

SUR UNE MÉTHODE RATIONNELLE d'Exploitation de l'Ardoise

PAR

EDM. DELCOURT

Ingénieur

Nous nous proposons, par la présente note, de décrire une méthode d'exploitation de l'ardoise non employée et très peu connue en Belgique, utilisée dans les exploitations d'ardoise que nous dirigeons et qui, perfectionnée en ces derniers temps, nous a donné des résultats économiques très sérieux. Nous ajouterons à cette description quelques considérations qui nous paraissent intéressantes sur l'évolution de la production ardoisière.

Le méthode que nous allons décrire est basée sur l'emploi du fil hélicoïdal pour le sciage des phyllades ardoisiers en place. L'application du fil hélicoïdal au sciage des calcaires en place est loin d'être une nouveauté; tous les carriers et exploitants de marbre connaissent les variantes sans nombre de ce procédé pour l'extraction à ciel ouvert des marbres et calcaires. Nous ne mentionnerons que pour mémoire les belles applications qui ont été faites dans la région de Carrara (Italie), particulièrement lorsque, après perfectionnement de la poulie pénétrante de Monticolo, il fut possible d'étendre très largement le champ d'action du fil hélicoïdal en roche.

Les lecteurs qui désireront se documenter à ce sujet consulteront avec fruit les sources ci-après :

PELLATI. — Dispositions capables d'étendre et de faciliter l'usage du fil hélicoïdal pour la taille du marbre en roche. Congrès International des Mines et de la Métallurgie de 1900. (Bulletin de la Société l'Industrie Minérale, Tome XIV, IV^e livraison).

A. HABETS. — Le matériel des mines à l'exposition de Paris. (Revue Universelle des Mines, 3^{me} série, Tome LVI.)

FROMHOLT, FÉLIX. — Le sciage des roches par le fil hélicoïdal. (Paris 1914.)

L'HOIR. — Le fil hélicoïdal et ses applications. — Renard et Villain à Hornu.
 DE GENNES. — L'exploitation mécanique dans les carrières des E. U. ;
 (Revue Industrielle de l'Est du 7 février 1904).

Jusqu'en 1895, le procédé de sciage des roches en place à l'aide du fil hélicoïdal avait été réservé aux roches calcaires. Ce fut en 1895 que commença l'essai de cette application aux phyllades ardoisières, dans les exploitations que nous dirigeons, et à ciel ouvert, par notre prédécesseur M. Fieuzet, Ingénieur des Arts et Manufactures. Celui-ci présenta la méthode à l'exposition de Paris 1900. Elle y fut très remarquée, à tel point que l'Inspecteur Général des Mines des districts ardoisières du Pays de Galles M. G. LE NEVE FOSTER envoya l'un de ses ingénieurs des Mines M. J. WILLIAMS procéder à une étude sur place. Cette étude sommaire, publiée dans les « Reports of G. Le Neve Foster, H. M. Inspector of Mines to His Majesty's Secretary of State for the House Department » (London 1901) fut résumée par A. HABETS dans son étude sur le Matériel des Mines à l'Exposition de Paris 1900, étude ci-dessus signalée.

Le procédé d'abatage à l'aide du fil hélicoïdal, d'abord appliqué à ciel ouvert, fut employé ensuite en souterrain; il donna lieu à des résultats intéressants. Malheureusement, des éboulements dus au trop grand développement des chambres et par suite des surfaces sciées (celles-ci atteignirent jusque 50 mètres de longueur) entravèrent le développement de la méthode et nuisirent au crédit de celle-ci. Il est évident que la question de l'application du fil était intimement liée à celle des dimensions des chambres d'exploitation et des piliers; le fait d'éboulements de chambres dont la surface dépassait, sans soutènement, 750 mètres carrés dans des couches en dressants n'avait rien qui pût surprendre, mais n'entachait en aucune façon l'excellence de la méthode. Actuellement, nous avons repris l'emploi du procédé, abandonné ou peu s'en faut pendant la guerre; nous l'avons appliqué sans accident pendant plus de deux ans, avec diverses variantes, mais avec des résultats économiques et techniques qui ont dépassé toute espérance; nous avons comparé ces résultats à ceux donnés par les méthodes anciennes d'exploitation. Nous croyons que ces résultats sont assez intéressants pour justifier publication et pour engager dans la même voie d'essai et d'application les exploitants d'ardoises.

Avant de passer à la description du gisement et de la méthode nous croyons devoir donner, pour ceux de nos lecteurs qui ignorent

tout des questions d'ardoises, quelques détails sur la fabrication de ces dernières.

L'ardoise que nous sommes accoutumés à voir employer comme moyen de couverture est extraite à l'état de blocs de phyllade de formes et de dimensions variables, par tous les procédés décrits dans les cours d'exploitation des mines sous la rubrique générale « Exploitation des gîtes sédimentaires de faible valeur ». Les blocs, une fois sortis de la mine, sont confiés à une catégorie d'ouvriers spécialistes dénommés « fendeurs » qui, au moyen d'outils divers, scies, coins, ciseaux de longueur et forme appropriées aux dimensions du bloc et à la nature de la pierre, débitent celle-ci en lamelles d'épaisseur variable, correspondant à la dimension de l'ardoise qu'ils se proposent d'obtenir (l'épaisseur est, en effet, variable suivant la grandeur du modèle fabriqué). Une fois le bloc divisé en lamelles, les fendeurs passent ces lamelles, individuellement, à des machines à gabarit ou à repères, dites machines à tailler, mues par volant, levier ou pédale, qui taillent l'ardoise aux dimensions les plus convenables. Il importe qu'un fendeur apprécie rapidement quelles dimensions d'ardoises il tirera du bloc qui lui est soumis, en tenant compte des défauts de celui-ci, lesquels peuvent lui imposer un morcellement du bloc; l'épaisseur qu'il donnera aux lamelles dépend de l'appréciation préliminaire de ces dimensions. Une fois l'ardoise « refendue » il importe aussi qu'il juge du premier coup d'œil sur quels crans du gabarit porté par la machine à tailler il va placer l'ardoise de façon à obtenir le plus de surface utile et le moins de déchet possible.

Le travail de l'extraction de la pierre et celui du fendage sont absolument distincts; les chantiers de fendage sont très souvent éloignés des chantiers d'extraction au point que les ouvriers fendeurs connaissent à peine leurs confrères mineurs.

L'industrie ardoisière est une de celles qui donne, en passant du produit brut au produit fabriqué, le plus grand déchet. On compte généralement que les ardoisières françaises fournissent, en ardoises fabriquées, 17 à 22 % du tonnage total abattu dans la couche même de phyllade. Si l'on considère d'une part que le prix de revient d'extraction constitue en général $\frac{2}{3}$ du prix de revient total, le prix du fendage n'intervenant que pour $\frac{1}{3}$ et, d'autre part, que le fendage est dans l'immense majorité des cas une opération qui se fait aux pièces, on constate qu'il y a le plus grand intérêt à perfectionner les procédés de travail, de façon à accroître le rendement final en ardoises et à diminuer surtout le prix de revient d'extraction.

Description et caractères du gisement. — Le gisement exploité par la Société Industrielle des Pyrénées (Marbres et Ardoises, Bagnères de Bigorre) est situé à Labassère, Département des Hautes Pyrénées, à 10 kilomètres environ à l'ouest de Bagnères de Bigorre, dans la région vallonnée qui forme contrefort du Pic du Midi de Bigorre et du Mont Aigu. Il est constitué de phyllades d'âge indéterminé (silurien ou secondaire : aucun fossile) légèrement calcaireux, quelque peu pyriteux; la pyrite se trouve à l'état de cristaux cubiques inclus dans la masse, et sous forme de plaques de tout petits cristaux dans les fentes naturelles. Ces phyllades constituent 4 bancs principaux, séparés par des intercalations stériles au point de vue fabrication de l'ardoise pour toiture, ces intercalations étant un calchiste dur et résistant. La figure 1 indique la disposition des

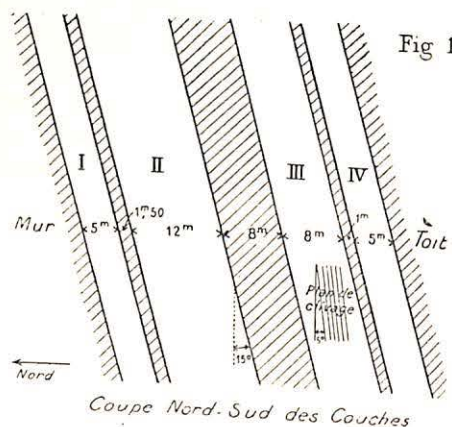


Fig 1

couches de phyllade ardoisier. Nous ferons grâce aux lecteurs des noms locaux de ces bancs et les indiquerons par les numéros I, II, III, IV.

