

Enquêtes criminelles et identité judiciaire

Une étude comparée du développement des empreintes digitales sur surfaces poreuses

Alexandre Beaudoin, Département d'administration de la santé

Sur une scène de crime, les pièces à conviction que l'on récupère présentent plusieurs visages différents. La surface de ces pièces détermine la façon dont les spécialistes en identité judiciaire tenteront de révéler des empreintes digitales latentes qu'elle pourrait receler. Ainsi, nous devons travailler avec des surfaces poreuses, comme le papier et le carton, ainsi que des surfaces non-poreuses, comme le plastique, le métal, le verre, etc. Dans le cas qui nous intéresse plus particulièrement, nous nous attarderons aux surfaces dites poreuses et mouillées.

La découverte d'empreintes digitales latentes constitue, selon Interpol, l'activité criminalistique qui conduit « à davantage de suspects et sont à l'origine de davantage d'éléments de preuve présentés aux tribunaux que toutes les autres techniques de police scientifique réunies »¹⁰. Ainsi, la révélation d'empreintes latentes sur les pièces à conviction devient un élément critique de la lutte aux crimes majeurs. Mais comme dans tous domaines spécialisés, la science forensique de l'identification est assaillie de nouvelles techniques et technologies toutes plus attrayantes les unes que les autres. Encore faut-il savoir choisir la bonne... C'est alors que commence un combat entre la tradition et la nouveauté. Devons-nous opter pour un remplacement unilatéral de l'un ou l'autre, ou bien pour une combinaison par séquence des différentes options ? Pour les surfaces poreuses mouillées, la comparaison entre la technique traditionnelle du Révélateur physique et la toute nouvelle technique du Oil Red O nous permettra de déterminer s'il serait judicieux de remplacer l'une par l'autre, ou de chercher à combiner les forces et les faiblesses de chacune.

La nature des empreintes digitales

Tout au long de sa vie, le patron digital des empreintes d'une personne restera identique depuis le jour de la naissance jusqu'à sa disparition par putréfaction. Bien sûr, certaines altérations mineures (cicatrices, éraflures ou autres) pourront peut-être se produire à cause de facteurs extérieurs incontrôlables. Cependant, la forme du patron digital n'en sera jamais modifiée. Certains cas célèbres d'individus ayant tenté sans succès de détruire leurs empreintes digitales par le biais d'une opération chirurgicale sont connus, comme le fameux hors-la-loi américain John Dillinger dans les années 1930 à Chicago². C'est grâce à leur caractère unique que les empreintes digitales retrouvées sur la scène de crime sont si importantes pour la résolution d'une enquête. Mais encore faut-il pouvoir les trouver !

Avant d'aller de l'avant avec les différentes techniques utilisées pour la révélation d'empreintes digitales latentes sur les surfaces poreuses, il est important de connaître la composition de ces dernières. Il faut donc



Figure 1 :
Le célèbre hors-la-loi américain John Dillinger (1903-1934), a tenté sans succès de détruire ses empreintes digitales par le biais d'une opération chirurgicale.



savoir ce que nous laissons derrière nous sur les différentes surfaces lorsqu'elles entrent en contact avec notre peau.

D'abord, la peau humaine présente plusieurs glandes, dont les glandes sébacées et les glandes eccrines. Les glandes eccrines se retrouvent sur toute la surface du corps humain, mais plus particulièrement et en plus grande quantité sur les surfaces volaires comme les mains et la plante des pieds. Les sécrétions de ces glandes sont composées à 99,0 % - 99,5 % d'eau. Le 0,5 % - 1,0 % de dépôt restant de ces sécrétions est fait de différents composants organiques (acides aminés, riboflavine, pyridoxine, urée, polypeptides et peptides) et inorganiques (chlorure de potassium, chlorure de sodium, chlorure de calcium et d'autres chlorures)⁴. Les glandes sébacées, pour leur part, ne sont pas présentes sur les surfaces volaires. Nous les retrouvons plus particulièrement sur les surfaces pileuses de la peau. Les sécrétions des glandes sébacées contiennent des lipides et des acides gras¹³.

