu'à 91 mètres : du 16 juillet au 16 octobre.

Id. id. 117^m65 : à fin décembre.

Avancement moyen du creusement : 0^m70 par jour.

» » tout compris : 8 mètres par mois.

	Par mètre courant
Dépenses en salaires et cuvelage au premier puits, fr.	292 50
Aux autres puits : sondages et congélation de deux puits.	313 40
Prix total jusqu'à 117 ^m 65	3,018 50
Salaires et cuvelage au puits d'aérage	202 50
<i>Bull. Ind. Min.</i> , 1895, t. IX; 1897, t. XI. — <i>Glückauf</i> 1896, p. 8. — <i>Oesterr. Zeitsch.</i> , 1894, p. 583; 1896, p. 36. — <i>Annales des Mines de Belgique</i> , 1898, t. III, p. 58.	

N° 40. — Mine de fer de Pont-à-Mousson; Fosse d'Auboué, France (Meurthe et Moselle).

Diamètre du puits : 5 mètres; du cercle des sondages : 6^m50, porté à 7 mètres par des sondages supplémentaires. — 20 sondages, dont 1 central non parcouru par le liquide congélateur; 4 sondages supplémentaires.

Calcaire jusqu'à 84 mètres, puis marne jusque 103 mètres.

Profondeur des sondages : 140 mètres; du puits congelé : de 10 mètres à 136^m20.

Compresseur d'ammoniaque : 240,000 calories-heures

Durée des sondages : 14 1/2 mois, du 23 novembre 1897 à février 1899.

Durée de la congélation : 100 jours, du 28 mars au 5 juillet 1899.

Durée du creusement : 1 an, du 6 juillet 1899 au 6 juillet 1900.

Avancement des sondages : 8 mètres par jour.

Id. du creusement, 0^m60 par jour, non compris la pose du cuvelage; 0^m35 par jour, y compris la pose du cuvelage.

Tout compris : 4^m30 par mois.

Entreprise générale de fonçage, à Paris. — *Annales des Mines*, 1900. — *Notices de la Société Entreprise générale et de la Compagnie d'Auboué*.

N° 41. — Mine de houille de Blaton, à Bernissart (Belgique); puits d'Harchies.

Deux puits de 3^m50 de diamètre. — 16 sondages, plus 3 sondages supplémentaires; 17 ont été utilisés.

Craie et marne jusqu'à 14^m45. Grès vert à glauconie jusqu'à 23^m35. Argile plastique jusqu'à 51^m20. Tourtia jusqu'à 52^m95. Grès et marne jusqu'à 146^m70. Grès vert jusqu'à 209^m50. Sable jaune jusqu'à 226^m70. Terrain houiller.

Profondeur des sondages : 235 mètres; du puits congelé : 235^m20.

Compresseur d'ammoniaque : 280,000 calories-heures.

Durée des sondages : jusqu'au 19 mars 1899; de la congélation : 146 jours, du 16 mai au 8 octobre 1899 (puits n° 1), et 113 jours, du 12 juin au 2 octobre 1902 (puits n° 2).

Durée du creusement : puits n° 1, du 8 octobre au 30 novembre 1900, jusqu'à 237^m48; puits n° 2, du 2 octobre 1902 au 10 janvier 1903.

Avancement mensuel moyen, tout compris : 5^m60 au puits n° 1, 5^m90 au puits n° 2.

Prix par mètre courant : fr. 3,866-25 au puits n° 1, fr. 3,662-50 au puits n° 2.

Entrepris par le Charbonnage de Bernissart. — *Annales des Mines de Belgique*, t. V à IX, 1899 à 1904.

N° 48. — Mine de sel Hansa Silberberg, à Empelde (Allemagne).

Diamètre du puits : 3^m50; du cercle intérieur de la couronne de sondage : 4^m15.

Commencé par le procédé de la trousse coupante. — 14 sondages à l'intérieur de la tour, 2 en dehors; dans la suite, 12 nouveaux sondages à l'extérieur de la tour.

Profondeur des 14 premiers sondages : entre 59 et 115 mètres; des 12 derniers : de 0 à 115 mètres. Creusement en terrain congelé de 62 à 115 mètres.

Sable bouillant jusqu'à 34 mètres. Gravier de 34 à 46 mètres. Argiles et sables jusqu'à 81 mètres. Gypse de 81 à 123 mètres. Sel gemme à 123 mètres.

Compresseur d'ammoniaque : 154,000 calories-heures.

Durée de la congélation : 70 jours, du 24 mai au 1^{er} août 1899.

Durée du creusement : du 1^{er} août 1899 au 6 octobre 1902, date à

laquelle les eaux salées ont fait irruption dans le puits à 115 mètres de profondeur.

Avancement moyen du creusement, cuvelage non compris : 0^m75 par jour.

