

REVUE
DE PHYSIQUE ET DE CHIMIE
ET DE LEURS APPLICATIONS INDUSTRIELLES

SOMMAIRE DU N° 12

P. Jeancard et C. Satie : Les méthodes d'analyse des huiles essentielles.
E. Beauvais : L'Or.
Chronique : Cinquantenaire scientifique de M. Berthelot.
Revue mensuelle : Chimie. — Bibliographie.
Table des matières.

LES
MÉTHODES D'ANALYSE DES HUILES ESSENTIELLES

par P. JEANCARD et C. SATIE.

Les méthodes d'analyse appliquées aux huiles essentielles donnent des indications précieuses pour l'estimation de celles-ci. Cependant, dans l'état actuel de la science, elles ne peuvent fournir que des résultats approchés. Le dosage de certains constituants, le linalol par exemple, ne peut se faire exactement. Aussi importe-t-il que le chimiste et le parfumeur se rendent parfaitement compte des causes d'erreurs inhérentes à chacune de ces méthodes et de l'approximation avec laquelle un chiffre pourra être garanti.

Ces méthodes, toujours employées de la même manière, permettent de suivre de près les fabrications et de déterminer les facteurs qui influent sur la composition d'une essence (époque de la cueillette, marche de la distillation, pluie, sécheresse, etc.).

Les méthodes que nous allons décrire sont simples et rapides. Elles donnent des résultats suffisamment approchés pour les cas où elles sont appliquées.

Pour toutes les essences, on détermine les constantes physiques et pour un grand nombre, on dose les constituants principaux.

I. — Détermination des constantes physiques.

Les constantes physiques les plus importantes à déterminer sont : 1° le poids spécifique; 2° le pouvoir rotatoire; 3° la solubilité dans les alcools dilués; 4° la tension superficielle; 5° la viscosité; 6° le point de fusion.

1° *Poids spécifique.* — On le détermine à l'aide de la balance de Westphal, en notant la température à un demi-degré près. Pour la plupart des essences, la loi de variation des poids spécifiques en fonction de la température, dans les limites de 0° à 30°, est représentée graphiquement par une droite. La variation du poids spécifique est sensiblement de 0,0008 par degré.

2° *Pouvoir rotatoire.* — On emploie le polarimètre à pénombres et le tube de 100^{mm}. Si, par suite de la coloration ou du manque de substance, on emploie le tube de 50^{mm} ou de 20^{mm}, on ramène le résultat trouvé à 100^{mm}, en ayant soin d'indiquer le tube dont on s'est servi, pour que l'on sache que l'erreur est multipliée par 2 ou par 5.

On ne connaît pas encore l'influence de la température sur la valeur du pouvoir rotatoire; cependant, il est bon d'indiquer la température au moment de la lecture. Les chimistes de la maison Schimmel ont montré que, pour l'essence de citron, l'influence de la température n'était pas négligeable. Ainsi, si on opère à une température inférieure à 20°, il faut soustraire du chiffre trouvé autant de fois 9' qu'il y a de degrés au-dessous de 20°; opère-t-on au-dessus de 20°, on ajoute 8'2 par degré.

La détermination du pouvoir rotatoire fournit des indications précieuses pour certaines essences dont on ne peut doser rigoureusement les constituants, telles les essences de citron, de mandarine, d'orange. Cette détermination permet également de reconnaître l'addition d'essence de térébenthine. Pour cette recherche, on opère de la façon suivante : on distille, dans un ballon de Ladenburg, 50° d'essence; on recueille les 5 premiers centimètres cubes dont on prend le pouvoir rotatoire. On sépare ainsi le pinène, que l'on peut caractériser en préparant le nitroso-chlorure.

3° *Solubilité.* — On remplit d'alcool, dilué au degré voulu, une burette de Mohr; on met dans un tube à essai 1 ou 2° d'essence

mesurés au moyen d'une pipette divisée en dixièmes de centimètre cube. On verse l'alcool peu à peu, en agitant, et on note la température au moment de la dissolution complète.

Après avoir obtenu la dissolution, il est bon d'ajouter un excès d'alcool pour s'assurer que la solution ne se trouble pas de nouveau. En effet, certaines essences, solubles dans 3 et 4 volumes d'alcool, se troublent avec un excès d'alcool. Ainsi, l'essence de citronnelle se dissout dans un volume d'alcool à 80° et se trouble avec 3 et 5 volumes. Ce fait se produit généralement avec les essences mal distillées et les essences vieilles.

Les alcools à 80 %, 70 % et 60 % sont les plus employés. Les essences dont le constituant principal est un alcool, un phénol ou une aldéhyde sont très solubles dans l'alcool à 70 %. Pour les essences contenant des éthers, la solubilité paraît diminuer avec l'accroissement de l'indice de saponification.

4° *Tension superficielle.* — On se sert de la pipette de Duclaux. C'est une pipette de 5° munie d'un orifice capillaire tel qu'à 15° l'eau distillée la remplissant s'écoule exactement en 100 gouttes. Si on remplit cette pipette avec une essence d'un poids spécifique D_t et fournissant n gouttes, la tension superficielle F à t° sera

$$F = \frac{\mu_t f_t D_t}{n}$$

en appelant μ_t le nombre de gouttes à t° avec l'eau distillée et f_t la tension superficielle de l'eau distillée à t° .

L'expérience a montré que si la valeur n est comprise entre 140 et 300, on devra l'affecter d'un terme correctif

$$N = n - [0,002(n - 100) + 0,00036(n - 100)^2].$$

Les valeurs de f_t , entre 0 et 30°, sont données par la formule de Wolf

$$f_t = 7,758 - 0,01597t - 0,00002312t^2.$$

Les valeurs de μ_t sont déterminées expérimentalement une fois pour toutes.

