



HAL
open science

La cicatrisation des brûlures par le miel

Marion Marcet

► **To cite this version:**

Marion Marcet. La cicatrisation des brûlures par le miel . Sciences pharmaceutiques. 2017. dumas-01657277

HAL Id: dumas-01657277

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01657277>

Submitted on 6 Dec 2017

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

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

**UNIVERSITE DE BORDEAUX
COLLEGE SCIENCES DE LA SANTE
U.F.R. DES SCIENCES PHARMACEUTIQUES**

Année 2017/2018

Thèse n° 2

Thèse pour l'obtention du

DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN PHARMACIE

Présentée et soutenue publiquement

Par **Marion MARCET**

Née le 10 Juin 1989 à Agen

Le 02 Octobre 2017

La cicatrisation des brûlures par le miel

Directeur de thèse

Mme AMOUROUX Françoise

Jury

Madame Catherine CHEZE, Maître de Conférences

Président

Madame Françoise AMOUROUX, Professeur Associé

Directeur de thèse

Monsieur Jean-François CLAVE, Pharmacien d'officine

Juge

REMERCIEMENTS

Merci à Françoise AMOUROUX, de m'avoir suivie, encouragée et boostée tout au long de ma rédaction. Je vous suis sincèrement reconnaissante d'avoir accepté d'être ma Directrice de thèse et de m'avoir apporté tous les conseils nécessaires à la rédaction de ma thèse.

Merci à Catherine CHEZE de me faire l'honneur de présider la soutenance de ma thèse. J'espère qu'elle sera à la hauteur de vos espérances.

Merci à Jean-François CLAVE, mon titulaire et maitre de stage avant tout, d'avoir accepté de faire partie de mon jury le jour de votre anniversaire. Veuillez trouver dans ce travail le témoignage de ma reconnaissance et de mon profond respect.

Merci à Stéphane DUVERGER, Frédéric DUFOUR et Pierre DEMEESTER, mes titulaires, de m'apprendre de nouvelles choses tous les jours et de répondre à mes questionnements. Votre expérience et vos savoirs sont pour moi une aide précieuse et indispensable.

Merci à la Team Alouette et à mes chatons de me soutenir depuis le début dans la rédaction de ma thèse et de m'encourager tous les jours. Merci de votre bonne humeur, de vos conseils et de cette ambiance exceptionnelle de travail. Ce sera l'occasion de faire un goûter de plus.

Merci à l'équipe du bloc des grands brûlés à Pellegrin qui a rendu mon stage hospitalo universitaire très intéressant et enrichissant. Vous m'avez beaucoup appris et je remercie tout particulièrement Claudie qui s'est personnellement impliquée pour ma thèse.

Merci à Catherine MASSERON de m'avoir accueillie dans son service et de m'avoir permis d'assister aux consultations externes de patients sous pansements au miel. Merci d'avoir eu un regard critique sur ces pansements et d'avoir répondu à toutes mes questions.

Merci à Françoise COUBY pour m'avoir consacré du temps à me parler de sa passion pour les abeilles, de m'avoir fait découvrir les ruches au fond de son jardin et pour m'avoir fait déguster son propre miel. Ce fut une belle rencontre enrichissante. Et un merci à Mr USSEL qui a pu me mettre en relation avec vous.

Merci à ma famille et à ma belle-famille qui sont là pour moi chaque jour, qui me soutiennent et qui comprennent à quel point ces études sont longues, épuisantes mais au final enrichissantes. Merci de me soutenir quels que soient mes choix et de m'aider à réaliser mes rêves.

Merci à mes amis de m'avoir soutenue tout au long de ce travail et de s'être renseignés sur le sujet. Je remercie tout particulièrement Dorine (mon petit chou à la crème) et Pi pour m'avoir offert mon premier livre sur le miel et pour m'avoir soutenue depuis le début.

Merci à mon Amoureux Gaël BOTTAIS qui a du me supporter tout le long de la rédaction de ma thèse... Merci de m'avoir rassurée et encouragée dans les moments durs, tu étais le mieux placé pour savoir ce que l'on ressent lors de ces moments. Une page se tourne à présent et nous allons enfin pouvoir vivre sans études et sans examens comme deux personnes normales. Merci de croire en moi, de m'aimer et de m'apporter du bonheur au quotidien. Je t'aime, et c'est le plus important.

TABLE DES MATIERES

Partie I : La peau, les brûlures et la cicatrisation.....	17
A. La peau : Structure et physiologie.....	17
I. Généralités.....	17
II. Les rôles de la peau	17
1. Rôle de barrière et de protection	18
2. Rôle de détection	18
3. Rôle de régulation thermique du corps	18
4. Rôle de régulation hydrique.....	18
5. Rôle immunitaire.....	18
6. Rôle vasculaire	18
7. Rôle de synthèse	19
8. Rôle de régulation de l'humeur thymique.....	19
9. Rôle de communication	19
III. Les différentes couches de la peau	19
1. L'épiderme	20
2. La jonction dermo-épidermique	21
3. Le derme	21
4. L'hypoderme	22
IV. Les annexes cutanées	22
B. Les brûlures	23
I. Généralités.....	23
1. Définition	23
2. Physiopathologie	24
3. Epidémiologie.....	24
4. Les principales étiologies	27
II. Evaluation de la profondeur des lésions	29
1. Les différents degrés de brûlures.....	29
2. Les techniques de greffe pour le 3 ^{ème} degré	32
3. Règle de Wallace dite « règle des neuf ».....	35
4. Table de Lund et Browder, table de Berkow.....	36
5. Indice de Baux	36
6. La localisation à risque de la brûlure	37

7.	Les lésions associées.....	37
8.	Complications majeures	38
C.	La cicatrisation des brûlures	39
I.	Généralités.....	39
1.	Notion d'écosystème de la peau	39
2.	Les étapes de la cicatrisation	40
3.	Les facteurs de croissance impliqués dans la cicatrisation	44
4.	Facteurs influençant la cicatrisation.....	45
5.	Les qualités idéales d'un pansement.....	46
6.	Les pansements conventionnels	46
II.	La cicatrisation pathologique.....	47
1.	La cicatrice hypertrophique	48
2.	La cicatrice chéloïde	48
3.	Résumé cicatrice hypertrophique / cicatrice chéloïde	49
4.	Les rétractations ou formations de brides.....	50
III.	Les bactéries impliquées dans la prise en charge des brûlures	51
1.	Généralités.....	51
2.	Structure générale d'une bactérie	51
3.	Forme végétative / forme sporulée.....	53
4.	Le peptidoglycane	53
5.	Le biofilm	53
6.	Rappel sur les bactéries Gram+ et Gram-.....	54
7.	Bactéries le plus souvent rencontrées sur les brûlures (liste non exhaustive).....	55
8.	La résistance aux antibiotiques	60
9.	Etudes sur le miel, les antibiotiques conventionnels et les bactéries	61
	Partie II: Le miel, de sa fabrication à ses propriétés thérapeutiques.....	62
A.	La ruche : un écosystème à part entière	62
I.	Histoire du miel et de l'apiculture.....	62
II.	Les abeilles.....	64
1.	Description et classification	64
2.	Anatomie de l'abeille.....	64
3.	Les principaux acteurs et leur rôle	66
III.	La ruche.....	69
IV.	La ruchette	71

V.	Les ennemis de la ruche	71
1.	Le varroa	72
2.	Le frelon Asiatique.....	73
3.	La loque Américaine	74
4.	La loque Européenne.....	74
5.	Les autres parasites	74
6.	Les phytosanitaires ou pesticides.....	74
VI.	Devenir apiculteur	75
B.	La fabrication du miel.....	75
I.	Généralités sur les fleurs	75
II.	Le butinage.....	76
III.	La pollinisation.....	77
IV.	Les différentes sources mellifères	78
1.	Miel fabriqué à partir du nectar	78
2.	Miel fabriqué à partir du miellat	78
3.	Miels dits « monofloraux » et « polyfloraux »	79
4.	La trophallaxie et l'enrichissement	81
V.	La récolte du miel	81
VI.	Les autres produits de la ruche	82
1.	La gelée royale	82
2.	Le pollen.....	83
3.	La propolis.....	84
4.	La cire d'abeille.....	84
VII.	Les engagements des apiculteurs biologiques et les labels	85
C.	La composition du miel	85
<u>I.</u>	Composition qualitative et quantitative	86
1.	De l'eau	86
2.	Des glucides.....	86
3.	Des lipides	88
4.	Des protéines	88
5.	Des acides organiques libres ou combinés sous forme de lactones	88
6.	Des oligo-éléments ou éléments minéraux	88
7.	Des vitamines.....	88
8.	Des enzymes.....	89

9.	Des grains de pollen	89
10.	Des facteurs antibiotiques naturels.....	89
11.	Des microorganismes.....	89
12.	Des composés aromatiques	90
13.	Des composés phénoliques.....	90
14.	Des polluants.....	90
15.	Résumé des différents composants du miel	90
II.	Propriétés physico-chimiques du miel	92
1.	La densité.....	92
2.	Le pH.....	92
3.	La conductibilité électrique.....	92
4.	Teneur en eau	92
5.	Caractères organoleptiques.....	93
6.	La viscosité	93
7.	Facteur d'oxydoréduction.....	93
8.	Autres propriétés	93
D.	Les vertus thérapeutiques du miel.....	94
I.	Les principales propriétés.....	95
1.	Anti bactérien.....	95
2.	Débridement autolytique	98
3.	Activité anti-inflammatoire.....	98
4.	Stimulation de la régénération tissulaire.....	99
5.	Autres propriétés	99
II.	Quel miel utiliser sur une brûlure ?.....	100
1.	Le miel de thym.....	100
2.	Le miel de Manuka	101
3.	Le miel de lavande.....	102
4.	Le miel d'acacia	102
E.	Conclusion	102
Partie III: Utilisation de miel en pratique.....		104
A.	Généralités sur les miels utilisés en thérapeutique	103
I.	Conditions requises pour obtenir le statut de miel médical	103
II.	Notion de Dispositif Médical.....	104
III.	Le marquage CE.....	105

IV.	Inscription à la LPPR	105
B.	Autres plaies pouvant être soignées par le miel.....	105
I.	Plaies aiguës < 6 semaines.....	105
II.	Plaies chroniques > 6 semaines	106
III.	Autres lésions.....	107
C.	Le miel médical à l'officine	107
I.	Melectis®	107
II.	Revamil®	108
III.	Medihoney® : miel de Manuka	110
IV.	Autres spécialités à base de miel	112
V.	Contre-indications, effets indésirables et précautions d'emploi	113
1.	Contre-indications	113
2.	Effets indésirables	113
3.	Précautions d'emploi.....	114
D.	Etablissements utilisant le miel dans leurs services	114
I.	CHU de Limoges	114
II.	CHU de Bordeaux	115
	Partie IV: Cas cliniques.....	118
A.	Cas clinique n°1.....	117
B.	Cas clinique n°2.....	119
C.	Cas clinique n°3.....	123

LISTE DES SCHEMAS

Schéma 1 : Vue tridimensionnelle d'une coupe de peau.....	19
Schéma 2 : Les différentes couches constituant l'épiderme.....	21
Schéma 3 : Règle de Wallace dite « règle des neuf » chez l'adulte et l'enfant.....	35
Schéma 4 : Les étapes de la cicatrisation.....	40
Schéma 5 : Structure générale d'une bactérie.....	52
Schéma 6 : Les différentes formes de bactéries.....	52
Schéma 7 : Etapes de la formation et de la dispersion d'un biofilm bactérien.....	54
Schéma 8 : Anatomie générale de l'abeille.....	64
Schéma 10 : Eléments composant une ruche.....	70
Schéma 11 : Coupe schématique d'une fleur.....	75
Schéma 12: Les mécanismes du miel durant les différentes phases de la cicatrisation.....	94
Schéma 13 : Formule chimique du MGO.....	96
Schéma 14 : Mécanisme d'action de la gamme MEDIHONEY®.....	112

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Les différents degrés de brûlures.	32
Tableau 2 : Table de Lund et Browder, table de Berkow	36
Tableau 4 : Les facteurs influençant la cicatrisation.	45
Tableau 5 : Les différents types de pansements conventionnels.....	47
Tableau 6 : Comparaison des cicatrices hypertrophiques et chéloïdes.....	49
Tableau 7: Détermination de l'activité antibactérienne de différents miels. [75]	61
Tableau 8 : Code couleur utilisé pour le marquage de la Reine. [86]	67
Tableau 9 : Exemples de miels monofloraux et polyfloraux. [100]	80
Tableau 10 : Composition moyenne du miel.....	91
Tableau 11 : Actions du miel durant les différentes phases de la cicatrisation.	100

LISTE DES GRAPHIQUES

Graphique 1 : Répartition des hospitalisations pour brûlures par classe d'âge, PMSI-MCO, France métropolitaine, 2011 (N = 11 824)	25
Graphique 2 : Répartition des personnes hospitalisées pour brûlures par âge chez les enfants de moins de 5 ans, PMSI-MCO, France métropolitaine, 2011 (N = 2 357)	25
Graphique 3 : Répartition des parties lésées des patients victimes de brûlures, PMSI-MCO, France métropolitaine, 2011 (N = 8 130)	26
Graphique 4 : Taux d'incidence brut (pour 100 000 habitants) de victimes de brûlures hospitalisées par classe d'âge selon le sexe, PMSI-MCO, France métropolitaine, 2011	27
Graphique 5 : Activité enzymatique du miel Revamil® représentée par la quantité de H ₂ O ₂ produite par gramme de miel.....	109

LISTE DES PHOTOS

Photo 1 : Coup de soleil.	29
Photo 2: Phlyctènes	30
Photo 3 : Décollement cutané	30
Photo 4 : Aspect blanchâtre saignant tardivement à la scarification	31
Photo 5 : Aspect blanchâtre	31
Photo 6 : Aspect cuir.	31
Photo 7 : Excision de peau	33
Photo 8 : Dermatomes électriques et lames	33
Photo 9: Expandeur et greffes en filet	34
Photo 10: Greffe de peau pleine.	34
Photo 11: Greffe en filet.	34
Photo 12 : Excision de décharge sur une jambe	37
Photo 13 : Plaie en cours de détersion.	41
Photo 14 : Plaie détergée mais inflammatoire	41
Photo 15 : Aspect rose, îlots épidermiques visibles	43
Photo 16 : Phase d'épidermisation sur une brûlure du 2 ^{ème} degré profond	43
Photo 17 : Dépigmentation de cicatrices de brûlures chez un enfant.....	44
Photo 18 : Cicatrice hypertrophique du thorax après une brûlure du 2 ^{ème} degré profond avec rétractation au niveau supérieur.....	48
Photo 19 : Cicatrice chéloïde de l'oreille.....	49
Photo 21 : Synéchie cervicale rétractile après brûlure du 2 ^{ème} degré profond négligée	50
Photos 22 : <i>Staphylococcus aureus</i>	56
Photo 23 : <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	57
Photo 24 : Entérocoques.....	58
Photo 25 : Illustration médicale de <i>Clostridium difficile</i>	59
Photos 26 : Papyrus d'Ebers et représentation de l'abeille par les Egyptiens.	63
Photo 27 : Ruches placées au fond du jardin	69
Photos 28 : Cadres de cire	71
Photo 29 : Ruchette	71
Photo 31 : <i>Vespa velutina</i>	73
Photo 32 : Anthères recouvertes de pollen	76
Photo 33 : Rayons comestibles remplis de miel	81
Photo 34 : Enfumoir.....	82
Photo 35 : Pots de miel	93
Photo 36 : <i>Leptospermum scoparium</i>	101
Photo 37 : Gamme Melectis®	108
Photos 38 : Gamme Melibiotech®	110
Photo 39 : Gamme Medihoney®	111
Photo 40 : Préparation des pots de miel.....	116
Photo 41: J 0	118
Photo 42 : J 35	118
Photo 43 : J 120	119
Photo 44 : J -7	120

Photo 45 : J 0	121
Photo 47 : J 7 après débridement manuel	122
Photo 48 : J 20	122
Photo 49 : J 27	123
Photo 50 : J 0 avant débridement avec abcès	124
Photo 51 : J 0 après débridement.....	124
Photo 52 : J 3	125
Photo 53 : J 44	125

LISTE DES ABREVIATIONS

°C : Degré Celsius

AA : Acide aminé

Ac : Anticorps

ACTH : Adreno Cortico Tropic Hormone

CHU : Centre Hospitalier Universitaire

DM : Dispositif Médical

EI : Effet indésirable

INVS : Institut National de Veille Sanitaire

MEC : Matrice Extra Cellulaire

MGO : Méthylglyoxal

PDGF : Platelet Derived Growth Factor

PG : Peptidoglycane

pH : Potentiel Hydrogène

SCB : Surface Corporelle Brûlée

SNC : Système Nerveux Central

TGF β : Transforming Growth Factor Beta

TIAC: Toxi-infection Alimentaire Collective

UFC : Unité Formant Colonie

LISTE DES DEFINITIONS

Apiculture : Art d'élever ou de soigner les abeilles.

Apithérapie : Provient du latin *apis* = abeille et du grec *therapeuo* = soigner qui signifie l'art de soigner avec les produits des abeilles.

Bactéricide : Substance qui tue les bactéries.

Bactériostatique : Substance permettant de suspendre la multiplication des bactéries ce qui conduit au vieillissement de la population et donc à leur mort, à condition que la dose utilisée soit suffisante.

Brûlure circulaire : Brûlure qui fait tout le tour d'un membre.

Cellule basale : Petite cellule ronde qui se trouve dans la partie la plus profonde de l'épiderme (couche externe de la peau).

Cellule endothéliale : Cellules qui tapissent la face interne des vaisseaux. Ce sont donc des cellules qui sont en contact direct avec le sang et qui assurent l'intégrité des vaisseaux. Ces cellules sont capables de s'adapter à de fortes pressions, notamment en ce qui concerne les cellules proches de la région cardiaque. Néanmoins, ces cellules sont aussi en mesure de laisser passer les petites molécules (et les globules blancs qui sont capables de s'étirer) et l'eau afin de permettre l'alimentation des cellules.

Centripète : Désigne une force qui tend à rapprocher un élément de la périphérie vers le centre.