La direction des couches est sensiblement est-ouest, parallèle à la chaîne des sommets des Pyrénées. L'inclinaison des bancs est très régulièrement de 75 %

pied sud dans toute l'étendue de l'exploitation.

Ainsi que cela a été constaté également dans la plupart des gisements d'ardoises belges ou autres, le plan de fissilité principal a une orientation très constante, indépendante du pendage et de la direction des couches. Ce plan fait un angle de 5° pied sud avec la verticale, soit de 10 % environ avec le pendage; il fait, avec la direction des couches, un angle de 10° environ dans toute l'étendue du gisement. Cette circonstance est, comme on le verra par la suite, de grande importance pour la pratique du sciage au fil. Il est remarquable, et c'est là un caractère assez commun dans tous les gisements ardoisiers, que le plan de fissilité est plus fixe que celui des couches lui-même; cela semble corroborer l'hypothèse, vérifiée par les expériences de M. Max LOHEST, que le clivage est une propriété

physique provenant plus du sens des pressions supportées par les couches que des conditions mêmes de leur sédimentation.

Il y a, comme dans tous les schistes ardoisiers, un second plan de clivage, assez apparent, sensiblement perpendiculaire au premier et vertical.

Le schiste en place est en outre morcelé par des fissures diverses, orientées dans toutes les directions. Les parois de ces fissures sont parfois recollées par des effets de concrétion ou dépôt (calcite, pyrite de fer, carbone), mais d'une façon générale ces fissures parallèles ou normales à la direction des couches sont des solutions de continuité; leur disposition détermine la forme et les dimensions maxima des blocs de schiste qu'il est possible d'extraire. Nous attirons ici l'attention du lecteur sur ce fait que les cassures diffèrent essentiellement de ce que l'ardoisier appelle le clivage. Le clivage est une propension naturelle de la pierre à fendre suivant des directions sous l'influence d'agents extérieurs; mais il est rarement une cause de rupture de la roche en place, lors de l'extraction, malgré la violence des chocs subis par la masse; la cassure qui, dans la plupart des cas, peut être rapprochée ou bien de la faille géologique ou bien de ce que les marbriers appellent « le fil » du marbre est au contraire toujours la solution de continuité dangereuse qui réduit la dimension des plaques qu'il est possible d'extraire. Dans le cas qui nous occupe, les fils et cassures, quoique nombreux, sont relativement espacés et il n'est pas rare de pouvoir extraire des blocs présentant une surface sans cassure de 30 à 40 décimètres carrés.

L'ensemble des couches constituant le gisement traverse, suivant la direction est-ouest, une colline de 300 mètres environ de hauteur au-dessus du niveau des vallées; l'inclinaison du flanc de la colline aux lieux d'exploitation étant de 30° en moyenne, et dépassant souvent cette inclinaison, des travaux de reconnaissance assez superficiels ont permis de repérer le passage des couches sur les flancs de la colline et ont favorisé au début l'exploitation à ciel ouvert.

Exploitation. — Celle-ci, qui a débuté il y a plusieurs siècles, s'est bornée d'abord à l'ouverture des carrières à ciel ouvert au flanc de la colline; il fut reconnu, dès que l'exploitation eût pris la forme industrielle, que les méthodes de travail à ciel ouvert, si développées et perfectionnées qu'elles pussent être, offraient de graves inconvénients; les plus sensibles étaient l'importance des travaux de découverte et l'interruption de travail dû aux intempéries; les

carrières se trouvant à l'altitude de 754 mètres environ dans un endroit exposé aux bourrasques, les neiges étaient, pendant l'hiver, un sérieux obstacle au travail, provoquaient le chômage et empêchaient le recrutement et la stabilisation d'une main d'œuvre habile. Ces inconvénients principaux amenèrent bientôt l'abandon des méthodes surannées et décidèrent à tenter l'exploitation souterraine.

Nous ne croyons pas devoir entrer dans la description détaillée de toutes les méthodes qui furent employées; nous les signalerons cependant et nous décrirons ensuite, pour servir de base de comparaison, avec quelques détails, la méthode à ciel ouvert qui nous a donné les meilleurs résultats économiques.

Ciel ouvert : 1° Méthode par gradins droits échelonnés, progressant dans le sens de la direction des couches, prenant donc celles-ci toutes à la fois;

2° Méthode par gradins droits échelonnés, progressant dans le sens perpendiculaire à la direction des couches, prenant donc celles-ci l'une après l'autre;

3° Même méthode que le 2° avec préparation méthodique du chantier, découpage par des coupes perpendiculaires à la direction des couches.

Souterrain : 1° Méthode par chambres prises en descendant sous voûte, au besoin renforcée par une voûte en maçonnerie, avec déblayage complet, les déblais étant évacués par des ouvertures à flanc de côté;

2° Méthode dite d'Angers, par chambres prises en montant mais avec remblayage complet, et sciage au fil.

Afin de permettre une comparaison aisée de la méthode la plus perfectionnée à ciel ouvert avec la méthode la plus perfectionnée de souterrain, il est nécessaire de donner quelques explications sur le procédé d'abatage du schiste ardoisier.

En principe, l'usage d'explosifs et surtout d'explosifs brisants doit être proscrit au cours de l'exploitation même de l'ardoise et limité autant que faire se peut dans les travaux préparatoires qui sont au contact de l'ardoise. D'expériences auxquelles nous nous sommes livrés il résulte qu'un coup de mine chargé de 200 grammes de cheddite fait perdre à la pierre d'ardoise toutes ses qualités de fessilité dans un rayon de 0^m,50 au moins autour du trou. Si celui-ci a une profondeur de 1 mètre on voit que le volume de pierre qui doit

être considéré comme perdu pour l'exploitation est de 1^m3,200 environ soit 3.000 kilogs environ en poids. Si le coup de mine est chargé de dynamite gomme, l'effet de la détonation fait perdre à la pierre sa fessilité dans un rayon de 1 mètre environ autour du trou, ce qui provoque une perte de pierre de 5^m3,300 soit environ 14 tonnes.

Nous admettons que le creusement à l'aide d'explosifs peu brisants, d'une galerie de 1,60 × 1,20 en masse (en travers des couches), fait faire perdre par mètre courant de galerie environ 3^m3,300 de pierre en dehors de celle extraite par le creusement même, par suite de la détérioration complète de la pierre aux abords des trous de mine. La pierre influencée par les coups de mine (brûlée suivant l'expression des ouvriers) a perdu sa fessilité et gagné en fragilité; elle se brise normalement au clivage principal, dans le sens du second plan de clivage avec la plus grande facilité.

Ces considérations montrent qu'il est très important d'éviter l'emploi des explosifs pour l'abatage. Dans ces conditions la méthode à ciel ouvert qui s'est révélée la plus pratique et la plus économique, qui évite le plus possible les déchets est la suivante, que nous avons expérimentée dans un chantier assez important. (Méthode 3° à ciel ouvert.)

Supposons réalisé le front de taille en gradins droits progressant normalement à la direction des filons (fig. 2). La hauteur qui s'est

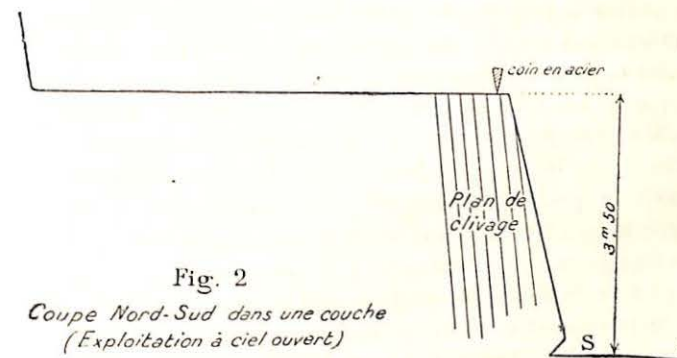


Fig. 2

Coupe Nord-Sud dans une couche
(Exploitation à ciel ouvert)

montrée la plus pratique à l'exploitation est celle de 3^m,50. Une équipe d'ouvriers armés de pics aigus, analogues au pic des mineurs belges, mais à manche plus long, creuse une sous-cave au pied du gradin, en S, sur une profondeur de 25 centimètres environ, en morcelant la pierre en petits éclats et en poussière, sur toute la longueur

du gradin. Ce havage terminé, les ouvriers, montant sur le plan supérieur du gradin, introduisent des coins dans les fils du banc de phyllades ou, à défaut de cassure appropriée, suivant un plan de clivage, de façon à renverser le bloc havé. Il va de soi que cette opération, qui nécessite une rupture latérale quelquefois facilitée par la présence de fils, est loin d'être aisée et qu'il est souvent nécessaire de faciliter le détachement latéral du bloc par des havages verticaux. Le bloc une fois bien détaché sur toutes ses faces et renversé, on procède à son débitage en morceaux convenant au transport et à la manutention sur les chantiers de fendage. La chute a souvent amené la division du bloc en pièces limitées par les fils; on le débite suivant les plans de clivage en plaques de 8 à 10 centimètres d'épaisseur au plus, dont les dimensions en surface dépassent rarement 40 décimètres carrés. Sous cette forme, les pièces débitées, aisément maniables par un ou deux hommes, sont envoyées aux ateliers de fendage ou a lieu la confection de l'ardoise.