Pour un poids spécifique moyen de 0.9000, l'erreur est inférieure aux 3/10000° de la valeur absolue pour une goutte en plus ou en moins.

Les essences dont le constituant principal est le géranjol, libre ou combiné, ont une tension superficielle supérieure à celles renfermant

du linalol. Pour les essences contenant des phénols, la diminution de la tension superficielle correspond à une diminution de phénols. Pour les essences contenant des aldéhydes, la tension superficielle paraît diminuer avec la teneur en aldéhydes.

5° *Viscosité*. — Si dans la détermination de la tension superficielle on note la durée de l'écoulement des 5^{cc}, on a un chiffre proportionnel à la viscosité de l'essence. La viscosité apparente est la durée de l'écoulement des 5^{cc}; la viscosité spécifique V est la durée de l'écoulement d'un gramme d'essence :

$$V = \frac{T}{5D_t}$$

La viscosité spécifique des éthers est beaucoup plus faible que celle des alcools correspondants; à une diminution de la viscosité spécifique correspond généralement une augmentation de l'indice de saponification. La viscosité spécifique des aldéhydes paraît être plus faible que celle des alcools correspondants.

Pour les essences contenant des phénols, les portions non phénoliques ont une viscosité spécifique plus faible que les portions phénoliques (1).

6° *Point de fusion et point d'ébullition*. — Le point de fusion est déterminé suivant la méthode classique. Le point d'ébullition ne donne pas d'indications utiles dans bien des cas et cette détermination est coûteuse, puisque l'essence est détériorée.

II. — Dosage des constituants principaux.

Les constituants que l'on rencontre le plus fréquemment dans les essences possèdent les fonctions chimiques suivantes: éthers, alcools, phénols, aldéhydes et cétones.

1° *Ethers*. — Le dosage des éthers a, depuis quelques années, une grande importance, certaines essences étant vendues d'après leur teneur en éthers. Aussi croyons-nous devoir nous étendre sur la méthode employée.

On opère de la façon suivante. On pèse exactement 2 grammes d'essence dans un ballon de 100^{cc}; on ajoute 10^{cc} de potasse alcoo-

(1) JEANCARD ET SATIE: Tension superficielle et viscosité de quelques huiles essentielles (*Bull. Soc. Chim.*, 1901, (3), XXV, 519).

lique $\frac{N}{2}$. On fait bouillir une demi-heure après avoir muni le ballon d'un tube de 10 à 12^{mm} de diamètre et de 1 mètre de longueur, faisant office de réfrigérant. Après refroidissement, on étend d'eau et on titre l'excès d'alcali par une solution d'acide sulfurique $\frac{N}{8}$.

Il est bon d'employer des liqueurs normales contenant par litre un nombre de grammes égal au poids moléculaire. La solution $\frac{N}{2}$ de potasse renferme 28 grammes de KOH par litre; la solution $\frac{N}{8}$ d'acide sulfurique, 12^{gr}25 de SO⁴H² par litre; si bien que

$$1^{\circ}\text{KOH } \frac{N}{2} = 2^{\circ}\text{SO}^4\text{H}^2 \frac{N}{8}.$$

La détermination de la quantité de potasse employée donne l'indice de saponification ordinaire ou à « chaud »; c'est-à-dire le nombre de milligrammes de potasse nécessaire pour saponifier 1 gramme d'essence.

Certaines essences contiennent des acides libres et des éthers facilement saponifiables à froid par la potasse alcoolique. Pour cette raison, nous avons cru utile (1) de déterminer la quantité de potasse nécessaire pour neutraliser les acides libres et saponifier ces éthers. Nous avons appelé ce nouvel indice: « indice de saponification à froid ». Cette dénomination peut prêter à la critique; cependant, dans ce cas spécial, les mots « indice d'acide », « indice de saturation », ne nous paraissent pas plus satisfaisants, puisque l'indice de saponification « à froid » est le nombre de milligrammes de potasse nécessaire pour « neutraliser » les acides libres et pour « saponifier » les éthers facilement saponifiables.

L'indice à froid est déterminé de la manière suivante: à 2 grammes d'essence, on ajoute 10^{cc} d'alcool à 96 % et 10^{cc} de potasse alcoolique $\frac{N}{2}$. Après un contact de une à deux minutes, on titre l'excès d'alcali.

L'indice à chaud donne les éthers « bruts », c'est-à-dire sans tenir

(1) JEANARD ET SATIE: Sur les essences de géranium (*Bull. Soc. Chim.*, 1900, (3), XXIII, 37).

compte de l'acidité de l'essence. Les éthers « vrais » sont donnés par la différence des deux indices.

En appelant :

p , le poids d'essence employé ;
 M , le poids moléculaire de l'éther ;

n , cc de KOH $\frac{N}{2}$;

m , cc de SO^4H^2 $\frac{N}{8}$;

I.S., indice de saponification (à chaud) ;

E, éthers pour cent,

on a :

$$\text{I.S.} = \frac{28}{p} \left(n - \frac{m}{2} \right)$$

$$E = \frac{M}{560} \text{I.S.} \quad \text{ou} \quad \frac{M \left(n - \frac{m}{2} \right)}{20 p}$$

Pour la plupart des essences, on pèse 2 grammes et on ajoute 10^{cc} de potasse alcoolique.

Les éthers sont généralement comptés en acétate de linalyle ($\text{C}^{12}\text{H}^{20}\text{O}^2=196$).

Les causes d'erreur sont les suivantes :

1° Dans la pesée de l'essence : une goutte en plus ou en moins, soit 1/100.