Collagène : Protéine essentielle dans la constitution du tissu conjonctif (tissu de soutien) et qui se présente sous la forme de fibres permettant une certaine résistance des tissus à l'élasticité lorsque ceux-ci sont étirés. Le collagène est une protéine qui entre dans le façonnement de l'organisme et qui est très abondant dans le corps.

Couvain : Désigne l'ensemble des nymphes, des larves et des œufs protégés par les ouvrières d'abeilles.

Dessication : Procédé d'élimination de l'eau ou déshydratation d'un corps à un stade poussé. Ce phénomène peut être naturel ou forcé.

Diapédèse : Migration des éléments sanguins (en particulier les globules blancs) hors des capillaires (petits vaisseaux sanguins).

Ecosystème : Système formé par un environnement (biotope) et par l'ensemble des espèces (biocénose) qui y vivent, s'y nourrissent et s'y reproduisent.

Elastines : Ce sont des protéines organisées en fibres qui confèrent élasticité et solidité aux tissus.

Excision : Ablation d'une partie d'un tissu biologique.

Fibroblaste : Cellule présente dans le tissu conjonctif ; elle est parfois appelée cellule de soutien. Ce sont notamment des cellules résidentes du derme qui en assurent la cohérence et la souplesse.

Fongicide : Substance qui tue les champignons.

Gaz MEOPA : Mélange Equimolaire d'Oxygène et de Protoxyde d'Azote associant une action anxiolytique, euphorisante et un effet antalgique.

Index glycémique : Capacité d'un glucide donné à élever la glycémie après le repas par rapport au glucose pur qui sert de référence.

Lugol (soluté de) : Mélange d'Iode, d'Iodure de potassium et d'eau distillée. Il est utilisé comme réactif pour la coloration de Gram, lors de la mise en évidence de l'amidon. Il peut également être employé lors des examens gynécologiques, des endoscopies, du traitement des hyperthyroïdies, et comme antiseptique.

Macrophage : Cellule d'origine sanguine, qui provient de la transformation du monocyte. Il est localisé dans les tissus pouvant être soumis à des infections ou à une accumulation de débris à éliminer.

Myofibroblaste : Cellule du tissu conjonctif (fibroblaste) qui possède la particularité d'apporter de la mobilité et de la plasticité à la cellule.

Opportuniste : Se dit d'une bactérie présente normalement dans un organisme sans l'affecter, mais qui peut devenir pathogène suite à une diminution des défenses immunitaires ou à un changement de localisation (par exemple *E. coli* fait partie de la flore intestinale et devient pathogène lorsqu'elle se retrouve dans les voies urinaires, provoquant ainsi des infections urinaires).

pH : Potentiel hydrogène ou indice de Sorensen qui est défini comme le cologarithme de la concentration en ions H^+ dans une solution.

Phlyctène : Egalement appelée ampoule ou cloque, il s'agit de l'accumulation de lymphes suite à un frottement ou une brûlure à l'origine d'un décollement de l'épiderme de manière circulaire.

Plaquettes : Petites cellules dépourvues de noyau que l'on trouve dans le sang et qui sont également appelées thrombocytes.

Saprophyte : Se dit d'une bactérie qui vit aux dépens des matières organiques inertes et qui est en général non pathogène.

Thermolabile : Composé détruit par la chaleur.

Thixotrope : Phénomène par lequel certains mélanges passent de l'état de gel à celui de liquide par une légère agitation.

Trophallaxie : Mode de transfert de nourriture utilisé chez les hyménoptères.

Introduction :

Le miel est utilisé par l'Homme depuis des millénaires autant pour ses propriétés culinaires que thérapeutiques et cosmétiques. Les Egyptiens de l'Antiquité s'en servaient déjà pour soigner toutes sortes de maux et il faisait partie du rite de la momification. Laissé de côté durant un certain temps à cause des avancées thérapeutiques majeures qui ont révolutionné notre médecine moderne avec notamment la découverte des antibiotiques, il revient depuis quelques années au goût du jour.

De nombreux travaux ont pu démontrer les trois principales propriétés du miel à savoir antimicrobienne, cicatrisante et anti inflammatoire, ses composants, ainsi que ses indications thérapeutiques.

Les centres hospitaliers de Limoges et Bordeaux l'utilisent dans leurs services avec des résultats exceptionnels par rapport aux schémas de prise en charge habituels. Ayant réalisé une partie de mon externat au CHU de Bordeaux dans le service des grands brûlés, j'ai pu m'intéresser tout particulièrement au suivi de ces patients. L'équipe des soignants de ce service a pu me mettre en relation avec une autre infirmière au niveau des soins externes du CHU de Bordeaux qui réalise des pansements au miel et à l'aloë vera sur tous les types de plaies.

De plus, j'ai eu la chance d'avoir rencontré une apicultrice sur Andernos qui a pu répondre à toutes mes questions à propos de son métier et de l'organisation complexe des ruches. A travers cette rencontre je me suis rendue compte à quel point il était important et nécessaire de préserver ces espèces en voie de disparition, et que face à ce que la nature nous offre de si merveilleux, le monde actuel est bien aveugle.

Nous verrons dans un premier temps les différents types de brûlures ainsi que les étapes de la cicatrisation, puis nous aborderons l'histoire du miel avec ses propriétés, caractéristiques et indications en passant par l'organisation de la ruche, et pour finir nous nous intéresserons au suivi de patients et verrons l'évolution entre leur entrée à l'hôpital et leur sortie.

Partie I : La peau, les brûlures et la cicatrisation

A. La peau : Structure et physiologie

La connaissance de cet organe est indispensable à la compréhension de son fonctionnement et de son processus de réparation. Sa structure complexe crée une barrière entre notre milieu intérieur et l'environnement pour nous préserver au mieux tout en assurant de nombreuses fonctions indispensables.

I. Généralités

La peau, aussi appelée tégument (vient du latin *tegumentum* qui signifie couverture), représente à elle seule environ 10% du poids total du corps humain, soit environ 5Kg avec une surface de 1,5 à 2m², et est considérée comme un organe à part entière puisqu'elle recouvre intégralement le corps humain. [1 ; 2 ; 3 ; 4]

Il s'agit d'un organe très complexe composé de plusieurs couches de tissus et assurant de nombreuses fonctions aussi vitales les unes par rapport aux autres qui lui doivent sa souplesse mais également sa résistance en formant une barrière de protection de l'organisme vis-à-vis du milieu extérieur. Toute altération aura des conséquences sur les fonctions qu'elle exerce.

Son épaisseur sera variable selon l'endroit considéré et pourra varier de 0,5 mm au niveau des paupières à 2,5mm au niveau du thorax et jusqu'à 5mm au niveau de la plante des pieds. De plus, la peau renferme des annexes cutanées, à savoir les glandes et les phanères.

Au niveau biochimique, la peau est constituée d'environ :

- 70% d'eau
- 27,5% de protéines
- 2% de matière grasse
- 0,5% de sels minéraux et d'oligoéléments

II. Les rôles de la peau

Comme vu précédemment, la peau étant un organe à part entière, elle assure de nombreuses fonctions indispensables à la vie. [1 ; 4 ; 5]

1. Rôle de barrière et de protection

La peau est avant tout une barrière physique, une membrane semi perméable qui va préserver le milieu intérieur des bactéries, des champignons et autres micro organismes, des radiations (UV), des traumatismes mécaniques, des toxines chimiques auxquelles elle peut faire face et va également éviter la fuite de liquides corporels.

2. Rôle de détection

De nombreux capteurs à la douleur, à la pression, à la température ainsi que de nombreuses terminaisons nerveuses sont présents sur l'ensemble de la peau. Sous l'action de divers stimuli, les récepteurs et les terminaisons nerveuses vont renvoyer des signaux au cerveau afin d'émettre ou non une réaction. Par exemple, si l'on pose la main sur une plaque encore brûlante, notre premier réflexe est de retirer la main sans que l'on ait à réfléchir. Ainsi ces perceptions vont permettre au corps de s'adapter dans le milieu environnant et de se défendre. Ces capteurs seront très présents au niveau des mains et plus particulièrement au niveau des doigts, alors qu'ils le seront moins au niveau du dos.

3. Rôle de régulation thermique du corps

Les adipocytes sont un excellent isolant, alors que la sueur permet d'éliminer et d'évacuer la chaleur. Ainsi avec l'aide de récepteurs au chaud et au froid, si l'organisme doit perdre de la chaleur il dilatera ses vaisseaux (vasodilatation), alors que pour en gagner il les contractera (vasoconstriction).

4. Rôle de régulation hydrique

La régulation hydrique du corps est rendue possible grâce à l'homéostasie, phénomène physiologique qui permet de maintenir certaines constantes du milieu intérieur à l'équilibre malgré des perturbations internes ou externes.

5. Rôle immunitaire

Les cellules de Langerhans constituent 2 à 7% de la population cellulaire épidermique et sont des cellules présentatrices d'antigènes qui, en les présentant aux Lymphocytes T responsables de la réponse immunitaire, vont les activer et les éliminer. Il est à noter que le nombre de cellules de Langerhans diminue lors du vieillissement.

6. Rôle vasculaire

De très nombreux capillaires sanguins (environ 1 mètre par cm² de peau) participent à la nutrition cutanée en apportant les nutriments dont le derme et l'épiderme ont besoin. Ces capillaires vont également s'adapter aux conditions extérieures soit en se dilatant (par exemple lors de la 1^{ère} phase de l'inflammation, la perméabilité capillaire augmente fortement afin de recruter les médiateurs de l'inflammation et lutter contre l'agent extérieur) soit en se vasoconstrictant (par exemple, lorsqu'il fait froid les capillaires se contractent afin de concentrer un maximum de sang au niveau des organes vitaux comme le cœur et le cerveau).

7. Rôle de synthèse

- Sous l'action des UV les kératinocytes vont synthétiser la Vitamine D (Cholécalciférol) nécessaire à la fixation du calcium sur les os.
- Les mélanocytes vont synthétiser, sous l'action des UV, la mélanine qui est un pigment responsable du bronzage de la peau. L'accumulation de cette mélanine sera responsable des éphélides (plus communément appelées tâches de rousseur) et des grains de beauté.
- Le β carotène est impliqué dans la croissance des cellules cutanées et plus particulièrement dans la cicatrisation et l'inflammation par ses propriétés anti-oxydantes.

8. Rôle de régulation de l'humeur thymique

Toujours sous l'action des UV, les kératinocytes vont synthétiser des endorphines qui seront responsables de la « bonne humeur ».

9. Rôle de communication

La peau va jouer un rôle particulièrement important dans les relations sociales avec notamment la gestuelle et les émotions.

III. Les différentes couches de la peau

La peau se décompose de la superficie vers la profondeur en trois couches superposées et hétérogènes : l'épiderme, le derme et l'hypoderme. L'épiderme est lui-même composé de 5 sous-couches à savoir la couche basale, la couche épineuse, la couche granuleuse, la couche claire et la couche cornée. [1 ; 6]

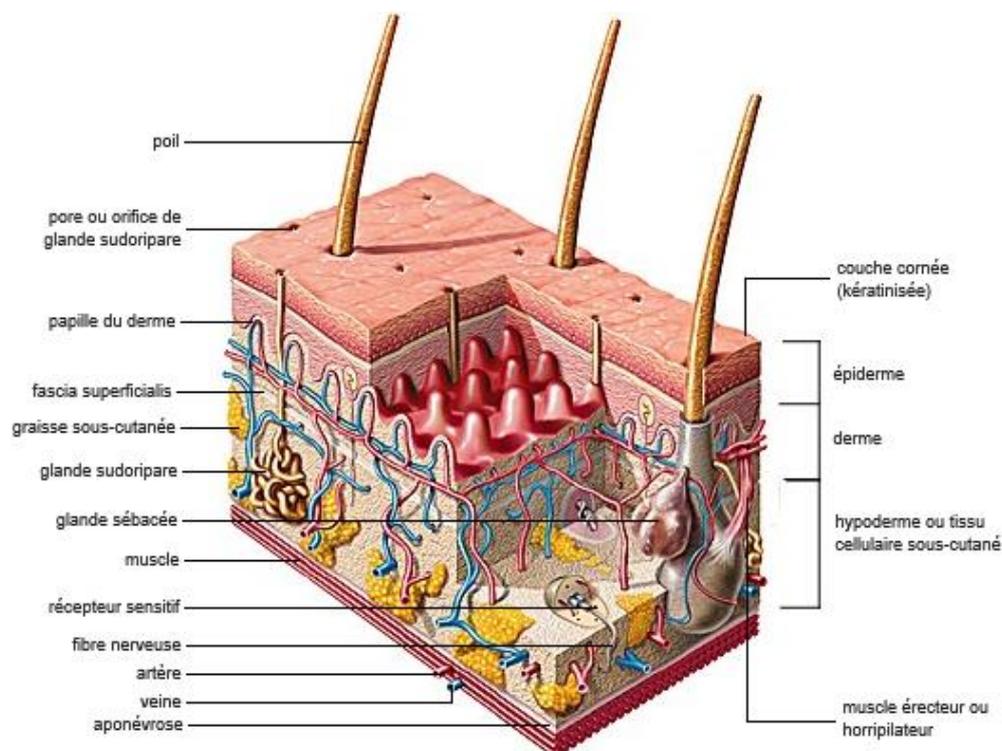


Schéma 1 : Vue tridimensionnelle d'une coupe de peau. [7]

1. L'épiderme

Il s'agit de la couche superficielle et externe en contact avec le milieu environnant dont l'épaisseur est très variable : elle sera minimale au niveau des paupières et maximale au niveau palmo-plantaire. Au niveau de sa composition cellulaire, la peau est un épithélium malpighien pavimenteux pluristratifié kératinisé comportant des pores (environ 2 millions au total), des orifices pilosébacés et des dépressions plus ou moins importantes (par exemple les rides et les empreintes digitales).

Les cellules que l'on retrouve dans l'épiderme sont en majorité représentées par les kératinocytes à hauteur de 80%, tandis que le reste se partage entre les mélanocytes, les cellules de Langerhans et les cellules de Merkel. Les kératinocytes, dont la durée de vie est de 20 jours, sont des cellules qui ne vont cesser de se différencier au fur et à mesure de leur migration de la face interne de l'épiderme jusqu'à la face externe afin de produire de la kératine. La kératine est une protéine composée de 18 AA et riche en soufre qui rentre dans la composition des phanères et qui est absente au niveau des muqueuses.

La surface de la peau est recouverte d'un film hydrolipidique servant à maintenir une certaine hydratation qui, s'il est altéré, rend la peau sèche et fragile.

Se trouvent de l'intérieur vers l'extérieur :

- La couche basale ou germinative :

Il s'agit de la couche la plus profonde, elle est formée d'une seule assise de cellules cubiques implantées sur la membrane basale. C'est au niveau de cette couche que la division des kératinocytes commence : chacun donne naissance à deux cellules filles identiques dont une va migrer vers la couche suivante, la couche épineuse, tandis que la deuxième cellule fille reste sur place pour se diviser à nouveau et donner ainsi deux autres kératinocytes identiques.

De plus, c'est dans cette couche que se trouvent les mélanocytes qui contiennent un pigment brun dont la teinte est plus ou moins foncée selon les individus. Ces cellules seront responsables du phénomène de bronzage lors de leur activation par les UV et sont également sensibles à l'ACTH et à la mélanostimuline.

- La couche épineuse ou stratum spinosum :

On trouve ici 5 ou 6 couches de kératinocytes qui seront volumineux et qui s'aplatiront au fur et à mesure de leur migration à la surface.

- La couche granuleuse ou stratum granulosum :

Dans celle-ci on retrouve 3 couches de kératinocytes aplatis et qui contiendront de nombreuses granulations très denses dispersées dans leur cytoplasme, d'où le nom de couche granuleuse.

- La couche claire ou stratum lucidum :

Cette couche n'est retrouvée que dans la peau très épaisse, et est constituée de quelques assises de cellules plates et claires.

- La couche cornée ou stratum corneum :

C'est dans cette couche que les kératinocytes vont subir leur dernière différenciation et deviendront des cornéocytes. Les plus superficiels se détacheront du stratum corneum par desquamation lors d'un frottement sur la peau.

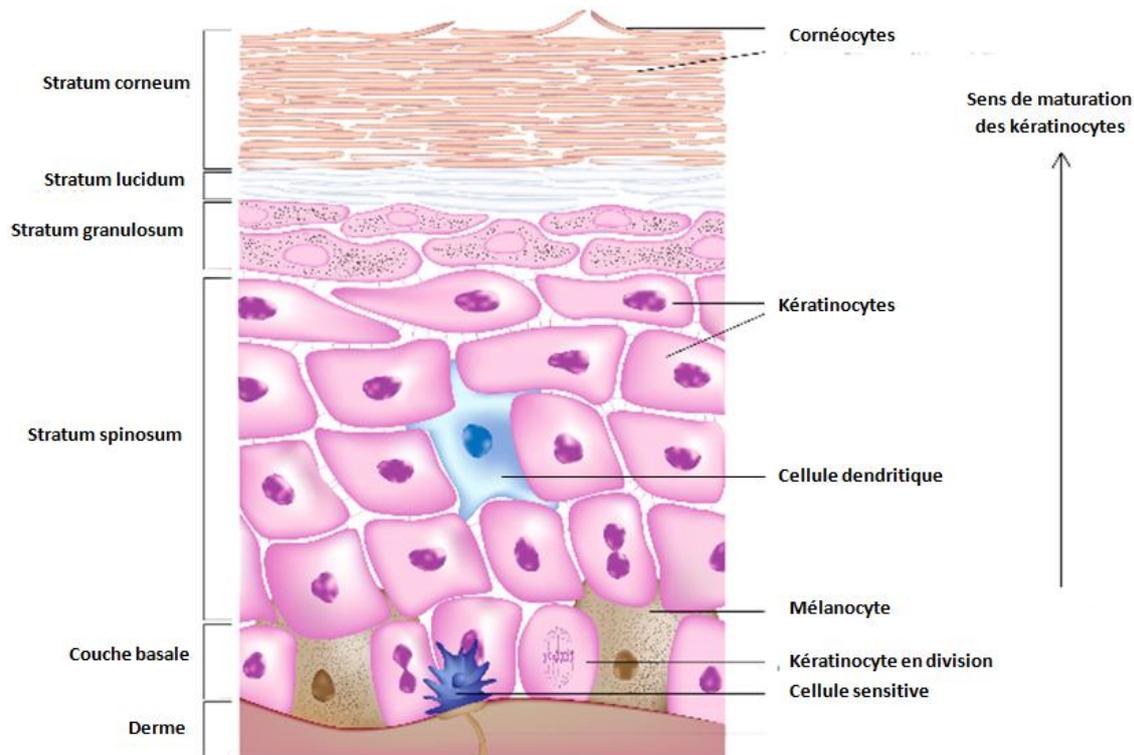


Schéma 2 : Les différentes couches constituant l'épiderme. [8]

2. La jonction dermo-épidermique

Cette couche mince est située sous la couche basale, entre le derme et l'épiderme. Cette jonction est constituée de la membrane basale et d'autres substances comme les glycoprotéines, le collagène de type IV et la fibronectine. Chez les peaux jeunes cette structure est de forme ondulée et s'aplatit au cours du vieillissement. La jonction dermo-épidermique est constituée des annexes épithéliales : les glandes sudorales et l'appareil pilo-sébacé.