Prix du sondage : 50 marks par mètre courant.

Entrepreneur : Louis Gebhardt, à Nordhausen.

Notice de cette firme. — *Organ der Bohrtechniker*, 1902, n° 22.

— *Das Schachtabteufen z. Z. der Düsseldorfer Ausstellung*, 1902.

N° 49. — Mine de sel de Ronnenberg (Allemagne).

Diamètre du puits : 5^m50 ; du cercle des sondages : 9 mètres. — 30 sondages et 5 sondages supplémentaires.

Argile et sable jusqu'à 26 mètres. Gypse jusqu'à 112 mètres. Argile jusqu'à 124^m59. Gypse jusqu'à 140 mètres. En dessous, sel gemme.

Profondeur des sondages : 126 mètres ; du puits congelé : 34 à 125 mètres.

Compresseur d'ammoniaque : 300,000 calories-heures.

Durée des sondages : 17 mois, juillet 1899 à décembre 1900.

Id. de la congélation : 94 jours, du 23 janvier au 26 avril 1901.

Le creusement a été commencé à niveau vide jusqu'à 34 mètres ; il a été continué, sous la protection du mur de glace, du 26 avril au 29 novembre 1901, et interrompu par une irruption d'eau salée à 125 mètres ; il a été achevé par le procédé Kind-Chaudron.

Avancement du creusement en terrain congelé, cuvelage compris : 0^m46 par jour.

Avancement moyen : tout compris, 4^m30 par mois.

Coût des sondages : 60 marks par mètre courant ; prix de revient total des 125 mètres de puits : 9,120 marks par mètre courant.

Entrepreneurs : La mine de Ronnenberg, l'Entreprise générale de fonçage à Paris et Hannoversche Tiefbau Gesellschaft.

Das Schachtabteufen z. Z. der Düsseldorfer Ausstellung 1902. — *Glückauf*, 1901, p. 731. — *Notice de la Société Entreprise générale de fonçage. — Annales des Mines de Belgique*, 1905, p. 69.

N° 50. — Mine de sel de Léopoldshall, puits n° 6, à Güsten (Grand-Duché d'Anhalt, Allemagne).

Diamètre du puits : 5^m50 ; du cercle des sondages : 7^m40. — 26 sondages.

Limon 1 mètre ; sable bouillant, gravier et cailloux roulés de 1 à 24 mètres ; grès bigarré jusqu'à 48^m50 ; en dessous, argile (Letten).

Profondeur des sondages : 103 mètres. Le puits a été poursuivi jusqu'à 175^m93.

Compresseur d'ammoniaque : 230,000 calories-heures.

Durée des sondages : un an, 14 juin 1899 au 20 juin 1900.

» de la congélation : 164 jours, du 22 juin au 2 décembre 1900.

» du creusement : du 2 décembre 1900 au 4 juillet 1901 ; puits creusé et cuvelé à partir de la surface jusqu'à 101^m66. Le 8 novembre 1901, puits creusé à 175^m83 et muni d'un cuvelage.

Avancement des sondages : 7^m40 par jour.

» du creusement : 0^m75 par jour, sans cuvelage.

» » 0^m50 » avec cuvelage.

Avancement moyen, tout compris : 6 mètres par mois.

Prix de revient des 101^m66, 5,785 marks par mètre courant.

Entrepreneurs : Gebhart et Koenig, à Nordhausen.

Renseignements de cette firme.

N° 53 et 54. — Mine de houille Laura u. Vereeniging ; puits n° 1 et 2, Eygelshoven (Limbourg hollandais).

Diamètre des puits : 4^m50 ; du cercle des sondages : 7^m50. — 24 sondages, plus 3 supplémentaires au puits n° 2.

Sable bouillant avec couches d'argile jusqu'à 98^m50. Terrain houiller.

Profondeur des sondages primitifs : 99 mètres ; des sondages supplémentaires : 106 et 108 mètres.

Creusement en terrain congelé, de 8^m50 à 106^m60.

Compresseur d'ammoniaque : 230,000 calories-heures.

Durée des sondages : n° 1, 2 mois 2/3, du 25 août au 13 nov. 1900 ;

» n° 2, 7 mois, du 4 nov. 1902 au 4 juin 1903.

Durée de la congélation : n° 1, 100 jours, de janvier à avril 1901 ;

» n° 2, 113 jours, du 6 juin au 1^{er} octobre 1903.

Durée du creusement : n° 1, 18 avril au 8 juillet 1902 ;

» n° 2, 1^{er} octobre 1903 au 22 février 1904.