2° Dans la mesure de 10^{cc} de potasse alcoolique. Les erreurs dues à la variation de volume de la pipette par suite du changement de température (20° au maximum) et de lecture (1/100 d'après Frésenius) sont négligeables. Quant à l'erreur due à la variation de volume de la solution alcoolique de potasse, elle est d'environ 1/52 pour 20° ; la liqueur étant faite à une température moyenne, on peut compter la moitié de cette erreur, soit 1/104.

3° Erreurs dans la mesure de SO^4H^2 . L'erreur due à la variation de volume de la burette est négligeable. L'erreur de lecture est de 1/10 de centimètre cube d'après Frésenius, soit, pour un volume moyen d'acide de 4^{cc}, une erreur de 1/40. L'erreur due à la variation de volume de la solution d'acide est négligeable.

4° Dans l'appréciation du virage : une goutte en plus ou en moins, soit 1/40 de centimètre cube de la solution d'acide, soit pour 4^{cc} une erreur de 1/160.

Si dans un essai on a employé 6^o d'acide sulfurique, les différentes valeurs réelles limites de p , n , m , seront :

pour p

$$p \pm \frac{p}{100} = 2 \pm 0,02$$

$$p_1 = 2,02 \quad \text{et} \quad p_2 = 1,98$$

pour n

$$n \pm \frac{n}{104} = 10 \pm \frac{10}{104}$$

$$n_1 = 10,1 \quad \text{et} \quad n_2 = 9,9$$

pour m

$$\left(m \pm \frac{m}{40}\right) \pm \left(\frac{m \pm \frac{m}{40}}{160}\right) = \left(6 \pm \frac{6}{40}\right) \pm \left(\frac{6 \pm \frac{6}{40}}{160}\right)$$

$$m_1 = 6,19 \quad \text{et} \quad m_2 = 5,81.$$

Les valeurs maximum et minimum E_1 et E_2 pour la teneur en éthers seront

$$E_1 = 35,63 \quad \text{et} \quad E_2 = 34,17$$

avec une différence de 1,46 entre les deux évaluations.

On peut donc conclure que, dans un laboratoire industriel, la teneur en éthers d'une essence ne peut être déterminée à plus d'une unité près.

2° *Alcools*. — On fait bouillir pendant une heure et demie, au réfrigérant ascendant, 20^o d'essence, 20^o d'anhydride acétique et 2 grammes d'acétate de soude sec. On lave à l'eau et on sèche sur du sulfate de soude anhydre. On détermine ensuite, sur 2 grammes de produit acétylé, l'indice de saponification. L'alcool total x de l'essence est donné par la formule

$$x = \frac{n.M}{2 - 0,42.n}$$

dans laquelle

n = c. c. de KOH nécessaire pour saponifier 2 grammes de produit acétylé

M = poids moléculaire de l'alcool.

Cette méthode ne donne pas de résultats satisfaisants avec les alcools tertiaires comme le linalol, le terpinéol, qui sont partiellement déshydratés par l'anhydride acétique. Pour les autres alcools, il ne faut pas espérer en déterminer la teneur à plus de 2 ou 3 % près.

3° *Phénols*. — On verse 10^o d'essence dans une fiole de 100^o munie

d'un long col divisé en demi-centimètres cubes. On ajoute 50^{cc} d'une lessive de potasse à 10 % et l'on agite 10 minutes. On achève de remplir le ballon avec de la lessive pour amener les parties essentielles non phénoliques dans le col gradué.

Après décantation complète, on lit le volume de la partie non combinée à la potasse. La différence de 10^{cc} et du chiffre trouvé donne la teneur approchée en phénols.

Les résultats sont à cinq unités près. Cette approximation est suffisante pour les cas où s'applique la méthode.

4° *Aldéhydes*. — Dans une fiole dont le col est divisé en dixièmes de centimètres cubes, on verse 10^{cc} d'essence. On ajoute peu à peu en chauffant au bain-marie une solution de bisulfite de soude jusqu'à ce qu'il ne se fasse plus de composé solide. Après agitation, on étend l'eau de façon que l'huile surnageante vienne dans l'intervalle des divisions. La différence de volume entre les 10^{cc} et le volume de la portion non aldéhydique donne la teneur en aldéhyde.

Cette méthode ne convient que pour les essences contenant une assez grande proportion d'aldéhydes.

5° *Cétones*. — La meilleure méthode est celle consistant à transformer les cétones en alcools. On dissout un poids déterminé d'essence dans un volume double d'alcool et on ajoute des petits fragments de sodium. Après lavage et séchage, on dose l'alcool formé par la méthode ordinaire. Il est toujours prudent d'hydrogéner de nouveau une partie du produit lavé pour s'assurer que la première réduction avait été complète.

Nous ne parlons pas de la méthode par la phénylhydrazine pour le dosage des aldéhydes et des cétones ; nous nous proposons de la décrire prochainement et de faire connaître quelques modifications qui la rendent expéditive.

L'OR ⁽¹⁾

par E. BEAUVAIS.

TRAITEMENT DES TAILINGS — CYANURATION

Les tailings, dont la faible teneur en or ne permettait pas le traitement coûteux de la chloruration, avaient été amassés ou rejetés

(1) Voir *Rev. Phys. Chim.*, 5^e année, pp. 448, 490.

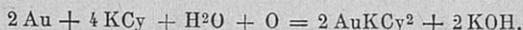
Jusqu'en 1890, date de l'apparition du procédé Mac Arthur et Forrest qui, par l'emploi d'un nouveau réactif, le cyanure de potassium, permettait de dissoudre l'or métallique et même l'or contenu dans la pyrite sans nécessiter de grillage préalable.

Les premiers essais de ce procédé avaient porté sur le traitement de minerais crus aurifères et auro-argentifères complexes; la facilité d'emploi sur les tailings en fit le succès et l'emploi s'en répandit rapidement.

