



R) H. F. n^o 578 * = (n. 5.

THÈSE DE CHIMIE

SOUTENUE DEVANT LA FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS

LE

1834,

PAR J. B. BOUSSINGAULT.



MM. Baron Thenard (doyen),
Lacroix,
Dulong
Dumas
Biot,
Baron Poisson,
Francœur,
Beudant,
Geoffroy-Saint-Hilaire,
Mirbel,
De Blainville,
Pouillet,
Constant Prévost,
Lefebure de Fourcy,
Levy,

} Professeurs et adjoints.

RECHERCHES
SUR LES
PHÉNOMÈNES CHIMIQUES
QUI SE PASSENT
DANS L'AMALGAMATION AMERICAINE.

L'art d'extraire l'argent de ses minerais au moyen du mercure fut inventé au Mexique dans l'année 1557, par un Espagnol nommé Bartolomé de Médina. Cet ingénieux procédé, à l'aide duquel on s'est procuré la plus grande partie de l'argent aujourd'hui en circulation, ne fut pendant long-temps que très imparfaitement connu, et par cela même jugé de la manière la plus défavorable par les métallurgistes des écoles les plus célèbres. Ce fut seulement après le voyage de M. de Humboldt que l'on commença en Europe à rectifier les idées vagues et désavantageuses qu'on s'était formées sur l'amalgamation américaine. Ce célèbre voyageur, prenant en considération les difficultés locales que présentent les mines de l'Amérique, la masse immense de minerais à traiter,

s'aperçut qu'il ne fallait rien moins qu'une méthode aussi simple et aussi économique pour que le mineur pût exercer son industrie avec succès.

Lorsque la méthode d'amalgamation saxonne due aux travaux de de Born eut acquis une si étonnante célébrité dans le monde minéralurgique, le gouvernement espagnol songea à l'introduire dans ses colonies. Des métallurgistes expérimentés furent appelés au Mexique, au Pérou et dans la Nouvelle-Grenade, dans le but d'y naturaliser le procédé allemand. M. Sonneschmidt fut destiné à la Nouvelle-Espagne; mais au lieu d'y propager la nouvelle méthode, il devint lui-même un défenseur zélé de l'amalgamation américaine.

Tous les minerais réduits en farine subtile peuvent, par l'addition du sel marin, du magistral, du mercure et quelquefois de la chaux, donner la presque totalité de l'argent qu'ils contiennent. Ceux qui abondent en galènes et en pyrites sont les seuls qui doivent être préalablement grillés. La richesse des minerais n'est nullement un obstacle à l'amalgamation. Sonneschmidt essaya des résidus qui provenaient de minerais d'une richesse de 5 à 6 mares d'argent au quintal; ces résidus ne donnèrent à l'essai que $\frac{1}{16}$ d'once de fin.

Si l'amalgamation des minerais d'argent, quand elle est dirigée par un artiste expérimenté, donne toujours des résultats avantageux; si les accidens qui surviennent pendant le travail sont aussitôt réparés qu'aperçus, cela tient à l'habitude, j'ai presque dit à l'instinct, que donne aux ouvriers une longue pratique. En effet, la théorie de cette opération est encore très obscure. On ne conçoit pas clairement comment le sel, le magistral peuvent,

en réagissant sur le sulfure d'argent contenu dans les minerais, disposer le métal à s'amalgamer au mercure. On ne conçoit pas davantage quelle peut être l'action de la chaux qui s'ajoute dans certaines circonstances, et sans l'addition de laquelle on perdrait presque entièrement l'argent des minerais et le mercure ajouté pour l'extraire.

C'est dans la vue de jeter quelque jour sur la théorie encore incertaine de cet art important, que j'ai entrepris les expériences qui font le sujet de ce mémoire ; mais avant de les rapporter, je crois convenable, pour la clarté du sujet, d'exposer brièvement le procédé d'amalgamation imaginé par Bartolomé de Medina ; cette exposition me paraît d'autant plus nécessaire que cette méthode est encore loin d'être généralement connue.

Les minerais qu'on destine à l'amalgamation sont ordinairement brocardés à sec. On ne leur fait subir aucun lavage. Le minerai, réduit en poudre, est broyé avec de l'eau dans un *arrastre*, jusqu'à ce qu'il soit réduit à un grand degré de finesse ; cette condition est indispensable. L'*arrastre* est une machine à broyer, extrêmement simple. Elle consiste en un massif cylindrique de maçonnerie qui s'élève de 1 pied à 18 pouces au-dessus du sol de l'atelier et qui a environ 12 pieds de diamètre ; ce massif est entouré de douves frettées, dont la longueur excède d'environ 1 pied la hauteur de la maçonnerie, de manière à former une espèce de baquet d'un très grand diamètre et d'une très petite profondeur. Le fond de ce baquet est pavé en pierres dures. Cette partie de l'*arrastre* se nomme la tasse. Au centre de la tasse s'élève un arbre vertical qui repose et peut tourner sur un dé

de fer enchâssé dans le sol de la tasse. La partie supérieure de l'arbre vertical entre dans un trou pratiqué dans une solive dont les deux extrémités reposent sur les gros murs de l'atelier. A deux pieds au-dessus du fond de la tasse l'arbre vertical est traversé par deux pièces de bois qui le croisent à angle droit ; chaque pièce a une longueur égale à celle du diamètre de l'arrastre , les deux pièces forment ainsi quatre bras qui ont pour longueur le rayon de l'arrastre. Chacun de ces bras traîne un gros bloc de pierre qui est fixé par des courroies ; ces pierres sont disposées de telle manière que chaque point de la surface du fond de la tasse se trouve successivement soumis à leur action. A une certaine hauteur, l'arbre vertical est traversé par une longue pièce de bois aux extrémités de laquelle sont placés les colliers pour l'attelage des mules. Dans les usines importantes , les arrastres sont disposés sur un ou plusieurs rangs ; le lieu où se trouvent les machines se nomme galère (*galera*).

Le minerai brocardé est mis dans les arrastres avec de l'eau. Le broyage de 6 à 8 quintaux dure 24 heures. L'ouvrier qui surveille cette opération prend un soin particulier des pierres traînantes ; il mouille de temps à autre le minerai afin de le conserver sous un certain degré de fluidité. Le minerai broyé a la consistance d'une boue très liquide ; on l'enlève de l'arrastre au moyen de baquets et on le dépose dans un endroit destiné à recevoir le minerai broyé , et disposé de manière à favoriser la dessiccation. Lorsque les boues métalliques ont acquis une consistance convenable, elles sont livrées au travail du *patio*.

Le *patio* est une cour dont le sol, pavé en dalles, est légèrement incliné, afin de permettre l'écoulement des eaux pluviales.

