

le creuset est presque froid, on verse dedans de l'eau distillée chaude; on laisse quelque temps en contact; on décante, on verse une nouvelle quantité d'eau, on fait chauffer jusqu'à l'ébullition; enfin, lorsqu'en répétant les lotions, on a entièrement enlevé la matière qui était restée adhérente au creuset, on verse dans le liquide de l'acide hydro-chlorique pur jusqu'à ce qu'il y en ait un excès; on évapore presque jusqu'à siccité, en ayant soin de remuer sur la fin, de peur qu'une partie du mélange ne soit projetée hors du vase par des expansions subites de la vapeur accumulée. Quand tout est amené à l'état sec et pulvérulent, on y ajoute de l'eau; on fait bouillir, puis on filtre: la silice reste sur le filtre, tandis que les sels de fer et d'alumine passent en dissolution. Quand la silice n'est pas blanche, ce qui souvent est dû à ce que l'opération a été poussée trop loin, et qu'une partie du sel de fer a été décomposée, on la lave d'abord avec de l'eau aiguisée d'acide hydro-chlorique, ensuite avec de l'eau pure, puis on la fait sécher.

On sature la liqueur qui contient la chaux, le fer et l'alumine par l'ammoniaque; celle-ci précipite les deux derniers oxides; on les recueille sur un filtre, on les lave et on les fait bouillir avec de la potasse caustique, qui dissout l'alumine; on étend d'eau, on filtre: l'oxide de fer reste sur le filtre; on le lave bien, on le fait sécher, on le pèse et l'on tient note de son poids. On précipite ensuite

l'alumine qui est dissoute dans la potasse, par l'hydro-chlorate d'ammoniaque; cette précipitation a lieu par suite de la combinaison de l'acide hydro-chlorique de l'hydro-chlorate d'ammoniaque avec la potasse; on recueille le précipité, on le lave, on le fait sécher et on le pèse; on précipite ensuite la première liqueur, de laquelle on a séparé le fer et l'alumine par l'oxalate d'ammoniaque; on recueille le précipité, on le lave et on le fait sécher; son poids donne la quantité équivalente de carbonate de chaux. On peut, à l'aide de la chaleur, convertir encore cet oxalate en sous-carbonate calcaire.

On voit ensuite si les différens produits obtenus forment le poids primitif de la pierre analysée (1).

ANALYSE D'UNE PIERRE FORMÉE DE SILICE, D'ALUMINE, DE CHAUX, DE STRONTIANE, DE MAGNÉSIE, DE GLUCINE, DE BARYTE, ET D'OXIDES DE FER ET DE MANGANÈSE.

Après avoir fondu dans la potasse, traité par l'acide hydro-chlorique et séparé la silice comme nous l'avons indiqué pour l'analyse précédente, tout le reste étant dissous dans l'acide hydro-chlorique, on verse un excès d'hydro-sulfate d'ammoniaque, qui précipite l'alumine, la glucine, l'oxide de fer et de man-

(1) Les argiles doivent être analysées par le mode que nous venons de dire.

ganèse : la liqueur filtrée contient les autres substances.

Traitement de la liqueur. On y verse de l'acide hydro-chlorique, et l'on fait chauffer pour chasser l'acide hydro-sulfurique ; on fait ensuite évaporer et dessécher, puis on traite le résidu par l'alcool bouillant : le chlorure de barium reste seul insoluble ; on fait évaporer la solution, et l'on redissout dans l'eau ; on verse un excès de carbonate d'ammoniaque, qui précipite la chaux et la strontiane à l'état de carbonate. La magnésie qui reste dans la liqueur peut être séparée et obtenue, en soumettant la liqueur à l'évaporation, calcinant le résidu pour chasser les sels ammoniacaux (1). Pour séparer la strontiane de la chaux, on dissoudra ces deux oxides dans l'acide nitrique ; on desséchera complètement les deux nitrates ; on les déclairera dans l'alcool, qui ne dissoudra que le nitrate de chaux ; on fera passer chaque nitrate isolé à l'état de sulfate, en les traitant isolément par l'acide sulfurique, et en les calcinant dans un creuset de platine : on pourrait en faire autant du chlorure de barium. Connaissant les poids des sulfates de baryte, de chaux et de strontiane, on conclura de leur composition les quantités équivalentes de leur base.