Procédé Mac-Arthur et Forrest. — Ce procédé consiste dans l'emploi d'une solution de cyanure de potassium pour dissoudre l'or et dans la précipitation par le zinc de l'or en dissolution.

La présence de l'air est nécessaire.

L'or se dissout d'après la réaction fondamentale suivante :



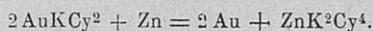
L'argent se comporte comme l'or dans le traitement.

Les bas métaux se dissolvent aussi partiellement.

Les tailings doivent, avant le traitement, être neutralisés soit par addition de chaux en poudre dans la charge, soit par une solution alcaline de soude, car ils sont généralement acides par suite de l'oxydation d'une partie des sulfures de la charge.

Si l'on opérait dans ces conditions, il se formerait de l'acide cyanhydrique qui dissoudrait également l'or, mais l'acide auricyanhydrique formé est très difficilement réduit par le zinc : il y aurait perte d'or et de cyanure.

Pour la précipitation, le zinc remplace l'or et l'argent dans les cyanures doubles formés.



Il y a donc consommation de zinc et de cyanure; ces consommations, théoriquement très faibles, sont augmentées pratiquement dans de très grandes proportions. Indépendamment du cyanure nécessité par la dissolution de l'or et de l'argent, il y a celui consommé par celle des bas métaux.

Puis les solutions cyanurées en passant sur le zinc n'agissent pas seulement par remplacement, mais dissolvent également du zinc qui forme un cyanure double de zinc et de potassium.

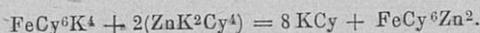
Ce cyanure résulte également de l'action, sur le cyanure de potas-

sium, du zincate formé par le zinc avec la potasse produite dans les réactions précédentes.

Les sels de fer provenant de l'oxydation des sulfures et l'hydrate d'oxyde de fer formé par leur neutralisation par les alcalis agissent sur le cyanure avec production de ferrocyanure de potassium.

Les acides et les sels acides produisent, ainsi qu'il a été dit, de l'acide cyanhydrique. De plus, les solutions s'oxydent à l'air avec formation de cyanate. L'acide carbonique de l'air ne doit pas agir sur les solutions; il a plutôt tendance à se fixer sur la potasse provenant des réactions; le carbonate de potasse formé, réagissant à son tour sur le cyanure double de zinc et de potasse, régénère du cyanure de potassium et précipite du carbonate de zinc.

On remarque que les solutions ne s'enrichissent pas en zinc en proportion de la consommation de ce métal: c'est donc qu'il y a des réactions secondaires qui détruisent le cyanure double formé; la plus importante serait probablement celle du ferrocyanure de potassium sur le cyanure double de zinc



avec formation de ferrocyanure de zinc et régénération de cyanure de potassium.

D'après ce qui précède, l'on voit que les solutions ne doivent pas être acides; car il y a alors perte de cyanure et d'or; elles ne doivent pas non plus être trop alcalines, car la consommation de zinc deviendrait trop considérable et l'on aurait à craindre une production de cyanure double de zinc et de potassium: d'où perte possible de cyanure.

Les bacs de lixiviation peuvent être construits en bois, en fer ou en maçonnerie et être de forme ronde ou carrée. Actuellement on les établit généralement en bois ou en fer et on leur donne une forme cylindrique ou très légèrement tronconique. Leur capacité et leur nombre varie suivant l'importance de l'exploitation. L'on a employé des bacs pouvant contenir jusqu'à 600 tonnes de tailings. Dans ces grands bacs, la hauteur de la couche filtrante nécessite l'enlèvement presque complet des slimes afin de faciliter la filtration des solutions.

Le fond des bacs est garni d'une grille en lattes de bois recouverte d'un filtre en nattes de fibres de coco ou d'une toile de jute. Ils sont généralement pourvus de vannes de décharge permettant d'effectuer le déchargement par le fond.

L'écoulement des solutions se fait par un tube débouchant dans le fond sous la grille.

Le nombre des bacs est généralement égal au nombre de jours nécessaire au traitement, habituellement cinq ou six. L'on décharge et recharge un bac dans la même journée.

Les bacs à solution, construits comme les bacs de lixiviation, sont généralement au nombre de trois, deux pour les solutions de cyanure, l'autre pour la solution alcaline.

Les bacs à précipitation, de nombre et de dimensions variables, ont une longueur de 4 à 7 mètres, une profondeur et une largeur de 70 centimètres à 1 mètre ; ils sont divisés en compartiments séparés par des cloisons formant chicanes, de manière à forcer le liquide à circuler dans chaque compartiment de bas en haut.

Chaque compartiment est muni d'un tamis porté par un cadre reposant sur des tasseaux fixés à quelques centimètres du fond. Sur ce tamis sont disposés les copeaux de zinc servant à l'extraction.

Le commerce livre, pour la préparation de ces copeaux de zinc, des disques avec trou central, en zinc numéros 8, 9 ou 10. Ces disques, enfilés sur un axe, sont tournés à la main ou mécaniquement pour obtenir les copeaux ou rubans d'un quart à un dixième de millimètre d'épaisseur.

Mode de travail. — Les bacs sont remplis de tailings, soit par chargement à l'aide de wagonnets circulant sur une voie placée au-dessus des bacs, soit en y envoyant la pulpe, débarrassée de la majeure partie des slimes par l'emploi d'un spitzkasten.