3. Le derme

Cette couche est composée de deux parties à savoir le derme superficiel et le derme profond. Le derme profond, ou chorion, est un tissu conjonctif formé de collagène, de vaisseaux et de fibroblastes qui synthétisent et sécrètent le collagène et l'élastine. C'est cela qui donnera la résistance et la souplesse à la peau. Les fibres élastiques et le collagène se retrouvent englobés dans un gel riche en protéoglycanes et donc en eau (les protéoglycanes arrivent à piéger jusqu'à mille fois leur poids en eau), et en cas de blessure ou de brûlure ils participeront aux premières étapes de la cicatrisation en recrutant des pro-enzymes et des précurseurs de facteurs de croissance.

De plus, les fibroblastes sont des cellules très importantes dans le cadre de la cicatrisation : en cas d'agression elles vont être capables de se multiplier en un tissu indifférencié très vascularisé appelé le « bourgeon charnu ». C'est à partir de ce bourgeon charnu que les différentes couches de la peau vont pouvoir se différencier afin de reconstituer les différents éléments cellulaires et de réparer la peau lésée.

4. L'hypoderme

Cette dernière couche de la peau est constituée de cellules appelées adipocytes qui sont des cellules dérivées des fibroblastes. Ces adipocytes forment le tissu adipeux qui est un lieu de réserve formant une protection tout autour des organes, des muscles et des os, et jouant un rôle dans la régulation thermique du corps (la graisse est un très bon isolant).

Ce tissu adipeux varie énormément selon l'âge, le sexe, le mode de vie et le déterminisme génétique. Chez l'homme le tissu adipeux représente environ 15% de la masse corporelle, alors que chez la femme on en retrouve plutôt 30%. Il sert également à réguler la thermogenèse et l'équilibre énergétique (lors d'un jeûne on utilisera nos réserves, et lors de gros repas on stockera).

On y retrouve les follicules pileux, les glandes sudoripares, des vaisseaux, des terminaisons nerveuses et les capteurs sensibles à la chaleur, à la pression et au toucher.

IV. Les annexes cutanées

Il s'agit de formations épithéliales complexes qui se développent grâce à une collaboration entre l'épiderme et l'hypoderme où nous retrouvons les glandes sébacées, les glandes sudorales, les cheveux et poils, et les ongles. Il est à noter que l'appareil pilo-sébacé associe les glandes sébacées aux follicules pileux, et que les phanères comprennent les cheveux, les poils et les ongles. [1 ; 6]

- Les glandes sébacées : elles sont généralement annexées aux poils pour former l'appareil pilo-sébacé. Elles sont présentes dans la jonction dermo-épidermique et sécrètent le sébum qui maintient l'hydratation de la peau, protège des rayonnements et permet une cohésion de la couche cornée.
- Les glandes sudorales : elles sont réparties de façon irrégulière au niveau du corps et sont très nombreuses au niveau des aisselles, du front, de la poitrine, des paumes et des plantes des pieds. Elles serviront ainsi à éliminer les calories en évaporant la sueur (liquide composé d'eau et de déchets métaboliques) lors des efforts, d'une forte émotion ou après l'ingestion de certains aliments comme le piment. Certaines glandes sudorales sont annexées à l'appareil pilo-sébacé et sont responsables des odeurs corporelles.
- Les cheveux et poils : il s'agit de formations épithéliales dont la racine, le follicule pileux, est situé dans le derme profond. Ce follicule pileux subit une importante activité métabolique pour obtenir la tige pileuse à partir du bulbe. Au niveau de ce bulbe, qui est constitué de kératinocytes, se trouve un muscle horripilateur responsable du redressement des poils (chair de poule) lors d'un changement de température ou d'une émotion. Les cheveux sont formés de nombreuses chaînes de kératine très fortement liées entre elles et dont la couleur est liée à la présence de mélanocytes qui produisent des pigments.

- Les ongles : tout comme les cheveux et poils, les ongles sont constitués d'un assemblage de kératine qui se transforme en une corne épaisse.

B. Les brûlures

I. Généralités

Les brûlures sont un cas particulier de plaie aiguë dont le sujet me tenait à cœur suite à mon stage au bloc des grands brûlés à Pellegrin. Qu'elles soient bénignes ou graves, il est essentiel de savoir orienter vers le médecin ou non un patient qui se présenterait à l'officine avec ce genre de traumatisme. La connaissance des principales causes, des facteurs de risque associés et des différents degrés doit permettre une première évaluation de la brûlure et de savoir quoi appliquer afin que la cicatrisation se déroule dans les meilleures conditions.

De plus en plus de patients veulent et demandent des produits naturels pour se soigner. L'usage de miel dans la cicatrisation ne fait plus aucun doute et son emploi pour soigner les brûlures a toute son indication autant à l'officine pour les petits maux qu'à l'hôpital pour des soins plus lourds.

Nous allons voir dans un premier temps la définition de la brûlure et sa physiopathologie, un peu d'épidémiologie et les principales causes ou contextes dans lesquels les brûlures peuvent survenir.

1. Définition

« Lésion de la peau ou des muqueuses provoquée par leur exposition à une chaleur intense ou par leur contact avec un agent physique ou chimique. » [1 ; 9 ; 10 ; 11 ; 12 ; 13 ; 14]

Il s'agit d'une destruction partielle ou totale de la peau et des tissus adjacents, pouvant aller jusqu'à la nécrose tissulaire. Ainsi les brûlures ne seront pas seulement classées selon le degré de brûlure et dépendront de nombreux facteurs :

- L'âge du patient
- Le type de brûlure avec l'agent causal
- La durée d'exposition
- Le type d'accident (domestique, accident du travail, volontaire...)
- Le délai entre la brûlure et la prise en charge du patient
- L'étendue des lésions (appréciée avec la règle de Wallace ou la table de Berkow)
- La profondeur des lésions d'où l'importance de la détermination du degré de brûlure
- Les facteurs de risque aggravants tels que le diabète, l'insuffisance cardiaque, l'insuffisance respiratoire, l'hémophilie, les troubles de la coagulation, le tabagisme, l'éthylisme...
- L'atteinte ou non de fonctions vitales comme les voies respiratoires et les orifices naturels.

2. Physiopathologie

Au début, la brûlure laisse place à un œdème et à une plasmorragie importants qui vont augmenter la perméabilité vasculaire et cellulaire au sodium. Ceci aura pour conséquence une fuite vasculaire d'eau, de sodium, de protéines et une anoxie tissulaire. Si ceci s'avère trop important, le patient pourra subir un choc hypovolémique dû à l'exsudation et aux pertes caloriques importantes avec son pronostic vital remis en cause. Le remplissage vasculaire ne sera donc pas à négliger, surtout durant les premières heures suivant l'accident.

S'en suit au niveau des tissus brûlés une réaction inflammatoire locale nécessaire à la cicatrisation avec une libération massive de cytokines inflammatoires. Si cette réaction s'avère trop importante, elle pourra s'étendre au corps entier par voie systémique et aura des répercussions délétères au niveau rénal, cardiovasculaire, respiratoire et digestif. Ainsi, l'excision de la peau brûlée avant le 21^{ème} jour peut avoir toute son indication si le chirurgien juge qu'il faut limiter cette réaction inflammatoire.

De plus, lors de la cicatrisation les besoins énergétiques augmentent énormément afin de reconstruire toutes les parties lésées. C'est pourquoi les brûlures étendues seront responsables d'un hypercatabolisme incluant une dénutrition et un catabolisme (ou perte) musculaire importants. [15]

3. Epidémiologie

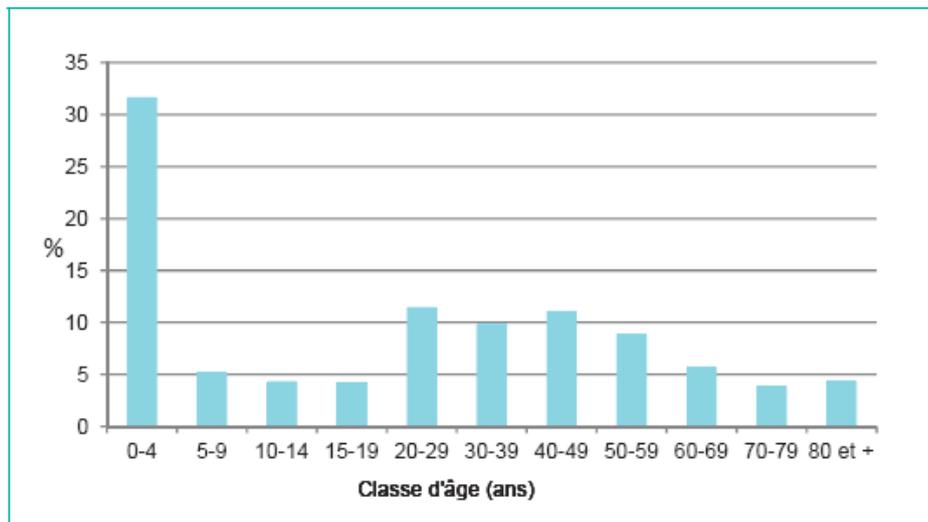
Chaque individu durant sa vie sera confronté un jour à une petite brûlure et se soignera par automédication sans que cela n'ait de conséquence sur sa vie. Mais il arrive parfois que ce genre d'incident soit plus grave et nécessite un passage dans un centre pour grands brûlés. Nombreux sont les incidents qui auraient pu être évités si des mesures adaptées avaient été prises. C'est pourquoi il est indispensable de se baser sur les données épidémiologiques afin de cibler au mieux la prévention primaire en rapport avec les brûlures.

Pour rappel la prévention primaire a pour objectif d'éviter l'accident avec par exemple des campagnes d'informations et publicitaires, la prévention secondaire vise à minimiser les conséquences de l'accident comme par exemple apprendre les 1ers gestes de secours, et la prévention tertiaire servira à atténuer les conséquences sur le long terme avec par exemple la réhabilitation et la rééducation.

Très peu d'études nous renseignent sur les données épidémiologiques en rapport avec les brûlures, mais nous retiendrons celle menée en 2011 et publiée en 2014 par l'INVS. [16 ; 17]

➤ Répartition des hospitalisations par classe d'âge de 0 à +de 80 ans:

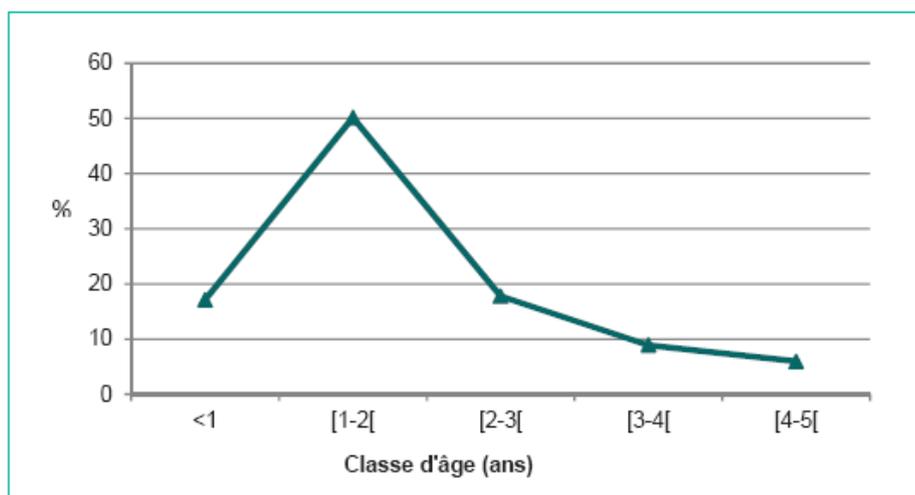
Cette première étude nous montre que les hospitalisations pour brûlures concernent essentiellement les enfants en bas âge de 0 à 4 ans qui représentent 30% des hospitalisations totales. Toutes les autres classes d'âge, si l'on regarde par tranche de 5 ans en 5 ans, seront aux alentours de 5%. Ceci nous montre bien que les enfants en bas âge sont les plus vulnérables, que la prévention ne doit pas être négligée et qu'elle sera différente de celle que l'on pourrait faire pour les personnes âgées.



Graphique 1 : Répartition des hospitalisations pour brûlures par classe d'âge, PMSI-MCO, France métropolitaine, 2011 (N = 11 824)

➤ Répartition des hospitalisations pour brûlures de 0 à 5 ans :

Comme vu précédemment, les enfants en bas âge sont le plus souvent touchés. Parmi eux, nous pouvons voir que ceux entre 1 et 2 ans sont nettement plus concernés avec 50% des hospitalisations totales: ceci est certainement dû à l'apprentissage de la marche, à leur curiosité et à la découverte de leur environnement.

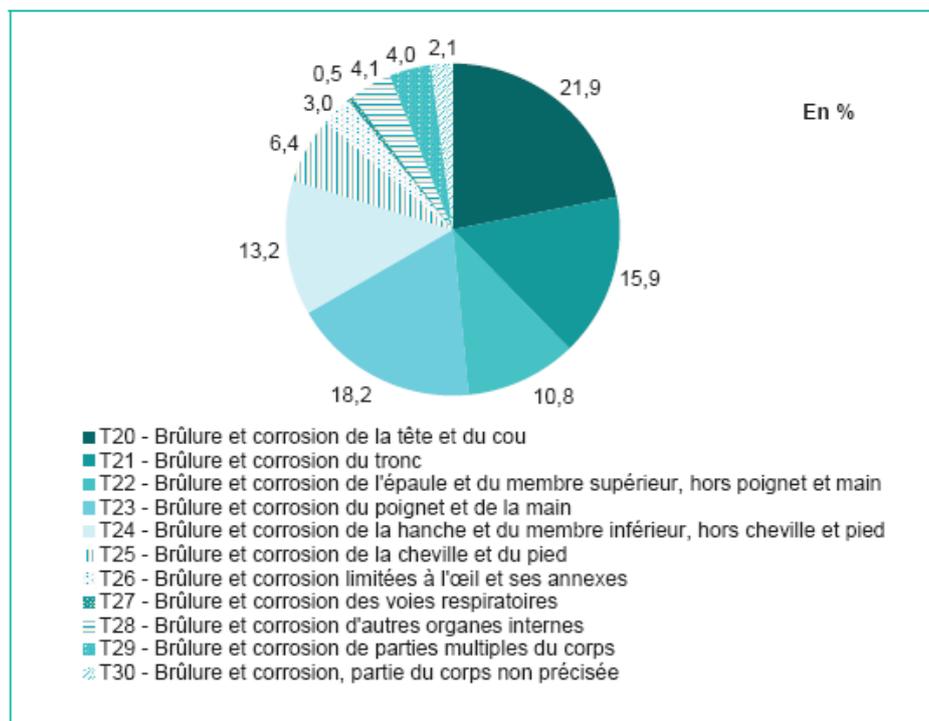


Graphique 2 : Répartition des personnes hospitalisées pour brûlures par âge chez les enfants de moins de 5 ans, PMSI-MCO, France métropolitaine, 2011 (N = 2 357)

➤ Répartition des brûlures selon les parties du corps :

Toutes les parties du corps ne sont pas égales face aux brûlures : selon les activités de chacun, le travail et les loisirs entre autres, nous retrouvons le plus souvent des atteintes au niveau de :

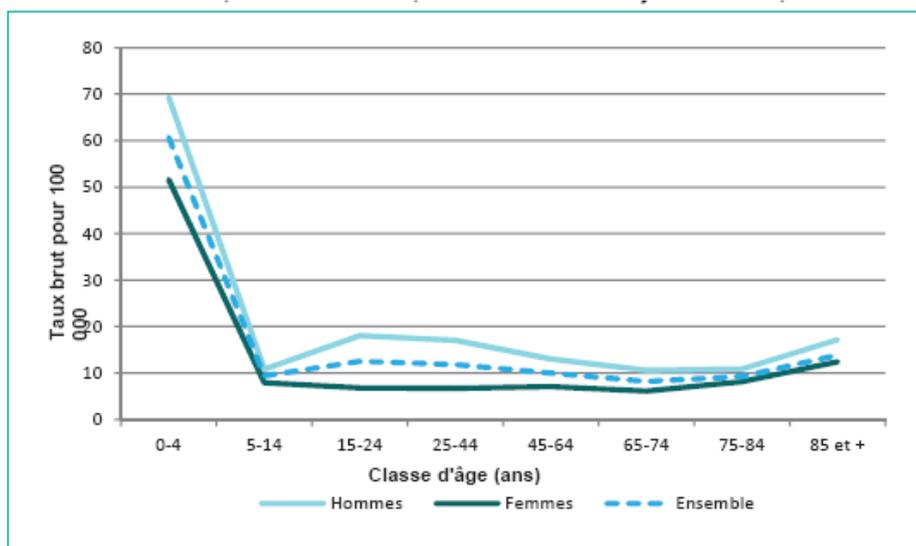
- La tête et le cou : 21,9%
- Les poignets et les mains : 18,2%
- Le tronc : 15,9%
- Les hanches et les membres inférieurs : 13,2%
- Les épaules et les membres supérieurs : 10,8%



Graphique 3 : Répartition des parties lésées des patients victimes de brûlures, PMSI-MCO, France métropolitaine, 2011 (N = 8 130)

➤ Répartition des brûlures selon le sexe :

Les hommes et les femmes ne sont pas tous égaux face aux brûlures : en effet nous pouvons voir dans cette étude que même s'ils sont touchés de manière à peu près égale selon la tranche d'âge, il n'en reste pas moins que les hommes sont toujours plus touchés de 10% environ que les femmes.