(1) Si la magnésie retenait de la chaux, on la ferait redissoudre dans l'acide hydro-chlorique, et l'on traiterait une seconde fois par le sous-carbonate d'ammoniaque, qui ne précipiterait que la chaux etc.

Traitement du précipité. On traitera par la potasse, qui dissoudra tout, excepté le fer et l'oxide de manganèse : on dissout ces oxides dans l'acide sulfurique ; on fait passer le fer au maximum par quelques gouttes d'acide nitrique à la température de l'ébullition, et tandis que la liqueur est bouillante, on neutralise exactement avec du carbonate d'ammoniaque. Tout le fer est précipité ; le manganèse reste en dissolution ; on fait évaporer à siccité et l'on calcine : on peut même, par ce procédé, séparer le fer du cérium, du nickel et du cobalt. (Herschell, *Ann. de Chimie et de Physique*, t. XX, p. 304.)

La glucine et l'alumine, restées en solution avec la potasse, devront être converties en hydro-chlorates par une addition d'acide hydro-chlorique ; un excès de sous-carbonate d'ammoniaque ajouté redissoudra toute la glucine, et laissera l'alumine précipitée : en faisant bouillir la solution, on fera vaporiser le carbonate d'ammoniaque, et la glucine sera précipitée à l'état de carbonate ; on la lavera de même que l'alumine. Ces deux substances, recueillies sur des filtres, calcinées dans un creuset de platine, donnent le poids de ces deux derniers oxides.

Si la somme de tous les produits de l'analyse était moindre que les quantités de matière employées, il faudrait, dans une nouvelle analyse, rechercher le lithium, le sodium ou le potassium.

ANALYSE DES PIERRES ALCALINES.

Procédé de M. Berthier (extrait).

Voici comment on opère. On porphyrise la pierre, et on la mêle exactement avec 2 parties de nitrate de plomb et 1 partie de céruse également porphyrisés : on met le tout dans un petit creuset de platine couvert, et l'on place ce creuset dans un autre, que l'on ferme aussi avec son couvercle. On chauffe les creusets dans un fourneau ordinaire, et on les tient au rouge pendant un quart d'heure seulement, sans les découvrir. La fusion a lieu tranquillement et sans aucun boursoufflement, et l'on obtient un verre jaunâtre ou brunâtre, transparent et liquide. On saisit le petit creuset avec une pince, on le renverse au-dessus d'une capsule qui contient de l'eau, et l'on en fait sortir le plus de matière que l'on peut à l'aide de la spatule, puis on le plonge lui-même dans l'eau. La substance vitreuse, subitement refroidie, se divise en petits fragmens, et devient facilement attaquable par les acides. On la fait bouillir avec de l'acide nitrique pur, et on l'écrase de temps en temps avec un pilon d'agate ou de porcelaine : la silice reste pure dans un état visqueux; on la sépare. On précipite l'oxide de plomb par l'acide sulfurique, et l'on s'assure que la liqueur n'en retient plus au moyen de l'hydrogène sulfuré. On fait bouillir ensuite avec du carbonate d'ammoniaque, et l'on analyse le préci-

pité par les moyens ordinaires; enfin, on évapore la liqueur à siccité, on calcine les sels dans un creuset de platine, on recueille le résidu, et on le pèse.

Ce résidu contient l'alcali à l'état de sulfate, quelquefois un peu acide, et presque toujours du sulfate de magnésie. Il y a plusieurs moyens d'en faire l'analyse. Voici les trois principaux.