Le travail le plus pénible est évidemment le havage creusé au pied; le prix de revient de ce travail, avec des salaires de l'ordre de fr. 1.50 l'heure est d'environ 50 francs par mètre carré. Nous avons vainement tenté de mettre aux pièces ce travail; la profondeur du havage ne dépassant pas 0^m,25 et cette profondeur étant assez irrégulière et de mesurage difficile, les contestations sur le mesurage donnaient lieu à trop de difficultés pour permettre l'établissement d'un marché aux pièces. Un inconvénient sérieux de ce travail de havage est la perte de pierre due à la grande hauteur de la rainure creusée; cette hauteur ne pouvant être moindre que 20 à 25 centimètres, il en résulte une perte de 7 % environ du seul fait du havage. Un autre inconvénient est la difficulté de détacher, latéralement, le bloc havé au pied. Cette difficulté est telle que l'on a été amené à dégager la couche sur deux faces perpendiculaires à sa direction par des tranchées normales à celle-ci. Pour creuser ces tranchées, on procédait à l'aide d'explosifs; on donnait à la tranche une largeur de 1^m,50, juste nécessaire pour permettre le déblaiement aisé et une hauteur égale à la hauteur du gradin. Les deux tranchées sont distantes d'environ 15 mètres (c'est cette dimension qui s'est montrée la plus favorable au détachement des blocs sous-cavés) délimitant ainsi, avec la surface supérieure de la couche, un parallélépipède dont l'extraction était aisée, moyennant creusement de la sous-cave progressant dans l'épaisseur de la couche au fur et à mesure de l'enlèvement de la masse.

Nous avons eu l'occasion d'expérimenter cette méthode de préparation très méthodique en la perfectionnant par l'emploi de l'air comprimé et de marteaux perforateurs pour le creusement de tranchées, sur une couche dégagée d'une épaisseur de 10 mètres. Nous donnons ci-après le résultat pratique de cette expérience. Il est nécessaire pour l'apprécier de bien remarquer que le travail de découverte et de dégagement de la couche est supposé exécuté et que le prix de revient établi ci-après ne tient nul compte de ce travail; nous tenons à faire observer également, ce que les lecteurs accoutumés aux prix de revient miniers constateront d'ailleurs, que les postes d'amortissement du matériel et de consommation de force motrice paraissent faibles; cela résulte de ce que les installations de force motrice par turbines hydrauliques font partie intégrante de nos carrières et que, à part le mécanicien affecté à l'entretien et au service des installations de fourniture d'énergie, cette dernière ne coûte guère.

Cela étant posé, le prix de revient de la pierre prête à être renversée puis débitée (ces deux dernières phases du travail non comprises) s'établissait comme suit dans l'expérience que nous avons exécutée :

Creusement de deux tranchées latérales de 1^m,50 de largeur sur 3^m,50 de hauteur :

Main-d'œuvre et explosifs : Travail aux pièces, les salaires moyens des ouvriers ressortant à 2 francs l'heure et les explosifs cheddite et dynamite étant payés sur la base de fr. 6.50 et 8.50 le kilogramme :

$2 \times 10 = 20$ mètres à 120 francs le mètre . fr. 2.400.—

Amortissement du matériel hydraulique et du matériel d'air comprimé, force motrice et consommations diverses. Pour 340 heures d'utilisation à fr. 3.35 fr. 1.140.—

Havage du pied (avec l'aide éventuelle de marteaux piqueurs) :

$15 \times 10 = 150$ m² à 50 francs le mètre carré . 7.500.—

Fr. 11.040.—

Cubage de pierre préparée pour être abattue et ensuite débitée, déduction faite de la pierre « brûlée » au contact des recoupes latérales et de 0^m,20 environ de hauteur de sous-cave :

$10 \times 14 \times 3,30 = 462$ mètres cubes.

Prix de la préparation (débitage non compris) :

$$\frac{11.040}{462} = \text{fr. } 23,90 \text{ le mètre cube.}$$

Dans l'expérience en question nous avons constaté que 70 % du tonnage réel de pierre abattue était livré aux ateliers de fendage ; ces ateliers recevaient donc, dans le cas présent :

$$462 \times 0,70 \times 2,750 = 889 \text{ tonnes de pierre.}$$

Et les fendeurs obtenaient de cette livraison environ 43 % en poids d'ardoises soit :

$$889 \times 0,43 = 382 \text{ tonnes d'ardoise.}$$

Il s'en suit donc que si l'on tient compte de la quantité de pierre détruite lors du creusement des tranchées latérales, le rendement réel en ardoise fournie par la couche est :

$$\frac{382}{18 \times 3,50 \times 10 \times 2,750} = 22 \%$$

Le prix de la préparation du chantier, découverte et débitage final non compris, ressortait donc à :

$$\frac{11040}{382} = \text{fr. } 28,90 \text{ par tonne d'ardoise produite.}$$

Le rendement total de 22 % obtenu par cette réparation méthodique est supérieur au rendement moyen constaté dans les exploitations françaises. On admet généralement que le rendement moyen de celles-ci est de 17 à 22 % (1).

Cette élévation du rendement total provient de la préparation minutieuse du chantier, du dégagement sur quatre faces et du havage sur une cinquième face de la masse à abattre.

La méthode que nous venons de décrire a été suivie, avec diverses variantes résultant des contingences locales, par tous les exploitants à ciel ouvert d'ardoise. Dans certains cas, l'abatage s'attaque par la tranche des couches et non pas par leur plan ; on peut ainsi éviter le creusement de tranchées en plein massif d'ardoise. Mais d'une

(1) Voir notamment Leconte-Denis. — L'Ardoise.

façon générale, le principe des méthodes d'exploitation à ciel ouvert reste le même : dégager autant que possible la masse à débiter. L'expérience a prouvé qu'aucun travail préparatoire fait dans ce but, même onéreux, n'était perdu ; l'économie réalisée lors de l'abatage, l'accroissement du rendement en ardoise fabriquée, compensent largement la dépense faite lors de la préparation.

La méthode ci-dessus décrite, que nous n'avons expérimentée que par suite de la nécessité d'exploiter un massif de pierre restant au ciel ouvert, avait déjà été employée il y a quelque cinquante ans, sans perforation mécanique, dans nos ardoisières. Elle fit place à une exploitation souterraine par chambres prises en descendant, sans remblayage. Ces chambres avaient 15 à 20 mètres de longueur et s'étendaient dans les filons II et III (la masse stérile séparant ces filons étant laissée intacte et servant de pilier). Les remblais étaient évacués par des ouvertures percées vers le ciel ouvert. Il est aisé de concevoir que cette méthode donnait les plus mauvais résultats économiques ; en effet, pour dégager un bloc sur un nombre suffisant de faces, il était nécessaire de creuser des tranchées en descendant le long de deux ou de trois faces de la chambre ; ce creusement de tranchées en descendant, avec évacuation des débris du fonçage était onéreux ; aussi la méthode, avantageuse à certains égards par suite de la possibilité d'exploitation en toute saison, fut bientôt abandonnée.

Méthodes par chambres prises en montant, avec remblayage complet et sciage par le fil hélicoïdal. — Les premiers essais d'application du fil hélicoïdal au sciage de la roche en place, procèdent de l'idée d'exécuter avec ce fil, les tranchées destinées à dégager les couches suivant des sections normales à leur direction ; en somme, d'exécuter avec le fil de sciage les tranchées de dégagement.