Lorsque les boues métalliques doivent être pétries par des hommes, on en forme des tas (*montones*) de 15 à 20 quintaux; si ce sont des chevaux qui doivent faire ce travail, on dispose des tourtes (*tortas*) qui renferment depuis 800 jusqu'à 1200 quintaux de minerai. Le minerai, une fois déposé dans le *patio*, est prêt à recevoir le sel, le magistral et le mercure, qui sont les ingrédients qui doivent être ajoutés successivement.

La quantité de sel marin employé varie de 1 à 5 pour cent, selon la pureté du sel et la nature du minerai. On saupoudre la surface de la tourte avec le sel, et l'on fait agir les chevaux pendant 6 à 8 heures, afin d'opérer un mélange complet. La tourte, après qu'elle a reçu le sel, est abandonnée pendant plusieurs jours; c'est alors que l'on procède à l'incorporation (*incorporacion*), c'est-à-dire à l'addition du magistral et du mercure. Le choix d'un bon magistral est un point extrêmement important dans l'amalgamation. On prépare ordinairement cette matière, en grillant dans un fourneau de la pyrite de cuivre en poudre très fine; on opère sur un ou deux quintaux; lorsque la pyrite est bien allumée, on ferme toutes les issues, et on laisse refroidir jusqu'au lendemain.

L'analyse d'un bon magistral y a indiqué 0,10 de sulfate de cuivre; on s'assure de la bonne qualité de cette substance en en mouillant une petite quantité placée dans le creux de la main; quand il se développe beaucoup de chaleur, c'est une preuve que le magistral a été bien

préparé. Lorsqu'on ne peut pas se préparer de la pyrite de cuivre, on grille des pyrites de fer mêlées de cuivre métallique ou d'un minerai quelconque de cuivre. Enfin il est telle localité où l'on est réduit à préparer le magistral avec des pyrites de fer seulement; on obtient dans ce cas un produit de mauvaise qualité et qui doit être employé en dose beaucoup plus forte que le magistral cuivreux. Il est partout admis aujourd'hui qu'on ne peut obtenir un succès complet dans l'amalgamation qu'en employant un magistral suffisamment riche en sulfate de cuivre, et dans certains établissemens où l'on ne pouvait se procurer des matières cuivreuses, on a préféré tirer directement d'Europe du sulfate de cuivre.

La proportion de magistral qu'on ajoute à la tourte dépend de la nature du minerai; cette proportion varie de $\frac{1}{2}$ livre à 1 livre par quintal de minerai. Lorsque le magistral est ajouté, on fait agir les chevaux, afin de le répartir dans la masse; on procède ensuite à l'incorporation du mercure.

La quantité de mercure destinée à une *tourte* est en rapport avec l'argent que le minerai peut renfermer; on est dans l'usage de prendre six fois autant de mercure qu'il y a d'argent à extraire. Le mercure se divise en trois lots, qu'on introduit à trois différentes époques de l'opération. Après la première incorporation, celle qui suit l'addition du magistral, on fait travailler les chevaux pendant 6 heures, pour diviser autant que possible le mercure et le magistral dans la masse à amalgamer. Le jour suivant, l'amalgameur (*azoguero*) examine le minerai, en lavant une petite quantité dans une au-

gette, afin de reconnaître l'aspect du mercure. C'est par cet examen (*tentadura*) que l'ouvrier juge si l'on a mis trop ou trop peu de magistral, en un mot, si l'opération marche bien. Si la surface du mercure est légèrement grise et comme mate, si ce métal peut se réunir aisément en un seul globule, on est sûr que l'incorporation a été bien faite, et que l'amalgamation s'opère. Si, au contraire, le mercure est trop divisé, d'une couleur gris foncé, salissant l'eau sous laquelle on le frotte, c'est une preuve qu'il y a trop de magistral, ou, comme disent les *azogeros*, que la tourte a trop *chaud*; il faut alors ajouter de la chaux vive pour la refroidir. S'il arrivait que le mercure eût conservé son brillant et sa fluidité, ce serait un signe que le minerai n'aurait pas reçu assez de magistral, la tourte serait *froide*, et il faudrait, pour la réchauffer, ajouter du magistral. Les expressions *froid* et *chaud* (*frio y caliente*) qu'emploient si souvent les amalgameurs américains doivent être prises entièrement au figuré, car la température du minerai soumis à l'amalgamation reste la même, soit qu'on y ajoute du magistral ou de la chaux.

Le mercure de cette première incorporation est changé en 10, 15 ou 20 jours au plus tard, en *limadura*; on donne ce nom à un amalgame presque solide, brillant et tellement divisé qu'on pourrait le prendre pour de la limaille d'argent. C'est alors qu'on incorpore le deuxième tiers du mercure; à cette seconde incorporation on n'ajoute pas toujours du magistral, cela dépend de l'état de la tourte. On fait suivre cette seconde addition de mercure d'une trituration, et la masse est laissée en repos pendant plusieurs jours, après lesquels on fait triturer

de nouveau. Lorsque la saison est favorable, c'est-à-dire lorsque la température de l'air se soutient au-dessus de 20° centigr., il suffit de huit jours, et de deux ou trois triturations pour que le nouveau mercure soit changé en amalgame presque solide ; on ajoute alors le reste du mercure. C'est toujours par la consistance de l'amalgame presque solide (*limadura*) que l'ouvrier sait quand il est nécessaire de faire une nouvelle incorporation.

Les amalgameurs se croient capables de reconnaître, à l'aide de différens caractères extérieurs, l'époque à laquelle l'amalgamation est achevée ; mais le meilleur moyen de s'en assurer est de laver une certaine quantité de minerai et d'essayer les résidus par le feu. Lorsque l'on juge l'amalgamation terminée, ce qui quelquefois n'a lieu qu'après deux et même trois mois, on ajoute une nouvelle dose de mercure, deux parties pour une de l'argent contenu dans la tourte, et l'on fait travailler les chevaux pendant deux heures ; cette dernière addition de mercure se nomme le bain (*el baño*) ; elle a pour objet de recueillir l'amalgame qui serait trop divisé dans la masse, et de faciliter ainsi le lavage. Après avoir reçu le bain, le minerai amalgamé est porté au lavoir (*lavadero*).

