

*trempe à la volée, trempe au paquet, etc.* Dans la plupart de ces procédés on emploie des mélanges qui contiennent, dans des proportions diverses, du carbone et des substances plus ou moins azotées, telles que des sels ammoniacaux, des râpures de corne, des débris de cuir, de la suie, etc., etc. Le résultat de ces procédés empiriques est une cémentation plus ou moins profonde selon la destination des pièces, et, par suite, une disposition de leur surface extérieure à se durcir par la trempe proprement dite.

Après M. le général Morin, quelques autres membres de l'Académie donnèrent leur avis sur la question. M. Chevreul, entre autres, prétendit qu'il fallait voir dans l'acier, non une combinaison chimique, mais un état physique particulier du fer. Ce n'est pas la première fois que l'on veut faire de l'acier un simple état physique du métal, et plusieurs auteurs de métallurgie ont développé cette considération. Mais M. Chevreul n'a cité aucun fait concluant à l'appui de cette vue. On a bien vite fait de se rejeter, pour se tirer d'un cas complexe, sur un pur état physique des corps, mais il faudrait fournir des preuves directes en faveur de cette opinion. D'ailleurs, considérer l'acier comme un simple état physique du fer serait un aveu d'impuissance de la part de la chimie, et les belles expériences de M. Frémy montrent bien que la chimie est loin d'avoir abdiqué ses droits dans cette question.

Les recherches de M. Frémy, qui tendent à modifier si profondément les idées actuelles sur la composition et la nature de l'acier, ne pouvaient manquer de susciter un grand nombre d'observations de la part des métallurgistes ou des théoriciens. Dans sa séance du 1<sup>er</sup> avril 1861, l'Académie des sciences reçut à ce sujet diverses communications très-dignes de remarque, et dont nous allons présenter l'ensemble.

Pour mettre de l'ordre dans cet exposé, nous distingue-

rons, parmi ces communications, celles qui confirment, d'une manière plus ou moins complète, la théorie formulée par M. Frémy, et qui fait de l'acier non un simple carbure de fer, comme on l'admet généralement, mais un azoto-carbure, c'est-à-dire un mélange d'azoture et de carbure de fer, et celles qui ont été présentées comme contraires à cette théorie.

Parmi les faits confirmatifs de l'opinion de M. Frémy, on a rappelé que la fabrication de l'acier au moyen du gaz de l'éclairage, a été déjà mise en pratique en Angleterre, il y a plus de vingt ans. Un industriel anglais d'un grand mérite, Mac-Intosch, de Glasgow, bien connu comme inventeur des procédés qui ont permis d'employer le caoutchouc, réduit en lames très-minces, à la fabrication de tissus imperméables, est aussi l'inventeur d'un mode de production de l'acier qui consiste à placer des barres de fer portées au rouge dans un courant de gaz de l'éclairage. Ce n'est rien autre chose, comme on le voit, que la première partie du procédé employé par M. Frémy, consistant à soumettre le fer d'abord à un courant de gaz de l'éclairage, ensuite à un courant de gaz ammoniac. Le procédé de Mac-Intosch est consigné en ces termes dans le *Traité de Chimie* de Berzélius<sup>1</sup>.

« Au lieu de cémenter le fer dans du charbon en poudre, Mac-Intosch prépare l'acier de cémentation en chauffant le métal dans un courant lent de gaz carbure d'hydrogène analogue à celui dont on se sert pour l'éclairage. Par ce moyen, le fer se convertit bien plus promptement en acier ; et en continuant de chauffer, après avoir bouché l'ouverture qui donne accès au gaz, le carbone se distribue avec plus d'uniformité. Le métal décompose le gaz, s'empare d'une partie de son carbone, et finirait par se transformer en fonte si l'on continuait l'opération. »

Dans l'article *Acier*, écrit en 1849, par M. Gautier de

<sup>1</sup> Tome III, p. 279, de l'édition française, publiée en 1831.

Claubry, dans le *Dictionnaire de l'industrie* (en dix volumes in-8), on lit :

« Il y a quelques années, en Angleterre, M. Mac-Intosch a imaginé un procédé très-ingénieur pour fabriquer l'acier. Au lieu de cémenter le fer, il le soumettait à l'action de l'hydrogène carboné, qu'il injectait dans les creusets portés à une température convenable. L'acier obtenu était d'un beau grain et d'une nature satisfaisante; cependant, ce procédé n'a pas été suivi. »

Le procédé de Mac-Intosch, breveté en Angleterre, fut aussi breveté en France; on aciérait le fer en le plaçant tout simplement dans les cornues servant à la préparation du gaz de l'éclairage. Mais il semble résulter des lignes précédentes du *Dictionnaire de l'industrie* que ce procédé n'aurait pas donné, au moins en France, de bons résultats.