1°. On précipite l'acide sulfurique par l'acétate de baryte; le poids du précipité donne la proportion de l'acide sulfurique; on précipite ensuite l'excès de baryte par le carbonate ou par l'oxalate d'ammoniaque; on évapore à siccité, et l'on calcine les sels. Le résidu est un mélange de sous-carbonate alcalin et de magnésie caustique; on le pèse, on le laisse exposé à l'air; il tombe bientôt en déliquescence s'il contient de la potasse; on le traite par l'eau: la magnésie reste; on la pèse, et l'on a, par différence, le poids du carbonate alcalin. On examine ensuite si ce carbonate est à base de potasse, de soude ou de lithium. Lorsque les sulfates obtenus sont bien neutres, il suffit de déterminer très exactement la proportion de l'acide sulfurique et de la magnésie pour connaître la nature de l'alcali; les autres déterminations ne servent que de moyens de vérification.

2°. On précipite en même temps l'acide sulfurique et la magnésie par l'eau de baryte, puis l'excès de baryte par le carbonate d'ammoniaque; on évapore et l'on calcine: on a le sous-carbonate alcalin pur. On

sépare ensuite la magnésie du sulfate de baryte au moyen d'un acide.

3°. On précipite la magnésie par l'eau de chaux, la chaux par le carbonate ou par l'oxalate d'ammoniaque; on évapore et l'on calcine : on a alors la magnésie immédiatement et l'alcali à l'état de sulfate.

Comme l'analyse des pierres par la potasse est toujours plus simple et plus facile que celle que l'on peut faire par tout autre moyen, lorsqu'on n'a pas la certitude de la présence d'un alcali, il est convenable d'en faire d'abord la recherche, indépendamment de toutes les autres substances. On procède à cette recherche comme il suit :

On mêle la pierre porphyrisée avec trois fois son poids de céruse (1); on met le mélange dans un creuset de Hesse de grandeur telle, qu'il en soit à moitié rempli, et l'on introduit ce creuset dans un autre creuset de la même espèce. On chauffe à la température du rouge-blanc, jusqu'à ce que la matière soit parfaitement liquide. Alors on retire le petit creuset, et, lorsqu'il est refroidi, on le concasse, et l'on trie avec soin le verre et toutes les portions du creuset auxquelles il adhère. On réduit le tout en poudre fine, et l'on fait bouillir cette poudre avec de l'acide muriatique

(1) Comme on n'opère pas dans un creuset métallique, il est inutile de mêler la céruse avec du nitrate de plomb, qui coûte beaucoup plus cher. On pourrait encore remplacer la céruse par le minium ou par la litharge pure.

pur. Quand on juge que l'acide a suffisamment agi, on fait évaporer à siccité; on reprend par une petite quantité d'eau bouillante, on décante et on lave à plusieurs reprises avec peu d'eau. La silice se trouve séparée avec la plus grande partie du plomb à l'état de muriate. On précipite ce qu'il en reste dans la dissolution, ainsi que toutes les terres et les oxides métalliques qui proviennent de la pierre, par l'eau de chaux, puis la chaux par le carbonate d'ammoniaque bouillant; on évapore à siccité, on ajoute au résidu un peu d'acide sulfurique, et on le calcine : l'alcali reste à l'état de sulfate. Si l'on était assuré de l'absence de la magnésie, on pourrait précipiter immédiatement la liqueur muriatique par le carbonate d'ammoniaque, sans employer l'eau de chaux.

Le procédé pour analyser les pierres est, à quelques modifications près, le même pour toutes; il peut être cependant plus ou moins compliqué, selon qu'il y a un plus ou moins grand nombre de corps combinés entre eux; mais il n'entre pas dans notre plan de donner un cours complet d'analyse : un ouvrage sur ce sujet serait de la plus grande importance; nous nous proposons de nous en occuper plus tard. Nous nous bornons à indiquer ici quelques applications des réactifs à l'analyse. Pour de plus grands détails, on peut consulter et les analyses publiées par les savans, et l'ouvrage de M. Thénard, dans le V^e volume; on y trouvera les divers procédés d'analyses qui sont usités.