Le lavage des boues métalliques s'exécute dans de grandes cuves, dans l'intérieur desquelles tourne un axe vertical garni de palettes. A quelques pouces au-dessus du fond des cuves, on a pratiqué deux trous fermés par des broches. L'un de ces trous a trois pouces de diamètre, l'autre a un diamètre de $\frac{3}{4}$ de pouce. Au commencement du lavage, les moulinets des cuves se meuvent avec une assez grande vitesse, de manière à

agiter fortement les boues métalliques; on ralentit bientôt cette vitesse, et l'on prend par la petite ouverture les boues qui sont en suspension dans l'eau, pour examiner si elles contiennent encore du mercure; si elles n'en contiennent plus, on ouvre le gros bondon pour les faire écouler aussi promptement que possible. Le mercure chargé d'argent est recueilli, filtré à travers des sacs de coutil, et l'amalgame solide est porté aux usines de distillation.

Ce procédé, tel que je viens de le décrire, est désigné sous le nom de *amalgamacion por patio y crudo*. Vers 1561, Hernandez de Velasco l'introduisit au Pérou. Environ à la même époque, Carlos Carso de Seca découvrit le traitement par le fer (*beneficio de hierro*), dans lequel il recommande l'emploi du fer métallique pour diminuer la consommation de mercure. En 1590, Alonzo Barba, qui était alors curé de la ville de la Plata, fit connaître sa méthode d'amalgamation à chaud. Barba était né en Espagne. Les occupations de son ministère ne l'empêchèrent pas de se livrer avec succès à l'étude de la métallurgie; il possédait la chimie de son temps, et l'on reconnaît dans ses écrits un manipulateur habile doué d'un excellent esprit d'observation. Barba croyait à la transformation des métaux, et ce fut en cherchant à *fixer* le mercure qu'il découvrit son procédé.

Enfin, vers 1784, de Born fit des essais pour introduire en Europe l'art de l'amalgamation; la méthode qu'il adopta définitivement est, comme on sait, entièrement différente du procédé suivi en Amérique. En Europe, le minerai, qui doit toujours renfermer de la pyrite, est grillé avec du sel; on suppose que l'acide du sel est mis

en liberté par l'action de l'acide sulfurique qui se développe pendant le grillage des pyrites de fer, et que l'argent des minerais est transformé en chlorure au moyen de l'acide hydrochlorique. Le minerai grillé est mis ensuite en contact avec du fer pour réduire le chlorure et du mercure pour amalgamer l'argent. A peine cette théorie eut-elle pris naissance, qu'on s'empessa de l'appliquer à l'amalgamation de Medina; on considéra le magistral comme un mélange de sulfates acides de cuivre et de fer; l'on admit que l'excès d'acide de ces sels dégagait l'acide hydrochlorique du sel marin, que le sulfure d'argent se trouvait changé en chlorure par cet acide, et que le chlorure d'argent était revivifié par le mercure. Cette explication est vicieuse: d'abord parce que le magistral n'est nullement un sulfate acide, et ensuite parce que le chlorure d'argent n'est réduit par le mercure que sous certaines conditions. Sonneschmidt, qui pendant douze ans s'occupa d'amalgamation au Mexique, chercha à se rendre raison des phénomènes qu'elle présente; il fit même dans ce but un grand nombre d'expériences, et constata plusieurs faits importants; il reconnut que le sulfate de cuivre devait être regardé comme le principe actif du magistral; il admit aussi, sans cependant le prouver par l'expérience, que le sulfate de cuivre et le chlorure de sodium se décomposaient réciproquement, et que le bi-chlorure de cuivre qui résultait de cette décomposition était absolument indispensable dans le procédé de l'amalgamation. Il mit hors de doute ce fait important, en prouvant qu'au moyen d'une dissolution contenant du sel marin et du sulfate de cuivre, on pouvait transformer en chlorure le

sulfure d'argent de toutes les espèces de minerais qui en contiennent.

Sonneschmidt découvrit encore une action chimique extrêmement curieuse, et c'est que l'acide hydrochlorique liquide qui, comme on sait, n'attaque nullement l'argent ni le mercure, change instantanément ces métaux en chlorures, lorsqu'on introduit dans l'acide du sulfate de cuivre; il expliquait cette action en supposant que l'acide muriatique était oxidulé aux dépens de l'oxygène renfermé dans le sulfate de cuivre, passant ainsi à un état intermédiaire d'oxidation entre l'acide muriatique et l'acide muriatique oxidulé. Cette explication est loin d'être satisfaisante, mais le fait observé n'en est pas moins remarquable, et l'on doit le considérer comme le pas le plus important qui ait été fait vers la théorie de l'amalgamation. En répétant cette expérience, j'ai vu que le bi-chlorure de cuivre, en réagissant sur l'argent et sur le mercure, passait lui-même à l'état de chlorure.

Sonneschmidt ne sut pas discuter ses résultats, et tout en multipliant ses expériences, il semble perdre de vue le but vers lequel elles sont dirigées. On croit cependant remarquer qu'il attribue la transformation de l'argent des minerais en chlorures, à l'action de l'acide *muriatique oxidulé*, ou, en rendant son idée en langage moderne, à l'action du bi-chlorure de cuivre. Sonneschmidt, qui n'ignorait pas que le chlorure d'argent humide n'est pas revivifié par le mercure, chercha sous quelle condition la revivification pouvait avoir lieu; il trouva que la présence de l'acide hydrochlorique ou celle du sel marin était indispensable. Dans le cours de ses

nombreuses expériences, Sonneschmidt fut conduit à étudier l'action de l'acide hydrochlorique liquide sur les minerais d'argent ; il démontra qu'en les traitant simultanément par l'acide hydrochlorique liquide et le mercure, on pouvait, à la température ordinaire et en quelques jours seulement, opérer une amalgamation complète. Sonneschmidt ne rapporte ses résultats que comme purement curieux. Il pensait alors que le haut prix de l'acide hydrochlorique était un obstacle à l'application ; aujourd'hui la question est changée de face, les fabriques de sodas artificielles produisent cet acide en telle abondance qu'il n'a presque aucune valeur, et il serait vraiment à désirer, dans l'intérêt de l'industrie française, qu'on pût trouver pour ce produit chimique un vaste débouché ; tels seraient les marchés de l'Amérique si l'on réussissait à utiliser l'acide hydrochlorique dans l'art de l'amalgamation. Cette considération m'a engagé à répéter les essais de Sonneschmidt, en opérant toutefois sur une beaucoup plus grande échelle.