Graphique 4 : Taux d'incidence brut (pour 100 000 habitants) de victimes de brûlures hospitalisées par classe d'âge selon le sexe, PMSI-MCO, France métropolitaine, 2011

4. Les principales étiologies

[17 ; 18]

➤ L'agent en cause :

Il existe plusieurs types de brûlures et selon l'agent en cause nous retrouverons :

- Les brûlures thermiques :

Il s'agit des brûlures les plus fréquentes (environ 90%) et elles sont elles-mêmes divisées en plusieurs sous type à savoir les brûlures par contact, les brûlures par flamme et les brûlures par rayonnement.

- Les brûlures par contact : le contact se fait ici entre la peau et un liquide comme de l'eau bouillante, de l'huile bouillante, un bain trop chaud (fréquent chez les bébés et les personnes âgées).
- Les brûlures par flamme : on retrouve ici les explosions de gaz ou de vapeur d'essence, et les hydrocarbures enflammés. Il faudra prendre en compte les éventuelles brûlures et la présence de suie au niveau des voies respiratoires. Elles peuvent être très graves (profondes et étendues) ou plutôt réparties en mosaïque (plusieurs degrés de brûlures associés).
- Les brûlures par rayonnement : les plus graves seront causées par la radiothérapie avec les rayons X ou par les rayonnements nucléaires. Les autres, plus bénignes, seront dues aux UV du soleil et resteront le plus souvent superficielles. Cependant la prise de médicaments photosensibilisants sans mesure de prévention associée (évitement du soleil, crème solaire indice 50 toutes les 2h, chapeau...) pourront les aggraver.

- Les brûlures électriques ou électrisation :

Elles sont causées par le passage du courant électrique à travers le corps et sont très souvent associées à des lésions profondes, graves et non visibles. L'importance des lésions dépendra de l'intensité (ampérage), de la conductivité (effet Joule), de la durée et de la surface de contact.

Même si le point d'entrée semble petit, les muscles en dessous se mettent à nécroser à cause de la chaleur emmagasinée par l'os qui joue le rôle de résistance électrique. C'est pourquoi dans ce genre de brûlure l'amputation sera souvent envisagée.

Il ne faut pas les confondre avec l'électrocution qui signifie la mort immédiate d'un individu lors du passage du courant électrique.

- Les brûlures chimiques :

Sont en cause ici tous les produits et substances chimiques engendrant une destruction de l'épiderme et du derme de part leur composition caustique. La gravité de ces brûlures dépend de la nature du caustique (acide ou basique), de sa concentration et de la durée de contact.

La progression de produits chimiques au niveau de la peau va se faire de manière progressive dans le temps d'où l'importance de ré-évaluer la gravité de la brûlure plusieurs heures après l'accident. De plus il se produira un dégagement de chaleur lors de la rencontre du caustique avec les tissus, qu'il soit acide ou basique.

- Les autres causes :

On peut retrouver dans cette catégorie les abrasions de la peau contre un objet et les frottements excessifs comme par exemple les ampoules qui se forment au niveau du talon d'Achille chez les joggers.

➤ **Le contexte :**

Les circonstances des brûlures peuvent être très diverses :

- Les accidents domestiques et de loisirs : 70% des cas

Il s'agit notamment d'accidents survenus en cuisine (plaques chauffantes, bouilloire, barbecue allumé à l'alcool à brûler, feu de cheminée allumée avec de l'essence de térébenthine...).

- Les accidents du travail : 20% des cas

Les brûlures sont très fréquentes dans les métiers de la restauration.

- Les autolyses : 5% des cas

Les tentatives de suicide par le feu ou immolation par le feu, posent un réel problème car elles engendrent toujours des brûlures très graves. Elles peuvent être observées chez des patients ayant ou non des antécédents psychiatriques.

- Accidents de la circulation, incendies, agressions : 5% des cas

On retrouvera ici les accidents de la voie publique (chute en scooter avec conducteur en short par exemple), les incendies (volontaires ou non) et les tentatives de meurtre.

II. Evaluation de la profondeur des lésions

Les brûlures sont classées en degré selon la profondeur, c'est-à-dire la couche de peau atteinte. Pour cela l'examen clinique et l'interrogatoire du patient seront indispensables (parfois l'interrogatoire sera impossible si le patient est dans le coma, mais en général le contexte est bien défini grâce aux témoignages des personnes présentes lors de l'incident).

La gravité clinique d'un patient brûlé dépendra de plusieurs facteurs à savoir l'étendue et la profondeur des brûlures, ainsi que l'existence de lésions associées. Les premières heures de la prise en charge ainsi que l'âge du patient et ses facteurs de risque personnels vont conditionner le pronostic de la maladie.

Cependant il est souvent compliqué et difficile de déterminer un seul type de profondeur de lésion, et ce même au sein d'une même localisation : on parlera alors de « mosaïque de brûlures ». Il est important de garder à l'esprit que ce type de lésion évolue et subit des variations dans les premières heures suivant l'incident. Il sera alors nécessaire de réévaluer la profondeur des lésions 48h après le traumatisme. [19]

1. Les différents degrés de brûlures

On retrouve 5 degrés de brûlures allant du plus bénin au plus grave: [12 ; 19]

a. 1^{er} degré :

La brûlure du 1^{er} degré correspond simplement à un érythème, c'est-à-dire à une rougeur au niveau de l'épiderme exclusivement. La totalité de la peau est intacte (il n'y a pas de phlyctènes ni de plaie ouverte) mais une vive douleur se fait ressentir. La rougeur est souvent accompagnée d'un prurit et est due à la vasodilatation des capillaires sanguins. Il s'agit typiquement du coup de soleil qui guérit spontanément en moins d'une semaine en desquamant et qui ne laisse aucune cicatrice. La plaie rose vif est toujours vascularisée et extrêmement douloureuse : le test de vitro pression est positif avec une recoloration immédiate.



Photo 1 : Coup de soleil. [12]

b. 2^{ème} degré superficiel :

Dans ce cas la brûlure atteint le derme superficiel sans atteinte de la couche basale avec une douleur notable et des phlyctènes. Les phlyctènes sont des bulles ou cloques renfermant un liquide transparent. La cicatrisation est également spontanée, ne laissera pas non plus de cicatrice et guérira en 1 à 2 semaines. Le test de vitro pression est également positif à ce stade, et le principal traitement consiste à éviter le dessèchement de la plaie.



Photo 2: Phlyctènes. [12]

c. 2^{ème} degré profond :

L'ablation des phlyctènes laissera place à une importante douleur avec des zones rouges et blanches. Le test de vitro pression est toujours positif mais de manière retardée. Dans ce cas une grande partie du derme est atteint (il subsiste les glandes pilo-sébacées), les terminaisons nerveuses ne sont pas totalement détruites (les douleurs seront alors plus ou moins importantes) et les lésions engendrées laisseront place à des cicatrices importantes. Ce genre de brûlure guérit spontanément en 2 à 4 semaines si la lésion ne s'approfondit pas. A ce stade le traitement consistera à déterger la nécrose.



Photo 3 : Décollement cutané. [12]



Photo 4 : Aspect blanchâtre saignant tardivement à la scarification. [12]

d. 3^{ème} degré :

Il s'agit du degré le plus grave avec ablation totale de l'épiderme, du derme et parfois de l'hypoderme avec coagulation des vaisseaux sanguins. Ces lésions seront de consistance dure, sèche et cartonnée, et de couleur variable : blanc, rouge vif, piqueté hémorragique ou noir. De plus ces lésions sont indolores du fait de la destruction des terminaisons nerveuses, ne saignent pas à la scarification et sont très exposées au risque infectieux. Le test de vitro pression est négatif : il n'y a ni décoloration, ni recoloration. La cicatrisation ne sera jamais spontanée et le patient devra être pris en charge dans un service des brûlés afin de bénéficier d'une greffe de peau.

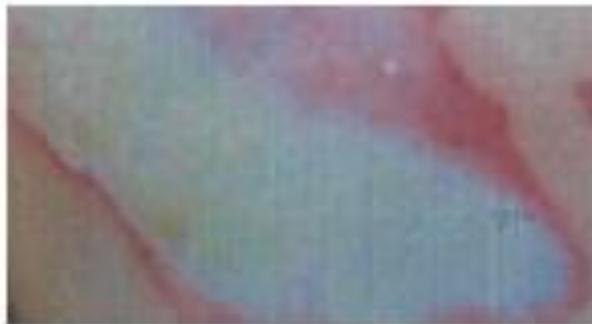


Photo 5 : Aspect blanchâtre. [12]



Photo 6 : Aspect cuir. [12]

e. 4^{ème} degré ou carbonisation :

On parlera parfois de brûlure du 4^{ème} degré lorsque les os et les muscles seront également atteints. Là encore ce type de lésion nécessitera une intervention chirurgicale avec parfois la nécessité d'une amputation.

Stade de la brûlure	Aspect clinique	Guérison ?
1^{er} degré	Rouge vif + douleur	2 à 7 jours
2^{ème} degré superficiel	Rouge vif + douleur + phlyctènes	1 à 2 semaines
2^{ème} degré profond	Blanc/rosé +/- douleur + phlyctènes	2 à 4 semaines
3^{ème} et 4^{ème} degré	Blanc/noir /cartonné + perte de sensibilité	Pas de cicatrisation spontanée Greffe nécessaire

Tableau 1 : Les différents degrés de brûlures.

2. Les techniques de greffe pour le 3^{ème} degré

Comme vu précédemment, lors d'une brûlure du 3^{ème} degré, la cicatrisation n'est pas spontanée et il existe de nos jours différentes techniques afin de greffer de la peau saine. Certains Hôpitaux comme Bagatelle à Bordeaux font pousser de la peau en laboratoire. La culture de kératinocytes est employée pour éviter les prises de greffe. Leur intérêt principal est de « construire » une nouvelle peau à partir des cellules du patient lui-même tout en évitant une prise de greffe.

D'autres, comme le CHU de Bordeaux dans le service des grands brûlés à Pellegrin, utilisent l'autogreffe, c'est-à-dire que le chirurgien va prélever une partie de peau saine appelée « prise de greffe » qui sera ensuite replacée sur la partie brûlée. J'ai pu assister les chirurgiens plastiques de nombreuses fois lors de ces opérations lors de mon stage hospitalo-universitaire de 5^{ème} année au bloc des grands brûlés à Pellegrin.

Les greffes s'effectuent soit vers le 5^{ème}-6^{ème} jour après la brûlure et on parle alors d'excision/greffe précoce, soit vers le 21^{ème} jour.



Photo 7 : Excision de peau.

Pour prélever la prise de greffe on utilise soit un bistouri électrique comme sur la photo précédente, soit un dermatome qui est une sorte de rasoir auquel on peut régler la profondeur de prélèvement de la peau afin d'obtenir une épaisseur de peau régulière. Les prises de greffe sont généralement situées au niveau des cuisses et des mollets, et équivaudront à une brûlure de 2^{ème} degré en termes de douleur par la suite. Puis soit on effectue une greffe de peau pleine, soit une greffe de peau en filet. [20 ; 21]



Photo 8 : Dermatomes électriques et lames. [21]

Les greffes de peau pleine sont surtout indiquées chez les enfants afin de réduire au maximum les cicatrices, et également chez les adultes au niveau des zones sensibles et fragiles (mains, aisselles, visage, cou).

Quant aux greffes en filet, ce sont celles que l'on rencontre le plus souvent afin de permettre la cicatrisation de brûlures très étendues tout en utilisant un minimum de peau saine. Ceci est tout particulièrement intéressant lorsqu'il ne reste plus beaucoup de peau saine. Ainsi il suffit de passer la prise de greffe dans un ampligreffe ou expandeur qui permet de multiplier la surface par 2, 4 ou 6.



Photo 9: Expandeur et greffes en filet. [21]

Une fois la greffe de peau positionnée, on applique de la colle biologique au niveau des bords ou on agrafe directement.



Photo 10: Greffe de peau pleine. [12]



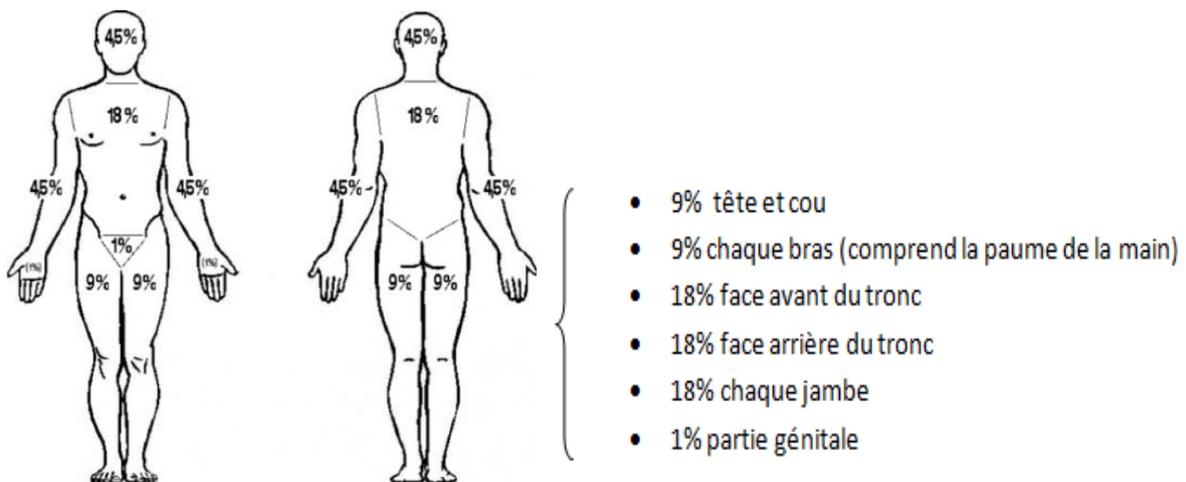
Photo 11: Greffe en filet. [12]

Il a été démontré que le miel pouvait également servir à la fixation des greffes de peau. En effet, après la mise en place de la greffe de peau sur la zone désirée, l'application de miel permet de la « coller » sans utiliser d'agrafes ni de colle biologique et de réduire œdème et exsudats. Cette méthode est assez simple d'utilisation, peu chère et fait gagner du temps aux équipes chirurgicales. [22 ; 23]

3. Règle de Wallace dite « règle des neuf »

La règle de Wallace est utilisée depuis des décennies et permet d'estimer très rapidement l'étendue d'une brûlure sur le corps. Ainsi chaque partie du corps se voit attribuer un certain % de surface corporelle (9% ou multiple de 9%) pour arriver à un total de 100%. Il est à noter que la partie génitale ainsi que la paume de la main valent chacune 1%, ce qui est utile afin d'apprécier au mieux les petites surfaces disséminées. De plus, par sa facilité de mémorisation, on évaluera rapidement la Surface Corporelle Brûlée ce qui permettra une meilleure prise en charge du patient. [24 ; 25]

- Chez l'adulte :



- Chez l'enfant :



Schéma 3 : Règle de Wallace dite « règle des neuf » chez l'adulte et l'enfant.

Cependant, pour évaluer l'étendue d'une brûlure chez un enfant on préférera utiliser d'autres règles plus précises car celle-ci reste assez approximative.

4. Table de Lund et Browder, table de Berkow

Cette table, en prenant en compte l'âge du patient, sera ainsi bien plus précise que la règle des neuf. [25]

Surface							
Age	Nouveau-né	1 an	5 ans	10 ans	15 ans	Adulte	
Tête	9.5	8.5	6.5	5.5	4.5	3.5	X2
Cou	1	1	1	1	1	1	X2
Tronc	13	13	13	13	13	13	X2
Bras	2	2	2	2	2	2	X4
Avant-bras	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	X4
Main	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	X4
Organe génital	1	1	1	1	1	1	X1
Fesse	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	X2
Cuisse	2.75	3.25	4	4.25	4.5	4.75	X4
Jambe	2.5	2.5	2.75	3	3.25	3.5	X4
Pied	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	X4
= 100%							

(Paume de la main=1%)

Tableau 2 : Table de Lund et Browder, table de Berkow

5. Indice de Baux

Cet indice a été inventé par le Professeur Serge Baux qui est l'ancien chef de service de chirurgie plastique, reconstructrice et esthétique du Centre des Brûlés de l'Hôpital Rothschild à Paris. Il permet, en utilisant l'âge du patient, la SCB et la profondeur de la brûlure de déterminer si le pronostic vital est engagé et donc d'en estimer les chances de survie. [25]

Il est ainsi régi par le calcul suivant :

Score de Baux = AGE + % SCB du 2 ^{ème} degré profond et du 3 ^{ème} degré
--

Si le patient présente des facteurs de risque comme par exemple un diabète, une insuffisance cardiaque ou des défenses immunitaires diminuées, il faudra rajouter 15 au total.

On considère que lorsque le score de Baux est supérieur à 100 le pronostic vital est très fortement engagé. Il orientera ainsi la prise en charge du patient soit vers un centre de grands brûlés, soit vers un centre classique de chirurgie plastique, soit en ambulatoire avec une infirmière qui passera au domicile du patient avec contrôle en consultation spécialisée toutes les 48h.

6. La localisation à risque de la brûlure

Certaines zones du corps sont plus sensibles et plus à risque de complications lorsqu'elles sont brûlées. Leur localisation oriente la prise en charge et le type de soin qui sera appliqué. [15 ; 25]

- Les zones fonctionnelles :
 - La face et le cou
 - Les mains
 - Les plis de flexion articulaire : sous les aisselles, pli du coude, dos du pied
 - Le périnée et les organes génitaux externes
 - Les seins chez la femme et l'enfant (risque de destruction)
- Brûlures des voies aériennes
- Brûlures circulaires des membres : elles peuvent entraîner une ischémie par un effet garrot qui conduira à une rhabdomyolyse (« crush syndrome » ou « syndrome des loges »). Pour éviter cela il faudra pratiquer des incisions de décharge au bistouri électrique afin de libérer les tissus et permettre la libération des exsudats. Ces incisions pourront se faire sans anesthésie vu que les brûlures du 3^{ème} degré sont indolores et insensibles.



Photo 12 : Excision de décharge sur une jambe.

