Université Bordeaux 2

U.F.R. DES SCIENCES PHARMACEUTIQUES

Année : 2016 N° 49

Thèse pour l'obtention du

DIPLOME d'ETAT de DOCTEUR EN PHARMACIE

Présentée et soutenue publiquement

Par TOMASETTI Pierre

Né(e) le 23 octobre 1989 à Mont de Marsan

Le 6 Avril 2016

Titre de la thèse

Les produits de tatouage constituent-ils un problème de santé publique ? Composition et risques pour l'homme.

Directeur de thèse

Madame PASSAGNE Isabelle

Jury

Madame L'AZOU Beatrice……..….Maitre de conférence Président
Madame PASSAGNE Isabelle……...Maitre de conférence
Madame ANSELME Florence…….....Pharmacien

Remerciements

Je souhaite tout d'abord remercier ma directrice de thèse, Madame Isabelle PASSAGNE, pour ses conseils avisés, son expérience et le temps qu'elle a su me consacrer tout au long de ce projet.

Un grand remerciement à Madame le Professeur L'AZOU Béatrice, président du jury, pour avoir accepté de prendre part à ce projet, ainsi que pour les connaissances qu'il m'a apportées tout au long de mon cursus.

Je remercie tout particulièrement Florence ANSELME, pharmacien à Ma Pharmacie Bergonié et maître de stage de pratique professionnelle en officine, de m'avoir fait l'honneur d'accepter de faire partie du jury de cette thèse. Aussi, je vous suis reconnaissant de m'avoir transmis vos connaissances, votre savoir et votre passion pour la pharmacie.

Je tiens également à remercier toute ma promotion 2009-2014 des Sciences Pharmaceutiques pour les moments agréables passés tout au long de ce cursus. Ainsi que tous les professeurs et les maitres de conférences du savoir et des outils que vous m'avez apportés afin de m'épanouir dans le métier de pharmacien.

Je remercie mes parents et toute ma famille de m'avoir permis de suivre cette voie et de m'avoir soutenu durant toutes ces années. Vous détenez une grande part dans la réussite de ces études. Merci particulièrement à Sabrina pour son implication dans cette thèse.

Pour finir, il me parait important de remercier tous mes amis pour les moments agréables passés durant toutes mes années d'études.

SOMMAIRE

CHAPITRE 1 : GENERALITES SUR LA COMPOSITION DES PRODUITS DE TATOUAGE ….7

I. LES PIGMENTS ... 8
I.1. Historique[3,4,5] ... *8*
I.2. Nomenclatures et classifications ... *11*
I.2.1. L'étiquetage[6] ... 11
I.2.2. La nomenclature INCI[7] ... 12
I.2.3. La classification du « Colour Index »[8,9] ... 13
I.2.4. Le numéro CAS[10,11] ... 14
I.3. Les différents pigments ... *15*
I.3.1. Les pigments minéraux[12,13,14,15] ... 15
I.3.2. Les pigments organiques[17,18] ... 21
I.3.2.1. Le noir de carbone[19] ... 21
I.3.2.1.1. Les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)[20,21,22,23] ... 22
I.3.2.2. Les colorants azoïques[24,25,26] ... 24
I.3.2.3. Les phtalocyanines[24,27,28] ... 26
I.3.2.4. Les autres pigments organiques polycycliques[24,29] ... 28
I.3.2.4.1. Les pyrroles ... 28
I.3.2.4.2. Les quinacridones ... 29
I.3.2.4.3. Les dioxazines ... 30
I.3.2.4.4. Les anthraquinones[30,31] ... 31
I.3.2.4.5. Les rhodamines[32] ... 33
II. LES ADJUVANTS[33,34,35,36] ... 37

CHAPITRE 2 : LE TATOUAGE : QUELLES COMPLICATIONS ?.....47

I. L'ACTE DE TATOUAGE ... 49
I.1. Les techniques de tatouages[39] ... *49*
I.2. L'infraction du système cutané[40,41,42,43,44] ... *52*
II. LES COMPLICATIONS DU TATOUAGE ... 54
II.1. Les risques infectieux[46,84,85] ... *55*
II.1.1. Les infections bactériennes ... 57
II.1.1.1. Les infections pyogènes à streptocoques et staphylocoques. ... 57
II.1.1.2. La tuberculose cutanée[49,50] ... 60
II.1.1.3. La lèpre[53,54,55] ... 62
II.1.1.4. Le chancre mou[56] ... 64
II.1.1.5. Le tétanos[58] ... 65
II.1.1.6. La syphilis[59] ... 65
II.1.2. Les infections virales ... 67
II.1.3. Les infections mycosiques ... 74
II.1.4. Les infections parasitaires ... 79
II.2. Les risques non-infectieux ... *80*
II.2.1. Les réactions d'hypersensibilité[86] ... 80
II.2.1.1. Les réactions eczématiformes ... 82
II.2.1.2. Les réactions granulomateuses ... 84
II.2.1.3. Les réactions lichénoïdes[96] ... 87
II.2.1.4. Autres réactions d'hypersensibilité ... 89
II.2.1.4.1. Les réactions allergiques ... 89
II.2.1.4.2. Le pseudolymphome[103,104,105] ... 91
II.2.1.4.3. Les dermatoses chroniques ... 92
II.2.1.4.4. Autres affections cutanées ... 94
II.2.2. Le risque toxique[124,125,133] ... 96

II.2.2.1. Les risques toxiques liés aux pigments 97
II.2.2.1.1. Les sels métalliques 98
II.2.2.1.2. Les composés organiques 101
II.2.2.1.2.1. Le noir de carbone 101
II.2.2.1.2.2. Les hydrocarbures aromatiques polycycliques 102
II.2.2.1.2.3. Les amines aromatiques[131] 103
II.2.2.1.2.4. Les phtalocyanines 104
II.2.2.2. Les risques toxiques liés aux adjuvants 104
II.2.3. Le risque cancérogène 105
II.2.3.1. Les tumeurs bénignes 105
II.2.3.1.1. La kératose séborrhéique[135] 105
II.2.3.1.2. Le kératoacanthome[135,138] 106
II.2.3.1.3. L'histiocytofibrome[135] 107
II.2.3.2. Les tumeurs malignes 107
II.2.3.2.1. Le carcinome basocellulaire[141,142,143] 107
II.2.3.2.2. Le carcinome épidermoïde[146] 108
II.2.3.2.3. Le mélanome[144,145] 109
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES 115

INTRODUCTION

« *Le tatouage, c'est une œuvre éternelle sur un support éphémère* » (Pascal Tourain)

Autrefois, le tatouage était considéré comme un signe d'appartenance à un clan ou à un groupe social. Puis, il est devenu une marque corporelle communément visible sur la surface de l'enveloppe charnelle de l'homme et de la femme moderne. En effet, par le passé, cette pratique ancestrale ne concernait qu'une infime partie de la population mondiale. Elle a ensuite, avec le temps, évoluée afin de devenir en quelques décennies un phénomène d'une grande ampleur dans les pays les plus développés.

Le tatouage peut être défini comme l'introduction de pigments ou de substances possédant un pouvoir chromatique dans le derme dans le but d'en obtenir un dessin permanent. Son histoire débute en Océanie. En effet, alors que le capitaine James Cook et son équipage rejoignent Tahiti, ils découvrent l'existence d'indigènes présentant des peintures corporelles. Le tatouage (*tattoo* en anglais) vient du mot tahitien *tatau*, qui signifie « frapper ». Mais aussi de l'expression *ta-atoua*, combinaison de *ta*, signifiant « dessin inscrit dans la peau », et *atoua*, « esprit ».
Malgré une pratique qui remonterait à plus de 3000 ans avant notre ère, le terme *tattoo* est employé pour la première fois en 1769. En effet, les premières traces de peinture corporelle et de tatouages ont été identifiées sur le corps d'un ancêtre découvert dans les Alpes de l'Ötzal. Plus tard, il a été montré que de nombreux peuples utilisaient cette pratique, c'était le cas des égyptiens, des asiatiques, des indiens, etc.

Puis, la création de la machine à tatouer électrique, en 1891 à New York, par Samuel O'Reilly va révolutionner cette pratique. Elle va permettre de développer et surtout de démocratiser la pratique du tatouage. En parallèle, la recherche de nouvelles encres pouvant être synthétisées par l'homme va accentuer l'ampleur du phénomène.

Nous remarquons alors que depuis deux décennies, la prévalence du tatouage augmente dans la population générale. En effet, des sondages démographiques montrent qu'elle aurait augmentée de près de 20% entre 2003 et 2012. Par exemple, en France on récence qu'un français sur dix est tatoué, et ce chiffre atteint 25% dans la tranche d'âge 25 à 35 ans. Face à l'engouement des populations, les salons de tatouage se multiplient et on compte à ce jour près de 1400 acteurs professionnels dans ce domaine en France.

Cependant, cette forme d'art implique une effraction de notre enveloppe corporelle protectrice : la « peau ». La peau est un revêtement primordial de notre anatomie qui nous délimite de l'environnement, nous protège et possède de nombreuses fonctions biologiques nécessaires au fonctionnement de notre organisme.
Lors du tatouage, cet organe est malmené. D'abord, de par son effraction, puis de par l'introduction de substances étrangères à notre organisme. Ainsi, plusieurs questionnements apparaissent : Comment se déroule la pratique du tatouage, du point de vue technique et physiologique ? A quels risques s'expose un individu lors de l'effraction de cette barrière ?
De plus, devant la multitude de références d'encres de tatouages, nous sommes amenés à nous interroger sur les éléments qui entrent dans la composition des encres de tatouages et sur le comportement de notre organisme vis-à-vis de celles-ci.

Dans un premier chapitre, nous développerons la composition des produits de tatouages permanents. Tout d'abord, un point sera accordé aux premiers pigments utilisés jusqu'aux récentes molécules synthétiques les plus complexes, ainsi que les autres ingrédients non colorés mais qui revêtent une place tout aussi importante. De plus, il sera abordé la réglementation et les nomenclatures qui permettent l'identification de tous les éléments qui entrent dans la composition de ces produits de tatouages permanents.

Dans un second chapitre, nous nous pencherons plus particulièrement sur l'aspect technique de l'acte de tatouage, ainsi que sur les conséquences de sa pratique sur la peau. Ensuite, nous verrons l'ensemble des complications qui peuvent survenir à la suite de l'infraction de l'enveloppe cutanée et de l'introduction de substances contenues dans les produits de tatouages permanents. Parmi celles-ci, il sera abordé les complications infectieuses et les complications non-infectieuses comme les réactions d'hypersensibilité et les réactions allergiques, les complications liées à la toxicité des substances, et enfin, les complications imputables au caractère carcinogène et procarcinogène de certaines substances.

Chapitre 1

GENERALITES SUR LA COMPOSITION DES PRODUITS DE TATOUAGE

La composition des encres utilisées par les tatoueurs est souvent très complexe et en connaitre la réelle composition est une tâche difficile. En effet, une grande partie des encres utilisées en France sont importées. Les Etats-Unis ont un quasi-monopole de leur commercialisation. Hors, aucun pigment n'a été approuvé par la FDA (Food and Drug Administration) pour être utilisé dans les encres de tatouages. Quelques règles de fabrication sont appliquées en France mais aucun arsenal législatif ne permet actuellement d'en assurer le contrôle. De fait, les produits de tatouages et les maquillages permanents (PMU = Permanent Make-Up) suivent en partie la législation destinée aux cosmétiques. Dans le produit de tatouage manufacturé, le pigment est associé à des adjuvants. Cependant, des tatoueurs effectuent également certains mélanges avec des substances supplémentaires comme des liants, pour fixer les pigments (glycérine ou des résines synthétiques par exemple), ou d'autres substances (listérine, alcool…) modifiant ainsi la composition, ce qui peut constituer un risque.

I. LES PIGMENTS

I.1. Historique[3,4,5]

L'existence de la pratique du tatouage remonte à des milliers d'années, mais les matériaux utilisés n'ont évolué que très récemment. A l'heure actuelle, la quasi-totalité des pigments présents dans les encres de tatouages sont obtenus par synthèse, mais ce qui n'a pas toujours était le cas. En effet, au départ, elles étaient fabriquées à partir de pigments colorés provenant de végétaux et d'animaux.

- Les pigments organiques étaient prélevés à partir de végétaux. Par exemple : **le bleu indigo** (apporté par l'arbuste *Indigofera tinctoria* : l'indigo des teinturiers), **le bleu pastel** (provenant d'*Isatis tinctoria* : le Guède), **la garance** (provenant de *Rubia tintorium* L. : la garance des teinturiers) et **le noir de campêche** (extrait du *Haematoxylum campechianum* : le bois du campêche).

- Les pigments organiques provenant de sources animales. Par exemple : **le carmin** (pigment rouge écarlate apporté par la cochenille *Kermes vermilio)*, **l'encre de chine** (mélange de noir de fumée (résultant de la calcination de l'ivoire d'éléphant ou de bois de cerf), de gélatine (composées de peaux de porcs, de bovins, et d'os) et de camphre) et **le pourpre** (obtenue à partir de glandes de gastéropodes du genre *Murex).*

De plus, nos prédécesseurs se servaient de pigments minéraux qu'ils trouvaient dans l'environnement naturel. Parmi les plus utilisés, on retrouve les ocres et les terres (terres de Sienne, terres d'ombre, terres vertes…).

- Les ocres sont des roches composées de kaolinite (silicate d'aluminium hydraté : $Al_2Si_2O_5(OH)_4$), de pigment minéral contenant du fer à différents états d'oxydation, et de traces de quartz. Leur couleur varie en fonction des éléments ferriques qu'elles contiennent. Ainsi, il existe des ocres jaune (qui contiennent de la goethite), au rouge (hématite), en passant par le jaune orangé ou le brun, ce qui donne des tonalités différentes et nuancées qui sont imposées par les oxydes et/ou hydroxydes de fer.

- Les terres telles que les terres de Sienne et les terres d'ombre sont des sables ocreux dans lesquels se mêle de l'oxyde de manganèse. La quantité en oxyde de manganèse diffère d'une terre à l'autre ; ainsi la terre d'ombre est plus riche en oxyde de manganèse que la terre de Sienne, et donc plus brune et foncée. Les terres vertes sont en revanche riches en sels de protoxyde de fer qui ont une couleur verdâtre.

Cependant, afin d'élargir la palette de couleur qui était déjà à disposition, il a fallu trouver d'autres pigments. C'est pourquoi, ils se servirent de pigments minéraux qu'ils trouvaient dans les roches et qu'ils broyaient. Notamment les minéraux naturels suivant :

- **Le cinabre** est une pierre semi- précieuse de couleur rouge contenant du sulfure de mercure (HgS) qui est très toxique.

- **Le lapis-lazuli** de couleur bleue qui contient de la lazurite ($(Na,Ca)_8\ [(AlSiO_4)_6\ (SO_4,S,Cl)_2]$). Cette pierre connue pour son usage en bijouterie, et en lithothérapie car elles posséderaient de nombreuses vertus.

- **La malachite** de couleur verte ($Cu_2(CO_3)(OH)_2$) et l'**azurite** de couleur bleue ($Cu_3(CO_3)_2(OH)_2$) qui sont toutes deux des pierres semi précieuses composées de carbonates de cuivre.

- **L'orpiment** de couleur jaune qui se rapproche de celle de l'or, composé de trisulfure d'arsenic (As_2S_3).

Actuellement, l'utilisation des pigments naturels dans les encres de tatouage manufacturées est insignifiante. En effet, la chimie permet aujourd'hui de synthétiser des molécules plus stables, avec un coût moindre, et offrant une palette de couleurs très complète. Les pigments synthétiques fournissent toutes les couleurs du champ visuel de l'œil humain, c'est-à-dire des longueurs d'ondes situées entre 390 nm et 780 nm. Ces substances sont aussi bien issues de la chimie minérale que de la chimie organique.

Les pigments synthétiques issus de la chimie minérale sont des sels métalliques. Comme par exemple, les oxydes (oxydes de chromes, oxyde de cobalt, oxydes de fers, oxydes de zinc…), les sulfures (sulfure de cadmium, de baryum, de plomb), les carbonates (carbonate de cuivre, carbonate de plomb), etc.

Depuis quelques années, les pigments synthétiques produits par chimie organique sont nettement plus utilisés que les pigments inorganiques. Parmi eux, le noir de carbone est le plus utilisé. En effet, cela s'explique principalement par la forte proportion de tatouage de couleur noir et par le rendu qu'il propose d'un point de vue artistique. Les pigments minéraux restent toutefois très utilisés.
Les autres pigments organiques synthétiques les plus employés sont les pigments azoïques (couleurs rouges et jaunes), mais il y a aussi les phtalocyanines (couleurs bleues et vertes), les pyrroles (couleurs rouges et violettes), les quinacridones (couleurs rouges), les dioxazines (couleurs violettes), les anthraquinones (couleurs rouges et jaunes), les rhodamines (couleurs violettes et rouges).



L'industrie tinctoriale propose une gamme d'encres extrêmement variée avec des teintes, des compositions et des utilisations multiples qui incluent le tatouage, la teinturerie, l'alimentation, la peinture, les revêtements… Cette diversité nécessite un système précis d'identification des éléments qui compose le produit. Différentes nomenclatures et classifications permettent de discerner chacun d'entre eux.

I.2. Nomenclatures et classifications

En raison de la nature et la diversité des composants des encres utilisées dans les tatouages, il est important de pouvoir identifier précisément les éléments qui entrent dans la composition du mélange avant qu'il ne soit introduit dans le derme de l'homme. Pour cela, il existe différentes nomenclatures et classifications.

Tout d'abord, les produits de tatouage doivent respecter un étiquetage spécifique qui est réglementé par le Code de la Santé Publique (CSP). Dans cet étiquetage, les ingrédients doivent y être listés. Chaque ingrédient présent dans les produits de tatouages est soumis à la même réglementation que les produits cosmétiques. Ces ingrédients sont répertoriés dans la nomenclature INCI (International Nomenclature of Cosmetic Ingredients). De plus, chaque pigment manufacturé possède un numéro « Colour Index ». Et de manière générale, chaque substance chimique appartient à un registre CAS (Chemical Abstracts Service) qui permet son identification.

I.2.1. L'étiquetage[6]

L'étiquetage des produits destinés à la pratique du tatouage est réglementé par l'article. R513-10-5 du Code de la Santé Publique. Il y est mentionné que chaque récipient de produit de tatouage mis sur le marché doit contenir les indications suivantes :

- La dénomination du produit
- Son contenu nominal tel qu'il est au moment de son conditionnement
- La date de durabilité maximale, date maximale jusqu'à laquelle le produit rempli sa fonction initiale. Elle y est indiquée avec l'année et le mois.
- Le numéro de lot de fabrication
- La mention « stérile »

- Le nom et l'adresse du fabricant ou du responsable de sa mise sur le marché
- Les précautions particulières d'emploi
- La liste des ingrédients. Ils doivent être mentionnés dans l'ordre décroissant de leur proportion pondérale.
- Les colorants sont désignés par leur numéro de registre du *Colour Index* ou, comme les autres substances chimiques qui elles, sont désignées soit par leur dénomination INCI, soit par leur numéro de registre CAS (Chemical Abstract Service), soit par leur dénomination chimique internationale (IUPAC), soit par leur dénomination chimique usuelle.



Figure 1 : Exemple d'étiquetage d'encre de tatouage (source : eternaltattooink.eu)

I.2.2. La nomenclature INCI[7]

La nomenclature INCI (International Nomenclature of Cosmetic Ingredients) répertorie la totalité des ingrédients présents dans un produit cosmétique. Comme les produits de tatouages suivent la réglementation des produits cosmétiques, ils sont également concernés par cette nomenclature.

Ce système de nomenclature a été créé en 1973 par une association américaine qui regroupe des fabricants de cosmétiques : la *Cosmetic, Toiletry and Fragrance Association (CFTA)*. Dès lors, cette nomenclature est utilisée aux Etats-Unis, dans l'Union Européenne, au Japon, en Chine, ainsi que dans de nombreux autres pays. Elle permet de répertorier sous la forme d'un langage commun, les ingrédients qui

sont indiqués sur les emballages des cosmétiques, et de fait, les produits de tatouages. C'est l'*International Cosmetic Ingredient Dictionary and Handbook* qui dicte le fonctionnement de l'INCI.

La nomenclature diffère selon la nature du composant :

- S'il s'agit d'un extrait de plante, l'INCI sera le nom latin de la plante en question. Par exemple, S'il y a un extrait d'hamamélis, il sera noté *Hamamelis virginiana extract.* (Sur l'étiquetage précédant, il est mentionné « Hamamelis water » car il ne s'agit pas d'un extrait, mais d'une solution aqueuse).

- S'il s'agit d'une molécule ou d'un nom usuel, ils sont fréquemment nommés en anglais. Par exemple, l'eau sera mentionnée *aqua*. L'isopropanol sera mentionné *isopropyl alcohol.*

- S'il s'agit d'un colorant, celui-ci figurera par son code de couleur qui est codifié par le *Colour Index*. Il y aura donc inscrit C.I. (pour *Colour Index*) suivi d'un nombre à 5 chiffres qui lui correspond. Par exemple, sur l'étiquetage si dessus, il y a mentionné C.I. 77266 qui correspond au noir de carbone.

I.2.3. La classification du « Colour Index »[8,9]

Le *Colour Index International* est une base de données de référence qui répertorie toutes les couleurs manufacturées et tous les produits qui y sont associés. Il est publié par la *Society of Dyers and Colourists* (SDC) et l'*American Association of Textile Chemists and Colourists* (AATCC). Chaque pigment présent sur le marché y est référencé et détaillé selon une double classification

- Le <u>nom générique</u> de l'index de couleur (Colour Index Generic Name, CIGN).

Il permet de décrire un produit commercialisé par sa classe d'utilisation, sa teinte et son numéro de série (la classification est chronologique), par exemple C.I. Pigment Black 6 pour le Carbon black, ou C.I. Basic Red 1 pour la rhodamine 6G.
NB : les notations « Pigment » ou « P » sont utilisées pour les produits de synthèses ; pour les produits naturels il sera mentionné « Natural » ou « N ». Ex : Rouge de cochenille = Natural Red 4.

- Le <u>numéro de constitution</u> de l'index de couleur (Colour Index Constitution Number, CICN).

Il permet de décrire un produit par sa constitution chimique, moléculaire. Chaque molécule est classée avec un numéro à cinq ou six chiffres qui sont précédés par la mention CI. Cette classification répartie les

différents colorants en catégories moléculaires, et dans chacune d'entre elle les produits y sont classés selon leurs structures chimiques. Par exemple CI 77266 pour le Carbon black.
Il existe un 6ème chiffre qui peut être ajouté à la suite (séparé par un deux-points) qui permet de différencier des colorants de structures identiques, mais qui diffère par le métal ou l'acide utilisé pour sa synthèse (Ex : C.I. Pigment Red 48 (CI 15865) est un sel de sodium, C.I. Pigment Red 48:1 (C.I. 15865:1) est un sel de baryum, et C.I. Pigment Red 48:2 (C.I. 15865 :2) est un sel de calcium, etc…).

Ainsi, nous retrouvons les 9 familles de couleurs suivantes :

Tableau 1 : La classification du « Colour Index » par couleur

Notation C.I.	**Abréviation**	**Couleurs**	**Exemples**
Red	R	Rouges, roses, pourpres, marrons	C.I. NR4 = rouge de cochenille
Orange	O	Oranges, bruns	C.I. PO73 = orange de pyrrole
Yellow	Y	Jaunes, jaunâtres	C.I. PY34 = jaune de chrome
Green	G	Verts, verdâtres, turquoises	C.I. PG7 = vert phtalo
Blue	B	Bleus, turquoises	C.I. PB15 = bleu phtalo
Violet	V	Violets, roses	C.I. PV23 = violet de dioxazine
Brown	Br	Marrons, bruns	C.I. PBr7 = la terre de Sienne
Black	Bk	Noirs, gris	C.I. PBk6 = noir de carbone
White	W	Blancs	C.I. PW6 = blanc de titane

I.2.4. Le numéro CAS[10,11]

Le registre chimique CAS est un répertoire de substances chimiques qui est produit par la *Chemical Abstracts Service* (CAS), une division de l'*American Chemical Society*. La CAS est l'unique organisation qui recherche, collecte et répertorie toutes les informations des substances chimiques reconnues publiquement. Elle inventorie dans son index toutes les molécules chimiques et les organise grâce à un numéro CAS (*CAS registry number*) unique qui leur est assigné. Cet index répertorie plus de 91 millions de substances organiques et inorganiques depuis les années 1800. Chaque numéro est composé de 3 nombres séparés par des tirés. Ex : le CAS # 1333-86-4 correspond au colorant C.I. 77266, le noir de carbone.

Il est parfois difficile de déchiffrer les ingrédients indiqués par le fabricant sur l'étiquetage ou sur les fiches de données de sécurité (MSDS) des produits destinés aux tatouages. La nomenclature INCI est obligatoire pour chaque encre. Mais contrairement aux cosmétiques, les encres de tatouage possèdent des pigments, et la nomenclature INCI exige qu'ils soient mentionnés sous la codification CI du « Colour Index ». En revanche, les numéros CAS ne sont mentionnés que sur les fiches de données de sécurités car la réglementation n'exige pas sa mention sur l'étiquetage. Cette classification permet pourtant une identification très précise et rigoureuse des molécules.

I.3. Les différents pigments

Il existe deux grands types de pigments : les pigments minéraux et les pigments organiques. De nos jours, la grande majorité d'entre eux sont d'origine synthétique. Les pigments, grâce à leurs propriétés colorimétriques, ont pour but de donner la teinte dominante du mélange. Ces derniers sont associés à un véhicule qui est composé de diverses substances, appelés adjuvants, qui vont assurer plusieurs fonctions à ce mélange. Selon la nature chimique de leur composition, les produits de tatouages et tout particulièrement les pigments, peuvent être piégés de manière plus ou moins permanente dans le derme, qui sert de support.

I.3.1. Les pigments minéraux[12,13,14,15]

La plupart des pigments minéraux de provenance naturelle ne sont plus utilisés de nos jours (azurite, cinabre, hématite...). Ils ont été remplacés par des molécules synthétiques moins coûteuses, plus stables et plus résistantes pour certaines d'entre elles. Parmi ces pigments minéraux synthétiques, les plus courants sont les oxydes de fer, les oxydes de chrome, les sels de cadmium, les sels de cuivre et le dioxyde de titane. L'essentiel des pigments minéraux permettent d'obtenir de nombreuses teintes appartenant au spectre visible : le violet, le bleu, le vert, le jaune, le rouge, le marron, le blanc et le noir. Les pigments minéraux représentent une part importante des pigments utilisés dans les produits de tatouage, mais on retrouve dans les encres de plus en plus de pigments organiques synthétiques. C'est notamment le cas pour les teintes rouges, jaunes et violettes. En revanche les encres blanches sont exclusivement composées de pigments minéraux.

Violet :

Les pigments violets d'origine minérale sont très peu présents dans la composition des encres de tatouages car ils sont progressivement remplacés par des pyrroles, dioxazines ou autres rhodamines, qui sont des molécules organiques obtenues de manière artificielle.

- Le pyrophosphate de manganèse(III) et d'ammonium, de formule brute $H_4MnNO_7P_2$ *(CAS # 10101-66-3)*, est un pigment violet terne qui compose le violet de manganèse (CI PV16, 77742).

Bleu :

Les pigments minéraux bleus sont nombreux. A l'état naturel, on retrouve le lapis-lazuli et l'azurite. D'autres pigments bleus sont produits par synthèse, comme le bleu de cobalt ou le bleu d'Egypte, par exemple.

- Le lapis-lazuli est une pierre connue pour son utilisation en bijouterie, mais c'est également une pierre qui contient des pigments utilisés depuis de nombreux siècles. Il s'agit d'un minéral contenant principalement de lazurite, elle-même composée d'aluminium, de sodium et de silicium. Il donne un bleu intense et vif.

- L'azurite correspond à la forme hydratée du carbonate de cuivre (II) *(CAS # 1319-45-5)*, sa formule chimique correspond à $Cu_3(Co_3)_2(OH)_2$. Comme son nom l'indique, il s'agit d'un bleu à nuance méditerranéenne.

- Le bleu de cobalt ou aluminate de cobalt (II) est un oxyde d'aluminium et de cobalt qui a pour formule chimique Al_2CoO_4 *(CAS # 1345-16-0)*. Il donne un bleu profond qui tire légèrement sur le violet.

- Le bleu d'Égypte, silicate de cuivre et de calcium ou $CaCuSi_4O_{10}$, serait le premier pigment obtenu par synthèse, mais il demeure toutefois utilisé dans certaines encres de tatouages, et il est répertorié au *Colour Index* sous le CI Pigment blue 31 (ou CI 77437)

Vert :

A l'état naturel, on retrouve la malachite, ainsi que certaines terres qui contiennent des oxydes de chrome et de magnésium. Toutefois, les oxydes de chrome synthétiques sont nettement plus utilisés de nos jours. De plus, il faut noter que les teintes vertes sont parfois obtenues par mélange de plusieurs pigments.

- La malachite est un carbonate de cuivre qui a pour formule $Cu_2(Co_3)(OH)_2$ *(CAS # 1319-53-5)*. Il est moins utilisé dans les tatouages, au détriment des phtalocyanines et des oxydes de chrome. Son vert est soutenu et légèrement laiteux.

- L'oxyde chromique, ou sesquioxyde de chrome (III), qui pour formule brute CrO_3 *(CAS # 1308-38-9),* est un pigment vert terne et opaque.

- Le vert de Guignet ou viride, qui n'est ni plus ni moins que l'oxyde chromique sous forme hydratée. Son vert est bleuté, vif et transparent.

- La teinte verte peut être également obtenue par mélange de plusieurs pigments, comme c'est le cas avec le ferrocyanure ferrique (bleu de Prusse, CI PB27), le chromate de plomb et le sulfo-chromate de plomb (CI PY34).

Jaune :

Les encres jaunes sont composées majoritairement de colorants synthétiques de type azoïques, mais quelques pigments minéraux constitués de sels de plomb et de cadmium sont encore utilisés pour leur teinte jaune.

- Le chromate de plomb (II), $PbCrO_4$ *(CAS # 7758-97-6)* est un pigment synthétique jaune verdâtre et opaque. Il entre dans la composition du jaune de chrome (CI PY34). Ce dernier forme avec le sulfate de plomb, le sulfo-chromate de plomb, $PbCrO_4$,$PbSO_4$ *(CAS # 1344-37-2)* qui entre également dans la composition du jaune de chrome.

- Le sulfure de cadmium, de formule brute CdS *(CAS # 68859-25-6)*, est un pigment minéral synthétique qui constitue un jaune de cadmium (CI PY37, CI 77199). Sa couleur jaune est proche de celle du citron, vive et opaque.

- Le sulfure de cadmium zinc, CdZnS *(CAS # 8048-07-5)*, est aussi un pigment minéral synthétique qui constitue un jaune de cadmium (CI PY35, CI 77205). Sa teinte jaune est vive et brillante. Ces deux derniers pigments sont aussi utilisés dans d'autres teintes oranges ou vertes (ex : le vert de cadmium).

Rouge :

Tout comme les encres jaunes, les pigments rouges minéraux sont désormais beaucoup moins utilisés dans les encres rouges, cela aux dépens de colorants organiques azoïques. Cependant, certains pigments minéraux contenant du fer, du cadmium ou du mercure entrent dans la composition de certaines encres de tatouage. Les pigments composés de cadmium ou de mercure sont cependant très toxiques.

- L'oxyde de fer (III) ou oxyde ferrique, de formule Fe_2O_3 (*CAS # 1309-37-1)*, est un pigment qui est présent dans un minéral qu'on trouve dans l'environnement naturel : l'hématite. L'hématite est un composé en majorité d'oxyde ferrique, mais aussi de titane et d'aluminium. Cet oxyde est de couleur rougeâtre à brun, en passant par rouille, et il est présent dans de nombreuses teintes rouge ou marron du Colour Index (Ex : PR101, PR102, PBr6, PBr7). Il existe aussi sous forme hydratée ou monohydratée *(CAS # 51274-00-1)* de couleur jaune (CI PY42, PY43).

- Le séléniure de cadmium, de formule brute CdSe *(CAS # 1306-24-7)*, et le sélénio-sulfure de cadmium, CdSSe *(CAS # 58339-34-7)*, sont des pigments minéraux obtenus par synthèse qui possèdent une teinte rouge vif. Toutefois, ces substances sont particulièrement toxiques car elles sont considérées comme étant cancérogènes pour l'homme. Elles entrent dans la composition du rouge de cadmium (CI PR108), ainsi que dans des pigments jaunes comme le jaune de cadmium (CI PY35), des pigments orange, ou marron obtenus par mélange.

- Le sulfure de mercure, de formule HgS *(CAS # 1344-48-5)*, est un pigment rouge vif et éclatant. Il entre dans la composition du cinabre, un important minerai. Le sulfure de mercure synthétique est un composant du rouge vermillon (CI PR106).

Blanc :

Le tatouage à l'encre blanche se démocratise de plus en plus, et il est nécessaire pour les fabricants d'encres de développer des colorations à base de mélanges de pigments afin d'obtenir des nuances variées. C'est pourquoi l'utilisation de ces pigments blanc minéraux s'accroît, d'autant plus qu'ils peuvent servir à atténuer l'intensité d'autres pigments. Il est important de noter que les pigments blancs qui entre dans la composition des encres de tatouages sont exclusivement des pigments minéraux :

- Le dioxyde de titane, de formule TiO_2 *(CAS # 13463-67-7)*, est un pigment minéral blanc qui compose fréquemment les encres de tatouages pour ses propriétés blanchissantes et opacifiantes. C'est le pigment minéral synthétique le plus produit au niveau mondial, devant les oxydes de fer. On le retrouve dans l'anastase, qui est un minéral présent dans de nombreux gisements en Europe. Il constitue le blanc de titane (CI PW6, 77891), ainsi que d'autres pigments colorés. C'est le pigment blanc le plus stable.

- L'oxyde de zinc, de formule ZnO *(CAS # 1314-13-2)*, est un pigment minéral blanc légèrement bleuâtre qui compose le blanc de zinc (CI PW4, CI 77947).

- Le sulfate de baryum, de formule $BaSO_4$ *(CAS # 7727-43-7)*, est un pigment minéral blanc et transparent que l'on trouve à l'état naturel dans la barytine ou barythe. On retrouve le sulfate de baryum dans le blanc de barythe (CI PW22, 77120) à l'état naturel, ou à l'état synthétique (CI PW21, 77120).

- Le carbonate de plomb (II), de formule $PbCO_3$ *(CAS # 598-63-0)*, est un pigment minéral blanc, transparent, qui entre dans la composition de la cérusite. Ce minéral est hautement toxique, tout comme son principal composant. Ce pigment entre dans la composition du blanc de plomb ou céruse (CI PW1, 77597). Ce blanc est composé de carbonate de plomb (II) et de ses formes hydroxylées ($(PbCO_3)_2.Pb(OH)_2$ ou $2PbCO_3(OH)_2$).

Noir :

Seuls les oxydes de fers fournissent une couleur noire. Parmi eux, seulement 2 sont utilisés : l'oxyde ferreux ou oxyde de fer (II) et la magnétite ou oxyde de fer (II,III).

- L'oxyde ferreux, FeO *(CAS # 1345-25-1)*, est un pigment noir communément utilisé dans l'encre de Chine (ou India Ink).