Du minerai d'argent des mines de Santa Ana fut, après avoir été bien broyé, transformé en bouillie épaisse à l'aide de l'acide hydrochlorique ; le mercure fut immédiatement ajouté ; on fit subir au mélange quelques triturations. Pendant les dix jours que dura l'opération, la température de l'atmosphère se soutint entre 19° et 24° centigr. L'amalgamation réussit très bien, presque tout l'argent fut retiré ; mais le mercure fut presque entièrement détruit ; l'amalgame, même après le *bain*, était d'une sécheresse remarquable, et pendant le lavage des boîtes métalliques, on put recueillir une grande quantité de chlorure de mercure. Ainsi, sous l'influence de l'acide,

lemercure très divisés'était presque complètement oxidé par le contact de l'air. Pour prévenir l'énorme perte en mercure qu'on éprouva dans cet essai, il fallait soustraire le mercure à l'influence de l'acide; on aurait dû, par exemple, faire agir l'acide hydrochlorique liquide isolément sur le minerai, et une fois l'argent *chloruré*, il eût fallu détruire l'excès d'acide par une addition de carbonate de chaux, de manière à laisser seulement une légère acidité dans les boues métalliques, et alors incorporer le mercure. On s'occupe maintenant en Amérique de faire agir sur des minerais d'argent l'acide hydrochlorique avec les précautions que je viens d'indiquer; lorsque les résultats me seront connus, je m'empresserai de les soumettre à l'Académie.

Les dernières recherches qui ont été faites sur la théorie de l'amalgamation européenne sont dues à M. Karsten. Il s'attacha particulièrement à étudier l'action des différens métaux sur les bi-chlorures (chlorides); il reconnut, ce qui au reste avait été vu bien avant lui par Sonneschmidt, que l'argent et le mercure passent à l'état de chlorure lorsqu'ils sont soumis à l'action du bi-chlorure de cuivre; mais il étendit ses recherches beaucoup plus loin que ne l'avait fait Sonneschmidt, et obtint des résultats intéressans pour la science. M. Karsten constata que les bi-chlorures de cuivre et de fer n'exercent absolument aucune action sur le sulfure d'argent quand on opère à la température de l'atmosphère, et que même, à l'aide d'une ébullition long-temps prolongée, l'action n'avait lieu que très lentement. Néanmoins il admet que l'addition du magistral dans l'amalgamation a pour objet de former des

bi-chlorures de fer et de cuivre dont l'action, selon lui, commence à s'exercer sur le sulfure d'argent à la température ordinaire. Je n'ai qu'une seule observation à faire, et c'est que la température des tourtes d'amalgamation ne diffère pas sensiblement de la température de l'air ambiant.

Sonneschmidt fit voir que le mercure revivifiait l'argent de son chlorure quand il y avait présence d'une solution de chlorure de sodium. M. Karsten explique très ingénieusement l'effet utile du sel, en rappelant que le chlorure d'argent est très sensiblement soluble dans une dissolution concentrée de chlorure de sodium, et en prouvant ensuite que le chlorure d'argent une fois dissous est aisément revivifié par le mercure.

Tels sont les travaux qui, à ma connaissance, ont été entrepris dans le but d'établir une théorie chimique de l'amalgamation. Je rapporterai maintenant quelques expériences que j'ai faites sur le même sujet dans le cours de l'année 1829, époque à laquelle j'étais chargé de l'inspection des mines d'or et d'argent les plus importantes de la république de Colombie.

Le premier point que j'ai cru devoir éclaircir a été de constater si réellement le sulfate de cuivre et le chlorure de sodium se décomposaient réciproquement. J'ai broyé ensemble un mélange de ces deux sels. Le mélange broyé acquit une teinte vert-pomme très intense et attira l'humidité de l'air au point de tomber promptement en déliquescence. Au bout de plusieurs jours, le mélange fut desséché au soleil et le résidu mis à digérer dans de l'alcool; ce liquide se chargea aussitôt d'un sel de cuivre qui lui communiqua une couleur verte extrêmement fon-

cée. Ce sel de cuivre ne pouvait être que du bi-chlorure, puisque le sulfate de cuivre n'est pas sensiblement soluble dans l'alcool; on s'assura d'ailleurs que c'était bien du bi-chlorure de cuivre que l'alcool avait pris. Une fois établi que le sel marin, en réagissant sur le magistral (sulfate de cuivre), formait du bi-chlorure de cuivre; sachant, d'un autre côté, que ce bi-chlorure jouissait de la faculté de changer l'argent métallique en chlorure, on devait présumer que dans l'amalgamation de patio, le bi-chlorure de cuivre changeait le sulfure d'argent des minerais en chlorure, et que le résultat était un mélange de chlorure d'argent et de sulfure de cuivre. Cependant il n'en est pas tout-à-fait ainsi, l'action du bi-chlorure de cuivre sur le sulfure d'argent est tout-à-fait nulle, même quand on laisse, comme je l'ai fait, le sulfure en digestion dans le bi-chlorure pendant des mois entiers; mais, si l'on ajoute du sel marin dans la dissolution de bi-chlorure de cuivre, la réaction commence aussitôt, et en quelques jours, le dépôt, qui primitivement était seulement du sulfure d'argent, se compose alors de chlorure d'argent et de sulfure de cuivre.

Il s'agissait donc de rechercher quelle était la cause de l'action prédisposante du sel marin, et pour y parvenir, il fallait non-seulement connaître d'une manière générale la nature du produit de la réaction du bi-chlorure de cuivre sur le sulfure d'argent, mais encore doser les différents composés qu'il pouvait renfermer.

100 grammes de sulfure d'argent artificiel très divisé ont été mis en digestion dans une solution concentrée de bi-chlorure de cuivre et de sel marin (le sel marin était en

grand excès). Le tout fut introduit dans un flacon bouchant à l'émeri, et d'une capacité telle qu'il ne restait qu'une très petite quantité d'air atmosphérique. La liqueur, qui d'abord était d'un vert très foncé, prit en quelques heures une teinte beaucoup plus claire. Après quelques jours, elle était presque décolorée. Le sulfure d'argent avait augmenté sensiblement de volume; il avait pris une teinte décidément bleuâtre. Le dépôt bien lavé et séché pesa 146 grammes. Pendant la durée de l'expérience la température de l'atmosphère s'est soutenue au-dessus de 20° centigr. Le sulfure d'argent soumis à l'expérience contenait :

Argent.....	87
Soufre.....	13

L'excédant 46 provenait nécessairement du chlore combiné à l'argent et du cuivre qui s'était uni au soufre. L'argent, pour passer à l'état de chlorure, a dû prendre 28,4 de chlore; mais comme l'augmentation du poids a été de 46g., la différence 17^g,6 exprime le poids du cuivre qui a dû s'unir au soufre du sulfure d'argent. Cette proportion de cuivre, en supposant même qu'elle peut constituer un bi-sulfure, est beaucoup trop faible pour saturer les 13 g. de soufre, et il doit rester au moins 4^g,1 et au plus 6,9 de soufre en excès dans le produit de la réaction. Ce soufre en excès n'est sans doute pas à l'état libre; il est très probable qu'il se trouve combiné au sulfure de cuivre, formant un composé, sinon identique, ou moins analogue au produit qui résulte de l'action d'un sulfure de potassium sur un sel de cuivre.

