

Observations sur l'action détersive des solutions de savon.

DEUXIÈME COMMUNICATION.

LES SOLUTIONS DE SAVON ET LES COMPOSÉS FERRIQUES.

(*Bull. de l'Acad. roy. de Belgique* (Classe des sciences), nos 9-10, pp. 949-986, 1909,
et *Bulletin de la Société chimique de Belgique*, t. XXIV, p. 30, 1910.)

Dans la première communication que j'ai eu l'honneur de faire sur l'action détersive des solutions de savon (*), je ne me suis occupé que de l'action du savon sur le *noir de fumée*. J'ai montré alors que le nettoyage d'un objet quelconque peut facilement être compris si l'on envisage l'objet sali par le noir de fumée comme étant une combinaison du carbone avec cet objet, combinaison que l'eau seule ne détruit pas, ou seulement difficilement, mais qui est résolu si l'eau tient du savon en solution, parce qu'il s'en forme une autre entre le savon et le noir de fumée, qui n'a plus la propriété de se laisser adsorber par les corps solides. Je rappellerai encore que le carbone ne forme toutefois pas une combinaison avec le *savon neutre* dissous, mais qu'il décompose d'abord celui-ci en *savon acide* et en *savon basique*. Il s'agglutine ensuite avec le savon acide, parce que ce corps possède, au sein de l'eau, une polarité électrique différente de la sienne et il se précipite; le savon basique, lui, reste dans le liquide.

En résumé, le nettoyage d'un objet par le savon n'est rien autre chose qu'un phénomène de substitution du savon à cet objet : la combinaison colloïdale *carbone-savon*, ne jouissant pas de la propriété de se fixer, par *adsorption*, sur des corps solides, est facilement entraînée par l'eau.

(*) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique* (Classe des sciences), no 2, pp. 187-206, 1909.

Dans les recherches que je viens de résumer, il n'a été question que de l'action du savon sur le *noir de fumée*, parce que le temps m'a fait défaut pour examiner, au même point de vue, d'autres substances qui ne manquent cependant jamais, pour ainsi dire, dans les matières salissantes communes, savoir : la *silice*, les *matières argileuses*, les *composés ferriques*. La lacune laissée dans mon travail précédent est à présent comblée.

Je prends la liberté, aujourd'hui, de faire connaître les résultats obtenus à l'aide des *composés ferriques*. La prochaine communication portera sur d'autres substances.

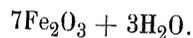
1° Les solutions de savon et l'oxyde ferrique.

Il existe une variété d'oxyde ferrique (ou plutôt d'hydrate) qui s'indique tout naturellement à notre attention, par suite de la facilité avec laquelle elle souille les objets : c'est la *sanguine*.

On sait combien aisément le savon enlève cet enduit rouge, alors que l'eau seule est, pour ainsi dire, sans effet.

Nous nous occuperons donc d'abord de cette substance.

La variété dont je me suis servi renfermait 4.60 % d'eau, ce qui donne très exactement la formule



Les points principaux à vérifier sont les suivants :

1° Si la sanguine forme une combinaison colloïdale avec le savon dissous dans l'eau ;

2° Si la sanguine forme une combinaison d'adsorption avec certains corps solides ;

3° Si une solution de savon détruit cette combinaison d'adsorption.

On s'assure de la réalité du premier point en comparant la façon dont se comporte une *suspension* de sanguine dans l'eau pure et dans des solutions de savon de diverses concentrations.

De l'eau pure, troublée à l'aide de sanguine en poudre fine, ne se clarifie qu'avec une extrême lenteur. Il faut attendre des journées entières pour observer un commencement de clarification, même si la température est élevée. Néanmoins, la sédimentation progresse d'une

manière continue avec le temps. Si l'eau renferme une trace d'*acide* ou d'*alkali*, la clarification s'opère en moins d'une demi-heure.

