

Les transports souterrains principaux en Belgique ⁽¹⁾

par Jules JAMOULLE.

Ingénieur civil des Mines A. I. Lg.

Ingénieur principal à la Société Anonyme des Charbonnages de Wérister.

Depuis 25 ans, les transports principaux sont progressivement mécanisés; actuellement, plus de 84 % des transports en galeries sont mécanisés et dans le bassin campinois, les 100 % sont atteints. En Belgique, comme à l'étranger, la prédominance de la traction par locomotive est mise en évidence par l'augmentation continuelle de la proportion du tonnage kilométrique total réalisé par locomotive et le nombre croissant de machines en service. Parallèlement, on constate une nette amélioration dans la construction des berlines dont la capacité s'est accrue, comme partout ailleurs, mais dans de moindres proportions. Enfin, l'usage de la bande transporteuse en galeries s'est développé, mais reste limité, l'emploi de la courroie ne se justifiant que dans des conditions d'exploitation bien déterminées.

I. LA MECANISATION DES TRANSPORTS PRINCIPAUX.

Les différents faits suivants :

a) la concentration de productions toujours croissantes en des points de moins en moins nombreux, conséquence de l'évolution des méthodes d'exploitation et de l'amélioration des procédés d'abatage et des transports en taille;

b) la diminution du nombre d'heures de travail;

c) l'augmentation de la distance des chantiers aux puits d'extraction, due à l'épuisement des gisements et à la fusion des sociétés (pour la Belgique, cet accroissement atteint 70 % en quinze ans); ont provoqué la mécanisation progressive des moyens de transports souterrains.

Cette évolution est générale; le hiercheur et le cheval tendent à disparaître. En Belgique, cette mécanisation des transports est mise en évidence par la variation du pourcentage du tonnage kilométrique total réalisé par locomotives, trainages et courroies; de 1926 à 1946, ce pourcentage est passé de 19,3 % à 84 % (fig. 1).

La Campine, région qui a joui de l'avantage de créer du neuf, a atteint rapidement les 100 %; la totalité de ses roulages principaux est mécanisée (fig. 2). Les bassins du Sud, malgré le handicap de mines très vieilles et de gisements moins favorisés, ont suivi la tendance générale, la mécanisation des transports dépasse les 69 % et atteint même 84,3 % dans le secteur du Centre (fig. 3).

L'amélioration des transports s'est effectuée grâce aux progrès réalisés dans la construction et la conception des berlines, et à l'évolution des moyens de traction. Le cheval a fait place aux trainages par câbles et par locomotives, avec pré-

dominance de plus en plus marquée de ce dernier mode de traction. Car l'évacuation des produits par wagonnets est et restera toujours le moyen le plus utilisé. L'usage de la bande transporteuse en

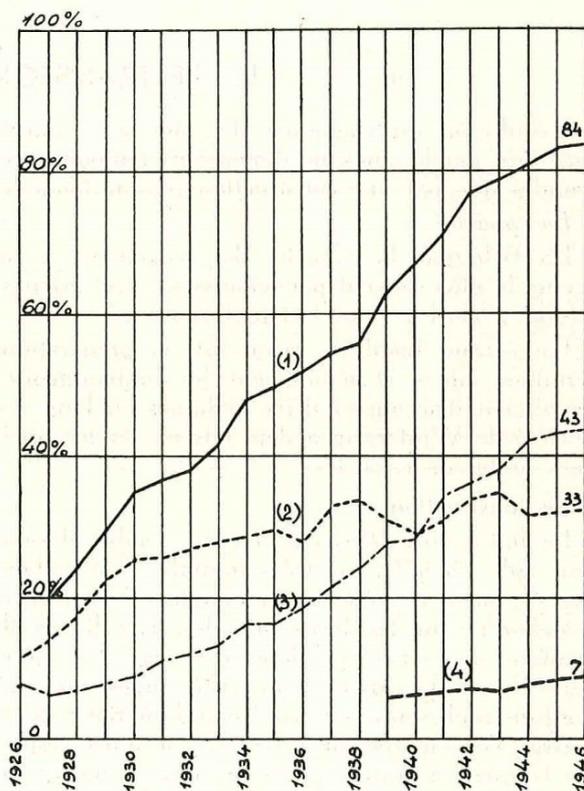


Fig. 1. — Pourcentages du tonnage kilométrique total réalisés dans les mines belges.

(1) par des moyens mécaniques, (3) par locomotives,
(2) par trainages par câbles, (4) par courroies.

(1) Communication faite au Congrès international des Mines de Harrogate de juin 1948.

galerie, qui s'est développé au cours de ces dernières années, ne remplace le transport par berlines que dans des conditions d'emploi bien déterminées

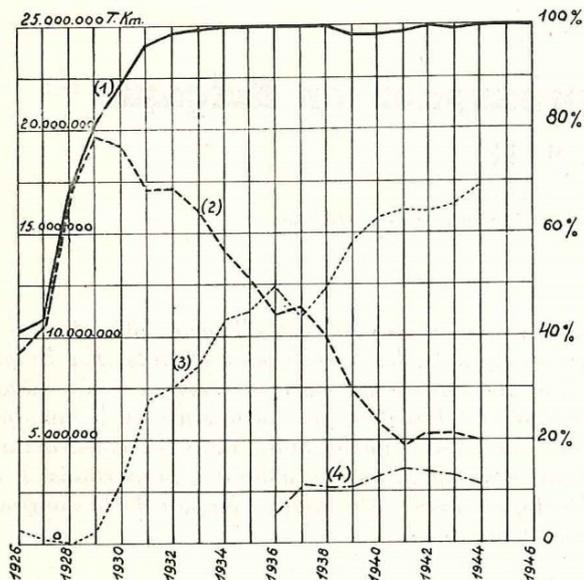


Fig. 2. — Belgique : Bassin de Campine.

Pourcentages du tonnage kilométrique total réalisés dans les galeries principales :

- (1) par moyens mécaniques,
- (2) par trainages par câbles,
- (3) par locomotives,
- (4) par courroies.

et son utilisation généralisée depuis la taille jusqu'au puits ne se présente qu'exceptionnellement, dans des circonstances particulières.

