

n'avait donné aucune trace de fer aux réactifs avant cette injection, en contenait au contraire notablement deux ou trois heures après.

Outre les cavités révélées par le sondage, on observe à la surface du sol des cônes évasés qui paraissent le résultat d'éboulements; plusieurs de ces cônes se sont formés à des époques assez récentes, et on en connaît l'origine; quelques unes sont assez larges, et forment maintenant des mares d'eau vive; le niveau de l'eau qu'elles contiennent suit les oscillations de la Loire, ce qui confirme encore l'existence des courants d'eau souterrains que l'on vient de citer. Les dimensions de deux des cônes sont assez considérables pour que l'eau qui s'en échappe lors des grandes crues de la Loire occasionne des dégâts notables; les propriétaires des terrains où ils sont situés ont même été obligés de les entourer d'une digue assez élevée pour éviter ces inondations locales.

Les cavités que l'on observe à la surface se groupent également suivant les deux courants qu'on vient de signaler; elles sont toutefois beaucoup plus nombreuses dans le voisinage du courant le plus rapproché de la Loire.

Le gouffre où le Dhuy se perd, près du château de la Source, est une de ces cavités naturelles; le niveau de l'eau y éprouve également des oscillations correspondantes aux crues de la Loire, en sorte que, dans les crues, le Dhuy, au lieu de se perdre dans le gouffre, se rend dans le Loiret, et que les eaux du gouffre se dégorgent même à la surface.

M. Achille Delesse lit le Mémoire suivant :

Mémoire sur la constitution minéralogique et chimique des roches des Vosges, par M. Achille Delesse.

Les Vosges ont déjà été souvent l'objet de publications d'un grand nombre de géologues, et parmi les ouvrages les plus importants qui s'occupent de leur géognosie, on peut citer la topographie minéralogique de l'Alsace de Voltz, la statistique de la Haute-Saône de M. Thirria, plusieurs descriptions de MM. Hogard, Rozet, E. Puton et Fournet, enfin l'explication de la carte géologique de France par MM. Dufrénoy et Élie de Beaumont. Dans quelques mémoires particuliers, M. Élie de Beaumont, qui était plus spé-

cialement chargé de la géologie des Vosges, a depuis longtemps établi les grandes divisions entre les terrains qui les composent; en sorte qu'il ne reste, pour ainsi dire, à faire que des études de détail : mais, après quelques excursions dans ces montagnes, on ne tarde pas à reconnaître combien ces études sont nécessaires, car on rencontre une très grande variété de roches cristallines dans lesquelles le grain est indistinct et qu'il est le plus souvent impossible de classer, quelque habileté qu'on puisse d'ailleurs avoir à reconnaître les substances minérales. On arrive bien, avec de l'habitude, et par une série de comparaisons, à les rapprocher d'autres roches qui sont analogues et qui ont été rencontrées, soit dans les Vosges, soit dans diverses localités; mais comme jusqu'à présent les géologues ne se sont pas occupés d'études spéciales relatives à la *constitution minéralogique et chimique des roches*, la solution du problème n'est pas plus avancée, et ces roches ne cessent pas d'être complètement inconnues; on sait seulement qu'elles existent dans plusieurs contrées différentes.

Quand on se propose de faire l'étude géologique d'un pays dans lequel sont développés les terrains non stratifiés, ou ceux qu'on s'accorde généralement à regarder comme étant d'origine ignée, on est frappé par la grande diversité des roches qu'ils présentent ordinairement, même sur une petite étendue. Il est du reste facile de s'en rendre compte : car si les terrains stratifiés sont surtout développés dans les plaines, où une seule couche d'argile, de grès ou de calcaire couvre souvent des surfaces très considérables, en conservant le même caractère minéralogique, il en est rarement de même pour les terrains non stratifiés. Ces derniers, en effet, se trouvent principalement dans les régions montagneuses, c'est-à-dire qu'ils forment les parties de l'écorce terrestre qui ont été le plus tourmentées par des bouleversements. Depuis longtemps, du reste, les anciens mineurs avaient remarqué la grande diversité des roches des pays de montagnes dans lesquels ils recherchaient les filons et les minerais métalliques. — Dans les chaînes de montagnes, surtout lorsqu'elles sont d'origine ancienne, on retrouve la trace des divers phénomènes qui ont modifié l'écorce terrestre; on peut y observer un très grand nombre de systèmes de failles, de filons, et souvent, comme cela a lieu dans les Vosges, à peu près toute la série des roches d'origine ignée : les modifications qui ont été subies sont même quelquefois tellement nombreuses, que les divers terrains occupent seulement de très petites étendues et forment des lambeaux isolés qu'il ne devient possible de représenter que sur une carte géologique exé-

cutée à une très grande échelle. — Dans les pays de plaines, il en est tout autrement; une même couche se développe sur de grandes étendues, et, en même temps, elle dérobe, comme un voile, aux regards du géologue les phénomènes qui ont précédé son origine et souvent même ceux qui l'ont suivie. — Les terrains non stratifiés ou d'origine ignée se prêtent donc à des études de détail tout aussi bien que les terrains stratifiés ou d'origine aqueuse; on peut même dire que pour eux ces études sont indispensables, et quoique dans un grand nombre de cartes géologiques ils soient représentés par une teinte uniforme, l'observation apprend qu'ils présentent sur une petite étendue une *très grande diversité de roches* pour lesquelles il importe d'adopter de nombreuses subdivisions. — Ayant eu l'occasion de faire un grand nombre d'excursions dans les Vosges de la Haute-Saône, je m'étais proposé, d'après ce qui précède, d'en publier une carte géologique faisant connaître avec détail les terrains non stratifiés; mais je ne tardai pas à reconnaître que ce travail était impossible, tant que *je n'aurais pas, par une étude préliminaire, déterminé avec beaucoup de précision la composition minéralogique et chimique d'un certain nombre de roches pouvant servir de types.*

En effet, lorsqu'on vient à examiner ces roches sur le terrain, on ne tarde pas à reconnaître qu'il est très rare qu'elles présentent des lignes de démarcation bien nettes. Dans les terrains stratifiés, une couche de calcaire se sépare très nettement d'une couche d'argile ou de grès; il arrive bien quelquefois, par exemple, qu'elle devient de plus en plus marneuse et qu'elle passe insensiblement à une couche d'argile, mais c'est un cas exceptionnel et le plus ordinairement il y a une séparation bien tranchée. Pour les terrains non stratifiés, au contraire, et surtout pour ceux qui forment les montagnes des Vosges, il en est tout autrement; on peut observer des *passages* pour ainsi dire *insensibles* d'une roche à une autre, qui en diffère complètement par son âge et par sa composition minéralogique. Ces *passages*, qui ont été signalés depuis longtemps par MM. Hogard, Mougeot, Gaillardot et Rozet, sont rendus sensibles par le développement de certains minéraux qui caractérisent une roche, et surtout par celui des cristaux de feldspath, dans une autre roche contiguë qui ne les contient pas ordinairement; et ils sont si fréquents dans les Vosges, qu'il semble réellement que toutes les roches se transforment l'une en l'autre. J'aurai souvent l'occasion, par la suite, d'en citer un grand nombre d'exemples; mais je ferai remarquer dès à présent que le terrain de transition et l'un des porphyres qui

le traversent s'engagent et se fondent si intimement, que les auteurs de la carte géologique de France ont dû renoncer à les représenter par des teintes différentes. Presque partout, en effet, on voit le schiste passer au porphyre d'une manière tout à fait insensible. Du reste, ces *passages* ne s'observent pas seulement dans les Vosges; mais le phénomène qui les a produits a dû être *très général*, et ils ont été constatés depuis longtemps dans un grand nombre d'autres contrées parmi lesquels on peut surtout citer les Alpes (1), la Norwége et l'Écosse (2).

Indépendamment de ces passages que présentent les diverses roches des terrains non stratifiés, un plus grand obstacle s'oppose à ce qu'on arrive à les définir et à les classer facilement: c'est le peu de netteté des cristaux qu'on y observe et l'*insuffisance des caractères minéralogiques* qui, dans l'état actuel de la science, peuvent servir à les reconnaître. Car les minéraux qui composent les roches sont, il est vrai, presque toujours cristallisés, mais souvent la cristallisation est assez confuse; de plus, ils diffèrent ordinairement, par la forme, par l'aspect et par l'ensemble de leurs propriétés, des minéraux de choix sur lesquels se font les études minéralogiques. Ces derniers ne présentent guère que des cas particuliers qu'on a rarement l'occasion d'observer dans des études sur la minéralogie des roches; et si nos connaissances sur les roches sont en ce moment aussi peu étendues, on doit l'attribuer surtout à ce que leur minéralogie est encore, pour ainsi dire, dans l'enfance. Jusqu'à présent, en effet, les études des minéralogistes ont dû se porter principalement vers les minéraux qui sont nettement cristallisés et qui offrent de grandes variétés de forme; mais ce qui, au point de vue de la minéralogie pure et de la cristallographie, peut présenter de l'intérêt, devient quelquefois un cas exceptionnel peu important de la minéralogie des roches. — Il n'est pas étonnant, du reste, qu'un assez grand nombre de minéraux jouant un rôle important dans la composition des roches, et qui sont imparfaitement cristallisés, ne soient que peu ou point connus, car cela a même lieu pour ceux qui sont le plus répandus. Prenons, en effet, pour exemple la famille des feldspaths: sous le rapport de l'étude des roches, c'est incontestablement celle sur laquelle il importerait d'avoir les connaissances les plus précises. Toutes les roches qui forment les terrains non stratifiés ont toujours pour base un ou plusieurs feldspaths; par conséquent, les minéraux de

(1) De Saussure, *Voyage dans les Alpes*, t. III, § 4726.

(2) Lyell, *Principes de géologie*, p. 234 et 235 (Mac Culloch).

cette famille constituent la plus grande partie de l'écorce du globe, et on reste assurément au-dessous de la vérité quand on en évalue la proportion à 50 p. 0/0. Jusqu'à présent cependant cette famille si importante de minéraux est une des moins bien connues. Il faut observer, d'ailleurs, que son étude offre de très grandes difficultés, car les diverses espèces de feldspaths ne présentent que de très légères différences dans les caractères *minéralogiques*; ils appartiennent tous aux deux derniers systèmes cristallins, et les angles de leurs formes primitives sont à peu près les mêmes. De plus, leurs propriétés chimiques sont presque identiques et leur composition est soumise à une loi commune; ils renferment tous les mêmes radicaux basiques R et R'' dans une proportion qui paraît être telle que le rapport des quantités d'oxygène est de 1 à 3, et les divers feldspaths ne sont que les différents degrés de saturation de ces radicaux par la silice. Ainsi il y a similitude à la fois dans leurs propriétés physiques et dans leurs propriétés chimiques. Si on ajoute à cela que les caractères *minéralogiques* qui servent à les classer sont en petit nombre et en outre très incertains, surtout lorsqu'ils sont engagés dans les roches, on concevra pourquoi il est si difficile de distinguer entre eux les différents feldspaths, quoiqu'ils appartiennent à une famille bien naturelle et que, dès le premier abord, il est facile de ne confondre avec aucun autre. Cependant pour que la description géologique d'une roche d'un terrain non stratifié soit complète, il me semble qu'il est absolument indispensable qu'elle fasse connaître la nature et la composition chimique de son feldspath et des autres minéraux qu'elle renferme; car, de même que les *fossiles* définissent une roche *Neptunienne*, une roche *Plutonienne* peut être assurément caractérisée d'une manière non moins précise et non moins certaine par les *minéraux* qui la composent. Le mode de description qui est maintenant généralement employé me paraît être toutefois très vague, et même dans certains cas il est insuffisant. Le plus souvent, en effet, il est basé pour les feldspaths sur la différence de couleur qu'ils présentent; on sait cependant qu'elle ne peut être que d'un faible secours pour arriver à la détermination de l'espèce minérale, la couleur étant une propriété très secondaire des minéraux et qui ne permet aucunement de les classer: il est incontestable d'un autre côté que la simple désignation de feldspath blanc ou rose, qui équivaut à celle de feldspath, est beaucoup plus vague et apprend beaucoup moins relativement à la nature et à l'âge d'un terrain non stratifié, que le mot d'*ammonite* n'en apprendrait re-

lativement à un terrain stratifié, car le feldspath est la base de toutes les roches *plutoniennes* ayant quelque importance, et les *ammonites* ne se retrouvent que dans une partie des roches *neptuniennes*. Ainsi, d'un côté, les *passages* que présentent entre eux les terrains non stratifiés, et, de l'autre, l'*insuffisance* des caractères extérieurs dans l'état actuel de nos connaissances sur la minéralogie des roches, rendent leur étude et leur classification très difficile, et il m'a semblé que pour y arriver il était indispensable d'entreprendre une série de recherches *minéralogiques* et *chimiques* sur des roches destinées à servir de *types*, et qui, comme celles des Vosges, pourront toujours par la suite se retrouver facilement. — Avant d'entreprendre ces recherches, il fallait cependant se demander si elles seraient toujours *possibles* et, en outre, si elles seraient *utiles*. Il est facile de répondre à la première question, car le plus généralement les roches ont une texture cristalline, et par conséquent elles sont formées de minéraux distincts et nettement définis qui sont associés entre eux de diverses manières. Non seulement on peut y observer des minéraux disséminés dans une pâte, mais de plus cette pâte elle-même est cristalline et par conséquent formée d'une agrégation de minéraux simples; c'est ce qu'on constate facilement en l'examinant sous le microscope qui permet de distinguer les différents cristaux. Si, à l'œil nu, la texture cristalline est indiscernable, et si la couleur paraît simple, cela tient à ce que les minéraux sont tellement rapprochés, qu'à la vue la roche semble homogène; elle prend alors une couleur résultant des minéraux qui la composent et dépendant des proportions de chacun d'eux. C'est seulement dans des cas assez rares qu'une roche présente une pâte à cassure vitreuse dans laquelle sont engagés des cristaux définis; il est beaucoup plus rare encore de trouver des roches complètement vitreuses, sans aucun indice de cristallisation, et ressemblant aux scories de nos hauts-fourneaux. Les laves et les roches volcaniques nous en offrent cependant des exemples: ces roches, qui appartiennent à une époque géologique récente, paraissent avoir subi un refroidissement assez rapide, mais elles ne sont qu'une exception; on peut donc admettre en général que toutes les roches des terrains non stratifiés ont une *structure cristalline*. Lorsque les minéraux qui composent la roche seront visibles et nettement séparés, on arrivera facilement à les déterminer après les avoir isolés par un triage mécanique; ce travail est, il est vrai, très pénible, et il le sera d'autant plus que le grain de la roche cristalline sera lui-même plus fin. Quelquefois il faudra s'aider de la loupe ou recourir à un lavage à l'aiguette;

mais, quoi qu'il en soit, un triage plus ou moins parfait sera toujours possible : il cessera de l'être, quand la roche aura une texture cristalline très grenue, ou quand elle présentera l'aspect d'un verre ; mais, dans ce cas, on pourra toujours avoir recours à une analyse chimique immédiate. — Après avoir établi la *possibilité* de recherches de minéralogie chimique sur les roches, il ne nous sera pas difficile de démontrer leur *utilité*. Cependant pour la faire mieux apprécier, et aussi pour faire comprendre le but d'ensemble dans lequel ce mémoire a été entrepris, il me semble nécessaire de présenter d'abord quelques considérations théoriques sur le mode de formation des terrains *stratifiés* et *non stratifiés* ; mais, dans la suite, je m'abstiendrai autant que possible de toute hypothèse, et je me bornerai à l'étude des faits.

