

Observations sur l'action détersive des solutions de savon.

(*Bull. de l'Académie royale de Belgique* (Classe des sciences), n° 2, pp. 187-206, 1909,
et *Bull. de la Société chimique de Belgique*, t. XXIV, p. 17, 1910.)

PREMIÈRE COMMUNICATION.

On a cherché depuis longtemps à s'expliquer le pouvoir détersif des solutions de savon, c'est-à-dire la faculté qu'elles possèdent d'enlever les souillures. Il n'entre pas dans le cadre de cette note de rappeler en détail les diverses explications qui ont été proposées. Celles-ci se trouvent rassemblées et discutées dans des ouvrages ou dans des articles spéciaux bien connus, traitant des savons et de leurs propriétés. Je me bornerai à emprunter à ces explications ce qui est nécessaire pour justifier la raison d'être du présent travail. On remarquera, à ce propos, que ces explications ont presque toutes, sinon toutes, un point de départ qui manque de la simplicité que réclame une vérification expérimentale directe et que, dès lors, elles n'ont pu fournir qu'une solution provisoire. En fait, elles envisagent les souillures que le savon emporte, comme un *enduit* formé par le mélange de substances grasses avec des particules solides de diverse nature et elles se préoccupent, avant tout, de trouver comment se liquéfient ou se résolvent les corps gras dans les solutions de savon ; l'enlèvement des particules solides par les flots de liquide et par l'écume du savon ne paraît, ensuite, que secondaire.

Chevreul a formulé, le premier, une explication de ce genre. Dans ses mémorables études sur les corps gras, il avait remarqué que les savons se décomposaient, au contact de l'eau, en *sels acides* de solubilité moindre et en *alcali libre* ou *savons basiques*. Il vit dans ce fait l'explication tant cherchée de l'action détersive du savon. D'après

lui, l'alcali résultant de la décomposition du savon dissoudrait les substances grasses par saponification et les particules dégraissées se trouveraient ensuite enrobées dans les *savons acides*, de sorte qu'elles seraient empêchées de se fixer de nouveau sur les objets.

Il n'est pas difficile de voir que cette explication est fautive ; elle constitue même un *cercle vicieux*. En effet, si la *masse active* de l'eau est suffisante pour dissocier le savon, pourquoi ne s'oppose-t-elle pas aussi à la saponification des corps gras ? Si l'on tient compte, d'autre part, que la proportion du savon dissocié par l'eau est extrêmement faible et que la saponification appartient aux phénomènes chimiques les plus lents, on ne comprend pas que le lavage s'effectue en quelques instants ; encore moins comprend-on qu'il se fait mieux dans une solution plus concentrée de savon, solution qui est cependant moins *dissociée* qu'une autre plus étendue.

D'autres remarques pourraient encore être faites, mais il est inutile d'insister, la théorie de Chevreul n'étant plus admise. Une explication plutôt mécanique, et qui n'est pas exempte d'une certaine fantaisie, a été proposée par W.-S. Jevons (*). L'auteur admet, en somme, que l'addition de savon à l'eau augmente la tension superficielle et rend le *mouvement brownien* des particules suspendues plus intense. Ces particules se précipiteraient avec force sur celles qui adhèrent aux objets, les ébranleraient et les emporteraient. Presque toutes les substances solubles dans l'eau auraient la propriété d'enrayer ce mouvement ; c'est pourquoi, dit Jevons, l'eau distillée et l'eau de pluie conviennent le mieux pour le lavage. Il est inutile de nous arrêter devant cette explication qui fait trop bon marché de la *dureté* de certaines eaux. Plus tard, H.-W. Hillger (**), a pensé qu'il fallait chercher la raison du pouvoir détersif du savon dans la faculté qu'il a d'*émulsionner* les graisses. Les solutions de savon ont le pouvoir de mouiller les tissus huileux, de les rendre plus mous et ainsi de faciliter l'élimination des particules solides. Les émulsions de savon avaient déjà fait l'objet d'une étude de la part de F.-G. Donnan (***), qui a donné la raison de leur stabilité et fait ressortir leur affinité avec les écumes.

(*) *Chem. Zeit.*, t. II, p. 457, 1878.

(**) *Journal Am. Chem. Society*, t. XXV, p. 511, 1903.

(***) *Zeitschrift f. phys. Chemie*, t. XXXI, p. 42, 1899.