Avancement des sondages : n° 1, 29 mètres par jour ;

» n° 2, 13^m30 »

Avancement du creusement : n° 1, 0^m85, par jour, sans cuvelage ;

» n° 2, 0^m94, »

» n° 2, 0^m68, par jour, avec cuvelage ;

Avancement moyen, tout compris : n° 1, 4^m99 par mois ;

n° 2, 6^m83 »

Entrepreneurs: Gebhardt et Koenig, à Nordhausen. — *Renseignements de cette firme.* — *Organ der Bohrtechnik*, 1902, n° 21. — *Glückauf*, 1903, n° 21. — *Annales des Mines de Belgique*, 1905, p. 65.

N° 59. — Mine de houille de Crespin; puits n° 2, à Quiévrechain (France).

Diamètre du puits : 5^m50; de la couronne de sondages : 8^m14.

24 sondages, dont un central non compris dans le courant réfrigérant.

Argile jusqu'à 16 mètres; craie blanche, de 16 à 90 mètres; silix, de 90 à 100 mètres; en dessous, argile plastique.

Profondeur des sondages : 104^m50, sauf pour le sondage central, 140 mètres.

Creusement en terrain congelé, de 16 à 106^m75.

Compresseur d'ammoniaque : 120,000 calories-heures.

Durée des sondages : 3 3/4 mois, du 16 mai au 7 septembre 1901.

» de la congélation : 54 jours, du 21 décembre 1901 au 12 février 1902.

Durée du creusement : du 12 février au 17 juillet 1902.

Avancement des sondages : 23 mètres par jour.

» du creusement : 0^m90 sans cuvelage.

» » 0^m58 avec »

» tout compris : 7^m61 par mois.

Coût des sondages et de la congélation, 1,250 fr. par mètre courant.

Entrepreneurs: de Hulster frères, à Crespin. — *Renseignements de la Compagnie de Crespin.*

N° 65. — Mine de houille de Bruay (Pas-de-Calais, France); puits n° 5.

Diamètre du puits : 4^m50; de la couronne de sondages : 6^m50. — 20 sondages, plus 4 supplémentaires et un sondage central; 22 trous seulement ont servi à la congélation.

Limon jusqu'à 3^m25; sable bouillant et gravier jusqu'à 6^m87; craie et marne jusqu'à 83^m19; Tourtia jusqu'à 90^m21. Terrain houiller.

Profondeur des sondages : 102 mètres.

Creusement en terrain congelé : de 4 à 106 mètres.

Compresseur d'ammoniaque : 120,000 calories-heures.

Durée des sondages : 5 1/3 mois, du 14 janvier au 25 juin 1902.

» de la congélation : 93 jours, du 25 juillet au 25 octobre 1902.

» du creusement : du 25 octobre 1902 au 28 janvier 1903.

Avancement des sondages : 15 mètres par jour.

» du creusement, y compris le cuvelage : 1^m06 par jour.

» moyen, tout compris : 8^m50 par mois.

Prix des sondages et de la congélation : 1,325 francs par mètre courant pour 102 mètres.

Prix du creusement : 176 francs par mètre courant pour 106 mètres; du cuvelage : fr. 62-50.

Prix total : fr. 3,744-50 par mètre courant, pour 106 mètres de puits.

Entreprise générale de fonçage, à Paris. — *Notice de cette Société; Renseignements de la Compagnie de Bruay.*

N° 67. — Mine de houille de Marles; puits n° 6, à Calonne Ricouart (France).

Diamètre du puits : 5^m50; de la couronne de sondages : 7^m50. — 24 sondages, plus 2 supplémentaires et un sondage central congelateur.

Calcaire marneux jusqu'à 23^m50. Marne jusqu'à 118^m30. Tourtia, à 121^m10. Terrain houiller.

Profondeur des sondages : 118^m50. Creusement en terrain congelé de 45^m10 à 121^m30.

Compresseur d'ammoniaque, 192,000 calories-heures.

Durée des sondages : 8 mois 2/3, du 12 juillet 1902 au 1^{er} avril 1903.

Id. de la congélation : 120 jours, de la fin d'avril au 24 août 1903.

Id. du creusement : du 24 août 1903 au 25 janvier 1904.

Avancement des sondages : 13^m30 par jour.

Id. du creusement : 0^m96 sans cuvelage, 0^m60 avec cuv.

Id. moyen, tout compris : 6^m50 par mois.

Salaires des ouvriers au creusement : 125 francs par m. c.

Entreprise générale de fonçage, Paris. — *Notice de cette Société et de la Compagnie des mines de Marle.*

N° 68 et 69. — Mine de houille Auguste Victoria; puits n° I et II, à Recklinghausen (Westphalie).

Diamètre du puits : 6^m10; de la couronne de sondages : 8^m20 et 8^m35. — 26 sondages.

Limon sableux jusqu'à 10 mètres. Sable marneux jusqu'à 17^m50.

