

sulfuré par l'ébullition, et l'on cherche, par le nitrate d'argent, l'acide chlorhydrique, l'acide bromhydrique et l'acide iodhydrique. On distingue ces trois acides par les procédés indiqués pour les sels solubles dans l'eau.

B. *Le sel ne noircit pas par le sulfhydrate d'ammoniacque.* — On mélange une petite quantité du composé, réduit en poudre fine, avec quatre fois son poids de carbonate double de soude et de potasse, et l'on fond le tout dans un petit creuset de platine sur la lampe à double courant d'air. On laisse refroidir la masse fondue, puis on la fait bouillir avec de l'eau.

Tout se dissout. — On sursature la solution par l'acide chlorhydrique, et l'on évapore à siccité. Un résidu blanc, insoluble dans l'acide chlorhydrique dilué, indique la silice.

Il reste un résidu blanc. — Dans ce cas, le corps proposé est un sulfate alcalino-terreux, du fluorure de calcium ou du fluosilicate de baryte. On filtre, on lave avec soin le résidu de carbonate insoluble, puis on le dissout dans une petite quantité d'acide chlorhydrique dilué, et l'on détermine, par les essais indiqués précédemment pour les sels solubles dans l'eau, si la solution contient de la baryte, de la strontiane ou de la chaux.

Dans la liqueur séparée par le filtre du carbonate insoluble, on cherche l'acide sulfurique au moyen du chlorure de baryum.

Si l'on ne découvre pas cet acide, il faut chercher l'acide fluorhydrique et l'acide fluosilicique en chauffant le sel proposé avec de l'acide sulfurique concentré : l'acide

fluorhydrique se reconnaîtra à l'action corrosive qu'il exerce sur le verre; l'acide fluosilicique, à la formation de silice gélatineuse qu'on observera en dirigeant dans l'eau les vapeurs dégagées par l'acide sulfurique concentré.

II

ESSAI DES EAUX POTABLES ET ANALYSE
DES EAUX MINÉRALES.

447. La marche à suivre dans l'analyse qualitative des eaux naturelles ne diffère pas essentiellement de celle qui a été exposée dans la quatrième partie, sous le titre de *Méthode générale*. La forme constante sous laquelle se trouvent plusieurs substances salines, la proportion souvent considérable de certains éléments, relativement à d'autres que l'on ne rencontre qu'en très minime quantité, nécessitent seulement quelques modifications qui rendent ces recherches à la fois plus promptes et plus sûres.

On trouvera, dans le second volume de cet ouvrage (page 616), les méthodes à l'aide desquelles on dose les diverses substances qui entrent dans la composition des eaux minérales et des eaux potables.

Essai des eaux potables.

448. Une eau est potable lorsqu'elle est bien aérée, qu'elle ne contient qu'une très petite quantité de sels terreux et alcalins, et qu'elle ne renferme pas en dissolution des matières organiques en quantité sensible.

Les eaux naturelles contiennent toujours en dissolution une certaine quantité d'air qu'on peut mettre en évidence en les faisant bouillir dans un matras A (fig. 125) au col

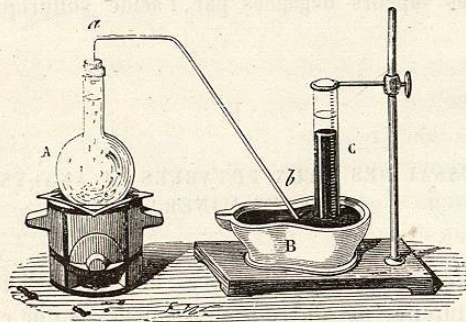


Fig. 125.

duquel se trouve fixé un tube recourbé *ab* conduisant le gaz dans une éprouvette C renversée sur le mercure. Le matras doit être entièrement rempli d'eau, et l'extrémité du tube, traversant le bouchon, doit affleurer la surface inférieure de celui-ci, de manière qu'en l'engageant dans le col du matras, on force l'eau à expulser tout l'air et à remplir le tube. Dès la première impression de la chaleur, on voit se développer des bulles de gaz se rendant ensuite dans l'éprouvette; ce dégagement gazeux s'arrête après quelques minutes d'ébullition. Après le refroidissement, on mesure le gaz avec les précautions usitées (*Anal. quant.*, p. 32 et 562).

Les bonnes eaux, dites *légères*, donnent ainsi, par litre, de 28 à 30 centimètres cubes d'air, renfermant plus d'oxygène que l'air ambiant, ainsi qu'une quantité d'acide carbonique très faible. Les eaux *crues* ou *lourdes* dégagent,

par l'ébullition, un volume d'air moins considérable, et cet air renferme généralement moins d'oxygène et plus d'acide carbonique que l'air ordinaire ¹.

