

De la primitivité des émulsions photographiques. Effets d'un lavage et d'un séchage

Yvon Renotte

Abstract

The sensitivity of unsensitized and undyed silver bromide emulsions can be altered by bathing and drying emulsions layers. The degree of influence depends on the disposition of the latent image (" surface " and " internal " latent images). Bathing the exposed emulsions has almost no effect on contrast nor speed. Bathing before exposure is found to cause significant increases in emulsions sensitivity. In every cases the drying conditions are very important. It appears that with sensitized emulsions the effects vary from layer to layer and from one product to another.

Résumé

L'étude des processus photographiques fondamentaux nécessite souvent l'utilisation d'émulsions primitives et sensibilisées chimiquement dérivées des précédentes. Nous avons examiné les conditions de primitivité de divers types d'émulsions et nous disposons actuellement d'une méthodologie rationnelle de Fémulsification des matériaux primitifs, d'une définition plus précise de la notion de primitivité ainsi que de moyens de contrôle rigoureux de ce caractère.

Les résultats acquis ont révélé des paramètres susceptibles de modifier de manière appréciable le comportement d'émulsions soumises aux tests de primitivité. Ainsi, les conditions du lavage et du séchage intervenant au cours de ces tests jouent un rôle important. Nous avons étudié en détail cet aspect du problème.

Citer ce document / Cite this document :

Renotte Yvon. De la primitivité des émulsions photographiques. Effets d'un lavage et d'un séchage. In: Bulletin de la Classe des sciences, tome 68, 1982. pp. 699-714;

doi : <https://doi.org/10.3406/barb.1982.57297>

https://www.persee.fr/doc/barb_0001-4141_1982_num_68_1_57297

Fichier pdf généré le 05/06/2020

**De la primitivité des émulsions photographiques.
Effets d'un lavage et d'un séchage**

par YVON RENOTTE (*)
Laboratoire de Physique Générale
Université de Liège

Summary. — The sensitivity of unsensitized and undyed silver bromide emulsions can be altered by bathing and drying emulsions layers. The degree of influence depends on the disposition of the latent image ("surface" and "internal" latent images).

Bathing the exposed emulsions has almost no effect on contrast nor speed. Bathing before exposure is found to cause significant increases in emulsions sensitivity. In every cases the drying conditions are very important.

It appears that with sensitized emulsions the effects vary from layer to layer and from one product to another.

Prolégomènes. — L'étude des processus photographiques fondamentaux nécessite souvent l'utilisation d'émulsions primitives et sensibilisées chimiquement dérivées des précédentes. Nous avons examiné les conditions de primitivité de divers types d'émulsions et nous disposons actuellement d'une méthodologie rationnelle de l'émulsification des matériaux primitifs, d'une définition plus précise de la notion de primitivité ainsi que de moyens de contrôle rigoureux de ce caractère.

Les résultats acquis ont révélé des paramètres susceptibles de modifier de manière appréciable le comportement d'émulsions soumises aux tests de primitivité. Ainsi, les conditions du lavage et du séchage intervenant au cours de ces tests jouent un rôle important. Nous avons étudié en détail cet aspect du problème.

INTRODUCTION

Alors que la sensibilisation chimique des grains de bromure d'argent est utilisée depuis de nombreuses années pour la réalisation d'émulsions photographiques, les mécanismes complexes qu'elle fait

(*) Présenté par M. M. MIGEOTTE.

intervenir ne sont pas encore complètement élucidés [1]. Cet aspect du processus photographique a fait l'objet de plusieurs travaux notamment dans nos laboratoires [2]. Très rapidement, il nous parut illusoire d'aborder ce problème sans disposer, au préalable, d'un matériau photosensible de référence rigoureusement fiable.

Les émulsions primitives sont les seules à autoriser une approche des processus photographiques fondamentaux puisque, contrairement aux émulsions sensibilisées par diverses méthodes, notamment les émulsions commerciales, elles ne subissent au cours de leur préparation aucun traitement susceptible d'affecter ces mécanismes fondamentaux [3-4]. Elles permettent ainsi l'étude de l'influence d'un seul paramètre ou des influences conjuguées de plusieurs paramètres.

Les émulsions primitives ne contiennent en principe, que des grains de bromure d'argent pur enrobés dans une gélatine chimiquement inerte à leur égard, c'est-à-dire exempte d'impuretés dont la nature et la teneur sont susceptibles d'influencer leur sensibilité photographique d'une manière appréciable [5].

Nous avons également montré que la sensibilité d'une émulsion de AgBr pur, préparée sans qu'intervienne de sensibilisation chimique ni spectrale, peut être considérablement modifiée simplement en variant les conditions physiques au moment de la coulée [6]. L'appréciation du caractère primitif d'un matériau dépend donc du critère que l'on choisit pour déterminer la primitivité.

De l'examen détaillé des caractéristiques communément attribuées aux émulsions primitives, nous avons retenu :

- que leur sensibilité est accrue par un lavage suivi d'un séchage prolongé ;
- que les germes de l'image latente superficielle sont oxydables par des solutions oxydantes relativement diluées ;
- et que les centres de sensibilité superficielle ne sont pas oxydables.

Ces propriétés remarquables nous ont permis de mettre au point un test de primitivité extrêmement sélectif. Ainsi, est réputée primitive l'émulsion qui, soumise à l'action d'une solution aqueuse oxydante déterminée, présente après lavage, la même sensibilité que l'émulsion soumise à l'action du simple lavage à l'eau.