Cette pulpe peut être également distribuée dans les bacs à l'aide de l'appareil de MM. Butters et Mein, sorte de tourniquet hydraulique dont les bras de différentes longueurs distribuent la pulpe uniformément dans les bacs ; l'eau entraînant des slimes s'écoule par la partie supérieure ou par des canaux verticaux disposés dans les bacs le long des parois et dont on remonte l'ouverture en même temps qu'ils se remplissent.

Ce système de remplissage automatique s'emploie surtout pour le traitement des tailings frais venant de la batterie ou des concentrateurs, mais il doit fonctionner sans aucune interruption ; sinon les slimes en suspension dans l'eau des bacs se déposant formeraient dans la charge des couches argileuses empêchant la filtration des solutions. Il suppose donc un traitement considérable et constant, et ne peut guère être employé que par des usines importantes.

Il a été surtout employé au Transvaal et s'applique parfaitement, grâce à la régularité de composition des minerais du Rand.

Si l'on a à traiter des minerais de provenance vraiment filonienne dont la composition est constamment variable, et souvent dans de grandes proportions, son emploi exigera une surveillance continue des variations de composition de la pulpe correspondant aux variations du minerai traité, qui est généralement envoyé directement de la mine à l'usine et employé immédiatement.

Donc, si l'on emploie des tailings frais, la teneur de chaque chargement et l'acidité des tailings peuvent varier : il faut donc bien surveiller la neutralisation de ces tailings.

Pendant le chargement, l'on ajoute de la chaux en poudre pour neutraliser les acides.

Lixiviation. — L'on effectue le premier lavage avec une solution alcaline très faible contenant généralement un peu de cyanure de potassium, moins d'un demi-millième ; on laisse séjourner la solution le temps nécessaire pour assurer la neutralisation. Puis l'on procède au lavage par la solution forte tenant de 2 à 3 millièmes de cyanure ; ce lavage est parfois répété plusieurs fois et dure de 24 à 72 heures, suivant les cas.

L'on continue par un lavage avec des solutions plus faibles, un millième environ. L'on déplace ainsi la solution forte ; on répète souvent cette opération, puis les tailings égouttés peuvent être déchargés.

Il est préférable de faire suivre la lixiviation à la solution faible d'un lavage à l'eau qui entraîne une partie de la liqueur cyanurée, diminuant ainsi les pertes de cyanure.

Pour le traitement des tailings, l'opération totale dure généralement de quatre à six jours.

Dans la précipitation par le zinc, dont nous avons vu le mécanisme, les métaux sont déposés sous forme pulvérulente sur le zinc ; ils s'en détachent assez facilement par agitation et friction ; ils passent à travers les tamis et tombent dans le fond des bacs. La récolte des boues d'or se fait tous les mois. Les solutions étant déplacées par de l'eau pure, l'on frotte les copeaux de zinc sous l'eau pour en détacher les dépôts ; les boues se déposent, on les recueille sur des filtres après siphonnage du liquide surnageant.

Ces boues contiennent, en dehors de l'or et de l'argent, du cuivre, du plomb, beaucoup de zinc venant des copeaux, de l'arsenic métallique en grande quantité, lorsqu'on a traité des tailings tenant des

pyrites arsenicales toujours plus ou moins décomposées, et des sels alcalino-terreux, surtout si l'on a employé la chaux pour la neutralisation.

Ces boues doivent être grillées ; mais il est préférable, avant de procéder à cette opération, de se débarrasser du zinc qui, pendant le grillage, amènerait des pertes d'or par entraînement.

Les boues sont donc traitées par un acide qui dissout le zinc, et lavées à l'eau jusqu'à élimination des sels de zinc. Ce lavage doit être fait très sérieusement ; car le zinc restant se retrouverait dans le produit final, les sels de zinc n'étant pas éliminés par le grillage. Ce traitement des boues aurifères à l'acide entraîne également une partie de l'arsenic par suite de formation d'hydrogène arsénié.

Cette opération est très dangereuse et a amené nombre d'accidents attribués au dégagement d'acide cyanhydrique provenant des cyanures insolubles du précipité ; il est plus probable que les accidents en question sont dus à l'hydrogène arsénié, la quantité de cyanures contenus dans le précipité étant très faible et ces accidents s'étant presque toujours produits après le traitement de minerai contenant des pyrites arsenicales.

Les boues d'or sont ensuite grillées dans un four à réverbère, puis fondues avec un mélange de carbonate de soude, borax et sable dans des creusets en graphite. Lorsque les creusets sont aux deux tiers pleins du mélange fondu, leur contenu est envoyé dans des lingotières, le culot d'or est séparé après refroidissement.

Les scories tiennent encore les grains d'or dans leur masse, elles sont rebroyées et lavées, ou refondues avec addition de litharge.

Le plomb aurifère provenant de cette opération est ensuite cédupellé.

L'or obtenu tient de 20 à 100 millièmes de bas métaux, le reste étant uniquement or et argent.

Le rendement varie suivant la composition et la richesse des tailings de 50 à 90 % de l'or contenu.

La consommation de produits chimiques varie avec chaque minerai ; la quantité de cyanure employé par tonne traitée est de 200 à 500 grammes, et le zinc consommé de 50 à 300 grammes.

Ce qui a été dit des tailings s'applique également aux minerais et aux concentrés : les solutions employées dans ce cas sont plus fortes, elles peuvent être portées à 1 % de cyanure ; la consommation de produits chimiques se trouve augmentée surtout avec les concentrés.

Si le minerai tenait de l'or gros, il n'aurait pas le temps de se dissoudre et échapperait en grande partie à la cyanuration.

Procédé Siemens et Halske. — Ce procédé consiste dans l'emploi, pour la cyanuration, de solutions beaucoup plus faibles que par le procédé Mac Arthur et Forrest, et dans l'électrolyse des solutions aurifères pour en extraire les métaux précieux.