- L'oxyde de fer (II,III), Fe_3O_4 *(CAS # 1317-61-9)*, est un pigment noir naturel qui est fabriqué à partir de cristaux de magnétites. La magnétite doit son nom à ses propriétés magnétiques.

Tableau 2 : Eléments constitutifs des encres de tatouages et leurs formes chimiques colorées

Elément	*Pigment*	*Formule*	*Classification Colours Index*	*Couleur*
Cr	Oxyde de chrome (III) = sesquioxyde de chrome = eskolaite*	Cr_2O_3	Pigment Green 17 77288	Vert
Co	Oxyde de cobalt (II) = Aluminate de cobalt	Al_2CoO_4	Pigment Blue 28 77346	Bleu de cobalt
Cu	Carbonate de cuivre (II)	$Cu_3(Co_3)_2(OH)_2$ (Azurite*)	N/A (PB30) 77420	Bleu
		$Cu_2Co_3(OH)_2$ (Malachite*)	N/A (PG39) 77492	Vert
	Silicate de cuivre (II)	$CaCuSi_4O_{10}$	Pigment Blue 31 77437	Bleu Egyptien
Al	Lapis-lazuli*	$(Na,Ca)_8$ $[(AlSiO_4)_6$ $(SO_4,S,Cl)_2]$	N/A (PB29) 77007	Bleu
Cd	Sulfure de cadmium (II)	CdS	Pigment Yellow 37 77199	Jaune
	Séléniure de cadmium (II)	CdSe	Pigment Red 108 77202	Rouge de cadmium
	Sulfo-séléniure de cadmium	CdSSe		
	Sulfure de cadmium(II) zinc (II)	CdZnS	Pigment Yellow 35 77205	Jaune
Hg	Sulfure de mercure = cinabre*	HgS	N/A Pigment Red 106 (synthétique) 77766	Rouge
Fe	Oxyde ferrique = Oxyde de fer (III) = hématite*	Fe_2O_3	Pigment Red 101 Pigment Red 102 77491	Rouge
	Oxyde de fer (III) hydraté	$FeO(OH).xH_2O$	Pigment Yellow 42 Pigment Yellow 43	Jaune
	Oxyde ferreux = Oxyde de fer (II)	FeO	77489 (Pigment Black 11)	Noir
	Oxyde de fer (II,III) = magnétite*	Fe_3O_4	77499 (Pigment Black 11)	Noir
	Ferricyanure ferrique	$Fe_4[Fe(CN)_6]_3$ ou $Fe_7(CN)_{18}(H2O)_x$	Pigment Blue 27 77510	Bleu de Prusse
Mn	Pyrophosphate d'ammonium manganèse = Violet de manganèse	$H_4MnNO_7P_2$	Pigment Violet 16 77742	Violet
Ti	Dioxyde de titane	TiO_2	Pigment White 6 77891	Blanc de titane
Zn	Oxyde de zinc	ZnO	Pigment White 4 77947	Blanc de zinc
Ba	Sulfate de baryum	$BaSO_4$	Pigment White 21 77120	Blanc
Pb	Carbonate de plomb = cérusite*	$PbCO_3$	Pigment White 1 77597	Blanc
	Chromate de plomb (II)	$PbCrO_4$	Pigment Yellow 34 77600	Jaune de chrome
	Sulfure de plomb (II)	PbS	Pigment Yellow 34 77603	Jaune de chrome

*Formes minérales naturelles[16]

Les pigments sous forme de sels métalliques peuvent contenir des métaux lourds. Certains d'entre eux ne possèdent pas d'intérêt tinctorial mais on les retrouve dans les encres sous formes de traces. Même à des doses faibles, leur tolérance est parfois incriminée car ils seraient à l'origine d'allergies cutanées, de réactions de d'hypersensibilités vis-à-vis des rayonnements ultraviolets et, plus précisément, certains d'entre eux causeraient parfois des réactions d'hypersensibilités granulomateuses.

I.3.2. Les pigments organiques[17,18]

Les pigments organiques sont très largement utilisés. Quasi-exclusivement issues de réactions chimiques synthétiques, les molécules organiques des tatouages fournissent une palette de couleur très variée. Parmi les pigments entrant dans leur composition, on trouve : le noir de carbone, les colorants azoïques, les phtalocyanines, ou encore d'autres pigments organiques aromatiques polycycliques comme les pyrroles, les quinacridones, les dioxazines, les anthraquinones, les rhodamines...

I.3.2.1. Le noir de carbone[19]

La couleur noire est la plus présente dans la pratique du tatouage. Parmi les pigments noirs, le noir de carbone (noir de fumée, noir de fourneau, noir tunnel, noir thermique, noir d'acétylène ou carbon black) est manifestement le plus répandu. Ce pigment organique peut être également mélangé à d'autres pigments pour obtenir des teintes plus foncées. Ainsi, cela accentue son utilisation dans les encres de tatouage.

De plus, le noir de carbone est utilisé dans de nombreux secteurs comme les cosmétiques, où il est employé dans les mascaras, les eyeliners et les vernis, mais aussi dans les encres d'imprimerie, dans les enduits, dans les peintures, etc.

Tableau 3 : Le noir de carbone et sa nomenclature

Pigment	**CAS**	**CI number**
Noir de carbone	CAS #1333-86-4	C.I. 77266 C.I. Pigment Black 6 C.I. Pigment Black 7

Il existe différents types de noirs de carbone selon le produit initial de fabrication et son procédé de fabrication :

- La décomposition thermique, qui permet d'obtenir :

✓ *Le Noir thermique* (à partir de gaz naturel) dont les particules sont les moins fines (jusqu'à 500 nm de diamètre).

✓ *Le Noir d'acétylène* (à partir d'acétylène monté à très hautes températures) qui est certainement le plus pur et dont le diamètre des particules est compris entre 30 à 70 nm.

- La combustion partielle, qui permet d'obtenir :

✓ *Le Noir de fourneau* ou Furnace black (à partir de produits pétroliers) qui est le plus produit et dont les particules mesurent entre 10 et 80 nm.

✓ *Le Noir de fumée* (à partir d'hydrocarbures de goudron) qui sert au renforcement des caoutchoucs et dont la taille des particules varie entre 50 et 100 nm.

✓ *Le Noir tunnel* (à partir de gaz naturel) avec des particules les plus fines (entre 10 et 30 nm), mais qui n'est que très peu fabriqué de nos jours.

Le noir de carbone commercial contient plus de 97% de carbone élémentaire, le reste étant des éléments du processus d'extraction et de stockage. Certains éléments chimiques sont chimiosorbés (l'élément se fixe par une liaison chimique) à la surface des particules de noir de carbone, parmi eux, on peut citer : l'hydrogène, l'oxygène, le soufre, l'azote, et des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP). Certains de ces HAP comme le benzo[*a*]pyrène sont des substances cancérogènes pour l'homme. Leurs proportions dans les encres de tatouages doivent donc être infimes.

I.3.2.1.1. Les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)[20,21,22,23]

Les hydrocarbures aromatiques polycycliques ne sont pas des pigments, mais ils sont issus de la synthèse du noir de carbone. Ce sont des composés très présents dans notre environnement atmosphérique, mais ils sont également identifiés dans les encres de tatouages.

Ces composés organiques sont des produits des réactions de combustion de réactifs carbonés, de types :

- Anthropiques (pour la majeure partie des émissions) :

✓ les processus industriels comme les incinérateurs, dans les industries pneumatiques, pétrochimiques, ferroviaires, sidérurgiques...

✓ les sources de combustion domestique (chauffage au charbon, au bois, au gaz naturel, au GPL…), le tabagisme…

- Naturelles, comme les volcans ou les feux de forêts.

Ces composés se retrouvent alors sous forme gazeuse ou sous forme de particules dans l'atmosphère, dans des proportions qui peuvent varier. Ces HAP sont reconnus comme étant des Polluants Organiques Persistants (POP), c'est-à-dire des substances organiques qui possèdent les quatre propriétés suivantes :

- Persistance dans l'environnement : la substance se dégrade « lentement » car elle résiste aux dégradations biologiques naturelles de l'environnement et des organismes vivants.
- Bioaccumulation : la substance s'accumule dans les tissus vivants et il y a également une bioamplification, c'est-à-dire une augmentation de sa concentration tout le long de la chaine alimentaire.
- Toxicité : la substance est susceptible de provoquer un ou plusieurs impacts sur la santé humaine après exposition, se manifestant par des effets nocifs sur l'organisme vivant.
- Transport longue distance : la substance peut se déplacer sur de très longues distances et, ainsi se retrouver loin de son lieu d'émission, et ce grâce à ses propriétés de persistance et de bioaccumulation. Son déplacement s'effectue généralement des milieux chauds à activité humaine très importante vers les milieux froids comme les chaînes de montagnes ou encore les pôles.

Les hydrocarbures aromatiques polycycliques sont nombreux dans notre environnement atmosphérique (au même titre que les hydrocarbures halogénés qui font également partie de ces polluants organiques persistants) et chacun d'entre nous y est exposé par l'environnement, notre alimentation, exposition lors d'accident de travail…

Comme vu précédemment, les encres de tatouage noires comportant du noir de carbone contiennent également des hydrocarbures aromatiques polycycliques, mais il est possible d'en retrouver des traces dans d'autres encres de couleurs comme le orange, le violet ou encore le bleu.

Les HAP sont des impuretés qui se forment lors du processus de combustion ou de dégradation des hydrocarbures qui permettent la synthèse du noir de carbone. La toxicité et la cancérogénicité de certains d'entre eux sont particulièrement montrées du doigt, notamment par le Centre International de Recherche sur le Cancer (CIRC) qui classe leurs effets cancérigènes et mutagènes entre les groupes 1, 2A, 2B et 3.

Les HAP constituent un groupe de plus de 100 molécules organiques qui sont constitués de cycles aromatiques adjacents dont le nombre peut varier mais doit être supérieur ou égal à 2. Leurs propriétés physicochimiques varient en fonction de leur masse moléculaire et de leur structure. Les HAP sont des composés non polaires, stables, qui se solubilisent très peu dans l'eau, mais bien dans les solvants organiques (cf. Annexe 1).

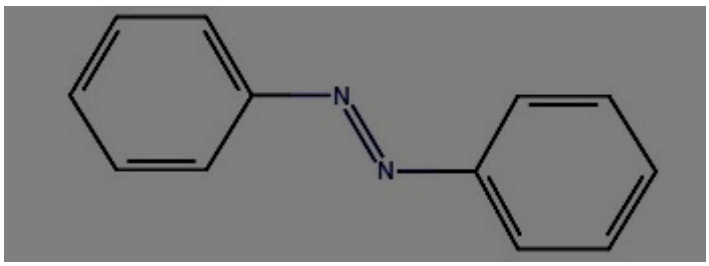
Face aux risques d'une exposition à de tels composés, le Conseil de l'Europe émet des recommandations (tout comme les métaux lourds et les colorants azoïques), par le biais de la résolution ResAP(2008) afin de limiter leur teneur dans les encres de tatouages. En effet, pour la sécurité du consommateur, la concentration en HAP totaux ne doit pas dépasser 0.5 ppm.

Les tatouages noirs représentent le plus gros du travail des tatoueurs. Cependant, les tatouages en couleurs sont de plus en plus demandés. Les encres de couleurs qu'ils utilisent sont composées de colorants organiques synthétiques, dont les colorants azoïques détiennent une place majeure.

I.3.2.2. Les colorants azoïques[24,25,26]

Les colorants azoïques sont des pigments synthétiques qui sont obtenus à partir des amines aromatiques. Ces colorants représentent les substances colorantes les plus produites à l'échelle mondiale et le domaine du tatouage ne fait pas exception à cela. En effet, les colorants azoïques sont les pigments les plus communs dans les encres destinées à des tatouages colorés en rouge, jaune ou orange, au détriment des pigments minéraux. Cela s'explique, en plus du facteur financier, par la variété des teintes qu'ils proposent. En effet, les colorants azoïques donnent des couleurs jaunes, orange, rouge ou violet, en passant par le magenta.

Leur structure chimique repose sur un squelette « azo » qui est le groupe chromophore (R-N=N-R') et chaque azote est lié à un radical alkyle ou aryle, qui peuvent être identiques ou non. Cette structure a été découverte en 1863 par un chimiste allemand.



Colorant azoïque le plus simple : l'azobenzène

Les colorants azoïques sont principalement obtenus par une réaction de diazotation d'amines aromatiques qui est une manipulation facilement réalisable et relativement bon marché. Cependant, comme leur stabilité n'est pas optimale, il est possible qu'ils se dégradent en amines aromatiques sous l'influence d'un rayonnement énergétique élevé. Parmi les colorants azoïques, il existe deux classes de pigments qu'on retrouve fréquemment dans les encres de tatouages :

- les composés monoazoïques, qui possèdent une fonction azoïque
- les composés disazoïques, qui possède deux fonctions azoïques

Les composés triazoïques ou polyazoïques sont plus rarement utilisés.

Tableau 4 : Colorants azoïques entrant dans la composition des encres de tatouages

(Liste non exhaustive)

Pigment	***CI number***	***CAS***	***Famille chimique***
~~*Pigment Yellow 3*~~	CI 11710	6486-23-3	**Monoazo**
Pigment Yellow 65	CI 11740	6528-34-3	
Pigment Yellow 74	CI 11741	6358-31-2	
Pigment Yellow 97	CI 11767	12225-18-2	
Pigment Yellow 151	CI 13980	31837-42-0	
Pigment Red 2	CI 12310	6041-94-7	
Pigment Red 22	CI 12315	6448-95-9	
Pigment Red 23	CI 12355	6471-49-4	
Pigment Red 63 :1	CI 15880 : 1	6417-83-0	
Pigment Red 146	CI 12485	5280-68-2	

Pigment Red 170	CI 21104	2786-76-7	**Disazo**
Pigment Red 210	CI 12477	61932-63-6	
Pigment Yellow 83	CI 21108	5567-15-7	
Pigment Yellow 89	CI 21108	5567-15-7	
Pigment Orange 13	CI 21110	3520-72-7	
~~*Pigment Orange 16*~~	CI 21160	6505-28-8	

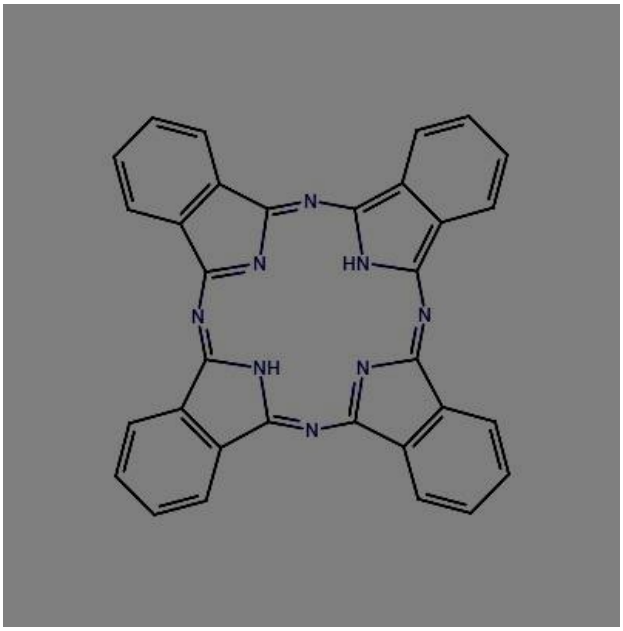
(Les pigments barrés ne doivent pas entrer dans la composition des produits de tatouage et pmu en raison de leurs propriétés cancérigènes, mutagènes, reprotoxiques et/ou sensibilisantes (ResAP(2008))

La faiblesse de ces pigments est leur stabilité vis-à-vis des rayons ultraviolets et des processus d'oxydation. En effet, les pigments azoïques exposés risquent de larguer des amines aromatiques. La formation d'amines aromatiques constitue la problématique des colorants azoïques car certaines d'entre elles sont toxiques. C'est pour cela que la réglementation européenne a évoluée en 2008 avec la résolution ResAP(2008) qui répertorie les amines aromatiques ayant des propriétés cancérigènes, mutagènes, reprotoxiques et sensibilisantes, qui ne doivent pas être présentes dans les encres de tatouage. Il existe une liste des amines aromatique interdites par le conseil de l'Europe (cf. Annexe 2).

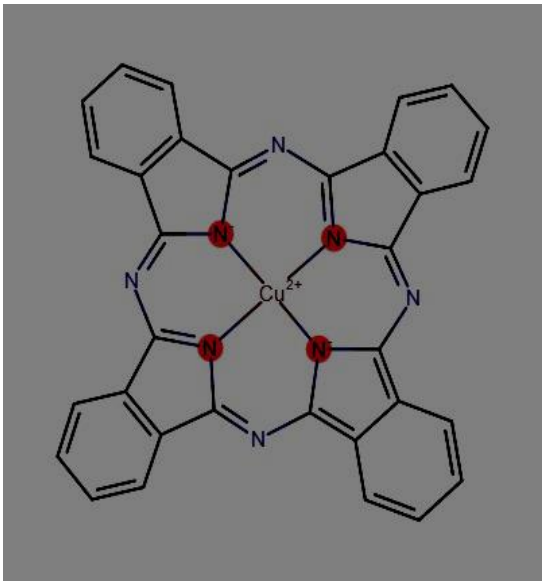
I.3.2.3. Les phtalocyanines[24,27,28]

Les phtalocyanines sont des pigments modernes et utilisés dans de nombreux domaines de nos jours. En 1907, Braun et Tscherniak découvrent leur existence de manière fortuite. Alors qu'ils travaillaient sur une autre préparation, ils ont constaté la présence d'un sous-produit insoluble de couleur bleuâtre. Plus tard, au XIX^{ème} siècle, on découvre leur excellente stabilité à la chaleur et aux réactifs acides et alcalins. Ces pigments possèdent une couleur bleue ou verte.

Les phtalocyanines ont une structure particulière ressemblant à celle des porphyrines (structure retrouvée dans l'hème). En effet, comme ces dernières, c'est une macromolécule plane et hétérocyclique constituée de 4 sous-unités isoindoles, un isomère de l'indole, qui sont reliées entre elles par les atomes d'azote. Au centre, dans la cavité de la phtalocyanine, des métaux peuvent se substituer aux 2 atomes d'hydrogènes et former des métallophtalocyanines.



H_2Pc : Tétrabenzoporphyrazine, phtalocyanine la plus simple ($C_{32}H_{18}N_8$)



CuPc : Bleu de phtalocyanine ou phtalocyanine de cuivre ($C_{32}H_{16}CuN_8$) (PIGMENT BLUE 15)

Les phtalocyanines sont des composés très stables qui résistent à la lumière, à la chaleur, aux bases et aux acides. Cette stabilité leur confère un atout indéniable.

Tableau 5 : Phtalocyanines entrant dans la composition des encres de tatouages

(Liste non exhaustive)

Pigment	***CI number***	***CAS***
Pigment Green 7	CI 74260	1328-53-6
Pigment Green 36	CI 74265	14302-13-7
Pigment Blue 15	CI 74160	147-14-8
Pigment Blue 15 :1	CI 74160	12239-87-1
Pigment Blue 15 :2	CI 74160	12239-87-1
Pigment Blue 15 :3	CI 74160	147-14-8
Pigment Blue 15 :4	CI 74160	147-14-8
Pigment Blue 15 :6	CI 74160	147-14-8

Les phtalocyanines sont des composés produits en grandes quantités dans l'industrie tinctoriale du fait de leur coloration bleu foncé pouvant passer par le vert. En effet, ils fournissent une coloration intense, uniforme et prononcée. Outre dans les encres, leur utilisation est importante dans les produits de haute technologie (écrans LCD, cellules photovoltaïques...).

I.3.2.4. Les autres pigments organiques polycycliques[24,29]

Les pigments utilisés dans les encres de tatouages sont chimiquement très hétéroclites. Les groupes précédemment développés sont les fondamentaux, mais il est possible que d'autres familles de molécules prennent part à la composition de ces encres. Ainsi, les pyrroles, les quinacridones, les oxazines et les dioxazines, les anthraquinones, les rhodamines sont des familles chimiques qui sont utilisées dans la pigmentation du derme.

I.3.2.4.1. Les pyrroles

On retrouve dans cette catégorie des pigments dont la coloration peut aller de l'orange au rouge foncé. La caractéristique chimique de ces molécules se situe au niveau des groupements pyrroliques (C_4H_5N). Ce groupement est un hétérocycle aromatique à 5 chainons composé de 4 carbones et d'un azote au sein d'un même cycle. A noter que l'on retrouve cette structure chimique à l'état naturel dans les porphyrines comme l'hème, dans les chlorines telles que la chlorophylle ou bien dans la corrine de la cobalamine.

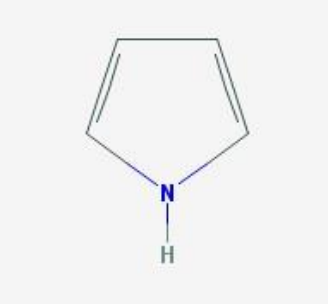
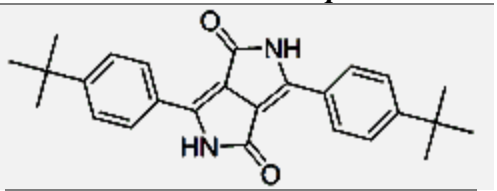
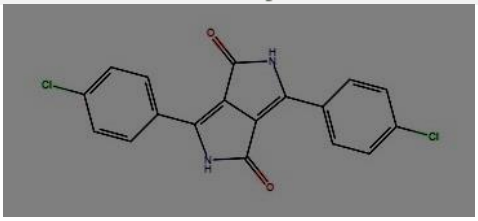


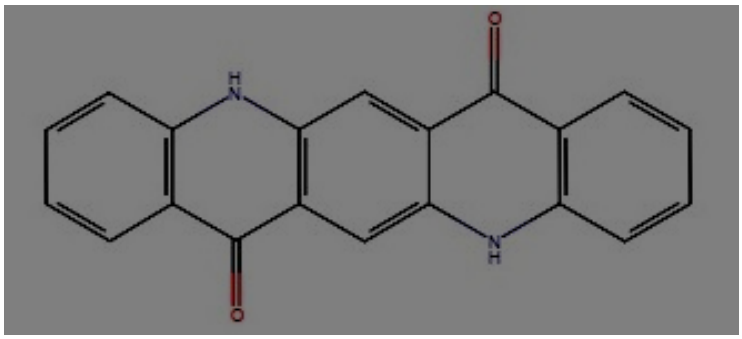
Tableau 6 : Exemples de pigments à structure pyrrolique entrant dans la composition des encres de tatouages

Pigment	***CI number***	***CAS***	***Structure chimique***
Pigment Orange 73	CI 561170	84632-59-7	
Pigment Red 254	CI 56110	84632-65-5	

I.3.2.4.2. Les quinacridones

Les quinacridones sont des pigments moins utilisés mais qui permettent d'élargir la palette de couleurs, car ils fournissent des couleurs rouges, du magenta vif au rouge bordeaux en passant par un rouge moyen, jusqu'à des nuances violettes.

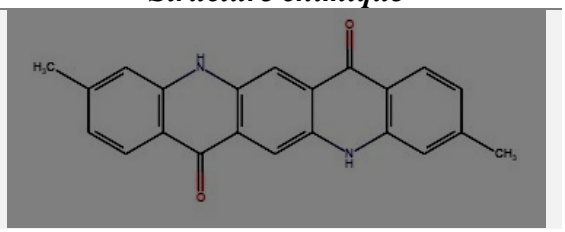
Comme son nom l'indique, le pigment quinacridone est la contraction de quinoline et acridine, une molécule organique hétérocyclique découle donc de l'association de ces 2 entités : 2 paires d'oxygène et d'azote au sein de 5 cycles aromatiques

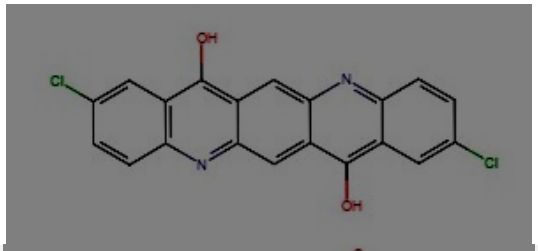
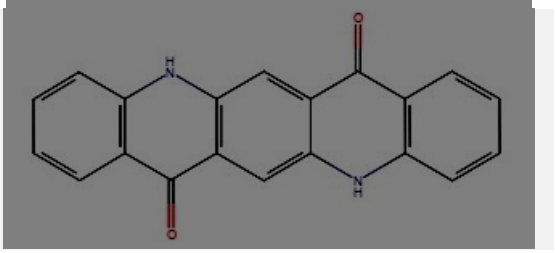


Structure quinacridone du Pigment Violet 19

La particularité de ces pigments est d'être extrêmement stable à la chaleur, à la lumière et aux réactifs acides et alcalins. Au-delà de leur emploi dans les encres de tatouage, les colorants à structure quinacridonique sont présents dans les peintures d'automobiles ou artistiques.

Tableau 7 : Exemples de pigments à structure quinacridone entrant dans la composition des encres de tatouages.

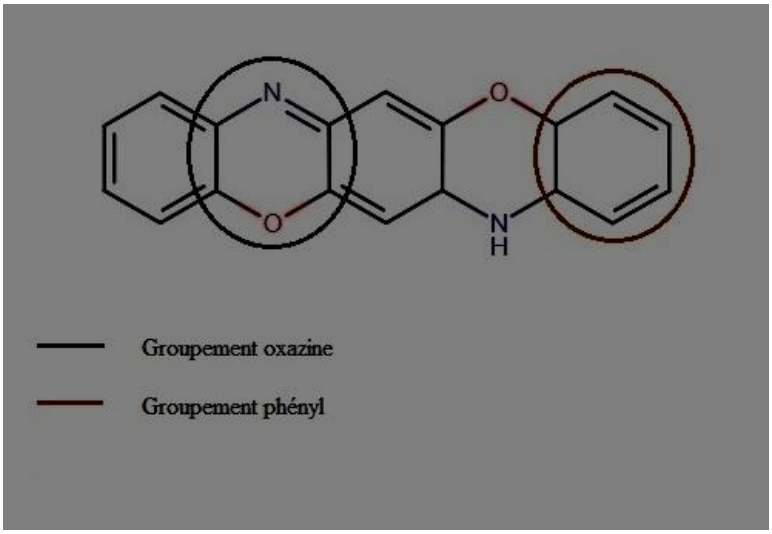
Pigment	***CI number***	***CAS***	***Structure chimique***
Pigment Red 122	CI 73915	16043-40-6 / 980-26-7	

Pigment Red 202	CI 73907	3089-17-6	
Pigment Violet 19	CI 73900	1047-16-1	

I.3.2.4.3. Les dioxazines

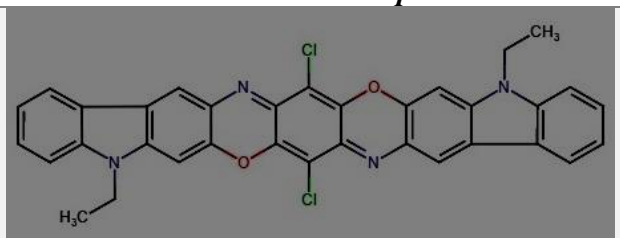
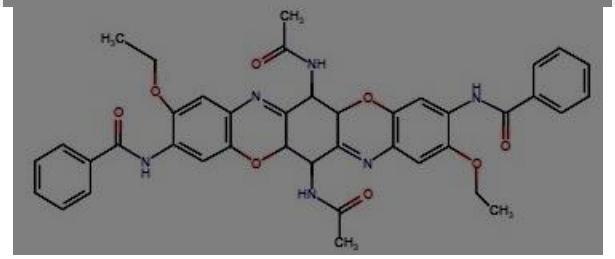
Les dioxazines sont des pigments violets, comme *le violet de carbazole* (PV23), ou des pigments bleus. Cependant, seul les pigments violets (PV23 et PV37) sont identifiés dans les encres de tatouages car les nuances bleues y sont très souvent obtenues grâces à des phtalocyanines. Ainsi, le pigment PB80 ne semble pas être employé. Les dioxazines sont des molécules très fortement colorées, aux nuances profondes. De plus, elles possèdent des propriétés de résistance vis-à-vis de la lumière, de la chaleur et des réactions d'oxydation.

Les pigments dioxazines ont une structure chimique particulière qui est formée d'un squelette triphénodioxazine, c'est-à-dire de deux cycles oxazines enchevêtrés entre 3 groupes phénylés :



Squelette triphénodioxazine des pigments dioxazines.

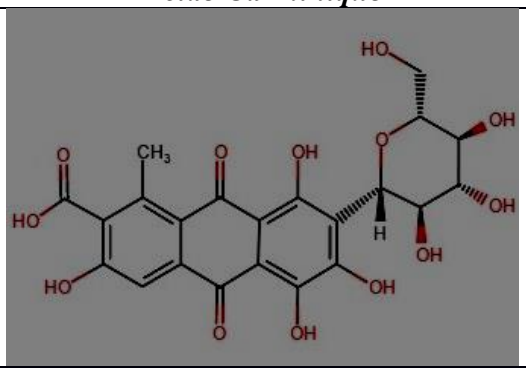
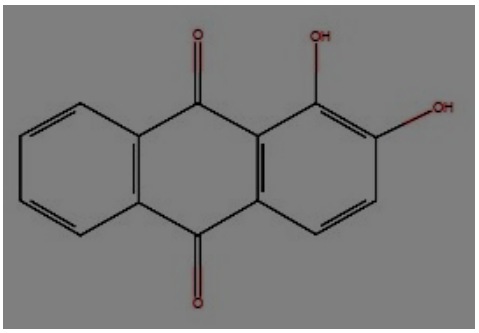
Tableau 8 : Exemples de pigments à structure dioxazine entrant dans la composition des encres de tatouages.

Pigment	***CI number***	***CAS***	***Structure chimique***
Pigment Violet 23	CI 51319	6358-30-1	
Pigment Violet 37	CI 51345	57971-98-9	

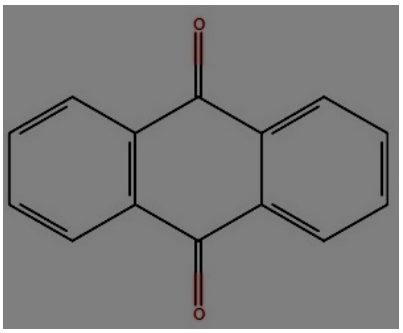
I.3.2.4.4. Les anthraquinones[30,31]

Parmi les pigments organiques, les anthraquinones représentent la seconde classe la plus importante d'un point de vue commercial, après les colorants azoïques. Nombreuses sont les substances anthraquinoniques qui sont présente dans notre environnement naturel, dans des plantes, dans des champignons, dans les microorganismes. Les plus illustres d'entre eux sont l'acide carminique qui est l'agent colorant du carmin extrait de la cochenille, et l'alizarine qui est extraite du rhizome d'une rubiacée, la garance des teinturiers, *Rubia tinctorium* L.

Les pigments anthraquinoniques sont de couleur rouge, bleue ou jaune. Ils entrent ponctuellement dans la composition des encres de tatouage, mais ce sont des substances couramment employées dans la teinture de fibres cellulosiques, polyamides ou polyester. Ils sont également employés dans l'industrie agroalimentaire pour colorer des boissons et des aliments, et dans des produits cosmétiques de coloration des cheveux.

Acide Carminique	*Alizarine*
	
CI Natural Red 4 ; CI 75470 ; CAS 1260-17-9	CI Natural Red 9 ; CI 75330 ; CAS 72-48-0

Les anthraquinones sont des hydrocarbures aromatiques polycycliques dérivés de l'anthracène et de la quinone.



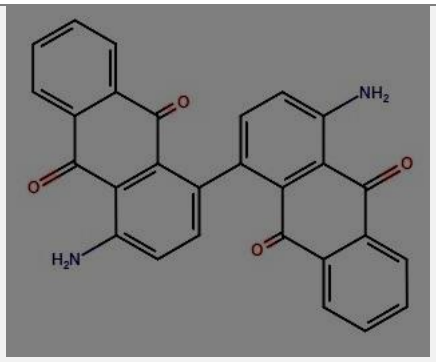
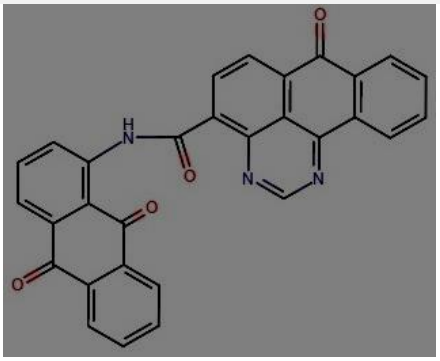
Structure chimique de l'anthraquinone

L'anthraquinone est une substance chimiquement stable qui est à l'état solide et qui est peu soluble dans l'eau, mais miscible dans les solvants organiques. Cette structure chimique confère une forte solidité et une stabilité des pigments anthraquinoniques vis-à-vis des rayonnements lumineux et de la chaleur.

Outre leur propriété tinctoriale, certaines anthraquinones sont des substances actives qui possèdent des propriétés laxatives, diurétiques, hormonales, immunomodulatrices, anti-infectieuses, ou encore anticancéreuses. En effet, certains dérivés anthraquinoniques sont présent à l'état naturel dans des plantes telles que le séné, le cascara ou la rhubarbe et sont connus pour leur propriété laxative par stimulation de la motricité intestinale.

De plus, dans son volume 101, qui évalue le risque carcinogénique de plusieurs molécules présentent dans des produits de l'alimentation et dans l'eau potable, le CIRC (Centre International de Recherche sur le Cancer) classe l'anthraquinone et un de ses dérivés, l'1-Amino-2,4-dibromoanthraquinone, comme des agents peut-être cancérogènes (groupe 2B). Ces colorants étant classé CMR (substance cancérogène et/ou mutagène et/ou reprotoxique), ils ne doivent pas être contenu, directement ou indirectement, dans les produits de tatouage. Parmi ces colorants classés CMR, nous pouvons aussi citer le *Solvent Red 49, le Disperse Blue 3, le Disperse Blue 35…*

Tableau 9 : Exemples de pigments à structure anthraquinone entrant dans la composition des encres de tatouages

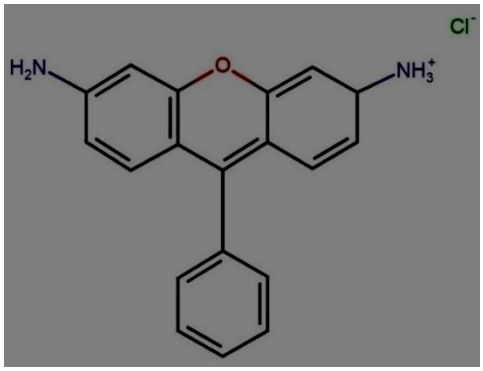
Pigment	***CI number***	***CAS***	***Structure chimique***
Pigment Red 177	CI 65300	4051-63-2	
Pigment Yellow 108	CI 68420	4216-01-7	

I.3.2.4.5. Les rhodamines[32]

Les rhodamines sont des composés organiques utilisés pour leur propriété chromatique et les encres de tatouage ne font donc pas exception à leurs applications.

