

RECHERCHES SUR LA SENSIBILITÉ DES COLLOÏDES A LA LUMIÈRE

PAR

AAGE A. MEISLING

I

Les recherches de ces dix dernières années ont donné un intérêt multiple à la question de la sensibilité des colloïdes à la lumière. En effet, la connaissance intime de l'action qu'exerce sur ces corps l'exposition à la lumière nous ouvre la possibilité d'approfondir la nature physico-chimique des colloïdes. Une série de problèmes d'intérêt biologique viennent s'y ajouter. Parmi ceux-ci, la question de l'action de la lumière sur l'organisme animal, de sa faculté désinfectante et curative, se trouve au premier rang, étant étroitement liée aux expériences faites pour utiliser les rayons diversement colorés de la lumière dans des buts thérapeutiques en sensibilisant les tissus animaux au moyen des couleurs d'aniline.

La conception courante de la nature de la sensibilité à la lumière repose sur la sensibilité à la lumière de la plaque photographique. Là, il s'agit de l'action chimique de la lumière sur les sels d'argent de la plaque photographique. En dehors des sels d'argent, on connaît un grand nombre de corps sensibles à la lumière. Pour quelques formes de cette sensibilité le résultat de l'action de la lumière se manifeste directement, le corps prenant une couleur plus foncée ou se décolorant ou bien changeant de ton. Dans d'autres cas,

l'action de la lumière, si elle est de courte durée, est invisible, mais on peut la rendre visible par des agents chimiques, fait connu du développement de la plaque photographique. On peut montrer, d'une toute autre manière, la sensibilité à la lumière qu'on obtient en ajoutant des chromates (bichromate de potasse, etc.) à l'albumine, à la gélatine et à la gomme. Sous l'action de la lumière, ces combinaisons changent de solubilité, elles deviennent difficilement solubles ou insolubles dans l'eau chauffée à une température convenable, en même temps que les endroits exposés à la lumière prennent une coloration brune, due à la formation d'oxydes de chrome. On peut encore observer l'action de la lumière par différents procédés qui se distinguent le plus nettement pour la gélatine bichromatée, et qui, tous, dépendent des changements dans l'adsorption et dans la dissolubilité de celle-ci. L'action de la lumière se manifeste ainsi :

1^o A. Par la formation d'une image en relief, la gélatine bichromatée, placée dans l'eau, se gonflant le plus aux endroits non attaqués par la lumière, un peu moins aux parties plus faiblement attaquées, très peu ou point du tout aux parties les plus fortement attaquées;

B. par le traitement de la gélatine bichromatée avec de l'eau à 30°—40°. Les parties non attaquées de la gélatine se dissoudront, tandis que les parties attaquées par la lumière resteront insolubles formant une couche plus ou moins épaisse suivant l'intensité et la durée de l'action.

2^o Par le traitement de la gélatine bichromatée avec de l'encre d'imprimerie grasse, traitement qu'on fait suivre par une différentiation avec de l'eau et par un léger frottement. Par ce procédé, les parties attaquées par la lumière retiennent l'encre d'imprimerie proportionnellement à l'intensité

de l'action de la lumière, ce dont on se convaincra par un tirage sur du papier.

Les travaux préparatoires des recherches suivantes ont été faits, il y a trois ans, en collaboration avec le docteur H. ØRUM, dans le but de démontrer l'existence de corps sensibles à la lumière dans la rétine dépourvue de pourpre visuel. En extrayant celle-ci par des dissolvants différents et en ajoutant les extraits à la gélatine je pensais pouvoir démontrer la sensibilité à la lumière qui se serait produite par le changement de la solubilité de la gélatine après l'action de la lumière. — Nous n'avons pas réussi, par cette série de recherches, à démontrer l'existence de tels corps dans la rétine des yeux d'animaux dont nous nous sommes servis (yeux de cochon, yeux de poule). Nous avons trouvé, cependant, que l'addition, non seulement de chromates, mais encore de couleurs d'aniline (érythrosine, éosine, bleu de méthylène) ainsi que de chlorophylle, à la gélatine, sensibilisait celle-ci à la lumière. Lors de ces recherches, nous ne nous sommes servis que du développement assez peu sûr par l'eau chaude. On verra plus loin que par ce procédé, entrepris sans précautions particulières, l'action de la lumière pourra se soustraire à toute observation.

Pour examiner la sensibilité des colloïdes à la lumière, j'ai repris ces études, dans l'été de 1907, en me servant de méthodes plus délicates et qui rendent possible la démonstration d'actions très faibles même de la lumière. Avant d'en présenter les résultats, je vais rendre compte du procédé suivi.

