

DU GRISOU.

RECHERCHES SUR LES CAUSES DE SA PRÉSENCE,
DESCRIPTION DES CIRCONSTANCES DE SON GISEMENT ET DE SON
DÉGAGEMENT DANS LES MINES DE HOUILLE,

PAR

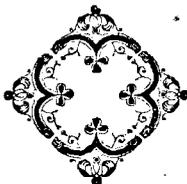
Renier MALHERBE,

Sous-Ingénieur, attaché au service spécial de la carte générale des Mines
de Belgique,

Membre correspondant de la Société des Sciences, des Arts
et des Lettres du Hainaut.

*Extrait des Mémoires de la Société des Sciences, des Arts et des Lettres
du Hainaut.*

Médaille en vermeil au Concours de 1862-63.



Librairie Polytechnique de A. DECQ.

BRUXELLES
9, RUE DE LA MADELAINE,



LIÈGE
6, RUE DE LA REGENCE.

MONS,
IMPRIMERIE DE DEQUESNE-MASQUILLIER,
Éditeur de la Société des Sciences du Hainaut.

1866.

DU GRISOU

Tout exemplaire, non revêtu de la signature de l'auteur,
sera réputé contrefait, et le contrefacteur poursuivi.

Le droit de traduction est réservé à l'auteur.

DÉPOSÉ.

DU GRISOU

RECHERCHES SUR LES CAUSES DE SA PRÉSENCE ,
DESCRIPTION DES CIRCONSTANCES DE SON GISEMENT ET DE SON
DÉGAGEMENT DANS LES MINES DE HOUILLE ,

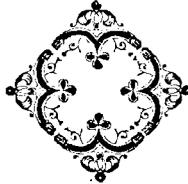
PAR

Renier MALHERBE,

Sous-Ingénieur, attaché au service spécial de la carte générale des Mines
de Belgique,
Membre correspondant de la Société des Sciences, des Arts
et des Lettres du Hainaut.

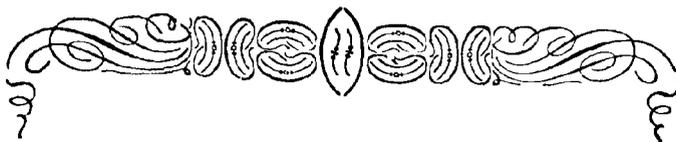
*Extrait des mémoires de la Société des Sciences, des Arts et des Lettres
du Hainaut,*

Médaille en vermeil au Concours de 1862-63.



MONS ,
IMPRIMERIE DE DEQUESNE-MASQUILLIER,
Éditeur de la Société des Sciences du Hainaut.

1866.



CHAPITRE I.

INTRODUCTION.

Lapides crescunt ; vegetalia crescunt et vivunt ; animalia crescunt, vivunt et sentiunt. Tel est l'aphorisme de Linnée, dont l'admirable laconisme résume toutes les grandes phases de la création. Si les végétaux naissent et vivent, ils se modifient pendant leur existence, en suivant une loi générale de la nature ; l'animal naît, vit, éprouve des sensations ; il subit donc des transformations, indépendantes des règles naturelles, selon les impressions qu'il ressent, les milieux qui l'environnent. L'écorce terrestre seule, git ou l'a placée la main du Créateur, sans durée autre que celle des siècles, sans modification concernant son développement ou l'acquisition de propriétés nouvelles. En sondant toute la profondeur de ce mot, *lapides crescunt*, en étudiant l'immense formation des roches et des bassins, les lois qui ont dû y présider, les phénomènes qu'on y découvre, on comprend le vide des théories destinées à motiver la présence des gaz renfermés dans l'enveloppe de notre sphère, la petitesse des moyens

de génération qu'on leur affecte, et l'on se laisse entraîner insensiblement à admettre, après en avoir fait une étude sérieuse que l'homme n'a rien à faire intervenir pour expliquer ces phénomènes, et qu'il doit uniquement en rechercher la cause dans les circonstances et les conditions où s'est produite la création du globe. Pénétré de cette idée, nous l'avons discutée, nous nous sommes demandé si, indépendamment des considérations philosophiques elle était admissible pour tous les cas possibles, si les exceptions et les objections qu'on pourrait lui présenter étaient fondées ou apparentes, et nous sommes arrivé à conclure quelle est la seule rationnelle, la seule admissible.

La question de savoir qu'elles sont les causes de la présence du gaz hydrogène protocarboné dans les mines a fait jusqu'ici l'objet d'études consciencieuses ; mais, comme nous venons de le laisser pressentir, on a établi théorie sur théorie ; on a fait intervenir des réactions chimiques impossibles, les influences atmosphériques de chaque jour, pour sortir d'embarras, comme si des moyens aussi faibles, aussi exigus, aussi débiles pouvaient être proposés quand on considère l'énorme gisement de ce gaz, dont les proportions, en quelque sorte incommensurables, ne peuvent être attribuées qu'au travail qui s'est opéré dans le vaste creuset de la nature, alors qu'elle mettait en œuvre ses matériaux formidables, et dont l'immensité confond l'intelligence.

Ces réflexions générales ne convient-elles pas déjà l'homme d'étude à supposer que les réservoirs inépuisables du sous-sol renferment des produits solides, liquides et gazeux dont l'origine doit être uniquement rapportée à la formation terrestre, que les matières premières sont où les a placées la volonté surnaturelle, et qu'elles contiennent innés tous les éléments que nous y rencontrons quand nous les abordons ?

CHAPITRE II.

Propriétés générales du gaz hydrogène protocarboné.

SOMMAIRE : *Circonstances diverses dans lesquelles se présente le gaz hydrogène protocarboné. — Identité de ce gaz portant des noms différents, selon son origine. — Ses propriétés physiques. — Ses propriétés chimiques.*

Avant de rechercher les causes d'un phénomène quelconque, il est essentiel de s'enquérir des propriétés générales de son essence, des effets qu'il révèle dans les diverses circonstances. Les études et les observations sur la nature de l'hydrogène protocarboné ont été largement traitées dans les ouvrages de chimie, de physique, de géologie et d'exploitation des mines. Il nous suffira donc de résumer succinctement, au point de vue qui nous occupe, ses propriétés physiques et chimiques.

Le gaz, qui porte le nom de grison dans les terrains houillers, d'où il se dégage, soit à la surface soit à une profondeur plus ou moins grande, tantôt jaillissant des pores et des crevasses du sol, tantôt sortant par des trous de sonde en jets abondants et continus, dont les uns brûlent sans interruption des années entières, est le même qui accompagne les exhalaisons volcaniques. Sous la dénomination de *gaz des marais*, il s'évacue, en forme de bulles, des mares vaseuses, surtout en temps d'orage, ou des cours d'eau peu rapides. On le trouve aussi dans les sources de naphte, dans le calcaire fétide et bitumineux. Il se rencontre encore dans les sources connues sous le nom de *salses*. On a reconnu qu'il est abondant dans les terrains salifères, et dans les mines de sel gemme. Les savants sont d'accord pour attribuer sa présence dans ces dernières au terrain houiller sous-jacent. Quant à son existence dans les sources de naphte, on peut la rapporter à une origine analogue à celle du gaz des mines, car le naphte doit être

considéré comme une espèce spéciale de combustible minéral. De sorte qu'en établissant les causes de sa présence dans les houillères, on prévoit tous les cas possibles.

Ces dénominations diverses ne représentent qu'un seul individu, le gaz hydrogène protocarboné, ou carbure tétrahydrique des chimistes, formé de 4 volumes d'hydrogène et de 1 volume de vapeur de carbone, condensés en 2 volumes, ou d'un atome de carbone et de 2 atômes d'hydrogène. En poids, il renferme 26,06 d'hydrogène, et 75, 94 de carbone. Sa formule chimique est $C^2 H^4$ ou CH^2 .

C'est M. Henry qui a prouvé que le gaz des mines est l'hydrogène protocarbonné (Journal de Nicholson, t. XIX); M. Tompson à confirmé ce jugement par ses expériences. Assez récemment, M. Hess a analysé le gaz des environs de Baku, près la mer Caspienne, et ne l'a trouvé que formé de carbure tétrahydrique.

Il paraît exister dans la houille à l'état de pureté; du moins, certains chimistes ont reconnu par l'essai, soit au moyen du chalumeau, soit par l'étincelle électrique, qu'il ne renferme ni hydrogène, ni gaz oléfiant, ni oxyde de carbone (Voir le Mémoire intitulé : Notice sur la lampe de sûreté de Davy, extraite des journaux anglais, par M. Lefroy. Annales des Mines, t. 1, année 1816). M. Davy a constaté que la partie inflammable de ce gaz était toujours de même nature, mais souvent mêlée avec un peu d'air, et quelquefois d'azote et d'acide carbonique. C'est encore M. Davy qui a démontré, par une foule d'expériences, l'identité des gaz des mines et des marais (Annales de chimie et de physique, t. 1, p. 140). Ce dernier n'était pas connu avant les recherches de M. Persoz. Toutefois, M. Bischoff, professeur de chimie à l'Université de Bonn, ayant analysé le gaz des mines recueilli dans une foule de houillères allemandes, a trouvé qu'il variait de composition, selon la nature des terrains. Dans le terrain houiller le plus ancien, il en a rencontré de deux espèces, qu'il désigne sous les lettres A et B. et un autre C dans la formation du *lias*. Le premier A, seul, ne sortait pas à une

pression supérieure à celle de l'atmosphère. Voici la composition qu'il leur assigne :

Gaz A, recueilli dans une galerie de la mine de Gerhard.		Gaz B, sortant d'une galerie de la mine de Wellesweiler.	Gaz C, sortant d'un puits de Schaumbourg.
C ² H ⁴	0,8508	0,9156	0,7910
C ⁴ H ⁴	0,0498	0,0652	0,1611
Gaz étranger.	0,1494	0,0252	0,0479
	1,0000	1,0000	1,0000

Il croit que le gaz étranger est de l'azote. Du reste, des chimistes anglais ont trouvé des gaz de mines d'une composition identique à celle que donne M. Bischoff. Ces trois gaz ne renferment pas de vapeurs inflammables absorbables par l'acide sulfurique, ni d'oxygène, ni d'oxyde de carbone. Néanmoins, M. Bischoff se croit fondé à penser que le gaz inflammable des mines de houille est un mélange, en proportions différentes selon les localités, de carbure tétrahydrique, d'hydrogène bicarboné, d'azote et d'acide carbonique. D'après les récentes analyses faites en Angleterre, et en dernier lieu par M. Turner, on n'a trouvé dans le gaz recueilli en une foule de mines de la Grande-Bretagne, que de l'hydrogène protocarboné, mêlé accidentellement à un peu d'air et d'acide carbonique.

L'hydrogène protocarboné est extrêmement léger; tandis que l'acide carbonique pèse $1 \frac{1}{3}$ fois autant que l'atmosphère, la pesanteur spécifique du premier est un peu plus que la moitié de celle de l'air, c'est-à-dire, 0,555. Voilà pourquoi, lors d'un coup

de feu dans une mine, l'inflammation se propage toujours en amont et non en aval du courant. C'est un gaz presque inodore, quoique les mineurs exercés reconnaissent facilement la présence d'une grande quantité de grisou, dont l'odeur rappelle alors celle de pelures de pommes. Il est insoluble, ou très peu soluble dans l'eau, n'est pas absorbé par les alcalis.

Quand on pénètre dans une galerie de mine où il abonde, on éprouve sur les yeux une impression semblable à celle que produirait le contact d'une toile d'araignée; quoiqu'il soit incolore, les mineurs prétendent le voir parfois voltiger dans les travaux houillers, sous forme de filaments blanchâtres ou de petites masses nuageuses, arrondies et semblables à des bulles de savon. D'après M. Dumas (Chimie industrielle, t. 1, p. 468), ces nébulosités pourraient être des amas de vapeur d'eau, précipitée par le refroidissement dû à la dilatation du gaz, ou une simple illusion d'optique, dont il explique la cause par la différence des pouvoirs réfringents de l'air et de l'hydrogène protocarboné.

Un indice certain de sa présence, dans les mines, est l'aspect de la flamme des lampes, qui s'élargit alors, s'entoure d'une auréole, et prend une couleur bleue d'autant plus intense, que le gaz est plus abondant, et dont la combustion produit un échauffement considérable. Mais il faut remarquer que la longueur de cette flamme, qui dénote une accumulation de grisou plus ou moins grande, est différente dans les divers bassins houillers. Ainsi, aux environs de Newcastle et de Leeds, une flamme de $1\frac{1}{2}$ pouce indique le péril; dans les mines de Sud-Wallis, au contraire, il n'existe que lorsque l'allongement varie de 4 à 5 pouces. Dans le Borinage, on regarde une hauteur de 0,^m 01 comme présentant du danger. Pour certaines mines, la couleur de la flamme est un autre indice; si elle est bleue, les Anglais ne craignent pas l'explosion; si elle est brune ou terne, on ne l'appréhende pas non plus, et l'on conclut qu'il y a présence d'acide carbonique.

En lui-même, le grisou n'est pas vénéneux; mais il peut occasionner l'asphyxie, par suite de l'appauvrissement de l'oxygène, dans un endroit donné.

On le produit artificiellement dans la distillation des corps gras et de la houille en vase clos ; les réactions qui lui donnent naissance n'ont lieu, toutefois, que dans la dernière période de l'opération, et l'on cherche toujours à la conduire de manière à ce que ses proportions soient le moindre possible. Il n'a pu être liquéfié à aucune température. Tandis que le gaz hydrogène bicarboné, passant à travers un tube de porcelaine fortement chauffé laisse déposer du carbone, et se réduit à l'état d'hydrogène protocarboné, celui-ci, traité de même, n'est pas décomposable, observation assez importante à signaler.

Le contact d'un fer chaud ne peut l'enflammer ; il faut la présence d'un corps en ignition ; notons toutefois une remarque des vieux mineurs, qui prétendent que l'étincelle occasionnée par le choc d'un fleuret contre le roc dur, est capable de produire une explosion.

Allumé à l'air, il brûle à une température fort élevée, et fournit une flamme d'un bleu pâle et d'un faible pouvoir éclairant ; les produits de la combustion sont de la vapeur aqueuse et de l'acide carbonique. Lorsqu'il est répandu dans une capacité, dont il occupe du $\frac{1}{50}$ au $\frac{1}{15}$, le restant étant de l'air, la combustion, a lieu seulement dans la partie du mélange mise en contact immédiat avec la flamme. Il y a légère détonation lorsqu'il forme le $\frac{1}{14}$ du volume total ; elle croît successivement, jusqu'à ce qu'il entre dans la proportion du $\frac{1}{9}$ au $\frac{1}{8}$; dans ce dernier cas, elle est la plus forte.

On a constaté, en Allemagne, que lors de violentes explosions, il se produit une fumée qui noircit les outils des mineurs. Ce fait est rapporté par M. Hausser, d'Obernkirchen. Le gaz de la mine de Sztatina, passant sur un corps froid, y dépose aussi de la suie. Cette particularité s'est déjà signalée au Borinage.

Le mélange d'autres gaz peut empêcher les accidents explosifs de se manifester. C'est ainsi que $\frac{1}{7}$ d'acide carbonique, ajouté au mélange le plus dangereux, suffit pour les prévenir. L'azote jouit à un certain degré de la même propriété. De l'hydro-

gène, de l'oxyde de carbone, du gaz d'éclairage et du carbure tétrahydrique, c'est ce dernier qui réclame la plus haute température pour détoner sous l'influence de l'éponge de platine. Ainsi, dans cette condition, l'hydrogène brûle à 0°; l'oxyde de carbone à 150°; le gaz d'éclairage à 250°, et le carbure tétrahydrique demande une chaleur supérieure à 500° centigrades.

Ces diverses propriétés physiques et chimiques ont été constatées par les savants sur le gaz hydrogène protocarboné, quelle que soit son origine, des mines de houille, des marais ou autres, de sa formation artificielle dans les laboratoires, etc. Si l'on est d'accord sur l'identité de ce même gaz, portant des noms différents selon sa provenance, si on l'a étudié dans chaque cas spécial, pour constater et chercher à combattre ses effets meurtriers dans les mines, la cause de sa présence dans ces dernières est une question qui n'a pas encore été résolue jusqu'à ce jour.

CHAPITRE III.

Opinions émises jusqu'aujourd'hui sur les causes de la présence du gaz hydrogène protocarboné. — Discussion de ces différentes opinions.

SOMMAIRE : Notions des premiers mineurs. — Opinions des auteurs modernes. — Examen de ces théories.

Ces prémices établies, voyons quelles ont été, jusqu'à présent, les opinions émises sur les causes de l'existence du grisou dans les mines de houille, dont l'apparition eut lieu au XV^e siècle, d'après Bartholomé Fiseu, un des plus anciens chroniqueurs des travaux houillers.

1^o Les premiers mineurs ont reporté l'origine de la présence de cet air méphytique et meurtrier aux travaux même d'exploitation. D'après eux, le grisou n'existerait pas dans les gites inexploités.

2.° Des auteurs modernes l'attribuent à une distillation de certaines espèces de houille.

3.° D'autres en reportent la cause à la nature bitumineuse de familles spéciales de combustibles.

4.° Quelques uns ont émis l'idée que la formation de ce gaz pourrait résulter de l'action chimique de l'air atmosphérique sur les charbons.

5.° Certains chimistes l'attribuent à des réactions entre le carbone de la houille et l'hydrogène de l'eau circulant avec l'air dans les mines.

6.° M. Bischoff cherche à l'expliquer par l'action de l'eau sur la fibre végétale de la houille, par suite de l'analogie complète existant entre le gaz des mines et celui des marais.

7.° M. Boussingault, et avec lui d'autres chimistes, pense que l'air atmosphérique lui-même contient du gaz hydrogène proto-carboné qu'il entraîne dans les mines.

8.° La plupart des ingénieurs actuels considèrent la houille comme composée de cellules renfermant le grisou, sans rechercher exactement la cause originaire de ce gaz.

9.° Enfin, des ingénieurs anglais croient qu'il réside non seulement tout créé, mais qu'il s'en forme encore à mesure de l'avancement des travaux houillers.

Nous allons examiner et discuter successivement ces diverses opinions. Car il est essentiel, avant d'exposer une théorie que l'on croit exacte, de démontrer l'inexactitude des autres.

1.° Il n'est pas hors de propos d'indiquer d'abord en détail les notions des anciens mineurs à cet égard. Genneté dit en parlant du grisou : « C'est cette eau croupie, avec l'air reclus et des restes de charbon qui, s'échappant des lieux de sa stagnation, s'allume par les lampes des ouvriers, les grille sur le visage, brûle leurs cheveux, fond le fer et l'acier, et fait le fracas de la poudre à canon. Ceci a lieu dans des ouvrages de 500 à 600 ans, vidés presque partout. Au lieu que dans les houillères nouvelles, où il n'y a rien eu d'exploité, les accidents dont je viens de parler n'y sont pas à craindre, puisqu'il sont impossibles. » Fisen rap-

porte, en outre, qu'au pays de Liège le grisou fut découvert dans les houillères situées sur les bords de la Meuse, et qu'il y était plus abondant qu'ailleurs. Les premiers mineurs considéraient donc le contact de l'eau et de matières minérales, sous l'influence de l'oxygène de l'air, comme indispensable à la formation de ce gaz. Ils croyaient à sa création récente et continuelle à mesure des déhouillements, nullement à son origine congénère à celle de la houille. Or il est patent aujourd'hui qu'il réside principalement dans les couches où des travaux n'ont pas encore été pratiqués, ou en termes techniques, *qui n'ont pas encore été saignées*.¹ Du reste, on explique facilement l'erreur de Genneté. En effet, les excavations déhouillées dont il parle, remplies plus ou moins de matières meubles, de remblais et d'eau, formaient d'excellents magasins de grisou, qui, arrivant des lieux circonvoisins du gîte, s'incorporait dans ces parties terreuses, surmontées d'une nappe d'eau, comme dans une éponge ou la vase des marais, et ne se dégageait que par des influences particulières, telle que la diminution de pression barométrique. On comprend, par suite, que la présence du grisou, se remarquant principalement en ces points des premières mines, où les travaux étaient circonscrits, les mineurs aient pris l'effet pour la cause. Cette opinion possède encore aujourd'hui des adeptes, ou du moins on la fait intervenir comme spécifiant l'un des agents générateurs.

2.^o Des ingénieurs belges, et particulièrement M. Cauchy, ont pensé que l'air qui arrive dans les mines est altéré, entre autres, par « une distillation lente, au moyen de laquelle certaines espèces de houille produisent par une réaction chimique, entre leurs éléments, et laissent dégager continuellement, avec un bruissement sinistre, et quelquefois aussi par torrents, ce gaz hydrogène carboné qui, mêlé avec une petite quantité de quelques autres gaz, constitue celui que nous obtenons rapidement dans nos établissements pour l'éclairage, en facilitant sa formation par une chaleur convenable ». (Rapport sur le concours spécial concernant les explosions dans les mines de houille, t. VII, n.^o 12 du Bulletin de l'Académie royale de Bruxelles).

¹ Expression spécialement employée par les mineurs de Charleroy.

Cette théorie n'est pas générale; elle ne s'applique qu'à certaines espèces de houille. On en déduirait que les houilles grasses, ou les plus bitumineuses, dégageraient seules, ou du moins spécialement du grisou. Or, on n'ignore pas maintenant que ce gaz réside non seulement dans ces qualités de charbon, mais encore dans les plus maigres. Ce fait est reconnu en Belgique, où des houilles sèches en dégagent parfois plus que d'autres, quoique grasses; en Allemagne, en Angleterre, où les charbons bitumineux, semi-anthraciteux, maigres ou secs, en laissent écouler également. Cette opinion n'explique donc pas la cause de sa présence dans tous les cas possibles. D'un autre côté, on admet avec peine, nous dirons même qu'on ne peut admettre qu'un phénomène chimique s'opère, en ces conditions, entre des éléments tout formés, et qui ne se présentent pas à l'état naissant. Aucune influence saisissable n'existe actuellement pour faire croire à une distillation par réaction de produits bitumineux d'une couche. Eu effet, si même on admet l'existence de cette cause, dans les travaux d'une mine, où de nombreuses voies sont autant d'artères qui fournissent passage aux matières gazeuses renfermées dans la houille, par suite de la diminution de pression et de la circulation continuelle de l'air qui facilite cette sortie, on a vu plus d'une fois le grisou se dégager en abondance et spontanément d'un trou de sonde, pratiqué dans un terrain vierge, avant même que l'on eût atteint la veine. Ces exemples ne permettent donc pas d'admettre qu'il se forme de toutes pièces, et se dégage à la suite d'une action chimique et par distillation. Nous démontrerons, du reste, ultérieurement, que l'état gras d'un charbon est indépendant de la quantité de gaz inflammable qu'il renferme.

5.° D'autres auteurs semblent assimiler le grisou au bitume que possèdent certaines espèces de houille, et attribuer à ce dernier la cause des effets qu'il produit. Cette opinion n'est donc pas encore générale. Elle a, du reste, des points de contact avec la précédente; elle en diffère, toutefois, en ce qu'elle le suppose tout formé dans ces qualités spéciales de charbon. On l'établissait, entre autres, sur cette observation, que le Flénu, non bitumineux,

ne dégageait pas de gaz, et qu'il en était de même des charbons maigres, enfin, que les charbons bitumineux s'altèrent à l'air. Elle serait admissible si l'expérience avait établi qu'on ne le rencontre que dans les couches grasses. Mais depuis qu'on l'a émise, de terribles exemples ont prouvé, dans ces derniers temps surtout, qu'il se manifeste au Flénu comme ailleurs. On sait aussi que les houilles maigres en dégagent. Le grisou ne constitue donc nullement l'état gras d'un combustible. Quant à l'altération des charbons à l'air, c'est une loi générale pour toute espèce de produits, mais qui se fait sentir particulièrement pour les houilles grasses. Nous aurons l'occasion d'en rechercher plus loin les causes. — Cette opinion était basée, du reste, sur une espèce d'aphorisme, invétéré dans l'esprit des vieux mineurs, qui prétendent que plus le charbon est gras, plus la veine qui le fournit dégage du grisou et réciproquement. Nous aurons lieu de voir que le grisou n'entre pour rien dans la qualité d'un charbon.

4.^o Quelques auteurs ont émis l'opinion que l'air atmosphérique influe sur la formation du gaz inflammable. Ils se basaient sur ce que certaines espèces de houille n'en dégageraient qu'après avoir été mises à découvert par les travaux houillers. M. Bischoff, qui relate cette opinion, se demande avec raison : « Quel rapport pourrait-il y avoir entre l'air et le dégagement du gaz ? Partout où des substances ou des débris organiques sont décomposés par l'air, il ne se dégage que de l'acide carbonique et pas de gaz inflammable. Ainsi l'air, supposé qu'il agisse, ne peut qu'oxyder ; on sait que lors de la putréfaction animale, il oxyde même l'azote, cette substance qui s'oxyde si difficilement. En effet, d'après des principes de chimie, continue-t-il, l'action de l'air, au lieu d'augmenter le dégagement du gaz de la houille, devrait le limiter. » Si, du reste, certaines couches n'accusent la présence du grisou en quantité notable que lorsqu'elles sont mises à découvert, c'est qu'on diminue ainsi la pression qui le maintenait emprisonné. — Si l'on faisait valoir en faveur de cette opinion que le gaz des *soufflards* renferme de l'acide carbonique et de l'azote, on ne peut supposer que le premier proviendrait de l'oxydation par

l'air, phénomène impossible dans de telles conditions. Car ces gaz, qui sortent souvent du sein de la terre avec une pression supérieure à celle de l'atmosphère, se forment à l'abri de l'air. La présence de l'acide carbonique en ces conditions est probablement le résultat des phénomènes métamorphiques, celle de l'azote provient de la minéralisation, par suite de la présence d'animalcules englobés dans le limon végétal.

5.° L'abondance du grisou dans telle mine, son absence dans telle autre, ont amené certaines personnes à croire qu'il se formerait sous des influences inconnues et dans des circonstances particulières, grâce aux réactions entre le carbone de la houille et l'hydrogène de l'eau circulant dans les mines, soit à l'état liquide, soit à l'état de vapeur dans l'air. Elles se basaient sur ce que la houille est formée presque entièrement de carbone, et que le grisou renferme comme éléments constitutifs l'hydrogène et le carbone. En supposant que des réactions chimiques semblables pussent se produire, ce que nous ne pouvons admettre, puisque les principes qui doivent intervenir ne se trouvent pas dans les conditions requises pour que leurs affinités soient suffisamment exaltées, cette hypothèse ne repose sur aucune base certaine de quelque importance scientifique, puisqu'il existe des jets de grisou se dégageant de parties où, ni l'air ni l'eau, n'ont pu avoir accès, ou du moins en quantité suffisante pour produire ces phénomènes qui durent parfois des années entières. Cette théorie, qui semble à première vue être la même que la suivante, en diffère notablement.

6.° Nous avons maintenant à discuter une opinion, émise par un chimiste de renom, M. Bischoff, professeur à l'Université de Bonn. Il attribue aussi la formation du grisou à des phénomènes chimiques postérieurs à la création houillère; il l'explique par la décomposition de la fibre végétale des charbons à l'aide de l'eau, sans que l'air joue le moindre rôle dans cette action, et n'attribue aux diverses qualités de houilles qu'une influence très-minime sur les proportions de gaz qu'elles renferment.

