



HAL
open science

Henri Fayol et la géologie: la combustion spontanée du charbon

Bernard Guy

► **To cite this version:**

Bernard Guy. Henri Fayol et la géologie: la combustion spontanée du charbon. Henri Fayol: histoire, économie et sciences, Ecole des Mines de Saint-Etienne, Jun 2016, Saint-Etienne, France. hal-01793607

HAL Id: hal-01793607

<https://hal.science/hal-01793607>

Submitted on 16 May 2018

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Henri Fayol et la géologie : La combustion spontanée du charbon¹

Bernard GUY, directeur de recherche à l'Ecole des Mines de Saint-Etienne

Brève présentation de l'auteur :

Ingénieur civil des mines (Paris), docteur ès-sciences (Université Pierre et Marie Curie, Paris), ancien directeur du Département Géologie. Il mène des recherches et enseignements en sciences de la terre, physique et philosophie des sciences. Il a organisé ou co-organisé des congrès internationaux en métallogénie, thermodynamique et philosophie des sciences (Ateliers sur la contradiction). Il est membre de l'unité CNRS Environnement, Ville, Société (Lyon, Saint-Etienne) où il anime un séminaire sur l'épistémologie des liens entre temporalités et spatialités.

Introduction

Henri Fayol nous laisse trois œuvres importantes dans le domaine des sciences de la terre : - sa théorie des deltas et de la formation des gisements de charbon ; - son étude sur les effondrements de terrain liés à l'exploitation ; et - son travail sur la combustion spontanée du charbon. C'est de ce dernier que nous allons parler, et, à travers lui, discuter des rapports de Fayol avec la géologie, les sciences et la société. Le mot charbon, ou le mot houille, sera utilisé dans un sens regroupant tous les types de charbon, depuis la lignite jusqu'à l'anthracite. C'est d'ailleurs ce sens large qu'Henri Fayol utilise quand il parle de houille, alors que ce terme, on le sait, ne correspond qu'à une partie de la classification des charbons. Celle-ci est basée sur leur contenu en matières volatiles, qui, outre l'eau, sont principalement des hydrocarbures, ou complexes hydrogéo-carbonés.

L'altération spontanée du charbon

Le mémoire original de Fayol, intitulé « Etudes sur l'altération et la combustion spontanée de la houille » est paru dans le Bulletin de la Société de l'Industrie Minérale (1878, pp. 488-746). Le lieu de publication n'est pas anodin, et dénote l'enracinement de Fayol dans les problèmes appliqués, comme on le rediscutera plus loin. L'auteur indique d'ailleurs dès l'introduction : « *ces phénomènes intéressent l'industrie à un haut degré. Ils ont été l'objet de quelques études ; cependant ils ne sont pas encore bien connus* ».

Nous ne ferons que mentionner la première partie du mémoire consacrée à l'altération du charbon à l'air. Cette question se pose en particulier à propos de l'utilisation de la houille en coke (pour la sidérurgie) et de la fabrication du gaz. Dans les deux cas, la composition en matières volatiles est primordiale, et celle-ci peut être plus ou moins modifiée par l'exposition prolongée à l'air. Ainsi Henri Fayol a-t-il fait de nombreuses expériences, portant autant sur la nature du charbon que sur les conditions dans lesquelles il est porté : influence de la nature des gaz en contact (oxygène, hydrogène, azote), influence de la chaleur, de l'humidité. Il a

¹ Colloque Henri Fayol : histoire, économie et sciences, 1-3 juin 2016, Ecole des Mines de Saint-Etienne.

observé différents paramètres comme la variation de poids (liée à l'absorption d'oxygène), de pouvoir agglomérant, de rendement en coke, en gaz... « *Les houilles à grisou exposées à l'air dégagent de l'hydrogène carboné, et, de plus, elles perdent encore en partie le principe gras qui détermine la formation de coke lors de la calcination* ».

La combustion spontanée du charbon

Comme ingénieur, puis comme directeur de la mine de Commentry, Henri Fayol a été confronté à des « incendies », posant aussi bien des problèmes dans la marche de l'exploitation que dans la sécurité des mineurs (les accidents les plus graves en ont dérivé).