Il y a quelques années, R. Falk (*) a donné une théorie physico-chimique qui est intéressante parce qu'elle tient compte aussi des solutions dans l'alcool qui, comme on sait, n'ont pas la puissance des solutions aqueuses. Selon l'auteur, il y aurait lieu de considérer deux phases dans le nettoyage : la première serait caractérisée par la concentration du savon sur l'objet, ce qui dissoudrait le corps gras, et la seconde par l'élimination des souillures à la suite de la production de l'*écume* et de l'action du *rinçage*. Le point fondamental de la première phase serait la mise en activité du *pouvoir adhésif* que possède le savon en solution. Grâce à sa puissance de s'étaler, la solution de savon pénétrerait dans tous les interstices des objets. Elle gonflerait les gelées ou les mucilages et causerait le départ des particules qui s'y trouvent emprisonnées. Les solutions de savon dans l'alcool, jouissant de la faculté de *mouiller*, agiraient au premier abord comme les solutions aqueuses ; mais elles n'ont pas, comme l'eau, la propriété de gonfler les cuticules ; elles les contractent, au contraire, et les durcissent. De plus, elles ne donnent pas une écume si persistante. Ensuite de ces faits, le nettoyage à l'alcool doit être moins facile que le nettoyage à l'eau. La seconde phase du nettoyage à l'eau commence avec la formation de l'écume. Les particules solides trouvent dans celle-ci un véhicule qui les emporte ; par suite de l'état de leur tension superficielle, elles enrobent les particules et les enlèvent.

Enfin, rappelons encore que Knapp (**) attribue l'action détersive du savon au *grand pouvoir de mouiller* tous les corps que possèdent ces solutions à un degré plus élevé que les autres liquides. La dissolution des corps gras exige, naturellement, un contact parfait entre le *solvant* et le corps à dissoudre. L'eau de savon imprègne facilement les tissus, elle se glisse entre les fibres et les souillures, et emporte celles-ci.

On le voit, les auteurs de ces diverses explications paraissent avoir envisagé surtout l'action des solutions de savon sur les corps gras et regardé le problème du nettoyage comme résolu à partir du moment où la dissolution du corps gras pouvait être admise. En un mot, ils ont traité de pair deux points dont l'examen devait plutôt

(*) *Zeitschrift f. Electrochemie*, t. X, p. 834, 1904.

(**) *Lehrbuch der Chem. Technologie*, I, pp. 625 et suiv.

avoir lieu successivement. En effet, le pouvoir détersif du savon s'exerce énergiquement aussi en l'absence de tout corps gras. Pour se convaincre de la chose, il suffit d'enduire la peau, préalablement lavée à l'alcool, d'une poudre fine de peroxyde de manganèse ou de sanguine et de constater la facilité avec laquelle le nettoyage se fait à l'aide d'eau de savon, tandis que l'eau pure ne produit qu'un effet très imparfait.

J'ai donc pensé que la question valait d'être examinée de nouveau, mais en la limitant nettement, cette fois, à l'action des solutions de savon sur les particules de corps solides absolument privées de corps gras.

J'ai mis en œuvre, d'abord, des poudres de *carbone fin et pur* (noir de fumée lavé), parce que c'est le carbone qui se rencontre le plus fréquemment dans les matières salissantes; il est, en effet, l'un des constituants des fumées qui souillent l'air des villes. Ensuite, j'ai fait usage d'*acide silicique*, d'*argile*, d'*oxyde de fer*, ces matières se trouvant aussi dans les souillures communes.

Pour le moment, je me bornerai à communiquer les résultats acquis à l'aide du noir de fumée.

* *

Pour faciliter l'exposé des expériences, je crois utile de faire connaître, dès maintenant, le résultat obtenu, c'est-à-dire l'explication nouvelle du pouvoir détersif du savon que je me permets de proposer; de cette façon, on n'aura aucune peine à s'orienter dans les essais dont il sera fait mention ensuite. A la vérité, il ne s'agira dans ce premier article que de l'action du savon sur le *noir de fumée*; le temps m'a manqué pour achever l'étude des autres substances et il est même à prévoir que je ne pourrai la reprendre bientôt.

