

UNIVERSITÉ TOULOUSE III – PAUL SABATIER
FACULTÉ DE SANTÉ

ANNÉE 2024

2024 TOU3 1627

THÈSE

POUR LE DIPLÔME D'ÉTAT DE DOCTEUR EN MÉDECINE
MÉDECINE SPÉCIALISÉE CLINIQUE

Présentée et soutenue publiquement

par

Lise PESTOURIE

Le 11 octobre 2024

DÉTECTION D'ECCHYMOSES INFRACLINIQUES PAR UNE
"ALTERNATE LIGHT SOURCE" : REVUE SYSTÉMATIQUE DE LA
LITTÉRATURE

Directeur de thèse : Pr Norbert TELMON

JURY

Monsieur le Professeur Frédéric SAVALL

Président

Monsieur le Professeur Norbert TELMON

Assesseur

Monsieur le Docteur Fabrice DEDOUIT

Assesseur

Madame le Docteur Céline GUILBEAU-FRUGIER

Suppléant

FACULTE DE SANTÉ

Département Médecine, Maïeutique et Paramédical

Doyen - Directeur: Pr Thomas GEERAERTS

Tableau du personnel Hospitalo-Universitaire de médecine

2023-2024

Professeurs Honoraires

Doyen Honoraire	M. CHAP Hugues	Professeur Honoraire	M. GERAUD Gilles
Doyen Honoraire	M. GUIRAUD-CHAUMEIL Bernard	Professeur Honoraire	M. GHISOLFI Jacques
Doyen Honoraire	M. PUEL Pierre	Professeur Honoraire	M. GLOCK Yves
Doyen Honoraire	M. ROUGE Daniel	Professeur Honoraire	M. GOUZI Jean-Louis
Doyen Honoraire	M. SERRANO Elle	Professeur Honoraire	M. GRAND Alain
Doyen Honoraire	M. VINEL Jean-Pierre	Professeur Honoraire	M. HOFF Jean
Professeur Honoraire	M. ABBAL Michel	Professeur Honoraire	M. JOFFRE Francis
Professeur Honoraire	M. ADER Jean-Louis	Professeur Honoraire	M. LAGARRIGUE Jacques
Professeur Honoraire	M. ADOUE Daniel	Professeur Honoraire	M. LANG Thierry
Professeur Honoraire	M. ARBUS Louis	Professeur Honoraire	Mme LARENG Marie-Blanche
Professeur Honoraire	M. ARLET Philippe	Professeur Honoraire	M. LAROCHE Michel
Professeur Honoraire	M. ARLET-SUAU Elisabeth	Professeur Honoraire	M. LAUQUE Dominique
Professeur Honoraire	M. ARNE Jean-Louis	Professeur Honoraire	M. LAURENT Guy
Professeur Honoraire	M. ATTAL Michel	Professeur Honoraire	M. LAZORTHES Franck
Professeur Honoraire	M. BARRET André	Professeur Honoraire	M. LEOPHONTE Paul
Professeur Honoraire	M. BARTHE Philippe	Professeur Honoraire	M. MAGNAVAL Jean-François
Professeur Honoraire	M. BAYARD Francis	Professeur Honoraire	M. MALECAZE François
Professeur Honoraire	M. BLANCHER Antoine	Professeur Honoraire	M. MANELFE Claude
Professeur Honoraire	M. BOCCALON Henri	Professeur Honoraire	M. MANSAT Michel
Professeur Honoraire	M. BONAFE Jean-Louis	Professeur Honoraire	M. MARCHOU Bruno
Professeur Honoraire	M. BONEU Bernard	Professeur Honoraire	M. MASSIP Patrice
Professeur Honoraire	M. BONNEVILLE Paul	Professeur Honoraire	Mme MARTY Nicole
Professeur Honoraire	M. BOSSAVY Jean-Pierre	Professeur Honoraire	M. MAZIERES Bernard
Professeur Honoraire	M. BOUNHOURE Jean-Paul	Professeur Honoraire	M. MONROZIES Xavier
Professeur Honoraire	M. BOUTAULT Franck	Professeur Honoraire	M. MONTASTRUC Jean-Louis
Professeur Honoraire Associé	M. BROS Bernard	Professeur Honoraire	M. MOSCOVICI Jacques
Professeur Honoraire	M. BUGAT Roland	Professeur Honoraire	M. MURAT
Professeur Honoraire	M. BUJAN Louis	Professeur Honoraire associé	M. NICODEME Robert
Professeur Honoraire	M. CAHUZAC Jean-Philippe	Professeur Honoraire	M. OLIVES Jean-Pierre
Professeur Honoraire	M. CALVAS Patrick	Professeur Honoraire	M. PARINAUD Jean
Professeur Honoraire	M. CARATERO Claude	Professeur Honoraire	M. PASCAL Jean-Pierre
Professeur Honoraire	M. CARLES Pierre	Professeur Honoraire	M. PERRET Bertrand
Professeur Honoraire	M. CARON Philippe	Professeur Honoraire	M. PESSEY Jean-Jacques
Professeur Honoraire	M. CARRIERE Jean-Paul	Professeur Honoraire	M. PLANTE Pierre
Professeur Honoraire	M. CARTON Michel	Professeur Honoraire	M. PONTONNIER Georges
Professeur Honoraire	M. CATHALA Bernard	Professeur Honoraire	M. POURRAT Jacques
Professeur Honoraire	M. CHABANON Gérard	Professeur Honoraire	M. PRADERE Bernard
Professeur Honoraire	M. CHAMONTIN Bernard	Professeur Honoraire	M. PRIS Jacques
Professeur Honoraire	M. CHAVOIN Jean-Pierre	Professeur Honoraire	Mme PUEL Jacqueline
Professeur Honoraire	M. CHIRON Philippe	Professeur Honoraire	M. PUJOL Michel
Professeur Honoraire	M. CLANET Michel	Professeur Honoraire	M. QUERLEU Denis
Professeur Honoraire	M. CONTE Jean	Professeur Honoraire	M. RAILHAC Jean-Jacques
Professeur Honoraire	M. COSTAGLIOLA Michel	Professeur Honoraire	M. REGNIER Claude
Professeur Honoraire	M. COTONAT Jean	Professeur Honoraire	M. REME Jean-Michel
Professeur Honoraire	M. DABERNAT Henri	Professeur Honoraire	M. RISCHMANN Pascal
Professeur Honoraire	M. DAHAN Marcel	Professeur Honoraire	M. RIVIERE Daniel
Professeur Honoraire	M. DALOUS Antoine	Professeur Honoraire	M. ROCHE Henri
Professeur Honoraire	M. DALY-SCHVEITZER Nicolas	Professeur Honoraire	M. ROCHICCIOLI Pierre
Professeur Honoraire	M. DAVID Jean-Frédéric	Professeur Honoraire	M. ROLLAND Michel
Professeur Honoraire	Mme DELISLE Marie-Bernadette	Professeur Honoraire	M. ROQUES-LATRILLE Christian
Professeur Honoraire	M. DELSOL Georges	Professeur Honoraire	M. ROUGE Daniel
Professeur Honoraire	Mme DIDIER Jacqueline	Professeur Honoraire	M. RUMEAU Jean-Louis
Professeur Honoraire	M. DUCOS Jean	Professeur Honoraire	M. SALVADOR Michel
Professeur Honoraire	M. DUFFAUT Michel	Professeur Honoraire	M. SALVAYRE Robert
Professeur Honoraire	M. DUPRE M.	Professeur Honoraire	M. SARRAMON Jean-Pierre
Professeur Honoraire	M. DURAND Dominique	Professeur Honoraire	M. SCHMITT Laurent
Professeur Honoraire associé	M. DUTAU Guy	Professeur Honoraire	M. SERRE Guy
Professeur Honoraire	M. ESCOURROU Jean	Professeur Honoraire	M. SIZUN Jacques
Professeur Honoraire	M. ESQUERRE Jean-Paul	Professeur Honoraire	M. SIMON Jacques
Professeur Honoraire	M. FABIÉ Michel	Professeur Honoraire	M. SUC Jean-Michel
Professeur Honoraire	M. FABRE Jean	Professeur Honoraire	M. THOUVENOT Jean-Paul
Professeur Honoraire	M. FOURNIAL Gérard	Professeur Honoraire	M. TREMOULET Michel
Professeur Honoraire	M. FOURNIE Bernard	Professeur Honoraire	M. VALDIGUIE Pierre
Professeur Honoraire	M. FOURTANIER Gilles	Professeur Honoraire	M. VAYSSE Philippe
Professeur Honoraire	M. FRAYSSE Bernard	Professeur Honoraire	M. VIRENQUE Christian
Professeur Honoraire	M. FREXINOS Jacques	Professeur Honoraire	M. VOIGT Jean-Jacques
Professeur Honoraire	Mme GENESTAL Michèle		

Professeurs Emérites

Professeur BUJAN Louis

 Professeur CARON Philippe

 Professeur CHAP Hugues

 Professeur FRAYSSE Bernard

 Professeur LANG Thierry

Professeur LAROCHE Michel

 Professeur LAUQUE Dominique

 Professeur MAGNAVAL Jean-François

 Professeur MARCHOU Bruno

 Professeur MESTHE Pierre

Professeur MONTASTRUC Jean-Louis

 Professeur PARINI Angelo

 Professeur PERRET Bertrand

 Professeur ROQUES LATRILLE Christian

 Professeur SERRE Guy

Professeur SIZUN Jacques

 Professeur VIRENQUE Christian

 Professeur VINEL Jean-Pierre

Mise à jour le 14/05/2024

FACULTE DE SANTE
Département Médecine, Maïeutique et Paramédical

P.U. - P.H.
Classe Exceptionnelle et 1ère classe

M. ACAR Philippe	Pédiatrie	Mme LAPRIE Anne	Radiothérapie
M. ACCADBLE Franck (C.E)	Chirurgie infantile	M. LARRUE Vincent	Neurologie
M. ALRIC Laurent (C.E)	Médecine Interne	M. LAUQUE Dominique (C.E)	Médecine d'Urgence
M. AMAR Jacques (C.E)	Thérapeutique	Mme LAURENT Camille	Anatomie Pathologique
Mme ANDRIEU Sandrine	Epidémiologie, Santé publique	M. LAUWERS Frédéric	Chirurgie maxillo-faciale
M. ARBUS Christophe	Psychiatrie	M. LE CAIGNEC Cédric	Génétique
M. ARNAL Jean-François (C.E)	Physiologie	M. LEVADE Thierry (C.E)	Biochimie
M. AUSSEIL Jérôme	Biochimie et biologie moléculaire	M. LIBLAU Roland (C.E)	Immunologie
M. AVET-LOISEAU Hervé (C.E)	Hématologie, transfusion	M. MALAVAUD Bernard (C.E)	Urologie
M. BERRY Antoine (C.E.)	Parasitologie	M. MANSAT Pierre (C.E)	Chirurgie Orthopédique
Mme BERRY Isabelle (C.E)	Biophysique	M. MARCHEIX Bertrand	Chirurgie thoracique cardiovasculaire
M. BIRMES Philippe	Psychiatrie	M. MARQUE Philippe (C.E)	Médecine Physique et Réadaptation
M. BONNEVILLE Nicolas	Chirurgie orthopédique et traumatologique	M. MARTIN-BONDEL Guillaume	Maladies infectieuses, maladies tropicales
M. BONNEVILLE Fabrice	Radiologie	M. MAS Emmanuel	Pédiatrie
M. BROUCHET Laurent	Chirurgie thoracique et cardio-vasculaire	M. MAURY Jean-Philippe (C.E)	Cardiologie
M. BROUSSET Pierre (C.E)	Anatomie pathologique	Mme MAZEREUW Juliette	Dermatologie
Mme BURA-RIVIERE Alessandra (C.E)	Médecine Vasculaire	M. MAZIERES Julien (C.E)	Pneumologie
M. BUREAU Christophe (C.E.)	Hépatogastro-entérologie	M. MINVILLE Vincent (C.E.)	Anesthésiologie Réanimation
M. BUSCAIL Louls (C.E)	Hépatogastro-entérologie	M. MOLINIER Laurent (C.E)	Epidémiologie, Santé Publique
M. CANTAGREL Alain (C.E)	Rhumatologie	M. MOYAL Elisabeth (C.E)	Cancérologie
M. CARRERE Nicolas	Chirurgie Générale	M. MUSCARI Fabrice	Chirurgie Digestive
M. CARRIE Didier (C.E)	Cardiologie	Mme NOURHABHEMI Fatemeh (C.E)	Gériatrie
M. CHAIX Yves	Pédiatrie	M. OLIVOT Jean-Marc	Neurologie
Mme CHANTALAT Elodie	Anatomie	M. OSWALD Eric (C.E)	Bactériologie-Virologie
M. CHAPUT Benoit	Chirurgie plastique	M. PAGES Jean-Christophe	Biologie cellulaire
Mme CHARPENTIER Sandrine (C.E)	Médecine d'urgence	M. PARIENTE Jérémie	Neurologie
M. CHAUFOUR Xavier (C.E.)	Chirurgie Vasculaire	M. PAUL Carle (C.E)	Dermatologie
M. CHAUCHEAU Dominique	Néphrologie	M. PAYOUX Pierre (C.E)	Biophysique
M. CHAYNES Patrick	Anatomie	M. PAYRASTRE Bernard (C.E)	Hématologie
M. CHOLLET François (C.E)	Neurologie	M. PERON Jean-Marie (C.E)	Hépatogastro-entérologie
M. CONSTANTIN Arnaud	Rhumatologie	Mme PERROT Aurore	Physiologie
M. COURBON Frédéric (C.E)	Biophysique	M. RASCOL Olivier (C.E)	Pharmacologie
Mme COURTADE SAIDI Monique (C.E)	Histologie Embryologie	Mme RAUZY Odile (C.E.)	Médecine Interne
M. DAMBRIN Camille	Chir. Thoracique et Cardiovasculaire	M. RAYNAUD Jean-Philippe (C.E)	Psychiatrie Infantile
M. DE BOISSEZON Xavier	Médecine Physique et Réadapt Fonct.	M. RECHER Christian(C.E)	Hématologie
M. DEGUINE Olivier (C.E)	Oto-rhino-laryngologie	M. RITZ Patrick (C.E)	Nutrition
M. DELABESSE Eric	Hématologie	M. ROLLAND Yves (C.E)	Gériatrie
M. DELOBEL Pierre	Maladies Infectieuses	M. RONCALLI Jérôme	Cardiologie
M. DELORD Jean-Pierre (C.E)	Cancérologie	M. ROUSSEAU Hervé (C.E)	Radiologie
M. DIDIER Alain (C.E)	Pneumologie	M. ROUX Franck-Emmanuel (C.E.)	Neurochirurgie
M. DUCOMMUN Bernard	Cancérologie	M. SAILLER Laurent (C.E)	Médecine Interne
Mme DULY-BOUHANICK Béatrice (C.E)	Thérapeutique	M. SALES DE GAUZY Jérôme (C.E)	Chirurgie Infantile
M. ELBAZ Meyer	Cardiologie	M. SALLES Jean-Pierre (C.E)	Pédiatrie
Mme EVRRARD Solène	Histologie, embryologie et cytologie	M. SANS Nicolas	Radiologie
M. FERRIERES Jean (C.E)	Epidémiologie, Santé Publique	Mme SAVAGNER Frédérique	Biochimie et biologie moléculaire
M. FOURCADE Olivier (C.E)	Anesthésiologie	Mme SELVES Janick (C.E)	Anatomie et cytologie pathologiques
M. FOURNIÉ Pierre	Ophtalmologie	M. SENARD Jean-Michel (C.E)	Pharmacologie
M. GALINIER Michel (C.E)	Cardiologie	M. SERRANO Elle (C.E)	Oto-rhino-laryngologie
M. GAME Xavier (C.E)	Urologie	M. SOL Jean-Christophe	Neurochirurgie
Mme GARDETTE Virginie	Epidémiologie, Santé publique	M. SOLER Vincent	Ophtalmologie
Mme GASCOIN Géraldine	Pédiatrie	Mme SOMMET Agnès	Pharmacologie
M. GEERAERTS Thomas	Anesthésiologie et réanimation	Mme SOTO-MARTIN Maria-Eugénia	Gériatrie et biologie du vieillissement
Mme GOMEZ-BROUCHET Anne-Muriel (C.E)	Anatomie Pathologique	M. SOULAT Jean-Marc (C.E)	Médecine du Travail
M. GOURDY Pierre (C.E)	Endocrinologie	M. SOULIE Michel (C.E)	Urologie
M. GROLLEAU RAOUX Jean-Louis (C.E)	Chirurgie plastique	M. SUC Bertrand	Chirurgie Digestive
Mme GUIMBAUD Rosine	Cancérologie	Mme TAUBER Marie-Thérèse (C.E)	Pédiatrie
Mme HANAIRE Hélène (C.E)	Endocrinologie	M. TELMON Norbert (C.E)	Médecine Légale
M. HUYGHE Eric	Urologie	Mme TREMOLIERES Florence (C.E.)	Biologie du développement
M. IZOPET Jacques (C.E)	Bactériologie-Virologie	Mme URO-COSTE Emmanuelle (C.E)	Anatomie Pathologique
M. KAMAR Nassim (C.E)	Néphrologie	M. VAYSSIÈRE Christophe (C.E)	Gynécologie Obstétrique
Mme LAMANT Laurence (C.E)	Anatomie Pathologique	M. VELLAS Bruno (C.E)	Gériatrie
M. LANGIN Dominique (C.E)	Nutrition	M. VERGEZ Sébastien	Oto-rhino-laryngologie

P.U. Médecine générale
Mme DUPOUY Julie
M. OUSTRIC Stéphane (C.E)
Mme ROUGE-BUGAT Marie-Eve