Voici les matériaux que j'ai employés dans mes recherches :

- 1^o Une dissolution de gélatine figée sur un verre, et du papier gélatiné non coloré. La gélatine y forme une pellicule mince, polie, sans couleur, étendue sur le papier.
- 2^o De la gélatine et le même papier gélatiné que ci-dessus mais coloré par des couleurs d'aniline.
- 3^o Du papier au charbon et du papier au pigment préparés

en ajoutant à la gélatine du noir de fumée ou du pigment¹.

4^o Du papier gommé noir mat.

Voici comment se fait la coloration de ces papiers, qui peut avoir lieu à la clarté du jour, la sensibilité ne commençant qu'après le dessèchement :

On plonge les papiers gélatinés dans la dissolution aqueuse colorante, la pellicule en haut. Un bain préliminaire dans une dissolution ammoniacale de $\frac{1}{4000}$ ^e pendant quelques minutes neutralise les acides qui s'y trouveraient.

On teint de 5 à 15 minutes suivant l'intensité de la dissolution colorée. En colorant le papier au charbon et le papier gommé on fera bien de fixer le papier, au moyen de punaises, sur un support de bois recouvert d'un papier huilé. Puis on plonge le tout dans la dissolution colorée, le côté du papier où se trouve la pellicule en haut. Après 15 minutes de coloration on fait écouler le liquide coloré. On rince vite en plongeant le papier fixé sur le bois dans de l'eau froide et pure. Le dessèchement des papiers se fera au cabinet noir: il se fera le plus vite possible. Aussi le cabinet noir doit-il être bien aéré.

Voici les négatifs dont je me suis servi :

- A. Du papier épais, noir mat, dans lequel on avait découpé des figures facilement reconnaissables: lettres, croix, carrés, rosettes (Fig. 1).
- B. Figures, croix, rosettes, etc. découpées dans du papier noir et collées sur des feuilles de gélatine durcies translucides (Fig. 2).

Dans la suite, ces négatifs seront désignés comme négatifs simples A et B par opposition aux

- C. Négatifs photographiques.

En général, l'exposition se fait au jour diffus; dans

¹ Les papiers des essais 1^o, 2^o, 3^o se trouvent dans le commerce. Celui de l'essai 1^o sous le nom de papier photolithographique d'Albert.

quelques cas seulement au soleil. Pour quelques essais je me suis servi de la lumière d'une lampe à mercure ou d'une lampe de Bang qui, toutes les deux, émettent, on le sait, un grand nombre de rayons ultra-violet.



Fig. 1.

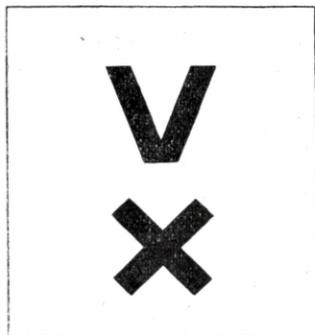


Fig. 2.

Voici les précautions que j'ai prises, lorsque je me servais de la méthode du relief, pour me garantir contre les sources d'erreurs possibles dues à la pression des négatifs employés :

- 1^o L'application du négatif simple A au-dessus d'une plaque mince en verre sous laquelle on met le papier gélatiné. Si l'on se sert du négatif photographique, on peut tourner en haut le côté où se trouve la pellicule.
- 2^o Des essais comparatifs des résultats obtenus au moyen des négatifs découpés dans le papier noir mat et décrits sous A, et de ceux décrits sous B et qui ont des figures opaques collées sur une plaque diaphane. Le négatif A rend les figures en creux, tandis qu'elles paraissent en relief en employant le négatif B.

On développe les figures en relief par l'eau chauffée à 20°—30°. On y met le papier exposé. On le retire quand, au bout de 10 à 15 minutes, la gélatine est bien gonflée. Si alors on suspend le papier de manière à faire écouler l'excès d'eau, les figures en relief s'accuseront fortement au bout de quelque temps.