Sable bouillant jusqu'à 27 mètres. Sable marneux jusqu'à 110 mètres; en dessous, marne compacte.

Profondeur des sondages : 130 mètres. Creusement en terrain congelé, de 20 à 146^m75.

Machine frigorifique à CO² comprimé : 310,000 calories-heures.

Durée des sondages : 4 1/3 mois, du 6 février au 15 juin 1902.

» de la congélation : n° I, 204 jours, du 1^{er} juillet 1902 au 20 janvier 1903 (venue d'eau sous la trousse d'une ancienne tour en maçonnerie); n° II, 98 jours, du 29 décembre 1903 au 5 avril 1904.

Durée du creusement : n° I, du 20 janvier au 26 août 1903; n° II, du 5 avril au 13 octobre 1904, avec construction d'un cuvelage en fonte par passes successives.

Avancement des sondages : 26 mètres par jour; du creusement : 1 mètre par jour, sans cuvelage.

Avancement avec cuvelage : 0^m62 (0^m69 au puits n° II).

Avancement moyen, tout compris, 8 mètres par mois.

Prix par mètre courant des 130 mètres de puits : 4,594-40 marks.

Entrepreneurs : Gebharht et Koenig, à Nordhausen. — *Glückauf*, 1904, n° 50 et 51. — *Entwickelung des Rh. Westf. Steinkohlenbergbau*, t. III. — *Annales des Mines de Belgique*, 1905, p. 61.

N° 70. — Mine de houille de l'Escarpelle, Courcelle-lez-Lens (Pas-de-Calais).

Diamètre du puits : 5 mètres; de la couronne de sondages : 7 mètres. — 22 sondages.

Marne jusque 41^m60; marne à silice jusque 60^m90; argile et marne jusque à 73^m80; en dessous, argile plastique.

Profondeur des sondages : 82 mètres; creusement en terrain congelé, de 13^m15 à 85 mètres.

Compresseur d'ammoniaque : 120,000 calories-heures.

Durée des sondages : 2 mois, du 23 août au 27 octobre 1902.

Id. de la congélation; 55 jours, du 29 mars au 22 mai 1903.

Id. du creusement, cuvelage posé : du 22 mai au 16 juillet 1903.

Avancement des sondages : 27 mètres par jour.

Id. du creusement : Sans cuvelage, 1^m94 par jour;

Id. id. cuvelage compris : 1^m33.

Id. moyen, tout compris : 8 mètres par mois.

Entreprise générale de fonçage, à Paris. — *Notice de cette Société et de la Compagnie de l'Escarpelle*.

N° 71. — Mine de houille de Petite-Rosselle; puits Simon, à Stieringen-Wendel (Lorraine allemande).

Diamètre du puits : 5^m80; de la couronne de sondages : 8^m80. — 27 sondages.

Sable, gravier et grès des Vosges jusque 130 mètres. Rotliegende. Terrain houiller à 152 mètres.

Profondeur des sondages : 187 mètres; creusement en terrain congelé : 25 à 191 mètres.

Compresseur d'ammoniaque : 300,000 calories-heures.

Durée des sondages : 8 2/3 mois, du 5 août 1904 au 27 avril 1905.

Id. de la congélation : 85 jours, du 1^{er} août au 24 octobre 1905.

86^m25 étaient creusés au 31 décembre 1905.

Avancement des sondages : 19 mètres par jour; du creusement (sans cuvelage) : 0^m89 par jour.

Commencé par l'Entreprise générale de fonçage, à Paris, et Hannoversche Tiefbohrgesellschaft; continué par Gebhardt et Koenig, à Nordhausen. *Renseignements de cette firme*.

N° 72 et 73. — Mine de houille Gemeinschaft; puits n° I et II, à Duffesheide (Aix-la-Chapelle).

Diamètre du puits : N° I, 5 mètres; n° II, 6 mètres; de la couronne de sondage; 11^m30. — 32 sondages. Au n° I, un sondage central et 6 sondages supplémentaires.

Différentes couches de sables bouillants jusqu'à 138 mètres; sables avec coquilles de 138 à 148 mètres; sable argileux jusqu'à 155^m20; argile bleue jusqu'à 156^m70. Terrain houiller.

Profondeur des sondages : 167^m50 et 169 mètres; le creusement du n° I a été commencé à niveau vide jusqu'à 73^m50; creusement en terrain congelé : de 73^m50 jusqu'à 166 mètres au puits n° I, et de 12^m50 à 170 mètres environ au puits n° II.

Compresseur d'ammoniaque : 300,000 calories-heures.

Durée des sondages : Au puits n° I, 13 mois, du 26 février 1902 au 27 mars 1903; au puits n° II, commencé le 2 octobre 1905, en cours.

Id. de la congélation : N° I : 409 jours, du 1^{er} avril 1903 au 14 mai 1904.