APPLICATIONS DE QUELQUES RÉACTIFS A L'ANALYSE DES
EAUX MINÉRALES.

Les eaux minérales sont extrêmement répandues dans la nature; elles varient suivant le sol, la température, les changemens atmosphériques, celui des couches qu'elles traversent; elles contiennent des corps gazeux, des sels, des matières végétales et animales, etc.

DES EAUX MINÉRALES.

On peut à la rigueur considérer toutes les eaux que l'on rencontre dans le sein de la terre, ou celles qui coulent ou séjournent à sa surface, comme autant d'eaux minérales; elles ne diffèrent les unes des autres que par le nombre et les proportions des substances qu'elles renferment: l'usage a cependant consacré le nom d'*eaux minérales*, pour désigner les solutions qui contiennent assez de matières étrangères pour être douées d'une action médicamentuse marquée sur l'économie animale.

Les eaux minérales varient suivant le sol, la température, les changemens atmosphériques: les unes sont *froides*, d'autres sont *tièdes* ou *thermales*, quelques-unes sont *très chaudes*; elles contiennent des gaz, des sels, etc., etc.

On a trouvé, en assez grand nombre, des substances fixes et des gaz dans les eaux qui ont été examinées; de ce nombre sont les substances gazeuses observées jus-

qu'aujourd'hui: l'oxigène, l'azote, l'acide carbonique, l'acide hydro-sulfurique et l'acide sulfureux. Les substances fixes sont le brôme, l'iode, l'acide borique, la silice, la soude, des sulfates, des nitrates, des hydro-chlorates, des hydro-sulfates, des carbonates, des phosphates, des borates, des matières végétales et animales, etc. La première précaution à prendre, lorsque l'on veut examiner une eau minérale, c'est de reconnaître la situation et la nature des terrains qu'elle traverse, ou ceux sur lesquels elle coule, les végétaux qui croissent sur ses bords, le dépôt qui s'y forme, enfin ses propriétés physiques et chimiques.

Avant de se livrer à l'analyse exacte d'une eau minérale, il faut rechercher d'abord les indices de sa composition dans ses caractères extérieurs: l'odeur, la saveur, l'apparence trouble ou limpide, le poids spécifique, etc. On doit ensuite chercher à reconnaître d'avance les substances qui entrent dans la composition de l'eau que l'on veut analyser; pour cela, on essaie l'action de divers réactifs. Ceux qui sont les plus usités pour les eaux minérales sont: 1°. la teinture de tournesol bleue, qui décèle la présence d'un acide en changeant de couleur, passant du bleu au rouge. La nature de l'acide qui produit cet effet doit être déterminée par d'autres réactifs. Si l'eau minérale, portée à l'ébullition, se trouble, et laisse déposer un précipité pulvérulent, il est probable qu'elle contient des carbonates (ceux de chaux ou de magné-

sie) rendus solubles par un excès d'acide carbonique.

2°. La teinture bleuâtre des dalhias et des mauves, le sirop de violettes, etc. Si la couleur de ces teintures ou celle du sirop est virée au vert, ce phénomène indique la présence d'un *alkali*. Si l'ébullition ôte à cette eau ses propriétés alcalines, on peut en conclure qu'elle les devait à l'ammoniaque ou au carbonate de cette base.

Une eau qui ne présenterait aucune de ces propriétés ne contiendrait ni acide, ni alkali en excès, mais seulement des sels neutres.

3°. L'acétate de plomb, par le précipité blanc qu'il fournit, ou par la couleur noire que celui-ci pourrait affecter; indique ou des carbonates, ou des sulfates, ou de l'acide hydro-sulfurique libre ou combiné.

4°. L'acide gallique, ou même la noix de galles, ou son infusion, en communiquant à l'eau une couleur brune ou noire, décèle la présence d'un sel de fer.

5°. L'acide oxalique, ou un oxalate soluble, indique la chaux, en déterminant un précipité brillant, nacré, qui, desséché et calciné, laisse un résidu dans lequel il est aisé de reconnaître l'oxide de calcium.