Les solutions employées tiennent de 0,06 à 0,01 % de cyanure; elles sont employées exactement comme dans le procédé précédent; leur faible teneur réduit la consommation de cyanure et diminue la perte par entraînement dans les tailings rejetés.

Pour l'électrolyse de ces solutions très diluées, on a intérêt à augmenter beaucoup la surface des électrodes et à employer une très faible intensité de courant, 0,5 ampère par mètre carré.

Les cathodes sont formées de feuilles de plomb très mince accouplées et parfois découpées en lanière de façon à augmenter la surface des électrodes.

Les anodes sont formées de feuilles de tôle enveloppées dans une toile pour éviter les courts circuits.

Ces électrodes sont disposées dans des bacs à électrolyse rappelant la forme des bacs à précipitation du procédé Mac Arthur et Forrest.

Des chicanes disposées dans les bacs assurent la diffusion des solutions.

Sous l'action du courant, les métaux précieux se réunissent sur le plomb des cathodes en un dépôt qui y adhère fortement.

L'anode se dissout en formant un précipité de bleu de Prusse et leur usure est proportionnelle à l'intensité du courant.

La différence de potentiel est généralement de 4 à 5 volts.

Les électrodes sont enlevées et changées sans interruption du travail.

Les feuilles de plomb sont récoltées lorsque leur teneur en or est jugée suffisante; elles tiennent alors de 2 à 10 % d'or; elles sont séchées, comprimées, fondues et coupellées: l'on obtient ainsi un alliage d'or et d'argent presque purs.

La consommation de cyanure peut être abaissée à 100 grammes par tonne de minerai traité.

TRAITEMENT DES SLIMES

L'or entraîné par les slimes est l'une des grandes pertes en or de traitement des quartz aurifères: environ 0,1 de l'or total.

Pour éviter cette perte, le plus simple serait évidemment d'en éviter ou réduire la production; les appareils de broyage à sec permettent d'envisager cette solution. Si un procédé, vraiment pratique, de concentration de l'or des *slimes* était trouvé, la question ferait un grand pas, le traitement d'un minerai riche étant toujours réalisable.

Le traitement direct des *slimes* par cyanuration est la seule solution actuellement possible; les essais entrepris dans cette voie font espérer que la méthode se répandra rapidement.

Pratiquement, les *slimes* contiennent encore du sable quartzeux très fin qui, séparé par *spitzkasten* des matières argileuses, peut encore se cyanurer directement: l'on peut donc à la rigueur effectuer cette séparation et ce traitement, bien que ces sables très fins soient souvent très pauvres en or.

La majeure partie des *slimes*, 70 % environ, sont constitués de matières argileuses contenant de l'or excessivement fin, sur lequel le cyanure agit très rapidement, à la condition que les particules soient en suspension.

L'on emploie pour le traitement des bacs à cyanuration cylindriques munis d'un agitateur qui maintient les *slimes* en suspension dans la solution cyanurée. Cette agitation pourrait également être produite par insufflation d'air dans la masse, ce qui faciliterait la dissolution de l'or.

Après un brassage de quelques heures, la boue est évacuée dans des bassins de dépôt où l'action du cyanure se continue. Les solutions sont envoyées, après décantation, dans les appareils d'extraction, soit par voie électrolytique, soit par le zinc.

Les *slimes* restant sont déchargés, parfois, après un lavage par agitation avec de l'eau et décantation. Ils retiennent une forte proportion de solutions: l'on a donc tout intérêt à employer pour le traitement des solutions très faibles pour réduire la perte de cyanure. L'extraction par électrolyse est alors nécessaire, le zinc agissant fort mal sur des solutions aussi peu chargées de cyanure.

En résumé, le traitement généralement suivi et qui, avec les quartz aurifères normaux, donne l'extraction la plus complète, est le suivant:

- 1° Broyage et amalgamation;
- 2° Concentration et traitement des concentrés par chloruration, s'il y a beaucoup de sulfures;

3° Cyanuration des tailings ;

4° Cyanuration des slimes.

L'on pourrait obtenir des résultats encore meilleurs en commençant le traitement par la cyanuration directe du minerai pulvérisé ; mais il faut pour cela que la production de slimes au broyage soit assez faible pour permettre la filtration des solutions ; ce résultat peut s'obtenir par le broyage à sec de certains minerais.

Dans ce cas, si la proportion de sulfures est faible, la marche suivante peut s'appliquer :

1° Broyage à sec ;

2° Cyanuration du minerai ;

3° Amalgamation.

La cyanuration élimine l'or fin et attaque l'or gros ; le décapage produit facilite l'amalgamation, qui peut être faite simplement en renvoyant avec un courant d'eau les sables cyanurés dans un sluice muni de rifles et de plaques d'amalgamation.

Si la proportion de sulfures est assez forte, l'on peut opérer une concentration avant la cyanuration ; les concentrés sont traités par chloruration et les résidus lavés sont également envoyés à l'amalgamation.

*
* *

Dans cette courte monographie, nous n'avons parlé que des procédés couramment employés pour le traitement des minerais aurifères et ayant fait leurs preuves ; bien d'autres ont été proposés, mais ils ne sont que d'importance très secondaire et parfois n'ont été créés qu'en vue du traitement d'un minerai spécial.

Le choix du mode de traitement à appliquer à un minerai donné dépend non seulement de sa composition, mais aussi des conditions locales et économiques.

Il ne doit être fait que par un praticien et après les essais qui limitent le nombre des procédés applicables.