La combustion spontanée du charbon peut s'observer dans différents endroits : - in situ dans les couches géologiques à la surface ou au fond des mines ; - dans les tas entreposés à la surface ; - dans les bateaux transportant le charbon ; - dans les terrils (tas de roches stériles contenant encore des restes de charbon). Cette combustion a de nombreuses conséquences négatives : risques pour la vie des mineurs, risques d'accidents nombreux (asphyxie, explosions), échauffement, entrave à l'exploitation, interruption des travaux, affaissements, perte de charbon. « *C'est d'explosions de gaz produits par le feu que sont résultés les plus grands accidents ayant entraîné mort d'hommes que l'on ait eu à déplorer à Commentry* ».

Ces problèmes liés à la combustion des charbons se posent encore aujourd'hui, de nature aussi bien pratique que scientifique ; il existe une communauté, au niveau international, qui s'en préoccupe activement, en témoigne par exemple la série de monographies intitulée Coal and Peat Fires (voir par exemple Stracher et al., 2015). Plus près de nous, citons les travaux de Paquette et Laversanne (2003), ou encore l'étude pluridisciplinaire menée à Saint-Etienne sur le terril en combustion de la Ricamarie (Guy et al., 2001). Nous continuons nous-mêmes à étudier ce site où nous avons eu la chance de découvrir des structures analogues aux orgues basaltiques (Guy et al., 2015). Celles-ci se sont formées lors de la solidification des magmas développés à l'intérieur du tas, sous l'effet de l'élévation de température consécutive à la combustion spontanée du charbon. On sait que les terrils situés au-dessus du site minier du Puits Couriot à Saint-Etienne sont également en combustion.

Les études et recommandations de Henri Fayol

Dans son mémoire consacré au sujet, qui fait plus de 250 pages, de multiples études sont proposées : nous ne pouvons en parler ici en détail. Notons l'existence de quelques observations géologiques et minéralogiques, en particulier sur les roches avoisinant les zones en combustion : recristallisations des grès et des « schistes » - ou argilites pour les géologues - (nous parlerions de frittage en langage de science des matériaux), changement de couleur, fusion et homogénéisation de gros volumes de roches ; changement des propriétés mécaniques, dans le sens d'une amélioration (les roches deviennent plus solides et moins friables ; c'est pour cette raison de valeur ajoutée que nombreux terrils où se produit, ou s'est produit, une combustion font aujourd'hui l'objet d'une exploitation pour granulats). On peut observer aussi de nombreux minéraux condensés à la surface, au dessus des zones en combustion. Henri Fayol en a proposé des listes comprenant : la Claudetite As_2O_3 , le Gypse $CaSO_4 \cdot 2H_2O$, le Soufre natif S, le Salamonic NH_4Cl , l'Orpiment As_2S_3 , le Réalgar AsS, l'hématite Fe_2O_3 , la Goethite $FeO(OH)$ etc.

Dans son mémoire, l'auteur met aussi en évidence de façon qualitative et semi-quantitative par des observations et des expériences (ces études expérimentales ont un caractère novateur) le rôle de divers facteurs sur l'apparition de la combustion spontanée du charbon. Il note la possible apparition d'une combustion spontanée suivant la forme et la taille des tas, contenant différents types de charbon (de la lignite à l'antracite), avec différentes granulométries. Les sollicitations peuvent aussi varier (chaleur, gaz, humidité etc.). Henri Fayol s'est aussi posé la question du rôle du sulfure de fer, la pyrite dans l'allumage (l'oxydation de ce minéral est très exothermique).

Divers résultats sont obtenus : ainsi la pyrite n'est pas jugée avoir une influence notable ; les frottements et sollicitations mécaniques occasionnés par l'exploitation non plus, ni l'humidité. Le feu part plus facilement dans les massifs fracturés et faillés, ainsi que dans les charbons à granulométrie plus fine, dans les tas aérés, dans les mélanges entre des fines et des éléments plus gros. Il y a évidemment un rôle de l'oxygène dans le développement de la chaleur, la combustion étant une oxydation. Mais il y a la possible évacuation de cette chaleur et l'abaissement de la température. Il faut ainsi discuter la balance entre deux influences de l'air qui soit active la combustion, soit évacue la chaleur et évite l'emballement de la combustion.