Les empreintes quant à elles, se composent majoritairement des composants organiques et inorganiques sécrétées par les glandes eccrines. On y retrouve également des lipides et des

acides gras, ainsi que divers contaminants de l'environnement. On peut donc en déduire que les lipides et acides gras retrouvés dans les empreintes digitales constituent une contamination croisée par le contact des mains avec d'autres surfaces du corps humain.

Les empreintes latentes sur les surfaces poreuses

La connaissance de la nature des empreintes latentes nous permet de déterminer plus efficacement les composantes sur lesquelles les spécialistes doivent accentuer leur recherche. Ainsi, lorsqu'un technicien en scènes de crime découvre une pièce à conviction ayant une surface poreuse sèche, il tentera d'exploiter les empreintes digitales faites d'acides aminés qui sont imprégnées dans le papier. Il utilisera les deux techniques les plus répandues dans la communauté forensique, en séquence, soit le 1,8-Diazafluoren-9-one (DFO) et la ninhydrine¹². Cependant, lorsque la surface poreuse d'une pièce à conviction est entrée en contact avec de l'eau ou une humidité excessive (exemple le sabordage d'un yacht contenant de la drogue, ou une serre hydroponique dans un environnement extrêmement humide), ces deux techniques sont inefficaces. Les acides aminés, au contact de l'eau, se dissolvent et se dispersent dans la surface poreuse, détruisant du même coup le patron digital recherché. L'utilisation de la ninhydrine ou du DFO devient alors obsolète. Il est donc nécessaire de rechercher des empreintes latentes en se concentrant sur d'autres composantes des dépôts digitaux, en misant plus spécifiquement sur les constituants insolubles.

Les éléments répondant le mieux à cette caractéristique sont les acides gras et les lipides. En effet, ces deux constituants sont hydrophobes et se dissolvent difficilement dans l'eau. Cela suit le principe de l'huile à salade au fond d'un bol lors de la corvée de vaisselle. Les lipides de l'huile à salade tendront à se regrouper ensemble au contact de l'eau et formeront des agrégats sphéroïdaux appelés des micelles. De cette façon, les lipides présenteront leur tête polaire hydrophile vers l'eau tout en protégeant leur longue chaîne hydrophobe dans le centre de la micelle. Les lipides et acides gras des empreintes tendront, quant à eux, à demeurer sur la surface poreuse, suivant le même principe, afin de limiter au maximum leur exposition à l'eau. Il existe très peu de méthodes pour rechercher les empreintes latentes de cette nature sur les surfaces poreuses mouillées. La plus ancienne méthode est le Révélateur physique. En 2004, le laboratoire de Beaudoin développait une nouvelle technique utilisant le Oil Red O pour trouver de telles empreintes¹. La question soulevée par l'arrivée de cette nouveauté est la suivante : doit-on utiliser la nouvelle technique seulement, l'ancienne technique, ou les deux techniques en séquence ?

Qu'est-ce que le Oil Red O ?

Le Oil Red O (ORO) est un colorant liposoluble (lysochrome) qui peut colorer les dépôts d'empreintes digitales. Budavari³ explique que le terme générique « lysochrome » décrit les composées ayant la capacité de colorer les acides gras. La partie « lyso » du colorant se dissout au contact des lipides alors que la partie « chrome » est res-