Diverses méthodes de préparation ont été essayées dont quelques-unes ont conduit à des émulsions primitives au sens strict ci-avant défini [5].

EFFETS DU LAVAGE ET DU SÉCHAGE

Nous avons constaté au cours de nos précédents travaux sur la primitivité [5-6] que :

- les conditions du lavage et du séchage précédant l'exposition peuvent entraîner des variations parfois importantes de la sensibilité des émulsions ;
- les conditions du séchage consécutif au traitement « oxydation par l'acide chromique + lavage » sont de nature à modifier les résultats du test de primitivité appliqué aux échantillons.

A. EFFETS DU LAVAGE ET DU SÉCHAGE SUR LA SENSIBILITÉ DES ÉMULSIONS

1. *Caractéristiques des émulsions*

Pour les manipulations suivantes, nous avons utilisé diverses émulsions AgBr spécifiques. Il s'agit d'émulsions primitives, à grains fins de dimensions très homogènes. Leurs principales caractéristiques sont indiquées ci-après.

Émulsions à grains octaédriques

PO.1 : émulsion primitive (gélatine inerte, pas de sensibilisation chimique ni spectrale) à grains de diamètre moyen $0,4 \mu\text{m}$; coulée à raison de 7 g de AgBr par m^2 , à $\text{pH} = 7$ et $\text{pAg} = 7$.

PO.2 et PO.3 : émulsions primitives analogues à PO.1 mais à grains de diamètre moyen $0,2 \mu\text{m}$; coulées à raison de 3 g de AgBr par m^2 , respectivement à $\text{pH} = 7$ et $\text{pAg} = 7$ pour PO.2, à $\text{pH} = 6,2$ et $\text{pAg} = 8,3$ pour PO.3.

Émulsions à grains cubiques

PC.1 : émulsion primitive à grains de diamètre moyen $0,4 \mu\text{m}$; coulée à raison de 11 g de AgBr par m^2 , à $\text{pH} = 8,7$ et $\text{pAg} = 8,16$.

PC.2 : émulsion primitive à grains de diamètre moyen $0,8 \mu\text{m}$; coulée à raison de 11 g de AgBr par m^2 , à $\text{pH} = 9,2$ et $\text{pAg} = 8,16$.

La figure 1 reproduit une microphotographie des grains vierges de ces deux émulsions dont le tableau I résume les principaux paramètres :

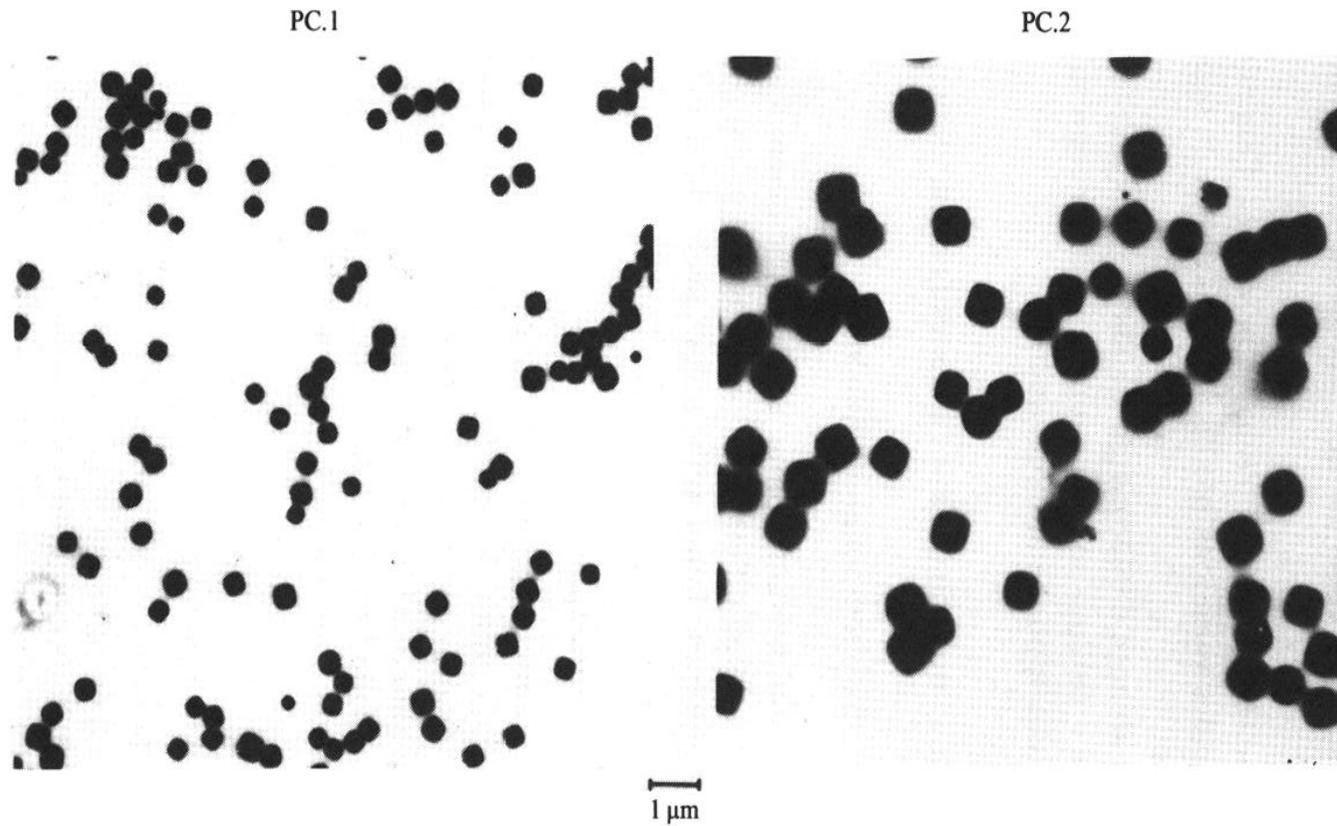


FIG. 1. — Émulsions homogènes à grains cubiques PC.1 et PC.2 : microphotographies des grains vierges (*).
Le diamètre moyen est respectivement de l'ordre de $0,4 \mu\text{m}$ et $0,8 \mu\text{m}$.