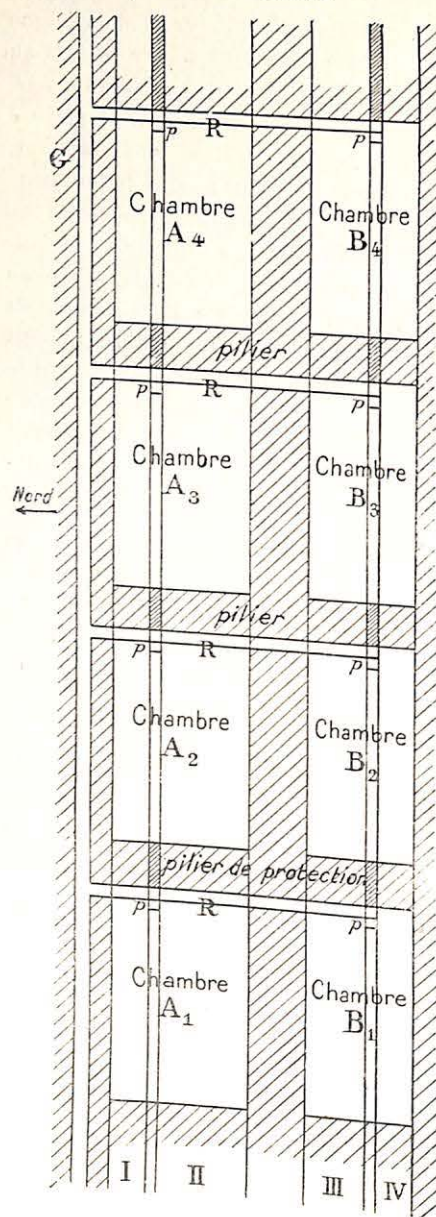
Nous passerons sous silence les diverses étapes de l'évolution de ces applications pour nous en tenir à la description de la méthode définitive de travail, actuellement pratiquée et qui paraît réaliser le maximum de sécurité, de rendement, et le minimum de prix de revient.

C'est une méthode d'exploitation par tranches successives prises en montant, avec remblai complet, analogue en ce qui concerne le plan général d'exploitation, à celle qui est décrite dans les cours d'exploitation des mines (1). Elle diffère cependant totalement en ce

(1) Voir Habets, Denoël, Haton de la Goupilière.

Fig. 3
Plan de l'exploitation au niveau de
la première tranche
Echelle 1/1000

Rem. Les épontes, piliers et stériles laissés
en place sont hachurés.



qui concerne l'exécution même de ce plan, par l'emploi du fil hélicoïdal pour le sciage des tranches successives.

Cette exploitation a débuté par le creusement, à flanc de coteau à la cote 730 mètres, parallèlement aux couches et dans le mur de celles-ci, à deux mètres environ de distance, d'une galerie maîtresse destinée à servir de galerie de roulage, d'épuisement et d'entrée d'air. A partir de cette galerie maîtresse G (voir fig. 3), des recoupes principales R furent creusées, traversant complètement les couches exploitables et délimitant vers l'Est les chambres à tracer. Vu la trop grande largeur totale du groupe de couches et les difficultés qu'aurait causées la nécessité d'abattre la puissante intercalation stérile qui sépare les groupes de deux couches, il fut décidé de créer deux groupes de chambres séparées par cette intercalation stérile et dénommées chambres A (couches I et II) et chambres B (couches III et IV).

A 20 mètres environ de hauteur au-dessus du niveau 730 mètres soit à la cote 750 mètres il fut créé un réseau de galerie mai-

trasse et de recoupes presque semblable à celui existant au niveau de 730 mètres; la galerie maîtresse de ce réseau supérieur sert de galerie de retour d'air. Par suite de la déclivité de la colline et surtout de l'existence d'une profonde coupe dans celle-ci due aux anciens travaux à ciel ouvert, la galerie principale d'aérage est moins longue que la galerie de roulage. Les deux réseaux de galeries de roulage et d'aérage sont réunis par des puits creusés suivant l'inclinaison des couches, dans la partie stérile séparant les deux couches de chaque chambre. Ces puits p, ont une section de 1^m50 × 1 mètre. Ils servent à la circulation des hommes, à la descente des produits et au passage des fils de sciage venant de la surface même, par le ciel ouvert et par le réseau des galeries de retour d'air.

L'ouverture d'un nouveau groupe de deux chambres comporte donc les opérations de traçage ci-après :

1° Prolongement des galeries maîtresses de roulage et d'aérage de la longueur nécessaire soit de 33 mètres dans l'état actuel de l'exploitation, 5 mètres étant la largeur du pilier et 28 mètres la longueur totale de la chambre;

2° Creusement de travers-bancs recoupant les couches aux deux niveaux inférieur et supérieur, jusqu'à l'intercalation stérile séparant les couches III et IV, ces travers bancs étant situés à la limite vers l'Est des chambres.

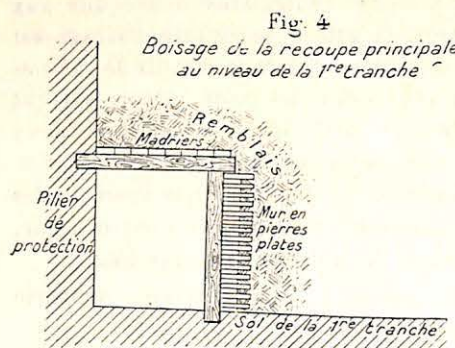
3° Creusement des puits de communication dans chacune des deux futures chambres, ces puits étant placés dans la partie stérile.

Nous reviendrons plus loin sur la question de l'ouverture même d'une chambre, c'est-à-dire sur l'exploitation de la première tranche, au niveau de la galerie de roulage; l'exploitation de cette première tranche est plus coûteuse que celle des autres tranches; mais comme elle est le point de départ de l'exploitation d'une série de cinq tranches (sans compter celles qu'il est possible de prendre au-dessus du niveau d'aérage), il convient de répartir les frais supplémentaires d'ouverture sur la totalité des tranches prises à partir d'un même traçage.

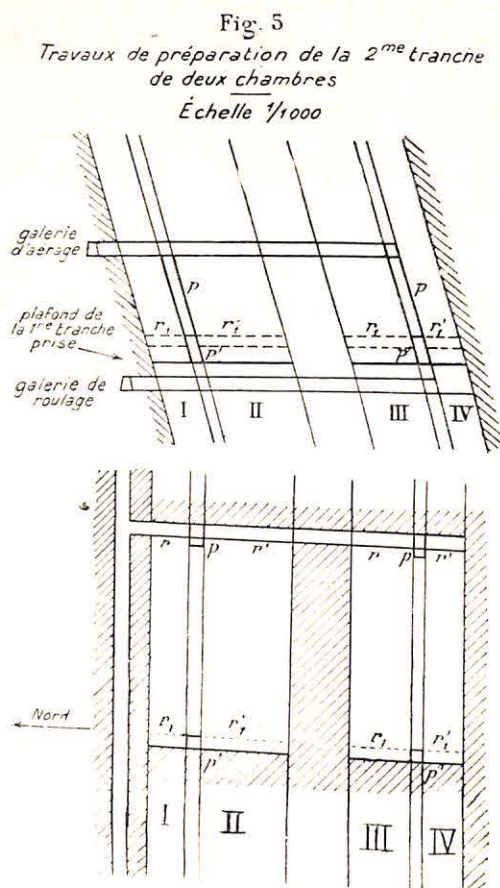
Considérons donc une chambre dans laquelle la première tranche a été prise et décrivons la méthode d'exploitation et d'abatage.

L'enlèvement de la première tranche a laissé un vide de 3^m,50 de hauteur, d'une longueur de 28 mètres et d'une largeur de 18^m,50 environ, partiellement rempli de débris laissés par l'exploitation précédente. La première opération est le boisage du travers bancs qui,

par la suite va être recouvert de déblais ; ce boisage se fait de façon très soignée au moyen de demi cadres du type ci-contre (fig. 4) les chapeaux sont potelés en ferme dans le pilieret recouverts de planches



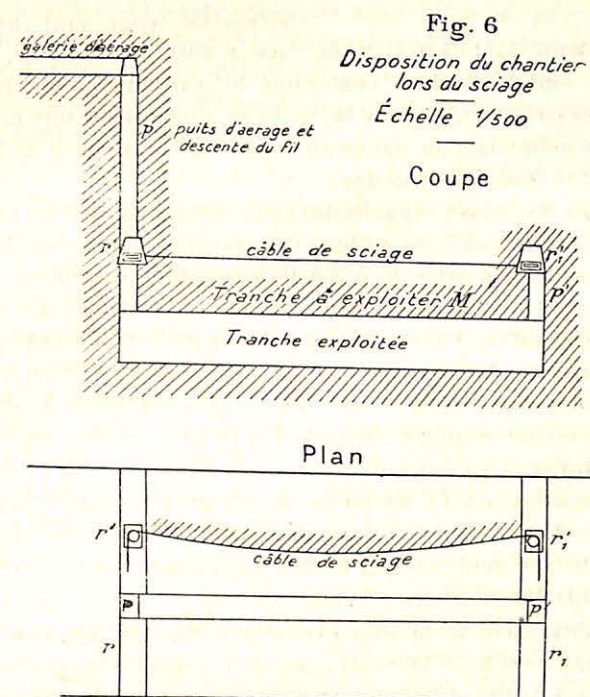
de 3 centimètres au moins de façon à réaliser un toit que les remblais ne traverseront pas. Des murs en pierre plate sont édifiés le long des montants et parfois même la construction d'un tel mur, aisée à l'aide de schistes plats provenant de l'exploitation, permet d'éviter de placer des montants.



