



HAL
open science

La scène de crime

Barbara Ferry

► **To cite this version:**

| Barbara Ferry. La scène de crime. Traité de Médecine Légale, 2022. hal-03865066

HAL Id: hal-03865066

<https://hal.science/hal-03865066v1>

Submitted on 29 Nov 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Criminalistique

L'ignorant affirme, le savant doute, le sage réfléchit.

Aristote

Cette nouvelle et importante partie a été rédigée par l'équipe canadienne de l'Université du Québec à Trois-Rivières (UQTR), et par divers rédacteurs en provenance des USA, de France et de Suisse, sous la direction du professeur Frank Crispino, directeur du laboratoire de recherche en criminalistique (LRC), département de biochimie, chimie et physique (DCBP) de l'UQTR. Le professeur Crispino est également chercheur régulier au Centre international de Criminologie comparée (CICC).

Ont ainsi participé à ces divers chapitres :

Benoit Daoust¹
Frank Crispino²
Alexandre Beaudoin³
Cyril Muehlethaler⁴
Emmanuel Milot⁵
André Lajeunesse⁶
Geneviève Massonnet⁷
Béatrice Garneau⁸
Brigitte Desharnais⁹
Pascal Mireault¹⁰
Liv Cadola¹¹

1 Professeur, UQTR et Laboratoire de recherche en criminalistique (UQTR).

2 Ph. D, M. Phil | Professeur titulaire. Chercheur régulier, Laboratoire de recherche en criminalistique. Chercheur régulier, Centre international de criminologie comparée. Département de chimie, biochimie et physique | Université du Québec à Trois-Rivières. 819 376-5011, poste 3845 | www.uqtr.ca | www.uqtr.ca/cbp | www.uqtr.ca/LRC | www.cicc.umontreal.ca/fr. 3351 bd des Forges, C.P. 500, Trois-Rivières (Québec) G9A 5H7 | Local 3154 CIPP

3 Chef de Service, Service de la Criminalistique, Sûreté du Québec et Laboratoire de recherche en criminalistique (UQTR).

4 UQTR et LRC.

5 UQTR et LRC. Professeur. Responsable du DESS en criminalistique. Département de chimie, biochimie et physique. Université du Québec à Trois-Rivières (UQTR). 3351 bd des Forges, CP 500. Trois-Rivières, Québec. G9A 5H7. Tel. (819) 376-5011 poste 4397. www.uqtr.ca/emmanuel.milot. Membre régulier, Laboratoire de recherche en criminalistique (LRC) : www.uqtr.ca/lrc. Membre régulier, Centre international de criminologie comparée (CICC) : www.cicc.umontreal.ca/

6 PhD | Professeur régulier. Département de Chimie, Biochimie et Physique. Université du Québec à Trois-Rivières. Local: 3158, CIPP. Tél. (819) 376-5011, poste 3311. Chercheur régulier, EcotoQ (<http://ecotoq.ca/>). Chercheur régulier, Laboratoire de Recherche en Criminalistique (www.uqtr.ca/lrc). UQTR et LRC.

7 10.4 Examen forensique des microtraces sur les corps.

8 10.5 Traces chimiques.

9 10.5 Traces chimiques.

10 10.5 Traces chimiques.

11 UNIL, UQTR et LRC.

Raymond Marquis¹²
Martin Fürbach¹³
Simon Baechler¹⁴
Emmanuel Fivaz¹⁵
Caroline Mireault¹⁶
Vincent Cuzuel¹⁷
Guillaume Cognon¹⁸
Barbara Ferry¹⁹

Ainsi que :

David-Olivier Jaquet-Chiffelle²⁰
Philippe Esperança²¹

Ajoutons par ordre alphabétique les rédacteurs d'autres chapitres et sections :

Michelle Miranda²²
M^e Mariève Lacroix²³
Maxime Laroche²⁴

12 10.6.1 Expertise des documents.

13 10.6.2 Expertise des documents.

14 10.6.3 Expertise des documents.

15 10.6.3 Expertise des documents.

16 10.6.3 Expertise des documents.

17 [a été cité au départ mais finalement pas de rédaction?](#) Cuzuel et Cognon : Institut de Recherche Criminelle de la Gendarmerie Nationale, Caserne Lange, 5 Boulevard de l'Hautil, BP 60036 Pontoise, 95001 Cergy Pontoise Cedex, France

18 [Idem ?](#)

19 Centre de Recherche en Neurosciences de Lyon, CNRS UMR5292, INSERM U1028, Université Claude Bernard Lyon 1, Université de Lyon, Centre Hospitalier Le Vinatier, Bâtiment 462, Neurocampus, 95 boulevard Pinel, 69675 Bron Cedex, France. Laboratoire de recherche en criminalistique, UQTR, 3351 boulevard des Forges, Trois-Rivières, QC, Canada.

20 Professeur à l'École des sciences criminelles, Université de Lausanne, david-olivier.jaquet-chiffelle@unil.ch

21 Expert Criminologique agréé par la Cour de Cassation française. Laboratoire d'Analyses criminalistiques, 2 rue Henri Barbusse, 13001 Marseille, France.

22 Ph. D., D-ABC. Associate Professor. Farmingdale State College, The State University of New York. Michelle Miranda ayant rédigé la section se rapportant aux tatouages (pp. 000 et suiv.).

23 Avocate et professeure agrégée à la Section de droit civil. Faculté de droit, Université d'Ottawa. M^e Mariève Lacroix ayant rédigé le chapitre intéressant le statut du cadavre (pp. 000 et suiv.).

24 Procureur aux poursuites criminelles et pénales. Université de Montréal, Faculté de l'Éducation permanente. Maxime Laroche (Québec), à propos du témoignage de l'expert en criminalistique (pp. 000 et suiv.).

La scène de crime

Frank Crispino

S'il est une évidence que toute investigation commence par et dépend de la gestion d'une scène de crime, sa définition reste nécessairement floue, tandis que ses objectifs méritent d'être circonscrits. Plutôt que de dérouler une liste de bonnes pratiques plus ou moins normalisées que l'on trouve aisément dans nombre de références [voir par exemple (Houck *et al.*, 2017)], ce chapitre se propose d'aborder dans un premier temps la problématique générale de la gestion de scène de crime, d'illustrer la pratique de détection et de collecte de traces en prenant comme exemple les microtraces, puis de présenter au lecteur trois domaines novateurs complétant cette gestion de la scène de crime, à savoir la morpho-analyse des traces de sang, l'exploitation des images et les attentes de la trace odorifère.

SECTION 1. GESTION GÉNÉRALE DE LA SCÈNE DE CRIME¹

1. Réflexions générales

Dans une première approche, la scène de crime se définit comme l'ensemble des lieux connexes entre eux (physiques, mais aussi dématérialisés avec les traces numériques) qui focalise l'attention des enquêteurs pour un événement d'intérêt d'enquête. Il serait plus juste, dès lors de parler de scène d'incident de manière générale, car la qualification pénale *a priori* de cette zone d'investigation est loin d'être évidente, voire dépend de ces premières constatations. Une telle approche permet d'ailleurs de mieux intégrer les zones de catastrophes et d'accidents majeurs, et plus généralement de comprendre que le litige soulevé par l'évènement qui en est la cause peut être de nature civile,

administrative ou réglementaire, non nécessairement criminelle. Ainsi, Martin *et al.* définissent la scène de crime comme « tout lieu sur lequel une infraction a été commise et dont l'examen [peut] nécessit[e] l'intervention d'un service de police technique et scientifique ou celle d'un expert en criminalistique. Il est important de souligner que la scène de crime englobe non seulement l'endroit géographique où l'infraction a été perpétrée, mais également tout élément qui y est lié. » (Martin *et al.*, 2010, 3).

Ainsi la scène de crime n'est pas un lieu unique, mais évolue en fonction des premières constatations, hypothèses d'enquête pilotées par le renseignement criminel et les témoignages, regroupant possiblement un ensemble de lieux distincts, mais liés entre eux par l'évènement à reconstruire, circonscrit avant tout par une unité de lieu, de temps et d'action le définissant. Prenons l'exemple d'une agression physique au domicile d'une personne, qui par ses cris fait fuir le cambrioleur cagoulé ayant fracturé initialement sa porte. Le domicile (lieu statique) et la victime (lieu dynamique) constituent alors la scène de crime. Durant la prise en compte de ces premiers supports de traces, un témoin affirme avoir vu à quelques pâtés de maison de là, un individu retirer une cagoule et l'avoir jeté dans une benne à ordures. Cette dernière intègre alors la scène de crime préalablement définie, sans pour autant imposer que tout le quartier soit considéré comme une scène de crime à investiguer. L'évolution de l'enquête participe donc à la définition dynamique de cette scène de crime, voire guide les priorités d'intervention. On peut penser à un véhicule retrouvé, suspecté être celui de l'auteur de l'agression qui constituerait une scène secondaire à la maison de la victime... mais qui se transformerait en scène primaire et principale si un cadavre était retrouvé dans son coffre! Ou encore, l'interpellation d'un suspect peut justifier une priorisation des prélèvements sur lui (relativisant ceux sur la vic-

¹ Section rédigée par Frank Crispino.

time), de par la nature éphémère des traces qu'il peut porter sur lui qui pourraient être associées à la maison initiale. On perçoit dès lors l'artificialité de classifications reposant essentiellement sur l'importance subjectivement perçue du dommage aux personnes et aux biens pour prioriser l'intervention, invitant peut-être à une analyse plus scientifique de sa gestion.

Les objectifs de la gestion d'une scène de crime sont de sauvegarder, rechercher, identifier et prélever les traces pertinentes, fixer et documenter l'état des lieux, qualifier l'événement à l'origine de l'atteinte aux biens, aux personnes ou à l'État, reconstruire son unité de temps, de lieu, d'action en établissant son déroulement et ses circonstances, finalement interpréter les traces qui serviront de moyens de preuve devant le tribunal. Ribaux insiste donc légitimement sur cette étape primordiale où le scientifique a le plus grand degré de liberté, mais aussi une très grande responsabilité : « de la scène de crime jusqu'à l'exploitation des traces par la justice, le scientifique laisse progressivement la gestion de l'ensemble des décisions à d'autres protagonistes (police et magistrats) » (Ribaux, 2014). De ce fait, n'est-il pas ici opportun de questionner les qualifications attendues des intervenants, qui se situent moins au niveau des techniques de détection ou de prélèvements peu ou prou normalisées que des raisonnements à mettre en œuvre et à faire évoluer ? (Crispino et Roux, 2017 ; Kelty et Julian, 2010 ; Kelty et Julian, 2011)

La reconstruction des circonstances (*circum stare*, « observer autour » en latin) a été largement discutée dès l'Antiquité avec Hermagoras de Temnos au premier siècle avant notre ère, pour nous être transmise sous la forme de la théorie de l'état des causes par Quintilien, Cicéron et St Thomas d'Aquin. Sept questions offrent un guide raisonné d'identification de ces circonstances pour le scientifique en charge de la gestion de la scène de crime : qui, quoi, où, quand, comment, pourquoi, avec quoi/qui (notées ici QQQC-PAq, la version anglaise des 7W (Who, What, Where, When, Why, With What/Whom) étant certainement plus mnémotechnique) ? L'objectif de ce fil d'Ariane n'est pas tant de répondre à toutes les questions, que d'identifier dans le temps de l'intervention les circonstances qui ne seront pas remises en cause durant le processus global d'investigation (ce peut être le statut de la victime, ou même l'identité de l'auteur) et celles auxquelles il va falloir apporter des réponses, donc porter l'effort de recherche de traces (par exemple le comment, le pourquoi ou encore le complice). La dynamique de l'investigation de scène de crime invite à régulièrement faire le point sur l'évolution de ce QQQC-PAq.

Une fois le cadre réflexif posé, la méthodologie peut se développer. Acceptant comme postulat le principe d'échange de Locard², le scientifique est appelé à « inventer la trace » (Dulong, 2004) (inventer s'entend ici au sens archéologique) en s'appuyant sur trois niveaux d'analyse dans son processus de détection, de reconnaissance et d'interprétation (Ribaux *et al.*, 2010) :

- le renseignement tactique (témoignage, traces immédiatement visibles, expérience de l'intervenant) et opératif (connaissance d'un phénomène réitérant, sériel, état de la criminalité sur la zone d'intérêt) suggère des scénarii plausibles de déroulement de l'action investiguée ;
- l'analyse situationnelle, s'appuyant sur la notion de points de contact (Barclay, 2009), soutient un processus particulier de génération qualitative et quantitative de traces selon les scénarii envisagés ;
- enfin, le niveau physique évalue l'affinité entre les matières facilitant les échanges entre elles par le mécanisme de transfert de Locard.