Si l'on traite le papier gélatiné avec de l'eau à 34° — 40° , la gélatine se dissoudra partout où la lumière n'aura pas agi. Si l'action de la lumière a été assez profonde, les parties attaquées par la lumière resteront sur le papier sans se dissoudre. Si l'on emploie le négatif simple A, les figures découpées seront reproduites par la gélatine non dissoute. Si l'on expose avec le négatif simple B, les parties de la gélatine seules qui ont été couvertes par les figures opaques se dissoudront. Pour conserver une action faible de la lumière sur la gélatine, il faut transférer la gélatine attaquée par la lumière sur du papier de transfert¹ spécialement préparé. Voici comment on procède: on met les deux papiers dans de l'eau à 20° . On les colle l'un à l'autre sous l'eau. On les met sur un support en verre pour faire sortir l'excès d'eau en pressant avec du papier à filtrer. Les papiers collés l'un à l'autre sont mis à la presse, où on les laisse de 5 à 10 minutes. On transfère au moyen d'eau chaude à 30° pour commencer. Au bout de 10—15 minutes les papiers commencent à se détacher l'un de l'autre, de sorte qu'au bout de quelque temps (de 15 à 20 minutes) on pourra, sans difficulté, les séparer complètement. La couche attaquée par la lumière se trouvera sur le papier de transfert avec des restes de gélatine qui s'y attachent. On commence alors le développement au moyen d'eau à 34° — 40° en augmentant doucement la température par l'addition d'eau chaude. Le développement demande de 15 à 20 minutes.

Par suite de la différence de profondeur de l'action de la lumière, les parties de la gélatine insolubles jusqu'au papier restent seules sur le papier, quand on développe sans transfert. Au contraire, les parties attaquées superficiellement s'en iront pendant le développement, l'eau chaude dissolvant les parties sous-jacentes et non attaquées de la gélatine. Aussi voit-on que, dans ce développement sans transfert, dont les

¹ Ce papier se trouve dans le commerce.

défauts sont montrés par la Fig. 3, de minces pellicules se détachent du papier gélatiné. Il s'ensuit que des actions faibles de la lumière pourront passer inaperçues, les pellicules

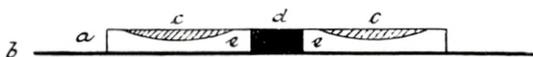


Fig. 3.

- a* Couche de gélatine.
- b* Support en papier.
- c* Pellicules de gélatine fixées par la lumière.
- d* Gélatine fixée jusqu'au papier.
- e* Gélatine non attaquée par la lumière.

formées étant tellement minces et tellement peu cohérentes qu'elles disparaissent sans laisser de traces. — Il en résulte que, dans les épreuves des négatifs photographiques, tous les tons intermédiaires et tous les effets délicats de la lumière font défaut.

Si l'on se sert du négatif simple A en faisant agir la lumière assez longtemps pour qu'elle fixe la gélatine jusqu'au papier, on obtiendra qu'au transfert, à une température pas trop élevée, les figures de gélatine fixées par la lumière resteront sur le papier gélatiné initial, tandis que les figures non attaquées par la lumière se colleront sur le papier de transfert. On aura ainsi deux moules dont les parties relevées et les parties creuses s'ajustent, ainsi que le fait voir la Fig. 4.

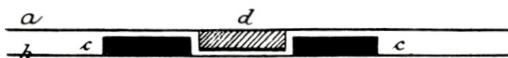


Fig. 4.

- a* Papier de transfert.
- b* Support en papier.
- c* Gélatine fixée sur le papier.
- d* Gélatine transférée sur du papier de transfert.

En employant le papier au charbon, le papier au pigment ou le papier gommé on obtient que la gélatine ou la gomme, insolubilisées par l'action de la

lumière, fixent les particules de charbon ou de pigment y contenues.

En développant par l'eau chaude après le transfert, on aura des couches fixées d'après l'intensité de l'action de la lumière, d'épaisseur différente et avec un nombre correspondant de particules y contenues. Il en résulte, pour le papier au charbon et pour le papier gommé, une série de nuances noires et grises et, si on travaille avec le papier au pigment, une série de tonalités plus ou moins foncées. Comme on obtient des nuances proportionnées à l'intensité de l'action de la lumière, ces papiers se prêtent à merveille à la mesure de celle-ci, ainsi qu'à la copie de négatifs photographiques¹.

Voici comment on pratique la méthode de l'encre d'imprimerie:

On frotte le papier gélatiné doucement avec une solution d'encre d'imprimerie solide dans de la benzine contenant une trace d'huile de lavande. La solution doit avoir une coloration foncée. Après le dessèchement de l'encre, dont on accélère la marche en soufflant sur le papier, on place celui-ci avec précaution sur l'eau froide, flottant, le côté à la pellicule en haut. Au bout de quelque temps l'eau, ayant pénétré la gélatine aux endroits non attaqués par l'action de la lumière, en fait partir l'encre d'imprimerie grasse. Après avoir lavé avec une éponge, on frotte, en usant de précaution, avec de la ouate humide. L'encre se détache des parties non attaquées par la lumière, tandis qu'elle est retenue par les parties attaquées suivant des nuances proportionnées à l'intensité de l'action de la lumière. Pour donner des résultats satisfaisants, ce procédé demande une certaine pratique.