On creuse ensuite, à l'extrémité ouest de la chambre, dans la partie stérile, un puits p' , qui fait le pendant du puits p , mais qui n'atteint que 3^m,50 de hauteur, c'est-à-dire la hauteur de la tranche à abattre, (voir fig. 3 et 5). A partir du sommet de ce puits p' et dans le puits p à la même hauteur de 3^m,50 au dessus du plafond de la tranche déjà prise, on creuse des recoupes r_1 et r_1' , r et r' , traversant les couches.

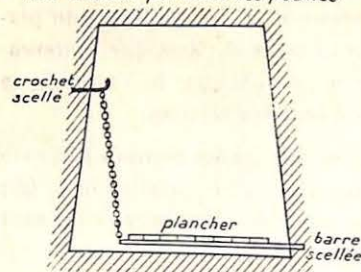
Sur toute la longueur de la chambre, à partir des puits p et p' on abat l'intercalation stérile sur la hauteur de 3^m,50 au-dessus du plafond de la première tranche. Ce travail est aisé parce que l'intercalation, différente au point de vue minéralogique de l'ardoise, se détache assez facilement des couches d'ardoises voisines.

On installe ensuite dans les recoupes les châssis destinés à servir de support pour les ponies de fil hélicoïdal. Cette installation se fait comme l'indique les fig. 6 et 7. Des bouts de voie Decauville sont



installées sur un plancher qui, détail très important, ne repose pas sur le sol de la recoupe mais est suspendu par des barres ancrées dans le ferme d'une part, suspendues par des tringlages d'autre part, de telle façon que lors de l'affaissement de la masse M que l'on se propose de détacher par sciage, il n'y ait pas rupture du plancher.

Fig. 7
Détail de la fixation du plancher supportant la voie de glissement des châssis porteurs des poulies



Le châssis est constitué d'un truck très simple, en fers cornières, glissant sur les rails de la voie; des barres de renforcement du truck, traversant celui-ci en son milieu, portent les crapaudines amovibles dans lesquelles tournent les axes de la poulie.

Les châssis sont pourvus d'un treuil à noix, composé d'une vis hélicoïdale engrenant avec un pignon denté dont l'axe porte la roue à noix. Une chaîne, passant sur cette roue, s'attache à l'extrémité de la recoupe, à une barre de fer scellée en ferme, de telle façon qu'en agissant sur une manivelle de la vis hélicoïdale on donne au truck un mouvement de translation vers le fond de la recoupe.

Une fois les châssis supports des poulies installés dans les recoupes, on applique le câble de sciage. On emploie généralement comme câble de sciage un câble de 5 à 6 millimètres de diamètres composé de 3 fils n° 15 ou n° 16 en acier de haute résistance. Le câble de sciage vient du ciel ouvert, pénètre par les galeries d'aérage, descend par le puits sur des poulies à gorge, passe sur les châssis à poulies horizontales et, revenant par un chemin parallèle à son trajet d'entrée, retourne au ciel ouvert. Un chariot tendeur est intercalé sur son trajet.

L'application du fil de câble de sciage nécessite un outillage spécial dont on doit généralement se procurer les éléments principaux dans les maisons spécialistes d'outillage pour carrières. Les pièces importantes de cet outillage sont :

Pour l'extérieur de la mine (dans l'hypothèse où le moteur actionnant le câble est à ciel ouvert) : pylones, supports de poulies orientables dans toutes directions de préférence à rotule, poulies ordinaires, poulies pour chariot tendeur.

Pour l'intérieur de la mine, supports étauçons à vis de réglage, très faciles à appliquer dans les galeries de dimensions normales et qui, une fois mis en place, ne doivent plus même être vérifiés que pour régler, éventuellement, la direction des poulies. Ces supports étauçons peuvent supporter jusqu'à quatre colliers servant de porte-poulies à rotule.

Ce matériel est de très longue durée; les supports étauçons et pylones peuvent servir indéfiniment; les poulies s'usent à l'usage mais on emploie des poulies à jante très haute et étroite (généralement 80 millimètres $\times$ 25 millimètres). Lorsque la gorge creusée dans la poulie par le passage du fil est trop profonde, il est parfois nécessaire de rafraîchir la jante par un tournage; c'est là une opération que tout atelier de réparation normalement outillé peut faire. L'axe des poulies tournant dans deux crapaudines en fonte, il est à conseiller de mettre des graisseurs à graisse consistante sur ces crapaudines; on évite ainsi l'usure des axes et crapaudines et on diminue la force motrice nécessaire à la conduite du fil. Les poulies de rechange peuvent s'approvisionner aisément à bas prix chez tous les fondeurs, car elles sont généralement moulées au trousseau. Il y a grand intérêt à standardiser tout le matériel en employant, à l'intérieur comme à l'extérieur, des types uniformes de colliers, poulies, crapaudines, graisseurs, etc.

Le câble de sciage étant monté, on peut commencer le sciage; à l'aide des treuils des chariots on applique le câble contre la paroi à scier, on met le câble en marche et on alimente d'un mélange de sable et d'eau; au fur et à mesure de l'avancement du fil on avance les chariots supports de poulie. Quelques précautions d'ordre pratique sont essentielles pour obtenir un bon sciage et éviter les accidents :

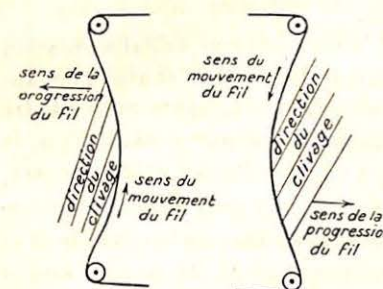


Fig. 8

1° Sens du mouvement du câble. — Ce sens dépend de la direction des plans de clivage; la figure 8 indique le sens qu'il est nécessaire d'adopter suivant le sens de l'avancement des chariots et celui des clivages.

2° Vitesse de translation du fil. — La vitesse optimum de translation est de 4^m,50 par seconde; c'est celle qui s'est révélée la plus favorable pour obtenir un bon sciage.

3° Type et qualité du câble. — Cette question a donné lieu à de nombreux essais. Il s'est montré, en conclusion de ces essais, que le meilleur câble était composé de 3 fils n° 15, diamètre total 5,2 millimètres, câblage très court, le plus court qu'il soit possible au constructeur de réaliser sans porter préjudice à la résistance de l'acier. Celle-ci doit être de 120 kilogrammes par mètre carré au moins. La fabrication des usines de Chatillon Commentry en France, a donné les meilleurs résultats; mais il ne manque pas en Belgique d'usines fournissant d'excellents câbles de sciage. Il est très important, avant mise en marche, ou après réfection d'une épissure, que le câble de sciage soit parfaitement dressé après avoir été placé sur les poulies. En effet, pendant la pose et pendant la confection de l'épissure, souvent aussi, pour un câble neuf, pendant le déroulement, il se produit des « croques », c'est-à-dire que le fil est plié sous un angle très obtus; si ce pli est laissé pendant le fonctionnement, il constitue une source d'usure notable et de rupture fatale. Le dressage se fait aisément à l'aide d'une pince à machoires spéciale, mais cette opération doit être faite par un ouvrier très consciencieux.

4° Alimentation en eau. — Elle ne doit pas être trop abondante, pas plus que pour le sciage des calcaires; il est très aisé de former un manœuvre quelconque à ce travail. Ce manœuvre installe son bac d'alimentation sur le chariot portant la poulie. Point n'est besoin d'un matériel spécial; un vieux fût à huile ou à carbure, de préférence, découpé à mi-hauteur, suffit; un morceau de tôle mince ou de zinc permet de fabriquer la rigole dans laquelle on dépose, au fur et à mesure des besoins, le sable de sciage; une conduite d'eau installée dans la galerie d'aérage amène dans les chantiers l'eau nécessaire à l'entraînement du sable.

5° Avancement des chariots. — L'ouvrier chargé de l'alimentation du fil en eau et sable est aussi chargé de donner aux chariots l'avancement nécessaire pour réaliser une pression suffisante du fil contre la roche. Il donne quelques coups de manivelle au treuil placé sur le chariot même, treuil à noix dont la chaîne d'attache, s'enroulant, opère la tension désirée. Le sciage se faisant sur une longueur de 25 mètres, parfois 28 mètres, le câble prend une flèche, dans le plan horizontal de sciage, qui, pour une longueur de 28 mètres, atteint près de 1 mètre. Par suite du décollement des couches au contact des épontes, cette flèche donne rarement lieu à perte de pierre.