Les eaux potables contiennent toujours une très petite quantité de *bicarbonate de chaux*. On s'assure de la présence de ce sel en ajoutant à l'eau une goutte d'une teinture alcoolique de bois de Campêche; il se produira ainsi peu à peu une coloration violette due à la combinaison de la matière colorante (hématine) avec la chaux; cette coloration paraîtra immédiatement, si l'eau renferme beaucoup de sel calcaire. L'eau de pluie et l'eau distillée ne la donnent pas (DUPASQUIER).

La quantité de bicarbonate de chaux contenue dans une eau potable doit toujours être assez faible pour que cette eau reste limpide par l'ébullition: les eaux de mauvaise qualité, trop chargées de sel calcaire, se troublent toujours par l'ébullition et déposent du carbonate de chaux neutre en quantité plus ou moins considérable.

Les eaux légères, bonnes comme boissons, contiennent aussi, en très petite quantité, des *chlorures* et des *sulfates* à base de *chaux*, de *soude* (ou de *potasse*) ou de *magnésie*. Elles se troublent par l'addition d'une goutte de nitrate d'argent ou de chlorure de baryum. Si les sels terreux renfermés dans l'eau s'y trouvent en proportion normale, elle dissoudra bien le savon. Lorsque l'addition, à l'eau, de quelques gouttes d'une solution de savon blanc dans

1. On sait que l'air dissous dans l'eau renferme environ 33 volumes d'oxygène pour 100, tandis que l'air atmosphérique n'en contient que 21 p. 100.

L'esprit-de-vin produit immédiatement des grumeaux, ceux-ci indiquent la présence d'un excès de sels terreux dont la base forme, avec l'acide gras du savon, un précipité insoluble dans l'eau. Dans le cas où les grumeaux n'apparaissent qu'au bout d'un certain temps, les sels terreux ne sont pas assez abondants pour être préjudiciables à l'économie. On peut d'ailleurs s'assurer de la proportion des sels dissous dans une eau, en évaporant celle-ci à siccité.

La plupart des eaux naturelles renferment en dissolution des traces presque inappréciables de *matières organiques*. Lorsque ces matières s'y trouvent en quantité sensible, elles peuvent exercer sur la santé une action fâcheuse, et une eau qui en est chargée doit toujours être rejetée comme boisson. Le chlorure d'or fournit à cet égard de bonnes indications : si quelques gouttes de ce réactif communiquent à l'eau une couleur jaune que l'ébullition du liquide n'altère pas, on peut en conclure que l'eau ne contient pas de matières organiques en quantité sensible; si, au contraire, le chlorure d'or rend l'eau violette et trouble, cette réaction dénote la présence d'un excès de matières organiques, par lequel le sel d'or est réduit à l'état métallique. La coloration violette est due à des particules d'or, extrêmement divisées, qui sont maintenues en suspension dans le liquide (DUPASQUIER).

L'eau chargée de matières organiques donne toujours, par l'évaporation, un résidu qui devient noir ou brun par une forte chaleur.

Dans le cas où l'on voudrait rechercher directement toutes les substances qu'une eau tient en dissolution, il faudrait

suivre la marche décrite ci-dessous pour l'analyse des eaux minérales.

Analyse des eaux minérales.

449. Parmi les nombreuses substances qui font partie des eaux minérales, les unes, dont la présence est à peu près constante, y prédominent ordinairement assez pour que leur recherche qualitative ne puisse présenter aucune difficulté; tels sont la potasse, la soude, la chaux, la magnésie, l'oxyde de fer, la silice, les acides sulfurique, chlorhydrique, sulhydrique et carbonique. D'autres, et notamment l'ammoniaque, la lithine, la strontiane, la baryte, l'alumine, l'arsenic, l'antimoine, le cuivre, le cobalt, le nickel, le brome, l'iode, le fluor, les acides nitrique, borique et phosphorique, bien que concourant fréquemment à la minéralisation des sources, n'y existent cependant qu'en proportion très-minime et exigent, pour être déterminées avec certitude, une opération spéciale faite sur un volume d'eau plus considérable. Souvent même on ne peut déterminer leur présence avec certitude qu'en les recherchant dans les sédiments boueux ou dans les concrétions calcaires que déposent la plupart des eaux minérales.