Une fois prouvé qu'il se trouvait du soufre en excès

dans le produit solide de la réaction du bi-chlorure de cuivre mélangé de chlorure de sodium, sur le sulfure d'argent, il fallait admettre que la liqueur au sein de laquelle cette réaction s'était opérée, contenait du cuivre en excès, ou, en d'autres termes, qu'elle devait tenir en dissolution du chlorure de cuivre; mais comme jusqu'à présent l'acide hydrochlorique concentré est le seul dissolvant connu du chlorure de cuivre, il fallait démontrer directement la présence du chlorure de cuivre dans la dissolution du sel marin.

Dans un flacon bouchant à l'émeri, qui contenait une forte dissolution de bi-chlorure de cuivre et de sel marin, on a introduit de la limaille d'argent. En moins de douze heures, la liqueur était presque décolorée, et il s'était formé beaucoup de chlorure d'argent. Au bout de cinq jours la décoloration était complète, il n'existait plus de bi-chlorure de cuivre dans le liquide. La dissolution incolore était moins fluide que l'eau pure; sa saveur était cuivreuse et extrêmement désagréable; l'hydro-ferro-cyanate de potasse y faisait naître un précipité blanc très abondant; les alcalis caustiques en séparaient du protoxide de cuivre; enfin cette dissolution exposée à l'air se troublait promptement et laissait déposer un dépôt de chlorure de cuivre.

Cette expérience établit donc de la manière la plus positive que le chlorure de cuivre peut se dissoudre en forte proportion dans une solution concentrée de chlorure de sodium, formant ainsi très probablement un de ces chlorures doubles dont le nombre s'accroît tous les jours.

On conçoit maintenant comment le sel marin, par la

tendance qu'il possède à dissoudre le chlorure de cuivre, peut déterminer le bi-chlorure de cuivre à abandonner une partie de son chlore au sulfure d'argent; mais si les choses se passaient seulement ainsi, le produit solide de la réaction du bi-chlorure de cuivre mélangé de sel ne devrait renfermer que du chlorure d'argent; il faut par conséquent que le chlorure de cuivre, une fois dissous dans la solution de sel marin, réagisse à son tour sur le sulfure d'argent; j'ai fait, pour m'assurer de cette réaction, l'expérience suivante :

100 grammes de sulfure d'argent ont été mis dans un flacon bien bouché, avec une dissolution de chlorure de cuivre dans le sel marin; après huit jours de digestion, le dépôt séché et lavé a pesé 153 grammes. L'argent du sulfure, pour devenir chlorure, a dû prendre $28^s,4$ de chlore; l'augmentation de poids ayant été de 62 g., il reste $24^s,6$ pour le poids du cuivre venant du chlorure de cuivre, et destiné à se combiner au 13 g. du soufre du sulfure d'argent. Ces 13 g. de soufre exigeraient, pour former le sulfure de cuivre CuS , 25,5 de cuivre, nombre assez approché de $24,6$ trouvé directement.

Au moyen des résultats contenus dans ce Mémoire, nous essaierons maintenant d'expliquer les phénomènes qui se passent dans l'amalgamation des minerais d'argent.

En ajoutant, comme on le fait, du magistral et du mercure au minerai renfermant déjà du sel marin, il se forme instantanément du bi-chlorure de cuivre; ce bi-chlorure n'a qu'une existence, pour ainsi dire, éphémère; le mercure d'un côté, et le sulfure d'argent de

l'autre, s'emparent d'une partie de son chlore et le font passer à l'état de chlorure ; ce chlorure se dissout aussitôt qu'il est formé dans l'eau saturée de sel marin dont le minéral est imbibé ; ainsi dissous, le chlorure de cuivre pénètre dans toute la masse et réagit sur le sulfure d'argent qu'il transforme en chlorure d'argent, en se changeant lui-même en sulfure de cuivre. Il y a des établissemens où l'on n'ajoute le mercure que long-temps après l'addition du magistral ; cette méthode doit être avantageuse , car, dans ce cas , le bi-chlorure de cuivre est déjà passé en grande partie à l'état de chlorure quand le mercure est introduit , de sorte que le mercure n'est pas exposé à l'action destructive du bi-chlorure de cuivre.

Le chlorure d'argent, lorsqu'il est formé , se dissout dans la dissolution de sel marin , il est réduit alors par le mercure et s'amalgame. Il doit se former du chlorure de mercure , on en trouve en effet dans les résidus d'amalgamation.

Si la proportion de magistral a été trop forte lors de l'incorporation , il doit se produire beaucoup de bi-chlorure de cuivre dont l'excès est toujours à craindre , puisqu'il tend à changer en chlorure le mercure et l'argent déjà revivifié ; dans ce cas, il faut décomposer ce bi-chlorure à l'aide d'un alcali, et c'est ce que font les amalgameurs en ajoutant de la chaux pour *refroidir* la tourte. Enfin, tout l'art d'amalgamer se réduit à entretenir dans la masse , la juste proportion , ou plutôt la plus petite proportion possible de bi-chlorure de cuivre ; aussi , quand une amalgamation marche bien , on ne trouve dans les boues métalliques qu'une trace à peine sensible de ce bi-

chlorure. La théorie semble indiquer un moyen qui simplifierait considérablement l'amalgamation, et qui diminuerait la consommation du mercure. Ce moyen consisterait à transformer d'abord tout l'argent des minerais en chlorure, en faisant agir le sel marin et le magistral en grand excès, de manière à accélérer l'opération; le transformation opérée, on ajouterait de la chaux vive pour enlever le magistral, et l'on introduirait dans la tourte du fer d'abord et ensuite du mercure; on éviterait ainsi de mettre le mercure en présence du bi-chlorure de cuivre, et la revivication du chlorure d'argent aurait lieu aux dépens du fer.