Au fur et à mesure du sciage, la masse de pierre, n'étant plus retenue que par ses faces latérales, en dessous des galeries même de

recoupe, rompt ces attaches latérales et s'affaisse sur les remblais de la tranche précédente. Il est parfois nécessaire (c'est assez rare d'ailleurs) de provoquer la chute à l'aide d'un « pétard », soit une charge d'une demi-cartouche de poudre noire comprimée ou de cheddite placée aux extrémités de la masse récalcitrante.

Une fois la masse de pierre détachée on procède à son débitage à l'aide des outils normaux du débiteur, sans qu'il soit nécessaire de faire un havage; la chute de la masse se produisant par épaisseurs de 1 à 2 mètres à la fois, les débiteurs sont protégés par les blocs déjà tombés et le sciage se prolonge sans que les ouvriers occupés au débitage et au transport soient le moins du monde exposés à danger.

Une fois le sciage terminé pour l'une des couches qui constitue la chambre, on déplace les chariots porteurs des poulies, on démonte leurs planchers et les rails sur lesquels ils glissent et tous ces engins sont placés dans les recoupes qui se trouvent en face des précédentes pour exécuter le sciage de l'autre couche constituant, avec la première, la totalité de la chambre.

L'avancement normal du sciage, en tenant compte des accidents-toujours possibles (ruptures de fil, coincements dûs à la chute de blocs faisant cloche au dessus du fil) est toujours suffisant pour permettre de dépasser très notablement la vitesse à laquelle se fait l'évacuation des blocs sciés. Lorsqu'aucun accident ne se produit, l'avancement du sciage est de 35 centimètres environ par journée de 8 heures, ce qui correspond à une production de pierre de 100 tonnes. Il est impossible à l'équipe d'ouvriers normalement occupée dans une telle chambre d'arriver à débiter journellement plus de la dixième partie de cette quantité. On voit donc que, une fois le sciage en action, la question de la réserve de pierre nécessaire pour les débiteurs ne se pose même pas.

Le débitage sur place est grandement facilité par un bon éclairage. Généralement celui-ci est réalisé par 3 ou 4 lampes de 400 bougies par chambre.

Le remblayage se fait avec les pierres de mauvaise qualité abandonnées dans les chambres, avec celles provenant du creusement des recoupes, et éventuellement de terres rapportées de l'extérieur par les galeries d'aérage. L'avantage d'un bon remblayage saute aux yeux; il facilite les travaux préparatoires en permettant aux ouvriers occupés à ces travaux d'atteindre facilement leurs galeries; il évite que les blocs tombant lors du sciage s'enfoncent trop profondément

dans les déblais. Signalons en passant que c'est là un des principaux défauts de la méthode d'exploitation de l'ardoise par tranches prises en montant sans remblayage telle qu'elle se pratique encore dans beaucoup d'exploitations angevines; les blocs détachés de la masse, pesant plusieurs centaines de tonnes, s'enfoncent très profondément dans les déblais qui forment sol de la chambre et il est nécessaire d'employer de puissants moyens mécaniques pour les en arracher; le débitage sur place qui est une des caractéristiques de la méthode décrite est d'une application bien difficile lorsque les blocs sont enfoncés d'un mètre et plus dans les déblais.

Le transport des pièces débitées, prêtes pour le fendage, se fait par des puits *p.* Un compartiment de ceux-ci est aménagé en glissière le long de laquelle on laisse glisser les plaques de schiste. Une fois dans les recoupes inférieures, au niveau de la galerie de roulage, les produits sont enlevés sur des wagonnets qui sont de simples trucks avec plate forme.

Tous les travaux préparatoires sont exécutés pendant la nuit. Nous avons ainsi évité l'inconvénient des fumées dues aux explosifs pendant les postes de jour et nous avons réalisé la meilleure utilisation possible de la force motrice. Celle-ci sert pendant le jour en sciage et pendant la nuit à l'actionnement des compresseurs.

L'ouverture même de la chambre, c'est-à-dire l'exploitation de la toute première tranche nécessite des travaux un peu plus compliqués que l'exploitation des autres tranches. Généralement on scie le plan inférieur de cette tranche de la même façon que le plan supérieur, et l'on donne aux recoupes comme à la foncée la même hauteur de 3^m,50 que la tranche. Pendant le sciage du plan inférieur de la première tranche, il arrive, dans ces conditions, que la masse vienne à tomber et à écraser le fil; en ce cas on scie aussitôt le plan supérieur et l'on exploite ce qui est scié et tombé avant de continuer le sciage.

Evidemment le sciage et l'exploitation de la première tranche durent plus longtemps que ceux des autres tranches successives. Le nombre des montages de fils que l'on peut appliquer sur une même installation de force motrice pouvant être limité, il se peut que l'on ait intérêt à ne pas immobiliser par des arrêts nombreux l'un des montages de fil. C'est pourquoi dans certains cas il peut y avoir avantage à ne scier que la face supérieure de la tranche; on gagne ainsi du temps et on évite de laisser des travaux préparatoires importants improductifs.

Résultats économiques de la méthode :

Nous avons procédé à une étude assez approfondie des résultats de la méthode.

Avant de l'exposer il est nécessaire de compléter les données générales que nous avons fournies plus haut sur la fabrication même de l'ardoise.

Notre étude est basée sur les prix en vigueur sur le marché français à la fin de l'année 1920, et sur les salaires payés à cette époque.

Il existe un nombre considérable de modèles d'ardoises et nous étonnerons peut être le lecteur en déclarant que nos ardoisières produisent environ cinquante modèles différents. Comme la fabrication de ces modèles, à partir de la pierre extraite mise à disposition des fendeurs est payée aux pièces, chaque catégorie doit faire l'objet d'une comptabilité spéciale qui complique assez bien les services de fabrication.

Avant la guerre, la tendance générale des exploitants d'ardoise était la fabrication des modèles dits français, flamands, belges, luxembourgeois, etc... tous de dimensions relativement réduites. Les principaux de ces modèles avaient les dimensions ci-après : (avec quelques variations locales dues aux usages de la construction) :

Grands modèles.	324 × 222 millimètres
1 ^{re} Carrée.	297 × 216 »
2 ^e Carrée.	297 × 195 »
Grande moyenne.	297 × 180 »
Petite moyenne.	297 × 162 »
Flamande.	270 × 162 »
3 ^e Carrée.	243 × 180 »

et quelques modèles plus petits encore.

Les dimensions variaient d'ailleurs par pays et même, dans certains pays, par régions.

Tous ces modèles étaient d'un emploi presque exclusif dans la construction des habitations; ils étaient moins employés pour les bâtiments industriels pour lesquels, aux ardoises des types ci-dessus, on préférerait des modes de couverture sans voligeage, tels que la tuile et le fibro-ciment, ces derniers matériaux pouvant se poser sur simples lattes, clouées sur les chevrons.

Il fut bientôt employé, surtout en Angleterre, des types d'ardoises de plus grandes dimensions que les précédents, se posant à l'aide de crochets sur lattes; ces types furent dénommés modèles anglais. Ils sont d'un emploi général, presque exclusif, dans le Royaume Uni et dans ses colonies, notamment en Australie. Les principaux modèles anglais sont les suivants :

N° 1	640 × 360 millimètres	
2	608 × 360	»
3	608 × 304	»
3A.	558 × 304	»
4	558 × 279	»
5	508 × 254	»
6	458 × 254	»
6A.	458 × 228	»
6B.	406 × 254	»
6C.	406 × 228	»
7	406 × 203	»
7A.	355 × 228	»
8	355 × 203	»
9	355 × 177	»
10	304 × 165	»
11	360 × 254	»
12	304 × 203	»

A part l'usage des crochets au lieu de clous, ces ardoises se posent sur toitures dans les mêmes conditions que les modèles français, c'est-à-dire avec des recouvrements considérables qui limitent la surface réellement utile à 1/3 environ de la surface totale de l'ardoise employée.

La nécessité d'économie dans la construction industrielle, nécessité qui se faisait sentir beaucoup plus avant la guerre, amena l'emploi des modèles carrés. Ceux-ci, qui se posent également à l'aide de crochets, après avoir été convenablement écornés, à la façon du fibrociment, réalisent une couverture très économique, les recouvrements étant réduits au strict minimum, les lattes étant à écartement relativement grand et le nombre de crochets étant plus faible à surface égale qu'avec la plupart des modèles anglais. Ces modèles carrés offrent évidemment, comme le fibrociment, l'inconvénient de se rompre plus aisément vu la réduction du recouvrement et celui de causer des « gouttières » plus importantes que les modèles à recou-

vrement; la forme du modèle d'ailleurs canalise les eaux vers le trou éventuel. Mais pour halls industriels et hangars par exemple, où une fuite ne peut causer des dégâts aussi importants que dans un bâtiment d'habitation, les modèles carrés, malgré leurs inconvénients, sont préférés par raison d'économie.