Certaines sources renferment également des matières organiques, parmi lesquelles les acides crénique et apocrénique doivent particulièrement fixer l'attention du chimiste. Enfin, il faut aussi déterminer la nature des gaz tenus en dissolution dans les eaux, ou qui se dégagent spontanément à leur émergence.

On procède à ces recherches dans l'ordre suivant :

450. **Acides carbonique, sulfurique, chlorhydrique.** — On détermine ces acides par les réactions ordinaires, en opérant, pour chacun d'eux, sur un volume d'eau spécial.

451. **Silice.** — Pour rechercher la silice dans une eau minérale, il faut évaporer à sec un litre de cette eau, préalablement acidulée par l'acide chlorhydrique, calciner le résidu, le reprendre par l'acide chlorhydrique fort, puis par l'eau distillée, le recueillir sur un filtre et le laver. Si l'eau analysée contient de la silice, on obtiendra ainsi un résidu blanc se dissolvant facilement dans les alcalis caustiques, à moins qu'il ne soit mélangé avec du sulfate de baryte ou du sulfate de strontiane, qui sont insolubles dans une lessive alcaline. Il faudra d'ailleurs examiner si le produit obtenu présente au chalumeau les caractères de la silice.

452. **Acide sulfhydrique.** — L'odeur seule suffit quelquefois pour accuser la présence de l'hydrogène sulfuré, et les réactifs ordinaires permettent alors de le déterminer avec une entière certitude. Mais, si l'eau n'en contient que des traces, ces réactions sont douteuses et peuvent être masquées par l'acide carbonique coexistant en proportion relativement considérable. On peut, dans ce cas, employer avec avantage le nitroprussiate de soude; une goutte de ce réactif, versée dans l'eau minérale, additionnée d'un léger excès de potasse, y détermine une magnifique coloration pourpre, si elle contient les moindres traces d'hydrogène sulfuré.

453. **Oxyde de fer, chaux, magnésie, potasse,**

soude. — L'eau destinée à cette recherche doit être acidulée par l'acide chlorhydrique, puis évaporée à siccité. Après avoir repris le résidu par l'acide chlorhydrique fort, on ajoute de l'eau distillée et l'on filtre afin de séparer la silice. Pour déterminer les diverses substances contenues dans le liquide filtré, on suivra la marche décrite dans la quatrième partie.

454. **Arsenic, cuivre.** — Ces substances, n'existant jamais qu'en proportion excessivement faible dans les eaux minérales, exigent pour leur détermination qualitative un volume de liquide considérable. Il convient ordinairement d'opérer sur 10 litres que l'on réduit au vingtième par l'évaporation. Après avoir additionné la liqueur concentrée de quelques gouttes d'acide chlorhydrique, on y ajoute un peu d'acide sulfureux, puis on y fait passer un courant d'hydrogène sulfuré. Il faut laisser déposer le précipité pendant vingt-quatre heures, le recueillir alors sur un petit filtre, le laver avec soin à l'eau bouillante, et le traiter ensuite, à deux ou trois reprises, par l'ammoniaque étendue.

La liqueur ammoniacale filtrée doit être soumise au traitement décrit plus loin pour la recherche de l'arsenic.

Le cuivre doit se trouver, à l'état de sulfure, dans le résidu insoluble retenu par le filtre. Pour mettre la présence de ce métal en évidence, il faut incinérer le filtre dans une petite capsule de porcelaine, et traiter les cendres par quelques gouttes d'acide nitrique concentré; la solution nitrique doit donner, avec l'ammoniaque et le ferrocyanure de potassium, les réactions qui caractérisent le cuivre.

455. — **Acide phosphorique, alumine, manganèse.** — Ces substances peuvent être déterminées dans la liqueur séparée par le filtre du précipité de sulfure d'arsenic et de sulfure de cuivre (454). Dans ce but, on chasse par l'ébullition l'excédent d'hydrogène sulfuré, et on précipite par l'ammoniaque. Le précipité contient l'acide phosphorique, l'alumine, l'oxyde de fer, un peu de chaux et de manganèse; on le recueille sur un filtre, et, après l'avoir lavé à l'eau distillée, on le dissout dans l'acide nitrique étendu, en évitant d'en ajouter plus qu'il n'est nécessaire. L'acide phosphorique doit être recherché dans la solution nitrique au moyen du nitrate acide de bismuth. La liqueur filtrée, traitée préalablement par l'hydrogène sulfuré pour éliminer le bismuth ajouté en excès, servira à la détermination de l'alumine. On la sépare d'avec le fer au moyen de l'hyposulfite de soude (voy. *Anal. quant.*, page 282), et on recherche le manganèse dans la liqueur après en avoir précipité le fer par le carbonate de baryte. Comme le manganèse ne se trouve qu'en très petite quantité dans les eaux minérales, on doit le rechercher de préférence dans les sédiments qu'elles laissent déposer.