* *

L'action du savon s'explique par les faits suivants :

1° Le carbone (noir de fumée) hâte la décomposition d'une solution fraîche de savon dans l'eau; il provoque ou facilite la formation d'un sel-acide avec lequel il s'agglutine en formant une véritable combinaison d'absorption. Celle-ci résiste à l'action de l'eau en excès, en ce sens qu'elle n'abandonne pas le savon-acide.

Cette combinaison du savon-acide avec le carbone n'est pas une

combinaison stœchiométrique, mais une combinaison comme il s'en fait entre matières colloïdales. On peut la comparer à la combinaison que forme l'argent colloïdal avec le chlorure d'argent (le *photohaloïde*) étudiée surtout par Carey Lea, combinaison qui est la vraie substance de l'image photographique. Cette dernière combinaison, bien que ne représentant qu'une agglutination ou une combinaison d'absorption, est néanmoins d'une stabilité telle qu'elle ne cède pour ainsi dire plus son chlorure d'argent à une solution d'hyposulfite de sodium ou de cyanure de potassium.

La combinaison de *carbone-savon-acide* se forme parce que ses constituants ont une polarité électrique différente au sein de l'eau. En effet, si l'on soumet à la *cataphorèse électrique* une solution de savon, celle-ci se décompose lentement et l'on voit s'accumuler à l'anode des filaments blancs qui sont du savon-acide. Les particules de savon-acide remontent donc la direction du courant électrique: elles sont chargées *négativement*. Au contraire, le noir de fumée suspendu dans l'eau marche vers la cathode; il est donc chargé *positivement*. L'agglutination des deux corps rentre par conséquent dans les faits généraux, souvent déjà observés lors de l'agglutination des colloïdaux et étudiés surtout avec soin par Lottermoser.

2° Le noir de fumée sec ou suspendu dans l'eau forme une combinaison d'absorption plus ou moins forte avec les corps solides, plus spécialement avec la cellulose.

Le fait est prouvé, entre autres, parce qu'une *suspension* de noir de fumée dans l'eau abandonne tout son noir sur un filtre de papier, le filtrat n'étant plus que de l'eau claire.

Si l'on retourne le filtre de manière à mettre le noir de fumée à l'extérieur du cône formé et que l'on procède à un lavage, l'eau n'enlève rien de ce qui adhérerait immédiatement au papier. La combinaison colloïdale *carbone-papier* n'est donc pas détruite par l'eau pure.

3° Une suspension de noir de fumée dans de l'eau de savon se caractérise par sa stabilité et surtout parce qu'elle traverse intégralement un filtre de papier sans rien abandonner de son carbone. Le papier n'est même pas noirci à la suite de la filtration.

Si l'on tient compte que les particules de la combinaison *carbone-savon* doivent être nécessairement plus grosses que les particules de carbone libre, non unies au savon, on devra admettre que la filtration d'une suspension de carbone dans l'eau pure ne peut, en aucune

façon, être comprise comme étant un simple *tamisage*, c'est-à-dire comme se faisant parce que les pores du filtre auraient une ouverture plus faible que les dimensions des particules de carbone. On est conduit, au contraire, à admettre que les particules de carbone sont retenues sur le papier du filtre parce qu'elles forment avec celui-ci une combinaison d'une certaine stabilité.

Ceci étant posé, il devient très facile de comprendre le *nettoyage* exercé par le savon.

Le *mécanisme* de cette opération n'est rien autre chose que celui des phénomènes de *substitution* si fréquents en chimie. En effet, si un objet sali est assimilable à une combinaison, le nettoyage devra être regardé comme étant le résultat de la substitution du savon à cet objet. Cette substitution aura lieu toutes les fois que l'affinité du savon pour la souillure l'emportera sur l'affinité de celle-ci pour le corps solide. En un mot, l'opération peut se représenter par la formule générale des substitutions.



et elle est toujours soumise à cette condition que la souillure forme avec le savon une combinaison colloïdale, d'absorption, plus stable que celle qu'elle formait avec un corps donné.

Enfin, le savon ne se décompose pas dans l'alcool, comme dans l'eau, en une partie basique et en une autre acide. Les conditions nécessaires pour la formation d'une combinaison d'absorption avec le noir de fumée manquent donc, et il est naturel qu'une solution de savon dans l'alcool ne soit pas aussi efficace qu'une solution aqueuse.

*
* *

Passons à présent aux expériences qui ont conduit aux considérations précédentes.