Formation des terrains stratifiés. — Les terrains *stratifiés* doivent leur origine à l'action des eaux, et si on excepte peut-être quelques roches de poudingue ayant de grandes épaisseurs et renfermant de très gros galets, ils ont été formés par voie de dépôt très lent, comme nous voyons maintenant encore des alluvions se déposer dans le fond des tourbières, des lacs, des fleuves et de la mer. Toutes les eaux qui se trouvent à la surface de la terre contiennent en dissolution du carbonate de chaux, de la silice et diverses substances ; l'action lente de l'évaporation maintient généralement leur volume à peu près constant, en sorte que l'arrivée d'une nouvelle quantité d'eau saturée et la perte de l'acide carbonique dissous doivent nécessairement déterminer sans cesse un dépôt analogue à un précipité *chimique* et qui est formé principalement de carbonate de chaux et de silice. Mais c'est plus généralement par un précipité que l'on pourrait appeler *mécanique* que paraissent s'être formées la plus grande partie des couches des terrains stratifiés. En effet, l'eau tient toujours en suspension une certaine quantité de matières argileuses et sableuses, et quand, par une cause quelconque, sa vitesse vient à se ralentir, ces matières obéissent à la loi de la pesanteur et se déposent. Ainsi les couches sédimentaires prennent naissance par précipitation chimique et mécanique ; mais, indépendamment de cela, la plus grande partie de la chaux tenue en dissolution est soustraite et fixée à l'état de carbonate par les mollusques et par les polypiers. A mesure que l'organisation animale se renouvelle, ce carbonate de chaux vient augmenter les deux précipités *chimique* et *mécanique* et contribuer aussi à la formation de la couche. — L'expérience apprend que la composition chimique de l'eau de mer et sa densité sont à peu près constantes sous toutes les latitudes ; on

conçoit donc qu'à une même époque géologique, elle a dû, toutes choses égales, contenir partout à peu près la même proportion de substances en *dissolution* ou en *suspension*, et par conséquent aussi le caractère minéralogique d'une couche déposée à une même époque doit être constant sur de grandes étendues; c'est en effet ce qui a été constaté par de nombreuses observations faites par tous les géologues dans des localités éloignées, non seulement en France, mais même en Europe. Cependant, ainsi que l'a fait observer depuis longtemps M. Constant Prévost (1), il y a diverses causes qui peuvent modifier et altérer le caractère minéralogique d'une couche; ce sont surtout celles qui font varier la nature des dépôts mécaniques, et je vais en énumérer quelques unes. — A de grandes distances des côtes et dans la haute mer, lorsque ses eaux ne sont pas agitées par des courants, une couche sédimentaire doit surtout se former par voie de précipité chimique; car les matières tenues en suspension ont déjà dû se déposer pour la plus grande partie, et, d'un autre côté, l'observation a appris que les mollusques et les polypiers habitent seulement les côtes ou les bas-fonds et se trouvent toujours à une profondeur qui est au plus de quelques centaines de mètres. Il résulte donc de là que dans la haute mer, toutes choses égales, une couche sera principalement formée par précipité chimique, tandis que près des côtes ce sera par un précipité mécanique, et aussi par les débris des mollusques et de polypiers et de tous les autres êtres qui vivent dans la mer. Il est facile de concevoir encore que la nature des parois ou du bassin dans lequel le dépôt s'opère doit exercer de l'influence sur son caractère minéralogique: ainsi la couche qui se forme au fond d'un lac entouré par un bassin granitique est différente de celle qui se produit dans un terrain stratifié et qui serait argileux ou calcaire; et la même différence se présente dans l'intérieur de la mer, sur une plus grande échelle: aussi les couches qui se déposent actuellement dans la Méditerranée, par exemple, ne doivent pas avoir la même composition, la même structure et le même caractère minéralogique que celles qui se forment au fond du grand Océan. — D'après ce que nous venons de voir, une mer intérieure pourra modifier la nature d'un dépôt; le voisinage d'une rivière ou d'un fleuve aura évidemment pour effet de produire le même résultat: mais ce sont surtout les courants de l'intérieur de la mer qui doivent à cet égard exercer la plus grande influence; en effet, ils entraînent avec eux des substances différentes de celles qui se

(1) Cours de la Sorbonne et diverses publications.

trouvent dans les eaux de la mer, qu'ils traversent sans se mêler avec elles, et ces substances changent nécessairement avec les terrains sur lesquels ils ont passé; de plus, suivant qu'ils sont animés d'une vitesse plus ou moins grande, ils tiennent en suspension des matières dont la grosseur et la quantité doivent varier, en sorte qu'ils donnent lieu à des dépôts très différents. — On voit donc que si les terrains stratifiés présentent quelquefois un caractère *minéralogique* constant sur de grandes étendues, il y a cependant beaucoup de causes qui peuvent le faire varier, même pour des roches qui ont été formées à la même époque géologique: quoiqu'il puisse très bien servir à classer les roches, surtout dans une même contrée, il est nécessaire, sur une plus grande échelle, d'étudier concurremment la continuité (1) et l'inclinaison des couches, ainsi que la direction suivant lesquelles elles ont été redressées, ou le caractère *stratigraphique*. Enfin, à ce deuxième caractère, il convient d'en joindre un troisième plus moderne, c'est le caractère *paléontologique* qui est fourni par l'étude approfondie des divers fossiles; son importance résulte, ce me semble, des considérations qui viennent d'être présentées, et elle a d'ailleurs été démontrée par les travaux les plus récents des paléontologistes, surtout par ceux de M. d'Orbigny; il a constaté en effet que des couches habitées autrefois par les mêmes mollusques, et que tout indique, par conséquent, avoir été formées à la même époque, présentent de très grandes différences dans leur composition minéralogique; ainsi, par exemple, telle couche à l'état de calcaire dans une localité passe dans une autre à l'état de grès, de marne ou d'argile. — D'un autre côté, on a observé aussi le fait inverse du précédent; c'est-à-dire que des couches qui diffèrent complètement par l'ensemble de leurs fossiles, et qui n'appartiennent pas à la même époque géologique, peuvent présenter le même caractère minéralogique. Il serait facile de citer de nombreux exemples à l'appui de ces deux faits, qui sont réciproques l'un de l'autre, et ils ont été mis hors de doute dans ces derniers temps, depuis que des géologues, parmi lesquels on peut citer surtout MM. d'Orbigny et de Verneuil, ont commencé à faire l'étude des terrains stratifiés sur de très grandes étendues et même dans les deux hémisphères. De ce qui précède, on doit donc conclure que des *terrains stratifiés de même âge peuvent avoir un caractère minéralogique différent*, et que réci-

(1) Dufrenoy et Elie de Beaumont, *Explication de la carte géologique de France*, p. 40.

proquement des *terrains stratifiés d'âge différent peuvent avoir le même caractère minéralogique.*

Formation des terrains non stratifiés. — Recherchons maintenant comment se sont formés les terrains non stratifiés, et nous reconnaitrons facilement qu'ils doivent présenter dans leur caractère minéralogique une constance au moins aussi grande que les terrains stratifiés. Si l'on admet en effet que la terre ait été d'abord à l'état fluide, comme cela paraît résulter de l'étude de tous les faits connus, soit en astronomie, soit en géologie, il faut observer que cette fluidité a dû être parfaite à cause de la forme même de la terre, qui est celle d'un sphéroïde très régulier; en outre, les couches à égale distance du centre avaient même densité, même composition chimique, et étaient complètement homogènes. Lorsque, par suite du refroidissement, la première écorce terrestre s'est solidifiée, elle a dû présenter une composition constante au moins sous la même latitude. Les observations géologiques les plus simples montrent que la matière fluide intérieure est venue réagir ensuite sur cette première enveloppe et la modifier de diverses manières, surtout par des épanchements: si on fait abstraction de toute idée théorique relativement à l'état de la matière épanchée et aux causes qui à différentes époques ont pu donner lieu à ces épanchements, que ces causes soient des phénomènes analogues à l'action volcanique, des affaissements ou des soulèvements, ou enfin des inversions de pôles (1), toujours est-il que la matière fluide épanchée à une même époque géologique a dû produire des roches formées des mêmes minéraux associés de la même manière; car, l'épaisseur de la partie solidifiée devant être à peu près partout la même, la partie fluide au contact était à la même distance du centre, et elle a dû avoir même densité, même température et même composition chimique; généralement elle s'est trouvée dans les mêmes circonstances de refroidissement à la surface du globe, par conséquent elle a dû former des roches dans lesquelles se sont développés des minéraux identiques. C'est du reste ce qu'on peut observer encore pour les laves des volcans modernes, qui, lors même qu'elles proviennent de points très éloignés, présentent, dans leur aspect et dans les minéraux qu'elles renferment, une assez grande similitude: cependant, ainsi que le fait observer M. de Humboldt (2), leur composition minéralogique varie avec la position du cratère, avec la nature des roches qui composent le

(1) De Boucheporn, *Études sur l'histoire de la terre.*

(2) *Cosmos*, t. I, p. 268.

volcan et avec sa chaleur intérieure ; et ce résultat est facile à concevoir ; car, dans les volcans modernes, la quantité de matières qui sortent à l'état fluide est le plus ordinairement insignifiante relativement à la roche qui forme les parois et la base du volcan ; cette dernière doit donc , en se dissolvant en partie, apporter des changements notables dans sa composition chimique. Mais en était-il de même dans les éruptions volcaniques anciennes ou dans les bouleversements qui ont amené autrefois la matière solide ou fluide de l'intérieur de la terre à la surface ? Non certainement ; car ces phénomènes ne sont pas locaux et n'ont pas affecté quelques points isolés , ainsi que cela a lieu pour les volcans ; ils se sont au contraire développés sur une grande échelle , et les roches épanchées occupent souvent de vastes étendues ; il en résulte que la dissolution des roches déjà solides dans celles qui arrivaient à l'état liquide ou pâteux , ou simplement incandescent , n'a généralement pas pu produire de différences notables dans leur composition chimique : on peut encore citer à l'appui de ce qui précède les nombreuses observations de M. de Humboldt (1), qui fait remarquer que, tandis que la faune et la flore varient avec la latitude et avec les climats, le granite, le gneiss, les divers porphyres, le trachyte, le basalte, la dolérite, etc., restent au contraire partout identiques. — Si d'ailleurs les roches des terrains non stratifiés ne paraissent pas toujours s'étendre sur d'aussi grandes surfaces que celles des terrains stratifiés, cela tient à ce qu'elles ont été recouvertes en grande partie par ces dernières, et à ce que dans les pays de montagnes, comme les Vosges, où l'on peut le plus généralement les observer, elles portent la trace d'un très grand nombre de bouleversements et ne se présentent souvent que comme des lambeaux de terrains. Du reste, on conçoit que, pour les terrains non stratifiés, diverses circonstances puissent faire varier aussi le caractère minéralogique de roches formées à une même époque géologique : nous avons parlé déjà de l'influence des parois solides, il faut mentionner encore la présence ou l'absence de l'eau de la mer dans les parties de la surface du globe où avait lieu l'épanchement de la matière fluide intérieure, les courants électriques, les affinités qui ont déterminé la cristallisation, la profondeur à laquelle elle s'est développée, la pénétration de substances gazeuses ou de substances solides entraînées par des vapeurs, et enfin tous les phénomènes variés qui peuvent se rattacher au *métamorphisme*. Le mode d'action de plu-

(1) *Cosmos*, p. 258.

sieurs de ces causes de modifications est par sa nature assez incertain ; on conçoit cependant que les affinités de cristallisation ont pu avoir pour effet de grouper les minéraux d'une manière bizarre, et il semblerait même, quand on examine certains granites ou syénites, que des fragments d'autres roches y sont contenus, c'est ce que j'aurai quelquefois l'occasion de signaler pour les Vosges ; cependant cela tient le plus ordinairement à ce que la cristallisation s'est développée d'une manière différente, à ce qu'elle a été tantôt plus nette, tantôt plus confuse, à ce que l'un des minéraux de la roche vient à disparaître ou à ce que l'autre est prédominant ; mais on ne doit pas en conclure que, dans les terrains non stratifiés, des roches de nature différente ont pu prendre naissance à une même époque géologique : il me semble qu'on pourrait comparer ces groupements à ceux qui ont donné lieu à la formation du silex dans les couches calcaires des terrains stratifiés ; en tout cas on peut observer que le facies minéralogique de la roche ne doit pas être considéré pour cela comme étant plus altéré que ne l'est celui d'une couche calcaire, par exemple, dans laquelle on trouve çà et là des rognons marneux ou des parties sableuses. — Quant aux autres modifications qui sont produites par ce que l'on appelle ordinairement le métamorphisme, il importe d'observer que ces dernières causes de modifications agissaient également sur les terrains non stratifiés et sur les terrains stratifiés ; et si les premiers ont pu éprouver de plus grandes modifications parce qu'ils se trouvaient à la base des formations, d'un autre côté, par leur masse compacte et impénétrable, ils devaient se prêter plus difficilement que les terrains stratifiés à des transformations ultérieures. Quelles que soient du reste les circonstances dans lesquelles s'est opérée la cristallisation des roches, quelles que soient les modifications qu'elles ont pu subir, soit pendant, soit après leur refroidissement, il n'est pas possible d'admettre qu'une même roche puisse donner, par exemple, tantôt un granite et tantôt un basalte : aussi, sans contester les effets que peut avoir sur le développement de la cristallisation la profondeur à laquelle se trouve la roche et la pression à laquelle elle est soumise, je ne saurais partager complètement les idées de M. Lyell (1), lorsqu'il pense que les roches cristallines, telles que le granite, le gneis, le micaschiste, le quartzite, etc., peuvent, à l'aide d'une pression suffisante, se produire encore pendant l'époque actuelle ; d'après ce qui a été dit précédemment,

(1) Lyell, *Principes de géologie*. Traduction de madame Meulien, t. I, p. 438, 8 premières lignes ; et Lyell, *Nouveaux éléments*.

Soc. géol., 2^e série, tome IV.

en effet, et sauf les restrictions qui ont été admises, il est assez naturel de penser que les laves et les roches volcaniques modernes représentent la composition de la partie fluide au contact de la croûte intérieure déjà solidifiée; et, dans la suite de ce Mémoire, je démontrerai par des analyses nombreuses qu'elles sont beaucoup plus pauvres en silice, et qu'aux différences de cristallisation qu'elles présentent avec les roches granitoïdes correspondent encore des différences dans la composition chimique. — Ainsi les roches d'origine ignée qui ont été formées à une même époque géologique, peuvent bien présenter des passages à d'autres roches qui en diffèrent par l'âge et par la composition chimique et minéralogique; elles peuvent aussi avoir éprouvé des altérations dans quelques parties, mais ces altérations sont accidentelles, locales, et elles ne changent pas l'ensemble de la formation; enfin elles sont absolument du même ordre que celles qu'on observe dans le caractère minéralogique des terrains d'origine aqueuse. Comme résumé de ce que je viens d'exposer, il me semble donc qu'il y a lieu d'établir pour les terrains *non stratifiés* le principe suivant : *Le plus généralement les roches de même âge ont même composition chimique et minéralogique, et réciproquement : des roches ayant même composition chimique et formées de minéraux identiques associés de la même manière sont du même âge.* Pour les terrains *stratifiés*, la première partie du principe peut encore jusqu'à un certain point être considérée comme vraie, mais il n'en est pas de même de la réciproque. Il importe d'observer du reste que les progrès ultérieurs de la géologie donneront une démonstration *expérimentale* de ces principes; ainsi, pour les terrains non stratifiés, par exemple, l'étude du caractère minéralogique et chimique dans des roches dont l'identité d'âge aura été constatée d'une manière certaine, en faisant connaître les exceptions nombreuses qui peuvent se présenter, viendra rectifier ce que l'énoncé pourrait avoir de trop absolu.

De la classification des roches des terrains non stratifiés. — Plusieurs géologues ont proposé divers systèmes de classification pour les roches des terrains non stratifiés, et d'après ces systèmes le caractère minéralogique, qui est du premier ordre, a été généralement pris pour base de la classification; quelquefois cependant ils ont eu recours au caractère assez secondaire de la structure (1), et en tout cas il me semble qu'on a le plus souvent attaché une importance trop grande aux caractères physiques extérieurs, sans

(1) Linné, de Léonhard.

tenir compte, pour ainsi dire, de la composition chimique. Il suffit, pour s'en convaincre, de rappeler les noms qu'ont reçus quelques roches : le mot *gneiss* désigne une structure rubannée, particulière dans les roches granitiques ; *porphyre*, qui vient du mot grec *πορφυρα*, et qui signifie rouge, avait d'abord été employé pour désigner le porphyre rouge antique, et depuis, par généralisation, les géologues s'en sont servis pour désigner toutes les roches à base de feldspath qui renferment des cristaux isolés dans leur pâte ; mais dire d'une roche que c'est un *gneiss* ou un *porphyre*, c'est indiquer seulement un mode particulier de structure qui peut lui être commun avec un grand nombre d'autres qui en diffèrent cependant complètement par leur âge ainsi que par leur composition minéralogique et chimique. Il serait facile de multiplier ces exemples : ainsi les roches qu'on désigne sous le nom d'*ophites*, de *variolites*, d'*amygdaloïdes* et de *spilites*, ont seulement une propriété physique commune, celle de présenter des *taches*, des *noyaux* et des *cellules* ; mais elle ne suffit pas pour les faire connaître et pour les définir. Quelquefois les roches sont désignées d'après une propriété tout à fait secondaire et encore moins importante que les précédentes, comme, par exemple, d'après l'aspect ou la couleur ; alors, la plupart du temps, leurs noms ont été empruntés au vocabulaire des mineurs allemands ; ainsi *Hornstein*, *Pechstein*, *Grunstein*, s'appliquent à une catégorie de roches si nombreuse et si variée, que cette première indication n'apprend pour ainsi dire rien, relativement à la nature de celle qu'on examine : enfin les dénominations d'*earite*, de *trapp*, sont en quelque sorte négatives, et on doit plutôt les considérer comme un aveu de l'ignorance où l'on se trouve relativement à la nature de la roche, que comme une véritable qualification : quoiqu'on ait cherché à y attacher un sens précis, elles servent en réalité dans les descriptions géologiques à désigner toutes les roches grenues dont la classification présente quelque difficulté.