456. **Lithine.** — Le liquide ammoniacal, séparé dans l'opération précédente du précipité contenant l'acide phosphorique, l'alumine et le manganèse, peut servir à la recherche de la lithine. A cet effet, il faut d'abord séparer la chaux par l'oxalate d'ammoniaque, la magnésie par l'hydrate de baryte, et éliminer l'excédent de baryte par le carbonate d'ammoniaque, puis filtrer, évaporer à sec et calciner pour chasser les sels ammoniacaux. On dissout ensuite le résidu dans une petite quantité d'eau, on ajoute

quelques gouttes d'une solution de phosphate de soude, et on évapore de nouveau à sec. La matière, reprise par un peu d'eau distillée, doit laisser alors un résidu peu soluble de phosphate double de lithine et de soude. Avant de se prononcer sur la présence de la lithine, il faudra s'assurer que ce résidu colore le dard du chalumeau en rouge intense¹.

457. **Baryte, strontiane.** — Il est rare que l'on puisse déceler la présence de ces bases dans les eaux elles-mêmes, car elles ne s'y trouvent qu'en proportion excessivement faible. Le mieux est de recourir aux sédiments ou aux concrétions, qui en renferment souvent des traces. Il convient d'opérer sur 40 à 50 grammes de matières; après dissolution dans l'acide chlorhydrique, il faut évaporer à sec, calciner, et reprendre par le même acide fort, puis par l'eau. On obtient ainsi comme résidu insoluble la silice mélangée aux sulfates de baryte et de strontiane. Ce mélange étant recueilli sur un filtre, on le lave complètement, et on l'attaque ensuite par le carbonate de soude au creuset de platine. Le produit, traité par l'eau, laisse pour résidu les carbonates de baryte et de strontiane, qu'il est aisé de caractériser par leurs réactions.

1. La nouvelle méthode analytique de MM. Kirchhoff et Bunsen, fondée sur l'observation du spectre, permet de déceler la présence de la lithine avec autant de facilité que de certitude. Lors même qu'une eau minérale ne contient que des traces de lithine, il suffit d'en évaporer une petite quantité, et de séparer par le filtre le précipité de carbonates terreux produit par l'ébullition. Un fil de platine plongé dans les eaux mères filtrées et porté dans la flamme, produit immédiatement la raie Lia qui caractérise si nettement la lithine. En opérant comme il vient d'être dit, il nous a été facile de découvrir la lithine dans plusieurs eaux minérales.

458. **Métaux proprement dits.** — Le liquide séparé dans l'opération précédente du résidu insoluble de silice et de sulfate alcalino-terreux, peut servir à déterminer le cobalt, le nickel et tous les autres métaux. On procédera à cette recherche en suivant la marche générale exposée dans la quatrième partie.

459. **Brome, iode.** — Ces éléments ne se trouvent qu'en très faible quantité dans les eaux minérales. Pour les rechercher, il faut évaporer à siccité, en présence d'un peu de potasse très-pure, un volume assez considérable du liquide à analyser, et reprendre le résidu par de l'alcool qui dissoudra les bromures et les iodures. Après avoir chassé l'alcool par l'évaporation, on recherche le brome et l'iode par les moyens ordinaires.

460. **Fluor.** — Le fluor doit être recherché dans les sédiments par le procédé décrit page 323.

461. **Acide borique.** — La plupart des sources minérales contiennent des traces de cet acide. Pour s'assurer de sa présence, il faut, suivant M. H. Rose, évaporer à siccité 2 ou 3 litres d'eau à examiner, et reprendre le résidu par une quantité assez considérable d'acide chlorhydrique. Une bande de papier de curcuma, étant plongée dans la liqueur acide, prend par la dessiccation à 100 degrés une coloration plus ou moins brune qui caractérise l'acide borique.

462. **Acide nitrique.** — Le meilleur moyen de déterminer des traces de cet acide consiste à réduire par l'évapora-

tion quelques litres d'eau à un petit volume, et à séparer, par le filtre, les substances devenues insolubles. Si la liqueur contient des nitrates, elle colorera en rose le mélange d'acide sulfurique concentré et de sulfate de protoxyde de fer réduit en poudre (321, p. 339).