(*) Les microphotographies des émulsions ont été réalisées par la Société AGFA-GEVAERT, Mortsel.

x_0 = diamètre le plus fréquent (en μm) ;

\bar{x} = diamètre moyen défini analytiquement par :

$$\bar{x} = \frac{\sum_0^{\infty} xn(x)}{\sum_0^{\infty} n(x)} ;$$

x' = diamètre moyen des grains dont le diamètre est supérieur à x_0 , analytiquement :

$$x' = \frac{\sum_{x_0}^{\infty} xn(x)}{\sum_{x_0}^{\infty} n(x)} ;$$

$\frac{x'}{x_0}$ = expression (conventionnelle) de la dispersion.

Tableau I.

Émulsion	x_0	\bar{x}	x'	x'/x_0
PC.1	0,40	0,41	0,45	1,12
PC.2	0,80	0,77	0,86	1,07

2. Conditions d'exposition et de développement

Au cours des manipulations, toutes les expositions ont été effectuées en lumière blanche à l'aide d'une lampe stabilisée de 100W à filament de tungstène [7], placée à 1 m de l'échantillon. La durée de l'exposition est ajustée et spécifiée dans chaque cas, elle est réalisée derrière un gradin de densités d'échelon 0,15. Les courbes de noircissement sont tracées voile non déduit (¹).

Les conditions optimales du développement ayant été déterminées par des expériences préliminaires, l'image latente externe est développée à l'aide du révélateur au glycin sans sulfite [9] agissant pendant 5 mn à 20 °C et l'image latente interne à l'aide du révélateur au méthol-hydroquinone (M.H.) additionné d'une certaine quantité de thiosulfate de sodium [9], quantité donnant le développement interne

(¹) Courbes de noircissement dans le système de F. HURTER et V. C. DRIFFIELD [8].

optimum pour les émulsions étudiées, dans les conditions expérimentales choisies (5 mn à 20 °C). Le développement interne est précédé de l'oxydation de l'image latente superficielle par immersion (3 ou 5 mn à 20 °C) des échantillons dans une solution d'acide chromique [10] dont la concentration sera spécifiée dans chaque cas. L'oxydation est suivie d'un rinçage à l'eau distillée avant le traitement par le révélateur au méthol-hydroquinone + thiosulfate.

L'image latente totale est développée par le révélateur normal au métol-hydroquinone (5 mn à 20 °C).

3. Résultats expérimentaux

Des variations de la sensibilité, dues à un lavage et un séchage précédant l'exposition, ont été signalées par divers auteurs, notamment H. Arens et E. R. Bullock [11], A. Hautot, H. Sauvenier et G. Danguy ⁽²⁾ [12], G. I. P. Levenson [13], T. Tani [14] et T. H. James [15]; elles consistent en des augmentations ou des diminutions dont la cause n'est pas connue en toute généralité.

D'une première série d'essais, il ressort que :

Dans le cas d'émulsions AgBr primitives, le lavage et le séchage augmentent notablement la sensibilité. Pour une durée de séchage donnée, l'effet sensibilisateur croît avec la durée du lavage pour atteindre un optimum après quelques dizaines de minutes à la température ordinaire (fig. 2). La durée du lavage étant choisie à la valeur optimale, la sensibilité augmente avec la durée du séchage jusqu'à un optimum atteint après quelques jours à la température ordinaire (fig. 3); si la durée du séchage est plus longue, un voile apparaît.

Dans le cas d'émulsions AgBr sensibilisées chimiquement à l'optimum, l'effet du lavage et du séchage est faible, parfois positif, plus souvent négatif mais toujours d'amplitude très inférieure à celle observée, toutes conditions égales, dans l'émulsion primitive (fig. 4).

A. Hautot ⁽³⁾ suggère que l'effet sensibilisateur est dû à une orientation plus favorable de la gélatine à la surface des grains primitifs et à une très lente réduction intervenant dans les centres de sensibilité

⁽²⁾ Qu'il me soit permis ici de rendre hommage à la mémoire d'un collègue dont la disparition nous a privé d'une amitié sincère et profondément humaine.

⁽³⁾ Étude non publiée.

superficiels, tandis que dans le cas d'émulsions sensibilisées chimiquement, les centres de sensibilité des grains amenés à l'activité optimale sont peu affectés par l'organisation superficielle de la gélatine.