6°. L'acide phosphorique peut indiquer la *chaux*, par le précipité de phosphate de chaux qu'il forme, et dont les propriétés sont bien caractéristiques.

7°. La solution acide d'amidon désigne l'iode et ses sels, en prenant une couleur bleue.

8°. Le nitrate d'argent, s'il forme un précipité cailléboté, soluble dans l'ammoniaque, insoluble dans un excès d'acide nitrique, indique la présence de l'acide hydro-chlorique libre ou combiné. S'il donne à la liqueur une couleur noire, il indique la présence de l'hydrogène sulfuré ou celle des hydro-sulfates.

9°. L'arseniate de potasse, s'il donne un précipité vert-pomme, indique la présence du cuivre. On reconnaît encore les solutions de ce métal par l'hydrocyanate ferruré de potasse, qui donne un précipité lie de vin ou brun-marron; ou encore par l'ammoniaque en excès, qui développe une teinte bleue; ou bien par une lame de fer décapée, qui se recouvre d'une couche cuivreuse.

10°. La baryte et ses sels solubles déterminent un précipité insoluble dans l'eau et dans les acides concentrés, si l'eau qu'on examine contient de l'acide sulfurique ou un sulfate; si le précipité est soluble avec effervescence, elle indique l'acide carbonique ou un carbonate; si le précipité n'est qu'en partie soluble avec effervescence, on en conclut qu'il y a un carbonate et un sulfate, ou des acides susceptibles de donner naissance à ces sels.

11°. La chaux, mise en assez grande quantité dans l'eau pour former une pâte, indique une combinaison d'ammoniaque, lorsqu'elle dégage de ce liquide des vapeurs qui bleuissent le papier de tournesol rougi et qui ont une odeur forte, irritante. Cette odeur,

particulière à l'ammoniaque, est facile à reconnaître. Les vapeurs ammoniacales deviennent opaques et très visibles lorsqu'on expose au milieu d'elles un tube imprégné d'acide nitrique ou d'acide hydro-chlorique étendu d'eau.

Si le sel ammoniacal, autre que le carbonate ou l'hydro-sulfate, était en petite quantité dans l'eau, il faudrait réduire la liqueur par l'évaporation au dixième de son volume, puis traiter par la chaux. Si les deux premiers sels, ou l'un seulement, étaient contenus en très faible proportion, on décelerait leur présence en recueillant, dans un peu d'acide étendu d'eau, les premiers produits de la distillation de cette eau minérale.

12°. La solution de proto-sulfate de fer indique la présence de l'oxigène dans une eau minérale, en se troublant et en fournissant un précipité jaunâtre.

13°. L'hydro-cyanate ferruré de potasse, en déterminant dans les liquides un précipité bleu ou brun-marron, peut indiquer la présence de fer ou celle du cuivre.

14°. Le mercure métallique prend une couleur noire lorsque l'eau contient de l'hydrogène sulfuré ou un hydro-sulfate.

15°. L'acide sulfurique peut démontrer la présence de la baryte ou de la strontiane en fournissant des précipités insolubles.

16°. L'hydro-chlorate de platine sert à précipiter les sels à base de potasse.

MÉTHODE A SUIVRE POUR ANALYSER UNE EAU MINÉRALE.

Après avoir acquis quelques données sur les matières qu'une eau minérale contient, on doit chercher à en extraire les principes volatils. On en fait ensuite évaporer une assez grande quantité pour obtenir un résidu solide de 15 à 20 grammes; on délaie ce résidu dans l'eau distillée, on filtre, on rapproche à siccité la solution claire; on traite le deuxième résidu par l'alcool à une douce chaleur. De cette manière, on partage en quatre toutes les substances contenues, et chaque produit ainsi fractionné en contient au plus trois qu'il est facile d'isoler.