Mais elles sont aussi largement utilisées en biotechnologies dans la microscopie photonique à fluorescence comme fluorochrome (notamment dans la coloration à l'auramine-rhodamine (AR) qui est une technique de dépistage par microscopie à fluorescence les mycobactéries), comme fluorochrome dans les immunodosages, ou encore, en cytométrie de flux.

Les rhodamines possèdent une structure hétérotricyclique avec au centre un cycle pyrylium oxygéné insaturé, en para duquel est lié un benzène, et de chaque côté, une phénylamine.



Squelette rhodamine

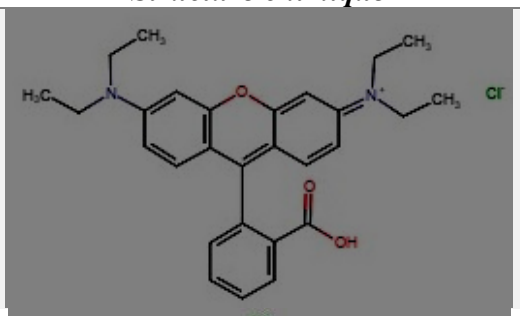
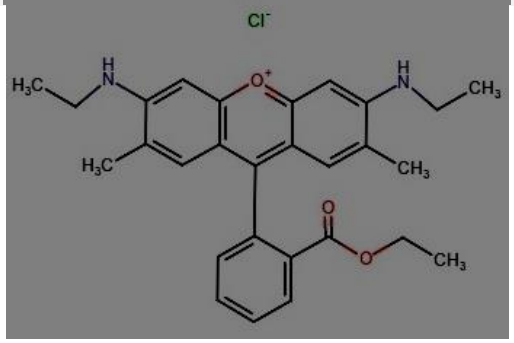
L'industrie tinctoriale produit plusieurs pigments rhodamines qui possèdent de fortes intensités au niveau de leur coloration :

- La rhodamine B, ou C.I. Pigment Violet 1 *(CAS # 81-88-9)*, est un pigment violet brillant et fluorescent qui tire vers le rougeâtre. Il peut être associé à des sels de phosphore, de tungstène et de molybdène. Ce pigment est considéré comme toxique car il possède des propriétés CMR et/ou sensibilisantes. De ce fait, le Conseil de l'Europe interdit son utilisation dans les produits de tatouage (ResAP 2008).

- La rhodamine 6 G, ou C.I. Pigment Red 81 *(CAS # 989-38-8)*, est un pigment rouge lumineux et fluorescent qui tire vers le bleuâtre. Il peut également être associé à des sels de phosphore, de tungstène, de molybdène, ou avec des sels d'acides silicotungsto-molybdique, phosphotungsto-molybdique, phosphomolybdique ou silicomolybdique.

- Le Pigment Red 169 ou Fast Red W *(CAS # 12237-63-7)* est une rhodamine combinée à un sel de ferrocyanure de cuivre. C'est un pigment rouge bleuâtre qui tend vers le rose.

Tableau 10 : Exemples de pigments rhodamine entrant dans la composition des encres de tatouages

Pigment	*CI number*	*CAS*	*Structure chimique*
Rhodamine B = Pigment Violet 1 = Basic Violet 10	45170	81-88-9	
Rhodamine 6G = Pigment Red 81	45160	989-38-8	

Nous constatons, que les pigments organiques possèdent des structures chimiques très hétérogènes, avec des chromophores (groupement d'atomes responsable de la couleur qui est perçue par l'œil humain) complexes qui permettent leur classification chimique.

L'industrie du tatouage est en constante évolution. En effet, depuis plusieurs années certains pigments minéraux ont disparu, au profit de pigments organiques synthétiques (notamment à cause du risque toxique qu'ils comportaient (Hg, Pb, Cd…)). Les pigments minéraux gardent tout de même une place importante, mais la recherche de nouvelles molécules plus stables pousse les industriels vers l'utilisation de pigments organiques synthétiques. Cependant, aucune étude ne permet de vérifier l'impact de quel pigment que ce soit sur l'organisme humain.

Chacune des classes de pigments abordées précédemment répertorie un très grand nombre de pigments. Etant donné cette vastité, chacun d'entre eux est classé selon des nomenclatures diverses. Ainsi, le fabricant indique la dénomination de chaque pigment, et autre produit, qui entre dans la composition du produit de tatouage, et il est alors possible d'identifier ces substances. Il est cependant difficile d'appréhender la concentration de chacune d'elle.

Bien que la composition varie entre chaque produit de tatouage, il faut noter que des éléments toxiques ou sensibilisants (Cr, Cd, Mn, Pb…) et des métaux lourds (Al, Ba, Fe…) peuvent être fréquemment retrouvés dans des produits de tatouages et parfois à des concentrations qui dépassent leur seuil de toxicité. Egalement, nous constatons que certains pigments organiques, non autorisés et parfois interdits, sont retrouvés dans l'amalgame. C'est notamment le cas de certains colorants azoïques qui peuvent relarger des amines aromatiques considérés comme ayant des propriétés cancérigènes, mutagènes, reprotoxiques et sensibilisantes. Egalement, des molécules à structure anthraquinonique ou des dérivés de la rhodamine possèdent ces propriétés néfastes. Aussi, des hydrocarbures aromatiques polycycliques présentant un risque cancérogène pour l'homme (selon le CIRC) sont parfois présents, même à l'état de trace, dans des produits de tatouage.

Le pigment est l'élément primordial des produits de tatouage, mais quels sont les autres substances adjuvantes qui constituent l'encre de tatouage industrielle ?

II. LES ADJUVANTS[33,34,35,36]

Nous savons que le terme « excipient », qui vient du latin *excipere* (recevoir) et qui concerne seulement le domaine pharmaceutique, peut être défini par une substance ou un ensemble de substances qui a pour but de recevoir, de supporter, de véhiculer et de veiller au maintien des propriétés physicochimiques de la ou des substances actives.

Pour les produits de tatouages et les cosmétiques, le Code de la Santé publique utilise le terme d'ingrédient. Ce terme est commun car ces deux types de produit possèdent la même réglementation. Cependant, dans le cas des produits cosmétiques, l'ensemble des matières premières qui constituent le produit cosmétique final possède une action sur le système cutané, et ce grâce à la propriété intrinsèque de l'ingrédient (propriété hydratante, apaisante, réparatrice, antibactérienne, adoucissante, protectrice…) d'une part, et à l'action d'une substance active qui est présente en infime quantité d'autre part, si présence il y a. A contrario, dans les produits de tatouage, il n'y a pas de substance active. On peut considérer que l'élément principal est le pigment. A celui-ci est ajouté des adjuvants qui possèdent également des propriétés intrinsèques. Parmi eux, nous rencontrons des solvants, des adjuvants liants, épaississants, des tensioactifs, des émollients, et parfois des conservateurs. Mais toutefois, ces éléments sont destinés à être directement introduit dans le derme dans un but purement esthétique. Ainsi, ces adjuvants peuvent posséder plusieurs actions :

- améliorer la couleur d'un pigment et son éclat,
- maintenir sa disposition uniforme dans son solvant,
- accroître sa persistance dans le derme,
- limiter l'agglutination des particules de pigment entre elles,
- inhiber l'omniprésent risque infectieux en évitant la prolifération des microorganismes pathogènes.

Les molécules retrouvées dans les encres de tatouage des molécules varient selon les fabricants. Mais, à la différence des pigments, la composition des véhicules demeure sensiblement la même quelquesoit le fabricant.

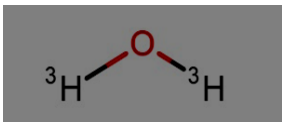
Tableau 11: Principaux excipients retrouvés dans les encres de tatouages (selon FDS des encres de tatouages : Intenze®, Atomic Ink®, Eternal®, Silverback Ink®, Panthera®, Starbrite Colors®, Bullets®)

Substances	*CAS*	*INCI*	*Propriétés*
Eau distillée	7732-18-5	Aqua	Solvant
Glycérol ou autres esters de glycérol	56-81-5	Glycerin	Solvant Stabilisateur Epaississant Hydratant Lubrifiant
Isopropanol	67-63-0	Isopropyl alcohol	Solvant Diluant
Ethanol	64-17-5	Ethyl alcohol	Solvant Diluant
Méthanol	67-56-1	Methyl alcohol	Solvant Diluant
Polyéthylène glycol (PEG-8)	25322-68-3	Polyethylene	Solvant Humectant Epaississant
Ethylène glycol	107-21-1	Ethylene glycol	Tensioactif
Propylène glycol	57-55-6	Propylene glycol	Humectant Tensioactif
Composés du silicium : • Diméthicone (siloxane)	63148-62-9	Dimethicone	Agent antimousse Emollient Hydratant Filtre UV
• Silice amorphe	7631-86-9	Silica	Agent de contrôle de la viscosité Antiagglomérant Opacifiant
Polyvinylpyrrolidone/Vinyl Acetate copolymer	25086-89-9	VP/VA copolymer	Agent liant
Extraits de plantes : • Hamamélis	84696-19-5	Hamamelis virginiana extract	Astringent Apaisant
• Calendula	84776-23-8	Calendula extract	Emollient Apaisant
Gomme-laque	9000-59-3	Shellac	Agent liant Emollient Agent de contrôle de la viscosité
Résines acryliques	/	/	Agent liant Agent de contrôle de la viscosité

Les adjuvants sont nombreux et variés, mais on retrouve majoritairement les mêmes formulations. Cependant, il est difficile de quantifier leurs teneurs.

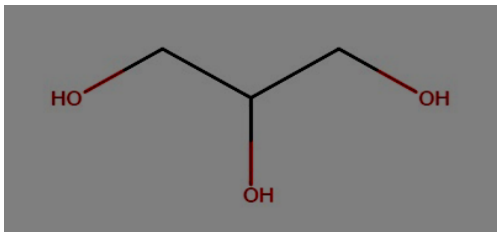
L'eau distillée et la glycérine sont deux substances que l'on retrouve systématiquement dans toutes les encres de tatouage.

L'eau distillée est un solvant liquide à température ambiante, incolore, inodore, sans saveur, translucide, stérile et apyrogène. Sa structure chimique lui confère un statut de solvant polaire quasi universel qui va dissoudre d'autres molécules polaires ou bien des corps ioniques. En revanche, elle est insoluble dans toutes les substances organiques.



Structure chimique de la molécule d'eau

Le glycérol, de formule chimique $C_3H_8O_3$ ($HO\text{-}CH_2\text{-}CHOH\text{-}CH_2\text{-}OH$), est liquide à température ambiante, incolore, inodore et visqueux ; ses 3 fonctions hydroxyles font de lui un solvant polaire qui est soluble dans l'eau et les autres molécules polaires. Fréquemment, on peut le retrouver sous forme estérifiée en mono, di ou triglycérides dans les mélanges.



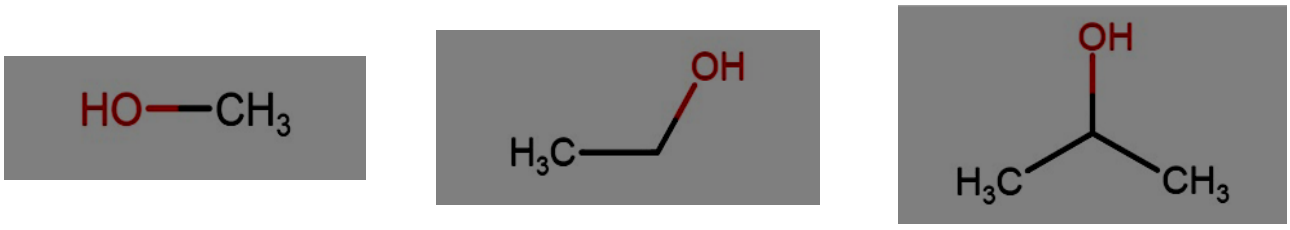
Structure chimique du glycérol

Le glycérol et ses dérivés sont utilisés dans les encres de tatouages car ils possèdent de nombreuses propriétés physicochimiques :

- Ils solubilisent les éléments polaires comme l'eau, les alcools, etc…
- Ils sont utilisés comme épaississants grâce à leur viscosité qui permet de maitriser la consistance du fluide et ainsi de limiter sa mobilité.
- Ce sont de bons stabilisateurs qui donnent au mélange une meilleure conservation.
- Les esters de polyglycérol et les glycérides glycolysés possèdent un caractère amphiphile et sont donc utilisés comme tensioactifs. Ils possèdent une bonne affinité vis-à-vis des lipides cutanés et sont donc fréquemment utilisés en cosmétologie et dans les produits de tatouages.
- Certains dérivés glycéridiques possèdent également des propriétés hydratantes et protectrices.

L'eau distillée et le glycérol sont additionnés à un ou plusieurs solvants « oxygénés » à une fonction hydroxyle (-OH) comme les alcools, deux comme les diols (éthylène glycol, propylène glycol), ou bien des solvants plus complexes comme le polyéthylène glycol.

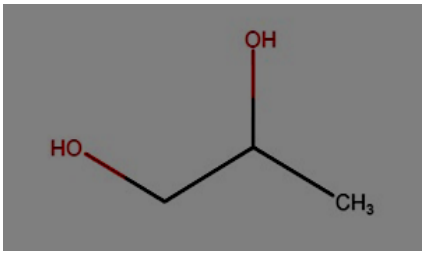
Les alcools sont des molécules hydrocarbonées à groupement hydroxyle qui possèdent des utilisations très diverses et variées. Dans les encres de tatouage, les plus présents sont des mono-alcools : l'alcool isopropylique, l'alcool éthylique, ou encore plus rarement l'alcool méthylique. Ce sont des molécules à chaine hydrocarbonée courte avec un seul groupement « alcool » Elles sont liquides à température ambiante, incolores, translucides et possèdent une odeur qui varie selon la chaine carbonée. De plus, leur fonction hydroxyle leur confère un caractère polaire qui leur permet d'être miscibles dans l'eau et les autres molécules polaires. Le plus présent dans les encres de tatouages est l'isopropanol ou propan-2-ol (C_3H_8O ou $(CH_3)_2CH\text{-}OH$).



Structures chimiques du méthanol, de l'éthanol et de l'isopropanol

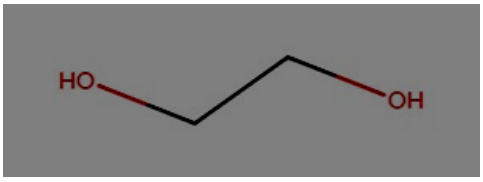
On y retrouve aussi des **diols** comme le propylène glycol ou l'éthylène glycol.

D'abord, le **propylène glycol**, de formule CH_3-CHOH-CH_2OH, est un liquide incolore, pratiquement inodore, très hygroscopique, miscible à de nombreux solvant organique polaire, mais il a la capacité de dissoudre des substances lipophiles. Cette propriété fait de lui un excipient très important dans la formulation de produits cosmétiques car il permet d'incorporer des substances lipophiles dans un milieu aqueux. Ainsi, ils sont très utiles pour incorporer des substances très hydrophobes comme les pigments.



Structure chimique du propylène glycol

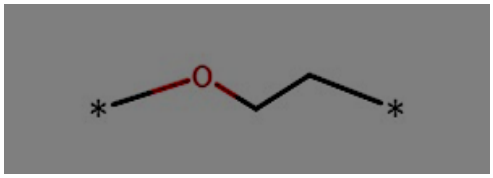
Également, l'**éthylène glycol** ou éthane-1,2-diol, peut être identifié dans ces encres. De formule CH_2OH-CH_2OH, c'est un liquide incolore, visqueux à température ambiante. Il est soluble dans l'eau et dans de nombreux solvants organiques polaires. Sa structure chimique étant très proche de celle du propylène glycol, il possède des propriétés physicochimiques qui se rapprochent de celui-ci. Cependant, compte tenu des risques allergiques et neurotoxiques qu'il peut provoquer, son utilisation dans les encres de tatouages semble moins commune.



Structure chimique de l'éthylène glycol

Nous pouvons aussi rencontrer du **polyéthylène glycol (PEG)**, de formule générale $HO(C_2H_4O)_nH$, qui est un polymère de l'éthylène glycol. Comme tous les éthers de glycol de faible masse moléculaire, ce composé est liquide, incolore, légèrement visqueux et volatil à température ambiante. Il possède un caractère amphiphile qui lui permet d'être miscible à l'eau ainsi qu'à d'autres solvants organiques polaires ou moins polaires comme les hydrocarbures et es résines, faisant de lui un excellent solvant.

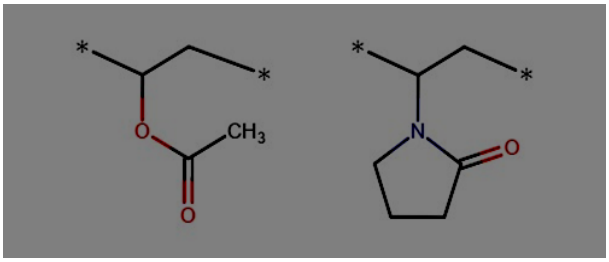
Les PEGs sont fréquemment utilisés dans l'industrie pharmaceutique (par exemple : on utilise les macrogols de haut poids moléculaire comme laxatifs osmotiques) ou l'industrie cosmétique. D'une part parce que son caractère amphotère lui permet de pénétrer la peau plus aisément que les autres solvants, d'autre part, car il est bien toléré par notre système cutané. Selon le fabricant, le PEG-8 ou polyéthylène 400 est parfois présent dans les encres de tatouage et il sert de solvant, humectant et épaississant.



Structure chimique du polyéthylène glycol

A noter que d'autres éthers de glycols peuvent être identifiés. Par exemple, l'éther de monoisooctylphenyle et de polyéthylène glycol *(CAS # 9004-87-9)* qui est un polymère de l'éthylène glycol associé à un groupement aromatique et qui est employé comme agent dispersant.

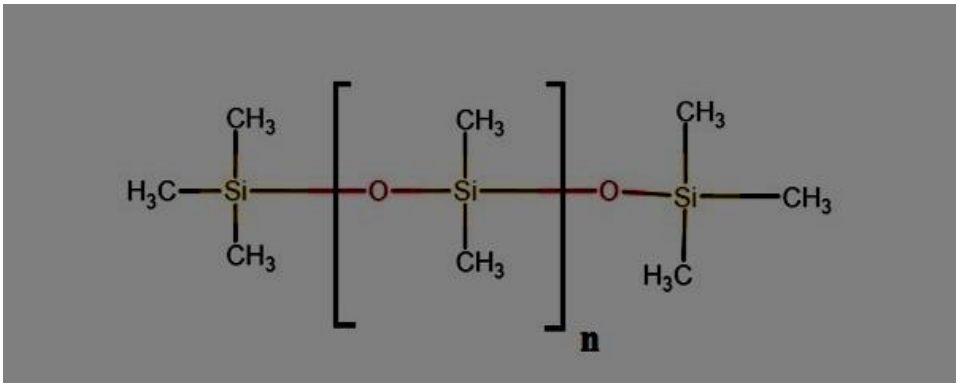
Le **copolymère d'acétate de vinyle et de vinylpyrrolidone** (VP / VA copolymer) est un polymère de 2 substances : l'acétate de vinyl ($C_4H_6O_2$) et de vinylpyrrolidone (C_6H_9NO). Ses propriétés physicochimiques et sa solubilité varient en fonction de la teneur en VA ou en VP. C'est un composé complexe qui est utilisé en cosmétologie et notamment dans les produits capillaires, (gels et lotions coiffantes) car il forme un film sur la surface des cheveux, mais c'est aussi un agent liant qui possède la capacité de potentialiser la cohésion entre les substances.



VP / VA copolymer : acétate de vinyl et acétate de vinylpyrrolidone

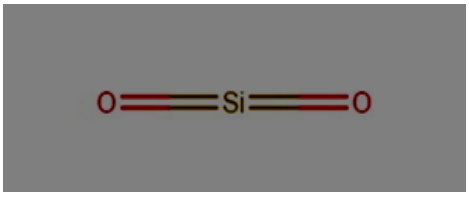
Plus exceptionnellement, des **composés du silicium** comme le diméthicone ou la silice amorphe font partie des adjuvants des produits de tatouage.

Le **diméthicone** ou **polydiméthylsolixane** (PDMS) est un polysiloxane de formule chimique $[O\text{-}Si(CH_3)_2]_n$. Les siloxanes sont des composés organométalliques obtenus synthétiquement (Siloxane signifie Silicum, Oxygène, Alcane). D'ailleurs, lorsqu'ils sont polymérisés, ils sont à l'origine de la synthèse des silicones. Le diméthicone est fréquemment utilisé comme excipient dans les industries pharmaceutiques (et principe actif grâce à ces propriétés protectrices et lubrifiantes), cosmétiques ou agroalimentaires où il est utilisé comme agent antimoussant, agent hydratant et filtre des ultraviolets, mais aussi pour ses propriétés émollientes.



Structure chimique du diméthicone

La **silice amorphe** ou dioxyde de silicium, de formule SiO_2, est un composé très présent dans l'environnement naturel. Ce composé organométallique naturel est aussi synthétisé par l'homme qui l'utilise dans la composition de nombreux produits comme les cosmétiques, les encres ainsi que dans des produits des industries agroalimentaires ou pharmaceutiques. Il existe 6 familles de synthèse de silice amorphe dont les propriétés physicochimiques demeurent variées : les silices précipitées, les gels de silice, les silices colloïdales, les silices pyrogénées, les silices à l'arc et les fumées de silice. On retrouve de la silice amorphe très occasionnellement dans les encres de tatouages, car elle permet de limiter l'agrégation des particules entre elles et donc de maintenir l'homogénéité du mélange. Cette substance peut aussi servir d'opacifiant ou d'épaississant.



Structure chimique de la silice amorphe

La **gomme-laque** ou shellac *(CAS # 9000-59-3)* est une gomme issue d'une résine polyester qui est sécrétée par des cochenilles de la famille des Kerriidae, les *Kerria lacca.* Cette gomme est ensuite traitée et conditionnée sous forme d'une poudre pouvant être rouge, jaunâtre ou même incolore, qui est insoluble dans l'eau. Cet ingrédient possède une action sur la cohésion des substances entre elles et sur le contrôle de viscosité du produit de tatouage. Le shellac est également utilisé dans les cosmétiques comme agent filmogène (vernis à ongles…), mais aussi dans l'industrie agroalimentaire comme additif alimentaire sous la désignation E904 pour traiter la peau d'un fruit.

Dans le véhicule des encres de tatouages, certaines résines sont présentes, et on retrouve notamment des **résines acryliques** (*TSRN00195201005-5102P* ou 5*100P*). Ce sont des matières thermoplastiques sous forme de polymères ou copolymères qui sont issus de l'acide acryliques. Leur domaine d'utilisation est large puisqu'elles entrent aussi dans la composition de peintures, de vernis, de colles, d'encres pour imprimerie des matières textiles...

Les résines acryliques sont utilisées pour leurs propriétés stabilisatrices, elles permettent de lier correctement le pigment et le support de l'encre. Elles assurent une structure cohérente et forment un film souple, uniforme, brillant et indélébile.

En plus des diols qui possèdent des propriétés surfactrices, d'autres tensio-actifs moins usuels sont identifiés dans certaines encres ; c'est le cas du Poloxamer 188 (CAS #9003-11-6) qui est un copolymère d'oxyde d'éthylène et d'oxyde de propylène. Son utilisation ne se limite pas à ses propriétés de surfactant puisqu'il sert également d'émulsifiant.

Dans un tel mélange de substances chimiques que celui d'une encre de tatouage, les propriétés acidobasiques ne sont pas toujours harmonisées. C'est pourquoi des molécules tampon sont additionnées, comme l'hydroxyde de sodium (NaOH – CAS #1310-73-2) ou la méthyléthanolamine (C_3H_9NO – CAS #109-83-1), pour neutraliser le pH de l'amalgame.

De plus, les encres de tatouages sont composées de substances chimiques qui sont soumises à des facteurs d'oxydation et des microorganismes extérieurs, bactéries, champignons et levures, qui altèrent leurs propriétés physicochimiques. Pour remédier à ce problème, il faut des substances qui s'opposent au développement de ses microorganismes : **les agents conservateurs.**

Les microorganismes responsables de la contamination des encres sont divers et variés, il peut y avoir :

- Des bactéries à GRAM positif (Staphylocoques, Streptocoques…) ;
- Des bactéries à GRAM négatif (entérobactéries comme *Escherichia coli*, *Klebsiella*, ou des bactéries aérobies strictes du genre *Pseudomonas* comme *Pseudomonas aeruginosa*) ;
- Des levures, des genres *Saccharomyces* ou *Candida* par exemple ;
- Des champignons dermatophytes des genres *Microsporum, Trichophyton, Epidermophyton* ;
- Des champignons deutéromycètes des genres *Penicillium* ou *Aspergillus.*

La liste des agents conservateurs qui peuvent être contenu dans les produits de tatouages (et les cosmétiques) est mentionnée dans l'Annexe VI de la Directive 76/768/CEE. En voici dans le Tableau 12 une liste des agents conservateurs qui peuvent être présent dans les encres destinées aux tatouages.

Tableau 12 : Agents conservateurs présents dans certaines encres de tatouages[37,38]

Famille chimique	***Conservateur***	***CAS***
Acides carboxyliques	Acide benzoïque	65-85-0
	Acide salicylique	69-72-7
	Acide sorbique	110-44-1
Alcools	Phénol	108-95-2
	Phenoxyéthanol	122-99-6
Libérateurs de formaldéhydes	Bronopol (2-bromo-2-nitropropane-1,3-diol)	52-51-7
	Diazolidinyl Urea	78491-02-8
Isothiazolinones (mélanges)	Méthylisothiazolinone (MIT)	2682-20-4
	Méthylchloroisothiazolinone (MCI)	26172-55-4
	Benzisothiazolinone (BIT)	2634-33-5
	Octylisothiazolinone (OIT)	111-30-8
Aldéhydes	Formaldéhyde	50-00-0
	Glutaraldéhyde	11-30-8
	Glyoxal (éthanedial)	107-22-2
Parabènes	Methylparabène	99-76-3
	Propylparabène	94-13-3
	Ethylparabène	120-47-8

Toutes ces substances chimiques adjuvantes, qui ne possèdent pas d'intérêt chromatique, sont tout de même susceptibles d'entrer dans la composition des produits de tatouages pour améliorer la conservation, la tenue, l'uniformité et la stabilité du mélange lorsqu'ils sont associés aux pigments. Elles sont donc très importantes, d'ailleurs certains tatoueurs traditionnels effectuent eux-mêmes la composition de leur encre. Bien que la liste des adjuvants entrant dans la composition des produits de tatouages (Tableau 11) comporte de nombreuses molécules, on retrouve de manière récurrente l'eau, le glycérol et des dérivés alcooliques dans l'amalgame. En plus de cela, certains ajouts d'adjuvant sont faits de manière extemporanée, ce qui restreint la traçabilité de la composition du produit de tatouage. De plus, la réglementation commune aux produits de tatouage et aux produits cosmétique constitue une limite car l'ensemble de leurs constituants, bien qu'ils puissent être semblables, ne sont pas choisis pour la même finalité et leur destination au sein de l'organisme n'est en aucun cas semblable.

Le produit de tatouage s'avère donc être un complexe mélanges de plusieurs pigments minéraux et/ou organiques, principalement synthétisés par l'homme, et plusieurs adjuvants solvants, liants, antiagglomérants, opacifiants et conservateurs. Ainsi, la composition peut varier qualitativement et quantitativement selon le fabricant, il est donc difficile de véritablement déterminer les proportions de chaque composant. De plus, il faut noter qu'en France, et dans la plupart des états membres de l'Union Européenne, il n'existe aucune réglementation spécifique concernant les produits de tatouage. Cependant, depuis 2008 et la « Résolution ResAP(2008) sur les exigences et les critères d'innocuité des tatouages et des maquillages permanents », le Conseil de l'Europe a pris la décision d'élever le niveau de protection du consommateur. Cette résolution a pour but d'améliorer la sécurité des personnes et de l'environnement. Elle vise notamment à réguler la teneur de certains pigments qui sont susceptibles de mettre en danger l'homme du fait de leurs propriétés toxicologiques, cancérigènes, mutagènes ou reprotoxiques (amines aromatiques, HAP et métaux lourds) et à harmoniser les méthodes d'analyses des produits de tatouages permanents. En France, le dernier document relatif à la composition des produits de tatouage est un arrêté du ministère des affaires sociales et de la santé qui a été rédigé le 6 mars 2013. Ce dernier fixe des restrictions vis-à-vis des substances (pigments et adjuvants) classées cancérogènes, mutagènes et reprotoxiques (CMR), mais aussi sensibilisantes. En dépit des textes et des recommandations, plusieurs études montrent que des produits de tatouages ne sont pas conformes[18,37,126]. Alors, existe-il un risque pour le consommateur vis-à-vis des substances que contiennent les produits de tatouage manufacturés ? A quelles complications s'expose-t 'il lors de l'acte de tatouage ?

Chapitre 2

LE TATOUAGE : QUELLES SONT SES COMPLICATIONS ?

Depuis plusieurs dizaines d'années, le tatouage connait une popularité qui s'accroît de jour en jour auprès du grand public, et notamment chez la jeune génération. L'introduction de pigments et de substances exogènes dans le tissu cutané peut cependant représenter un risque pour chaque individu qui adopte cette pratique, car il s'expose à des complications diverses qui sont bien souvent méconnues. Bien que la fréquence d'accidents liés à la pratique du tatouage semble être faible, le risque existe. Et, étant donné la démocratisation de cette pratique, cette fréquence va donc tendre à augmenter.

Ces complications peuvent être d'origine infectieuse (bactérienne, virale, fongique et parasitaire) lorsque l'effraction de la peau par l'aiguille permet l'inoculation de microorganismes pathogènes. Elles sont dans ce cas la conséquence d'une pratique septique à risque qui ne respecte pas les bonnes pratiques d'hygiène et de salubrité. Ce type de danger est facilement évitable par le respect des règles d'asepsie, voire par la prévention du risque.

D'autres complications non-infectieuses comme les réactions d'hypersensibilité et les réactions d'allergie représentent une réponse, un système de défense, de l'organisme envers les substances exogènes qui sont introduites par le tatouage.

Avec les quelques études qui ont était menées sur la composition des encres, il a été révélé que de nombreuses substances contenues dans les produits de tatouages présentent un risque pour l'homme. Et, bien qu'il faille démontrer les conséquences d'une exposition transcutanée à ses substances, des manifestations, préférentiellement locales, pourraient être liées aux propriétés toxiques des composants des encres de tatouage. Les composés possédant des propriétés toxiques pour l'homme sont principalement des pigments inorganiques, des pigments organiques et certaines substances résultants de la dégradation de ceux-ci.

Le risque carcinogène est aussi un danger à ne pas négliger, car le caractère carcinogène ou procarcinogène de plusieurs composés qui entrent dans la formulation des encres de tatouage est avéré. Ainsi, il se pourrait que des tatouages puissent entrainer la formation de tumeurs bénignes et cancéreuses.

I. L'ACTE DE TATOUAGE

I.1. Les techniques de tatouages[39]

Jadis, l'introduction des substances colorantes se faisait selon des méthodes différentes en fonction des peuples. Aujourd'hui, les tatoueurs travaillent à l'aide d'un appareil électrique : le dermographe. Les techniques ancestrales n'ont toutefois pas été abandonnées puisque les méthodes de tatouage traditionnelles sont encore rependues, notamment en Asie, en Océanie, ainsi qu'en Europe. Cette technique consiste à tremper un poinçon (en Polynésie) ou des pointes (en Asie) dans l'encre et de le frapper avec une sorte de maillet au contact de la peau. Cela produit bien évidemment une vive douleur. Pour remédier à celle-ci, une grande majorité des tatoueurs pratiquent le tatouage moderne, électrique. L'introduction des pigments dans le derme se fait par l'intermédiaire d'un dermographe. Cet instrument possède un système moteur, alimenté par un courant continu, qui permet l'effraction de la couche cutanée et le dépôt de l'encre dans le derme grâce à des aiguilles pleines. Celles-ci sont montées en séries et sont reliées au stylo par une buse avec réservoir d'encre. Les mouvements des aiguilles sont contrôlés par l'intermédiaire d'une pédale de contact.

Il existe deux types de machines à tatouer :

- **Les machines à tatouer rotatives** dans lesquelles les aiguilles sont montées sur un axe rotatif qui est mis en mouvement par un courant électrique. Leur fonctionnement est basé sur le modèle inventé par Samuel O'Reilly, l'inventeur de la machine à tatouer, qui s'est lui-même inspiré du stylo électrique de Thomas A. Edison. Cet appareil est simple d'utilisation car il ne nécessite aucun réglage. De plus, il est puissant et silencieux, mais offre moins de possibilités de travail pour le tatoueur. Malgré cela, l'utilisation de ce type de dermographe est en expansion, notamment grâce au développement de machines rotatives de plus en plus performantes.

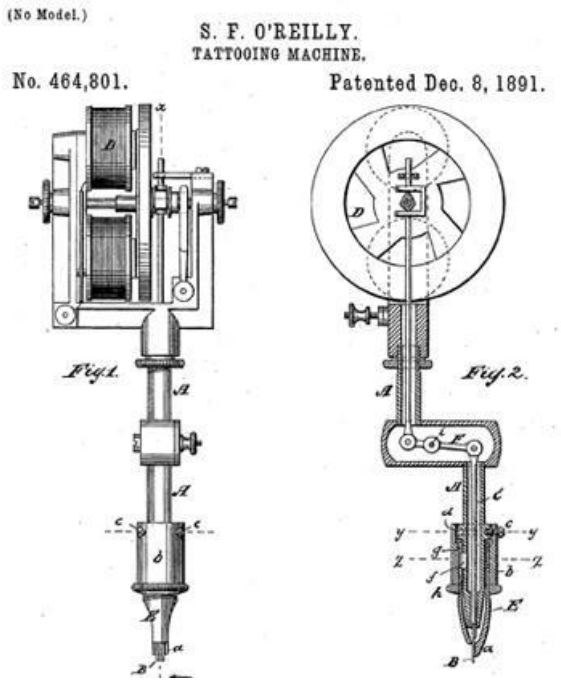


Figure 2: Schéma de la première machine à tatouer inventée par O'Reilly (www.graphicaderm.com).

- **Les machines à tatouer vibrantes** dans lesquelles les aiguilles ont un mouvement d'oscillation. Le faisceau d'aguilles est fixé à une masselotte qui est mise en mouvement de va-et-vient qui fait monter et descendre les aiguilles grâce à un système d'électroaimants. Cet appareil est préféré par les tatoueurs car il offre une plus grande liberté de réglage.