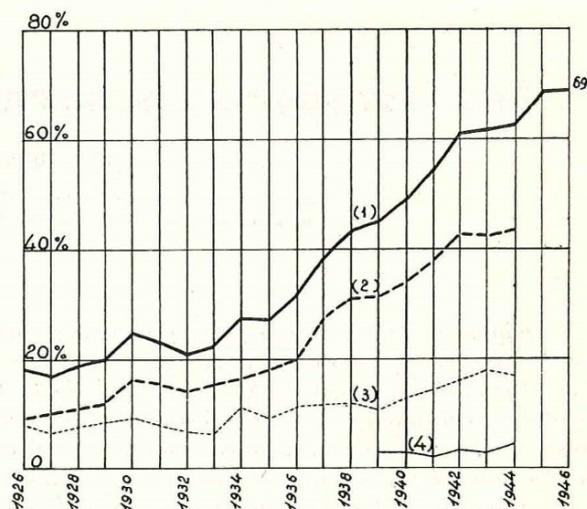


Fig. 3. — Belgique : Bassin du Sud.

Pourcentages du tonnage kilométrique total réalisés :

- (1) par moyens mécaniques,
- (2) par trainages par câbles,
- (3) par locomotives,
- (4) par courroies.

Nous bornerons notre étude aux transports par wagonnets et par courroies, les autres systèmes relevant plutôt du domaine de la taille.

II. LE TRANSPORT PAR WAGONNETS.

L'évolution du wagonnet de mine est caractérisée tant par le choix de dimensions toujours plus grandes que par une construction plus rationnelle.

La capacité.

En Belgique, la capacité des wagonnets a été accrue le plus souvent par rehaussement et est passée de 5/600 l à 7/800 l et parfois 1.000 l.

Un second bond en avant est en préparation; certaines mines et notamment les limbourgeoises envisagent d'accoupler deux berlines en long. La Société de Winterslag a déjà mis en service quelques unités de 1.800 l.

La construction.

La liaison des tôles par soudure semble devenir une règle générale. Les tôles frontales sont embouties de façon à présenter des anglées arrondies et à déborder sur les faces latérales. Les lignes de soudure ne coïncident donc pas avec les arêtes verticales de la caisse. A la partie supérieure, une bordure raidisseuse est soudée à l'intérieur de la caisse; l'encombrement extérieur est ainsi respecté. L'essieu à canon graisseur avec rouleaux cylindriques est le plus répandu en Belgique et son application se justifie pour les berlines de capacité inférieure à 1.000 l. Ce système est parfois amélioré par l'emploi de butées à rouleaux ou à billes, qui suppriment le frottement et l'usure dus aux

efforts latéraux. Un dispositif en labyrinthe le protège contre l'introduction des poussières.

Enfin, les nouvelles berlines sont généralement munies de butoirs en acier coulé, rivés aux longérons, afin de faire encaisser les chocs par le châssis.

Dans notre pays, les ressorts de traction et de tamponnement, ainsi que les ressorts de suspension et les freins, n'ont pas encore été appliqués aux berlines vu leur faible capacité.

Le transport du personnel.

L'éloignement grandissant des chantiers et la diminution du nombre d'heures de travail ont obligé l'exploitant à organiser le transport du personnel, transport qui n'est pratiquement possible que dans les trainages par locomotives.

Primitivement, les ouvriers se casaient dans les berlines vides, mais les avantages de cette méthode étaient minimes, la vitesse et le nombre de wagonnets remorqués étant limités pour des raisons de sécurité.

L'utilisation de wagons spéciaux a permis de réaliser des vitesses beaucoup plus grandes allant jusque 30 km/h. Malgré ce progrès, il faut que la longueur du parcours atteigne au moins 2.500 m, d'après les ingénieurs campinois, pour que le bénéfice de ce transport soit appréciable. En-dessous

de cette limite, les pertes de temps à l'embarquement et au débarquement équilibrent le gain dû à la grande vitesse.

Dans notre bassin de Campine, les charbonnages de Beeringen, Limbourg-Meuse et Winterslag utilisent dans les boueux principaux des cars spéciaux montés sur boggies pour le transport de leurs ouvriers. Ces voitures ont, à peu de chose près, les mêmes caractéristiques (voir tableau ci-dessous).

Caractéristiques d'un car pour personnel

Longueur totale :	7,700 m
Largeur totale :	0,800 m
Hauteur totale :	1,606 m
Capacité :	15 à 20 h
Ecartement axes boggies	6,100 m
Empattement des boggies	0,600 m
Ecartement voie :	0,600 m

La fig. 4 représente schématiquement un de ces cars en service à la mine de Winterslag. Le châssis est surbaissé entre les boggies et les parois sont

La voie.

En Belgique, plus de 70 % des mines utilisent des voies dont l'écartement varie entre 500 et 600 mm.

L'écartement de 600 mm semble devenir une dimension standard et peut convenir aux berlines de capacité moyenne et aux locomotives de 100 HP; de nombreux exemples tirés des mines de Campine et de la Ruhr en font foi.

Le rail à patin, type Vignoles, avec éclisses boulonnées, est devenu d'application universelle. L'augmentation du poids des berlines et de la vitesse de circulation a entraîné un renforcement des profils employés, et l'usage de locomotives de plus en plus puissantes a encore accéléré cette évolution.

Dans le bassin de Campine, où des locomotives de 12 t de 75 à 100 HP sont en service, nous avons relevé les profils suivants en galeries principales.

Pour les locomotives de 30 HP couramment utilisées dans le bassin Sud, le profil de 17 kg/m est largement suffisant. Il y a avantage à donner