Quoique ce que nous avons dit plus haut relativement aux

influences des actions chimiques actuelles pour expliquer les phénomènes dont il s'agit, démontre peut-être amplement l'invalidité de cette théorie, nous croyons devoir relater en détails les faits cités par M. Bischoff à l'appui de sa thèse, à cause des renseignements utiles qu'ils nous fourniront, lesquels sont consignés dans un Mémoire couronné par l'Académie royale de Bruxelles, où le sujet qui nous occupe n'était du reste qu'accessoire.

M. Bischoff, trouvant les ressources de la chimie suffisantes pour expliquer des faits jusque là peu étudiés, a recueilli une série de laborieuses observations qui semblaient concourir à l'appui de ses idées. Il a cru, sans doute, que si dans un laboratoire, les réactions qu'il suppose sont irréalisables, elles deviennent praticables dans le sein de la terre; il a donc supposé des influences spéciales, que nous ne pouvons admettre. On nous pardonnera, nous l'espérons, de saper par la base une théorie abritée par un grand nom. Quand il s'agit de la recherche de la vérité, les noms s'effacent, et la discussion est libre.

Remarquons, toutefois, que M. Bischoff analyse les phénomènes qui nous occupent en se basant, entre autres considérations, sur l'identité de nature du gaz des mines, et de celui des marais. Il combat, avec raison, l'opinion que le gaz inflammable pourrait être le produit d'une décomposition de la houille à une température très élevée. Il cite, à l'appui, de nombreuses études qu'il a faites du gaz des mines, et dans lesquelles il n'a trouvé ni vapeurs inflammables, ni oxyde de carbone. Or, il admet, avec autorité, que tout gaz inflammable, formé à chaud, contient des vapeurs et de l'oxyde carbonique. Du reste, nous ajouterons que cette origine ne pourrait s'appliquer qu'à des cas tout spéciaux. Les influences métamorphiques ne pourraient permettre de généraliser cette cause, puisqu'il est beaucoup de couches qui n'ont pas ressenti cette influence, et qui renferment des proportions de gaz trop considérables, pour qu'elles proviennent uniquement des zones inférieures. Malheureusement, s'étayant sur des observations incomplètes sans doute, il établit ce principe que le gaz, se rencontrant uniquement dans les ter-

rains où, par suite de filtrations, l'eau se trouve en contact avec la fibre végétale de la houille, c'est à l'action de l'eau sur le carbone de celle-ci qu'il faut attribuer la présence du grisou dans les bassins houillers.

Il émet ensuite cette opinion, que des roches ignées, ou en général des roches soulevées, qui ont pénétré à travers le terrain houiller, sont en rapport avec les gaz qui se dégagent dans l'intérieur de la terre, mais qu'elles peuvent ou les accumuler ou les éloigner. Il cherche à s'entourer de tous les phénomènes qui semblent fournir un appui à son opinion. Ainsi, dit-il, d'après MM. d'Oyenhausen et de Dechen, dans le voisinage de Mons, où se présentent de nombreux *crains*, les eaux sont presque toujours plus abondantes qu'ailleurs dans le bassin carbonifère. Dans celui de Waldenburg, en Silésie, on ne rencontre guère le grisou, d'après ce qu'en dit M. Erdmenger dans le *Journal für technische Chemie*, t. xv, p. 212, que dans les couches de houille dont le toit est du grès solide et fissuré, aquifer, avoisinant le porphyre. Il relate encore l'opinion de M. Bald, qui avait remarqué la fréquence des explosions dans les mines situées sur les fleuves de la Tyne et de Wear, où les veines sont traversées par des failles, des étrointes ou des dykes. M. Buddle avait consigné dans les *Poggen-dorf's Annalen*, t. xxxviii, p. 621, cette observation, qu'on rencontre aussi dans ces contrées beaucoup de cavités remplies de grisou.

Entré dans cette voie, et croyant avoir prévu tous les cas possibles, semblant avoir démontré la présence du grisou concordant sans cesse avec celle de l'eau, et supposant que les accidents géologiques qu'il avait signalés étaient suffisants pour se convaincre que dans tous les bassins houillers à grisou, l'eau a pu trouver accès par une cause ou une autre, M. Bischoff recherche les circonstances qui, d'après cette théorie, facilitent, retardent ou entravent son dégagement.

Lorsque dit-il, les canaux, les fissures du terrain houiller, résultat des causes prémentionnées, se trouvent remplis d'eau, les gaz dégagés étant soumis à une pression hydrostatique plus ou moins

considérable, restent enfermés dans un certain état de compression. Si, dès lors, soit par des circonstances particulières, soit par le fait même de l'exploitation, ces espaces obturés de tous côtés sont déchirés, le dégagement a lieu. Si, au contraire, les fissures ne sont pas complètement remplies d'eau, les gaz formés s'en échapperont sans laisser de trace. Dans l'un ou l'autre cas, ils demeurent donc emprisonnés ou sont évacués par les points de disjonction entre les roches stratifiées et non-stratifiées, ou bien par les fentes résultant des crains, failles, dykes, etc. Il ajoute que l'influence des saisons, de la température, etc., modifie la venue des eaux météoriques, ou leur permet de pénétrer dans les crevasses plus ou moins loin, et par conséquent modifie aussi la présence du gaz, et que le système d'exploitation lui-même peut changer l'état primordial.

Cherchant à généraliser de plus en plus sa théorie, à éloigner les objections, à expliquer enfin les anomalies de présence et d'absence du gaz dans des couches similaires quant à leur nature et leur position, M. Bischoff détaille soigneusement les diverses circonstances de gisement des eaux souterraines, partant d'après lui, celles du gaz. Si entre les couches de houille, continue-t-il, il y a des roches imperméables à l'eau, les gaz ne peuvent sortir des zones inférieures. Il fait intervenir ensuite l'influence de l'inclinaison des veines sur la circulation des eaux. Si elles sont horizontales et sans crain, l'eau ne saurait pas même pénétrer sous l'une quelconque d'entre elles; mais si elles sont inclinées, l'eau des parties supérieures peut y entrer et donner naissance à la formation du gaz. Ce gaz, dit-il, ne saurait s'échapper perpendiculairement; il sortira par la même issue par laquelle l'eau est entrée. Et de là, M. Bischoff infère ces conclusions inadmissibles, que ces exhalaisons n'ont, dans ce cas, pas d'influence préjudiciable dans les mines de houille, et que dans ces couches imperméables à l'eau, des gaz ne peuvent y prendre naissance, sinon au-dessus d'elles. Il en déduit des conclusions tout aussi erronées et même périlleuses pour les exploitations. Ainsi, il prétend que si l'on voulait essayer de concentrer le gaz dans des trous de foret, il ne

faudrait percer que jusqu'aux couches imperméables, et que si ces dernières restent intactes il ne peut se former de grisou.

Lorsque, poursuit-il, ces couches ont été traversées par des puits, les eaux pénètrent en-dessous, et peuvent y produire du gaz inflammable; il est possible, d'après lui, que les dégagements de grisou qui surviennent dans le toit des galeries de mines soient dépendants de ces circonstances; du moins, il fait entendre qu'on peut supposer que le gaz continue de monter jusqu'à ce qu'il trouve un obstacle, c'est-à-dire, des veines qui ne donnent pas d'eau. Il explique par la même cause les dégagements hors du mur. Là, dit-il, le grisou ne peut sortir que d'une profondeur égale à celle où se trouve la couche suivante imperméable, et dans ce cas, il ne pourrait se former de *soufflure*. Le gaz prend naissance non pas seulement dans les couches, d'après M. Bischoff, mais encore dans les roches ambiantes, et se dégage en bulles, du mur, du toit, des parois; partout où les mines sont humides, cet effet chimique se produirait, et l'on est averti du dégagement par un bruit analogue à celui que formerait un grand nombre d'écrevisses.

M. Bischoff établit comme règle générale que les proportions de grisou s'accroissent à mesure que les profondeurs d'exploitation augmentent. Cette loi ne peut s'appliquer à tous les cas; ainsi que nous le montrerons, ces proportions grandissent ou diminuent par zones successives, sans suivre une gradation continue dans les gisements. Regardant, en conséquence, le fait qu'il avance, comme acquis à la science, il l'explique par l'augmentation successive des eaux à mesure que les travaux atteignent des étages de plus en plus bas. Déjà Morand, continue-t-il, le signale dans son ouvrage intitulé : *L'art d'exploiter le charbon de terre*, 1768, t. 1, p. 58. Nous ferons observer, en passant, combien l'opinion de Morand, en ce qui concerne des faits de cette nature, est peu valide. Morand était un docteur, ami des arts industriels, et qui, après avoir fait un voyage de touriste dans les mines liégeoises spécialement, rend compte de ce qu'il a vu, et de ses impressions, sans les donner comme articles

de foi. M. Bischoff pense, avec raison, du reste, que la production du gaz inflammable n'a pas beaucoup de rapports avec la qualité de la houille. Mais, revenant à son idée mère, il explique le dégagement plus ou moins abondant dans les diverses espèces de charbons par leur état physique. Plus ils sont fendus, fait-il remarquer, mieux l'eau peut les pénétrer et occasionner de gaz. Il fait ressortir encore combien il est digne de noter que déjà Morand avait rendu attentif à ces circonstances; quoique peut-être il en ignorât les causes.

En étudiant attentivement le Mémoire de M. Bischoff, distingué à plus d'un titre, ou regrette qu'il soit parti d'un principe erroné; car on y trouve des observations extrêmement judicieuses, qui dénotent les nombreuses recherches du chimiste, du physicien et même du géologue, et l'on en conclut que si son point de départ eût été exact, il aurait jeté une vive lumière sur une question qui, après avoir été soulevée plus d'une fois, serait peut-être retombée dans l'oubli, si la Société des Sciences, des Lettres et des Arts du Hainaut n'avait eu depuis longtemps déjà l'heureuse initiative de la remettre à l'ordre du jour. Ainsi, il traite de l'influence des joints de clivage, de leur nombre, de leur direction sur les dégagements du grisou. D'après la remarque de M. Karsten, qu'il a soin de rappeler, les plans des fissures de la houille sont toujours perpendiculaires ou presque perpendiculaires à la couche. Signalons, cependant, que cette règle souffre des exceptions, locales toutefois. Il en résulte, dit-il, que la disposition des veines influe sur le mouvement des eaux, parlant d'après lui, sur la formation du grisou. Si les couches sont peu inclinées, ce gaz sortira par les fissures, et se répandra dans les espaces ouverts par l'exploitation. Si, au contraire, leur inclinaison est forte, ou si elles sont presque verticales, il s'échappe sans peine au jour par les intervalles compris entre elles et les roches encaissantes. Dans ce dernier cas, ajoute-il, il peut même arriver que l'eau, en s'interposant entre les plans de disjonction des roches et des couches n'entre pas dans les joints de clivage de la houille; d'où il conclut que, dans ce cas, il n'y aura pas de dégagement de grisou dans les travaux.

En mettant de côté le vice capital de cette théorie, nous ferons observer que l'inclinaison des couches, de même que le nombre et la disposition de leurs joints de clivage ont une importance extrêmement notable, non pas sur la formation du gaz, comme le dit M. Bischoff, mais sur son écoulement à la surface. Nous verrons que cette influence explique des anomalies qu'il serait difficile de comprendre sans cette cause.

M. Bischoff cherche à motiver comment il se fait que l'on constate la présence du gaz inflammable là où les roches et les couches semblent ne présenter aucune fissure. C'est que, dit-il, elles sont parfois tellement fines qu'on n'a pu les observer qu'après avoir concassé le charbon; comme il le remarque fort bien, on aperçoit alors des dépôts, en quelque sorte microscopiques, de matières étrangères; pour la plupart du temps, ce sont des carbonates, très-vraisemblablement déposés par les eaux.

M. Bischoff admet que si les roches du bassin houiller, les schistes, les grès, etc., sont fendues, elles fournissent non seulement retraite aux gaz formés dans la houille, mais encore elles donnent elles-mêmes naissance au grisou, pourvu qu'elles soient imprégnées de matières charbonneuses. Il l'explique par le contact de l'eau avec ces substances, grâce aux nombreuses fissures de ces roches.

Examinant ensuite les lois de la répartition du gaz inflammable dans les bassins de différents âges, l'auteur établit qu'elle est d'autant plus notable que la formation est plus récente et d'un accès plus facile aux eaux. Ainsi, dit-il, si l'on attribuait à autre chose qu'à l'action de ces dernières sur la fibre de la houille la cause génératrice du grisou, comment expliquerait-on l'abondance plus grande de ce gaz dans la formation du lias, où les fissures multiples des dépôts secondaires et la succession des couches perméables et imperméables à l'eau donnent naissance à de si énormes quantités de gaz inflammable? L'action chimique, continue-t-il, n'a plus lieu à présent avec la même intensité que probablement dans les temps antérieurs, sans quoi, quels dégagements ne devraient pas avoir lieu dans les parties des terrains houillers plus anciens?

Malheureusement, M. Bischoff fournit des armes contre sa propre théorie, en se faisant cette objection, assez juste en elle-même : si les dégagements du grisou hors de la houille sont d'autant plus abondants qu'elle appartient à une formation plus récente, pourquoi ce gaz se rencontre-t-il si rarement dans les lignites de formation presque moderne, et provenant d'une création organique qui a péri ? Il y répond en admettant que l'analogie n'existe pas ; que cette question est liée à une autre, à savoir s'il est vraisemblable qu'un lignite puisse jamais être réellement transformé en houille. Cette question, dit-il, est niée par la plupart des géologues, et il n'est dès lors pas étonnant que les actions chimiques par lesquelles le lignite et la houille furent créés, et sont encore continuellement changés, soient accompagnés de phénomènes tout-à-fait différents. Nous répondrons que, sans admettre entièrement la loi de répartition du grisou précitée, le mode de formation de la houille présente la plus grande analogie avec celui du lignite et de la tourbe, c'est-à-dire, qu'ils résultent de la décomposition chimique plus ou moins complète de la fibre végétale morte et englobée dans le limon des roches sous des influences spéciales, à l'époque de cette création, de la pression, de la chaleur et de la décomposition atmosphériques. L'analogie originare est donc complète, et l'analogie des produits créés le serait également, si les éléments qui ont pris part à la formation moderne des lignites et des tourbes étaient les mêmes que lors de la création houillère et s'étaient trouvés dans des conditions identiques (*).

Après avoir développé ces différentes thèses, M. Bischoff conclut en disant que les considérations théoriques qu'il a émises rendent vraisemblable qu'on éviterait la formation du grisou dans les mines, si l'on pouvait empêcher les eaux de pénétrer jusqu'aux

(*) Nous citerons à cet égard une expérience, relatée dans *Le Literary Gazette*, du 9 novembre 1839, et qui démontrait la formation d'une houille artificielle par la compression de la tourbe.

couches de houille et aux matières charbonneuses que renferment les roches. Comme appui à son opinion, il rappelle que les mineurs allemands de la Worm laissent intact avec soin un grès houiller très-aquifère, appelé *Mauerlage*, et que dans les mines de Valenciennes et d'Aniche, où la formation crétacée, extrêmement aquifère, couvre le terrain houiller, on veille également à se garantir de la venue de ces eaux par une couverture protectrice de terrain vierge suffisamment épaisse. Le dépôt crétacé reposant, dit-il, sur un banc d'argile, au-dessous duquel se trouvent les veines de houille, ce banc imperméable rend les parties inférieures étanches (d'Oyenhause et de Dechen dans *l'Archiven für Bergbau*, etc., t. x, p. 191), et l'on ne constate dans ces mines que très-rarement la présence du grisou.

Telle est l'analyse que nous croyons pouvoir présenter du mémoire de M. Bischoff. Quand on se rappelle l'autorité avec laquelle il établit comme un fait acquis l'action chimique de l'eau sur la houille toute formée, on se demande quelles en pourraient être les preuves. A cet égard, M. Bischoff conserve le silence ; il admet un phénomène qui n'a en sa faveur, et comme garant, que l'appui de son nom. Or, nous posons comme irréfutable, qu'on ne signalera aucune manifestation patente de cette opinion. On objectera qu'on ne peut aujourd'hui constater l'évidence de cette action qui s'est produite antérieurement, et dont il reste uniquement l'existence du produit gazeux qui n'existait pas d'abord. Mais encore, dans cette hypothèse, si nous ne pouvons fournir des preuves palpables d'impossibilité, autres que des faits théoriques, M. Bischoff n'en fournit pas pour la formation actuelle. Quelle que soit l'époque exacte à laquelle se rattache le phénomène chimique dont il est parlé, pour certaines parties de bassins, il aurait lieu de nos jours, lorsque les eaux superficielles parviendraient aux gisements houillers qui n'en auraient pas encore reçu l'influence. Dans ce cas, il admet donc que l'eau, à son état liquide, puisse agir sur la houille, telle qu'elle existe aujourd'hui toute formée, et aux températures ordinaires. Or, dans ce cas, nous le répétons, cette action est impossible.

Si M. Bischoff a cherché à établir que partout où l'on signale la présence du grisou, partout on rencontre des eaux, comment expliquera-t-il l'existence de ce gaz dans des parties de bassins, dans des parties de veines tout-à-fait sèches ? Supposera-t-il que ce liquide a trouvé un écoulement quelconque, et laissé le gaz auquel il avait donné naissance ? M. Bischoff ne prévoit pas cette objection.

Nous rappellerons un autre fait, acquis à la pratique : C'est qu'il y a une foule de mines de charbon gras et aquifères où l'on n'a jamais constaté la présence du grisou. Telle est une partie du Centre.

Voilà sans doute des objections, des preuves irrécusables que tout mineur pourra opposer à M. Bischoff. Et cependant, il était bien près de la vérité ; car, s'étayant sur l'identité du gaz des marais et de celui des mines, il était dans le vrai ; il en conclut que de même que le gaz des marais se forme journellement sous l'eau, le grisou aurait une origine semblable en tous points. S'il avait poursuivi l'analogie, il aurait reporté l'action de l'eau non sur la houille, mais sur la fibre végétale qui a donné naissance à la houille, c'est-à-dire, qu'il lui aurait attribué une formation congénère à celle de la création houillère.

Nous n'examinerons pas en détail chaque paragraphe du mémoire de M. Bischoff. Il nous suffit d'avoir montré, pour l'objet qui nous occupe, l'impossibilité de sa théorie, et d'avoir prouvé qu'elle repose sur des bases inadmissibles. Il nous a fallu cependant la discuter à fond, entre autres, parce que, aujourd'hui même, elle possède certains adeptes. Des chefs de charbonnages ont encore l'opinion que l'eau joue un grand rôle dans la formation actuelle du grisou.

Il nous reste à poursuivre l'examen des autres théories que l'on a émises jusqu'à ce jour sur ce sujet.

7^o M. Boussingault et d'autres chimistes pensent que l'air atmosphérique renferme des quantités plus ou moins importantes de grisou. Cette opinion tendrait à laisser supposer que ce gaz arriverait dans les travaux par la circulation même du courant, et

que ses proportions grandiraient à mesure de la longueur du circuit, par suite de l'écoulement qui s'en ferait naturellement des veines de houille. Sans infirmer l'opinion de M. Boussingault, relativement à l'existence du grisou dans l'air, on ne peut supposer cette cause comme essentielle, vu les énormes proportions que l'on en rencontre dans les mines. On en déduirait que plus la ventilation serait active, plus le dégagement serait grand, ce qui est inadmissible. Du reste, la présence de l'air n'est pas nécessaire pour que le grisou existe ; ainsi nous avons déjà signalé que le forage de trous de mines donnait parfois lieu à des irrptions de gaz dont les quantités ne pourraient être attribuées à la présence de l'air, en supposant que ce dernier ait eu accès au fond du trou. Il ne nous paraît donc pas nécessaire de nous appesantir davantage pour reléguer cette cause au nombre de celles qui sont incapables de produire les dégagements connus aujourd'hui dans les différentes mines du pays et de l'étranger.

8^e Généralement on croit maintenant que le gaz inflammable existe tout formé dans les charbons, que ses proportions dépendent de leur qualité et de leur compacité. La plupart des ingénieurs français, et en partie les ingénieurs anglais, considèrent la houille comme formée d'un tissu spongieux, d'un nombre infini de cellules microscopiques, ayant des ramifications multiples entre elles, de même qu'avec les fissures de la couche. Ces cellules renfermeraient, d'après leur forme ou la nature du combustible, des proportions variables de gaz hydrogène protocarboné, dans un état d'élasticité telle qu'il est toujours prêt à s'échapper en brisant les parois qui l'emprisonnent, et à se répandre dans les voies souterraines. Cette opinion suppose donc la formation du grisou contemporaine à celle de la houille ; elle diffère en cela de la plupart des précédentes. Elle est beaucoup plus rationnelle ; toutefois, remarquons qu'elle subordonne les proportions de gaz, les anomalies de sa présence et de son absence, dans des conditions analogues, à la composition chimique du produit qui le renferme. Elle n'explique donc pas encore les phénomènes d'une

manière tout à fait générale. De plus, ses auteurs n'indiquent pas le mode de formation propre du gaz inflammable.

9° La dernière opinion, émise par des Anglais, et spécialement par sire Henry de la Bèche et le docteur Playfer, attribue au grisou une origine ancienne, tout en admettant qu'il se forme en outre de nos jours, à mesure de l'avancement des travaux houillers. Nous croyons que la dernière partie de leur théorie peut soulever de graves objections. Il serait possible, sans doute, de chercher ainsi à expliquer comment il se fait que certaines sources de grisou sont pour ainsi dire intarissables. Mais, pour admettre que le gaz inflammable des mines se forme de nos jours, il faudrait faire intervenir des réactions chimiques étrangères. Le seul élément auquel on pourrait attribuer cette influence serait donc l'eau, dont nous avons démontré l'inocuité à cet égard, ou bien l'oxygène de l'air qui se trouve dans les mêmes conditions, ou enfin la distillation chimique de la houille, facilitée par l'ouverture des voies et le passage de l'air. En supposant même cette distillation possible, nous verrons que les dégagements continus du grisou, sur de grandes proportions, s'expliquent parfaitement dans la seule hypothèse de sa formation congénère à celle de la houille. La deuxième partie de l'opinion précédente ne repose donc sur aucun fait d'observation directement constaté ; c'est une simple hypothèse à l'appui de laquelle nous ne trouvons aucun élément corroborateur.

CHAPITRE IV.

Exposé nouveau des causes de la présence du gaz hydrogène protocarboné.

SOMMAIRE : *Analogie entre le mode de formation du gaz des marais et du grisou. — Conclusion de ces analogies. — Origine de la houille. — Causes primordiales qui ont donné lieu à la formation du grisou. — Phénomènes postérieurs à la création houillère : Métamorphisme et relèvement des couches. — Déductions relativement à l'élimination du grisou.*

D'après ce qui précède, on pressent que l'opinion que nous nous sommes formée sur la cause de la présence du grisou, repose sur l'identité de sa formation avec celle du gaz des marais, subordonnée à l'existence des cellules de la houille, c'est-à-dire, qu'il se trouve mécaniquement mélangé dans ces dernières, à la suite des réactions chimiques congénères à la grande création houillère. Telle est l'opinion que nous allons développer et discuter. Pour la rendre admissible, il ne suffit pas d'expliquer la cause de la présence de ce gaz dans tel cas, il faut encore expliquer celle de son absence dans un cas similaire. C'est le seul moyen d'étudier sous toutes ses phases ce problème complexe, et d'arriver à une solution générale, qui embrasse tous les cas possible. Voilà la solution que nous allons rechercher. Mais auparavant, nous croyons nécessaire de rappeler le mode de formation du gaz des marais, par suite des analogies que nous aurons lieu d'en déduire.

Personne n'ignore que la vase marécageuse renferme dans ses pores des quantités parfois considérables de gaz hydrogène protocarboné. Toutes les circonstances propres à son développement se trouvent en effet réunies : des matières putrescibles, sous l'influence de l'eau et d'une certaine chaleur, c'est-à-dire, l'existence

combinée d'éléments facilement décomposables pour donner naissance à l'hydrogène et au carbone, qui se rencontrent pour ainsi dire à l'état naissant, dans les conditions favorables aux réactions chimiques, que le temps favorise d'une manière si propice, tels sont les agents en présence, et dont l'action contagieuse se manifeste d'une manière incessante, jusqu'à ce que les matériaux, ayant fourni tout ce dont ils peuvent se dépouiller pour produire le gaz des marais, celui-ci demeure confiné dans la vase terreuse sous l'influence protectrice d'une couche d'eau qui recouvre d'habitude les marécages. Si alors on remue cette vase, on le voit s'en échapper sous forme de bulles tumultueuses qui viennent crever à la surface, accompagnées de certaines quantités d'azote et d'acide carbonique. Les conditions de cette génération gazeuse sont décrites avec couleur et vérité dans une publication du docteur Léon Gigot, de Levroux*.

La cause de la présence du gaz hydrogène carboné dans les marais s'explique donc naturellement par les conditions et les circonstances de gisement où se trouvent les matériaux qui sont éminemment propres à lui donner naissance. Il est inutile d'insister sur ce point. C'est un fait acquis à la science, et qu'on ne peut contester.

Or, les mêmes causes produisent les mêmes effets; dès lors, s'il

** Recherches expérimentales sur la nature des émanations marécageuses et sur les moyens d'empêcher leur formation et leur expansion dans l'air.*

» La prodigieuse quantité d'êtres vivants qui naissent, se développent et meurent au sein des eaux stagnantes, dit M. Léon Gigot, effraye l'imagination. Les végétaux des marais, depuis la sphaigne à larges feuilles, les joncs, les roseaux, les scirpes, les laïches, etc., jusqu'aux arbustes les plus élevés, forment, par leurs débris un dépôt limoneux, berceau d'une génération incessante. On rencontre, parmi ces végétaux, les espèces les plus dissimilaires et les plus opposées. C'est ainsi, qu'à côté de l'arum, des glaïeuls, de l'hellébore fétide, dont l'aspect sinistre et l'odeur repoussante semblent révéler une influence pernicieuse, se montrent le nénuphar, la sagittaire, la parnassia palustris, etc., qui charment les yeux et l'odorat. Les plantes les plus vénéneuses, telles que la renoncule scélérate, la cigüe, croissent à côté de végétaux alimentaires, comme la châtaigne d'eau et la zizanie, »

est démontré que le gaz des marais doit son origine au mode de formation des marécages, voyons si par analogie, nous ne serons pas amené à des conclusions identiques en ce qui concerne la production du grison. Quelle est donc l'origine de la houille ?

La houille est d'origine végétale ; la structure physique qu'elle accuse, les empreintes existant dans les bassins houillers, la succession régulière et continue que l'on constate entre les différents combustibles, depuis l'anthracite la plus ancienne, jusqu'à la tourbe la plus moderne, l'action corrosive graduellement croissante que l'on remarque lorsqu'on fait réagir des acides ou des bases sur chacune de ces familles de plus en plus modernes, sont autant de preuves qui rendent cette assertion véridique. L'aspect géologique des bassins houillers démontre qu'ils sont de formation sédimentaire. La nature des couches qu'ils renferment, la disposition alternative des lits de charbon et de pierre indiquent qu'ils ont été stratifiés sous l'eau.