7. Les lésions associées

Un patient brûlé doit toujours être examiné dans son ensemble, même si à première vue les brûlures sont impressionnantes, pour ne pas passer à côté d'une lésion associée pouvant engager le pronostic vital : [25]

- L'inhalation de fumées et de gaz : les particules de suie et les toxiques contenus dans les fumées (monoxyde de carbone, cyanure) seront très agressifs au niveau des voies respiratoires. Il est important d'y penser en fonction du contexte (lors d'un incendie par exemple) si le patient présente des brûlures au niveau du visage ou une modification de la voix.
- Si accident ou chute : polytraumatismes, fractures...
- Lésions de blast : il s'agit d'un processus pathologique durant lequel l'organisme est exposé à une onde de choc lors d'une explosion.
- Hémorragie associée.

8. Complications majeures

L'étiologie, le degré de brûlure, la localisation, la présence de lésions associées et les facteurs de risque propres au patient pourront faire évoluer les lésions et engendrer des complications telles que : [15 ; 25 ; 26]

- Insuffisance et détresse respiratoire :

Si inhalation de fumées et gaz toxiques, l'intubation trachéale et la ventilation assistée voire une trachéotomie seront envisageables.

- L'hypovolémie et hémococoncentration:

Le choc hypovolémique est possible lorsque la surface brûlée est >10%. Il faudra donc apporter des solutés de remplissage vasculaire le plus précocement possible. Sur le plan clinique l'hypovolémie se traduit par une chute du débit cardiaque, une pression de remplissage basse et une résistance systémique élevée.

- L'hypermétabolisme :

La déperdition thermique et le stress engendré aboutissent à une sécrétion importante de catécholamines qui vont conduire à un métabolisme de base majoré entre 118% et 210%. Ce phénomène est également amplifié par la mise en place du processus de cicatrisation qui demande lui aussi un métabolisme important. De plus le catabolisme azoté sera responsable d'une importante fonte musculaire. S'en suit une perte de poids considérable avec dénutrition sévère du patient ce qui par conséquence engendrera un retard de cicatrisation si une nutrition adaptée n'est pas mise en place.

- L'hypothermie :

Son importance sera corrélée à l'étendue des brûlures. Normalement le refroidissement des lésions par de l'eau froide est recommandé en 1^{ère} intention afin de réduire la propagation et l'étendue des brûlures. Cependant, les patients dont les brûlures dépassent 20% de la surface corporelle sont exposés au risque d'hypothermie et la lutte contre celle-ci deviendra alors une priorité. C'est pourquoi les blocs opératoires pour grands brûlés sont les seuls à être surchauffés (les patients sont placés sur une couverture chauffante et sont assistés d'une aide thermique au moyen de lasers en regard des poignets et du front).

- Le risque infectieux :

Que les brûlures soient peu ou très étendues il faudra à tout prix éviter le risque infectieux qui pourrait rallonger le temps de cicatrisation et dans le pire des cas engager le pronostic vital.

C. La cicatrisation des brûlures

Comme dit précédemment, les brûlures sont une étiologie particulière d'un traumatisme au niveau de la peau. Cependant, le phénomène de cicatrisation est le même quel que soit le type de plaie et se déroulera en cinq étapes principales : l'hémostase, l'inflammation, la prolifération, le remodelage et la maturation cicatricielle. De plus elle se fera toujours des berges de la plaie vers l'intérieur, c'est-à-dire de manière centripète.

Nous verrons par ailleurs les facteurs qui peuvent influencer de manière négative la guérison des plaies et en retarder la cicatrisation jusqu'au point d'en devenir une plaie chronique, les différents types de cicatrices pathologiques et les principales bactéries retrouvées dans la surinfection des brûlures.

I. Généralités

1. Notion d'écosystème de la peau

La prolifération de micro-organismes au niveau de la peau est rendue possible grâce à l'eau apportée par la sueur qui est elle-même produite par les glandes sudorales, au sébum produit par les glandes sébacées, au pH légèrement acide de la peau ($\approx 5,5$) et à une température proche de 37°C au niveau des plis.

Si aucun signe ou aucun risque d'infection n'est démontré, l'utilisation de produits antiseptiques sur une plaie n'est pas recommandée : on préférera laver la plaie avec de l'eau et du savon (attention au sérum physiologique qui risque d'assécher la peau). Le fait de vouloir à tout prix désinfecter une plaie est d'une part impossible, et d'autre part cela détruirait l'écosystème au niveau de la peau, entraînerait des résistances et engendrerait des retards de cicatrisation.

La peau présente de façon physiologique de nombreux germes saprophytes, opportunistes et symbiotiques sur tout le corps : il s'agit de la flore cutanée ou microbiote cutané humain.

La composition de cette flore ne sera pas la même selon la localisation au niveau du corps. En temps normal elle est plutôt colonisée par des bactéries Gram + (par exemple les genres *Staphylococcus*, *Clostridium*, *Streptococcus*, *Enterococcus*...), et lorsqu'elle est altérée cet équilibre s'inverse pour laisser place à la prolifération d'une majorité de bactéries Gram- (par exemple les genres *Salmonella*, *Pseudomonas*, *Escherichia*...).

Une fois le processus de cicatrisation terminé, l'équilibre revient à la normale avec une prépondérance de bactéries Gram + au niveau de la peau. Il est à noter qu'une plaie est dite chronique lorsque le temps de cicatrisation devient supérieur à 6 semaines. De plus, une plaie chronique est à haut risque de colonisation par des bactéries opportunistes ce qui signifie qu'il faudra respecter au maximum la flore commensale tout en évitant l'infection par des germes pathogènes.

[27 ; 28]

2. Les étapes de la cicatrisation

La cicatrisation est un processus physiologique complexe et dynamique qui consiste en cinq phases précises, continues et programmées de la réparation tissulaire : l'hémostase, l'inflammation, la prolifération, le remodelage et la maturation de la cicatrice. La régulation de ces différentes étapes est multifactorielle : elle dépendra du type de blessure, du temps, des cellules présentes, des facteurs aggravants ou favorisant la cicatrisation... [29 ; 30 ; 31 ; 32]

Toute interruption, aberration ou prolongation de ce phénomène pourra conduire au passage à la chronicité de la plaie ce qui aura pour conséquence une augmentation du risque d'infection, le risque de ne jamais guérir et d'aboutir à des cicatrices pathologiques. Nous verrons plus loin comment l'application de miel sur une plaie et notamment sur les brûlures aura des effets bénéfiques tout au long de ces étapes et favorisera ainsi le bon déroulement de la cicatrisation.

Par moment les étapes de la cicatrisation ne sont pas toutes visibles car elles s'enchaînent trop rapidement, ce qui est souvent le cas lors d'une plaie nette ou chirurgicale.

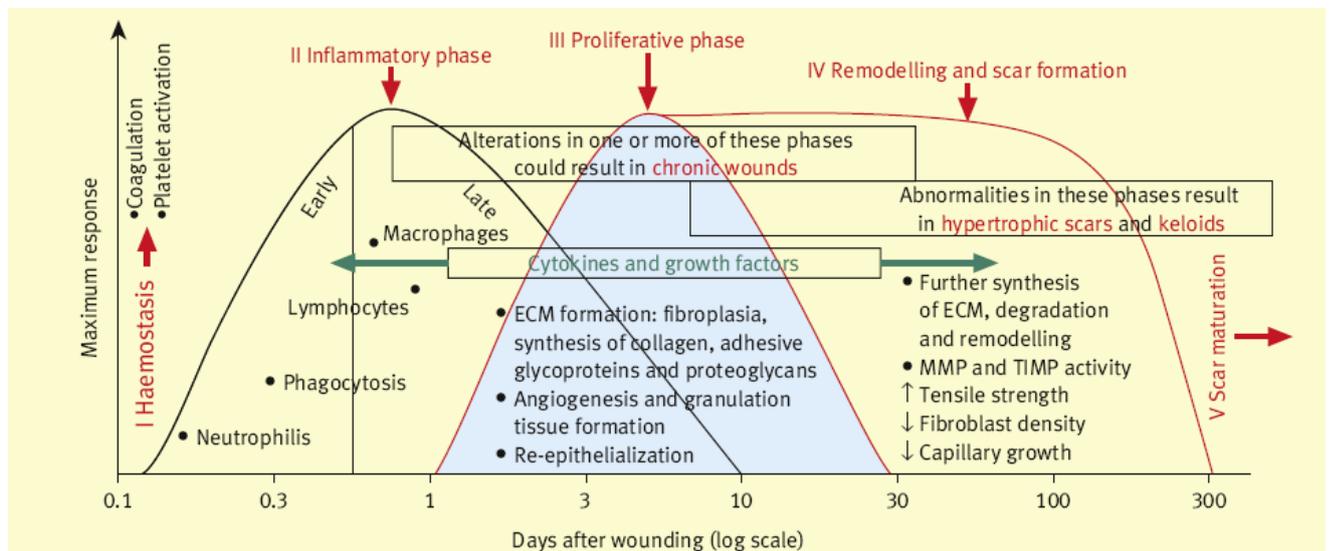


Schéma 4 : Les étapes de la cicatrisation. [32]

a. Hémostase :

Il s'agit de la phase la plus précoce ou immédiate : elle débute par une vasoconstriction avec la migration des plaquettes vers la lésion par extravasation. Cette vasoconstriction permet de « fermer » au maximum les vaisseaux voisins pour limiter la perte de sang. L'adhésion et l'agrégation des plaquettes vont former le clou plaquettaire (= caillot fibrino-plaquettaire) qui exerce une action hémostatique ainsi qu'une matrice provisoire pour la migration des cellules pro-inflammatoires, les macrophages, les cellules endothéliales, mais aussi les fibroblastes.

Les plaquettes vont également s'activer et leur dégranulation va permettre la libération de nombreux facteurs de croissance comme le TGF β , l'EGF et le PDGF. Une plaquette activée peut libérer plus de 300 molécules de signalisation différentes pour moduler les autres plaquettes, les leucocytes et les cellules endothéliales.

b. L'inflammation

La barrière cutanée étant altérée, la peau ne peut plus jouer son rôle de barrière contre le monde extérieur. Suite à l'hémostase, les plaquettes qui contiennent aussi des corps denses de molécules vasoactives comme la sérotonine vont induire une vasodilatation. Ceci induit une perméabilité microvasculaire et l'extravasation de fluides dans l'espace extravasculaire. L'inflammation peut être divisée en plusieurs phases en fonction du temps et des cellules inflammatoires impliquées.

La phase précoce de l'inflammation dure 1 à 2 jours : les polynucléaires neutrophiles sont attirés par certains éléments chimiques comme le TGF β , les éléments du Complément, les fragments protéiques de la matrice extracellulaire et les peptides produits par les bactéries. Ce chimiotactisme est un phénomène d'attraction où des cellules sanguines sont attirées par des molécules telles que les cytokines ou chimiokines produites sur le lieu de l'inflammation. Ces neutrophiles adhèrent aux cellules endothéliales et commencent à se déplacer activement à travers les parois des vaisseaux : il s'agit de la diapédèse.

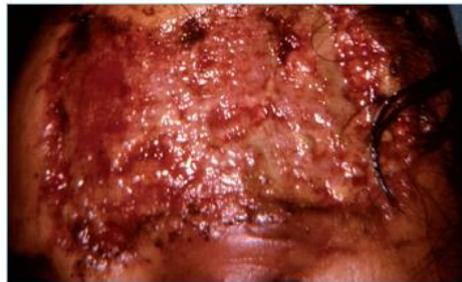


Photo 13 : Plaie en cours de détersion. [47]



Photo 14 : Plaie détergée mais inflammatoire. [47]

Une fois arrivés sur le lieu de la blessure, les neutrophiles se transforment en macrophages et phagocytent bactéries et débris en relâchant des enzymes dégradantes ainsi que des radicaux libres dérivant de l'oxygène. C'est ce que l'on appelle la détersion de la plaie ou nettoyage naturel de la plaie. Pendant ce temps, les cellules basales au niveau des berges de la plaie ont une activité mitotique accrue. Les cellules épithéliales des berges commencent à migrer et à proliférer le long du derme. L'activité des leucocytes cesse au bout de quelques jours lorsque la détersion est terminée.

La phase plus tardive, au bout du 2^{ème} et 3^{ème} jour suivant la blessure, concerne les monocytes qui proviennent du sang et qui vont changer de phénotype pour devenir des macrophages tissulaires. Ces monocytes sont attirés par chimiotactisme (Complément, composants de la coagulation, fragments d'IgG, produits du collagène et de l'élastine...). Ce seront les plus nombreux à produire des facteurs de croissance nécessaires à la prolifération. A ce niveau les fibres de collagène sont présentes sur les bords de la plaie tout en étant orientés verticalement. La prolifération des cellules endothéliales continue pour donner une couverture épidermique épaisse.

c. La prolifération

S'en suit une phase de migration des fibroblastes, de l'émergence de la matrice extracellulaire et de la formation du tissu de granulation. Cette phase commence vers le 3^{ème} jour et peut durer jusqu'à 2 semaines. L'épithélialisation représente le stade final de la phase de prolifération.

Les fibroblastes, attirés par le TGF β et par les facteurs dérivant des plaquettes, vont continuer leur multiplication dans cette phase proliférative afin de former un tissu indifférencié dit tissu de granulation qui sera constitué d'une multitude de bourgeons charnus ou îlots épidermiques. L'ensemble des bourgeons charnus, à l'œil nu, est d'aspect humide, granuleux, blanc et rose clair qui fait penser à quelqu'un qui aurait la chair de poule.

Les fibroblastes, en migrant des bords de la plaie vers l'intérieur, vont induire la synthèse d'éléments indispensables à la reconstruction de la peau comme le collagène de type III et l'élastine. Leur assemblage, sous l'influence de nombreux facteurs dont la bonne oxygénation des tissus, va constituer la nouvelle MEC. Cette MEC contient des protéines structurales fibreuses, une matrice interstitielle composée de glycoprotéines adhésives emboîtées dans un gel de protéoglycanes et de glycoaminoglycanes.

La formation du tissu de granulation dure 3 à 5 jours avec la formation des bourgeons charnus et de néo capillaires, ou phase appelée néoangiogenèse qui se met en place grâce à la migration et à la réorganisation des cellules endothéliales des vaisseaux sanguins sains les plus proches. Elle est indispensable à la progression des bourgeons charnus et donc à la bonne cicatrisation des tissus. Les nouveaux vaisseaux sont œdémateux car fragiles. De nombreux facteurs induisent l'angiogenèse comme le VEGF et le TGF β . Au bout de quelques jours, le réseau microvasculaire est présent sur toute la surface du tissu de granulation qui peut saigner facilement. La densité des nouveaux vaisseaux sanguins diminue à cause du collagène qui s'accumule pour produire la cicatrice.



Photo 15 : Aspect rose, îlots épidermiques visibles. [12]



Photo 16 : Phase d'épidermisation sur une brûlure du 2ème degré profond. [12]

L'épithélialisation est la dernière étape de la prolifération où les cellules épithéliales au bord des berges ont une activité mitotique maximale. Elles commencent toutes à migrer jusqu'au centre de la plaie, c'est à dire de façon centripète, et lorsqu'elles se rencontreront, elles se différencieront pour rétablir un épithélium pluristratifié. L'épithélialisation requiert un environnement humide, une nutrition des cellules adéquate et un contrôle des bactéries opportunistes qui seront modulés par les facteurs produits par les kératinocytes comme le Growth factor, EGF, BFGF. Ce tissu cicatriciel sera moins élastique, plus rigide avec la contraction des berges à cause des myofibroblastes, et dépigmenté. [33]

d. Le remodelage

Cette phase dure 1 à plusieurs semaines selon la gravité de la plaie. La synthèse et le remodelage de la matrice extracellulaire sont initiés par le développement du tissu de granulation, et continuent sur une période prolongée. Le retour à l'équilibre s'effectue en général au bout de 21 jours. La dégradation du collagène est achevée par des Métalloprotéases dépendantes du Zinc produites par les fibroblastes, les neutrophiles et les macrophages sur le lieu de la plaie. A la fin de ce remodelage, l'activité des Métalloprotéases diminue, la densité des macrophages et des fibroblastes diminue également, la dégradation des capillaires s'arrête et la taille du tissu conjonctif se réduit.

e. La maturation de la cicatrice

La maturation et l'épaississement de l'épiderme aboutiront à une maturation cicatricielle dont la durée peut s'étendre jusqu'à 2 ans. Le but ultime sera de retrouver une qualité, une structure et une fonction de tissu aussi proche que ce qu'il était avant. La fibronectine et l'acide hyaluronique sont décomposés et des paquets de collagène augmentent de diamètre tout en augmentant la force de traction de la plaie. Cependant, ces fibres de collagène ne retrouveront au maximum que 80% de leur force par rapport à ce qu'elle était avant.

La re-pigmentation, même si les mélanocytes réapparaissent de manière tardive, s'effectue dans la majorité des cas mais, chez les grands brûlés, elle n'aura des fois jamais lieu.



Photo 17 : Dépigmentation de cicatrices de brûlures chez un enfant. [47]

3. Les facteurs de croissance impliqués dans la cicatrisation

Facteurs de croissance	Cellules productrices	Actions principales
EGF Epidermal GF	Monocyte Macrophage	Epithélialisation Elaboration de la matrice extracellulaire
FGF Fibroplastic GF	Macrophage Cellule endothéliale Fibroblaste	Angiogenèse Epithélialisation
KGF Keratinocyte GF	Fibroblaste	Epithélialisation
PDGF Platelet derived GF	Plaquette Macrophage Fibroblaste	Chimiotactisme Elaboration de la matrice extracellulaire Remodelage (augmente l'activité des collagénases)
TGFβ Transforming GF	Plaquette Macrophage Fibroblaste	Chimiotactisme Elaboration de la matrice extracellulaire Inhibe la dégradation de la matrice extracellulaire
IL-1 Interleukine 1	Macrophage Lymphocyte	Chimiotactisme Synthèse du collagène par le fibroblaste Remodelage (augmente l'activité des collagénases)
IGF Insuline GF	Fibroblaste	Prolifération fibroblastique et synthèse de collagène Epithélialisation

Tableau 3 : Les différents facteurs de croissance et leurs actions dans la cicatrisation.