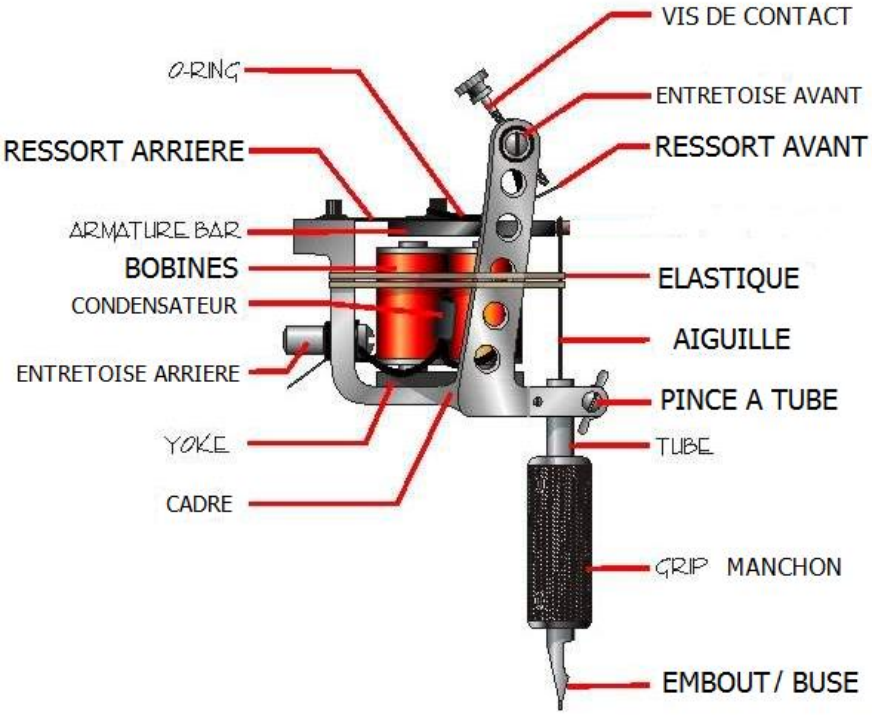


Figure 3: schéma de dermographe vibrant (http://letatouage-pardespremieress.e-monsite.com).

Les tatoueurs utilisent plusieurs types de machines à tatouer vibrantes selon l'opération désirée :

- La traceuse qui est utilisée pour exécuter les contours du tatouage. Elle est puissante et rapide avec des aiguilles montées en faisceau rond de 3, 5 ou 7 aiguilles.
- La remplisseuse qui, comme son nom l'indique, permet de combler le corps du tatouage. C'est la plus puissante et elle possède une rapidité modulable avec un montage en faisceau rond, en peigne, ou en « magnum » pouvant entrainer jusqu'à 45 aiguilles.
- L'ombreuse qui permet d'obtenir un tracer plus léger pour former des ombres. Elle est plus souple et plus lente que les précédentes. Le montage est en faisceau rond, en peigne, ou en « magnum », et permet de monter entre 7 et 14 aiguilles.

Chaque aiguille est pleine, en acier inoxydable et de diamètre compris entre 0.25 et 0.45 mm. Les tatoueurs utilisent 2 types d'aiguilles :

- Des aiguilles à pointe très effilées, dites « long taper », qui permettent le tracé.
- Des aiguilles à pointe moins effilées, en forme d'ogive, dites « short taper », qui permettent le remplissage et l'ombrage.

Elles sont soudées en faisceaux, soit en rond, soit en peigne ou double peigne, soit en « magnum ». Les montages en rond sont utilisés principalement dans le tracé, voir dans l'ombrage / remplissage si le nombre d'aiguille est important. Les faisceaux en peigne ou en « magnum » permettent de couvrir une surface plus importante et de réaliser des dégradés ou des remplissages uniformes. Le terme « magnum » désigne un double peigne décalé.

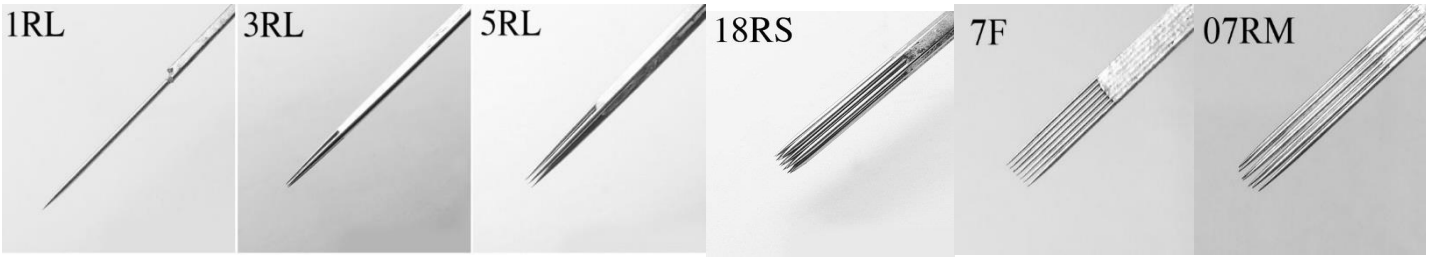


Figure 4: De gauche à droite : aiguille unique (1RL), faisceau en rond pour tracé (3RL et 5RL), faisceau en rond pour ombrage (18RS), faisceau en peigne (7F), faisceau en magnum (07RM).

Les encres de tatouages sont déposées dans le derme par les aiguilles qui sont plongées dans le pigment et l'approvisionnement se fait par capillarité lors des vibrations des aiguilles. Ces dernières pénètrent alors dans la peau à une profondeur variant entre 0.1 mm et plus de 1 cm. Celle-ci fluctue en fonction de l'individu qui est tatoué, de la localisation du tatouage et de la technique du tatoueur. Les encres colorantes se déposent de cette manière dans la peau et vont y être piégées en profondeur.

I.2. L'infraction du système cutané[40,41,42,43,44]

La peau est l'organe de revêtement du corps, c'est un élément primordial de notre anatomie car elle protège l'organisme humain des agressions et des modifications du biotope dans lequel on vit. Ce tégument possède aussi des fonctions de protection, de thermorégulation, des fonctions métaboliques, immunologiques, sensorielles et sociales.

C'est un tégument stratifié de plusieurs couches au sein desquelles résident des annexes cutanées. Elle est constituée de 3 strates superposées de constitution et de propriétés différentes : l'épiderme qui est la couche la plus superficielle, le derme et l'hypoderme en profondeur. Les annexes cutanées sont les follicules pilo-sébacés, les glandes sudoripares et les ongles.

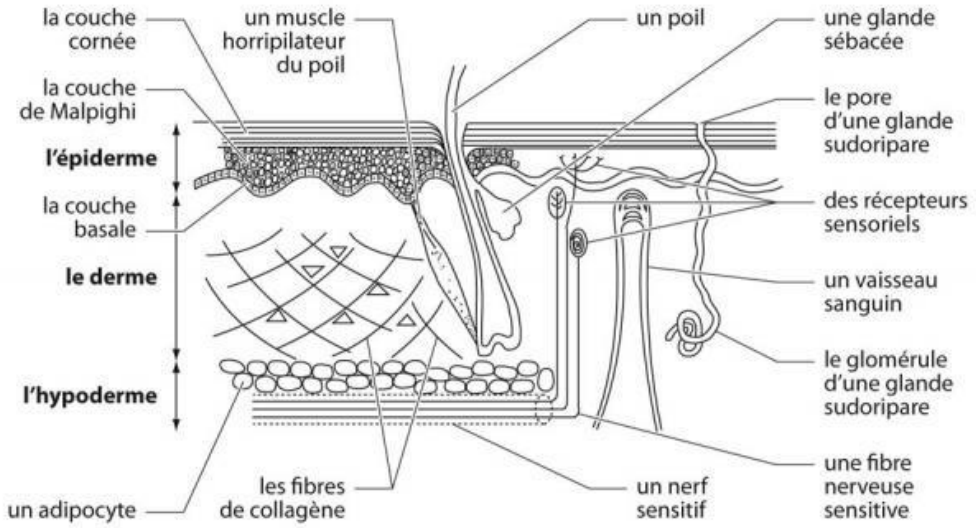


Figure 5 : Coupe schématique de la peau[45]

- L’épiderme est la couche la plus superficielle du système cutané. C’est un épithélium pavimenteux stratifié qui est composé de kératinocytes qui sont plus ou moins différenciés selon leur localisation.
- Le derme est la couche qui est située entre l’épiderme et l’hypoderme. Il est séparé de l’épiderme par la jonction dermo-épidermique qui permet l’adhésion de l’épiderme au derme, contrôle leurs échanges et joue un rôle primordial dans la réépidermisation lors de la cicatrisation cutanée. C’est à ce niveau que se fait la synthèse des éléments de la peau. C’est également dans celui-ci que siègent des annexes cutanées comme les follicules pilo-sébacés et les glandes sudoripares, mais aussi des récepteurs sensoriels, les muscles et des vaisseaux sanguins.
- L’hypoderme est la strate la plus profonde du système cutané. Elle est plus ou moins épaisse selon sa localisation. Cette couche hypodermique est composée principalement d’adipocytes qui ont un rôle métabolique et mécanique.
- A l’intérieur du tissu cutané, se trouve des glandes cutanées et des phanères que l’on regroupe sous le terme d’annexes cutanées. Les glandes cutanées comportent les glandes sébacées, les glandes sudoripares eccrines et les glandes sudoripares apocrines. Les phanères comprennent les poils et les ongles.

  Lors de la réalisation tatouage, le système cutané est rompu pour y permettre l’insertion de l’encre. En pratique, le tatoueur dessine préalablement le motif sur la peau à l’aide d’un feutre, ou il peut s’aider d’un calque ou d’un pochoir. Ensuite, il va d’abord définir les contours du motif à l’aide d’aiguilles à tracer. Le tatoueur fini par le remplissage, les ombrages et la finition. L’introduction des encres se fait dans le derme moyen à des profondeurs variables selon la localisation du tatouage du fait des variations de l’épaisseur des strates cutanées. Pour indication, l’épaisseur de l’épiderme peut varier de 50 µm à 1 cm. C’est donc au tatoueur d’apprécier la profondeur qui devra régler sur son dermographe pour que l’introduction de l’encre se fasse dans le derme. Si cette profondeur n’est pas respectée, il peut y avoir 2 situations : soit l’encre est déposée trop profondément et il y une atteinte des tissus sous-cutanés avec des ruptures des capillaires sanguins et des nerfs, ce qui entraine douleur, saignement et des modifications esthétiques du tatouage ; soit le dépôt est trop superficiel, et le tatouage va se dissiper bien plus rapidement du fait du renouvellement cyclique des cellules de l’épiderme (tous les 28 jours environ). La profondeur choisie est généralement de 2 millimètres. De plus, lors du tatouage, il faut que la peau soit correctement tendue pour éviter des problèmes de pénétration d’encre, des blocages d’aiguilles, des tracés non rectilignes ou des troubles de cicatrisation de la peau.

Les machines à tatouer sont modulables à de nombreux niveaux afin de modifier la force, la vitesse, l'impact et la souplesse du dermographe. Ces caractères vont influencer la pratique mais c'est la technique du tatoueur qui demeure le facteur le plus important.

Après introduction de l'encre de tatouage dans le derme, son devenir est incertain. Cependant, il y a systématiquement une réaction inflammatoire qui entraine l'élimination d'une partie des pigments. L'analyse dermatologique d'une peau tatouée cicatrisée permet de déceler des zones cutanées violées comme l'épiderme et le derme qui contiennent des pigments en quantités importantes. De plus, dans le derme, ces pigments s'agglutinent ou se concentrent dans les fibroblastes et autour des capillaires.

L'infraction de la peau lors de l'introduction d'encres à composition très complexe, et leur accumulation au sein du tissu vivant peuvent engendrer des situations de complications d'ordre infectieux ou soumettre le corps humain à des réactions immunitaires non contrôlées. A cela vient s'ajouter les risques toxiques et cancérogènes qui peuvent être dues à certaines substances.

II. LES COMPLICATIONS DU TATOUAGE

Comme vu précédemment, les aiguilles du dermographe enfreignent la barrière cutanée afin d'y déposer les substances colorantes. Ce traumatisme lèse la peau et elle perd alors ses propriétés protectrices et peut devenir le siège d'infections bactériennes, virales, mycosiques ou parasitaires.

Souvent, les agents infectieux font partie de la flore commensale de la peau, mais d'autres sont directement pathogènes pour l'homme. Au-delà du risque infectieux, l'organisme est soumis à l'introduction de substances étrangères et il va se défendre avec ses défenses immunitaires, ce qui peut entrainer des réactions excessives et inappropriées, des réactions d'hypersensibilité. De plus, l'inoculation de substances à des doses non tolérées peut engendrer des manifestations toxiques, cancérogènes et mutagènes.

II.1. Les risques infectieux[46,84,85]

Les infections sont les complications les plus fréquentes des tatouages. Elles surviennent lors de l'inoculation d'agents infectieux pathogènes qui font suite au non-respect des règles d'asepsies. Bien que ces dernières soient de plus en plus appliquées, notamment dans les pays les plus développés, le risque de contamination infectieuse demeure cependant omniprésent. De nombreux agents bactériens sont concernés, c'est le cas des bactéries pyogènes commensales ou parasitaires de la peau (*Staphylocoques*, *Streptocoques*). Mais aussi de mycobactéries atypiques ou tuberculeuses, agents de la tuberculose et de la lèpre, de coccobacilles du chancre mou, de bacilles anaérobies du tétanos, de bactéries spirochètes de la syphilis, etc. Ces derniers agents sont transmis par le sang ou les liquides biologiques. Les agents viraux, comme les virus hépatites B et C, le VIH, les Papillomavirus, les Herpès virus, peuvent également être inoculés. Et, les infections fongiques à dermatophytes, à zygomycètes, à *Candida*… ou les infections parasitaires demeurent toutefois moins communes.

Tableau 13 : Complications infectieuses survenant après le tatouage et leurs germes correspondant.

Affections	***Germes***	
Infections bactériennes		
Impétigo **Ecthyma** **Erysipèle** **Folliculite** **Furoncle** **Furonculose** **Lymphangite** **Fasciite nécrosante** **Gangrène** **+/- Septicémie**	Streptocoques A : *Streptococcus pyogenes* Staphylocoques : *Staphylococcus aureus* *Pseudomonas aeruginosa*	Bactéries pyogènes
Tuberculose	*Mycobacterium tuberculosis*	Mycobactéries
Lèpre	*Mycobacterium leprae*	
Chancre mou	*Haemophilus ducreyi*	Coccobacille à Gram négatif
Tétanos	*Clostidium tetani*	Bacille anaérobie strict à Gram positif
Syphilis	*Treponema pallidum*	Bactérie spirochète
Infections virales		
Molluscum contagiosum	Poxvirus (genre molluscipox)	
Verrues vulgaires	HPV (*Papillomaviridae*)	
Vaccine	VACV (*Poxviridae*)	
Herpès	HSV (*Herpesviridae*)	
Zona	VZV (*Herpesviridae*)	
Hépatite B	VHB (*Hepadnaviridae*)	
Hépatite C	VHC (*Flaviviridae*)	
Rubéole	Ribovirus (*Togaviridae*)	
SIDA	HIV (*Retroviridae*)	
Infections mycosiques		
Dermatophytoses	*Trichophyton rubrum* *Trichophyton tonsurans* *Epidermophyton floccosum*	
Zygomycoses	*Saksenaea vasiformis*	
Sporotrichoses	*Sporothrix schenckii*	
Candidose	*Candida albicans*	
Aspergilloses	*Aspergillus fumigatus*	
Infection parasitaire		
Leishmaniose	*Leshmania infantum*	

La transmission d'agents pathogènes se fait de manière directe ou indirecte par le sang ou les liquides biologiques (salive, larme, sécrétions génitales…) qui peuvent provenir, d'un patient ou du tatoueur si l'aiguille (ou d'autres instruments) est souillée, ou bien d'une encre contaminée. Afin de limiter ce risque, des mesures de préventions doivent être impérativement appliquées. Parmi celle-ci, il y a : le lavage des mains et l'utilisation de gants ; le nettoyage, la désinfection des surfaces de travail et des instruments (non destinés à l'infraction de la peau) et la stérilisation des instruments destinés à l'infraction de la peau ; l'utilisation à usage unique de produits de tatouage, d'aiguilles, de rasoirs… Egalement, des mesures de sécurités concernant la manipulation des instruments et leur élimination, et une vaccination contre l'hépatite B sont essentielles. Depuis 2004 et le renforcement de la législation européenne, toutes ces bonnes pratiques sont enseignées aux tatoueurs par le biais de formations. D'un autre côté, la fabrication, le conditionnement et l'importation des produits de tatouage est surveillée par l'Agence Nationale de Sécurité du Médicament (ANSM).

II.1.1. Les infections bactériennes

L'effraction de la peau par la pratique du tatouage peut entrainer une contamination bactérienne du système cutané, ou même systémique. Les germes impliqués sont principalement des bactéries saprophytes mais qui peuvent devenir pathogène lors de l'inoculation dans le derme. Les bactéries en question sont des staphylocoques (Ex : *Staphylococcus aureus*) et des streptocoques du groupe A (Ex : *Streptococcus pyogenes*) qui vont entrainer des infections localisées. D'autres bactéries pathogènes anaérobies, des mycobactéries tuberculeuses ou atypiques, des spirochètes… peuvent également être inoculées lors de l'introduction des pigments dans le derme.

II.1.1.1. Les infections pyogènes à streptocoques et staphylocoques.

La majeure partie des infections pyogènes concernent la partie superficielle de la peau. Il s'agit principalement de dermatoses streptococciques, bien que des staphylocoques puissent être également impliqués :

- L'impétigo

C'est une infection épidermique à streptocoque β-hémolytique du groupe A (Ex : *Streptococcus pyogenes*) et/ou à staphylocoque doré (*Staphylococcus aureus*). Elle se manifeste par l'apparition de vésicules claires puis troubles sur des tâches érythémateuses. Celles-ci deviennent purulentes puis forment des croûtes jaunâtres après leur rupture. Il y a plusieurs types d'impétigos : l'impétigo bulleux et l'impétigo miliaire sont les plus communs. Cette infection peut se compliquer en ecthyma ou lymphangite.



Figure 14: Impétigo sur tatouage[47].

- L'ecthyma

L'ecthyma est une complication de l'impétigo. Ce dernier devient plus profond et « creuse » la peau, avec des ulcérations qui vont se couvrir d'une croûte brune à noirâtre. Si elle n'est pas traitée soigneusement, cette affection peut se surinfecter avec des staphylocoques ou des streptocoques, mais plus gravement avec le bacille pyocyanique (*Pseudomonas aeruginosa*) qui peut entrainer une forme gangréneuse de l'ecthyma, avec septicémie dans les cas de plus mauvais pronostic.

Les germes peuvent contaminer le tissu cutané plus en profondeur, au niveau du derme, de l'hypoderme et des follicules pileux. Les affections cutanées plus profondes affectent préférentiellement les personnes à risques comme les personnes âgées, les nouveau-nés et nourrissons, les personnes souffrant de pathologies chroniques (diabète, insuffisance cardiaque, insuffisance respiratoire, troubles neurologiques…), mais certaines pratiques de tatouages non aseptisées peuvent avoir de telles conséquences. Parmi ces affections, on peut citer l'érysipèle, la folliculite et le furoncle.

- L'érysipèle

L'érysipèle est une dermite, pouvant également s'étendre à l'hypoderme, qui est due au streptocoque β-hémolytiques de groupe A. Il se manifeste par un placard érythémateux inflammatoire et douloureux, associé à un œdème important. Il se développe progressivement et rapidement (en moins de 24h). Il peut être constitué d'un bourrelet qui délimite la zone inflammée. L'érysipèle touche plus fréquemment les membres inférieurs.



Figure 15: Erysipèle (Source : www.mijnalbum.nl consultable ici)

Egalement, les annexes cutanées peuvent devenir le siège d'infections bactériennes par des staphylocoques dorés lors de la pratique du tatouage. Le follicule pilosébacé est la principale cible de ces bactéries pyogènes qui vont le coloniser et entrainer des folliculites, des furoncles pouvant évoluer en anthrax. Dans des cas plus sévères, il peut également y avoir une atteinte du système lymphatique, on parle de lymphangite, et plus rarement une atteinte des tissus sous-cutanés et des fascia provoquant une fasciite nécrosante. Sans oublier que chaque plaie peut évoluer vers un état gangréneux.

- La folliculite :

La folliculite est une infection superficielle qui touche le follicule pileux et qui se limite aux ostia folliculaires (orifice par lequel le poil émerge). Cliniquement, elle se caractérise par une éruption d'une pustule jaunâtre qui est entourée par un halo inflammatoire. Celle-ci va ensuite évoluer vers une croûte.

Certaines folliculites peuvent pénétrer plus profondément dans le follicule pilo-sébacé et aboutir à la glande sébacée (furoncle), on parle alors de folliculite profonde.



Figure 16: Folliculites sur tatouage[48]

- Le furoncle

Le furoncle est une infection du follicule pileux et de sa glande sébacée. C'est une complication de la folliculite qui peut évoluer vers la nécrose par des souches de *Staphylococcus aureus*. Une zone rougeâtre, chaude et douloureuse se forme autour de la pustule. La suppuration s'élimine au bout de 5 à 10 jours (bourbillon) et laisse place à une cicatrice en creux qui sera définitive. Lorsqu'un sujet développe fréquemment des furoncles, on parle de furonculose. L'anthrax est caractérisé par une agglomération de furoncles sur une zone de la peau. Il se forme alors une tuméfaction inflammatoire, érythémateuse, chaude et douloureuse qui a l'aspect d'un cratère.



Figure 17: Furoncle sur tatouage.

II.1.1.2. La tuberculose cutanée[49,50]

La tuberculose est une maladie infectieuse qui est due à une mycobactérie : le Bacille de Koch (BK) (*Mycobacterium tuberculosis*). C'est une infection qui atteint majoritairement les poumons, mais il existe néanmoins des cas de manifestations cutanées de cette maladie. Dans le cas des tatouages, il s'agit exclusivement de formes cutanées par inoculation exogène. La transmission se fait par les sécrétions salivaires du tatoueur, atteint par la forme active de la tuberculose, qui a l'habitude d'utiliser sa salive pour humecter l'aiguille ou « nettoyer » la peau du tatoué. Cette pratique est bien évidemment proscrite puisqu'elle va à l'encontre des règles d'hygiènes.

Tout comme la tuberculose pulmonaire, la forme cutanée ne se déclare que dans 10% des cas, lorsque l'immunité cellulaire de l'individu n'est pas suffisante (âges extrêmes, immunodéficience, atteinte de maladie auto-immune, infections chroniques, médication immunosuppressive, malnutrition, alcoolisme…).

Il existe plusieurs formes de tuberculoses cutanées d'inoculation exogène lié à la pratique de tatouages :

- La tuberculose verruqueuse

La tuberculose verruqueuse ou tuberculose végétante (ou tuberculosis verrucosa cutis) est une forme paucibacillaire de la tuberculose qui s'observe chez les individus adultes déjà sensibilisés à la tuberculine, c'est-à-dire lorsque le Bacille de Koch est inoculé chez un individu déjà infecté. On observe sur les extrémités (mains, pieds), des genoux, des coudes ou du visage, une ou plusieurs plaques verruqueuses, kératosiques et papillomateuses, d'aspect violacé, marron, rougeâtre ou grisâtre. Cette lésion est entourée d'un halo inflammatoire. La plaque persiste mais peut s'éclaircir sur la durée.



Figure 18: plaque verruqueuse sur l'avant-bras due à Mycobacterium tuberculosis[51].

- Le lupus vulgaire

Le lupus vulgaire ou lupus tuberculeux est également une forme paucibacillaire de la tuberculose qui s'observe chez les individus sensibles à la tuberculine.

La lésion prend l'aspect de nodules mous, papuleux, brun jaunâtres, qui donnent un aspect de « gelée de pomme » (à consistance gélatineuse) à la vitropression : les lupomes. Celle-ci évolue, au centre vers l'affaissement, et à la périphérie elle prend un aspect érythémateux violacé. Ce type de lésion peut persister et évoluer vers un état carcinomateux.



Figure 19: un aspect anatomoclinique d'un lupus vulgaire inoculé lors d'un tatouage[52].

II.1.1.3. La lèpre[53,54,55]

La lèpre, ou maladie de Hansen, est une infection qui est due à *Mycobacterium leprae*. Cette mycobactérie, également appelée bacille de Hansen, est classée dans la famille des mycobactéries atypiques à multiplication lente. La lèpre est une maladie rare en Europe, mais elle demeure dans certaines régions du globe, notamment dans les pays subéquatoriaux et sus-équatoriaux. En France, seuls des cas de patient immigrés et de patients ayant séjourné en zone endémique ont été recensés. De nombreux cas de lèpre d'inoculation sur tatouage ont été rapportés chez des personnes aux pratiques d'asepsies douteuses. Cette maladie se caractérise par une atteinte cutanée et une atteinte neurologique. D'autres organes sont plus rarement touchés.

Les formes cliniques de la lèpre sont nombreuses, mais il existe deux types d'atteinte lépreuse cutanée :

- La lèpre tuberculoïde : Cette lèpre présente peu de lésions (moins de 10) qui sont de grande taille (supérieur à 3cm de diamètre) et qui sont disposées de manière asymétrique. Les lésions peuvent être maculeuses : à l'aspect de tâches planes dont la limite avec la peau saine est nette ; ou bien infiltrées : elles forment un relief sous forme de placard ou seulement au niveau de la bordure. Dans les deux cas, les lésions sont hypochromiques et/ou érythémateuses, et la sensibilité à leur niveau est diminuée, voire supprimée.



Figure 20: lésion érythémateuse et hypochromique d'un cas de lèpre tuberculoïde par inoculation lors d'un tatouage[54].

- La lèpre lépromateuse : Cette lèpre se caractérise par de nombreuses lésions (supérieur à 20 lésions) maculeuses ou infiltrées qui sont de petite taille (entre 0.5 à 2 cm). Les lésions maculeuses sont planes et hypochromique ou érythématocuivrée selon le type de peau. Ces lésions maculeuses évoluent vers une infiltration et prennent alors l'aspect de nodules que l'on appelle « lépromes » à ce stade. Elles deviennent ensuite des lésions infiltrées. L'infiltration peut, aussi, se faire sur la bordure uniquement. A la différence de la forme tuberculoïde, les lésions lépromateuses ne sont pas hypoesthésiques.



Figure 21 : lésions annulaires de lèpre borderline lépromateuse[53].

Notons qu'il existe des formes de lèpres « intermédiaires » ou « borderline » dont les lésions sont circinées (annulaires). C'est le cas de la lèpre BT ou borderline tuberculoïde, la lèpre BB ou borderline borderline et la lèpre BL ou borderline lépromateuse.

L'atteinte neurologique se caractérise par une hypertrophie des nerfs périphériques, accompagné ou non d'un déficit sensitif et/ou moteur.

Le diagnostic clinique doit être associé à une biopsie cutanée (ou nerveuse) afin de confirmer histologiquement le diagnostic. On peut également compléter le diagnostic par des examens bactériologiques.

II.1.1.4. Le chancre mou[56]

Le chancre mou ou chancrelle est une infection cutanéomuqueuse due à un coccobacille : *Haemophilus ducreyi*. C'est une maladie à transmission sexuelle qui affecte principalement la sphère génitale, mais certains cas d'inoculation lors de tatouages ont été rapportés. A la suite d'une courte période d'incubation (3 à 7 jours), la lésion apparait sur la peau. Elle a l'aspect d'une papule érythémateuse qui évolue vers une ulcération douloureuse (diamètre > 1 cm). Contrairement au chancre syphilitique, cette ulcération est profonde et molle. La lésion est généralement unique. Après une dizaine de jour, des adénopathies apparaissent et évoluent vers un abcès.



Figure 22: lésion cutanée du chancre mou[57].

II.1.1.5. Le tétanos[58]

Le tétanos est une maladie neurologique qui est due au bacille anaérobie stricte *Clostridium tetani.* Le bacille tétanique est une bactérie ubiquitaire, présente à l'échelle mondiale sur des sols humides et chauds, dans les rivières et les mers. Il est inoculé lors du tatouage si les conditions d'asepsies ne sont pas respectées ou lorsque l'encre est contaminée. Cinq à dix jours après l'entrée du germe, les spores germent et la bactérie va se multiplier.

Le danger de cette pathologie vient de la tétanospasmine, une neurotoxine qui est synthétisée par le bacille tétanique et qui va entrainer des spasmes localisés, un trismus (contraction involontaire des muscles de la mâchoire, qui bloque l'ouverture buccale), des contractures musculaires du pharynx (dysphagie), du dos et de la nuque (opisthotonos), des muscles faciaux (rictus sardonique), des contractures des muscles des membres, et des désordres neurovégétatifs. Des spasmes paroxystiques peuvent être déclenchés spontanément par un stimulus externe et entrainer l'arrêt respiratoire. Ces formes, dites généralisées, sont les plus fréquentes, mais il existe aussi des formes localisées qui sont de meilleur diagnostic, et une forme néonatale. Le diagnostic est essentiellement clinique. La meilleure protection reste donc la prévention par la vaccination (efficacité a 100%), le sérum antitétanique et l'asepsie.

II.1.1.6. La syphilis[59]

La syphilis est une infection bactérienne due à une bactérie spirochète, le tréponème pâle (*Treponema pallidum*). Cette maladie serait en recrudescence dans les pays industrialisés.

C'est une infection sexuellement transmissible qui est très ancienne mais qui aurait constituée, par inoculation, le premier problème de santé publique lié à la pratique des tatouages à la fin du XIXème siècle et au début du XXème siècle. En effet, lors de la pratique, le tatoueur était amené à utiliser sa salive pour humecter l'aiguille, ou « nettoyer » la peau pendant le tatouage. Lorsque celui-ci possédait des chancres dans la muqueuse buccale, il inoculait alors dans la peau du tatoué les tréponèmes contenus dans ses sécrétions salivaires.
Cliniquement, la syphilis d'inoculation se manifeste par un chancre syphilitique (unique ou multiple), c'est-à-dire une ulcération indurée circulaire et symétrique, de 5 à 15 mm de diamètre, dont les bords sont réguliers et entourés d'un liseré blanchâtre. Ce chancre n'est pas douloureux, contrairement à celui de l'herpès, et il est généralement associé à une adénopathie unilatérale.

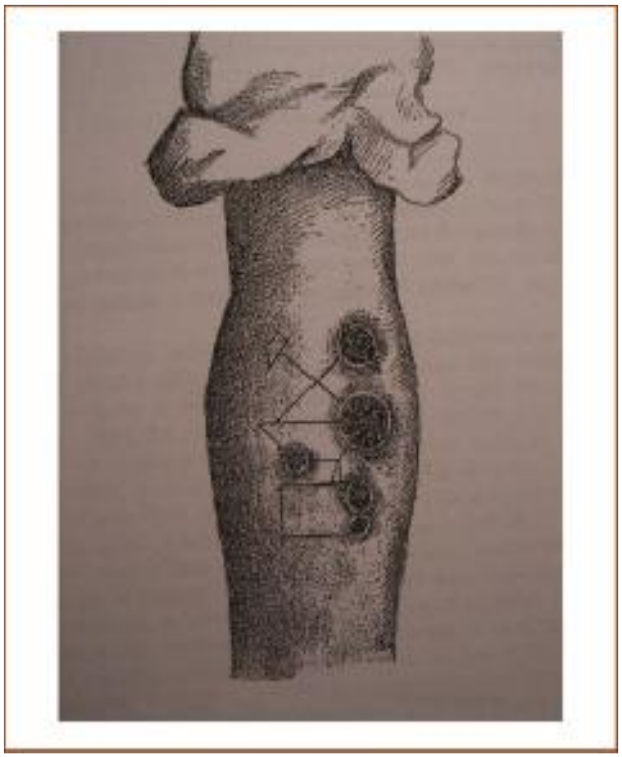


Figure 23 : Chancres syphilitiques multiples sur tatouage[60].

De nos jours, grâce au développement des règles d'hygiènes, à l'utilisation du démographe et à la découverte de la pénicilline, la syphilis par inoculation lors de la pratique de tatouage a entièrement disparue.

D'autres infections dues à des mycobactéries ont également était rapportées[61,62] : *Mycobacterium chelonae* et *Mycobacterium abscessus*. Ces 2 germes sont des mycobactéries non tuberculeuses à croissance rapide (Groupe IV), dont la croissance est inférieure à 7 jours. Ce sont des bactéries ubiquitaires et saprophytes, de nature non pathogène pour l'homme, mais qui peuvent être à l'origine d'infections de la peau, des tissus mous, des poumons, des os et des yeux. Ces germes sont environnementaux et on les retrouve dans l'eau, les sols, les poussières… La contamination d'encre (par dilution avec de l'eau du robinet) ou du dermographe sont donc les seules voies de contamination de ces mycobactéries.

Lors d'inoculation par tatouage, les signes cliniques sont locaux avec des lésions érythémateuses et des papuleuses, voir des papulo-pustuleuses, qui apparaissent au niveau de la zone tatouée, 10 à 15 jours après l'intervention.

Les lésions sont polymorphes selon les cas, elles peuvent être lichénoïdes, desquamative, sous forme de plaque... Des signes systémiques ou une atteinte du réseau lymphatique n'ont pas étaient relevés.



Figure 24: lésions papuleuses sur tatouage due à une infection par Mycobacterium chelonae[62].

La pratique du tatouage engendre un risque de contamination bactérienne important du fait de l'effraction de la barrière cutanée. La très grande majorité des infections bactériennes sont pyogènes et de bons diagnostics si leur prise en charge est rapide. Mais certaines personnes peuvent êtres sujets à des complications plus ou moins graves. Si les règles d'hygiènes sont respectées, le risque infectieux bactérien demeure infime.

Ce risque ne se limite pas aux agents bactériens puisque certains virus peuvent provoquer des maladies infectieuses virales.

II.1.2. Les infections virales

Nous savons que notre peau est munie d'une flore commensale qui est composée d'une multitude de bactéries, de champignons et même d'acariens. Cette flore résidente est suppléée par une flore transitoire composée de microorganismes de tous règnes, y compris des virus. Ce sont des agents viraux de cette flore qui peuvent entrainer des infections virales lors de la rupture de l'épiderme. Cependant, certaines pathologies sont transmises par l'inoculation de fluides corporels contaminés par des virus dont le réservoir est humain. Les germes impliqués sont des poxvirus du genre mulloscipox (qui transmettent le *molluscum contagiosum*), des papillomavirus (qui transmettent les verrues), des orthopoxvirus (qui transmettent la vaccine), des Herpèsvirus (qui transmettent l'herpès et le zona), les virus des hépatites B et C (VHB et VHC) et le virus HIV responsable du SIDA.

- *Molluscum contagiosum* [63]

Le *Molluscum contagiosum* est une infection virale de la peau et des muqueuses. Elle est causée par un poxvirus du genre molluscipox. Ce poxvirus est inoculé par contact direct avec l'hôte ou par auto-inoculation. La contamination se fait par des instruments souillés ou des encres contaminées par une souche virale. Le *Molluscum contagiosum* se manifeste, après une période d'incubation pouvant aller jusqu'à six mois, par des lésions cutanées spécifiques. Celles-ci se caractérisent par des papules ombiliquées arrondies, brillantes, de couleur rose ou chaire, qui jaillissent au niveau des zones tatouées. Ces papules mesurent quelques centimètres de diamètre et ne sont pas prurigineuses. Les lésions se résolvent spontanément au bout de quelques mois (6 mois), mais elles demeurent contagieuses pendant toute cette durée. Il faut noter qu'un phénomène de Koebner peut aussi être à l'origine des lésions du MC chez un sujet atteint par cette dermatose.



Figure 25: Lésions papuleuses de *Molluscum contagiosum* sur tatouage[64].