En 1858, un métallurgiste anglais, M. Saunderson, peu satisfait de la théorie qui rend compte de la formation de l'acier, entreprit de grandes expériences qui jetèrent un jour tout nouveau sur le mode de formation et la composition de cette substance métallique. M. Saunderson constata que le charbon seul ne peut suffire à produire la cémentation, et que le concours successif d'une matière carburée et d'une matière azotée est indispensable pour transformer le fer en acier. Le procédé de M. Saunderson consistait à soumettre le fer à l'action successive du gaz de l'éclairage (hydrogène bicarboné) et du gaz ammoniac. C'est là, on le voit, tout le système qui a été préconisé par M. Frémy. La ressemblance est tellement frappante qu'il nous paraît utile, pour rendre justice à chacun, et rappeler les droits d'un savant étranger à la découverte qui nous occupe, de rapporter avec exactitude les recherches faites en 1858 par le fabricant anglais. M. Niclès, qui donne périodiquement dans le *Journal de pharmacie* l'analyse des travaux chimiques publiés à l'étranger, exposait comme il suit, au mois d'octobre 1859, dans ce

journal (tome XXXVI, p. 310), le résultat des expériences de M. Saunderson :

- « 1° Le fer de forge chauffé en présence du poussier de charbon ne se transforme pas en acier;
- « 2° La transformation a lieu lorsque l'air atmosphérique a de l'excès;
- « 3° L'oxyde de carbone pur est sans action;
- « 4° L'ammoniaque ou l'azotate d'ammoniaque sont incapables d'aciérer le fer;
- « 5° Il en est de même des divers hydrogènes carbonés employés purs;
- « 6° Mais le fer est aciéré lorsqu'on fait intervenir à la fois de l'ammoniaque et du gaz oléfiant;
- « 7° La transformation peut être opérée par de l'ammoniaque pure ou du sel ammoniac lorsqu'on emploie un fer carboné;
- « 8° Le potassium ou sa vapeur ne produit rien; mais il se produit de l'acier quand on emploie du cyanure de fer et de potassium;
- « 9° Le cyanure de potassium pur réussit aussi bien que le cyanoferrure, ce qui prouve que le principe actif ne réside pas dans le fer du cyanoferrure; d'où l'auteur conclut que la transformation n'a lieu qu'à la condition d'un concours simultané du carbone et de l'azote.
- « M. Saunderson ajoute qu'on trouve de l'azote partout où le fer passe à l'état d'acier, qu'il en est ainsi même dans les caisses à cémentation, qui ne sont pas suffisamment closes pour exclure la présence de l'air et par conséquent de l'azote qu'il renferme. Il rappelle à cette occasion le rôle des rognures de peaux, des copeaux de corne et du charbon animal qu'on emploie fréquemment dans la confection de l'acier. On n'en obtient pas en trempant un fer rouge dans de l'huile d'olive pure, mais il s'en produit avec le suif, précisément parce que ce dernier est azoté, grâce aux membranes animales qu'il contient tandis que l'huile d'olive est exempte d'azote.
- « Que si les analyses d'acier faites jusqu'à ce jour ne mentionnent pas la présence de l'azote, c'est, dit l'auteur, parce que ces analyses ont été mal faites ou exécutées sous l'influence d'idées préconçues. »

Voilà presque tout l'ensemble de vues que M. Frémy a développé devant l'Académie des sciences.

Comme grand fait industriel, qui confirme encore les vues de M. Frémy sur la composition de l'acier, il est encore de toute justice de rappeler que depuis l'année 1857, M. le comte de Ruolz, de concert avec M. de Fontenay, ingénieur d'un grand mérite, produit de l'acier par grandes masses au moyen d'un composé azoté et carburé, c'est-à-dire d'un cyanure.

Les faits suivants résultent de la note adressée par MM. de Ruolz et de Fontenay à l'Académie des sciences :

1° Les procédés de MM. de Ruolz et de Fontenay sont l'objet, depuis le mois d'avril 1860, d'une exploitation en grand dans les usines métallurgiques de Flize et de Bontancourt (Ardennes); 2° les aciers ainsi produits ont été l'objet d'expertises établissant leur supériorité sur les aciers des premières marques d'Angleterre à des prix très-inférieurs.

Ainsi MM. de Ruolz et de Fontenay avaient réalisé d'avance, par la pratique, les vues exprimées par M. le capitaine Caron, qui a proposé, dans plusieurs mémoires soumis à l'Académie des sciences, de fabriquer l'acier au moyen des cyanures alcalins et en particulier du cyanhydrate d'ammoniaque; et il avait prouvé avant M. Frémy l'utilité, pour la production de l'acier, de la double intervention du carbone et de l'azote, puisqu'un cyanure n'est autre chose qu'un composé de carbone et d'azote.