Les résultats les plus importants du point de vue pratique concernent l'épaisseur des tas, qui a un rôle dans le déclenchement de l'ignition : une épaisseur trop importante favorise un confinement propice à la marche irréversible de la combustion. *« Il y a une relation directe entre l'échauffement et la hauteur et le volume du tas dans lequel le phénomène se produit. Si le tas est petit, la température s'élève jusqu'à un certain point, après quoi elle devient stationnaire, puis elle s'abaisse à nouveau. Il n'y a pas eu de cas d'incendies spontanés dans les tas de moins de deux mètres. Lorsque la hauteur dépasse quatre mètres, la combustion spontanée a toujours lieu »* (résumé des conclusions de H. Fayol par Richard Threlfall, 1897 ; cité dans Fayol, 1918).

Henri Fayol donne ainsi des règles pratiques qui ont été utiles dans le domaine des mines à son époque : faire des tas d'épaisseur inférieure à 2 m, tenir compte de la granulométrie du charbon, essayer d'isoler les massifs et les tas. La mise à l'abri de l'air peut se faire par l'usage de l'eau, d'argiles, de boues et par la construction de barrages. Henri Fayol, c'est remarquable, est allé jusqu'à mettre au point des appareils respiratoires pour pénétrer dans les zones irrespirables (on parle de « système Fayol », ou de « réservoir Fayol »). Et jusqu'à penser l'organisation des équipes de surveillance, d'intervention et de secours.

Henri Fayol et la méthode expérimentale

Regardant à la fin de sa vie ses travaux sur la combustion spontanée du charbon, Henri Fayol commente ce qu'il a fait (Fayol, 1917). Il en est satisfait (à juste titre !) : *« j'ai dit dans mes états de services comment j'avais été amené à m'occuper des feux de mines pendant toute la durée de ma carrière, c'est-à-dire pendant 58 ans (...). La théorie que j'ai exposée dans mes études sur l'altération et la combustion spontanée de la houille, les procédés que j'ai indiqués pour combattre les feux et les moyens que j'ai recommandés pour les prévenir sont devenus classiques. Encore aujourd'hui, malgré les progrès réalisés, il n'est pas de meilleur guide pour l'ingénieur ayant à se défendre contre les incendies souterrains (...). L'opinion actuelle des ingénieurs anglais est entièrement faite des idées que j'ai exposées en 1878. Il n'est pas*

sans intérêt de remarquer qu'à cette époque, je n'avais pas mis les pieds sur un navire charbonnier. C'est un bel hommage à la méthode expérimentale. »

Comme on le voit à la fin des lignes précédentes, Henri Fayol éprouve le besoin de relier son action à une philosophie de la connaissance, et c'est précisément à propos de ses études sur la combustion du charbon qu'il le fait.

« Je me félicite d'avoir suivi instinctivement la méthode qui a été recommandée par Auguste Comte sous le nom de méthode positive ; par Claude Bernard sous celui de méthode expérimentale, et que je considérais comme scientifique en m'appuyant sur les principes de Descartes (...). La méthode consiste à recueillir et à classer les faits, à les interpréter, à instituer des expériences s'il y a lieu, et à tirer de tout cet ensemble d'études des règles qui, sous l'impulsion du chef, entreront dans la pratique... ».

Permettons-nous de discuter au passage ces questions qui ont leur intérêt dans la façon de comprendre les rapports de Fayol avec la géologie. Disons tout d'abord, sans rentrer dans les détails, que Auguste Comte, Claude Bernard et René Descartes n'ont pas la même philosophie de la connaissance. Cela n'empêche pas de tirer profit à la lecture de chacun d'eux. Par ailleurs, il n'apparaît pas qu'Henri Fayol présente une théorie de la combustion spontanée du charbon dans le sens strict de Claude Bernard. Nous ne trouvons pas l'énoncé d'hypothèses a priori, ni le dialogue constant entre hypothèses et résultats des expériences dans une perpétuelle retouche des idées. Le caractère toujours provisoire des interprétations, toujours à reprendre, n'est pas affirmé, ni le doute constant à cultiver et la fragilité de l'idée générale. Fayol au contraire n'exprime pas d'état d'âme sur l'interprétation de l'expérience : celle-ci est présentée explicitement comme un résumé de ce qui se passe et non comme la mise à l'épreuve d'une hypothèse. On lit des phrases comme : *« les expériences montrent bien que », « ces observations confirment »* ; les expériences sont par ailleurs jugées facultatives. Au total il s'agit davantage avec Henri Fayol d'une démarche inductive qu'une véritable méthode hypothético-déductive à la Claude Bernard, où les hypothèses seraient déclarées non réfutées plutôt que prouvées ou confirmées par les expériences. Tous ces caractères sont plus récemment mis en valeur par un Karl Popper.