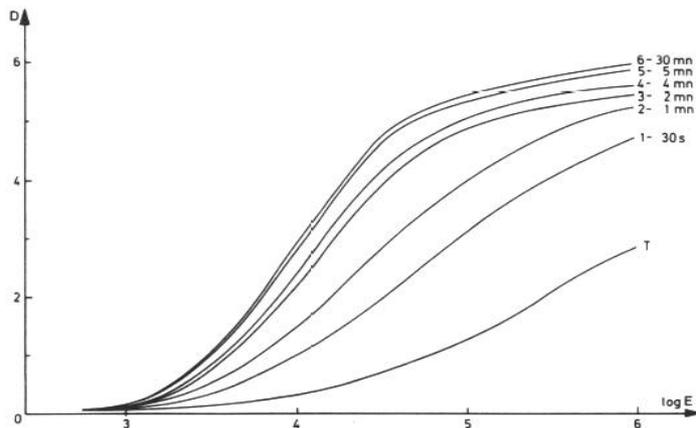


FIG. 2. — Émulsion PO.1 : lavage de durée croissante suivi d'un séchage de durée constante.

— exposition : 100 W - 1 m - 10^3 s.

— T : témoin non lavé.

$i = 1$ à 6 : échantillons lavés à l'eau courante de 30 s à 30 mn, séchés 16 h.

— développement total.

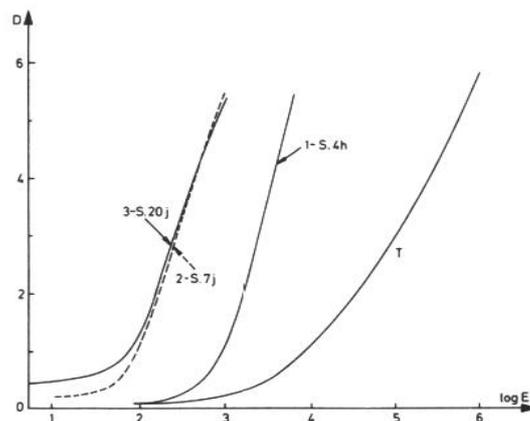


FIG. 3. — Émulsion PO.1 : lavage de durée constante suivi d'un séchage de durée croissante.

— exposition : 100 W - 1 m - 10 mn.

— T : témoin non lavé.

$i = 1$ à 3 : échantillons lavés 30 mn à l'eau courante, séchés respectivement 4 h, 7 jours, 20 jours.

— développement total.

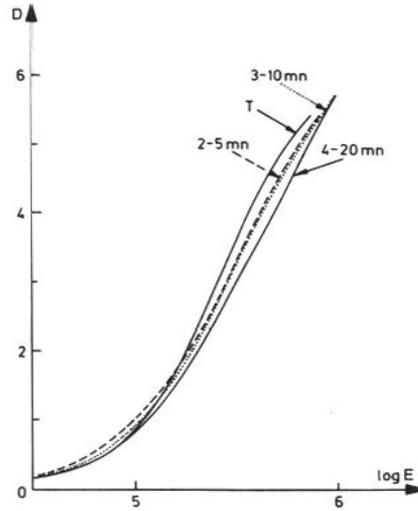


FIG. 4. — Émulsion PS.1 (homologue à PO.1 mais sensibilisée chimiquement par le dioxyde de thiourée).

Conditions d'exposition, de traitements et de développement identiques à celles de la figure 2.

Nous avons réalisé une seconde série d'essais concernant des émulsions à grains cubiques, essais au cours desquelles la durée du lavage a été fixée à 5 mn puisque l'effet principal du lavage est obtenu dans les premières minutes, l'allongement de la durée n'amenant plus qu'un effet sensibilisateur assez minime. Le séchage suivant le lavage a été fait à chaud (40 °C) pendant 3 h.

On a d'abord vérifié que le traitement lavage + séchage intervenant après l'exposition a un effet minime sur la développabilité de l'émulsion (effet plus important en développement interne); à titre d'exemple, on consultera les figures 5 et 6.

Les figures 7 et 8 montrent l'effet du traitement lavage + séchage intervenant avant l'exposition : effet sensibilisateur dans le cas d'un développement total ou superficiel, désensibilisateur en développement interne. Il est assez plausible de voir là un effet de compétition entre les centres de sensibilité superficiels activés par le lavage et les centres internes paraissant échapper à cet effet.

On a vérifié que le traitement lavage + séchage avant l'exposition a peu d'effet lorsque l'émulsion est sensibilisée chimiquement (thiocyanate d'or). On a observé aussi un effet du mode de séchage sur l'image latente interne ; la figure 9 concerne l'émulsion PC.2 pour deux modes de séchage et l'émulsion SC.2, analogue à PC.2 mais