Malgré les causes de tout genre qui tendent, dans l'amalgamation, à détruire le mercure, les pertes de ce métal ne sont pas aussi considérables qu'on pourrait s'y attendre. On admet généralement que, pour obtenir un marc d'argent, on consomme 13 parties de mercure. Si tout l'argent extrait dans une opération eût existé à l'état de chlorure avant de s'être amalgamé avec le mercure, il est clair qu'il faudrait dépenser 18,7 de ce métal, au lieu de 13, pour obtenir 1 d'argent. Ce nombre 13 est au reste, dans mon opinion, beaucoup trop faible. Il y a aussi quelques causes qui diminuent la consommation du mercure. La plus influente est la présence de l'argent natif qui, dans certains minerais d'Amérique, se trouve dans une très forte proportion; la plus grande partie de cet argent natif doit s'amalgamer directement sans devenir chlorure; ensuite le sulfure d'argent peut même, ainsi que MM. de Humboldt et Gay-Lussac l'ont constaté, céder une certaine partie de son argent au mercure. Une partie du mercure se perd aussi en s'oxidant,

lorsqu'il est très divisé; la présence du sel marin favorise singulièrement cette oxidation. Au moyen du fer, on peut prévenir en partie cette perte. Aussi M. Rivero a-t-il proposé de *daller* les patios en fonte et d'introduire dans la masse à amalgamer des cubes de fer. Au reste, ces moyens électro-chimiques qu'on peut employer pour éviter l'oxidation du mercure, rentrent, comme on voit, dans ceux imaginés par sir Humphry Davy, pour préserver le cuivre employé au doublage des vaisseaux, de l'action corrosive de l'eau de la mer. C'est ainsi qu'une suite d'expériences entreprises par un illustre chimiste anglais dans l'intérêt de la marine britannique, recevra peut-être une application directe, dans un art qui s'exerce au milieu des Cordilières du Nouveau-Monde.

Mémoire sur l'Action du Gaz acide hydrochlorique sur l'Argent à une haute température; observation sur le Départ sec.

Les anciens chimistes donnaient le nom de départ sec à une opération au moyen de laquelle, par une cémentation prolongée, ils parvenaient à enlever presque complètement l'argent et les autres métaux qui se trouvaient alliés à l'or. Ce procédé remonte à la plus haute antiquité, et ce ne fut que vers l'an 1350 que le départ par l'eau forte commença à se répandre en Europe; mais, à cause du prix excessif des acides, cette méthode resta long-temps reléguée dans les laboratoires des essayeurs,

et les procédés de voie sèche, tels que la sulfuration par l'antimoine cru, le traitement par le sublimé corrosif, la cémentation dans un ciment d'argile et de sel, continuèrent à être employés pour la purification de l'or.

Depuis, les arts chimiques ayant fait d'immenses progrès, le prix peu élevé des acides qui en fut une conséquence permit bientôt de pratiquer en grand le départ par la voie humide. Tout le monde sait à quel degré de perfection l'affinage des matières d'or et d'argent a été poussé par les chimistes français. Aussi aujourd'hui, dans l'Europe entière les anciens procédés sont-ils totalement abandonnés.

Les arts européens qui, à l'époque de la conquête, allèrent se fixer en Amérique, y sont restés tellement stationnaires que, naguère encore, je retrouvai dans beaucoup d'ateliers les procédés du moyen-âge. Ainsi, dans des établissemens aussi importans que le sont les hôtels des monnaies de la Nueva-Granada, la séparation (el apartado) de l'argent contenu dans l'or des mines s'exécute encore par le départ sec. Certes c'était pour moi une circonstance des plus piquantes, que de me trouver au milieu de cette métallurgie du 16^{ème} siècle, non-seulement d'observer ces fourneaux compliqués qui rappelaient la philosophie hermétique, mais encore de me rencontrer, scientifiquement parlant, avec des hommes de cette époque. On croyait voir des chimistes qui venaient de se réveiller après avoir dormi pendant trois siècles.

Dans l'hôtel des monnaies de Santa-Fé, le départ sec ou la cémentation se fait toutes les fois qu'il s'agit de dépouiller l'ordres mines de l'argent qui s'y trouve com-

biné, souvent en proportion très forte, afin de l'amener au titre requis par la loi, pour la fabrication de la monnaie d'or.

L'or argentifère réduit en grenaille est soumis à la cémentation dans des marmites faites en terre poreuse. Le ciment est une poudre composée de deux parties de brique et d'une partie de sel marin. On commence par mettre au fond du vase une couche de ciment qu'on recouvre avec de l'or en grenaille; puis l'or est de nouveau recouvert avec du ciment, et ainsi de suite. Les couches de ciment doivent avoir environ un pouce d'épaisseur. Un pot à cémenter peut contenir 10 à 15 livres d'or.

Le fourneau dans lequel s'effectue la cémentation présente un vide cylindrique de 4 pieds $\frac{1}{2}$ de diamètre sur 9 pieds de hauteur; à 3 pieds au-dessus du sol se trouve une grille destinée à recevoir les pots à cémenter. Au bas du fourneau, au niveau même du sol, on a pratiqué une ouverture par laquelle on introduit le combustible. Ce fourneau n'a ni grille de foyer, ni cheminée, et les pots à cémenter s'introduisent et se retirent par la partie supérieure.

La cémentation dure de 24 à 36 heures, cela dépend de la quantité d'argent à extraire. Les pots à cémenter sont entretenus à une chaleur rouge cerise.

L'opération terminée, le ciment est délayé dans l'eau, et l'or en grenaille séparé par le lavage. L'or qui est ordinairement alors de 21 à 22 karats est fondu en barres propres à être laminées.

Le ciment après avoir été broyé en pâte fine est mélangé avec $\frac{1}{10}$ de son poids de sel marin et ensuite incorporé avec du mercure. On ajoute à peu près dix fois

autant de mercure qu'il y a d'argent dans le ciment. L'amalgamation s'exécute dans de grandes baches en bois, à une température de 14° à 18° ; l'opération dure de quatre à cinq jours.

Le chlorure d'argent renfermé dans le ciment est réduit par le mercure; sous l'influence du sel marin, l'argent métallique s'amalgame, et le chlorure de mercure est entraîné dans le lavage des boues. L'amalgame que l'on obtient par ce procédé est toujours très sec, à cause de la grande quantité de chlorure de mercure qui se trouve interposé dans sa masse. L'argent qui provient de cette opération est presque pur; il renferme seulement quelques millièmes d'or.

Dans l'acte de la cémentation, l'argent est transformé en chlorure par l'action de l'argile sèche et du sel marin également sec. Dans l'état actuel de nos connaissances il est à peu près impossible de donner une explication satisfaisante des actions chimiques qui peuvent effectuer cette transformation. Quoiqu'il en soit, comme le procédé réussissait sur de l'or argentifère en assez grosses grenailles, je crus devoir l'appliquer à l'extraction de l'argent renfermé dans l'or en poudre, extrait par le lavage de la pyrite de marmato. Cet or contient ordinairement 0,26 d'argent, mais avant d'agir sur de grandes quantités, je voulus tenter quelques modifications, en établissant un fourneau qui présentât plus d'économie dans le combustible, et surtout en substituant aux vases fragiles dans lesquels on plaçait le mélange, des creusets de Cornwall, afin de diminuer les chances de cassé. En conséquence, le mélange d'or en poudre et de ciment fut placé dans un creuset, et exposé pendant

30 heures à la chaleur du fourneau à dôme , chauffé avec du charbon de bois. Au bout de ce temps, le titre de l'or n'était pas sensiblement augmenté, ce résultat avait lieu de surprendre. J'eus la patience de chauffer l'or en poudre pendant 72 heures; néanmoins après l'opération, l'or était presque aussi chargé d'argent que lorsqu'il avait été mis au feu. En un mot, tous les essais que je fis avec de bons creusets, manquèrent constamment, et, à la grande satisfaction des ouvriers, je fus obligé d'en revenir à la vieille méthode.