Nous avons cru pouvoir grouper tous les faits précédents comme venant à l'appui de l'opinion professée par M. Frémy quant à la composition de l'acier. Il eût été peut-être à désirer que M. Frémy eût rappelé lui-même dans son mémoire, ces faits confirmatifs. Nous ne nous joindrons point toutefois aux auteurs des communications diverses que nous venons de rappeler, pour faire au savant académicien un reproche de cet oubli. D'abord M. Frémy est loin d'avoir passé tous ces faits sous silence, puisqu'il a cité les travaux de Saunderson, qui ont le plus d'analogie avec ses

propres recherches. Ensuite les recherches de M. Frémy sont exclusivement scientifiques, et à la fin de son mémoire, il fait à cet égard une déclaration très-noble, et qui doit ajouter encore à la reconnaissance que lui devra l'industrie pour le grand pas qu'il a fait faire à la question des aciers.

« Que les industriels qui fabriquent de l'acier, dit M. Frémy, par les cyanures, par le gaz de l'éclairage, par les déjections animales, etc., ne pensent pas que mes publications sur l'acier peuvent leur enlever le mérite de leurs découvertes. Pour confirmer mes idées, je serai au contraire toujours heureux de signaler des aciérations produites avant moi par l'action des corps azotés. Je connais trop l'habileté de nos fabricants pour ne pas être persuadé qu'ils feront des aciers excellents lorsque la science leur aura donné la véritable constitution du corps qu'ils veulent produire. C'est vers ce but important que tendent tous mes efforts. »

Parmi les communications adressées, dans la séance du 1<sup>er</sup> avril 1861, à l'Académie des sciences, et qui sont présentées par leurs auteurs comme en désaccord avec la théorie de M. Frémy, il faut signaler celles de M. E. Jullien et de M. le capitaine Caron.

Depuis 1852, M. E. Jullien, ingénieur d'un grand mérite, qui s'est fait connaître par un des meilleurs traités que nous possédions sur les machines à vapeur, a présenté à l'Académie plusieurs mémoires sur la composition des aciers. M. E. Jullien est partisan de l'ancienne théorie qui fait de l'acier un simple carbure de fer; mais il donne à cette théorie un tour nouveau et une portée éminemment scientifique. Pour M. E. Jullien, l'acier ne consiste pas en une pure et simple combinaison du carbone et du fer, mais dans une dissolution du carbone dans ce métal. De cette considération, M. E. Jullien tire des aperçus nouveaux et pleins d'intérêt. Ce n'est pas dans les extraits des mémoires adressés, dans ces dernières années, à l'Académie

des sciences, par M. E. Jullien, qu'il faut chercher l'exposé et le développement de son opinion sur la nature de l'acier. Ce savant ingénieur a publié en 1861 un traité complet sur la métallurgie du fer, dans lequel, outre ses vues personnelles sur la nature de la cémentation, on trouve un exposé étendu de toutes les questions relatives à l'extraction du fer, à la fabrication de la fonte, du fer et de l'acier<sup>1</sup>.

Sous le titre de *Théorie nouvelle de la cémentation*, M. le capitaine H. Caron a lu, dans la séance du 1<sup>er</sup> avril de l'Académie des sciences, un mémoire dans lequel il combat directement les vues de M. Frémy. M. Caron n'admet point la présence de l'azote dans les aciers. Il semble avoir pris pour texte de son travail cette conclusion d'un chimiste d'Allemagne, M. Marchand, qui termine en ces termes un mémoire inséré en 1850 dans le *Journal für praktische Chemie*: « S'il y a de l'azote dans l'acier, il appartient nécessairement à des matières mélangées au fer, matières qui ne font pas plus partie intégrante du métal que les scories qu'on y trouve mêlées. » Une assertion aussi tranchante paraîtra difficile à soutenir en présence des faits récemment découverts par M. Frémy, en présence surtout de la belle expérience dans laquelle M. Frémy obtient un dégagement d'ammoniaque en soumettant à un courant de gaz hydrogène toutes les variétés d'acier. Ce dégagement d'ammoniaque ne met-il pas en complète évidence la présence de l'azote dans l'acier? On est fort surpris de voir M. Caron contester l'existence de l'azote dans ce produit métallique, quand on sait que le procédé particulier qu'il préconise lui-même, pour la production de l'acier, consiste à faire usage des cyanures et même du cyanhydrate d'ammoniaque, substance azotée par excellence. M. Caron qui

1. *Traité théorique et pratique de la métallurgie du fer, à l'usage des savants, des ingénieurs, des fabricants et des élèves des écoles spéciales*, 1 vol. in-4<sup>e</sup>, avec atlas. Paris et Liège, 1861. Chez Noblet.

cémente avec les cyanures, n'admet pas que l'azote persiste dans l'acier, il croit que ces cyanures perdent leur azote quand la température est très-élevée. M. Caron ajoute que l'hydrogène protocarbonné (gaz des marais) cémente encore mieux que les cyanures. Mais n'a-t-il pas produit ainsi de la fonte blanche et non de l'acier; et s'il a produit ainsi un peu d'acier, n'est-ce point parce que le fer contenait un peu d'azote? En définitive, les travaux de M. Caron, qui ont exercé une utile influence sur les études dont l'acier est actuellement l'objet, et qui ont fait entrevoir le rôle de l'azote dans l'aciération, par suite de l'emploi qu'il a fait des cyanures sur la cémentation du fer, ne se comprennent plus du moment où l'auteur nie la présence de l'azote dans les aciers.