Nous voulons démontrer que la présence du gaz hydrogène protocarboné dans les mines de houille, ne peut provenir que de leur mode de formation végétale, commune à tous les combustibles, et qu'elle constitue par conséquent un des arguments les plus puissants pour confirmer cette théorie, argument qu'on n'a pas encore invoqué jusqu'aujourd'hui. Elle est la réplique la plus probante à l'égard de ceux qui attribuent la création houillère à l'engloutissement sous les eaux de quantités considérables d'animaux ; elle rejette également la théorie d'après laquelle la houille serait une espèce de terre imprégnée de bitume, ou bien celle qui la ferait regarder comme une roche primitive déposée à l'état liquide.

Avant la formation houillère, l'écorce du globe était recouverte d'une quantité considérable de végétaux arborescents qui, puisant dans l'atmosphère des aliments essentiellement propres à leur croissance, c'est-à-dire, beaucoup de vapeur d'eau, de chaleur, et jusqu'à 8 % de plus d'acide carbonique que maintenant, d'après M. Th. de Saussure, se sont propagés avec une vitalité prodigieuse ; ils formaient dans leur étendue des plaines vastes et

régulières, plus ou moins marécageuses, sans être immergées toutefois ; la chute périodique des feuilles et des branchages des végétaux, chute beaucoup plus fréquente que de nos jours, où elle n'a lieu qu'annuellement, de même que l'enfouissement successif des plantes décrépies, à une époque où leur existence était sans doute moins longue, puisque leur complet développement arrivait infiniment plus tôt, formèrent un puissant terreau, où la décomposition chimique des éléments put se faire à son aise, favorisée par les conditions spéciales des premiers âges. Ces substances se déposèrent donc en lits interposés de matières terreuses, amenées par les eaux de pluies ou de légères inondations ; ces lits se retrouvent aujourd'hui dans les corps des veines qu'ils partagent en sillons ou layettes plus ou moins nombreuses. Elles constituèrent une assise puissante et fertilisatrice pour le développement de nouvelles végétations, qui, à leur tour, formèrent plus tard un nouveau lit de terreau, jusqu'à ce que leur propagation fut entravée par les inondations résultant de l'abaissement de l'écorce terrestre au-dessous du niveau des mers. Celles-ci, délayant la boue sur les côtes, la déposèrent lorsque les mouvements du sol furent arrêtés. Telle fut la stratification d'un premier banc de substances argilo-sableuses sur une première couche végétale qui se minéralisa dans la suite, c'est-à-dire, se transforma en houille sous l'influence de la pression croissante des matières superposées, de la chaleur, et de la présence des acides provenant de la fermentation végétale. En général, on attribue cette action chimique à l'acide ulmique. La nappe d'eau, suffisamment réduite, soit par évaporation, pénétration, absorption ou écoulement, résultant de l'exhaussement du terrain, la végétation rentra dans ses domaines et étendit ses puissantes racines dans le sédiment terreux ; de nombreux rameaux se développèrent, une fertilité vivace se reproduisit bientôt, et, par leur chute successive, les éléments de cette luxuriante végétation, constituèrent un nouveau dépôt couches de terreau ; cette période fut suivie d'une inondation analogue à la précédente, qui entraîna comme la première un limon de sable et d'argile. Des phénomènes semblables se répétèrent

successivement et formèrent les diverses séries de couches, séparées par des stampes, dont l'épaisseur mesure la longueur relative des déluges correspondants. Telle est la théorie de l'origine de la houille, la seule admissible aujourd'hui, la difficulté d'expliquer les alternatives d'exhaussement et de dénivellation du sol étant résolue par suite des observations qui prouvent que de nos jours encore les côtes nord de la Suède se soulèvent, tandis que celles du midi s'abaissent, qu'il en est de même au Groënland, sur 200 lieues d'étendue, à l'embouchure de l'Indus, sur les côtes du Chili, du Pérou, aux glaciers des Alpes, etc. Sans entrer dans de plus longs détails à cet égard, et pour demeurer dans le cadre de notre sujet, constatons que les débris de végétaux se sont trouvés, lors de la création houillère, au milieu des conditions les plus propices pour se décomposer et donner lieu à l'origine d'une quantité de gaz hydrogène protocarboné énorme, et répandue sur de vastes espaces. Accumulés insensiblement, de manière que chaque feuille, chaque branche, chaque partie décrépée de l'organisme végétal, tombaient sur un lit de matières déjà en un certain état de fermentation, ils se trouvaient sous les influences combinées de la chaleur, favorable aux réactions chimiques, et d'une quantité considérable de vapeurs aqueuse et carbonifère. Les éléments propres à la formation du gaz hydrogène protocarboné étaient donc en proportion immense, et se présentaient en quelque sorte à l'état naissant. Les affinités chimiques se trouvaient, par conséquent fort exaltées, lorsque ces lits de terreau, qui retenaient comme la vase d'un marais les proportions de gaz formées dans le premier dépôt, ont été recouverts d'une nappe d'eau, tenant en suspension des matières terreuses. Cette eau a trouvé accès entre les organes végétaux en décomposition; sa présence a continué cette action et a remplacé l'influence de la vapeur aqueuse, jusqu'à ce que, par sa disparition, une nouvelle végétation se fut produite. Or, le gaz formé dans les premières stratifications, se trouva par la sédimentation horizontale des lits superposés, à l'abri de dégagement notable; ces derniers lui servirent de manteau, qui, exerçant une certaine pression, contribua à le maintenir

emprisonné; la minéralisation s'opéra ensuite sans amener d'autre changement dans la teneur du gaz, qui demeura incorporé dans les cellules du nouveau produit.

Si maintenant on procède par analogie, et que l'on compare cet état à celui que présentent les marécages modernes, où le gaz des marais est en voie de création, on trouve que la similitude est complète, à l'exception que dans le premier cas, les moyens dont la nature disposait, se répartissant sur des masses énormes, au milieu d'une atmosphère éminemment propice, enfin avec toute la puissance productive dont elle était capable à cette époque, on avouera que la formation du gaz hydrogène protocarboné a dû être en quelque sorte incommensurable. Le grisou créé s'est donc maintenu dans la masse solide où il se trouvait incorporé. Si l'on se rappelle que dans une vase marécageuse, le gaz réside avec une certaine ténacité, et n'est souvent expulsé que lorsqu'on agite le fond de la mare, on reconnaîtra que sous les pressions de plus en plus considérables auxquelles il fut soumis dans le sein de la terre, il a dû se maintenir avec une énergie notable, lorsque l'on considère que les couches ont été comprimées d'une manière prodigieuse pour former l'épaisseur des veines actuelles, et que les bouleversements de l'écorce terrestre qui auraient pu le déloger entièrement, n'ont eu lieu que lorsque les matières minérales étaient à un état de plasticité fort avancé. Ainsi, M. Elie de Beaumont a calculé que les matières végétales produites par nos forêts pendant un siècle, en supposant les circonstances de végétation les plus favorables, formeraient à peine une couche de houille de 0^m016 d'épaisseur. Dès lors, en considérant que chaque cellule de la matière végétale a servi de prison à un certain volume de gaz hydrogène protocarboné comprimé, on ne sera plus surpris de rencontrer des sources, pour ainsi dire intarrissables de grisou, et de constater les phénomènes surprenants qu'exerce sur les couches et les terrains la pression de ce gaz quand il se dégage. Or, on ne peut expliquer ces faits remarquables qu'en lui attribuant le mode de formation que nous lui assignons, congénère à la création houillère

et résultant des décompositions chimiques qui eurent lieu à cette époque. On s'expliquera ainsi l'extrême ténacité avec laquelle le charbon le retient parfois incorporé dans ses cellules, même dans celles du menu, dans les remblais, les terris, les magasins, etc. Cette ténacité démontre à l'évidence qu'il a été soumis à l'énorme pression résultant de la superposition alternative des dépôts végétaux et terreux, sur une épaisseur qu'on ne connaît pas encore, mais qui atteint sans doute 1500 à 2000 mètres. Rien d'étonnant dès lors que, dans l'exploitation, le gaz s'échappe avec toute la force d'expansion à laquelle il a été soumis pendant des siècles.

Du reste, les études chimiques prouvent que les combustibles minéraux sont le résultat de la décomposition de végétaux, nommée pourriture humide ou hérémaecausie. Si, au point de vue géologique, il y a une grande différence entre les lignites et la houille, l'analyse démontre l'analogie parfaite qui existe entre ces deux variétés d'une même espèce (*). Ce fait vient encore à l'appui de l'opinion que le grisou provient de la décomposition des végétaux. En effet, il est reconnu que toutes les variétés de combustibles

(*) Pour ne pas rester dans le vague d'une assertion générale, citons les remarquables expériences d'un chimiste français, qui fait autorité, et qui démontrent de plus en plus que la houille a eu une origine analogue à celle de la tourbe et du lignite,

M. E. Frémy a fait des recherches sérieuses sur les actions chimiques que peuvent éprouver les combustibles minéraux. Il a étudié si des différences dans les caractères physiques de la tourbe, du lignite, de la houille, et de l'anthracite correspondent aux circonstances de leur formation, c'est-à-dire, s'il existe un rapport entre leur altération et l'âge des terrains auxquels ils appartiennent. Voici les conclusions du beau travail de M. Frémy :

1° En traitant les combustibles minéraux par les acides et les bases, dit-il, on reconnaît qu'avec l'âge les caractères chimiques des tissus s'effacent peu à peu, et la matière organique se rapproche d'autant plus du graphite qu'elle est prise dans des terrains plus anciens, exception faite des terrains modifiés sous l'influence du métamorphisme.

2° Le premier degré d'altération du tissu ligneux, qui est représenté par la tourbe, est caractérisé par la présence de l'acide ulmique, et aussi

minéraux, depuis les plus anciens, jusqu'aux tourbes les plus modernes, ont pour base le carbone presque pur avec des proportions variables d'oxygène et d'hydrogène; on a constaté que les combustibles les plus récents renferment le plus d'oxygène et d'hydrogène, et que le rapport de ces gaz au carbone est d'autant plus élevé que le produit minéral est plus nouveau. On en conclut que leurs proportions moindres dans la houille sont le résultat de leur déplacement lors de la décomposition de la fibre végétale, l'hydrogène s'étant alors combiné au carbone pour donner lieu au gaz hydrogène protocarboné, tandis que l'oxygène, mis en liberté, après cette réaction chimique qu'il aura favorisée, aura été transformé en acide carbonique dans l'atmosphère riche en carbone de l'époque houillère; et, en effet, nous avons vu que des analyses assez nombreuses de gaz des mines ont prouvé la coexistence de l'acide carbonique. Les lignites et les tourbes renferment donc plus d'oxygène et d'hydrogène, parce que la décomposition des

par la fibre ligneuse ou les cellules des rayons médullaires que l'on peut purifier et extraire en quantité notable par l'acide azotique ou par les hypochlorites.

3° Le deuxième degré de modification correspond au bois fossile, ou lignite xyloïde; il est en partie soluble dans les alcalis comme le corps précédent, mais son altération est plus profonde, car il se dissout presque entièrement dans l'acide nitrique et les hypochlorites.

4° Le troisième degré d'altération est représenté par le lignite compact ou parfait: les réactifs manifestent déjà dans cette substance un passage de la matière organique à la houille. Ainsi les dissolutions alcalines n'agissent pas en général sur le lignite parfait; ce combustible est caractérisé par sa solubilité complète dans les hypochlorites, et dans l'acide nitrique.

5° Le quatrième degré de modification correspond à la houille qui est insoluble dans les dissolutions alcalines et dans les hypochlorites.

6° Le cinquième état d'altération est l'antracite qui se rapproche évidemment du graphite, qui résiste aux réactifs pouvant modifier les combustibles précédents, et que l'acide nitrique n'attaque qu'avec certaine lenteur.

M. Frémy conclut enfin que la classification admise par les géologues, pour les combustibles minéraux, se trouve confirmée par les réactions chimiques.

éléments qui leur ont donné naissance est incomplète. Il résulte de ce qui précède, qu'on est amené naturellement à donner aux houilles, aux lignites et aux tourbes, une origine commune, et à conclure que si le gaz des marais se produit dans les conditions où se trouvent les tourbières en voie de formation, il a dû se constituer d'une manière identique lors de la création houillère. Ces faits d'analogie ne permettent donc aucun doute sur la véracité de notre opinion.

La structure organique des plantes qui ont donné naissance à un dépôt houiller a influé considérablement sur les proportions de grisou qu'on y rencontre, sur ce que nous appellerions volontiers la *capacité en grisou* d'une espèce donnée de charbon. Des analyses microscopiques ont permis de poser en fait l'existence de cellules dans la houille, de reconnaître leur nombre, leur forme, leur disposition. Ces cellules ont été constatées par M. Witham et par M. Hulton. Leurs expériences ont permis de vérifier la diversité organique des végétaux carbonifères : les uns ont une texture éminemment spongieuse, qui démontre que la plante-mère était très-favorable à la décomposition, à l'absorption et au maintien du gaz formé ; les autres présentent des fibres arborescentes serrées, compactes, qui dénotent que le sujet originaire a dû être d'une décomposition difficile. Ces recherches microscopiques, que l'on a malheureusement trop peu étendues, sont du plus haut intérêt, et confirment la théorie que nous avons émise sur le mode de formation du grisou et sa résidence dans les cellules de la houille. En effet, si l'on en admettait un autre, tel qu'une création moderne, rien n'expliquerait comment il se trouve intimement mêlé au charbon, qui en est en quelque sorte comme imbibé. Cette imbibition s'explique dès lors naturellement. Car plus les cellules d'une plante sont nombreuses, plus sont grandes les proportions de la matière qui remplit celles du charbon produit, bitume et grisou. Plus le charbon est celluleux, plus il est cassant ; et comme les houilles grasses sont en général les plus celluluses, il n'y a rien d'étonnant qu'elles renferment aussi pour la plupart le plus de grisou. De cette coexistence résulterait l'opinion

qui a fait regarder les charbons gras comme les plus imprégnés de gaz et vice-versa. Néanmoins, il existe, ainsi que nous l'avons dit, des charbons gras sans grisou. Cette particularité s'explique parfaitement d'après notre théorie, comme nous allons le développer.

Les différents dépôts de végétaux qui, par leur décomposition et leur minéralisation ultérieure, ont donné lieu aux diverses couches, ont varié considérablement de nature pendant la création houillère, ainsi que nous l'avons indiqué d'une manière générale : si les uns étaient formés de plantes d'une décomposition facile par l'eau et les agents atmosphériques, les autres présentaient des sujets plus résistants à ces actions. En effet, il est reconnu qu'au moment de la division du globe, alors qu'il était formé de terre ferme et d'eau, deux espèces primitives se manifestèrent sur l'écorce terrestre : les algues envahirent les mers et les lacs; le sol se couvrit de lichens. Les végétaux cellulaires signalèrent donc l'époque à laquelle se déposa la première stratification qui devait donner lieu à la première couche de houille, époque à laquelle apparurent les fougères gigantesques. Tant que les conditions atmosphériques primordiales ont duré, la même végétation s'est développée. Puis le refroidissement grandissant à mesure de leur modification, par l'appauvrissement des vapeurs aqueuse et carbonifère, la végétation se modifia insensiblement et de plus en plus. Ce qui caractérise donc les plantes du premier âge sont l'extrême simplicité de leur texture, l'absence de fleurs et de fruits, le grand nombre d'individus, et le petit nombre d'espèces. Cette dernière circonstance prouve que leur dépôt avait lieu dans des espaces circonscrits, probablement des îles (*).

(*) Ces caractères sont nettement tranchés dans le Cosmos de M. de Humboldt : « Le terrain houiller, dit-il, comprend non seulement des cryptogames, analogues aux fougères, et des monocotylédones phanérogames (des gazons, des liliacées analogues aux juncas et des palmiers), mais encore des dicotylédones gymnospermes (conifères et eucadées). On connaît déjà près de 400 espèces de la flore du terrain houiller; nous nous bornerons à citer les

Les différences que l'on trouve dans les empreintes, d'un bassin houiller à un autre, et même d'une couche à une autre parfois, sont tellement notables et prouvent d'une manière si éclatante la diversité de l'organisme végétal qui, d'âge en âge, a servi à la création carbonifère, que ces indices pourraient servir au raccordement de certains bassins, de certaines veines. C'est à ce sujet que l'Académie royale de Bruxelles avait proposé une question à la résolution de laquelle un prix était affecté.

De cette diversité des éléments qui ont concouru à la formation des dépôts houillers, résulte pour nous un fait d'une haute importance, et qui explique les anomalies que l'on rencontre dans plus d'un gîte, où les couches, quoique grasses, ne dégagent pas de grisou. Sans vouloir néanmoins généraliser cette observation, nous croyons que c'est en partie à cette cause qu'on peut rapporter ces différences.

Les couches formées par les premiers dépôts doivent donc avoir

calamites et les lycopodiacés arborescents, des lepidodendrons squammeux, des sigillaria de 20 mètres de longueur, quelquefois debouts et enracinés; ces derniers se distinguent par un double système de fascicules vasculaires; des stigmaria semblables aux cactus; un nombre immense de feuilles de fougères, souvent accompagnées de leurs troncs, et dont l'abondance prouve que la terre ferme des époques primitives était purement insulaire; des cycadées et surtout des palmiers en moindre nombre que les fougères; des astéro-phyllites aux feuilles verticillaires, alliés aux naïades; des conifères semblables à certains pins du genre araucaria, avec de faibles vestiges d'anneaux annuels. Tout ce règne végétal s'est largement développé sur les parties soulevées et mises à sec du vieux grès rouge, et les caractères qui les distinguent du monde végétal actuel se sont maintenus à travers les périodes suivantes, jusqu'aux dernières couches de la craie. Mais la flore, aux formes si étranges des terrains houillers, présente sur tous les points de la terre primitive (dans la Nouvelle Hollande, au Canada, au Groënland, comme dans les îles Melville), une uniformité frappante dans les genres, sinon dans les espèces. Là où plusieurs lits de charbon de terre se sont superposés, les végétaux ne sont point répartis, sans distinction de genres ni d'espèces; le plus souvent ils y sont déposés par genres, de telle sorte que les lycopodes et certaines fougères se trouvent dans une couche, les stigmaria et les sigillaria dans une autre couche. »

été produites par une végétation luxuriante et rapide, par des plantes facilement décomposables, à tissu mou, léger, très-aquifère, et qui, par conséquent, ont dû fournir après leur stratification et leur décomposition, le contingent le plus fort de gaz. A mesure que les sédimentations successives se formèrent, les quantités produites diminuèrent, et les dernières séries, constituées au moyen d'une végétation développée avec moins de promptitude, dont le tissu était plus compacte, présentèrent à la décomposition des difficultés plus grandes, à tel point qu'en certains endroits, elles ont pu être privées totalement de ce gaz (*).

Dé là résulte, en partie, que généralement on constate dans beaucoup de mines des quantités croissantes de grisou, à mesure que les travaux houillers deviennent plus profonds. On déduit de cette observation une autre conséquence, à savoir qu'il n'est pas improbable qu'on trouvera des veines à grisou dans le Centre

(*) Si des preuves palpables nous manquent pour démontrer l'exactitude de cette assertion, nous pouvons citer des exemples d'où l'on déduira des conséquences identiques par analogie. On sait que même parmi les arbres les plus durs de nos contrées, il existe des différences extrêmement notables dans leur résistance, selon que les uns ont grandi sur un sol aride, rocailleux et sableux, ou sur un terrain très-favorable à la végétation, c'est-à-dire, riche en matières argileuses. Les mêmes différences se présentent selon que tel sujet s'est développé dans un endroit sec ou humide, dans une atmosphère pauvre ou riche en acide carbonique. Les premiers auront un grain serré, une fibre rabougrie, présenteront par conséquent une résistance très-grande, non-seulement à la flexion, à la compression, à la torsion, mais encore à la décomposition par les acides et les bases, par les influences atmosphériques. Les seconds, au contraire, auront des pores larges, spongieux, très-aqueux, une fibre droite et régulière, et n'offriront aux charges comme aux influences corrosives qu'une résistance incomparablement inférieure. Si l'on se rappelle maintenant que les quantités énormes d'acide carbonique répandu dans une atmosphère aqueuse et chaude, ont été successivement en décroissant, changements prévus par le créateur pour permettre bientôt aux animaux à sang chaud, puis à l'homme de paraître sur cette terre, on croira sans peine que les végétaux ont subi une série de changements de texture, de grain, de fibre, de résistance, qu'ils sont devenus de moins en moins décomposables, et par conséquent que les quantités de gaz formé ont dû diminuer dans une égale proportion.

belge, en approfondissant les sièges, de même qu'on en rencontre au Borinage depuis quelque temps, là où jamais sa présence n'avait été signalée dans les exploitations supérieures. Si l'on compare, en effet, l'aspect des charbons provenant de ces gisements, à celui d'autres, de même qualité, mais à grisou, on remarque facilement que la fibre, ou en termes charbonniers, la *maille*, est tout-à-fait différente. Ainsi, les uns possèdent une structure fibreuse, qui rappelle l'existence de végétaux arborescents d'une certaine étendue; les autres, au contraire, ont une cassure grenue, ou du moins à fibres peu développées. On sait aussi que l'on rencontre, dans les mines du Borinage, dans quelques-unes du Centre et surtout en France, des branches d'arbres minéralisés, ce qui dénoterait que les conditions primordiales n'y ont pas été les mêmes qu'ailleurs. Certaines catégories de charbon montrent, non seulement à la vue, mais encore par leur combustion, la nature de la plante originaire. Ainsi des qualités spéciales de la Basse-Sambre, et surtout les produits de la mine d'Oignies-Aiseau, renferment une espèce de bois fossile, très-reconnaissable et caractéristique qui les fait brûler comme du ligneux, et estimer des maréchaux malgré leur nature maigre. Citons enfin, en dehors de notre pays, le bogget et le cannel-coal, dont l'aspect et la manière de se comporter au feu sont tout spéciaux. — D'un autre côté, il est très-possible que la minéralisation se soit effectuée dans certains bassins avant que la décomposition végétale ait été complète, comme dans les premiers dépôts, ou dans des dépôts contemporains, par suite du retrait prématuré des eaux, accompagné ou non d'une résistance plus grande de la fibre arborescente aux influences corrosives. Ces phénomènes se sont produits dans des espaces circonscrits, et, en effet, on sait que cette particularité de gîte houiller gras sans grisou ne se remarque que dans les séries peu étendues, comparativement à la vaste formation houillère.

À l'appui de ce que nous avançons, nous dirons que si la présence du gaz hydrogène protocarboné a été révélée dans les lignites, les proportions en sont très-variables, et parfois il n'en

existe pas de trace, selon que la minéralisation du produit s'est accomplie après la décomposition complète du végétal, ou avant qu'elle ne fût achevée. La présence des troncs d'arbres dans certaines couches de houille dont nous parlions tantôt ne prouve-t-elle pas que cette action a eu lieu avant la désagrégation du sujet par les causes prémentionnées ? Dans ce cas, la fibre s'est transformée en charbon par voie sèche, en quelque sorte, tandis que la formation du grisou réclame une minéralisation par voie humide. Les tourbières pourraient nous présenter des phénomènes semblables. Nous sommes donc amené, par analogie, à en déduire qu'il a dû en être de même lors de la création houillère. Ainsi, de nos jours même, des dépôts tourbeux continuent à se former, non seulement dans les parties marécageuses et très-aquifères d'un terrain, mais encore à l'abri des eaux, lorsque par un accident quelconque elles se sont retirées, ou que le dépôt a été recouvert de terre végétale imperméable. Dans le premier cas on pourrait constater la présence du grisou résidant dans la vase qui forme le point d'origine de la décomposition, dans le second, on n'en trouvera pas de trace (*).

Rappelons enfin cette coïncidence que les inondations qui signalèrent la création carbonifère ont diminué de plus en plus, à mesure que les dépôts se sont élevés, c'est-à-dire, qu'il est très-possible qu'elles n'ont pu affecter les parties supérieures de ces dépôts, circonstance qui, jointe à la diversité croissante des végétaux, a dû diminuer la facilité de formation de ce gaz. On pourrait

(*) Dans le district charbonnier de Charleroy, on découvrit, en faisant une tranchée profonde dans un terrain pour y faire des briques, un massif épais de tourbe dans un état de décomposition assez avancé, pour que la minéralisation fût presque achevée ; un tronc d'arbre se trouvait englobé dans la masse; il était parfaitement conservé et d'une dureté extrême. Comme cette tourbe était recouverte d'un banc de terre végétale vierge, on put rapporter cette formation à la période ante-diluvienne. Une découverte semblable eut lieu lors de la construction du chemin de fer du Luxembourg. Ces exemples ont prouvé que la minéralisation peut s'accomplir sans que la décomposition végétale soit assez avancée ou se soit trouvée dans les conditions nécessaires pour donner naissance au gaz inflammable.

ajouter, pour corroborer cette opinion, que dans certaines parties des gisements houillers de ce genre, sans grisou, les terrains ne sont nullement liés, sont extrêmement cassants, tel est le Centre, ce qui s'expliquerait, en partie du moins, par l'absence d'une quantité d'eau suffisante, lors de leur formation.

Telle est l'explication que nous avons trouvée de l'absence *primordiale* du gaz dans les mines à charbon gras, de son abondance plus grande à mesure de la profondeur, dans la plupart des bassins. Les autres théories ne rendent pas compte de ces anomalies.

Si, par l'identité entre les gaz des marais et des mines, par leurs conditions similaires de génération, par les circonstances propices où se trouvaient les matières organiques pour donner naissance au second, par l'impossibilité de sa formation en quantités semblables, si on lui attribue comme mode de création les réactions actuelles de l'eau sur la houille, enfin par son abondance presque incommensurable dans certaines mines et la ténacité avec laquelle le retiennent certains charbons, nous sommes parvenu à démontrer qu'on ne peut attribuer sa présence qu'à sa création congénère à celle de la houille, d'un autre côté son existence est un nouveau témoignage en faveur de l'opinion qui assigne aux couches un mode de formation à la façon des tourbières, et non par transport d'arbres, amenés au moyen de torrents, ou par l'engloutissement sous les eaux de forêts minéralisées sur place (*).

(*) En effet, outre les opinions qui ont été émises victorieusement contre cette théorie, nous dirons que si les végétaux avaient été changés en houille à la suite d'un transport semblable, la formation du grisou n'aurait pu se produire, ou, du moins, s'il s'en était formé, les quantités en eussent été considérablement moindres. Car si l'on admet que d'immenses forêts, sac-cagées par les eaux, se trouvent entraînées par elles, comment expliquer la décomposition chimique de ces troncs d'arbres qui se conservent intacts pendant des siècles dès qu'ils sont immergés sous l'eau. En admettant même que les alternatives de soulèvements du terrain les aient mis à nu, puis que de nouvelles inondations successives les aient submergés, nous ne trouvons dans ces conditions aucune raison suffisamment solide, pour être amené à

Ce n'est qu'après la succession des temps, que les diverses couches de matières ligneuses, stratifiées entre des bancs de substances argilo-sableuses et sableuses, ont été minéralisées, à mesure que l'eau qu'elles renfermaient d'abord, se volatilisant successivement par la chaleur centrale, permettait aux acides produits de réagir et de transformer en éléments charbonneux les fibres végétales sous l'influence d'une énorme pression. Dans cet état, elles ne présentaient, quant à leurs qualités, que les différences résultant de la nature des plantes productrices. Le gaz hydrogène protocarboné s'y trouvait répandu d'après les lois originaires.