Id. du creusement : Du 14 mai au 2 août, épuisé jusqu'à 73^m50 et réparé le vieux cuvelage; du 2 août 1904 au 21 janvier 1905, creusé de 73^m50 à 166 mètres et monté le cuvelage.

Avancement des sondages : 19 mètres par jour; du creusement : 0^m90 par jour, sans cuvelage; 0^m42 cuvelage compris. Tout compris : 4^m74 par mois.

Prix du creusement : 874 marks par mètre courant, cuvelage compris.

Prix des sondages et de la congélation : 3,959 marks par mètre courant pour 166 mètres de puits.

Entrepreneurs : Gehhardt et Koenig. — *Berg und Hüttenmännische Rundschau*, 1905, n^{os} 12 et 13. — *Note de l'Association charbonnière du district de la Wurm*.

N^{os} 75 et 76. — Mine de houille de Londonderry; puits n^{os} I et II, à Seaham-Harbour, comté de Durham (Angleterre).

Diamètre des puits : 6^m10. — 28 sondages.

Gravier, calcaire et marne jusqu'à 145^m50, tête du houiller.

Profondeur des sondages : 148^m50; du puits creusé sous la protection du mur de glace : 164 mètres.

Compresseur d'ammoniaque : 300,000 calories-heures.

Durée des sondages : N^o I, 10 1/2 mois, du 25 mai 1903 au 12 avril 1904; n^o II, 11 mois 1/2, du 24 juin 1903 au 11 juin 1904.

Id. de la congélation : N^o I, 186 jours, du 24 avril au 26 octobre 1904.

Id. du creusement : N^o I, du 2 octobre 1904 au 26 octobre 1905.

Avancement des sondages : 13 mètres par jour.

Prix du creusement : 1,385 marks par mètre courant.

Entrepreneurs : Gebhardt et Koenig, à Nordhausen. — *Renseignements de cette firme*.

N^{os} 79 et 80. — Mine domaniale Wilhelmina; puits n^{os} I et II, Terwinselen, près de Heerlen (Hollande).

Diamètre des puits : 4^m50. — 26 sondages plus 1 au milieu; 2 sondages supplémentaires au n^o I, et 1 au n^o II.

Sable et argile de 0 à 9^m55; gravier jusqu'à 12^m20; sable bouillant jusqu'à 46 mètres; argile plastique jusqu'à 53 mètres; sable bouillant jusqu'à 95 mètres. Terrain houiller.

Profondeur des sondages : 110^m50.

Creusement en terrain congelé, au puits n^o I, de 12 mètres à 123^m80; au puits n^o II, de 11^m70 à 120^m17.

Compresseur à CO² : 24,500 calories heures et compresseurs d'ammoniaque : 120,000 calories-heures. Au puits n^o II, on a commencé avec une machine à CO² de 245,000 calories-heures, qui a été remplacée par un compresseur d'ammoniaque de 120,000 calories-heures.

Durée des sondages : N^o II, 7 mois, du 18 décembre 1903 au 21 juillet 1904; n^o I, 4 mois, du 22 août au 20 décembre 1904.

Id. de la congélation : N^o II, 90 jours, du 16 septembre au 14 décembre 1904; n^o I, 142 jours, du 26 février au 17 juillet 1905.

Id. du creusement : N^o II, du 14 décembre 1904 au 15 juillet 1905; n^o I, du 17 juillet au 19 septembre 1905, on a creusé de 17 mètres à 103^m89. On a cuvelé cette passe du 25 septembre au 28 octobre.

Avancement des sondages : 24^m65 par jour au n^o I; 14^m30 au n^o II.

Id. du creusement : N^o II, 0^m86 par jour sans cuvelage; 0^m51 cuvelage compris; n^o I, 1^m33 par jour sans cuvelage; 0^m90 cuvelage compris.

Id. moyen : Tout compris, 6^m33 par mois au puits n^o II; 7^m42 par mois pour les 103^m89 du puits n^o I.

Entrepreneurs : Gebhardt et Koenig, à Nordhausen. — *Bergbau*, 1906, n^o 15. — *Glückauf*, 1906, n^o 18.

Les puits suivants sont encore en cours de fonçage :

N^o 81. — Mine de houille de Saar et Moselle; puits Hugo, à Merlenbach (Lorraine allemande).

Diamètre du puits : 6^m10. — 21 sondages, plus 2 supplémentaires. Grès bigarré jusqu'à 175 mètres; Rotliegende.

Profondeur des sondages : 175^m50; du creusement en terrain congelé : de 35 mètres à 178 mètres.

Compresseur d'ammoniaque : 250,000 calories-heures.

Durée des sondages : 13 mois, du 10 mai 1904 au 7 juin 1905; avancement : 10 mètres par jour.