On doit conclure de là que les particules de sanguine fonctionnent comme si elles portaient indifféremment une charge positive ou une charge négative. De fait, la *cataphorèse* d'une suspension de sanguine a lieu, à la fois, à l'*anode* et à la *cathode*, sous un potentiel de 20 volts ; mais le *dépouillement paraît plus prononcé à l'anode*.

On peut sans doute dire que la sanguine descend plus vite le courant qu'elle ne le remonte et qu'en somme elle est positive.

Dans les solutions de savon, le phénomène est plus compliqué.

J'ai agité des solutions de savon de concentrations diverses, depuis 8 % jusque 1/32 %, au nombre de quatorze, avec de la sanguine en poudre fine, et je les ai abandonnées au repos comparativement avec un témoin formé de sanguine et d'eau pure.

Le lendemain, les solutions concentrées à 7 et à 8 %, qui étaient cependant les moins fluides, étaient *clarifiées* ; mais elles avaient gardé une couleur *ferrique*. Les solutions à 6, 5 et 4 % étaient en voie de clarification, tandis qu'aucune des autres n'accusait un changement. Le cinquième jour, toutes les solutions étaient claires, excepté celles qui se trouvaient autour du titre de 1/2 %.

J'ai dosé alors la sanguine restée en suspension dans ces solutions, en pesant le Fe₂O₃ trouvé dans le résidu d'évaporation de volumes égaux des solutions. Voici les résultats obtenus :

Titre % des solutions.	Fe ₂ O ₃ qu'elles renferment.
2	0.0314
1	0.0420
1/2	0.0488
1/4	0.0392
1/8	0.0282
1/16	0.0198

Il résulte de ces nombres que si, à la vérité, la sanguine reste plus longtemps en suspension dans les solutions de savon que dans l'eau pure, il n'y a, en aucune façon, proportionnalité entre la quantité de savon dissoute et la quantité de sanguine suspendue. Les solutions concentrées de savon laissant tomber la sanguine assez vite ; puis on

observe aux environs du titre $\frac{1}{2}$ % un *optimum* de suspension au delà duquel la chute reprend en vitesse.

J'ai procédé à l'analyse de la partie du liquide clarifiée par le repos de la solution à 7 % agitée avec de la sanguine, pour vérifier si la sanguine entraîne du savon dans sa chute et si, en même temps, il y a décomposition du savon en *savon acide* et en *savon basique*.

A cet effet, j'ai déterminé le résidu laissé à l'évaporation par 20 centimètres cubes de la solution de savon, puis le poids des cendres de ces résidus. Voici le résultat obtenu :

	Poids du résidu.	Poids des cendres.	% des cendres.
I	4.3112	0.2468	18.82
II	4.3084	0.2434	18.60

Or, la solution de savon clarifiée avait une couleur *ferrique* (voir plus haut); les cendres contenaient donc de l'oxyde ferrique dont il faut encore tenir compte. On a trouvé pour le n° I, 0.0152 et pour le n° II, 0.0144; le pour cent des cendres du savon devient alors respectivement 17.66 et 17.50. Un témoin non agité avec de la sanguine a fourni 18.51 % de cendres. Il en résulte que l'agitation avec la sanguine fait baisser la proportion de cendres du savon, c'est-à-dire qu'elle décompose la solution : le sel acide reste en plus grande quantité dissous, conjointement avec de l'oxyde ferrique (peut-être se forme-t-il un savon de fer?), tandis que le savon basique se trouve plutôt entraîné par la sanguine précipitée. On peut se demander si le double effet constaté avec une suspension de sanguine pendant la *cataphorèse* (voir plus haut) ne trouve pas son écho ici. Notons encore que l'analyse permet de constater que la proportion d'oxyde ferrique augmente notablement avec la durée du contact de la sanguine et du savon.