Une telle approche souligne la démarche nécessairement scientifique sur la scène de crime, à l'opposé d'une vision de simples collecteurs de traces dévolus aux techniciens de scène de crime (Ludwig *et al.*, 2012), nonobstant la connaissance et la capacité de gestion et d'interprétation d'un type de trace spécifique au sein de leur organisation. On peut penser simplement, par exemple, aux traces d'oreilles sur une porte, rarement relevées car encore inconnues par nombre d'intervenants, alors qu'elles donnent une indication sur la stature ; la coupe de cheveux ou encore le mode opératoire de l'auteur d'une effraction.

La mise en place des scénarii possibles est donc un préalable de l'investigation de scène de crime. Ces scénarii s'apparentent à des théories en compétition pour expliquer de la meilleure façon une trace trouvée, définition même de l'abduction peircienne, i.e. inférence (raisonnement sous incertitude) à la meilleure explication de cette trace, qui ne fait que suggérer le scénario possible. Ce mode de raisonnement, parfaitement logique (Cleland, 2001) est bien différent de la déduc-

2 « La vérité est que nul ne peut agir avec l'intensité que suppose l'action criminelle sans laisser des marques multiples de son passage. Je voudrais faire toucher du doigt l'extrême variété de ces traces, non qu'il puisse s'agir ici d'écrire un traité de l'expertise criminelle, mais dans le but de montrer la souplesse et le polymorphisme de la méthode. Les indices dont je veux montrer ici l'emploi sont de deux ordres : tantôt le malfaiteur a laissé sur les lieux les marques de son passage, tantôt, par une action inverse, il a emporté sur son corps ou sur ses vêtements les indices de son séjour ou de son geste. » Locard E (1920), *L'enquête criminelle et les méthodes scientifiques*. Paris : Flammarion.

tion, syllogisme logique valide démontrant la conclusion à partir de prémisses. Le technicien de scène de crime ne peut donc nullement prétendre à des certitudes déductives de la reconstruction des faits, mais à une simple possibilité, dont la plausibilité prend forme et se renforce par l'induction, répétition d'observations soutenant la théorie, mais surtout par la diversité des traces relevées expliquée plus logiquement par une cause commune (ce que Cleland appelle *the search for the smokin gun* (Cleland, 2013), autre expression du rasoir d'Ockham : *entia non sunt multiplicanda praeter necessitatem*).

Cette précaution peut sembler d'autant plus pertinente que l'objet d'intérêt du criminaliste est la trace, « marque, signal ou objet, [...] signe apparent (pas toujours visible à l'œil nu), [...] vestige (ou résidu) d'une présence ou d'une action » (Margot, 2014, 74). Or cette dernière, qu'elle soit physique (comme des impressions, des déformations), biologique (comme des taches de sang), chimique (comme des fragments de peinture) ou encore numérique (comme des données de géolocalisation) n'est pas un échantillon statistique permettant de raisonner sur sa représentativité par le biais de l'intravariabilité de sa composition, mais un spécimen généralement unique, non contrôlé, non nécessairement représentatif, d'intravariabilité inconnue, possiblement voire souvent fragmentaire, dégradé, imparfait. Dans le même ordre d'idées, la trace d'impression ou marque n'est pas une empreinte (qui provient du verbe imprimer). Une empreinte indique la volonté de représenter fidèlement (pensons à la biométrie). Or, la trace est laissée par inadvertance, associée à « l'imperfection », sans volonté de reproduire la source (Margot, 2014). Dans ces conditions ontologiques (Kirk, 1963), sémiotiques (Eco et Sebeok, 1988) de la trace, il est douteux que le spécialiste de scène de crime, mais aussi les experts destinataires de ces traces, puissent prétendre reconstruire l'évènement dont ils ont la charge technique d'analyse, rappelant leur rôle d'auxiliaires du décideur de faits et la nature strictement corroborative des traces criminelles (Kind, 1999). La vérité judiciaire est bien distincte de la vérité factuelle.

2. Les étapes préalables à la détection et collecte des traces (Houck et al., 2017)

Le forensien est rarement le premier à intervenir sur les lieux d'un incident justifiant son déplacement. Son déplacement est d'ailleurs le fruit d'une réflexion en amont, auquel il n'est pas toujours associé, identi-

fiant la pertinence ou la nécessité de faire appel à ses services. Ce n'est pas ici l'objet de couvrir ces critères d'engagement.

Sur place, il doit au pire s'intégrer à des premiers intervenants plus ou moins légitimes (secours, sécurisation des lieux, autorités administratives, opérationnelles ou hiérarchiques, etc.), au mieux en prendre la direction pour sauvegarder et prélever les traces, dont la pertinence se dévoilera éventuellement plus tard dans l'investigation. L'intervention se décompose donc en trois phases chronologiques, à savoir le gel des lieux, la délimitation de la scène, l'identification d'une stratégie d'intervention.

Le gel des lieux s'opère dès le déplacement vers ceux-ci, par la prise de renseignements (Secours, victime, auteur présumés encore sur place? Dangers potentiels et sécurisation? Moyens spéciaux nécessaires? Organisation et autorités en place?) et l'usage de la documentation au plus vite pour saisir les conditions d'intervention (témoins, badauds, ambiance, environnement local, signes extérieurs non pérennes, etc.). La photographie est alors privilégiée. Elle se poursuit d'ailleurs durant la phase de secours aux blessés, bien naturellement prioritaire, profitant alors de la présence des premiers intervenants (état de la scène et des voies d'accès, couloir de contamination mis en place pour progresser, position et condition de la victime, des objets l'environnant, acquisition des renseignements extraits des premiers témoignages et des hypothèses des enquêteurs).

Si une première circonscription de la scène de crime est de facto déterminée par les primo intervenants, il est de la charge du forensien d'en valider la taille, plus généralement de l'agrandir et la réorganiser avec un périmètre intérieur (ou premier périmètre) reconnaissant la scène de crime et son environnement immédiat, et un périmètre extérieur (ou deuxième périmètre), sas d'entrée dans le premier et zone d'exclusion des personnes n'ayant ni à en savoir, ni à en connaître. L'installation du matériel des forensiens se fera *a minima* dans ce deuxième périmètre, sinon dans le premier dans une zone déterminée comme ne justifiant plus de recherche de trace dans celui-ci. À l'abri des vues, l'objectif de ces périmètres est de prévenir toute pollution des traces du premier périmètre, volume justifiant alors le port des tenues de protection. La détermination de ces périmètres et leur mise en œuvre annoncent la prise en compte opérationnelle de la scène de crime par les forensiens, qui en pilotent dès lors la gestion jusqu'à leur départ.

Il est alors temps de définir, ou de reformuler la stratégie d'intervention en liaison avec les intervenants pertinents, s'appuyant sur les examens préliminaires

visuels acquis dès la phase de gel des lieux confrontés aux témoignages et hypothèses de travail des enquêteurs aux fins d'identifier les points d'intérêt prioritaires (voies d'introduction, d'effraction, de progression, cadavre, zones à libérer rapidement, zones sans intérêt, etc.) et d'envisager la séquence d'examen en conséquence (intégrant les techniques qui pourront ou ne pourront pas s'appliquer, ou qui devront être réalisées en laboratoire).

Il peut être intéressant de noter ici que la cueillette des traces n'a pas encore été réalisée à ce stade, sauf si les traces sont en danger ou en mode de destruction.

Pour en savoir plus

Barclay D (2009) Using forensic science in major crime inquiries. In J Fraser et R Williams (eds.): *Handbook of forensic science*: Routledge, pp. 337-358.

Cleland C (2001) Historical science, experimental science, and the scientific method. *Geology* 29:987-990.

Cleland C (2013) Common cause explanation and the search for a smoking gun. In V Baker (ed.): *125th Anniversary Volume of the Geological Society of America: Rethinking the Fabric of Geology*. Tucson AZ, USA: The University of Arizona, pp. 1-9.

Crispino F, Roux C (2017) Forensic-Led Regulation Strategies: Are They Fit for Security Problem-Solving Purposes? In Q Rossy, D Décary-Héту, O Delémont et M Mulone (eds.): *The Routledge International Handbook of Forensic Intelligence and Criminology*. Abingdon, Oxon, UK: Routledge, pp. 65-76.

Dulong R (2004) La rationalité spécifique de la police technique. *Revue internationale de criminologie et de police technique et scientifique*:259-278.

Eco U, Sebeok Te (1988) *Dupin, Holmes, Peirce. The Sign of Three* Indiana University Press.

Houck M, Crispino F & McAdam T (2017) *The Science of Crime Scenes*. San Diego, CA, USA: Academic Press.

Kelty S, Julian R (2010) Identifying the Skills and Attributes of Good Crime Scene Personnel. *Australian Policing* 2:40-41.

Kelty S, Julian R (2011) What makes a Good Crime Scene Examiner? *Royal Canadian Mounted Police Gazette* 73:24-25.

Kind S (1999) *The Sceptical Witness*. London: Hodo-logy Ltd.

Kirk P (1963) The Ontogeny of Criminalistics. *The Journal of Criminal Law, Criminology and Police Science*:235-238.

Locard E (1920) *L'enquête criminelle et les méthodes scientifiques*. Paris: Flammarion.

Ludwig A, Fraser J & Williams R (2012) Crime Scene Examiners and Volume Crime Investigations: An Empirical Study of Perception and Practice. *Forensic Science Policy & Management: An International Journal* 3:53-61.

Margot P (2014) Traçologie: la trace, vecteur fondamental de la police scientifique. *Revue Internationale de Criminologie et de Police Technique et Scientifique* LXVII:72-97.

Martin J, Delémont O, Esseiva P & Jacquat A (2010) *Investigation de scène de crime: Fixation de l'état des lieux et traitements des traces d'objets*, 3^e édition. Lausanne: Presses polytechniques et universitaires romandes.

Ribaux O, Baylon A, Lock E, Delémont O, Roux C, Zingg C & Margot P (2010) Intelligence-led crime scene processing. Part II: Intelligence and crime scene examination. *Forensic Science International*:63-71. doi: 10.1016/j.forsciint.2010.03.011

Ribaux O (2014) *Police scientifique. Le renseignement par la trace*. Lausanne: Presses polytechniques et universitaires romandes.

SECTION 2. DÉTECTION ET COLLECTE DES TRACES³

De par la multiplicité des sources possibles des traces (pertinentes à l'enquête, bruit de fond, contamination, etc.), leur polymorphisme (biologiques, chimiques, physiques, numériques) et leur état (fraîches, dégradées, imparfaites, etc.), leur détection et leur collecte ne peuvent faire l'objet d'un protocole technique unique, mais requièrent un mélange subtil de connaissances, d'expérience, et de réflexions, dans une démarche dite hypothético-déductive. Trois principes généraux et bonnes pratiques guident la recherche et collecte des traces, alors que les outils utilisés sont généralement propres à leur type de trace (Houck *et al.*, 2017; Martin *et al.*, 2014).

³ Section rédigée par Cyril Muehlethaler.

1. Du général au particulier

La recherche et collecte des traces obéit à l'approche de la scène de crime présentée dans la section précédente. Elle consiste en une démarche inductive, parfois abductive, à imaginer des scénarii en compétition, puis à rechercher les traces corroborant ou infirmant ceux-ci en alternant des approches déductives. Cette procédure permet de répondre à des questions telles que : « si cela s'est passé de cette manière, alors je dois trouver une trace ici... » « cette trace trouvée ici m'indique une autre trace potentielle là... ». La recherche de traces fonctionne de manière systématique (couverture de l'entièreté de la scène de crime), mais également sous contraintes (assurance qualité, mais aussi renseignement criminel sur des liens possibles ou sur des séries en cours). Tactiquement, une fois posées ou reconnues les hypothèses de travail, l'observation s'opère toujours du général au particulier. Une analyse générale descriptive de la scène précède un examen plus minutieux de chacun des éléments de détails, avec une actualisation permanente des circonstances à reconstituer (Qui, Quoi, Quand, Où, Comment, Pourquoi, Avec qui, Avec quoi). La prise de photographies est un élément indissociable de la recherche de traces, permettant de documenter l'état de la scène et d'enregistrer son état lors de l'arrivée des enquêteurs. Cette étape est souvent imagée par la « fixation de la scène de crime ». Les photographies ont un double rôle de documentation (mémoire visuelle) et de localisation des prélèvements, et représentent une mémoire juste, objective, et impartiale.