De la primitivité des émulsions photographiques

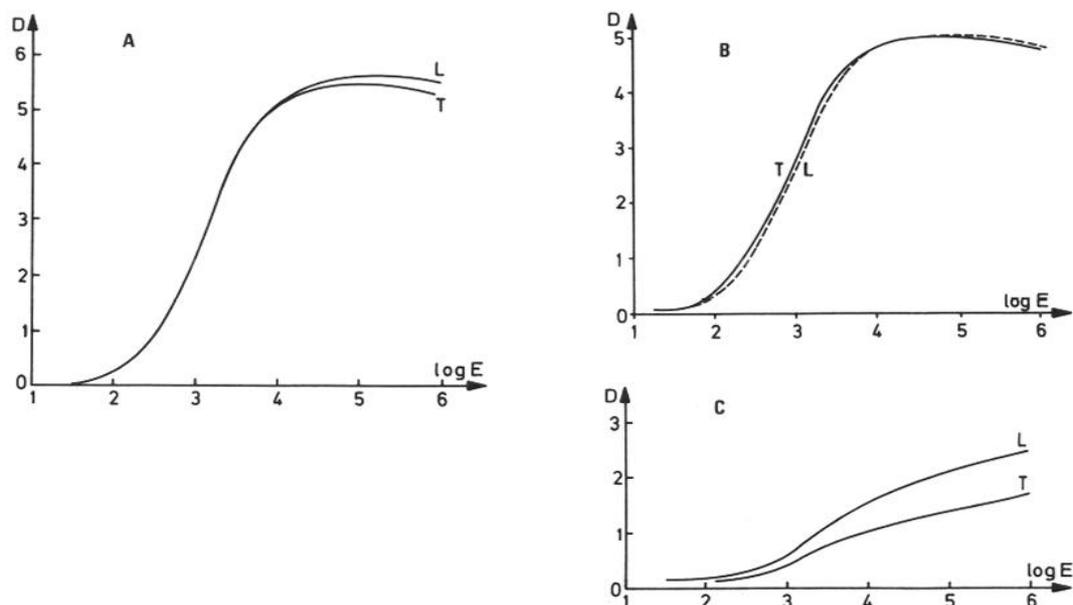


FIG. 5. — Émulsion PC.1 : exposition avant le « lavage + séchage ».
 — exposition : 100 W - 1 m - 100 s.
 — T : témoin non lavé.
 L : témoin lavé pendant 5 mn, séché 3 h à chaud.
 — A : développement total.
 B : développement superficiel.
 C : développement interne : M. H. + $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ à 5g/l (après CrO_3 à 0,125 %-5 mn).

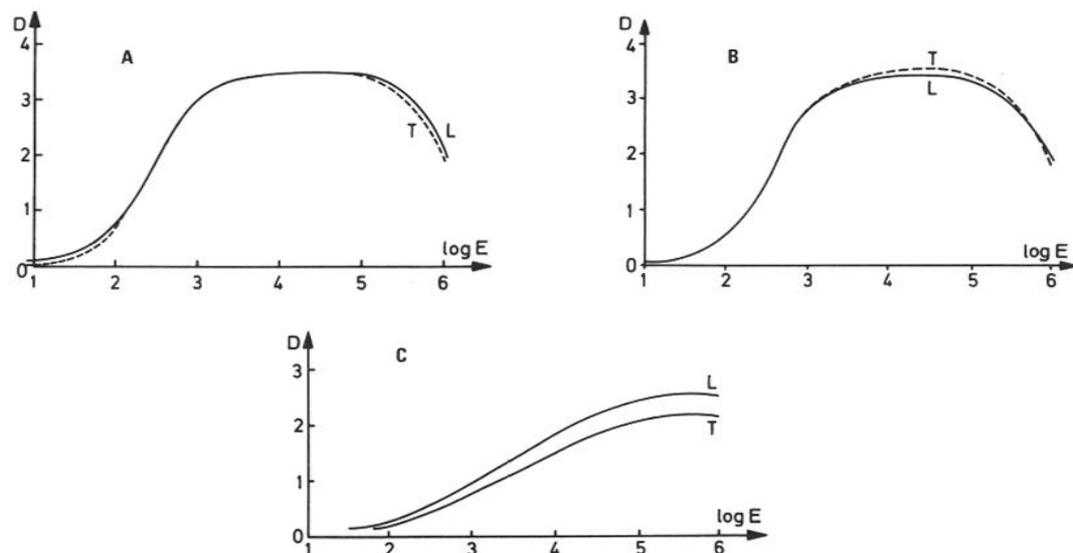


FIG. 6. — Émulsion PC.2 : exposition avant le « lavage + séchage ».
 Conditions d'exposition, de traitements et de développements identiques à celles de la figure 5.

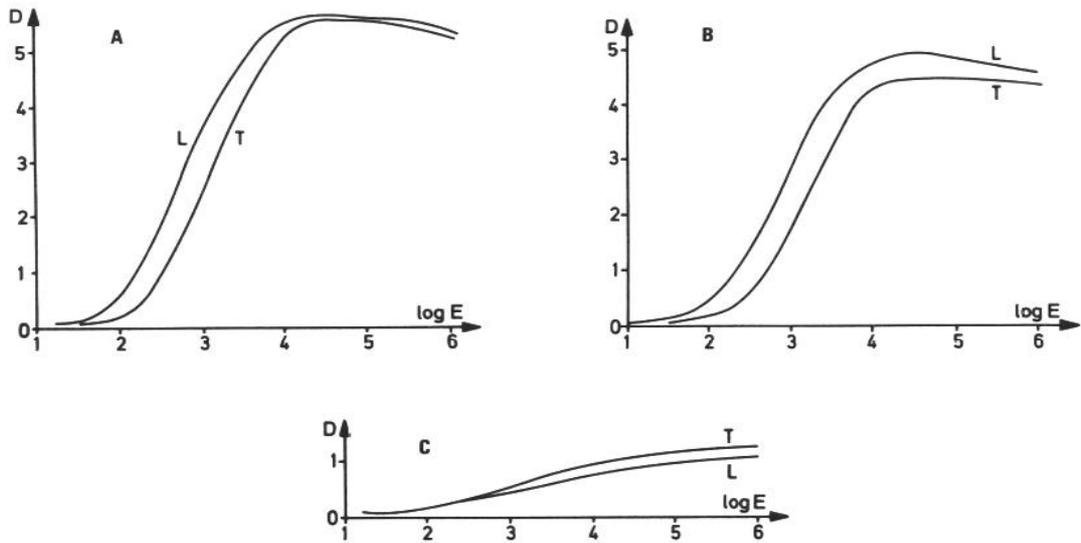


FIG. 7. — Émulsion PC.1 : exposition après le « lavage + séchage ».
 — T : témoin non lavé.
 — L : témoin lavé pendant 5 mn, séché 3 h à chaud.
 — exposition : 100 W - 1 m - 100 s.
 — A : développement total.
 — B : développement superficiel.
 — C : développement interne : M.H. + $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ à 5 g/l (après CrO_3 à 0,125 %-5 mn).