* * *

Après avoir constaté que le savon se décompose, par la sanguine comme par le noir de fumée, en savon acide et en savon basique, il devenait intéressant de serrer d'un peu plus près l'influence du milieu, *acide* ou *alcalin*, sur la sédimentation de la sanguine et surtout de déterminer, si possible, le minimum d'acide ou d'alcali néces-

saire pour produire un effet. On sera alors renseigné sur le point de savoir si ces deux minima sont chimiquement équivalents.

Des poids égaux de poudre de sanguine ont donc été agités avec des solutions d'hydroxyde de potassium de titres décroissant depuis 5 % jusque 0.040 %. Le lendemain les solutions fortes, jusques et y compris celle de 0.512 %, avaient floculé; celle à 0.156 % était à moitié trouble, mais celle à 0.078 % était au même état qu'un témoin sans alcali. Les jours suivants, le parallélisme entre 0.078 %, et le témoin s'est maintenu. On peut donc regarder le titre alcalin de 0.078 % comme étant, avec une certaine approximation, la limite au dessous de laquelle l'action *floculante* de l'alcali ne se produit plus sur la sanguine.

Opérant ensuite de même à l'aide de solutions d'acide chlorhydrique, j'ai constaté que la floculation est cette fois bien plus rapide. Ainsi la sanguine se dépose encore le jour même dans de l'eau chargée de 0.01 % de HCl et du jour au lendemain dans de l'eau contenant 0.001 %. Ce n'est qu'après avoir fait descendre le titre de l'acide à environ 0.0001 % que la sédimentation ne se fait pas plus rapidement que dans l'eau pure.

Le résultat est évident : la raison pour laquelle la floculation de la sanguine est plus rapide en milieu acide n'est pas exclusivement d'ordre chimique ou d'ordre physique (électrique), mais elle doit être la résultante de plusieurs causes non encore précisées.

* * *

L'examen de la décomposition du savon par la sanguine a été repris au moyen de solutions faites à l'aide de l'alcool méthylique au lieu d'eau, parce que la combinaison *sanguine-savon* ne se dissout pas dans cet alcool, ce qui simplifie le problème.

Quatre analyses de solutions à environ 2 %, agitées avec de la sanguine, ont conduit aux moyennes suivantes :

	Résidu d'évaporation de 20 cc.	cendres.	% des cendres.
Moyenne des analyses	0.3815	0.0675	17.68
Témoin	0.3860	0.0704	18.24

Le résultat est plus probant et plus évident que le précédent, parce

que le poids du résidu d'évaporation n'est plus chargé de celui d'une matière étrangère. On voit tout de suite que la sanguine a appauvri la solution en savon, puisqu'on trouve 0.0045 de savon de moins que dans le témoin.

Si l'on rapporte cette perte à 100, on trouve 1.16 %. On remarquera, d'autre part, que le pour cent des cendres trouvé ici se rapproche remarquablement de celui qu'on a obtenu plus haut, après avoir corrigé le résultat brut en soustrayant le poids de l'oxyde ferrique, c'est-à-dire 17.66 et 17.50.

* * *

Nous devons examiner à présent si la sanguine forme une combinaison d'adsorption avec les corps solides et si le savon détruit cette combinaison.

A la vérité, la persistance des taches de sanguine sur des corps solides quelconques peut déjà être invoquée à l'appui de son pouvoir *adhésif*; mais on trouvera une démonstration plus complète dans les faits suivants.

Si l'on verse sur un filtre ordinaire de papier une suspension de sanguine dans l'eau ou dans l'alcool, les premières gouttes du filtrat sont troubles et rouges, mais peu à peu le filtrat devient plus clair. Si l'on reverse continuellement le filtrat sur le même filtre, on constate que dans le cas de l'eau le filtrat devient tout à fait clair après environ seize filtrations successives, et dans le cas de l'alcool, déjà après la quatrième. Le filtre n'est cependant pas bouché alors; la filtration continue, bien que très lentement. Ceci prouve que le papier du filtre a *adsorbé* la sanguine et que, de ce chef, les pores mécaniques du filtre se sont rétrécis. L'eau pure (ou l'alcool) versée ensuite n'enlève plus la sanguine.