FACULTE DE SANTE
Département Médecine, Maïeutique et Paramédical

MCU - PH

Mme ABRAVANEL Florence	Bactériologie Virologie Hygiène	M. GASQ David	Physiologie
M. APOIL Pol Andre	Immunologie	M. GATIMEL Nicolas	Médecine de la reproduction
Mme ARNAUD Catherine	Epidémiologie	Mme GENNERO Isabelle	Biochimie
Mme AUSSEIL-TRUDEL Stéphanie	Biochimie	Mme GENOUX Annelise	Biochimie et biologie moléculaire
Mme BASSET Céline	Cytologie et histologie	Mme GRARE Marlon	Bactériologie Virologie Hygiène
Mme BELLIERES-FABRE Julie	Néphrologie	Mme GUILBEAU-FRUGIER Céline	Médecine légale et droit de la santé
Mme BENEVENT Justine	Pharmacologie fondamentale	Mme GUYONNET Sophie	Nutrition
Mme BERTOLI Sarah	Hématologie, transfusion	M. HAMDJ Safouane	Biochimie
M. BIETH Eric	Génétique	Mme HITZEL Anne	Biophysique
Mme BOST Chloé	Immunologie	M. HOSTALRICH Aurélien	Chirurgie vasculaire
Mme BOUNES Fanny	Anesthésie-Réanimation	M. IRIART Xavier	Parasitologie et mycologie
Mme BREHIN Camille	Pneumologie	Mme JONCA Nathalie	Biologie cellulaire
M. BUSCAIL Etienne	Chirurgie viscérale et digestive	M. KARSENTY Clément	Cardiologie
Mme CAMARE Caroline	Biochimie et biologie moléculaire	M. LAPEBIE François-Xavier	Médecine vasculaire
Mme CANTERO Anne-Valérie	Biochimie	Mme LAPEYRE-MESTRE Maryse	Pharmacologie
Mme CARFAGNA Luana	Pédiatrie	M. LEPAGE Benoit	Biostatistiques et informatique médicale
Mme CASPAR BAUGUIL Sylvie	Nutrition	M. LHOMME Sébastien	Bactériologie-virologie
Mme CASSAGNE Myriam	Ophtalmologie	Mme MASSIP Clémence	Bactériologie-virologie
Mme CASSAING Sophie	Parasitologie	Mme MAULAT Charlotte	Chirurgie digestive
Mme CASSOL Emmanuelle	Biophysique	Mme MAUPAS SCHWALM Française	Biochimie
M. CHASSAING Nicolas	Génétique	M. MONTASTRUC François	Pharmacologie
M. CLAVEL Cyril	Biologie Cellulaire	Mme MOREAU Jessica	Biologie du dév. Et de la reproduction
Mme COLOMBAT Magali	Anatomie et cytologie pathologiques	Mme MOREAU Marlon	Physiologie
M. COMONT Thibault	Médecine Interne	M. MOULIS Guillaume	Médecine Interne
M. CONGY Nicolas	Immunologie	Mme NOGUEIRA Marta Léonor	Biologie Cellulaire
Mme COURBON Christine	Pharmacologie	Mme PERICART Sarah	Anatomie et cytologie pathologiques
M. CUROT Jonathan	Neurologie	M. PILLARD Fabien	Physiologie
Mme DAMASE Christine	Pharmacologie	Mme PLAISANCIE Julie	Génétique
Mme DE GLISEZINSKY Isabelle	Physiologie	Mme PUISSANT Bénédicte	Immunologie
M. DEDOUIT Fabrice	Médecine Légale	Mme QUELVEN Isabelle	Biophysique et médecine nucléaire
M. DEGBOE Yannick	Rhumatologie	Mme RAYMOND Stéphanie	Bactériologie Virologie Hygiène
M. DELMAS Clément	Cardiologie	Mme RIBES-MAUREL Agnès	Hématologie
M. DELPLA Pierre-André	Médecine Légale	Mme SABOURDY Frédérique	Biochimie
M. DESPAS Fabien	Pharmacologie	Mme SALLES Juliette	Psychiatrie adultes/Addictologie
M. DUBOIS Damien	Bactériologie Virologie Hygiène	Mme SAUNE Karine	Bactériologie Virologie
Mme ESQUIROL Yolande	Médecine du travail	Mme SIEGFRIED Aurore	Anatomie et cytologie pathologiques
Mme FABBRI Margherita	Neurologie	Mme TRAMUNT Blandine	Endocrinologie, diabète
Mme FILLAUX Judith	Parasitologie	M. TREINER Emmanuel	Immunologie
Mme FLOCH Pauline	Bactériologie-Virologie	Mme VALLET Marlon	Physiologie
Mme GALINIER Anne	Nutrition	M. VERGEZ François	Hématologie
M. GANTET Pierre	Biophysique	Mme VIJA Lavinia	Biophysique et médecine nucléaire

M.C.U. Médecine générale

M. BRILLAC Thierry
M. CHICOUAA Bruno
M. ESCOURROU Emile
Mme GIMENEZ Laetitia

Maîtres de Conférence Associés

M.C.A. Médecine Générale

Mme BOURGEOIS Odile
Mme BOUSSIER Nathalie
Mme DURRIEU Florence
Mme FRANZIN Emilie
M. GACHIES Hervé
M. PEREZ Denis
M. PIPONNIER David
Mme PUECH Marielle
M. SAVIGNAC Florian

FACULTE DE SANTE
Département Médecine, Maïeutique et Paramédical

P.U. - P.H. 2ème classe	Professeurs Associés
M. ABBO Olivier	Chirurgie Infantile
Mme BONGARD Vanina	Epidémiologie, Santé publique
M. BOUNES Vincent	Médecine d'urgence
Mme BOURNET Barbara	Gastro-entérologie
Mme CASPER Charlotte	Pédiatrie
M. CAVAINAC Etienne	Chirurgie orthopédique et traumatologie
M. COGNARD Christophe	Radiologie
Mme CORRE Jill	Hématologie
Mme DALENC Florence	Cancérologie
M. DE BONNECAZE Guillaume	Anatomie
M. DECRAMER Stéphane	Pédiatrie
Mme DUPRET-BORIES Agnès	Oto-rhino-laryngologie
M. EDOUARD Thomas	Pédiatrie
M. FAGUER Stanislas	Néphrologie
Mme FARUCH BILFELD Marie	Radiologie et imagerie médicale
M. FRANCHITTO Nicolas	Addictologie
M. GARRIDO-STÓWHAS Ignacio	Chirurgie Plastique
M. GUERBY Paul	Gynécologie-Obstétrique
M. GUIBERT Nicolas	Pneumologie
M. GUILLEMINAULT Laurent	Pneumologie
M. HOUZE-CERFON	Médecine d'urgence
M. HERIN Fabrice	Médecine et santé au travail
M. LAIREZ Olivier	Biophysique et médecine nucléaire
M. LEANDRI Roger	Biologie du dével. et de la reproduction
M. LHERMUSIER Thibault	Cardiologie
M. LOPEZ Raphael	Anatomie
Mme MARTINEZ Alejandra	Gynécologie
M. MARX Mathieu	Oto-rhino-laryngologie
M. MEYER Nicolas	Dermatologie
Mme MOKRANE Fatima	Radiologie et imagerie médicale
Mme MONTASTIER Emille	Nutrition
Mme PASQUET Marlène	Pédiatrie
M. PIAU Antoine	Médecine interne
M. PORTIER Guillaume	Chirurgie Digestive
M. PUGNET Grégory	Médecine interne
M. REINA Nicolas	Chirurgie orthopédique et traumatologique
M. RENAUDINEAU Yves	Immunologie
M. REVET Alexis	Pédo-psychiatrie
M. ROUMIGUIE Mathieu	Urologie
Mme RUYSSSEN-WITRAND Adeline	Rhumatologie
M. SAVALL Frédéric	Médecine légale
M. SILVA SIFONTES Stein	Réanimation
M. TACK Ivan	Physiologie
Mme VAYSSE Charlotte	Cancérologie
Mme VEZZOSI Delphine	Endocrinologie
M. YRONDI Antoine	Psychiatrie
M. YSEBAERT Loïc	Hématologie
	Professeurs Associés de Médecine Générale
	M. ABITTEBOUL Yves
	M. BIREBENT Jordan
	M. BOYER Pierre
	Mme FREYENS Anne
	Mme IRI-DELAHAYE Motoko
	Mme LATROUS Lella
	M. POUTRAIN Jean-Christophe
	M. STILLMUNKES André
	Professeurs Associés Honoraires
	Mme MALAUAUD Sandra
	Mme PAVY LE TRAON Anne
	M. SIBAUD Vincent
	Mme WOISARD Virginie

REMERCIEMENTS

Je tiens à adresser mes remerciements à mon jury de thèse,

Monsieur le Professeur Frédéric Savall, pour ses conseils et sa disponibilité au cours de la réalisation de ce travail, mais également tout au long de mon internat.

Monsieur le Professeur Norbert Telmon, pour ses enseignements, sa disponibilité et ses encouragements.

Monsieur le Docteur Fabrice Dedouit, pour son aide et ses conseils avisés prodigués au cours de ce travail.

Madame le Docteur Céline Guilbeau-Frugier, pour son accompagnement, sa bienveillance et ses enseignements précieux au cours de mon internat.

Je tiens également à adresser mes remerciements à tous les médecins qui m'ont accompagnée au cours de mon internat,

Au Docteur Rémi Costagliola, pour ses encouragements, sa conversation, et pour m'avoir permis d'enrichir ma bibliothèque médico-légale.

Au Docteur Alain Abravanel, pour ses enseignements, son humour et sa bienveillance.

Aux Docteur Marion Vergnault, Docteur Marie-Lise Rémy, Docteur Julia Lemarchand, Docteur Jeanne Serin pour leurs enseignements et leur bonne humeur. Aux Docteur Anthony Blanc, Docteur David Gainza, Docteur Florent Trape, Docteur Pierre-André Delpla, pour leur accompagnement et leurs enseignements.

REMERCIEMENTS

À Agathe, Eulalie et Mathilde pour toutes les connaissances que vous m'avez transmises, pour votre humour, votre soutien et votre gentillesse. Ces quelques mots ne sauraient exprimer toute ma reconnaissance.

À mes co-internes légistes et collègues d'hier et d'aujourd'hui, Noémie, Romane, Claire, Clémentine, Enora, Emeline, Juliette, Viviane, Maëva, Anthony, Ryan. Merci pour nos conversations, nos rires partagés et votre bonne humeur.

À Chloé ma voisine d'externat, de Provence à Toulouse, en passant par Montpellier, pour nos conversations et ta gentillesse.

À toute l'équipe de l'UMJ et de l'IML de Toulouse,
À Madame Brunel, pour son professionnalisme et pour les phasmes.

À Muriel et Mathieu, pour votre gentillesse, votre humour et votre bonne humeur à toute épreuve. Muriel, merci pour ton soutien indéfectible au cours de ces années d'internat, et pour ces voyages en transport en commun qui se sont toujours déroulés sans aucun problème technique...

À Rémi, Marie, Nathalie, Annie, Cindy, Louise, Nora, Laurie, Marine, Sophie, Chadia, Edith, Émilie, Magali, Brice, Sylvie, Sabine, Eva, Helen, Colette, Pauline, Ana, Sarah, Stéphanie, Joy, Marie, Vanessa, Valéry, Babé, Olivier et tous ceux que je n'aurais pas cités, merci pour votre bonne humeur, c'est un plaisir de travailler avec vous.

Aux équipes des urgences psychiatriques de l'hôpital Purpan, du Centre de santé sexuelle de Toulouse et de la PMI de Colomiers, pour leur accueil et leurs enseignements.

REMERCIEMENTS

À Héloïse et Stéphanie, pour leur amitié et leur soutien depuis toutes ces années.

À ma famille,

Maman, merci pour ton amour, ton soutien, pour avoir toujours cru en moi, et pour tout le reste.

Papa, merci pour tout ce que tu m'as transmis, et pour tes encouragements depuis toujours.

À mes grands frères et sœurs, pour m'avoir fait grandir et avoir toujours été là pour moi (et pour m'avoir appris la Bombation),

Olivier le plus grand des grands frères, merci pour ta relecture attentive de ce travail et pour tout le reste, Alexandre, pour m'avoir fait réciter mes poésies, Romain, pour m'avoir accompagnée dans le couloir quand il faisait « tout nuit ». (Ne comptez pas trop sur l'Aston Martin et la Maserati malgré tout...).

À Isabelle, pour ton amour grenouillesque, À Nicolas et Audrey, pour votre soutien et votre bienveillance.

À Guillaume,

À mes neveux et à mes nièces,

À Dixy,

À Mamie, pour tout ce que tu as fait pour moi.

TABLE DES MATIERES

LISTE DES FIGURES ET TABLEAUX.....	11
LISTE DES ABREVIATIONS.....	12
1. INTRODUCTION.....	13
1.1. <u>Contexte de l'étude.....</u>	13
1.2. <u>Le spectre électromagnétique et les interactions lumière-matière.....</u>	15
1.3. <u>L'utilisation d'Alternate light sources dans le domaine judiciaire.....</u>	17
1.4. <u>Les propriétés optiques de la peau.....</u>	19
1.5. <u>Objectifs de la revue.....</u>	19
2. MATERIEL ET METHODES.....	21
2.1. <u>Stratégie de recherche.....</u>	21
2.2. <u>Sélection des études.....</u>	21
2.3. <u>Evaluation de la qualité méthodologique des études.....</u>	22
2.4. <u>Extraction des données.....</u>	22
3. RESULTATS.....	23
3.1. <u>Sélection des études.....</u>	23
3.2. <u>Evaluation de la qualité méthodologique.....</u>	24
3.3. <u>Caractéristiques des études.....</u>	24
3.4. <u>Synthèse des résultats des études sélectionnées.....</u>	30
3.4.1. <u>Capacités de détection chez des individus de carnations foncées..</u>	33
3.4.2. <u>Capacités de détection en fonction du temps.....</u>	33
4. DISCUSSION.....	36
4.1. <u>Résultats principaux : la pratique et la théorie.....</u>	36
4.2. <u>Forces et limites de la revue systématique.....</u>	40
4.2.1. <u>Qualité des études.....</u>	41
4.3. <u>Comparaison avec la littérature existante.....</u>	43
4.4. <u>Perspectives.....</u>	48
4.4.1. <u>Pistes pour la recherche future.....</u>	48
4.4.2. <u>La détection des lésions traumatiques infracliniques par d'autres examens paracliniques.....</u>	49
5. CONCLUSION.....	51

BIBLIOGRAPHIE.....	52
ANNEXES.....	57
Annexe 1.....	57-58
Annexe 2.....	59
Annexe 3.....	60
Annexe 4.....	61
Annexe 5.....	62
Annexe 6.....	63

LISTE DES FIGURES ET TABLEAUX

Figure 1 - Illustration du spectre électromagnétique [14].....	15
Figure 2 - Schématisation des interactions lumière-matière	16
Figure 3 - Schématisation de la conversion de la lumière absorbée en fluorescence ...	17
Figure 4 - Schématisation de la conversion de la lumière absorbée en fluorescence avec utilisation de lunettes filtrantes	17
Figure 5 - Les couches cutanées (image dans le domaine public) [23]	19
Figure 6 – Diagramme de flux.....	23
Tableau 1 - Caractéristiques des études.....	26-28
Tableau 2 - Conditions d'examens.....	29
Tableau 3 - Résultats principaux.....	35
Tableau 4 - Tableau comparatif des deux revues systématiques.....	47

LISTE DES ABREVIATIONS

ALS	Alternate light source / Alternative light source
CINAHL	Cumulated Index in Nursing and Allied Health Literature
CSS	Crime Scene Search
IMC	Indice de masse corporelle
IR	Infrarouge
H	Heure
J	Jour
N	Nombre
PRISMA-P	Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses Protocols
PVC	Polychlorure de vinyle
TDM	Tomodensitométrie
UV	Ultraviolet

Unités de mesure :

g	Gramme
m	Mètre
nm	Nanomètre

Codes pays :

AU	Australie
JP	Japon
NL	Pays-Bas
SG	Singapour
US	États-Unis

1. INTRODUCTION

1.1. Contexte de l'étude

Le médecin légiste joue un rôle prépondérant dans la prise en charge des victimes de violences volontaires et involontaires, notamment en ce qui concerne la recherche de preuves médico-légales.

Parmi les lésions tégumentaires les plus fréquemment observées lors de l'examen des victimes de violences interpersonnelles, on trouve les ecchymoses. Leur présence peut être un signe révélateur de maltraitance, en particulier chez les personnes vulnérables [1, 2].

Une ecchymose est une lésion généralement visible sous la forme d'une « tâche » colorée, résultant d'une extravasation de sang dans le derme et les tissus sous-cutanés, due à la rupture des vaisseaux et capillaires sanguins présents dans le derme et l'hypoderme [3, 4]. Elle apparaît généralement dans les heures ou jours suivant un traumatisme et évolue en forme et en couleur selon sa profondeur, et au fur et à mesure de sa guérison. Les variations de couleurs observées sont liées à la profondeur du saignement et à la couleur de l'hémoglobine (qui peut apparaître rouge, bleue, violette), ainsi qu'à ses produits de dégradation avant leur résorption (vert pour la biliverdine et jaune pour la bilirubine, en fonction de leur concentration au sein de l'ecchymose) [4, 5].

Les ecchymoses peuvent être d'origine traumatique, produites par mécanisme contondant, et fournissent des informations précieuses au médecin légiste concernant les circonstances d'un décès ou d'une agression. Leur présence peut constituer un élément de preuve pour la justice, en particulier lorsque leur localisation et leur apparence ont permis au médecin d'établir une compatibilité avec les faits allégués par une victime de violences.

Ces éléments peuvent être consignés dans un certificat médical, qui, lorsqu'il est établi à la demande de la victime, peut être produit en justice. Lorsqu'il est remis aux autorités sur réquisition judiciaire, il constitue un élément de la procédure pénale. En plus de contribuer à prouver la matérialité des faits, le certificat médical peut aider à déterminer le tribunal compétent pour juger l'auteur des violences. Il a également un

intérêt dans le cadre de procédures civiles, notamment pour l'indemnisation des victimes, qui doivent apporter la preuve de leur dommage [6].

La présence de lésions tégumentaires chez des victimes de violences est associée à une plus grande probabilité de condamnation [7]. De plus, on sait que les victimes ont plus tendance à déposer plainte lorsqu'elles présentent des lésions tégumentaires visibles [8, 9].

Il est donc primordial, dans l'intérêt des victimes, de détecter ces lésions. Cependant, celles-ci sont parfois difficilement visualisées, notamment en raison de leur ancienneté, de leur localisation, en particulier de leur profondeur, ou encore en raison de l'épaisseur et de la couleur de la peau de la victime [10, 11].

Pour tenter de répondre à cette problématique, en rendant l'invisible visible, plusieurs examens paracliniques ont déjà été étudiés en médecine légale, notamment des examens d'imagerie « classiques » tels que l'IRM, la TDM ou l'échographie, ainsi que des techniques moins conventionnelles telles que la thermographie infrarouge et la diaphanoscopie [12, 13]. Cependant, ces techniques présentent des contraintes techniques, des contraintes de temps, et certaines posent des questions d'innocuité.

Cette problématique de la recherche de preuves « invisibles » se pose également aux enquêteurs et techniciens scientifiques sur les scènes de crime par exemple. Pour y remédier, ils ont développé des techniques actuellement couramment utilisées en pratique, comme les « Forensic lights » ou « Alternate light sources ». Le pouvoir révélateur de ces sources de lumière repose sur les propriétés physiques de la lumière et de l'optique.