CHRONIQUE

Cinquantenaire scientifique de M. BERTHELOT

La *Revue de Physique et de Chimie* a annoncé en temps voulu (1) qu'à l'occasion du cinquantenaire de la publication du premier mémoire scientifique de M. Berthelot, ses collègues et amis avaient ouvert une souscription internationale dans le but de lui offrir un témoignage d'admiration pour ce labeur ininterrompu de cinquante années de recherches. L'exécution de la médaille commémorative a été confiée au célèbre graveur Chaplain, et la remise en a été faite à M. Berthelot par M. le Président de la République, à la fin de la séance du 24 novembre dernier.

La cérémonie a eu lieu dans le grand amphithéâtre de la Sorbonne. Sur l'estrade avaient pris place M. Loubet, président de la République, et à sa gauche M. Berthelot; M. Leygues, ministre de l'Instruction publique; M. Fouqué, président de l'Académie des Sciences; M. Guyon, président de l'Académie de Médecine; M. Gréard, vice-recteur de l'Académie de Paris; M. Darboux, doyen de la Faculté des Sciences, secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences; M. Guignard, directeur de l'École de Pharmacie; M. Wallon, secrétaire perpétuel de l'Académie des Inscriptions et Belles-Lettres; M. Chauveau, président de la Société d'Agriculture; M. Bouchard, président de la Société de Biologie. A la droite du Président de la République se trouvaient: MM. Fallières, président du Sénat, Deschanel, président de la Chambre des Députés, et Waldeck-Rousseau, président du Conseil des ministres; MM. Monis, Delcassé, le général André, Caillaux, de Lanessan, Dupuy, Baudin, Millerand, Decrais, ministres; les membres des bureaux du Sénat et de la Chambre des Députés. Sur l'estrade, on pouvait encore remarquer les bureaux des diverses académies, les présidents de la Société de Physique et de la Société Chimique, les anciens présidents du Conseil des ministres, les anciens ministres de l'Instruction publique, etc., etc.

Dans l'hémicycle avaient pris place de nombreuses délégations, parmi lesquelles celles des Universités de France, celles des diverses Sociétés savantes françaises et étrangères, des représentants des grandes Ecoles de Paris, des étudiants des diverses Facultés, etc., etc.

Le programme a été le suivant :

- 1^o Discours de M. le Ministre de l'Instruction publique;
- 2^o Discours de M. Darboux, président du Comité, secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences;
- 3^o Discours de M. Fouqué, président de l'Académie des Sciences;
- 4^o Discours de M. Moissan, membre de l'Académie des Sciences (section de Chimie);
- 5^o Discours de M. Gaston Paris, administrateur du Collège de France;
- 6^o Discours de M. Guyon, président de l'Académie de Médecine;

(1) 5^e année, p. 339.

- 7° Discours de M. Chauveau, président de la Société d'Agriculture ;
 8° Remise des adresses et allocution de M. Fischer, de l'Académie des Sciences de Berlin ;
 9° Remise des adresses et allocution de M. Ramsay, de la Société Royale de Londres ;
 10° Remise des adresses et allocution de M. Lieben, de l'Académie des Sciences de Vienne ;
 11° Remise des adresses et allocution de M. Garreschi, de l'Académie des Sciences de Turin ;
 12° Énumération des adresses envoyées par les Sociétés françaises et étrangères par M. Troost, doyen de la Section de Chimie de l'Académie des Sciences ;
 13° Discours de M. Berthelot.
 14° Remise de la médaille par M. le Président de la République.

Il serait trop long, et en dehors du cadre de notre Revue, de reproduire ici, ou même d'analyser, les beaux discours prononcés à l'occasion du jubilé scientifique de M. Berthelot. Nous ne retiendrons que la péroraison du discours du grand savant français : « Par là même, le rôle des savants, comme individus et comme classe sociale, a grandi sans cesse dans les États modernes. Mais nos devoirs vis-à-vis des autres hommes grandissent en même temps, ne l'oublions jamais. Proclamons-le dans cette enceinte, dans ce palais de la science française ! Ce n'est pas pour la satisfaction égoïste de notre vanité privée que le monde, aujourd'hui, rend hommage aux savants. Non ! c'est parce qu'il sait qu'un savant, vraiment digne de ce nom, consacre une vie désintéressée au grand œuvre de notre époque : je veux dire à l'amélioration, trop lente, hélas ! à notre gré, du sort de tous, depuis les riches et les heureux jusqu'aux humbles, aux pauvres, aux souffrants ! Voilà ce que les pouvoirs publics déclaraient il y a neuf ans dans cette salle même, en honorant Pasteur. Voilà ce que mon ami Chaplain a cherché à exprimer sur cette belle médaille que le Président de la République va m'offrir. Je ne sais si j'ai complètement rempli le noble idéal que l'artiste a retracé ; mais je me suis efforcé du moins d'en faire l'objet et la fin, le but directeur de mon existence ! »

REVUES MENSUELLES

CHIMIE

CHIMIE AGRICOLE

Recherches, dans les végétaux, du sucre de cannes à l'aide de l'invertine et des glucosides à l'aide de l'émulsine. — EM. BOURQUELOT (C.-R., t. 133, p. 690). — Recherches basées sur le dédoublement du sucre de cannes par l'invertine et des glucosides par l'émulsine avec apparition de sucres réducteurs.

Sur la formation du parfum de la vanille. — H. LECOMTE (C.-R., t. 133, p. 745). — Les faits constatés par l'auteur font admettre que la formation du parfum de la vanille dans les fruits du vanillier a lieu par le mécanisme suivant : un ferment hydratant transformerait la coniférine naissante en glucose et alcool coniférylique ; ce dernier serait transformé en vanilline sous l'influence d'une oxydase.

Sur l'iboga, sur ses propriétés excitantes, sa composition et sur l'alcaloïde nouveau qu'il renferme, l'ibogaïne. — J. DYBOWSKI et ED. LANDRIN (C.-R., t. 133, p. 748). — Etude d'une plante du Congo français, employée comme excitant, et d'où l'on peut extraire un alcaloïde spécial.