2. Du non destructif au destructif

De par leur nature imparfaite et potentiellement dégradée, il n'y a souvent qu'une seule opportunité de collecter et conserver convenablement les traces d'intérêt. Les prélèvements permettant de conserver l'intégrité des traces seront assurément privilégiés, mais ne garantissent pas, néanmoins, une modification de leur nature ou de leurs propriétés physico-chimiques (contamination par son support, prélèvement incomplet, effacement). Que cela soit une trace digitale poudrée, un profil de pneumatique moulé dans la terre, ou une trace d'oreille contre une porte, les risques de voir la trace altérée lors de son prélèvement sont bien présents et ne doivent pas être négligés. La préservation des traces étant au centre de la procédure, et le risque zéro n'existant pas, toute la procédure de prélèvement est documentée au moyen de photographies. Tout ce qui est visible à l'œil nu sera photographié avant même

d'entreprendre de le toucher, de le collecter, ou de tenter d'en améliorer la visibilité (révélation). Un exemple typique de cette procédure est illustré par les traces de semelles retrouvées dans la neige. Ces dernières ont un profil tri-dimensionnel difficile à visualiser et offrent peu de contraste. De plus, la précarité de la marque dans la neige, pouvant fondre ou s'affaisser à tout moment, nécessite une procédure spécialement dédiée à sa préservation. Un exemple illustratif est le suivant (la procédure peut bien évidemment être modifiée en fonction des circonstances du cas) :

- 1) une 1^{re} photographie de la trace dans un but de conservation
- 2) l'application de colorant contrastant (peinture) permettant d'améliorer la visualisation des détails tri-dimensionnels et offrant des zones d'ombres contrastantes
- 3) une 2^e photographie de la trace
- 4) le moulage de la trace à l'aide d'un mélange de plâtre souffré ou de résine synthétique
- 5) la collecte du moulage et une 3^e photographie en laboratoire.

3. Du prélèvement localisé au prélèvement global

Le prélèvement des traces cherchera, dans la mesure du possible, à conserver l'information de localisation afin de pouvoir évaluer l'activité ayant généré les traces. Un prélèvement direct aux brucelles de toute trace visible à l'œil nu ou sous faible grossissement (loupe, stéréo-microscope) a le double avantage de garantir la spécificité de la collecte (la trace et non le bruit de fond alentour), tout en préservant une information fondamentale sur la localisation qu'il est possible d'indiquer sur un schéma, croquis, ou photographie. Cette information de localisation s'avère particulièrement importante dans l'interprétation du cas, et peut permettre d'évaluer l'activité (en complément à la source selon la hiérarchie des propositions (Evetts *et al.*, 2000)) à l'origine de la trace. Une forte concentration de traces localisées dans un endroit pertinent (p. ex. fibres autour du cou) permet d'inférer, sous incertitude, l'activité ayant pu les générer (p. ex. strangulation vs lutte) sous forme probabiliste (rapport de vraisemblance).

4. Outils de révélation et prélèvement des traces

Les outils à disposition du criminaliste pour révéler et collecter les traces sont multiples et dépendent direc-

tement du type de trace et du support sur lequel elles se trouvent. Les supports de traces présentant une taille raisonnable seront toujours collectés et conservés en entier afin de procéder à la révélation des traces en laboratoire. Lorsque le prélèvement de la trace et de son support n'est pas possible ou semble déraisonnable (p. ex. mur, meuble, porte, fenêtre), la recherche de traces peut se faire directement sur les lieux.

Bien que certaines traces peuvent paraître évidentes à l'arrivée sur les lieux (p. ex. traces de sang, traces de semelles terreuses) la majorité sont bien souvent latentes et invisibles à l'œil nu ou à l'observateur non initié. Dans ces situations le criminaliste fera emploi de sources lumineuses (lampe de poche, flash, lampe incandescente ou fluorescente) permettant de visualiser les traces sur des surfaces aux morphologies et couleurs variées. Les principales lois de l'optique (transmission, réflexion, absorption, réfraction, diffusion, diffraction) sont utilisées afin d'optimiser le contraste entre la trace et son support. L'emploi de techniques photographiques professionnelles permet très souvent d'obtenir des images de très bonne qualité sur des traces faiblement visibles et n'ayant pas (encore) été traitées. Des exemples couramment rencontrés sont les traces digitales sur les surfaces réfléchissantes (miroir, fenêtre, couteau, arme à feu, etc.). Un éclairage oblique (45°) à l'aide d'une lumière blanche permettra de maximiser le contraste entre les résidus (réflexion diffuse) et le support (réflexion spéculaire), les traces apparaissant alors lumineuses sur un fond plus sombre (Fig. 1).

Ce même principe est utilisé pour la recherche de traces de semelles poussiéreuses à l'aide de lumière rasante. De plus, les principes d'absorption et de réflexion de la lumière, à la base même de l'observation des couleurs, sont aussi exploités afin de maximiser le

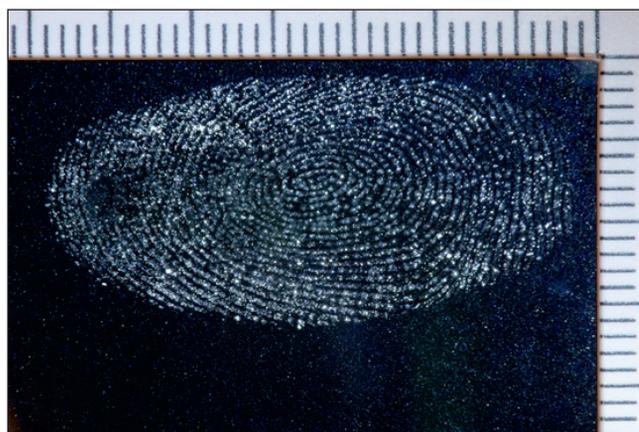


Fig. 1.1. Trace digitale déposée sur un miroir. Éclairage oblique à 45° avec réflexion diffuse (claire) des résidus sébacés de la trace papillaire, et réflexion spéculaire (sombre) de la surface du miroir.

contraste entre les traces et leurs supports. Le sang (et notamment l'hémoglobine) absorbe fortement les longueurs d'onde inférieures à 600 nm (bleu-vert), tout en réfléchissant les longueurs d'ondes supérieures à 600 nm (rouge), à l'origine de sa couleur caractéristique. Le vert se trouve également être la couleur complémentaire du rouge, à l'opposé du cercle chromatique des couleurs. Une recherche de traces de sang à l'aide d'une lumière verte permet ainsi de maximiser le contraste avec le support, dû à la forte absorption des traces apparaissant alors très sombres, proches du noir, sur un support lumineux réfléchissant davantage de lumière verte. De la même manière, la recherche de traces biologiques (sperme, salive) en lumière UV, visualisées à l'aide de lunettes de teinte orange, se base sur l'absorption caractéristique des résidus biologiques aux radiations très énergétiques des proches UV. L'emploi de sources lumineuses intenses et possédant plusieurs longueurs d'ondes d'observation monochromatiques est recommandé aussi bien sur les lieux qu'en laboratoire (p. ex. Polylight, CrimeScope).

Ces techniques sont employées notamment pour la recherche des traces de semelles, souvent recherchées en premier lieu à l'arrivée sur scène. Des traces de semelles peuvent renseigner sur le parcours du (des) protagoniste(s) et sur les potentielles voies d'entrées et de sorties, ainsi que sur les pièces visitées, pouvant directement orienter sur la recherche des autres traces. Tous les supposés points de contact sont examinés minutieusement (poignées de portes et de meubles...) (Barclay, 2011). Toute trace visible à l'œil nu sera photographiée (photographie de détail) puis prélevée et placée dans un emballage ou contenant approprié (enveloppes papier, boîtes, ou sachets). Le choix du contenant est primordial pour la préservation des traces; les supports de traces digitales sont conservés dans des emballages minimisant les contacts et les frottements pouvant conduire à l'effacement des traces, les traces biologiques sont conservées séchées dans des contenants poreux permettant la respiration et évitant la dégradation. De la même manière, on privilégiera les contenants minimisant l'électricité statique. La multiplicité des traces de transfert nécessite parfois de faire des choix afin de privilégier un type de trace sur un autre en fonction des chances de succès du prélèvement. Ainsi il n'est pas rare de devoir sélectionner quelles surfaces seront frottées à l'aide d'écouvillons afin de privilégier la collecte de l'ADN, et lesquelles seront poudrées pour la recherche de traces digitales. Une utilisation en séquence n'est pas exclue mais peut minimiser les chances d'obtenir un profil adéquat. Le [tableau 1](#) présente les principaux outils de prélèvement utilisables en fonction des types de traces retrouvées.

Tableau 1.1. Principaux outils de prélèvements en fonction des types de traces.
 Inspiré de (Houck *et al.*, 2017)

Types de traces	Outils de prélèvement des traces
Traces d'objets	Pièce entière dans un contenant limitant les frictions Moulage sur scène, ou prélèvement au ruban adhésif
Traces digitales	Pièce entière dans un contenant papier limitant les frictions Révélation sur scène et prélèvement au ruban adhésif ou feuilles gélatine
Traces de semelles	Pièce entière dans un contenant papier limitant les frictions Moulage ou révélation sur scène et prélèvement au ruban adhésif ou feuilles gélatine
Drogues et produits stupéfiants	Sachets mini-grip ou enveloppes papier pour les échantillons solides (pilules, poudre) Contenants hermétiques pour les échantillons liquides
Liquides inflammables	Flacons étanches, boîtes métalliques, et sachets imperméables aux vapeurs en nylon pour les prélèvements solides avec suspicion de déversement de liquide inflammable Contenants hermétiques pour les échantillons liquides
Microtraces	Pièce entière dans un contenant papier ou plastique (limitant l'électricité statique) Prélèvement sur scène avec brucelles ou ruban adhésif dans un contenant papier ou plastique (limitant l'électricité statique)
Armes à feu	Arme à feu : sécurisée, contenant minimisant les frictions Projectiles et douilles : enveloppes en papier Résidus de tirs : tampon collecteur, pièce entière dans un sachet en papier
ADN, sang, et traces biologiques	Pièce entière (ou morceau découpé) dans un contenant papier avec brucelles plastiques à usage unique Prélèvement sur scène avec écouvillons stériles
Documents	Prélèvement de la pièce dans des enveloppes papier, fourres plastiques, ou sachets plastiques
Traces numériques	Collecte du support numérique en entier ou copie image-disque sur un support externe

Les traces moulées ou glissées laissées par des objets (ouverture forcée d'une porte, impacts de balles, traces de pneumatiques...) sont pertinentes de par leurs caractéristiques (acquises et de fabrication) transposées dans la surface malléable. La principale méthode de conservation est le moulage des traces qui permet de préserver l'information de profondeur et le profil tridimensionnel des traces. Les solutions de moulage sont basées sur du ciment ou des pâtes polymères. La trace peut au besoin être sprayée à l'aide d'une solution de fixation facilitant le moulage (p.ex. laque à cheveux). La réaction de polymérisation de certaines solutions étant exothermique, une attention particulière doit être prise lors du moulage de traces dans la neige.

L'emploi de méthodes de révélations chimiques sur les lieux est possible mais non préconisé dans la plupart des cas, la *priorité* étant donnée aux pièces pouvant être prélevées et emmenées en laboratoire. La plus connue est la réaction de l'hémoglobine avec le Luminol et le Bluestar™, deux réactifs qui provoquent une luminescence spontanée des traces de sang. La

recherche de traces de sang diluées (lavées) jusqu'à 1:100'000 est possible, moyennant un assombrissement de la scène au préalable. La réaction étant de courte durée, l'enregistrement au moyen de photographies est une nécessité. Mise à part la technique de poudrage à l'aide de poudres dactyloscopiques (granulaires, magnétiques), la recherche de traces digitales au moyen de méthodes chimiques est relativement peu courante sur scène directement, mais certaines techniques telles que les vapeurs d'iode ont montré des applications pour la révélation de traces digitales sur la peau directement. Les autres types de traces (stupéfiants, explosifs, microtraces) sont actuellement prélevés pour être traités une fois en laboratoire au moyen de méthodes analytiques plus sensibles. Ces mêmes méthodes trouvent de plus en plus d'équivalents portables pouvant être utilisées sur les lieux directement (micro-IR, Raman portable, lab-on-a-chip). Ces développements technologiques permettent un gain en temps et ressources importants, favorisant l'immédiété des analyses, et la production de renseignement pouvant rapidement orienter les enquêtes.

Pour en savoir plus

Barclay D (2011) Using forensic science in major crime inquiries. In J Fraser et R Williams (eds.): *Handbook of Forensic Science*. Cullompton: Willan, pp. 337-358.

Eveit IW, Jackson G & Lambert JA (2000) More on the hierarchy of propositions: exploring the distinction between explanations and propositions. *Science & Justice* 40:3-10. doi: 10.1016/s1355-0306(00)71926-5

Houck MM, Crispino F & McAdam T (2017) *The Science of Crime Scenes*. London: Academic Press.