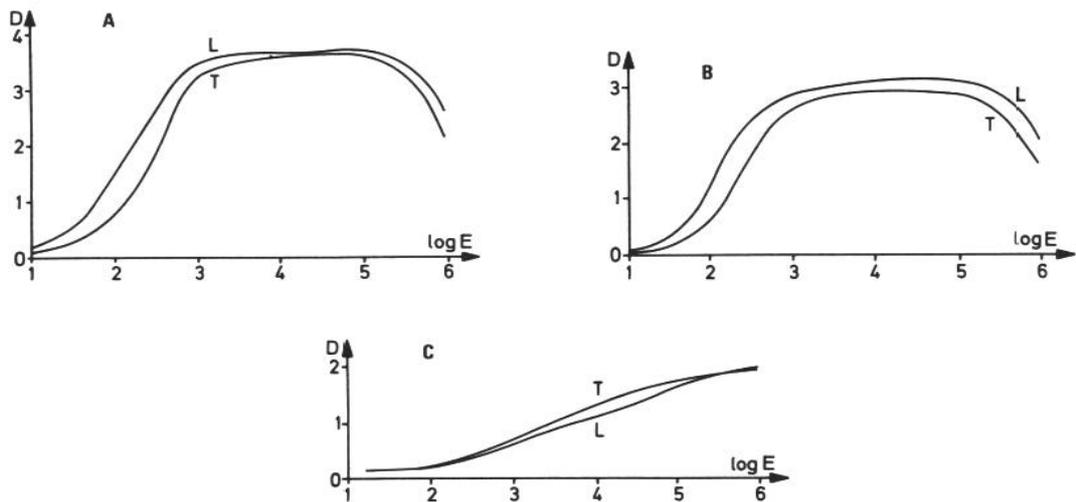


FIG. 8. — Émulsion PC.2 : exposition après le « lavage + séchage ».
 Conditions d'exposition, de traitements et de développements identiques à celles de la figure 7.

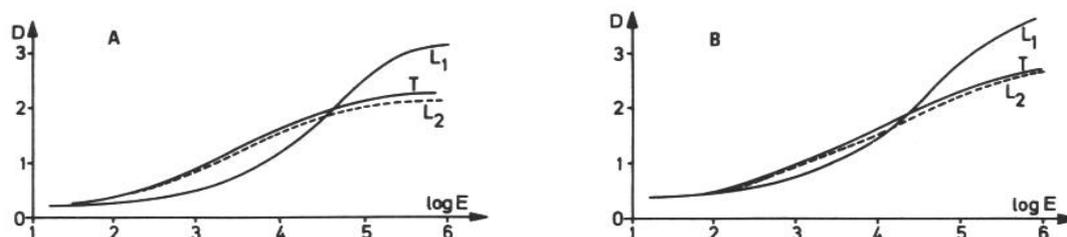


FIG. 9. — Émulsions PC.2 (A) et SC.2 (B) : exposition après le « lavage + séchage ».

— T : témoin non lavé.

L₁ : témoin lavé pendant 5 mn, séché 3 h 45 mn à 20 °C.

L₂ : témoin lavé pendant 5 mn, séché 3 h 20 mn à 40 °C.

— exposition : 100 W - 1 m - 100 s.

— développement interne : M.H. + Na₂S₂O₃ à 5 g/l (après CrO₃ à 0,125 %-5 mn).

sensibilisée chimiquement. L'importance de la désensibilisation de l'image interne sous l'effet du traitement lavage + séchage dépend manifestement du mode de séchage ; en outre, celui-ci, convenablement fait, peut renforcer l'image interne du côté des grandes luminations.

En conclusion de l'étude des modifications de la sensibilité dues à un lavage et un séchage, nous retiendrons que :

- le lavage + séchage ne modifie quasiment pas la développabilité des émulsions AgBr aussi bien primitives que sensibilisées, préalablement exposées ;
- le lavage + séchage précédant l'exposition peut augmenter notablement la sensibilité des émulsions AgBr primitives ; en ce qui concerne les émulsions sensibilisées, les résultats sont mitigés surtout en développements total et interne ;
- l'effet du traitement lavage + séchage dépend intimement du mode de séchage.

B. EFFETS DU MODE DE SÉCHAGE SUR LE TEST DE PRIMITIVITÉ

Nous nous sommes attaché à examiner l'action du séchage lui-même au cours des opérations destinées à tester le degré de primitivité des émulsions étudiées. Les figures 10 concernent les émulsions PO.2 et PO.3 soumises aux opérations suivantes :

- immersion dans une solution d'acide chromique de concentration 0,25 % (concentration pour laquelle l'effet désensibilisateur est important) ;

- lavage de durée 1 h ;
- séchage de durée 10, 30 et 60 mn (au-delà de 60 mn, les effets éventuels sont beaucoup moins marqués) ;
- exposition à la lumière blanche : 100 W - 1 m - 10 s ;
- développement à l'aide du révélateur superficiel.