4. Facteurs influençant la cicatrisation

De nombreux facteurs vont influencer la cicatrisation de manière néfaste et en ralentir le processus. Leur connaissance sera utile pour une meilleure prise en charge du patient et pour en prévoir l'évolution : [1 ; 33 ; 34]

- L'oxygénation : plus les tissus seront bien oxygénés avec la formation de néo-vaisseaux, plus la cicatrisation se déroulera bien.
- Les infections : dès lors qu'une plaie s'infecte, la cicatrisation sera plus longue avec une phase inflammatoire très longue.
- L'âge : les enfants en bas âge cicatrisent remarquablement bien, alors que les personnes âgées auront un temps de cicatrisation plus long.
- Le stress : en cas de stress trop important il y aura une libération chronique de cortisol qui diminue l'épaisseur de la peau en activant les enzymes de dégradation de la matrice extracellulaire.
- Le diabète : cette maladie entraîne un dysfonctionnement leucocytaire et donc une diminution des défenses immunitaires, une mauvaise circulation, un risque d'ischémie et des neuropathies.
- L'obésité : la vascularisation du tissu adipeux sera diminuée.
- La prise de médicaments : les corticoïdes, immunosuppresseurs.
- Les chimiothérapies et radiothérapies par affaiblissement du système immunitaire.
- L'alcoolisme.
- Le tabac : le tabagisme induit une hypoxie tissulaire.
- La nutrition : en cas de malnutrition il y aura une perturbation de la phase inflammatoire et de la synthèse de collagène.
- Le manque de vitamines, oligo éléments et protéines.

Obésité	Diminue la vascularisation du tissu adipeux
Tabagisme	Diminue l'oxygénation de la plaie
Age	Diminue les défenses immunitaires et souvent l'apparition de problèmes vasculaires
Diabète	Entraine un dysfonctionnement leucocytaire, une mauvaise circulation et un risque d'ischémie
Malnutrition	Entraine une perturbation de la phase inflammatoire et de la synthèse de collagène
Immunosuppresseurs	Diminuent la synthèse de collagène
Stress important	Augmente la synthèse de cortisol et la réaction inflammatoire

Tableau 4 : Les facteurs influençant la cicatrisation.

5. Les qualités idéales d'un pansement

Quel que soit le type de pansement, il devra respecter au mieux les conditions physiologiques de la cicatrisation afin de contribuer au bon déroulement des étapes de la cicatrisation : [1 ; 35 ; 36]

- Préservation et maintien d'un environnement chaud et humide
- Création d'une barrière physique contre les infections
- Etre perméable afin de préserver les échanges gazeux
- Débridement efficace
- Eviter la surinfection
- Absorption des exsudats et des micro-organismes
- Indolore au retrait
- Facile d'utilisation
- Acceptation par le patient
- Rapport coût/bénéfice
- Absence d'agents toxiques, d'allergènes ou d'irritants

6. Les pansements conventionnels

De nombreux pansements existent pour permettre la cicatrisation de tous les types de plaies. Certains sont spécifiques à une seule étape de la cicatrisation (par exemple le débridement) alors que d'autres peuvent être utilisés durant plusieurs étapes. Les plus connus sont les pansements alginates, les hydrocolloïdes et les hydrocellulaires. [1 ; 36 ; 37]

Nom	Fonction	Détersion	Bourgeonnement	Ré-épidermisation	Exemples	Conseils
Hydrogels	Hydratation et ramollissement de la nécrose Détersion plaies sèches, fibrineuses ou nécrotiques	oui			Duoderm hydrogel Hydrosorb Intrasite Purilon gel Urgo hydrogel	
Hydrocolloïdes	Favorise la cicatrisation naturelle en maintenant un milieu humide sur la plaie et en drainant les exsudats	Oui	Oui	Oui fin	Duoderm Comfeel Algoplaque Tegasorb	Se change à saturation
Hydrocellulaires	-Cicatrisation en milieu chaud et humide -Fonctionne	Oui	Oui	Oui	Allevyn Mepilex Biatain Cellosorb Tielle	Se change à saturation

	comme une éponge -Absorbent beaucoup plus que les hydrocolloïdes				Hydrosorb	
Alginates	Absorbe 10 fois son poids en eau Hémostatique lié à la présence des ions calcium	Oui	Oui		Algosteril Comfeel seasorb Askina sorb	Nécessite un pansement II Se change à saturation avec pré-imprégnation au sérum physiologique
Hydrofibres	Absorbe 30 fois son poids en eau	Oui			Aquacel	Nécessite un pansement secondaire pour le maintien de l'humidité
Pansements au charbon	Absorbent les odeurs	Oui			Actisorb plus Carbonet Carboflex	Nécessite un pansement secondaire
Tulles ou pansements gras (large maille) /interface (maille très fine)	Compresse en non tissé à mailles fines ou larges imprégnées d'un corps gras et permettant plus ou moins le drainage des exsudats		Oui plaie chronique	Oui plaie chronique et brûlure	Urgotul Jelonet Mepitel	Retirer doucement lors du changement pour ne pas arracher le bourgeon charnu

Tableau 5 : Les différents types de pansements conventionnels.

II. La cicatrisation pathologique

Parfois la cicatrisation peut ne pas se dérouler comme on le souhaiterait, et elle peut soit stagner (par exemple les plaies chroniques : escarres, ulcères artériels et veineux...), soit s'emballer. Le phénomène de cicatrisation excessive se retrouve généralement chez les personnes jeunes ainsi que chez les grands brûlés. Il est important de bien faire la différence entre les cicatrices hypertrophiques et les chéloïdes, et de limiter au maximum l'apparition de rétractations et de brides. [1 ; 38 ; 39 ; 40 ; 41 ; 42 ; 43 ; 44 ; 45 ; 46 ; 47]

1. La cicatrice hypertrophique

Ici la cicatrice s'épaissit énormément en zone immobile dans les semaines suivant la plaie, devient stable sur quelques mois puis régresse en 18 mois maximum. Elle résulte d'une prolifération conjonctive abondante causée par une hyperangiogenèse qui entraîne une hyper oxygénation des tissus et donc une hyperactivité des myofibroblastes avec sécrétion accrue de collagène.

Cependant elle ne dépasse pas la zone de la plaie initiale et le meilleur moyen de l'atténuer rapidement est de la masser quotidiennement avec un gel de silicone et ce sur plusieurs mois. Il est également possible de court-circuiter la phase de granulation en exerçant une excision-greffe précoce comme vu précédemment afin d'éviter l'apparition de cicatrices hypertrophiques.

Au niveau de l'incidence, plus de 91% des cicatrices hypertrophiques surviennent après une brûlure du 2^{ème} degré profond. Quand à l'histologie, on retrouve des nodules composés de myofibroblastes contrairement aux chéloïdes qui n'en ont pas.



Photo 18 : Cicatrice hypertrophique du thorax après une brûlure du 2^{ème} degré profond avec rétractation au niveau supérieur. [47]

2. La cicatrice chéloïde

Ce genre de cicatrice, contrairement à l'hypertrophique, ne pourra pas régresser : il s'agit d'un dérèglement du processus de cicatrisation où les fibroblastes vont former en excès du tissu cicatriciel au-delà même de la plaie initiale. Cliniquement on observe une prolifération cutanée fibreuse, boursouflée et bien délimitée. Il y aura une production accrue de collagène, de fibronectine, d'élastine et de protéoglycanes qui forment la MEC.

Certains facteurs de croissance comme le TGF β et le PDGF sont normalement produits lors de la phase proliférative : leur activité est ici anormalement élevée, d'où une production excessive de MEC et de fibrose. De plus, le collagène sera plus abondant et il sera aussi organisé en fibres plus épaisses. Les chéloïdes sont toujours bénignes, indolores mais engendrent un réel problème esthétique et parfois fonctionnel. Les brûlures ne sont pas les seules à pouvoir provoquer ce genre de phénomène, toute intervention chirurgicale ou tout traumatisme banal comme un piercing à l'oreille peut y conduire.

L'exérèse de ces cicatrices est le plus souvent un échec car elles récidivent la plupart du temps et peuvent même entraîner une aggravation de la lésion initiale. Le diagnostic différentiel avec les cicatrices hypertrophiques se base sur la durée de l'évolution : une cicatrice hypertrophique n'évolue pas plus de 18 mois alors qu'une chéloïde peut évoluer sur plusieurs années.



Photo 19 : Cicatrice chéloïde de l'oreille. [40]

3. Résumé cicatrice hypertrophique / cicatrice chéloïde

Cicatrice hypertrophique	Cicatrice chéloïde
Ne se développe pas au-delà de la plaie initiale	S'étend au-delà de la plaie initiale + exubérances très disgracieuses
Épaississement de la cicatrice et augmentation de la taille durant 2-3 mois	Continue à se développer pendant plusieurs années
Régression spontanée sur plusieurs mois ou années	Pas de régression spontanée
Souvent : sujets jeunes	Souvent : sujets jeunes
Face, régions pectorales, deltoïdes +++	Face, régions pectorales, deltoïdes +++
Traitements sans succès	Traitements peu efficaces : récidives <ul style="list-style-type: none"> - Compression - Corticoïdes injectés localement - Cryothérapie - Bandages silicone - Chirurgie exérèse

Tableau 6 : Comparaison des cicatrices hypertrophiques et chéloïdes.

4. Les rétractations ou formations de brides

Les rétractations sont un phénomène naturel intervenant dans la mise sous tension des fibres de collagène et des cellules afin de rapprocher les berges d'une plaie. Cependant, chez un patient brûlé, ce processus devient pathologique à cause de l'inflammation locale et du mouvement au niveau des zones mobiles et fonctionnelles comme le cou, les mains, les plis de flexion et les membres.

Il est nécessaire de fabriquer des orthèses sur mesure pour les patients brûlés au niveau de ces zones afin de les positionner en capacité cutanée maximale et de permettre une cicatrisation progressive. Les rétractations sont en réalité une fibrose liée aux tensions mécaniques : plus ces tensions seront importantes, plus les rétractations seront rapides et importantes.



Photo 20 : Cicatrice rétractile du creux poplité. [47]



Photo 21 : Synéchie cervicale rétractile après brûlure du 2^{ème} degré profond négligée. [47]

III. Les bactéries impliquées dans la prise en charge des brûlures

Les brûlures, qu'elles soient bénignes ou graves, sont une porte d'entrée aux bactéries opportunistes présentes dans notre environnement, mais également sur notre peau. La fonction de barrière de la peau est interrompue, rendant ainsi la situation idéale pour la multiplication des micro organismes. C'est pourquoi il est nécessaire de les connaître pour pouvoir les appréhender, éviter au maximum les contaminations et limiter leur résistance aux traitements conventionnels tout en respectant la flore cutanée qui, comme vu précédemment, est nécessaire au processus de cicatrisation. [49 ; 50]

1. Généralités

Les bactéries sont des cellules procaryotes, c'est-à-dire qu'elles ne possèdent pas de vrai noyau mais un nucléoïde contenant de l'ADN et de l'ARN. Il s'agit de systèmes autonomes (sauf les Chlamydia et les Rickettsies qui sont à parasitisme intracellulaire obligatoire pour survivre), et se reproduisent par division binaire ou par scissiparité. Elles sont ubiquitaires et présentes dans tous les écosystèmes existant sur Terre : dans le sol, dans les eaux douces ou marines, sur les êtres vivants ainsi qu'à l'intérieur de leur organisme.

Outre leur rôle dans le cycle du carbone et dans la fixation de l'azote atmosphérique, les bactéries sont aujourd'hui largement employées dans les industries agroalimentaire, chimique et pharmaceutique.

2. Structure générale d'une bactérie

Toutes les bactéries sont différentes mais elles possèdent tout de même une structure commune qui les différencie des autres micro organismes comme les champignons ou les virus. On y retrouve des organites vitaux qui seront toujours présents, et d'autres organites accessoires ou inconstants qui apporteront toujours un avantage à la bactérie.

Les organites constants sont la paroi, la membrane cytoplasmique, le nucléoïde, le cytoplasme et les ribosomes.

A contrario, les organites accessoires sont les inclusions, le flagelle, les pili communs, le plasmide, le pilus sexuel et la capsule.

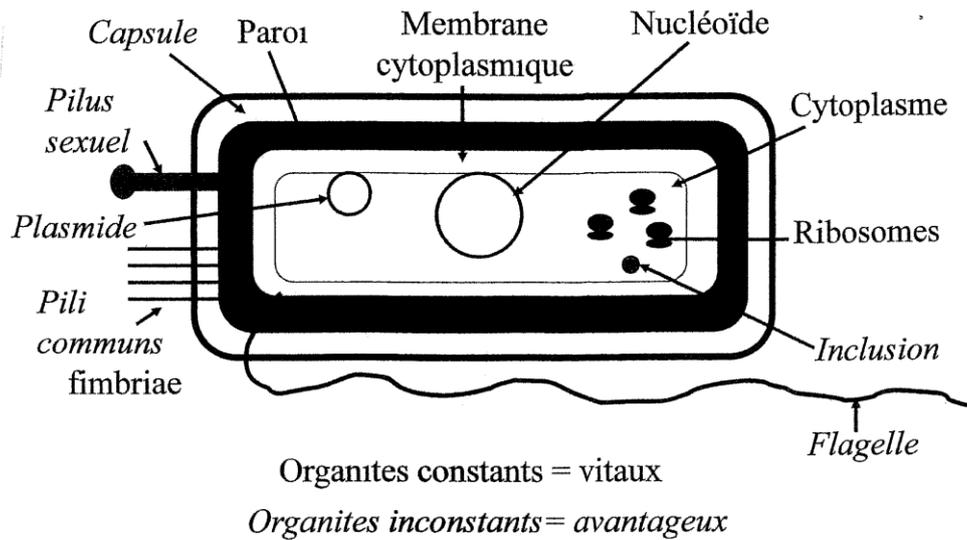


Schéma 5 : Structure générale d'une bactérie. [49]

Leur taille est comprise entre celle des virus et des protozoaires, et est de l'ordre du micromètre. Il en existe environ 10 000 espèces connues mais leur nombre réel doit être bien plus important. Au niveau de leur forme elles peuvent être très variables : on peut retrouver des bactéries sphériques (=cocci), des bactéries allongées ou en bâtonnet (=bacille) ou des bactéries plus ou moins spiralées.

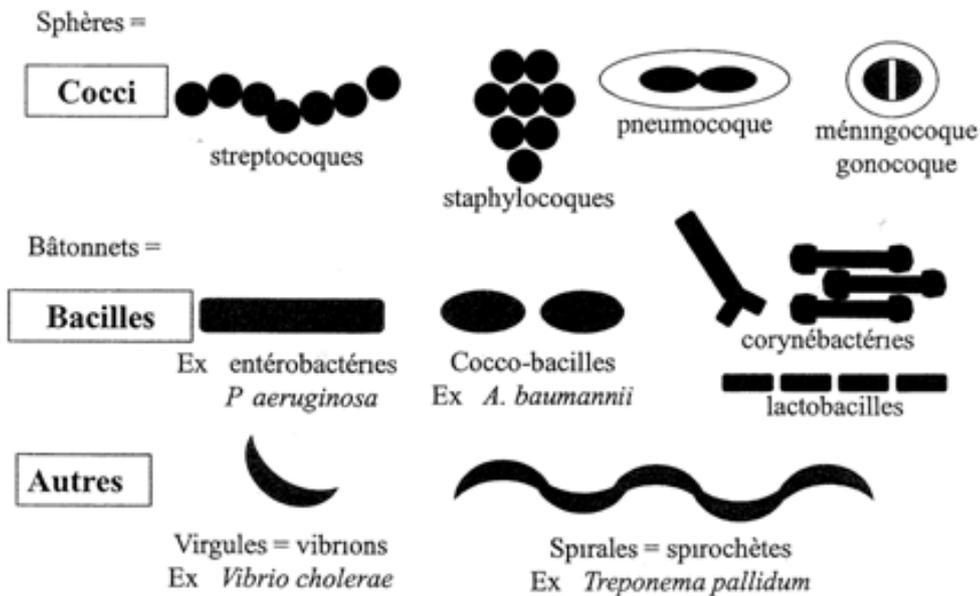


Schéma 6 : Les différentes formes de bactéries. [49]

3. Forme végétative / forme sporulée

Une bactérie à l'état classique se trouve sous forme végétative. Lorsque les conditions deviennent défavorables (changement brutal de pH, de température, présence d'agents chimiques...), soit elle meurt, soit elle s'adapte en entrant dans un cycle de sporulation (ce cycle dure environ 8h). Ainsi une bactérie ne peut former qu'une seule spore de forme ronde ou ovale qui correspond à une forme de résistance. Les spores se rencontrent généralement chez les bactéries Gram +, et il en existe deux types :

- Les bactéries sporulées aérobies comme par exemple le genre *Bacillus* (bacille du charbon)
- Les bactéries à Gram + sporulées anaérobies strictes comme par exemple le genre *Clostridium* (*Clostridium difficile*).

Les fonctions des spores sont nombreuses :

- Résistance aux agents physiques : chaleur, froid, dessiccation, ultrapression, radiations UV et γ , rayons X...
- Résistance aux agents chimiques : solvants organiques, bases, acides, antiseptiques, désinfectants et antibiotiques.

Lorsque les conditions redeviennent à nouveau favorables, la spore rentre dans un cycle de germination (qui dure environ 1h30) afin de redonner la bactérie de départ, c'est-à-dire la forme végétative.

4. Le peptidoglycane

Le PG est très important lors de la différenciation des bactéries Gram + et Gram- : chez les Gram+ il sera présent à hauteur de 40 à 90% alors que chez les Gram- il n'y aura qu'une seule couche représentant 10% de la paroi. Une forte proportion de PG engendre une plus grande rigidité de la paroi et donc une meilleure résistance aux agents extérieurs.