A ces critiques, à ces observations diverses, M. Frémy a fait la meilleure des réponses en poursuivant ses recherches et en faisant connaître des expériences nouvelles qui répondent aux objections formulées contre ses idées, ou qui éclairent de nouveaux côtés de la question. M. Frémy avait prouvé qu'on ne peut faire de l'acier qu'en présence de l'azote, et que tous les fabricants faisaient (nous allons dire de la prose), de l'azotocarbure de fer sans le savoir; il avait même prouvé que le degré d'aciération est proportionnel à la quantité d'azote que l'on donne au fer. Dans la séance du 1<sup>er</sup> avril de l'Académie des sciences, qui fut presque tout entière occupée par la discussion de cette question fondamentale, M. Frémy lut un nouveau mémoire dans lequel il prouvait que l'on détruit l'acier en lui enlevant l'azote. Il mit sous les yeux de l'Académie une lame d'acier fondu, dont une partie seulement avait été soumise à l'action d'un courant de gaz hydrogène, en maintenant le métal à la température rouge. L'opération avait duré trois heures, et pendant tout ce temps, l'acier dégagait constamment des vapeurs ammoniacales, et probablement d'autres alcalis azotés dont la vapeur

possédait une odeur de corne brûlée. La partie de la lame qui avait subi l'influence de l'hydrogène et qui avait perdu son azote, était entièrement *désaciérée*; elle était transformée en fer doué d'une malléabilité merveilleuse, très-doux et ne pouvant plus être modifié par la trempe; tandis que la partie de la lame qui n'avait pas été *désazotée*, a conservé tous les caractères de l'acier.

La constitution de l'acier semble donc établie aujourd'hui, grâce aux recherches de M. Frémy, par la synthèse et par l'analyse; on peut dire qu'on *acière* du fer en l'azotant en présence du carbone, et qu'on le *désacière* en le *désazotant* par l'hydrogène.

Contre la théorie de la présence de l'azote dans les aciers, on avait élevé cette objection, très-sérieuse selon nous, que la plus grande partie des aciers dont l'industrie fait usage, est fabriquée au moyen d'un procédé qui paraît exclure toute intervention possible d'un composé azoté. La transformation du fer en acier se fait dans des caisses dites de *cémentation*, où l'on se borne à chauffer des barres de fer au milieu d'une masse de charbon pulvérisé. On voit bien ici la source du carbone, mais où serait l'origine de l'azote? M. Frémy a mis tous ses soins à répondre à cette objection. Selon lui, et comme Saunders l'avait déjà avancé, ainsi qu'on l'a vu plus haut, l'air circule constamment dans les caisses de cémentation, et l'azote de l'air est fixé par le métal pendant son passage à travers la masse charbonneuse. Cette circulation de l'air dans les caisses de cémentation exigerait peut-être des preuves plus directes que celles données par M. Frémy, qui se borne à citer à ce propos le témoignage de M. Bous-singault. Quelle que soit la très-juste autorité de ce chimiste, nous aurions préféré une expérience *ad hoc* exécutée par l'auteur. M. Frémy invoque une considération plus concluante, quand il établit que tous les charbons provenant des matières organiques, comme celui que con-

tiennent les caisses de cémentation, retiennent toujours de l'azote. Il a soumis à un courant de gaz hydrogène un charbon provenant d'une matière organique azotée, et sous l'influence de l'hydrogène, ce charbon a laissé dégager longtemps de l'ammoniaque. Cette expérience prouve que les substances organiques azotées, comme celles qui constituent les tissus des animaux et même ceux des végétaux, laissent par la calcination un charbon azoté, qui peut ensuite, par une combustion lente, comme celle qui se fait dans les caisses de cémentation, dégager cet azote à l'état d'ammoniaque sous l'influence du gaz hydrogène ou de la vapeur d'eau. Le charbon azoté serait donc une sorte d'emmagasinement de l'azote utile à la cémentation; sa décomposition se ferait avec une lenteur qui convient à l'opération même, et qui est peut-être une des conditions de la qualité du produit.