1.2. Le spectre électromagnétique et les interactions lumière-matière

Le spectre électromagnétique est composé d'un ensemble de rayonnements classés selon leur longueur d'onde, des plus courtes aux plus longues : rayons gamma, rayons X, UV, spectre visible, infrarouges, micro-ondes, ondes radio. Le spectre visible, également dénommé lumière visible, est la partie du spectre électromagnétique perceptible par l'œil humain. Il est composé de l'ensemble des couleurs composant l'arc-en-ciel, du violet au rouge. La lumière blanche résulte de la combinaison des rayonnements du spectre visible, dont les longueurs d'onde sont comprises entre 400 et 800 nm environ.

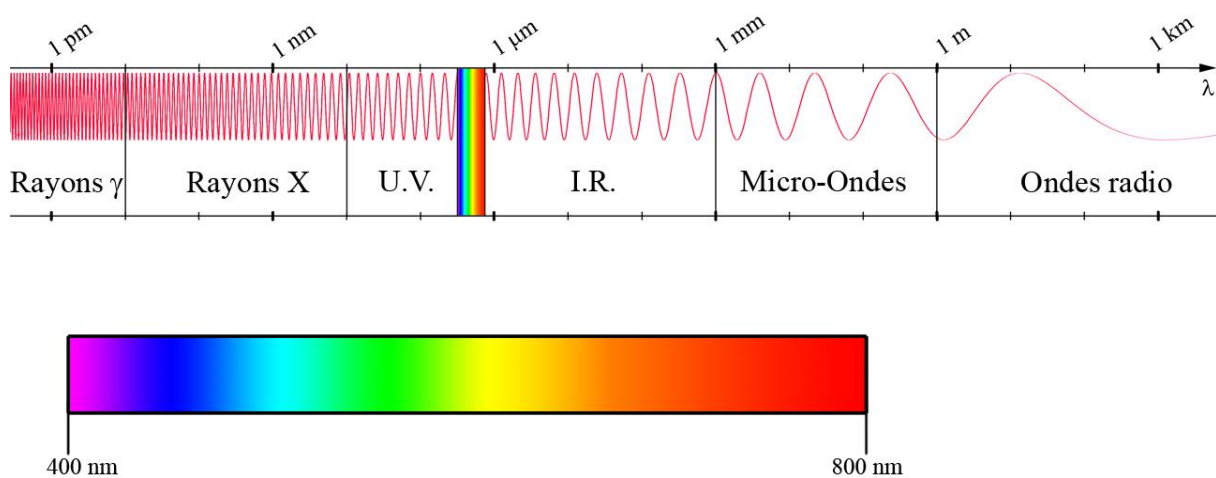


Figure 1- Illustration du spectre électromagnétique [14]

Chaque rayonnement interagit avec la matière de manière différente : ils peuvent notamment être réfléchis, transmis, absorbés, ou une combinaison de ces trois effets. Lorsque tous les rayons incidents sont absorbés par une surface éclairée, cette dernière apparaît noire, et lorsque tous les rayons incidents sont réfléchis, elle apparaît blanche.

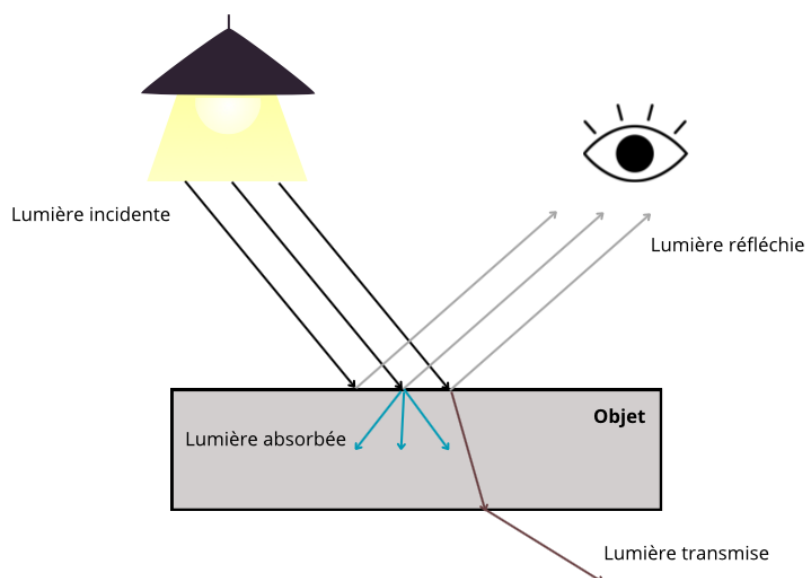


Figure 2 - Schématisation des interactions lumière-matière

Lorsqu'un objet est éclairé par une source de lumière, la majorité des rayonnements incidents est réfléchi, mais une partie des molécules composant cet objet vont absorber des rayonnements lumineux de longueurs d'onde spécifiques les amenant à un état électronique « excité ». L'énergie des rayonnements absorbés peut alors se transformer en chaleur, ou produire un phénomène de photoluminescence (phosphorescence ou fluorescence).

La fluorescence est un type de photoluminescence qui résulte de la réémission des rayonnements absorbés par des molécules dites « chromophores », à des longueurs d'onde plus élevées que celles des rayonnements incidents. Toutes les molécules n'ont pas cette capacité de fluorescence, et l'absorption des rayonnements par ce type de molécules fera alors apparaître l'objet qu'elles composent comme une zone d'absorption « sombre ».

La visualisation de ces phénomènes n'est possible que s'ils sont observés à travers un filtre qui agit comme une barrière, bloquant les rayons réfléchis et permettant uniquement la perception par l'œil des phénomènes de fluorescence ou d'absorption [15].

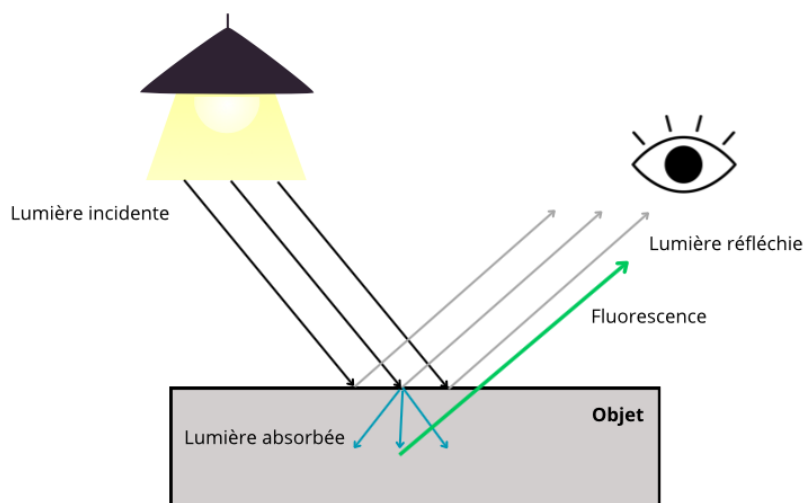


Figure 3 - Schématisation de la conversion de la lumière absorbée en fluorescence

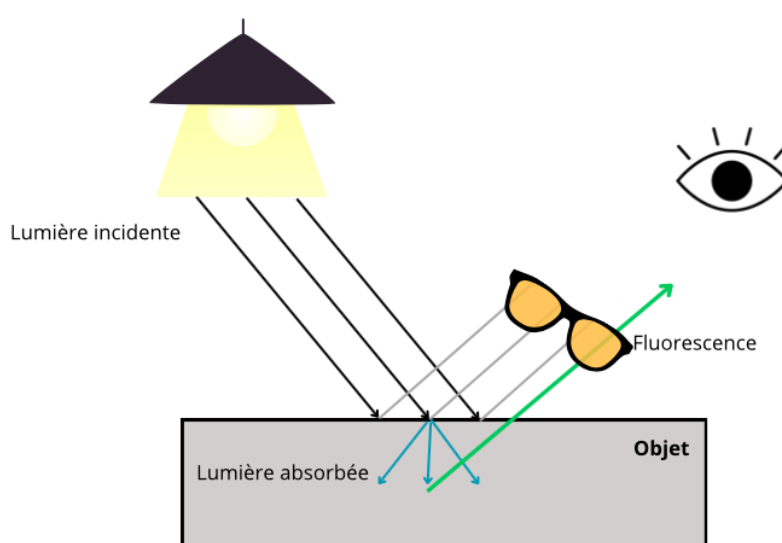


Figure 4 - Schématisation de la conversion de la lumière absorbée en fluorescence avec utilisation de lunettes filtrantes

1.3. L'utilisation d'Alternate light sources dans le domaine judiciaire

Ces propriétés sont actuellement couramment utilisées dans le domaine judiciaire, notamment sur les scènes de crime, où des ALS (sources de lumière alternatives) sont utilisées pour mettre en évidence des preuves et guider les prélèvements grâce à la fluorescence, l'absorption ou l'éclairage oblique. Les parties du spectre électromagnétique d'intérêt dans le domaine médico-légal incluent les ultraviolets, le spectre visible et les infrarouges.

Ces sources de lumière sont notamment utilisées pour détecter des fluides biologiques, des empreintes digitales, des résidus de tirs, des fibres, des cheveux, des

traces de morsures, des variations d'encre sur des documents, des drogues, des traces de semelles, des fragments d'os ou encore des dents [15, 16].

La technologie de l'ALS permet de sélectionner une longueur d'onde ou un groupe de longueurs d'onde spécifiques, en association à des lunettes filtrantes colorées. Ces filtres empêchent les rayonnements réfléchis d'atteindre l'œil de l'observateur, qui ne va alors visualiser que les phénomènes de fluorescence ou d'absorption.

Ainsi, par exemple, une trace de salive éclairée avec une ALS émettant une lumière bleue à 450 nm, et observée à travers des lunettes filtrantes oranges, apparaîtra sous la forme d'une zone fluorescente. En revanche, l'hémoglobine n'ayant pas de propriété de fluorescence, une trace de sang apparaîtra sous la forme d'une zone plus sombre que la surface sur laquelle elle se trouve, lorsqu'elle est éclairée par une ALS violette à 415 nm, et observée avec un filtre jaune [17].

Le choix des longueurs d'onde à utiliser pour détecter les différentes preuves dépend des pics d'absorption spectrophotométriques des molécules les composant.

Par exemple, l'hémoglobine possède un pic d'absorption spectrophotométrique principal à 415 nm et un second, plus large, entre 540 et 590 nm. La bilirubine, produit de dégradation de l'hémoglobine, possède un pic d'absorption à 460 nm [18, 19].

En 2004, le département de la justice des États-Unis a publié un protocole national pour les examens médico-légaux des victimes de violences sexuelles, recommandant l'utilisation d'une ALS pour aider à la détection de lésions tégumentaires « discrètes » : « *An alternate light source (using the most up-to-date technology possible) can aid in examining patients' bodies, hair, and clothing. It is used to scan for evidence, such as dried or moist secretions, fibers not visible in ambient light, and subtle injury* » [20].

A cette époque, très peu d'études scientifiques appuyaient ces recommandations.

Une amélioration de la visibilité de lésions tégumentaires « en forme » avait été observée avec des lumières ultraviolettes, et l'utilisation d'une ALS à 450 nm s'était révélée utile pour visualiser des morsures humaines [21, 22].

1.4. Les propriétés optiques de la peau

La peau est composée de trois couches principales, de la plus externe à la plus interne : l'épiderme, le derme et l'hypoderme.

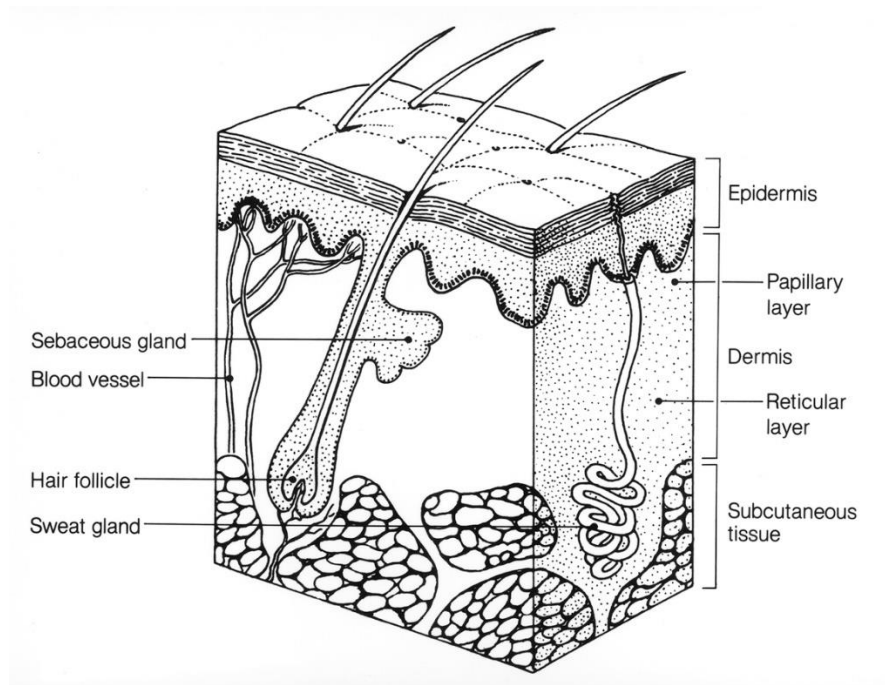


Figure 5 - Les couches cutanées (image dans le domaine public) [23]

Chaque rayonnement électromagnétique a la capacité de pénétrer plus ou moins profondément dans ces couches cutanées, en fonction de sa longueur d'onde, les longueurs d'onde pénétrant d'autant plus profondément qu'elles sont élevées [24]. L'absorption de la lumière se fait principalement par la mélanine, située dans l'épiderme, et par l'hémoglobine dans les vaisseaux sanguins.

La visualisation des ecchymoses dépend en partie des propriétés physiques de la lumière, en particulier de ses interactions avec la peau, ainsi que des propriétés optiques de cette dernière.

1.5. Objectifs de la revue

A la lumière de ces connaissances théoriques, plusieurs équipes ont envisagé d'étendre l'utilisation de cette technologie, initialement employée sur des scènes de crimes, à la médecine légale clinique pour la recherche d'un type de preuve différent : les ecchymoses infracliniques.

Au cours des dix dernières années, plusieurs études portant sur l'observation d'ecchymoses par le biais d'une ALS ont été publiées.

Cette revue systématique de la littérature avait pour objectif de synthétiser l'ensemble des résultats issus de la littérature scientifique concernant l'utilisation des ALS émettant des rayonnements dans le spectre visible pour la détection et l'amélioration de la visibilité des ecchymoses, et de déterminer si l'ALS pourrait être un outil utilisable lors de l'examen clinique des victimes par le médecin légiste, en facilitant le recueil de preuves.

Enfin, nous aborderons succinctement l'utilité potentielle d'un autre outil pour le recueil de preuves infracliniques : l'échographie pour la détection d'hématomes intramusculaires profonds.

2. MATERIEL ET METHODES

Une revue systématique de la littérature a été réalisée en se basant sur les critères PRISMA-P [25] (voir **Annexe 1**), afin d'identifier l'ensemble des études étudiant l'utilisation de l'ALS dans le spectre visible pour la détection d'ecchymoses.

2.1. Stratégie de recherche

Deux bases de données et un moteur de recherche ont été consultés : Pubmed, Web of science et Google scholar. Aucune restriction de langue ou de date de publication n'a été appliquée à la recherche. Cette recherche a été menée de novembre 2023 à février 2024.

Deux équations de recherche principales ont été définies, afin d'identifier l'ensemble des publications mentionnant la technologie de l'ALS, sur les bases de données Pubmed et Web Of Science : [« alternate light » OR « alternative light »] et ["bruise detection" OR "bruising detection" OR "bruises detection" OR "detection of bruises"]. Une troisième recherche a été réalisée dans le moteur de recherche Google Scholar, à l'aide d'une équation de recherche plus restreinte : [("alternate light" OR "alternative light") AND ("bruise" OR "bruises")].

2.2. Sélection des études

Les critères d'éligibilité choisis sont les suivants : les études en anglais ou en français, portant sur la détection et la visibilité de lésions traumatiques tégumentaires infracliniques par l'utilisation d'ALS dans le spectre visible, comparativement à la lumière blanche. Devant le faible nombre de références disponibles, des études de faible niveau de preuve scientifique ont été incluses dans la synthèse qualitative.

Plusieurs critères de non-éligibilité ont été définis : les études publiées dans une autre langue que l'anglais et le français, les articles n'ayant pas pour sujet principal la détection d'ecchymoses, la littérature "grise" (résumés de communications orales, posters, éditoriaux etc...).

Les articles portant sur l'utilisation de l'ALS pour la détection de fluides biologiques, résidus de tirs ou empreintes ont été exclus, tout comme les articles étudiant les

ALS uniquement dans le spectre non visible (ultraviolet et infrarouge), ces dernières s'accompagnant de contraintes techniques (nécessité d'utiliser une caméra en ce qui concerne les rayonnements infrarouges), et de contraintes liées au risque de toxicité des rayons ultraviolets sur la peau [26].

Une première sélection a été réalisée par lecture des titres. Après exclusion des doublons, une seconde sélection a été faite par lecture des résumés puis une dernière sélection par lecture des textes intégraux. La liste de références de l'ensemble des études incluses a ensuite été vérifiée pour rechercher d'éventuelles études additionnelles pertinentes.

2.3. Evaluation de la qualité méthodologique des études

Pour évaluer la qualité méthodologique des études de type expérimental, un outil d'évaluation développé par Kmet et al. a été utilisé, intitulé « *Standard Quality Assessment Criteria for Evaluating Primary Research Papers from a Variety of Fields* » [27].

Afin de compléter l'évaluation du risque de biais des études expérimentales, concernant la validité interne, les critères suivants ont été ajoutés : la présence d'un groupe témoin ou d'une méthode de contrôle de l'ecchymose, le nombre d'investigateurs, l'évaluation de la variabilité inter-observateurs, la mise en aveugle de l'investigateur, et l'exclusion des individus présentant des biais potentiels identifiés.

Pour les autres études un second outil a été utilisé, développé par l'équipe de PLOS (*The Public Library of Science*), le « *Quality Assessment Tool for Observational Research* » [28].

2.4. Extraction des données

L'ensemble des données extraites de chaque source incluse est répertorié dans les **Tableaux 1 et 2**. Il s'agit notamment de la date de publication et du journal dans lequel a été publiée l'étude, des caractéristiques des populations étudiées (nombre d'individus, carnation ou phototype cutané, catégories d'âge), du modèle d'étude, du mode de production des ecchymoses, des périodes d'observation, des critères d'évaluation et des conditions d'examen (éclairage de la pièce, type d'ALS utilisé, marque et longueurs d'onde, filtres, modes d'observation).

3. RÉSULTATS

3.1. Sélection des études

Le processus de sélection est détaillé dans le diagramme de flux PRISMA ci-dessous (Figure 6).