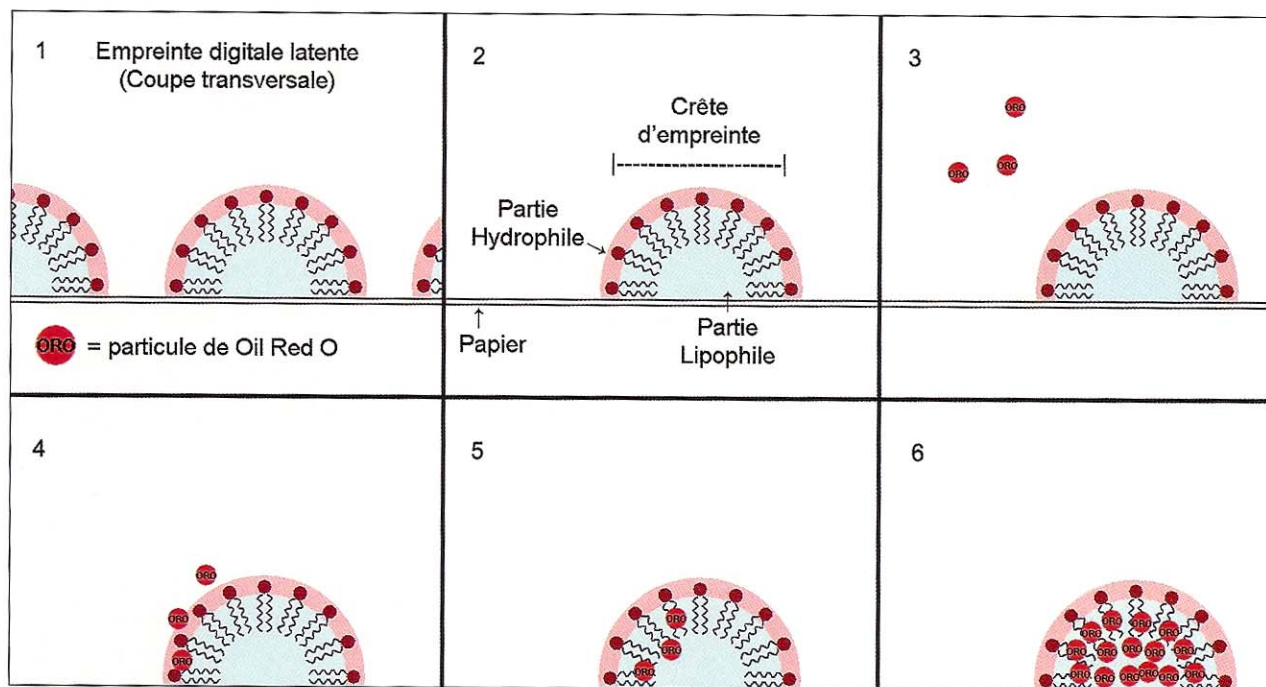


Figure 2 : Principe de coloration du ORO de 1 à 6.

possible de la coloration obtenue (voir Figure 2). Ainsi, le ORO, comme tous les colorants lysochromes, se dissout dans les lipides pour les colorer.

Le ORO est un colorant Diazo (-N=N-). L'ionisation des colorants diazo est empêchée par leur conformation structurale, ce qui facilite leur dissolution dans les lipides. Le ORO est utilisé pour la visualisation des lipides dans les tissus en histologie depuis 1926⁶ (voir Figure 4 et 5). Il permet de visualiser des lipides sur des coupes transversales de tissu au microscope optique. Il est également utilisé comme colorant pour colorer les lipoprotéines récupérées après une séparation par électrophorèse sur cellulose acétate.

Depuis 2004, bien que la méthode et les solutions du traitement soient différentes de celles utilisées en biologie, on utilise le colorant Oil Red O pour

la révélation d'empreintes latentes¹ avec, comme résultat, une empreinte rouge sur fond rosé (voir Figure 6).

Le délai de 1926 à 2004 entre l'utilisation du ORO en criminalistique et celle en biologie peut sembler long à première vue, mais il n'en est rien. Malgré que l'identité judiciaire soit une science multidisciplinaire qui permet l'utilisation de technologies

venant d'une grande variété de sciences appliquées pour combattre le crime, encore faut-il que des recherches en criminalistique soient effectuées afin de faire la transition et/ou l'adaptation de ces dernières aux besoins judiciaires. De plus, l'identité judiciaire étant une science plutôt « secrète », contrairement aux sciences plus académiques, elle a tendance à évoluer en vase clos; donc, les développements