Nous ne retrouvons pas le regroupement des hypothèses en un développement autonome. Nous aurions attendu, pour ces questions de combustion, une théorie de physicien – thermodynamicien : avec des symboles et équations mathématiques (des bilans de matière et d'énergie, l'utilisation de la loi de diffusion de la chaleur, proposée par Fourier en 1822, etc.) à mettre à l'épreuve. Nous avons d'abord pensé qu'une telle démarche n'était pas accessible à Fayol, la thermodynamique, bien que déjà constituée au milieu du XIX^e siècle, n'étant pas suffisamment passée dans les mœurs ni enseignée. Mais en voyant les travaux de Daniel Murgue, de la même promotion qu'Henri Fayol et placé dans les mêmes conditions (ingénieur et directeur de houillère), nous avons gardé nos réserves sur la façon de qualifier la méthode scientifique de Fayol. Daniel Murgue a produit des travaux sur l'aérage des mines, la marche des machines à vapeur par combustion de charbon, sur la théorie même de la chaleur, qui rentrent tout à fait dans les canons de la bonne physique et de la méthode expérimentale au sens de Claude Bernard. Murgue et Fayol se connaissaient bien et se cultivaient.

Une démarche d'ingénieur-manager

Si donc Fayol n'a pas fait la théorie de la combustion spontanée du charbon, c'est tout simplement, pour dire les choses de façon caricaturale, qu'il n'avait pas un esprit de physicien ; ce n'était pas son premier souci. Mais il avait d'autres qualités, et a certainement montré une démarche, une méthode expérimentale à mettre en valeur et à souligner, en établissant des lois pragmatiques, des règles pratiques, appuyées sur des expériences nombreuses et rigoureuses, et des observations de qualité. Ce sont des études soucieuses de répondre à des problèmes pratiques liés à l'exploitation.

Pour bien diriger une houillère, il faut s'intéresser à la combustion spontanée du charbon. Nous observons un enchaînement remarquable dans la démarche de résolution des problèmes, une constance dans l'action. Pour s'attaquer au problème de la combustion du charbon, Henri Fayol ne se demande pas s'il fait de la géologie (qui serait de la géologie « pour elle-même » ; il la pratique au contraire pour le bien de la société, et cela le conduit certes à des réflexions fondamentales), de la chimie, ou de l'organisation du travail. Son mémoire est remarquable pour la variété des points de vue adoptés. Avec Fayol nous pouvons dire non au découpage entre disciplines et insister sur une continuité toute bergsonienne celle d'une association de disciplines sans les nommer ni les distinguer (comme dans la « durée » analysée par le philosophe).

Un remède au cloisonnement contemporain des disciplines ?

Les organisateurs du colloque ont découpé Henri Fayol en différentes tranches : Fayol et l'industrie, Fayol et la société, Fayol et la science, Fayol et la géologie... Avec Fayol, nous pouvons insister sur l'unité de l'homme, l'intégration en lui des disciplines. Et ne pas voir un caractère essentiel ou fondamental dans ce découpage, certes utile pour le progrès de la société et l'exposition des travaux.

Fayol est guidé par l'objet, le découpage entre disciplines est second. Peut-on dire qu'il est, sans le savoir, un précurseur de la pensée complexe au sens d'Edgar Morin ? Même s'il ne l'a pas théorisée, il y a chez lui une épistémologie de la pensée et de la pratique de l'ingénieur à mettre en valeur. Elle associe une certaine démarche expérimentale à une implication forte du sujet à la Dilthey.