La présence de l'azote dans le charbon explique certaines pratiques en usage dans les ateliers, et d'abord le rôle des matières organiques que l'on ajoute souvent au charbon des caisses de cémentation. Tous les corps organiques qui peuvent produire une aciération rapide, tels que la corne, la suie, le cuir, les déjections animales, sont précisément, en effet, ceux qui donnent des charbons très-azotés.

L'existence de l'azote dans les circonstances qui nous occupent explique un autre fait de pratique fort curieux: c'est que le charbon des caisses de cémentation qui a été chauffé pendant un certain temps, *s'épuise*, et doit être remplacé par du charbon neuf. L'ancienne théorie, qui faisait jouer au carbone un rôle exclusif dans la cémentation, n'expliquait nullement cette pratique, dont on se rend parfaitement compte dans les idées nouvelles professées par M. Frémy.

Ainsi, l'azote utile à l'aciération serait fourni, d'après M. Frémy, par l'air et par le charbon de bois, qui est toujours azoté.

Nous passerons sur divers faits et considérations théoriques qui se trouvent dans ce dernier mémoire de M. Frémy pour arriver à une observation nouvelle de ce chimiste qui intéresse la métallurgie.

« Existe-t-il, dit M. Frémy, comme un grand nombre de métallurgistes l'admettent aujourd'hui, des *minerais à acier* contenant un corps inconnu des chimistes, qui donnerait à certains aciers leurs qualités précieuses? Serions-nous fatalement condamnés en France à demander à l'étranger les aciers cimentés et fondus de première qualité? Pourrions-nous produire des fontes donnant par le puddlage des aciers comparables à ceux de l'Allemagne? Des analyses nombreuses et des opérations synthétiques poursuivies dans mon laboratoire depuis plusieurs années me permettent de répondre immédiatement à ces différentes questions. »

Selon M. Frémy, le fer, pour se convertir en acier, doit être d'une absolue pureté, exempt de phosphore, de soufre, de silicium. L'azote ne pourrait exercer son action *aciérante* sur un métal contenant du soufre et du phosphore, et l'on l'essayerait en vain de transformer un tel fer en acier.

« Plusieurs de nos fabricants français, ajoute M. Frémy, sont arrivés déjà à produire des aciers excellents; mais je dirai à ceux qui ont encore quelques progrès à réaliser: Ne croyez pas que certains pays possèdent exclusivement le privilège d'une fabrication d'acier de qualité exceptionnelle; cette perfection est due à l'emploi de matières premières très-pures; nous avons en France des minerais qui conviennent parfaitement à la fabrication de l'acier; épurez donc vos fers; donnez à votre fabrication de fonte une régularité qu'elle ne présente pas toujours; ne considérez pas comme acier un mélange de fer et de fonte. N'essayez pas d'aciérer des fers impurs ou d'affiner des fontes chargées de corps étrangers, car alors l'aciération ne présentera pas de fixité; sous l'influence des gaz de la combustion, ces aciers se décomposeront facilement, perdront leur azote et leur carbone, et retourneront à l'état de fer. »

Tels sont les faits nouveaux contenus dans les mémoires

de M. Frémy. Tout le monde conviendra que de l'ensemble des recherches de ce chimiste, qui viennent si heureusement expliquer ou compléter un grand nombre de faits acquis à la pratique ou avancés par la théorie, doivent jaillir de vives lumières sur la fabrication industrielle des aciers.

Les adversaires de M. Frémy, et en particulier de M. le capitaine Caron, ont répondu aux nouveaux faits invoqués par M. Frémy, en insistant sur la quantité d'azote, véritablement très-minime que l'on trouve dans les aciers, pour contester le rôle que l'on veut faire jouer à ce corps dans l'aciération. D'après les adversaires de la théorie de M. Frémy, cet azote serait purement accidentel, et nullement inhérent à la constitution de l'acier. Les analyses quantitatives qui ont été produites à ce sujet, montrent, en effet, que l'azote n'existe qu'en proportion infinitésimale dans les aciers. D'autres chimistes, M. Mène, M. Bouis, M. Boussingault, ont fait connaître les résultats d'observations nouvelles venant à l'encontre ou à l'appui de la théorie de M. Frémy. Dans l'état d'incertitude où se trouve en ce moment une question si délicate, et en présence de tant de dires contradictoires, il est bien difficile de savoir de quel côté est la vérité. L'expérience des laboratoires a seule été entendue jusqu'ici, et elle est restée insuffisante pour décider le point en litige. C'est sur le grand théâtre de l'exploitation pratique qu'il faudra se transporter pour résoudre ce problème en dernier ressort. Dans plusieurs usines d'acier, tant en France qu'en Angleterre, on s'occupe en ce moment de cette vérification expérimentale. Il faut attendre le résultat de ces nouveaux travaux pour émettre avec confiance un jugement définitif sur cette question, d'une si haute importance pour l'industrie métallurgique.