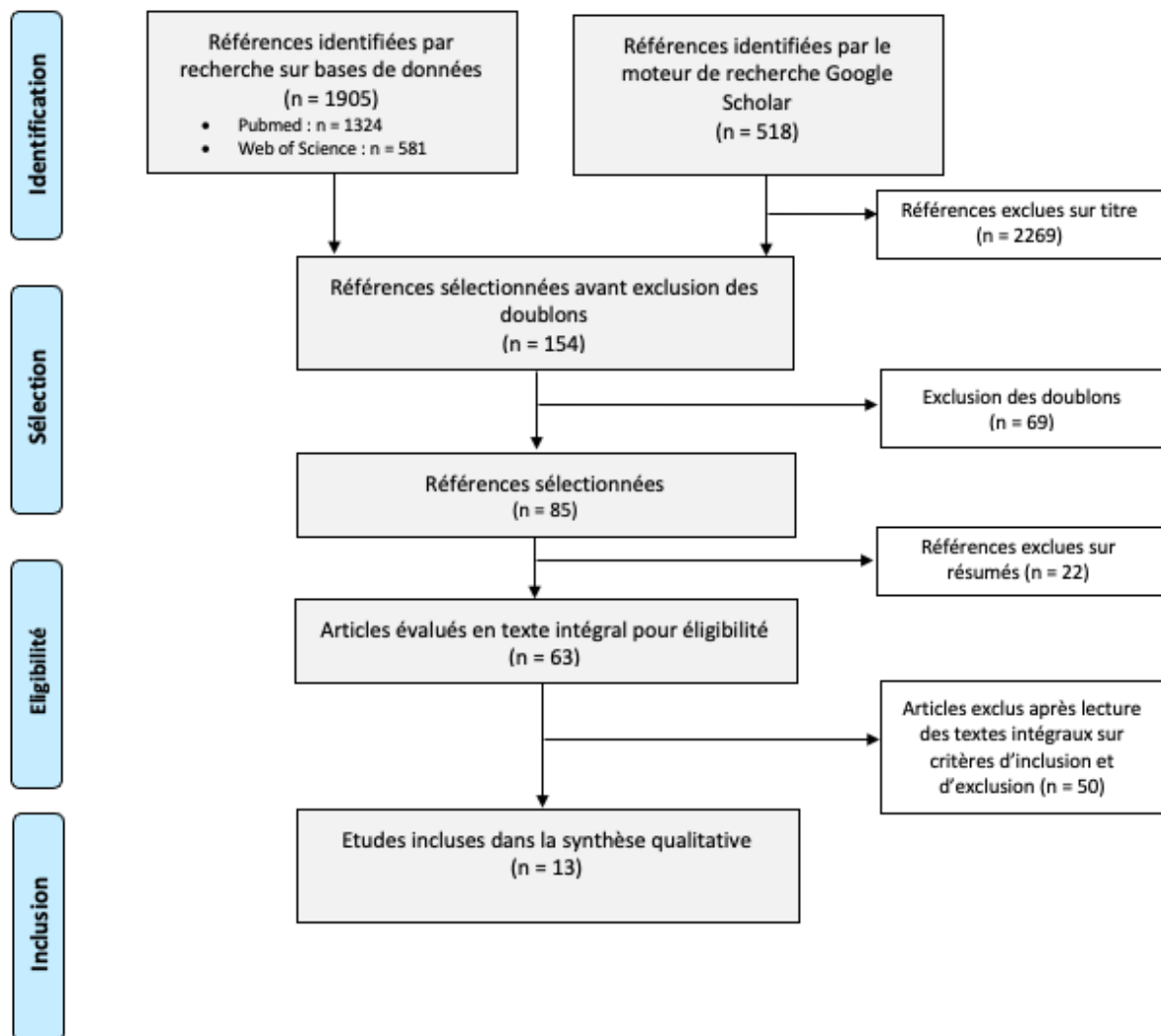


Figure 6 - Diagramme de flux

Au total, la recherche par équation de recherche a permis d'identifier 2423 références. Après exclusion des doublons, 85 d'entre elles ont été sélectionnées sur lecture des titres. Parmi ces 85 références, 63 ont été retenues après lecture des résumés.

13 études ont été incluses dans la synthèse quantitative après lecture des textes intégraux [29–41]. Aucun article n'a été inclus après vérification des références citées dans ces 13 études.

3.2. Evaluation de la qualité méthodologique

Les résultats de cette évaluation sont présentés dans trois tableaux en annexe (voir **Annexe 2**, **Annexe 3** et **Annexe 4**). Les critères des outils utilisés ont été traduits en français pour en faciliter la compréhension.

Pour les études observationnelles, la qualité méthodologique a été évaluée comme « moyenne » pour deux d'entre elles [31, 34] et comme « faible » pour les deux autres [29, 30].

Pour les études expérimentales, six ont une qualité méthodologique évaluée comme « haute » [32, 33, 35, 36, 39, 40] et les trois autres comme « moyenne » [37, 38, 41]. Il est à noter que l'outil d'évaluation n'était pas adapté à toutes les études, notamment celles réalisées sur des modèles animaux et sur des cadavres humains, pour lesquelles plusieurs critères n'étaient pas évaluables. Il n'était notamment possible dans aucune des études de mettre les participants en aveugle de l'intervention. Un complément d'évaluation de la validité interne à cinq critères pour les études expérimentales a permis d'évaluer la validité interne de quatre études comme « bonne » [32, 39–41], d'une comme « moyenne » [36] et de quatre comme « mauvaise », principalement en raison de l'absence d'un deuxième investigateur [33, 35, 37, 38]. Seules deux études disposaient d'un groupe témoin, avec mise en aveugle des investigateurs [32, 41].

Malgré les qualités variables des études sélectionnées, toutes ont été conservées pour la synthèse qualitative.

3.3. Caractéristiques des études

Les 13 études sélectionnées ont été publiées entre 2002 et 2022. Leurs caractéristiques sont détaillées dans le **Tableau 1**.

Toutes comparaient la lumière blanche (lumière de salle d'examen classique) avec une ou plusieurs ALS émettant dans le spectre visible, 8 d'entre elles testaient également une ALS dans le spectre ultraviolet et 1 testait une ALS dans le spectre infrarouge. Les comparaisons étaient faites sur observation, soit directement en salle d'examen, soit sur photographies.

Les examens se sont déroulés dans des conditions similaires, dans des pièces de faible luminosité ou obscurcies, avec port de lunettes protectrices par le patient et de lunettes filtrantes par l'examineur, ou utilisation de filtres photographiques en cas de documentation photographique. Ces conditions n'étaient pas précisées dans 3 études. Les conditions d'examen et types d'ALS utilisées sont répertoriées dans le **Tableau 2**.

La création d'ecchymoses visibles ou infracliniques était contrôlée dans 6 d'entre elles, par chute d'un poids sur l'avant-bras ou tir d'une bille de paintball sur la face externe du bras, en région deltoïdienne, et 2 par injection de sang dans des échantillons cutanés de modèles animaux. Les autres études portaient sur l'observation des téguments à la suite de traumatismes allégués accidentels, ou secondaires à des violences. Les populations d'études étaient des adultes et des enfants, majoritairement de carnation claire. Les phototypes cutanés n'étaient pas précisés dans 2 études.

Quatre ont comparé le diamètre des ecchymoses et des zones d'absorption observées sur photographies après modification du contraste, 2 ont utilisé des échelles de visibilité, 1 étudiait la durée de visibilité des ecchymoses et 6 comparaient la fréquence de détection de lésions sous la forme de zones d'absorption ou de fluorescence, avec les différentes sources lumineuses. Une seule de ces 6 études mesurait la spécificité de l'ALS pour la détection d'ecchymose.

En synthèse, on compte :

- 2 études expérimentales (articles originaux) réalisées sur modèle animaux avec création d'ecchymoses par injection sous-cutanée de sang, et contrôles histologiques pour l'une d'elles ;
- 1 étude expérimentale (article original) sur cadavres humains avec contrôles histologiques ;
- 6 études cliniques avec un modèle expérimental (1 thèse d'université, 1 note technique et 4 articles originaux), dans lesquelles des ecchymoses étaient créées par application d'un traumatisme avec des méthodes standardisées ;
- 4 études avec observation de lésions préexistantes chez des individus alléguant des traumatismes accidentels ou en lien avec des violences interpersonnelles (traumatisme non contrôlé), dont 1 étude rétrospective sur dossiers médicaux et 3 études observationnelles chez des enfants et adultes volontaires (1 étude pilote, 1 article original et 1 note technique)

1 ^{er} Auteur Année Pays	Journal	Type d'étude	N Individus Ecchymoses	Âges	Carnations /Phototypes	Modes de production des ecchymoses	Temps d' observation	Critère évalué
Vogetley [29] 2002 US	Archives of Pediatrics and Adolescent Medicine	Étude pilote/ observationnelle	3	Enfants	Caucasiens	Traumatismes accidentels (allégués)	1 seule observation Ecchymoses âgées de 10 J, 1 h et 14 J	Augmentation du diamètre des ecchymoses / Détection de zones d' absorption
Holbrook [30] 2013 US	Journal of Forensic Nursing	Étude rétrospective sur dossiers médicaux	172	>13 ans	69 % Africains 27 % Caucasiens 4 % Hispaniques et Asiatiques	Strangulations (alléguées)	N/A	Détection de zones d' absorption
Limmen [31] 2013 NL	Journal of Forensic Sciences	Note technique /Étude de validation	53	12-56 ans	N/A	Violences interpersonnelles (alléguées)	1 seule observation Ecchymoses âgées de 0 à 12 J (M = 2.6 J)	Visibilité évaluée sur une échelle
Lombardi [32] 2015 US	Journal of Forensic Sciences	Note technique/ Modèle expérimental	59	Adultes	66 % Caucasiens 15 % Hispaniques 12 % Asiatiques 5 % Africains	Chute d' un poids de 113.4 g, à la face antérieure de ou des avant-bras (3 groupes : -/- ; +/-; +/-) par un tube de 152.4 cm	J1/J7/J14	Détection de zones de fluorescence
Olds [33] 2016 AU	Forensic Science, Medicine and Pathology	Expérimentale (sur modèles animaux)	26	N/A	Phototype clair	Injection de sang dans des échantillons de peau de porc rasées et chauffées à 37°C	J0/J1/J2/J3	Augmentation du diamètre des ecchymoses
Mimasaka [34] 2017 JP	Forensic Science International	Observationnelle	15	7-13 ans	N/A	Traumatismes accidentels (allégués)	J1/J2/J3/J4/J5/J6/ J7 puis 1x /semaine environ jusqu' à disparition complète (max. 5 mois)	Durée de détection de zones d' absorption

Tableau 1 – Caractéristiques des études

1 ^{er} Auteur Année Pays	Journal	Type d'étude	N Individus Ecchymoses	Âges	Carnations /Phototypes	Modes de production des ecchymoses	Temps d' observation	Critère évalué
Olds [35] 2017 AU	Forensic Science, Medicine and Pathology	Expérimentale (sur cadavres humains)	25	N/A	Caucasiens	N/A	1 seule observation	Détection de zones d' absorption / Augmentation du diamètre des ecchymoses
Nijs [36] 2019 NL	Forensic Science international	Expérimentale	73	Adultes	Caucasiens	Chute d' un objet métallique cylindrique à bords arrondis de 400 g, au milieu de la face antérieure de l' avant-bras, à travers un tube de 1 m	H6/J1/J2/J7/J14	Visibilité évaluée sur une échelle
Sully [37] 2019 AU	Forensic Science, Medicine and Pathology	Expérimentale (sur modèles animaux)	24	N/A	Phototype foncé	Injection de sang dans des échantillons de peau de porcs, sans et avec solution de mélanine, et de peau de chèvres à peau foncée	1 observation avant injection, et une autre à >/= J2	Augmentation du diamètre des ecchymoses
Scafide [38] 2020 US	Journal of Forensic and Legal Medicine	Expérimentale	8	Adultes	n=3 Caucasiens n=5 Phototypes foncés	Chute d' une bille en acier de 113 g sur la face antérieure de l' avant-bras à 5-7 cm du pli du coude, à travers un tube de PVC de 1.5 m	59 évaluations entre 30 min et 56.75 h	Détection de zones d' absorption

Tableau 1 – Caractéristiques des études (suite)

1 ^{er} Auteur Année Pays	Journal	Type d'étude	N Individus Ecchymoses	Âges	Carnations /Phototypes	Modes de production des ecchymoses	Temps d' observation	Critère évalué
Scafide [39] 2020 US	Journal Of Forensic Sciences	Expérimentale	157	Adultes	6 Phototypes (en proportions égales)	Chute d' une bille en céramique de 170 g sur la face antérieure de l' avant-bras à 5 cm du pli du coude, à travers un tube de PVC de 1.5 m et tir de paintball sur face latérale du bras	21 évaluations entre 30 min et 4 semaines	Détection de zones d' absorption
Scafide [40] 2022 US	Forensic Science International	Analyse de données secondaires (issues d' une étude expérimentale)	157	Adultes	6 Phototypes (en proportions égales)	Chute d' une bille en céramique de 170 g sur la face antérieure de l' avant-bras à 5cm du pli du coude, à travers un tube de PVC de 1.5 m et tir de paintball sur face latérale du bras	21 évaluations entre 30 minutes et 4 semaines	Détection de zones d' absorption
Tan [41] 2022 SG	Thèse d' université Boston university school of medicine	Expérimentale	51	Adultes	Phototypes 5 et 6 non représentés, n=10 phototype 3, n=2 phototype 4	Chute d' un objet sphérique de 465 g, à la face antérieure de l' avant-bras à 5 cm du pli du coude, à travers un tube de 1.5 m	J0/3h/J1/J3/J7/J14/ J21	Détection de zones d' absorption

Tableau 1 – Caractéristiques des études (suite)

N/A : donnée non disponible
 -/- : poids lâché sur aucun des avant-bras
 +/- : poids lâché sur les deux avant-bras
 +/- : poids lâché sur un seul des deux avant-bras

Tableau 2 - Conditions d'examens

Référence	Conditions d'éclairage	Type d'ALS testé	Filtres testés	Mode d'observation
Vogeley et al. [29]	Faible luminosité	Lampe de Wood (tenue à 10 cm de la surface cutanée)	N/A	Photographies (avec modification du contraste)
Holbrook et al. [30]	N/A	SPEX Crimescope (415 - 450 - 515 - CSS nm)	Jaune - Orange - Rouge	Observation directe
Limmen et al. [31]	Pièce totalement obscurcie	Crime-Lite (violet : 400-430 nm - bleu : 430-470 nm - bleu/vert : 460-510 nm - vert : 500-550 nm)	Filtres correspondant à chaque CrimeLite (sans précision)	Observation directe
Lombardi et al. [32]	Pièce assombrie	Mini-Crimescope 400 (300 - 415 - 455 - CSS - 515 - 535 - 555 nm)	Jaune - Orange - Rouge (avec chaque longueur d'onde)	Observation directe
Olds et al. [33]	Pièce assombrie	Crime-Lite 2.0 (UV : 350-380 nm - violet : 400-430 nm - bleu : 420-470 nm - bleu/vert : 450-510 nm - vert : 490-560 nm - IR : 750-900 nm) à 40 cm de la surface cutanée	Jaune (avec ALS Violet) - Orange (avec ALS Bleu et Bleu-Vert) - Rouge (avec ALS Vert) - Filtre IR (avec ALS IR)	Photographies (converties en niveaux de gris avec modification du contraste)
Mimasaka et al. [34]	Pièce totalement obscurcie	Illuma-Light (cercle bleu LED : 450-500nm) et Crime-Lite 2 (UV : 350-380 nm - violet : 400-430 nm - bleu : 420-470 nm)	Jaune	Photographies
Olds et al. [35]	Pièce assombrie	Crime-Lite 2.0 (UV : 350-380 nm - violet : 400-430 nm - bleu : 420-470 nm - bleu/vert : 450-510 nm - vert : 490-560 nm) à 40 cm de la surface cutanée	Jaune (avec ALS Violet) - Orange (avec ALS Bleu et Bleu-Vert) - Rouge (avec ALS Vert) - Filtre incolore (avec ALS UV)	Photographies (converties en niveaux de gris avec modification du contraste)
Nijs et al. [36]	Pièce assombrie	Projectina SL-450 (415 nm)	Jaune	Photographies (converties en niveaux de gris)
Sully et al. [37]	Pièce assombrie	Crime-Lite 2.0 (violet : 400-430 nm - bleu : 420-470 nm - bleu/vert : 450-510 nm)	Jaune (avec ALS Violet) - Orange (avec ALS Bleu et Bleu-Vert) - Filtre IR (avec ALS IR)	Photographies (converties en niveaux de gris)
Scafide et al. [38]	Pièce assombrie	Handscope Xenon FLS HSX-500 (UV - 415 - 450 - 475 - 495 - 515 - 535 - 555 nm)	Jaune (avec ALS 415/450/475/495 nm) - Orange (avec ALS 450/475/495/515 nm) - Rouge (avec ALS 495/515/535/555 nm)	Observation directe
Scafide et al. [39]	N/A	Handscope Xenon FLS HSX-500 (350 - 415 - 450 - 475 - 495 - 515 - 535 nm)	Jaune (avec ALS 415/450 nm) - Orange (avec ALS 415/450/475/495/515) - Rouge (avec ALS 515/535 nm)	Observation directe
Scafide et al. [40]	N/A	Handscope Xenon FLS HSX-500 (350 - 415 - 450 - 475 - 495 - 515 - 535 nm)	Jaune (avec ALS 415/450 nm) - Orange (avec ALS 415/450/475/495/515) - Rouge (avec ALS 515/535 nm)	Observation directe
Tan W. [41]	Pièce obscure	Lumatec Superlite 400 (415 - 460 - 550 nm)	Jaune	Photographies (avec et sans modification du contraste)

N/A : donnée non disponible

3.4. Synthèse des résultats de chaque étude

Les résultats principaux sont présentés dans le **Tableau 3**.

Les premières études évoquant l'utilisation de sources lumineuses émettant des groupes de longueurs d'onde restreints, se basaient sur l'examen tégumentaire de patients se disant victimes de violences interpersonnelles [30, 31] ou alléguant des traumatismes accidentels [29]. Des zones d'absorption (zones plus sombres que la peau environnante) ont été observées sur la peau en regard de traumatismes allégués par des patients se présentant en service de médecine légale ou de soins infirmiers médico-légaux. Ces observations ont été faites sur photographies prises avec un éclairage par lampe de Wood (émettant des rayonnements ultraviolets et dans le spectre visible violet), ou lors de l'examen clinique à l'aide d'ALS émettant des rayonnements dans le spectre visible violet et bleu [30, 31, 29].

Une étude rétrospective menée par Holbrook et al. [30] dans le cadre d'un "*Forensic nursing program*" par une équipe infirmière médico-légale aux États-Unis, portait sur l'examen de 172 individus pour lesquels une ALS était systématiquement utilisée lors des consultations pour observer la région cervicale de ces patients rapportant avoir été victimes d'une strangulation récente, à la recherche de lésions infracliniques.