On voit aussi que l'adsorption de l'eau (ou de l'alcool) à la sanguine est plus faible que l'adsorption de la sanguine au papier. On objectera peut-être que c'est l'occlusion des pores du filtre par la sanguine qui est la raison pour laquelle les liquides passent *clairs*. C'est une erreur, car si dans le filtre chargé de sanguine, à travers lequel l'alcool passe clair, on verse de l'eau pure, on voit celle-ci passer de plus en plus trouble à mesure que l'eau enlève l'alcool. L'eau ne passe donc pas simplement à travers les canaux parcourus d'abord par l'alcool, mais

elle fait s'effondrer les berges de ces canaux et en entraîne la matière avec elle. On doit donc reconnaître un pouvoir *détersif* à l'eau ainsi qu'une *adsorption* de la cellulose du filtre et de la sanguine.

La démonstration est plus frappante encore si, au lieu d'eau pure, on verse de l'eau de savon (à 2 %) sur un filtre préparé comme il vient d'être dit. La vitesse de la filtration grandit rapidement et il passe une boue rouge, opaque, comme si l'on avait percé le filtre. En continuant le lavage à l'eau de savon, on finit par recueillir un filtrat de moins en moins trouble. C'est qu'alors il ne reste plus sur le filtre que des particules de sanguine plus grosses que les dimensions des pores du filtre et qu'on se trouve devant un véritable *tamissage*.

On le voit donc, le savon se comporte à l'égard de la sanguine comme à l'égard du noir de fumée; il forme avec la sanguine une combinaison d'adsorption plus stable que celle que forme la sanguine avec divers solides, particulièrement avec la cellulose.

Il est intéressant de savoir dans quelle mesure le savon favorise le passage de la sanguine à travers un filtre.

A cet effet, j'ai dosé d'abord le Fe_2O_3 entraîné à travers le filtre par de l'eau pure, puis par de l'eau de savon à 1 %. Dans le premier cas, j'ai obtenu 0^{re}0098 de Fe_2O_3 pour les dix premiers centimètres cubes de *filtrat* et dans le second cas 0^{re}0595 pour le même volume de liquide : il passe donc plus de six fois plus de sanguine par le filtre avec l'eau de savon, car $\frac{0.0595}{0.0098} = 6.08$.

Il est remarquable, toutefois, que la quantité de sanguine qui passe par le filtre n'est pas en relation simple avec la composition de l'eau de savon. En effet, si l'on opère avec des solutions de savon à divers titres, on obtient :

Titre en savon.	Fe_2O_3 dans 10 cc. du filtrat.
2 %	0.0472
1 »	0.0595
1/2 »	0.0422
1/4 »	0.0478
1/8 »	0.0180
1/16 »	0.0104

On voit que le poids de Fe_2O_3 ne suit pas régulièrement la diminution de la proportion de savon; le titre à 1 % a donné plus de

Fe_2O_3 et c'est seulement après le titre $\frac{1}{4}$ % que le poids de Fe_2O_3 diminue suivant le savon. On peut se demander si sous ce titre de $\frac{1}{4}$ %, la solution de savon ne possède pas la puissance nécessaire et suffisante pour détruire l'adhérence du savon au papier. S'il en est vraiment ainsi, on pourra voir dans ce fait l'indication de ce que la combinaison d'adsorption sanguine-savon est justiciable plutôt du facteur *surfaces en présence* que du facteur *des masses*; elle serait plutôt de l'ordre physique que de l'ordre chimique proprement dit.