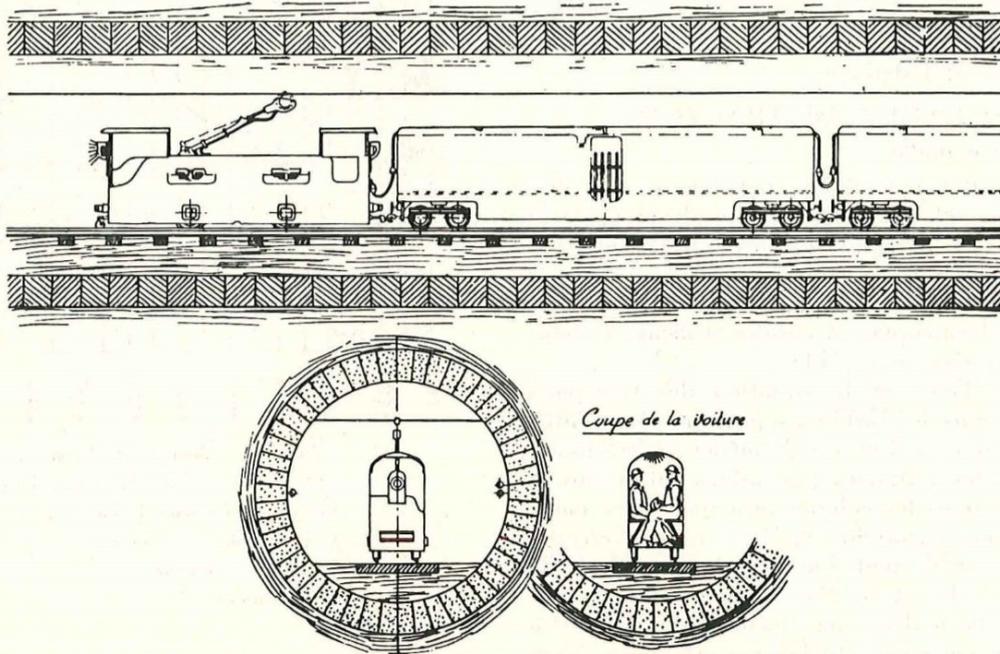


Fig. 4. — Locomotive électrique à trolley de 90 HP avec cars pour personnel, en service au charbonnage de Winterslag.

en tôles pleines de 2 mm, parfois revêtues intérieurement de panneaux en bois.

Sauf à Winterslag, ces voitures ne sont ni éclairées intérieurement ni freinées ni montées sur ressorts, mais elles sont toutes munies de butoirs élastiques.

La traction se fait par locomotive Diesel ou électrique à trolley et les rames comportent jusque douze voitures. La vitesse varie entre 20 et 25 km/h; c'est à Winterslag, qui utilise ce matériel depuis 1940, que la plus grande vitesse, soit 30 km/h, est réalisée.

Charbonnages de Campine	L. en m (1)	Poids du rail kgs m ct
André Dumont	0,60	23
Beeringen	0,80	23
Helchteren-Zolder	1,00	32
Houthalen	1,00	23
Limbourg-Meuse	0,60	32
Winterslag	0,70	25
Zwartberg	0,60	24

(1) L = distance entre les traverses.

aux rails la plus grande longueur possible. Les dimensions des accrochages dicteront généralement cette donnée. Plusieurs charbonnages, notamment en Campine, utilisent des rails de 10 m.

Enfin, la mise en service de grands wagonnets ou de locomotives ne permet plus de négliger le choix du rayon des voies en courbe.

Voici les rayons minima admis par un constructeur belge de locos Diesel.

Puissance locomotive en HP	Poids loco. en t	Empattement essieux en m	Rayon minimum en m
15	4	0,700	6
30	6	0,850	8
45	7	1,000	10
90	12	1,300	15

En Belgique, l'emploi de la traverse métallique est souvent réservé aux voies secondaires. Dans le bassin de Campine, deux charbonnages seulement en utilisent sur leurs roulages principaux, l'un suivant le système boutant-titant, l'autre avec des crapauds boulonnés. En général, sur les voies importantes, c'est la traverse en bois, souvent en chêne et imprégnée, qui domine.

LES ENGINES DE TRACTION

Tendance actuelle.

Les traînages par câbles ont connu une très grande vogue et ont contribué au développement de la technique moderne de l'exploitation minière. Cependant, les progrès continuels réalisés dans ce domaine ont amené les exploitants à étendre la traction par locomotives, à réduire et même à abandonner le système par câble.

Un coup d'œil sur la situation des transports souterrains dans les différents pays miniers confirme cette tendance. Il en est de même en Belgique :

En 1926, les traînages par câbles interviennent pour 11,2 % dans les galeries principales. Ce pourcentage augmente, atteint 25 % en 1931 et ensuite s'accroît très faiblement. De 1937 à 1941, il oscille aux environs de 32 %. Par contre, la proportion des transports réalisés par locomotives atteint à peine 10 % en 1932 et dépasse 45 % en 1946 (fig. 1).

En Campine notamment, les traînages par câbles étaient d'application presque générale dans les premières années de la mise en exploitation; en 1946, ils n'interviennent plus que pour 20 %, tandis que les locomotives assurent 60 à 80 % des transports (fig. 2).

Dans le bassin Sud, les deux systèmes se sont développés, mais les traînages ont progressé plus rapidement que les locomotives. Cependant, on tend petit à petit à équiper les artères principales avec des locomotives, tandis que les treuils seront de plus en plus réservés aux voies secondaires (fig. 3).

Ce développement de l'usage de la locomotive est souligné également par la variation du nombre d'unités en service.

En 1930, 90 locomotives; en 1946, 262 unités (dont 144 dans les mines du Sud et 118 en Campine) sont en service dans les travaux souterrains, soit une augmentation de 192 % (fig. 5).

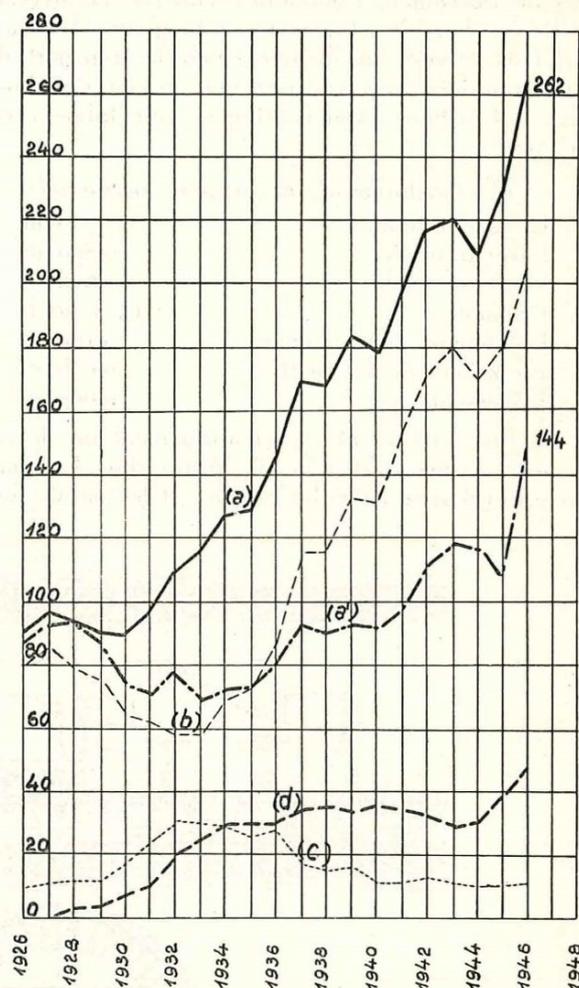


Fig. 5. — Nombre de Locomotives.