Martin JC, Delemont O, Esseiva P & Jacquat A (2014) *Investigation de scène de crime: fixation de l'état des lieux: Presses Polytechniques et Universitaires Romandes*.

SECTION 3. MORPHOANALYSE DE TRACES DE SANG⁴

1. Généralités

Si l'ADN est devenu la clef de l'identification de la source biologique d'une tache de sang, la compréhension de l'activité l'ayant générée, ou encore la reconstruction de la scène de crime sanglante est couverte par la morphoanalyse des traces de sang.

La forme, la taille, la distribution et la dispersion des traces de sang fournissent des informations comme la nature de l'arme employée, le nombre de coups portés, la localisation respective de l'agresseur et de la victime, leurs mouvements et ceux d'objets ensanglantés, finalement, la chronologie des événements sanglants. Si ces informations permettent de reconstruire la dynamique des faits sanglants, elles prennent toute leur valeur lorsque comparées ultérieurement aux déclarations des témoins et suspects de ces faits.

L'approche médico-légale empirique subjective illustrée par les travaux compilés par Herbert Leon MacDonell (1992), a laissé la place aujourd'hui à des méthodes reproductibles, transparentes et accréditées des morphoanalyses⁵.

⁴ Section rédigée par Philippe Esperança.

⁵ Committee on Identifying the Needs of the Forensic Science Community, 2009: *Strengthening Forensic Science in the United States: a path forward*, National Academies Press ISB 0-309-13131-6, 254 pages.

2. Classification

Dès lors qu'un vaisseau sanguin est lésé, le sang se déplace hors du système circulatoire en fonction des lois de la physique. Si une plaie existe, le sang s'externalise et les traces de sang se déposent sur les supports avoisinants, en fonction de différentes interactions dont les plus courantes sont :

- la pesanteur (écoulement...);
- la force propre à la source exerçant une pression sur le sang liquide (pression cardiaque, expiration...);
- une force extérieure à la source de sang (action violente...);
- une force liée au mouvement d'un élément ensanglanté (main, cheveux, arme...);
- le transfert par contact entre deux surfaces, dont au moins une est ensanglantée (transfert par contact, altération par contact, transfert glissé, altération glissée).

Le travail de l'expert en morphoanalyse de traces de sang ne commence qu'après la validation des travaux d'identification. Cependant, celui-ci peut être amené à réaliser l'ensemble des travaux. Si ce n'est pas le cas, il doit être à même d'organiser, de diriger et de contrôler les différents actes réalisés par d'autres.

Une classification est un système organisé et hiérarchisé de mise en ordre des connaissances dans un domaine particulier, voire de la totalité des connaissances. Derrière cette simple définition se cache un monde complexe pour la morphoanalyse des traces de sang.

Deux classifications dominent aujourd'hui le monde de la morphoanalyse :

- Passive, transferts, traces projetées/dynamiques :
Développée en 2002 par Tom Bevel et Ross Gardner (2002); elle met en place les trois grands groupes reconnus mais de profonds désaccords persistent sur les traces les composant.
- Traces passives, projections ou traces altérées :
Introduite en 2005, par Stuart James (1999); elle fait référence aujourd'hui, même si chacun garde son propre avis sur les modèles de traces composant chaque groupe.
Dans les deux classifications, la position de la famille des transferts reste problématique. C'est pourquoi un atlas révisé de projection de trace de sang propose une classification basée sur quatre grandes familles :

- a) Phénomènes passifs;
- b) Phénomènes actifs;
- c) Phénomènes transférants;

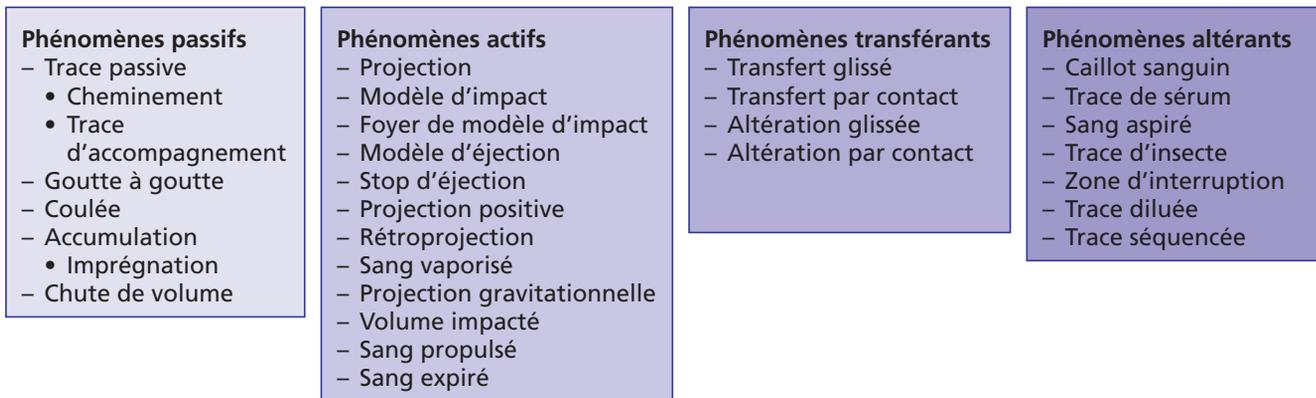


Fig. 1.2. *legende ?????*

L'altération glissée et l'altération par contact sont des « *phénomènes altérants* » mais il est difficile de dissocier ces traces constituant le groupe homogène « *Phénomènes transférants* ».

d) Phénomènes altérants.

3. Méthodologie

3.1. Considérations préliminaires

Dès la prise de contact, il est utile d'identifier les modifications qui ont pu être apportées à la scène de crime. Ces modifications peuvent empêcher toute interprétation des traces de sang, même à partir des clichés des constatations.

3.2. Investigations

3.2.1. a. Sur planches photographiques

Les planches photographiques illustrent un rapport de constatations. Il est indispensable d'étudier celui-ci en priorité, les clichés montrent les traces avant toute modification.

Les actes connus décrivant les modifications antérieures aux constatations initiales restent indispensables. Il s'agit le plus souvent des secours et de la découverte du corps.

Les investigations sur les prises de vues peuvent conduire à identifier plusieurs sites sur un même cliché.

3.2.2. b. Sur site

L'étude des planches photographiques doit précéder ce déplacement. Les pièces de procédure décrivant les modifications des lieux, antérieures ou non aux constatations, sont également utiles.

Les travaux menés sur le site sont principalement du domaine de la vérification et des constatations complé-

mentaires. Il s'agit de contrôler que toutes les traces visibles ont été documentées. Les constatations complémentaires concernent le plus souvent l'étude des traces ovoïdes à circulaire millimétriques nommées projections.

3.2.3. c. Détection de traces de sang latentes

Si la détection est une discipline parallèle à la morpho., il faut rappeler qu'il est souvent impossible de faire des hypothèses sur les événements qui ont provoqué les traces de sang qui ont été nettoyées et détectées par la suite.

Cette détection peut confirmer une hypothèse élaborée avec les traces visibles. Elle permet également de vérifier qu'aucune trace n'a été effacée et de réaliser des prélèvements dans le cas contraire.

3.3. Identification des traces de sang

Les investigations menées ont pour objectif premier de permettre l'identification des traces par le biais de critères référant à des modèles de projections.

Cette association trace étudiée/modèle de traces de sang (trace identifiée) est donc le résultat de la présence ou non d'éléments morphologiques sur la trace étudiée sur un support donné. **Ces éléments morphologiques d'identification intègrent la forme, la taille, la distribution des traces de sang et leur dispersion en fonction de l'inclinaison et de la rugosité du support.** En aucun cas, à ce stade, l'identification ne doit s'appuyer sur les hypothèses des enquêteurs ou les déclarations des protagonistes, au risque de biais méthodologiques justement dénoncés par le rapport de l'académie des sciences américaines en 2009⁶. Complémentairement, l'étude menée par Osborne *et al.*

6 Committee on Identifying the Needs of the Forensic Science Community, 2009: Strengthening Forensic Science in the United States: a path forward, National Academies Press ISB 0-309-13131-6, 254 pages.

(2016) montre l'importance des formations et de l'expérience dans l'identification des traces de sang qui concluent que les identifications obtenues peuvent être biaisées par les informations détenues.

Pour autant, l'identification par l'observation morphologique reste d'actualité en morphoanalyse des traces de sang. Or, c'est une méthode couramment employée en biologie pour identifier les différentes espèces tant végétales qu'animales. Dans le cas de la morphoanalyse, **une trace de sang est considérée comme un patron graphique, à rapprocher** des critères d'identification de chaque modèle de projections de sang (Cooper, 2009). L'identification est alors basée uniquement sur l'observation des caractéristiques des traces, sans prendre en compte les données non descriptives, telles que les informations relatives aux faits (hypothèses, déclarations, impressions personnelles, etc.).

Un atlas a été créé à cette fin (Esperança, 2019) respectant les points suivants :

3.3.1. a. Identification par comparaison : recherche de critères spécifiques et non une description globale

L'atlas compile les informations publiées en ce qui concerne les caractéristiques de chaque modèle connu de projection de sang, complétées par des expériences spécifiques pour affiner les illustrations en fonction de la surface de projection, de sa rugosité ou de son inclinaison.

3.3.2. b. Des critères qualitatifs

À l'exception des critères de Ross Gardner (voir ci-dessous), les données quantitatives (nombre de traces, quantité de sang) n'ont pas de pertinence dans notre activité. **Seules les données qualitatives décrivant la forme, la distribution, la taille et la dispersion des traces sont utiles pour identifier des traces de sang.**

Afin d'éviter toute interprétation, des comparatifs comme : « plus petit/plus grand » ne peuvent pas être employés car ils suscitent une interprétation personnelle de l'utilisateur.

3.3.3. c. Des critères de taille

Seules les tailles publiées par Ross Gardner (gabarit de 3 ou 4 mm de traces circulaires), jamais remis en cause jusqu'à ce jour, permettent d'identifier des traces passives selon la nature des supports (Gardner, 2006).

3.3.4. d. Effets de la source de sang et de la surface étudiée

La rugosité des surfaces souillées est la principale limite de la méthode d'identification descriptive. Parfois, l'identification en devient impossible.

Par exemple, une trace passive est circulaire sur du verre, du linoléum, mais l'est beaucoup moins sur le bois naturel ou sur le béton.

3.3.5. e. Cas de la superposition ou de l'interaction d'au moins deux modèles

Il ne peut être exclu que deux modèles de projections de sang ne puissent être départagés.

S'ils se superposent, les informations d'un des deux modèles sont perdues et un seul modèle est retenu. S'ils interagissent, l'identification du bon modèle de projection devient plus difficile, voire impossible.

L'identification du modèle de projection ne peut être décidé que lorsque tous les critères de celui-ci sont réunis. Dans le cas contraire, l'expert doit tenir compte des incertitudes observées, empêchant une identification définitive de la projection dans l'avis qu'il présentera au mandant.

3.4. Étude de trajectoires

Si la méthode informatique semble la plus précise, elle demande une observation des trajectoires par le dessus (*birdview*) ne permettant pas de calculer la hauteur qui semble l'information la plus importante. Elle est également sujette à de nombreuses approximations de mesure et erreurs de calcul citées dans de nombreuses publications.

La méthode visuelle reste ainsi la plus pertinente, mais demande une lecture des traces en 3 dimensions. La zone de convergence des projections ovoïdes sur une surface souillée est face à la position réelle de la blessure au moment de l'émission de ces projections. Ainsi, sur une surface verticale, cette zone de convergence représentée par le tracé des trajectoires sur le support souillé et dans laquelle peuvent se trouver des projections circulaires donne à la fois la hauteur et la distance par rapport aux éléments latéraux. La distance devant le support souillé est, elle, estimée par la dispersion générale des projections (Rowe, 2006; Willis *et al.*, 2001).

3.5. Analyse morphologique brute

L'existence de différents modèles conduit à inférer qu'un type d'événement s'est déroulé. Il faut ensuite corroborer cette inférence par la littérature ou par des expériences. L'existence de cas similaires vérifiés, peut être suffisante.

3.6. Scénario

La mise en place d'un scénario résulte de l'observation d'interactions c'est-à-dire de traces se recouvrant partiellement, qu'il faut documenter.

Ces interactions entre traces permettent d'établir une chronologie des séquences déterminées à partir des modèles de traces de sang identifiés.

3.7. Analyse morphologique spécifique

C'est à cette étape que les données extérieures issues des constatations initiales, de la médecine légale, de la génétique sont prises en compte. Ces informations permettent de rapprocher des événements déterminés par la morphoanalyse de traces de sang d'éléments connus du dossier.