5. Le biofilm

Le biofilm bactérien est un agrégat de cellules bactériennes attachées à une surface comme la peau, une muqueuse ou bien encore une surface inerte telle que le sol, et enrobées d'une matrice polymérique. La formation de biofilm par les bactéries leur permet de résister aux défenses immunitaires de l'hôte, et qui les rend bien plus résistantes aux antibiotiques et aux antiseptiques. Le biofilm protège ainsi les bactéries et leur permet de survivre dans des conditions hostiles. Sa formation se déroule en plusieurs étapes dont les principales sont : [50 ; 51]

- Adhérence des bactéries à une surface à l'aide des fimbriae ou flagelles par exemple
- Les bactéries s'agglutinent, se multiplient et forment des petites colonies
- Maturation du biofilm par synthèse de constituants complexes par les bactéries
- Détachement et dispersion des bactéries qui pourront de nouveaux créer un biofilm sur une autre surface

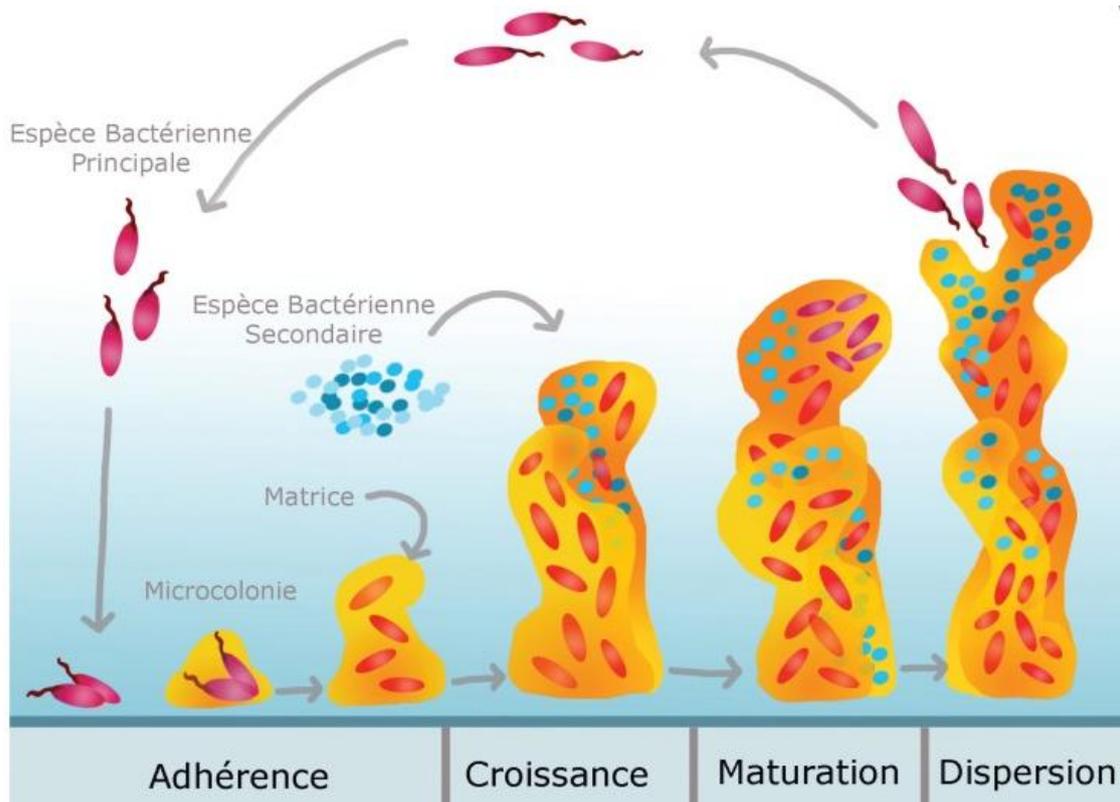


Schéma 7 : Etapes de la formation et de la dispersion d'un biofilm bactérien. [51]

6. Rappel sur les bactéries Gram+ et Gram-

Il existe deux grands types de bactéries qu'il est important de savoir différencier notamment si on veut utiliser des antibiotiques. Certaines bactéries seront naturellement résistantes à une ou plusieurs classes d'antibiotiques à cause par exemple de la structure de leur paroi. Une méthode de coloration dite « coloration de Gram » a été mise au point pour pouvoir classer les bactéries en deux grands groupes : les bactéries Gram+ et les bactéries Gram-.

Toutes les bactéries sont colorables par le bleu de méthylène et par la coloration de Gram sauf les Mycobactéries (à cause de leur paroi qui est très imperméable) : pour ces dernières on utilisera la coloration de Ziehl-Neelsen qui ne sera pas détaillée ici.

La coloration de Gram :

Avant toute chose, le frottis contenant les bactéries à colorer doit être fixé. Pour cela il existe deux méthodes :

- Soit on immerge la lame de verre dans de l'alcool durant 5 minutes puis on rince à l'eau.
- Soit on dépose une goutte d'eau, on étale le prélèvement avant de la faire sécher à 40°C sur une platine, on recouvre d'alcool durant une minute et on remet à sécher le tout sur la platine.

Le frottis étant fixé, il est prêt à être coloré et sera placé sur un bac de coloration.

La coloration de Gram consiste en différentes étapes successives :

- Coloration par le violet de gentiane ou par le cristal violet : Laisser agir 1 minute et rincer à l'eau déminéralisée.
Cette étape permet de colorer le contenu cytoplasmique de toutes les bactéries en violet.
- Mordançage au Lugol (=solution d'iode iodo-iodurée) : verser le soluté de Lugol sur toute la lame et laisser agir 1 minute. Rincer à l'eau déminéralisée.
Le soluté de Lugol permet de fixer la coloration violette interne des bactéries.
- Décoloration à l'alcool : verser doucement l'alcool sur la lame inclinée de façon à décolorer progressivement le frottis et à obtenir un filet clair. Rincer abondamment à l'eau déminéralisée afin de stopper la décoloration.
L'alcool a pour objectif ici de décolorer le cytoplasme des bactéries Gram négatif qui ont une paroi pauvre en peptidoglycanes et où il pourra s'infiltrer facilement. Attention donc à ne pas laisser l'alcool en contact avec la lame trop longtemps durant cette étape sous peine de n'obtenir que des bactéries Gram négatifs. Les bactéries Gram positif possédant une couche de peptidoglycanes très importante, leur paroi sera imperméable à l'alcool et leur cytoplasme restera coloré en violet.
- Recoloration à la fuschine ou à la safranine par l'ajout de quelques gouttes d'un de ces deux colorants sur la lame durant 1 minute. Rincer délicatement à l'eau déminéralisée et sécher la lame sur la platine chauffante.
Cette dernière étape permettra au final de colorer différemment les bactéries afin de mieux les distinguer au microscope optique : les bactéries colorées en violet seront insensibles à cette nouvelle coloration plus claire que la première.

Au final, à l'observation au microscope optique avec une goutte d'huile à immersion et à l'objectif x100 voire x1000, les bactéries Gram – seront colorées en rose, alors que les Gram + seront colorées en violet.

7. Bactéries le plus souvent rencontrées sur les brûlures (liste non exhaustive)

De nombreux agents pathogènes peuvent se retrouver sur les brûlures notamment en cas de retard de cicatrisation, mais certains sont plus présents que d'autres comme le Staphylocoque doré, le bacille pyocyanique, les Entérocoques ou bien encore *Clostridium difficile*.

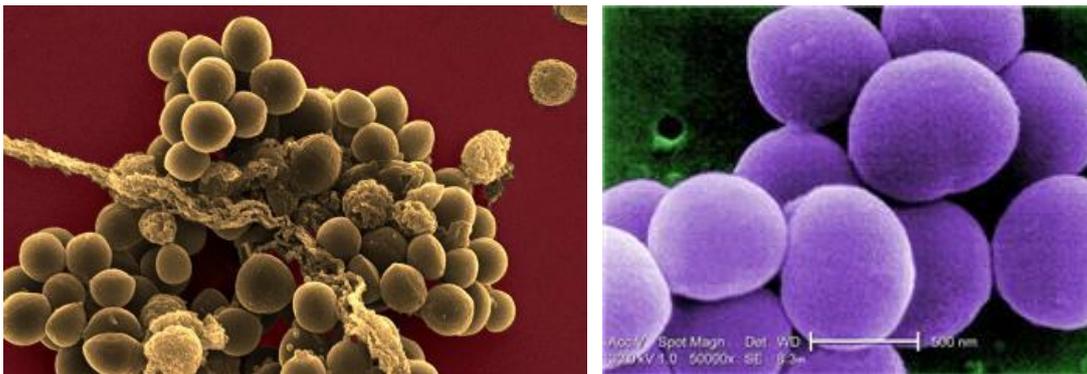
Par ailleurs, la production de biofilm par certaines bactéries entrainera une résistance accrue de celles-ci au niveau des brûlures. La connaissance des principales bactéries retrouvées et du biofilm est indispensable à la guérison du patient et au bon déroulement de la cicatrisation. [52 ; 53 ; 54]

a. *Staphylococcus aureus* ou Staphylocoque doré

[54 ; 55 ; 56 ; 57]

Généralités

Le *Staphylococcus aureus* est une bactérie Gram+ sous forme de cocci disposés en amas, non capsulée, incapable de former des spores, non mobile, et qui se retrouve très résistante dans le milieu extérieur : en plus de faire partie des flores commensales nasale, digestive et cutanée, elle peut contaminer les surfaces. Environ 30 à 50% des individus sont porteurs sains de *Staphylococcus aureus* et ne présentent donc aucun symptôme.



Photos 22 : *Staphylococcus aureus*. [55 ; 56]

Il se transmet le plus souvent de façon interhumaine directe manuportée ou lors d'une porte d'entrée cutanée. Ainsi les personnes le plus à risque de développer une infection à *Staphylococcus aureus* sont les patients porteurs de cathéters et de prothèses, les patients immunodéprimés, et les personnes hospitalisées pour des chirurgies lourdes (réanimation, brûlures...). On parle d'infections nosocomiales lorsqu'elles apparaissent 48h après une hospitalisation.

Facteurs de virulence

Malgré les stratégies mises en place par l'organisme afin de lutter contre le *Staphylococcus aureus*, celui-ci possède des facteurs de virulence lui servant de protection. On retrouve par exemple la protéine A qui est une adhésine et un facteur de protection contre la phagocytose, et le clumping factor (ou coagulase liée) qui est un récepteur pour le fibrinogène permettant l'agrégation bactérienne grâce aux ponts fibrine. Sa croissance et sa protection sont ainsi assurées.

Infections

Comme dit précédemment, le *Staphylococcus aureus* se retrouve dans les flores commensales au niveau nasal, digestif et cutané, et devient pathogène lorsqu'une effraction au niveau de la peau se produit. De par ses nombreuses localisations au niveau de l'organisme, il se retrouve impliqué dans nombre d'infections cutanées comme les impétigos, les panaris, les onyxis, les furoncles, les orgelets et les abcès.

De plus, il peut être responsable de choc septique (suite à une endocardite infectieuse qui est une affection cardiaque), de TIAC (lorsque des aliments ont été en contact avec des *Staphylococcus* produisant des entérotoxines) et d'infections ostéo-articulaires entre autres.

Sensibilité aux antibiotiques

De par l'utilisation intensive d'antibiotiques, le *Staphylococcus aureus* possède des résistances très fréquentes en milieu hospitalier. On le nommera ainsi Staphylocoque Méti-R pour résistant à la méticilline.

b. *Pseudomonas aeruginosa* ou le bacille pyocyanique

[54 ; 58 ; 59 ; 60]

Généralités

Le bacille pyocyanique est une bactérie ubiquitaire retrouvée fréquemment dans les milieux humides. Il s'agit d'un bacille fin Gram- doué de mobilité, qui est parfois encapsulé mais qui est incapable de produire des spores. Contrairement au Staphylocoque doré, le bacille pyocyanique est un pathogène opportuniste responsable de nombreuses infections nosocomiales et d'infections communautaires.

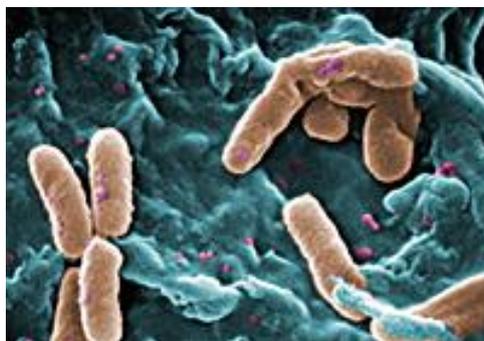


Photo 23 : *Pseudomonas aeruginosa* [59]

Il se transmet lors de gestes invasifs (chirurgie par exemple) et par la contamination de matériel (cathéters, sondes, ventilation mécanique).

Facteurs de virulence

Outre la sécrétion d'enzymes dans le milieu extérieur, la production d'exotoxines et de facteurs d'adhésion à ses cibles, il est capable de former un biofilm.

Infections

Les personnes les plus à risque de développer une infection à *Pseudomonas aeruginosa* sont les personnes atteintes de mucoviscidose, les personnes immunodéprimées, les personnes âgées, les

personnes atteintes de bronchopathies chroniques, les grands brûlés et les personnes possédant des plaies cutanées chroniques (ulcères par exemple).

Les pneumopathies se retrouvent au 2^{ème} rang des infections nosocomiales notamment lors de ventilation mécanique avec intubation endotrachéale supérieure à 48h. D'autres infections sont également fréquentes, à savoir la surinfection des plaies chroniques, les infections ORL (otites externe simple ou compliquée), la surinfection de bronchites chroniques de mucoviscidose, les infections urinaires et parfois des méningites.

Sensibilité aux antibiotiques

Le bacille pyocyanique possède de nombreuses résistances acquises et nécessite en médecine conventionnelle l'association de plusieurs antibiotiques afin d'obtenir une sensibilité.

c. Entérocoques

[54]

Généralités

Les Entérocoques sont un genre de bactéries regroupant une trentaine d'espèces dont les deux principales sont *Enterococcus faecalis* et *Enterococcus faecium*. Ces bactéries sont anaérobies facultatives, ubiquitaires et commensales de la flore digestive. On les retrouve principalement au niveau de la peau, des organes génitaux et dans l'environnement : ils représentent un bon indicateur de contamination fécale des eaux.

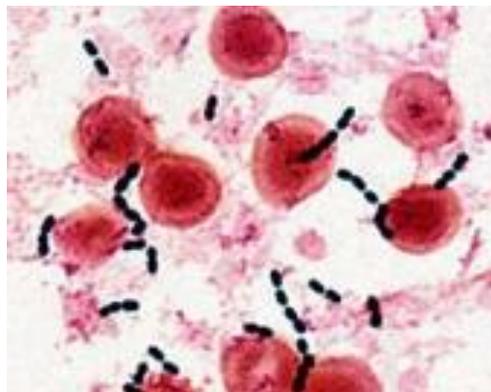


Photo 24 : Entérocoques. [51]

Facteurs de virulence

Ils sont plutôt peu virulents et la gravité de l'infection dépendra essentiellement du lieu de l'infection. L'émergence de souches multi-résistantes à l'hôpital pose un réel souci puisque l'isolement des patients est obligatoire et impose un dépistage des voisins autour ce qui est contraignant pour le personnel soignant, pour les patients et pour les familles des patients.

Infections

Une étude datant de 2006 plaçait ces bactéries au 5^{ème} rang des micro-organismes responsables d'infections nosocomiales. En effet, même s'ils sont peu virulents dans la plupart des cas, ils peuvent se retrouver impliqués dans des infections graves telles que les péritonites post-opératoires et les endocardites infectieuses. Leur transmission se fera principalement par voie manu portée et par voie oro-fécale.

Sensibilité aux antibiotiques

Les Entérocoques sont naturellement résistants aux céphalosporines et aux sulfamides, et l'association de plusieurs antibiotiques ou la vancomycine (s'ils n'y sont pas résistants) se retrouvent parmi les derniers recours. Ils ont acquis au fil des années des résistances aux autres antibiotiques de par leur usage intensif et il a été démontré que les Entérocoques pourraient acquérir des résistances sans être forcément au contact des antibiotiques.

d. Clostridium difficile

[54 ; 61]

Généralités

Cette bactérie en aspect de bacille fin et droit se présente sous forme sporulée dans le milieu extérieur. Cette forme sporulée a la particularité d'être très résistante à l'acidité gastrique. Elle est également mobile, capsulée et fait partie des bactéries Gram+. Elle se retrouve essentiellement au niveau de la flore digestive humaine et animale, c'est pourquoi elle est à l'origine de la 1^{ère} cause de diarrhée infectieuse nosocomiale de l'adulte.

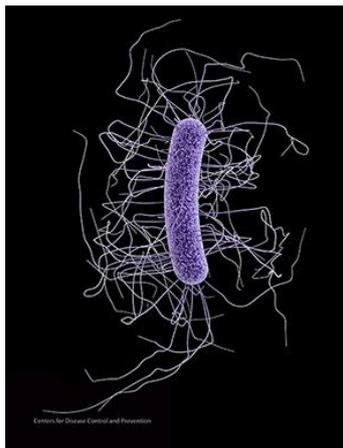


Photo 25 : Illustration médicale de *Clostridium difficile*. [61]

Les personnes les plus à risque de contracter une infection à *Clostridium difficile* sont les personnes âgées, les personnes adeptes des laxatifs, la proximité entre les patients et les visites des soignants.

Facteurs de virulence

Il existe des souches de *Clostridium difficile* qui sont toxigènes et d'autres non. Environ 5% des adultes sont porteurs sains et ce sont eux qui constituent le réservoir des formes sporulées : la transmission se fait le plus souvent par voie oro-fécale.

C'est le déséquilibre de la flore bactérienne lors de la prise d'un antibiotique par exemple qui favorise le développement et la sélection de cette bactérie. Cependant, seules les souches toxigènes de *Clostridium difficile* sont pathogènes.

Infections

On retrouve ainsi les diarrhées dues à la prise d'antibiotiques par sélection de cette souche (*Clostridium difficile* serait impliqué dans 15 à 25% des cas) et les colites pseudo membraneuses (95% des cas).

Les complications peuvent être très graves puisqu'elles peuvent conduire à une péritonite, au choc septique et à la perforation colique.

Sensibilité aux antibiotiques

Leur résistance à certains antibiotiques sera fonction de la souche isolée, et il n'est pas nécessaire de traiter les porteurs sains.

8. La résistance aux antibiotiques

Le premier antibiotique identifié fut la pénicilline en 1928 par Alexander Fleming. Son intérêt et son utilisation médicale ne furent pas comprises, et ce n'est que quelques années plus tard que le premier antibiotique de synthèse vu le jour, à savoir le Prontosil. Dès lors la recherche de nouveaux antibiotiques explosa et la plupart des infections bactériennes étaient traitées efficacement. Cependant, l'utilisation d'antibiotiques de manière disproportionnée a induit une pression de sélection au sein des populations bactériennes d'où l'émergence de souches résistantes voire multi résistantes.