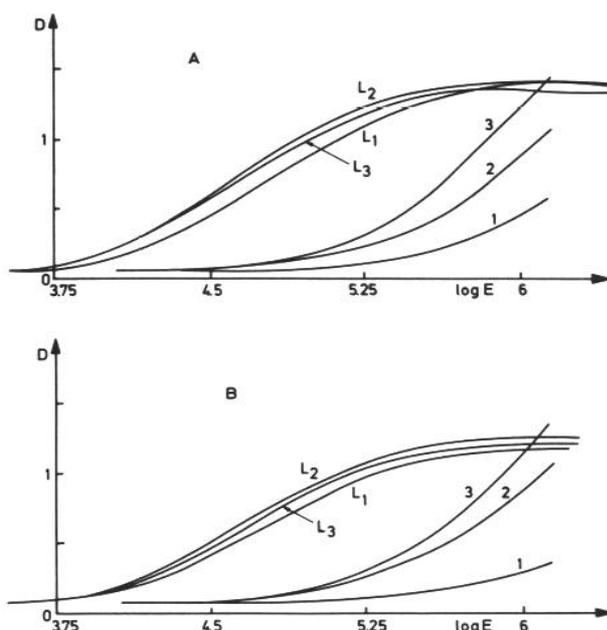


FIG. 10. — Test de primitivité : influence de la durée du séchage.

- L : témoin lavé 1 h et séché θ mn (cf. tableau ci-après).
- $i = 1$ à 3 : échantillons traités (3 mn) par une solution de CrO_3 à 0,25 %, lavés 1 h, séchés θ mn.
- exposition : 100 W - 1 m - 10 s.
- développement superficiel.

durée du séchage : θ (mn).

Échantillon	1	2	3
A : émulsion PO.2	10	30	60
B : émulsion PO.3	mn	mn	mn

On a aussi considéré les témoins L_1 , L_2 et L_3 obtenus en lavant et séchant (respectivement 10, 30 et 60 mn) les échantillons avant de les exposer et les développer. On constate que la durée du séchage modifie peu la sensibilité des témoins ce qui n'est pas le cas pour les échantillons préalablement oxydés. Pour ces derniers, une durée de séchage plus longue entraîne une meilleure restitution de la sensibilité. Il

semble donc que, pour un séchage de courte durée (10 mn), l'échantillon a conservé une certaine humidité ⁽⁴⁾ au moment de l'exposition, humidité susceptible d'encore permettre une activité oxydante appréciable des molécules d'acide chromique non désorbées par le lavage préalable. Si la durée du séchage augmente, on peut admettre que l'humidité « ambiante » diminuant et tendant vers une limite ⁽⁵⁾, l'activité de l'acide chromique fait de même, elle diminue et tend vers une limite atteinte après quelques heures de séchage.

CONCLUSIONS

La pratique nous a enseigné que les émulsions commerciales ne sont guère appropriées aux études fondamentales. C'est pourquoi depuis longtemps, nous leur avons préféré des émulsions expérimentales du type primitif. Toutefois, il est difficile de préparer une émulsion primitive, du moins au sens où nous l'entendons. Il faut en effet que le matériau photosensible satisfasse à un certain nombre de critères [16] qui établissent en quelque sorte, une « fiche signalétique de l'émulsion primitive » ; parmi eux, le test de l'oxydation par l'acide chromique suivie d'un lavage destiné à recouvrer la sensibilité originale, est particulièrement significatif.

Il ressort des essais précédents que les conditions du lavage + séchage sont des paramètres importants qu'il conviendra de spécifier car leur modification peut entraîner des effets non négligeables quant à la détermination du « degré » de primitivité d'une émulsion.

La durée du lavage postérieur à l'oxydation doit être suffisante pour permettre une bonne élimination de l'oxydant en excès sans toutefois dépasser une limite au-delà de laquelle les propriétés mécaniques de l'émulsion traitée se dégradent. Il en va de même pour la durée du séchage permettant une meilleure restitution de la sensibilité après l'action de l'oxydant.

Il est apparu que dans la plupart des manipulations, une heure de séchage suffisait ; souvent, nous avons appliqué un séchage d'une durée de deux heures afin d'optimiser nos résultats.

⁽⁴⁾ Humidité sous forme de molécules d'eau fixées par la gélatine.

⁽⁵⁾ Limite déterminée par les caractéristiques et la quantité de gélatine utilisée.

Nous disposons actuellement de moyens de contrôle rigoureux de la primitivité des émulsions photographiques. L'intérêt utilitaire de la réalisation de telles émulsions est qu'elles permettent de produire des matériaux dont le dopage est exactement maîtrisable. Il est désormais possible d'optimiser la sensibilité de ces émulsions sans être gêné ou limité par la présence d'un dopage insoupçonné apparu pendant l'émulsification, et d'asseoir la méthodologie de cette émulsification sur une base plus rationnelle que la base actuelle encore trop empirique. Il appartient maintenant aux émulsionneurs d'améliorer leur procédure en vue de supprimer, ou d'amenuiser, la réduction partielle des grains qui se manifeste en cours de précipitation, et d'obtenir un contrôle plus intégral de la sensibilisation chimique.

* * *

Qu'il nous soit permis de remercier Messieurs les Professeurs A. HAUTOT et H. SAUVENIER pour les conseils judicieux et les encouragements qu'ils nous ont prodigués sans réserve.

Nous avons bénéficié pour nos travaux, d'une subvention de l'I.R.S.I.A., accordée conjointement par cet organisme et par la firme AGFA-GEVAERT, nous les en remercions.