Voyons maintenant quels sont les phénomènes qui, après la sédimentation du terrain houiller et la minéralisation, ont pu amener des changements dans la présence du grisou et sa teneur dans les couches. Ces changements n'ont été que partiels et circonscrits, car, ainsi que nous pensons l'avoir démontré, la cause de la présence du gaz dans tel centre, de son absence dans tel autre où l'on exploite des qualités de charbon analogues, s'explique déjà par leurs conditions originaires et spéciales.

Parvenue au point où nous l'avons envisagée en dernier lieu, la création houillère formait une immense plaine, comprenant des

conclure que la décomposition intime de la fibre ait pu se manifester par cette cause, pour produire une imprégnation complète du gaz, dans les pores de ces substances. En admettant même que l'influence corrosive des mollusques soit parvenue à les atteindre profondément, et à faciliter leur décomposition, il faudrait supposer l'existence d'une quantité immense de ces mollusques pour expliquer une corrosion capable de fournir les proportions de gaz connues aujourd'hui. Du reste, la décomposition de ces mollusques aurait donné lieu à la formation de phosphore hydrique, gaz que l'on n'a jamais constaté dans les mines de houille. On y rencontre bien de l'azote qui provient sans doute de l'ammoniaque, résultant de la décomposition d'animaux engloutis ; mais ses proportions sont excessivement minimes relativement à celles du gaz hydrogène protocarboné. En supposant donc les mêmes causes décomposantes, on reconnaîtra que les matières qui ont donné naissance au premier sont insignifiantes comparativement à celles qui ont fourni le second.

stratifications parallèles. Mais celles-ci, recevant des inflexions produites par différentes causes, les couches éprouvèrent des effets de bascule. Cette catastrophe géologique changea le profil des terres, et entraîna une série de plissements, dirigés suivant des lignes parallèles en général.

Les parties des dépôts, asséchés par la chaleur centrale et l'évaporation, et presque durcies, ont été brisées aux points de soulèvement, tandis que les bandes plus récentes, ayant conservé un certain état de plasticité, se sont prêtées à ces inflexions, se sont repliées sur elles-mêmes jusqu'à conserver après leur durcissement complet, la position qu'elles occupent aujourd'hui. Ces plissements ont donné lieu dans les veines comme dans les roches encaissantes, à la formation de cassures, facilitées, au reste, par le retrait dû à la chaleur centrale, et peut être, par l'expansion du gaz et des matières bitumineuses volatilisées. Cette pression, s'exerçant verticalement, et de bas en haut, il en résulte qu'elles ont pris une direction oblique à l'inclinaison, et constitué ces *lîmés* ou *clivages*, dont le nombre varie avec la profondeur et la nature des roches et des couches. Le gaz hydrogène proto-carboné et les matières bitumineuses volatilisées se sont en partie séparés des cellules de la houille pour se loger dans ces interstices, jusqu'à ce que ces derniers remplis, les quantités restantes sont demeurées dans les pores du charbon à un état moins prononcé de tension qu'auparavant. De cette manière s'explique la diversité en teneur des produits gazeux renfermés dans les cellules des différentes espèces de houille, extraites à des profondeurs variables, quelles que fussent leurs conditions primordiales.

Le relèvement des couches en zig-zag a changé les conditions premières du gisement du grisou. C'est en partie à cette cause que l'on doit attribuer son absence dans certains points où, à l'origine, il se trouvait uniformément répandu. En effet, s'il existe un équilibre hydrostatique, la même loi se fait sentir pour tous les fluides incorporés mécaniquement dans une masse solide, où, par suite d'inégalité de pression, ils se meuvent et circulent constamment dans les joints, les fissures qui leur sont ouverts par le

retrait dû à la chaleur centrale, les soulèvements, ou qu'ils se sont créés par leur tension. En effet, si l'on considère la faible pesanteur spécifique du grisou, ses propriétés expansives, on doit admettre qu'il cherche à se répandre partout, et qu'il ne s'échappe que dans les points les plus élevés d'une contrée, où, par suite des affleurements de la couche au jour, il peut trouver issue à la surface. On doit donc reconnaître que toujours, dans le sein de la terre, le grisou, de même que l'eau, est en mouvement, variable avec les circonstances locales ; dès que la pression qu'il exerce en un point diminue, par suite de son échappement dans les tranches supérieures, le même mouvement se communique dans les parties immédiatement inférieures. Toutefois, les retours fréquents des veines sur elles-mêmes sont autant d'obstacles à son évacuation ; aussi, cette dernière ne peut-elle s'effectuer, en général et d'une manière notable, que dans les parties en maîtresses-allures, se profilant jusqu'au gazon. Ce mouvement est d'autant plus fort que les roches sont moins fissurées dans le sens vertical, ou, en d'autres termes, qu'elles présentent au gaz moins de capacité pour son logement, par suite, plus de résistance à son absorption. Il en résulte qu'il varie avec la nature des roches encaissantes. De même, il varie pour une roche, selon le volume de gaz qui peut y affluer, et selon le pendage. Car, dès que ce volume, traversant une fissure, s'accroît, le débit ne peut s'ensuivre que moyennant un accroissement de vitesse, laquelle ne grandit que par une augmentation de pression ou d'inclinaison. La direction de ce courant gazeux a une grande importance ; en effet, les *linés* qui sillonnent les terrains ont un certain parallélisme, et l'écoulement est plus libre dans le sens de ces ouvertures que dans celui qui leur serait oblique ou perpendiculaire. Enfin, l'écoulement continu, pendant des siècles, aurait élargi les passages, si la compression énorme à laquelle ils sont soumis n'y mettait obstacle.

L'opinion que nous émettons sur la circulation du grisou, sur son évacuation dans certains gisements, ne repose pas seulement

sur des bases théoriques ; elle est le résultat d'observations pratiques qui en forment un fait acquis à la science (*).

La volatilisation des matières bitumineuses de la houille s'est manifestée spécialement lors des phénomènes métamorphiques. L'érection des roches volcaniques amena des effets tellement

(*). On avouera, tout d'abord, que s'il est constant que les eaux circulent dans le sein de la terre, à travers les joints des roches les plus tenus, l'analogie porterait déjà naturellement à conclure qu'il doit en être de même d'un gaz mêlé mécaniquement au charbon. Nous citerons des faits de circulation d'eau, en ces conditions, extrêmement remarquables. Ainsi, un bouveau, creusé dans un grès fissuré, en avait amené dans le puits Résolu du charbonnage du Grand-Mambourg-Liège (Charleroy) une quantité considérable. On ne fut pas sans étonnement d'apprendre que les eaux du puits St-Louis du charbonnage du Poirier, distant du premier de plusieurs centaines de mètres, s'étaient écoulées subitement. Comme ces puits avaient recoupé le même grès, on fut obligé d'admettre qu'elles avaient circulé dans cette roche uniquement par les interstices qu'elle présentait, tout le massif interposé étant vierge. Or, si un liquide circule en des conditions semblables, combien un gaz, de la légèreté du grisou, ne doit-il pas avoir de tendance à prendre en quelque sorte son niveau sur des espaces considérables ? On n'ignore pas non plus que même dans les terrains houillers vierges, les rocs et surtout la *quarrelle*, affleurant au jour, amènent dans les couches en maîtresse-allure et à de grandes profondeurs, les eaux de la surface, à tel point que dans ces conditions, il faut très-souvent des machines d'épuisement. En procédant inversement par analogie, on avouera donc encore que le gaz doit suivre les lois physiques d'écoulement à la surface.

Il existe, du reste, des faits nombreux d'observation directe sur l'évacuation, ou comme on dit, sur la *saignée* du grisou au jour. Maintes fois on a constaté, dans les divers bassins houillers, sa sortie d'anciens puits abandonnés, de terris, de gîtes inexploités. Ces faits se sont transmis parmi nos générations de mineurs ; les uns se rappellent avoir vu des enfants allumer le gaz au milieu des campagnes, au-dessus de vieilles fosses, d'autres rapportent que dans certaines localités, où l'on avait affecté au service du culte les bâtiments d'une ancienne houillère, il vint s'allumer à la flamme des lampes ; de nos jours, encore, on cite tel endroit d'où il s'échappe constamment. Ces faits sont relatés aussi dans les annales des mineurs allemands et anglais. Dans le terrain houiller de l'Ecosse, on voit souvent des irrptions

notables, qu'à leur contact la houille fut transformée en coke, et le grisou éliminé. Parfois, ces accidents donnèrent lieu aux failles, grandes fentes qui se profilent du jour jusqu'à des profondeurs considérables. Lorsque, dans un bassin, ces accidents sont nombreux, ils ont puissamment influé sur l'évacuation du grisou. C'est à cette cause que l'on peut attribuer, à leur approche, son absence dans des couches qui, en d'autres circonstances, en renferment. C'est par elle que certains auteurs expliquent la non-existence de ce gaz dans le centre belge. Nous ne pouvons admettre

de gaz inflammable aux points où le *grünstein* est répandu en couches, tandis qu'ailleurs, où il est en masses horizontales, il n'en sort jamais. Et, en effet, les roches qui le recouvrent alors, de même que la faible inclinaison entravent sa sortie; partout où se trouvent des dykes de *grünstein*, cette irruption a lieu.

En 1857, un phénomène étrange se manifestait à Liège. Dans un quartier de cette ville, près St Jacques, la chaleur du sol, s'élevait, à la profondeur de 0^m,50 à 1^m,50, au point d'allérer profondément les matières alimentaires placées dans les caves. La température atteignait 40° à 50° centigrades. La terre était comme calcinée, renfermait des concrétions de sulfate et de carbonate de chaux. Ces phénomènes disparurent presque entièrement par les pluies et les neiges de l'hiver, puis ils se renouvelèrent en 1859. Une commission, composée de MM. Schwan, Schmidt et Dewalque fut chargée d'examiner cette question, et de chercher un remède. Elle constata que l'élément capable d'occasionner ces réactions chimiques ne faisait point partie du sol. Ainsi, après avoir creusé une fosse, on la remplit de terre provenant d'une partie non échauffée, et les mêmes phénomènes se reproduisirent, tandis que la terre de la première fosse, chaude, placée dans la seconde, se refroidit, et ne donna lieu à aucun accident semblable. On en conclut que la cause efficiente ne pouvait être attribuée qu'au dégagement d'hydrogène protocarboné, venant de la profondeur du terrain houiller, pour brûler lentement à la superficie, favorisée par la terre végétale humide, agissant soit comme corps poreux, soit à la manière de l'éponge de platine, soit par l'altération que subit l'humus dans ces conditions. On n'ignorait pas, du reste, que dans ce quartier le grisou arrivait parfois au jour. Le gaz fut recueilli et analysé. Ce fait démontre à l'évidence sa *saignée* à la surface du terrain houiller vierge. Les mêmes phénomènes furent constatés dans la commune de Montigny sur Sambre, arrondissement de Charleroy.

cependant que ce soit la seule cause; s'il en était ainsi, on en trouverait toujours quelques proportions en certains points. Les observations de M. Bald démontrent, en effet, que les mines très-failleuses des bords de la Tyne et de Wear ont donné lieu à beaucoup d'explosions.

Les produits gazeux des couches de houille assez rapprochées du noyau liquide de la terre, emprisonnés de toutes parts, sous une pression considérable, n'ont pu, en général, se dégager entièrement de l'enveloppe qui les cernait, malgré l'influence métamorphique; ils sont donc demeurés pour la plupart des cas, dans les couches, à l'état de vapeurs, qui ont gagné des régions supérieures moins chaudes, jusqu'à ce que le refroidissement complet de l'écorce du globe, se faisant à son tour, ils se déposèrent en raison de leur moindre volatilité (*).

(*) Nous en trouvons la preuve dans le dépôt vésiculaire que l'on rencontre dans les bassins houillers vierges, et auquel les mineurs donnent les noms de *sève*, *pleurs*, *sang de la veine*. Il provient de la présence de l'eau existant dans les couches, lors de leur formation, et qui, éliminée par la chaleur métamorphique, s'est transportée dans les zones supérieures, suffisamment refroidies, puis précipitée par cette cause. Aussi longtemps que la *sève* se dégage, le grisou ne se remarque guère. C'est pourquoi les charbonniers disent : « *Tant qu'il sort de la sève, la veine n'est pas soufreuse* », ce qui s'explique facilement, lorsqu'on se rappelle que tout refroidissement cèle le gaz inflammable. Elle se rencontre, du reste encore, dans les roches encaissantes, et dénote toujours la richesse des veines circonvoisines; car elle se volatilise dès que l'exploitation est établie dans les parties avoisinantes, ou parcourues par le courant d'air. Elle se remarque spécialement dans les séries moyennes d'un bassin; à mesure qu'on s'approche des points qui ont subi l'influence complète du métamorphisme, la volatilisation et l'élimination de cette eau sont de plus en plus notables, les terrains deviennent de plus en plus cassants, ont perdu de plus en plus de leur liant.

Il est à remarquer que les proportions de sève sont en quelque sorte en raison des quantités de gaz et de bitume que renferment les charbons. Leur présence simultanée accuse donc de plus en plus le mode de formation de la houille et celui du grisou, par voie liquide, puisqu'elle est le témoin matériel, existant encore aujourd'hui, de l'un des éléments qui ont agi pen-

Ce refroidissement lent et successif des veines et des roches encaissantes caractérise la dernière période de la formation houillère. Il en résulte que la cause qui, pendant les actions métamorphiques, augmentait sans cesse l'expansion des gaz, a eu sa limite, et qu'ils sont enfin demeurés dans les cellules de la houille à un état permanent de tension, celle que l'on constate dans les déhouillements.

dant la création houillère, et que l'état physique de la sève démontre qu'elle est bien le produit d'une condensation de liquide, volatilisé par la chaleur centrale. Il est reconnu en pratique que dès qu'une veine a perdu sa sève, par suite des déhouillements circonvoisins, elle a perdu en grande partie ses qualités. Ce fait prouve l'état de mélange mécanique des divers principes que renferme la houille : en effet, ce n'est pas la sortie de la sève en elle-même qui altère la nature du charbon, puisqu'elle ne constitue en rien l'état plus ou moins gras, mais l'élimination partielle ou totale des produits hydrocarbonés qui accompagnent toujours l'évacuation de la sève ou du grisou. On comprend en effet que si trois éléments fluides sont mêlés dans les pores d'une masse solide, le départ de l'un entraîne une certaine proportion des deux autres.

La chaleur métamorphique n'a pu décomposer le gaz hydrogène protocarboné; elle l'aurait éliminé entièrement par dilatation, si la pression sous laquelle il était comprimé ne l'en eût empêché en partie. Si elle avait été suffisante, et s'était produite dans des circonstances analogues pour qu'on pût la comparer à celle qui a lieu dans la distillation de la houille en vase clos, une certaine proportion de ces matières bitumineuses aurait donné naissance à la formation du grisou, par suite de la décomposition des hydrocarbures et de l'hydrogène bicarboné; montant dans les régions moins chaudes, il se serait incorporé dans les cellules correspondantes de la houille. Or, dans la fabrication du coke, les vapeurs d'hydrocarbures et de gaz oléifiant se dégagent les premières, tandis que l'hydrogène protocarboné, artificiellement produit, n'est expulsé que vers la fin de l'opération. Il est donc impossible d'admettre, du moins pour les couches reconnues jusqu'à présent, une origine semblable au grisou, vu que leur état prouve qu'elles n'ont pas été soumises à une chaleur suffisante. Du reste, cette action aurait donné lieu à la formation d'oxyde de carbone, et toutes les analyses de gaz des mines faites précédemment, ont démontré son absence; elles n'ont jamais fait reconnaître la présence de vapeurs inflammables absorbables par l'acide sulfurique. Si, pour les dykes, au voisinage desquels la houille a été transformée en coke, si pour les séries de veines tout-à-fait

CHAPITRE V.

Recherches sur l'état du bitume dans la houille. — Ses conséquences.

SOMMAIRE : *Le principe gras de la houille est mêlé dans ses pores comme le grisou. — Preuves. — État variable de fixité du bitume et du grisou dans la houille. — Leur entraînement réciproque l'un par l'autre. — L'état gras d'un charbon n'est pas directement dépendant de sa teneur en grisou.*

Les deux grands phénomènes, postérieurs à la création houillère, le relèvement des couches en zig-zags et le métamorphisme, ont eu spécialement pour effet, le premier de changer les conditions primordiales du gisement du grisou et de le saigner en certains points, le second, de modifier la nature des couches. Mais ces deux influences n'ont-elles pas concouru à déterminer simultanément le départ total ou partiel des divers produits volatils de la houille? En d'autres termes, la sortie du gaz hydrogène protocarboné n'a-t-elle pas amené celle d'une partie des matières constituant l'état gras du charbon, de même que la volatilisation de ces dernières par la chaleur centrale a entraîné en même temps du grisou? Telle est la question que nous posons, et que nous devons examiner d'une manière plus complète que nous ne l'avons fait précédemment. Indispensable au sujet qui nous occupe, elle est d'autant plus intéressante qu'elle est pour ainsi dire toute nouvelle; car il existe encore bien peu de recherches sur la liaison entre la nature d'un combustible minéral, et sa teneur en gaz inflammable. Nous devons, au reste, entrer dans une discussion

inférieures, les plus proches du noyau liquide de la terre, et inconnues aujourd'hui, cette action a eu lieu, elles pourraient être privées de ce gaz, et son passage dans les séries supérieures et voisines aurait augmenté dans celles-ci ses proportions, cette cause venant se joindre à celles que nous avons exposées précédemment.

un peu approfondie à cet égard, pour réfuter la théorie de M. Cauchy et d'autres écrivains qui ont attribué la présence du grisou aux qualités spéciales de combustibles dans lesquels on le rencontre. Elle nous permettra encore de rechercher l'explication de l'altération à l'air de certains charbons, phénomène dont quelques auteurs se sont emparés pour le faire servir de base à une théorie analogue. Nous avons été forcé de consacrer à cet égard un chapitre spécial pour conserver l'unité d'ensemble, nécessaire à un travail de ce genre, et n'avoir pas dû recourir à des digressions qui auraient fait perdre de vue les matières traitées précédemment.

Pour démontrer que les phénomènes dont il est question ont amené dans certaines conditions, l'entraînement du bitume et du gaz inflammable, il nous faut prouver que le premier est mélangé, comme le second, dans les pores de la houille. Cette dernière partie de la proposition a été, pensons-nous, suffisamment développée, puisqu'elle résulte du mode de formation même du gaz inflammable; il reste donc à constater l'état de diffusion mécanique du bitume et non son état de combinaison chimique.

Les preuves qui nous permettent d'avancer cette opinion résultent des études et des phénomènes suivants : 1° Les observations de M. Johnston. 2° Les expériences de M. Hutton. 3° Les recherches de M. de Commines de Marsilly. 4° L'altération de certains charbons par le lavage. 5° Leur échauffement et leur perte en qualité, variables, par leur exposition à l'air. 6° L'action de la chaleur sur la houille dans les fours à coke. 7° L'action de la chaleur sur la houille dans les cornues à gaz. 8° La décrépitation au feu des charbons maigres et demi-gras. 9° Les déductions de certains procédés de fabrication des charbons agglomérés.

1° M. Johnston a fait des observations très-remarquables, mais trop circonscrites malheureusement, relatives à l'état de mélange du bitume dans les pores du charbon. Elles sont insérées dans le London and Edimb. phil. magaz. third series n° 76, may 1858, p. 589. Dans la mine d'Urpeth, près Newcastle on Tyne, on retira de cavités, situées dans la houille, une cire assez sem-

blable à celle qui se trouve plus abondamment en Moldavie, et nommée *Ozokérite*. M. Johnston fit des recherches à ce sujet, et laissa entrevoir qu'elle pouvait provenir de vapeurs sorties de la houille, lesquelles auraient été entraînées par l'hydrogène proto-carboné, et qui se seraient condensées dans des parties plus froides. Comme il existe une grande quantité de composés de carbone et d'hydrogène, isomères du carbure tétrahydrique, dit M. Bischoff, cette hypothèse a quelque vraisemblance. M. Johnston ajoute qu'on a coutume, à propos du gaz inflammable, de ne fixer son attention que sur le gaz permanent, sans envisager qu'il est également possible que d'autres substances se soient dégagées sous forme de vapeurs. Il croit que la variété d'*ozokérite*, qu'on rencontre dans la mine d'Urpeth, prouve que le gaz hydrogène protocarboné, en se dégageant, est parfois accompagné d'autres substances volatiles.

2° M. Hutton, en faisant des expériences sur trois espèces de houille de Newcastle, y a constaté l'existence de cellules microscopiques, remplies d'une matière bitumineuse; elle s'y trouvait mécaniquement mélangée. En effet, il a observé que, par une légère chaleur, elle se volatilisait sans amener aucun changement dans les éléments constitutifs du produit minéral. Ces expériences, de même que les précédentes, permettent déjà de tirer des conclusions d'une grande probabilité en faveur de l'opinion que nous avons émise. Car il est assez vraisemblable que la plupart des charbons bitumineux renferment cette matière en proportions différentes, toutefois, et qu'elle constitue leur état plus ou moins gras. Néanmoins, nous signalerons, avec regret, combien peu ces expériences ont été nombreuses dans notre pays, s'il est vrai qu'on en ait faites. Et cependant, des recherches chimiques et microscopiques sur nos diverses qualités de charbon seraient du plus haut intérêt. Il y a là, pour des chimistes, amis du progrès scientifique, un sujet très-vaste et en quelque sorte tout nouveau. Puissions-nous appeler leur attention à cet égard, et réveiller l'ardeur de ceux qui, s'adonnant spécialement aux recherches

spéculatives, oublient peut-être que les études scientifiques pures, donnent parfois lieu à des découvertes qu'on paye à poids d'or.

5° Fort heureusement, nous pouvons signaler le résultat d'observations entreprises dans ces dernières années par M. de Commines de Marsilly. Il a constaté, ce fait entr'autres, que les charbons, provenant de mines à grisou, étant distillés, fournissent presque uniquement de l'hydrogène carboné, tandis que ceux des mines sans grisou n'en dégagent pas de traces.

Il a démontré, plus catégoriquement qu'on ne l'avait encore fait, que le principe bitumineux qui facilite la formation du coke, sous l'action de la chaleur, disparaît par l'exposition des charbons gras à l'air ambiant ; ayant pulvérisé de gros morceaux de houille fraîche et placé la poudre sous une cloche, il l'a trouvée le lendemain remplie de gaz hydrogène protocarboné. Il a constaté que même sous une pression quintuple de la pression atmosphérique ce dégagement spontané a lieu, mais qu'après 6 mois, et probablement avant ce terme, il est tellement notable que même à une température de 500° centigrades, le charbon n'en donne plus. Cette élimination est plus ou moins complète, selon la température et la nature du produit. Ainsi des charbons très gras, après être demeurés six mois à l'air, n'ont plus livré, dans une fabrication en grand, que du coke mal formé, tandis qu'ils en fournissaient d'excellent, lorsqu'ils étaient enfournés frais. D'après ses expériences, à une température de 50°, ils perdent du gaz combustible ; à 100° le dégagement est très sensible et il augmente successivement jusqu'à 350°. Le gaz, qui se dégage dans ces conditions est l'hydrogène carboné, accompagné d'un produit liquide, ayant l'odeur de la benzine. Il a prouvé que les charbons gras de mines à grisou ne se boursoufflent ni ne collent plus dès qu'ils ont été chauffés au préalable à 500°. Si, après cette action de la chaleur, on les broie, et qu'on les enfourne, le coke obtenu est pulvérisé. De ces faits, on ne peut hésiter à conclure qu'il y a départ du principe gras comme du grisou, soit par une longue exposition à l'air, soit par l'action de la chaleur à une température de 300°

au maximum, et partant que le bitume se trouve, dans la houille, dans les mêmes conditions que le grisou.

4° On sait que, pour purifier le charbon menu, propre à la fabrication du coke spécialement, on emploie des laveurs destinés à enlever les matières terreuses. Cette opération n'a pu s'introduire dans tous les centres houillers. Dans quelques-uns, le lavage faisait perdre aux charbons une partie des propriétés qui les rendent convenables pour l'obtention de bons cokes. Nous ne trouvons d'autre explication de ce phénomène, qu'en ce que les matières bitumineuses de la houille existent à un état de fixité différent dans les divers centres, ou les diverses qualités de charbon. Il en résulterait que les produits, qui retiennent leur bitume avec ténacité, se lavent sans perdre une proportion trop notable de leurs hydrocarbures, tandis que dans d'autres, l'eau expulse en grande partie ces matières.

5° L'explication des phénomènes précédents est encore corroborée par l'observation, constatée depuis longtemps, que les charbons s'échauffent quand ils restent exposés à l'air. Ce phénomène a été généralement expliqué par la présence de la pyrite qui, se sulfatant, produit une réaction chimique donnant lieu à une source de chaleur parfois assez intense pour enflammer des tas considérables. Cependant, il est des charbons nullement pyriteux, telles sont certaines variétés du centre, dans lesquelles ce phénomène se produit également. On l'a attribué aussi à l'héremacausie ou oxydation lente du carbone de la houille. Or, si cette cause était la véritable, tous les charbons seraient influencés à cet égard, les uns autant que les autres, ce qui n'est pas. Ne pourrait-on expliquer cette altération par suite de la combustion lente des produits bitumineux qui se dégagent naturellement des cellules de certaines espèces de houille ? Cette opinion nous paraîtrait assez vraisemblable.

6° Il est reconnu que pour obtenir du coke en gros blocs avec du charbon menu, ce dernier doit renfermer des produits hydrocarbonés en quantité suffisante pour que, amenés à l'état de fusion par la chaleur, ils forment des agglomérats ; la décomposition

chimique ultérieure de ceux-ci, par la chaleur, donne naissance à des gaz qui, en se dégageant, rendent la masse spongieuse. Or, la fusion des hydrocarbures est une opération mécanique pure et simple. Le résultat de la distillation étant un squelette carboné, on ne peut mettre en doute que la fabrication du coke repose uniquement sur le départ du principe gras, mécaniquement mélangé, sans réaction chimique à cet égard. Les cokes les plus boursoufflés proviennent des charbons qui renferment le plus d'hydrogène par rapport à l'oxygène, c'est-à-dire, le plus d'hydrocarbures, ou bitume. Les cokes pulvérulents sont obtenus par la carbonisation de charbons trop peu gras, dans lesquels la proportion d'hydrocarbure n'a pas été suffisante pour entraîner l'agglutination. La manière de conduire le feu, amenant des résultats tout différents, corrobore l'opinion que le bitume se trouve mélangé dans les pores de la houille. Rappelons encore, que les charbons qui ont séjourné longtemps en magasin, donnent un coke considérablement inférieur à celui qu'on obtient avec des charbons frais. Ainsi ceux de la Compagnie charbonnière de St.-Martin, à Marchienne-au-Pont, ayant demeuré une semaine sur le carreau des fosses, sont d'un rendement tout-à-fait improductif. Il en est de même aux Charbonnages de la Réunion, à Mont-sur-Marchienne et des Produits à Jemappes. Voilà pourquoi certaines Sociétés construisent des fours à coke, attendant à la mine.