93 % d'entre elles ne présentaient aucune lésion visible en condition d'examen classique (avec une lumière blanche), et il a été observé des zones d'absorption dans 98 % des cas sur cette population avec des longueurs d'onde entre 415 et 515 nm. 61 % de ces cas avaient un résultat positif avec une longueur d'onde de 450 nm, et environ 18 % avec une longueur d'onde de 415 nm.

Cette même tendance a été observée par Limmen et al. [31] chez des victimes se présentant dans un service de médecine légale aux Pays-Bas pour l'obtention d'un certificat de coups et blessures. 63 lésions âgées entre 0 et 12 jours ont été photographiées, puis catégorisées à l'aide d'une échelle de visibilité comprenant 5 stades allant de "Non visible" à "Bien visible", les lésions "Non visibles" étant des zones douloureuses à la palpation sans lésion traumatique visible à l'œil nu. Une amélioration sur l'échelle de visibilité était observée dans 32 % des cas avec une ALS violette (400 à 430 nm) et dans 35 % des cas avec une ALS bleue (430 à 470 nm). À l'inverse, la visibilité était moindre dans la plupart des cas lorsqu'une ALS bleu-vert ou verte était utilisée. Il a également été observé que la forme de certaines lésions était mieux discernable avec une lampe de Wood [29], et avec une ALS [31].

Les 6 études dans lesquelles l'induction d'ecchymoses était contrôlée par création d'un traumatisme contondant chez des adultes volontaires, retrouvaient également une meilleure visibilité de lésions visibles et/ou infracliniques pour des longueurs de 415 nm [32, 36, 38–41] et 450/460 nm, associées à l'utilisation de filtres jaune et/ou orange.

Lombardi et al. [32] ont réalisé la seule étude avec groupes témoins, estimant les sensibilités et spécificités de la lumière blanche et de l'ALS pour la détection des ecchymoses. Les participants étaient répartis par randomisation en 3 groupes : chute d'un poids sur les deux avant-bras, sur un seul avant-bras ou sur aucun des avant-bras, et les observations faites par deux investigateurs en aveugle de l'intervention, avec réalisation puis comparaison de schémas corporels. Les longueurs d'onde 415 et 455 nm associées aux filtres jaune et orange montraient les meilleures sensibilités. La longueur d'onde 535 nm associée au filtre jaune montrait par ailleurs les meilleures spécificités, avec respectivement pour J1, J7 et J14 des spécificités de 90,3 %, 98,4 % et 96,8 %. L'ALS, toutes longueurs d'onde confondues, montrait en revanche une moins bonne capacité à distinguer les faux positifs que la lumière blanche.

Une étude pilote a été réalisée par Scafide et al. [38] en utilisant la même méthodologie, dans le but de créer des ecchymoses infracliniques. Les observations étaient faites entre 30 minutes et 56,75 heures après l'intervention. Les ecchymoses non visibles en lumière blanche étaient visualisées avec une ALS dans 34 % des cas, et sur les 46 observations pour lesquelles une ecchymose était visualisée, elle l'était dans 98 % des cas avec l'ALS contre seulement 24 % avec la lumière blanche. Les lésions étaient plus fréquemment détectées avec les UV et les longueurs d'onde 415 et 450 nm, quel que soit le filtre de couleur utilisé (jaune, orange et rouge). La même équipe a ensuite étendu ses recherches à un groupe de 157 adultes volontaires, et a observé des ecchymoses dans 81,8 % des cas avec l'ALS contre 50,8 % avec la lumière blanche sur les 4 semaines d'étude. Les longueurs d'onde 415 et 450 nm associées à un filtre jaune permettaient 4 à 5 fois plus de détection que la lumière blanche, sur la face latérale du bras, et jusqu'à 2 fois plus sur les avant-bras. Toutes les autres longueurs d'onde testées (350, 475, 495, 515 et 535 nm) offraient une détectabilité moindre que la lumière blanche, y compris la lumière UV, contrairement à leur étude pilote [39].

Des résultats semblables ont été obtenus par Tan [41]. Dans son étude, la fréquence de détection des ecchymoses était meilleure avec les ALS de longueurs d'onde 415 et 460 nm, et était faible avec la lumière blanche et 550 nm. La lumière violette (415 nm) semblait plus performante que la lumière bleue (460 nm), cependant aucune différence significative n'a été observée entre les deux.

Nijs et al. [36] eux n'ont comparé la visibilité des lésions en lumière blanche qu'avec une seule ALS à 415 nm (violet) associée à un filtre jaune, en se basant sur le pic connu d'absorption de l'hémoglobine [18], et ont observé une légère amélioration de visibilité avec cette ALS sur photographies en niveaux de gris les deux premiers jours suivant le traumatisme.

Les études expérimentales réalisées sur modèles animaux, évaluaient la capacité de différentes ALS à améliorer la visibilité d'ecchymoses créées par injection sous-cutanée de sang dans des échantillons cutanés de porcs, en se basant sur la comparaison des diamètres de Feret¹ des infiltrations et zones d'absorption visualisées sur photographies en niveaux de gris. Là encore, les ALS violette et bleue offraient les meilleurs résultats. Les diamètres étaient significativement plus grands avec la lumière violette (400-430 nm), suivie de la lumière bleue (420-470 nm). Les lumières ultraviolette et bleu-vert montraient également une amélioration de la visibilité, mais dans une moindre mesure [33, 37]. Des résultats concordants étaient rapportés dans la deuxième étude de Olds, qui a observé la surface cutanée de cadavres humain [35].

Des faux positifs ont été mis en évidence par Olds et al. dans ses deux études, à savoir, des zones d'absorption pour lesquelles l'analyse histologique n'a pas permis de retrouver une infiltration sanguine, une zone d'absorption en regard d'un hémangiome et une autre en regard d'une injection de solution de mélanine lorsqu'une ALS UV ou violette était utilisée.

Il apparaît que les ALS, notamment celles correspondant aux lumières violette (autour de 415 nm) et bleue (autour de 450 nm), associées à un filtre jaune, sont plus performantes que la lumière blanche pour visualiser des ecchymoses peu ou pas visibles en condition d'examen classique.

¹ Le diamètre de Feret est la distance entre deux lignes parallèles tangentes à la surface d'un objet ou d'une forme, en tenant compte des irrégularités.

3.4.1. Capacités de détection chez des individus de carnations foncées

Certaines études montraient des résultats divergents lorsque les différentes sources lumineuses étaient appliquées sur des teints foncés.

Par le biais d'une analyse multivariée, Scafide a mis en évidence une plus forte probabilité d'observer des ecchymoses en fonction de certaines caractéristiques individuelles des participants, notamment en cas de peau claire [39].

Dans son étude parente, basée sur une analyse de données secondaires, elle concluait à la supériorité de l'ALS violette émettant à 415 nm associée à filtre jaune pour la détection des ecchymoses, quel que soit le phototype cutané. Le filtre orange ne permettait de bons résultats qu'avec les phototypes I à IV [40].

Ces résultats diffèrent des observations de Holbrook et Sully, qui suggéraient une meilleure détectabilité des zones d'absorption avec des longueurs d'onde plus élevées que ce que l'on retrouvait dans la plupart des études, qui portaient en grande partie sur l'examen de peaux claires.

Dans l'étude de Holbrook [30], 69 % des patients étaient d'origine ethnique africaine, et 61 % des zones d'absorption étaient visibles avec une ALS à 450 nm, contre seulement 18 % avec une ALS à 415 nm. De plus, Sully [37] a montré dans la deuxième partie de son étude une meilleure visibilité des ecchymoses créées par injection de sang dans des échantillons cutanés de porcs recouverts d'une solution de mélanine et de chèvres à peau foncée, lorsqu'une ALS bleu-vert (entre 450 et 510 nm) associée à un filtre orange ou infrarouge était utilisée, comparativement à une lumière blanche et aux autres ALS testées (violet et bleu).

3.4.2. Capacités de détection en fonction du temps

La visibilité des ecchymoses était différente selon les sources lumineuses utilisées, mais également selon l'âge de ces lésions.

L'ALS semble plus efficace que la lumière blanche pour visualiser les ecchymoses dans les trois premiers jours suivant le traumatisme, comme l'indiquent les études de Scafide et Nijs. Cependant, dans les premières 24 heures, la lumière blanche était plus efficace pour visualiser l'érythème précoce post-traumatique [36, 38, 41].

En revanche pour Nijs, contrairement à Lombardi et al. [32], aucune différence significative de visibilité n'était observée à H6. Scafide [38] ne retrouvait pas non plus de différence significative entre l'ALS et la lumière blanche au plus proche du temps d'induction.

Que ce soit en lumière blanche ou avec une ALS, il a été montré que la visibilité des ecchymoses diminuait avec le temps [32, 38, 39, 41], mais semblait particulièrement supérieure avec l'ALS lorsqu'elles étaient âgées d'entre 7 et 14 jours [32, 41], Lombardi et al. ayant observé deux fois plus de détection d'ecchymoses à J14 (sensibilité de 60,7 % pour l'ALS contre 32,1 % pour la lumière blanche). Dans l'étude de Tan, avec les ALS à 415 et 460 nm, sur les photographies sans modification du contraste, on obtenait environ 60 % de détection de zones d'absorption sur les zones traumatisées à J7, et aux alentours de 70 % à J14 contre moins de 10 % de détection d'ecchymoses à ces temps d'observation sur les photographies réalisées en lumière blanche [41]. Une étude en revanche ne retrouvait pas d'amélioration significative à J7 ni J14 [36]. De plus, Scafide [39] concluait à la supériorité des ALS violette et bleue sur tous les temps d'observations sur une durée de 1 mois.

Enfin, Mimasaka [34] a étudié la capacité de l'ALS à détecter des ecchymoses sur le long terme, après leur résorption apparente, chez des enfants examinés suite à des traumatismes accidentels. Ses résultats suggèrent qu'elle permettrait la détection d'ecchymoses sur une plus longue période que la lumière blanche. Les lésions situées sur le haut du corps étaient visibles en lumière blanche pendant en moyenne 8 jours après la première consultation, contre environ 15 jours avec l'ALS bleue et ultraviolette, et 23 jours avec l'ALS violette. Certaines ecchymoses localisées sur les jambes d'enfants ont été visualisées jusqu'à 5 mois après leur disparition en condition d'examen classique avec une lumière blanche.

Tableau 3 - Résultats principaux

Référence	Résultats principaux (ALS comparée à Lumière blanche)
Vogele et al. [29]	Meilleure visibilité, avec une lampe de Wood, des formes des ecchymoses dans deux cas, en cohérence avec le mécanisme traumatique décrit, et visualisation d'une zone d'absorption plus étendue en regard d'une ecchymose dans un cas
Holbrook et al. [30]	Détection de zones d'absorption avec plusieurs ALS de longueurs d'onde 415 à 515 nm. 61% de ces zones étaient détectées avec une ALS bleue à 450 nm. Le filtre orange était le plus utilisé
Limmen et al. [31]	Meilleure visibilité des ecchymoses classées "peu visibles" en lumière blanche avec les ALS [400-430 nm] et [430-470 nm]
Lombardi et al. [32]	Presque deux fois plus de détection avec l'ALS à J14 que la lumière blanche (sensibilités de 60,7 % pour l'ALS vs 32,1 % pour la lumière blanche). Les ALS de longueurs d'onde 415 et 455 nm associées aux filtres jaune et orange possédaient de meilleures sensibilités
Olds et al. [33]	Diamètres significativement augmentés avec les ALS violette [400-430 nm] et bleue [420-470 nm], et dans une moindre mesure avec les rayonnements UV et l'ALS bleu-vert
Mimasaka et al. [34]	Visualisation pendant plus longtemps avec les ALS violette [400-430 nm] et bleue [420-470 nm], et bleu-vert dans une moindre mesure. Détection pendant plusieurs mois dans certains cas
Olds et al. [35]	Meilleure visualisation d'ecchymoses réelles (confirmées par analyse histologique) avec différentes ALS : UV [350-380 nm], violet [400-430 nm], bleu [420-470 nm] et bleu-vert [450-510 nm], aussi bien sur les corps formolés que non formolés. Les meilleurs résultats étaient obtenus avec l'ALS violette. Mise en évidence de faux positifs
Nijs et al. [36]	Visibilité légèrement meilleure à J1 et J2 avec une ALS à 415 nm associée à un filtre jaune, mais pas de différence significative à H6, J7 et J14
Sully et al. [37]	Diamètres significativement augmentés avec les ALS violette [400-430 nm] et bleue [420-470 nm], et dans une moindre mesure avec les rayonnements UV et l'ALS bleu-vert sur des peaux claires de porc. Sur les peaux pigmentées, seule l'ALS bleu-vert [450-510 nm] était meilleure que la lumière blanche avec des filtres classiques. Lorsqu'un filtre infrarouge était utilisé, toutes les ALS testées (violet, bleu et bleu-vert) étaient meilleures que la lumière blanche
Scafide et al. [38]	Des ecchymoses (ou zones d'absorption sous ALS) étaient détectées dans 98 % des cas avec une ALS, contre seulement 24 % des cas avec la lumière blanche. Entre J1 et J3, les longueurs d'onde permettant le plus de visibilité étaient le violet à 415 nm, et le bleu à 450 nm, quel que soit le filtre utilisé (rouge, orange, jaune). Pas de différence significative au plus proche du temps d'induction de l'ecchymose (temps < à J1)
Scafide et al. [39]	Entre 2 et 5 fois plus de détection avec les ALS à 415 et 450 nm, sur les 4 semaines d'observation, en fonction du site de production de l'ecchymose. L'ALS obtenait de meilleurs résultats que la lumière blanche à tous les temps d'observation, bien que la détectabilité diminue avec le temps
Scafide et al. [40]	Meilleure détectabilité avec les ALS 415 et 450 nm associées à un filtre jaune quel que soit le phototype cutané. Le filtre orange permettait des résultats similaires chez les phototypes 1 à 4, mais de moins en moins bonne détectabilité que la lumière blanche pour les phototypes 5 et 6. Les UV offraient une meilleure détectabilité que la lumière blanche seulement pour les peaux très claires.
Tan W. [41]	Meilleure détectabilité avec les ALS 415 et 460 nm, à partir de J3, avec un pic à J14 (70 % de détection avec l'ALS contre moins de 10 % en lumière blanche)

4. DISCUSSION

4.1. Résultats principaux : la pratique et la théorie

L'ALS est un outil qui pourrait constituer une aide à l'examen clinique du médecin légiste, en augmentant les chances de détecter des ecchymoses peu ou pas visibles spontanément, notamment en raison de la profondeur de l'infiltration sanguine ou encore du phototype cutané de la victime.

Les ALS qui permettaient une meilleure détection et visibilité des lésions qu'avec une lumière blanche étaient celles émettant des rayonnements dans le spectre visible violet principalement (autour de 415 nm), et bleu dans une moindre mesure (autour de 450 nm), associés à un filtre jaune. Ces résultats sont concordants avec les pics d'absorption spectrophotométrique connus de l'hémoglobine et de l'un de ses produits de dégradation, la bilirubine. L'hémoglobine possède un pic d'absorption principal à 415 nm et deux pics plus petits à 560 et 590 nm, tandis que la bilirubine possède un pic large unique à 460 nm [19].

Des résultats similaires ont été obtenus dans une étude dont la population comprenait des individus de carnations foncées [40]. D'autres études suggèrent que, pour ces types de peaux, l'utilisation de longueurs d'onde plus élevées serait nécessaire à la bonne visualisation des ecchymoses [30, 37].

Cette différence pourrait être expliquée par les propriétés optiques de la peau, en particulier celles de la mélanine, un pigment présent en quantité plus importante au sein des kératinocytes des individus à peaux foncées que chez ceux à peaux claires [42]. La mélanine possédant un pic d'absorption à 335 nm [43], et étant présente en surface de la peau au sein de l'épiderme, pourrait constituer une barrière empêchant le passage des longueurs d'onde supérieures jusqu'à l'ecchymose, située dans les couches cutanées plus profondes ou le tissu sous-cutané, les différentes longueurs d'onde pénétrant d'autant plus profondément qu'elles sont élevées. Cette théorie est corroborée par l'analyse de données secondaires réalisée par Scafide et al. [40], dans laquelle l'ALS UV émettant à 350 nm offrait une meilleure probabilité de détecter des ecchymoses que la lumière blanche chez des individus de carnation "très claire". En revanche, chez les individus de carnation "très foncée", seulement 15 % des lésions étaient détectées avec les ultraviolets.

Compte-tenu du très faible nombre d'individus de carnations foncées représenté dans l'ensemble de ces études, des recherches supplémentaires sont nécessaires afin de déterminer quelles ALS seraient les plus performantes sur ces types de teints. On peut également envisager l'utilisation d'ALS de longueurs d'onde plus élevées, proches des autres pics d'absorption connus de l'hémoglobine (560 et 590 nm), qui auraient théoriquement la capacité de pénétrer plus profondément dans les couches cutanées sans être absorbés par la mélanine intraépidermique. Aucune des études publiées à ce jour n'a utilisé d'ALS à 590 nm ; certaines ont testé les longueurs d'onde 550 et 560 nm sans démontrer de supériorité par rapport à la lumière blanche, cependant ces études étaient principalement menées sur des populations à peaux claires.

Le temps est également un facteur à l'origine d'une problématique fréquemment rencontrée en médecine légale clinique. Les victimes peuvent être examinées trop tôt ou trop tard après les faits de violences allégués, soit avant l'apparition des lésions, soit après leur guérison.

Le délai d'apparition des ecchymoses est variable, la diffusion de l'hémoglobine vers l'épiderme se produisant dès les premières heures, voire premiers jours après le traumatisme [3]. Plusieurs études montraient la supériorité de l'ALS par rapport à la lumière blanche les trois premiers jours post-traumatisme. Mimasaka concluait à une période de détection plus longue avec l'ALS, pouvant aller jusqu'à 5 mois dans un cas. Cependant, la guérison d'une ecchymose est généralement plus rapide, avec une résolution entre 13 et 30 jours, période qui peut être prolongée chez les personnes âgées, jusqu'à 41 jours selon la littérature [4, 44]. Mimasaka émettait l'hypothèse que l'ALS détectait les composés biochimiques impliqués dans la guérison des ecchymoses [34].

Une autre explication possible pourrait être la survenue de nouveaux traumatismes non rapportés entre les temps d'observation, paramètre qui n'a pas été évalué dans cette étude. L'étude portait exclusivement sur des enfants âgés de 7 à 13 ans, et les ecchymoses avec les durées de détection les plus longues étaient situées sur les jambes, des zones connues pour être fréquemment sujettes à des traumatismes accidentels chez les enfants [45].