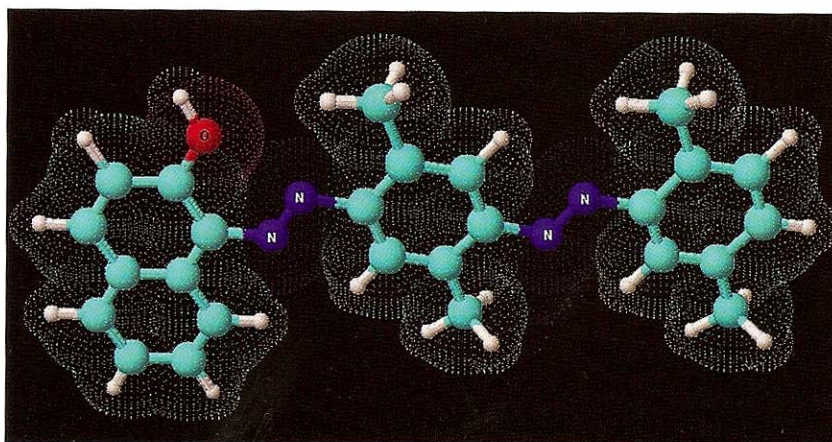


Figure 3 : Molécule de Oil red O.

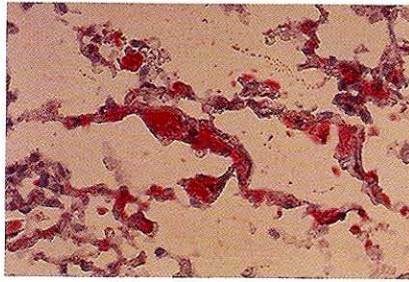


Figure 4 : Globules de lipides colorés au ORO dans les artérioles pulmonaires.

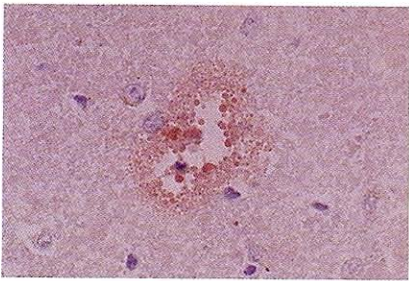


Figure 5 : Globules de lipides colorés au ORO dans l'artère cérébrale « Syndrome d'embolie lipidique ».

s'y font plus lentement. À titre d'exemple, il n'y a qu'un seul chercheur en science forensique de l'identification au Québec.

L'utilisation du ORO en identité judiciaire présente l'inconvénient d'une diminution insensible d'efficacité avec le temps¹¹. Ceci n'a tout de même pas empêché la découverte d'empreinte de plus de 20 ans dans divers dossiers, mais l'efficacité de la technique en demeure affectée. Cependant, le ORO présente des avantages non négligeables : c'est une technique non destructive (qui ne détruit pas la surface pour les traitements subséquents), simple et rapide d'utilisation, qui n'abîme pas le papier, qui ne nécessite pas de surveillance spécifique lors du traitement et qui se réalise en seulement deux étapes distinctes.

C'est pourquoi il s'agit d'une technique déjà très répandue dans le milieu policier, que se soit par le Collège Canadien de Police, le Kantonspolizei de Zürich, la Police Fédérale de Belgique, le U.S. Army Crime Lab, le



Figure 6 : Empreinte révélée au ORO.

Helsingborg Police, le Nederlands Forensisch Instituut, le Reykjavik Police, ou d'autres. Cette technique permet une révélation des empreintes latentes autant sur le terrain qu'en laboratoire, que ce soit par un technicien de laboratoire ou un policier. C'est sa capacité d'exportation et sa facilité d'utilisation qui en font une technique si attrayante.

Qu'est-ce que le Révélateur physique ?

Dans son cas, la technique du Révélateur physique (RP) a été développée dans les années 70 par le Atomic Weapons Research Establishment par l'adaptation d'une technique de développement photographique publiée

en 1969⁹. Le RP était, jusqu'à tout récemment, la seule technique capable de développer des empreintes digitales sur des surfaces poreuses mouillées¹.

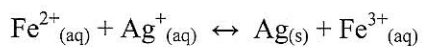
Cette technique vise la révélation des composantes insolubles des dépôts digitaux (dont les lipides), par une séquence de réactions chimiques complexes plutôt instables dont voici un bref aperçu⁹.

La séquence commence par un traitement agressif à l'acide. Celui-ci vise l'élimination, dans le papier, des liants comme le carbonate de calcium, qui rendent le papier alcalin. On cherche à les éliminer puisque ces liants pourraient réagir ultimement avec les ions



d'argent (composés essentiels à la réaction de révélation des empreintes) pour créer de l'oxyde d'argent Ag_2O^8 . Il n'y aurait donc plus suffisamment d'argent dans la solution pour que la réaction en chaîne fonctionne.