## 3

Méthode nouvelle pour la fabrication économique du gaz oxygène.

Si le gaz oxygène pouvait être obtenu à bas prix et par grandes masses, l'industrie tirerait un grand parti de ce corps précieux. L'oxygène est l'agent de combustion, de l'éclairage, le principe de presque toutes les actions chimiques qui s'opèrent autour de nous. Il est donc facile de comprendre quelles importantes applications on pourrait faire de ce gaz s'il était possible de l'obtenir avec économie. Déjà M. Boussingault a fait connaître une méthode très-avantageuse pour le préparer en grand; elle consiste à faire usage du bioxyde de barium. Mais les sels de baryte sont encore, malgré les efforts de M. Kuhlman, à un prix assez élevé dans le commerce. MM. Sainte-Claire Deville et Debray, ayant eu à s'occuper de cette question, dans le cours d'un travail qui avait pour but d'étudier un nouveau mode de traitement du minerai de platine, travail entrepris sur le désir du gouvernement de Russie, ont trouvé un moyen nouveau et essentiellement économique de fabriquer l'oxygène par grandes masses.

Le sulfate de zinc soumis à l'action de la chaleur rouge, se décompose en oxyde de zinc dont les arts tirent aujourd'hui un grand parti, en oxygène pur et en acide sulfureux, gaz dont l'industrie fait un assez grand emploi. La décomposition du sulfate de zinc par la chaleur serait donc un moyen économique de fabriquer l'oxygène.

MM. Sainte-Claire Deville et Debray ont trouvé une autre méthode, supérieure peut-être à la première, pour la préparation industrielle du gaz oxygène. Elle consiste à décomposer l'acide sulfurique par la chaleur. Les chimistes savaient que l'acide sulfurique chauffé au rouge, se décompose en oxygène et en acide sulfureux, mais on

n'avait pas encore eu l'idée d'exécuter manufacturièrement cette opération, pour se procurer du gaz oxygène. En faisant arriver un filet continu d'acide sulfurique dans un serpentín de platine rempli de mousse de ce métal, on décompose l'acide sulfurique; le gaz oxygène est recueilli dans un gazomètre et l'acide sulfureux dans de l'eau chargée de carbonate de soude, afin d'obtenir du sulfite de soude, dont l'industrie trouve l'emploi.

MM. Sainte-Claire Deville et Debray pensent que ce mode de fabrication de l'oxygène établi au sein d'une fabrique d'acide sulfurique, fournirait une source constante de ce gaz, et n'ajouterait que fort peu aux dépenses occasionnées par la fabrication de l'acide sulfurique.

## 4

Découverte de la présence de matières phosphorées dans l'air.

M. Barral a fait la découverte, très-intéressante, de la présence des phosphates, c'est-à-dire du phosphore, dans les eaux pluviales, ce qui implique l'existence de matières phosphorées dans notre atmosphère. Cet expérimentateur s'est attaché à éloigner tout ce qui aurait pu l'induire en erreur dans la constatation d'un fait qui est appelé à jouer un rôle important dans les théories de la physique terrestre et de la chimie agricole. Pour recueillir les eaux pluviales, M. Barral s'est servi uniquement de vases de platine, et il a procédé à l'évaporation de ces eaux dans des vases de platine maintenus à l'abri de l'air. Il a opéré sur 125 litres d'eau recueillis à Paris et sur 390 litres d'eau recueillis à la campagne pendant cinq années successives. Les eaux recueillies à Paris ont laissé un résidu trois fois supérieur en poids à celui qui a été fourni par l'évaporation du même volume d'eaux recueillies à la campagne, ce qui peut être regardé comme un indice, et presque

une mesure approximative, de la pureté de l'air de la campagne comparé à celui de Paris.

Le moyen chimique auquel M. Barral a eu recours pour reconnaître et doser les petites quantités d'acide phosphorique existant dans les eaux pluviales, est celui qui a été récemment proposé par M. Chancel, et qui consiste à précipiter l'acide phosphorique à l'état de phosphate de bismuth dans des liqueurs acidulées par l'acide azotique. On transforme ensuite en phosphate ammoniaco-magnésien cristallin ce phosphate de bismuth, en réunissant tous les précipités de phosphate de bismuth provenant d'une série de dosages des mêmes eaux. Il est facile de constater sur ce sel cristallisé les caractères distinctifs propres au phosphore.