Nécessité d'étudier l'ensemble des caractères. — On voit, d'après ce qui précède, que les roches ont été le plus souvent classées et dénommées d'après leur structure, leur aspect, leur couleur ; en un mot, d'après des propriétés physiques très secondaires et communes à un grand nombre de roches qui diffèrent, tant par l'âge que par leur composition minéralogique et chimique : ces propriétés, qui sont saillantes et qui frappent tout d'abord les yeux, ont dû attirer l'attention dans l'origine de la géologie ; mais si, à cette époque, elles ont pu suffire jusqu'à un certain point pour établir quelques divisions générales, il n'en est plus de même ac-

tuellement : ce n'est pas en effet d'après quelques propriétés isolées, surtout lorsqu'elles sont aussi secondaires que cela a lieu pour plusieurs des exemples que je viens de citer, qu'on peut espérer de classer les roches; de même qu'en zoologie et qu'en botanique, il est indispensable, ainsi que l'a fait M. Cordier, d'étudier à la fois leurs caractères *physiques, chimiques et géologiques*, afin d'arriver à une classification *naturelle*; parmi ces caractères, on attachera, du reste, une importance toute spéciale à ceux qui résultent de la composition *minéralogique et chimique* que l'on peut appeler caractères du premier ordre ou *dominateurs*. — Si nous examinons d'abord le caractère *minéralogique*, son importance est évidente; ne résulte-t-elle pas en effet des considérations qui ont été présentées antérieurement? On peut, du reste, très bien le comparer au caractère paléontologique des terrains stratifiés; il y a cette différence cependant que les *minéraux* définissent les terrains non stratifiés d'une manière incomparablement plus précise que les fossiles ne sauraient le faire pour les terrains stratifiés; car autant les produits du règne animal sont variés, autant ceux du règne minéral sont simples; ainsi, tandis que les fossiles sont toujours en nombre presque indéfini et que c'est seulement, pour ainsi dire, d'après l'étude d'une faune entière qu'on peut comparer les diverses couches, les minéraux qui caractérisent une formation et qui la distinguent nettement de toutes les autres sont au contraire en très petit nombre. — Il faut reconnaître toutefois que les minéraux sont souvent microscopiques et cristallisés d'une manière confuse; de plus, ainsi que je l'ai déjà fait observer antérieurement, le peu de connaissances qu'on possède, dans l'état actuel de la science, sur les minéraux des roches, et en particulier sur ceux de la famille des feldspaths, contribue encore à rendre le caractère minéralogique insuffisant. Pour des minéraux parfaitement cristallisés, une classification basée sur les caractères extérieurs serait possible jusqu'à un certain point; c'est ce que prétendait faire Haüy, et quoiqu'il fût porté à attacher une importance en quelque sorte exagérée au caractère minéralogique, il reconnut la nécessité d'avoir recours aussi au caractère *chimique*. Pour les roches dont la classification présente de bien plus grandes difficultés, il est donc absolument indispensable d'avoir égard à la fois au caractère *minéralogique et chimique*. Jusqu'à présent, cependant, on n'a fait qu'un très petit nombre d'analyses de roches, et, à part quelques connaissances générales, on possède peu de données sur leur composition chimique, ainsi que sur les différences qu'elles présentent, quand on passe d'une variété à une

autre : il est donc facile de concevoir combien ont été nombreux les obstacles contre lesquels ont eu à lutter les géologues qui se sont proposé une classification générale des roches (1). Dans l'état actuel de la science, et à cause du peu d'étendue de nos connaissances sur deux caractères *dominateurs* et les plus importants des roches, le caractère *minéralogique* et *chimique*, une *classification naturelle* de toutes les espèces me semble bien difficile, ou, pour mieux dire, impossible, et elle ne deviendra possible, comme l'a fait observer M. Beudant (2), qu'autant qu'on pourra l'appuyer sur un nombre suffisant de travaux de minéralogie chimique coordonnés avec des observations géologiques. — On conçoit donc que des études de ce genre doivent présenter le plus haut intérêt, et, indépendamment du but qu'elles se proposent, elles auront aussi pour effet de compléter la série des composés qu'on connaît en minéralogie, et d'appeler l'attention sur des substances minérales nouvelles ou sur des variétés qui auraient échappé à l'étude ; c'est en effet ce que j'aurai l'occasion de faire observer plusieurs fois dans la suite de ce mémoire. Par ce qui précède, je crois avoir surabondamment démontré *l'utilité* de recherches de *minéralogie chimique*, entreprises en même temps que des études *géologiques* sur toute la série des roches non statifiées ; il reste à cet égard à remplir une grande lacune de la science. Dans ces derniers temps, du reste, on a compris toute l'importance des travaux de ce genre ; ainsi, M. G. Rose a fait connaître d'une manière complète les propriétés minéralogiques des roches recueillies dans ses voyages et les analyses d'un très grand nombre de feldspaths ont été exécutées sous sa direction. MM. Berthier, C. Gmelin, Abich, Swanberg, Kersten, Forchhammer, Wolf, Ch. Deville, etc., se sont également occupés de l'examen chimique de roches, et principalement de roches basaltiques ou volcaniques ; toutefois jusqu'à présent on ne possède qu'un assez petit nombre d'analyses de roches, et il serait assurément difficile d'en réunir une vingtaine. On conçoit du reste qu'il est nécessaire que ces recherches de minéralogie chimique soient exécutées sur des roches vues en place dans des localités bien déterminées, car une collection géologique, quelque complète qu'elle fût, serait loin

(1) Parmi les ouvrages les plus importants publiés dans ces derniers temps, sur la classification des roches, on peut citer ceux de MM. Cordier, Dufrénoy et E. de Beaumont, A. Brongniart, de Léonhard, d'Omalius d'Halloy, Walchner, Dumont, Rivière, Boué, Burat, etc.

(2) Sur la discussion des analyses minérales. Tome VIII des *Mémoires de l'Institut*.

de pouvoir suffire ; le chimiste géologue doit donc étudier lui-même sur le terrain la roche analysée ainsi que les variétés minéralogiques qu'elle présente ; il doit la suivre dans ses passages successifs ainsi que dans ses dégradations ; enfin il doit examiner aussi son gisement. Guidé par ces considérations, j'ai pensé que la partie sud des montagnes des Vosges qui renferme une série nombreuse de roches d'origine ignée devait offrir, plus que tout autre groupe montagneux, un très grand intérêt pour des recherches entreprises dans le but que je viens d'indiquer ; car indépendamment de ce que ces roches sont très variées, elles sont connues pour la plus grande partie par les géologues, soit parce que plusieurs d'entre elles ont été envoyées dans les collections ou employées comme objets d'ornement dans des monuments publics, soit parce qu'elles ont été décrites dans un grand nombre de publications, et on peut même dire à cet égard qu'elles sont devenues en quelque sorte *classiques* en géologie par les descriptions qui en ont été données et surtout par celles de M. Élie de Beaumont.

Je vais maintenant faire connaître d'une manière sommaire la *marche* générale qui a été *suivie* dans les recherches de minéralogie chimique dont le but vient d'être exposé. Je ne me suis pas attaché à étudier ces roches dans un ordre déterminé, par exemple d'après leur ordre d'ancienneté, car les données qu'on possède jusqu'à présent sur les roches des Vosges sont assez vagues, et la suite de ce travail contribuera sans doute à jeter du jour sur cette question en permettant de les rapprocher de roches dont l'âge est connu par leur gisement dans d'autres pays. Si on considère, par exemple, les porphyres des Vosges en particulier, on reconnaît facilement qu'il y en a plusieurs espèces différentes qui percent le terrain de transition et qui le relèvent ; les uns peuvent donc lui être contemporains, les autres postérieurs ; mais quels sont les termes de la série des roches stratifiées entre lesquelles ils ont apparu ? c'est un problème dont l'étude des Vosges ne me semble pas donner toujours la solution : toutefois la nature minéralogique et la composition chimique de ces porphyres étant connue et bien définie, il sera possible de les retrouver dans d'autres chaînes de montagnes dans des relations qui détermineront leur âge. Comme plusieurs roches des Vosges ont reçu, des divers géologues qui se sont occupés de leur étude, des noms différents ou même contradictoires, autant que possible je les désignerai par la localité dans laquelle elles présentent le type le plus remarquable ; je ferai connaître en regard leur synonymie. Pour faire l'étude d'une roche, j'en ai recueilli moi-même une série

d'échantillons qui ont été pris sur divers points de la chaîne des Vosges, et je me suis attaché d'abord à l'examen des *types* les mieux définis dans lesquels les cristaux étaient nettement séparés, et qui ne présentaient pas de *passages* aux roches environnantes; puis j'ai étudié la roche dans ses diverses dégradations, et enfin lorsqu'elle prenait une texture grenue: il est très avantageux pour ces recherches minéralogiques, ainsi que l'a signalé M. Brongniart, d'avoir recours à la calcination, ce qui, en apportant une différence tranchée dans la couleur des minéraux constituants, permet de les reconnaître souvent plus facilement (1). Quand les cristaux étaient distincts, j'ai séparé successivement ceux des minéraux qui entraient dans la composition de la roche, en la brisant, et en faisant avec beaucoup de soin un triage mécanique à la loupe et au besoin à l'aide de l'augette, ainsi que je l'ai déjà indiqué précédemment, et d'après la méthode proposée par MM. Cordier et Berthier: lorsque la pâte avait une texture cristalline non discernable à la vue, je l'ai examinée aussi sous le microscope, afin de reconnaître le nombre et, autant que possible, la nature des minéraux qui la composaient. Après avoir opéré ce triage, chaque substance minérale était décrite et étudiée séparément, tant sous le rapport de ses propriétés *physiques* que de ses propriétés *chimiques*: pour cela, je déterminais sa densité et ses formes cristallines les plus habituelles dans la roche; puis j'examinais ses propriétés au chalumeau, et je terminais l'ensemble de ces recherches par son *analyse chimique*. La composition des minéraux isolés était ensuite comparée à celle de la pâte de la roche elle-même ou à celle de la roche à l'état de grenu, afin de rechercher quelle pouvait être la nature et la proportion des minéraux qui la composaient; dans certains cas, la comparaison de la densité de la roche avec celle de ses minéraux permettait d'arriver aux mêmes résultats. Telle est la marche qui a été suivie dans l'examen des diverses roches des Vosges. Pour compléter cette étude, je ferai connaître successivement, à mesure que l'occasion s'en présentera, les dégradations et les passages de ces roches les unes aux autres: je signalerai enfin les diverses localités dans lesquelles elles ont été observées, ainsi que les principaux faits relatifs à leur gisement. Si les recherches dont je viens de tracer le plan n'avaient qu'un intérêt local et servaient seulement de base à une classification des roches des Vosges, il n'aurait peut-être pas été bien utile d'y consacrer tout le temps et tous les soins que réclament les travaux de

(1) Brongniart, *Dict. d'hist. nat.*, t. XLVI, p. 28.

ce genre ; mais il est facile de concevoir que ces recherches ont une plus haute portée , car comme les Vosges présentent une très grande variété de roches non stratifiées qui ont été rencontrées pour la plus grande partie dans d'autres chaînes de montagnes , il deviendra facile de généraliser les résultats qui auront été obtenus. Du reste , afin d'atteindre ce but , je ferai suivre l'étude de chaque roche des Vosges de l'énumération des principales roches connues qui peuvent en être rapprochées , et quand leur identité ne sera pas parfaite et ne résultera pas immédiatement du caractère minéralogique , j'aurai au besoin recours à l'analyse chimique. Les nombreuses collections du Jardin du roi renferment des matériaux très riches que j'ai eu souvent l'occasion d'étudier ; et je dois à la bienveillance de MM. Cordier et Brongniart, Rivière et Charles d'Orbigny , la communication de quelques échantillons qui m'ont permis de généraliser ce travail en comparant les résultats obtenus pour les roches des Vosges à ceux des roches provenant des localités les plus diverses. — Je terminerai ce mémoire par un essai de classification et de nomenclature des roches des Vosges , basé sur l'ensemble de leurs caractères , et principalement sur le caractère minéralogique et chimique. Enfin , j'y joindrai par la suite une carte géologique détaillée , faisant connaître les relations de position de ces roches dans les principales localités où je les aurai étudiées , et surtout dans le département de la Haute-Saône.

Porphyre de Belfahy.

Cette roche, qui a la structure porphyrique la mieux caractérisée, a été désignée par MM. Voltz, Thirria, Cordier et Brongniart, sous le nom d'Ophite (1), par M. Elie de Beaumont sous celui de Mélaphyre (2), et elle appartiendrait au porphyre augitique de MM. Léopold de Buch et G. Rose : elle forme la plus grande partie de la montagne sur laquelle est bâti le village de Belfahy ; on la retrouve au Puix, à Giromagny, à Bitschwiller, à Horben (3) ; et elle présente un très grand nombre de variétés sur plusieurs points de la chaîne des Vosges. Comme ces variétés sont produites tantôt par la disparition, tantôt par la prédominance des minéraux qui composent la roche, ou même seulement par

(1) Voltz, *Géognosie des deux départements du Rhin*, p. 53. — Thirria, *Statistique de la Haute-Saône*, p. 364.

(2) *Explication de la carte géologique de France*.

(3) *Id.*, p. 367.

leurs différentes manières d'être, il est indispensable de s'occuper d'abord de l'étude de ces minéraux. Je commencerai donc par le feldspath, qui est incontestablement, et de beaucoup, celui dont la connaissance est la plus importante.

Feldspath. — Les cristaux de feldspath qui donnent à la roche sa structure porphyrique sont blancs ou blancs-verdâtres. Dans la partie du ballon sur laquelle se trouve le village de Belfahy, ils ont une légère teinte verte; leurs arêtes sont vives, et par leur couleur ils se distinguent nettement de la pâte. Ils ont généralement 1 à 2 centimètres de longueur et quelques millimètres de largeur. Dans plusieurs variétés, qu'on trouve surtout au Puix, ils sont plus nombreux, mais en même temps ils sont beaucoup plus petits. Quant à la pâte de la roche, elle a une couleur qui varie du vert clair jusqu'au vert foncé et au vert noirâtre; quelquefois elle est mêlée de tons violacés, et, dans quelques cas plus rares, elle a une teinte violacée uniforme. La séparation du feldspath et de la matière qui forme la pâte n'est pas toujours aussi nette qu'à Belfahy et qu'au Puix; alors le feldspath prend une teinte verte plus prononcée, qui est due, comme l'apprend l'examen sous le microscope, à ce que le minéral qui colore la pâte s'est formé aussi en petite quantité dans le feldspath lui-même pendant qu'il cristallisait. A la Grève, près de Mielin, par exemple, les cristaux de feldspath ont une couleur verte aussi foncée que la pâte, et même on ne peut les distinguer que quand ils ont pris une teinte blanchâtre par l'exposition à l'air. — Il arrive quelquefois qu'on rencontre aux environs de Belfahy, et surtout à l'état de bloc roulé dans le Rahin, une variété de la roche dans laquelle les cristaux de feldspath présentent une couleur rose ou rouge de chair. J'avais d'abord pensé que ce dernier feldspath était différent du premier, car il a une densité qui est plus faible; mais je ne tardai pas à reconnaître qu'il a des formes cristallines identiques et que ce changement de couleur est produit simplement par une altération atmosphérique. Cette altération, due à l'action de l'air et de l'eau, a sans doute pour effet de modifier l'état de combinaison de l'oxyde de fer qui entre dans le feldspath, et, quelle que soit la manière dont elle s'opère, on peut facilement la constater, car, en montant du village vers le ballon de Belfahy, j'ai rencontré des cristaux de feldspath qui étaient roses dans la partie de la roche exposée à l'action de l'air atmosphérique, mais qui avaient conservé la couleur blanche verdâtre à l'intérieur de la roche; de plus, on pouvait observer dans un même cristal un passage insensible du rose au blanc. Il paraîtrait donc, d'après cela,

que l'apparition de la couleur rose est le premier effet de la déposition de ce feldspath et de sa transformation en kaolin; elle indique que l'oxyde de fer commence à se dégager de la combinaison. Lorsque ensuite il est entraîné ou bien dissous par des acides organiques (1), le feldspath passe à une couleur blanche un peu mate, il perd de sa dureté et il prend une consistance farineuse. Pour le porphyre de Belfahy, dont le feldspath est du labrador, cette décomposition ne s'exerce presque pas sur la pâte, elle est même *très superficielle*, et elle ne s'opère pas dans toute la roche et sur *une grande échelle* comme cela a lieu pour l'orthose de certains granites ainsi que pour la pegmatite.