- Les papillomavirus humains

Les papillomavirus humains (HPV pour Human Papillomavirus) sont des virus faisant partie de la famille des papillomaviridae. Il existe plus de 200 génotypes de papillomavirus, qui sont des virus à ADN bicaténaire et circulaire. Ce sont des virus ubiquitaires très fréquents qui se transmettent par contact interhumain direct, et qui sont responsables d'infections sexuellement transmissibles et d'infections cutanées. La plupart du temps, ils entrainent des lésions cutanées ou muqueuses bénignes, mais certains génotypes ont un caractère hautement oncogène et sont considérés comme étant le principal facteur de risque dans certains cancers génitaux.

Dans le cas de la pratique des tatouages, l'apparition des lésions cutanées fait généralement suite à une inoculation par les instruments, par une encre contaminée, voir par la salive contaminée du tatoueur. Mais elles peuvent être également due au phénomène de Koebner, et peut même faire suite à une exposition solaire[65]. Le HPV va infecter les kératinocytes de la couche basale, la conséquence sera une néoformation de tissu cutané.

Différentes lésions peuvent se manifester. Les plus fréquentes sont :

- Les verrues vulgaires :

La verrue vulgaire, ou verrue commune, est une excroissance plane ou hémisphérique de la peau de quelques millimètres dont la surface est rugueuse et formée de saillies kératosiques. Elle est généralement circulaire, mais peut prendre un aspect filiforme selon sa localisation. Leur nombre est variable et le principal génotype impliqué est le HPV2.

- Les verrues planes :

La verrue plane est une petite excroissance de couleur chair, jaune ou plus foncé, brunâtre, dont la surface est lisse. Elles sont regroupées en nappes ou de manière linéaire.

Les verrues vulgaires et les verrues planes sont bénignes et disparaissent spontanément en plusieurs mois, voire plusieurs années. Il est possible de les traiter par curetage, par cryothérapie, ou par l'imiquimod (un agent immunomodulateur topique) dans certains cas[66].

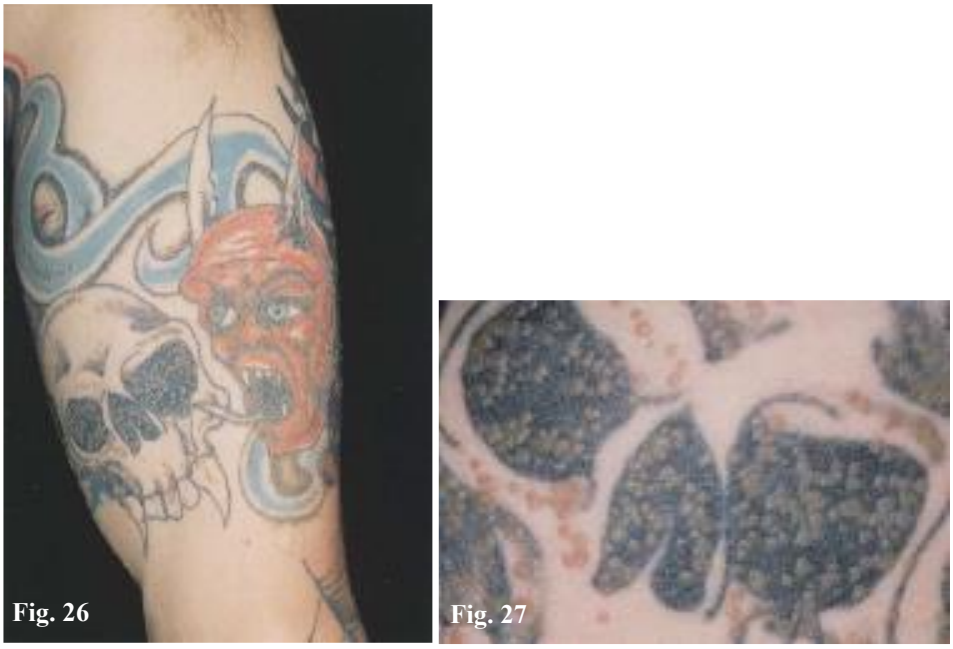


Figure 26 et 27 : Verrues multiples se manifestant sur, et à proximité, d'une encre d'un tatouage[66].

- La vaccine[67]

La vaccine, ou variole de la vache, est une infection virale qui affecte les vaches. Cette maladie est très contagieuse et transmissible à l'homme. L'agent pathogène qui en est à l'origine est un virus qui est proche de celui de la variole. En effet, ce sont des poxvirus (appartenant à la famille des *Poxviridae*) qui sont issus du genre *Orthopoxvirus*. Ils présentent une forme ovoïde/oblongue et leur matériel génomique est constitué d'ADN bicaténaire linéaire. La transmission humaine du virus de la vaccine se fait par contact direct avec la plaie d'inoculation ou une lésion cutanée quelconque. L'infection est généralement asymptomatique, mais il peut y avoir des manifestations cutanées (lésions similaires à la variole mais nettement plus légères : apparition de macules qui évoluent papules puis pustules qui laissent finalement place à une croûte), de la fièvre, une asthénie et une adénopathie.

NB : Le virus de la vaccine était et est utilisé comme agent immunisant lors de la vaccination contre la variole.

- Les Herpès virus

Certains articles rapportent des cas d'infections à herpès simplex et à herpès zoster transmis lors de la pratique de tatouage[68]. Ces deux agents pathogènes sont des Herpèsvirus (de la famille des *Herpesviridae*). On ne dénombre pas moins de 120 espèces distinctes d'herpèsvirus, mais seulement huit sont humains. Les plus connus sont l'Herpès Simplex virus 1 (HSV-1 = HHV-2), l'Herpès Simplex virus 2 (HSV-2 = HHV-2), le Varicella-Zoster virus (VZV = HHV-3), le virus d'Epstein-Barr (EBV = HHV-4) et le Cytomégalovirus (CMV = HHV-5). Les herpèsvirus sont de grands virus à ADN bicaténaire, qui est contenu dans une capside icosaèdrique.

- <u>Herpès Simplex Virus</u> (HSV-1 et HSV-2)[69]

Les HSV-1 et HSV-2 sont deux virus communs qui sont à l'origine de l'herpès chez l'homme, une infection cutanéomuqueuse bénigne, mais récurrente et très contagieuse. Le HSV-1 est à l'origine de l'herpès labial et de l'herpès génital, tandis que le HSV-2 provoque l'herpès génital. L'homme constitue l'unique réservoir de la maladie, et la contagion, qui est strictement humaine, se fait par contact direct avec les lésions. La particularité de cette infection est son caractère latent, et la récurrence des lésions infectieuses. En effet, lors de la primo-infection, les particules virales infectent le corps neuronal des ganglions sensitifs ce qui entraine une infection latente et définitive.

Puis, déclenchées par différents facteurs (fièvre, exposition solaire, stress, facteurs hormonaux, infections concomitantes…), des lésions cutanéomuqueuses se forme à proximité de la zone de contamination : il y a récurrence herpétique (le virus migre et se réplique au niveau de la peau et des muqueuses). L'infection HSV-1 se transmet par contact direct avec les lésions cutanées mais aussi lors d'excrétions virales asymptomatiques. L'infection HSV-1 peut aussi se manifester au niveau génital lors de rapports orogénitaux. L'infection HSV-2 se fait lors de rapports sexuels, par contact génital et orogénital. Certaines complications de l'herpès sont moins communes, voir rares, mais peuvent être gravissimes : l'herpès oculaire, l'herpès néonatal et l'encéphalite herpétique.

Bien que rare, l'inoculation d'herpès lors de la pratique du tatouage demeure plausible, surtout chez les individus immunodéprimés où la réactivation de l'infection est très fréquente, et chez les individus atteints de dermatite atopique avec un risque de surinfection herpétique.

- Varicella-Zoster Virus (VZV)[70]

Le Varicella-Zoster virus est l'agent responsable de la varicelle et du zona. La varicelle correspond à la primo-infection par le VZV, tandis que le zona apparait lors d'une réactivation du virus. Les infections à VZV sont généralement bénignes mais il y a tout de même un risque de complications grave chez les individus immunodéprimés. Tout comme l'herpès, l'homme est l'unique réservoir du VZV, et la contamination se fait par les voies respiratoires par l'intermédiaire des gouttelettes de Plüge qui véhicule l'herpèsvirus. Après la primo-infection, qui se manifeste par une éruption vésiculeuse associée à de la fièvre, le virus migre vers les corps neuronaux des ganglions sensitifs : l'infection est latente. Une réactivation de l'infection provoque le zona qui se manifeste par une éruption érythémato-maculo-papuleuse qui s'ulcère puis évolue vers la formation de croûte. Souvent, ces lésions cutanées se surinfectent et sont associées à des douleurs intenses. Sur le long terme, des douleurs invalidantes peuvent apparaitre, on parle de douleurs post-zostériennes. Il y a plusieurs types de zona de localisations et de symptômes différents : le zona intercostal, le zona ophtalmique et le zone otitique

Le zona est une pathologie bénigne mais peut être également à l'origine de complications neurologiques diverses, aussi bien périphériques (déficit moteurs ou paralysie des membres inférieurs et supérieurs, paralysie de la face, dysfonctionnement intestinal, vessie neurologique, cécité…) ou centrales (encéphalites, myélites, névrites, artérites…).

- Les hépatites B et C[71]

La pratique du tatouage est une activité à risque qui peut engendrer la transmission d'agents infectieux viraux tels que le VHB et le VHC, les agents pathogènes des hépatites B et C.
Ces deux virus sont transmissibles par le sang et les liquides biologiques et en cas d'AES (accident d'exposition au sang) la contamination directe ou indirecte est possible. Ces agents infectieux ont un hépatotropisme et entraine une inflammation du foie, l'hépatite virale. Le virus de l'hépatite B (VHB) est un virus à ADN partiellement bicaténaire et circulaire qui appartient à la famille des *Hepadnaviridae*. Ce virus possède un tropisme principalement hépatocytaire, mais il est possible de le localiser au niveau du pancréas, de la peau ou des reins. La cytotoxicité ne provient pas du virus lui-même mais de la réponse immunitaire qu'il induit, car ce dernier va détruire les hépatocytes infectés.

L'hépatite B aigüe n'est symptomatique que dans 30% des cas et les individus manifestent une altération de l'état général, de la fièvre, des douleurs, des troubles digestifs comme des nausées et des vomissements, voir des ictères… Dans 1% des cas, une forme fulminante est déclarée et justifie une transplantation hépatique. L'hépatite aigue devient chronique dans 5 à 10% des cas. De plus, les porteurs chroniques développeront dans 70% des cas (lors de la phase de séroconversion) une hépatite chronique qui peut évoluer vers une fibrose, voir une cirrhose avec un risque de développer des complications (hypertension portale, insuffisance hépatocellulaire) et un carcinome hépatocellulaire.

Le virus de l'hépatite C (VHC) est un virus à ARN monocaténaire linéaire de polarité positive, qui appartient à la famille des *Flaviviridae*. Ce virus va siéger dans les hépatocytes, et les cellules mononuclées, et s'y multiplier. Dans les 5 à 45 jours suivant la contamination, l'hépatite C aiguë apparait. Comme l'hépatite B, elle est souvent asymptomatique mais l'individu peut manifester une altération de l'état général, de la fièvre, des nausées et vomissements. Il peut y avoir, dans 20% des cas, un syndrome préictérique, alors que seuls 10% vont manifester un ictère. L'organisme va se débarrasser spontanément de l'infection dans seulement 20 à 40% des cas, tandis que les 60 à 80% restant vont évoluer vers la chronicité. L'hépatite C chronique, tout comme l'hépatite B chronique, peut évoluer vers une fibrose qui fait suite à l'inflammation du foie, puis vers une cirrhose avec les complications qu'elle engendrerait, ainsi qu'un risque de développer un carcinome hépatocellulaire. L'hépatite C chronique s'accompagne d'une asthénie qui peut être parfois invalidante.

- Le SIDA

L'agent responsable du Syndrome d'Immunodéficience Acquise (SIDA) est le virus de l'immunodéficience humaine (VIH). Comme les VHB et VHC, le virus de VIH est transmissible par le sang et les liquides biologiques.

Cet agent infectieux est un virus à ARN monocaténaire de la famille des *Retroviridae* et du genre des lentivirus. Les rétrovirus sont dotés d'enzymes spécifiques : la transcriptase inverse qui transcrit l'ARN en ADN et l'intégrase qui intègre l'ADN viral à l'ADN cellulaire. Le VIH possède un tropisme immunitaire et s'attaque aux formations lymphoïdes et au système nerveux central. L'incubation asymptomatique dure entre 2 à 4 semaines, durant laquelle le virus fabrique ses réservoirs dans les tissus lymphoïdes. Dans la majorité des cas, des symptômes cliniques comme un syndrome pseudo-grippal, une polyadénopathie, des douleurs abdominales et des éruptions maculopapuleuses apparaissent. Au niveau biologique, une lymphopénie ou une hyperlymphocytose avec syndrome mononucléosique est associé à une thrombopénie. Après la primo-infection, il y a une période asymptomatique qui dure plusieurs années et durant laquelle il n'y a pas de signes cliniques mais il y a persistance de la réplication virale. Le système immunitaire lutte, compense la perte de lymphocytes CD4+ et s'épuise petit à petit. Finalement, vient le stade SIDA avec une augmentation de la multiplication du virus et une diminution des lymphocytes CD4+. Des symptômes généraux et des maladies opportunistes apparaissent. L'OMS classe la clinique en 4 stades[72].

Tableau 14 : classification OMS des stades cliniques de l'infection à VIH de l'Adulte[72]

Stade clinique I: • ASYMPTOMATIQUE • LYMPHADENOPATHIE GENERALISEE PERSISTANTE *ECHELLE DE PERFORMANCE : ASYMPTOMATIQUE* *ACTIVITE NORMALE*
Stade clinique II: • Perte de poids moins de 10% du poids corporel • Manifestations cutanéo-muqueuses mineures (dermatite séborrhéique prurigo mycoses des ongles ulcérations buccales fréquentes stomatite angulaire) • Zona au cours des 5 dernières années • Infections respiratoire fréquentes (exemple sinusite bactérienne) *Et/ou Echelle de Performance 2: Symptomatique mais activité normale*

Stade clinique III: • Perte de poids plus de 10% du poids corporel • Diarrhée chronique inexpliquée pendant plus d'un mois • Fièvre prolongée inexpliquée intermittente ou constante pendant plus d'un mois • Candidose buccale • Leucoplasie buccale • Tuberculose pulmonaire au cours de l'année précédente • Infections bactériennes graves telles que pneumonie la pyomyosite *Et/ou Echelle de Performance 3: Alité pendant moins de 50% de la journée au cours du dernier mois*
Stade clinique IV: • Syndrome constitutionnel- perte de poids de plus de 10% et soit diarrhée chronique inexpliquée pendant plus d'un mois soit une asthénie chronique ou inexpliquée ou fièvre prolongée pendant plus d'un mois • Pneumonie à *Pneumocystis carinii* • Toxoplasmose cérébrale • Cryptosporidiose avec diarrhée pendant plus d'un mois • Cryptococcose extra-pulmonaire • Cytomégalovirose (CMV) d'un organe autre que le foie la rate ou ganglions lymphatiques • Herpes cutanéo-muqueux pendant plus d'un mois ou viscéral • Leucoencéphalopathie multifocale progressive (LMP) • Toute mycose endémique disséminée telle que l'histoplasmose la coccidioidomycose • Candidose de l'œsophage de la trachée des bronches ou des poumons • Mycobactériose atypique disséminée • Septicémie salmonelle non typhoïde • Tuberculose extra-pulmonaire • Lymphome • Sarcome de Kaposi • Encéphalopathie du VIH - dysfonctionnement cognitif et/ou moteur chronique sans autre étiologie décelable *Et/ou Echelle de Performance 4: Alité pendant plus de 50% de la journée au cours du dernier mois*

Une contamination par ces virus est possible lors de l'acte de tatouage et de nombreux cas décrits prouvent que le tatouage peut en être l'étiologie. Cependant, les infections virales les plus graves sont certainement dues à des pratiques à risques. Il demeure alors nécessaire que les tatoueurs et les tatoués suivent rigoureusement les mesures de préventions (les bonnes pratiques d'hygiène et de salubrité).

En plus des risques infectieux bactériens et viraux, il faut y ajouter le risque mycosique qui est, certes, moins commun.

II.1.3. Les infections mycosiques

Des agents infectieux d'origine fongique peuvent également être inoculés lors du tatouage. Parmi ceux-ci, nous retrouvons des Ascomycètes des genres *Trichophyton* et *Epidermophyton* qui sont à l'origine de dermatophytoses, des Zygomycètes du genre *Saksenaeae* qui provoque des zygomycoses, d'un Ascomycète du genre *Sporothrix* qui est l'agent de la sporotrichose, et *Candida albicans*, l'agent Ascomycète du genre *Candida* qui entraine des candidoses.

- Les dermatophytoses[73]

Des cas d'infections fongiques par des dermatophytes des genres *Trichophyton* et *Epidermophyton* ont été révélés, et plus précisément les espèces *Trichophyton rubrum*[74], *Trichophyton tonsurans*[75] et *Epidermophyton floccosum*[74]. Les dermatophytes sont des Ascomycètes affiliés à l'ordre des Onygénales. Ce sont des champignons microscopiques filamenteux qui sont caractérisés par la production de spores (microconidies, macroconidies et chlamydospores). Les dermatophytes sont cosmopolites et d'origines humaines, animales ou telluriques. Les espèces retrouvées dans les cas d'inoculation lors de tatouages sont des espèces anthropophiles qui sont fréquemment à l'origine de dermatophytoses touchant les l'épiderme et les phanères. Parmi ces dermatophytoses, il y a les teignes (*T. tonsurans, E. floccosum*), le pied d'athlète et les onychomycoses (*T. rubrum*).



Figure 28 : Dermatophytose de la peau glabre à *T. rubrum.*

- Les zygomycoses[76]

Les zygomycoses regroupent les infections rares dues à des champignons de la classe des zygomycètes. Cette dernière inclue des champignons microscopiques filamenteux dont le mycélium n'est pas cloisonné (on parle de siphon) et dont la cellule reproductrice est une zygospore (spore de grande taille à paroi épaisse). Deux classes sont à l'origine de zygomycoses chez l'homme : les Mucorales et les Entomophorales.

Les zygomycoses se divisent en mucormycose pour l'ordre des Mucorales et entomophtoromycose pour l'ordre des Entomophorales. Les mucormycoses affectent des individus ayant un terrain fragilisé (immunodéficience, SIDA, corticothérapie, diabète acidocétosique, insuffisance rénale...). Ce sont des mycoses opportunistes, cosmopolites, évoluant de manière aigue, et dont la voie d'entrée est principalement respiratoire, mais peut également être cutanée. Le pronostic d'une telle affection est défavorable du fait de son développement fulgurant et de la profondeur de ses atteintes. Un cas de zygomycose sur tatouage, causé par *Saksenaea vasiformis,* a été décrit en Australie[77].

Toutes aussi rares, mais de meilleur pronostic, les entomophtoromycoses sont des infections cutanées ou cutanéomuqueuses rencontrées dans les zones tropicales et subtropicales. Les atteintes du zygomycète demeurent superficielles et localisées.

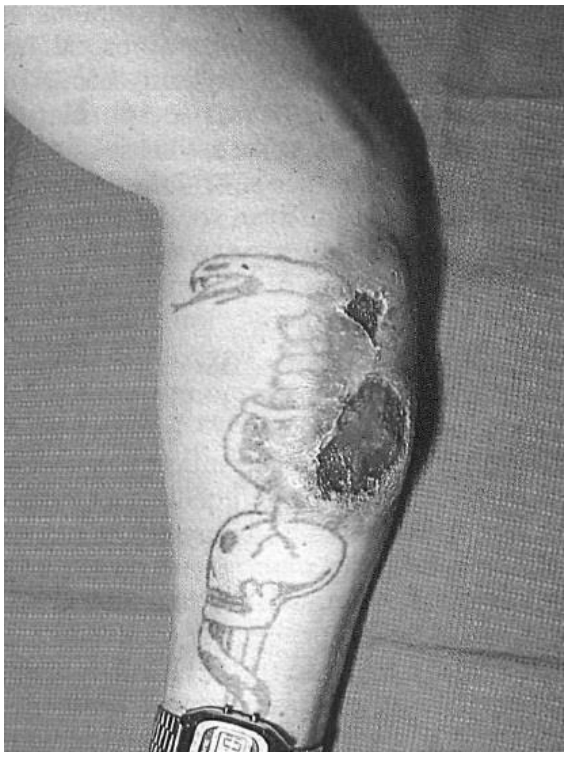


Figure 29: Lésion érythémateuse indurée avec ulcération nécrotique due à une infection par *S. vasiformi*[77].

- La sporotrichose[78]

La sporotrichose est une infection mycosique rare ubiquitaire due à un hyphomycète dimorphique, *Sporothrix schenckii*. Ce champignon, aujourd'hui rattaché à la classe des Ascomycètes, est cosmopolite et vit dans le sol sous forme mycélienne où il colonise les végétaux. Il est inoculé lors de traumatismes cutanés (ou par les voies aériennes ou digestives dans de plus rares cas). Lors du processus parasitaire, *S. schenckii* passe de sa forme filamenteuse à une forme levure chez l'hôte. La sporotrichose demeure généralement localisée (forme cutanéolymphatique) mais elle peut se disséminer dans des rares cas fatals.

D'un point de vue clinique, la sporotrichose cutanée primaire (survenant lors du traumatisme pendant le tatouage) fait apparaitre, quelques semaines après l'acte, des nodules qui sont associés à une lymphangite ascendante. La taille des nodules augmente progressivement, puis ceux-ci s'ulcèrent et forment un chancre sporotrichosique. Finalement, les lésions chancreuses se recouvrent de croûtes brunâtres. Toutefois, les lésions sont indolores, mais quelquefois prurigineuses.


Fig. 30


Fig. 31

Figure 30 et 31: Lésions indurées et pyogènes causées par une sporotrichose survenue à la suite d'un tatouage samoan[79].

- La candidose

La candidose est une infection mycosique (levurose) très fréquente causée par des levures du genre *Candida*. La plus fréquente d'entre elles est le champignon *Candida albicans*. Il existe également un autre type de levurose qui est causée par *Cryptococcus neoformans* : la cryptococcose.

Les levures du vaste genre *Candida* appartiennent à la division des Ascomycètes et à la classe des Saccharomycètes. Elles sont morphologiquement semblables, de forme sphérique ou ovoïde et de taille ne dépassant pas les 15 µm de diamètre. Leur processus de multiplication se fait par bourgeonnement à partir de la cellule mère. Ce sont des champignons cosmopolites qui sont saprotrophes. On retrouve une vingtaine d'espèces chez l'homme endo-saprotrophe du tube digestif comme *C. albicans* (espèce la plus fréquente) ou exo-saprotrophes du tégument cutané comme *C. glabrata*, *C. tropicalis*, *C. parapsilosis*… Candida albicans est une levure commensale du tube digestif et des cavités naturelles de l'homme, mais on peut la trouver sur les muqueuses et la peau.

Ces levures saprobiontes peuvent devenir pathogènes à la suite de facteurs favorisants (humidité, macération, acidité, irritations, états pathologiques, âges extrêmes, malnutrition, facteurs iatrogènes…). Dans la majorité des cas, les candidoses sont bénignes et superficielles (muguet buccal, perlèche, intertrigo, onyxis, candidose œsophagienne, gastro-intestinale ou encore génitales) mais elles peuvent devenir profondes et systémiques (candidose septicémiques, candidose hépatosplénique et candidose osseuse). Un cas d'endophtalmie à C. albicans à la suite d'un tatouage chez un patient asplénique a déjà été décrit[80].

- Les aspergilloses

Les aspergilloses regroupent des mycoses rares qui sont dues à des champignons appartenant au genre *Aspergillus*. Ces derniers sont cosmopolites, très communs dans l'environnement naturel (sol, eau, nourriture, poussières, air, habitats…) et on en dénombre environ 180 espèces. Ce sont des champignons de la classe des Ascomycètes qui sont morphologiquement filamenteux c'est-à-dire doté de filaments mycéliens (tout comme les dermatophytes et les mucorales par exemple). Le plus connu et le plus fréquemment rencontré lors de pathologies humaines est l'*Aspergillus fumigatus*. Principalement, la transmission de ses champignons opportunistes se fait par inhalation des conidies (spores), mais aussi par contact avec une muqueuse ou une surface cutanée lésée chez un individu ayant un terrain de déficit immunitaire.

Les aspergilloses affectent plus fréquemment les voies respiratoires (sinusites, alvéolites, ABPA, asthme). Il y a aussi des aspergilloses oculaires, cutanées (et des phanères), voire des cas d'atteintes cérébrales, du cœur ou de glandes. Un cas d'aspergillose par *Aspergillus fumigatus* à la suite d'un tatouage a été décrit chez un finlandais de 24 ans[81].

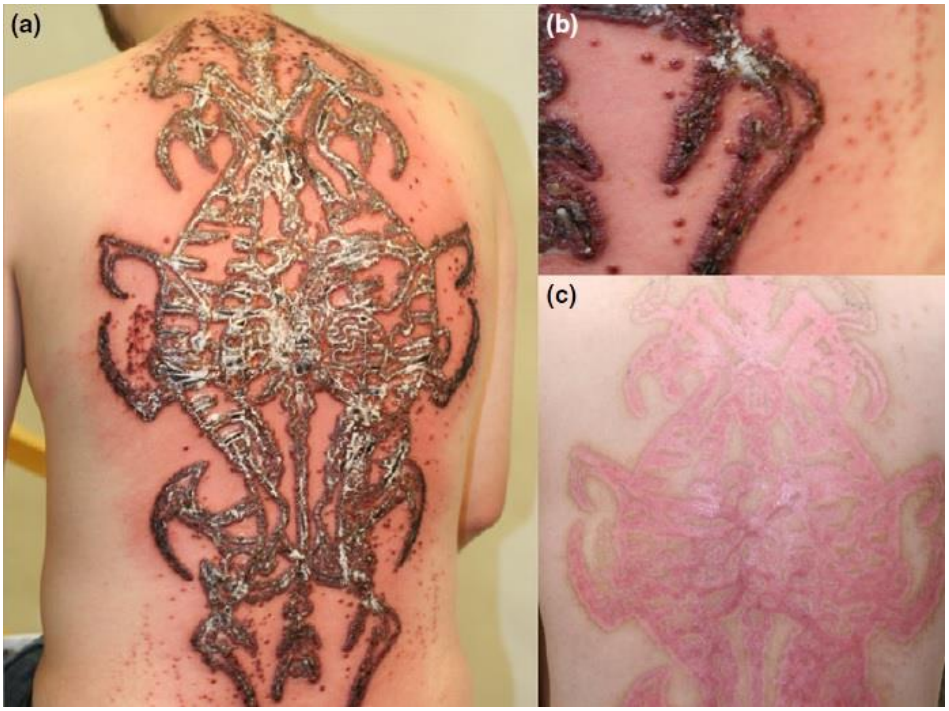


Figure 32: Aspergillose cutanée sur tatouage.
a: Papules et pustules purpuriques et nécrotiques se limitant à la zone de tatouage.
b: zoom de la lésion. c: Cicatrices après intervention[81].

Des cas encore tout aussi exceptionnels sont survenus : la coccidioidomycose (infection par un champignon dimorphe du genre *Coccidioides*), ou « valley fever », et un mycétome (pseudotumeur inflammatoire localisée au niveau sous-cutané et donc les agents sont d'origine fongique et actinomycosique) impliquant *Acremonium fungi*. Dans ce dernier, l'infection est survenue à la suite de contaminations de plusieurs lots de produits de tatouages.

Les infections mycosiques qui se manifestent lors de tatouages sont très rares, mais toutefois possibles. Les infections parasitaires sont encore plus exceptionnelles.

II.1.4. Les infections parasitaires

Les infections parasitaires sur tatouage sont exceptionnelles. Seuls des cas[82,83] de leishmanioses du genre *Leishmania* (dont *Leishmania infantum*) ont été décrits chez des sujets hispaniques atteints de syndrome d'immunodéficience acquise. Ces personnes présentaient des lésions cutanées au niveau de la zone de tatouage : des épaississements, des nodules, des papules ou encore une élévation de la peau tatouée. Ces affections ne seraient pas dues à l'inoculation de formes promastigotes lors de la pratique du tatouage, mais à l'accumulation des formes amastigotes au niveau des zones tatouées. Cela peut s'explique par la forte présence de macrophages au niveau du tissu où se trouve les pigments, car les leishmanies infectent les macrophages.

Les infections bactériennes et virales sont des complications infectieuses fréquentes qui peuvent survenir sur un tatouage. En revanche, les cas d'infections à des champignons ou des parasites sont rares. Chaque réalisation expose le tatoué à ce risque infectieux, mais ce risque peut évidemment être réduit, voire évité, en respectant les règles d'hygiènes et d'asepsie. Chaque tatoueur doit, par ailleurs, être formé pour travailler dans les meilleures conditions possibles, sans mettre en danger le tatoué et sans mettre en danger sa propre personne. D'autres méthodes de prévention comme la vaccination pour l'hépatite B, notamment, sont possibles et recommandées dans certains cas.

En plus de l'omniprésent risque infectieux, la pratique du tatouage expose à des risques non infectieux comme les réactions d'hypersensibilité et d'allergie, ainsi qu'à des risques toxiques et cancérigènes.

II.2. Les risques non-infectieux

Le tatouage soumet le corps humain à d'éventuelles réactions immunologiques comme des réactions d'hypersensibilité, c'est-à-dire des réactions du système immunitaire qui se manifestent de manière excessives et inappropriées face à une substance exogène. Parmi elles, nous verrons les réactions eczématiformes, les réactions granulomateuses, les réactions lichénoïdes, les réactions d'hypersensibilités allergiques ainsi que d'autres réactions d'hypersensibilités, notamment celles liées à des dermatoses chroniques.

Les substances qui entrent dans la composition des produits de tatouage ne sont pas toutes dénuées de propriétés toxiques. En effet, certaines d'entre elles présenteraient un risque toxique selon certaines données toxicologiques. De même, plusieurs d'entre elles sont reconnues comme étant CMR (Cancérigène, mutagène et reprotoxique) pour l'homme. Ainsi quelles sont les manifestations incombées au potentiel risque cancérogène que représente les produits de tatouages ?

II.2.1. Les réactions d'hypersensibilité[86]

Lors du tatouage, les réactions inflammatoires sont inévitables et apparaissent immédiatement après l'acte de tatouage. Elles surviennent à la suite des traumatismes causés par l'introduction des aiguilles à travers la peau. Lors de la pratique, des capillaires superficiels sont rompus dans un premier temps, ce qui provoque une hémorragie à la surface de la peau lors de chaque piqûre. A la fin de l'acte, viens ensuite la réaction inflammatoire. La peau laisse apparaitre des œdèmes et des érythèmes sur la zone tatouée. La peau prend un aspect de « peau d'orange », ce qui est dû à la dilatation des orifices pilaires associé à l'œdème cutané.

Plus précisément, lorsque les pigments sont introduits dans le derme, la réaction inflammatoire se met en marche pour lutter contre ses substances exogènes :

- Elle se manifeste d'abord par <u>une phase vasculo-exsudative</u> pendant laquelle les vaisseaux et capillaires sanguins sont dilatés afin d'augmenter l'irrigation à ce niveau. Il s'en suit un œdème inflammatoire qui traduit le passage de l'exsudat (constitué d'eau et de protéines plasmatiques) dans le tissu conjonctif interstitiel, et qui a pour rôle de limiter les conséquences néfastes des produits injectés et de favoriser l'apport de cellules, médiateurs et protéines ayant des fonctions de défense (immunoglobulines, facteurs du complément, facteurs de coagulation, fibrinogène…). Finalement, les

leucocytes migrent au niveau du foyer lésionnel (les polynucléaires dans un premier temps, puis les monocytes et lymphocytes dans un second temps) : c'est la diapédèse leucocytaire.

- Dans un second temps, la réaction cellulaire se met en marche. Lors de cette étape, il y a formation d'un granulome inflammatoire qui va favoriser la détersion phagocytaire du foyer. Il se constitue au niveau du foyer lésionnel à partir des leucocytes provenant du sang et de cellules provenant du tissu local (histiocytes, mastocytes, fibroblastes).
- Ensuite, il y a une phase de détersion qui permet l'élimination des éléments étrangers et des tissus nécrosés. La détersion se fait par les macrophages lors de la phagocytose (détersion interne) et par élimination du matériel nécrosé par fistulation à la peau.
- Une dernière étape de réparation tissulaire a lieu. Les tissus conjonctifs sont reformés : c'est la cicatrisation. Le granulome est remplacé progressivement par un bourgeon charnu qui est composé de leucocytes, de fibroblastes et myofibroblastes, et de néo-vaisseaux sanguins, qui vont œuvrer à l'angiogenèse. Au terme de ce processus, le bourgeon charnu laisse place à une cicatrice. Lorsque les tissus épithéliaux ont été partiellement détruits, ils doivent être remplacés par de nouveaux afin de retrouver sa fonction : c'est la régénération épithéliale.

La réaction inflammatoire est transitoire puisqu'elle ne va durer que quelques heures, au terme desquelles l'érythème et l'œdème inflammatoire deviennent moins marqués et disparaissent finalement. Une phase de desquamation épidermique intervient dans les 7 jours qui suivent l'acte, ce qui permet d'éliminer la totalité des dépôts superficiels de pigments présents dans l'épiderme. La cicatrisation va suivre son processus normal et prendre fin en 2 à 3 semaines.

A la fin de la séance de tatouage, la peau est systématiquement érythémateuse et œdémateuse du fait des traumatismes causés par la réaction inflammatoire survenant à la suite de l'introduction des aiguilles et des produits de tatouages. Cette réponse inflammatoire engendre des douleurs de type « brulure au 1er degrés » et parfois un prurit est ressenti par l'individu. Dans de rares cas où la pratique n'est pas idéale, un hématome sous-jacent peut être observé.

Sur une peau tatouée cicatrisée, les pigments se localisent au niveau du derme médian, entre les fibres de collagène et à la périphérie des vaisseaux sanguins. Il n'y a pas de présence de pigments dans l'épiderme. Une certaine partie d'entre eux migre vers les vaisseaux lymphatiques et les ganglions. Au fil du temps, le tatouage perd en intensité, notamment s'il est exposé au soleil ou s'il est sujet à de nombreux traumatismes.

Les pigments auraient tendance à se grouper sur le pourtour des vaisseaux sanguins[88]. De plus, les substances exogènes non dégradées lors de l'inflammation suivant l'acte continuent à être la cible de manifestations inflammatoires, mais dans une moindre mesure. Ce qui peut expliquer une atténuation de l'intensité des couleurs et de la netteté des tracés du tatouage, ainsi que des réactions d'hypersensibilités.

Les substances susceptibles de déclencher de telles réactions sont souvent des métaux contenus dans les pigments. C'est le cas des pigments rouges contenant du mercure, des pigments verts contenant des oxydes de chrome, des pigments jaunes constitués de cadmium, des pigments bleus constitués de cobalt, des pigments marrons contenant des oxydes de fer, ou encore le cas des pigments violet qui sont composés de magnésium. Dans les encres, il y a également d'autres substances pouvant causer des réactions allergiques, comme les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) et les amines aromatiques. Les réactions d'hypersensibilité sont multiples de par leurs aspects cliniques et histologiques. Il existe des réactions eczématiformes, des réactions granulomateuses et des réactions lichénoïdes.

II.2.1.1. Les réactions eczématiformes

La dermatite de contact est la principale réaction eczématiforme pouvant se manifester à la suite d'un tatouage.