7° La fabrication du gaz, au moyen du charbon menu, repose sur le principe même de la présence, à l'état de mélange, du bitume dans les cellules de la houille. En effet, l'opération consiste à éliminer d'abord ces produits par la chaleur, puis à les décomposer, de manière à empêcher leur condensation, et à les amener à l'état d'hydrogène bicarboné. On cherche donc à obtenir le plus de gaz oléifiant et de vapeurs d'huiles volatiles. Celles-ci ne sont que des hydrocarbures que la chaleur a expulsés à un état de tension, tels qu'ils ne peuvent se condenser à la pression ordinaire. A mesure que l'opération avance, on constate que leurs proportions diminuent, et que, par leur décomposition, les quantités de gaz hydrogène protocarboné et d'oxyde de carbone augmentent.

On ne peut expliquer ces phénomènes d'une manière satisfaisante qu'en admettant la proposition que nous avons énoncée. En effet, le mode de conduire l'opération le corrobore. Si, par exemple, on distille lentement, il se forme peu de gaz éclairant, ce qui résulte de ce que les hydrocarbures, mécaniquement mélangés, sont dégagés par l'expansion que leur donne la chaleur, et ne sont pas décomposés ; on les retrouve condensés par refroidissement. Si l'on élève directement le charbon à une forte température, il donne beaucoup de gaz carboné ; enfin, si l'on chauffe doucement d'abord, puis, qu'on élève graduellement jusqu'au rouge, on obtient les proportions de gaz éclairant les plus fortes, et le moins d'huile. De plus, la composition des produits de la distillation varie considérablement selon l'époque de l'opération. D'après les recherches du docteur Henry, le gaz obtenu au commencement de la distillation renferme le plus de carbure bihydrique et de vapeurs d'hydrocarbures, dont les proportions décroissent successivement, de sorte qu'après 5 heures de travail, c'est l'hydrogène et l'oxyde de carbone qui prédominent. M. d'Harcourt rapporte également qu'il résulte de ses propres expériences qu'il est inutile de chauffer trop longtemps. Enfin, on a remarqué que les charbons fins donnent moins de gaz que la gailleterie de même qualité, ce qui s'explique par l'élimination plus facile à l'air du bitume hors du fin que de la gailleterie. Tous ces faits trouvent leur explication dès qu'on admet que le principe gras se trouve incorporé mécaniquement dans les cellules de la houille. On n'ignore pas non plus que le charbon pour gaz, exposé longtemps à l'air, donne un rendement beaucoup moindre que le charbon frais. Le Flénu est, de toutes les qualités de notre pays, celui qui fournit le plus de gaz. Il suffit d'une faible chaleur pour le dégager, tant il est vrai de dire que le bitume qui le produit est faiblement retenu dans ses cellules (*).

(*) Ainsi, au Borinage, certains foyers domestiques sont pour ainsi dire perpétuels : à la veillée, on les recouvre d'une couche de menu ; il s'y forme une croûte qui distille à feu dormant ; il suffit, le lendemain matin, d'en-

8° On sait que les charbons maigres et demi gras décrépitent plus ou moins fort au feu. Les gras ne le font que lorsqu'ils sont demeurés longtemps en magasin. Or, les charbons des séries inférieures doivent leur propriété d'être maigres, ceux des séries moyennes d'être demi-gras, au métamorphisme. Ce phénomène a donc chassé les matières volatiles mécaniquement interposées, puisqu'on peut comparer son action aux effets qui se manifestent dans la houille chauffée en vase clos; il en résulte que les charbons des deux séries inférieures présentent des cellules vides ou à peu près. Dès qu'ils sont extraits, ils absorbent par conséquent dans leurs pores, l'air et l'eau hygrométrique de l'atmosphère, lesquels, se dilatant lors de l'enfournement dans un foyer incandescent, crévent ces cellules et produisent le phénomène de la décrépitation. En général, il a lieu, surtout aux arêtes, aux anfractuosités des morceaux de gaillettes, et non dans le corps même de la gailleterie, où la masse a été plus à l'abri des causes d'absorption précitées, qui présentent, du reste, une résistance plus grande, et dont le noyau est plus éloigné du milieu calorifique. Ce phénomène s'observe spécialement lorsque par la chute des parties supérieures du foyer, dans le centre en ignition, les morceaux non chauffés à cette chaleur intense s'y trouvent subitement engloutis. Ajoutons que si la décrépitation a lieu pour des charbons demi-gras, analogues à d'autres qui ne présentent pas ce phénomène, on doit en conclure qu'ils offrent des différences très-notables relativement à la ténacité avec laquelle ils retiennent le bitume. Enfin, si les charbons gras qui ont séjourné longtemps en magasin donnent lieu au même effet, on ne peut l'expliquer qu'en l'attribuant à l'évacuation d'une partie du bitume et du grisou remplacés dans les pores de la houille, par l'air humide de l'atmosphère.

9° Si les fabrications du coke et du gaz sont basées sur le dédoublement des éléments constitutifs de la houille, résultant du

fouler cette croûte pour rallumer le gaz qui se dégage et raviver complètement le foyer.

départ de ses agents bitumineux, les procédés d'agglomération des charbons maigres pour la fabrication des briquettes, reposent sur le principe de la reconstitution d'un produit bitumineux. En effet, l'idée qui a prévalu longtemps, à cet égard, consistait à opérer l'agglutination des grains de charbon menu, à l'aide de substances qui donnent de la cohésion aux houilles naturelles, et qui sont éliminées en partie par la distillation, c'est-à-dire, au moyen des goudrons et de leurs dérivés, les brais gras et secs. Un des principes du système Nollet réside dans la propriété de certains éléments comburants, mêlés à des corps solides ou liquides, de se dégager à l'état de gaz, lorsqu'on les soumet à l'action de la chaleur.

D'autres modes reposaient sur ce fait que les charbons gras, éprouvant une demi-fusion sous l'action du calorique, forment une espèce de pâte, facile à comprimer, et qui durcit par refroidissement, à tel point que certaines de ces qualités pourraient servir à l'agglutination des charbons maigres et des anthracites; une injection de vapeur d'eau à 500° centigrades suffit pour rendre le bitume, mélangé dans la houille, un agent très-actif d'agglutination; car à la température correspondant à la fusion du zinc, les charbons gras deviennent pâteux et assez collants pour se laisser pétrir, ce qui établit de plus en plus leur état physique; ils peuvent alors fournir sans addition, et par une simple compression, des agglomérés très-résistants (*).

La résine, principe actif de tous les bitumes, a été essayée également comme moyen d'association, et surtout la résine mêlée à une matière grasse, ce qui reconstitue un véritable brai artificiel. Au moyen de certains encollages, on est parvenu, à titre d'essai, à former des briquettes tellement résistantes au feu, qu'elles se transformaient en véritable coke pendant la combustion.

(*) On sait que certains charbons gras, placés dans un foyer incandescent, coulent comme de l'huile à travers les barreaux de la grille. Tels étaient les produits des étages supérieurs du puits S^t Louis, au charbonnage du Poirier, à Montigny-sur-Sambre.

Enfin, le mélange de brais, de compositions différentes, forme des produits dont la distillation ramène tous les principes volatils que l'on constate dans la fabrication du coke ou du gaz. Et en effet, si l'on force la proportion de bitume ajoutée au charbon maigre, il se sépare de l'aggloméré sous forme de fumée et sans dégager de chaleur.

Ce sont surtout les nouveaux procédés de fabrication des briquettes dans lesquels nous retrouvons une reconstitution parfaite, au moyen d'éléments mis en présence, dans des conditions spéciales, d'un produit bitumineux dont l'analogie avec la houille grasse est frappante. L'un de ces procédés consiste dans l'emploi des brais secs pulvérisés, mêlés à des charbons maigres menus, sous l'influence d'une injection de vapeur d'eau à haute pression. La vapeur produit alors un phénomène de transport du bitume dans les pores du charbon, et l'on reforme ainsi un véritable charbon gras, par l'association mécanique de divers principes.

De ce qui précède, on conclut que si, par synthèse et mélange mécanique, on peut obtenir un charbon artificiel analogue au charbon gras naturel, de même celui-ci peut se dédoubler en des éléments constitutifs, ceux qu'on obtient dans la distillation en vase clos de la houille, c'est-à-dire, dans la séparation par dilatation, et par effet mécanique pur et simple du principe gras incorporé dans les cellules du produit minéral. — Telle est la série de faits qui nous permettent d'avancer que le bitume est mélangé comme le grisou, dans les pores du charbon. Toutefois ils se trouvent à un état différent de fixité. Cette observation résulte encore des expériences de M. de Commines de Marsilly, qui prouvent que si le grisou s'élimine du charbon aux températures normales, le principe gras, au contraire, demande un degré de chaleur beaucoup plus élevé dans les mêmes circonstances. On en déduit que le premier est plus volatile et retenu moins fixement que le second. Il en résulte que, lors du métamorphisme, le départ des produits bitumineux a, dans les zones suffisamment influencées, entraîné le grisou en partie ou en entier, tandis que le phénomène du relèvement des couches, en amenant la saignée

de ce en gaz certains points, n'a occasionné celle des éléments gras que dans une proportion beaucoup moindre dans la plupart des cas. Cependant, il y a lieu de mentionner des exceptions : ainsi, comme les variétés de charbon connues renferment des bitumes dont la constitution élémentaire est différente, et qui sont plus ou moins volatils, tandis que le grisou à une composition constante, ou du moins peu variable, et toujours les mêmes propriétés physiques, il en résulte que l'entraînement des premiers par le second est variable, selon la nature des différentes espèces de houille. Enfin, leur élimination est toujours subordonnée, comme celle du gaz, toutes choses égales d'ailleurs, à la compacité plus ou moins grande du combustible, et à l'allure plus ou moins régulière des terrains encaissants.

Nous sommes en conséquence amené à dire rationnellement que, indépendamment des circonstances primordiales qui ont présidé à la répartition plus ou moins grasse des couches, l'état gras d'un charbon n'est pas directement en relation avec sa teneur en grisou, vu que ce dernier a pu être expulsé totalement, sans que le bitume ait été évacué. Enfin, il est un adage répandu parmi les vieux houilleurs, et extrêmement exact ; ils disent à cet égard que plus le charbon est *soufreux* (à grisou), moins il se conserve en magasin ; en effet, plus la houille renferme de grisou, plus elle en dégage, et si cette évacuation entraîne en même temps du bitume, il n'y a rien d'étonnant qu'elle perde alors en qualité, tout en se délitant, par l'effet physique de cette sortie.

CHAPITRE VI.

Du gisement du grisou dans les mines de houille.

SOMMAIRE : *Exposé général du gisement dans les mines de houille.*
— *Gisement dans les séries supérieures.* — *Gisement dans les séries moyennes.* — *Gisement dans les séries inférieures.*
— *Différence du gisement, dans une même série, en suivant une ligne perpendiculaire à la direction d'une couche, dans le plan de cette dernière.*

Le grisou se rencontre généralement dans les mines de houille. Presque toujours plus abondant dans les veines grasses que dans les veines maigres, il se trouve parfois dans les houilles sèches, d'autres fois enfin les charbons gras et demi gras en sont totalement privés. Ainsi, tandis que ces dernières qualités dans une partie du Centre belge, quelques-unes du Borinage, les grasses et demi grasses du Fléou, celles d'Eschweiler n'en renferment pas ou presque pas, les produits bitumineux de certaines mines de Saarbrück, où les veines sont très-puissantes, inclinées de 10° à 15°, en dégagent, mais non suffisamment pour que l'éclairage de sûreté y soit établi; les charbons maigres du rivage oriental de la Worm, près Aix-la-Chapelle, ceux de la Ruhr, entre Steele et Werden, ceux de Schaumbourg et de Schlebusch, de même que beaucoup de charbons maigres de notre pays, en renferment considérablement, entre autres, le charbon dur, et surtout le charbon calcaire du Borinage, enfin, certains charbons secs de la partie orientale du bassin de Liège.

A égale profondeur, il est beaucoup plus abondant dans les retours, qui en sont comme imprégnés, que dans les maîtresses-allures. A égalité d'allure, il augmente jusqu'à un certain point, à mesure que la profondeur s'accroît, du moins pour les zones reconnues jusqu'aujourd'hui, non seulement en Belgique, mais

encore en Allemagne, aux mines de Furth et Ath, près Aix-la-Chapelle, etc.

Telle est l'idée générale que l'on peut émettre, lorsqu'on a examiné les conditions dans lesquelles se trouvent les mines du pays et de l'étranger, où l'on exploite les diverses espèces de combustible, dans les différentes circonstances d'allure, de profondeur et de gisement.

De tous les gites houillers où des exploitations se sont développées, c'est le bassin belge qui présente le plus de difficultés relativement aux conditions d'aérage, par suite des quantités considérables de grisou qu'on y rencontre et des dérangements multiples qui sillonnent ce dépôt sédimentaire. C'est donc là que les études les plus fructueuses peuvent être entreprises relativement au sujet qui nous occupe. Les couches, beaucoup moins puissantes que celles des bassins français, allemands et anglais, sont comme imbibées de ce gaz; les replis tortueux des roches qui les encaissent, les ont entourées, de manière à empêcher souvent son évacuation à la surface. — Des nombreuses anomalies de son gisement, on semblerait conclure qu'aucune loi n'a présidé à sa distribution dans le sein de la terre. Nous avons démontré précédemment qu'il n'en est pas ainsi, que les anomalies disparaissent, lorsqu'on se rend compte des conditions primordiales de la formation des veines, qu'on étudie les changements qui ont dû s'y manifester par suite des phénomènes ultérieurs à la stratification houillère, et l'on arrive à cette importante conclusion, qui se confirme tous les jours, que la présence du grisou peut se constater dans toute espèce d'allure, de profondeur et de qualité de charbon.

Après avoir examiné l'ensemble des circonstances générales, discutons les circonstances particulières du gisement du grisou dans les mines de houille.

Au point de vue de l'influence de la profondeur à laquelle les couches sont recoupées relativement à leur capacité en grisou, nous pouvons diviser les bassins houillers en trois séries : 1° Les séries supérieures, renfermant des charbons gras, lorsqu'elles se

trouvent dans les retours, demi-gras, lorsqu'elles sont en maîtresses-allures, parfois des veines maigres ou de terre-houille, lorsqu'elles affleurent au jour. 2° Les séries moyennes, à charbon demi-gras. Et 3° les séries inférieures, tout-à-fait maigres.

1° *Gisement dans les séries supérieures.* — Les travaux d'exploitation, établis dans les séries de couches supérieures et tourmentées, c'est-à-dire, où le terrain présente de nombreux plis, des dérangements multiples, des accidents locaux, ont fait constater la présence du grisou en quantité suffisante pour déterminer des coups de feu. Ainsi, on a vu des accidents de ce genre se produire dans des travaux circonscrits, à 13^m seulement de profondeur. Et, en effet, dans ces parties dérangées, le grisou est en quelque sorte emprisonné.

Les séries supérieures qui, au contraire, affleurent au jour en grandes plateures, se sont trouvées dans les meilleures conditions, pour laisser dégager insensiblement le gaz qu'elles renfermaient, par les interstices existant entre elles et les roches encaissantes, de même qu'entre leurs joints de stratification. Elles se sont donc saignées en tout ou en partie, selon que le terrain était d'allure plus ou moins régulière, plus ou moins compacte. En effet, si l'on descend dans ces travaux, établis à faible profondeur, on ne l'y rencontre jamais, à tel point, que l'éclairage est à flamme découverte. Et, du reste, les annales des anciens mineurs rappellent que dans ces conditions, ils ne connurent pas le grisou. Néanmoins, à de faibles profondeurs, et pour des veines très-peu inclinées, presque horizontales, on ne devrait pas être étonné d'y constater sa présence. On sait, en effet, qu'une stratification à faible inclinaison présente beaucoup plus d'obstacles à la sortie du gaz qu'un terrain droit. Il est reconnu que les parties des veines affleurant à la surface, n'en renferment jamais. M. Bischoff rapporte que dans les mines, situées dans le flanc des montagnes, et dont le pendage suit l'allure de la surface, on ne l'y trouve point.

Certains accidents ont facilité son évacuation : ce sont les failles. Les unes, nombreuses dans un même bassin qu'elles

sillonment en tous sens, ont fourni autant d'artères pour la circulation et l'écoulement du grisou hors des couches circonvoisines; les autres, moins nombreuses, mais plus puissantes, et affectant des proportions considérables, ont agi d'une manière analogue, mais dans un rayon plus limité. Chaque fois, en effet, qu'on s'approche de ces accidents géologiques, ou chaque fois qu'on vient à les traverser, on constate qu'ils ont asséché le gaz aux alentours, et qu'ils en ont formé des espèces de magasins, car les proportions que l'on en trouve dans les matières remplissant la fente sont plus considérables qu'ailleurs. Telles sont les failles multiples des bassins de la Westphalie, de certaines parties du Centre belge, telle est la grande faille du Borinage, celle est la célèbre faille de St Gilles, près Liège.

A mesure que les mineurs ont descendu leurs travaux dans des veines arrivant au jour en maîtresse-allure, ils ont remarqué que le grisou s'y décelait en proportions de plus en plus fortes. Ainsi, il est constant qu'à la profondeur de 150^m on en rencontre même dans la therouille, par suite de la difficulté croissante de la saignée, en raison de l'augmentation de profondeur.

Généralement, les terrains sont assez solides et compactes dans les séries supérieures des veines, plus solides que ceux des stratifications inférieures. Or, comme par suite de la diffusion du gaz, résultant de son expansion, il pénètre d'autant plus dans le toit que ce dernier est plus feuilleté ou plus friable, il en résulte que le grisou réside, pour les premières séries, beaucoup moins dans les terrains que dans les veines; c'est donc dans celles-ci qu'il git spécialement alors.

2.° *Gisement dans les séries moyennes.* — Les séries moyennes, ayant subi une certaine influence du métamorphisme, renferment des charbons demi gras; une partie des principes bitumineux originaires a été éliminée, a entraîné avec elle, dans des régions plus froides, le grisou et l'eau interposés; les terrains, moins solides, par suite du retrait qu'ils ont éprouvé, présentent

beaucoup de joints de stratification qui, formant autant d'interstices, en termes de mineurs, *limés*, *désoids*, l'ont absorbé. On y trouve donc le gisement du grisou, non seulement dans les veines, mais encore dans les roches encaissantes. Les mineurs constatent que ses proportions augmentent dans les unes comme dans les autres, à mesure qu'ils approfondissent leurs travaux, dans un gîte en maîtresse-allure de fond en comble, puisque les difficultés de l'assèchement ultérieur du gaz au jour ont grandi avec la profondeur de son gisement. Si, au contraire, le champ de leurs explorations se trouve dans une enclave, où les premières couches forment de nombreux replis infestés de gaz, ils remarquent qu'en raison de l'approfondissement, les terrains devenant plus réguliers, les plateures plus étendues, les proportions de gaz sont moindres, puisqu'une allure de terrain régulière permet sa facile diffusion. Toutefois ils constatent que cette diminution atteint sa limite pour un niveau donné, passé lequel les quantités s'en accroissent de nouveau. On conçoit, en effet, que pour les profondeurs notables auxquelles ces séries régulières se rencontrent, le gaz ait eu beaucoup de peine à être saigné par un écoulement insensible. Néanmoins, il est de ces veines qui, formant d'énormes plateures, viennent également affleurer à la surface; dans ce cas, la sortie du gaz s'est faite et tend à se produire, jusqu'à ce que les résistances passives, qu'il éprouve, arrêtent son dégagement ultérieur. De ce qui précède, on conclut que le gisement du grisou réside dans les séries moyennes non seulement dans les veines, mais encore dans les roches encaissantes.

5° *Gisement dans les séries inférieures.* — Dans les séries inférieures, le métamorphisme a agi d'une manière pleine et entière; il en résulte que les charbons sont devenus maigres, ont perdu en même temps la plus grande partie du grisou qu'ils renfermaient, lequel a été transporté dans les terrains, plus cassés, moins solides, ou comme disent les mineurs de Charleroy, *calcinés*, et, dont la nature éminemment feuilletée, a permis une absorption aisée. Lorsqu'elles ont été saturées de ce gaz, une partie en est demeurée dans les charbons, le reste a atteint des régions

moins chaudes, où il s'est également logé. Elles présentent en général de grandes plateures; les retours n'apparaissent qu'accessoirement, en de rares endroits; mais la profondeur à laquelle elles reposent, les a empêchées d'être saignées au jour, à l'exception des parties qui viennent y affleuer. D'après ce que nous venons de voir, le gaz renfermé dans ces séries réside spécialement dans les roches encaissantes, beaucoup moins dans les veines elles-mêmes.

Malgré les nombreuses nuances qui existent dans une série entre les différentes veines relativement à leur nature et les quantités de grisou qu'elles renferment, la division des bassins en trois suffit au but que nous nous proposons, savoir de décrire les variations que subit le gaz quant à ses proportions. De cette étude, on pourra déduire que si l'on considérait dans leur ensemble toutes les couches d'un bassin en maîtresse-allure, se profilant du jour jusqu'aux dernières limites du terrain houiller, avec une pente régulière, on serait conduit à établir que les quantités de gaz correspondantes y suivent une progression croissante, à mesure qu'on atteint des parties plus profondes. Cependant, si la pratique confirme notre assertion, qui repose sur la théorie que nous avons exposée, nous ne pouvons que tirer des conclusions à priori sur les circonstances de son gisement dans les dernières veines, celles qui, jusqu'aujourd'hui, n'ont pas encore été abordées. Or, si l'on descend dans des puits, creusés à des profondeurs de 700^m, 900^m, et même au-delà, comme il en existe actuellement en Belgique (*), on remarque que les terrains deviennent de plus en plus cassés, et nécessitent souvent pour leur soutènement des maçonneries d'une grande épaisseur; cet état des roches de plus en plus fragile, de moins en moins compacte, ne peut être attribué qu'à l'influence croissante du métamorphisme; la chaleur centrale a, en quelque sorte, distillé dans

(*) Tel est le puits Simon Lambert du charbonnage des Viviers-Réunis, à Gilly (Charleroy), qui a atteint plus de 1,000 mètres.

le vaste creuset de l'écorce terrestre les couches du premier dépôt. Or, sans aucun doute, la chaleur dégagée y a été suffisante pour en chasser les matières bitumineuses complètement avec le grisou interposé, et les amener, après les avoir décomposées, plus ou moins, dans les parties supérieures, où, par suite du refroidissement, elles ont trouvé un logement facile; il est donc permis de supposer que dans l'approfondissement des travaux houillers, on trouve une zone limite, où la proportion de grisou est la plus forte, passé laquelle, une nouvelle décroissance et même une absence complète seront constatées.

Si, au lieu d'envisager les circonstances du gisement du grisou d'après les conditions de profondeur d'une exploitation donnée, nous considérons les différences que l'on constate, à un même niveau, dans des couches différentes, ou dans une même couche, nous trouvons des faits non moins remarquables. Si, en général, la régularité du terrain augmente avec la profondeur, pour une même profondeur le terrain houiller belge est toujours beaucoup plus tourmenté au midi qu'au nord. Il n'y a d'exceptions que pour les crêtes limites du bassin qui présentent pour ces deux directions des plis nombreux, par suite du relèvement du calcaire, avec des changements fréquents dans la nature des veines, lesquelles sont alors presque toujours plus grasses. L'examen des coupes générales des bassins de Liège, de Charleroy, du Centre et du Borinage suffit pour s'en convaincre. Il en résulte, d'après ce que nous avons vu précédemment, que, pour un niveau donné, les proportions de gaz sont d'autant plus notables qu'on s'avance davantage dans la direction de ces retours, en même temps que les charbons y deviennent plus gras. Ces faits sont constatés, non seulement pour des veines différentes, mais encore on sait qu'une même couche varie tellement de nature, et même sur de faibles espaces, qu'elle devient en quelque sorte méconnaissable, à tel point qu'elle porte un autre nom. Or, ces changements sont presque toujours accompagnés de variations analogues dans la teneur en grisou. Et, en effet, plus on s'avance vers le midi, plus on rencontre des couches supérieures qui ont subi de moins en

moins l'influence métamorphique, tandis que les plis qu'elles présentent ont retenu le gaz inflammable, et ont empêché son évacuation. Ces particularités ont rendu l'idée de charbon gras en quelque sorte inséparable de celle de charbon à grisou, et réciproquement, dans l'esprit des praticiens.

Le grisou réside essentiellement dans les veines; les roches encaissantes n'en renferment originairement que dans leurs points de contact avec les couches, c'est-à-dire, là où les plantes qui ont donné naissance à la houille, ont laissé des traces de leur présence dans les roches stratifiées directement au-dessus. Les intervalles compris entre les feuillettes de schiste, entre les bancs de grès, de même que toutes les fissures des pierres de stampe, contiennent le gaz qui s'est éliminé des veines avoisinantes.

Nous ne croyons pas nécessaire d'entrer en de plus longs détails relativement à son gisement dans les terrains, la description donnée plus haut de sa répartition dans les différentes séries renfermant aussi celle des lois de sa présence dans les roches.

CHAPITRE VII.

Du dégagement du grisou.

SOMMAIRE : *Exposé du dégagement régulier du grisou dans les mines de houille. — Soufflards. — Influence de la pression barométrique sur le dégagement. — Opinions diverses émises à ce sujet. — Discussion de ces opinions.*

Ainsi que nous l'avons vu, le grisou réside soit dans les veines, soit dans les terrains, soit dans les parties meubles, telles que les matières remplissant les fentes des failles, dans les remblais, etc. Dans une exploitation donnée, son dégagement a lieu dans ces diverses circonstances. Selon la nature plus ou moins compacte de la houille, selon la disposition de ses clivages, le nombre de ses

cellules, elle le retient dans ses pores avec une énergie variable. Les unes le dégagent entièrement, ou presque entièrement, lors de l'abattage ; les autres le conservent même après. L'expérience établit la véracité de cette assertion. Ainsi, il n'est pas rare que des tas de charbon, renfermés dans la soute des navires, laissent échapper du gaz inflammable en assez grande abondance pour que, si l'on y pénètre avec un corps allumé, une explosion ait lieu. Des accidents de ce genre se sont produits plus d'une fois. Nous l'avons vu se dégager de la cale des bateaux, et, pénétrant dans la cabine du batelier, s'enflammer à son foyer, et produire des brûlures presque mortelles. Il est même des cas où il se trouve mêlé si intimement dans les pores de la houille, qu'il ne se dégage que lorsqu'on l'a pulvérisée. Plus d'un exemple de ce genre le démontre. Citons le suivant, survenu en notre pays : Un mouleur, concassant du charbon dans un cylindre fermé, eut l'imprudence d'approcher une lampe allumée, au moment où il ouvrait ce cylindre pour en faire sortir le menu, et immédiatement le grisou vint détonner dans la flamme. Certains incendies de tas de charbon en magasin pourraient résulter d'une cause analogue. M. Hodgson a observé qu'en pilant du charbon de Newcastle dans un tonneau à ouverture étroite, l'air qui s'échappait de l'orifice était inflammable. M. Davy a prouvé qu'en brisant sous l'eau des morceaux de houille, il se dégage également du grisou.

Dans la plupart des cas, il abandonne les cellules de la houille au front des tailles même. L'expansion, résultant de ce dégagement, la brise suivant ses clivages : ce fait est constaté par les mineurs, qui trouvent la veine toujours beaucoup plus facile le matin, quand ils arrivent à leur tâche, et que la pression de dégagement a pu se faire complètement pendant la nuit, que lorsqu'ils abandonnent la mine, alors qu'ils déhouillent des parties dont le gaz n'a pu sortir aussi aisément. On constate fréquemment que, dans les mines à grisou, les fronts de taille s'avancent par suite de cette poussée. Il est même des charbonnages où l'on est obligé de maintenir les fronts au moyen d'étais et de planches pour éviter que, par suite du dégagement qui s'opère pendant la nuit,

la houille ne se divise en menus fragments. Cette opération porte le nom de *troussage*.