On a trouvé pour la densité du feldspath extrait de la roche (2) :

<i>a</i> — Variété d'un blanc de lait légèrement verdâtre et compacte.	2,733
<i>b</i> — Variété d'un blanc légèrement verdâtre et lamelleuse.	2,706
<i>c</i> — Variété d'un blanc verdâtre, un peu altérée.	2,694
<i>d</i> — Variété altérée rose.	2,670
La moyenne entre les densités <i>a</i> et <i>b</i> donne pour le feldspath du porphyre de Belfahy.	2,719

Cette densité est celle du labrador.

On voit, d'après les variétés *c* et *d*, que l'altération due à l'action de l'air et de l'eau a pour effet de diminuer la densité du feldspath. La diminution est d'environ 0,049 dans la variété rose; cependant il est encore à l'état cristallin, mais il se laisse cliver avec plus de facilité. Je n'ai pas pu réunir assez de kaolin, provenant de la décomposition de ce feldspath labrador, pour en déterminer la densité; mais, d'après l'état pulvérulent que prend la matière, la densité doit encore aller en diminuant à mesure que la décomposition s'avance; on a d'ailleurs pour la densité du kaolin de l'orthose environ 2,200, et si on supposait que celle du kaolin provenant du labrador est la même, on voit qu'on aurait une diminution très notable dans la densité, puisqu'elle serait d'environ 0,4. Par la calcination sa densité devient plus petite, car elle est de 2,600; on a donc perte = 4,38 p. 100.

Dureté. — La dureté de ce feldspath est un peu inférieure à

(1) *Bulletin de la Société géologique*, année 1846. Mémoire de M. Daubrée.

(2) Pour la détermination de ces densités, ainsi que pour celle d'un grand nombre de roches, j'ai été aidé avec beaucoup de zèle par M. Paufert, garde-mines à Vesoul.

celle de l'adulaire du Saint-Gothard et à celle du labrador du Groënland ; elle est donc un peu plus petite que 6.

Forme. -- L'examen des cristaux de feldspath du porphyre montre d'abord qu'ils ne sont pas orientés suivant une direction déterminée, mais qu'ils sont dirigés indifféremment dans tous les sens, comme, de plus, ils sont beaucoup plus longs que larges ; dans la cassure d'un échantillon, ils doivent, toutes choses égales, présenter le plus généralement une forme allongée, ce qui contribue surtout à donner à la roche une structure porphyrique bien caractérisée ; on reconnaît aussi que les cristaux isolés dans la pâte ne sont pas simples, mais qu'ils sont formés par les macles et par le groupement d'un assez grand nombre de cristaux. Il est facile de constater sur les fragments isolés du feldspath qu'il appartient au système *triklinoédrique* (1) ; on a un clivage facile suivant la face oP et un autre assez facile suivant $\infty \bar{P} \infty$: c'est suivant cette dernière face que les cristaux sont allongés ; en outre, on peut observer, parallèlement à son intersection avec oP , une série de stries parallèles très fines, qui sont quelquefois très rapprochées et ne peuvent être bien distinguées qu'à la loupe ; elles indiquent une macle formée comme celle de l'albite ; l'axe de rotation est la ligne menée dans le plan de la base, normalement à la petite diagonale ; la face d'assemblage est la base elle-même. Des mesures faites avec le goniomètre d'application ont donné à peu près $oP. \infty \bar{P} \infty = 85^{\circ} 30'$, ce qui est l'angle du labrador ; l'angle rentrant produit par la macle est donc environ de 174° . Suivant $\infty P \infty$, on ne voit pas le chatolement qui s'observe généralement dans les cristaux de labrador. Il est très rare de trouver des cristaux simples ; ils sont ordinairement formés par l'agglomération d'une série de cristaux maclés et réunis en groupes. Ces groupes offrent le plus souvent la disposition de bandes parallèles, ou bien ils divergent d'un centre dans toutes les directions ; plus rarement enfin ils s'entre-croisent d'une manière capricieuse et qui n'est soumise à aucune loi. Du reste, les cristaux qui forment ces groupes sont généralement sans modifications et affectent surtout la forme parallélipédique $oP. \infty \bar{P} \infty : \infty \bar{P} \infty$, ou bien une forme hexagonale comme celle qui est habituelle à l'orthose. Il en résulte que, dans la cassure, toutes les figures que présentent les cristaux sont les

(1) Pour l'étude cristallographique des minéraux, j'ai le plus souvent employé les notations et la méthode de M. le professeur Naumann, de Leipsick.

sections de parallépipèdes par des plans et s'obtiennent en disposant des parallélogrammes de diverses manières.

Chalumeau. — Au chalumeau, il fond, quoique assez difficilement, en un verre blanc translucide et un peu bulleux ; la variété rose redevient d'abord blanche, puis elle fond comme la première : la variété d'un blanc verdâtre prend, avant de se fondre, une légère teinte jaune. Il est plus facilement fusible que le labrador chatoyant et type de Finlande ou du Groëland. Dans le tube fermé, il donne de l'eau. Avec le borax, il se dissout aisément et la perle est parfaitement transparente. Avec le sel de phosphore, on a une perle jaune à chaud, incolore par refroidissement, dans laquelle nagent des squelettes de silice. Avec le carbonate de soude, la dissolution n'est pas complète ; des squelettes gonflés restent dans la perle : sur la feuille de platine, une coloration verte indique la présence d'un peu de manganèse. Le nitrate de cobalt ne donne rien.

Analyse. — Le feldspath s'attaque même à froid par l'acide hydrochlorique très concentré, lorsqu'il a été préalablement réduit en poudre par la porphyrisation ; la silice reste alors à l'état grenu, mais elle se gonfle un peu. Cela peut fournir, comme on l'indique dans les traités de minéralogie, un moyen de distinguer le labrador des autres feldspaths qui ne sont pas attaquables ; car, bien que l'alumine reste pour la plus grande partie dans le résidu, on dissout assez facilement les autres bases, et, après l'évaporation à sec, il y a plus du tiers de la matière dans la liqueur. Toutefois, l'attaque complète du minéral par l'acide chlorhydrique est très difficile : elle aurait lieu plus facilement par l'acide sulfurique ; mais, pour l'analyse quantitative, il m'a semblé préférable et moins long d'avoir recours au carbonate de soude et à l'acide fluorhydrique. La marche suivie dans ces opérations a été celle qui est indiquée dans les traités d'analyse chimique les plus récents, et surtout dans celui de M. Rose. J'ai opéré sur 1³,2, et je me suis conformé à toutes les précautions et vérifications prescrites ; j'ai recherché avec soin les alcalis qui ont été dosés à l'état de sulfate de carbonate et de chlorure. Sans entrer communément dans le détail des opérations, ce qui pourrait nuire aux études minéralogiques et géologiques que je me suis proposées dans ce mémoire, je vais faire connaître de suite les résultats obtenus, et dorénavant je procéderai toujours ainsi, à moins de circonstances particulières.

	$\frac{F}{1,2-c,N}$	$\frac{F}{1,2-c,N}$	$\frac{F}{2,Fl. h.}$	Moyenne.	Oxygène.	Rapport.
Silice.	52,79	52,99	»	52,89	27,480	6
Alumine.	»	27,44	27,64	27,39	12,804	} 13,482 3
Peroxyde de fer.	»	4,24	4,24	4,24	0,384	
Oxyde mangan.	»	0,30	»	0,30	0,067	} 4,525 4
Chaux.	»	6,04	5,77	5,89	1,654	
Magnésie.	trace	»	»	»	»	
Soude.	»	»	5,29	5,29	1,353	
Potasse.	»	»	4,58	4,58	0,776	
Eau.	»	2,28	»	2,28 $\frac{1}{3}$	2,027	
				99,86		

Dans les premières analyses que j'ai faites de ce feldspath, j'ai toujours obtenu une perte de plusieurs centièmes, de laquelle il m'était impossible de me rendre compte; j'eus alors l'idée de le calciner, et je reconnus avec étonnement qu'il contenait une quantité d'eau très notable :

Pour la variété *c* j'ai trouvé — Eau = 2,550.
 Id. *d* » » 2,417.

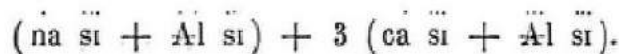
Et en général, j'ai toujours obtenu, à très peu près, le nombre 2,28 % de l'analyse. Des essais analogues, faits sur des feldspaths labradors appartenant à des roches de la même famille, m'ont montré que la quantité d'eau est d'autant plus grande que le feldspath a une teinte plus verdâtre et un aspect plus cireux; elle diminue, au contraire, ou elle devient nulle, quand sa teinte tire sur le gris. Comment une quantité d'eau aussi notable peut-elle se trouver dans le minéral constituant d'une roche que d'après tous ses caractères on a toujours regardée comme étant d'origine ignée (1)? A cet égard, un vaste champ reste ouvert aux hypothèses; mais dans cette circonstance, comme dans toute autre, je m'abstiendrai, autant que possible, d'en proposer aucune, car l'étude des roches est généralement trop peu avancée pour qu'il soit possible d'appuyer des hypothèses sur des bases solides. J'observerai, du reste, que cette eau n'est pas de l'eau hygrométrique; car le feldspath avait d'abord été desséché à une douce température, et j'ai constaté qu'étant mis dans l'eau après calcination, il ne reprenait pas

(1) J'ai constaté, par des essais très nombreux et très variés, que ce ne sont pas seulement les mélaphyres qui contiennent de l'eau, mais que c'est une propriété à peu près générale des porphyres, qui s'étend même aux porphyres granitoïdes.

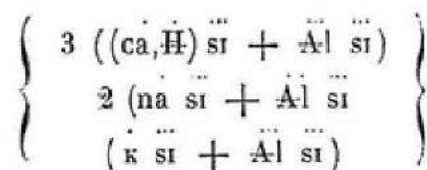
l'eau qu'il avait perdue. De plus, comme j'ai opéré sur des cristaux qui étaient aussi purs et aussi nets que possible, on ne saurait admettre que l'eau provient d'un mélange de silicate hydraté, d'une zéolithe, par exemple, qui aurait pénétré les pores du feldspath. Par conséquent, quoique d'après les idées généralement reçues cela paraisse paradoxal au premier abord, cette eau entre dans la composition du feldspath, et c'est bien de l'eau de combinaison. Au surplus, l'exactitude des considérations qui précèdent est démontrée, *à posteriori*, par la composition même du minéral; car, en ne tenant pas compte de la quantité d'eau, on trouve toujours pour l'oxygène de R un nombre trop petit, et il est impossible d'arriver à la formule du labrador. Bien que les idées de M. Scheerer sur l'*isomorphisme polymère* aient besoin, avant d'être adoptées d'une manière définitive, de la sanction de faits nombreux, et que plusieurs chimistes ne les aient pas acceptées d'une manière complète, il résulte cependant de l'étude d'un grand nombre de minéraux que l'eau peut être considérée comme jouant le rôle de *base* dans ce feldspath. De plus, admettons aussi avec M. Scheerer que 3 atomes d'eau peuvent remplacer 1 atome de chaux dans des composés isomorphes; comme il est établi par les analyses antérieures de feldspath que la somme des quantités d'oxygène des bases à 1 atome, bien qu'elles ne soient pas isomorphes, est à l'oxygène de l'alumine dans le rapport de 1 à 3, il devra en être de même encore, quand, dans l'analyse précédente, on aura remplacé l'eau par son équivalent en chaux; et c'est précisément ce que démontre le tableau ci-dessus. Il faut observer, cependant, qu'il est nécessaire aussi d'admettre que le fer est à l'état de peroxyde, ce qui n'est pas impossible, du reste, malgré la couleur verdâtre du feldspath, car des hydrosilicates renfermant du peroxyde de fer peuvent avoir une couleur verte. Des études plus complètes sur l'*isomorphisme polymère* apprendront sans doute par la suite si cette conjecture est fondée. Quoi qu'il en soit, les considérations qui précèdent conduisent, pour les rapports d'oxygène, aux nombres : 1 : 3 : 6, et par conséquent le feldspath analysé est bien du *labrador*. Il faut observer, toutefois, que ce *labrador* constitue une *variété* bien distincte de cette *espèce minérale*; d'abord sa densité, lorsqu'il n'est pas altéré, est un peu plus grande; il n'est pas chatoyant suivant la face $\infty P \infty$; de plus, il renferme 2,28 p. 100 d'eau jouant le rôle de base, moitié moins de chaux, une proportion très notable de potasse, et presque autant d'alcali que l'albite ou que l'oligoclase. Quoiqu'il soit absolument sans objet de donner un nom particulier à ce *labrador*, il importe

cependant de bien remarquer qu'il diffère notablement de tous les labradors types examinés jusqu'à présent (1), ainsi que de celui des laves modernes, analysé par M. Abich; il y a donc différence dans les propriétés physiques et chimiques, et en même temps différence d'âge et de gisement géologique.

D'après la formule proposée par M. Berzélius pour le labrador, R est formé de 1 at. de soude et de 3 at. de chaux; ce qui donne :



Pour le labrador de Belfahy, les résultats ne sont pas très éloignés de $R = (\overset{\cdot}{\text{K}}, \overset{\cdot\cdot}{\text{Na}}, \overset{\cdot\cdot}{\text{Ca}}, \overset{\cdot\cdot}{\text{H}})$, en sorte qu'on peut admettre qu'il y a environ 2 atomes de chaux, 2 atomes de soude, 1 atome de potasse et 3 atomes d'eau; cela conduit alors à une formule assez compliquée, mais qu'on peut cependant grouper d'une manière simple, comme il suit :



Si on fait le calcul de la formule, on trouve :

	Atomes.	Poids atomiques.	
Silice.	12.	577,48.	52,88
Alumine.	6.	642,33.	29,40
Chaux.	2.	356,02.	4,67
Soude.	2.	390,90.	5,97
Potasse.	1.	589,92.	4,50
Eau.	3.	112,48.	2,58
			100,00

Comme on n'a pas tenu compte du fer et du manganèse, on voit que la formule proposée s'accorde, aussi bien que possible, avec les résultats de l'analyse. Dans l'explication de la carte géologique de France (2), M. Élie de Beaumont avait indiqué que ce feldspath était du labrador, en faisant observer, toutefois, que M. Daubrèe le considérait comme de l'oligoclase : au premier abord, cela

(1) Voir Rammelsberg, Handwörterbuch, etc.

(2) *Explication de la carte géologique de France. Vosges.*

paraît vraisemblable ; car, par ses propriétés physiques, il a de la ressemblance avec ce dernier feldspath ; il est, en effet, presque toujours compacte, non transparent et quelquefois un peu laiteux ; en outre, ses cristaux présentent des stries dues à une macle qui s'est formée suivant la même loi que celle de l'oligoclase, c'est-à-dire par une rotation de 180° s'opérant autour de la normale à la petite diagonale menée dans le plan de la base. Comme les cristaux ne sont pas assez nets pour qu'il soit possible de mesurer avec quelque précision l'angle de la macle au goniomètre, l'analyse chimique seule pouvait faire connaître, d'une manière certaine, si ce feldspath était du labrador ou de l'oligoclase.