Produits volatils. Pour séparer ces produits, on introduit l'eau dans un ballon, auquel on a adapté un tube également rempli d'eau, et qui va s'engager sous une cloche pleine de mercure. On chauffe; les gaz se dégagent, et, lorsqu'on les a obtenus sous la cloche, on en prend dans plusieurs petites cloches, dites *éprovettes*, afin de reconnaître chacun des gaz contenus en les mettant en contact avec plusieurs réactifs. L'eau de baryte, en fournissant un précipité blanc, soluble avec effervescence dans les acides, indiquera l'acide carbonique; une solution d'acétate de plomb ou de nitrate d'argent annoncera l'acide hydro-sulfurique (l'hydrogène sulfuré), en donnant naissance à un précipité noir; l'acide sulfureux pourrait être reconnu par l'acide sélénique, ou mieux, par le borax qui l'absorbera. L'oxigène sera décelé

par du phosphore que l'on fera brûler, ou par du chlore qui le convertira en eau : l'azote ne pouvant être absorbé par aucun de ces réactifs, formera un résidu gazeux qui éteindra les corps en combustion.

Si l'on veut déterminer la quantité d'oxygène et d'azote qu'une eau minérale contient, on enlève d'abord, par une addition convenable de potasse, tout le gaz acide carbonique. Si cette eau contient du gaz acide hydro-sulfurique, on le décompose par une solution d'acétate de cuivre, et l'on apprécie la quantité de sulfure formée, après avoir fait dégager les gaz azote et oxygène (1). Pour y parvenir, on fait bouillir l'eau : ces gaz se dégagent ; à l'aide du tube recourbé, ils vont se rendre sous la cloche à mercure. Quand le volume de gaz n'augmente plus dans la cloche, on fait cesser l'ébullition, on détermine le rapport de l'oxygène avec l'azote, à l'aide d'un eudiomètre. (*Voyez l'Analyse de l'air.*)

Si l'on veut connaître quelle est la quantité d'acide carbonique, on remplit d'eau un matras d'un litre et demi de capacité, et le tube qui s'engage sous une

(1) On peut encore estimer la quantité d'acide hydro-sulfurique libre ou combiné, en se servant du sulfate ou de l'acétate de cuivre. Il faut ajouter à l'eau un peu d'acide hydro-chlorique pour décomposer les carbonates qu'elle peut contenir, puis verser ensuite du sulfate de cuivre dissous en excès ; il se produit un dento-sulfure de cuivre ; ce sulfure, recueilli sur un filtre, lavé et séché, fait reconnaître par son poids quelle est la quantité de soufre, et par conséquent celle de l'acide hydro-sulfurique.

cloche graduée pleine de mercure, et l'appareil étant disposé comme ci-dessus, on chauffe l'eau jusqu'à l'ébullition, qu'on entretient pendant dix minutes. L'oxygène et l'azote passent sous la cloche mêlés avec l'acide carbonique et avec un peu d'eau ; on laisse refroidir le mélange gazeux, et quand il est à une température et sous une pression bien déterminées, on prend note de son volume. Pour estimer la quantité d'acide carbonique dissous dans l'eau, il faut agiter ce liquide dans le gaz pour l'en saturer, et observer que l'eau, à la température de 20° et sous la pression de 0,76, dissout un volume de cet acide égal au sien ; ou mieux encore, on double la quantité d'eau que la cloche contient ; on la sature d'acide carbonique, en l'agitant ; on observe l'absorption, qu'il suffit de doubler pour connaître toute la quantité d'acide en solution dans l'eau.

Pour déterminer la quantité d'acide carbonique contenue dans le mélange gazeux, on prend une portion de celui-ci dans une éprouvette graduée, on note le volume, on ajoute de la potasse ; on reconnaît l'absorption, qui est entièrement due au gaz acide carbonique.

La quantité d'acide hydro-sulfurique est appréciée par le sulfate de cuivre, à l'aide des précautions indiquées dans la note précédente.

Si l'eau que l'on examine contient de l'acide sulfureux, facile à reconnaître à son odeur ou par les réactifs indiqués plus haut, on en détermine la propor-