A. — DES MATIÈRES PREMIÈRES.

Le savon employé a été le *savon médicinal*. Les solutions à divers titres, dont il a été fait usage, provenaient, chacune, de la dilution d'une solution mère préparée en dissolvant 20 grammes de savon dans 1 litre d'eau; c'était donc une solution à 2 %.

L'objet du présent travail étant, comme il a été dit, de s'assurer si l'action détersive du savon est la conséquence de son pouvoir d'émulsionner des graisses, ou bien si elle s'exerce aussi en dehors de la présence de matières grasses, il importait d'enlever au *noir de fumée brut* jusqu'à la dernière trace des substances huileuses ou résineuses qu'il contient toujours, avant de le faire servir aux expériences projetées.

A cette fin, il a été lavé, par décantation, successivement à l'aide d'alcool, d'éther et de benzine. Après plusieurs semaines, le liquide de lavage laissait encore un résidu à l'évaporation. Pour en finir plus rapidement, le noir de fumée a été introduit alors dans un appareil d'extraction et traité, à chaud, par de la vapeur de benzène pendant plusieurs jours. Le *noir* ainsi dégraissé se mêle à l'eau avec une facilité étonnante; il donne lieu, après agitation avec celle-ci, à un liquide noir que l'on prendrait pour une *solution colloïdale*, tant il se clarifie lentement par le repos.

B. — EXPÉRIENCES.

1° On a cherché, d'abord, comment se comportent des solutions de savon dans l'eau au contact du noir de fumée. A cet effet, on a préparé des solutions de savon à titre décroissant, par intervalles égaux, depuis la solution mère (2 %) jusqu'au titre de 1/100 %. Chacune de ces solutions a été agitée avec la même proportion de noir de fumée, puis abandonnée au repos en vue de constater si la vitesse de la sédimentation du noir de fumée est en relation avec la proportion de savon. Afin de comparaison, on avait agité aussi de l'eau pure avec la même proportion de noir.

Le résultat fut surprenant : la sédimentation n'est pas en rapport simple avec le titre de la solution de savon; il y a un *optimum* de concentration de savon pour lequel le noir de fumée reste en suspension. En effet, dans la solution la plus concentrée (2 %), le noir de fumée se dépose presque aussi vite que dans l'eau pure, et dans les solutions contenant moins de 1/2 % le dépôt a encore lieu, bien que moins vite, il a fallu attendre dix jours pour que la clarification fut évidente; mais dans les solutions contenant près de 1 %, le dépôt n'était pas encore terminé après deux mois. Le fait que les suspen-

sions de corps solides sont plus stables dans l'eau de savon a déjà été observé, mais l'existence d'un *optimum de concentration* pour le cas du noir de fumée n'a pas été signalée, si je ne fais erreur.

Pour contrôler le fait qui vient d'être cité, j'ai ajouté de l'eau à une partie de la solution à 2 % qui laissait tomber le noir de fumée, de manière à ramener son titre à 1 %, et je l'ai agitée de nouveau; cette fois, le noir de fumée est resté en suspension. Ceci démontre bien l'influence de la concentration.

Il est à noter que toutes les solutions de savon qui sont restées noires, parce qu'elles retenaient le carbone en suspension, avaient néanmoins un sédiment. Le carbone s'est donc divisé en deux parties : l'une qui est demeurée suspendue et l'autre qui s'est déposée.

Si l'on tient compte que la solution à 2 %, qui se dépouille rapidement, est cependant beaucoup plus visqueuse que les solutions moins concentrées, on est conduit à penser que les diverses solutions employées ne sont pas identiques au point de vue chimique. Le savon qu'elles renferment peut être *hydrolysé* plus ou moins profondément, suivant la proportion d'eau. Il y a donc lieu de vérifier comment se comporte une suspension de noir de fumée en solution acide et en solution alcaline.