- (a) en service dans les mines belges;
- (a') en service dans le bassin Sud;
- (b) à benzine et à mazout;
- (c) à air comprimé;
- (d) électriques.

Plus de 80 % des machines sont à combustion interne. Les locomotives à air comprimé tendent à disparaître au fur et à mesure du vieillissement du matériel.

Le nombre de locomotives électriques semble stationnaire, mais on doit remarquer l'apparition de locomotives à trolley dans deux charbonnages de Campine.

Ce genre de machine, quoique d'application limitée, est appelé à s'étendre notamment dans le bassin du Nord. La période de guerre 1940-1945 a forcément entravé le développement de la traction par locomotives, mais dans les années qui vont suivre nous allons constater un nouvel essor de ce genre de transport ainsi qu'en témoignent les nombreuses commandes passées par nos charbonnages.

LES TRAINAGES PAR CABLES.

Des différents types de traînage, c'est le système câble tête-câble queue qui continue à être le plus employé. Sur le continent, c'est une variante de ce système qui reste en faveur; la poulie de renvoi est supprimée et un treuil est placé à chaque extrémité du parcours.

La distance entre gares dépasse rarement 1.000 m; en Belgique on se limite souvent à 750 m.

Le tonnage kilométrique utile réalisé par une installation simple peut atteindre au maximum 400 t/km U.

D'après plusieurs études et exemples, le traînage par câble est toujours plus coûteux que la traction par locomotive, même pour un rendement de 100 t/km U par poste. En 1939, le prix de revient

peut encore concurrencer le treuil; elle est à proscrire du point de vue hygiène de l'atmosphère (poussières soulevées).

De l'étude de ce genre de traction, on peut conclure que, sauf pour de faibles tonnages kilométriques (jusque 30, parfois 100 t/km U), le traînage par câble est surclassé par la locomotive à tous les points de vue : rendement, prix de revient, sécurité, personnel.

Par contre, les frais de premier établissement des traînages corde tête-corde queue avec treuils aux deux extrémités, atteignent à peine 35 % de ceux occasionnés par l'installation d'une locomotive, point qui n'est pas toujours négligeable; de plus, la traction par câble s'accommode mieux d'une section réduite ou déformée qu'une locomotive; c'est ce qui explique le succès de ce mode de traction en voie secondaire.

En galerie principale, la traction par câble doit disparaître et faire place à la locomotive.

LA TRACTION PAR LOCOMOTIVE

Types de locomotives.

Seuls, les quatre types classiques : air comprimé, Diesel, accumulateurs et à trolley, sont rencontrés en Belgique; les moteurs à benzine ont presque complètement disparu.

Puissance unitaire.

Le développement de l'usage de la locomotive est marqué par un relèvement notable de la puissance unitaire de ces engins.

Il y a quinze ans, on n'utilisait que des 15 et 26 HP; actuellement en Campine, il existe vingt-sept unités de plus de 50 HP dont quinze dépassant les 90 HP. Dans le bassin du Sud, quelques unités de 56 HP apparaissent.

Rendement.

D'après les résultats d'exploitation d'une douzaine de charbonnages belges et d'après ceux que nous avons relevés dans la littérature, on estime à 12 t/km U le rendement moyen par cheval et à 25/30 t/km U le maximum possible.

Encombrement.

On a souvent cru qu'introduire une locomotive dans la mine revenait à utiliser des éléphants au lieu de chevaux. C'est une erreur; là où un cheval moyen passe, une locomotive peut aisément circuler. De plus, le trafic se faisant souvent à simple voie et la réglementation belge n'exigeant qu'un espace de 25 cm entre la machine et les parois, les sections habituelles de nos galeries sont largement suffisantes; seules les parties en double voie devront présenter, à environ 1,500 m de hauteur, une largeur minimum de 2,500 m.

Sécurité et hygiène.

L'emploi de locomotives a diminué le pourcentage d'accidents attribués au roulage.

L'entretien des voies et un bon éclairage sont à la base de la sécurité.

De bons freins sont naturellement une nécessité absolue, mais nous savons que les distances de freinage augmentent rapidement avec la pente de

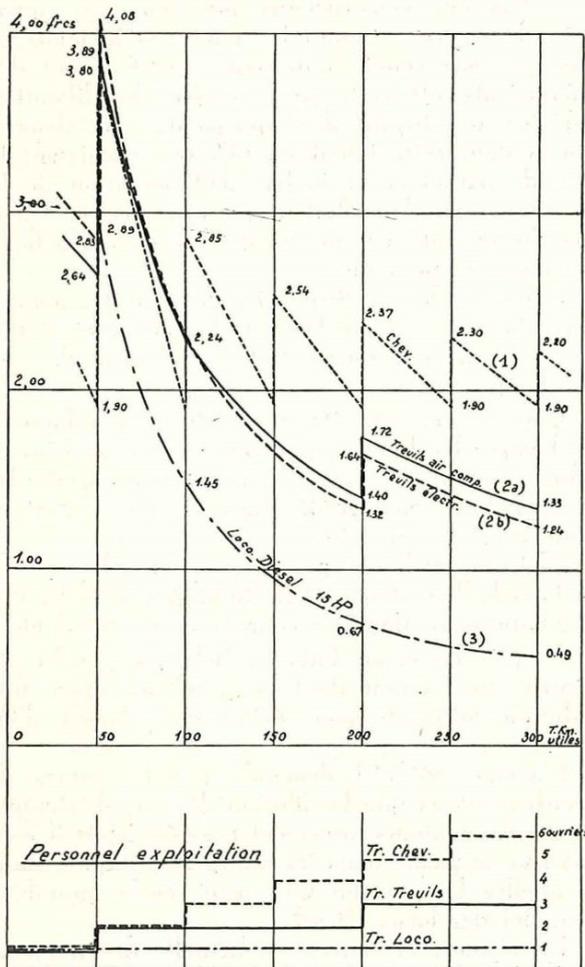


Fig. 6. — Variation du prix de revient de la t/km utile (1939) réalisée (a) par cheval,

- (2a) par traînage corde tête-corde queue avec treuils à air comprimé aux deux extrémités du parcours,
- (2b) par traînage corde tête-corde queue avec treuils électriques aux deux extrémités du parcours,
- (3) par loco Diesel 15 HP.

de la t/km U variait entre 1,24 et 2,85 frs. pour des rendements de 300 à 50 t/km U (fig. 6).