Dans son étude, en excluant les ecchymoses situées sur les jambes, la durée moyenne de détection était de 150 heures (6 jours) avec la lumière blanche, de 386,7 heures (16 jours) avec une ALS bleue, de 541 heures (22 jours) avec une ALS violette,

et de 407,3 heures (17 jours) avec une ALS ultraviolette. Ces résultats sont plus en accord avec les conclusions des études expérimentales menées sur plusieurs semaines, qui ont montré une supériorité de l'efficacité de l'ALS sur la lumière blanche entre J7 et J14, voire sur une durée d'un mois dans une étude.

On sait par ailleurs que la visibilité des ecchymoses varie selon l'âge, l'IMC des individus, le taux de graisse sous-cutanée et le sexe [3, 11]. Trois études ont pris en compte ces paramètres et ont obtenu des résultats concordants. Scafide et al. concluaient à une probabilité d'apparition d'ecchymoses presque trois fois plus élevée chez les femmes que chez les hommes dans les suites d'un traumatisme contondant. Cette probabilité était également plus grande lorsque le taux de graisse sous-cutanée était plus élevé. Or, les ecchymoses créées par méthodes standardisées l'étaient sur les extrémités (face antérieure des avant-bras et face latérale des épaules), qui sont des zones souvent pauvres en graisse sous-cutanée. Il pourrait donc être intéressant de mener des recherches sur d'autres zones corporelles afin de pouvoir conclure à l'efficacité de l'ALS dans la détection d'ecchymoses sur l'ensemble du corps.

La probabilité de visualiser une ecchymose était également corrélée à l'âge. On sait notamment que les caractéristiques cutanées des personnes âgées, telles que la fragilité capillaire et l'amincissement cutané, favorisent l'apparition d'ecchymoses après un traumatisme [46]. Cependant aucune des études publiées à ce jour ne portait sur des individus de plus de 65 ans, et une seule concernait des enfants.

La visibilité des ecchymoses dépend par ailleurs des caractéristiques individuelles des observateurs. La perception des couleurs est subjective, et il a été montré une variabilité inter-observateurs concernant la description des ecchymoses en ce qui concerne leur couleur [11]. De plus, il est connu que la couleur jaune, qui peut apparaître lors de la guérison d'une ecchymose, est plus difficilement discernable par des individus plus âgés [47].

La détection des ecchymoses avec l'ALS ne se basant pas sur la perception de couleur, cet outil pourrait répondre à cette problématique.

Outre la variabilité humaine, il existe une variabilité inhérente aux caractéristiques techniques des ALS. En effet, la quantité de lumière émise par la source de lumière semble également avoir un impact sur la visibilité des interactions entre la lumière et

la surface cutanée. Mimasaka dans son étude avait utilisé deux sources de lumière bleue différentes, une ALS de la marque Illuma-Light® et une ALS de la marque CrimeLite®, cette dernière émettant une quantité de lumière deux fois supérieure à la précédente. La première ne permettait pas de voir les ecchymoses sur une plus grande période que la lumière blanche, contrairement à la deuxième [34]. Cette caractéristique technique sera donc à prendre en compte avant l'acquisition d'une source d'ALS.

Bien que l'ALS soit un outil qui pourrait permettre de rendre l'examen clinique du médecin légiste plus sensible, on ne peut le considérer comme un outil diagnostic, en raison de son manque de spécificité.

Les résultats des études dans lesquelles le traumatisme initial n'était pas contrôlé, soulèvent la question de la réalité des ecchymoses, notamment lorsque aucune lésion n'est visible en lumière blanche mais qu'une zone d'absorption apparaît sous l'ALS.

Lorsque des contrôles histologiques étaient réalisés [33, 35], des faux positifs ont été détectés, révélant des zones d'absorption cutanées sans aucune infiltration hémorragique sous-jacente à l'analyse microscopique des tissus. Cela pourrait être expliqué par la qualité des biopsies réalisées, notamment en ce qui concerne la profondeur des prélèvements. En effet Olds et al. ont souligné que certaines d'entre elles étaient relativement superficielles, et il a été démontré que, dans certains cas, l'analyse histologique d'ecchymoses bien visible ne retrouvait une infiltration hémorragique que dans l'hypoderme, et non dans les couches plus externes. Ainsi, des biopsies superficielles pourraient ne pas détecter ces infiltrations, et faire faussement conclure à l'absence d'ecchymose [48].

Des cicatrices, dermatoses ou encore tatouages sont apparus, avec certaines longueurs d'onde, sous la forme de zones d'absorption [39, 41], cependant facilement discernables en lumière blanche. Il existe donc peu de risque de les confondre avec une ecchymose. Leur présence pourrait toutefois gêner la visualisation d'ecchymoses avec une ALS en raison du risque d'interférences. Il a également été observé des zones d'absorption correspondant à des escarres infracliniques avec une ALS [49, 50]. Les lividités cadavériques sont également susceptibles d'apparaître sous la forme de zones d'absorption lorsque l'ALS est utilisée sur des cadavres [35].

Enfin, les produits cosmétiques sont également des sources potentielles d'interférences dans l'observation des lésions avec les ALS. Lombardi a observé de la

fluorescence sous ALS sur une zone où un auto-bronzant avait été appliqué, et Olds a observé un résultat “faux positif” après application de crème solaire sur un échantillon cutané observé avec une lumière UV [32, 33].

Ces observations suggèrent que les produits cosmétiques peuvent gêner l'examen. Pollitt et al. [51] ont observé sous différentes ALS, entre 310 et 535 nm, 14 produits cosmétiques appliqués sur la peau de 81 volontaires, et ont mis en évidence des zones de fluorescence et d'absorption. De la fluorescence était observée avec certaines crèmes, et une absorption était visualisée dans plus de 80 % des observations avec un produit cosmétique de type fond de teint, et dans 7 % des cas avec une crème solaire. Ce risque pourrait être atténué par un lavage de la zone à examiner, comme l'ont montré Anderson et al. [52] qui ont testé plusieurs méthodes de lavage (eau savonneuse, lingette démaquillante et lingette désinfectante imbibée d'alcool isopropylique) sur 14 produits de maquillage. De la fluorescence ou de l'absorption était observée avec les 14 produits testés, mais seulement avec 4 de ces produits après lavage.

L'examen tégumentaire d'une victime avec une ALS doit donc être précédé d'une observation sous lumière classique afin de distinguer d'éventuelles dermatoses, tatouages ou cicatrices, ainsi que d'un nettoyage de la région à examiner pour limiter le risque d'interférences, en particulier si la victime indique avoir appliqué un produit sur cette zone.

4.2. Forces et limites de la revue systématique

Cette revue a été réalisée en suivant les recommandations PRISMA-P « *Preferred Reporting Item for Systematic Review and Meta-Analysis Protocols* » [25]. Les équations de recherches choisies comprenaient un nombre restreint de mots-clés, et deux bases de données (Web Of Science et PubMed) ainsi qu'un moteur de recherche (Google Scholar) plus généraliste permettant l'accès à la littérature scientifique et académique ont été consultés, afin de garantir l'exhaustivité des résultats de recherche. Aucune limite de date de publication n'était fixée. Bien que les langues de publication autres que l'anglais et le français faisaient partie des critères de non-éligibilité, aucune restriction de langage n'a été appliquée à la recherche initiale. Les titres en langues étrangères ont été traduits pour s'assurer qu'aucune ressource

d'intérêt ne soit exclue de la revue. Aucun article en langue étrangère (autre que l'anglais ou le français) n'a été identifié comme pertinent après traduction de leur titre.

Une des limites de notre revue, est le non-respect de l'une des recommandations de la grille PRISMA-P dans sa réalisation. En effet, la sélection des articles et l'extraction des données n'ont été réalisées que par un seul intervenant, cette thèse ayant été réalisée seule.

En raison du nombre limité de publications décrivant l'utilisation de l'ALS dans le spectre visible pour la détection des ecchymoses, il a été décidé d'inclure dans notre revue des études avec un faible niveau de preuve scientifique, ainsi que des études portant sur des modèles animaux. Cela permet d'offrir une vue d'ensemble complète de la littérature existante sur ce sujet, mais peut être l'origine de biais, et limiter la généralisation des résultats de la synthèse.

4.2.1. Qualité des études

Les six études non expérimentales sélectionnées dans cette revue sont, par leur design, considérées comme des publications de faible niveau de preuve scientifique. De plus, leurs qualités méthodologiques ont été évaluées comme faibles à moyennes. Elles sont à risque de nombreux biais, notamment des biais de sélection et de confusion, cependant elles permettent un meilleur reflet des conditions réelles, puisque les ecchymoses observées étaient secondaires à des traumatismes accidentels ou en lien avec des violences alléguées, et non à l'intervention d'un investigateur.

Leurs résultats principaux étant en accord avec les autres études considérées comme de plus haut niveau de preuve scientifique, leur inclusion dans la revue semble toutefois pertinente, ces dernières permettant de renforcer la validité des conclusions.

Les neuf études expérimentales comprenaient également des biais, et les qualités méthodologiques de trois d'entre elles ont été évaluées comme moyennes.

La plupart des études expérimentales ont utilisé des méthodes de contrôles pour s'assurer que les observations faites correspondaient bien à des ecchymoses réelles, cependant seulement deux études ont utilisé un groupe témoin, et une seule a étudié la spécificité de l'ALS pour la détection d'ecchymoses. En raison de la nature des

interventions réalisées, la mise en aveugle des participants n'était possible dans aucune des études.

Les études ne disposant pas d'un groupe témoin contrôlaient, cependant, la création des ecchymoses : par injection de sang dans les modèles animaux, par analyse histologique dans l'étude réalisée sur cadavres humains, ou par induction d'un traumatisme contondant par méthode standardisée. Même dans ce dernier cas, l'induction du traumatisme ne permettait cependant pas de s'assurer de la création d'un saignement sous-cutané en regard.

De nouvelles études sur des cadavres humains seraient pertinentes, car elles permettraient un contrôle visuel des constatations faites sous une lumière de type ALS par la réalisation d'incisions profondes, et également par un contrôle histologique.

Certaines études ont tenté de limiter certains facteurs pouvant être à l'origine de biais de confusion ou d'évaluation.

Les études expérimentales portant sur des individus humains vivants ont, dans leur processus de sélection, toutes utilisé des critères d'exclusions en lien avec des caractéristiques individuelles pouvant interférer avec la formation d'ecchymoses, ou avec leur observation : l'existence d'un trouble de la coagulation ou la prise d'un traitement interférant avec la coagulation, la formation d'ecchymoses ou l'inflammation, ou encore une maladie aiguë systémique en cours. Scafide excluait également les individus ayant un périmètre brachial inférieur à 24 cm, et les individus pour lesquels des lésions cutanées ou artéfacts étaient visibles, en lumière blanche ou sous ALS, sur les zones où la création de l'ecchymose était prévue [39].

Dans toutes les études où des ecchymoses étaient créées expérimentalement, des observations préalables étaient faites en lumière blanche, et sous les différentes ALS testées, à la recherche de lésions ou d'artéfacts préexistants pouvant interférer avec les observations. Toutefois, un lavage de la peau avant les observations n'a été effectué que dans trois de ces études [32, 39, 40], et parmi les études longitudinales, une seule indiquait que les participants étaient interrogés sur la survenue éventuelle de nouveaux traumatismes sur la zone cutanée d'étude entre les observations.

Enfin, parmi les neuf études expérimentales, les observations étaient faites par plusieurs investigateurs dans seulement cinq d'entre elles, et ceux-ci étaient en aveugle de l'intervention dans deux études, les seules possédant un groupe témoin. L'utilisation de groupes témoins, et de plusieurs investigateurs semblaient possible

pour toutes ces études, et auraient permis d'améliorer leur méthodologie et la robustesse de leurs résultats.

On note par ailleurs quelques limites concernant la comparabilité des résultats des différentes études.

Bien que la méthode de production d'ecchymoses utilisée dans les études sur modèles animaux (injection sous-cutanée de sang de brebis) ait été considérée par l'équipe de recherche comme une bonne imitation des ecchymoses réelles, elle ne permet pas le déroulement des processus inflammatoires et de guérison normalement associés aux ecchymoses réelles.

De plus, dans sept études, les observations étaient réalisées sur des photographies modifiées par ordinateur (dans cinq d'entre elles le contraste des photographies a été modifié, et dans les deux autres les photographies ont été converties en niveaux de gris). Dans les autres études, les observations étaient faites directement, sans l'intermédiaire d'un appareil photographique.

Enfin, les critères de mesures étaient différents en fonctions des études, certaines se basaient sur des comparaisons de diamètres, de score de visibilité sur échelles, ou encore sur la détection d'ecchymoses infracliniques par observations de zones d'absorption.

4.3. Comparaison avec la littérature existante

Au moment de l'inclusion des articles dans notre revue, aucune étude similaire n'avait été publiée à notre connaissance.

Une revue systématique de la littérature explorant l'utilisation d'Alternate light sources pour détecter des lésions secondaires à des traumatismes contondants a été publiée dans l'*International Journal of Legal Medicine* plusieurs semaines après la fin de notre période d'inclusion [53].

Bien que les deux revues portent sur le même sujet, on note quelques différences, notamment concernant les critères d'inclusion et d'exclusion choisis. Les principales différences sont exposées dans le **Tableau 4**.

Tyr et al. ont étendu leurs recherches jusqu'en avril 2024, contre février 2024 pour notre revue, en interrogeant les bases de données PubMed et CINAHL (base de données spécialisée dans le domaine des soins infirmiers et des professions paramédicales). Ils ont également mentionné avoir interrogé la base de données

Medline, cependant les références se trouvant dans cette base de données sont déjà incluses dans PubMed.

En plus de PubMed, nous avons également consulté Web of Science et Google Scholar pour notre revue, ce qui nous a permis d'accéder à une documentation plus complète.

Concernant les critères d'inclusion et d'exclusion, la principale différence est l'exclusion des études portant uniquement sur les ALS en dehors du spectre visible dans notre revue. Comme expliqué précédemment, nous avons choisi de ne pas sélectionner ces études en raison des contraintes techniques liées à l'utilisation d'infrarouges (observations nécessitant l'usage de caméras ou appareils photographiques) et des risques de toxicité des rayonnements ultraviolets sur la peau [26].

Le nombre d'études incluses dans nos revues respectives diffère également : Tyr et al. ont inclus dix études dans leur synthèse qualitative, nous en avons inclus treize. Six études sont communes aux deux revues.

Parmi les quatre restantes dans la revue de Tyr, deux n'ont pas été incluses dans notre étude car elles ne répondaient pas à nos critères d'éligibilité. L'une concernait l'utilisation de l'ALS émettant des rayonnements ultraviolets et infrarouges [54] et l'autre portait uniquement sur des rayonnements infrarouges [55].

Dans la revue de Tyr, cinq des dix études sélectionnées ont été menées par la même équipe de recherche, et quatre d'entre elles exploitaient des données issues d'une même étude originale, sous différentes perspectives. Parmi ces quatre études, deux ont également été incluses dans notre revue : l'étude originale [39] et une étude dérivée portant sur l'analyse de données secondaires, dans laquelle de nouvelles analyses statistiques ont été réalisées afin de préciser les résultats en fonction des différents phototypes cutanés [40]. Les deux autres études dérivées, en revanche, n'ont pas été incluses dans notre revue. La première comparait deux échelles de visibilité d'ecchymoses et de zones d'absorption, développées par l'équipe de recherche, sous lumière blanche et avec une ALS [56], mais n'apportait pas d'éléments d'intérêt supplémentaires. La seconde n'a pas été incluse car publiée après la fin de la période d'inclusion des études [57]. Elle n'aurait toutefois pas été sélectionnée dans notre revue, car elle portait également sur la comparaison des deux

mêmes échelles de visibilité, sans fournir de nouveaux éléments pertinents pour répondre à notre question de recherche.

Quant à notre revue, sept études ne figurent pas parmi celles sélectionnées par Tyr et al. Deux d'entre elles ont été exclues de leur revue après l'évaluation de leurs qualités méthodologiques, qu'ils ont évaluées comme faible (« SPICOT-low »), mais citées dans leur discussion [30, 34]. Trois autres études, également citées dans leur discussion, n'ont pas été incluses dans leur synthèse qualitative car elles ne correspondaient pas à leurs critères d'inclusion (deux études sur des modèles animaux, et une étude sur des cadavres humains) [33, 35, 37]. Une autre étude n'a été ni incluse ni citée [29], et la dernière est une thèse d'université non publiée, identifiée via Google Scholar [41].

Les résultats principaux de nos deux revues sont globalement similaires, mettant en évidence une meilleure efficacité des ALS violettes et bleues, associées à un filtre jaune, pour la visualisation et la détection d'ecchymoses comparativement à la lumière blanche. Contrairement à Tyr et al., nous avons également mis en évidence la supériorité de l'association de ces ALS avec un filtre orange dans certains cas.

Notre revue incluant un plus grand nombre d'études sur des carnations foncées, nous avons pu mettre en évidence une tendance à une meilleure efficacité des longueurs d'ondes supérieures au violet, notamment le bleu et le bleu-vert, sur ces phototypes. Cette tendance n'a pas été évoquée dans la revue de Tyr, qui incluait seulement quatre études avec des populations de carnations foncée (dont trois exploitant les mêmes données primaires).

De plus, Tyr et al. concluaient que l'efficacité de l'ALS était meilleure uniquement dans les premiers stades de la formation des ecchymoses, et non dans les stades plus tardifs. Notre revue, en revanche, indiquait une efficacité dans les stades plus avancés, au cours du premier mois suivant la création de l'ecchymose.

Les deux revues concluaient à la nécessité de nouvelles recherches scientifiques sur le sujet, en réfléchissant aux risques que pourrait entraîner une interprétation erronée des observations faites avec une ALS, en particulier sur le plan judiciaire. Dans notre revue, nous suggérons par ailleurs d'étendre les recherches sur des individus de carnations foncées, d'IMC varié, et sur des zones anatomiques diversifiées.

En conclusion, bien que les deux revues partagent des résultats similaires, la diversité des études incluses dans ces revues renforce la complémentarité de nos travaux. Les deux revues soulignent l'importance de poursuivre les recherches dans ce domaine.