A cet effet, j'ai préparé des solutions équivalentes d'acide chlorhydrique et d'hydroxyde de potassium, depuis le titre de 1 % jusqu'au titre de 1 pour un million, et je les ai troublées au moyen de noir de fumée. Les solutions acides, même les plus faibles, se sont clarifiées vite et bien, tandis que les solutions alcalines ont tenu le noir de fumée en suspension mieux que l'eau pure. En vue de m'assurer alors si l'on pouvait saisir une limite de dilution alcaline au delà de laquelle le carbone ne serait plus retenu en suspension, j'ai continué la dilution des solutions de potasse, par degrés, jusqu'au titre de 6 milliardièmes. Cette solution extrême a mis trois jours pour se clarifier imparfaitement, tandis qu'un témoin à l'eau pure avait laissé tomber tout son carbone. L'action protectrice des alcalis sur les suspensions de carbone fin est donc de l'ordre de sensibilité des indicateurs chimiques des alcalis, tels que le tournesol ou la phénolphtaléine. J'ai vérifié ensuite si les alcools voisins de l'eau, le méthanol et l'éthanol, forment aussi des solutions de savon présentant un *optimum de concentration* pour lequel le noir de fumée reste plus longtemps en suspension. Un résultat positif pouvait être regardé

comme marquant de nouveau l'analogie de ces corps avec l'eau. En fait, le noir de fumée se dépose beaucoup plus rapidement dans ces alcools secs que dans l'eau pure; il suffit de quelques heures de repos pour que le résultat soit atteint. D'autre part, les solutions de savon présentent effectivement un *optimum de concentration*; celui-ci se marque même plus nettement que dans les solutions aqueuses. Il est compris entre les concentrations $\frac{1}{50}$ et $\frac{1}{60}$ % dans le cas du méthanol et autour de $\frac{1}{200}$ % dans le cas de l'éthanol.

On voit que les alcools fonctionnent comme l'eau, mais que leur masse doit être de 50 ou de 200 fois celle de l'eau pour produire un effet de même ordre.

* * *

Il s'agit, à présent, de procéder à l'examen chimique des solutions de savon qui ont laissé déposer le noir de fumée pour s'assurer si ce dernier n'a pas entraîné du savon dans sa chute, ce qui démontrerait une agglutination des deux corps.

A cette fin, j'ai dosé le savon dissous en évaporant à sec, dans une capsule de platine, d'abord au bain-marie, puis à la température de 120°, jusqu'à constance de poids, des volumes égaux (20 centimètres cubes) de solutions de savon non agitées avec le noir de fumée comparativement avec des solutions qui avaient été agitées, mais dans lesquelles le noir s'était complètement déposé; il s'agit donc exclusivement de solutions au titre d'environ 2 %. Une filtration a été, naturellement, évitée pour ne pas introduire de complication. Le tableau suivant résume les résultats obtenus. Enfin, chacun des résidus d'évaporation a été incinéré et les cendres ont été pesées :

		Résidu d'évaporation.	Poids. des cendres.	% des cendres.
1 ^{re} analyse.	Solution témoin.	0,3970	0,0740	18.64
	Solution déposée.	0,3974	0,0760	19.13
2 ^e analyse.	Solution témoin.	0,4104	0,0750	18.27
	Solution déposée.	0,4110	0,0760	18.49
3 ^e analyse.	Solution témoin.	0,4110	0,0740	18.00
	Solution déposée.	0,4100	0,0776	18.93

Si l'on compare les poids des *résidus d'évaporation*, il n'est pas possible d'arriver à une conclusion certaine, car si, à la vérité, une fois le résidu de la *solution déposée* a été plus faible, il a été en revanche plus élevé dans les deux autres cas que le résidu de la *solution témoin*. Il est possible que celles-ci renfermaient encore un peu de carbone dont la présence a échappé à l'observation. Mais si l'on examine le *pour cent* des cendres, on arrive à un résultat bien net. Ici, chaque fois, la solution qui a été agitée avec le noir de fumée a laissé un résidu *plus riche en cendres* que la solution témoin correspondante. Comme le noir de fumée employé ne laissait absolument pas de cendre, on ne peut attribuer à sa présence le surplus constaté et l'on est amené à conclure que la solution de savon a éprouvé une décomposition à la suite de son contact avec le noir de fumée : elle s'est divisée en une partie *plus acide*, qui s'est agglutinée avec le noir de fumée, et une autre, *plus basique*, qui est restée en solution. On trouvera la preuve du fait dans la suite. Pour le moment, rapportons que les solutions de savon dans le *méthanol* et dans l'*éthanol* ont été aussi examinées avant et après leur agitation avec le noir. Elles ont permis de constater un fait qui a une certaine importance pour la solution du problème posé : les solutions alcooliques de savon agitées avec le noir de fumée laissent à l'évaporation un résidu donnant *un peu moins de cendres*. S'il y a donc vraiment décomposition du savon à la suite de son agitation avec le noir de fumée, cette fois ce serait plutôt le savon basique qui s'éliminerait de la solution, entraîné par le noir de fumée qui se dépose.