463. **Matières organiques.** — Parmi les matières organiques que peuvent contenir les eaux minérales, les unes sont organisées, et leur détermination appartient au naturaliste, les autres, encore mal définies, ne sauraient être caractérisées avec certitude par le chimiste. Toutefois, les acides *créniques* et *apocréniques*, étudiés par Berzelius, doivent être recherchés dans les sédiments boueux que laissent déposer les sources ferrugineuses.

Dans ce but on délaye les sédiments dans une lessive de potasse caustique, et on filtre après un quart d'heure d'ébullition. La liqueur, ordinairement colorée en jaune, contient les deux acides à l'état de sels de potasse; neutralisée par l'acide acétique et additionnée d'acétate de cuivre, elle donnera un précipité brun d'*apocrénate de cuivre*. Au liquide filtré, préalablement saturé par le carbonate d'ammoniac, on ajoute de nouveau l'acétate de cuivre; on obtient ainsi un précipité verdâtre de *crénate de cuivre*.

464. **Examen des gaz dissous.** — L'eau minérale, portée à l'ébullition dans un ballon muni d'un tube abducteur entièrement rempli de liquide (448, fig. 125), laisse dégager tous les gaz qu'elle tient en dissolution. On recueille ces gaz sur le mercure, et on détermine leur nature en suivant la marche décrite ci-après. (Voy., n° 466,

la manière de recueillir les gaz qui se dégagent spontanément des sources.)

III

ANALYSE DES MÉLANGES GAZEUX.

Manière de recueillir et de transvaser les gaz.

465. On peut réduire à trois les méthodes qu'on emploie pour recueillir les gaz. La première, peu usitée, consiste à les recevoir dans des ballons munis de bons robinets et vidés préalablement au moyen de la machine pneumatique.

La seconde est fondée sur le déplacement de l'air par les gaz eux-mêmes qu'il s'agit de recueillir : on en fait usage lorsqu'on ne peut pas les recevoir sur l'eau ou sur le mercure, soit à cause de leur grande solubilité, soit à cause de l'action chimique qu'ils exercent sur ces liquides. Les gaz qui se distinguent par une pesanteur spécifique très-grande ou très-faible sont particulièrement propres à être recueillis par cette méthode. Lorsque les gaz sont plus pesants que l'air, comme, par exemple, le chlore ou l'acide carbonique, on fait arriver jusqu'au fond de l'éprouvette où on veut les recueillir l'orifice du tube par où ils se dégagent, et l'on accélère le courant de gaz ; l'air se déplace ainsi peu à peu à mesure que le gaz plus pesant s'élève dans l'éprouvette. On procède de même avec des gaz bien plus légers que l'air, comme par exemple l'hydrogène, seulement on renverse alors l'éprouvette, de manière que son ouverture soit tournée vers le bas.

D'après la troisième méthode, on recueille les gaz sur l'eau ou sur le mercure. C'est la plus usitée dans les laboratoires de chimie, et celle qui présente, dans les arts, les applications les plus fréquentes.

L'eau est moins avantageuse que le mercure pour la conservation des gaz, parce qu'elle permet la diffusion entre le gaz confiné sur elle et l'air extérieur. Aussi, lorsqu'il s'agit de conserver un gaz pendant quelque temps, est-il avantageux de le recueillir dans une fiole étroite qu'on bouche sous l'eau immédiatement après y avoir introduit le gaz, et qu'on tient ainsi renversée sur l'eau ; on peut même recouvrir le bouchon de cire à cacheter, s'il s'agit de conserver le gaz pendant très longtemps.

Lorsqu'on opère sur les gaz, il est utile, dans beaucoup de cas, d'avoir un petit appareil qui permette de les re-

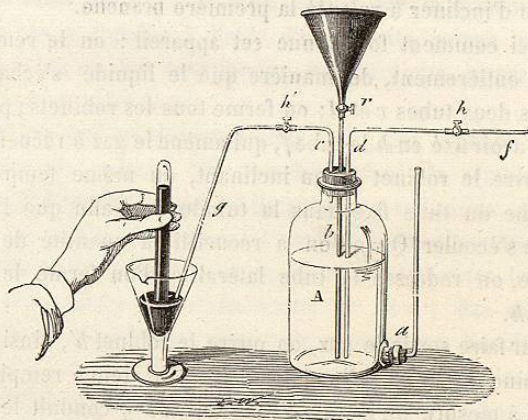


Fig. 126.

cueillir et de les transvaser avec facilité. Voici un petit gazomètre (fig. 126) qu'on peut construire soi-même et