4. Conclusion

L'expertise pénale, en criminalistique, est un moyen d'administration judiciaire de la preuve confié par un magistrat à un sachant, reconnu dans le domaine requis par la question de fait qui se pose à la juridiction saisie⁷.

L'expertise est rassurante en ce qu'elle propose une vérité scientifique, fondée sur des résultats tout en estimant l'erreur qualifiable et quantifiable des analyses réalisées.

Cependant, le magistrat prenant connaissance de cette expertise et en utilisant les résultats peut ne pas maîtriser totalement la démarche utilisée (Simart, 2011).

La qualité d'une expertise dépend de la compétence, de l'indépendance et de l'intégrité de l'expert sans oublier la démarche expertale mise en œuvre, qui doit être transparente et validée⁸. C'est ainsi que la méthode présentée ici est la première à avoir été accréditée dans le cadre d'une norme ISO, plus précisément la 17020.

Articuler une méthode en étapes distinctes, facilite sa compréhension, simplifie la répartition des tâches entre plusieurs acteurs et aide à revenir sur un point précis, lorsque différents experts ne parviennent pas au même résultat.

7 Chauv P.: L'expertise pénale, intervention à Reims le 15 septembre 2009.

Texte disponible sur: http://cejpcar.org/wp-content/uploads/2015/10/exp_penale_18sept09_chaux.pdf

8 NF X50-110: 2003: Qualité en expertise: Prescriptions générales de compétence pour une expertise, ISSN 0335-3931.

Pour en savoir plus

Bevel T, Gardner RM (2002) Bloodstain pattern analysis: with an introduction to crime scene reconstruction. Boca Raton: CRC Press.

Cooper A (2009) Thoughts on categorizing bloodstain patterns, oral lecture. Scientific Working Group of Bloodstain Pattern Analysis.

Esperança P (2019) Morphoanalyse de traces de sang – approche méthodique. Lausanne, Suisse: Presses polytechniques et universitaires romandes.

Gardner RM (2006) Defining the diameter of the smallest parent stain produced by a drip. *Journal of Forensic Identification* 56:210-221.

James SH, James SH (1999) Scientific and legal applications of bloodstain pattern interpretation. Boca Raton, Fla.: CRC Press.

MacDonell HL (1992) Segments of History: The literature of Bloodstain Pattern Interpretation. *International Association of Bloodstain Pattern Analysts News* 8:3-12.

Osborne NK, Taylor MC, Healey M & Zajac R (2016) Bloodstain pattern classification: Accuracy, effect of contextual information and the role of analyst characteristics. *Sci Justice* 56:123-128. doi: 10.1016/j.scijus.2015.12.005

Rowe WF (2006) Errors in the determination of the point of origin of bloodstains. *Forensic Sci Int* 161:47-51. doi: 10.1016/j.forsciint.2005.10.023

Simart O (2011) La lecture et l'exploitation du rapport d'expertise criminalistique par le juge d'instruction. *AJ Pénal*:552-555.

Willis C, Piranian AK, Donaggio JR, Barnett RJ & Rowe WF (2001) Errors in the estimation of the distance of fall and angles of impact blood drops. *Forensic Sci Int* 123:1-4. doi: 10.1016/s0379-0738(01)00506-0

SECTION 4. GESTION SCIENTIFIQUE DES IMAGES DE LA SCÈNE DE CRIME⁹

La photographie, littéralement la capacité d'écrire par la lumière, présente une formidable puissance documentaire, d'illustration, de description, d'expression, voire même d'explication. Ne dit-on pas qu'une image vaut mille mots? Ces qualités ont été bien comprises par les pionniers de la police scientifique à la fin

9 Section rédigée par Simon Baechler.

du XIX^e et début du XX^e siècle, qui ont fait de la photographie un moyen scientifique de constatation et de mesure au service de l'investigation, tant sur les scènes de crime qu'en laboratoire. Ces pionniers placent même la photographie à la racine et au cœur de leur discipline. Parmi eux, Rodolphe Archibald Reiss publie en 1903 un ouvrage intitulé «La photographie judiciaire» (Reiss, 1903); l'Université de Lausanne le nomme trois ans plus tard professeur extraordinaire de photographie scientifique avec ses applications dans les enquêtes judiciaires, puis il fonde en 1909 dans cette même université l'Institut de Police Scientifique, une première mondiale sur le plan académique (Champod *et al.*, 2009; Quinche, 2014). Malgré ses grandes forces, la photographie n'est toutefois pas sans limites. Ses caractères à la fois partiel, partial et statique se doivent d'être maîtrisés et minimisés, tout particulièrement lorsqu'il est question d'images de scène de crime. Pour ce faire, le recours à une méthode scientifique s'impose, respectant quelques règles, principes et bonnes pratiques. Cette section se propose d'en dessiner les contours.

La documentation photographique constitue un moyen privilégié d'enregistrer la scène de crime, de fixer l'état des lieux, ou celui du corps d'un défunt faisant l'objet d'un examen externe ou d'une autopsie. Cette documentation constitue une mémoire visuelle complémentaire à la prise de notes, aux plans et croquis de la scène ou du corps et de ses lésions (Beaudoin et Guillemette, 2013; Martin *et al.*, 2010). Elle est un moyen de matérialiser et d'objectiver les observations réalisées par les criminalistes et médecins légistes, les rendant également plus aisément accessibles et intelligibles à tout-un-chacun. La photographie peut aussi servir à documenter le cheminement intellectuel des investigateurs et leurs hypothèses, en illustrant par exemple séquentiellement l'idée que l'on se fait du mode opératoire de l'auteur du crime et de son cheminement sur les lieux. Les photographies servent également de support essentiel à la reconstruction des actions et événements qui se sont déroulés sur la scène de crime (Milliet *et al.*, 2014; Milliet *et al.*, 2015). Toutefois, à l'inverse des autres méthodes de documentation, la photographie a le grand avantage de mémoriser *ce qu'on a vu* mais aussi *ce qu'on n'a pas vu*. Elle sert non seulement à illustrer la scène, un corps, un objet ou encore des traces (digitales, de sang, de semelles, éclats de peinture, etc.), mais aussi à observer et rechercher, y compris *a posteriori* de l'investigation de la scène de crime. Il n'est pas rare que les criminalistes, une fois l'examen des lieux terminés, de retour au bureau et après une période de repos, passent en revue les images prises de la scène de crime et y constatent des éléments

d'intérêt qui n'avaient pas été repérés jusque-là. Pour cette raison, la consultation des photographies se révèle fort importantes en cas de contre-expertise.

La gestion scientifique des photographies de la scène de crime se conçoit utilement au travers du cycle de vie des images : capture, traitement, stockage, indexation, édition, diffusion, archivage (Brudieux, 2012). Chacune de ces étapes comprend des défis que la méthode permet de surmonter. Nous nous concentrons ici essentiellement sur la capture.

À cette étape primordiale, l'investigateur doit garder à l'esprit que l'on ne retrouvera pas une seconde fois la scène de crime dans le même état. Surtout ne pas se rater. Une erreur commise maintenant et la vérité s'enfuit à jamais» (Quinche, 2014). La qualité des capteurs et les capacités automatiques des appareils photographiques actuels peuvent instiller un faux sentiment de facilité. La maîtrise technique de l'appareil et des paramètres clés de la prise de vue que sont le temps de pose, l'ouverture, la sensibilité et l'éclairage (naturel ou artificiel tel que flash) reste impérative, tout particulièrement lorsqu'il s'agit d'illustrer une scène, des objets ou des traces dans des conditions délicates ou extrêmes. On pense ici par exemple à un environnement nocturne, à une scène étendue sur de grandes distances, à un éclairage variable ou défavorable (par exemple un contre-jour ou la présence de surfaces réfléchissantes), ou encore à un environnement fort contrasté comme un corps nu à la peau claire gisant dans un environnement naturel très sombre. Sans cette maîtrise, personne n'est à l'abri de rater ses photos, de produire des images floues ou d'effacer malencontreusement un cliché de la carte mémoire de l'appareil photo. Il faut s'assurer également que le réglage de la date et de l'heure de l'appareil photo sont corrects puisque ces données seront inscrites dans les métadonnées qui accompagnent l'image. Il en va de même pour la localisation géographique des images (*geotagging*).

La maîtrise technique n'est pas tout. Il est essentiel de procéder avec méthode, à commencer par adopter une démarche d'illustration du général au particulier (Fig. 1).

Tout d'abord, les photographies dites générales présentent les lieux dans leur globalité. Ces photographies ont aussi pour vocation de situer les traces et objets d'intérêt dans leur environnement général, par exemple la façade de la maison avec la porte principale sur laquelle il y a une trace digitale sanglante. Après la photographie générale, une image intermédiaire, ou semi-rapprochée, doit illustrer la trace ou l'objet dans son environnement immédiat, en l'occurrence en permettant de situer la trace digitale sanglante au centre de la moitié supérieure de la porte principale, à

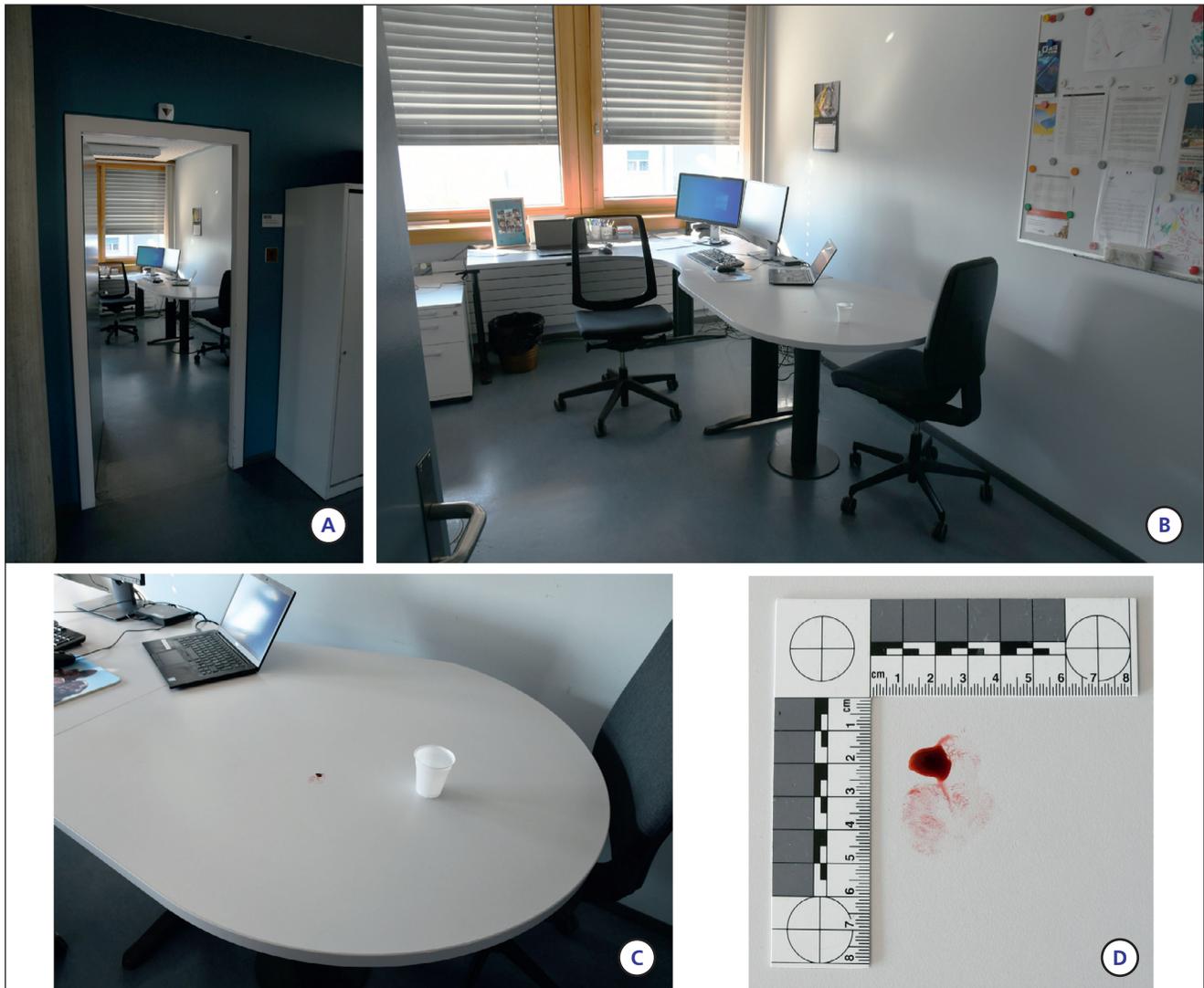


Fig. 1.31. A) Photographie générale de la scène de crime, ici un bureau, vu depuis l'extérieur; B) Photographie générale de la même scène depuis l'encadrure de la porte; C) Photographie intermédiaire où l'on situe la trace de sang d'intérêt et le verre en plastique dans leur environnement immédiat; D) Photographie de détail de la trace de sang, incluant le repère métrique.

quelques centimètres au-dessus de la poignée extérieure. Enfin, une photographie dite de détail, ou rapprochée, est réalisée. Elle présente la trace, ses caractéristiques et sa morphologie, ainsi que son interaction avec le support. Ces images de détail sont soumises à deux règles impératives. De sorte à réduire les distorsions, elles doivent être enregistrées en positionnant l'appareil photo de façon aussi orthogonale (ou plan) que possible par rapport au support de la trace que l'on aspire à photographier. D'autre part, un repère métrique (ou règle) doit être systématiquement placé à côté de la trace ou de l'objet d'intérêt, permettant d'en connaître la dimension réelle, mais aussi les déformations optiques et les défauts de couleurs et de balance des blancs propres à l'image. D'un point de vue technique, la réalisation de photographies géné-

rales, intermédiaires et de détail requiert de changer régulièrement l'objectif de l'appareil tout au long de l'investigation de la scène de crime. Un objectif macro s'impose par exemple pour enregistrer le détail d'une trace digitale observée sur la vitre de la voie d'introduction de l'auteur du cambriolage, où il faudra veiller à documenter si la trace était apposée du côté extérieur ou intérieur de la vitre¹⁰.