Augite. — Après le feldspath labrador, le minéral qu'on rencontre le plus ordinairement dans le porphyre de Belfahy est l'*augite*, dont la présence a été signalée depuis longtemps par MM. Voltz et Thirria. Il est rare de trouver des cristaux ayant quelques millimètres de dimension ; mais, à la loupe, on peut assez fréquemment distinguer le pyroxène sous la forme de petites agrégations d'un vert foncé, ressemblant à de la coccolite, et qui présentent quelquefois des cristaux mal définis. Tantôt il semble se fondre dans la pâte, tantôt, au contraire, il forme de petits globules à peu près sphériques, qui s'en séparent d'une manière très nette par une surface lisse et qui donnent à la roche l'aspect d'une variolite à petit grain. Ce pyroxène est généralement d'un vert très foncé et tirant sur le noir. J'ai extrait de petits cristaux d'un échantillon à pâte vert clair, dont le feldspath, quoique cristallisé, avait même couleur que la pâte, et qui provenait de l'ancienne galerie de mine dite la Sainte-Barbe, à la Planche-des-Belles-Filles. J'ai trouvé pour leur densité. 3,273.

Les cristaux de pyroxène offrent, en général, dans la cassure de la roche, des parallélogrammes ou des rectangles indiquant que le minéral est cristallisé dans les formes limitées par les prismes ainsi que par les pinakoïdes ; souvent cependant on peut observer, des deux côtés du prisme, un biseau produit par la combinaison de la demi-pyramide primitive avec les formes précédentes. Dans la cassure, cela donne un hexagone allongé. Sur plusieurs cristaux verts-noirâtres, et surtout sur ceux qui sont d'un vert plus clair, j'ai observé la forme qui, d'après le système de cristallographie de N. Naumann, est représentée par : $\infty P. \infty P \infty. (\infty P \infty). P.$

C'est la forme habituelle de l'*augite* des volcans. Outre le pyroxène, on rencontre encore dans le porphyre de Belfahy quelques minéraux accidentels et qui sont beaucoup plus rares.

Pyrite de fer. — Ainsi on trouve de la *pyrite de fer* d'un jaune

pâle, disséminée en très petite quantité, et souvent elle n'est visible qu'à la loupe. J'en ai observé plusieurs petits cristaux de forme cubique et qui présentent des stries sur leurs faces; ces stries, qui ont des directions perpendiculaires sur deux faces contiguës, sont celles que M. Delafosse considère comme l'indication de dissemblance entre des parties du cristal géométriquement égales et comme pouvant servir à expliquer son hémiedrie. La pyrite de fer est disséminée dans toute la masse du porphyre; mais il n'en est pas de même des autres minéraux desquels il nous reste à parler, qui sont : l'épidote, le quartz, la chaux carbonatée et un minéral qui paraît se rapporter à une chlorite ferrugineuse. Remarquons d'abord qu'ils ne se rencontrent le plus ordinairement que dans les parties de la roche dans lesquelles le feldspath ne forme pas des cristaux nettement séparés, et qui n'ont pas une structure porphyrique bien caractérisée

Epidote. — L'épidote est d'un beau vert pistache clair; elle est radiée et cristallisée, mais le plus souvent ses cristaux sont microscopiques; j'en ai observé présentant la forme de prismes à 4 faces, allongés, qui sont formés par des faces parallèles à la diagonale perpendiculaire combinée avec des pointements latéraux à 4 faces; ces cristaux sont implantés par une des extrémités de la diagonale perpendiculaire. Au mont Menars, entre Plancher-les-Mines et Auxelles-Haut, on trouve un porphyre vert-noirâtre, avec quelques lamelles de labrador, paraissant n'être qu'une dégradation du porphyre de Belfahy, et qui est à la limite de ce porphyre et du terrain de transition, du côté de Plancher-Bas; l'épidote y forme des filons avec du quartz, qui occupe ordinairement la partie centrale du filon, et les bandes de quartz sont parallèles aux bandes d'épidote; dans quelques parties, les filons d'épidote et de quartz se ramifient dans toutes les directions et se multiplient tellement, que la roche en est complètement imprégnée; sa pâte est plus dure et elle prend à peu près la couleur vert pistache de l'épidote. On y remarque, en outre, de petits points sphériques verts-noirâtres qui la font ressembler à une *variolite*. Une *variolite* du même genre, et qui m'a paru être formée de quartz blanc entouré d'une couronne concentrique d'épidote vert pistache se fondant insensiblement dans la pâte, se trouve à l'ouest au fond de la vallée qui conduit de la scierie Saint-Antoine au Plain-des-Bœufs. Enfin, M. Thirria (1) a désigné sous le nom de *variolite euritique* une roche qu'on rencontre à la Chapelotte, près de la Ferrière,

(1) *Statistique de la Haute-Saône*, p. 384.

Soc. géol., 2^e série, tome IV.

sur la route de Faucogney à Coravillers ; sa masse est imprégnée d'épidote qui lui donne une couleur vert pistache, en même temps elle présente des noyaux qui sont le plus ordinairement formés de quartz et d'une substance verte particulière qui sera étudiée plus loin ; en sorte que sa couleur, en tranchant sur le vert clair de l'épidote, lui donne l'aspect d'une variolite. Ces trois roches sont semblables, et on peut les considérer comme une dégradation du porphyre qui nous occupe, dégradation qui se présente à la limite de la formation ; car au mont Ménars et au Plain-les-Bœufs elle est près du terrain de transition, et à la Chapelotte elle s'est produite près du contact du porphyre avec des roches granitoïdes. L'épidote paraît, du reste, s'être formée surtout à la limite du porphyre de Belfahy, car on la trouve encore près de la Grève et de Mielin, à la séparation d'un autre porphyre très développé, aux environs de Servance. Ici, elle ne forme plus des filons ou des *stockwerk* qui ont pénétré la roche ; elle présente des cristaux radiés, bacillaires, dans l'intérieur d'*amygdaloïdes* contenant du quartz, de la *chaux carbonatée* et quelquefois le *minéral particulier* que je viens de mentionner. Ces quatre substances ne sont pas déposées au hasard dans les amygdaloïdes, mais elles présentent toujours des couches concentriques, dont nous étudierons plus loin la disposition.

Quartz. — Le quartz se trouve en noyaux de forme plus ou moins sphérique dans ces amygdaloïdes du porphyre de Belfahy. Il est blanc, parfaitement transparent, et on n'y observe pas de couches concentriques de diverses couleurs, comme dans le quartz agate des porphyres d'Oberstein et de quelques autres localités : c'est du quartz hyalin pur, car je me suis assuré qu'il n'éprouve aucune perte par calcination : quand il est cristallisé, il est implanté par une de ses extrémités perpendiculairement à la surface de la géode. Les amygdaloïdes sont souvent formées seulement de quartz ; quelquefois aussi on y trouve du quartz et de l'épidote, mais le plus ordinairement l'épidote ne se rencontre pas sans quartz ; quelquefois elles sont microscopiques et elles forment de très petites veinules de quartz répandues dans la pâte, où elles ne deviennent visibles qu'après calcination.

Chaux carbonatée. — La *chaux carbonatée* est blanche, à l'état spathique, et elle ne présente pas de cristaux définis ; cela tient d'abord à ce qu'elle remplit les amygdaloïdes d'une manière complète. A Giromagny, dans des amygdaloïdes de plusieurs centimètres de longueur, je l'ai rencontrée à l'état saccharoïde et ayant une couleur bleuâtre ; elle contient alors un peu de carbonate de

fer, car elle se colore en jaune par l'altération de l'air; mais elle ne renferme pas de carbonate de magnésie. Près de Faucogney, sur la route de Coravillers et à Belonchamp, on trouve une assez grande quantité de carbonate de chaux, répandue dans un porphyre qui est une variété de celui de Belfahy. Les cavités qui contiennent la chaux carbonatée sont plus grandes, et ne sont pas à peu près sphériques ou ellipsoïdales, comme quand il y a du quartz et de l'épidote; elles sont, au contraire, angulaires, allongées, généralement très irrégulières, et elles peuvent avoir plusieurs décimètres dans leur plus grande dimension. Relativement au carbonate de chaux, on peut faire à peu près la même remarque que pour le quartz et l'épidote: c'est qu'il ne paraît, en général, se trouver avec abondance que dans les variétés du porphyre qui ne contiennent pas de cristaux de feldspath nettement séparé de la pâte, et qu'il semble être souvent à la limite de la formation. Quand le carbonate de chaux a été dissous par l'action des eaux pluviales, on a la variété de la roche qui est celluleuse, et qu'on désigne quelquefois sous le nom de *Spilite*. La chaux carbonatée qui se trouve dans les cellules du porphyre est le plus souvent accompagnée par une substance verte, fibreuse, que je vais décrire avec détail. Plusieurs excursions géologiques m'ont permis de l'observer avec M. Pidancet, dans un grand nombre de localités, parmi lesquelles je citerai surtout Belfahy, Mielin, Faucogney, Auxelles-Haut, le Puix et les environs de Giromagny. Elle n'avait pas échappé aux études si scrupuleuses de M. Voltz, et, dans sa description minéralogique et géologique de l'Alsace, il la désigne dubitativement sous le nom de *Picrolite*; mais il est facile de reconnaître, par un examen attentif ou par des essais, que ce n'est pas de la picrolite, car elle n'a avec elle qu'une ressemblance éloignée dans sa structure et dans son mode de gisement, tandis que sa composition chimique est différente. — Le minéral duquel nous nous occupons en ce moment tapisse les cavités cellulaires qui se trouvent dans la masse du porphyre; il se rencontre dans presque toutes, mais ordinairement en très petite quantité. Il est formé de fibres contiguës, radiées, recouvrant comme un enduit l'intérieur des cavités, et disposées en éventail suivant les rayons de demi-sphères juxtaposées dont les centres sont sur la surface de contact; ces fibres sont souvent recouvertes par de la chaux carbonatée blanche cristallisée: quelquefois aussi elles sont entourées de noyaux concentriques de quartz; mais, quoi qu'il en soit, le minéral forme une bande fibreuse, de largeur uniforme, de couleur verte plus ou moins foncée, qui, par toutes ses pro-

priétés et par son aspect, se distingue bien nettement de la masse de porphyre, ainsi que des autres minéraux qui peuvent l'accompagner. La densité du minéral est à peu près de 2, 89. Cette densité est élevée surtout pour un hydrosilicate; mais cela doit être attribué à la grande teneur en fer. La couleur du minéral est tantôt le vert, tantôt le noir verdâtre; les variétés qui ont la teinte la plus foncée paraissent contenir une plus grande proportion de fer, et en tout cas elles se décomposent plus facilement par l'action de l'air, et elles se recouvrent d'un enduit couleur de rouille, ou brunâtre comme l'oxyde de manganèse. La dureté du minéral est très faible; elle est comprise entre 2 et 2, 5; aussi est-il rayé avec la plus grande facilité avec l'ongle. Sa poussière est d'un vert clair, tirant un peu sur le gris, comme celle de la sismondine; il se laisse écraser avec beaucoup de facilité, mais en même temps il s'agglutine sous le pilon comme les minéraux à base de magnésie, en sorte qu'il est difficile de le réduire en poudre fine. Dans le tube fermé, il donne de l'eau et il prend une couleur vert sombre, ou brun tombac à reflets métalliques. Au chalumeau, il fond, mais très difficilement, et seulement sur les bords; on a une scorie noire magnétique, dont la dureté est égale à celle du feldspath. Avec le *borax* la dissolution est complète, et on a une perle transparente colorée par le fer. Avec le *phosphate de soude* il en est de même; la perle, jaune à chaud, est incolore à froid. Avec le *carbonate de soude* on a une perle dans laquelle tournoient des squelettes gonflés; cette perle est opaque et jaune-verdâtre à froid. — Sur la feuille de platine on a la réaction du manganèse. Il s'attaque avec la plus grande facilité par les acides, soit avant, soit après calcination; la silice séparée par cette attaque n'est pas grenue; elle se gonfle, mais elle ne fait pas gelée, comme cela a lieu pour les zéolithes. Les essais par voie humide apprennent qu'il n'y a pas d'autres substances que celles qui viennent d'être indiquées, si ce n'est un peu de chaux: j'ai trouvé aussi quelquefois une trace d'alcali, provenant probablement d'une petite quantité de porphyre mélangé, dont le feldspath avait été attaqué. — La matière dont j'ai fait l'analyse a été extraite de plusieurs cellules, d'un morceau de porphyre que j'avais pris en place dans un endroit qu'on nomme la Grève, et qui est situé près de Mielin, sur la route entre Servance et Mielin: par le triage, je l'ai débarrassé, aussi bien que possible, du quartz, ainsi que des fragments de porphyre qui l'accompagnaient; puis j'ai enlevé la chaux carbonatée, en la traitant par de l'acide acétique très faible; j'ai reconnu que l'acide nitrique ne devait pas être employé à cet usage,

ni même l'acide acétique concentré, car ils attaquent légèrement la substance; ensuite le résidu a été lavé, et desséché à une douce chaleur. Pour faire l'analyse quantitative, j'ai attaqué 1^{er},2 du minéral par l'acide hydrochlorique; après avoir évaporé à sec pour séparer la silice, la magnésie a été dosée à l'état de sulfate, en employant le procédé de Fuchs, et en précipitant le peroxyde de fer et l'alumine par le carbonate de baryte: j'ai déterminé le poids de l'alumine et du fer, puis j'ai dosé directement le fer en dissolvant à plusieurs reprises l'alumine dans de la potasse liquide qui était évaporée à sec dans une capsule de platine. En retranchant de la silice la portion insoluble dans la potasse qui provenait d'une petite quantité de la roche ayant échappé au triage, j'ai trouvé, dans deux analyses:

	1 ^o	2 ^o	Moyenne.	Oxygène.
Silice.	30,37	31,40	31,07	16,156
Alumine.	46,08	44,89	45,47	7,224
Peroxyde de fer.	22,42	22,00	22,21	6,897
Protoxyde de manganèse.	traces	»	»	»
Chaux.	0,36	0,56	0,46	0,129
Magnésie.	48,98 diff.	49,29	49,44	7,408
Eau.	44,43	44,66	44,55	10,268
	<u>100,00</u>	<u>99,80</u>	<u>100,67</u>	

Les nombres trouvés pour la silice, l'alumine et l'eau, semblent indiquer que le minéral est une chlorite; mais elle serait alors beaucoup plus pauvre en magnésie que toutes celles analysées jusqu'à présent, et au contraire beaucoup plus riche en fer. Ainsi que cela avait été annoncé par M. de Marignac pour la chlorite qu'il a examinée, j'ai constaté que le minéral contient du peroxyde et du protoxyde de fer; j'ai même fait des essais au moyen du chlorure double d'or et de soude, ayant pour but de déterminer la proportion de ce dernier; j'ai trouvé dans deux expériences sur 1^{er} 2,

$$\begin{array}{l} \text{fe} = 4,67 - 3,78 - \text{En moyenne} = 4,07 - \text{Oxygène} \quad 0,950 \\ \text{donc} \quad \quad \quad \overset{'''}{\text{Fe}} \quad \quad \quad = 47,54 \quad \text{Id.} \quad 5,382. \end{array}$$

Il faut reconnaître toutefois que la facilité avec laquelle le chlorure d'or se décompose, et que le temps nécessaire pour l'attaque complète du silicate, sont des obstacles qui s'opposent à ce qu'on soit bien sûr de ce résultat. Il est difficile de trouver une formule bien simple qui représente la composition de la substance; peut-être conviendrait-il d'adopter celle qui a été proposée pour la chlo-

rite par M. Rammelsberg. Quoi qu'il en soit, d'après l'ensemble des propriétés physiques et chimiques, il me semble qu'on peut regarder le minéral comme une chlorite à base de fer; aussi le désignerai-je par la suite sous le nom de *chlorite ferrugineuse*.