Voici quelques données d'analyse à l'appui de cette conclusion :

		Résidu d'évaporation.	Poids. des cendres.	% des cendres.
Solutions dans CH ₃ OH.	Témoin	0,4012	0,0744	18,54
	Premier essai	0,4000	0,0704	17,60
	Deuxième essai	0,4032	0,0696	17,26
Solutions dans C ₂ H ₅ OH (*)	Témoin	0,1788	0,0312	17,45
	Premier essai	0,1800	0,0312	17,33
	Deuxième essai	0,1782	0,0310	17,39

(*) Avec cet alcool on n'a préparé une solution qu'au titre de moins de 1%, parce que la solution à 2% se prenait en gelée à froid. L'alcool était *absolu*.

On voit que dans aucun cas la proportion de cendres n'a été plus élevée que dans les résidus provenant des *solutions témoins*.

Les solutions dans l'éthanol ont même fourni des proportions de cendres si voisines l'une de l'autre qu'on est porté à conclure que, dans ce liquide, la composition du savon ne subit aucun changement et qu'il ne s'y produit pas d'agglutination avec le noir de fumée.

Le savon se comporte donc autrement dans les alcools (surtout dans l'éthanol) que dans l'eau. Il n'est dès lors pas surprenant que les lavages faits à l'aide de solutions alcooliques de savon donnent des résultats inférieurs aux lavages à l'eau de savon.

* * *

Le sédiment de carbone formé dans les solutions de savon à divers titres a été examiné à son tour.

Ce sédiment a un aspect particulier contrastant avec celui que le noir de fumée produit dans l'eau pure. Il n'est pas grenu, maigre, facile à remettre en suspension comme ce dernier, mais il est oléagineux, visqueux ; il s'écoule comme un sirop épais ; bref il a tous les caractères d'une poudre *engluée*. Déposé sur un filtre de papier, il laisse passer, à de longs intervalles, des gouttes noires, et bientôt le filtre ne fonctionne plus ; ce sédiment se comporte donc comme le fait une *dilution d'argile* dans l'eau.

Une tentative de lavage de ce sédiment en vue de lui enlever le savon-acide qui l'englait, a échoué complètement. En l'agitant avec de l'eau pure, on parvient bien à le remettre en suspension, mais alors il ne se dépose plus. On a vu, en effet, plus haut que les solutions de savon d'un titre inférieur à 1% ne se clarifient plus par le repos.

Si l'on jette ce sédiment sur un filtre, après l'avoir dilué dans de l'eau, on constate qu'il passe intégralement par le filtre au point que celui-ci *n'en est même pas noirci*, si la concentration du savon est inférieure à 1% environ. Si cette concentration est supérieure à ce titre, le liquide noir passe encore par le filtre au début, puis, petit à petit, le filtre se bouche.

Si l'on soumet, de même, à la filtration des suspensions de noir de fumée dans des solutions de savon dans le méthanol ou dans l'éthanol, à des titres divers, on revoit la filtration se faire, chaque fois, d'une manière satisfaisante : le filtre ne laisse passer qu'une solution claire de savon.

Enfin, si l'on opère, de même, avec une suspension de noir de fumée dans l'eau pure, on remarque également que le filtre retient tout le carbone.

Il résulte nécessairement de ces essais que le sédiment de carbone fixe du savon (savon-acide) et qu'il jouit alors de propriétés physiques particulières. Passant à travers un filtre, bien qu'englué de savon, tandis que le noir de fumée mêlé à l'eau pure ne passe pas, il montre que la filtration ne peut pas être comparée simplement à un *tamissage* dans lequel les grains plus gros que les trous du tamis seraient retenus. On doit admettre une agglutination de la substance du filtre avec la matière à retenir, sinon le filtre ne fonctionne pas comme filtre.

Cette agglutination peut être mise en évidence d'une manière bien simple. Il suffit, à cet effet, de retourner un filtre sur lequel on vient de filtrer une suspension de noir de fumée dans l'eau, de manière que l'enduit du carbone soit, à présent, à l'extérieur du cône, et de verser dans ce filtre de l'eau pure. Seul le carbone qui ne touche pas immédiatement les fibres du filtre se détache, de sorte que le papier reste complètement noirci.