- La dermatite de contact[90]

L'eczéma de contact est une dermatose très fréquente. L'éventualité qu'il survienne à la suite de tatouages existe donc.
Il faut différencier 2 dermatites :

- **La dermatite de contact allergique**, qui est due à une réaction d'hypersensibilité retardée à médiation cellulaire de type Th1, médiée par les lymphocytes T. La physiopathologie se caractérise par une phase de sensibilisation durant laquelle l'haptène (substance exogène) est pris en charge par les cellules de Langerhans qui vont migrer par voie lymphatique et devenir mature afin de différencier les lymphocyte T « mémoires » correspondant. La seconde phase est la phase de révélation durant laquelle les lymphocytes T CD4+ et CD8+ « mémoires », après reconnaissance de l'haptène, sécrètent des cytokines à l'origine de la réaction inflammatoire de l'eczéma.

- **La dermatite de contact irritante**, qui ne résulte pas d'un processus allergique mais du caractère toxique et sensibilisant d'une substance. Les lésions apparaissent généralement rapidement et se limitent à la zone de contact. Cette dermatose est due à une sensibilisation cutanée à des substances contenues dans les produits de tatouages. Les plus incriminées sont les sels métalliques (Hg, Cr, Cd, Co) et les amines aromatiques qui sont utilisés dans la préparation des pigments. Les pigments rouges sont les plus sensibilisants mais des cas de réactions allergiques eczématiformes à des encres noires ont également été décrites[89].

L'eczéma aigu est le plus fréquent. Il se manifeste par un œdème associé à des placards érythémateux très prurigineux qui évoluent vers des vésicules. Celles-ci se rompent ensuite pour laisser la place à des croûtes ou des desquamations qui ne laisseront finalement aucunes cicatrices. La plupart du temps, l'eczéma de contact aux produits de tatouages demeure localisé à la zone de travaille. Mais il existe certains cas d'eczéma se généralisant[91].



Figure 33: Dermatite de contact allergique survenue à la suite de tatouage avec un pigment noir[92]

Il faut également noter que l'exposition du tatouage au rayonnement solaire peut engendrer une dermite photoallergique. Dans ce cas-là, la substance exogène induit un eczéma de contact après son exposition aux rayonnements ultra-violets. On parle de réaction de photosensibilité (voir : Les réactions allergiques (II.2.1.4.1.)).

II.2.1.2. Les réactions granulomateuses

Les réactions granulomateuses sont des complications qui sont dues à l'incapacité du système immunitaire à dégrader le granulome. En effet, lorsque les pigments sont introduits dans le derme, de nombreuses cellules vont affluer et contribuer à la formation d'un granulome autour de ceux-ci afin de les éliminer. Lors de ces réactions granulomateuses, il y a une persistance de l'inflammation à ce niveau, ce qui peut entrainer des lésions tissulaires.

Les réactions granulomateuses peuvent être de 2 types :

- La réaction granulomateuse à corps étranger

Tout d'abord, le granulome est une lésion inflammatoire chronique qui est constitué par l'accumulation de leucocytes, des macrophages et des monocytes au niveau du foyer lésionnel. D'autres cellules inflammatoires comme par exemple des lymphocytes, des polynucléaires neutrophiles et éosinophiles, des plasmocytes, des cellules présentatrices d'antigène se joignent au granulome.

Selon la nature du pigment exogène, les conséquences histologiques seront différentes. En effet, les pigments inorganiques sont entourés par le granulome et, selon leur taille et leur nature, seront ou non dégradés et phagocytés. Les plus infimes particules seront plus « facilement » dégradées. Pour les pigments organiques (noir de carbone, colorants azoïques, phtalocyanines…), la réaction serait similaire mais avec parfois une composante allergique. La réaction inflammatoire fait alors intervenir des cellules épithélioïdes et des dendrocytes qui s'accumulent à la périphérie du granulome. Dans ce cas, la lésion peut prendre un aspect tuberculoïde (en cas de sarcoïdose, par exemple).

Histologiquement, la réaction granulomateuse à corps étranger est caractérisée par la présence de nombreux histiocytes et un nombre important de cellules géantes qui phagocytent les pigments. La présentation clinique du granulome à corps étranger varie fortement. Les lésions sont nodulaires, papulaires ou érythémateuses, simple ou formant des placards. Celles-ci s'indurent avec le temps, du fait de la réaction inflammatoire qui entraine une fibrose des tissus.

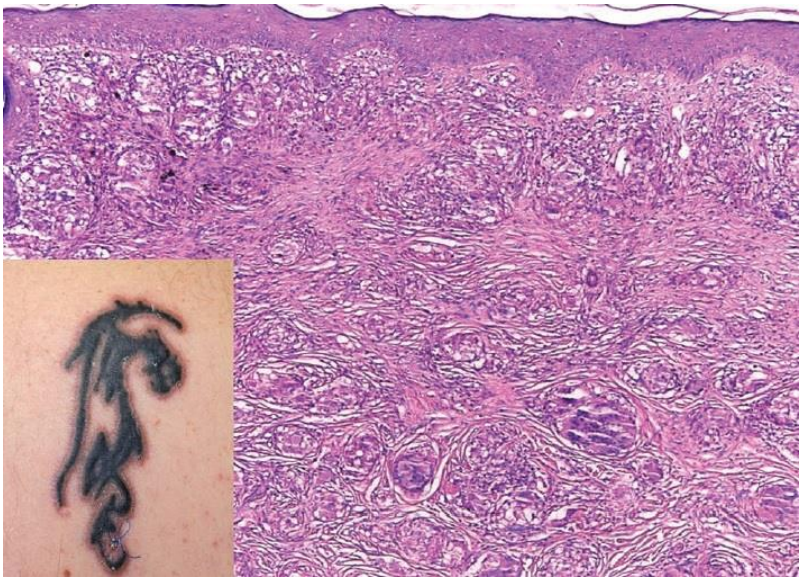


Figure 34 : Aspects clinique et histologique d'une réaction granulomateuse à corps étranger sur tatouage à encre noire[92]

Selon la nature du pigment inorganique, la composante allergique est toutefois possible. C'est notamment le cas pour le sulfure de mercure (cinabre ou CI PR106), le vert de chrome (CI PB27 + CI PY34), le bleu de cobalt (CI PB28) ou encore le jaune de cadmium (CI PY35 et PY 37).

- La réaction granulomateuse sarcoïdosique

Il faut distinguer la véritable sarcoïdose, d'une réaction granulomateuse sarcoïdosique, car une réaction sarcoïdosique ne relève pas nécessairement d'une sarcoïdose. La sarcoïdose est une maladie systémique de cause inconnue qui touche principalement les poumons et les ganglions lymphatiques. Elle se caractérise par la formation d'un granulome sarcoïdien qui correspond à un granulome épithélioïde (composé de cellules épithélioïdes) et giganto-cellulaire (composé de cellules de Langhans, dans ce cas) sans nécrose caséeuse (à consistance anormale, pâteuse et de coloration blanchâtre ou jaunâtre). De plus, des lymphocytes T (CD4+) entourent et forment une couronne autour du granulome. Ce granulome peut évoluer, ou non, vers des lésions de type fibrineuses. Ce type de granulome peut se développer au sein de n'importe quel organe comme les poumons, les ganglions, la peau, le foie…). Les troubles systémiques d'une authentique sarcoïdose peuvent s'associer aux lésions cutanées chez un individu atteint par cette maladie.

Histologiquement, la réaction sarcoïdosique sur tatouage se caractérise par un granulome riche en histiocytes épithélioïdes mais faiblement constitué de cellules géantes qui phagocytent les pigments antigéniques. La fine couronne lymphocytaire entoure également le granulome.

Les lésions cutanées d'une réaction granulomateuse sarcoïdosique peuvent prendre plusieurs aspects mais elles sont communément brunâtres à violacées, jaunâtre à la vitropression, indolores et non prurigineuses. Les lésions les plus communes sont soit des lésions papuleuses avec des sarcoïdes à petits nodules, difficilement visibles, soit des lésions nodulaires avec des sarcoïdes à gros nodules, volumineux, s'affaissant en leur centre et atteignant 10mm.







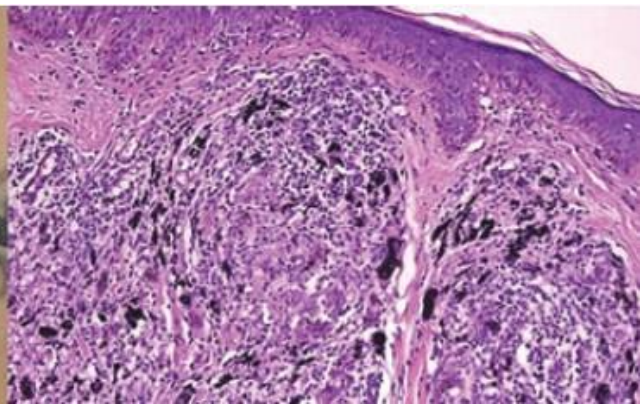


Figure 35 : Réaction granulomateuse sarcoïdosique à corps étranger[93], Figure 36 : Réaction granulomateuse à corps étranger sur un individu atteint de sarcoïdose systémique[93], Figure 37 : Aspect clinique et histologique d'un granulome sarcoïdosique[92].

Etant donné la diversité de composition qualitative et quantitative des produits de tatouages, le lieu d'application et la profondeur du tatouage, les pathogénies et les aspects histologiques des granulomes varient considérablement. En effet, la nature organique et/ou minérale des pigments utilisés conditionne la réaction granulomateuse, qui peut ou non être associée à des mécanismes d'hypersensibilité.



Les cas de réactions granulomateuse à la suite d'infection d'inoculation par des mycobactéries atypiques existent. C'est le cas de la lèpre, dans ses formes tuberculoïde et lépromateuses[24], ou encore de dermatoses tuberculoïdes telles que le lupus vulgaire[21]. Des rares cas de granulomes annulaires sur tatouages ont également été décrits[94,95].

Figure 38: Granulome annulaire sur tatouage[95]

II.2.1.3. Les réactions lichénoïdes[96]

Les réactions lichénoïdes sur tatouage sont moins fréquentes que les réactions eczématiformes, mais néanmoins plus souvent décrites que les réactions granulomateuses. Ce sont des réactions qui présentent les mêmes signes cliniques et symptômes que le lichen plan, mais qui se limite à la localisation d'un pigment. Il s'agirait d'une manifestation d'une réaction d'hypersensibilité retardée aux pigments contenus dans les produits de tatouage, notamment les pigments rouges contenant du mercure[97,98], du nickel[99], ou des pigments organiques (colorants azoïques et quinacridone[100]). Les cas d'authentiques lichens plans après tatouages sont également plausibles.

On entend par réaction lichénoïdes, une atteinte cutanée qui est composée de 3 atteintes histologiques :

- Une atteinte épidermique. Il y a une hyperkératose orthokératosique (un épaississement de la couche cornée de l'épiderme), une acanthose hypertrophique (une augmentation de la taille des kératinocytes) et une hypergranulose (augmentation de l'épaisseur de la couche granuleuse).
- Une atteinte jonctionnelle. Il y a une hyperpapillomatose (les crêtes épidermiques sont allongées et la couche basale est très sinueuse avec un aspect en arcades) et la présence de corps cytoïdes

(=corps hyalins de Civatte, ce sont des structures éosinophiles rondes et apoptotiques) qui résultent de la dégénérescence vacuolaire de la couche basale.

- Une atteinte dermique. Il y a une infiltration lymphocytaire au niveau du derme superficiel sous la forme d'une bande à limite inferieur nette, et une incontinence pigmentaire (Dépigmentation mélanique avec des pigments, libres ou phagocytés par des macrophages, visibles au niveau du derme).

La lésion cutanée caractéristique est une papule violacée, ferme, brillante, très prurigineuse, et dont les bords sont nets et polygonaux. Celle-ci ne mesure que quelques millimètres de diamètre et est parcourue à sa surface par des stries de Wickham (fines tries blanches, grisâtres). Ces papules peuvent être disséminés sur la peau ou se regrouper en placards. Similairement au lichen plan, les anomalies basales des réactions lichénoïdes sont le résultat d'une réaction inflammatoire faisant intervenir les lymphocytes T. En effet, une réaction immunologique à médiation lymphocytaire T ($CD4^+$ et $CD8^+$) serait à l'origine de la destruction des kératinocytes de la couche basale.

Bien que dans la majeure partie des cas, les réactions lichénoïdes se limitent à une encre de tatouage, des réactions lichénoïdes généralisées sont également plausibles[101]. Dans ce cas, l'éruption de papules peut se faire sur toute la surface cutanée indépendamment de la localisation du tatouage.

Il faut aussi noter que chez l'individu déjà atteint d'un lichen plan, l'apparition d'une réaction lichénoïde sur tatouage peut être due au phénomène de Koebner (phénomène d'apparition de lésions d'une dermatose déjà existante à un endroit où la peau a subi un traumatisme).





Figure 39: Réaction lichénoïdes sur tatouage se limitant au pigment rouge[99]. Figure 40 : Réaction lichénoïdes lors du phénomène de Koebner[102].

II.2.1.4. Autres réactions d'hypersensibilité

II.2.1.4.1. Les réactions allergiques

Les réactions se manifeste de différentes manières selon le propre de chaque individu. Il est donc difficile de prévenir ce risque. Cependant, il existe des patchs test que l'on applique et qui permettent d'évaluer le risque allergique de certains pigments. L'action des encres de ces patchs (appelés patch-test) sur la peau ne peut en aucun cas être similaire à celles qui sont introduites dans le derme, même ils peuvent tout de même servir d'outil chez les personnes aux antécédents d'hypersensibilités. En plus de la dermite de contact allergique, il existe des cas suivants :

- L'urticaire

L'urticaire est une manifestation fréquente des tatouages temporaires au henné mais elle peut également se manifester à la suite de tatouages permanents[121]. L'urticaire est une dermatose inflammatoire superficielle, dans sa forme la plus commune, ou profonde.

L'urticaire superficielle se manifeste par des papules ou des plaques érythémateuses ou rosées, œdémateuses à bords nets. Les caractéristiques de ces lésions sont qu'elles sont prurigineuses, migratrices et fugaces (disparaissent en moins de 24h). L'urticaire profonde correspond à un œdème

dermo-hypodermique (angio-œdème) qui n'est pas prurigineux, ni érythémateux et dont les limites ne sont pas précises. Il y a en revanche des sensations douloureuses.
L'œdème est toujours dû à une augmentation de la perméabilité des capillaires lors de la réponse inflammatoire à l'introduction du pathogène. Cependant, les urticaires ne suivent pas nécessairement des mécanismes immunologiques ou allergiques.

- La photosensibilisation cutanée : photoallergie[122]

La peau tatouée, comme la peau vierge, contient des substances qui sont capables d'absorber les rayons ultra-violets. Ces substances sont appelées des chromophores. Cependant, lors du tatouage, il y a introduction de chromophores exogènes qui peuvent être photosensibilisants et qui peuvent provoquer des réactions de photosensibilisation. Le rayonnement solaire UV est un rayonnement électromagnétique non ionisant, constitué de photons, et dont l'émission est faite entre 100 et 400 nm. Sur une peau normale, l'exposition de la peau aux rayons UV peut se traduire par des érythèmes, une pigmentation, une immunosuppression, un vieillissement cutané, voire un cancer cutané. Sur une peau tatouée, contenant des chromophores exogènes, son exposition peut entrainer des réactions photoallergiques ou des réactions de phototoxicité (voir II.2.2 Le risque toxique).
De plus, l'exposition du tatouage au rayonnement solaire peut provoquer des réactions de photosensibilisations cutanées. En effet, l'accumulation de chromophores photosensibilisants peut entrainer une hypersensibilité, on parle de photoallergie.
La photoallergie est une réaction immunologique d'hypersensibilité retardée à médiation cellulaire, dite de type IV. Lors de cette réaction, l'énergie photonique produit un photoantigène. Cette photosensibilisation apparait 24h à 48h après l'exposition chez un sujet préalablement sensibilisé. Les lésions cutanées apparaissent et se développent progressivement, indépendamment de l'intensité d'exposition et de la concentration en substances photosensibilisantes. Les lésions cutanées ne sont pas nettement délimitées et généralement prurigineuses.

Le plus fréquemment, la lésion est eczématiforme avec un infiltrat lymphoplasmocytaire dans le derme (la dermite photoallergique). Mais ça peut aussi se manifester par une éruption lichénoïde ou une urticaire.



Figure 49: Photoallergie sur un tatouage jaune contenant du sulfure de cadmium[123].

Des réactions d'hypersensibilités moins courantes sont susceptibles de se manifester à la suite d'un tatouage. On peut citer parmi elles, le pseudolymphome, le psoriasis, le lupus érythémateux, le vitiligo ou encore la sclérodermie.

II.2.1.4.2. Le pseudolymphome[103,104,105]

Un pseudolymphome est un infiltrat lymphocytaire cutané dont l'aspect clinique et histologique est similaire au lymphome, mais dont l'évolution est bénigne. On parle plus justement d'hyperplasie lymphocytaire réactionnelle. Il s'agit d'une prolifération de lymphocytes de lignées T ou B faisant suite à l'introduction d'agents toxiques ou chimiques dans le derme et/ou l'hypoderme. Le pseudolymphome sur tatouage est fréquemment décrit bien qu'il soit moins commun que les réactions lichénoïdes et granulomateuses.

Le pseudolymphome se manifeste dans un délai pouvant varier de quelques jours à des dizaines d'années. L'aspect clinique n'oriente pas le diagnostic vers un pseudolymphome puisqu'il se manifeste par des réactions d'hypersensibilité de types granulomateuses ou lichénoïdes. Seule une analyse histologique permet de poser le diagnostic. Les infiltrats lymphocytaires cutanés bénins forment un groupe hétérogène d'affections dont la prédominance lymphocytaire permet leur classification.

On y trouve donc un infiltrat lymphocytaire massif et diffus avec une prédominance de phénotype T (CD3+, CD4+ et CD8+ en majorité) ou de phénotype B (CD20), ainsi que des macrophages contenant des pigments. Des histiocytes, des cellules géantes, des polynucléaires éosinophiles et des plasmocytes peuvent aussi être présents dans le derme.

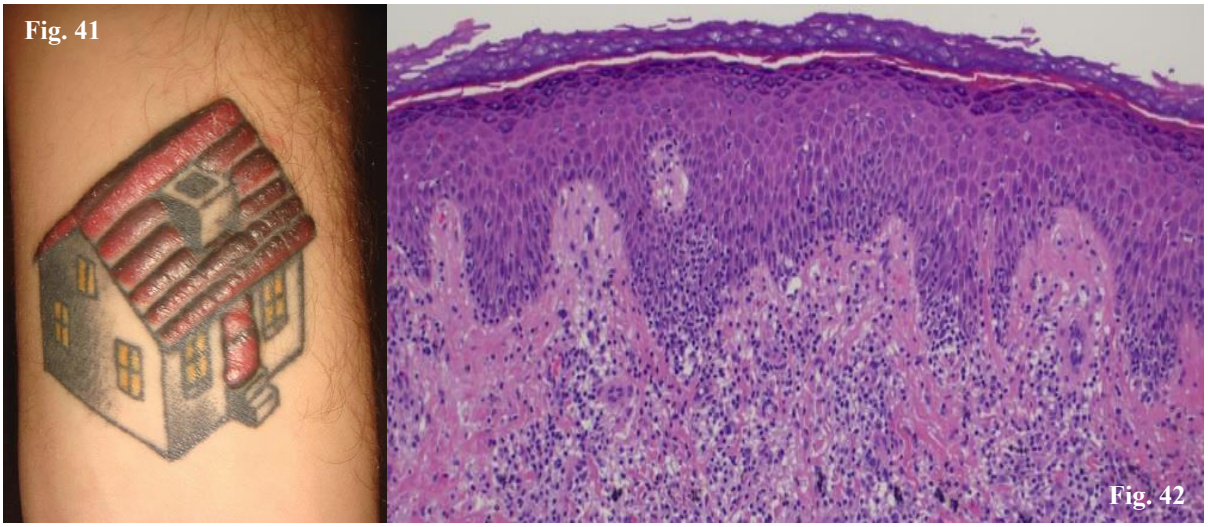


Figure 41: Pseudolymphome sur tatouage se limitant à l'encre rouge[107]. Fig. 42 : Aspect histologique d'un infiltrat lymphocytaire cutané bénin[107].

Le pseudolymphome étant histologiquement proche du lymphome, des analyses anatomopathologiques et des examens immunologiques permettent de guider le diagnostic. Le pseudolymphome B est le plus couramment observé sur les tatouages, et notamment sur les encres rouges, mais aussi les encres bleues, vertes ou noires dans quelques cas[106].

II.2.1.4.3. Les dermatoses chroniques

Chez certains patients atteints de dermatoses chroniques telles que le psoriasis et le lupus érythémateux, le tatouage représente un risque supplémentaire de manifestations de réactions d'hypersensibilité.

- Le psoriasis[108]

Le psoriasis est une dermatose auto-immune chronique qui affecte 2 % de la population. Il se traduit par des lésions cutanées érythémato-squameuses à des localisations privilégiées comme les coudes, les genoux, les jambes, la région lombosacrée, les ongles et le cuir chevelu. La taille des lésions varie du simple point, à la ou des plaques.

Ces lésions sont dues à une hyperprolifération des kératinocytes, associé à des troubles de différenciation de ces mêmes cellules. Dans les cas les plus préoccupants, il peut y avoir une atteinte généralisée (psoriasis érythrodermique), une atteinte inflammatoire des articulations ou des enthèses (psoriasis arthropatique), ou des atteintes cutanées pustuleux (psoriasis pustuleux).

Lorsqu'une personne atteinte de psoriasis se fait tatouer, il y a un risque qu'il développe une éruption sur la zone tatouée, cette réaction est appelée le phénomène de Koebner. Ce phénomène est une réaction isomorphe qui reproduit les lésions d'une dermatose existante, sur le lieu d'une zone ayant été traumatisée. Dans ce cas, des plaques rouges et squameuses vont se développer sur le tatouage du patient tatoué. L'éruption peut survenir dans un bref délai ou après plusieurs années suivant la pratique du tatouage. Cette manifestation à la suite de tatouages concernerait près de 25% des individus atteints de psoriasis.

Bien que le risque de détérioration du tatouage soit néant, les personnes faisant partie de cette population et souhaitant se faire tatouer doivent être alertées du risque de manifestations psoriasique sur le site de tatouage.

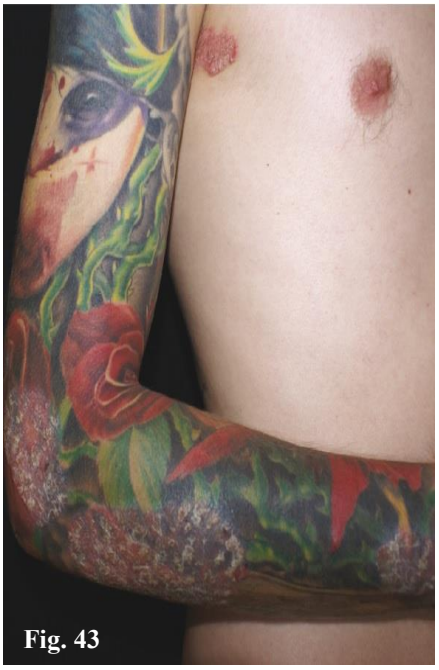

Fig. 43



Fig. 44

Figures 43 [109] et 44 [110]: Lésions psoriasiques sur tatouage

- Le lupus erythémateux[111]

Le lupus erythémateux est une dermatose auto-immune chronique complexe qui se manifeste par des lésions cutanées variables. En effet, les lésions cutanées du lupus erythémateux ne sont pas spécifiques, mais elles sont caractérisées par une atteinte de la jonction dermo-épidermique. Cette atteinte serait due à une réponse immunitaire anomale localisée au niveau de la jonction dermo-épidermique et impliquant les lymphocytes T et B, et des troubles de l'apoptose keratinocytaire.
Comme pour le psoriasis et d'autres dermatoses chroniques, l'apparition de lésions lupiques sur tatouages est due au phénomène de Koebner. Ce dernier implique uniquement des patients atteints par la dermatose chronique et serait initié par les éléments entrant dans la composition des produits de tatouages. A la suite de tatouages, seul le lupus discoïde a été décrit (une des formes de chronicité du lupus érythémateux). Lors de l'éruption cutanée d'un lupus discoïde, les lésions cutanées forment des plaques associant un érythème net, des squames blancs et « râpeux » au toucher, et une atrophie cicatricielle qui est généralement dépigmentée.



Figure 45: Lésions discoïdes d'un lupus érythémateux chronique discoïde sur tatouage[112].

II.2.1.4.4. Autres affections cutanées

Les dermatoses qui surviennent à la suite de tatouages sont très nombreuses car on peut également citer le vitiligo, la sclérodermie, ainsi que des troubles de la cicatrisation.

Le **vitiligo**[113] est une hypopigmentation relativement fréquente, mais elle est en revanche moins commune chez les personnes tatouées. Cette hypopigmentation de la peau est due à une destruction des mélanocytes à une localisation précise du tégument. Comme de nombreuses affections dermatologiques, elle est déclenchée par le phénomène de Koebner chez une personne prédisposée.



Figure 46: Lésion leucodermique d'un vitiligo survenue à la suite d'un tatouage[114].

Cliniquement, le vitiligo se caractérise par des macules de couleur blanche, bien délimitées, isolées ou non, et majoritairement asymptomatiques (mais peuvent être prurigineuses). Les macules ne se repigmentent pas et elles ont même tendance à se développer avec le temps.



Figure 47: Sclérodermie cutanée localisée au niveau de l'encre rouge du tatouage[116].

La **sclérodermie**[115] de localisation cutanée, ou **morphée**, est une sclérification, généralement de cause inflammatoire, des couches de la peau. Sur tatouage, cette induration se forme, soit à la suite d'une réaction d'hypersensibilité retardée à un composant du produit de tatouage qui entraine un processus inflammatoire[116], ou peut être également due aux traumatismes infligés par le dermographe. C'est dans le derme que la sclérose se fait, avec un épaississement et une horizontalisation des faisceaux de collagènes. Cette atteinte dermique a pour conséquence la formation de plaques fermes et indurées de couleur blanc nacré. Sur le tatouage, il y a une nette baisse de coloration.

Impliquant une effraction cutanée, le tatouage déclenche des processus de défense et de reconstruction de la peau qui se terminent par la phase de cicatrisation. Cette dernière étape restitue l'intégrité du système cutané par de nombreux et complexes évènements physiologiques. Cependant, ce processus cicatriciel peut parfois comporter des anomalies et donner lieu à des cicatrices disgracieuses : les **cicatrices chéloïdiennes et les cicatrices hypertrophiques**[117].

Les chéloïdes et les cicatrices hypertrophiques sont des tumeurs fibreuses bénignes survenant à la suite d'anomalies de la cicatrisation et qui résultent d'une augmentation de la quantité de fibroblastes, mastocytes et de collagène. Ces cicatrices apparaissent quelques mois après le traumatisme.



Figure 48: Chéloïde réduite à la zone tatouée[118].

Alors que la cicatrice hypertrophique se limite à la lésion initiale et guérie spontanément et progressivement au bout de quelques mois, la chéloïde va se développer au-delà de la lésion initiale et sera réversible seulement plusieurs années après son apparition. Cliniquement, la cicatrice prend l'aspect d'une papule ou d'un nodule ferme et fibreux, de couleur chair ou rouge.

Egalement, des cas de **vascularites** ont étaient rapportés[119,120]. En effet, certains produits de tatouages seraient à l'origine de l'inflammation et de la destruction de la paroi des vaisseaux sanguins.

II.2.2. Le risque toxique[124,125,133]

Les produits de tatouage sont des mélanges complexes de pigments organiques et/ou minéraux, et d'adjuvants. Leur composition varie en fonction des procédés de fabrications choisis par l'industriel. Bien que l'ANSM (Agence Nationale de Sécurité du Médicaments et des produits de santé) surveille ce marché, une partie des substances utilisées (les pigments, ainsi que certains adjuvants) est reconnue comme possédant des propriétés toxiques pour l'organisme. Cependant, les études de toxicité de ses substances ne concernent pas leur comportement au sein du derme. En effet, l'introduction de telles substances dans les profondeurs de la peau ne peut entrainer les mêmes conséquences que leur application sur la surface de la peau. De plus, il est difficile de connaitre la concentration de ces

substances dans les produits de tatouages, ainsi que la dose qui est injectée dans le derme du patient car cette dernière varie en fonction de la technique du tatoueur et de la taille de la pièce tatouée. Le risque est d'autant plus important car ces substances sont destinées à rester durablement dans l'organisme. Par exemple, selon une étude[126] qui concerne le pigment PR22 (un colorant azoïque), les concentrations des pigments présents dans la peau après le tatouage oscillent entre 0.6 et 9.42 mg/cm², pour une moyenne de 2.53 mg par cm².

Le danger toxique peut être lié à trois phénomènes :

- La phototoxicité : il y a décomposition des pigments sensibles au rayonnement solaire et formation de substances cytotoxiques et génotoxiques, comme les formes radicalaires par exemple. La phototoxicité est une photosensibilisation non immunologique dont l'apparition est immédiate et dont l'intensité est proportionnelle à l'intensité de l'exposition aux rayonnements. Les mécanismes qui sont mis en jeu sont proches de ceux du coup de soleil : les espèces radicales de l'oxygène (ERO), synthétisées lors des réactions photochimiques, induisent la production de substances pro-inflammatoires (histamine, cytokines…) à l'origine de la réaction inflammatoire. Les lésions cutanées se limitent à la zone exposée aux rayonnements et en contact avec l'exogène photosensibilisants. Cliniquement, elles se manifestent sous plusieurs aspects :
  - ✓ Des picotements, une brûlure et un érythème immédiat
  - ✓ Un érythème tardif avec hyperpigmentation
  - ✓ Une augmentation de la fragilité cutanée avec des lésions vésiculo-bulleuses (pseudo-porphyrie).
- La métabolisation cutanée : le système métabolique de la peau métabolise les pigments et peut former, à partir d'eux, une multitude de produits oxydés, nitrés, hydroxylaminés…
- L'immunotoxicité : le pigment entraine des effets délétères sur le système immunitaire et sur ses acteurs.

II.2.2.1. Les risques toxiques liés aux pigments

Selon les produits de tatouages, les concentrations en pigments métalliques et en pigments organiques peuvent varier considérablement. Certains contiennent une concentration en pigments et en impuretés supérieure aux recommandations fixées par les résolutions du Conseil de l'Europe. Tandis que d'autres substances, qui ne sont pas mentionnées dans la ResAP(2008), pourraient constituer un risque pour la santé humaine. C'est notamment le cas de sels métalliques (Al, Ba, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb et Ti) ou de certaines substances organiques (noir de carbone, HAP, AAP et phtalocyanines).

II.2.2.1.1. Les sels métalliques

- **L'aluminium** (Al) : Bien qu'il ne soit pas utilisé comme pigment (sauf dans le lapis-lazuli), mais plutôt utilisé sous forme silicaté (propriétés thixotropique), l'aluminium peut être présent dans des encres sous formes de sels, à des concentrations toxiques. Localement, il serait à l'origine de réactions granulomateuses à corps étranger de sources toxiques, bien qu'une source allergique ne puisse être réfutée. De plus, des effets systémiques toxiques sur le système reproducteur et sur le développement du système nerveux pourraient lui être incriminés.

Aucune étude visant à évaluer le risque cancérogène de l'aluminium n'a été faite.

La dose hebdomadaire tolérable admissible provisoire (DHTP) établie par la JECFA est de 1 mg AL/kg. Aucune concentration maximale admise n'est définie dans les produits de tatouage.

- **Le baryum** (Ba) : Le baryum est utilisé sous forme de sulfate de baryum dans des encres de couleur blanche (PW21). Lors de tatouages chez l'homme, l'administration de doses toxiques de baryum et de ses composés induisent des effets sur les muscles, dont le muscle cardiaque, et peuvent donc altérer le système cardiovasculaire par des troubles du rythme (bradycardie, tachycardie, fibrillation ventriculaire, extrasystoles…).

Le baryum n'est pas classé comme substance cancérogène par le CIRC.

Sa teneur maximale admise dans les produits de tatouage est de 50 ppm.

- **Le cadmium** (Cd) : Le cadmium est présent dans des pigments de couleur jaune et rouge (PY35, PY37 et PR108). Cet élément est un cation bivalent qui est connu pour sa toxicité aigüe, qui touche les systèmes digestif, hépatique, rénal et respiratoire, selon la voie d'administration. Sa toxicité chronique affecte, quant à elle, les reins, le système osseux et le système cardio-respiratoire. Le risque toxique du cadmium lors du tatouage est donc un risque d'exposition chronique au cadmium qui affecte le système osseux et le système urinaire, et principalement le rein.

Bien que, par inhalation, le cadmium et ses dérivés seraient à l'origine du développement de cancers pulmonaires et prostatiques – raisons pour lesquelles ils ont été classé dans le groupe 1 par le CIRC et dans la catégorie 2 par l'UE -, son risque carcinogène lors de tatouage ne peut pas être considéré.

Sa teneur maximale admise dans les produits de tatouage est de 0.2 ppm.

- **Le chrome** (Cr) : Le chrome, sous sa forme trivalente (Cr_2O_3) ou sous sa forme hexavalente (CrO_3), est utilisé comme pigment dans les encres vertes (comme le PG17). Le chrome (II) est un composé naturellement présent dans l'organisme, mais il est peut-être toxique. De plus, les formes hexavalentes peuvent être réduites en formes trivalentes, ce qui peut entrainer une accumulation de ses substances dans les tissus et les organes. Le risque toxique le plus commun du chrome (et de ses dérivés) est son effet sensibilisant, qui peut provoquer une dermatite, un œdème, un érythème, une urticaire, des dermites eczématiformes ou des ulcérations par exemple.

Le chrome (VI) est classé comme « agent cancérogène pour l'homme » (groupe 1) par inhalation par le CIRC, et le chrome (III) appartient au groupe 3 comme « agent inclassable quant à sa cancérogénicité pour l'homme ». Le risque carcinogène de ces éléments, lors de tatouages, ne peut donc pas être considéré.

Sa teneur maximale admise dans les produits de tatouage est de 0.2 ppm.

- **Le cuivre** (Cu) : Sous sa forme bivalente, le cuivre fait partie de la composition de pigments minéraux naturels comme l'azurite, un pigment bleu (PB30 pour sa forme synthétique), ou comme la malachite, un pigment vert (PG39 pour sa forme synthétique). Les sels de cuivre (II) sont également utilisés sous forme silicatée dans le bleu égyptien (PB31). Le cuivre est un oligoélément essentiel de notre organisme car il intervient dans le système immunitaire, dans des systèmes enzymatiques et dans la transcription des gènes.

Le cuivre et ses dérivés sont globalement nocifs par voie orale, nocifs ou irritants par inhalation et pour les yeux, et ni irritants (à l'exception du sulfate de cuivre), ni sensibilisants pour la peau. Les données concernant la toxicité chronique par le cuivre chez l'homme se limitent aux voies respiratoires.

Bien que des rares cas de cancers pulmonaires ont été imputés au cuivre et à ses composés, ils n'ont pas été évalués par le CIRC.