Il va presque sans dire que les photographies doivent illustrer fidèlement la scène, les traces diverses et objets qui y sont trouvés. Concrètement, cela se traduit par des prises de vue qui doivent couvrir tous les angles,

¹⁰ Voire, en cas de double-vitrage, sur l'intérieur entre les deux vitres, rendant la trace extrêmement pertinente car liée avec quasi-certitude à la commission du cambriolage.

avec une certaine continuité, sans négliger la troisième dimension (sols et plafonds). Il peut sembler simple *a priori* de photographier un environnement familier comme une voiture, mais cela requiert une approche systématique qui multiplie les clichés pour illustrer aussi bien les extérieurs du véhicule, ses intérieurs, ses volumes et recoins, avec portières ouvertes et fermées, jusqu'au contenu des vide-poches, de la boîte à gants et du coffre – ce n'est pas moins d'une quinzaine de clichés qui sont préconisés au minimum (Beaudoin et Guillemette, 2013). Cela vaut pour tous les types de scène, à commencer par les pièces de bâtiments où les prises de vue doivent couvrir les quatre angles, mais aussi présenter la pièce vue depuis l'extérieur avec la porte ouverte, sans oublier d'illustrer l'espace qui se trouve derrière la porte. La documentation photographique de la scène doit naturellement illustrer *ce qu'il y a à montrer* (présence de traces, d'un objet en lien avec le crime, ce qui sort de l'ordinaire), sans négliger d'enregistrer aussi les endroits de la scène où il n'y a rien à montrer de particulier, telle que l'absence de traces de lutte dans l'appartement du défunt, ou l'absence de traces d'effraction sur le cadre de la porte palière.

Pour un cadavre disposé sur le sol de la scène de crime ou sur la table d'autopsie, il faut s'assurer de ne pas seulement le photographier en plongée, c'est-à-dire du point de vue haut du photographe vers le sujet situé plus bas, au risque de négliger des zones essentielles comme les flancs du corps, les creux des articulations, les plis de ses vêtements, les zones d'interactions entre le corps et le support sur lequel il repose. Cela exige des photos prises « au ras du sol », voire en contre-plongée qui sont tout sauf instinctives pour l'investigateur ou le médecin-légiste non averti.

On veillera également à prendre autant que possible en photo la situation avant même de pénétrer sur la scène. De même, on illustrera systématiquement un objet ou une trace avant de le prélever, ainsi qu'après prélèvement si cela a changé l'environnement immédiat ou si cela facilite la localisation exacte dudit prélèvement (en indiquant par exemple la position de la trace par un marquage numéroté). Les intervenants et leur matériel ne doivent jamais figurer sur les photographies. On évitera donc que la valise professionnelle du criminaliste apparaisse au second plan d'un cliché, qu'un policier montant la garde à l'extérieur de la scène de crime soit visible à travers une fenêtre, ou encore que le reflet du photographe soit perceptible dans le miroir de la salle de bains. Les seules exceptions à cette règle sont le repère métrique susmentionné indispensable aux photographies de détail, ainsi que les marqueurs spéciaux pour identifier les objets et traces (par exemple cônes numérotés).

La documentation scientifique de la scène de crime exige donc de la systématique. Elle requiert aussi une capacité d'imagination et d'anticipation des traces et observations qui pourraient devenir des enjeux potentiels pour l'enquête, ceci bien après l'investigation de la scène de crime elle-même, parfois des années plus tard devant le tribunal (Baechler *et al.*, 2020). Sur les lieux d'une levée de corps par exemple, on n'omettra pas de prendre en photo le contenu de la poubelle, des WC, du réfrigérateur ou encore de l'armoire à pharmacie même si ces éléments ne présentent *a priori* pas de lien manifeste avec la cause et les circonstances du décès. Ces photographies aideront à répondre à de possibles questions subséquentes sur les derniers événements s'étant déroulés sur les lieux (indices de présence de tiers dans l'appartement, consommations récentes), l'état de santé de la personne (vomissements, traces de saignements) ainsi que son style de vie.

L'étape de capture des images suppose aussi de sélectionner le format dans lequel l'on va enregistrer la photographie. Il existe des formats de qualité et de compression variables et il s'agit de trouver le bon compromis entre ces paramètres. Si pour les photographies générales et intermédiaires, le format .JPEG peut suffire, ce n'est pas le cas des images de détail qui imposent de pousser au maximum la résolution et de privilégier des formats d'images dites brutes, sorte de négatifs numériques. Ces formats intangibles, comme le « .RAW », « .NEF » ou « .CR2 », permettent d'assurer qu'il s'agit bien de la photographie originale. Certains de ces formats sont propriétaires, ce qui pose la question de la capacité de les lire dans le long terme, les sociétés privées responsables n'étant pas nécessairement éternelles.

Pour en revenir aux étapes du cycle de vie des images, une fois la capture effectuée, reste à traiter l'image avec des logiciels professionnels afin d'en augmenter la lisibilité sans pour autant la travestir. Chaque traitement doit être dûment documenté, idéalement au travers d'un script qui permettra de retracer pas à pas les différentes actions appliquées sur l'image. Les images doivent être identifiées à l'aide d'une nomenclature de fichiers adéquate et efficace, qui permet en tout temps de déterminer de quelle scène de crime provient la photo. Il est pertinent d'indexer les images à l'aide des métadonnées, tant celles issues de l'appareil photographique lui-même (données techniques et conditions de prise de vue) que les informations additionnelles telles que mots-clés. Se posent ensuite les questions du stockage et de l'archivage à long terme pour lesquels les formats et le poids des fichiers représentent des enjeux importants (Memoriav (Bern), 2007).

Dans le domaine criminalistique, les étapes de l'édition et de la diffusion des images sont essentielles. Elles se matérialisent le plus souvent au travers d'un dossier photographique, qui constitue une pièce clé du dossier judiciaire sur lequel s'appuieront enquêteurs, procureurs, avocats et tribunaux. Au même titre que la prise de photos, le dossier photographique doit respecter une méthode et une systématique. Les clichés doivent être adéquatement sélectionnés et numérotés. Ils sont à présenter dans une progression cohérente allant du général au particulier de sorte à faciliter l'appréhension par le lecteur. L'image n'étant pas autosuffisante, elle doit toujours s'accompagner d'une légende explicative, indiquant autant que possible les conditions de prise de vue, le contexte de l'image et la lecture qu'il y a lieu d'en faire (éventuellement avec des annotations telles que cadres ou flèches pour pointer des éléments d'intérêt). Outre les légendes, un croquis de la scène indiquant la position de l'ensemble des angles de prise de vue, avec référence au numéro de chaque photo, peut grandement aider le lecteur à situer chacune des images et la façon dont elles couvrent les lieux. Enfin, au même titre que les photographies elles-mêmes, il faut garder à l'esprit que le dossier photographique ni ne peut, ni ne doit prétendre à l'exhaustivité. Il est par conséquent nécessairement partiel et partial.

1. Vidéo, techniques avancées et images de sources diverses

L'on peut être tenté de penser que la documentation au travers d'une vidéo est supérieure à la documentation photographique. En réalité, la vidéo n'est qu'un moyen complémentaire aux photographies. Elle offre certes une meilleure continuité des vues, peut apparaître moins partielle et partielle avec la possibilité de pouvoir « balayer » la scène. Elle présente en outre un caractère dynamique et temporel, et peut compter également une bande-son. Néanmoins, les enregistrements vidéo s'accompagnent d'une perte significative de sélectivité de la documentation. Les vues sont moins pertinentes car la vidéo tend à évacuer le travail de réflexion, de sélection et de ciblage que réalisent utilement les investigateurs au moment de procéder à l'enregistrement photographique de la scène de crime. La vidéo exige par ailleurs de procéder à un montage très chronophage, produit des fichiers informatiques lourds et présente surtout une qualité d'image inférieure à celle des photographies. Quoi qu'il en soit, la documentation par vidéo est gouvernée par les mêmes principes que la documentation photographique. Elle constitue aussi le moyen privilégié pour enregistrer les

reconstitutions, même si elle doit toujours être doublée par des photographies.

Mentionnons aussi la disponibilité de techniques avancées de photographie, parmi lesquelles la photogrammétrie. Il s'agit d'une technique qui permet d'établir très précisément les mesures de distance sur une scène à partir d'une combinaison de prises de vue réalisées selon des angles complémentaires. Cette technique facilite notamment la reconstruction 3D ou modélisation de la forme, des dimensions et des positions de bâtiments, objets ou traces sis sur la scène de crime, ainsi que l'établissement de plans précis.

Dans le registre des techniques avancées encore, l'on peut évoquer les photographies réalisées au moyen d'un drone. Ceci offre une vue aérienne mobile qui permet de balayer systématiquement la scène, voire de produire des orthophotographies. Ce moyen se révèle particulièrement pertinent pour photographier un bâtiment incendié, notamment la toiture qui reste souvent autrement difficile d'accès, ou encore le site d'une catastrophe ou d'un accident d'ampleur comme un crash d'avion.

Malgré leurs avantages, ces méthodes avancées ne doivent pas devenir des gadgets engagés en routine. Elles sont à réserver à des cas qui le méritent vraiment et ne remplacent dans tous les cas pas la documentation photographique standard.

Afin d'être complet, il faut souligner encore que, de nos jours, les investigateurs de scène de crime ne sont de loin plus les seuls à disposer de capteurs d'images qui enregistrent la scène de crime. La densité toujours plus élevée de caméras de vidéosurveillance tant dans l'espace privé que public livre aux investigateurs de précieuses images sur le crime, son déroulement et ses protagonistes. Il en va de même des témoins et badauds qui ont désormais quasi-systématiquement le réflexe de photographier les événements, que ceux-ci soient extraordinaires ou non. Les investigateurs doivent aller à la recherche de ces images au travers d'une nouvelle forme d'enquête de voisinage, afin de pouvoir les collecter et les exploiter. La gestion scientifique des images doit intégrer ces multiples sources et en tirer tout le potentiel, ce qui ne va pas sans poser des défis.

Pour en savoir plus

Baechler S, Morelato M, Roux C, Margot P & Ribaux O (2020) Un modèle continu, non linéaire et collaboratif de l'enquête. *Criminologie* 53:43-76. doi: <https://doi.org/10.7202/1074188ar>

- Beaudoin A, Guillemette D (2013) *Interventions sur une scène de crime* (3^e édition). Montréal: Éditions André Fontaine.
- Brudieux J (2012) *La mise en place d'une photothèque dans un centre de recherche scientifique: le cas de Saint-Gobain Recherche*. Paris: Conservatoire National des Arts et Métiers – École Management et Société.
- Champod C, Girardin D, Lebart L, Margot P, Mathyer J, Quinche N & Sapin E (2009) *Le théâtre du crime: 1875-1929*, Rodolphe A. Reiss. Lausanne: Presses Polytechniques et Universitaires Romandes.
- Martin JC, Delémont O, Esseiva P & Jacquat A (2010) *Investigation de scène de crime: fixation de l'état des lieux et traitement des traces d'objets*. Lausanne: Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Collection Sciences Forensiques.
- Memoriav (Bern) (2007) *Memoriav recommandations photo: la conservation des photographies*. Bern: Memoriav.
- Milliet Q, Delemont O & Margot P (2014) A forensic science perspective on the role of images in crime investigation and reconstruction. *Sci Justice* 54:470-480. doi: 10.1016/j.scijus.2014.07.001
- Milliet Q, Delemont O, Sapin E & Margot P (2015) A methodology to event reconstruction from trace images. *Sci Justice* 55:107-117. doi: 10.1016/j.scijus.2015.02.001
- Quinche N (2014) *Experts du crime sur les bords du Léman: naissance de la police scientifique en Suisse romande et en France*.
- Reiss RA (1903) *La Photographie judiciaire*. Paris: C. Mendel.