Dans certains cas, notamment pour des tonnages kilométriques inférieurs à 100, la traction chevaline

la voie et qu'au delà de 5 à 6 mm au mètre courant, quelques berlines des convois devraient être munies de freins pour pouvoir réaliser un freinage normal.

La *loco à air comprimé* est de sécurité parfaite en atmosphère grisouteuse. La *machine à accumulateurs* est admise en Amérique et en Allemagne dans les mines grisouteuses, tandis qu'en Belgique le problème des bacs à accumulateurs anti-déflagrants n'a pas encore été considéré comme résolu d'une manière parfaite (Ad. Breyre-R.U.M. 1941 n° 2).

Locos à trolley. — Le danger d'inflammation du grisou par les étincelles se produisant aux contacts du trolley et de la ligne aérienne, des roues et du rail, et le risque d'incendie provenant des courants vagabonds qui peuvent s'établir entre le fil supérieur et les rails, restreignent l'usage de ces engins aux mines non grisouteuses et éventuellement aux voies d'entrée d'air des mines moyennement grisouteuses.

De plus, la présence d'une différence de potentiel entre un conducteur nu et les rails est un danger permanent pour le personnel. C'est pourquoi diverses règles sont imposées à l'exploitant. En Campine par exemple, le fil du trolley doit être maintenu au moins à 2 m au-dessus du rail et à 20 cm de la paroi, la tension ne peut dépasser 250 volts, la résistance électrique des rails doit être contrôlée périodiquement, un espace de 5 cm est exigé entre le fil supérieur et le chapeau du machiniste supposé debout sur le plancher de la loco, des lampes rouges placées de distance en distance indiquent que la ligne est sous tension.

Lorsque le personnel s'embarque dans un train prévu à cet effet, le courant doit être coupé par des sectionneurs sur toute la longueur de la station d'embarquement et des lampes vertes sont reliées à ces sectionneurs de telle façon qu'elles s'allument dès que la ligne n'est plus sous tension. Enfin, l'accès des galeries est interdit tant que la ligne est alimentée sans l'autorisation du chef de transport ou du machiniste.

Locos Diesel. — Comme le dit M. Breyre dans son mémoire sur l'emploi des locos Diesel dans les mines grisouteuses en Belgique (R.U.M. n° 2 — 1941), les moteurs Diesel qui offrent le double avantage d'utiliser un combustible moins volatil que la benzine et de supprimer la magnéto d'allumage, ont éliminé rapidement les locos à benzine qui n'étaient admises que dans les entrées d'air des mines peu ou moyennement grisouteuses.

Depuis longtemps déjà en Allemagne, en France et en Belgique, et depuis trois ou quatre ans en Angleterre, les locos Diesel, grâce à la mise au point de dispositifs de sécurité, sont admises dans les mines de toutes catégories.

Deux buts étaient à atteindre :

- 1) ne pas provoquer l'inflammation d'une atmosphère grisouteuse;
- 2) ne pas polluer l'air de la mine en réduisant l'odeur des gaz d'échappement et surtout la quantité d'oxyde de carbone qu'ils peuvent contenir.

Le premier point a été résolu en utilisant les dispositifs suivants :

a) empilages de lames à l'aspiration et à l'échappement. La température des produits de la combustion du mazout, rejetés normalement ou anormalement (explosion retardée ou soupape déréglée) dans l'atmosphère extérieure est fortement abaissée, elle passe de 350/400° à environ 100°.

D'après les essais effectués à l'Institut National des Mines à Frameries, des lames de 50 mm avec un écartement de 1/2 mm donnent une sécurité complète. Elles doivent être en acier inoxydable et avoir 2 mm d'épaisseur.

b) L'action des empilages à l'échappement est toujours renforcée par une pulvérisation d'eau qui précède généralement le réseau de plaques et abaisse la température des gaz de 100 à 70/80°. Un barbotage complète parfois la pulvérisation.

c) Certains constructeurs prévoient des appareils de sécurité arrêtant le moteur, si la température des gaz venait à dépasser 70°. Ce sont des thermostats utilisant, par exemple, la dilatation linéaire du tuyau d'échappement, spécialement conçu dans cette intention. D'autres munissent le bac de barbotage et le bac d'alimentation de la pompe à eau d'un flotteur pouvant couper l'arrivée du mazout, si le niveau de l'eau venait à baisser dans ces réservoirs.

Plusieurs de ces dispositifs de sécurité, notamment la pulvérisation d'eau, le barbotage et l'addition d'air frais, réduisent fortement l'odeur des gaz d'échappement.

Cette action peut être renforcée en développant le lavage des fumées qui sont ensuite séchées et filtrées sur un lit de charbon activé, qui absorbe les hydrocarbures non brûlés (procédé de la Maison française Berry de Lille).

Mais la meilleure protection contre les odeurs et l'oxyde de carbone est la dilution rapide des gaz d'échappement dans un courant d'air abondant.

D'après les essais faits en Belgique par M. A. Breyre, un courant d'air de 5 m³/sec opère une dilution suffisante pour éviter tout danger d'intoxication.

L'aéragé artificiel demandé par les mines de charbon est tel que la dilution des gaz d'échappement sera toujours largement assurée. Mais il n'en est pas de même dans les mines métalliques, dans lesquelles la question CO peut rendre prohibitif l'emploi des locos Diesel.

En résumé, la conception actuelle des tracteurs Diesel rend ce système applicable aux mines grisouteuses.

Signalisation et organisation du trafic.

Tous les procédés de signalisation en usage dans les réseaux ferroviaires de surface, depuis le « block system » jusqu'au « dispatch », peuvent être adaptés aux transports souterrains. Cependant, il faut tenir compte que des horaires rigides ne peuvent être établis, car la production horaire des tailles et le débit des puits sont sujets à fluctuation.

La méthode qui s'avère la plus souple et qui s'adapte le mieux au trafic souterrain est la mé-

thode du téléphone. Plusieurs mines campinoises, et notamment les charbonnages de Beeringen, l'utilisent avec succès. Une centrale téléphonique installée près du puits est reliée à tous les terminus des lignes desservies par locomotives. Le centraliste tient un tableau avec les heures de départ et d'arrivée des trains et leur composition, ce qui permet de juger à tout instant des besoins en berlines des différents points de chargement.

Enfin, signalons l'usage courant de signaux lumineux ou sonores à simple ou double allumage, ou allumage automatique par pédales, ainsi

que l'emploi de commande automatique ou semi-automatique permettant d'ouvrir à distance les portes d'aérage.

Prix de revient :

a) Amortissement.