	Notre revue		Revue de Tyr et al. [53]	
Objectif	Déterminer l'apport potentiel d'ALS émettant dans le spectre visible pour la détection et la visibilité d'echymoses, comparativement à la lumière blanche		Déterminer si la détection et la visualisation par ALS des traumatismes par objet contondant est meilleure qu'avec la lumière blanche classique dans les contextes médico-légaux	
Période de recherche	Jusqu'à février 2024		Jusqu'à avril 2024	
Base de données	PubMed, Web of Science, Google scholar		PubMed, Medline, CINAHL	
Nombre d'investigateurs	1		2	
Critères d'inclusion	Articles en anglais ou en français, études portant sur la détection et la visibilité de lésions traumatiques tégmentaires infracliniques par utilisation d'ALS dans le spectre visible, comparativement à la lumière blanche		Articles en anglais publiés dans des revues « peer-reviewed », études sur modèles humains vivants présentant des echymoses secondaires à un traumatisme contondant (incluant les morsures), utilisation d'une ALS (UV, lumière visible ou IR) avec une comparaison par lumière blanche, articles présentant une discussion sur les résultats, y compris une déclaration résumant la méthode préférentielle pour visualiser ou détecter une echymose	
Critères d'exclusion	Littérature grise, articles portant sur l'utilisation de l'ALS pour la détection de fluides biologiques, résidus de tirs ou empreintes digitales		Articles portant sur l'utilisation de l'ALS pour la détection de liquides biologiques à l'extérieur du corps tels que le sperme, les empreintes digitales ou les résidus de tirs, et études qualifiées de « SPICOT-low » par évaluation du niveau de preuve et du risque de biais	
Études incluses	<p>n = 13</p> <ul style="list-style-type: none"> - Vogeley [29] - Holbrook [30] - Limmen [31] - Lombardi [32] - Olds [33] - Mimasaka [34] - Olds [35] - Nijis [36] - Sully [37] - Scaffide [38] - Scaffide [39] - Scaffide [40] - Tan [41] 		<p>n = 10</p> <ul style="list-style-type: none"> - Limmen [31] - Lombardi [32] - Nijis [36] - Trefan [54] - Scaffide [38] - Scaffide [39] - Scaffide [40] - Black [55] - Scaffide [56] - Downing [57] 	
Résultats principaux	Les ALS violettes (autour de 415 nm) principalement, et bleues (autour de 450 nm) dans une moindre mesure, associées à un filtre jaune, sont plus performantes que la lumière blanche pour visualiser des echymoses peu ou pas visibles avec une lumière blanche, dans les 3 premiers jours suivant la formation de l'echymose, et après 7 jours, jusqu'à 1 mois. Les résultats sont divergents sur les carnations foncées avec une tendance à une meilleure efficacité des ALS à 450 nm.		L'ALS à 415 nm avec un filtre jaune est plus efficace que la lumière blanche pour détecter et visualiser des echymoses, en particulier dans les premiers stades de leur formation. Les IR et les UV ne sont pas plus efficaces que la lumière blanche. Intérêt d'utiliser des échelles de visibilité standardisées pour les recherches futures, pour garantir une meilleure comparabilité des résultats	
Conclusions	Les ALS violettes (autour de 415 nm) et bleues (autour de 450 nm), associées à un filtre jaune, sont plus performantes que la lumière blanche pour visualiser des echymoses peu ou pas visibles avec une lumière blanche. Nécessité de nouvelles études expérimentales, sur des populations de carnations et d'IMC variés, et sur d'autres régions anatomiques, pour valider scientifiquement l'utilisation de l'ALS dans ce domaine.		L'ALS à 415 nm associée à un filtre jaune est plus efficace que la lumière blanche pour détecter et visualiser des echymoses, chez diverses couleurs de peau. Validité des résultats uniquement dans les cas où on connaît la localisation de l'echymose, les études n'étudiant que la sensibilité de l'ALS. Absence d'amélioration de la visibilité des echymoses avec les IR et les UV. Nécessité de nouvelles études expérimentales randomisées avec contrôle de la création d'echymoses, par des équipes de recherches différentes, et d'approfondir les questions concernant la spécificité de l'ALS (impact des produits cosmétiques, des mécanismes lésionnels, des régions anatomiques). Nécessité d'une réflexion concernant les pièges potentiels découlant de la surinterprétation des observations faites avec l'ALS	

Tableau 4 - Tableau comparatif des deux revues systématiques

4.4. Perspectives

4.4.1. Pistes pour la recherche future

L'analyse de la littérature actuelle a révélé plusieurs lacunes, ouvrant la voie à de futures investigations. Les études actuelles se concentraient principalement sur des individus adultes de carnation claire, âgés de moins de 65 ans, et sur des ecchymoses situées sur des régions anatomiques généralement pauvres en graisse sous-cutanée. Il apparaît indispensable de poursuivre les recherches sur des échantillons d'étude plus diversifiés, incluant des individus de carnation, d'âge et d'IMC variés, ainsi que sur d'autres régions anatomiques.

De plus, il serait également pertinent de tester des ALS supplémentaires, émettant des longueurs d'onde plus élevées, notamment sur les peaux les plus foncées.

La réalisation d'études cliniques intégrant un groupe témoin permettrait d'approfondir la question de la spécificité de l'ALS. Des études post-mortem pourraient également être envisagées, et permettraient d'effectuer des contrôles visuels par dissections, et histologiques à partir de prélèvements, afin de vérifier la réalité des ecchymoses détectées et détecter d'éventuels « faux positifs ».

Un autre élément qui pourrait être pris en compte lors des recherches futures est la possibilité d'un vécu anxieux de l'examen par les victimes, qui nécessite d'être réalisé dans des conditions de faible éclairage voire d'obscurité [58, 59].

La multiplicité d'études de haute qualité méthodologique est essentielle à la validation scientifique de cette technique de détection d'ecchymoses et pour envisager son admissibilité dans un contexte judiciaire.

Son utilisation devrait être guidée par l'examen clinique et les doléances, et s'intégrer dans un faisceau d'arguments.

Cela impliquerait d'inclure dans le certificat médico-légal une explication sur les conditions d'examen, la technique utilisée et ses limites.

4.4.2. La détection des lésions traumatiques infracliniques par d'autres examens paracliniques

Dans le domaine médico-légal, l'utilisation de plusieurs examens paracliniques a été étudiée. Urakov et al. ont observé des ecchymoses en utilisant la thermographie infrarouge, aussi appelée imagerie thermique. Des zones d'hyperthermie ont été visualisées en regard de ces lésions [12].

Horisberger, quant à lui, a testé la transillumination cutanée, aussi appelée diaphanoscopie, pour la détection d'ecchymoses infracliniques sur des cadavres humains. Il a rapporté une sensibilité et une spécificité respectives de 95 % et 97 % de cette technique [13].

D'autres examens, d'utilisation plus classique dans le domaine médical, ont également été transposés dans le domaine médico-légal. Par exemple, l'IRM a été utilisée dans des cas de strangulations [60], tandis que l'échographie a été employée en pédiatrie médico-légale, et a permis de mettre en évidence les remaniements fibreux d'ecchymoses. Ces remaniements ont été observés sur une série autopsique et sur des enfants volontaires, sous la forme de zones hyper et iso échogènes [61].

Bien que très peu utilisée en médecine légale, l'échographie est une technique d'imagerie largement utilisée en médecine du sport pour le diagnostic et le suivi des lésions musculaires. Nous nous sommes donc posé la question de son éventuel apport en médecine légale clinique pour détecter un autre type de lésion traumatique invisible à l'œil nu : l'hématome intramusculaire.

Une recherche bibliographique a été réalisée en suivant la même méthodologie que celle utilisée pour notre revue principale. Cette recherche visait à identifier les études concernant l'utilisation de l'échographie pour le diagnostic des lésions musculaires, en particulier des hématomes intramusculaires. Les équations de recherches utilisées et le diagramme de flux sont présentés en annexe (voir **Annexe 4** et **Annexe 5**).

Le processus de sélection a permis d'identifier plusieurs revues systématiques sur ce sujet. La plus récente a été publiée dans la revue *RöFo* (Journal officiel des sociétés allemande et autrichienne de radiologie), en novembre 2023 [62].

Cette revue indique que de nombreuses études ont été menées dans le suivi de sportifs victimes de traumatismes musculaires par choc direct, dans les sports de contact principalement.

Dans les 24 premières heures suivant le traumatisme, un hématome intramusculaire peut apparaître sous la forme d'une zone hyperéchogène ou hypoéchogène. Les jours suivants, il apparaît comme un liquide hypoéchogène, puis devient hétérogène au fur et à mesure des processus de coagulation.

L'échographie permet également de détecter une complication possible après un traumatisme musculaire, la myosite ossifiante post-traumatique. La calcification de l'hématome sera accompagnée d'un cône d'ombre postérieur.

Au vu de ces éléments, l'utilisation de l'échographie par le médecin légiste semble envisageable pour détecter des hématomes infracliniques. De plus, l'échographie présente plusieurs avantages : il s'agit d'une technique non invasive, facilement accessible, peu coûteuse et sans danger. Son utilisation par le médecin légiste nécessiterait toutefois une formation spécifique à cette technique.

5. CONCLUSION

Cette revue systématique de la littérature avait pour objectif de déterminer l'apport potentiel de l'utilisation d'une Alternate light source pour la détection et l'amélioration de la visibilité d'ecchymoses infracliniques.

Les résultats de ce travail montrent que l'utilisation d'ALS émettant des longueurs d'ondes dans le spectre visible, notamment le violet et le bleu, améliore la visibilité des ecchymoses peu ou pas visibles en conditions d'examen classiques, et pourrait constituer une aide précieuse dans la recherche de preuves médico-légales.

Cependant, il existe encore peu d'études de haut niveau de preuve scientifique sur ce sujet dans la littérature. Des recherches supplémentaires sont nécessaires, en particulier des études expérimentales incluant des individus de phototypes variés, afin d'envisager la recevabilité de l'ALS en justice dans ce contexte.

À Toulouse, le 16/09/2024

Vu et permis d'imprimer
La Présidente de l'Université Toulouse III – Paul Sabatier
Faculté de Santé
Par délégation,
Le Doyen-Directeur
Du Département de Médecine, Maïeutique, et Paramédical
Professeur Thomas GEERAERTS



Docteur Frédéric SAVALL
Professeur des Universités – Praticien Hospitalier
Unité Médico Judiciaire - Institut Médico-Légal
Hôpital RANGUEIL
1, avenue Jean Poulhès - TSA 50032
31059 TOULOUSE Cedex 9. - Tél. 05 61 32 29 70

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Ellerstein NS. The Cutaneous Manifestations of Child Abuse and Neglect. *Arch Pediatr Adolesc Med* 1979; 133: 906.
- [2] Lachs MS, Pillemer KA. Elder Abuse. *N Engl J Med* 2015; 373: 1947–1956.
- [3] Bernard Knight, Pekka J. Saukko. The pathology of wounds. In: *Knight's Forensic Pathology*. 2016.
- [4] Langlois NEI, Gresham GA. The ageing of bruises: A review and study of the colour changes with time. *Forensic Sci Int* 1991; 50: 227–238.
- [5] Stark M. *Clinical Forensic Medicine A Physician's Guide*.
- [6] Quatrehomme G, Alunni V, Martrille L. Item no 9. Certificats médicaux. *Rev Médecine Légale* 2019; 10: 32–37.
- [7] Rambow B, Adkinson C, Frost TH, et al. Female sexual assault: Medical and legal implications. *Ann Emerg Med* 1992; 21: 727–731.
- [8] Sue Fisher B, Kaplan A, Budescu M, et al. The Influence of Anogenital Injury on Women's Willingness to Engage With the Criminal Justice Process After Rape. *Violence Vict* 2013; 28: 968–983.
- [9] Downing NR, Adams M, Bogue RJ. Factors Associated With Law Enforcement Reporting in Patients Presenting for Medical Forensic Examinations. *J Interpers Violence* 2022; 37: NP3269–NP3292.
- [10] Thavarajah D, Vanezis P, Perrett D. Assessment of bruise age on dark-skinned individuals using tristimulus colorimetry. *Med Sci Law* 2012; 52: 6–11.
- [11] Pilling ML, Vanezis P, Perrett D, et al. Visual assessment of the timing of bruising by forensic experts. *J Forensic Leg Med* 2010; 17: 143–149.
- [12] Urakov A, Ammer K, Urakova N, et al. Thermal imaging improves the accuracy of forensic medical examination of living persons with bruises of soft tissues. In: *Proceedings of the 2016 International Conference on Quantitative InfraRed Thermography*. QIRT Council. Epub ahead of print 2016. DOI: 10.21611/qirt.2016.140.
- [13] Horisberger B, Krompecher T. Forensic diaphanoscopy: how to investigate invisible subcutaneous hematomas on living subjects.
- [14] Ploufandsplash. Illustration du spectre électromagnétique, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=2466156> (2007).
- [15] Marin N, Buszka J. *Alternate Light Source Imaging*. 0 ed. Routledge. Epub ahead of print 25 September 2014. DOI: 10.4324/9781315722160.

- [16] Lennard C, Stoilovic M. Application of forensic light sources at the crime scene. In: *The Practice Of Crime Scene Investigation*, pp. 97–123.
- [17] Vandenberg N, Van Oorschot RAH. The Use of Polilight[®] in the Detection of Seminal Fluid, Saliva, and Bloodstains and Comparison with Conventional Chemical-Based Screening Tests. *J Forensic Sci* 2006; 51: 361–370.
- [18] Hughes VK, Ellis PS, Burt T, et al. The practical application of reflectance spectrophotometry for the demonstration of haemoglobin and its degradation in bruises. *J Clin Pathol* 2004; 57: 355–359.
- [19] Amazon K, Soloni F, Rywlin AM. Separation of bilirubin from hemoglobin by recording derivative spectrophotometry. *Am J Clin Pathol* 1981; 75: 519–523.
- [20] U.S. Department of Justice O on VAW. A National Protocol for Sexual Assault Medical Forensic Examinations, <https://www.ojp.gov/sites/g/files/xyckuh241/files/media/document/206554.pdf> (2004).
- [21] Golden GS. Use of Alternative Light Source Illumination in Bite Mark Photography. *J Forensic Sci* 1994; 39: 13659J.
- [22] West MH, Barsley RE, Hall JE, et al. The detection and documentation of trace wound patterns by use of an alternative light source. *J Forensic Sci* 1992; 37: 1480–1488.
- [23] Auteur inconnu NCI. Skin, <https://visualsonline.cancer.gov/details.cfm?imageid=1809> (2001).
- [24] Anderson RR, Parrish JA. The optics of human skin. *J Invest Dermatol* 1981; 77: 13–19.
- [25] PRISMA-P Group, Moher D, Shamseer L, et al. Preferred reporting items for systematic review and meta-analysis protocols (PRISMA-P) 2015 statement. *Syst Rev* 2015; 4: 1.
- [26] Renard G, Leid J. Les dangers de la lumière bleue : la vérité ! *J Fr Ophtalmol* 2016; 39: 483–488.
- [27] Kmet LM, Lee RC, Cook LS. *Standard quality assessment criteria for evaluating primary research papers from a variety of fields*. Edmonton, Alta.: Alberta Heritage Foundation for Medical Research, <https://www.ihe.ca/publications/standard-quality-assessment-criteria-for-evaluating-primary-research-papers-from-a-variety-of-fields> (2004).
- [28] PLOS staff editors. Quality Assessment Tool for Observational Research, https://genweb.plos.org/RR/EditorResources_CSSAssessment.pdf.
- [29] Vogeley E, Pierce MC, Bertocci G. Experience with wood lamp illumination and digital photography in the documentation of bruises on human skin. *Arch Pediatr Adolesc Med* 2002; 156: 265–268.

- [30] Holbrook DS, Jackson MC. Use of an alternative light source to assess strangulation victims. *J Forensic Nurs* 2013; 9: 140–145.
- [31] Limmen RM, Ceelen M, Reijnders UJL, et al. Enhancing the Visibility of Injuries with Narrow-Banded Beams of Light within the Visible Light Spectrum. *J Forensic Sci* 2013; 58: 518–522.
- [32] Lombardi M, Canter J, Patrick PA, et al. Is fluorescence under an alternate light source sufficient to accurately diagnose subclinical bruising? *J Forensic Sci* 2015; 60: 444–449.
- [33] Olds K, Byard RW, Winskog C, et al. Validation of ultraviolet, infrared, and narrow band light alternate light sources for detection of bruises in a pigskin model. *Forensic Sci Med Pathol* 2016; 12: 435–443.
- [34] Mimasaka S, Oshima T, Ohtani M. Visualization of old bruises in children: Use of violet light to record long-term bruises. *Forensic Sci Int* 2018; 282: 74–78.
- [35] Olds K, Byard RW, Winskog C, et al. Validation of alternate light sources for detection of bruises in non-embalmed and embalmed cadavers. *Forensic Sci Med Pathol* 2017; 13: 28–33.
- [36] Nijs HGT, De Groot R, Van Velthoven MFAM, et al. Is the visibility of standardized inflicted bruises improved by using an alternate ('forensic') light source? *Forensic Sci Int* 2019; 294: 34–38.
- [37] Sully CJ, Olds KL, Langlois NEI. Evaluation of a model of bruising in pigmented skin for investigating the potential for alternate light source illumination to enhance the appearance of bruises by photography of visible and infrared light. *Forensic Sci Med Pathol* 2019; 15: 555–563.
- [38] Scafide KN, Sharma S, Tripp NE, et al. Bruise detection and visibility under alternate light during the first three days post-trauma. *J Forensic Leg Med* 2020; 69: 101893.
- [39] Scafide KN, Sheridan DJ, Downing NR, et al. Detection of Inflicted Bruises by Alternate Light: Results of a Randomized Controlled Trial. *J Forensic Sci* 2020; 65: 1191–1198.
- [40] Scafide KN, Downing NR, Kutahyalioğlu NS, et al. Predicting alternate light absorption in areas of trauma based on degree of skin pigmentation: Not all wavelengths are equal. *Forensic Sci Int*; 339. Epub ahead of print 2022. DOI: 10.1016/j.forsciint.2022.111410.
- [41] TAN WY. *The detection and documentation of bruises using alternate*. 2012. Epub ahead of print 2012. DOI: 10.1177/030642209702600329.
- [42] Lambert MW, Maddukuri S, Karanfilián KM, et al. The physiology of melanin deposition in health and disease. *Clin Dermatol* 2019; 37: 402–417.