Il devenait extrêmement probable que l'accès de l'air était indispensable dans la cémentation; du moins c'était seulement ainsi qu'on pouvait se rendre compte de l'avantage que des vases de terre, mal cuits et poreux, présentaient sur des creusets de bonne qualité et pour ainsi dire imperméables; pour m'en convaincre je fis l'expérience suivante :

Je pris deux lames d'argent pesant chacune 24,6 grains; l'une d'elles fut mise au centre d'un petit vase de porcelaine rempli avec un ciment fait de brique pilée et de sel marin; le petit vase de porcelaine fut placé au centre d'un creuset brasqué et recouvert avec de la poudre de charbon fortement tassée; en un mot, toutes les précautions furent prises pour mettre le métal à l'abri du contact de l'air. L'autre lame d'argent fut au contraire exposée sur une coupelle dans laquelle se trouvait du ciment; la coupelle fut mise sous la moufle d'un fourneau d'essai; par cette disposition, on avait pour objet de favoriser l'accès de l'air. On chauffa pendant 7 heures; la lame enfermée dans le creuset n'avait pas sensiblement diminué de poids, elle pesait encore 24^{gr},3. La

lame placée sous la moufle ne pesait plus que 9^{gr},5 ; elle avait par conséquent perdu 15^{gr},1 ; la surface du métal était fortement corrodée, et le ciment était imprégné de chlorure d'argent.

L'action de l'air était évidente, mais il restait à examiner de quelle manière la présence de l'air atmosphérique pouvait contribuer à la transformation de l'argent en chlorure. Je recherchai d'abord si le sel marin seul pouvait à la température rouge attaquer l'argent. Une lame de ce métal placée sous la moufle, dans une coupelle et recouverte de sel marin, ne souffrit aucune altération, même après avoir été chauffée pendant 3 heures. Durant cette expérience, j'eus l'occasion d'observer combien la volatilité du chlorure de sodium est augmentée par un courant d'air très chaud. Le sel, une fois dans la coupelle, répandait d'abondantes vapeurs, et en très peu de temps il se dissipait entièrement. La présence d'une terre est donc nécessaire pour que le sel marin puisse changer l'argent en chlorure, et, comme l'argile qui entre dans la composition du ciment est formée de silice et d'alumine, il me parut curieux d'étudier séparément l'action de ces deux terres.

Deux lames d'argent pesant chacune 6^{gr}, 5, furent placées dans deux différentes coupelles ; dans l'une on avait mis un ciment fait de silice et de sel marin ; dans l'autre se trouvait un ciment composé de sel marin et d'alumine. Pendant 4 heures la moufle du fourneau fut entretenue au-dessus du rouge cerise. L'argent placé dans le mélange alumineux disparut complètement. Le ciment refroidi se trouvait faiblement aglutiné ; il offrait une structure cristalline, sa saveur n'était pas sensible-

ment salée. A sa sortie du fourneau sa blancheur était éclatante, mais à la lumière solaire il prit bientôt une teinte violette assez foncée; la lame qui avait séjourné au milieu du ciment siliceux pesait encore 4 gr., elle présentait sur toute sa superficie une structure cristalline fort remarquable; sur quelques points on distinguait un enduit d'un vert olive qui adhérait fortement au métal; les parties du ciment qui avaient été en contact avec l'argent avaient une couleur d'un brun foncé. Le ciment n'avait aucunement la saveur salée, et il était presque complètement vitrifié. C'est sans doute à cette circonstance de vitrification qu'il faut attribuer le mauvais succès de la cémentation dans le mélange siliceux.

On sait qu'à une température élevée la silice n'exerce absolument aucune action sur le sel marin, si les matières sont parfaitement sèches; mais, d'après les curieuses expériences de MM. Thénard et Gay-Lussac, la présence de la vapeur d'eau détermine aussitôt une réaction des plus énergiques, il se dégage alors du gaz acide hydrochlorique et il se forme du silicate de soude. Dans les expériences que je viens de rapporter, il est évident que la vapeur d'eau a dû intervenir, puisque le chlorure de sodium a été vitrifié par la silice. Il faut donc que l'air en traversant la moufle du fourneau de coupelle ait apporté une quantité suffisante d'eau en vapeur pour que la réaction ait pu avoir lieu. Dans la cémentation en grand telle qu'elle se pratique à Santa-Fé les matières à cémenter sont constamment environnées de vapeurs aqueuses qui se forment nécessairement pendant la combustion d'un corps aussi hydrogéné que le bois.

Pour prouver que c'est bien réellement la vapeur

d'eau contenue dans l'atmosphère, ou celle qui se forme pendant la combustion qui favorise la cémentation, j'ai placé dans un tube de porcelaine une lame d'argent entourée de ciment, et après l'avoir portée au rouge, j'ai fait passer dans le tube un courant continu d'air bien desséché; comme on pouvait s'y attendre, l'argent ne subit aucune altération.

Il restait encore à lever une difficulté. Si, comme il paraît évident, la vapeur d'eau est l'agent qui, dans la cémentation, détermine l'action des terres sur le sel marin, il doit y avoir indispensablement production de gaz acide hydrochlorique, et, comme nous avons reconnu que l'argent est transformé en chlorure, nous sommes conduits à penser que le gaz acide hydrochlorique est décomposé par l'argent à la chaleur rouge, bien qu'il soit généralement admis que ce métal n'exerce aucune action sur ce gaz même à une température élevée; c'était donc un point qu'il importait d'éclaircir.