SECTION 5. TRACES ODORIFÈRES¹¹

1. Définition de l'empreinte olfactive, trace odorante ou odorifère

Par définition, une empreinte olfactive est une trace odorante laissée sur un support physique par un individu avec lequel il a été en contact, pouvant être perçue par l'organe de l'odorat. La notion de trace odorifère est très ancienne et les premières observations scientifiques de l'utilisation des traces odorantes par un chien au cours du pistage d'un individu ont été publiées à la fin du XIX^e siècle (Romanes, 1887). Dans les années '90, les travaux de recherche ont montré qu'il était pos-

¹¹ Section rédigée par Barbara Ferry.

sible de collecter les traces odorantes pour procéder à l'étude de leur détection et de leur identification (Schoon et De Bruin, 1994). L'évolution technologique dans le domaine de la chimie avec la mise au point de nouvelles méthodes d'analyse des molécules volatiles présentes dans les mélanges odorants a ensuite permis d'aborder l'étude de leur composition (Curran *et al.*, 2005; Roberts *et al.*, 2005).

2. Caractéristiques de l'odeur corporelle humaine

L'odeur corporelle humaine correspond à un mélange complexe de composés organiques volatils (COV) sécrétés et émis de façon continue par chaque individu. Leurs propriétés de volatilité leur permettent d'être véhiculés de manière aérienne. La vitesse de déplacement des molécules dépend de la température et de la masse molaire de ces dernières selon les courbes de distribution de Maxwell-Boltzmann: plus la température est élevée et plus la masse molaire des molécules est faible, plus cette vitesse sera élevée.

L'ensemble des molécules chimiques présentes dans l'odeur corporelle humaine provient de différentes sources qui ont été classées en fonction de leur nature en trois catégories (Curran *et al.*, 2005).

2.1. La composante primaire

La composante primaire résulte principalement de l'activité des glandes sudoripares et sébacées ainsi que de l'activité de la microflore cutanée.

2.1.1. Les glandes sudoripares produisent la sueur, essentielle au maintien de notre température corporelle. La sueur est synthétisée à partir du sang par différentes glandes sudoripares présentes dans l'épiderme.

Les **glandes eccrines** sont localisées sur la quasi-totalité du tégument (2 à 5 millions au total, soit une densité, variable selon la topographie, de 150 à 350 par cm²) mais surtout sur la paume des mains, sur la plante des pieds et sur le front. Elles sont constituées d'un peloton sudoripare situé dans le derme, que prolonge le canal excréteur jusqu'à l'orifice situé à la surface cutanée. Ces orifices constituent les pores de la peau. La sueur sécrétée par les glandes sudoripares eccrines correspond à un ultrafiltrat du plasma sanguin formé à partir des capillaires périclomérulaires. Elles sécrètent une sueur primitive qui reflète la composition du plasma (sueur isotonique) qui est progressivement modifiée par des mécanismes de résorption dans le tube excréteur avant de s'écouler à l'extérieur sous forme de sueur définitive (sueur hypotonique). Elle

contient en solution aqueuse des ions (sodium, potassium, chlore, bicarbonate) ainsi que divers composants comme du lactate, de l'ammoniaque, du pyruvate, de l'urée, des acides aminés et des glycoprotéines.

Les **glandes apocrines** sont annexées aux follicules pilo-sébacés et leur canal s'abouche dans la portion superficielle de la gaine épithéliale du poil. Elles se situent principalement dans les régions axillaire, inguinale, ano-génitale, aréole mammaire et conduit auditif externe. Les glandes sudoripares apocrines vont sécréter un liquide lipidique visqueux riche en composés lipidiques (cholestérol, esters de stérols, di- et triglycérides, acides gras et esters de cire) en urée et ammoniacque qui est excrété à la surface de la peau avec des débris cellulaires et des stéroïdes (androsténol et œstratétraénol qui pourraient correspondre aux phéromones). Les glandes sudoripares apocrines ne s'activent qu'à partir de la puberté, sous l'influence du système hormonal, et sont de ce fait des caractères sexuels secondaires. Chez le sujet âgé, ces glandes s'atrophient ce qui conduit à une diminution du phénomène de transpiration.

Les glandes sudorales eccrines et apocrines sont innervées par le système nerveux sympathique, et s'activent en réponse aux modifications de l'état émotionnel (anxiété, stress, peur, souffrance, excitation sexuelle), aux stimuli gustatifs, digestifs ainsi que l'hypercapnie et l'hypoglycémie (Nicolaidis, 1974; Robertshaw, 1974; Wilke *et al.*, 2007).

2.1.2. Les glandes sébacées sont annexées au follicule pileux et leur canal s'abouche au niveau de la gaine épithéliale du poil. Ce sont des glandes exocrines, alvéolaires simples et holocrines sécrétant un produit lipidique, le sébum, qui est un mélange de lipides vésiculaires (triacylglycérols 60% squalène 12%, esters d'acides gras 23%, cholestérol 2%; (Smith et Thiboutot, 2008) et de débris cellulaires. La production de sébum débute à la puberté sous l'action des androgènes (Pablo *et al.*, 1974), tandis que le cérumen, produit par les glandes sébacées cérumineuses du conduit de l'oreille externe, est sécrété depuis la naissance. Les acides gras qui composent le sébum sont en partie responsables de l'acidité du pH. Cette acidité permet un contrôle de la population bactérienne résidente en limitant le développement de la flore pathogène.

2.1.3. En plus des débris cellulaires de cornéocytes résultant du processus naturel de desquamation (perte de 4.10^7 cellules par jour pour un individu moyen de 70 kg), un grand nombre de lipides (70% sont des acides gras), d'esters de céramides et de cholestérol sont émis à la surface de l'épiderme suite au processus de kératinisation par les cellules de l'épiderme (égale-

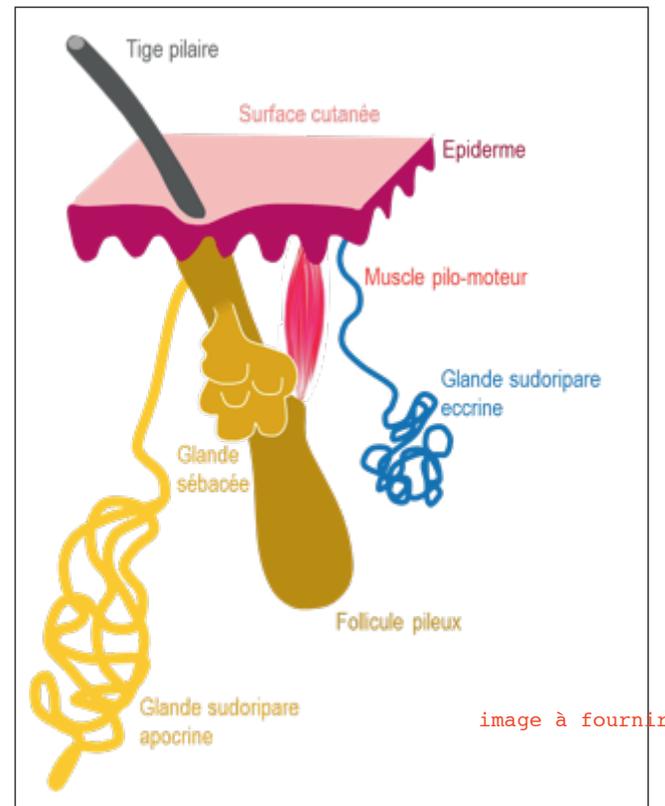


Fig. 1.41. Illustration des différentes glandes sudoripares.

ment palmaire), l'ensemble de ces produits pouvant être le substrat de la microflore cutanée (Nicolaidis, 1974). Le processus de kératinisation et les produits de sécrétion des glandes exocrines jouent donc un rôle majeur dans la sélection des espèces bactériennes qui seront présentes sur l'épiderme.

2.1.4. La majorité des bactéries présentes sur la peau est constituée des espèces de corynébactéries, de propionibactéries, de staphylocoques, de microcoques, de streptocoques et de lactobacilles (Fierera *et al.*, 2008; Grice *et al.*, 2009) dans des proportions présentant une grande variabilité inter-individuelle (Gao *et al.*, 2007). Ces bactéries résident sur la peau et métabolisent les substances émises par les cornéocytes et par les glandes exocrines. Les produits de dégradation de ces substrats génèrent des molécules volatiles comme des acides gras à courtes chaînes (acide butyrique, isobutyrique, valérique, isovalérique et 3-méthyl-2-hexénoïque) ainsi que des thioalcools qui ont des propriétés odorantes (Decreau *et al.*, 2003; James *et al.*, 2004; Labows *et al.*, 1999; Natsch *et al.*, 2003; Rennie *et al.*, 1991).

La nature des COV primaires dépend donc directement des résidus cellulaires (squames) et de la composition des sécrétions glandulaires sudoripares et séba-

cées (elle-même influencée par le système CMH¹²) et indirectement du type de flore commensale présente sur la peau ainsi que de l'activité physique de l'individu, son niveau hormonal mais également de son niveau de stress, sa température, son état émotionnel et physiologique.

2.2. La composante secondaire

La composante secondaire de l'odeur humaine correspond aux COV émis par un individu en réponse à des modifications métaboliques transitoires qui apparaissent suite à la digestion d'aliments particuliers (comme les épices, médicaments...), dans le cas d'une pathologie (ex. mucoviscidose, maladies de Cushing et d'Addison), mais également en réponse à un facteur environnemental au sens large, tel qu'un épisode de stress avec émission de cortisol (Simehoff *et al.*, 1977) ou encore plus simplement la température ambiante ou le degré d'humidité (Prada *et al.*, 2011).

2.3. La composante tertiaire

La composante tertiaire correspond aux mélanges de molécules volatiles venant de l'extérieur et se retrouvant de manière transitoire dans le mélange de COV émis par un individu. Ces composés peuvent provenir de multiples sources comme les cosmétiques utilisés, le type de lessive, le tabac ou encore certains locaux dans lesquels l'individu a séjourné.

3. L'empreinte olfactive : une donnée biométrique ?

Les COV présents dans l'odeur corporelle humaine correspondent à une grande diversité et proportionnalité de molécules chimiques dont la nature est influencée par des facteurs métaboliques et environnementaux. Si les données de la littérature diffèrent suivant la

¹² Des données montrent que la nature des composés présents dans la sueur dépend directement du génome de chaque individu. En effet, certains gènes du complexe majeur d'histocompatibilité (CMH) codent pour des molécules appelées CMH I qui se lient à des peptides provenant de la fragmentation des protéines intracellulaires pour les conduire à la surface de la cellule où ils seront excrétés. L'ensemble des peptides enchâssés par les diverses molécules de classe I exprimées à la surface de la cellule constitue donc un échantillon des protéines endogènes que l'on retrouve dans certaines sécrétions comme l'urine et la sueur. Ces complexes «CMH I – peptides» sont caractéristiques de l'expression des gènes MHC et contribuent à l'unicité du profil de composés organiques volatiles (COV) que l'on retrouve dans l'odeur humaine (Jaworska *et al.*, 2017).

² <https://www.cnil.fr/fr/definition/biometrie>

méthodologie ou le type de sujets prélevés, elles montrent que l'odeur humaine se compose de plusieurs centaines de COV différents (Bernier *et al.*, 2000; Curran *et al.*, 2005; Prada *et al.*, 2011).

Afin de qualifier l'empreinte olfactive de donnée biométrique, celle-ci doit remplir deux critères établis par l'article 4.14 du RGPD et la CNIL qui sont l'unicité et la constance dans le temps². Dès lors, on comprend aisément que la validation de ces deux critères représente un enjeu crucial pour l'utilisation de la trace odorifère comme donnée biométrique dans le milieu forensique. Si les résultats obtenus en odorologie suggèrent qu'un certain nombre d'entre eux pourraient constituer un mélange propre à chaque individu, dont la composition serait similaire tout au long de l'existence et quelles que soient les circonstances, la caractérisation qualitative et quantitative du mélange de COVs présents dans l'odeur humaine en chimie analytique est actuellement en cours (Cuzuel *et al.*, 2018).