En règle générale, les mineurs disent que plus il y a de *limés* dans une veine, plus il se dégage de grisou, plus elle est grasse. Et, en effet, comme nous l'avons déjà fait remarquer, les houilles les plus hydrogénées étant ordinairement les plus poreuses, il n'y a rien d'étonnant à ce que les charbons gras se dépouillent plus promptement du grisou qu'ils renferment (*).

Ce dégagement est loin d'être régulier, constant dans les divers points d'une même couche; il est généralement plus abondant dans toutes les parties où la veine est plus friable, partant où elle est le plus tourmentée. Si le toit est très-fendillé, ou si elle se trouve surmontée d'une *terrasse* (*) assez spongieuse, elle se conserve toujours mieux en gros blocs lors de l'abattage. Ce fait s'explique facilement : le grisou, cherchant à s'échapper de la veine, et trouvant au-dessus d'elle des matières poreuses, s'y répand sans exercer sur le front de taille une tension qui délitérait le charbon. Dans ce cas, la pression se produit donc au-dessus, et il se répand dans la *terrasse*, en laissant la veine intacte. Aussi, est-il reconnu que toute couche à grisou surmontée directement d'un bon toit donne toujours plus de menu, et que la proportion du gros est en raison directe de la friabilité du toit. Cet avantage se compense, en partie, par la nécessité d'un boitage plus onéreux. On peut donc trouver en cela une loi admirable du créateur, qui n'accorde un avantage qu'au prix de conditions moins favorables à d'autres égards, de manière à

(*) « L'air inflammable, renfermé dans la houille, dit M. Baillet (Mémoire sur l'exploitation des houillères à grisou, Journal des Mines, ventôse, an iv), est dans un tel état d'élasticité, qu'il est toujours prêt à s'échapper; il brise les petits fragments de charbon qui s'opposent à son passage, et fait entendre, en se dégageant, un léger bruit, que M. Combes compare à celui produit par l'eau échappée dans l'instant qui précède l'ébullition tumultueuse. C'est ce que les ouvriers appellent *friser* ou *souffler* », phénomène qui s'explique par l'interposition de ce gaz dans les pores d'une matière solide.

(*) *Terrasse*, schiste feuilleté bitumineux.

placer dans une certaine égalité les circonstances d'exploitation de couches tout-à-fait différentes. L'état plus ou moins friable des charbons n'indique donc pas toujours la quantité plus ou moins grande de grisou qu'ils renferment. Cela dépend encore de la consistance des roches encaissantes. Aussi, les principes généraux que nous avons établis précédemment sur son gisement dans les différentes séries de veines n'en restent pas moins vrais ; elles sont en général d'autant plus dures qu'elles sont exploitées à plus grande profondeur, parce que, à mesure de l'approfondissement, les terrains ayant subi l'influence croissante du métamorphisme, sont moins compactes et présentent une absorption plus facile au gaz, qui n'exerçant pas sa pression contre la couche, ne peut la déliter. Si donc, lors de l'exploitation de telle veine, plus dure que telle autre, il se produit une irruption abondante de grisou, on ne doit plus s'en étonner dès qu'on s'est rendu compte de la nature des terrains.

Le dégagement hors du faux toit qui recouvre certaines couches est parfois tellement grand, que dans plusieurs charbonnages de la Basse Sambre, on est forcé de lûter à l'argile ce faux toit, pour empêcher les voies de se remplir de grisou, et cependant, on exploite, dans ces mines, des charbons maigres. De même, le havage étant toujours formé de parties plus friables et plus poreuses que la veine, renferme des proportions souvent considérables de gaz inflammable. Aussi, c'est surtout lors du havage que les tailles en sont infestées. C'est à cause de cette circonstance qu'il est impossible d'adopter, dans plusieurs centres houillers à grisou, la méthode dite à *grand corps* du Borinage, pour l'abatage de veines dures, qui adhèrent fortement aux feuillettes de schiste du toit, auquel elles *rogne*, comme on dit ; dans cette méthode, le havage se faisant en même temps sur tout le front, le dégagement de grisou se produirait avec tant d'abondance qu'il compromettrait la sécurité des mineurs. Le même effet se manifeste, lorsqu'on pelle ou qu'on boute le menu charbon dans les tailles ; immédiatement la lampe accuse l'abondance du gaz, résultat qui se révèle plus particulièrement encore dans

l'exploitation des dressants. Et, en effet, le dégagement se produit d'autant plus que les cellules sont mises davantage à découvert, ce qui a lieu avec le menu. Aussi n'est-il pas rare, qu'en plongeant un bâton dans le fin, répandu aux pied des chantiers d'abatage, on voit immédiatement le gaz s'échapper. Le même effet se révèle parfois dans les tas de menu en magasin.

D'après ce qui précède, on conclut facilement que les parties récemment mises à nu, fournissent beaucoup plus de gaz que les fronts de tailles anciens. Ce fait est encore constaté par les mineurs, occupés à un montage en veine vierge. Elle est alors d'autant plus dure que le front est moins développé, parce que le gaz peut moins en sortir. Si, dans un travail de ce genre, le mineur commence par haver au toit, il rend l'abatage encore plus pénible. Un ouvrier adroit abat, dans ce cas, la couche au pic, sans toucher au havage ; il en résulte qu'ainsi il ne facilite pas la sortie par le toit du gaz inflammable qui, exerçant sa pression contre le front, lui vient en aide en délitant la veine ; s'il commençait par haver, le gaz se dégagerait, sans poussée, par cette excavation. Ces faits, résultats d'observations pratiques, confirment ce que nous disions relativement à la circulation et au dégagement continuels du grisou. Il y a plus : l'exploitation d'une couche ou d'une série de couches se fait en descendant ; dès qu'on a chassé une voie dans l'une d'elles, le gaz contenu dans la tranche immédiatement inférieure se dégage ; il suffit donc qu'en un point, on ait diminué la pression qui le maintenait dans les pores de la houille, pour qu'il se fraye passage et circule. — Sa faible densité l'amène sans cesse dans les points les plus élevés ; il cherche donc, après son dégagement, à monter avec une vitesse qui dépend des circonstances dans lesquelles se trouvent la ventilation, la section des galeries, etc. Partout où il rencontre une issue, il pénètre et chemine, jusqu'à ce qu'il éprouve une résistance suffisante pour l'arrêter. C'est ainsi qu'il se loge alors dans les excavations élevées des voies terminées en cul-de-sac, dans les dômes ou cloches formant autant de réservoirs d'où l'air ne peut le chasser, enfin dans les coupements des tailles, derrière

les boisages, au-dessus des ramilles qui revêtent le toit. C'est en partant de ces observations pratiques que les anglais, pour empêcher ces accumulations de se produire, ont imaginé de mettre la partie supérieure de ces réservoirs en communication avec l'extérieur, au moyen d'une galerie dite *gaz-course*, placée au sommet de la tranche exploitée, et débouchant dans le puits d'air. C'est là l'idée mère qui a présidé à la division du courant ventilateur en autant de tronçons que de chantiers d'abattage (*).

Telles sont les conditions générales dans lesquelles se produit le dégagement continu, permanent du gaz inflammable dans les mines de houille. Mais on constate fréquemment des irruptions plus notables, subites, locales et de durée extrêmement variable. Tous les accidents de terrain ou d'allure sont généralement accompagnés de variations dans son abondance : ainsi, près les failles, les grandeurs de veines, les genoux, les étranglements, les chapelets, les brouillages, partout enfin où la houille devient plus friable. Dans une tranche en exploitation, il se montre toujours plus abondant aux alentours des crochons, selles, etc. Par suite, la veine est toujours moins dure en pied qu'en comble. Enfin, dans une même tranche inclinée au midi, il diminue à mesure qu'on avance vers le nord. Ces faits s'expliquent parfaitement dès qu'on se rappelle l'état de circulation des gaz renfermés dans la houille. Toute augmentation de puissance dans une veine à grisou amène une affluence plus grande de ce dernier, soit à cause des dérangements du terrain, ou de la surface plus considérable de dégagement. Dans les genoux et boules de veines, le toit qui a subi ces plissements, est souvent formé d'un schiste ou d'un grès onctueux, comme imbibé de matières bitumineuses ; l'accu-

(*) Et, en effet, si l'on analyse l'air d'une galerie renfermant du grisou pris à différents niveaux, on ne remarque que des traces de gaz au mur et ses proportions augmentent à mesure qu'on élève le point d'observation. Si le dégagement continue longtemps dans ces conditions, sans qu'il y ait un courant ventilateur, le gaz s'accumule de plus en plus, jusqu'à expulser complètement l'air. Ces faits se constatent tous les jours avec la lampe de sûreté.

mulation de gaz est toujours notable dans ces plis. Il en est de même aux alentours des cloches, *sewments*(*), etc., dont la chute est souvent due à l'expansion du grisou interposé entre elles et le terrain. Il en est encore ainsi quand on approche des crains ; telle couche, qui ne dégage jamais de gaz, en fournit dans le voisinage de ces dérangements. Les mineurs savent, du reste, que lorsque la quantité s'en accroit, ou que le charbon change de nature, devient cassant, ils sont à proximité d'un crain. M. Combes rapporte qu'on a observé, dans plusieurs localités, qu'une faille, un étranglement, etc., séparaient la partie de la couche renfermant du gaz inflammable de celle qui en était tout-à-fait exempte.

Dans ces diverses circonstances, si le dégagement est plus violent, il n'est pas souvent de longue durée ; l'aggravation disparaît dès que la veine a repris son allure normale. Lors d'un éboulement, on constate ordinairement une augmentation de grisou : les mineurs ont remarqué, du reste, de longue date, qu'après le tassement du toit, par suite des cassures résultant du déhouillement, une surabondance de gaz inflammable se produit. En effet, il ne se dégage pas seulement des couches, mais encore des terrains, soit qu'il résulte de son gisement dans ces derniers, soit qu'il arrive d'autres couches circonvoisines, par les fentes de la roche ; trouvant alors par celle-ci une issue, il s'y fraye un passage et, se répandant dans les voies, s'ajoute à celui de la veine. De toutes les roches, c'est le grès ou *querelle* qui en dégage le plus et parfois si violemment qu'il en est déjà résulté des éboulements dans des puits non murillés.

Le grisou, circulant dans les galeries souterraines d'une exploitation, rencontre sur son passage des matières poreuses. Il s'y incorpore facilement. Tels sont les remblais, formés de substances charbonneuses fines, fraîchement remuées, imparfaitement tassées, et qui, par conséquent, sont éminemment propres à lui servir de réservoirs, surtout lorsqu'ils sont entrecoupés de faux piliers, c'est-à-dire d'espaces vides ou remplis en partie de

(*) Espèce de cloche allongée en fond de bateau.

fascines. Aussi l'on constate fréquemment la présence du grisou en ces circonstances : dès qu'il s'y trouve mêlé, soit qu'il se dégage de menu charbon qui accompagne les remblais, soit qu'il arrive des parties inférieures ou environnantes du gîte, il bouleverse les *murtias* (*), par suite des pressions qu'il exerce. C'est à cette cause que l'on peut attribuer, en partie du moins, les éboulements qui surviennent dans certains piliers d'aérage, même entretenus d'un parfait boisage ; aussi les mineurs soigneux, pour empêcher ces effets de se produire, se servent d'un moyen très-rationnel, qui est une espèce de drainage ; de distance en distance, ils laissent dans les remblais un léger passage, appelé *canon*, fermé au pied de la voie sur quelques mètres, et flanqué d'un *murtia* ; le reste présente, suivant le pendage, un canal vide, d'une faible largeur, et qui permet au gaz de s'écouler des parties voisines, et d'être ainsi conduit au pilier supérieur de retour d'air. D'autres implantent simplement dans la partie supérieure du remblai avoisinant ce dernier pilier, des ramilles ou des tuyaux, pour arriver au même résultat.

Les anciens travaux sont également des magasins de grisou. Leur voisinage est toujours dangereux pour le mineur qui s'en approche sans précaution. Il en est de même des anciennes voies abandonnées où l'air ne circule plus. Ce sont ces vieux déhouillements qui ont produit dans les mines tant de sinistres mémorables. Quels que soient les soins mis en œuvre pour isoler ces réservoirs des chantiers en activité, les mouvements du terrain, résultant de l'abattage, rétablissent bientôt les communications en produisant des fissures dans les digues, ou même dans le toit ou le mur de la couche. Il existe aussi, dans les anciennes mines, de vastes excavations où le gaz s'accumule des parties avoisinantes, et dont l'approche a été plus d'une fois meurtrière. Dans les endroits d'un bassin, où ces particularités sont soupçonnées, on a la prudence de sonder en avant des fronts de taille et latéralement. Lorsque le grisou a trouvé dans ces anciens travaux un logement, et que, par le tassement ou l'affaissement du terrain, il s'y trouve emprisonné de toutes parts, il acquiert une

(* Murs en pierres sèches, provenant du bossement.

force d'expansion considérable. Nous citerons à cet égard quelques exemples remarquables. Au puits Sept-Actions du Centre de Gilly (Charleroy), on trouva, en déblayant un ancien bouveau, des quantités énormes de gaz inflammable, qui, en se détendant, comprima l'air sur plus de 50^m. En vidant sous stock, cet ancien puits, remblayé en partie, le même effet se produisit. Il en est encore ainsi, lorsqu'on perce les failles. Nous signalerons entr'autres le creusement de la faille S.^t-Gilles au charbonnage de la Haye ; les proportions du grisou qui se dégagèrent de la matière remplissante furent tellement notables que ce travail nécessita des soins tout particuliers, après avoir été considéré d'abord comme impraticable. .

Le grisou s'amasse également au fond des *bougnois*, remplis de terre et de boues ; on le voit souvent s'en échapper sous forme de bulles, qui semblent venir bouillonner à la surface de l'eau.

Il se dégage aussi, non pas seulement dans les travaux de mines proprement dits, mais encore dans les puits. La poussée qui en résulte se manifeste très-fréquemment. C'est pour ce motif, qu'on a soin, dans les fosses murailles, de laisser des potelles vides, ou *trous de pierrots*, de distance en distance, afin de le saigner, et d'empêcher sa tension de détruire les parois. Les dérangements, survenus dans les puits, peuvent donc être attribués en partie à cette cause. Il en est de même dans les voies de mines, où le mur se soulève non seulement par suite des pressions latérales, mais encore par l'expansion du gaz qui le fait onduler, déjette les billes et les rails. Car dès qu'on a pratiqué une chasse(*), la poussée du terrain s'opère, le toit et le mur se déchirent, et le gaz sortant soulève les bancs des roches encaissantes.

Enfin, dans le creusement des puits de mines, des accidents assez fréquents ont démontré la nécessité d'y employer un éclairage de sûreté. Plusieurs coups de feu ont été signalés en de telles occurrences ; en Angleterre, où l'irruption du gaz se manifeste assez souvent dans les avaleresses, on le recueille et on l'utilise à la surface, en l'y amenant au moyen de tuyaux. Différentes explosions de ce genre ont eu lieu, dans ces dernières années, en notre

(*) Voie d'allongement dans la couche.

pays. Nous citerons celle qui survint en 1859 au puits St-Charles de la Société charbonnière du Poirier (Charleroy) ; en 1860 une autre, à la fosse Ste-Marie du charbonnage Cockerill, à Seraing ; une troisième, en 1861, au puits Conception de la Compagnie de la Réunion à Mont-sur-Marchienne (Charleroi). Ces accidents se produisent généralement lorsqu'on opère le muraillement des parois ; il arrive alors souvent que les ouvertures des paliers de support, permettant à l'air qui se trouve en-dessous de sortir, viennent à se boucher par la chute du mortier, des fragments de briques, etc. Si les ouvriers n'ont pas le soin de les rouvrir, le gaz s'accumule sous leurs pieds, jusqu'à ce que, parvenant à un état de tension suffisant pour se frayer passage, il vienne détonner à leurs lampes.

Le grisou se dégage aussi fréquemment des trous de mines, pratiqués dans les roches encaissantes du terrain houiller, et spécialement dans le grès. La venue qui en sort, est parfois tellement violente, qu'on est obligé de boucher le trou momentanément, au moyen d'argile, et de ne continuer que les jours fériés, alors que les chantiers d'abatage ne renferment pas d'ouvriers. Le sifflement produit est assez grand pour que les mineurs le comparent à la décharge de la vapeur d'une chaudière. Il arrive que si l'on abandonne le trou 24 heures, ce dégagement s'arrête.

On rencontre aussi des amas considérables de grisou, renfermé dans des cavités de la houille, espèces de poches d'où il sort avec force, dès qu'une cause quelconque, l'approche des travaux de mines, par exemple, a suffisamment affaibli les parois de ces cavités.

Les accidents que nous venons de décrire se présentent dans les mines de notre pays. Ils ne sont rien comparativement à ceux qui se produisent dans les houillères anglaises, où les jets accidentels de gaz, sortant des roches encaissantes, et portant le nom de *soufflards*, durent parfois des années entières, et sont la manifestation d'un phénomène que nous n'observons ici que sur une faible échelle. Davy fait à cet égard la remarque suivante : « Les grandes sources d'air inflammable, dans les mines, proviennent de

ce qu'on appelle les *soufflures, cellules, (blowers)*, d'où sortent des courants d'air inflammable qui, quelquefois, subsistent plusieurs années. M. Louther a eu un de ces courants dans une de ses mines, pendant 2 ans 9 mois. On trouve souvent les vieux ouvrages abandonnés remplis d'air inflammable ». Dans une mine de Preston-Island, près Culrass, les roches encaissantes, fendillées, laissaient dégager subitement des amas de gaz avant qu'on fût arrivé à la veine et avec telle violence que l'eau bouillonnait. — Un ingénieur anglais, M. Georges Stephenson relate (Reports on accidents in mines, p. 110), qu'en septembre 1831, une explosion se produisit dans la mine de Wilmington qu'il dirigeait. Le gaz provenait, non pas de la couche exploitée, mais d'un soufflard situé dans une autre, à 58 fathoms en-dessous, et dont la venue était telle, qu'on avait été obligé d'abandonner l'exploitation dans celle-ci, et de la laisser inonder par les eaux. Le gaz traversa une masse de ce liquide, haute de 13 fathoms. Par conséquent, il ne faudrait pas croire que l'inondation d'une galerie de mine arrêterait certainement son écoulement. Cet ingénieur eut ensuite l'idée, pour mettre ses ouvriers à l'abri de tout danger, d'amener ce gaz à la surface, et de l'utiliser à l'éclairage. A cet effet, il isola complètement la couche inférieure, en recouvrant d'un chapeau en fer le puits intérieur qui établissait la communication entre elle et sa voisine ; un tube de 3 pouces de diamètre, adapté sur ce chapeau, et se prolongeant dans le puits d'extraction l'amenait au jour. Ce jet a duré sans interruption depuis le mois de septembre 1831, jusqu'en 1835, époque de l'enquête ordonnée par la Chambre des Communes. Il serait à souhaiter que le gaz, sortant des fissures des roches encaissantes, pût être toujours concentré de cette manière, ce qui éloignerait toute chance d'accident ; en Angleterre, on le fait chaque fois qu'on le peut, et on l'utilise à l'éclairage.

Ces accidents ne sont pas inconnus en Allemagne. Dans une galerie de la mine Gerhard, à Louisenthal, près Saarbrück (Journal für prakt-Chemie, t. xiv, p. 155), existait une soufflure semblable dans le grès houiller, qui fournit du gaz pendant plus

de 12 ans. Dans les environs de Saarbrück, à Wellesweiler, un dégagement analogue se produisit pendant une cinquantaine d'années, dans une galerie abandonnée. En 1816, on le concentra au moyen de tuyaux en cuivre, et à quelque distance, on forâ, en 1817, un trou de sonde qui atteignit une veine de 70 à 80 pouces d'ouverture. Ce sont les deux seuls soufflards connus dans cette localité, quoiqu'on y rencontre beaucoup de grisou. Dans la mine de Landchen von der Heide, près Aix-la-Chapelle, il n'y en a pas, quoique le gaz y soit également abondant. On ne les connaît pas non plus dans les houillères de la Ruhr, en Westphalie, quoiqu'elles renferment du grisou. Dans la mine de Fürth on trouva, dans le grès houiller, une fissure qui dégagèa beaucoup de gaz pendant longtemps; dans un autre point de la mine, il se détacha un banc épais de roc, et au même instant une explosion de gaz eut lieu, ce qui démontre encore un dégagement subit, provenant sans doute d'une fissure. — Les nombreuses et énormes irrptions de gaz dans la principauté de Schaumbourg ont lieu hors des roches qui appartiennent en général au lias. Le village de Frédonia, dans la partie orientale de New-York, est éclairé par le gaz provenant d'un trou pratiqué dans le sol, à travers un calcaire fétide (Journal de Silliman, t. xvii, p, 598. — Journl of the royal Inf. t. i, p. 205. — Annales de chimie et de physique, t. xlv, p. 445).

Ainsi que nous l'avons dit, les véritables soufflards, semblables à ces terribles jets que nous venons de signaler dans les pays étrangers, ne se présentent guère chez nous. Nous pourrions en signaler un cependant, assez récent, qui eut lieu en 1862 au charbonnage du Boubier, à Chatelet (Charleroy), niveau de 291^m, dans les circonstances suivantes : On était occupé à un montage, dans la veine 41 paumes, lorsqu'un dégagement subit de grisou hors du mur fut tellement violent, qu'il fit ébouler un massif de charbon de 70,000 kilog. La voie se remplit immédiatement de gaz, et les ouvriers furent presque asphyxiés. On avait déjà remarqué, au même puits, de légers soufflards sortant du mur de cette veine, qui consiste en une *querelle* fissurée. — Nous en citerons encore

un autre à la mine de St.-Martin à Marchienne au Pont, lequel se produit depuis plus de 2 ans dans le mur d'une veine, et enfin de petits soufflards qui se sont manifestés dans des bouveaux aux houillères d'Amercœur, à Jumet, du Poirier, à Montigny sur Sambre, et du Carabinier français, à Châtelet.

Le grisou est parfois aspiré par les pompes d'épuisement. Ainsi, M. Bischoff rapporte qu'à la mine de James, du gaz inflammable sortit dans ces conditions. Il résulte de plus de ses propres expériences qu'il suit parfois l'eau, et se trouve entraîné avec elle dans les voies. Il cite aussi des phénomènes très-curieux de ce dégagement au jour. Il a observé, entre autres, que l'air débouchant d'un puits de mine, s'était plus d'une fois allumé à la lampe des ouvriers placés au jour, et transporté comme des feux follets. Il rapporte encore que, dans certaines houillères de Schaumbourg, les foyers d'aérage étaient disposés de manière que le courant venant de la fosse, et passant à travers la grille chargé de gaz, servait en guise de combustible. Toutefois, des explosions firent abolir ce système vicieux.

Lorsqu'on recueille le grisou dans les travaux, et qu'on l'amène au jour, la vitesse d'écoulement hors du tuyau de conduite dépend évidemment de la pression à laquelle il se dégage. Celui de la galerie de Wellesweiler traversait une nappe d'eau de plusieurs pouces, et il pouvait encore vaincre la pression d'une colonne de ce liquide de 5 pouces de hauteur.

On sait que le gaz inflammable se dégage aussi des terrains salifères, provenant sans doute des couches de houille sous-jacentes. Tel est celui de Sztaline, connu depuis le 18 mars 1826, et qu'on utilise à l'éclairage de la mine (Poggendorf's Annalen). Un autre dégagement du même genre eut lieu à la saline de Gottesgabe, à Rhéine (Westphalie) (Poggendorf's Annalen t. VII, p. 153) : le gaz s'échappa d'un vieux puits, creusé dans le lias, et abandonné. M. Raters, inspecteur de ces salines, le recueillit en 1824, et le conduisit, au moyen de tuyaux en bois de 1100 pieds de longueur, jusqu'à son habitation, où il l'employa plusieurs années à

l'éclairage, et en guise de combustible. Il s'échappait à une pression supérieure à celle de l'atmosphère. Lorsqu'on allumait ce gaz, fourni par le tuyau, il brûlait par un temps calme avec une flamme de 3 à 4 pieds d'élévation ; mais si l'on fermait le robinet 24 heures, la pression était telle qu'il sortait par les pores du bois du tuyau, et, allumé, la colonne de feu atteignait 10 à 15 pieds de hauteur, avec une largeur de 1 $\frac{1}{4}$ pied. — En Transylvanie, le gaz de Zugo de Klein (*Annalen der phys.* par M. Gilbert, t. xxxvii, p. 4) et son feu éternel s'échappent avec une violence telle qu'ils produisent l'effet d'un vent impétueux. Si l'on y verse de l'eau, il fait irruption sous forme de bulles, et d'autant plus énergiquement, que la colonne liquide tombe de plus haut.

Dans les États de l'Ohio, à Marietta (*Poggendorf's Annalen*, t. xviii, p. 605), le gaz accompagne toujours les sources salées ; c'est lui qui les fait monter hors de la mine, ce qui montre l'énorme pression à laquelle il est soumis. Un phénomène analogue se produit près Bedlay, non loin de Glasgow, où le gaz sort d'un ruisseau depuis plus de 20 ans, d'après M. Bald (*T. Thompson*, dans les *Edimb. Journ. of sc.* July 1829, p. 67).

Toutefois, il y a aussi des exemples où la vapeur inflammable s'écoule sans pression ; c'est ce qui a lieu dans la galerie de Gerhard, où elle provient d'une fissure à 7 pieds environ au-dessous du sol ; il est très-probable que ses ramifications s'étendent jusqu'à la surface, d'après M. Bischoff.

Des soufflures artificielles peuvent se manifester lorsque, par des trous de sonde, on atteint des roches fissurées ; ainsi aux bords de l'Ohio, à Rocky-Hill (*Edimb. Journal* vol. x, p. 186), on creusait un puits salifère ; on était arrivé à la profondeur de 197 pieds, lorsque les tirants s'éboulèrent dans une crevasse, et aussitôt s'éleva un jet d'eau salée, puis il se dégageda du gaz en abondance. Dans le même Etat de l'Ohio, à Little Muskingum (*Silliman's Journal*, vol. x, p. 5), existe un puits de 400 pieds de profondeur, qui amène au jour de l'eau avec beaucoup de pétrole ; de temps à autre, de terribles irruptions de gaz s'y produisent, en lançant toute l'eau hors du puits, et pendant plusieurs jours

consécutifs, il ne sort que du gaz. — Près le lac la Braye, il existe un tourbillon qui, suivant le capitaine Mollet, bouillonne en temps d'orage, de manière à élever l'eau de 4 à 5 pieds de hauteur, et couvre la surface de pétrole sur un espace considérable (Principes de géologie, par Lyell). Des phénomènes analogues se passent depuis longtemps dans les terrains salifères de la Chine (Bibliothèque universelle, t. XL, p. 318). La plupart des puits salifères qu'on y creuse fournissent du grisou; quelques-uns même, en déversent en telle quantité qu'on l'utilise à l'évaporation des eaux salées, aux usages domestiques, et même à l'éclairage des salines. Si l'on allume le gaz qui sort de ces excavations souterraines, la colonne de feu s'élève parfois à 50 pieds d'élévation. Un de ces puits fut porté à 5000 pieds; il en sortit un gaz chargé de parcelles noirâtres avec un vacarme épouvantable. Ces particules noires démontrent de plus en plus qu'il provient du terrain houiller; du reste, en poursuivant l'approfondissement de ces puits, on est arrivé plus d'une fois à recouper des couches de houille (Voir le Mémoire sur les mines de sel de Wielizka, par Guettard. — Mém. de l'Acad. 1762, p. 152. — Essai sur les manufactures de l'empire d'Autriche, t. II, p. 374).