Comparaison des quatre systèmes de locos. En prenant le système Diesel comme référence, on peut établir un indice pour chaque genre de traction, indice donnant les frais relatifs de premier établissement (prix 1939).

Type de loco	Air comprimé	Accus	Trolley		Diesel	
Puissance unitaire en HP	21	21	96	15	26	90
Coût par HP utile en service : frs.	15.570	11.300	7.920	6.450	4.800 (a)	3.600 (b)
Indice	3,24 (a)	2,36 (a)	2,2 (b)	1	1	1
Amortiss. loco-poste	58,40	71,00	127,00	17,20	22,20	57,80

L'amortissement par loco-poste est établi en supposant un coefficient d'utilisation journalière de 1,5 et une durée d'emploi de quinze ans.

L'indice des locos à trolley, relevé dans nos mines belges, semble anormalement élevé. C'est dû au fait que ces charbonnages ne comprennent que deux unités en service avec une réserve de 50 %, alors que celle-ci oscille entre 20 et 25 % dans tous les autres cas.

a) Fournitures diverses.

Pièces de rechange et divers (lubrifiants exclus). L'évaluation de ces dépenses demande une grande prudence. Seuls, les chiffres relevés dans les installations fonctionnant depuis de nombreuses années ont une signification.

Les chiffres relatifs à quelques charbonnages belges sont résumés dans le tableau ci-dessous :

Coût des pièces de rechange et divers par loco-poste	Limites frs.	Moyen frs.	Indice
Loco air comprimé	—	20,00	0,57
Loco accumulateurs	38 à 65	51,50	1,48
Loco trolley	—	± 20,65	± 0,59
Loco Diesel	10 à 60	35,00	1,00

Huiles et graisses. — La loco Diesel est un gros consommateur d'huile. La quantité d'huile nécessaire augmente rapidement avec le degré d'usure du moteur. Ce facteur est même plus influent que le pourcentage de marche à vide et le rendement.

Genres de locos	Consommation en lubrifiants en grs/HP poste	Consommation relative
Air comprimé	21,5 grs	0,450
Accumulateurs	4,7	0,098
Trolley	5,4	0,112
Diesel	48,0	1,000

c) Main-d'œuvre d'entretien.

A première vue, la complexité du moteur Diesel incite à établir que ce genre de traction entraîne une main-d'œuvre d'entretien, de loin supérieure à celle qui est demandée par les autres types de locos. Mais il faut tenir compte pour ceux-ci, d'opérations complémentaires telles que : l'entretien des compresseurs et des canalisations, ou la charge des batteries, ou l'entretien du fil de trolley et des contacts à l'éclissage des rails.

De plus, certaines installations nécessitent un personnel de surveillance pour les compresseurs ou les groupes convertisseurs.

Nous avons limité nos observations aux charbonnages de Campine, observations que nous avons transcrites dans le tableau ci-dessous en regard des résultats obtenus dans la Ruhr, les conditions d'exploitation y étant semblables.

Dans la Ruhr, l'entretien des fils de trolley exige une à trois équipes par jour pour un développement de voies de 12 km et la surveillance des jonctions électriques des rails demande cinq à vingt journées d'ouvriers par an et par kilomètre de voie.

Type de loco	BASSIN DE LA CAMPINE		BASSIN DE LA RUHR	
	Nombre de journées d'entretien par loco-poste	Remarques	Nombre de journées d'entretien par loco-poste	Remarques
Air comprimé	0,48	Pour 15 locos et 34,5 loco-postes par jour (Ch. de Beeringen)	0,3 à 0,6 moy. 0,5	Pour installations de 10 à 20 unités en service travaillant à 2 postes
Accus	0,53	Pour 22 locos et 33 loco-postes par jour y compris la charge des batteries (Ch. Limbourg-Meuse)	0,3 à 1	idem
Trolley	0,62	Pour 5 locos et 5 loco-postes par jour sans l'entretien des fils et des rails (Ch. Limbourg-Meuse)	0,2 à 0,45 moy. 0,33	Sans l'entretien des fils et des rails
Diesel	0,5 à 1,5	0,5 à 1 jusque loco 30 HP 1 à 1,5 au delà de 30 HP	0,85 à 1,65 moy. 1,1	idem

d) Main-d'œuvre d'exploitation.

Nous supposons un seul machiniste par locomotive, cette pratique étant la plus répandue.

Dans ces conditions, les salaires d'exploitation et d'entretien n'interviennent que pour 40 à 50 % dans le prix de revient de la t/km U réalisée par locomotive, contre 60 à 66 % dans la traction par câble.

e) Énergie.

La consommation d'énergie dépendra des conditions d'exploitation : pente, sinuosité, résistance au roulement, capacité des berlines et pourcentage de marche à vide.

Le coût de l'énergie sera fonction des conditions économiques du moment et du lieu. En Belgique en 1939, le mazout se vendait 80 cms. le litre et le Kwh produit par une bonne centrale de charbonnage revenait à 20 cms. Par t/km utile, l'énergie se chiffre à cette époque à 3 à 4 cms. pour les Diesel, 3,6 cms. pour les locos électriques et à 18,4 cms. pour les engins à air comprimé, si l'on admet qu'il faut 0,23 Kwh par m³ d'air aspiré comprimé à 200 kg.

f) Prix de revient complet de la t/km utile.

D'après ces quelques données, nous pouvons reconstituer l'ordre de grandeur du coût de la t/km utile moyennant les hypothèses suivantes : période d'amortissement du matériel de quinze ans; coefficient d'utilisation des locos de 1,5; niveau des prix de décembre 1939; prix moyen d'une journée d'ouvrier du fond : 62,50 frs., charges sociales comprises; mazout à 0,80 fr.; le Kwh à 0,20 fr.

Les prix de revient comparatifs des différents genres de locomotives, recueillis en Belgique, sont comparables à ceux établis dans une enquête très étendue sur les mines de la Ruhr. On en déduit que, pour les unités de faible puissance (jusque 15 à 20 HP), les systèmes à accumulateurs et à air

comprimé peuvent rivaliser avec succès au point de vue prix de revient avec les Diesel, tandis que le transport par locos à trolley coûte nettement plus cher (jusque 40 %); pour les unités de moyenne puissance (30 à 40 HP) l'avantage de la loco Diesel sur la loco à trolley devient minime, tandis que la loco Diesel surclasse la loco à air comprimé de 30 % et les machines à accumulateurs de 5 %. Enfin, pour les unités dépassant 75 HP la loco à trolley devient la plus économique; elle coûte 10 à 12 % de moins que la loco Diesel qui reste supérieure de 15 à 25 % aux locos à air comprimé et à accumulateurs. En Belgique, le faible nombre de locos à trolley en service et le pourcentage important d'unités en réserve, grèvent fortement le prix de revient de ce genre de traction et le désavantagent par rapport au Diesel.