La quantité d'acide phosphorique trouvée par M. Barral dans les eaux pluviales est cependant infiniment petite; elle n'est que de 5 centièmes à 9 centièmes de milligramme par litre d'eau. Il n'y a pas de différence sensible dans la quantité moyenne d'acide phosphorique contenue dans l'eau pluviale de Paris et celle de la campagne. M. Barral calcule que l'apport annuel en acide phosphorique qui peut être fait au sol arable par les eaux pluviales, ne s'élève qu'à 400 grammes environ par hectare. C'est donc, on le voit, dans de biens minimes proportions que l'atmosphère peut fournir au sol arable l'élément phosphorique. Bien que cette influence ne s'exerce que dans des limites infinitésimales, il est intéressant de voir que l'atmosphère peut fournir au sol arable des phosphates, comme elle lui fournit de l'azote.

M. Barral se demande quelle est l'origine de ces phosphates dont il a dévoilé l'existence dans les eaux pluviales et par conséquent dans l'atmosphère, et il ne donne pas de réponse bien précise à cette question. Cette origine nous paraît pourtant fort simple. Quand on voit des montagnes entières formées de phosphate de chaux, des séries

de terrains recéler divers phosphates, une foule de roches et de minerais renfermer des phosphates comme élément accessoire, on ne peut guère aller chercher ailleurs l'origine de la quantité, infiniment petite, d'ailleurs, de phosphates tenus en suspension dans l'air. Le phosphate de chaux doit nécessairement se trouver dans les poussières enlevées par les vents aux roches et terrains de notre globe, et se disséminer de là, dans l'atmosphère de ses diverses régions. M. Barral signale bien cette origine, mais il ne paraît pas lui attribuer une part suffisante, puisqu'il va jusqu'à se demander si la source des phosphates atmosphériques ne se trouverait pas dans cet hydrogène phosphoré inflammable provenant de la putréfaction des matières animales enfouies dans la terre, et qui, en s'enflammant à son arrivée dans l'air, constitue ces *feux-follets* qui ont de tout temps frappé l'attention des hommes. Invoquer la faible proportion de phosphore contenu dans le corps des animaux, pour expliquer ce que l'on explique si facilement par les masses énormes de roches phosphatées composant l'écorce solide de notre globe, c'est, il nous semble, aller chercher bien loin ce que l'on a pour ainsi dire sous la main.

## 3

Les sources arsenicales de Bou-Chater, dans la régence de Tunis.

L'Algérie contient plusieurs sources naturelles, thermales ou froides, dans lesquelles existent des composés arsenicaux; c'est même la découverte de ce composé toxique dans des sources de l'Algérie qui mit pour la première fois sur la voie de l'existence de l'arsenic dans les eaux minérales. Il est établi aujourd'hui que plusieurs eaux minérales naturelles renferment de l'arsenic, ce qui peut expliquer, en partie, leur action thérapeutique. La des-



cription d'une nouvelle source arsenicale, trouvée dans la régence de Tunis, présentait donc un véritable intérêt. L'auteur de cette description, M. le docteur Guyon, correspondant de l'Académie des sciences, ajoute encore à l'intérêt de cette observation par les remarques et les commentaires historiques dont il l'accompagne.

M. Guyon pense que la source de Bou-Chater est précisément celle dont parle César dans ses *Commentaires*, et qu'il place entre Utique et le promontoire Cornélien. C'est à l'usage de ces eaux qu'il faudrait attribuer, d'après les rapprochements et les citations invoqués par l'auteur, les accidents graves qui sévirent sur l'armée du lieutenant de César, Curion, pendant sa malheureuse campagne en Afrique. On pensa alors que les eaux avaient été empoisonnées par les Numides; il est plus que probable que l'espèce d'empoisonnement qu'éprouvèrent les soldats, tenait à l'usage immodéré de ces eaux insalubres, concentrées par les chaleurs de l'été. M. Guyon dit encore, qu'en Sicile, une armée carthaginoise, en déroute, éprouva les mêmes accidents pour avoir bu des eaux saumâtres sous l'ardent soleil d'un jour caniculaire. L'auteur rappelle enfin, que des accidents tout semblables d'empoisonnement partiel furent observés en Algérie, sur une colonne expéditionnaire qui avait bu des eaux saumâtres.

L'eau de Bou-Chater contient par litre 0 gr., 15 d'arséniate de soude, et 0 gr., 01 d'arséniate de potasse. Elles seraient donc, jusqu'à ce jour, de toutes les eaux connues, celles qui contiennent le plus d'arsenic.

## 6

L'oxyde de carbone, produit de la décomposition de l'acide carbonique par les végétaux.