Un dégagement analogue eut lieu à Gazarino, près Conegliano, gouvernement de Trieste (Annales de chimie et de physique, t. LIII, p. 208), en creusant un puits de 70 pieds de profondeur. Citons enfin les célèbres jets enflammés ou inflammables de Deliktasch, sur les côtes de la Caraumanie, de Tsee-Licou-Tsing, en Chine, de Wellega, de Pietramola, en Italie, de S^t Barthélémy, en France (Isère), de Bosley et de Lancastre, en Angleterre, de Fredonia, dans l'État de New-York, de Chittagong, au Bengale, d'Atsch-Yah, sur les bords de la mer Caspienne, etc. On les utilise parfois à la cuisson des briques ou de la chaux. — Dans le forage des puits artésiens, on a aussi remarqué, à Cormilles, à Paris et ailleurs, que des éruptions subites de gaz ont souvent lieu. Dans la principauté de Schaumbourg, on a constaté l'existence de soufflures semblables, provenant de forages; cependant, il fut prouvé que le gaz ne venait pas d'une couche de houille, mais

bien d'un schiste argileux, riche en matières carbonifères. M. Davy avait déjà observé qu'il se dégage du grisou, quand on atteint des schistes bitumineux imprégnés de parcelles charbonneuses. Sa présence dans les sources de naphite ou de pétrole doit provenir de la même origine, du mode de formation de ces variétés spéciales de combustibles.

Ces soufflards ont été décrits sans qu'on ait recherché leurs causes. Or, si l'on se rappelle les diverses acceptions dans lesquelles ils se présentent, on peut remarquer qu'ils comprennent trois espèces différentes : les premiers sont en quelque sorte instantanés, cessent en général presque aussi subitement qu'ils sont survenus; telles sont les légères soufflures constatées dans notre pays. Les seconds durent des mois, parfois des années; ce sont les soufflards des mines anglaises et allemandes, qui se produisent dans des couches très-puissantes. Les derniers enfin, ont une durée illimitée, pour ainsi dire; ils ont été constatés spécialement dans le creusement des puits à travers le lias, ou d'autres roches surmontant les terrains salifères.

Pour se rendre compte de ces phénomènes, divers par leur nature et leur durée, que l'on suppose une couche d'épaisseur semblable aux nôtres, surmontée d'un grès fissuré recoupé, soit par un bouveau, soit par un puits dans un endroit où elle présente un accident local, tel qu'un amas, brouillage, retour prononcé, où le grisou est emprisonné de toutes parts. D'après ce que nous avons vu, ce gaz se rassemble, se condense en ces parties, en proportion qu'elles sont plus élevées relativement à la zone charbonneuse environnante; il y acquiert donc une tension considérable; dès qu'une fissure lui donne accès, il se détend avec force, et produit un dégagement en général de peu de durée, avec une grande puissance expansive.

Si la veine est très-puissante, comme dans les mines allemandes et anglaises, et se trouve en des circonstances analogues à la précédente, la même irruption de gaz aura lieu, mais avec une durée proportionnelle aux conditions spéciales du gisement.

Enfin, si l'on perce une roche fissurée, surmontant le terrain

houiller vierge, dans un endroit où les couches sont irrégulières ou non, et que le gaz trouve issue, il se dégage de tous les points environnants vers ce passage, et en sort avec violence. La durée de ces soufflards peut donc être en quelque manière illimitée puisqu'ils étendent leur zone d'action dans un terrain non déhouillé. On peut dès lors comparer cette irruption à celle de l'eau dans le creusement d'un puits artésien.

Tels sont les phénomènes les plus remarquables connus jusqu'aujourd'hui, sur le dégagement du grisou, constant, régulier ou subit, momentané, en faible abondance ou en prodigieux torrents. Néanmoins, plusieurs influences agissent, dans un cas comme dans l'autre, pour le diminuer ou l'augmenter. La présence d'autres fluides suffit pour céler en quelque sorte celle de l'hydrogène protocarboné. La venue des eaux qui suintent dans les travaux houillers, sur les fronts des tailles, dans les voies, etc., ralentit son expansion. Les mineurs mettent parfois impunément le feu aux mines dans des galeries infestées de gaz, en opérant sous des pièces d'étoupe fortement mouillées. Toutefois, M. Bischoff rapporte plusieurs observations qui tendraient, d'après lui, à prouver que le dégagement hors des sources minérales, est plus considérable, lorsque le sol est gelé (Annalen, par Gilbert, t. LII, p. 546). Nous ajouterons que dans la statistique des mines de la Belgique, on remarque que des explosions ont déjà eu lieu dans des puits d'épuisement, toujours très-aquifères. De plus, lorsqu'on saigne les bains d'anciens travaux, il arrive fréquemment que le grisou fait irruption avec l'eau. Néanmoins, tout refroidissement contrarie sa sortie, de même que toute augmentation de chaleur la favorise. Il subit en cela l'influence des lois physiques de la contraction ou de la dilatation, parfaitement connues. Si l'on est d'accord sur ce point, il n'en est pas de même quant à l'action de la pression atmosphérique sur son dégagement et son accumulation.

Il est reconnu que la sortie du gaz des marais est surtout notable en temps d'orage, alors que la pression barométrique est basse. Dans un Mémoire sur l'aérage des houillères à grisou,

M. Boisse, ingénieur des mines à Carmaux (Tarn), recherchant les conditions de l'écoulement de ce gaz, pose en fait que les forces en présence sont l'expansion du fluide, la résistance qu'il éprouve à sortir des cellules du charbon, et celle que lui oppose l'air ambiant, par suite de la pression atmosphérique. Représentant donc chacun de ces éléments par les lettres F, R et P, il dit que : l'écoulement aura certainement lieu pour $F > R + P$, l'équilibre pour $F = R + P$, et la possibilité d'absorption de l'air pour $F < R + P$.

De là, il déduit rationnellement que, pour étudier les circonstances qui influent sur le dégagement, il faut rechercher celles qui font varier F, R et P. Remarquons qu'il y aurait un quatrième élément à faire intervenir, la chaleur, variant avec les saisons et la profondeur ; mais comme ce dernier est toujours en rapport avec P, M. Boisse a pu en faire abstraction. Il établit que la force F, dépendant de la pression exercée sur le gaz, doit être à peu près constante quand on ne considère qu'une partie limitée d'une même couche ; néanmoins il est assez probable que les causes capables d'augmenter la poussée du toit ou du mur, doivent augmenter aussi sa valeur. Ainsi, dit-il, la force élastique du gaz inflammable doit être plus grande dans les points où les roches supérieures, brisées par les mouvements naturels du terrain, pèsent de tout leur poids sur la houille, surtout lorsque, par suite de l'enlèvement d'une partie de la couche, la pression du toit se trouve répartie sur un petit nombre de piliers. Nous objecterons que la valeur de F dépend surtout de la pression propre que le gaz exerce par son expansion, résultat de sa compression originare. Nous n'admettons pas non plus que la tension du grisou soit plus forte dans les séries supérieures ; le contraire doit avoir lieu, puisque ce sont les roches inférieures qui, le plus cassées naturellement, supportent toute la charge du terrain stratifié au-dessus, qu'il soit déhouillé ou non.

La résistance R provient de la porosité de la veine et de l'éloignement de la partie considérée du front de la taille. De là s'explique facilement l'abondance plus notable du grisou lors de

l'abattage, à la suite d'un éboulement, dans le voisinage des failles et autres accidents, toutes causes qui tendent à multiplier la surface de la veine ou à la déchirer.

Enfin, la résistance P , opposée à l'écoulement par les influences extérieures, dépend de la densité de l'air qui circule dans la mine. Or, cette densité dépend elle-même, ajoute M. Boisse, de la pression atmosphérique ; nous ajouterons : et de la température. Il en conclut que la valeur de P est toujours en rapport avec les oscillations barométriques. On en déduit qu'elle dépend encore de la nature et de la conduite du moteur d'aérage, selon que l'on agit par refoulement ou par aspiration.

Les conditions générales du problème étant posées en une équation rationnelle, M. Boisse déduit des considérations précédentes celles de l'équilibre et du mouvement des gaz renfermés dans les vieux travaux. Toutefois, les communications entre eux et les galeries où le courant d'air abonde étant faciles ou interceptées par des matières perméables, il en conclut que la résistance R est, dans ce cas, minimale, et que l'on peut poser alors d'une manière très-approximative :

$$F = P.$$

Il en résulterait que, pour ce cas, le plus léger changement barométrique amènerait une modification dans la valeur de F , et partant dans le dégagement du grisou. Les variations de P ont lieu dans des limites assez restreintes ; il doit donc en être de même de F ; mais comme les volumes de grisou renfermé dans les anciennes excavations constituent souvent de vastes réservoirs, une légère différence dans la valeur de F suffirait pour amener l'irruption du gaz qui s'y trouve maintenu. Les éboulements, le refoulant hors de ces magasins, produisent donc un effet semblable à une diminution de pression barométrique. Les influences de celle-ci agiraient par conséquent aussi sur les quantités de gaz affluant des soufflards. M. Georges Stephenson avait remarqué (Reports on accidents in mines, p. 110), en effet, que certains dégagements de grisou hors des terrains encaissants, à l'état de soufflards, variaient avec la pression du baromètre, que, lorsqu'elle baissait,

le dégagement augmentait considérablement, et qu'il y avait absorption d'air quand elle grandissait. Si cette dernière observation relative à l'absorption, était aussi bien démontrée pour la généralité des cas que celle concernant l'augmentation d'expansion, ce que nous ne croyons pas, on en conclurait que le gaz se trouverait à un état de tension peu différent de la pression atmosphérique. Comme nous pensons l'avoir prouvé suffisamment, la force expansive du gaz doit s'accroître à mesure de la profondeur des couches considérées. Néanmoins, c'est à une tension peu différente de la pression de l'air extérieur qu'il existe dans les *bags of foulness* (sacs d'impuretés) des mines du Northumberland, et dans l'un des puits inondés de la Société charbonnière du département de la Loire, à Firminy. En effet, M. Combes, dans les comptes-rendus de l'Académie des Sciences, 1856, t. 1, p. 509, rapporte que le grisou s'y dégagait avec bruit à travers une colonne d'eau de 12^m de hauteur; ce dégagement dura plusieurs mois, en conservant sa pression et son volume. L'irruption du gaz inflammable hors des soufflards se produit au reste à travers des roches supérieures ou inférieures au champ d'exploitation.

C'est à M. John Buddle que reviennent en grande partie les premières opinions émises sur l'influence de la pression barométrique relativement au dégagement du grisou (Comptes-rendus de l'Acad. des Sciences, 1856, t. 1, p. 525). A la suite d'une explosion, survenue dans la mine de de Jarow, il fut entendu comme témoin dans la commission d'enquête de la Chambre des Communes, et il cita une série d'observations desquelles il fut admis à tirer les conclusions énoncées plus haut. (Rapport de la Commission d'enquête de la Chambre des Communes. — Poggendorff's Annalen, t. xxxviii, p. 621). Aussi beaucoup d'ingénieurs anglais et quelques français, entre autres M. Combes, ont-ils admis cette opinion, qu'ils considèrent comme établissant un fait acquis à la science.

Cependant M. Bischoff ne croit pas à l'existence de ces influences d'une manière complète. Il la combat dans le Mémoire cité précédemment. Tout en admettant qu'un changement dans la densité

de l'air ambiant peut avancer ou retarder le moment du dégagement d'une quantité très-minime de gaz, toutefois, il ne reconnaît pas qu'il soit suffisant pour empêcher complètement la sortie du grisou, ou pour y aider puissamment. En effet, dit-il, qu'une bulle de gaz se dégage d'une fissure, à une pression un peu supérieure à la pression normale de l'atmosphère, et qu'immédiatement après, celle-ci augmente d'une quantité représentée par une colonne de mercure d'une hauteur qui la rende égale à la pression correspondante du gaz, il y aura équilibre d'abord; mais, comme l'expansion ne peut être limitée par une pression atmosphérique de beaucoup supérieure, puisque le gaz des soufflards surmonte des pressions considérables, il ne sortira pas moins, mais plus lentement. Si l'inverse a lieu, c'est-à-dire, si la pression atmosphérique diminue, l'effet analogue se produira, c'est-à-dire, que le gaz s'évacuera plus vite. Il en conclut que les variations barométriques étant faibles, il n'est pas possible que le dégagement cesse tout-à-coup par une légère augmentation de pression. Il croit que M. Buddle a été conduit à une supposition erronée, en se figurant seulement que le gaz réside dans les pores de la houille, et en oubliant que son irruption des soufflards continue, sous des pressions considérables. Tout en reconnaissant qu'il y a souvent concordance entre les fluctuations barométriques et l'échappement du grisou, il l'explique en disant que tout changement de pression atmosphérique amène un changement de température, qui influe sur la circulation de l'air dans les travaux de mines; de sorte qu'il attribue l'absence ou la présence de gaz à la circulation plus ou moins grande du courant ventilateur, plutôt qu'à la pression barométrique qu'il trouve impuissante à cet égard.

Sans être trop exclusif, et, considérant que selon la nature du produit minéral et les conditions du gisement, le grisou se trouve incorporé dans les cellules de la houille à un état de tension extrêmement variable, nous dirons donc que si une augmentation de pression n'empêche pas l'évacuation du gaz, une diminution même faible, peut la déterminer, alors qu'elle n'aurait pas eu lieu sans cette circonstance.

Cependant, M. Gonot, dans un Mémoire couronné par l'Acadé-

mie royale de Bruxelles, émettait l'opinion que la conduite des foyers d'aérage, à cette époque fort en usage dans nos mines, variant avec les influences atmosphériques, il fallait attribuer la coïncidence remarquable des accidents prémentionnés, au ralentissement du courant d'air, et non au dégagement plus abondant du gaz inflammable. — Toutefois, il reconnaît que l'influence de la diminution de pression se fait remarquer dans les vieux travaux, et que les variations de température, de pression et d'état hygrométrique peuvent exercer une grande action sur la circulation de ce fluide.

Sans admettre donc qu'une augmentation naturelle dans la densité de l'air empêche la sortie du grisou, nous croyons à une influence notable de la diminution de pression surtout en ce qui concerne les remblais et les vieux travaux, qu'elle provienne soit d'une dépression barométrique, soit d'une augmentation de chaleur, soit des deux causes réunies, qui sont presque toujours dépendantes, soit enfin du système de ventilation. En effet, les observations relatées dans le Report on the ventilation of mines am Collieries, by John Philips, Esq. 1850, p. 25, démontrent que les explosions sont le plus fréquentes vers les trois derniers mois de l'année, alors surtout que la pression barométrique est faible, et la température plus élevée. Voici cette statistique, depuis 1745, jusqu'en 1849 :

Hiver 23 explosions.	{ Janvier . . . 7	} 219 explosions.
	{ Février . . . 4	
	{ Mars . . . 12	
Printemps 54 id.	{ Avril . . . 17	
	{ Mai . . . 12	
	{ Juin . . . 25	
Été 56 id.	{ Juillet . . . 18	
	{ Août . . . 18	
	{ Septembre . 20	
Automne 86 id.	{ Octobre . . . 29	
	{ Novembre . 28	
	{ Décembre . 29	

De plus, M. Dobson a observé que sur 514 explosions surveillées de 1745 à 1854 dans les mines anglaises, le nombre est toujours en rapport, pour ainsi dire constant, avec la pression et la température. Il a trouvé que, pendant le dernier trimestre de chaque année, les explosions sont plus nombreuses qu'elles devraient l'être, si la température était le seul élément agissant sur le dégagement, et que, par conséquent, la pression exerce une large influence. En effet, l'arrière-saison est signalée par des bourrasques, des tempêtes, des accidents climatiques correspondant toujours à des abaissments notables, et parfois subits, de la hauteur barométrique. De 1850 à 1854, il a observé que la progression des explosions a été sans cesse croissante ; qu'elle s'est élevée, de 22 en 1850, au chiffre de 77 en 1854, époque mémorable par la grande dépression, dont la marche a été décrite à l'Observatoire de Paris. C'est surtout à la suite de ces nombreuses et irrécusables observations que l'influence de la densité de l'air a été considérée en Angleterre comme certaine, et l'on y a conclu que, pour la sécurité des mineurs, les exploitants doivent surveiller, non seulement tout ce qui concerne l'aérage et l'éclairage, mais encore s'enquérir soigneusement, surtout dans le dernier trimestre de l'année, de l'état du baromètre et de la température. On a donc cherché à introduire ces mesures, afin que l'on fût en état d'activer l'aérage lorsque le baromètre ou le thermomètre indique des changements notables dans les conditions atmosphériques.

Ces accroissements d'accidents, à des époques de l'année déterminées, ont été constatés en Belgique comme en Angleterre. Toutefois, pour n'oublier aucune circonstance, il est bon de rappeler que c'est pendant le dernier trimestre annuel que les travaux d'exploitation sont en général poussés avec le plus de vigueur, et que, plus il y a presse, plus l'ouvrier est négligent, moins la surveillance est rigoureuse. Cette circonstance pourrait donc avoir une part dans l'accroissement des sinistres signalés. D'un autre côté, on a observé que beaucoup d'explosions, survenues en hiver, s'étaient produites lors du dégel, succédant à une basse

température ; on trouverait encore une explication de ce phénomène, dans les changements subits de la pression barométrique qui ont toujours lieu dans ce cas.

Pour nous résumer, nous dirons donc que toutes les circonstances ayant pour effet de diminuer la compacité de la houille, d'augmenter l'étendue de ses surfaces libres, ou d'affaiblir la pression exercée sur ces mêmes surfaces, facilitent la sortie du gaz, et amènent une augmentation temporaire dans son dégagement. On peut donc en déduire logiquement qu'il s'accroît, toutes choses égales d'ailleurs, lorsque la pression atmosphérique baisse, surtout lorsque ce changement s'opère d'une manière brusque ; le gaz s'échappe plus aisément des surfaces mises nouvellement à nu, que des anciens fronts de taille ; aussi, son abondance est-elle plus grande dans les travaux en activité que dans les vieux déhouillements. Mais, comme ces derniers renferment souvent des excavations où il n'y a pas de circulation d'air, le gaz s'y accumule de toutes parts ; il s'en épanche, dès que des circonstances spéciales se présentent, pour produire un refoulement. Tels sont : 1° les éboulements ; 2° le ralentissement d'activité du courant d'air, ou les remous ; 3° les variations barométriques ; 4° l'augmentation de température.

CHAPITRE VIII.

Influence des systèmes d'exploitation et d'aérage sur les dégagements du grisou.

SOMMAIRE : *Influence de la largeur des tailles, et de l'avancement journalier. — Tailles montantes, tailles chassantes. — Tailles droites, tailles en gradins renversés. — Confection des remblais. — Conduite générale du courant, et des voies d'aérage. — Aérage soufflant. — Aérage aspirant. — Systèmes de machines d'aérage.*

Les proportions de grisou, que l'on rencontre dans les divers

bassins houillers, sont tellement différentes, que cette circonstance caractérise, en quelque sorte, chaque centre charbonnier, au point de vue de l'exploitation. En effet, ce n'est pas seulement la nature du gisement ni l'habitude qu'on a prise dans telle localité d'exploiter d'une manière spéciale, ni les demandes diverses du commerce, ni la qualité des produits, mais encore, et pour la plus large part, les difficultés d'aérage, qui décident du choix adopté. Aussi cette question de la ventilation, en corrélation avec le système d'exploitation, a-t-elle toujours été l'une des plus importantes et des plus souveraines.

Il nous reste donc à examiner les divers types d'exploitation et d'aérage, au point de vue de leur influence sur les dégagements du grisou.

Moins les travaux houillers sont infestés de gaz, plus on est maître de donner, aux chantiers d'abattage, du développement, de la concentration, de l'avancement, et plus on est libre d'adopter un mode quelconque. On peut dire, d'une manière générale, que le nombre des tailles et l'avancement sont en raison inverse des proportions de grisou qu'on rencontre dans une couche. Indépendamment de la quantité de terres que fournit une veine et qui, souvent, décide plus ou moins de la largeur des tailles, les exploitants des centres à grisou sont forcés d'en diminuer le nombre, en augmentant leur largeur, afin de présenter au courant d'air moins d'obstacle, et de lui permettre de balayer les chantiers plus activement. Du reste, plus la taille a une faible largeur, plus l'ouvrier avance, et, partant, plus il facilite la saignée du gaz, et son accumulation des parties circonvoisines. D'un autre côté, l'emploi de petites tailles permet de faire haver, déhouiller, et boiser respectivement à la fois tous les mineurs qui occupent une place égale sur le front. Dans les veines à grisou, il serait presque impossible d'adopter ce système, car c'est au moment du havage, surtout, que le dégagement abonde; il en résulterait donc des accumulations telles, qu'elles seraient meurtrières. Dans ce cas, les exploitants sont forcés de disposer les ouvriers de manière que l'espace occupé par chacun d'eux, aille en augmen-

tant, à mesure qu'il sont plus voisins de la partie supérieure de la tranche. De sorte que le mineur, qui est près la voie de niveau, fait le premier le havage : il déhouille seulement ensuite, tandis que son voisin commence à haver, et ainsi successivement; il en résulte que l'accumulation du gaz, par suite du havage spécialement, n'est que partielle sur le front de taille, et peut être écartée plus facilement.

Les mêmes influences réagissent directement sur la disposition des chantiers d'abattage les uns par rapport aux autres. A cet égard, les tailles montantes sont désavantageuses au point de vue de leur influence sur les accumulations plus abondantes du gaz, car une partie du courant ventilateur suit les voies tiernes, et ne passe pas, ou bien passe imparfaitement sur le front des tailles inférieures; dans ces conditions on est parfois obligé de restreindre le nombre des chantiers. Au reste, la disposition des fronts, dans les tailles montantes, disposition oblique par rapport à la voie de trainage, intermédiaire entre deux tailles, est extrêmement vicieuse au point de vue de l'aérage; cette obliquité, nécessitée pour faciliter le boutage des charbons, oblige l'air, arrivant par le dessus, de descendre. Le courant s'échauffe considérablement par suite des circuits montants et descendants qu'il doit suivre alors; aussi ce système serait-il complètement impraticable, dans une exploitation dégageant beaucoup de grisou et fort développée; car il faut remarquer en outre que les pertes d'air sont notablement plus grandes dans le système à petites tailles montantes (Borinage), que dans celui des tailles chassantes, où les fronts sont en général très développés, et où l'air monte constamment (Liège et Charleroy). Ces observations sont applicables à l'exploitation des plats comme des droits, et spécialement pour ces derniers, car en général les droiteurs renferment plus de grisou que les plateures correspondantes.

C'est à cette circonstance, surtout, qu'il faut attribuer la préférence que l'on accorde assez souvent aux gradins renversés dans l'exploitation des droits; ils sont, d'ordinaire, mieux aérés que les tailles droites, dont les planchers empêchent le courant

ventilateur de lécher les fronts, tandis que les intervalles d'une taille droite à une autre forment autant de coudes qui nuisent plus à l'activité de l'air que les anfractuosités des gradins, quand ils sont bien organisés.

Si la bonne disposition des tailles, partant le système d'exploitation adopté, influe sur les dégagements du grisou, celle des remblais, qui en est la conséquence, est extrêmement importante. A ce point de vue, on doit reconnaître que les tailles montantes permettent de tasser les remblais d'une manière beaucoup plus convenable que les tailles chassantes. Or, plus les remblais sont serrés, moins il y a de perte d'air, alors la ventilation est énergique, le grisou dilué, et la formation de réservoirs de gaz rendue difficile. Cette importance est telle que, dans certains centres, on emploie, dans chaque taille, un ouvrier spécial, dont la mission est d'effectuer ce boutage. Inutile de rappeler quelle funeste influence entraîne l'emploi des faux-piliers qui, servant de réservoirs au gaz, sont des causes permanentes de danger, et, permettant un affaissement plus notable des roches, amènent, par la cassure de celles-ci, le grisou des terrains environnants. On conçoit aussi aisément quelle action pernicieuse produit sur la sortie du gaz inflammable, la position des remblais éloignés des fronts de taille ; dans ce cas, la vitesse du courant se ralentit, l'air s'échauffe, et l'expansion du grisou est facilitée. Des remblais, mal établis ou mal confectionnés, absorbent toujours, en pure perte, une partie notable du courant ventilateur. A cet égard, on ne pourrait trop veiller à boucher parfaitement les anciens accrochages, et les anciennes voies où l'air ne doit plus circuler. Si l'on remarque qu'à mesure de l'avancement des chassages les proportions de grisou augmentent, c'est en partie à ces pertes d'air qu'il faut l'attribuer. De ce qui précède, on conclut donc la proposition que nous émettions au commencement de ce chapitre, à savoir que les quantités de gaz que dégagent les couches de houille influent notablement sur le système d'exploitation adopté ; elles décident aussi en partie, de la hauteur des tranches à prendre par un seul étage.

Il arrive que, dans un même gîte, les veines recoupées renferment des quantités de grisou très-différentes. Dans ce cas, on est parfois forcé, afin de pouvoir maintenir un chiffre donné d'extraction, de déhouiller simultanément des veines qu'on n'aurait pas aimé d'associer, de manière à ne pas concentrer dans un même point l'accumulation du gaz.— Quel que soit le mode d'exploitation suivi, le grisou exerce dans les travaux des pressions considérables; on peut le remarquer dans les voies, dont le mur se soulève. Aussi, les mineurs ont-ils soin d'exécuter le bosseyment au toit ou au mur, selon que l'un *souffle* plus que l'autre.

Indépendamment de tout système d'exploitation, l'aérage des mines à grisou repose sur les mêmes nécessités, sur la même loi physique, qui consiste à diluer, dans une quantité d'air pur suffisante, les mélanges gazeux, et à les amener sans cesse en montant vers un puits d'appel.

L'influence d'une bonne conduite générale de la ventilation, dans un charbonnage, se fait sentir d'une manière tellement grande sur les quantités de grisou qu'on y rencontre, qu'il n'est pas rare de voir de deux exploitations voisines, donnant les mêmes qualités de charbon, dans les mêmes allures, l'une accusant des affluences énormes de gaz, l'autre n'en décelant qu'en proportions restreintes, circonscrites, qui pourraient faire croire que son gisement n'est pas le même dans les deux.

Le grisou, mêlé à l'air, rend le courant plus léger; il augmente donc sa vitesse, le maintient dans le même sens, et produit sur la circulation un effet analogue à une augmentation de température (*).