Henri Fayol et la méthode administrative

Poursuivons un instant dans des domaines que nous connaissons insuffisamment. Mais Fayol lui-même continue son propos de tout à l'heure en faisant le lien entre sa pratique expérimentale sur la matière et son étude des faits administratifs (Fayol, 1917).

« Depuis mes débuts dans l'industrie jusqu'à ce jour, je n'ai cessé d'appliquer à l'étude des faits administratifs la même méthode que j'appliquais pour l'étude des faits d'ordre matériel, c'est-à-dire l'observation, l'expérience et le raisonnement. Je sais depuis peu de temps que cette méthode a été admirablement décrite par Claude Bernard... (...). A quel moment de ma vie ai-je été convaincu que les phénomènes sociaux sont soumis, comme les phénomènes physiques, à des lois naturelles indépendantes de notre volonté ? Quoi qu'il en soit, après la

lecture de l'introduction à l'étude de la méthode expérimentale, j'en ai été plus convaincu que jamais. »

Là encore, Henri Fayol veut se situer dans un cadre philosophique élargi ; là encore, nous pouvons estimer que l'invocation à Claude Bernard est un peu excessive, tout en affirmant la valeur de l'appui d'Henri Fayol sur l'observation et sur les faits. Il nous semble que ce qui compte pour lui, ce n'est pas tant, là encore, la construction d'une théorie autonome de l'administration (comme s'il existait des lois naturelles de l'administration à découvrir), que la construction d'un ensemble de règles destinées à la bonne marche du corps social (Armand Hatchuel parle à ce propos de « doctrine politique », dans son exposé au colloque).

« L'administrateur qui s'occupe du corps social a les mêmes préoccupations que le médecin qui s'occupe du corps humain. L'un et l'autre cherchent à constituer des organismes sains, à conserver la santé et à guérir les maladies ».

En résumé, si Henri Fayol a éprouvé le besoin à la fin de sa vie d'inscrire son œuvre dans une grande perspective intellectuelle, nous demandons une vision nuancée sur sa démarche : l'originalité de sa méthode est à rechercher à la confluence des sciences humaines et sociales et des sciences de la matière, dans une continuité que nous avons appelée « bergsonienne » qui ne sépare pas les disciplines, qui n'introduit pas de discontinuité entre elles. L'épistémologie de cette démarche mérite des travaux complémentaires. La préoccupation première, et la seule, d'Henri Fayol est de résoudre des problèmes qui se posent au vivre ensemble : tous les moyens sont bons.

Conclusion

Si l'on revient à la géologie qui nous préoccupe dans ce texte, on pourra dire à la suite des réflexions précédentes : il n'y a pas de géologie sans société ; ou également : il n'y a pas de société sans géologie. Pour clore, laissons la parole à Paul-Henri Oltra, ancien élève de l'Ecole des Mines de Saint-Etienne (promotion 1981), formé en géologie avec un début de carrière dans ce domaine, et maintenant « manager » respecté. Il nous livre ici, quelques remarques sur la place et le rôle que la géologie a eu pour lui et les liens qu'il voit avec le management, et insiste au final sur la figure de l'ingénieur (com. pers., 2016).

« La géologie apprend à observer avant de conclure ; la géologie apprend la patience ; la géologie apprend le travail ; la géologie apprend (à de rares exceptions près) l'humilité ; par contre, la géologie ne m'a pas appris le travail en équipe. Je reste persuadé qu'être manager tout court ne veut rien dire. Il faut commencer par apprendre un métier, et ensuite on peut être manager dans ce métier. Par conséquent l'ingénieur est d'abord ingénieur. Il ne faut pas hésiter à valoriser ce rôle d'ingénieur qui doit continuer à signifier quelque chose, à la fois en termes de connaissances pures, d'intégration de ces connaissances, de positionnement dans le monde, et de savoir être. »

Les discussions qui ont eu lieu au cours du colloque ont souligné l'intégration essentielle, l'intégration féconde, chez Fayol, des trois composantes de sa personnalité que sont celle de géologue, celle d'ingénieur et celle d'administrateur (ou manager au sens moderne). Revenant au titre de notre communication (« Henri Fayol et la géologie ») demandée par les organisateurs du colloque, nous pouvons pour terminer exprimer un souhait : celui que l'Ecole des Mines de Saint-Etienne, inspirée et encouragée par son illustre ancien, sache

donner dans leur bagage aux ingénieurs de demain ces trois composantes reconnues à l'instant dans Henri Fayol, sans oublier en particulier celle originale des sciences naturelles. Associée aux deux autres, elle ne manquera pas d'apporter de nouveaux fruits pour la société de demain.