Le RP consiste en une réaction d'oxydoréduction. L'oxydoréduction est un processus selon lequel il y a transfert d'électrons d'un composé chimique à un autre. Le réducteur libérera ainsi un électron qui sera récupéré par l'oxydant. Il y a donc une oxydation du réducteur (ions ferreux Fe^{2+}) qui devient un ion ferrique Fe^{3+} (perte d'un électron) pendant que l'oxydant (ions d'argent Ag^+) est réduit en particules d'argent solide $Ag(s)$ (gain de l'électron de l'ion ferreux qui est le réducteur).



Les particules d'argent solide tentent de s'agréger pour accroître leur volu-

me. Finalement, les petites particules d'argent se fixent sur l'empreinte latente et le papier de façon uniforme, créant un canevas sur lequel d'autres particules d'argent colloïdales sont attirées suivant des forces électrostatiques pour ne recouvrir que l'empreinte par une interaction lipides – argent (voir Figure 7).

Le résultat final est une empreinte argentée sur un fond gris pale⁷ (voir Figure 8).

Cette technique comporte vraiment un haut niveau de complexité théorique et pratique comprenant de cinq à six étapes de traitement. Il est primordial de porter une attention particulière pour ne pas contaminer les différentes solutions afin d'éviter de détruire le fragile équilibre de la réaction². Comme lors du développement photographique manuel, il est très important de surveiller constamment la révélation des empreintes, puisqu'une seule seconde d'inattention



Figure 8 : Empreinte révélée au RP.

peut résulter en un surdéveloppement et à la perte définitive de toutes empreintes latentes exploitables⁷. C'est ce qu'on appelle une technique destructive. De plus, le traitement à l'acide rend le papier très fragile, provoquant fréquemment sa décomposition lors du traitement. Il faut donc être très minutieux lors de la manipulation.