Voici ce qu'ont démontré mes recherches:

1^o La gélatine insensibilisée change sous l'action de la lumière.

Donc, elle est sensible à la lumière. C'est ce

¹ J'ai mesuré ainsi avec le photomètre de Sawyer l'action de la lumière sur la gélatine au charbon sensibilisée par l'érythrosine.

qu'on montre facilement au moyen de la méthode du relief en exposant, pendant 5 minutes à peu près, à la lumière de la lampe de Bang. Le négatif simple A est le mieux fait pour cet essai. On aura le même effet de l'action de la lumière en exposant, pendant plusieurs heures, au jour diffus et clair (essai fait pendant l'été 1907). Par la méthode de transfert aussi, la démonstration de l'action de la lumière se fait le plus facilement après 3 ou 4 heures d'exposition. En colorant, après l'exposition, la gélatine exposée (avant de faire le transfert) on peut, en transférant, rendre manifeste l'intensité de l'action de la lumière par la coloration plus ou moins forte et qui est proportionnée à l'épaisseur de la couche gélatinée transférée.

- 2^o Le papier au charbon ne montre pas la sensibilité à la lumière dont nous venons de parler. Une longue série d'essais avec un éclairage très long ne donnait aucun résultat ni par la méthode du relief ni par celle du transfert.
- 3^o On donne à la gélatine une forte sensibilité à la lumière en colorant avec des matières colorantes d'aniline de la manière déjà décrite. Comme sensibilisatrice, l'érythrosine tient le premier rang. On obtient aussi des effets de lumière délicats par l'éosine et par l'auramine. De même, la safranine, le rouge neutre, le bleu de méthylène et le violet de méthyle sensibilisent la gélatine. En général, l'auramine jaune est un peu moins sensibilisante que l'érythrosine rose, tandis que la sensibilité à la lumière diminue beaucoup pour les matières colorantes bleues.

Par l'exposition avec le négatif photographique, pendant 2 à 4 heures, du papier gélatiné par une solution aqueuse d'érythrosine ($1/1000^e$), on peut, au moyen de la méthode du relief, produire une très belle image¹) en relief qui rend l'ori-

¹ Cette image disparaît en séchant, mais elle se développe de nouveau par l'addition d'eau.

ginal avec une richesse tellement grande de différences de niveau qu'on a l'impression d'un tirage très fin, creusé, plastique. La sensibilité à la lumière de la gélatine d'érythrosine est assez délicate pour obtenir, dans une lumière vigoureuse (d'été), un relief distinct après 5 à 10 minutes d'action de la lumière, en exposant sous le négatif simple A.

4^o En se servant de différents papiers gélatinés colorés (j'ai essayé avec l'érythrosine, l'auramine, le violet de méthyle) on peut produire des images colorées. En transférant sur le même papier de transfert les pellicules de gélatine attaquées par la lumière on obtient des couleurs mixtes et dont le caractère est proportionné à l'intensité de l'action de la lumière sur les gélatines diversicolores employées.

5^o On peut sensibiliser le papier au charbon, le papier au pigment et le papier gommé par l'érythrosine ou par l'auramine. On peut se servir de ces papiers pour faire des copies de négatifs photographiques. On reproduit ainsi de très belles images au charbon et au pigment et des épreuves photographiques à la gomme. Pour ces dernières, comme pour les soi-disant films au charbon, le transfert, autrement nécessaire, est superflu.

6^o La méthode de l'encre d'imprimerie se laisse pratiquer avec du papier gélatiné sensibilisé au moyen de matières colorantes d'aniline.

7^o Les méthodes techniques de reproduction qui, jusqu'ici, n'ont été possibles qu'en sensibilisant avec les chromates, sont praticables en se servant des couleurs d'aniline.