Les principaux modèles carrés sont les suivants :

Carré.	400 × 400 millimètres	
»	360 × 360	»
»	330 × 330	»
»	300 × 300	»
»	254 × 254	»

Avant la guerre, les modèles anglais et les modèles carrés ne trouvaient guère faveur en Europe occidentale; les ardoisières françaises avaient bien entrepris la fabrication des premiers à la faveur de l'extension prise à une certaine époque par la construction en Angleterre et dans ses colonies; mais lorsque cette crise de construction se fut calmée, les ardoisières du continent, dont le personnel, stylé à la fabrication relativement aisée des modèles anglais n'aurait admis qu'avec difficulté de fabriquer des modèles français nécessitant un travail plus long et moins rémunéré, ces ardoisières, dis-je, furent handicapées par celles qui produisaient les modèles français.

Après la guerre, l'élévation des frets ajouta son effet à ses causes et il parut un instant que la fabrication des grands modèles dût devenir une cause de ruine pour les ardoisiers.

Cependant, dès que la reconstruction des régions dévastées commença, les conditions du marché des ardoises se transformèrent. La pénurie des matériaux de couverture entra pour une large part dans cette transformation économique; les consommateurs n'ayant, par suite de cette pénurie, plus trouvé possibilité d'imposer leur choix au producteur, se sont vu imposer par celui-ci les modèles dont il disposait. Les exploitants qui produisaient les grands modèles anglais n'ont pas eu de peine à les placer; les modèles carrés, convenablement écornés trouvèrent également débouché facile; pour ces derniers, la concurrence du fibrociment qui s'utilise presque exclusivement à l'état de modèles carrés a tourné à l'avantage de l'ardoise et n'a pas peu contribué à faire tomber certaines préventions à l'égard des modèles carrés. Il ressort de cette situation nouvelle,

créée par le besoin intense de couvertures, que la clientèle réclame actuellement de préférence les modèles anglais et carrés, dont les premiers ont, en tous cas, l'avantage de constituer des couvertures bien plus durables.

Pour l'ardoisier, il ne fait aucun doute que la fabrication et la vente de grand modèles d'ardoises est plus avantageuse que celle des petits modèles. Les raisons en sont :

- 1° Utilisation plus parfaite de la pierre ;
- 2° Prix de vente plus élevé ;
- 3° Prix de fabrication proportionnellement moins élevé.

Afin de le montrer de façon plus tangible, nous avons résumé dans le tableau ci-après quelques données relatives aux caractéristiques de quelques modèles d'ardoises qui, par leurs dimensions, peuvent être considérés comme prototypes; ces modèles, choisis parmi la série de 40 dimensions que produisent presque toutes les ardoisières bien outillées, sont d'un emploi commun. Les cinq premiers appartiennent à la série dite des modèles français, dont l'emploi est courant en Belgique, France, Allemagne, Hollande, à quelques variantes de dimensions près. Les cinq suivants appartiennent à la série dite des modèles anglais dont l'emploi est particulièrement étendu en Angleterre. Les modèles n^{os} 1, 3, 4 et similaires appartiennent à la catégorie des très grands modèles auxquels il a été très difficile d'accoutumer les consommateurs du continent. Les cinq derniers modèles sont des modèles carrés :

	Dimensions	Épaisseur	Poids de mille	Prix de vente en francs		Prix de fabrication		Marge de bénéfice par tonne sur le prix de fabrication
				par 1,000	par tonne	par 1,000	par tonne	
Gd Modèle 1/2 fort	324 × 222	3 à 3 1/2	540	206	381	43.75	81.—	300.—
1 ^{re} Carrée forte	297 × 216	3 à 3 1/2	500	190	380	31.50	63.—	317.—
2 ^e Carrée . . .	297 × 195	3 à 4	450	154	342	26.25	58.25	283.75
Flamande . . .	270 × 162	2 1/2 à 4	350	82	234	14.85	42.20	191.50
3 ^e Carrée . . .	243 × 180	id.	350	78	223	14.—	40.—	183.—
Anglais n ^o 1 . .	640 × 360	4 à 6	3000	1200	400	122.50	40.80	359.20
— 3 . . .	608 × 304	id.	2400	920	383	100.—	41.50	341.50
— 4 . . .	558 × 279	id.	2000	736	368	79.—	39.50	328.50
— 6 . . .	458 × 254	3 1/2 à 5	1300	472	363	61.50	47.25	315.75
— 7 A . . .	355 × 228	id.	850	304	358	45.50	53.25	304.75
Modèles carrés .	400 × 400	4 à 6	2000	800	400	96.—	48.—	352.—
— — . . .	360 × 360	3 1/2 à 5	1400	660	471	93.—	66.—	405.—
— — . . .	330 × 330	id.	1100	512	466	77.—	70.—	396.—
— — . . .	300 × 300	id.	900	392	435	56.—	62.—	373.—
— — . . .	254 × 254	id.	650	252	388	40.—	64.05	320.50

Les colonnes successives donnent les dimensions et le poids approximatif par mille de ces modèles.

Deux colonnes indiquent le prix de vente par mille et le prix de vente à la tonne, prix basés sur les cours en vigueur à la fin de l'année 1920. Le premier seul de ces prix (prix au millier d'ardoises) est commercial ; le second résulte d'un calcul.

Deux autres colonnes indiquent les prix de fabrication par mille ardoises et par tonne.

On sait, comme nous l'avons dit plus haut, que dans l'immense majorité des cas, l'opération du fendage est faite aux pièces par des ouvriers spécialistes. Ces ouvriers reçoivent la pierre extraite de la mine ; en ayant pris livraison ils en tirent des modèles divers. Naturellement, le prix aux pièces de ce travail dit « prix de fabrication »

varie notablement suivant le modèle fabriqué. Mais, d'une façon générale, ces prix de fabrication, étudiés depuis de nombreuses années avec le plus grand soin, sont tels que l'ouvrier a intérêt à utiliser le plus parfaitement, avec le moins de déchet possible, la pierre qu'il lui est confiée. Si l'on ajoute à cette considération celle que l'ouvrier, spécialiste de formation exceptionnellement longue et ardue, suit, par propension naturelle, la loi du moindre effort, on comprend que, à moins de mauvaise volonté ou d'insuffisance de capacité, il finit par s'établir entre l'intérêt de l'ouvrier et celui de l'industriel un état d'équilibre qui, moyennant des prix bien étudiés, conduit à un rendement maximum. C'est ce qui a été réalisé après de longs tâtonnements dans les exploitations anciennes telles que celle qui nous occupe.

Le prix de fabrication est, comme le prix de vente, indiqué par mille ardoises et par tonne d'ardoise produite.

Enfin une dernière colonne indique l'écart entre le prix de vente et le prix de fabrication par tonne de produit fini.

Cette dernière colonne montre nettement l'avantage qu'il y a pour le producteur à produire des grands modèles, de préférence aux petits. L'intérêt de l'ouvrier concorde d'ailleurs avec celui du patron; pourvu qu'une pierre de belles dimensions soit mise à sa disposition, l'ouvrier a intérêt à en tirer les plus grands modèles possibles. Il est même nécessaire de comprimer cet intérêt dans certaines limites pour éviter l'exagération des salaires.

L'examen du tableau ci-dessus montre que, dans une même catégorie de modèles, français, anglais ou carrés, le bénéfice à la tonne de l'exploitant diminue en même temps que diminuent les dimensions du modèle. Une seule exception saillante de cette règle paraît être le modèle carré 400/400 dont la fabrication est moins avantageuse que celle des modèles 360/360, 330/330 et 300/300. Cette anomalie apparente résulte de ce que la clientèle européenne n'est pas encore bien initiée à l'emploi des grands modèles carrés (d'un emploi cependant courant en Italie et en Autriche) et qu'il a été nécessaire de consentir pour ce modèle un prix de vente relativement réduit et d'en limiter la production au bénéfice de modèles carrés plus petits.

A part cette exception, la règle que nous énonçons plus haut se vérifie assez bien dans toutes les catégories de modèles. L'avantage du producteur est encore plus marqué si l'on tient compte de la faiblesse relative du pourcentage de déchets dû à la fabrication de modèles plus grands.

L'avantage principal de la méthode que nous avons exposée réside dans ce que la pierre, moins morcelée que dans les méthodes de travail généralement suivies, est plus apte à fournir de grosses quantités de modèles avantageux à l'exploitant.