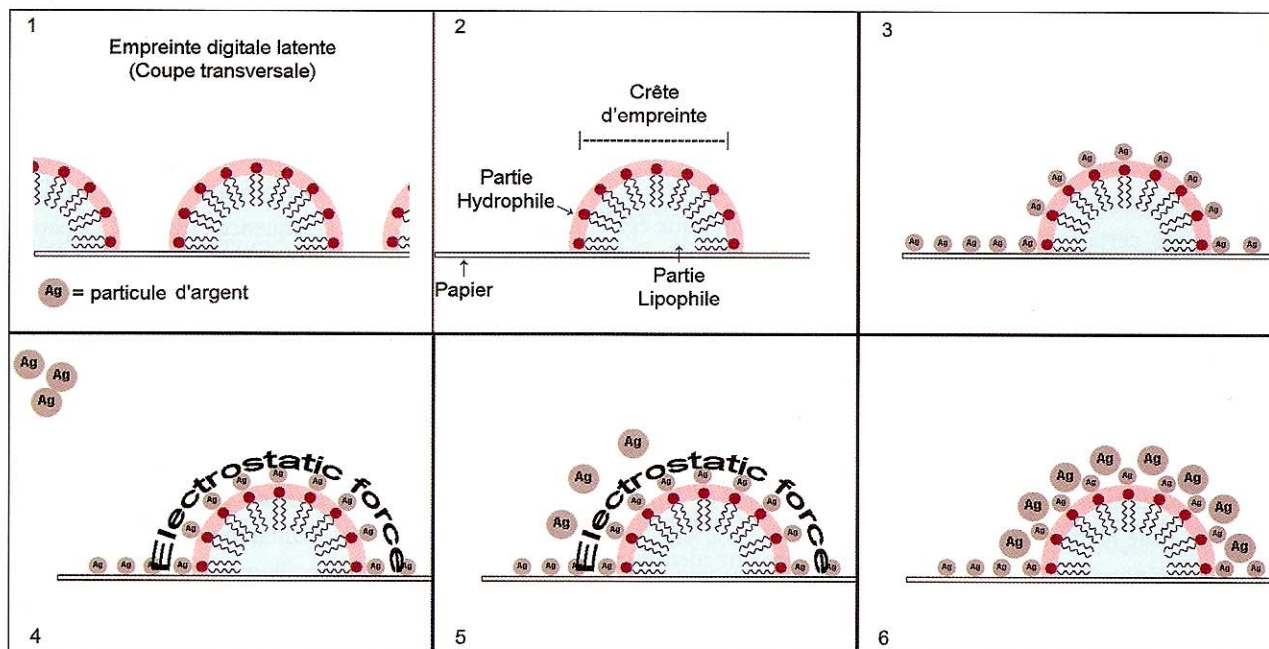


Figure 7 : Principe de développement avec le RP de 1 à 6.

Malgré tout, le RP présente un accroissement de son efficacité avec le temps, ce qui est tout à son avantage lorsqu'on parle de réactivation de vieux dossiers non résolus.

En terme d'applicabilité, il est tout à fait impossible de faire cette technique hors d'un milieu contrôlé comme le laboratoire. La complexité chimique et les nombreuses possibilités de contamination en font une méthode strictement réservée aux spécialistes ayant une bonne connaissance de la chimie, évinçant du même coup les policiers de l'équation. Les ressources en personnel qualifié en chimie au sein de la police étant limitées, l'utilisation du RP en est d'autant réduite.

Substitution ou séquence ?

En définitive, nous en venons à déterminer s'il est judicieux de substituer le ORO au RP ou si nous devrions combiner les deux méthodes en séquence. Il a été démontré que le ORO donnait des résultats significativement supérieurs au RP lors d'une étude de vieillissement des empreintes sur une période d'un mois¹⁰. Il est également reconnu que le RP accroît son efficacité avec le temps, réussissant même à surpasser le ORO dans certaines conditions lors d'une longue période de vieillissement¹¹. Afin de tenter de déterminer s'il est souhaitable de combiner les forces et les faiblesses de chacune des deux techniques, une recherche en laboratoire fut effectuée pour découvrir si la révélation suivant la séquence standard (une révélation d'empreintes sur surface poreuse mouillée uniquement avec le RP) donnait de meilleurs résultats que la révélation à l'aide

d'une séquence Oil Red O – Révélateur physique (ORO-RP).

Afin d'assurer le contrôle des variables reliées au donneur d'empreinte, nous avons coupé en deux, par le centre, les empreintes déposées par les donneurs, pour pouvoir appliquer une séquence différente sur chacune des parties de la même empreinte digitale. Ainsi, la quantité et la qualité des dépôts digitaux étaient équivalentes pour chaque test et nous permettaient de comparer chaque moitié d'empreinte révélée avec sa moitié originale et complémentaire pour obtenir nos données. Les essais comprenaient au minimum 1000 empreintes sur différents papiers.

Les données obtenues furent compilées et analysées statistiquement. Les résultats furent transformés en valeur de pourcentage pour faciliter l'appréciation des conclusions pouvant en découler. La Figure 9 montre donc que dans 89 % des cas, l'ajout du ORO résulte en des empreintes latentes de meilleure ou d'égale qualité à la séquence standard du traitement des surfaces poreuses mouillées. Ceci favorise déjà la révélation d'empreinte par l'utilisation de la séquence ORO-RP. On remarque également une augmentation de près de 40 % de la qualité des empreintes digitales latentes révélées lors de l'ajout du ORO à la séquence⁵. Il s'agit ici d'une augmentation substantielle qui peut parfois faire la différence entre une empreinte rejetée, par manque de clarté et de détails, et une empreinte permettant de faire une identification positive.