Id. de la congélation : 108 jours, du 17 juin au 2 octobre.

Entrepreneurs : Gebhardt et Koenig.

N° 83 et 84. — Mine de houille Gewerkschaft-Trier ; puits Baldur I et II, à Dorsten (Westphalie).

Diamètre des puits : 6^m10. — 30 sondages de 135 mètres de profondeur.

Sable bouillant ; marne sableuse et grès.

Compresseur à l'ammoniaque : 250,000 calories-heures.

Durée des sondages : 4 1/4 mois, du 11 juin au 18 octobre 1905.

Entrepreneurs : Gebhardt et Koenig, à Nordhausen.

N° 85. — Mine de houille Deutscher-Kaiser, à Bruckhausen (Allemagne).

Diamètres du puits : 7 mètres jusqu'à la profondeur de 75 mètres, 6 mètres dans la partie inférieure. — 30 sondages de 98 mètres de profondeur.

Sables, gravier et sable argileux.

Compresseur à l'ammoniaque : 250,000 calories-heures.

Durée des sondages : 2 mois, du 23 août à la mi-octobre 1905.

Entrepreneurs : Gebhardt et Koenig, à Nordhausen.

N° 86. — Mine de sel de la Société Riedel, province de Hanovre (Allemagne).

Diamètre du puits : 5^m50. — 28 sondages de 130 mètres de profondeur.

Sable bouillant avec lits de gravier. A partir de 102 mètres, gypse fissuré.

Compresseur d'ammoniaque et de CO².

Entrepreneurs : Gebhardt et Koenig, à Nordhausen.

N° 88. — Mine de sel de la Société Schieferkante, à Hildesheim (Allemagne).

Diamètre du puits : 5^m20. — 30 sondages sur un cercle de 9 mètres de diamètre.

Profondeur des sondages : 190 mètres.

Sable, gravier et sable argileux.

Compresseur d'ammoniaque : 525,000 calories-heures.

Durée des sondages : 8 mois, du 1^{er} juillet 1904 au 1^{er} mars 1905.

Avancement : 23^m45 par jour.

Id. de la congélation : 76 jours, du 1^{er} avril au 15 juin 1905.

Entrepreneurs : Haniel et Lueg, à Düsseldorf (1).

(1) Voir à la suite une notice plus détaillée sur ce creusement p. 804.

N° 90. — Mine de lignite de la Société de Riebeck, Halle a/S. (Allemagne).

Diamètre du puits : 5 mètres. — 32 sondages sur un cercle de 8^m50.

Sable et argile.

Profondeur des sondages : 100 mètres.

Compresseur d'ammoniaque : 350,000 calories-heures.

Entrepreneurs : Haniel et Lueg, à Düsseldorf.

N° 91. — Société de forage Prince-Albert, à Hanovre (Allemagne).

Diamètre du puits : 5^m50. — 32 sondages sur une couronne de 9 mètres.

Sable, argile et gypse, 150 mètres.

Compresseur à l'ammoniaque : 525,000 calories-heures.

Entrepreneurs : Haniel et Lueg, à Düsseldorf.

N° 92. — Mine de sel de Niedersachsen, à Wittingen, près de Celle (Allemagne).

Un puits de 5^m50 de diamètre ; profondeur : 120 mètres.

Sable et gypse.

Machine frigorifique système Unger.

Entrepreneurs : C. Jul. Winter, Camen (Westphalie).

N° 93. — Deutsche Solvay Werke, à Wesel (Allemagne)

Deux puits de 6 mètres de diamètre. — 32 sondages ; diamètre de la couronne : 10 mètres.

Sables avec couches de gravier de 0 à 135 mètres ; sable argileux jusqu'à 225 mètres ; sable bouillant de 225 à 265 mètres ; plus bas, grès bigarré, fissuré. Sel gemme à 600 mètres.

Profondeur des sondages : 300 mètres.

Compresseur d'ammoniaque : 500,000 calories-heures.

Entrepreneurs : Gebhardt et Koenig, à Nordhausen (1).

(1) A cette liste on peut ajouter, à notre connaissance, encore une application de la congélation actuellement en cours d'exécution au charbonnage du Grand-Hornu. C'est la troisième qui en ait été faite en Belgique. Il s'agit dans l'espèce du remplacement d'un vieux cuvelage en bois par un cuvelage en fonte, avec aggrandissement de la section du puits sur toute la hauteur des morts-terrains, soit 72 mètres. Ce travail a été entrepris à la fin de 1905 par la Société de Recherches d'Eelen-Asch et le creusement en terrain congelé est actuellement arrivé à une quarantaine de mètres de profondeur.