* * *

Il reste, à présent, à examiner comment se comporte une suspension de noir de fumée dans l'eau, quand on la soumet à une différence de potentiel électrique, et aussi comment se comporte une solution de savon dans les mêmes conditions. On sait (*) que les solutions colloïdales et même les suspensions *floculent* sous l'influence d'un courant électrique. Selon leur nature chimique, les particules suspendues dans l'eau descendent le courant ou le remontent. Ce fait a été nommé récemment la *cataphorèse*. Il a permis de constater que la floculation qui se produit souvent quand on mêle deux solutions colloïdales est subordonnée à une différence de polarité électrique des particules. Il est donc intéressant de vérifier si l'agglutination du noir de fumée au savon est justiciable d'un fait de l'espèce.

(*) Voir mes recherches sur l'*Influence de l'électricité sur la sédimentation des liquides troubles* (BULL. DE L'ACAD. ROY. DE BELGIQUE, t. XXXV, p. 780, 1898, et p. 504, 1900), et surtout les travaux de LOTTERMOSER (*Anorg. Kolloide*), de BILLITZER (*Z. f. Electr.*, t. VIII, p. 638) et de BILTZ. (*Berl. Ber.*, t. XXXVII, p. 4095.)

1° *Cataphorèse du noir de fumée*. — Aussi longtemps que le noir de fumée est suspendu dans de l'eau pure, la cataphorèse reste douteuse, au moins sous l'action d'une différence de potentiel de 8 volts. C'est qu'alors l'intensité du courant qui traverse le liquide est trop faible. Mais si l'on rend le liquide à peine alcalin (condition qui favorise pourtant la suspension du noir de fumée, comme on l'a vu plus haut) pour diminuer sa résistance électrique, l'effet devient évident : *le noir descend le courant*. Le carbone se comporte donc comme s'il était chargé d'électricité positive ; il s'accumule autour de la cathode et il se dépose.

2° *Cataphorèse d'une solution de savon*. — Si l'on soumet une solution de savon au titre de 2 % à la cataphorèse, on remarque, après quelques heures, la formation d'un dépôt blanc autour de l'anode. Le lendemain, ce dépôt est abondant au point qu'il se rassemble au fond du liquide. On peut alors séparer commodément ce dépôt du restant de la solution par une simple décantation.

Si l'on compare la proportion de cendre que laisse ce dépôt après dessiccation, avec celle que donne le résidu de l'évaporation du liquide décanté, on s'assure que le dépôt formé à l'anode est un *savon-acide*, tandis que le liquide tient en solution un *savon basique*. En effet, le résidu d'évaporation du liquide décanté a laissé 22.14 % de cendres et le dépôt blanc desséché seulement 16.02 %. Le rapport de ces nombres, savoir $\frac{22.14}{16.02} = 1.38$, montre la proportion de savon-acide formée pendant la durée de la cataphorèse.

Le savon-acide remontant le courant se trouve chargé *négativement* ; il est donc dans les conditions physiques voulues pour former avec le noir de fumée une combinaison d'absorption. La question de savoir si la décomposition du savon neutre en savon-acide et en basique est le fait du courant électrique ou simplement de l'eau de dissolution, reste, évidemment, encore sans solution. Il est probable que l'eau joue ici le premier rôle et que la cataphorèse accumule seulement le savon-acide autour de l'anode, de même que le noir de fumée ne décompose pas non plus la solution de savon, mais accapare l'un des produits de l'hydrolyse : le savon-acide.

J'ajouterai, pour terminer, que j'ai soumis aussi à la cataphorèse une suspension de noir de fumée dans une solution de savon à 1 %, dans l'espoir de voir l'agglutination se résoudre, c'est-à-dire de voir

le carbone gagner la cathode et des filaments de savon-acide, blanc, s'accumuler à l'anode. Le résultat n'a pas répondu à mon attente : le liquide s'est clarifié à la fois aux deux pôles et, après deux jours, tout le noir avait floclulé.

Tels sont les faits desquels j'ai cru pouvoir tirer les conclusions réunies au cours de cette note.

Dans un prochain article, je m'occuperai de la manière dont se comportent l'acide silicique, l'oxyde de fer, l'alumine, etc., dans des solutions de savon.