De tous les papiers testés, le papier standard blanc présentait les meilleurs

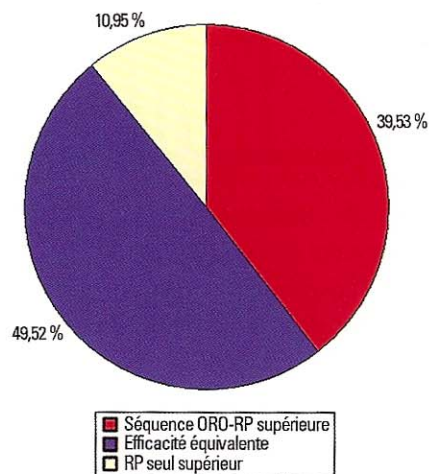


Figure 9 : Pourcentage d'empreintes de qualité supérieure, selon la séquence de traitement choisie.

résultats. Il s'agit de papier normalement utilisé pour les photocopies ou l'impression. Ce type de papier, fortement en demande dans le milieu de la bureautique, présente une surface de haute qualité. Il faut savoir que ce genre de papier est traité au moyen de produits chimiques afin de réduire la porosité du papier et s'assurer que les micropores de ce dernier sont également disposés sur toute la surface. Le but de cette pratique est d'éviter les bavures d'encre lors de l'impression. Ceci permet également, en identité judiciaire, l'obtention d'empreintes digitales latentes d'une très haute définition. Ainsi, une amélioration flagrante des détails dactyloscopiques pouvait être observée lors de l'utilisation de la séquence ORO-RP. Le papier standard blanc étant un médium que nous retrouvons dans la plus grande majorité des enquêtes criminelles auxquelles nous sommes confrontés, ceci augmentait d'autant la signification des résultats obtenus dans notre étude.

La pire surface poreuse mouillée de toutes, peu importe le traitement, demeurait le papier brun de type Kraft. Ce dernier présente une surface grossière et fibreuse d'une qualité



Figure 10 : À gauche, photo originale d'une partie d'empreinte traitée avec la séquence ORO-RP. À droite, la même photo suite à l'amélioration du contraste à l'aide d'Adobe Photoshop CS2.

beaucoup moins que le papier blanc. Sa surface est composée de macropores et de micropores dispersés aléatoirement sur la surface. Le papier Kraft n'est pas une pièce à conviction que nous rencontrons très souvent sur le terrain. Malgré tout, les résultats obtenus avec ce papier rencontraient ceux obtenus avec le papier blanc. Le facteur le plus nuisible lors de la recherche d'empreintes sur cette surface était la couleur foncée du papier. Le contraste de l'empreinte pouvait par contre être facilement amélioré par la simple utilisation d'un logiciel photo. Essentiellement, ce dernier permettait de réduire le bruit de fond relié à la couleur foncée du papier et d'améliorer le contraste de l'image (voir Figure 10). Cette amélioration permettait d'apprécier plus facilement l'efficacité de la séquence.

Finalement, lors de l'étude, il fut remarqué que l'utilisation de la séquence ORO-RP présentait un autre avantage marqué. En effet, malgré que dans certains cas, le ORO donnait des résultats ne permettant pas une identification efficace de l'empreinte digitale, ce dernier colorait toujours l'emplacement de l'empreinte latente sur la surface poreuse. Sachant que la technique du RP est très difficile à gérer, spécialement lorsqu'on ignore s'il y a un

indice sur un côté ou l'autre de la feuille de papier, l'identification de l'emplacement de la trace latente par le ORO permet d'éviter les manipulations inutiles et de concentrer ces efforts sur un point précis afin de favoriser un développement optimal de l'empreinte digitale latente.

L'utilisation d'une séquence ORO-RP permettrait donc à un policier de traiter la pièce à conviction directement sur la scène de crime à l'aide du ORO afin de découvrir des empreintes digitales. S'il y trouve des empreintes identifiables, il pourra alors immédiatement orienter l'enquête vers un suspect. Sinon, la pièce à conviction pourra être conservée pour être remise au laboratoire de révélation d'empreintes où le RP sera subséquent appliqué sur celle-ci. Cette procédure permet d'allier la rapidité efficace recherchée lors d'une enquête judiciaire avec l'efficacité maximum de la combinaison des techniques.

Conclusion

En conclusion, le Oil Red O peut effectivement être inséré dans la séquence de développement des empreintes digitales latentes sans diminuer ou nuire significativement aux résultats. Son ajout à la séquence permet, de plus, d'obtenir une amélioration de la qualité des empreintes révélées dans une forte proportion. Ainsi, il est recommandé d'utiliser le Oil Red O (ORO) suivi du Révélateur physique (RP) pour développer un maximum d'empreintes latentes exploitables. Cette nouvelle séquence accroît l'arsenal de méthodes et techniques de révélation d'empreintes latentes au sein de la communauté forensique.