- [43] Kollias N. The physical basis of skin color and its evaluation. *Clin Dermatol* 1995; 13: 361–367.
- [44] Mosqueda L, Burnight K, Liao S. The Life Cycle of Bruises in Older Adults. *J Am Geriatr Soc* 2005; 53: 1339–1343.
- [45] Tsokos M. Diagnostic criteria for cutaneous injuries in child abuse: classification, findings, and interpretation. *Forensic Sci Med Pathol* 2015; 11: 235–242.
- [46] Farage MA, Miller KW, Berardesca E, et al. Clinical Implications of Aging Skin: Cutaneous Disorders in the Elderly. *Am J Clin Dermatol* 2009; 10: 73–86.
- [47] Kinnear PR. New Farnsworth-Munsell 100 hue test norms of normal observers for each year of age 5-22 and for age decades 30-70. *Br J Ophthalmol* 2002; 86: 1408–1411.
- [48] Maggioni L, Maderna E, Gorio MC, et al. The frequently dismissed importance of properly sampling skin bruises. *Leg Med* 2021; 50: 101867.
- [49] Hettrick H, Hill C, Hardigan P. Early Detection of Pressure Injury Using a Forensic Alternate Light Source. *Wounds Compend Clin Res Pract* 2017; 29: 222–228.
- [50] Owens L, Warfield T, Macdonald R, et al. Using alternative light source technology to enhance visual inspection of the skin. *J Wound Ostomy Continence Nurs* 2018; 45: 356–358.
- [51] Pollitt EN, Anderson JC, Scafide KN, et al. Alternate Light Source Findings of Common Topical Products. *J Forensic Nurs* 2016; 11: 97–103.
- [52] Anderson JC, Pollitt EN, Schildbach C, et al. Alternate Light Source Findings of Common Topical Cosmetics and Three Removal Methods. *J Forensic Nurs* 2021; 17: 14–23.
- [53] Tyr A, Heldring N, Zilg B. Examining the use of alternative light sources in medico-legal assessments of blunt-force trauma: a systematic review. *Int J Legal Med* 2024; 138: 1925–1938.
- [54] Trefan L, Harris C, Evans S, et al. A comparison of four different imaging modalities – Conventional, cross polarized, infra-red and ultra-violet in the assessment of childhood bruising. *J Forensic Leg Med* 2018; 59: 30–35.
- [55] Black HI, Coupaud S, Daéid NN, et al. On the relationships between applied force, photography technique, and the quantification of bruise appearance. *Forensic Sci Int* 2019; 305: 109998.
- [56] Scafide KN, Downing NR, Kutahyalioğlu NS, et al. Quantifying the Degree of Bruise Visibility Observed Under White Light and an Alternate Light Source. *J Forensic Nurs* 2021; 17: 24–33.

- [57] Downing NR, Scafide KN, Ali Z, et al. Visibility of inflicted bruises by alternate light: Results of a randomized controlled trial. *J Forensic Sci* 2024; 69: 880–887.
- [58] Grillon C, Pellowski M, Merikangas KR, et al. Darkness facilitates the acoustic startle reflex in humans. *Biol Psychiatry* 1997; 42: 453–460.
- [59] Mühlberger A, Wieser MJ, Pauli P. Darkness-enhanced startle responses in ecologically valid environments: A virtual tunnel driving experiment. *Biol Psychol* 2008; 77: 47–52.
- [60] Yen K, Vock P, Christe A, et al. Clinical forensic radiology in strangulation victims: forensic expertise based on magnetic resonance imaging (MRI) findings. *Int J Legal Med* 2007; 121: 115–123.
- [61] Mimasaka S, Oshima T, Ohtani M. Characterization of bruises using ultrasonography for potential application in diagnosis of child abuse. *Leg Med* 2012; 14: 6–10.
- [62] Lerchbaumer MH, Perschik M, Gwinner C. Ultrasound in sports traumatology. *RöFo - Fortschritte Auf Dem Geb Röntgenstrahlen Bildgeb Verfahr* 2024; 196: 440–449.

PRISMA-P (Preferred Reporting Items for Systematic review and Meta-Analysis Protocols) 2015 checklist: recommended items to address in a systematic review protocol*

Section and topic	Item No	Checklist item
ADMINISTRATIVE INFORMATION		
Title:		
Identification	1a	Identify the report as a protocol of a systematic review
Update	1b	If the protocol is for an update of a previous systematic review, identify as such
Registration	2	If registered, provide the name of the registry (such as PROSPERO) and registration number
Authors:		
Contact	3a	Provide name, institutional affiliation, e-mail address of all protocol authors; provide physical mailing address of corresponding author
Contributions	3b	Describe contributions of protocol authors and identify the guarantor of the review
Amendments	4	If the protocol represents an amendment of a previously completed or published protocol, identify as such and list changes; otherwise, state plan for documenting important protocol amendments
Support:		
Sources	5a	Indicate sources of financial or other support for the review
Sponsor	5b	Provide name for the review funder and/or sponsor
Role of sponsor or funder	5c	Describe roles of funder(s), sponsor(s), and/or institution(s), if any, in developing the protocol
INTRODUCTION		
Rationale	6	Describe the rationale for the review in the context of what is already known
Objectives	7	Provide an explicit statement of the question(s) the review will address with reference to participants, interventions, comparators, and outcomes (PICO)
METHODS		
Eligibility criteria	8	Specify the study characteristics (such as PICO, study design, setting, time frame) and report characteristics (such as years considered, language, publication status) to be used as criteria for eligibility for the review
Information sources	9	Describe all intended information sources (such as electronic databases, contact with study authors, trial registers or other grey literature sources) with planned dates of coverage
Search strategy	10	Present draft of search strategy to be used for at least one electronic database, including planned limits, such that it could be repeated
Study records:		
Data management	11a	Describe the mechanism(s) that will be used to manage records and data throughout the review

Annexe 1 – Recommendations PRISMA-P

Selection process	11b	State the process that will be used for selecting studies (such as two independent reviewers) through each phase of the review (that is, screening, eligibility and inclusion in meta-analysis)
Data collection process	11c	Describe planned method of extracting data from reports (such as piloting forms, done independently, in duplicate), any processes for obtaining and confirming data from investigators
Data items	12	List and define all variables for which data will be sought (such as PICO items, funding sources), any pre-planned data assumptions and simplifications
Outcomes and prioritization	13	List and define all outcomes for which data will be sought, including prioritization of main and additional outcomes, with rationale
Risk of bias in individual studies	14	Describe anticipated methods for assessing risk of bias of individual studies, including whether this will be done at the outcome or study level, or both; state how this information will be used in data synthesis
Data synthesis	15a	Describe criteria under which study data will be quantitatively synthesised
	15b	If data are appropriate for quantitative synthesis, describe planned summary measures, methods of handling data and methods of combining data from studies, including any planned exploration of consistency (such as I^2 , Kendall's τ)
	15c	Describe any proposed additional analyses (such as sensitivity or subgroup analyses, meta-regression)
	15d	If quantitative synthesis is not appropriate, describe the type of summary planned
Meta-bias(es)	16	Specify any planned assessment of meta-bias(es) (such as publication bias across studies, selective reporting within studies)
Confidence in cumulative evidence	17	Describe how the strength of the body of evidence will be assessed (such as GRADE)

*** It is strongly recommended that this checklist be read in conjunction with the PRISMA-P Explanation and Elaboration (cite when available) for important clarification on the items. Amendments to a review protocol should be tracked and dated. The copyright for PRISMA-P (including checklist) is held by the PRISMA-P Group and is distributed under a Creative Commons Attribution Licence 4.0.**

*From: Shamseer L, Moher D, Clarke M, Ghersi D, Liberati A, Petticrew M, Shekelle P, Stewart L, PRISMA-P Group. Preferred reporting items for systematic review and meta-analysis protocols (PRISMA-P) 2015: elaboration and explanation. *BMJ*. 2015 Jan 2;349(jan02 1):g7647.*

Annexe 1 – Recommendations PRISMA-P (suite)

Critères / Premier auteur		Lombardi 2015	Olds 2016	Olds 2017	Nijis 2019	Sully 2019	Scafile 2020	Scafile 2020	Scafile 2022	Tan 2022
1	Question/objectif suffisamment décrit ?	2	2	2	2	2	2	2	2	1
2	Type d'étude évident et approprié ?	2	1	2	1	1	1	2	2	2
3	Méthode de sélection des individus/groupes ou des sources d'information décrite et appropriée ?	2	2	2	2	2	1	2	2	2
4	Caractéristiques des sujets (et groupes de comparaison si applicable) suffisamment décrites	2	N/A	1	2	N/A	1	2	2	2
5	Si une intervention et une randomisation étaient possibles, étaient-elles décrites ?	2	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0
6	Si une intervention et une mise en aveugle des investigateurs étaient possibles, était-ce rapporté ?	2	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	2
7	Si une intervention et une mise en aveugle des participants étaient possibles, était-ce rapporté ?	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
8	Les mesures des résultats et (le cas échéant) de l'exposition sont bien définies et résistantes aux biais de mesure et de classification ? Moyens d'évaluation rapportés ?	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	Taille de la population appropriée ?	2	1	1	2	1	0	2	2	2
10	Méthodes d'analyse décrites/justifiées et appropriées ?	2	2	2	2	1	2	2	2	1
11	Une estimation de la variance était-elle rapportée pour les principaux résultats ?	1	2	2	2	1	2	2	2	0
12	Contrôle des facteurs de confusion ?	1	N/A	N/A	1	N/A	1	1	1	1
13	Résultats suffisamment détaillés ?	2	2	2	2	2	2	2	2	1
14	Conclusions étayées par les résultats ?	2	2	2	2	2	2	1	2	2
Score total		0.88	0.83	0.85	0.86	0.72	0.68	0.86	0.91	0.63

Annexe 2 – Évaluation de la qualité méthodologique des études expérimentales : « STANDARD QUALITY ASSESSMENT CRITERIA for Evaluating Primary Research Papers from a Variety of Fields » (traduit de l'anglais)

2 : oui ; 1 : partiel ; 0 : non ; N/A : non applicable.

Score total : **0-5** : qualité faible ; **0.5-0.79** : qualité moyenne ; **0.80-1** : qualité haute

Critères / Premier auteur	Lombardi 2015	Olds 2016	Olds 2017	Nijs 2019	Sully 2019	Scafiide 2020	Scafiide 2020	Scafiide 2022	Tan 2022
Utilisation d'un groupe témoin ou d'une méthode de contrôle de la réalité de l'ecchymose ?	+	+	+	-	+	+	+	+	+
Exclusion des individus pour lesquels des biais potentiels ont été identifiés ?	+	-	-	+	-	+	+	+	+
Observations faites par plus d'un investigateur ?	+	-	-	+	-	-	+	+	+/-
Variabilité inter observateurs évaluée ?	+	-	-	+	-	-	+	+	+/-
Investigateur(s) en aveugle de l'intervention ?	+	-	-	-	-	-	-	-	+/-

Annexe 3 - Critères additionnels pour l'évaluation du risque de biais pour les études expérimentales

+ : oui ; - : non ; +/- : oui seulement sur un sous-groupe de l'échantillon d'étude

- 4 ou 5 « + » : bon
- 3 « + » : moyen
- 2 « + » ou moins : mauvais

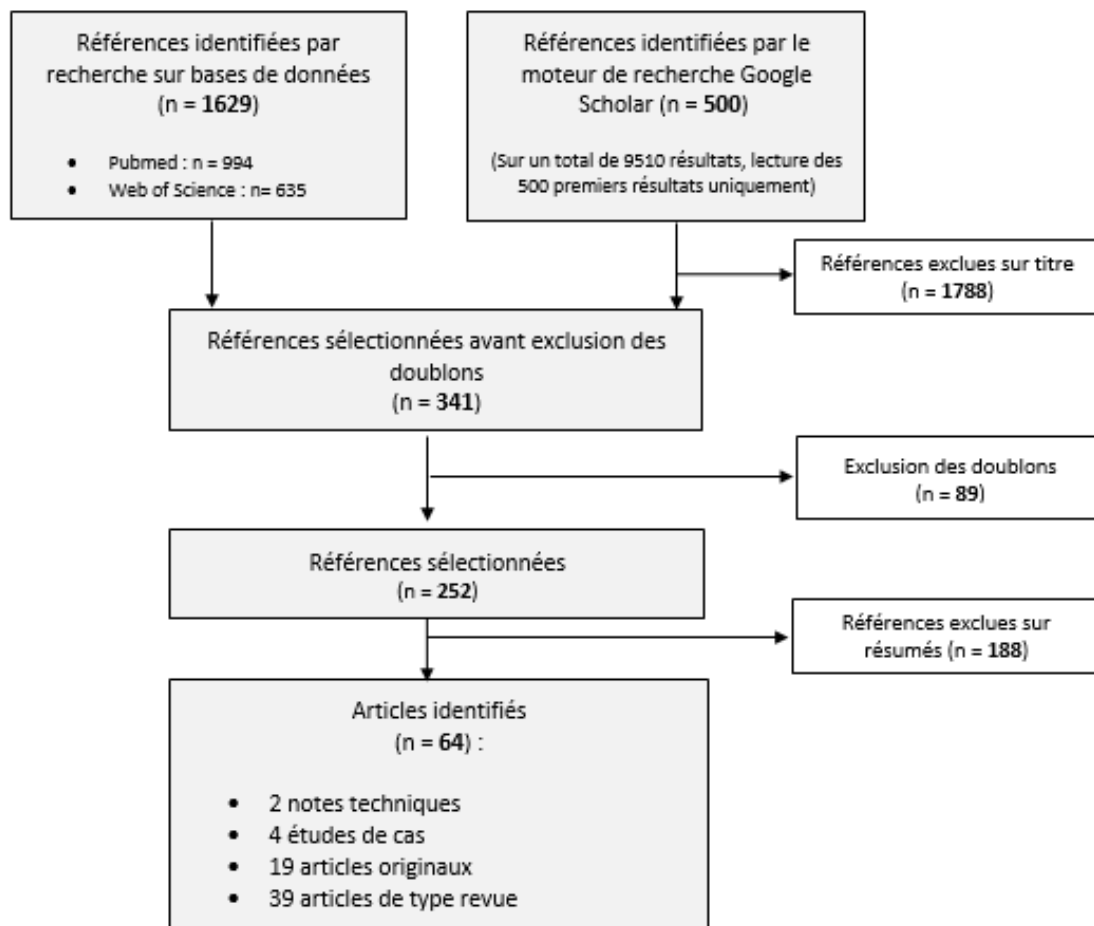
Critères / Premier auteur		Vogelely 2002	Limmen 2013	Holbrook 2015	Mimasaka 2017
1	Les auteurs ont-ils proposé une question de recherche claire ? L'analyse de la littérature pertinente dans la section « Introduction » justifie-t-elle la question de recherche ? Les auteurs ont-ils cité et discuté d'autres documents pertinents sur ce sujet ?	oui	oui	non	oui
2	Les méthodes sont-elles expliquées en détail et sont-elles adaptées à la conception de l'étude ? Les analyses statistiques sont-elles appropriées ?	oui/non	oui	non	oui
3	Les conclusions présentées répondent-elles à la question de recherche ?	oui	oui	oui	oui
4	Les calculs de la taille de l'échantillon ont-ils été fournis ? Sont-ils appropriés compte tenu de la méthode d'échantillonnage ?	non	non	non	non
5	Les covariables et les variables confusionnelles ont-elles été signalées et définies dans la section « Méthodes » ?	non	non	non	non
6	Les résultats présentés dans les tableaux de la section « Résultats » sont-ils uniformes et mathématiquement corrects ? (Par exemple, si la fréquence des variables est présentée en pourcentages, le total des pourcentages de chaque colonne doit être égal à 100).	non	oui	non	oui
7	Les limites de l'étude sur les effets des résultats de l'étude sont-elles discutées de manière approfondie ?	non	non	non	oui
Nombre total de « oui »		3	4	1	5

Annexe 4 – Évaluation de la qualité méthodologique des études observationnelle : « Quality assessment tool for observational research PLOS » ((traduit de l'anglais)

- 6 ou 7 « oui » : haute qualité
- 4 ou 5 « oui » : qualité moyenne
- 3 « oui » ou moins : faible qualité

Pubmed	<ul style="list-style-type: none"> • (ultrasonography OR ultrasound) AND “muscle hematoma” • (ultrasonography OR ultrasound) AND “muscle injuries” • (ultrasonography OR ultrasound) AND “soft tissue injury”
Web of Science	<ul style="list-style-type: none"> • (ultrasonography OR ultrasound) AND “muscle hematoma” • (ultrasonography OR ultrasound) AND “muscle injuries” • (ultrasonography OR ultrasound) AND “soft tissue injury” • (ultrasonography OR ultrasound) AND forensic
Google Scholar	<ul style="list-style-type: none"> • (ultrasonography OR ultrasound) AND (“muscle hematoma” OR “muscle injuries”)

Annexe 5 - Équations de recherche – Échographie



Annexe 6 - Diagramme de flux – Échographie

DÉTECTION D'ECCHYMOSES INFRACLINIQUES PAR UNE
"ALTERNATE LIGHT SOURCE" : REVUE SYSTÉMATIQUE DE LA LITTÉRATURE

Contexte : Le médecin légiste joue un rôle essentiel dans la prise en charge des victimes de violences, notamment dans la recherche de preuves médico-légales. Parmi les lésions tégumentaires les plus fréquemment observées lors des examens de victimes de violences interpersonnelles, on trouve les ecchymoses. Celles-ci sont parfois difficilement visualisées, cependant leur détection est primordiale dans l'intérêt des victimes, pour aider à prouver la matérialité des faits. Au cours des dernières années, plusieurs études ont été publiées concernant la détection d'ecchymoses infracliniques par une technologie déjà couramment utilisée dans le domaine judiciaire : les Alternate Light Sources (ALS).

Méthode : Une revue systématique de la littérature a été réalisée selon les recommandations PRISMA-P, à partir des bases de données Pubmed, Web of Science ainsi que Google Scholar, afin d'identifier les études, publiées jusqu'en février 2024, concernant l'utilisation d'une ALS dans le spectre visible pour la détection d'ecchymoses.

Résultats : Parmi les 2423 références initialement identifiées, 13 ont été sélectionnées pour cette synthèse qualitative. Il apparaît que les ALS violette (autour de 415 nm) et bleue (autour de 450 nm), associées à un filtre jaune, sont plus efficaces que la lumière blanche pour visualiser des ecchymoses infracliniques, dans les trois premiers jours suivant leur formation, et au-delà sept jours jusqu'à un mois. Les résultats sont divergents concernant l'efficacité des ALS sur les carnations foncées, avec une tendance à une meilleure efficacité des ALS à 450 nm.

Conclusion : L'ALS est un outil qui pourrait constituer une aide à l'examen clinique du médecin légiste, en augmentant les chances de détecter des ecchymoses peu ou pas visibles en conditions d'examen classique. Cependant, les études disponibles à ce sujet sont encore limitées et concernent principalement des individus de phototype clair. Des recherches supplémentaires sont nécessaires avant d'envisager son admissibilité en tant qu'élément de preuve dans un contexte judiciaire.

DETECTION OF SUBCLINICAL ECCHYMOSES BY AN "ALTERNATE LIGHT SOURCE": SYSTEMATIC REVIEW OF THE LITERATURE

DISCIPLINE ADMINISTRATIVE : Médecine spécialisée clinique

MOTS-CLÉS : Alternate light source, alternative light source, ecchymose, médecine légale, détection, revue systématique

INTITULÉ ET ADRESSE DE L'UFR OU DU LABORATOIRE :

Université Toulouse III-Paul Sabatier
Faculté de Santé de Toulouse
37 Allées Jules Guesde 31000 Toulouse

Directeur de thèse : Pr Norbert TELMON