— La chlorite ferrugineuse se montre encore absolument avec les mêmes caractères dans le porphyre vert antique, dans les porphyres pyroxéniques du Tyrol et de l'Oural, et en général dans *tous* les mélaphyres; enfin, dans les cellules de toutes les roches de trapp et de porphyre, on observe aussi des terres vertes qui paraissent n'être que des variétés du même minéral (1). La chlorite ferrugineuse a du reste un mode de gisement particulier qu'il est nécessaire d'étudier avec quelques détails. Elle n'est jamais engagée dans la roche de porphyre ou mêlée aux cristaux de feldspath, elle se trouve seulement dans des amygdaloïdes. Elle a toujours une structure grenue, mais cependant radiée et fibreuse, et ses fibres sont perpendiculaires à la surface sur laquelle elles reposent; elle remplit tantôt partiellement et tantôt complètement les cavités celluleuses qui la renferment. La grosseur et la forme de ces cavités sont excessivement variables: le plus ordinairement, cependant, elles sont allongées et à peu près elliptiques; souvent on ne les aperçoit qu'avec le secours de la loupe, et on peut reconnaître alors que le porphyre en est complètement criblé; le plus généralement, cependant, elles ont quelques millimètres, et je n'en ai pas observé dans les Vosges dont la grandeur fût supérieure à un décimètre. Elles ne sont pas toujours isolées, mais elles communiquent quelquefois entre elles par de petits canaux dans lesquels se trouve également de la chlorite ferrugineuse; c'est ce que j'ai observé au Puix, près de Giromagny. Le plus ordinairement, la chlorite ferrugineuse n'est pas seule dans les cavités; elle est accompagnée de *chaux carbonatée* blanche, formant des lamelles cristallines dans l'intérieur desquelles elle s'engage: ainsi on observe une couche plus ou moins épaisse de chlorite dont l'épaisseur peut même quelquefois devenir microscopique, et dans l'intérieur de l'amygdaloïde se trouve la chaux carbonatée. Cette structure des amygdaloïdes est la plus générale; cependant on observe quelquefois une structure inverse de celle-là, et la chlorite peut se trouver au centre d'une amygdaloïde calcaire. — Le quartz, l'épidote tapissent également les cavités des amygdaloïdes, et il importe d'examiner quelle est la disposi-

(1) Voir la notice spéciale publiée sur ce minéral par M. Delessé, dans les *Annales des mines*.

tion et l'ordre de succession que présentent entre eux ces divers minéraux. Le quartz est blanc, transparent, quelquefois un peu laiteux; on trouve des amygdaloïdes formées seulement par la chlorite et par le quartz. Le plus ordinairement, le quartz est intérieur et il est entouré par la chlorite, quelquefois cependant j'ai observé une disposition inverse; de plus, il y a une bande *q'* d'un blanc laiteux, à limites mal définies, qui enveloppe concentriquement la chlorite et la chaux carbonatée. D'après la dureté, il m'a paru que c'était du quartz impur ou peut-être même du feldspath. A la Grève, près de Mielin, on rencontre de très belles amygdaloïdes dont quelques unes ont jusqu'à un décimètre de longueur; elles sont principalement formées de quartz hyalin et elles présentent souvent des cristaux d'épidote dans leur intérieur; quelquefois même on observe du carbonate de chaux spathique, comme dans les amygdaloïdes que je viens de décrire, et on a la disposition suivante: au centre le calcaire spathique *c*, puis les cristaux d'épidote vert pistache *e* qui sont radiés et orientés de diverses manières; ils sont entourés par une bande concentrique *q* de quartz hyalin blanc transparent, dont les cristaux s'engagent entre ceux de l'épidote; puis il y a un filet très mince de chlorite ferrugineuse *f* autour duquel se trouve une petite bande *q'* d'un blanc laiteux qui paraît passer déjà au feldspath composant la masse du porphyre. Il semble, dans certains cas rares, que la disposition de l'épidote et de la chaux carbonatée est inverse, c'est-à-dire que l'épidote est entourée par la chaux carbonatée; cependant cela m'a paru tenir à ce que des cristaux d'épidote traversaient l'amygdaloïde et pénétraient jusqu'au centre. Quelquefois on trouve des amygdaloïdes formées de cristaux d'épidote seulement; mais, dans le plus grand nombre de cas, l'épidote est dans les amygdaloïdes riches en quartz, tandis que la chlorite tapisse celles dans lesquelles il y a de la chaux carbonatée. — D'après la description qui vient d'être donnée du gisement de la chlorite ferrugineuse et des minéraux qui l'accompagnent, il peut paraître bizarre de rencontrer un hydrosilicate dans l'intérieur de roches d'origine ignée, et on est alors naturellement conduit à le rapprocher des zéolithes qui se trouvent dans les roches basaltiques et aussi dans divers porphyres. Je ferai remarquer cependant que, tandis que les zéolithes ont pour caractère de ne pas contenir de fer ou seulement une très petite quantité, la *chlorite ferrugineuse* en renferme au contraire beaucoup; en sorte qu'on pourrait dire que c'est une *zéolithe à base de fer*, et, dans une classification raisonnée des minéraux, elle devrait nécessairement prendre rang à

la suite de cette espèce minérale. Du reste, c'est seulement en partant de l'étude qui vient d'être faite du gisement de la chlorite ferrugineuse et des divers minéraux qui l'accompagnent, qu'il est possible d'expliquer par une théorie son mode de formation, ainsi que celui des zéolithes, et c'est aussi ce que je me propose de développer par la suite.

Pâte. — La couleur de la pâte du porphyre de Belfahy est le plus ordinairement un vert assez foncé; elle varie du noir nuancé de vert au vert très clair et au gris. Dans quelques cas rares, elle a une teinte violacée; c'est ce qu'on peut observer au Puits sur des échantillons qui renferment de petits cristaux de feldspath nombreux et bien formés, qui sont quelquefois d'un beau vert tendre. La couleur grise ou gris verdâtre s'observe surtout dans les environs de Giromagny, mais alors la roche se présente souvent à l'état de spilite, elle renferme des amygdaloïdes contenant surtout de la chlorite et de la chaux carbonatée, et on n'y observe plus de cristaux nettement formés de feldspath; elle paraît être une dégradation du porphyre type de Belfahy. La couleur de la poussière de la pâte est généralement le gris clair. La structure est cristalline, mais les cristaux sont trop petits pour qu'il soit possible de les distinguer à l'œil nu.

Densité. — Dans plusieurs expériences, j'ai trouvé pour la densité :

a Pâte noire avec une nuance violacée du village de Belfahy.	2,803
b Pâte vert foncé, tirant un peu sur le noir, du ballon de Belfahy.	2,778
c Pâte vert foncé, tirant un peu sur le noir, du ballon de Belfahy.	2,774
d Pâte vert clair de la Planche-des-Belles-Filles, près la Sainte-Barbe.	2,767

On peut remarquer que la densité offre des différences très faibles et qui sont seulement de quelques unités dans le chiffre des centièmes; cependant j'ai opéré sur des échantillons qui représentent à peu près les limites extrêmes de la pâte du porphyre. Que la roche soit compacte ou caverneuse et amygdaloïde, elle attire d'une manière très sensible l'aiguille aimantée, et l'action qu'elle exerce est d'autant plus forte qu'elle a une couleur noire plus foncée; elle l'attire encore quand elle a une couleur verte violâtre, mais cela cesse d'avoir lieu quand elle est gris clair ou violet rougeâtre. Il en est de même lorsque la roche renferme une grande quantité

d'épidote comme la variolite vert pistache de La Ferrière près Faucogney; mais dans ces divers cas elle n'est plus qu'une dégradation du porphyre. De même que le feldspath, qui y forme des cristaux isolés, la pâte contient de l'eau de combinaison, et dans la série d'essais sur les variétés de la roche que j'ai décrites, j'ai obtenu les résultats suivants :

(1)	Pâte verte foncée du feldspath analysé.	2,14
(2)	<i>Id.</i> noire bleuâtre.	2,28
(3)	Porphyre à pâte noirâtre et à grands cristaux de feldspath (Belfahy)..	2,17
(4)	<i>Id.</i> à pâte violacée, avec petits cristaux de feldspath (Puix).	2,20
(5)	<i>Id.</i> vert clair, avec pyroxène (Planche-des-Belles-Filles).	2,40
(6)	<i>Id.</i> vert foncé, à grands cristaux de feldspath, sa pâte est (1).	2,42
(7)	<i>Id.</i> vert pistache, variolé (Lafferrière).	2,60
(8)	<i>Id.</i> vert foncé, sans cristaux de feldspath isolés (Puix).	3,59

On voit d'après ce tableau que la teneur en eau varie peu dans le porphyre de Belfahy. Il y a à peu près la même quantité d'eau dans le feldspath et dans la pâte du porphyre, et on peut admettre que la moyenne, pour le porphyre bien caractérisé, est de 2,2 à 2,5 p. 100. Lorsque la teneur en eau est supérieure à ce nombre, la roche a perdu son caractère comme (7), ou bien comme cela a lieu pour (8); elle renferme un peu de carbonate de chaux ou de chlorite. Du reste, par la calcination, toutes ces roches prennent une couleur verte brunâtre ou quelquefois rougeâtre; celles qui étaient magnétiques le sont encore, et celles qui ne l'étaient pas le sont devenues. Ces propriétés du porphyre, d'exercer de l'action sur l'aiguille aimantée et de contenir de l'eau de combinaison, qui, à ma connaissance, n'ont pas encore été signalées jusqu'à présent, me semblent importantes à constater relativement à sa nature ainsi qu'à son origine, et j'aurai l'occasion d'y revenir un peu plus loin.

Chalumeau. — Au chalumeau, la pâte du porphyre fond à peu près aussi difficilement que le feldspath, et on obtient une perle d'un vert bouteille. Avec le *borax*, la matière se dissout complètement, quoique avec difficulté, et on a une perle fortement colorée par le fer. Avec le *sel de phosphore*, la dissolution est complète, ce qui n'a pas lieu pour le feldspath. Avec le *carbonate de soude*, il se produit une vive effervescence; des squelettes

gonflés restent dans la perle ; après le refroidissement, on a un bouton cristallin d'un vert pistache clair. Sur la feuille de platine, on a la coloration verte qui indique la présence du manganèse ; et c'est ce qu'indique aussi l'altération produite par l'atmosphère qui couvre la surface de la roche d'une couche brunâtre tachant les doigts.

Acides. — Quand on traite la pâte du porphyre par de l'acide hydrochlorique, même à froid, l'acide prend immédiatement une couleur jaune qui indique qu'il s'est dissous une certaine proportion de fer. Dans le but de m'éclairer sur la nature des minéraux qui composent la pâte du porphyre, j'ai recherché la proportion de substances attaquées, soit à froid, soit à chaud, par l'acide hydrochlorique. J'ai constaté ainsi qu'avec de l'acide hydrochlorique concentré, au bout de deux jours, on dissout à froid 23 p. 100, soit à peu près $\frac{1}{5}$, de la pâte noire *a*. Avec le même acide, à chaud et au bout du même temps, après avoir évaporé à sec, la proportion dissoute est un peu plus forte que si on opérât à froid, et à peu près la même que pour les cristaux de feldspath pur ; elle est alors de $\frac{1}{3}$.

J'ai fait aussi, au moyen du carbonate de soude et de l'acide fluoryhdrique, des analyses ayant pour but de déterminer la composition chimique de quelques variétés du porphyre, et j'ai obtenu ainsi :

	(1) 1g. 2 co ² , nao et fl ² h ²	(2) 1g. 2 co ² , nao	(3) 1g. 33 co ² , nao.
Silice.	53,17	50,79	49,82
Alumine.	49,77	} 27,25 Al, Fe	} 29,74 Al, Fe
Protoxyde de fer.	8,56		
Protoxyde de mangan.	0,51		
Chaux.	3,87		
Magnésie.	4,96 (diff.)	} 10,74 (diff.)	} 10,93 (diff.)
Soude et potasse.	7,02		
Eau	2,14	3,50	2,20
	<u>100,00</u>	<u>100,00</u>	<u>100,00</u>

(1) Pâte vert noirâtre du porphyre de Belfahy, à grands cristaux de labrador, et le mieux caractérisé.

(2) Porphyre un peu bréchiforme, avec fragments de même nature que la pâte, et ayant une couleur verte ou légèrement violette, de la scierie, près du Puix, route du ballon de Gironmagny, et non loin du contact de la roche avec le schiste de transition. C'est la pâte qui a été analysée : elle est d'un vert assez foncé, elle contient de petits cristaux très peu nets de

- labrador, et, dans quelques cas rares, des grains de pyroxène.
- (3) Porphyre de Giromagny, à pâte rouge violacée; il renferme un très grand nombre de petits cristaux de feldspath, parfaitement nets et d'un beau vert d'eau; quelquefois aussi il y a des cristaux de pyroxène d'un vert foncé: c'est la pâte qui a été analysée.

Les résultats des essais et des analyses qui précèdent peuvent se résumer brièvement de la manière suivante :

Dans le porphyre de Belfahy bien caractérisé et à grands cristaux de feldspath, la quantité de silice de la pâte est égale à celle du labrador; pour les porphyres qui, comme (2) et (3), ne sont plus que des dégradations de (1), elle est inférieure de quelques centièmes. Dans toutes les variétés, il il y a moins d'alumine et moins d'alcali, beaucoup plus de fer, de manganèse et de magnésie; tantôt plus et tantôt moins d'eau et de chaux que dans le feldspath.

M. Grézely, propriétaire de la verrerie de la Saulnaire, ayant bien voulu mettre à ma disposition ses fours de verrerie, j'ai essayé d'y fondre le porphyre de Belfahy; j'ai reconnu qu'à cette température il entre complètement en fusion: il donne alors un verre compacte à cassure conchoïde et fortement coloré par le fer (1). En fondant ainsi le porphyre, il est plus facile d'étudier ses propriétés chimiques, car j'ai reconnu qu'après porphyrisation, il se laisse alors complètement attaquer par l'acide hydrochlorique, mais la silice se sépare cependant toujours à l'état grenu: il est probable que la fusion a surtout pour effet de modifier la manière d'être de l'alumine, qui, lorsque la roche est telle qu'on la trouve dans la nature, résiste surtout à l'action de l'acide. Le morceau de porphyre de Belfahy que j'ai fait fondre appartenait à un échantillon semblable à celui désigné sous le numéro (1), dont j'ai analysé les cristaux de feldspath ainsi que la pâte; il avait une pâte verte, tirant sur le noir, avec de grands cristaux de feldspath blancs-verdâtres; on n'y distinguait pas de pyroxène. J'ai attaqué 2^e du verre provenant de la fusion par l'acide hydrochlorique, et j'ai obtenu :

(1) Voir pour plus de détails le Mémoire publié par M. Delesse dans les *Annales des mines*.

		Oxygène.
Silice.	53,45. . .	27,773
Alumine.	22,26. . .	40,593
Protoxyde de fer.	8,12. . .	4,848
Protoxyde de manganèse.	0,96. . .	0,245
Chaux.	3,68. . .	4,037
Magnésie (diff.).	3,65. . .	4,404
Soude (1).	5,49. . .	1,404
Potasse.	2,39. . .	0,405
	400,00.	6,313

Il résulte de cette analyse, comparée avec celle du numéro (1), que la *composition moyenne* de la *pâte* est à peu près la même que celle de la *masse* pour le porphyre de Belfahy. Il y a donc lieu de répéter, relativement au verre du porphyre, ce qui vient d'être dit relativement au porphyre lui-même, et j'observerai que la composition de l'un ou de l'autre peut se représenter algébriquement par la notation suivante qui définit les rapports d'oxygène de \dot{R} , \ddot{R} , \ddot{Si} , dans la pâte, par comparaison avec ceux du feldspath labrador constituant :

$$\div R : \ddot{R} < 3 : \ddot{Si} < 6.$$

Quelquefois la pâte est assez rapprochée de la limite $\div 1 : 3 : 6$.

Minéraux constituants. — Après avoir fait l'analyse élémentaire de la pâte du porphyre, il reste à déterminer, à l'aide des résultats qui ont été obtenus, quelle est la nature des minéraux qui la composent; mais la solution de cette question présente de grandes difficultés, d'autant plus que jusqu'à présent les données ont complètement manqué pour la résoudre.