Résumé

La contribution d'Henri Fayol aux sciences de la terre concerne trois grands sujets : la théorie des deltas et la formation des gisements de charbon, les effondrements de terrain liés à l'exploitation, l'altération et la combustion spontanée du charbon. C'est l'examen de ce dernier sujet qui est discuté dans le présent article. Comme ingénieur, puis comme directeur de la mine de Commentry, Henri Fayol a en effet été confronté à des « incendies », posant aussi bien des problèmes dans la marche de l'exploitation que dans la sécurité des mineurs (les accidents les plus graves en ont dérivé). Dans son mémoire consacré au sujet, il met en évidence de façon qualitative et semi-quantitative (par des observations et des expériences) le rôle de divers facteurs sur l'apparition de la combustion spontanée du charbon. En particulier, pour ce qui concerne le charbon entreposé, l'épaisseur des tas a un rôle dans le déclenchement de l'ignition (une épaisseur trop importante favorise un confinement propice à la marche irréversible de la combustion). Il donne ainsi quelques règles pratiques qui ont été utiles dans le domaine des mines à son époque. Regardant à la fin de sa vie ses travaux sur la combustion spontanée du charbon, Henri Fayol déclare qu'il a suivi de façon instinctive la méthode expérimentale de Claude Bernard, appliquée également à la mise en ordre des faits administratifs. Ce point demande une vision nuancée : l'originalité de la méthode d'Henri Fayol est plutôt à rechercher à la confluence des sciences humaines et sociales et des sciences de la matière, dans une continuité toute « bergsonienne » qui ne sépare pas les disciplines. L'épistémologie de cette démarche mérite des travaux complémentaires. Nous terminons par quelques remarques sur la place et le rôle de la géologie dans ce contexte.

Remerciements

Je ne suis spécialiste, ni de Henri Fayol, ni des rapports que ce dernier a entretenus avec la géologie. Dans ma situation d'enseignant chercheur à l'Ecole des Mines de Saint-Etienne, en particulier en sciences de la terre, je me suis naturellement intéressé à cet ancien de l'Ecole et en ai tiré grand profit. Je remercie les organisateurs du colloque pour leur invitation, ainsi que tous les participants pour le grand plaisir que j'ai trouvé dans ces échanges.

Références

- Fayol H. (1878) Etudes sur l'altération et la combustion spontanée de la houille, Bulletin de la Société de l'Industrie Minérale, 488-746.
- Fayol H. (1917) Préface à l'administration industrielle et générale, l'éveil de l'esprit public, études publiées sous la direction de M. Henri Fayol, Bulletin de la Société de l'Industrie Minérale, 12, 145-152.
- Fayol H. (1918) Notice sur les travaux scientifiques et techniques, Gauthier Villars, Paris.
- Guy, B., Garcia, D., Le Coze, J., Theisse, V. (2001) Estimation de la température atteinte dans le crassier Saint-Pierre de la Ricamarie (Loire) à partir de l'observation de textures de

solidification/oxydation dans un élément de chaîne métallique prélevé sur le site. Les Cah. la Rotonde - Publ. l'Université Saint-Étienne 61–69.

Guy B., Pigeron S. and Thiéry V. (2015) Discovery of “basalt columns” in the molten rocks (paralavas) of the Saint-Pierre coal heap (La Ricamarie, Loire, France), <hal-01084610>.

Paquette Y. et Laversanne J. (2003) Guide du détenteur de terrils et autres dépôts miniers issus de l'activité charbonnière (verses, bassins de décantation, dépôts de cendres), Soc. Industrie Minérale, 40 p.

Stracher G.B., Prakash A. and Sokol E.V. editors (2015) Coal and peat fires, a global perspective, Vol. 3: case studies, coal fires, Elsevier, 786 p.