Nous indiquons ci-après les résultats d'une expérience que nous avons poursuivie pendant deux années, sur la production de chantiers exploités uniquement par le moyen du fil hélicoïdal, expérience qui porte sur un tonnage total de près de 5,000 tonnes de produits fabriqués. Les proportions du tonnage des divers modèles signalés dans le tableau ou de modèles analogues au point de vue dimensions et prix, ont été les suivantes :

Grands Modèles.	19,2	
1 ^{re} Carrée	4,8	
2 ^e Carrée.	2,1	
Flamande	1,4	
3 ^e Carrée.	0,9	
Totales des modèles français		28,4
Modèles anglais n° 1 et analogues .	1,4	
» 3 A et 4 »	3,2	
» 5 »	5,6	
» 6 »	5,9	
» 7 »	4,3	
» 7 A »	5,6	
Total des modèles anglais		26,0
Modèles carrés 400/400	8,5	
» 360/360	19,2	
» 330/330	9,6	
» 300/300	7,5	
» 254/254	0,8	
Totales des modèles carrés.		45,6
Total général.	100,0	100,0

Si l'on rapproche ce tableau de celui qui fournit les marges de bénéfice possible par tonne d'ardoise, on constate que la production des modèles particulièrement avantageux est poussée à l'extrême limite des possibilités.

Un autre critérium permet d'ailleurs d'apprécier que le procédé de sciage par fil fournit une plus grande quantité d'ardoises de

grandes dimensions. C'est le poids moyen de l'ardoise fabriquée. Avant la guerre le poids moyen du millier d'ardoises, tel qu'il ressortait des statistiques officielles était de 4 à 500 kilogrammes. Dans nos exploitations, le poids moyen correspondant des ardoises fabriquées est de 900 kilogrammes environ, leur épaisseur étant conforme à celle des autres exploitations.

Prix de revient d'exploitation par la méthode de sciage au fil.
— Pour comparer avec certitude la méthode souterraine à celle que nous avons considérée comme la meilleure pour l'exploitation du ciel ouvert, nous avons fait une étude du prix de revient de sciage, puis du prix de revient d'exploitation. En voici les résultats :

Prix de revient du sciage : (Chambre B5 : Couches III et IV) :

Longueur de fil utilisée : 2,000 mètres.

Composition : 3 fils d'acier clair n° III, n° 15.

Longueur du sciage : 29,60 — 3 mètres = 26^m,60 (29^m,60 étant la longueur totale de la chambre).

Épaisseur totale sciée au fil : 13 mètres.

Surface sciée : $13 \times 26^m,60 = 345 \text{ m}^2 \text{ 80.}$

Durée du travail de sciage : 300 heures.

Force motrice : 4 1/2 HP.

Dépenses :

Consommation de sable : 5 m ³ à 55 francs le m ³ = . fr.	275
Câble de sciage : 300 kilogrammes à 2,55 francs = . .	765
Main d'œuvre : Montage du fil =	400
» Conduite du fil =	450
Force motrice : 300 heures à fr. 1.50 =	450

Total = 2,340

Prix de revient du sciage par mètre carré :

$$\frac{2.350}{345,8} = \text{fr. 6,77}$$

Prix de revient d'exploitation d'une tranche :

Creusement de deux puits de 3^m,50 de hauteur; main-d'œuvre et explosifs, travail aux pièces, les explosifs étant payés par l'entrepreneur sur la base de 8 francs le kilogramme et les salaires moyens ressortant à 2 francs l'heure :

$$2 \times 3,50 = 7 \text{ mètres à 180 francs le mètre} = . \text{ fr. } 1,260$$

Creusement des recoupes :

$$2 \times 13 = 26 \text{ mètres à 120 francs le mètre} = . . 3,120$$

Creusement de la foncée :

$$26^m,60 \text{ à 80 francs le mètre} = 2,128$$

Amortissement du matériel hydraulique et d'air comprimé :

$$600 \text{ heures à fr. 3,35} = 2,010$$

$$\text{Sciage (voir détail plus haut)} = 2,340$$

Fr. 10,858

Cube de pierre *abattue*, déjà morcelée par la chute, prête à être débitée, déduction faite de la partie brûlée au contact des recoupes :

$$13 \times 26,60 \times 3,50 = 1,210 \text{ mètres cubes.}$$

Prix de la préparation (abatage compris) :

$$\frac{10858}{1210} = \text{fr. 8,98 par mètre cube.}$$

Dans nos expériences, nous avons constaté que 70 % du tonnage réel de pierre ainsi *abattue* était livré aux ateliers de fendage; ces ateliers recevaient donc :

$$1210 \times 0,70 \times 2750 = 2329 \text{ tonnes de pierre}$$

et les fendeurs obtenaient de cette pierre environ 48 % en poids d'ardoise, soit :

$$2329 \times 0,48 = 1117 \text{ tonnes d'ardoise.}$$

Si l'on tient compte de la quantité de pierre détruite lors du creusement des recoupes, le rendement réel en ardoise fournie par la couche est :

$$\frac{1117}{29,6 \times 13 \times 3,5 \times 2,750} = 30 \text{ \%}$$

Le prix de la préparation du chantier (débitage final non compris) ressort à :

$$\frac{10858}{1017} = \text{fr. 9,73 par tonne d'ardoise produite.}$$

On remarquera que nous avons, avec intention, négligé de tenir compte des travaux d'approche, galeries d'attaque nécessaires pour

atteindre le chantier, et des travaux de préparation de la première tranche, qui sont toujours plus onéreux que ceux des tranches successivement prises au-dessus de cette première. Mais nous estimons après évaluation, que ces travaux, reportés sur l'exploitation de nombreuses tranches, sont beaucoup moins coûteux que ceux qui résultent dans la plupart des cas de la découverte d'un gisement à ciel ouvert et que nous pouvons comparer les résultats ci-dessus à ceux que nous a donnés l'exploitation à ciel ouvert (voir plus haut). Le résultat de cette comparaison est résumé ci-après :

	Prix de revient de la préparation par tonne d'ardoise	Rendement total en ardoise de la couche
Ciel ouvert avec méthode de préparation la plus complète fr.	28,90	22,00 %
Souterr. par chambres prises avec sciage par fil.	9,73	30,00 %

Cette comparaison, qui résulte d'une étude portant sur une période de temps assez longue et une production relativement importante est tout à l'avantage du système de sciage. Elle montre que la méthode de sciage au fil procure non seulement un accroissement du rendement total de 17 % environ, mais aussi une diminution du prix de revient très notable.

Nous ajouterons à ces constatations pratiques, évaluables en chiffres, quelques considérations générales qu'avaient déjà fait valoir M. l'Inspecteur Général des Mines C. Le Neve Foster et M. le Professeur A. Habets dans leurs rapports mentionnés au début de cet article :

1° *Economie d'explosifs.* — Si l'on compare cette méthode par tranches prises en remontant et sciées au fil à la même méthode par tranches prises en remontant à l'aide d'explosifs on constate une économie très forte d'explosifs. C'est ainsi que dans nos carrières nous employons en moyenne 270 kilogrammes d'explosifs par millier de tonnes d'ardoises fabriquées, tandis que dans les ardoisières ou le détachement des blocs de la voûte se produit à l'aide des explosifs seuls, on arrive à 1,000 kilogrammes et plus d'explosifs par millier de tonnes d'ardoises;

2° *Réduction des accidents.* — Non seulement les accidents dus à l'usage des explosifs sont réduits mais les accidents dus aux chutes

de pierres sont eux-mêmes très rares. On sait que la substitution de la méthode par tranches prises en montant aux méthodes anciennes avait déjà été un sérieux progrès au point de vue sécurité. On conçoit que la même méthode combinée à l'emploi du câble de sciage donne des résultats encore supérieurs. En fait, pour un total de 350,000 heures-ouvriers de travail de fond, sur lesquelles ont porté nos expériences, il n'est pas survenu un seul accident, même matériel, dû aux chutes de pierre. Si l'on considère que le travail de débitage de la pierre s'exécute dans des chambres dont la dimension atteint 28×15 mètres sans aucun moyen de soutènement, on doit admettre que l'absence d'éboulement est un critérium certain de l'excellence de la méthode;

3° *Moindre perte de pierre.* — Les chiffres de rendement moyen indiqués ci-dessus, très supérieurs à ceux constatés dans les meilleures ardoisières françaises, en témoignent;

4° *Diminution du coût proportionnel des travaux préparatoires.* — Voir les chiffres produits. L'économie des travaux de préparation atteint 68 % par rapport à la méthode du ciel ouvert.

Nous laisserons de côté les avantages accessoires résultant de ce que la pierre extraite, de la meilleure qualité, donne moins de déchets, dont l'enlèvement hors des chantiers de fendage constitue un poste non négligeable du prix de revient; l'économie résultant de ce que les débris de l'extraction restent sur place dans les chambres etc...

Nous croyons que la description ci-dessus et l'exposé des avantages principaux de cette méthode originale auront suffi à démontrer que l'on trouverait avantage à ce qu'elle fût employé dans bien d'autres gisements ardoisiers.

Bagnères de Bigorre, février 1921.