Parmi ces 93 puits, il s'en trouve 22 qui ont été commencés par d'autres procédés, lesquels ont échoué, tandis que la congélation a permis d'achever le creusement en général assez rapidement. Tous les puits entrepris par la congélation dans ces dernières années, ont parfaitement réussi, bien que plusieurs d'entre eux aient eu à surmonter des difficultés sérieuses.

Bien qu'ayant pris naissance en Allemagne, le procédé s'est au début très peu répandu dans ce pays, et c'est surtout en France sous l'impulsion de M. Gebhardt, de Nordhausen, qu'il s'est implanté rapidement et qu'il a donné les résultats les plus satisfaisants. C'est aux ingénieurs français que revient l'honneur d'avoir les premiers traité d'une façon scientifique le procédé, auquel d'ailleurs les Allemands ont accordé dans ces derniers temps une considération plus importante.

La durée de la période de congélation dépend du nombre et de la profondeur des sondages, de la nature du terrain, de la puissance de l'installation frigorifique. En comparant à ce point de vue, les puits français et les puits allemands, on trouve qu'en général la période de congélation est plus courte dans les premiers. Ce résultat n'est pas dû à la puissance des installations, mais plutôt à ce qu'en France, le terrain est en général consistant (craies et marnes) et plus vite congelé; en outre, la couronne de sondages se trouve d'ordinaire à un mètre seulement de la circonférence du puits à creuser; enfin, l'on commence le creusement dès que le mur de glace est formé. En Allemagne, on a traversé le plus souvent des terrains meubles, très chargés d'eau et plus difficilement congelables; les tubes sont placés plus loin des parois du puits pour augmenter la résistance du mur de glace. Enfin, on attend généralement pour commencer le creusement, non-seulement que le mur de glace soit fermé, mais encore qu'il ait atteint à l'intérieur du puits une épaisseur voulue.

Il est à noter que dans plusieurs cas il s'est écoulé un certain temps entre l'achèvement du forage des trous et le commencement de la congélation, retard facile à éviter en s'y prenant à temps pour le montage des machines frigorifiques.

Les *avancements renseignés* pour les sondages sont obtenus en divisant le nombre total de mètres forés par le nombre de jours écoulés du commencement à la fin du forage, dimanches et chômages compris. Ces chiffres ne donnent pas une idée exacte de la vitesse qu'on peut atteindre dans un terrain donné, puisqu'ils dépendent en outre du nombre de forages activés simultanément.

Les *avancements du creusement*, sont calculés en divisant le nombre de mètres en dessous de la base de l'avant-puits, ou du niveau de l'eau, ou de la base du puits creusé auparavant par un autre procédé, par le temps employé exclusivement au creusement, y compris les chômages. Dans beaucoup de cas, lorsque le niveau de l'eau est assez profond, on a creusé depuis la surface jusqu'au niveau, pendant la mise en train de la congélation. Ces travaux, qui n'ont pas été effectués sous la protection du mur de glace, n'ont pas été comptés dans l'effet utile du procédé.

Les profondeurs de puits ne correspondent pas toujours exactement à celles du mur de glace, lesquelles ne dépassent en général que de 2 à 4 mètres celles des sondages, tandis qu'on a renseigné la profondeur atteinte par le procédé de congélation pour l'établissement de la trousse du cuvelage en fonte ou en maçonnerie. En outre, les *avancements* ont été répartis sur la durée totale du creusement, dimanches et chômages compris; l'avancement par jour de travail effectif serait en général assez bien plus grand.

En France, le fonçage est presque toujours entrepris par la direction de la mine elle-même, qui assume les risques; tout au plus remet-on à l'entreprise les sondages et la congélation. Les *avancements* obtenus sont en général très bons; on n'hésite pas à recourir au minage et le terrain crétacé se laisse creuser encore assez facilement.

En Allemagne, on constate que les *avancements* ont été en augmentant dans les dernières années; on est cependant beaucoup plus précautionneux qu'en France en ce qui concerne l'abatage à l'explosif.

Comme *avancement moyen*, pose du cuvelage non comprise, mais chômages et fêtes comptés, on peut admettre 1^m18 en terrain consistant (craie, marne, gypse) et 0^m93 seulement en terrains meubles (sables bouillants, sables argileux ou marneux). Dans le terrain houiller, l'avancement moyen est 0^m65 par jour.

L'avancement journalier moyen, y compris la pose du cuvelage, est de 0^m75 en terrain consistant, 0^m57 en terrain meuble.

L'avancement le plus rapide (1^m33), dans le creusement proprement dit, a été atteint à l'Escarpelle (n° 70), dans la craie, et au n° 80, Wilhelmine, dans les sables bouillants. En comptant la pose du cuvelage, c'est encore le n° 70 qui se classe au 1^{er} rang, mais il est à noter qu'on n'y a subi aucune espèce d'arrêt. En décomptant au n° 80 les dimanches et les arrêts, on trouverait 2^m07 pour l'avancement par jour de travail effectif.