Jusqu'à présent la forme, décrite plus haut, de la sensibilité à la lumière n'était connue que par le pouvoir qu'avaient les chromates de sensibiliser des matières organiques. Mes recherches lui ont donné une importance plus étendue, surtout par la découverte de la sensibilité à la lumière de la gélatine non sensibilisée et par la démonstration du pouvoir qu'ont

les couleurs d'aniline d'augmenter fortement cette sensibilité. Comme les colloïdes constituent des éléments très répandus et extrêmement importants des tissus animaux comme de l'organisme végétal, l'éclaircissement des transformations chimiques et physiques que subissent ces corps pendant l'exposition présentera un grand intérêt. Cela demandera une série de recherches qui n'entrent pas dans le cadre de ce travail. Aussi me bornerai-je à en indiquer les points principaux. Quant au côté chimique de la question, on pourra prendre pour point de départ la façon dont se comporte la gélatine bichromatée. Les chromates, parmi lesquels c'est le bichromate de potasse qui sert le plus souvent à la sensibilisation, ne sont pas par eux-mêmes sensibles à la lumière, mais ils le deviennent combinés avec la cellulose, la gélatine, la gomme et les matières albuminoïdes, tous corps facilement oxydables. En ajoutant du bichromate de potasse à la gélatine, celle-ci s'oxyde à l'exposition par la réduction du chromate sous la formation de peroxyde ou de protoxyde de chrome. Les composés formés durcissent la gélatine. Cet effet est le plus fort là où l'action la plus énergique de la lumière a produit le plus du composé durcissant. Il est probable que c'est un rôle semblable que jouent les couleurs d'aniline par lesquelles on peut sensibiliser la gélatine. Il est plus difficile d'expliquer les réactions chimiques qui se font dans la gélatine non sensibilisée sous l'action de la lumière. D'après ce qui précède, celle-ci change tout comme la gélatine sensibilisée. Il est naturel de supposer que l'oxygène ou les oxydes y jouent un rôle. Si, ensuite, nous examinons les changements physiques qui apparaissent dans la gélatine après l'exposition, ils se manifestent par l'agglutination et la coagulation¹ de la géla-

¹ Cf. la coagulation des albumines par l'action de la lumière ultraviolette, démontrée par M. M. G. DREYER et O. HANSEN au Laboratoire de bactériologie médicale de l'Université de Copenhague. Compt. rend. t. 145, 1907, p. 234. Cf. aussi le changement de la gélatine par l'action de la lumière décrit par M. Alefeld. Zeitschr. für wissenschaftl. Photographie, etc. 1906, p. 364.

tine qui donnent lieu à la formation de pellicules décrite plus haut. Il est probable que ces changements se font par l'agrandissement des agrégations moléculaires colloïdes. Les recherches faites avec l'ultramicroscope pourront nous donner des renseignements importants pour résoudre ces questions ainsi que la question des matières colorantes d'aniline. L'action de la lumière sur la gélatine amenant la formation de pellicules pénétrables par l'eau à un degré varié, contribue à la solution de la question de l'adsorption des colloïdes en montrant que celle-ci varie dans un rapport déterminé et proportionnel à l'intensité de l'action de la lumière. On en a l'image la plus belle et, expérimentalement, la plus claire au moyen des images en relief qui, surtout si l'on applique des négatifs photographiques, montrent une richesse de différences de niveau qui s'accordent avec les nuances du négatifs se rapportant à la formation de pellicules qui sont les unes complètement pénétrables à l'eau, d'autres à moitié pénétrables à l'eau, d'autres encore impénétrables à l'eau, etc. Ces questions sont ultérieurement éclaircies par la méthode de l'encre d'imprimerie qui montre que les pellicules, rendues plus ou moins impénétrables à l'eau par la lumière, se laissent encore pénétrer par des matières grasses qu'elles retiennent.

Enfin les résultats de ces recherches nous préparent à une conception plus claire du pouvoir microbicide et curatif de la lumière. Et d'abord, pour le pouvoir microbicide: il résulte d'une série de recherches que l'oxygène et des oxydes (bioxyde d'hydrogène) jouent un rôle très important pour ce pouvoir, ainsi que pour les changements de la gélatine qui se montrent pendant l'exposition à la lumière. Il est naturel de supposer que la mort des microbes arrive par suite du changement de leur colloïdes en une forme insoluble. En sensibilisant avec des matières colorantes d'aniline et, particulièrement, avec l'érythrosine, on pourra activer cette action tant sur les

microbes que sur les éléments des tissus. Au contraire, un contenu de pigment réduit ou anéantit la sensibilité des colloïdes à la lumière, comme le font voir les essais avec le papier au charbon non sensibilisé. On sait que l'éclairage peut rendre les milieux nutritifs impropres à la culture des bactéries, ce qui s'explique par l'action de la lumière sur les colloïdes qu'elles contiennent. On peut se figurer que c'est de la même façon que les tissus deviennent plus résistants à l'attaque des microbes par l'action durcissante de la lumière. Il est probable que le fixage des microbes qui se fait par la coagulation des colloïdes est d'une grande importance.