*
* *

Il se pose à présent une question qui peut avoir un certain intérêt pour la *chimie des colloïdes*. On peut se demander si l'*effet de surface* auquel il vient d'être fait allusion exige, pour se produire, qu'on ait affaire, au moins dans l'un des réactifs, à une *surface physique* vraie, telle que celle des particules d'une suspension, ou bien si cet effet se produit encore lorsqu'on n'a plus à compter qu'avec des surfaces de molécules, telles qu'on les trouve dans les *pseudo-solutions* ou solutions dites *colloïdales*.

Pour répondre à cette question, j'ai examiné l'action du savon, non plus sur des *suspensions* de sanguine, mais sur des *solutions colloïdales d'hydroxyde de fer*.

J'ai vérifié d'abord si le savon *consolide* la solution ferrique colloïdale comme il conserve les suspensions de sanguine.

On constate que si, d'une manière générale, le savon agit comme protecteur du colloïde, il y a néanmoins des cas où le contraire s'observe, c'est-à-dire qu'alors l'hydrosol ferrique floccule en peu de temps; il donne un précipité de couleur *ocre*, très facile à laver et laissant au-dessus de lui de l'eau absolument limpide. Tout dépend des états de concentration des solutions.

En effet, si l'on prépare des solutions de savon dans l'eau, de titres décroissant de l'une à l'autre, depuis 0.40 % jusque 0.0025 % (il y en avait vingt et une en tout) et qu'on agite chacune d'elles avec une même proportion d'hydrosol ferrique, au titre de 0.475 % par exemple, on trouve la solution à 0.030 % entièrement dépouillée le lendemain, sans plus trace de composé ferrique en suspension, tandis que les solutions plus riches ou moins riches en savon gardent toutes leur composé ferrique *en solution* ou *en suspension*, avec cette remarque

cependant que seules la solution à 0.40 % et les solutions extrêmes 0.020 à 0.003 % sont limpides; les autres sont troubles. Le surlendemain, l'état général est le même, seulement la solution à 0.40 % est décolorée; le troisième jour, la clarification a progressé dans les solutions 0.050, 0.055, 0.066 %, mais sans autre changement.

L'expérience a été reprise ensuite en faisant varier la proportion d'hydrosol ferrique, les solutions de savon restant au même titre.

On a d'abord pris une quantité d'hydrosol ferrique de moitié plus faible, donc à 0.237 %. Le résultat a été semblable au précédent, seulement la clarification complète n'a plus eu lieu dans la solution à 0.050 %, mais dans une solution plus faible, à 0.020 %. Les autres solutions étaient plus ou moins troublées, mais aucune d'elles n'avait flocculé.

Le surlendemain et le troisième jour, l'état était resté le même.

On a ensuite pris une quantité d'hydrosol ferrique *double* de celle qui avait servi dans la première constatation, soit donc une solution à 0.95 %.

L'effet a encore été semblable aux précédents, mais, cette fois, la clarification complète a eu lieu dans les solutions contenant 0.050 % et 0.055 % de savon; les autres solutions étaient plus ou moins troublées ou bien elles étaient restées limpides suivant leur titre en savon. L'effet n'a pas non plus changé après trois jours.

Ces expériences, qui ont donné plusieurs fois le même résultat, montrent que la flocculation de l'hydrosol ferrique dépend moins de l'état de concentration des solutions mélangées que de la proportion dans laquelle l'hydrate de fer se trouve relativement à la quantité de savon dissous. Ainsi, d'une manière générale, si le savon dépasse un certain pour cent variant avec le titre en hydrate ferrique, le liquide se trouble, mais la matière du trouble ne se dépose pas; si le savon reste au dessous de ce pour cent, il arrive même que le liquide ne se trouble pas du tout, tandis que si ce pour cent est atteint, le composé ferrique est précipité *quantitativement* en très peu de temps et le liquide devient absolument clair. Il n'est pas facile de préciser cette valeur, parce que le temps intervient comme facteur dans la flocculation et dans le dépôt complet des flocons. Il est donc préférable de parler d'une *région de concentration du savon*. La limite inférieure de cette région est donnée, d'après les expériences précédentes, pour

la proportion de 1 molécule de savon et 2.16 Fe_2O_3 ; la limite supérieure est donnée pour 1 de savon et 5.47 Fe_2O_3 .