Notre étude a nécessité le traitement de nombreux échantillons. Nous avons trouvé pour ces manipulations une aide dévouée auprès de Madame A. LIBERT, et de Messieurs Ch. WANTEN et P. WITHOF, agents techniques I.R.S.I.A.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] POURADIER, J., 1963. *Les facteurs de la sensibilité photographique*, in : HAUTOT, A., *Photographic Theory*, Liège Summer School, The Focal Press, pp. 91-133.
- GLAFKIDES, P., 1976. *Chimie et physique photographiques*, Publications Photocinéma. P. Montel, Paris, 4^e éd., pp. 402-418.
- HARBISON, J. M. and SPENCER, H. E., 1977. *Chemical Sensitization*, in : JAMES, T. H., *The Theory of the Photographic Process*, Macmillan Co., 4th ed., pp. 149-160.

- [2] HAUTOT, A., 1958. *Inventaire des travaux menés dans le champ de la photographie scientifique*, Recherches exécutées sous les auspices de l'I.R.S.I.A., Édition Ceuterick, Louvain, pp. 203-264.
- [3] HAUTOT, A. et SAUVENIER, H., 1957. *Sci. Ind. Phot.*, (2), **28**, 1, 57.
HAUTOT, A., THIRY, H. et WITHOF, P., 1977. *Bull. Soc. Roy. Sci. Liège*, **46**, 138.
ZALESKI, A., 1979. *J. Phot. Sci.*, **27**, 43.
- [4] GLAFKIDES, P., 1967. *Chimie et physique photographiques*, Publication Photocinéma. P. Montel, Paris, 3^e éd., pp. 329-350, 367-368.
THIRY, H. and WITHOF, P., 1973. *Properties of AgBr Emulsions Obtained by Bromination of Developed Layers, Photographic Sensitivity*. Academic Press, London and New York, pp. 355-363.
BERRY, C. R., 1977. *Precipitation and growth of silver halide emulsion grains*, in JAMES, T. H., *The Theory of the Photographic Process*, Macmillan Co., 4th ed., pp. 88-104.
- [5] RENOTTE, Y., 1979. *Bull. Soc. Roy. Sci. Liège*, **48**, 293, 313, 461.
- [6] DANGUY, G., 1966. *Influence du pAg et du pH à diverses phases de la préparation des émulsions AgBr*, Rapport I.R.S.I.A. n° 180, (non publié).
HAUTOT, A. und RENOTTE, Y., 1971. *Phot. Korr.*, **107**, 163.
RENOTTE, Y., 1971. *Bull. Soc. Roy. Sci. Liège*, **40**, 329 ; **50** (1981), 59.
- [7] HAUTOT, A., SAUVENIER, H. et DEBOT, R., 1947. *Sci. Ind. Phot.*, (2), **18**, 228.
- [8] GLAFKIDES, P., 1976. *Chimie et physique photographiques*, Publications Photocinéma. P. Montel, Paris, 4^e éd., pp. 264-272.
- [9] SAUVENIER, H., 1949. Recherches concernant l'influence des conditions de préparation sur les caractéristiques sensitométriques des émulsions ammoniacales au bromure et au bromiodure d'argent et sur la formation de l'image latente dans ces émulsions, Thèse d'Agrégation de l'Enseignement Supérieur présentée à la Faculté des Sciences de l'Université de Liège, Éditions Desoer, Liège, pp. 88-102.
- [10] DEBOT, R., 1942. *L'action de l'acide chromique sur l'image photographique latente*, Mém. Soc. Roy. Sci. Liège, 4^e série, t. 6.
- [11] ARENS, H., 1936. *Z. Wiss. Phot.*, **35**, 1.
BULLOCK, E. R., 1927. *Chemical Reactions of Photographic Latent Image*, vol. 1, Monograph. n° 6 on the Theory of Photography, D. Van Nostrand Co., New York.
de VAUCOULEUR, G., 1956. *Manuel de photographie scientifique*, Éditions de la Revue d'optique, Paris, p. 170.
MEES, C. E. K. and JAMES, T. H., 1966. *The Theory of the Photographic Process*, Macmillan Co., 3d ed., pp. 120-128.
- [12] HAUTOT, A. et SAUVENIER, H., 1955. *Sci. Ind. Phot.*, (2), **26**, 430 ; **28** (1957), 1.
HAUTOT, A. et DANGUY, G., 1968. *L'influence du lavage d'émulsions AgBr primitives sur leur comportement sensitométrique*, Rapport I.R.S.I.A. n° 175, (non publié).
HAUTOT, A., Id. réf. [2], pp. 228-229.

- RENOTTE, Y., 1971. *Bull. Soc. Roy. Sci. Liège*, **40**, 524; *Contribution à l'étude de processus photographiques fondamentaux*, Thèse de Doctorat présentée à la Faculté des Sciences de l'Université de Liège (1973), pp. 11-13.
- [13] LEVENSON, G. I. P., 1967. *J. Phot. Sci.*, **15**, 215.
GREEN, A. and LEVENSON, G. I. P., 1974. *J. Phot. Sci.*, **22**, 194.
- [14] TANI, T., 1971. *J. Soc. Phot. Sci. Tech. Japan*, **34**, 93.
- [15] JAMES, T. H., 1970. *Phot. Sci. Eng.*, **14**, 84; **18** (1974), 100; *J. Phot. Sci.*, **20** (1972), 182.
TULL, A. G., 1974. *J. Phot. Sci.*, **22**, 205.
- [16] HAUTOT, A., Id. réf. [2], pp. 228-245.