Sa teneur maximale admise dans les produits de tatouage est de 25 ppm.

- **Le nickel** (Ni) : Le nickel n'est pas utilisé comme pigment, mais il est souvent associé dans les minerais à des métaux comme le fer, le cobalt, le cuivre et le chrome. Le nickel est considéré comme l'un des agents sensibilisants de la peau le plus fréquent chez l'homme, avec une prévalence de 9% chez la femme et de 1% chez l'homme. Le risque de réaction d'hypersensibilité en relation avec les tatouages est donc à considérer. Certains de ses composés comme le sulfate de nickel, le chlorure de nickel et le nitrate de nickel pourraient constituer un risque d'irritation cutanée lors de tatouage, du fait de leur classification comme agents irritants pour la peau (les oxydes de nickel ne présentent pas ce caractère).

Concernant le risque oncogène du nickel, seules des études portées sur les voies respiratoires démontrent l'influence du nickel et de ses composés, le risque carcinogène de ces éléments, lors de tatouages, ne peut donc pas être considéré. Cependant, le nickel métallique est classé comme « agent peut être cancérogène pour l'homme » (groupe 2B) et ses composés sont inscrits dans le groupe 1 comme « agent cancérogène pour l'homme », par inhalation.
La ResAP(2008) admet le nickel seulement sous forme de trace dans les produits de tatouage.

- **Le plomb** (Pb) : Le plomb, sous sa forme bivalente, entre dans la composition de pigments qu'on trouve dans les encres de tatouages. C'est le cas du jaune de chrome (PY34) dans lequel il est présent sous forme de chromate de plomb (II) et de sulfure de plomb (II), ou de la cérusite (PW1) qui est une espèce minérale composée de carbonate de plomb (II). Le plomb et ses dérivés affectent le système nerveux central et périphérique, le système hématopoïétique, les organes de reproductions, le système circulatoire et les reins.

Lors de tatouage, le principal risque toxique lié au plomb et à ses composés serait ses effets néfastes sur le développement du système nerveux, et notamment chez l'enfant et chez le fœtus. Pour ce qui est des autres atteintes systémiques, il n'est pas possible de considérer le plomb provenant des encres, comme en étant à l'origine.
Le plomb, sous sa forme inorganique, est classé comme « agent probablement cancérogène pour l'homme » (groupe 2A).
La teneur maximale admise de plomb dans les produits de tatouage est de 2 ppm.

- **Le titane** $(Ti)^{127}$: Le titane est présent dans la composition des encres de tatouages, sous forme oxydée, pour ses propriétés opacifiantes et pigmentaires de couleur blanche. On retrouve le dioxyde de titane dans le blanc de titane (PW6). Dans les encres de tatouage comme dans les cosmétiques, le dioxyde de titane est présent sous forme de nanoparticules. Aucunes études ne permettent d'évaluer le risque toxique des nanoparticules de TiO_2 par voie transcutanée. En effet, les études expérimentales entreprises se focalisent seulement sur leur absorption percutanée, mais démontrent que significativement leur présence dans des ganglions (pour certains types de nanoparticules). Cependant, des études de génotoxicité révèlent que les nanoparticules de TiO_2 possèdent un potentiel toxique pour le génome.

Depuis 2006, le dioxyde de titane est classé comme « cancérogène possible pour l'homme » (classe 2B) par inhalation. Le risque carcinogène concernant le dioxyde de titane présent dans les encres de tatouages ne peut pas être considéré, bien que son statut de « cancérogène possible » ne l'exclue pas.

Tous les sels métalliques développés ci-dessus sont ceux qui sont (dans certaines encres) présents dans des concentrations supérieures à celles admises par la ResAP(2008) selon une étude danoise[18]. Les risques toxiques concernent donc principalement ces sels métalliques. Mais d'autres entrent dans la composition des tatouages, c'est le cas du cobalt, du mercure, du sélénium, de l'antimoine, de l'étain, du zinc ou encore de l'arsenic. Une autre étude[130] portant sur la composition de 56 encres de tatouages démontre que le cobalt, le manganèse et le vanadium sont détectés à un seuil supérieur de leur seuil toxique.

II.2.2.1.2. Les composés organiques

Les pigments organiques prennent une place de plus en plus importante dans les produits de tatouage. Mais certains d'entre eux pourraient constituer un risque toxique pour la santé humaine, soit directement, soit par relargage de substances toxiques. Qu'en est-il du noir de carbone, des Hydrocarbures aromatiques polycycliques, des amines aromatiques polycycliques et des phtalocyanines ?

II.2.2.1.2.1. Le noir de carbone

Le noir de carbone est un pigment organique noir très répandu dans le domaine du tatouage puisque son utilisation a traversé les époques, et puisque les tatouages sont très souvent faits à partir d'encres de couleur noire. Il est produit industriellement à partir de sources hydrocarbures, et il est souvent produit sous forme de nanoparticules dans les produits de tatouages.

Les données concernant les toxicités aigues et chroniques chez l'homme se limitent à son exposition à des poussières de noir de carbone, ceci provoquant des troubles respiratoires et oculaires. Il en est de même pour la génotoxicité, qui n'est démontrée qu'expérimentalement sur l'animal.

Des études expérimentales montrent que l'injection sous-cutanée de 300 mg noir de carbone (contenant des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)) provoque, chez la souris, des sarcomes locaux, tandis que l'injection de noir de carbone pur n'entraine aucune conséquence oncogénique. Le noir de carbone est classé par le CIRC dans le groupe 2B, comme agent peut être cancérogène pour l'homme, car il peut induire des cancers pulmonaires (notamment dans l'industrie et la production qui utilisent le noir de carbone).

Les effets sur la santé que provoquerait le noir de carbone lors du tatouage ne sont pas identifiables. Cependant, ses procédés de fabrications pourraient entrainer la synthèse de composés génotoxiques et carcinogènes que sont les HAPs.
Le Conseil de l'Europe n'a pas émis de dose maximale admissible pour le noir de carbone présent dans les encres destinées au tatouage.

II.2.2.1.2.2. Les hydrocarbures aromatiques polycycliques

Les hydrocarbures aromatiques polycycliques ou HAPs sont des molécules produites par combustion incomplète matières organiques, ou qui sont présents naturellement dans le charbon et le pétrole, par exemple. Ils constituent un groupe de plus de 100 molécules organiques. Chaque humain y est exposé par voie oral, pulmonaire et cutanée. Une grande partie d'entre eux peuvent également faire partie de la composition de produits de tatouages.
Les effets toxicologiques de tous les HAPs sont imparfaitement connus. Mais des données expérimentales montrent des effets sur la santé sur l'animal. En effet, certains HAPs pourraient induire des effets sur la reproduction, des effets systémiques sur les systèmes immunologiques, hépatiques et hématologiques, et des effets génotoxiques.
De plus, l'existence d'un risque phototoxique n'est pas à réfuter car, comme le démontre certaines études[128,129], les HAPs peuvent absorber les radiations UV et générer des espèces réactives de l'oxygène (ROS). Les ROS, comme le peroxyde d'hydrogène (H_2O_2) ou les radicaux libres superoxydes ($O_2^{\cdot -}$) et hydroxyles ($^{\cdot}OH$), s'attaqueraient par oxydation, aux éléments constitutifs des cellules (protéines, ADN, lipides membranaires…), et induiraient l'apoptose ou la nécrose cellulaire.
La grande majorité des HAPs, soit 60 molécules, sont classées par le CIRC :

- Groupe 1, « agent carcinogène pour l'homme » : seul le benzo(a)pyrene
- Groupe 2A, « agent probablement cancérogène » : 3 molécules
- Groupe 2B, « agent peut-être cancérogène » : 11 molécules
- Groupe 3, « Agent inclassable » : 45 molécules

Compte tenu de la variabilité et du nombre de HAP pouvant entrer dans la composition des encres de tatouages, il existe un risque carcinogène.
La teneur maximale admise de HAP dans les produits de tatouage est de 0.5 ppm.
La teneur maximale admise de Benzo(a)pyrene dans les produits de tatouage est de 5 ppb.

Une étude[100], dont l'objectif a été de détecter et quantifier les concentrations en HAP dans 19 encres de tatouages noires, montre la variabilité des teneurs en HAP, ainsi que le non-respect des doses admissibles (notamment pour le benz(a)pyrene). Elle démontre par exemple, que la plupart des échantillons ont une concentration en HAP totaux qui dépasse les 1µg/g, et que quelques-uns dépassent même les 100µg/g. Ainsi, une personne qui se fait tatouer une pièce de 400 cm² pourrait accumuler jusqu'à 402µg de HAP dans sa peau (avec l'encre possédant la plus forte concentration en HAP de l'étude).

II.2.2.1.2.3. Les amines aromatiques[131]

Les amines aromatiques sont des composés utilisés lors de la synthèse des colorants azoïques, mais aussi dans d'autres industries des polymères, textile, pharmaceutique… Ainsi, la population générale peut être exposée à ces molécules par les voies cutanée, respiratoire et digestive, lors d'apports alimentaires ou du tabagisme. Les colorants permettent une coloration jaune, orange, rouge, magenta ou violette des produits de tatouages.

Le problème est que ces colorants peuvent être facilement dégradés, et relarger des amines aromatiques qui sont toxiques pour l'homme. En effet, une exposition à des telles molécules peut provoquer une méthémoglobinémie, des phénomènes de rhabdomyolyse, d'atteinte rénale, hépatique, cardiaque et oculaire. L'exposition chronique peut se traduire par des réactions de sensibilisation et d'irritation, et des effets carcinogènes.

La méthémoglobinémie est un effet principal aigu faisant suite à l'exposition aux amines aromatiques, et notamment à l'aniline, à l'o-anisidine, à l'o-toluidine…

Il est aussi rapporté que l'intoxication aigüe à la paraphénylènediamine (PPD) provoque une rhabdomyolyse et une atteinte rénale. De plus, d'autres amines aromatiques, comme les dérivés monochlorophénylés de l'aniline, pourraient être néphrotoxiques. Egalement, l'exposition au méthylène dianiline (MDA) pourrait être toxique pour le système hépatique et pour le système oculaire.

L'atteinte par irritation et sensibilisation de la peau et des voies respiratoires concerne un grand nombre d'amines aromatiques à caractère sensibilisant, comme la PPD, la IPPD, la DDM, la DMPPD, la toluène diamine, etc. Donc, l'exposition transcutanée de ce type de substance toxique pourrait également provoquer des atteintes similaires.

De plus, nous savons que certaines amines aromatiques sont cancérogènes et ont pour organe cible principal la vessie, et les voies urinaires. En effet, le métabolisme des amines aromatiques peut donner naissance à des éléments susceptibles d'enclencher le processus cancérogène au niveau urothélial.

Parmi les amines aromatiques cancérogènes, on peut citer, l'o-anisidine, l'o-toluidine, la p-chloroaniline (MBOCA) (groupe 2B), la p-chloro-o-toluidine (2A), la benzidine (1), la dichlorobenzidine (2B), la naphtylamine (1), etc. Lors de tatouages, les effets carcinogènes de certaines amines aromatiques semblent représenter un risque cancérogène pour l'homme.
La ResAP(2008) fournie une liste des amines aromatiques qui ne doivent pas être présentes dans les produits servant au tatouage et au maquillage permanent, et qui ne doivent pas être libérées par les colorants azoïques, en raison de leurs propriétés cancérigènes, mutagènes, reprotoxiques et sensibilisantes (Annexe 2).

II.2.2.1.2.4. Les phtalocyanines

Les phtalocyanines sont des pigments organiques hétérocycliques synthétiques donnant une coloration bleue ou verte. Ce sont des molécules peu solubles dans de nombreux solvants et très stables aux rayonnements, à la chaleur et aux acides/bases, donc difficilement dégradable. Aucune preuve ne montre que les phtalocyanines ne possèdent pas d'effet cancérogène, ni génotoxique envers l'homme. Cependant, une exposition prolongée semble provoquer une anémie.

Concernant les autres composés organiques utilisés comme pigments dans les produits de tatouages (pyrroles, quinacridones, dioxazines et rhodamines), aucunes données concernant le risque toxique n'ont été publiées, à l'exception de l'anthraquinone. L'anthraquinone est classée comme étant un agent peut-être cancérogène pour l'homme (groupe 2B)[132].

II.2.2.2. Les risques toxiques liés aux adjuvants

Alors que le risque toxique de nombreux adjuvants comme le glycérol, l'isopropanol et le propylène glycol est infime voire inexistant, certains comme le méthanol et des silices amorphes (classées groupe 3 par le CIRC et pouvant entraîner des atteintes auto-immunes (sclérodermie)) exposent à un risque toxique, bien que celui-ci n'est pas démontré par voir transcutanée lors de tatouages. De plus, les effets toxiques de certains pigments (et adjuvants) peuvent être favorisés par des adjuvants et des solvants en modifiant leurs propriétés physicochimiques et leur cinétique, et ainsi faciliter leur pénétration dans des compartiments de l'organisme, par exemple.

II.2.3. Le risque cancérogène

Bien que le lien entre tatouage et cancer de la peau ne soit pas clairement établit et que seules des études approfondies dans ce domaine permettraient de clarifier cette situation, de nombreux cas de tumeurs bénignes et malignes en relation avec le tatouage ont été décrite. La littérature ne décrit pas moins de 50 cas de cancers de la peau[134] qui auraient un lien avec le tatouage. Parmi ceux-ci, il y a des cas de complications tumorales bénignes comme la kératose séborrhéique, le keratoacanthome et l'histiocytofibrome, ou des cas de complications tumorales malignes telles que le mélanome, le carcinome épidermoïde et de carcinome baso-cellulaire. Certains composés cancérigènes pourraient être à l'origine de telles réactions du fait de leur potentiel carcinogène. C'est le cas de nombreux sels inorganiques comme le mercure, le cadmium, l'aluminium, le cobalt, le plomb, le magnésium, le titane, le chrome et nickel, et également le cas de composés organiques comme les hydrocarbures aromatiques polycycliques et les amines aromatiques.

II.2.3.1. Les tumeurs bénignes

Il y trois types de tumeurs bénignes pouvant survenir sur un tatouage ont été recensées : la kératose séborrhéique, le kératoacanthome, et l'histiocytofibrome.

II.2.3.1.1. La kératose séborrhéique[135]

La kératose séborrhéique ou verrue séborrhéique est une affection tumorale bénigne de l'épiderme. En dehors du domaine des tatouages, cette manifestation cutanée est banale, surtout après la cinquantaine. Il s'agit de tumeurs épithéliales (à prédominance basale), bien délimitées, de 5 à 20 mm de diamètre qui sont initialement planes, peu saillantes et de couleur grise ou jaunâtre. Elle se caractérise également par une surface irrégulière et recouverte d'un enduit séborrhéique (corné et gras). Avec le temps, les lésions deviennent plus foncées, brunes ou noires, et s'épaississent.



Figure 50: Verrues séborrhéiques sur tatouages[136].

II.2.3.1.2. Le kératoacanthome[135,138]

Le kératoacanthome est une tumeur épithéliale bénigne qui est issue des structures pileuses. D'ordinaire, cette affection se manifeste plus fréquemment chez l'homme et principalement après la cinquantaine. Cliniquement, la lésion, unique, se présente comme un nodule de 10 à 20 mm de diamètre, de coloration rouge, voire légèrement bleutée, et dont la bordure est indurée et le centre est cratériforme et contient un bouchon corné. La masse de kératine s'élimine progressivement et fait place à une ulcération. La bordure s'affaisse alors lentement jusqu'à la cicatrisation. La croissance du kératoacanthome est rapide (moins de 15 jours) mais il persiste ensuite de nombreux mois avant de laisser une cicatrice atrophique. L'étiologie est inconnue, mais il se pourrait que le kératoacanthome représente une forme de défense de l'hôte qui permet l'élimination transépithéliale d'une ou de plusieurs substances nocives ou des tissus endommagés. Les pistes infectieuse, traumatique ou hyperplasique ont aussi été évoquées[139].



Figure 51 : kératoacanthome au niveau du pigment rouge d'un tatouage[137].

II.2.3.1.3. L'histiocytofibrome[135]

L'histiocytofibrome ou dermatofibrome est une tumeur conjonctive de la peau. Son étiologie est par ailleurs inconnue. Sa lésion est une papule infiltrée et ferme, faisant environ 5 mm de diamètre, qui grossit progressivement et qui peut atteindre plusieurs centimètres de diamètre. Elle est indolore, de couleur chair à rosé, mais parfois prurigineuse. Cette tumeur se localise dans le derme réticulaire. Le diagnostic est difficile même après étude histologique car l'histiocytofibrome peut prendre plusieurs formes. La résorption peut être spontanée et cicatricielle, donnant une cicatrice atrophique et hyperpigmentée.



Figure 52: Histiocytofibrome sur l'encre noire d'un tatouage[140].

II.2.3.2. Les tumeurs malignes

Les carcinomes sont les cancers cutanés les plus fréquents car ils représentent 90 % des cancers de la peau. Parmi eux, le carcinome basocellulaire est celui-ci qui est le plus souvent développé (70 %), avant le carcinome épidermoïde (20%). Le mélanome constitue un autre type de cancer cutané pouvant se manifester à la suite d'un tatouage.

II.2.3.2.1. Le carcinome basocellulaire[141,142,143]

Les carcinomes sont des affections cutanées qui se développent à partir des kératinocytes. Les carcinomes basocellulaires se développent aux dépens de cellules de la couche basale de l'épiderme. Ce type de tumeur se forme chez des sujets de phototype II, c'est-à-dire chez des individus à peau claire, qui bronze très lentement et qui fréquemment sujette à des coups de soleils. L'exposition solaire est aussi un facteur important. Aussi, il semblerait qu'une éventuelle cause traumatologique pourrait causer ce type d'affection.

L'aspect clinique du carcinome basocellulaire est variable selon le type, qui peut être nodulaire (le plus commun), superficiel ou sclérodermiforme. Mais la lésion prend généralement l'aspect d'une perle (papule translucide de 1 à 5 mm) qui peut être parfois télangiectasique (dilatation de petits vaisseaux sanguins). Cette lésion croit progressivement de manière lente, presque exclusivement localement, et elle peut se pigmenter ou s'ulcérer lors de son évolution.
Il n'y a pas de lien fondé entre le tatouage et le carcinome basocellulaire, surtout si la peau tatouée n'est pas exposée aux radiations UV, mais une étiologie traumatique lors de l'acte semble être la plus probable[141,143].



Figure 55 [141] et 56 [142]: Lésions tumorales d'un carcinome basocellulaire survenue sur des tatouages.

II.2.3.2.2. Le carcinome épidermoïde[146]

Le carcinome épidermoïde cutané, appelé également carcinome spinocellulaire ou carcinome squameux, est le second cancer cutané en termes de fréquence. Il se développe aux dépens de kératinocytes de la couche de Malpighi (*stratum spinosum*) de l'épiderme. Il peut survenir spontanément sur une peau seine, ou préférentiellement à partir de lésions précancéreuses comme les kératoses actiniques (lésion cutanée squameuse, indurée et rouge faisant suite à une photoexposition) ou comme la maladie de Bowen (carcinome épidermoïde intra-épidermique. Ces lésions précancéreuses sont bénignes mais peuvent évoluer vers un carcinome épidermoïde invasif, on parle de précurseurs non invasifs.

Comme le carcinome basocellulaire, les facteurs de risques sont multiples et l'exposition solaire, l'âge, le facteur génétique sont les principaux. Et, bien qu'étant plus rare que le carcinome basocellulaire, il est plus agressif et peut être responsable de métastases locales ou à distance.
L'aspect clinique de la lésion peut varier : la tumeur peut être croûteuse, saillante, indurée et de couleur jaunâtre avec une ulcération centrale qui peut saigner spontanément, ou la tumeur peut être verruqueuse (pour les muqueuses).



Figure 57: Lésion nodulaire ulcérée d'un carcinome épidermoïde sur tatouage[146]

II.2.3.2.3. Le mélanome[144,145]

Le mélanome malin est une affection qui semble être très rare sur un tatouage (seulement une vingtaine de cas ont été rapportés). Le mélanome est une tumeur maligne qui se développe à partir des mélanocytes, les cellules épidermiques qui synthétisent la mélanine. Ce pigment biologique qui apporte une coloration à la peau possède un rôle protecteur vis-à-vis des rayonnements ultra-violets. Ce type de cancer cutané représente 10% des cancers de la peau, et contrairement aux autres tumeurs cutanées malignes qui sont plus fréquentes, le mélanome possède un potentiel métastasique important. En France, 11 176 nouveaux cas ont été estimés par l'Institut National du Cancer en 2012, ce qui représente 3.1% de l'ensemble des nouveaux cas de cancers estimés en 2012. La proportion homme/femme était de 48%/52% en 2012. Le taux de mortalité d'un individu développant ce type de cancer se rapprocherait des 15% en 2012. La fréquence du mélanome est en augmentation depuis ces dernières décennies.

Cette tumeur se forme majoritairement sur des peaux saines et qui ne résulte que faiblement de la transformation d'un nævus (ce risque augmente cependant en fonction de la taille du nævus). De nombreuses études épidémiologiques démontrent le rôle majeur de l'exposition solaire dans le développement des mélanomes ; le facteur génétique est également important.
Cliniquement, le mélanome se caractérise par une lésion asymétrique à bords irréguliers, de diamètre supérieur à 6 mm et de couleur inhomogène (brun, noir, marron ou bleu foncé), et qui possède un caractère d'évolution récente. D'autres symptômes comme des saignements ou un prurit sont possibles. Histologiquement, le mélanome se caractérise par un envahissement intraépidermique par des mélanocytes tumoraux (phase d'extension horizontale et superficielle), d'abord se limitant à la lame basale, puis s'entendant aux couches superficielles, et une invasion du derme (phase invasive).
Un traitement chirurgical au stade de la tumeur primitive consiste en l'exérèse du mélanome. Les tumeurs qui sont à un stade plus avancé seront traitées par immunothérapie, par chimiothérapie ou radiothérapie.

L'importance de l'exposition solaire dans ce type d'affection cutanée doit amener l'individu à se protéger vis-à-vis des UV, quelquesoit l'état de la peau.
Les quelques cas de mélanomes survenant à proximité d'un tatouage ne permettent pas d'établir de véritables liens entre la pratique et le processus oncogène, d'autant plus que la cause peut être multiple (traumatisme, composés potentiellement carcinogènes ou libérant des substances carcinogènes par métabolisme cutanée, rôle des rayonnements UV, prédispositions génétiques).





Figure 58 [144] et 59 [149] : Tumeurs mélaniques malignes uniques survenues sur des tatouages.

Ces cas de cancers cutanés pourraient avoir un lien avec la pratique de tatouages permanents, mais les études et les données actuelles sont insuffisantes pour pouvoir incomber le risque carcinogène aux produits de tatouages. Mais, il est certain que les radiations UV, l'âge, le phototype et l'exposition à des co-carcinogènes en sont les facteurs de risques principaux. Actuellement, seuls quelques groupes essayent d'évaluer un éventuel lien.

Des investigations supplémentaires sont donc nécessaires afin de déterminer les concentrations de pigments et d'adjuvants injectées in-vivo, afin d'établir un lien entre les types de cancers de la peau, et des viscères, et l'injection dermique de substances potentiellement oncogènes, et afin de déterminer le risque potentiellement cancérigène de l'exposition solaire des tatouages. De plus, compte tenu des propriétés sensibilisantes, toxiques et cancérogènes des molécules faisant partie de la composition des produits de tatouages, une réglementation plus stricte concernant la fabrication de ses produits semble être indispensable.

CONCLUSION

Phénomène de mode ou œuvre d'identité, le tatouage ne cesse de prendre une place importante sur notre peau. Sa pratique se développe et concerne de plus en plus d'artistes qui, malgré l'existence et les actions du Syndicat National des Artistes Tatoueurs (SNAT), ne sont pas législativement reconnus professionnellement. Concernant les produits de tatouages, la législation française n'est que trop peu munie de textes les réglementant. En effet, au-delà de certains décrets relatifs à leurs fabrications, et aux conditions d'hygiène et de salubrité lors de la pratique du tatouage, seul le Conseil de l'Europe tente d'améliorer la sécurité des personnes et de l'environnement vis-à-vis des risques que pourraient engendrer certaines substances. Ce dernier émet, dans la résolution ResAP de 2008, des recommandations qui visent à limiter les concentrations intrinsèques de certaines substances représentant un risque sanitaire (Annexe 3). En France, le ministère des affaires sociales et de la santé a publié un arrêté (6 mars 2013) qui se base sur cette résolution ResAP, sur l'arrêté du 6 février 2001 et sur des publications scientifiques. Son but est de restreindre l'utilisation de pigments et adjuvant qui sont classés cancérogènes, mutagènes et reprotoxiques pour l'homme (CMR), mais il inclut également des substances sensibilisantes qui pourraient être à l'origine de réactions cutanés allergiques et inflammatoires. Ce texte fait suite à l'alerte émise le 13 janvier 2013 par le SNDV qui pointait du doigt la toxicité de 59 pigments, qui n'ont cependant pas été prohibés.

Bien que récemment renforcée, cette réglementation laisse des libertés aux industries étrangères qui produisent les produits de tatouages. Ainsi, les compositions sont extrêmement variables en fonction des manufacturiers et des teintes proposées. L'élément chromatique, le pigment, peut être d'origine minéral ou organique, avec des structures chimiques diverses. Depuis plusieurs années, on remarque une modification des pigments utilisés et une orientation vers les pigments organiques synthétiques, comme les colorants azoïques et les phtalocyanines, aux dépends des pigments minéraux pourtant très utilisés auparavant. Ainsi, très nombreux sont les pigments étant utilisés dans la formulation des produits de tatouage. Et très souvent, plusieurs d'entre eux sont associés dans une même encre.

De fait, la toxicité de certains de certains pigments utilisés dans les encres de tatouage est avérée. En effet, des amines aromatiques résultant de la dégradation des colorants azoïques, des dérivés de l'anthraquinone, des dérivés de la rhodamine et des hydrocarbures aromatiques polycycliques possèdent des propriétés cancérigènes, mutagènes, reprotoxiques (CMR) et/ou sensibilisantes. De plus, certains éléments toxiques, comme les métaux lourds, qui proviennent de pigments inorganiques sont présent dans les produits de tatouage. Egalement, d'autre métaux comme le nickel et le chrome sont considérés comme sensibilisants.
Les pigments sont associés à des adjuvants tout aussi abondants et variables, bien que certains d'entre eux comme l'eau, le glycérol et des dérivés alcooliques soient récurrents. Ces ingrédients (comme le stipule le CSP), trop nombreux et difficilement identifiables, ne sont pas toujours dénués de toxicité pour l'homme. De plus, la réglementation commune à celle des produits cosmétiques semble inadaptée à cette pratique qui expose l'organisme à des substances de manière tout à fait éloignée de celle des cosmétiques.

Etant donné la richesse des pigments et des adjuvants, ainsi que la mince traçabilité des produits de tatouage, il est déjà difficile d'identifier les substances auxquelles l'homme est exposé lors de la pratique. D'autant plus que le tatoueur détient une technique qui lui est propre et qu'il peut être amené à modifier personnellement les produits de tatouages qu'il va utiliser lors de celle-ci. Des rapports et des études in vitro ont permis d'identifier les composants de ces encres, et d'en évaluer leur teneur, mais aucune étude in vivo ne permet de quantifier les pigments qui sont introduits dans le derme. De plus, le devenir de telles molécules dans l'environnement cutané demeure flou. Il donc très difficile de corréler le caractère toxique et/ou sensibilisant de certaines substances présentes dans ces encres avec la survenue de complications inflammatoires, immunitaires, toxiques et tumorales. Cependant, certaines substances, comme le nickel, le chrome et certaines amines aromatiques polycycliques, sont connues comme étant sensibilisantes. De plus, le risque infectieux est irréfutable mais indépendant de la composition du produit de tatouage. Ce dernier risque est bien contrôlé puisque chaque artiste est dans l'obligation de suivre une formation sur les risques liés à l'effraction cutanée, sur l'hygiène et la salubrité.

Compte tenu de l'augmentation de la prévalence des individus tatoués au sein de la population générale européenne et de l'agrandissement de la surface cutanée dédiée au tatouage, les conséquences ne se limitent pas seulement aux risques que représente l'exposition de l'organisme à des substances exogènes. En effet, des pratiques médicales comme l'imagerie, la ponction, l'anesthésie ou même la chirurgie, qui doivent intervenir sur des zones tatouées pourraient également entrainer des difficultés de réalisation, des effets indésirables et même des complications.

De plus, le caractère irréversible des tatouages permanents et la nature souvent impulsive des démarches à l'origine de leurs réalisations, font parfois naitre un sentiment de regrets à son égard. Dans ce cas, l'individu s'affaire au détatouage. Ainsi, la pratique de ces méthodes abrasives qui s'exerce par exérèse de la peau, par élimination ou par fragmentation du pigment, n'a de cesse de se développer.

Actuellement, des recherches sur de nouvelles encres micro-encapsulées ont lieu. Et, cette technologie d'encre pourrait bien devenir une alternative aux risques allergiques et inflammatoires que posent aujourd'hui les produits de tatouage permanents, mais aussi aux méthodes abrasives que constitue le détatouage.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

[1] Müller E. *Poétique du « sauvage » – Une pratique du tatouage dans le monde contemporain.*. Th D Socio, Strasbourg, 2012.
[2] Kluger N. *Tatoués, qui êtes-vous? Caractéristiques démographiques et comportementales des personnes tatouées*. Annales de Dermatologie et de Vénéréologie. 2015, vol.142 (6-7), p.410-420.
[3] Cuyper C , Cotapos M.L. *Tattoos, Piercings and Permanent Make-Up*. Dermatologic Complications with Body Art. 2010, p.13-28.
[4] Kluger N. *Tatouages permanents : état de l'art en 2008*. Images en Dermatologie. 2008, vol.I (1), p.32-36.
[5] Grognard C. *Dermopigmentation*. EMC - Cosmétologie et Dermatologie esthétique. 2007, p1-7.
[6] MINISTERE DE LA SANTE PUBLIQUE. *Décret n°2008-210 du 3 mars 2008 - art. 2 du code de la santé publique*. **[en ligne]** article R513-10-5. Disponible sur : http://www.legifrance.gouv.fr/affichCodeArticle.do[...]Lien=cid (Consulté le 15/05/2015)
[7] Personal Care Products Council. *INCI*. **[en ligne].** Disponible sur : http://www.personalcarecouncil.org/science-safety/inci. (Consulté le 02/05/2015)
[8] Society of dyers and colourists. *Colour Index.* **[en ligne].** Disponible sur : http://www.colour-index.com/ (Consulté le 03/05/2015)
[9] Myers D.G. *The color of art pigment*. **[en ligne]**. (modifié en 2013). Disponible sur : http://www.artiscreation.com/ (consulté le 20/05/2015)
[10] A Division of the American Chemical Society, CAS. CAS registry and CAS registry number FAQs. **[en ligne].** Disponible sur : http://www.cas.org/content/chemical-substances/faqs (Consulté le 03/05/2015)
[11] ACS, Chemistry for life. Chemical Abstracts Service. **[en ligne]**. Disponible sur : http://www.acs.org/content[...]cas.html (Consulté le 03/05/2015)
[12] Bocca B. *Heavy metals in tatoo inks*. [POWERPOINT]. **[en ligne]**. 2013. Disponible sur : http://www.bfr.bund.de/cm/343/heavy-metals-in-tattoo-inks.pdf
[13] Forte G. , Petrucci F. , Cristaudo A. , Bocca B. *Market survey on toxic metals contained in tattoo ink.* Elsevier LTD. 2009. Vol.407 (23), p.5997-6002.
[14] MINISTRY OF HEALTH (NEW ZELAND). *Survey of selected samples of tattoo inks for the presence of heavy metals.* Wellington: 2013, 25p.
[15] Tattoo Ink Chemistry. *About.com chemistry*. **[en ligne]** Disponible sur : http://chemistry.about.com/library/weekly/aa121602a.htm (consulté le 20/06/2015)
[16] Pourpre.com. **[en ligne].** (modifié le 21/11/2012). Disponible sur : http://pourpre.com/ (consulté le 07/03/2015)
[17] Prior G. *Tattoo inks: legislation, pigments, metals and chemical analysis*. Current Problems in Dermatology. 2015, n°48 p.152-157.
[18] Danish Technological Institute. *Chemical Substances in Tattoo Ink*. Survey of chemical substances in consumer products. 2012, no.116, 155p.
[19] Institut National de Recherche et de Sécurité. *Noir de carbone*. Fiche toxicologique FT 264. 2007, 8p.
[20] World Health Organization International Agency for Research on Cancer. *Carbon black, Titanium dioxyde, and Talc*. IARC Monographs. 2010, vol.93, p.43-190. **[en ligne]** Disponible sur : http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol93/mono93.pdf
[21] Institut National de Recherche et de Sécurité. *Hydrocarbures aromatiques polycycliques.* Fiche toxicologique ED 4226. 2011, 6p
[22] Université Virtuelle Environnement et Développement Durable. *Les hydrocarbures aromatiques*. 2006, séquence 2, 14p.
[23] Doornaert B., Pichard A. *Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAPs)*. 2003, 64p.
[24] Chetioui S. *Structures et propriétés physico-chimiques de substances colorantes de synthèse*. Mémoire de Magister, Chimie. Algérie : Université Mentouri Constantine. 2010, 180p. Disponible sur : http://www.umc.edu.dz/buc/theses/chimie/CHE5858.pdf
[25] Metzger J. *Amines*. Encyclopædia Universalis. **[en ligne].** 2015. Disponible sur : http://www.universalis.fr/encyclopedie/amines/
[26] Mili A. *Synthèse et propriétés d'azo-structures chromogènes*. Mémoire de Magister, Chimie. Algérie : Université Mentouri Constantine : 2009, p.13-74. Disponible sur : http://www.umc.bu.umc.edu.dz/theses/chimie/MIL5539.pdf
[27] Kadish K., M, Smith K.M., Guilard R. *The Porphyrin Handbook: Applications of phthalocyanines*. 2003, vol.19 chap 119, p.105-146.
[28] Löbbert G. *Phthalocyanines*. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. 2002.
[29] Wyart D. *Colorants et pigments*. Ed Techniques Ingénieur. 2010, 13p.
[30] Dufossé, L. *Anthraquinones, the Dr Jekyll and Mr Hyde of the food pigment family.* Food Reseach International. 2014, vol.65, Part B, p.132-136.
[31] World Health Organization International Agency for Research on Cancer. *Anthraquinones.* IARC Monographs. 2012, vol.10, p.41-70. **[en ligne]** Disponible sur : http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol101/mono101-001.pdf
[32] Kai Shen, Gondal M.A., *Removal of hazardous Rhodamine dye from water by absorption onto exhausted coffee ground*. Journal of Saudi Chemical Society. 2013, 8p.
[33] Phamacopée européenne 5ème édition. Diverses monographies.
[34] Martini MC. *"Excipients" en cosmétologie*. EMC - Cosmétologie et Dermatologie esthétique. 2006, 9p.
[35] Hamzaoui H. *Les résines thermoplastiques*. JDV de Nancy. 2005, 25p.
[36] Decoster A. *Classification des bactéries*. FLM, 3p.
[37] Kurt-W. Lüthi. *La conformité des couleurs pour le tatouage et le maquillage permanent n'est pas satisfaisante.* Protection des consommateurs. 2009, bull. 29, p.19-25.
[38] U. Hauri. *Pigments, Preservatives and Impurities in Tattoo Inks*. First International Conference on Tattoo Safety. **[POWERPOINT]**, **[en ligne]**. 2013.
[39] Made in tattoo. *Guide du tatouage*. **[en ligne]**. Disponible sur : http://made-in-tattoo.com/
[40] Quinard J-F. Note de cours : Physiologie – pathologie cutanée. Université de Bordeaux. 2011.
[41] Crickx B. *Histologie et histophysiologie de la peau et de ses annexes*. Annales de Dermatologie et de Vénéréologie. 2005, p.5-48
[42] Wheater P.R., Young B., W. Heath J. *Histologie fonctionnelle*. 2001, 413p.
[43] Crickx B. *Les grandes fonctions de la peau*. Annales de Dermatologie et de Vénéréologie. 2005, p.49-68
[44] Cribier B., Grosshans E. *Hsitologie de la peau normale et lésions histopathologiques élémentaires*. Encyclopédie Médico-Chirurgicale. 2002, 15p.
[45] Vuibert. *Schéma – La peau*. **[Image en ligne]**. Disponible sur : http://www.concours.vuibert.fr/contenu/sch-ma-la-peau
[46] Messahel A[1], Musgrove B. *Infective complications of tattooing and skin piercing*. Journal of Infection and Public Health. 2009, vol.2 (1), p.7-13.
[47] bmezine.com encyclopedia. *Impétigo-2*. **[Image en ligne]**. Disponible sur : http://wiki.bme.com/images/f/fa/Impetigo-2.jpg
[48] Kluger N. *.Acute complication of tattoing presenting in the ED*. American journal of Emergency Medecine. 2012, vol.30, p.2055-2063.
[49] Mebazaa A., Mokni M. *Tuberculose cutanée*. Dermatologie infectieuse. 2014, vol. 24, chap. 2, p.107-116.
[50] Tigoulet F., Fournier V., Caumes E. *Formes cliniques de la tuberculose cutanée*. Bulletin de la Société de la Pathologie Exotique. 2003, vol.96 (5), p.362-367.
[51] Cihangir Aliağaoğlu , Mustafa Atasoy , Ali İhsan Güleç. *Tuberculosis Verrucosa Cuti*. European Journal of General Medecine .2009, vol.6 (4), p.268-273.
[52] Ghorpade A. *Tattoo inoculation lupus vulgaris in two Indian ladies*. European Academy of Dermatology and Venereology. 2006, vol .20, p.476-477.
[53] Flageul B. *Lèpre. Maladie de Hansen*. Encyclopédie Médico-Chirurgicale - Dermatologie. 2010, 98-370-A-10, 16p.
[54] Ghorpade A. *Ornamental tattoos and skin lesions*. The International Society of Dermatology. 2009, vol.48, p.11-13.
[55] Ghorpade A. *Inoculation (tattoo) leprosy: a report of 31 cases*. Journal of the European Academy of Dermatology and Venereology. 2002, vol.16 (5), p.494-499.