* *

Il s'agit, à présent, de se renseigner sur la composition de ce précipité ferrique qui se forme dans la région dont nous venons de donner les limites.

La première pensée est de se demander si ce précipité n'est pas simplement du *savon ferrique* formé à la suite d'une double décomposition. Dans ce cas, il devrait rester de l'hydrate de sodium en solution dans la mesure de la disparition de l'hydrate ferrique.

Or, si l'on examine les eaux mères du précipité ferrique à l'aide de phénolphtaléine, on les trouve absolument neutres (*); on doit donc rejeter l'idée d'une double décomposition.

J'ai procédé alors à un essai quantitatif de floculation de l'hydrate ferrique colloïdal par le savon. Voici les résultats obtenus en laissant couler l'hydrosol dans la solution de savon jusqu'à ce que le liquide limpide restât coloré :

10 centimètres cubes d'une solution de savon à 2 % flocculent 48 centimètres cubes d'hydrosol ferrique contenant 0.71 de Fe_2O_3 dans 100 centimètres cubes. Les 48 centimètres cubes renferment donc 0.340 de Fe_2O_3 . Or, le poids moléculaire de Fe_2O_3 étant 160 et celui du savon employé 292, on a

$$\frac{0.340}{160} = 0.002125 \quad \text{et} \quad \frac{0.2}{292} = 0.000685;$$

d'où le rapport $\frac{0.002125}{0.000685} = 3.10$, c'est-à-dire que 3.10 molécules de Fe_2O_3 sont précipitées par une molécule de savon.

S'il y avait double décomposition, une molécule de Fe_2O_3 réagirait déjà avec 6 molécules de savon; le résultat trouvé est donc $3.10 \times 6 = 18.60$ fois plus fort que celui auquel conduirait une double décomposition. On se trouve donc certainement en présence

(*) Il est à remarquer que la solution de savon mère donnait une faible coloration avec la phénolphtaléine; mais celle-ci ne s'est plus montrée après la réaction avec l'hydrate de fer. Il est donc probable que le précipité ferrique agglutine l'alcali et l'entraîne avec lui.

d'un phénomène de précipitation d'une autre nature qu'un simple acte chimique. Il s'agit très probablement d'une combinaison d'*adsorption* entre le savon et l'hydrate ferrique. (Voir plus haut le résultat obtenu au moyen de la sanguine.)

A titre de contrôle, j'ai répété l'essai précédent et trouvé, cette fois, 5.25 Fe_2O_3 pour 1 molécule de savon.

D'autre part, j'ai renversé l'essai en laissant couler le savon dans l'hydrosol ferrique et en prenant l'apparition de l'écume permanente, formée par agitation, comme indicateur de la fin de la réaction. Je suis arrivé au rapport 5.67.

L'accord entre ces trois rapports n'est pas bien grand, mais on tiendra compte du fait qu'il s'agit ici de combinaisons colloïdales qui ne suivent pas nécessairement la loi des proportions définies. En revanche, on constatera que ces rapports sont dans l'ordre de grandeur des limites trouvées plus haut pour les titres en Fe_2O_3 et en savon que doivent avoir les solutions donnant des précipités se déposant bien, savoir : 2.16 à 5.47. Il est possible que cette combinaison d'adsorption soit le résultat de l'application de molécules d'hydrate ferrique autour de chaque molécule de savon. Le fait que 18 molécules d'hydrate ferrique trouveraient place autour d'une seule molécule de savon donnerait même à penser que le diamètre de la molécule de savon, supposée sphérique, doit être plus grand que le diamètre de l'hydrate ferrique, car 12 sphères égales, seulement, peuvent être tangentes à la fois à une seule sphère de même diamètre. D'autre part, l'édification d'une telle combinaison apparaît vraiment comme dépendant plutôt des attractions moléculaires et, par conséquent, des *surfaces en jeu* que des affinités chimiques proprement dites.