Influence du méthylal sur la végétation de quelques algues d'eau douce. — RAOUL BOUILHAC (C.-R., t. 133, p. 751). — Le Nostoc et l'*Anabaena* semés en solution nutritive et exposés à une trop faible lumière sont incapables de végéter sans avoir une matière organique à leur disposition ; le méthylal, combinaison d'alcool et d'aldéhyde méthylique, peut alors être utilisé. A l'obscurité complète, les cultures ne peuvent croître.

Sur l'origine de l'amidon du grain de blé. — P.-P. DEHÉRAIN et C. DUPONT (C.-R., t. 133, p. 774). — Le développement du blé, suivi pendant sa croissance sur des tiges avec épis ou dont les épis ont été enlevés, montre que l'assimilation se fait à la fin par la partie supérieure des tiges et élabore des hydrates de carbone qui émigrent vers les épis pour s'y concrétiser sous forme d'amidon.

Sur l'assimilation chlorophyllienne en automne. — JEAN FRIEDEL (C.-R., t. 133, p. 840). — L'auteur a constaté qu'en automne l'assimilation des feuilles est très faible, comparée à celle du printemps ou de l'été.

Influence des engrais sur la composition chimique des pommes de terre. — WALTHER F. SUTHERST (Chem. News, t. 84, p. 258). — L'auteur compare la composition des tubercules obtenus sur des parcelles identiques sans engrais ou fumées, soit au fumier de ferme, soit à l'engrais complet ; on n'en peut tirer des conclusions bien nettes.

Présence normale d'acide salicylique dans les fraises. — L. PORTES et DESMOULIÈRES (J. Ph. Ch., 6^e série, t. 14, p. 342). — En signalant ce fait, les auteurs rappellent qu'on ne doit conclure à l'addition d'acide salicylique dans les confitures de fraises qu'avec une grande circonspection.

Sur la germination dans l'eau distillée. Action nocive des traces de cuivre. — P.-P. DEHÉRAIN et E. DEMOUSSY (Ann. agron., t. 27, p. 553).

Influence des éléments minéraux qui se rencontrent à faible dose dans les plantes sur le développement de la végétation. — P. MAZÉ (Journ. d'Agric. pratique, 1901, t. 2, p. 620). — Résumé de la question.

La fumure minérale et les qualités comestibles des pois et des haricots. — L. GRANDEAU (Journ. d'Agric. pratique, 1901, t. 2, p. 649). — L'auteur

résume des recherches de M. de Vrieze montrant que les pois et les haricots bénéficient toujours d'une distribution d'engrais nitraté au moment de la semaille, la fixation de l'azote par les bactéries des racines n'ayant souvent lieu que d'une façon tardive quand la plante est déjà un peu poussée.

A. HÉBERT.

BIBLIOGRAPHIE

Nouveau Dictionnaire général des Sciences et de leurs Applications, par MM. P. POIRÉ, Professeur honoraire au Lycée Condorcet; ED. PERRIER, Membre de l'Institut, Directeur du Muséum d'Histoire naturelle; R. PERRIER et A. JOANNIS, chargés de cours à la Faculté des Sciences de Paris. Deux volumes grand in-4°, 3.000 pages, 5.000 gravures, paraissant en 48 livraisons, une livraison par quinzaine. Prix : 4 franc. Prix de souscription à l'ouvrage complet : 42 francs payables en deux termes. (*Librairie Ch. Delagrave, Paris, 15, rue Soufflot.*)

Les fascicules 30, 31, 32, 33 et 34 sont parus. On y trouve particulièrement traités les articles suivants :

Manomètres, marbres, marcottage, marée, marne, marteau, massage, massif, mastic, mastication, mât, mauve, mécanique, médailles, médicament, méduse, mégatherium, mélancolie, mélèze, mélipone, méloé, membranes, membres, mémoire, méninges, menthol, menuiserie, mercure, mésanges, métal, métalloïde, métallurgie, métamorphisme, métrique (système), meules, meunerie, mica, microbes, microscope, microtome, mildew, mimétisme; mines, minéralogie, minéraux, miocène, miroirs, mitrale (valvule), moelle épinière, moisson, molybdène, moments, monnaies, montejus, morphine, mort, morue, morve, moteurs, mouche, moufle, mousses, mouton, mouvement, mucorinées, mulet, mùrier, musc, musculaire (tissu), mygale, myopie, myriapode, myrte, myxomycètes.

Nacre, naissant (état), naphthalène, narcotine, natte, nautile, navet, navigation, navire, nébuleuses, neige, nématodes, néphrite, nerfs, nerprun, nettoyage, neurasthénie, neutralité chimique, névrite, névropathie, nez, nickel, nitrification, nivellement, nœud, noir, noix, nombre, nomenclature chimique, nourrices, nouveau-nés, nuages, numération, nutrition.

Obésité, objectif, obturateur, odontologie, œdème, œil, œnobaromètre, œuf, oïdium, oie, oiseaux, oléines, oligiste, oligocène, olivier, ombilic, ombre, once, ongles, opale, opération, ophidiens, ophiures, ophtalmie, opium, opothérapie, optique.

Le lecteur trouvera de plus dans le fascicule 34 le Préface du Nouveau Dictionnaire général des Sciences et de leurs applications. Dans cette Préface, rédigée par M. Edmond Perrier, membre de l'Institut, Directeur du Muséum d'Histoire naturelle, ce savant décrit l'état actuel de la Science et fait connaître tout l'intérêt du dictionnaire, en même temps que les services qu'il est appelé à rendre à ceux qui le posséderont.