Labrador. — J'ai examiné au microscope et sous un grossissement de cent fois les pâtes de plusieurs variétés de la roche, et j'ai reconnu d'abord que leur *structure est à peu près la même que celle du porphyre*; seulement les minéraux qui les composent sont très petits et peu nets; ils se fondent en partie les uns dans les autres, et ils ont rarement des formes géométriques; mais, quoi qu'il en soit, j'ai observé deux substances cristallines: l'une trans-

(1) La quantité de soude paraît être un peu forte; cela tient peut-être à ce que le creuset qui a servi à la fonte ayant perdu par accident son couvercle, les vapeurs de soude qui remplissent toujours le four de verrerie ont pu se déposer sur la surface en fusion.

parente et verdâtre, formant la plus grande partie de la roche, qui, bien qu'elle soit en cristaux très petits, présente souvent la macle caractéristique du labrador; l'autre d'un vert foncé, intimement mêlée avec la première, et qui donne à la masse une teinte verte produite par le mélange des couleurs et qui fait paraître la roche homogène quand on la regarde à l'œil nu. La forte proportion d'alcali qu'on trouve soit dans la pâte, soit dans le verre du porphyre, démontre ce fait important, que la pâte et sa masse, qui ont du reste à peu près même composition, sont en grande partie formées de *feldspath labrador*; car, le plus ordinairement, les silicates verts qui contiennent le fer comme base essentielle, et qui peuvent entrer dans le porphyre, ne renferment pas d'alcali en combinaison avec le fer; il faut cependant en excepter une variété d'augite de la Vetterau, analysée par M. C. Gmelin, et l'Arfvedsonite qui paraît être une variété d'amphibole, contenant 3 atomes de fer pour 1 atome de soude. Quoi qu'il en soit, admettons que l'alcali entre surtout dans le *feldspath*, la quantité de *feldspath* du porphyre sera à peu près proportionnelle à la quantité d'alcali; par conséquent on peut supposer qu'il y en a environ 70 p. 100 dans la pâte d'un vert foncé tirant sur le noir, qui est cependant une des variétés à structure porphyrique qui doit en contenir le moins. Quant à la masse même du porphyre de Belfahy, l'échantillon fondu qui a été examiné renfermait au moins 75 p. 100 de *feldspath*; et il est du reste facile de reconnaître, d'après les analyses précédentes et d'après les caractères minéralogiques du porphyre, que les variétés vert clair ne sont souvent autre chose que des masses presque compactes de labrador dans lesquelles les cristaux existent toujours, mais sont tellement rapprochés que la structure porphyrique a disparu. — On peut se proposer de déterminer la proportion du *feldspath* de la roche d'après la densité des minéraux qui y entrent; c'est ce qui a été fait par M. de Buch (1) pour le porphyre pyroxénique du Tyrol. En admettant que le *feldspath* est de l'adulaire, et que la substance qui donne à la roche la couleur vert noirâtre est du pyroxène, M. de Buch a déterminé la proportion des deux minéraux par la formule d'alliage :

$$D = MS + NF$$

D étant la densité de la roche, S celle du pyroxène, F celle du *feldspath*; M et N représentant les proportions en volume de pyroxène

(1) Voir *Annales de chimie*, t. VI.

et de feldspath qui entrent dans l'unité de volume de la roche, en sorte que $M + N = 1$. On déduit de ce qui précède :

$$\frac{N}{M} = \frac{S - D}{D - F}$$

Il faut observer cependant que l'emploi de la formule repose sur une hypothèse peu probable, car elle suppose que le silicate de fer est du pyroxène, ce qui ne doit pas être, comme nous le verrons tout à l'heure; mais nous pouvons néanmoins essayer d'en faire usage pour le porphyre de Belfahy. Or, quelle que soit la nature du silicate vert qui colore la pâte, sa densité est égale à celle des silicates de protoxyde de fer en général, et on peut admettre par conséquent qu'elle est à peu près 3,00; le feldspath est du labrador dont la densité est 2,719, et la pâte la plus noire pèse 2,803: il résulte donc de là que les variétés les plus foncées de la pâte du porphyre de Belfahy contiennent au moins de deux à deux fois et demie plus de feldspath, c'est-à-dire en poids au moins de 65 à 70 p. 100. Ces nombres concordent assez bien avec ceux qui ont été déduits de la composition chimique, si on observe que $S = 3,00$ est tout à fait arbitraire. Du reste, il serait préférable de se servir de cette formule pour calculer la densité du silicate à base de fer et de magnésie: on trouve alors, d'après les analyses précédentes, qu'elle est comprise entre 2,897 et 3,018.

Fer oxydulé. — J'ai constaté en outre que la pâte est magnétique; cette propriété n'est pas exceptionnelle pour le porphyre de Belfahy, mais elle s'étend aussi aux porphyres pyroxéniques, desquels je parlerai plus loin, et à tous ceux que j'ai eu l'occasion d'examiner dans diverses collections; en sorte qu'on peut la considérer comme une *propriété générale* de tous les mélaphyres. Dans le but de m'éclairer sur la nature du minéral qui, dans les mélaphyres, attire l'aiguille aimantée, j'ai fait divers essais sur quelques minéraux pouvant se trouver dans les roches. L'amphibole ne m'a paru magnétique que lorsqu'elle contenait visiblement du fer oxydulé. Pour le pyroxène, j'ai reconnu que l'augite de la Fassa est magnétique; certains augites des volcans encore en activité le sont un peu quelquefois, et il en est de même de la sahlite et de la coccolite de Norwége: l'augite du porphyre de Belfahy, qui est noir foncé, est aussi magnétique, mais la lherzolithe, la sahlite, n'exercent aucune action sur l'aiguille aimantée. L'hypersthène, la diallage bronzite, sont souvent magnétiques. D'après M. Berthier, les silico-aluminates de fer des minerais en grain, ainsi que

la chamoisite, sont magnétiques (1), et cela a lieu encore pour quelques grenats même lorsqu'ils sont transparents (2). Mais de ce que la pâte de tous les mélaphyres bien caractérisés contient, à très peu près, autant de silice que les cristaux de feldspath qu'elle renferme, il est facile de conclure que ce n'est ni du grenat, ni de la chamoisite qui forme le silicate à base de fer, car ces minéraux renferment beaucoup moins de silice. On ne saurait admettre non plus que c'est de l'hypersthène ou de la diallage, car les roches dans lesquelles elles entrent comme élément constituant se distinguent assez facilement par un *facies* particulier. J'examinerai plus loin si ce doit être du pyroxène ou de l'amphibole; mais, que ce soit l'un ou l'autre de ces deux minéraux, il me semble qu'on doit admettre que la pâte contient une quantité de fer oxydulé extrêmement petite à laquelle elle doit la propriété d'être magnétique : cela résulte en effet de ce qui a été dit sur le magnétisme, car, à cause de son irrégularité même, on doit penser que c'est du fer oxydulé dont la présence ou l'absence rend magnétiques ou non magnétiques les mêmes variétés d'augite provenant des mélaphyres ou des volcans. — En examinant le porphyre à la loupe, il m'a semblé reconnaître quelques paillettes de fer oxydulé, mais je n'ai pu acquérir une entière certitude à cet égard; il me semble toutefois que l'existence de ce minéral est démontrée par ce que je viens de dire, et elle l'est encore par la couleur noire avec reflet bleuâtre qui fait ressembler beaucoup quelques variétés du porphyre au basalte. Du reste, le fer oxydulé magnétique a été observé quelquefois dans cette formation; car, d'après des renseignements que je dois à l'obligeance de M. Virlet, on trouve du fer oxydulé titanifère dans le lit du torrent de Scotino Langada (3), qui coule en partie sur le porphyre vert antique; or nous verrons plus loin que ce porphyre est un véritable mélaphyre. Dans l'Oural, où les porphyres pyroxéniques sont très développés, M. G. Rose a signalé plusieurs localités, telles que Katschkanar et Blagodat, dans lesquelles ils se chargent peu à peu de fer oxydulé. La mine de Blagodat, qui est si renommée pour les aimants qu'elle fournit, couronne le sommet d'une montagne de porphyre pyroxénique qui contient du fer oxydulé, et, dans la description qu'il en donne, M. G. Rose (4) fait observer d'une manière toute spéciale

(1) Haüy.

(2) Berthier, *Voie sèche*, t. II. Minerai de fer.

(3) Au N.E. de Lebetsova, route de Sparte à Marathonisi.

(4) G. Rose, *Reise nach Ural*, t. I^{er}, p. 345, ligne 40.

que le fer oxydulé et le porphyre pyroxénique appartiennent à la même formation. Je pense donc qu'on doit admettre que c'est le fer oxydulé qui rend magnétique le porphyre de Belfahy et en général tous les mélaphyres.

Silicate vert. — Il reste maintenant à déterminer quel est le minéral qui donne à la pâte du porphyre sa couleur verte, et la solution de cette question présente de grandes difficultés. Il était naturel de penser qu'on y arriverait par l'analyse élémentaire ; car en recomposant le feldspath dont les cristaux ont été analysés, ce qui reste représente à peu près la composition du silicate de la pâte ; mais il faut observer que si les minéraux qui forment des cristaux isolés dans les roches sont loin d'être purs, cela a lieu à bien plus forte raison pour ceux qui sont cristallisés d'une manière confuse, et qui composent la pâte dans laquelle se concentrent toutes les substances minérales en excès, séparées par les cristallisations antérieures. De plus, les substances qui composent le feldspath et le silicate de la pâte sont en partie les mêmes, il n'y a guère que les proportions de chacune d'elles qui varient : ainsi ils renferment à peu près la même quantité de silice ; l'un et l'autre contiennent du fer, quoiqu'il n'existe qu'en petite quantité dans le feldspath. L'alumine, la chaux, l'eau et même la magnésie, sont aussi partagées, et, ainsi que je l'ai déjà fait remarquer, il n'est pas impossible qu'il y ait une petite quantité d'alcali dans le silicate vert. On ne peut donc pas être assuré qu'une substance entre exclusivement dans la composition du feldspath, et dès lors on ne peut pas calculer *avec exactitude* quelle est la proportion de feldspath de la roche. Du reste, lors même que ce calcul serait possible, comme le silicate vert est en petite quantité, il serait difficile de trouver sa composition chimique, car des erreurs très légères d'analyse, comme celles par exemple qui portent nécessairement sur les alcalis et surtout sur la magnésie, pourraient ensuite être multipliées dans le calcul et donner des résultats assez éloignés de la vérité. Par conséquent, bien que la recomposition de la roche d'après son analyse élémentaire puisse avoir lieu quelquefois, quand on connaît d'une manière précise la composition des minéraux constituants pour le porphyre, dont l'étude nous occupe en ce moment, cette recomposition serait, sinon impossible, du moins bien incertaine, et on ne peut guère espérer qu'elle permette de déterminer la formule du silicate de la pâte. Mais on peut cependant tirer parti des analyses qui précèdent pour arriver à la solution de la question. — M. de Buch a établi depuis longtemps qu'un des principaux caractères du porphyre qui nous occupe est

de ne pas présenter de quartz dans sa pâte. Ce principe est vrai généralement, cependant il ne doit pas être pris dans une acception trop absolue, et il conviendrait peut-être d'y apporter quelques restrictions; car, indépendamment de ce qu'il y a accidentellement du quartz dans les amygdaloïdes comme celles que j'ai décrites, j'ai pu observer, en calcinant des métaphyres, des amygdaloïdes microscopiques ou des veinules de quartz qui démontrent qu'il y a quelquefois un très léger excès de silice dans la roche: cela a lieu en particulier pour le spilite de Fauconguey, pour le porphyre de la Grève, etc. Dans la description de la carte géologique de Saxe, M. Naumann signale aussi à Rordersdorf un porphyre vert contenant des cristaux maclés d'augite et qui est très riche en quartz (1). Mais c'est surtout l'analyse chimique qui permet de constater, dans des roches qui représentent le caractère du mélaphyre, la présence d'un léger excès de silice, sur la quantité théoriquement nécessaire à la formation des minéraux qui les composent; car, en analysant les cristaux de feldspath qui donnent au mélaphyre la structure porphyrique, j'ai presque toujours obtenu, pour la silice, un nombre un peu supérieur à celui qui résulte de la composition théorique du labrador. — Il ne serait pas impossible, d'après cela, qu'une petite quantité de silice eût été renfermée dans des cristaux de feldspath, de quelques mélaphyres, ou dans la pâte, à l'état de ce que l'on pourrait appeler *silice de cristallisation*. Du reste, on est naturellement conduit à penser qu'il ne saurait y avoir plus de quelques centièmes de silice en excès, autrement elle aurait cristallisé elle-même au moment de la solidification. On la rencontre, en effet, à l'état hyalin, dans des roches qui n'en contiennent pas davantage, et dans lesquelles elle s'est nettement séparée, bien que leur structure ne soit pas plus cristalline que celle de la roche que nous examinons en ce moment. Enfin, comme elle est en petite quantité, on peut admettre que les quantités qui se trouvent dans le feldspath et dans la pâte sont égales, ou tout au moins proportionnelles. Ces deux hypothèses, relatives à l'excès du silice et à la proportion de cette dernière qui entre, soit dans le feldspath, soit dans la pâte, ont, du reste, été vérifiées par l'analyse chimique, ainsi que ce sera démontré dans la suite de ce mémoire; car, pour le labrador du cap Holmen, qui est exceptionnel, et qui appartient à une roche pouvant être considérée comme une *limite* des mélaphyres, l'excès sur la quantité de silice de la for-

(1) Naumann, *Geognostische Skizze*, 1^{er} vol.
Soc. géol., 2^e série, tome IV.

mule théorique, qui est alors de beaucoup un *maximum*, est 3,05 p. 100. De plus, j'ai reconnu que, quand la richesse en silice de la pâte augmente, celle du labrador, qui y forme des cristaux isolés, y augmente aussi et à peu près dans le même rapport. Ainsi, dans la roche du cap Holmen en particulier, dont le labrador contient la plus grande quantité de silice, la pâte renferme 55,29 p. 100 de silice, c'est-à-dire quelques centièmes de plus que la pâte des mélaphyres bien caractérisés. — Ce qui précède étant établi, on peut se proposer de rechercher la nature du silicate vert qui forme, avec le labrador, la pâte des mélaphyres. D'après les analyses de la roche, c'est principalement dans la pâte que les affinités de cristallisation ont réparti le fer et la magnésie; il y en aura d'autant plus que la roche a une couleur verte plus foncée et tirant plus sur le noir: de plus, il résulte de ce qui a été dit antérieurement que le silicate vert de la pâte ne peut être que du pyroxène ou de l'amphibole. Quoique le porphyre de Belfahy et la plupart des mélaphyres ne renferment qu'assez rarement des cristaux de pyroxène, comme ils paraissent quelquefois se fondre dans la pâte d'une manière insensible, il semblerait assez naturel de penser que le silicate vert est du pyroxène; mais il faut observer qu'il résulte de l'analyse que le silicate vert de la pâte contient beaucoup d'oxyde de fer, de la magnésie, de l'alumine et de la chaux, quoiqu'il puisse y en avoir moins que dans le feldspath. En outre, dans la pâte vert noirâtre du porphyre de Belfahy le mieux caractérisé, qui, à cause de sa couleur et de son aspect, semblerait au premier abord devoir être formée de feldspath et d'augite, il y a au moins 53 p. 100 de silice: or, si on recherche dans le *Manuel de minéralogie chimique* de M. Rammelsberg (1) quelle est la composition des pyroxènes dont l'analyse a été faite jusqu'à présent, on reconnaît qu'il n'y a que les pyroxènes riches en magnésie qui contiennent plus de 54 p. 100 de silice; et le pyroxène des mélaphyres du Tyrol, analysé par M. Kudernastch, n'en renferme que 50 p. 100. Le plus ordinairement, ceux qui sont riches en fer et en alumine, comme doit l'être le silicate vert de la pâte, n'ont que 40 à 51 p. 100 de silice; et les dolérites, qui sont des roches de labrador et de pyroxène, n'en ont généralement pas plus de 51 p. 100. — Les amphiboles, au contraire, qui auraient les mêmes bases et qui seraient dans les conditions précitées, pourraient renfermer 53 p. 100 de silice. C'est ce qui a lieu, par exemple, pour l'amphibole de Garpenberg (Suède) analysée par M. Hisinger.

(1) Rammelsberg, t. I, p. 58.