Comme complément à cette recherche, l'analyse de la sensibilité de cette séquence Oil Red O – Révélateur physique (ORO-RP) selon l'intensité des empreintes latentes présentes et disponibles est en cours. Les résultats de cette étude de déplétion des empreintes seront dévoilés subséquent.

GLOSSAIRE

Dactyloscopique : Qui se rapporte au procédé d'identification par les empreintes digitales (anthropométrie judiciaire).

Diazo : Réfère à un type de composé chimique organique présentant un groupement de deux atomes d'azote reliés ensemble.

Ionisation : Action qui consiste à enlever ou ajouter des charges à un atome ou une molécule, ce qui a pour effet de changer sa charge électrique. L'ion alors formé est appelé anion ou cation selon que sa charge électrique soit négative ou positive respectivement.

Science forensique de l'identification : rassemble la protection et l'enregistrement de la scène du crime, les méthodes de recherche des indices, la photographie, la dactyloscopie, l'anthropométrie, le portrait-robot, la topographie, les plans et croquis.

Voltaire : Réfère aux surfaces thénar (désigne la paume de la main) et plantaire (désigne la plante des pieds) sur lesquelles on retrouve les crêtes papillaires, ou crête dermatoglyphique (dessins digitaux).

RÉFÉRENCES

1. BEAUDOIN, A. "New technique for revealing latent fingerprints on wet porous surfaces Oil Red O" *Journal Forensic Identification*, vol. 54, no. 4, 2004, p.413-421.
2. BELLEMARE, J.F. et BEAUDOIN, A. « Révélateur physique ». *Manuel de techniques en Identité Judiciaire Interactif*, Sécurité du Québec : Montréal, 2003.
3. BUDAVARI, S. "Merck Index", 12th ed., Elsevier, Rahway, New Jersey, 1996.
4. GREENSHIELDS, M. et SCHEURMAN, G.D. "The Crime Scene: Criminalistics, Science, and Common Sense, Fingerprints." Prentice Hall, Toronto, 2001, p.73-99.
5. GUIGUI, K. et BEAUDOIN, A. "The use of Oil Red O in sequence with other methods of fingerprint development." *Journal of Forensic Identification*, vol. 57, no. 4, 2007, p.550-581.
6. HOROBIN, R. et KIERNAN, J.A. "Conn's Biological Stains", 10th edition, editors ISBN, 2002.
7. MONG, G.M. PETERSEN, C.E. et CLAUSSTRW, W. "Advanced Fingerprint Analysis Project – Final Report – Fingerprint Constituents." Pacific Northwest National Laboratory, Battelle Memorial Institute, 1999.
8. RAMOTOWSKI, R. "Importance of an Acid Prewash Prior to the Use of Physical Developer." *Journal Forensic Identification*, vol. 46, no. 6, 1996, p.673-677.
9. RAMOTOWSKI, R. "A comparison on Different Physical Developer Systems and Acid Pre-treatments and their Effects on Developing Latent Prints." *Journal Forensic Identification*, vol. 50, no. 4, 2000, p.363-384.
10. RAWJL, A. et BEAUDOIN, A. "Oil Red O versus Physical Developer on Wet Papers: A Comparative Study." *Journal of Forensic Identification*, vol. 56, no. 1, 2006, p.33-54.
11. SALAMA, J. "Evaluation of Oil Red O as a Fingerprint Detection Reagent for use as a Replacement for or in Sequence with Physical Developer", University of Technology, Sydney, Australia. B.Sc. Thesis, 2006.
12. WALLACE-KUNKEL, C., ROUX, C., LENNARD, C. et STOILOVIC, M. "The Detection and Enhancement of Latent Fingerprints on Porous Surfaces – A Survey." *Journal of Forensic Identification*, vol. 54, no. 6, 2004, p.687-705.
13. WHEATLEY, V.R. "The Physiology and Pathophysiology of the Skin: The Sebaceous Glands", Vol 9. London: Academic Press, 1986.