M. Boussingault a fait, en 1861, une découverte appelée à un certain retentissement scientifique; il a mis en évidence une erreur commise par un expérimentateur célèbre, par Théodore de Saussure. Toutes les personnes qui sont un peu au courant des phénomènes de la chimie végétale savent que les plantes exposées à la lumière décomposent l'acide carbonique de l'air, fixent le carbone dans leur tissu, et émettent de l'oxygène. Dans ses nombreuses expériences sur ce phénomène naturel, Th. de Saussure crut avoir constaté que, dans cette circonstance, le gaz oxygène était toujours accompagné d'azote, et depuis Saussure, cette opinion de l'émission d'azote par les plantes sous l'influence de la lumière solaire, a été admise dans la science comme article de foi. Or, M. Boussingault ayant repris le même ordre de recherches, et portant son attention sur ce gaz azote qui avait apparu en quantité considérable dans les expériences du naturaliste genevois, a reconnu que ce prétendu azote est en réalité de l'oxyde de carbone. C'est l'habitude de caractériser l'azote, dans l'analyse des mélanges gazeux, par des effets purement négatifs, qui fit tomber Saussure dans l'erreur que M. Boussingault a su rectifier. En examinant ce gaz de plus près, M. Boussingault a reconnu qu'il est combustible et donne en brûlant de l'acide carbonique. Par l'application des méthodes d'analyse que l'on doit à M. Regnault, M. Boussingault a mis en complète évidence la nature du gaz qui provient de l'action de la lumière sur les parties vertes des plantes, et reconnu qu'il consiste en oxyde de carbone.

Dans le mémoire qui a été lu à l'Académie des sciences,

en novembre 1861, par M. Boussingault, on trouve les détails de la méthode de recherches suivie par l'éminent chimiste, et des expériences qu'il a exécutées pour établir un fait important. Sans entrer dans la description de ces expériences assez diverses, nous nous bornerons à dire qu'il est désormais établi que les feuilles végétales, en décomposant le gaz acide carbonique pendant leur exposition au soleil, mettent en liberté, en même temps que l'oxygène, non du gaz azote comme on l'avait cru jusqu'ici, mais bien de l'oxyde de carbone, accompagné quelquefois d'une certaine proportion d'hydrogène protocarboné.

Cette découverte renverse une opinion depuis longtemps reçue. Dans cette émission de gaz oxygène provenant de la végétation des parties vertes des plantes, on avait vu, en effet, une sorte de procédé hygiénique employé par la nature. Le premier auteur de cette découverte, l'illustre Priestley, l'énonçait en disant que les plantes possèdent « la faculté de purifier l'air vicié par la combustion ou la respiration des animaux. » Après le chimiste anglais, tous les savants ont reproduit la même considération; on a vu dans la végétation des plantes, qui émet du gaz oxygène, un moyen mis en œuvre par la nature pour contrebalancer les effets de la respiration des animaux et de la combustion, qui produisent de l'acide carbonique. Dans ses livres et dans ses cours, M. Dumas a insisté de mille manières sur ce prétendu équilibre entre les actions naturelles; c'est une pensée qu'on retrouve à chaque page dans sa célèbre leçon de *Statique chimique*, dont la plupart des idées viennent tomber pièce à pièce devant les progrès de l'expérience et du temps. Or, il se trouve que cette considération est aujourd'hui frappée d'inexactitude; au lieu d'émettre de l'oxygène pur, gaz essentiel à la vie, les plantes, sous l'influence de la lumière, exhalent en même temps du gaz oxyde de carbone, c'est-à-dire le gaz le plus délétère que l'on connaisse. Il est difficile de trouver

ici ce fameux équilibre de pondération entre les fonctions des animaux et celles des plantes. Si un gaz vénéneux accompagne l'oxygène, on voit que la purification de l'air est bien compromise.

Ce qu'il y a de vraiment important au point de vue scientifique, dans la découverte de M. Boussingault, c'est d'avoir établi que les plantes n'ont pas la propriété de produire la décomposition radicale de l'acide carbonique; que la réduction n'est souvent que partielle, et peut s'arrêter à l'oxyde de carbone. Ce résultat, positif et bien établi, vaut mieux que toutes les vues, plus ou moins ingénieuses, que nous prêtons à la nature, et dont le temps se charge de démontrer l'inanité.

En voyant le gaz oxyde de carbone, substance qui possède la plus redoutable action toxique, prendre naissance au contact des parties vertes des plantes immergées sous l'eau et frappées par les rayons solaires, on se demande si l'atmosphère des contrées marécageuses ne devrait pas son extrême insalubrité, à la présence de ce gaz. C'est une idée mise en avant par M. Boussingault, et qui est certes bien digne d'être prise en considération.

## 7

## La manne du Sinaï et la manne de Syrie.

On a fait beaucoup de recherches sur l'origine et la nature de la manne des Hébreux, cette substance qui servit de nourriture à tout un peuple, pendant quarante années de séjour dans le désert. Deux opinions principales ont été exprimées à cet égard. D'une part, on a considéré la manne comme une exsudation sucrée fournie par divers arbrisseaux, principalement par l'*alkagi Maurorum*, sorte de sainfoin épineux; on l'a rapporté, d'autre part, à une sorte de cryptogame dont le développement est très-rapide.