En vertu de ce qui vient d'être dit ci-dessus relativement à la quantité de silice pouvant se trouver en excès dans la pâte, on doit donc présumer que le silicate vert est de l'amphibole, et c'est aussi ce qui m'a paru résulter d'une expérience très simple. J'ai calciné, en effet, les variétés de la roche qui contiennent du pyroxène, et j'ai reconnu après cette opération que, tandis que le pyroxène prend une couleur plus foncée, la pâte prend au contraire, généralement, une couleur brune ou rougeâtre beaucoup plus claire, ainsi que cela a lieu pour les diorites et pour les porphyres dioritiques qui sont à base d'amphibole; de plus, on voit alors que les cristaux de pyroxène sont aussi complètement isolés que possible de la pâte, de laquelle ils se détachent d'une manière très nette par le contraste des couleurs. Ces effets inverses, produits sur le pyroxène et sur le silicate vert de la pâte, ne permettent donc guère d'admettre que ce dernier soit du pyroxène, et alors il est naturel de penser qu'il est de l'amphibole. Cela paraîtrait s'accorder du reste avec un fait relatif aux cristaux d'ouralite, et aussi à quelques expériences de MM. Berthier et Mitscherlich. Dans l'ouralite, le pyroxène, qui est au centre, se serait formé d'abord, et l'amphibole aurait pris naissance ensuite par un refroidissement plus lent; de même aussi le porphyre de Belfahy, le feldspath et le pyroxène ont dû nécessairement cristalliser les premiers; car ils n'auraient pas pu cristalliser si la pâte avait déjà été solidifiée; ce n'est donc que postérieurement que la pâte aurait pris la structure cristalline, et alors il se serait formé de l'amphibole. Je dois faire remarquer cependant que, d'après M. G. Rose, c'est l'inverse qui aurait eu lieu, et dans l'ouralite l'amphibole serait au contraire une pseudomorphose du pyroxène; on conçoit du reste que cette pseudomorphose aurait pu se produire dans la pâte du porphyre de Belfahy et de plusieurs mélaphyres, sans que les cristaux de pyroxène isolés et visibles eussent été altérés. Si on admet que le silicate vert qui donne au porphyre sa couleur est une amphibole, cette dernière doit, dans tous les cas, avoir une composition particulière et peut-être même différente de celles connues jusqu'à présent qui n'ont que rarement 53 p. 100 de silice (1); indépendamment de l'oxyde de fer et de la magnésie, elle doit contenir de l'eau, car certaines pâtes en renferment une quantité plus grande que le feldspath, et c'est ce que j'aurai l'occasion de faire remarquer encore pour le porphyre vert antique et pour les autres mélaphyres que j'exami-

(1) Voir Rammelsberg, Hornblende.

nerai plus loin : de plus, de l'alumine entre très probablement dans sa composition, ainsi que cela a lieu pour la plupart des amphiboles des roches ; enfin il est remarquable que la quantité de chaux puisse y être moindre que dans le feldspath, tandis que les amphiboles analysées jusqu'ici sont en général riches en chaux. Lorsque, dans le porphyre que nous étudions, la pâte devient rougeâtre ou violacée, comme cela a lieu pour quelques variétés de Giromagny, contenant des cristaux très nets de feldspath et de pyroxène, les éléments qui entrent dans la composition de la pâte ne paraissent pas avoir pu se séparer, et le silicate vert ne s'est pas formé, quoique la roche contienne encore une proportion notable de fer.

Spilite.

Spilite de Faucogney. — Quand on quitte Faucogney (Haute-Saône) pour se diriger vers Saphoz-le-Bas et Emoulières, on remarque à gauche un mamelon ayant tous les caractères d'une roche d'origine ignée, car elle se divise en prismes pseudo-réguliers ayant quelques décimètres de dimension : cette même roche forme la base des trois montagnes au pied desquelles est située la petite ville de Faucogney ; on la rencontre également au Plain-des-Bœufs, à l'étang des Grillots près de Saint-Bresson, à Mondahin, à la Chapelotte, à Rimbach (1), à Grindelbruch (2), etc. Elle est d'une couleur verte ou violacée, tirant un peu sur le noir ; son aspect est parfaitement homogène ; sa texture est cristalline, grenue, et elle ne présente pas de cristaux isolés bien nets. D'après l'ensemble de ses propriétés et d'après son gisement, on est naturellement conduit à la rapprocher du porphyre de Belfahy ; c'est aussi ce qui a été fait par M. Thirria, qui la classe dans son groupe du porphyre noir et qui l'a appelée *spilite* (3). Les géologues allemands désignent cette classe de roche, qui accompagne presque constamment les formations porphyriques, sous le nom de *mandelstein de porphyrite* et de *porphyrit-mandelstein*. A Faucogney, elle présente quelquefois des cellules allongées sans directions déterminées, et le plus souvent angulaires : ces cellules, qui sont très rares et petites au pied de la montagne sur laquelle se

(1) Élie de Beaumont, *Explication de la carte géologique de France*, p. 366.

(2) Voltz, *Géognosie de l'Alsace*, p. 53.

(3) C'est le spilite bufonite de M. Brongniart.

trouve le banc d'Emoulières, deviennent très nombreuses, très irrégulières et très grandes quand on se dirige de Faucogney vers le village des Mottes; elles sont ordinairement presque entièrement remplies par de la chaux carbonatée qu'entoure un peu de chlorite ferrugineuse. Par l'altération de l'air, elle prend une couleur brune due à l'oxyde de manganèse. La densité de la roche est de 2,906. Elle est donc un peu supérieure à celle de la pâte du porphyre de Belfahy. Comme cette dernière, elle est magnétique; à la loupe, elle présente des lamelles verdâtres paraissant presque avoir la même couleur que la roche, et qui s'entre-croisent indistinctement dans toutes les directions; parallèlement à leur longueur, ces lamelles ont des stries très fines qui indiquent qu'elles sont formées de cristaux maclés de labrador. Quand on examine le spilite qui forme le bas de la montagne d'Emoulières, après l'avoir calciné, on y observe quelquefois une multitude de petites veinules de quartz, indiquant qu'il y a une quantité de silice un peu plus grande que celle nécessaire à la formation des minéraux qui entrent dans la composition de la roche: on peut voir, du reste, par l'analyse qui suit, que cet excès de silice est très faible, et seulement de quelques centièmes, quoiqu'il soit facile de le constater par un examen à la loupe. Je n'ai pas rencontré de cristaux de pyroxène dans ce spilite. Quand on le pulvérise, il prend une couleur d'un gris verdâtre clair. Au chalumeau, il présente absolument les mêmes propriétés que la pâte du porphyre de Belfahy. J'ai fait une analyse complète de cette roche, et j'ai trouvé:

	<u>15,2 CO², NO — FI² H².</u>	
Silice.	54,42. . . .	28,276
Alumine.	20,60. . . .	9,630
Protoxyde de fer (1).	9,44. . . . 2,449	} 6,767
Protoxyde de manganèse.	0,93. . . . 0,208	
Chaux.	3,64. . . . 4,023	
Magnésie.	3,87. . . . 4,498	
Soude.	4,48. . . . 4,146	
Potasse.	0,94. . . . 0,459	
Eau.	4,97. . . 1/3 4,751	
	<u>100,29.</u>	

L'analyse montre que sa composition est, à très peu près, la

(1) Une partie du fer est à l'état de peroxyde, quoiqu'il ait été compté comme protoxyde.

même que celle de la pâte du porphyre de Belfahy, et qu'elle présente les mêmes relations entre les quantités d'oxygène de R , \bar{R} , \bar{Si} ; elle est seulement plus riche en silicate vert ou en amphibole. Elle ne contient guère que 55 p. 100 de feldspath labrador; elle constitue par conséquent un porphyre cellulaire qui n'est qu'une variété ou qu'une dégradation de celui que nous avons étudié.

Porphyre brèche.

Ainsi que cela a lieu en général dans les formations porphyriques, le porphyre de Belfahy est accompagné de brèches, et elles sont même très développées. De concert avec M. Pidancet, conservateur du musée de Besançon, j'ai observé ces brèches dans la vallée de Plancher-les-Mines, au village de Belfahy et dans ses environs, au Bois-du-Roi ainsi que sur le Ballon, aux Grands-Champs sur la route de Servance, au nord du Puix, etc. Les variétés du porphyre qui sont à l'état de spilite même très caverneux, présentent quelquefois des brèches dont la teinte générale est verte; ces spilites-brèches se rencontrent à Chauvilleraïn (1), près de Faucogney, aux environs de Giromagny. Quand leurs cellules sont grandes et très nombreuses, elles sont remplies par de la chaux carbonatée, mais on y trouve aussi du quartz et de la chlorite ferrugineuse. Ces brèches ont quelquefois des couleurs vives, et elles prennent sous le poli de très belles nuances, qui les ont fait rechercher autrefois dans les scieries de pierres du département de la Haute-Saône. En examinant ces brèches avec attention, j'ai reconnu que, malgré la diversité de leurs couleurs, elles sont presque exclusivement formées de fragments à angles vifs qui appartiennent à la roche du porphyre elle-même ou à ses variétés; on y rencontre cependant aussi des fragments de roche pétrosiliceuse grise, violette ou verte, qui ne ressemblent à aucune des roches des environs et dont les caractères ont visiblement été altérés par la formation même de la brèche. Le plus ordinairement elles présentent une teinte générale qui est verte, mais souvent aussi elle est rouge ou violette; lorsque les fragments sont petits et n'ont que quelques centimètres, toutes ces nuances et leurs intermédiaires sont quelquefois réunies sur un seul échantillon, qui frappe alors l'œil par la bizarrerie et le caprice de ses couleurs.

(1) Thirria, *Statistique de la Haute-Saône.*

Dans les brèches à teinte verte de la vallée de Plancher, on rencontre souvent des fragments avec de très gros cristaux de feldspath labrador, et, sur une surface d'un mètre carré, on peut observer toutes les variétés que le porphyre présente tant sous le rapport de la couleur que de la structure. Dans les brèches à teinte rouge ou violette, on reconnaît encore très bien les cristaux de labrador qui sont caractérisés par leurs macles; il est donc possible que leur couleur, qui n'est pas celle qui est la plus habituelle à la roche, soit due à un changement dans l'état d'oxydation du fer et du manganèse qui aurait été produit dans les fragments bréchiformes. J'ai observé plusieurs fois des cristaux de labrador dont une partie se trouvait sur un fragment bréchiforme, tandis que l'autre était dans la pâte. Tout porte donc à croire que le ciment qui a réuni les fragments bréchiformes a dû pénétrer à l'état de fusion; c'est ensuite par son refroidissement que des cristaux de feldspath labrador se sont développés à la fois dans la pâte et dans le fragment ramolli. Du reste, dans les variétés de brèches à teinte verte, les fragments sont quelquefois peu nombreux et espacés; de plus, leurs contours sont très peu nets; il semblerait donc qu'ils ont été corrodés, et qu'ils se sont dissous en partie dans la pâte du porphyre. Dans les variétés rouges et violettes, le même fait peut s'observer; de plus, les cristaux de labrador des fragments bréchiformes paraissent généralement avoir été altérés; ils ont une couleur blanchâtre et sont complètement opaques, leurs arêtes ne sont pas nettes, et enfin on n'y observe plus de clivage. Cette altération a sans aucun doute été produite aussi par le phénomène qui a engendré les brèches. J'ai cherché quelle est la quantité d'eau que contiennent les principales variétés de brèches, et j'ai obtenu les résultats suivants :

- | | | |
|-----|--|-------|
| (1) | Fragment rouge d'une brèche à pâte verte, de Belfahy. | 4,302 |
| (2) | Brèche à pâte violacée, contenant de petits fragments d'un vert foncé, de Belfahy. | 4,725 |

Pour les brèches vertes, on aurait du reste la même perte au feu que pour le porphyre lui-même. Relativement à l'origine et au mode de formation de ces brèches, il importe de constater ici que celles dont la couleur est rouge ou violette ont une teneur en eau moins grande que le porphyre. Le porphyre brèche paraît être tantôt plus, tantôt moins élevé que le porphyre de Belfahy, et se trouver indifféremment soit à la limite, soit à l'intérieur de la formation.

L'examen d'un grand nombre de collections géologiques m'a fait rencontrer diverses roches qui présentent beaucoup d'analogie avec le porphyre de Belfahy; ces roches sont décrites dans des mémoires spéciaux auxquels je dois renvoyer pour une étude plus détaillée. Je ferai remarquer seulement que le feldspath labrador n'y est pas toujours nettement séparé et en gros cristaux, comme cela a lieu pour le porphyre de Belfahy choisi pour type; il y en a même qui paraissent former un passage du mélaphyre au basalte, et qui par leur aspect se rapprochent beaucoup de ce dernier; mais cependant il m'a semblé qu'elles peuvent toutes être considérées comme des variétés ou comme des dégradations de la roche des Vosges. Les contrées dans lesquelles ces roches ont été observées sont la Morée, le Tyrol, l'Oural, la Norwége, les environs d'Édimbourg en Écosse, Lamberg près de Dublin, Tabago, Hirschberg dans la Hesse électorale, Rampas en Corse, le Thuringerwald (1), Elbingerode et Hefeld au Harz, la vallée de la Nahe aux environs de Kirn et de Wadern ainsi que plusieurs points du Palatinat et de la Bavière rhénane, Belting (2) près de Sarrebruck, Gottesberg dans la Silésie, Boston aux États-Unis (3), enfin la Saxe où MM. Naumann et Cotta (4) signalent un mélaphyre grenu d'un gris noir éclatant qui forme un filon ayant environ 0^m,33 de puissance dans le granite de Niderspaar près Meissen

Je n'ai pas l'intention de généraliser, quant à présent, les résultats des observations qui ont été faites dans la première partie de ce mémoire sur la constitution géologique et chimique des divers mélaphyres; cette généralisation serait du reste facile, et il est évident qu'elle résulte immédiatement de ce qui a été établi relativement à chacune de ces roches en particulier; mais, avant d'aller plus loin, je ferai observer, cependant, que quelques uns des faits constatés antérieurement acquièrent de l'importance à

(1) Voir les excellents Mémoires publiés sur les mélaphyres du Thuringerwald par MM. Credner et Cotta.

(2) Je dois la communication des échantillons de cette localité à l'obligeance de M. Pomel.

(3) Cette désignation de localité est faite d'après une étiquette du Jardin du Roi; l'échantillon contient de grands cristaux de labrador, de la pyrite de fer et de la chaux carbonatée.

(4) Naumann et Cotta, V^e vol. de la *Description géologique de la Saxe*, p. 401

cause des rapprochements qu'ils permettent d'établir entre les *mélaphyres* et les *basaltes*.

En effet, la base de ces deux roches est la même, c'est le feldspath *labrador*; elles contiennent en outre des minéraux communs qui sont le *pyroxène* et le fer *oxydulé*; de plus, toutes deux renferment de l'eau. Les différences qu'elles offrent tiennent surtout à la proportion plus ou moins grande des bases dans le feldspath *labrador* constituant; ainsi on peut remarquer que la soude, la potasse et l'eau entrent en proportion notable dans le *labrador* des *mélaphyres* proprement dits, tandis que relativement ces bases diminuent ou même disparaissent complètement quand la roche se rapproche des *dolerites*, des *basaltes*, et même des laves modernes; elles sont alors remplacées par de la chaux, qui devient la base dominante.

On est donc assez naturellement porté à croire qu'il peut y avoir une série de roches intermédiaires formant, tant sous le rapport de la composition chimique et minéralogique que sous le rapport de l'âge, un passage en quelque sorte insensible entre le *mélaphyre* et la *basalte*: c'est ce que des études plus complètes de minéralogie chimique pourront permettre de vérifier par la suite; mais, en tous cas, à cause de l'analogie minéralogique et chimique que présentent ces deux roches, il est bien probable que le *labrador* du *basalte* contient lui-même de l'eau de combinaison, ainsi que cela a lieu pour les *mélaphyres*. De plus, quoiqu'il y ait des *zéolithes* dans les *basaltes* et dans les autres roches auxquelles on attribue une origine ignée, est-il bien certain, comme on l'admet généralement, qu'elles entrent toujours dans la composition même de ce qu'il convient d'appeler la *pâte* de la roche? D'après ce qui a été démontré relativement aux *mélaphyres*, ces *zéolithes* peuvent se trouver aussi dans les *amygdaloïdes* et dans les cellules nombreuses qui pénètrent la *pâte* en tous sens, et qui sont tantôt visibles, tantôt, au contraire, microscopiques et invisibles.

M. Nérée Boubée lit le Mémoire suivant :

Rapport entre la nature des terres et l'ancienneté relative des alluvions dans les vallées à plusieurs étages.

Chargé par M. le marquis d'Orgein de faire une étude agricole et industrielle de son beau domaine de Guilhot, à l'occasion de la mise en vente de ce domaine, j'ai été conduit à recueillir quel-