Sauf pour la traction à trolley, ces conclusions diffèrent de celles auxquelles aboutissent diverses études sur le prix de revient relatif des différents genres de locomotives. D'après plusieurs auteurs, les systèmes à accumulateurs et à air comprimé coûtent une fois et demie voire même trois fois plus cher que le Diesel.

Cette divergence doit provenir du fait que les installations de Belgique et de la Ruhr, qui ont servi à établir des chiffres comparatifs, comportent toutes plus de douze unités en service; ce qui nous amène à dire que la loco Diesel se prête aussi bien à l'exploitation à petite échelle qu'à grande échelle, tandis que pour être économique, vu l'importance des installations connexes, les systèmes à air comprimé et à accumulateurs demandent un grand nombre d'unités en service et la traction par trolley, des machines de forte puissance.

Enfin, les Diesel demandent des dépenses de premier établissement deux et parfois trois fois plus petites que les autres systèmes, avantage qui est loin d'être négligeable à l'époque actuelle.

Type de locos	D i e s e l						Air comprimé		Accus		Trolley	
	Loco poste	t/Km utile	Loco poste	t/Km utile	Loco poste	t/Km utile	Loco poste	t/Km utile	Loco poste	t/Km utile	Loco poste	t/Km utile
Puissance HP	15		26		90		24		21		96	
Rendement moyen t/Km U.	200		500		1100		500		500		1100	
Prix par	Loco poste	t/Km utile	Loco poste	t/Km utile	Loco poste	t/Km utile	Loco poste	t/Km utile	Loco poste	t/Km utile	Loco poste	t/Km utile
Amortissement	17,20	0,086	22,20	0,074	57,80	0,052	58,40	0,195	71,00	0,236	127	0,115
Rechange	10 à 60	0,050 à 0,50	10 à 60	0,055 à 0,20	10 à 60	0,009 à 0,055	20	0,067	58 à 65	0,127 à 0,217	195	0,175
Lubrifiant	4,20	0,021	7,50	0,024	25	0,022	5	0,010	0,57	0,002	2,8	0,003
Main-d'œuvre :												
Entretien	51,25	0,156	62,50	0,208	95,75	0,086	51,25	0,104	51,25	0,104	58,60	0,035
Exploitation	62,50	0,312	62,50	0,208	62,50	0,057	62,50	0,208	62,50	0,208	62,50	0,057
Energie	8,00	0,04	12,00	0,040	55	0,050	55,20	0,184	10,80	0,036	59,60	0,036
Total	155,15	0,665	176,50	0,587	282,05	0,256	250,55	0,768	214,12	0,715	291,15	0,265
	185,15	0,915	226,50	0,754	552,05	0,502			241,12	0,805	557,15	0,525
Moyenne	158,15	0,79	201,50	0,67	507,05	0,279	250,55	0,768	227,62	0,758	524,15	0,295

En résumé, au point de vue prix de revient, la loco Diesel peut être préconisée dans tous les genres d'installations grandes ou petites, concentrées ou disséminées, et la loco à trolley ne pourra s'employer que pour des trafics importants, suffisamment stables dans le temps et nécessitant des unités de forte puissance.

Rendement énergétique.

Il n'est pas inutile, en ces temps de pénurie d'énergie, de souligner le coefficient d'utilisation énergétique des différents types de locomotives.

Diesel	0,115
Air comprimé	0,013
Accumulateurs - Trolley	0,069

Au point de vue rendement énergétique, le système Diesel surclasse nettement les autres types de tracteurs.

Conclusions.

En voie principale. — En milieu grisouteux, la loco à trolley étant proscrite, le tracteur Diesel s'imposera de plus en plus et éliminera les systèmes à air comprimé et accumulateurs, non seulement parce que ces deux systèmes sont un peu moins économiques, mais parce qu'ils présentent divers désavantages : installation plus compliquée, puissance unitaire et rayon d'action limités. De plus, l'emploi de la loco à accumulateurs dépendra de la législation minière du pays. Cette tendance s'affirme de plus en plus en Europe. Enfin, lorsqu'un petit nombre d'unités est en service, quatre ou cinq par étage par exemple ou moins, la loco Diesel est le seul système d'application au point de vue économique.

En milieu non grisouteux, la locomotive Diesel et la locomotive à trolley sont toutes deux destinées à se répandre.

Mais la traction électrique ne s'indique que dans des conditions bien déterminées : tonnage kilométrique important, unité de forte puissance, durée d'exploitation de la ligne suffisamment longue et revêtement de galerie stable, tandis que la loco Diesel admet une certaine déformation du soutènement des galeries, s'adapte à tous les cas — gros ou petits trafics, voie de faible ou de longue durée, terminus variables — et demande seulement un courant d'air en rapport avec la puissance des machines.

En voie secondaire. — Les locos Diesel et à accumulateurs seront bientôt les seules à être employées, avec prédominance de plus en plus marquée du premier mode de traction.

5. — LE TRANSPORT PAR COURROIES.

En dehors des voies intermédiaires des chantiers, ce mode de transport est utilisé dans les voies de base des chantiers et parfois dans certains tronçons de travers-bancs.

Conditions d'emploi.

Vu son prix de revient relativement élevé, la courroie ne s'indique que dans des conditions bien déterminées :

a) Voies tracées à travers tout avec pente et contre-pente limitée à 18°, chiffre qui peut être augmenté de 20 % par l'emploi de bandes à chevrons. C'est le cas des grands traçages des mines anglaises.

b) Voies en zones de fortes pressions. Le faible encombrement de ce moyen de transport permet une réduction de la section des voies, telle que les recarrages peuvent être supprimés ou fortement réduits. Tel est, entre autres, le cas de nos charbonnages de Campine qui tous, à l'exception d'un seul, utilisent des courroies sur les voies de base des chantiers. Les berlaines ne quittent plus les bacures : 10 à 25 % du tonnage kilométrique total de ces mines relatif aux galeries sont réalisés par des bandes transporteuses.

c) Galeries collectrices, ce qui permet de n'avoir qu'un seul point de chargement sur berlaines.

d) Fort débit ou production moyenne avec fortes pointes horaires.

Dans les trois premiers cas, le tonnage à évacuer doit être suffisant, sinon l'emploi de la chaîne à raclettes ou du couloir oscillant doit être mis en parallèle.