(*) Dumas rapporte cette propriété remarquable, et les conséquences qu'il faut en déduire, t. 1, p. 470 : « Comme l'hydrogène protocarboné est plus léger que l'air, il faut éviter, dans la disposition de l'aérage, toutes celles qui auraient pour résultat de le forcer à descendre en-dessous du point où il se dégage : il faut, au contraire, disposer l'appel, de manière à mettre à profit sa force ascensionnelle, et le faire toujours cheminer de bas en haut. » Aussi, cette condition est-elle prescrite aux directeurs de charbonnages dans l'instruction pratique sur l'emploi des lampes de sûreté :

Un mélange de grisou et d'air, circulant dans une voie souterraine, est soumis, avant d'obéir à la force de diffusion, à une résultante, dépendant de la différence de densité de ces deux fluides, laquelle l'entraîne de bas en haut, dès que la proportion du gaz hydrogène carboné est suffisante; mais l'action continue du courant ventilateur, sollicitant le mélange dans le sens du mouvement, ces deux forces agiront dans le même sens ou en sens opposé, s'aideront ou se contrarieront, selon que l'aérage sera dirigé de bas en haut ou de haut en bas. Voilà pourquoi il faut toujours chercher à lui donner un mouvement ascensionnel, et proscrire autant que possible l'aérage en rabat-vent. Le mode d'exploitation d'une veine par tranches en descendant successivement, a pour cause un objet analogue, c'est-à-dire saigner le gaz à mesure qu'on approfondit.

Et cependant, malgré une ventilation énergique, on ne parvient pas toujours à établir la diffusion complète entre l'air et le grisou. D'après des exemples cités par M. Gonot, dans son *Mémoire couronné par l'Académie royale de Bruxelles*, le gaz inflammable ne se mêle pas toujours intimement et uniformément à l'air par lequel il est entraîné, mais il l'abandonne dès que sa légèreté spécifique peut exercer son influence, et il se laisse traverser par le courant, plutôt que de le suivre. En 1818, James Ryan de Nethert, en donnant une nouvelle méthode d'aérage, pour laquelle la Société d'encouragement de Londres lui accorda la médaille d'or et 100 guinées, a démontré que, dans les mines, il n'y a pas diffusion, mélange complets. Aussi n'est-il pas rare que dans les travaux préparatoires d'exploitation, pour établir la communication dans une veine à grisou, de la voie de roulage à la voie de retour, on est obligé de procéder *par défoncement* et non *par montage*. Si la diffusion était entière, par un volume et une

« On a soin, surtout, de faire arriver le courant au bas des tailles, de sorte qu'il les parcourt en montant plutôt qu'en descendant, et on le conduit ensuite au-dehors de la mine par des galeries et des puits où il n'y a aucune lumière. »

vitesse d'aérage convenables, on rendrait inoffensif le gaz, à mesure qu'il se dégage, et on ne l'apercevrait que dans les cavités élevées, les poches, etc., où l'air n'a pas d'action. C'est par suite de cette difficulté de diffusion que, dans les chantiers, non traversés par le courant ventilateur, et où le dégagement est continu, le gaz s'empare peu à peu de l'espace vide : telle est l'origine des *bags of foulness*.

Qu'une couche de gaz, formée dans une voie de mine se disperse par un mouvement subit, il peut se faire que ses proportions ne soient pas suffisantes pour déterminer un accident ; il peut se faire aussi que, tout d'un coup, il se dégage une quantité de grisou telle, que par sa diffusion avec la quantité d'air restant, tout le mélange gazeux soit incapable de détoner, par suite de l'excès de gaz ; mais que, par une cause quelconque, l'augmentation de vitesse du ventilateur, par exemple, il afflue en même temps une quantité d'air considérable, et que la diffusion s'opère, le mélange qui, tantôt était non dangereux au point de vue d'un coup de feu, le devient éminemment par cette circonstance. Ces effets de diffusion, d'accumulation sont tellement importants que, dans les mines de Schaumbourg, les chefs-mineurs avaient l'habitude de recueillir, dans des flacons, les mélanges gazeux des voies souterraines, et de déterminer au jour leur combustibilité, moyen très-peu pratique, à notre avis.

Il faut donc éviter, dans la conduite de l'aérage, toute cause capable d'amener des changements brusques, des remous, ou une diffusion trop prompte. Néanmoins, le grisou s'échappant dans les travaux d'exploitation, non seulement des couches, mais encore des roches encaissantes, il est impossible d'empêcher sa venue imprévue, résultant des accidents de terrain, et qui produisent toujours des accumulations spontanées. Dans les dérangements de veines, brouillages, etc., il est donc souvent indispensable d'intercepter toute communication entre ces points et les chantiers d'abattage, ou moyen de remblais ou d'un bouchage quelconque ; les soufflards légers qui se produisent dans les bouveaux, sont écartés par un lut d'argile.

Depuis longtemps, il a été reconnu dans les mines à grisou qu'il était indispensable de diviser le courant ventilateur en un nombre de branches proportionnel à l'étendue des travaux. Cette heureuse disposition remonte à l'année 1805 ; elle fut introduite par M. l'ingénieur Buddle. Ce système portait le nom de *panel-work*. L'un des tronçons circule dans les parties où le dégagement est le plus abondant, et devient une véritable conduite de gaz, *gaz-course*, les autres, plus ou moins multiples, amènent l'air frais et le dirigent sur chaque chantier. Ce courant doit arriver le plus promptement aux tailles, dont il doit lécher la surface, heureuse expression de M. Baillet, et déboucher ensuite le plus directement au puits d'appel. Dans les exploitations très-développées, une méthode excellente de diffusion est de faire arriver sur chaque chantier un filet spécial, détaché du courant général, de manière à maintenir, autant que possible, chacun des groupes dans des conditions à peu près analogues. Il est tel bassin, tel charbonnage, où l'on doit éviter de faire repasser sur plusieurs tailles le même courant.

Dans toute mine à grisou, il est indispensable de pouvoir être en état d'envoyer dans les travaux un volume d'air important, non-seulement pour les circonstances normales, mais encore pour le cas où les chantiers seraient plus développés, ou bien lorsque, dans les conditions habituelles, le dégagement du gaz augmenterait notablement. Ce volume, dépendant de la section des voies et de la vitesse du courant d'air, il n'y a guère que ce dernier élément que l'on puisse modifier dans une exploitation établie, résultat que l'on obtient, en faisant varier la puissance du moteur d'aérage.

D'après ce que nous avons vu dans le chapitre précédent, toutes choses égales d'ailleurs, il faudrait augmenter le volume d'air, sans dépression plus forte, dès que le baromètre baisse. Dans quelques mines du nord de l'Angleterre, le préposé à l'aérage (Wasteman) est chargé de ces observations atmosphériques. Dans nos mines, on se contente de faire exécuter au ventilateur un plus grand nombre de tours, lorsque la lampe annonce une

accumulation de grisou, ou bien on supprime momentanément une partie des tailles.

La vitesse de l'aérage doit être suffisante pour amener la diffusion des gaz. On a considéré longtemps des vitesses de 0^m,60, à 1^m,20 comme fournissant les limites dans lesquelles il conviendrait de demeurer. La section des voies de mines dépassant rarement 4^m, si l'on suppose une vitesse de 0^m,60, le volume d'air affluant ne pourra dépasser $0^m,60 \times 4 = 2^{mc}40$, chiffre insuffisant. Il n'y a donc d'autre moyen d'obtenir un volume convenable qu'en établissant plusieurs voies, dont les sections réunies fournissent une somme égale à la section calculée.

Les remous devant être empêchés comme nous l'avons vu, on doit éviter les étranglements et contours trop violents, surtout dans les galeries d'aérage proprement dites. On doit tâcher que l'air circule dans des voies de section aussi uniforme que possible, à parois unies, imperméables à l'air et aux gaz. Chaque canal du courant partiel doit satisfaire aux mêmes conditions d'ouverture que la galerie principale; la voie, comme le puits d'entrée, doit être de section à peu près équivalente à la somme des sections des diverses branches, et la galerie ainsi que la bure de retour devraient avoir des dimensions plus fortes que celles d'arrivée, puisqu'elles doivent collecter, non seulement l'air amené du jour, mais encore les gaz chauds que le courant rencontre sur son passage. L'importance de la grande section des voies de retour, piliers, troussages et burequins est extrêmement notable. Malheureusement, ces passages, où l'on ne circule que rarement, pour les réparations, sont presque toujours dans un état très-défectueux. Le toit s'abaisse, le mur se soulève, et, par une fâcheuse économie, on ne les maintient souvent qu'à la hauteur suffisante pour qu'un homme puisse s'y trainer. Et cependant, ils constituent les artères vitales d'un siège au point de vue de l'aérage. Cette importance se constate tellement bien que, dans les mines où ils sont maintenus à grandes dimensions, une dépression manométrique de 2 à 5° d'eau suffit; si au contraire ils sont faibles et sinueux, la dépression doit atteindre 6°, 7°, et au-delà. Il est

tel charbonnage qui exigeait des moyens mécaniques d'aérage par suite de l'obstruction ou du rétrécissement considérable de ses voies de retour, qui s'est trouvé parfaitement ventilé par un simple appel du puits, dès qu'elles ont été rétablies en bon état. Or, plus la dépression est forte, plus on facilite la sortie du gaz des pores de la houille, et comme on a paru oublier souvent l'application de ces bases fondamentales, il en est résulté que les moyens d'aérage sont devenus extrêmement variables selon les circonstances, et comme elles variaient elles-mêmes dans les divers centres charbonniers, des modes spéciaux se sont localisés, lesquels semblaient se substituer à l'appréciation raisonnée des faits.

Les conditions générales précédentes étant rigoureusement observées, les travaux intérieurs se trouveront dans les meilleures conditions possibles pour être à l'abri des effets dangereux du dégagement abondant du grisou, pour autant que le système de la conduite du courant soit combiné à des moyens de ventilation mécanique d'une énergie suffisante. Or, si l'on se rappelle toutes les circonstances qui facilitent le dégagement du gaz inflammable, on reconnaîtra que les exigences auxquelles doivent satisfaire les machines d'aérage consistent à fournir d'une manière continue, sans remou comme sans choc, un volume d'air considérable, doué d'une vitesse modérée et sous une dépression aussi peu différente que possible de la pression atmosphérique, enfin d'une disposition telle qu'on puisse faire varier, au besoin, le volume débité sans trop augmenter la dépression.

Et d'abord, quels sont les principes qui ont été admis dans l'aérage des mines? Tous les appareils de ventilation agissent par aspiration. Néanmoins, si l'opinion est généralement répandue que l'aérage des galeries se fait mieux ainsi que par refoulement, des faits théoriques conduisent à une opinion tout-à-fait contraire. Déjà M. Combes avait démontré l'économie de force motrice qui résulterait d'un système de ventilation par refoulement. Indépendamment de cette économie, fait accessoire dans une question de cette importance, les considérations spéciales dans lesquelles nous sommes entré, tendent à prouver que les mines à grisou

seraient mieux ventilées par ce moyen. Si l'on admet que le dégagement du gaz s'opère d'autant plus facilement que la pression qui s'oppose à son évacuation est faible, on reconnaîtra que le meilleur mode d'aérage serait celui qui, fournissant de l'air plus condensé, maintiendrait les variations de pression, dépendant des circonstances extérieures, dans les limites les plus restreintes possibles, c'est-à-dire, celui qui permettrait d'augmenter la densité et la vitesse du courant. Dans une exploitation donnée, sur laquelle on a installé un moyen mécanique d'aérage reconnu satisfaisant, s'il se produit une augmentation notable dans le dégagement du grisou, on ne possède d'autre ressource, lorsque l'on veut maintenir le même nombre de tailles, que d'augmenter la vitesse de l'air. Or, au moyen des machines aspirantes, plus l'air circule avec vitesse, plus en général la dépression s'accroît, partant plus on facilite l'écoulement du gaz. Si, au contraire, on employait une machine refoulante, la pression du courant grandirait avec la vitesse, et par conséquent, plus on activerait cette dernière, moins on faciliterait l'expansion du grisou, plus on obtiendrait la diffusion de celui qui s'est dégagé. Cette opinion, que l'on admettra sans doute, est mise en équation rationnelle par M. Boisse, dans un Mémoire sur l'aérage, couronné par l'Académie de Bruxelles. Si, dit-il, on représente par P la pression d'équilibre de l'air dans une section de la voie d'aérage, et par p la force qu'il faut ajouter à P , ou en retrancher pour obtenir le mouvement, on aura lieu de remarquer ce qui suit :

Si P est considéré comme constant, et qu'on active la vitesse en augmentant p , $P + p = P'$ augmentera, et $P - p = P''$ diminuera. Si, en même temps, on fait intervenir les variations que peut éprouver P par les circonstances extérieures, et que cette pression vienne à diminuer, c'est-à-dire, que le baromètre baisse, on pourra maintenir la valeur de P' à peu près constante, en augmentant p , ou la vitesse de l'air en proportion de la diminution de P , tandis que la même augmentation de vitesse ne servirait qu'à rendre plus notables les variations décroissantes de $P'' = P - p$, ce qui revient à dire que, par refoulement, on pourrait

obtenir dans le courant une tension à peu près constante, et qu'il serait loisible d'augmenter à la fois la vitesse, le volume et la pression de l'air, et de réprimer ou d'amoindrir par conséquent les irrptions accidentelles de gaz qui ont lieu surtout lors des variations de la hauteur barométrique.

Et cependant jusqu'aujourd'hui, l'aéragé soufflant n'a pu être adopté que dans les travaux préparatoires, le creusement des bouveaux, au moyen de tuyaux à l'embouchure desquels on établit parfois un petit ventilateur à la main, dit *diabie*. Là, les mineurs ont reconnu généralement, par leurs simples connaissances pratiques, l'efficacité supérieure de ce système, qui les débarrasse plus promptement des fumées résultant de la déflagration de la poudre. Toutefois, dans certains cas, il est préférable d'aspirer que de refouler; ainsi lorsque, dans le creusement d'un bouveau aéré par refoulement, il se produit un petit soufflard, les mineurs adaptent un tronçon de tuyau, dit *pipe*, qui aspire le grisou et le dégage immédiatement, en le conduisant à la voie de retour. Il peut être aussi utile de soutirer le gaz que dégagent certains travaux ou galeries abandonnées, par des pipes semblables, et de l'amener directement à la fosse d'air. Il est encore préférable d'aspirer dans certaines parties de l'exploitation pour faciliter l'évacuation du grisou dégagé. Ainsi, dans les troussages, piliers ou voies d'aéragé proprement dites, il vaut mieux faire circuler un courant moins dense que dans le reste de la mine. Néanmoins, lorsqu'un volume d'air est refoulé dans une conduite sinieuse, il se détend insensiblement, de sorte qu'avant d'arriver au puits de sortie, il peut être ramené à une pression peu supérieure ou même égale à celle de l'atmosphère.

D'un autre côté, pour les profondeurs considérables auxquelles l'exploitation de la houille sera portée, il y aura nécessité absolue à employer des moyens propres à refroidir suffisamment le courant ventilateur non seulement pour mettre les ouvriers dans de bonnes conditions de travail, mais encore pour éviter l'expansion du grisou facilitée par l'élévation croissante de la chaleur. Or, dans le percement du mont Cenis, on a constaté ce phénomène

que, par l'effet de la dilatation rapide de l'air comprimé à 6 atmosphères, l'eau placée à l'orifice de sortie du courant hors de la machine foulante, se congelait aussitôt, quoique la température ambiante fût de 18 degrés. On en conclut qu'en adoptant un aérage soufflant pour une mine de 1600 mètres de profondeur, où la chaleur serait par conséquent de 59 degrés, l'abaissement de la température de l'air comprimé, se dilatant en se répandant, serait extrêmement notable.

Si l'aérage, par échauffement, n'existe plus que pour des cas particuliers ou des conditions spéciales, il faut néanmoins reconnaître que ce mode est celui qui applique le plus directement le combustible à la ventilation, avec les dépressions les plus faibles possibles.

Les différents types de ventilateurs peuvent être classés en deux catégories : 1° Ceux à mouvement alternatif, et 2° ceux à mouvement rotatoire. Les premiers, caractérisés par les pompes pneumatiques, ont fourni jusqu'à présent les dépressions les plus fortes. Ils ont l'inconvénient de n'agir qu'alternativement, non d'une manière continue, par conséquent de faciliter la formation de remous, toujours dangereux par suite de leur influence sur les dégagements du grisou. — Les seconds, agissant d'une manière continue, ont donné généralement des dépressions inférieures, atteignant 4 à 5° d'eau.

Ainsi qu'on pourra le conclure des considérations dans lesquelles nous sommes entré à cet égard, nous donnons entièrement la préférence aux appareils capables de produire de grands volumes sous de faibles dépressions. C'est le mode le plus efficace d'obtenir un bon aérage, sans s'exposer à faciliter la sortie du gaz inflammable des pores de la houille. Nous croyons donc que des divers modes actuels de ventilation par aspiration, les appareils dits à force centrifuge présentent de grands avantages sur les autres. Si on leur combinait un système de voies d'entrée et surtout de sortie d'air suffisamment grandes, on se rapprocherait autant que possible des avantages que présenteraient les machines à refoulement. Tel est le but auquel on doit tendre pour le

moment, d'augmenter les volumes débités, et de diminuer les dépressions. Il est vrai que les galeries ayant trop souvent des dimensions de beaucoup inférieures à celles qu'on devrait leur donner, on est obligé, quand on ne veut pas subir les frais de les *recarrer*, (*) d'agrandir, bon gré mal gré, les dépressions. Comme le remarque fort judicieusement M. Guibal, « On répète sans cesse d'augmenter la section des puits et des galeries, ce qui reviendrait à dire à un phthisique : Ayez de bons poumons. Les mines sont ce qu'elles sont, et un appareil ventilateur doit être prêt à fonctionner pour toutes les conditions qui peuvent se présenter. » Nous convenons que malheureusement les mines sont ce qu'elles sont. Néanmoins, on ne peut trop souvent rappeler l'influence de la section des voies, et surtout des piliers, relativement à la ventilation. Nous l'avons dit, ce sont les artères vitales d'une mine, et l'on doit toujours chercher à ne pas créer un mal, en se confiant à un remède qui peut être dangereux.

CHAPITRE IX.

Résumé et Conclusions.

La recherche des causes de la présence du gaz hydrogène proto-carboné dans les mines se rattache, par son essence même, à des sujets qui pourraient sembler accessoires, et qui cependant lui sont intimement liés. En effet, lorsque l'on considère la coexistence tantôt complète, tantôt très-dissémblable du grisou et du principe gras de la houille, on est naturellement porté à se demander à quel état se trouvent les divers éléments constitutifs de cette dernière, quel est leur groupement ; en d'autres termes, à rechercher quelle liaison existe entre la qualité d'un charbon et sa teneur en grisou. Or, si l'on dresse la nomenclature de tous les produits minéraux charbonneux que fournit directement la nature, soit dans le sein de la terre, à l'état solide, soit à la surface, à l'état liquide, leur analogie de composition, de propriétés physiques et

(*) *Recarrer*, expression des mineurs de Charleroi qui signifie rendre à une galerie sa section primitive.

chimiques permet d'avancer qu'ils ont une origine commune, l'origine végétale. Ce sont des mélanges, en proportions diverses de plusieurs hydrogènes carbonés simples, parfois accompagnés de plusieurs carbures d'hydrogène oxygénés. En un mot, ce sont des bitumes, dont la plus simple expression est le naphte, et la plus concrète la houille. Pour s'en convaincre, il suffit d'examiner et comparer les analyses générales des divers combustibles.

Les recherches que nous avons faites sur les causes de la présence du grisou nous amènent donc à dire que la houille est un bitume, imprégnant un squelette de carbone qui représente le ligneux de la plante mère, squelette à tissu cellulaire plus ou moins lâche, plus ou moins multiple, selon la structure physique du végétal, et dont la matière productrice du principe gras dans la houille varie selon la composition chimique des organes générateurs, indépendamment des altérations métamorphiques ou des autres actions ultérieures à la création houillère stratifiée. Nous avons donc été amené à discuter les motifs de la coexistence presque générale du grisou et du principe gras, basée sur la similitude du gisement de ces deux produits dans la houille, c'est-à-dire, sur le mélange de l'un et de l'autre dans les cellules du charbon. On sait que les végétaux qui ont paru sur la croûte terrestre dans les âges successifs de la période houillère ont été diversement résineux. Or, la résine, de même que tous les sucs d'une plante, sont mêlés dans ses cellules. Le bitume de la houille proviendrait donc de la concrétion de ces derniers après la décomposition du végétal lors des phénomènes de la création. De la nature chimique de la plante-mère résulterait donc la nature plus ou moins grasse du charbon produit. — Nous avons vu aussi que les diverses essences végétales qui se sont succédé ont été d'une résistance variable à la décomposition par l'eau et la chaleur de l'atmosphère ambiante. De la nature physique de la plante-mère dépendraient donc les proportions plus ou moins grandes de grisou dans le combustible auquel elle a donné naissance. Le principe gras se rapporte uniquement à l'époque de la minéralisation, le grisou à celle de la décomposition du végétal, laquelle a précédé la première.

La distinction originaire des modes de formation du grisou et du bitume de la houille une fois établie rigoureusement, il nous a été facile d'expliquer les anomalies de présence et d'absence du gaz inflammable, dans des cas similaires. Nous en avons conclu que l'état gras est indépendant de l'existence du grisou, qu'un charbon peut en dégager sans être bitumineux, et réciproquement. Nous avons aussi montré que lors de la création houillère, partout où la fibre végétale s'est trouvée dans les conditions voulues, la formation du gaz hydrogène protocarboné a eu lieu. Dans certains bassins, il n'a pu se produire, par suite de la difficulté que présentait la fibre à la décomposition par les causes précitées, par l'insuffisance des eaux, en ces points, à cause de leur soulèvement au-dessus de la nappe aquifère en tout ou en partie. Hormi ces exceptions initiales, le grisou s'est trouvé répandu d'abord uniformément dans les couches de houille, dans tous les sens et à toute profondeur, les terrains encaissants en étant pour ainsi dire exempts. Mais, après la sédimentation du terrain houiller, des phénomènes spéciaux se sont produits : les actions métamorphiques ont changé la nature des veines, et leur capacité en grisou ; le relèvement des couches a modifié leur profil, et facilité la sortie au jour des produits gazeux qu'elles renfermaient. Nous avons montré suffisamment les points de connexion dans le départ du bitume et du gaz pour ces divers cas. Rappelons que si, dans les déhouilllements actuels, on remarque en général que les séries les plus grasses renferment le plus de gaz, à part les bassins qui se sont formés dans des conditions initiales particulières, c'est qu'elles se trouvent dans les retours de terrain où la saignée des produits volatils a été entravée, et par suite, ou la composition est restée la plus voisine de la teneur primordiale. En effet, on constate dans les maîtresses-allures, que les proportions de gaz, de même que la qualité du produit, sont inférieures à celles que présentent les mêmes couches en retours. Cette observation pratique s'applique surtout aux grandes plateures affleurant au nord, et où les charbons deviennent secs et sans grisou dans les parties supérieures. On objectera peut être que certaines séries des veines

les plus inférieures dégagent du gaz, surtout de leurs terrains, quoique très-maigres. Mais on sait que l'absence du principe gras dans ces veines, provient des influences métamorphiques par suite desquelles les deux fluides, grisou et bitume incorporés ont été éliminés. Du reste, les terrains de ces séries sont souvent cassés, les feuillets de schiste sont extrêmement onctueux, d'apparence bitumineuse, et par suite de la profondeur à laquelle elles se trouvent, les fluides déplacés par la chaleur centrale n'ont pu s'évacuer à la surface; le grisou s'est donc mêlé dans les roches encaissantes que le bitume a imprégnées, à tel point qu'il s'y est en quelque sorte incorporé, par suite de la pression à laquelle il était soumis. On peut dire, à ce propos, qu'en général les conditions des roches encaissantes présentent des corrélations remarquables avec celles des quantités de grisou, de bitume et de sève. Ainsi, dans les séries supérieures assez souvent tourmentées, se rencontrent des veines grasses, ou demi-grasses parfois à grisou, sans sève, à terrain compacte, *lié* ou *gras* comme disent les mineurs. Dans les séries moyennes, on trouve les charbons demi-gras, à grisou et à sève, avec des terrains généralement bons, mais moins liants ou, comme on dit, *secs*. Dans les séries inférieures, le bitume et la sève ont disparu, le gaz est transporté dans les roches. Tous ces faits s'expliquent par ce que nous avons vu.

Enfin, la diversité de structure physique des différentes espèces de houille, le nombre et la grandeur de leurs cellules, ont influé notablement sur le dégagement du bitume et du gaz inflammable. On pourrait même dire que leur sortie est en raison inverse de la compacité du charbon. Il résulte de cette ténacité variable que, lors des phénomènes métamorphiques ou du relèvement des couches, le départ de ces produits volatils a été variable selon les circonstances locales d'état physique du combustible, d'allure, de profondeur, etc. Toutefois l'affinité du bitume pour la houille n'est pas la même que celle du gaz dans les différents centres; c'est ainsi que dans un centre unique, il est tel charbonnage où la nature des charbons est réputée spécialement pour leur

propriété de se conserver longtemps en magasin sans perte notable en bitume et en qualité.

De cette étude, on peut conclure qu'il est possible de rencontrer la présence du grisou dans tout bassin, où il est inconnu jusqu'aujourd'hui, à mesure que les travaux s'approfondiront; soit par suite de l'impossibilité dans laquelle il s'est trouvé d'être évacué à la surface, soit par la nature différente des plantes génératrices des couches inférieures, soit par les circonstances particulières et primordiales qui les environnaient, soit enfin par ces causes réunies en tout ou en partie.

Dans les recherches que comporte ce travail, nous avons adopté la méthode *par voie d'analogie*, partout où les moyens directs, les preuves palpables nous ont manqué. En effet, dans une étude de ce genre, elle est la seule qui permette de tirer à priori des conclusions justes, en procédant du connu à l'inconnu.

Nous terminerons en disant que les anomalies de la présence et de l'absence du grisou dans des cas similaires n'ont pas encore été expliquées par les diverses théories émises jusqu'à ce jour. Celle que nous avons développée, basée sur un fait unique, l'origine végétale de la houille, fait irrécusable, explique ces anomalies par suite des conditions spéciales dans lesquelles se sont trouvées les différentes essences de plantes pendant la formation houillère, et des phénomènes ultérieurs à cette formation. Toutes ces anomalies disparaissent dès lors, et l'on retrouve dans la présence du gaz inflammable dans les mines de houille, son absence pour tel cas spécial, enfin dans la répartition des qualités grasse et maigre des charbons, le même ordre, la même régularité, les mêmes lois, que dans tous les phénomènes qui caractérisent les œuvres du Créateur.

FIN.

TABLE DES MATIÈRES.



	PAGES
Chapitre I. — Introduction.	5
Chapitre II. — Propriétés générales du gaz hydrogène protocarboné	7
Chapitre III. — Opinions émises jusqu'aujourd'hui sur les causes de la présence du gaz hydrogène protocarboné. — Discussion de ces différentes opinions	12
Chapitre IV. — Exposé nouveau des causes de la présence du gaz hydrogène protocarboné	20
Chapitre V. — Recherches sur l'état du bitume dans la houille. — Ses conséquences	51
Chapitre VI. — Du gisement du grisou dans les mines de houille .	62
Chapitre VII. — Du dégagement du grisou.	69
Chapitre VIII. — Influence des systèmes d'exploitation et d'aérage sur les dégagements du grisou	92
Chapitre IX. — Résumé et Conclusions	105