Une lame d'argent roulée en spirale fut introduite dans un tube de porcelaine placé dans un fourneau. Par une extrémité du tube arrivait un courant de gaz acide hydrochlorique qui se desséchait en passant sur du chlorure de calcium (1); à l'autre extrémité était adapté un

(1) Dans mes premières expériences, je ne prenais pas la précaution de dessécher l'acide; mais, sur la remarque qui me fut faite qu'il pouvait arriver que l'eau fût décomposée par l'argent sous l'influence de l'acide hydrochlorique, je fis, dans mes nouvelles expériences, passer le gaz acide sur du chlorure de calcium. Il s'élevait encore un doute: il pouvait se faire que le chlorure de calcium ne desséchât pas complètement l'acide. Pour savoir si le gaz hydrochlorique, après avoir passé

tube qui s'engageait sous une cloche remplie d'eau. Lorsque l'argent eut été porté au rouge il commença à se dégager du gaz hydrogène, mais le dégagement cessa bientôt et le gaz continua à passer sans être décomposé; l'eau de la cloche fut promptement acidifiée. En examinant la lame d'argent, on reconnut que sa superficie était enduite d'un vernis de chlorure argentique; on aurait pu prévoir ce résultat, et il était clair que le métal avait été mis à l'abri de l'acide par cet enduit de chlorure.

Pour remédier à cet inconvénient, la lame d'argent fut entourée d'alumine, destinée à absorber le chlorure argentique. Cette seconde expérience marcha beaucoup mieux que la première, il fut possible de remplir plusieurs éprouvettes de gaz hydrogène; l'arrivée du gaz sous la cloche avait lieu sous forme de très petites bulles, et l'on pouvait encore reconnaître, à la forte acidité que prenait l'eau à travers laquelle on recueillait le gaz, que la plus grande partie de l'acide échappait à la décomposition; le dégagement de gaz hydrogène se ralentit de plus en plus, et finit bientôt par cesser entièrement. L'argent était fortement attaqué, le chlorure qui s'était formé n'avait pénétré que très peu avant dans l'alu-

sur du chlorure de calcium, était absolument sec, j'ai fait usage d'un moyen déjà employé par MM. Thenard et Gay-Lussac. J'ai fait un mélange de gaz acide hydrochlorique et de gaz fluorique. Les gaz mêlés ont conservé leur transparence. Ce résultat prouve l'absence de la plus petite quantité de vapeur aqueuse. En effet, pour me convaincre de la sensibilité hygroskopique du fluorure de bore, il m'a suffi de faire arriver dans le mélange une très petite bulle d'air atmosphérique; à l'instant même il s'est formé un nuage dans la cloche.

mine, et le métal était encore recouvert d'une couche de chlorure qui expliquait pourquoi le dégagement du gaz hydrogène avait cessé avant que l'argent eût été détruit.

Dans une nouvelle expérience, j'ajoutai du sel marin à l'alumine, dès-lors l'opération marcha sans entrave. Le dégagement de gaz hydrogène arriva toujours en très petites bulles, et, comme dans les expériences précédentes, la plus grande partie de l'acide passa sans subir d'altération. L'addition du sel marin avait singulièrement favorisé la diffusion du chlorure argentique dans l'alumine, et il est plus que probable que ce résultat est dû à la tendance que possèdent les deux chlorures de se combiner. On peut même produire ce chlorure double en projetant du chlorure argentique dans du chlorure sodique en fusion. Ce chlorure double se solidifie au rouge sombre; refroidi il est vitreux, transparent, légèrement opalin; sa saveur est salée, sans aucun goût métallique; l'eau le décompose; exposé à la lumière solaire il devient violet.

Je constatai encore l'action de l'acide hydrochlorique sur l'argent de la manière suivante. Une lame de ce métal, pesant 13^{gr},3, laminée très mince, fut mise dans une coupelle. Pendant une heure on fit arriver sous la moufle du fourneau dans lequel elle était placée, un courant de gaz acide. Tout le temps que dura l'expérience, il s'élevait au dessus de la coupelle une légère vapeur blanche. Après l'opération la lame d'argent ne pesait plus que 5^{gr},5; sa surface était du plus beau mat; on n'apercevait aucune trace de chlorure sur la coupelle; ainsi le chlorure, à mesure qu'il se formait à la surface du métal, se trouvait entraîné par le courant de gaz acide qui traversait constamment la moufle du fourneau.

La propriété que possède l'argent de fixer l'oxygène à une température élevée, pouvait faire présumer que, dans la cémentation, le contact de l'air favorisait l'action de l'acide; mais une expérience comparative, faite sur deux lames d'argent présentant exactement la même surface, a fait voir que l'oxygène de l'air ne favorisait pas sensiblement l'action de l'acide hydrochlorique sur l'argent.

La décomposition de l'acide hydrochlorique par l'argent est un fait analogue à celui de la décomposition de l'eau par le fer. L'argent fixe le chlore du gaz acide hydrochlorique comme le fer s'unit à l'oxygène de la vapeur d'eau, et dans les deux cas l'hydrogène est mis en liberté. Cependant à la même température à laquelle ces métaux effectuent ces décompositions, le gaz hydrogène jouit de la propriété de réduire à l'état métallique le chlorure d'argent et l'oxide de fer, en donnant naissance à de l'acide hydrochlorique et à de l'eau.

Quand on soumet de l'argent à un courant soutenu de gaz acide hydrochlorique, l'hydrogène qui se développe se trouve aussitôt délayé dans une trop grande quantité d'acide hydrochlorique pour réagir sur le chlorure déjà formé; ce gaz est d'ailleurs rapidement entraîné hors de l'appareil par le courant continu de l'acide. Lorsqu'on réduit le chlorure argentique par le gaz hydrogène, c'est l'inverse qui a lieu; l'acide hydrochlorique qui se forme se trouve pour ainsi dire noyé dans le courant du gaz hydrogène, et dès-lors il lui est impossible de réagir sur l'argent déjà réduit. Ainsi, pour attaquer l'argent par le gaz acide hydrochlorique, il faut employer un grand excès de cet acide pour transformer le métal en chlorure;

par la même raison, il faut pour réduire le chlorure argentique une proportion d'hydrogène beaucoup plus forte que celle qui serait nécessaire pour faire passer le chlore à l'état d'acide hydrochlorique. Le fait de la décomposition de l'acide hydrochlorique par l'argent une fois établi, les phénomènes qui ont lieu pendant le départ sec s'expliquent pour ainsi dire d'eux-mêmes : l'argile du ciment réagit à la faveur de la vapeur d'eau sur le sel marin, il en résulte de l'acide hydrochlorique qui attaque l'argent et le fait passer à l'état de chlorure. Le chlorure argentique en se combinant probablement avec le sel marin, forme un chlorure double qui s'imbibe dans la masse du ciment, de manière à laisser la surface de l'argent parfaitement décapée. Cette condition permet à l'acide qui se forme sans cesse d'agir sur le métal jusqu'à ce qu'il ait été totalement transformé en chlorure.

Vu et approuvé par le doyen de la Faculté des Sciences de la Faculté de Paris, le 23 avril 1854.

Baron *THENARD*.

Permis d'imprimer, l'inspecteur général des études, chargé de l'administration de l'Académie de Paris.

ROUSSELLE.