Enfin, la courroie entraîne quelques avantages secondaires : marche silencieuse et continue, diminution du nombre d'accidents dus au transport et, dans le cas de gros tonnage, réduction de la main-d'œuvre à la tonne. En revanche, ce procédé est coûteux et demande notamment des frais élevés de premier établissement.

De plus, le transport du matériel à front est difficile. La pose d'une voie Decauville parallèlement à la courroie exigera souvent un entretien onéreux de la galerie et fera perdre un des grands bénéfices de cette méthode de transport. La bande transporteuse peut être utilisée en marche arrière pour amener le matériel au pied des tailles; cette pratique provoque la détérioration des courroies. Signalons à ce sujet, l'emploi d'un petit téléphérique suspendu tous les trois mètres au soutènement et pouvant transporter 200 kg.

Conclusions.

De l'étude de ce genre de transport, on conclut :

1) En galerie principale, le transport par courroie est nettement plus cher que le transport par locomotive. Une ou plusieurs bandes de 400 m de long débitant 600 t par poste donnent un prix de revient à la tonne kilométrique utile de 2,00 frs. (fig. 7).

Avec des locomotives de 30 HP, on peut réaliser des prix de revient à la t/km utile de 0,70 fr. en supposant un rendement moyen. Si des locos de 90 HP se justifient, ce prix de revient peut descendre jusqu'à 0,28 fr.

2) En galerie secondaire, cet inconvénient peut être compensé par la diminution des frais d'entretien du soutènement.

A Beeringen (Campine), on estime que le remplacement des berlaines par des courroies sur les voies de niveau des chantiers, a ramené le pourcentage du personnel du chantier affecté à l'entretien des voies de 8 % à 2 %, soit pour un chan-

tier qui occupe 150 hommes par jour, une économie de 9 hommes.

Comme dans la mine la sécurité de marche et la diminution du personnel sont souvent recherchées avant tout, la courroie sera préférée à la locomotive vu la difficulté de recarrer les voies sans interrompre ou gêner le trafic.

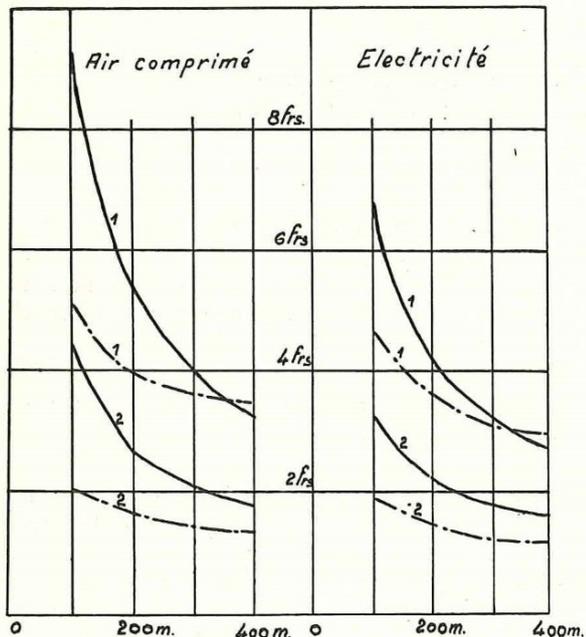


Fig. 7. — Variation du prix de revient de la t/km en fonction de la longueur de la courroie (prix 1939) :

- 1. — Pour un débit de 400 t/poste.
- 2. — Pour un débit de 1.000 t/poste.
- — Cas théorique.
- - - Cas pratique.

3) Au point de vue sécurité, la courroie est supérieure aux autres systèmes de transport et l'extension de son emploi prouve une nette diminution des accidents de roulage.

En résumé, la courroie est devenue un moyen de transport en voie indispensable dans beaucoup d'exploitations, mais son emploi ne se justifie que dans des conditions bien déterminées et sera toujours limité.

4. — CONCLUSIONS GENERALES.

Peut-on dire que tel ou tel mode de transport domine et est destiné à éliminer les autres ? Non, car chaque moyen a des conditions d'emploi bien caractérisées. Toutefois, la locomotive puissante et rapide s'imposera de plus en plus dans les grandes bagnes et les voies principales et s'attribuera ainsi la grosse part des transports souterrains. En corollaire, la tendance à augmenter raisonnablement la capacité des berlines s'affirmera.

Dans les voies secondaires, les différents moyens de transport — locomotive, trainage par câbles, courroies — se rencontreront et se justifieront suivant les conditions locales de production : méthodes d'exploitation, allure du gisement, durée de la voie et surtout pression de terrain. Enfin, la suppression des berlines et l'adoption exclusive de la courroie resteront des cas d'exception.

L'évolution des transports dans les mines belges a suivi et suit toujours cette tendance générale. Comme les statistiques le montrent, plus de 84 % des transports en galeries sont mécanisés et dans le bassin campinois les 100 % sont atteints, résultats heureux dont nous pouvons être fiers en raison des difficultés particulières à notre pays : profondeur des exploitations, gisement pauvre et tourmenté, pression de terrains non négligeable, etc...

Les quelques essais tendant à doubler la capacité des wagonnets s'amplifieront en Campine et dans les grandes unités résultant de la concentration de mines.

Le chemin qui reste à parcourir dans ce domaine n'est pas bien grand et les résultats acquis à l'heure présente garantissent que l'avenir sera digne du passé et que les transports souterrains ne seront jamais une entrave au développement des exploitations charbonnières belges.

Ondergronds Vervoer in België

SAMENVATTING.

Sedert 25 jaar werd het ondergronds vervoer in de hoofdstegen geleidelijkerwijze gemechaniseerd. Op het huidig ogenblik is het vervoer in de steengangen voor meer dan 84 % gemechaniseerd, terwijl dit in het Kempisch bekken voor 100 % het geval is.

In België treedt, zoals in het buitenland, het overwicht van de locomotieftractie in het licht door de gestadige toename der verhouding van het aantal ton/kilometer vervoerd door locomotieven,

evenals door het toenemend aantal eenheden in dienst.

Terzelfdertijd stelt men een merkelijke vooruitgang vast in de constructie der mijnwagens waarvan de capaciteit zoals elders vergroot, alhoewel in mindere verhoudingen.

Tenslotte nam het gebruik van transportbanden in de hoofdgalerijen eveneens uitbreiding, maar blijft beperkt daar hun gebruik zich slechts in zeer bepaalde ontginningsvoorwaarden wettigt.