4. L'odorologie

L'odorologie est une technique permettant d'identifier la présence d'une personne sur un lieu d'infraction grâce à la trace odorante qu'elle y a laissée. Cette technique se base sur le fait que l'odeur d'un individu se dépose et persiste sur tout objet avec lequel il a été en contact (Locard, 1934) et peut dès lors être prélevée sur des supports absorbants. Avec l'utilisation de chiens formés à la technique d'identification, les odeurs prélevées sur le lieu d'infraction (traces odorantes, TO) sont ensuite comparées à l'odeur corporelle (odeur directe, OC) d'un individu suspecté d'avoir été présent sur les lieux le jour de l'infraction. Si le chien identifie les deux odeurs comme provenant d'un même individu, le test est réalisé avec un autre chien afin de confirmer le résultat. Cette technique, mise au point en Hollande dès 1920 ainsi qu'en Allemagne de l'est dans les 1970-80, a depuis fait l'objet de raffinements dans les procédures (Schoon, 1996; Schoon, 1998) et est utilisée aujourd'hui dans de nombreux pays dans le monde (Ferry *et al.*, 2019). S'il existe de sensibles différences entre chaque pays dans les procédures utilisées, les supports de collecte des TO ainsi que des OC humaines sont toujours stockés avant d'être utilisés. Grâce à l'analyse des performances obtenues en milieu semi-contrôlé, il a pu être montré que la comparaison entre des TO et OC prélevées à des dates différentes donne lieu à des identifications (Rogowski, 2001; Schoon, 2005), et que les chiens peuvent différencier deux jumeaux homozygotes vivant dans le même environnement et suivant le même régime alimentaire sur la

base de leur odeur corporelle (Kalmus, 1955 ; Pinc *et al.*, 2011). Ces données montrent (1) qu'il existe un mélange de COV commun aux odeurs d'un même individu qui est stable dans le temps et (2) que ce mélange est propre à chaque individu.

4.1. Technique de relevé des traces odorifères et stockage pour l'odorologie

4.1.1. Le prélèvement et le stockage des TO et OC répondent à des procédures strictes (Marchal *et al.*, 2016). Concernant les traces odorantes: des tissus absorbants sont placés sur les objets ayant été en contact avec un individu puis l'objet et le tissu sont enveloppés d'aluminium. Après au moins une heure de mise au contact avec l'objet, les tissus sont prélevés et placés dans des bocaux de verre transparent. Une étiquette portant les informations concernant la date et le lieu du prélèvement, le type d'objet ayant servi au prélèvement, l'endroit où celui-ci était placé sur la scène ainsi que le nom du technicien ayant procédé au prélèvement, est apposée sur le bocal. Concernant les odeurs corporelles directes: 4 tissus absorbants sont manipulés par l'individu pendant 10 minutes puis placés dans un bocal de verre transparent. Une étiquette portant les informations concernant la date de prélèvement, l'identité du donneur, son statut de fumeur, son genre ainsi que le nom du technicien ayant procédé au prélèvement, est apposée sur le bocal. Les bocaux contenant les TO et les OC sont stockés dans une pièce où la température et le taux d'humidité sont contrôlés.

5. Approche analytique

5.1. Procédés d'analyse et extractions associées

Pour la mise en évidence des composés cibles (essentiellement des COV), la technique analytique de choix est la chromatographie en phase gazeuse, quasiment systématiquement couplée à la spectrométrie de masse, basse ou haute résolution (Dormont *et al.*, 2013). Devant la complexité et la variabilité des mélanges à séparer et à identifier, l'emploi de la chromatographie intégralement bidimensionnelle tend à se développer (Cuzuel *et al.*, 2017b).

Les techniques passives d'analyse de l'espace de tête s'avèrent être insuffisantes pour obtenir des intensités de pics chromatographiques suffisamment exploitables. Afin de récupérer une quantité plus importante de composés d'intérêt, il est alors fait appel à des pièges

«concentrateurs» utilisant du charbon actif ou des matériaux de type polymère (ex: cartouche contenant du Tenax TA, barreau de polymère...). Ces derniers seront par la suite extraits par des techniques en utilisant des modes dynamiques ou encore la thermodesorption.

5.2. Technique de relevé des traces odorifères et stockage

Pour une utilisation en chimie analytique, bien que cela soit indispensable à l'obtention d'une information viable devant les tribunaux, aucune procédure standardisée n'est pour le moment validée. Néanmoins, ce projet étant à l'état de recherche et développement, les odeurs humaines sont prélevées selon des procédures strictes (Cuzuel *et al.*, 2017a).

Le prélèvement est réalisé à l'aide d'un support adsorbant (barreau de polymère de 2 cm de long et de 2 mm de diamètre), pour recueillir les molécules d'intérêt, soit par contact directement avec la main du sujet, soit sans contact en utilisant une pompe de prélèvement d'air. Les supports sont stockés individuellement, et en atmosphère inerte, afin de s'affranchir d'une pollution avant même le prélèvement. Une fiche d'information, entièrement anonymisée est ensuite renseignée afin de récupérer des informations, à caractère biométrique ou non, et qui permettront par la suite de classifier ou d'individualiser.

Ce support adsorbant est totalement adapté pour une utilisation avec les différents appareillages analytiques, notamment en ce qui concerne les pollutions. Les prélèvements sont conservés dans des flacons ambrés, en chambre froide (4 °C), à l'abri de la lumière.

Des premières études, réalisées avec deux Saint-Hubert, ont également montré que ce support était compatible avec le travail de pistage réalisé par les chiens. L'information indispensable à l'identification est donc bien prélevée sur ce polymère. Le grand challenge reste désormais de réussir à identifier les marqueurs pertinents parmi plusieurs centaines de molécules détectées...

6. Valeur probante: limites des techniques et ouverture...

Les caractères d'unicité et de constance sont conditionnés par les résultats des études de chimie analytique. L'obtention de ces données, qui donneront une légitimité pour considérer l'empreinte olfactive humaine comme une donnée biométrique, représente

dès lors, un véritable challenge pour la communauté en recherche forensique...

Pour en savoir plus

- Bernier UR, Kline DL, Barnard DR, Schreck CE & Yost RA (2000) Analysis of human skin emanations by gas chromatography/mass spectrometry. 2. Identification of volatile compounds that are candidate attractants for the yellow fever mosquito (*Aedes aegypti*). *Anal Chem* 72:747-756.
- Curran AM, Rabin SI & Furton KG (2005) Analysis of the uniqueness and persistence of human scent. *Forensic Science Community* 7.
- Cuzuel V, Cognon G, Rivals I, Sauleau C, Heulard F, Thiebaut D & Vial J (2017a) Origin, Analytical Characterization, and Use of Human Odor in Forensics. *J Forensic Sci* 62:330-350.
- Cuzuel V, Portas E, Cognon G, Rivals I, Heulard F, Thiebaut D & Vial J (2017b) Sampling method development and optimization in view of human hand odor analysis by thermal desorption coupled with gas chromatography and mass spectrometry. *Anal Bioanal Chem* 409:5113-5124.
- Cuzuel V, Leconte R, Cognon G, Thiebaut D, Vial J, Sauleau C & Rivals I (2018) Human odor and forensics: Towards Bayesian suspect identification using GCxGC-MS characterization of hand odor. *J Chromatogr B Analyt Technol Biomed Life Sci* 1092:379-385.
- Decreau RA, Marson CM, Smith KE & Behan JM (2003) Production of malodorous steroids from androsta-5,16-dienes and androsta-4,16-dienes by *Corynebacteria* and other human axillary bacteria. *J Steroid Biochem Mol Biol* 87:327-336.
- Dormont L, Bessiere JM & Cohuet A (2013) Human skin volatiles: a review. *J Chem Ecol* 39:569-578.
- Ferry B, Ensminger JJ, Schoon A, Bobrovskij Z, Cant D, Gawkowski M, Hormila I, Kos P, Less F, Rodionova E, Sulimov KT, Woidtke L & Jezierski T (2019) Scent lineups compared across eleven countries: Looking for the future of a controversial forensic technique. *Forensic Sci Int* 302:109895.
- Fierera N, Hamadyc M, Lauberb C & Knight R (2008) The influence of sex, handedness and washing on the diversity of hand surface bacteria. *Proc Natl Acad Sci U S A* 105:17994-17999.
- Gao Z, Tseng CH, Pei Z & Blaser MJ (2007) Molecular analysis of human forearm superficial skin bacterial biota. *Proc Natl Acad Sci U S A* 104:2927-2932.
- Grice EA, Kong HH, Conlan S, Deming CB, Davis J, Young AC, Bouffard GG, Blakesley RW, Murray PR, Green ED, Turner ML & Segre JA (2009) Topographical and temporal diversity of the human skin microbiome. *Science* 324:1190-1192.
- James AG, Hyliands D & Johnston H (2004) Generation of volatile fatty acids by axillary bacteria. *Int J Cosmet Sci* 26:149-156.
- Jaworska J, Rapacz-Leonard A, Janowski T & Jezierski T (2017) Does the major histocompatibility complex influence choice of mate in humans and other mammals? – a review. *Animal Science papers and reports* 35:107-122.
- Kalmus H (1955) The discrimination by the nose of the dog of individual human odours and in particular of the odours of twins. *British Journal of Animal Behavior* 3:25-31.
- Labows JN, Reilly J, Leyden JJ & Preti G (1999) Axillary Odor: Determination, Formation and Odor Control. Laden K, editor. *Antiperspirants and Deodorants*. New York: Marcel Dekker 20:53-83.
- Locard E (1934) *La police et les méthodes scientifiques*. Paris, France: Éditions Rieber.
- Marchal S, Bregeras O, Puaux D, Gervais R & Ferry B (2016) Rigorous Training of Dogs Leads to High Accuracy in Human Scent Matching-To-Sample Performance. *PLoS One* 11:e0146963.
- Natsch A, Gfeller H, Gygax P, Schmid J & Acuna G (2003) A specific bacterial aminoacylase cleaves odorant precursors secreted in the human axilla. *J Biol Chem* 278:5718-5727.
- Nicolaides N (1974) Skin lipids: their biochemical uniqueness. *Science* 186:19-26.
- Pablo G, Hammons A, Bradley S & Fulton JE, Jr. (1974) Characteristics of the extracellular lipases from *Corynebacterium acnes* and *Staphylococcus epidermidis*. *J Invest Dermatol* 63:231-238.
- Pinc L, Bartos L, Reslova A & Kotrba R (2011) Dogs discriminate identical twins. *PLoS One* 6:e20704.
- Prada PA, Curran AM & Furton KG (2011) The evaluation of human hand odor volatiles on various textiles: a comparison between contact and noncontact sampling methods. *J Forensic Sci* 56:866-881.
- Rennie PJ, Gower DB & Holland KT (1991) In-vitro and in-vivo studies of human axillary odour and the cutaneous microflora. *Br J Dermatol* 124:596-602.

- Roberts SC, Gosling LM, Spector TD, Miller P, Penn DJ & Petrie M (2005) Body odor similarity in noncohabiting twins. *Chem Senses* 30:651-656.
- Robertshaw D (1974) Neural and Humoral Control of Apocrine Glands. *Journal of Investigative Dermatology* 63:160-167.
- Rogowski M (2001) A case of two osmological experts reports compiled several years after securing of material evidence. From the Questions of Judicial Sciences M Rodowski editor 48.
- Romanes GJ (1887) Experiments on the sens of smell in dogs. *Nature* 36:273-274.
- Schoon GA, De Bruin JC (1994) The ability of dogs to recognize and cross-match human odours. *Forensic Sci Int* 69:111-118.
- Schoon GA (1996) Scent identification lineups by dogs (*canis familiaris*): experimental design and forensic application. *Applied Animal Behaviour Science* 43:70-75.
- Schoon GA (1998) A first assessment of the reliability of an improved scent identification line-up. *J Forensic Sci* 43:70-75.
- Schoon GA (2005) The effect of the ageing of crime scene objects on the results of scent identification line-ups using trained dogs. *Forensic Sci Int* 147:43-47.
- Simehoff ML, Burke JF, Saukkonen JJ, Ordinario AT & Doty RL (1977) Biochemical profile of uremic breath New England. *Journal of Medicine* 297:132-135.
- Smith KR, Thiboutot DM (2008) Thematic review series: skin lipids. Sebaceous gland lipids: friend or foe? *Journal of Lipid Research* 49:271-281.
- Wilke K, Martin A, Terstegen L & Biel SS (2007) A short history of sweat gland biology. *International Journal of Cosmetic Science* 29:169-179.