Enfin, cette structure moléculaire fait comprendre aisément pourquoi un lavage à l'eau n'enlève pas trace de savon à cette combinaison, celui-ci se trouvant emprisonné par l'hydrate de fer.

* *

J'ai préparé alors une notable quantité de cette combinaison colloïdale pour en faire l'analyse et constater ses principales propriétés :

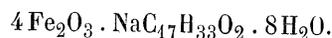
Il est à remarquer, d'abord, qu'à l'état de précipité ce corps est jaune d'ocre et qu'il n'est absolument pas gluant; il n'adhère pas au

verre ni au papier; on peut donc le laver avec facilité. Pendant la dessiccation, il perd sa couleur et sa forme pulvérulente, pour prendre celle d'une masse *brun chocolat* à cassure conchoïde.

L'analyse (*) de deux produits dans la préparation desquels on a laissé tantôt le savon en excès, tantôt l'hydrosol ferrique, a donné pour des échantillons desséchés à 120° :

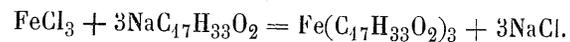
	I. Hydrosol en excès.	II. Savon en excès.
Fe ₂ O ₃	60.1	60.16
Savon	26.3	—
Eau	12.81	—
	100.00	

On peut regarder ces compositions comme identiques. Si l'on calcule, d'après cette analyse, la formule du corps, on arrive très approximativement à



Le rapport du Fe₂O₃ au savon n'est donc pas le même que celui qui doit exister dans les solutions pour que celles-ci se clarifient bien, mais il ne faut pas perdre de vue que les manipulations, les lavages, etc., ont pu modifier la substance.

Enfin, j'ai tenu à m'assurer directement si, en employant un sel ferrique au lieu de l'hydrosol pour la préparation d'un savon ferrique par double décomposition, les proportions des réactifs sont différentes et conformes à ce qu'exige l'équation chimique



Une solution titrée du savon a été traitée par une solution titrée de FeCl₃ jusqu'à ce qu'il ne se produisit plus d'écume par l'agitation de la solution de savon. On constata que 0^{gr}2 de savon demandaient

(*) Fe₂O₃ a été dosé après destruction de la substance, dans un creuset de platine, par le sulfate acide de potassium, à la température du rouge. Le poids du savon a été calculé après avoir déterminé le carbone par combustion au sein de chromate de plomb. Le poids d'eau s'est établi *par différence*.

0.03795 de FeCl₃. En divisant ces nombres par les poids moléculaires respectifs, on a

$$\frac{0.2}{292} = 0.000685 \text{ et } \frac{0.03795}{162.5} = 0.000233;$$

d'où $\frac{0.000685}{0.000233} = 3$, très approximativement.

Il s'agit donc bien ici d'une double décomposition et non d'une combinaison colloïdale.

J'ajouterai, pour terminer ce paragraphe, que le savon de fer ainsi obtenu contraste complètement avec la combinaison d'adsorption. Il est brun, gluant, très difficile à laver. Séché, il se présente sous forme d'une masse poisseuse, noire, fusible, ressemblant à de l'em-plâtre.

* * *

En résumé, la sanguine et l'hydrate de fer colloïdal forment très facilement avec le savon une combinaison d'adsorption que l'eau ne détruit pas. Cette combinaison n'a plus le pouvoir d'*adhérer*, sous l'eau, à d'autres corps tels que le verre, la porcelaine, la cellulose, la peau, etc. Il en résulte que le nettoyage de ces corps par le savon se ramène à la formation d'une combinaison colloïdale de celui-ci et des composés ferriques, combinaison qui ne jouit plus de la propriété d'être adsorbée par la plupart des corps solides.