L'avancement moyen, tout compris, est calculé pour la période du début des forages à l'achèvement du cuvelage du puits. On n'a pu établir avec certitude dans tous les cas quand a été commencé l'avant-puits ou le creusement du puits jusqu'à la tête d'eau, de sorte que ce travail n'est pas compris dans le calcul de l'avancement moyen; on n'a pas compté non plus les puits qui ont été commencés par un autre procédé.

En excluant les 10 premières applications comme représentant la période d'apprentissage, on trouve que la moyenne de l'avancement par le procédé de la congélation est de 5^m45 par mois dans les terrains meubles, de 6^m74 par mois dans les terrains consistants. Dans le volume III de l'ouvrage collectif (Exploitation des mines en Westphalie), on trouve les chiffres moyens de 4^m05 et de 5^m84. Les avancements obtenus dans les derniers temps témoignent par conséquent d'un progrès notable.

Quant au coût du creusement, il est très difficile de donner des moyennes à cause des circonstances locales particulières. On peut voir cependant qu'en général le prix de revient est moindre dans la craie ou la marne que dans les sables. Enfin, des avancements et des prix on peut conclure que le procédé par la congélation est à recommander, sans parler de la certitude de la réussite, dès que la profondeur dépasse 50 mètres et que les venues d'eau sont considérables; il est d'ailleurs appliqué actuellement à la profondeur de 300 mètres.

C. — Creusement d'un puits par le procédé de la congélation par passes (1).

Au puits de la Société de Schieferkante, en creusement à Gödringen, district minier de Goslar (2), on a appliqué pour la première fois le procédé dit de la congélation par passes. Dans ce but, indépendamment des 30 sondages de 185 mètres de profondeur, répartis sur un cercle de 9 mètres de diamètre autour du puits à creuser, et allant jusqu'à la couche d'argile plastique imperméable, on a foré 4 trous, de 100 mètres de profondeur seulement, à l'inté-

(1) *Zeitschrift für Berg-, Hütten- und Salinwesen*, 1906, t. II, p. 231.
 (2) Puits no 88 de la notice précédente, p. 800.

rieur de la section du puits. Au début les tubes congélateurs n'ont été descendus dans tous les sondages que jusqu'à cette profondeur de 100 mètres. Le liquide incongelable ne refroidissait donc que les couches supérieures et les sables aquifères furent solidifiés jusqu'à 100 mètres. Les 4 tubes intérieurs étaient disposés de telle sorte que le liquide circulât très rapidement jusque 80 mètres et lentement entre 80 et 100 mètres, de façon à abandonner ses frigories dans cette dernière zone et former ainsi un fond solide provisoire, permettant de commencer le fonçage du puits avant congélation des couches comprises entre 100 et 180 mètres. Lorsqu'on eut creusé 50 mètres et constaté qu'il n'y avait plus qu'une très faible émission de frigories dans la partie supérieure, on descendit les tubes congélateurs plus bas, d'abord à 125 mètres et dans la suite à 185 mètres. Lorsque le creusement eût atteint la profondeur de 108 mètres, le mur de glace s'était complètement fermé jusqu'à 180 mètres; ce que l'on constata en faisant, par mesure de sûreté, précéder le creusement par des sondages. On put de cette façon poursuivre le creusement du puits sans interruption en-dessous du faux fond congelé.

Par cette méthode, il a été possible de commencer le creusement proprement dit bien plus tôt que si la congélation avait dû atteindre la profondeur totale. Le revêtement définitif a été établi à mesure du creusement par la méthode des tronçons suspendus. Dès que le puits était approfondi de 1^m50, on montait un anneau de cuvelage et on bétonnait l'intervalle entre ce tronçon et la paroi du puits. Des ouvertures étaient ménagées à cette fin dans le cuvelage et bouchées immédiatement après par un picotage. On évitait ainsi tout soutènement provisoire, l'établissement de paliers dans le puits, les raccords de cuvelage par joints picotés et surtout le danger d'irruption des eaux ou d'éboulement des parois.

Il reste à signaler une disposition brevetée de la firme Haniel et Lueg, de Dusseldorf: le liquide congélateur ne circule pas dans les tubes en circuit fermé, mais le liquide sortant de chaque tube congélateur se déverse dans un bac collecteur ouvert, de sorte que l'on peut à chaque instant vérifier si la circulation se fait dans les conditions voulues et si à chaque tube se trouve distribuée la quantité de frigories nécessaire. En vue de cette vérification, chaque tube servant au retour du courant est muni, à proximité de la décharge dans le bac, d'une tubulure sur laquelle se visse un thermomètre de contrôle.

On a constaté, dès le début de la congélation, une régularité