[56] Bonnetblanc J.-M. *Chancre mou*. Annales de Dermatologie et de Vénéréologie. 2007, vol.134, p.405-406

[57] Embarrassing body. Lésion cutanée d'un chancre mou. **[Image en ligne]**. Disponible sur : http://www.channel4embarrassingillnesses.com[...]294

[58] Foucher A., Martinez V. *Tétanos*. Encyclopédie Médico-Chirurgicale. 2007, Traité de Médecine Akos, 4-1180, 5p.

[59] Collège des Enseignants en Dermatologie de France. *Maladies sexuellement transmissibles : syphilis primaire et secondaire*. Annales de Dermatologie et de Vénéréologie. 2012, vol.132 (95), p.A62-A68.

[60] Kluger N., Guillot B. *Les Annales de Dermatologie et de Syphiligraphie : chancres syphilitiques multiples consécutifs au tatouage*. Annales de Dermatologie et de Vénéréologie. 2009, vol.136, p.393-394.

[61] Bachara C., Macheras E., Heym B., Pages A., Auffret N., *Mycobacterium abscessus skin infection after tattoing: First case report and review of the literature*. Dermatology. 2010, vol.221, p.1-4.

[62] Binic I., Jankovic A., Ljubenovic M. *Mycobacterium chelonae infection due to a black ink dilution*. American Journal of Clinical Dermatology. 2011, vol.12 (6), p.404-406.

[63] Kluger N., Comte C., Guillot B. *Molluscum contagiosum sur tatouage*. Annales de Dermatologie et de Vénéréologie. 2007, Vol.134, p.506-507.

[64] Ruiz-Villaverde R., Sanchez-Cano D. *Pearled papules over tattoo : Molluscum contagiosum*. The Pan African Médical Journal. 2013, vol.16, p.49.

[65] Brajac I., Loncarek K., Stojnic-Sosa L., Grubert F. *Delayed onset of warts over tattoo mark provoked by sunburn*. Journal of the European Academy of Dermatology and Venereology. 2005, vol.19 (2), p.247-248.

[66] Trefzer U., Schmollack K.P., Stockfleth E., Sterry W., Kolde G. *Verrucae in a multicolored decorative tattoo*. Journal of American Academy of Dermatology. 2004, vol.50 (3), p.478-479.

[67] Agence de la santé publique du Canada. *Virus de la vaccine*. **[en ligne]**. 2010. Disponible sur : http://www.phac-aspc.gc.ca/lab-bio/res/psds-ftss/vaccinia-virus-fra.php

[68] Health Canada, Laboratory Centre for Disease Control, Bureau of Infectious Diseases. *Infection Prevention and control practices for personal services: tattooing, ear/body piercing, and electrolysis*. 1999, vol.25 (suppl.3), p.1-73.

[69] Laurent R. *Herpès*. Encyclopédie Médico-Chirurgicale. 2005, Traité de Médecine Akos, 2-0697, 8p.

[70] Laurent R. *Varicelle – Zona*. Encyclopédie Médico-Chirurgicale. 2005, Traité de Médecine Akos, 2_0698, 6p.

[71] Pol S., Mallet V., Dhalluin V., Fontaine H. *Hépatites virales*. Encyclopédie Médico-Chirurgicale. 2007, Maladies infectieuses, 8-065-F-10, 32p.

[72] MINISTERE DE LA SANTE PUBLIQUE. République du Cameroun. *Tableau de classification OMS des stades cliniques de l'infection à VIH de l'Adulte*. Guide national de prise en charge des personnes vivant avec le VIH/SIDA. Disponible sur : http://collections.infocollections.org/whocountry/fr/d/Js6882f/6.2.html

[73] D. Chabasse, N. Contet-Audonneau. *Dermatophytes et dermatophytoses*. Encyclopédie Médico-Chirurgicale. 2001, Maladies infectieuses, 8-614-A-10, p.1-15.

[74] Brancaccio RR, Berstein M, Fisher AA, Shalita AR. *Tinea in tattoos*. Cutis. 1981, vol.28 (5), p.541-542.

[75] Ammirati CT. *What is your diagnosis? Tinea in tattoo*. Cutis. 2004, vol.73 (4), p.228–232.

[76] R. Herbrecht, V. Letscher-Bru, D. Chabasse. *Zygomycoses (I) : généralités et mucormycoses*. Encyclopédie Médico-Chirurgicale. 2013, Maladies infectieuses, 8-614-B-10, vol.10 (3), p.1-10.

[77] Parker C, Kaminski G, Hill D. *Zygomycosis in a tattoo, caused by Saksenaea vasiformis*. Australasian Journal of Dermatology. 1986, vol.27, p.107-111.

[78] Jean-Jacques Morand, Jérôme Maslin. *Sporotrichose*. Encyclopédie Médico-Chirurgicale. 2003, Maladies infectieuses, 8-604-A-10, p.1-8 .

[79] Choong, K. Y. and Roberts, L. J. *Ritual Samoan body tattooing and associated sporotrichosis*. Australasian Journal of Dermatology.1996, vol.37, p.50–53.

[80] Alexandridou A., Reginald AY, Stavrou P, Kirkby G.R. *Candida Endophthalmitis After Tattooing in an Asplenic Patient*. Archives of Ophtamology. 2002, vol.120, p.518-519.

[81] Kluger, N., Saarinen, K. Aspergillus fumigatus *infection on a home-made tattoo*. British Journal of Dermatology. 2014, vol.170, p.1373-1375.

[82] Colebunders R, Depraetere K, Verstraeten T, *et al*. *Unusual cutaneous lesions in two patients with visceral leishmaniasis and HIV infection*. Journal of the American Academy of Dermatology. 1999, vol.41, p.847-850.

[83] Garcia-Lazaro M., Villar C., Natera C., Rivero A *Sobreelevacio´n de tatuaje en un paciente infectado por virus de la inmunodeficiencia humana.* Enfermedades Infecciosas y Microbiologica Clinica. 2009, vol.27 (10), p.602–604.

[84] Papameletiou D., Zenié A., Schwela D, Bäumler W. *Risks and heal effects from tattoos, body piercing and related pratices*. European commission, IHCP. 2003, 30p.

[85] Kluger N. *Complications infectieuses cutanées associées au tatouage permanent*. Médecine et maladies infectieuses. 2011, vol.41 (3), p.115-122.

[86] Kluger N, Plantier F, Moguelet P, Fraitag S. *Les tatouages : histoire naturelle et histopathologie des réactions cutanées*. Annales de dermatologie et de vénéréologie. 2010, vol.138, p.146-154.

[87] Cruz FA., Lage D, Frigerio RM *et al. Reactions to the different pigments in tattoos: a report of two cases*. The journal Anais Brasileiros de Dermatologia. 2010, vol.85 (5), p.708–711.

[88] Variot G., Morau H. *Etude microscopique et expérimentale sur les tatouages européens*. Bulletins de la Société d'anthropologie de Paris. 1887, III° Série, tome 10, p.730-736.

[89] Sowden JM, Byrne JP, Smith AG, Hiley C, Suarez V, Wagner B, Slater DN. *Red tattoo reactions: X-ray microanalysis and patch-test studies*. British Journal of Dermatology. 1991, vol.124 (6), p.576-580.

[90] Gallo R., Parodi A., Cozzani E., Guarrera M. *Allergic reaction to India ink in a black tattoo*. Contact dermatitis. 1998, vol.38, p.346-347.

[91] Laszlo Biro, William Paul Klein. *Generalized Eczematous Eruption Following Laceration of a Tattoo*. Archives of Dermatology. 1967, vol.96 (2), p.165-167.

[92] Körner R., Pföhler C., Vogt T., Müller CS. *Histopathology of body art revisited - analysis and discussion of 19 cases*. Journal der Deutschen Dermatologischen Gesellschaft. 2013, vol.11(11), p.1073-1080.

[93] Juhas E., English III J.-C. *Tattoo-associated complications*. Journal of Pediatric and Adolescent Gynecology. 2013, vol.26, p.125-129.

[94] Bagwan, I. N., Walker, M. and Theaker, J. M. *Granuloma annulare-like tattoo reaction*. Journal of Cutaneous Pathology. 2007, vol.34, p.804–805.

[95] Kamyab K., Jamshidi S., Ghasemi H., Seraj M. *A rare type* of *reaction* to *tattoo materials*: *A granuloma annulare-like reaction.* Iranian Journal of Dermatology. 2011, vol.14 (1), p.35-36.

[96] A.-S. Dupond. *Lichen plan et dermatoses lichénoïdes*. Encyclopédie Médico-Chirurgicale. 2014, Dermatologie, 98-525-A-10, vol.9 (2), p.1-11.

[97] Adams DR, Eid MP, Badreshia S, Ammirati CT. *A violaceous plaque*. Journal of the American Academy of Dermatology. 2006, vol.54, p.185-187.

[98] Jacks SK, Zirwas MJ, Mosser JL. *A case of a generalized lichenoid tattoo reaction*. Journal of Clinical Aesthetic Dermatology. 2014, vol.7 (8), p.48-50.

[99] Corazza M, Zampino MR, Montanari A, Pagnoni A, Virgili A. *Lichenoid reaction from a permanent red tattoo: has nickel a possible aetiologic role?* Contact Dermatitis. 2002, vol.46 (2), p.114-115.

[100] Gaudron S, Ferrier-Le Bouëdec MC, Franck F, D'Incan M. *Azo pigments and quinacridones induce delayed hypersensitivity in red tattoos*. Contact Dermatitis. 2015, vol.72 (2), p.97-105.

[101] Litak, J., KE, M. S., Gutierrez, M. A., Soriano, T. and Lask, G. P. *Generalized Lichenoid Reaction from Tattoo*. Dermatologic Surgery. 2007, vol.33, p.736–740.

[102] M. Caucanas, L. El Hayderi, E. Lebas, B. Richert, B. Dezfoulian, A.-F. Nikkels. *Complications dermatologiques des tatouages définitifs et temporaires*. Annales de Dermatologie et Vénéréologie. 2011, vol.138 (2), p.161-162.

[103] Kluger N, Vermeulen C, Moguelet P, Cotten H, Koeb MH, Balme B, Fusade T. *Cutaneous lymphoid hyperplasia (pseudolymphoma) in tattoos: a case series of seven patients*. Journal of the European Academy of Dermatology and Venereologie. 2010, vol.24 (2), p.208-213.

[104] Gardair Bouchy C., Kerdraon R., Kluger N., Armingaud P., Wakosa A., Estève E. *Hyperplasie lymphoïde chronique (pseudolymphome) sur l'encre rouge de tatouage*. Annales de Pathologies. 2013, vol.33 (4), p.273-277.

[105] N. Ortonne. *Infiltrats lymphocytaires cutanés bénins*. Encyclopédie Médico-Chirurgicale. 2014, Dermatologie, 98-675-A-10, vol.9 (2), p.1-9.

[106] Campolmi P, Bassi A, Bonan P, Cannarozzo G, Gola M, Rossi Degl'Innocenti D, Lotti T, Massi D. *Cutaneous pseudolymphoma localized to black tattoo*. Journal of the American Academy of Dermatology. 2011, vol.65 (5), p.155-157.

[107] Marchesi A, Parodi PC, Brioschi M, Marchesi M, Bruni B, Cangi MG, Vaienti L. *Tattoo ink-related cutaneous pseudolymphoma: a rare but significant* complication. Case report and review of the literature. Aesthetic Plastic Surgery. 2014, vol.38 (2), p.471-418.

[108] Kluger N, Debu A, Girard C, Bessis D, Guillot B. *Psoriasis sur tatouage*. La Presse Medicale. 2009, vol.38 (2), p.338-339.

[109] Orzan OA, Popa LG, Vexler ES, Olaru I, Voiculescu VM, Bumbăcea RS. *Tattoo-induced psoriasis*. Journal of Medecine and Life. 2014, vol.7 (Spec No.2), p.65-68.

[110] Arias-Santiago S., Espiñeira-Carmona M.-J., Aneiros-Fernández J. *The Koebner phenomenon: psoriasis in tattoos*. Canadian Medical Association Journal. 2013, vol.185 (7), p.585.

[111] C. Francès. *Manifestations cutanées des lupus érythémateux*. Encyclopédie Médico-Chirurgicale. 2008, Dermatologie, 98-495-A-10, p.1-16.

[112] Jolly M. *Discoid lupus erythematosus after tattoo: Koebner phenomenon*. Arthritis and Rheumatology. 2005, vol.53 (4), p.627.

[113] T. Passeron. *Troubles pigmentaires*. Encyclopédie Médico-Chirurgicale. 2011, AKOS (Traité de Médecine), 2-0660, p.1-10.

[114] Kluger N., Trouche F. *Vitiligo sur tatouage*. Annales de Dermatologie et de Vénéréologie. 2011, vol.138, p.549-550.

[115] C. Francès, S. Barete, D. Lipsker. *Morphées*. Encyclopédie Médico-Chirurgicale. 2010, Dermatologie, 98-505-B-10, p.1-10.

[116] Kluger N, Mathelier-Fusade P, Moguelet P. *Scleroderma-like reaction restricted to the red parts of a tattoo*. Acta Dermato-Venereologica. 2009, vol.89 (1), p.95-96.

[117] B. Chaput, M. Courtade-Saïdi, G. de Bonnecaze, *et al*. *Anomalies de la cicatrisation*. Encyclopédie Médico-Chirurgicale. 2012, Techniques chirurgicales - Chirurgie plastique reconstructrice et esthétique, 45-011, vol.7 (2), p.1-12.

[118] Kluger N, Hakimi S, Del Giudice P. *Keloid occurring in a tattoo after laser hair removal*. Acta Dermato-Venereologica. 2009, vol.89 (3), p.334-335.

[119] Hessert MJ, Devlin J. *Ink sick: tattoo ink hypersensitivity vasculitis*. American Journal of Emergency Medicine. 2011, vol.29 (9), p.1237.e3-4.

[120] Kluger N., Jolly M., Guillot B. *Tattoo-induced vasculitis*. Journal of the European Academy of Dermatology and Venereology. 2008, vol.22 (5), p.643-6444.

[121] Bagnato GF., De Pasquale R., Glacobbe O., *et al. Urticaria in a tattooed patient*. Allergology and Immunopathology. 1992, vol.27, p.32-33.

[122] Crepy M. N. *Photosensibilisation, cancers cutanés et exposition professionnelle aux ultraviolets*. DMT allergologie-dermatologie professionnelle. 2004, N°97, 97TA 69, p.109-119.

[123] Kazandjieva J., Tsankov N., MD. *Tattoos: dermatological complications*. Clinics in dermatology. 2007, vol.25, p.375- 382.

[124] Miljøstyrelsen. *Chemical Substances in Tattoo Ink*. Suvey of chemical substances in consumer products. 2012, n°116, 155p.

[125] Colin A. Grant, Peter C. Twigg, Richard Baker, Desmond J. Tobin. *Tattoo ink nanoparticles in skin tissue and fibroblasts*. Beilstein : Journal of Nanotechnology. 2015, vol.6, p.1183-1191.

[126] Engel E, Santarelli F, Vasold R, Maisch T, Ulrich H, Prantl L, *et al*. *Modern tattoos cause high concentrations of hazardous pigments in skin*. Contact Dermatitis. 2008, vol.58 (4), p.228-233.

[127] AFSSAPS. *Etat des connaissances relatif aux nanoparticules de dioxyde de titane et d'oxyde de zinc dans les produits cosmétiques en termes de pénétration cutanée, de génotoxicité et de cancérogenèse*. AFSSAPS : rapport relatif aux nanomatériaux dans les produits cosmétiques. 2011, 54p.

[128] Grote M, Schüürmann G, Altenburger R. *Modeling photoinduced algal toxicity of polycyclic aromatic hydrocarbons*. Environmental Science and Technology. 2005, vol.39 (11), p.4141-4149.

[129] Regensburger J, Lehner K, Maisch T, Vasold R, Santarelli F, Engel E, Gollmer A, König B, Landthaler, M, Bäumler. W. *Tattoo inks contain polycyclic aromatic hydrocarbons that additionally generate deleterious singlet oxygen*. Experimental Dermatology. 2010, vol.19 (8), p.e275-281.

[130] Forte G, Petrucci F, Cristaudo A, Bocca B. *Market survey on toxic metals contained in tattoo inks*. Science of the Total Environment. 2009, vol.407 (23), p.5997-6002.

[131] A.-F. Villa, F. Conso. *Amines aromatiques*. Encyclopédie Médico-Chirurgicale. 2004, Pathologie professionnelle et de l'environnement, 16-046-S-30, 12p.

[132] World Health Organization International Agency for Research on Cancer. *Some chemicals present in industrial and consumer products, food and drinking-water*. Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. 2012, vol.101, p.41-70.

[133] Fiches toxicologiques des éléments de l'INRS et de l'INERIS.

[134] Kluger N., Koljonen V. *Tattoos, Inks and cancer*. The Lancet Oncology. 2012, vol.13 (4), p.e161-168.

[135] Gautier-Gougis MS. *Tumeurs cutanées*. Encyclopédie Médico-Chirurgicale. 1998, AKOS (Traité de Médecine), 2-0720, p.1-6 .

[136] Valerón-Almazán P, Bastida J, Rivero P, Vilar J, *et al. Human papillomavirus-induced lesions on tattoos may show features of seborrheic keratosis*. Archives of Dermatology. 2011, vol.147 (3), p.370.

[137] Airton dos Santos Gon , Lorivaldo Minelli, Marcela Cristina Garbosa Meissner. *Keratoacanthoma in a tattoo*. Dermatology Online Journal. 2009, vol.15 (7), p.9.

[138] Fraga GR, Prossick TA. *Tattoo-associated keratoacanthomasa series of 8 patients with 11 keratoacanthoma*s. Journal of Cutaneous Pathology. 2010, vol.37 (1), p.85-90.

[139] Goldenberg G, Patel S, Patel MJ, Williford P, Sangueza O. *Eruptive squamous cell carcinomas, keratoacanthoma type, arising in a multicolortattoo*. J ournal of Cutaneous Pathology. 2008, vol.35 (1), p.62-64.

[140] Lobato-Berezo A, Churruca-Grijelmo M, Martínez-Pérez, *et al. Dermatofibroma Arising within a Black Tattoo*. Case Reports in Dermatological Medicine. 2014:745304.

[141] Birnie AJ, Kulkarni K, Varma S. *Basal cell carcinoma arising in a* tattoo. Clinical and Experimental Dermatology. 2006, vol.31 (6), p.820-821.

[142] Omidian M, Emad-Mostofi N. *Basal cell carcinoma arising from traditional tattoo*. Archivers of Iranian Medicine. 2009, vol.12 (2), p.198.

[143] Noodleman FR, Pollack SV. *Trauma as a possible etiologic factor in basal cell carcinoma*. Journal of Dermatologic Surgery and Oncology. 1986, vol.12 (8), p.841-816.

[144] Körner R, Pföhler C, Vogt T, Müller CS. *Histopathology of body art revisited - analysis and discussion of 19 cases*. Journal der Deutschen Dermatologischen Gesellschaft. 2013, vol.11 (11), p.1073-1080.

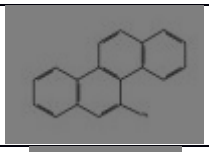
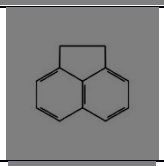
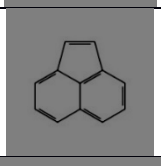
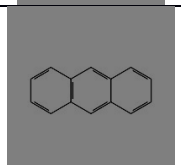
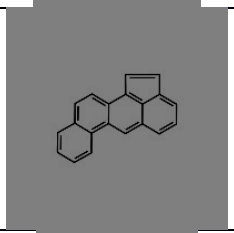
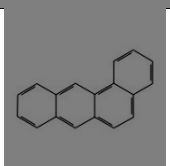
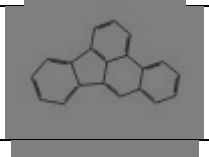
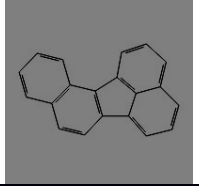
[145] Kluger N, Saarinen K. *Mélanome sur un tatouage ancien*. La Presse Médicale. 2015, vol.44 (4 Pt 1), p.473-475.

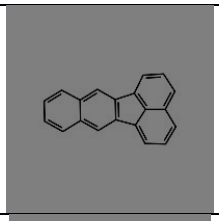
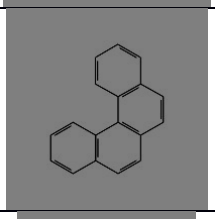
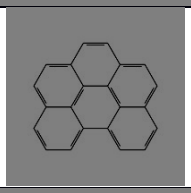
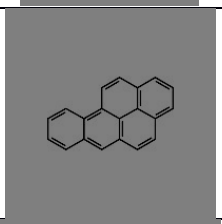
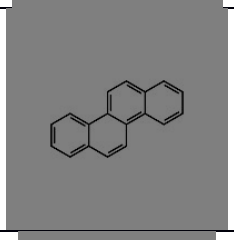
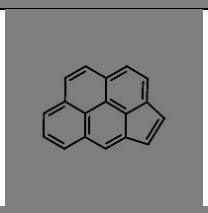
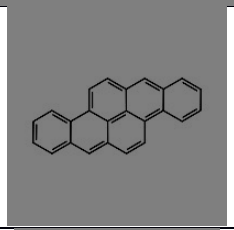
[146] Pitarch G, Martínez-Menchón T, Martínez-Aparicio A, *et al*. *Squamous cell carcinoma over tattoos*. Journal of American Academy of Dermatology. 2007, vol.56 (6), p.1072-1073.

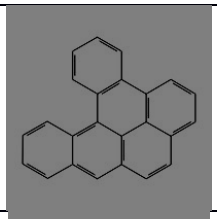
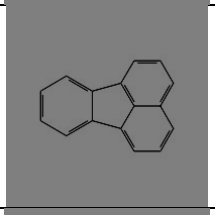
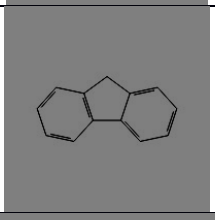
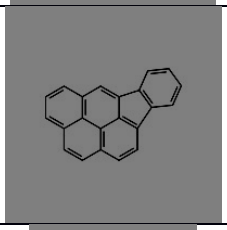
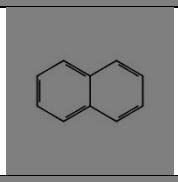
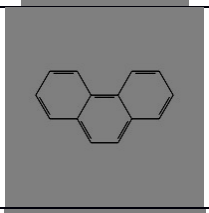
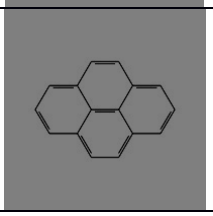
[147] Kluger N, *et al. Tattoos, inks and cancers: facts and controversies*. Acta Dermato-Venereologica. **[POWERPOINT]**, **[en ligne]**. 2013. Disponible sur : http://www.bfr.bund.de/cm/343/tattoos-inks-and-cancer.pdf

Annexe 1

Hydrocarbures aromatiques polycycliques faisant l'objet d'un risque cancérigène chez l'homme (liste établie par le CIRC)

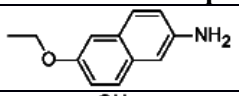
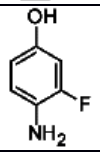
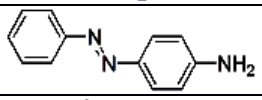
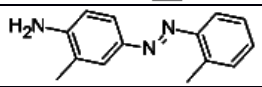
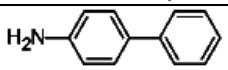
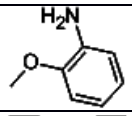
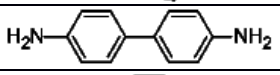
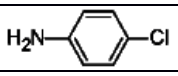
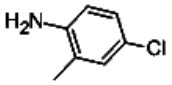
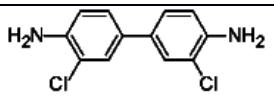
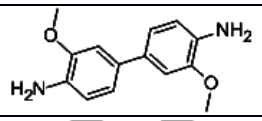
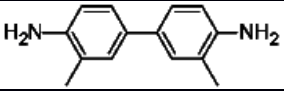
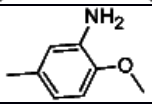
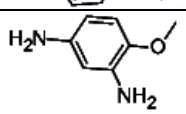
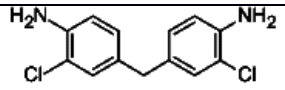
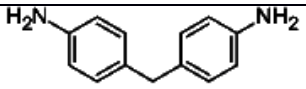
Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (Nom IUPAC)	**CAS**	**Formule brute**	**Structure moléculaire**
5-méthylchrysène	3697-24-3	$C_{19}H_{14}$	
Acénaphtène	83-32-9	$C_{12}H_{10}$	
Acénaphtylène	208-96-8	$C_{12}H_8$	
Anthracène	120-12-7	$C_{14}H_{10}$	
Benz(*j*)aceanthrylène	202-33-5	$C_{20}H_{12}$	
Benz(*a*)anthracène	56-55-3	$C_{18}H_{12}$	
Benzo(*b*)fluoranthène	205-99-2	$C_{20}H_{12}$	
Benzo(*j*)fluoranthène	205-82-3	$C_{20}H_{12}$	

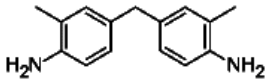
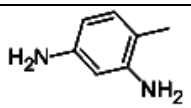
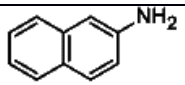
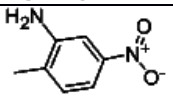
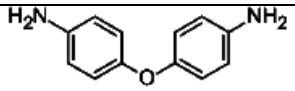
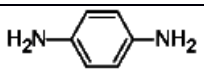
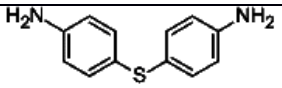
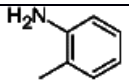
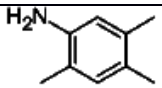
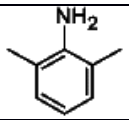
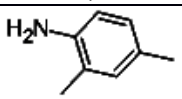
Benzo(*k*)fluoroanthène	207-08-9	$C_{20}H_{12}$	
Benzo(*c*)phenanthrène	195-19-7	$C_{18}H_{12}$	
Benzo(*ghi*)perylène	191-24-2	$C_{22}H_{12}$	
Benzo(*a*)pyrène	50-32-8	$C_{20}H_{12}$	
Chrysène	218-01-9	$C_{18}H_{12}$	
Cyclopenta(*c,d*)pyrène	27208-37-3	$C_{18}H_{10}$	
Dibenzo(*a,h*)anthracène	53-70-3	$C_{22}H_{14}$	
Dibenzo(*a,h*)pyrène	189-64-0	$C_{24}H_{14}$	
Dibenzo(*a,i*)pyrène	189-55-9	$C_{24}H_{14}$	

Dibenzo(*a,l*)pyrène	191-30-0	$C_{24}H_{14}$	
Fluoranthène	206-44-0	$C_{16}H_{10}$	
Fluorène	86-73-7	$C_{13}H_{10}$	
Indeno[1,2,3-*cd*]pyrène	193-39-5	$C_{22}H_{12}$	
Naphtalène	91-20-3	$C_{10}H_{8}$	
Phénanthrène	85-01-8	$C_{14}H_{10}$	
Pyrène	129-00-0	$C_{18}H_{12}$	

Annexe 2

Amines aromatiques interdites dans la composition des encres de tatouages selon le Conseil de l'Europe.

Substances	Numéro CAS	Structure chimique
6-amino-2-éthoxynaphtaline	293733-21-8	
4-amino-3-fluorophénol	399-95-1	
4-aminoazobenzène	60-09-3	
o-aminoazotoluène	97-56-3	
4-aminobiphényle	92-67-1	
o-anisidine (2-méthoxyaniline)	90-04-4	
Benzidine	92-87-5	
4-chloroaniline	106-47-8	
4-chloro-o-toluidine	95-69-2	
3,3'-dichlorobenzidine	91-94-1	
3,3'-diméthoxybenzidine	119-90-4	
3,3'-diméthylbenzidine	119-93-7	
6-méthoxy-m-toluidine	120-71-8	
4-méthoxy-m-phénylènediamine	615-05-4	
4,4'-méthylène-bis-(2-chloroaniline)	101-14-4	
4,4'-méthylènedianiline (4,4'-Diamino-diphénylméthane)	101-77-9	

4,4’-méthylènedi-o-toluidine (3’-diméthyl-4,4’-diaminodiphénylméthane)	838-88-0	
4-méthyl-m-phénylènediamine (2,4-toluènediamine)	95-80-7	
2-naphtylamine	91-59-8	
5-nitro-o-toluidine (2-amino-4-nitrotoluène)	99-55-8	
4,4’-oxydianiline	101-80-4	
Paraphénylène diamine	106-50-3	
4,4’-thiodianiline	139-65-1	
o-toluidine	95-53-4	
2,4,5-triméthylaniline	137-17-7	
2,6-xylidine	87-62-7	
2,4-xylidine (2,6-diméthylaniline)	95-68-1	

Annexe 3

Concentrations maximales admises pour les impuretés des produits servant au tatouage et au maquillage permanent selon la ResAP(2008) :

Elément ou composé	**ppm**	**ppb**
Arsenic (As)	2	
Baryum (Ba)	50	
Cadmium (Cd)	0,2	
Cobalt (Co)	25	
Chrome (Cr) (VI)	0,2	
Cuivre (Cu) soluble	25	
Mercure (Hg)	0,2	
Nickel (Ni)	aussi faible que techniquement possible	
Plomb (Pb)	2	
Sélénium (Se)	2	
Antimoine (Sb)	2	
Etain (Sn)	50	
Zinc (Zn)	50	
Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)	0,5	
Benzo(a)pyrène (BaP)		5

SERMENT DE GALIEN

Je jure, en présence des maîtres de la Faculté, des conseillers de l'ordre des Pharmaciens et de mes condisciples :

D'honorer ceux qui m'ont instruit(e) dans les préceptes de mon art et de leur témoigner ma reconnaissance en restant fidèle à leur enseignement ;

D'exercer, dans l'intérêt de la santé publique, ma profession avec conscience et de respecter non seulement la législation en vigueur, mais aussi les règles de l'honneur, de la probité et du désintéressement ;

De ne jamais oublier ma responsabilité et mes devoirs envers le malade et sa dignité humaine.

En aucun cas, je ne consentirai à utiliser mes connaissances et mon état pour corrompre les mœurs et favoriser des actes criminels.

Que les hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses.

Que je sois couvert(e) d'opprobre et méprisé(e) de mes confrères si j'y manque.

UNIVERSITE DE BORDEAUX **Année : 2016**

U.F.R DES SCIENCES PHARMACEUTIQUES

Nom : TOMASETTI Pierre

Titre de la thèse : Les produits de tatouages constituent-ils un risque de santé publique ? Composition et risques pour l'homme.

Résumé :

Le tatouage est une forme d'art qui intéresse de plus en plus les populations des pays développés. Cette pratique nécessite l'utilisation de produits de tatouage manufacturés dont le contenu est parfois méconnu du consommateur. De plus, cette pratique qui implique l'effraction de la peau peut parfois entrainer des complications multiples sur le tatoué.

Ce travail répertorie les différents éléments que contiennent les produits de tatouage. Des multiples familles de pigments jusqu'aux ingrédients de la formulation, en passant par les éléments non désirés qui sont produits lors de leur synthèse. Il développe également l'impact que représente cette pratique vis-à-vis de la peau, ainsi que l'ensemble des complications infectieuses, immunitaires, toxiques et cancérogène pouvant lui être imputable.

Résumé et titre en anglais :

Does tattoos products train a public health risk? Composition and risk to human.

The tattoo is a form of art who interested more and more people in developed countries. This practice requires the use of tattoo manufactured products whose content is sometimes unknown to the consumer. Moreover, this practice implies breaking of the skin and can sometimes cause multiple complications.
This work identified the different elements what contain tattoo products. Multiple class of pigments until the ingredients of the formulation, through non desires elements who are produced by their synthesis. It's mentioned too, the impact of this practice is regarding the skin, and all the infectious, immune, toxic and carcinogenic complications be able caused by it.

Discipline : Pharmacie

Mots clés : TATOUAGES-PRODUITS DE TATOUAGE-ENCRES-COMPLICATIONS-PEAU

Intitulé et adresse : Université de Bordeaux. UFR des Sciences Pharmaceutiques. 146 rue Léo Saignat, Case courier 9, 33076 BORDEAUX.