Les pansements à l'argent ont été utilisés de nombreuses années pour leur propriété antibactérienne et plus particulièrement sur les brûlures. A l'heure actuelle où il y a un nombre inimaginable de résistances aux antibiotiques et avec une connaissance plus approfondie de la cicatrisation des plaies, on se rend compte que l'emploi systématique d'antibiotique sur une brûlure n'est pas nécessaire s'il n'y a pas un réel risque d'infection, ou de facteurs favorisant la surinfection. Il en est de même pour tous les types de plaies, les infections ORL... C'est pourquoi de nombreuses études ont été menées sur le miel afin d'en déterminer les propriétés thérapeutiques et les avantages/inconvénients par rapport aux pansements conventionnels.

[62 ; 63 ; 64 ; 65 ; 66 ; 67 ; 68 ; 69 ; 70 ; 71]

9. Etudes sur le miel, les antibiotiques conventionnels et les bactéries

De nombreuses études ont été menées sur l'emploi du miel versus les antibiotiques comme la sulfadiazine argentique (Flammazine®) et sur les effets du miel en contact avec les bactéries les plus communément retrouvées dans les cas de surinfections des brûlures (*S. aureus*, *P. aeruginosa*...). Comme dit précédemment, les infections demeurent LE problème des brûlures qu'il faut à tout prix éviter. Les traitements antibiotiques et l'usage d'antiseptiques répétés ne servent à rien puisque le patient s'infecte la plupart du temps avec ses propres germes. [72 ; 73 ; 74 ; 75]

La localisation de la brûlure peut être un facteur favorisant la surinfection lorsqu'elle se trouve par exemple proche de l'anus, là où des germes comme *E. coli* se trouvent. De plus, l'asepsie de l'environnement ne sera pas inutile mais insuffisant la plupart du temps, c'est pourquoi il est important d'avoir recours de nos jours à des procédés nouveaux ou laissés de côté comme le miel, et de procéder à un usage raisonné des antibiotiques.

Les miels en général ont tous une activité antimicrobienne qui pourra être plus ou moins importante en fonction du type de miel. Par exemple le miel de Manuka est considéré comme un miel bactéricide, alors que d'autres comme le miel de Nigelle est plutôt considéré comme bactériostatique. Pour l'instant aucune résistance au miel n'a été démontrée, et ce dernier est dans la majorité des cas actif contre les bactéries multi résistantes et produisant du biofilm.

Une étude a mis en évidence l'activité antimicrobienne de différents miels vis-à-vis de plusieurs bactéries en utilisant des antibiogrammes. Les miels retenus pour l'expérience sont le miel de colza, le miel de lavande et le miel de thym. En ce qui concerne les bactéries, il s'agit de *E.coli*, *P.aeruginosa*, *E.faecalis* et *S.aureus* qui ont été retenues.

Un antibiogramme se compose en général d'une boîte de pétri dans laquelle on met en culture une certaine souche de bactérie. Lorsque la boîte est entièrement colonisée, on dépose dans chaque puits préalablement découpé une goutte du ou des miels que l'on souhaite tester. Au moment de la lecture, on mesure le diamètre autour du puits ne contenant plus de bactéries : plus il est important, plus le miel possède des propriétés antibactériennes. Il est alors simple de comparer l'activité de différents miels sur les bactéries et de déterminer si celles-ci sont résistantes ou sensibles.

Moyennes des diamètres de destruction des germes en mm					
Type de miel	pH	<i>E.coli</i>	<i>P.aeruginosa</i>	<i>E.faecalis</i>	<i>S.aureus</i>
Colza	3,4	7,77	8,91	7,52	9,17
Lavande	3,2	9,92	10,72	9,29	12,08
Thym	3,6	11,66	12,20	12,22	12,71

Tableau 7: Détermination de l'activité antibactérienne de différents miels. [75]

D'autre part il a été démontré que la sulfadiazine argentique, très utilisée comme traitement conventionnel sur les brûlures, activait les cytokines pro inflammatoires par la libération lente d'ions argent. Cette thérapeutique ne devrait être utilisée que sur une courte période et non sur toute la durée du traitement au risque de retarder l'étape de ré-épithélialisation. A contrario, le miel, en agissant de façon positive sur toutes les étapes de la cicatrisation, améliore et accélère ce processus complexe.

Partie II : Le miel, de sa fabrication à ses propriétés thérapeutiques

A. La ruche : un écosystème à part entière

Le miel, employé depuis la nuit des temps pour toutes sortes de remèdes, est le fruit d'un long travail entre les abeilles et le monde végétal. Les 200 substances qui le composent en font un élément extraordinaire pouvant être utilisé au niveau médical et notamment sur les brûlures. Dans cette partie seront abordés l'histoire du miel et de l'apiculture, le fonctionnement d'une ruche et de sa colonie, la composition qualitative et quantitative du miel ainsi que ses indications thérapeutiques.

I. Histoire du miel et de l'apiculture

[23 ; 76 ; 77 ; 78 ; 79 ; 80 ; 81 ; 82]

Les abeilles sont apparues bien avant l'Homme sur Terre et ont accompagné l'évolution du monde dans lequel nous vivons par leur rôle de pollinisatrices. Les hommes pratiquaient la cueillette du miel de façon aléatoire lorsqu'ils trouvaient des ruches sauvages : ceci nuisait très fortement à la colonie et entraînait souvent la mort de celle-ci. La plus vieille représentation de la récolte du miel et donc de la relation Homme-Abeille daterait du Néolithique, c'est-à-dire environ 10 000 ans av. J-C. Cette peinture se trouverait dans une grotte en Espagne dans la région de Valence : on y voit une silhouette humaine récoltant du miel avec un panier.

«Le Dieu Rê pleura et les larmes de son œil tombèrent sur le sol, elles se changèrent en abeilles, l'abeille construisit ses rayons, son activité s'exerçant sur les fleurs de toutes les espèces végétales ; ainsi naquit la cire, ainsi naquit le miel à partir des larmes du Dieu Rê.»

Les papyrus médicaux retrouvés de l'Égypte ancienne nous renseignent sur de nombreuses maladies et sur les pratiques médicales appliquées à cette époque. Par exemple, le papyrus d'Ebers qui se trouve être le plus vieux traité médical que l'on connaisse, comporte plus de 700 formules relatives aux maladies internes avec des notions d'anatomie, de physiologie, de pathologies et de traitements. Les Égyptiens utilisaient ainsi plus de 400 matières premières d'origine minérale, végétale ou animale. Le miel se retrouve ainsi dans de nombreuses formules en rapport avec la dermatologie, l'ophtalmologie et les infections rénales entre autres sous différentes formes : des onguents, des décoctions, des pansements, des emplâtres, des collyres...



Photos 26 : Papyrus d'Ebers et représentation de l'abeille par les Egyptiens. [82]

De plus, Hippocrate (460-356 av. J-C.), père de la Médecine, préconisait fortement l'utilisation du miel autant en alimentation qu'en médecine. Son remède favori était l'association d'ail, de vinaigre de cidre et de miel qui selon lui, telle une recette magique, pouvait guérir la quasi-totalité des maladies existantes. Claude Galien (129-143), Médecin Grec et père de la Pharmacie, fait aussi référence au miel dans le traitement de certaines affections, tout comme le Coran où « tout ce qui passe par le ventre de l'abeille devient médicament » et la Bible. La mythologie Grecque rapporte que Zeus, le Dieu des Dieux, était nourri de lait de chèvre et de miel.

De très nombreux pays ont été conquis par ce met délicieux et l'apiculture était pratiquée en Palestine, en Scandinavie, en Afrique Noire, et notamment en Inde où le Dieu Krishna est très souvent associé au miel qui symbolise plaisir et désir.

Les apothicaires du Moyen-âge utilisaient les mêmes recettes à base de miel que celles de l'Antiquité où l'on utilisait le miel pour conserver les aliments (fruits, légumes et viande) et pour embellir la peau ou pour embaumer les morts. Il est très longtemps resté une des principales sources de glucides avec le sucre de canne : tous deux étaient considérés comme des éléments luxueux et on en retrouvait dans tous les plats chez les classes aisées jusqu'au jour où Benjamin Delessert mit au point une méthode d'extraction du sucre à partir de la betterave au XIXème siècle.

La plus ancienne boisson fermentée bue par l'homme se retrouve être un mélange de miel et d'eau avec parfois l'ajout d'épices et de fruits pour l'aromatiser. Cette boisson naturellement fermentée se nomme l'Hydromel ou chouchen en Bretagne, et son titre en alcool varie entre 13° et 17°. La première recette de cette boisson alcoolisée fut décrite par Aristote en 350 av. J-C. Une tradition venant d'Europe du Nord demandait aux jeunes mariés de ne boire que de cette boisson durant le mois qui suivait leur union. La lune de miel viendrait-elle de là ?

Durant les première et seconde guerres mondiales, le miel était utilisé pour accélérer la cicatrisation des plaies des soldats et dans la prévention des infections.

L'apiculture était connue des Egyptiens il y a 4500 années et n'est apparue en Occident qu'au Moyen-âge : les premières ruches à cadres amovibles comme nous les connaissons aujourd'hui ont vu le jour au milieu du XIXème siècle grâce à un pasteur américain, le révérend Langstroth.

Depuis, les Docteurs Donadieu et Becker ont étudié le miel de près et en ont décrit de nombreuses propriétés. En 1984, le Professeur Descottes, Chirurgien Digestif au CHU de Limoges aujourd'hui décédé, a initié le traitement de plaies chirurgicales par le miel dans son service. En 25 ans il aura traité environ 3500 patients avec 97% de résultats positifs et a ainsi réussi à déterminer

quel type de miel était le plus intéressant face aux plaies post-opératoires. Face au succès de l'apithérapie, de nombreux autres CHU en France ont maintenant recours à l'utilisation de miel autant pour des plaies aiguës que pour des plaies chroniques.

II. Les abeilles

La plus vieille abeille du monde a été retrouvée il y a une dizaine d'année dans un fossile au fond d'une mine au nord de la Birmanie et serait âgée d'environ 100 millions d'années, ce qui correspond au début de la période du Crétacé ! C'est pendant cette période que les Angiospermes ont commencé à se développer, et on imagine bien que l'abeille y a débuté son rôle de pollinisatrice. [83]

1. Description et classification

Malgré le fait que plus de 25 000 espèces d'abeilles existent et que 90% d'entre elles sont solitaires, *Apis mellifera* sera prise ici comme exemple. Cette célébrité mondiale représente l'espèce sociale par excellence dont l'Homme a réussi la domestication au fil des siècles.

Au niveau de la classification, les abeilles font au départ partie des métazoaires qui sont des organismes pluricellulaires. S'en suit le taxon des arthropodes qui possède une symétrie bilatérale, un exosquelette, un corps segmenté et des appendices articulés. Les abeilles, possédant une paire d'antennes, 3 paires de pattes et 3 régions (tête, thorax et abdomen), sont classées parmi les insectes. Pour finir on les appellera le plus souvent sous le nom d'hyménoptère à cause de leurs deux paires d'ailes d'inégale longueur. [84]

2. Anatomie de l'abeille

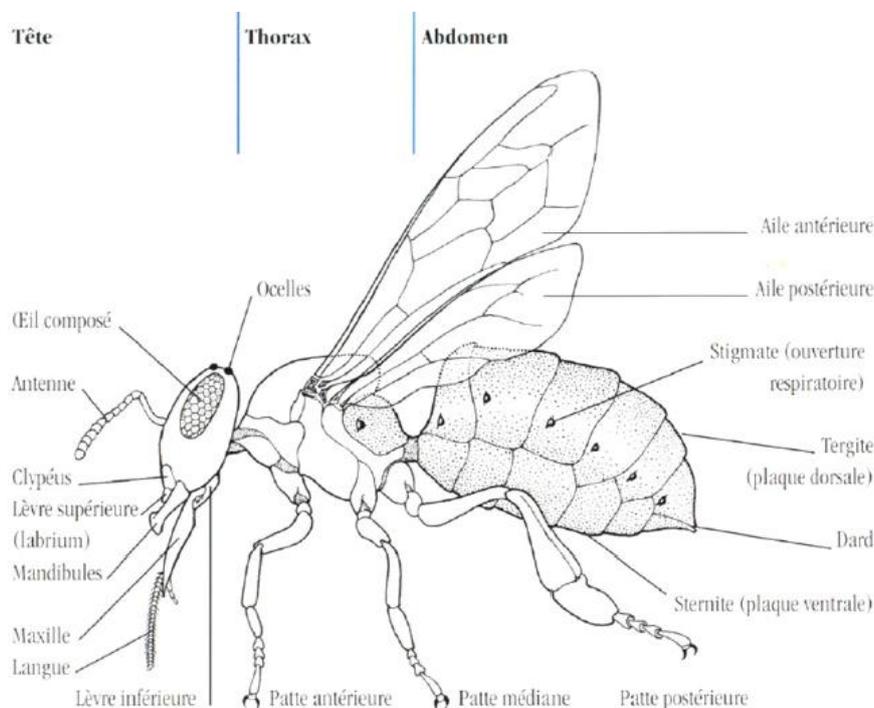


Schéma 8 : Anatomie générale de l'abeille. [85]

L'anatomie générale de l'abeille comporte : [85]

- Les ocelles : au nombre de 3 sur la partie supérieure de la tête, ils détectent l'intensité de la lumière, ce qui joue un rôle dans l'orientation et dans l'arrêt des activités à l'approche de la nuit.
- Les yeux composés : l'œil composé comprend un très grand nombre d'ommatidies (environ 6900 pour une abeille ouvrière) indépendantes les une des autres, et joue un rôle dans la détection des couleurs, des formes, et de la polarisation de la lumière. Cet œil composé, avec un angle de 360°, peut détecter les mouvements et jusqu'à 300 images par seconde.
- Les antennes : elles possèdent de nombreux rôles dont la détection et la localisation des odeurs, du CO₂, de l'humidité, de la température, du goût et des vibrations. Leur inclinaison permet aussi de mesurer la vitesse de vol.
- La langue ou trompe : cette partie permet à l'abeille d'atteindre le nectar caché tout au fond des fleurs.
- Le jabot : il se situe au niveau de l'abdomen et fait partie du tube digestif. Le nectar sera transporté et stocké dans le jabot qui peut occuper la majeure partie de la cavité abdominale. Une fois plein, l'abeille pourra en régurgiter le contenu afin de l'échanger avec d'autres abeilles. Cet échange, ou trophallaxie, est nécessaire à la transformation du nectar en miel par l'apport d'enzymes contenues dans la salive des abeilles.
- Les sternites : ces plaques ventrales comportent des glandes cirières qui, entre le 13^{ème} et 18^{ème} jour de vie de l'abeille, deviendront fonctionnelles. La production de cire nécessite une consommation importante de miel par l'abeille : les glandes cirières produisent ensuite une cire liquide qui durcit sous forme de fines plaques.
- Les ailes : elles sont de conformation différente selon qu'il s'agisse de la Reine, d'une ouvrière ou d'un faux bourdon. Le mâle a ainsi des capacités de vol plus importantes que les butineuses avec ses grandes ailes qui recouvrent tout son abdomen.
- Les pattes postérieures : elles possèdent des poils collecteurs de pollen. Ce pollen, accroché aux pattes des abeilles, permettra non seulement de polliniser les autres fleurs, mais il servira également de nourriture aux abeilles qui en feront des réserves dans des opercules autour du couvain. Sa composition en protéines, vitamines et autres éléments s'avère nécessaire au développement larvaire.

3. Les principaux acteurs et leur rôle

Les colonies d'abeilles domestiquées comme *Apis mellifera* sont extrêmement bien organisées et chaque abeille en faisant partie possède un rôle bien défini : on peut donc considérer la ruche comme un écosystème à part entière. La production d'hormones par la Reine et les systèmes de communication entre chaque abeille détermine leur rôle de manière instinctive. Une colonie d'abeille est formée d'une unique Reine, de milliers d'ouvrières, de faux bourdons et d'un couvain. Ce dernier comprend les œufs pondus par la Reine, les larves et les nymphes selon leur stade de développement.

Au fil des saisons le nombre d'individus varie pour passer d'environ 70 000 abeilles en été (là où les réserves de nourriture sont abondantes) à environ 6000 en hiver pour faire face à la mauvaise saison. Ceci n'est pas toujours vrai dans les ruches sauvages où les essaims s'autorégulent et sont moins importants. [86]

a. La Reine

La gestation des princesses dure 16 jours, ce qui est plus court que celle des ouvrières qui ont rapidement besoin d'une nouvelle Reine. A l'éclosion de la 1^{ère} princesse, celle-ci tuera toutes les autres encore en gestation afin d'être la seule et de pouvoir devenir Reine. Si plusieurs Princesses éclosent en même temps, une bataille commencera et se terminera par un combat à mort. La gagnante entreprendra alors son vol nuptial où elle sera fécondée par une dizaine de mâles qui mourront à leur tour. Une fois la spermathèque de la nouvelle Reine remplie, elle rentrera à la ruche et reprendra le travail là où l'a laissée sa mère. Elle pourra pondre jusqu'à 2000 œufs par jour : les œufs non fécondés seront des mâles alors que les œufs fécondés donneront des femelles. La Reine peut contrôler le sexe de ses œufs.

Au printemps, lorsque le temps s'adoucit et que les cultures reprennent, la Reine va recommencer à pondre doucement, puis de plus en plus vite au fil des saisons. Lorsque la ruche sera bien remplie avec le couvain, les réserves de pollen et le miel, la Reine va ralentir sa ponte et commencer la préparation des nouvelles princesses. Ces cellules royales auront une configuration différente des autres cellules et ressembleront à un doigt. C'est ainsi que juste avant leur éclosion, la Reine partira avec les deux tiers de la colonie afin d'en fonder une nouvelle : c'est ce que l'on appelle l'essaimage, et on pourra compter entre 30 000 et 70 000 individus.

Au niveau anatomique la Reine est bien plus grande que les ouvrières et les faux bourdons, et son abdomen se trouve en forme de pointe ce qui facilitera la ponte dans les cellules. De plus elle est la seule à pouvoir piquer plusieurs fois d'affilée, son dard n'étant pas recouvert de soies barbelées. Elle sera nourrie avec de la gelée royale tout au long de sa vie ce qui lui permettra de vivre jusqu'à cinq ans !

La Reine influence énormément le comportement de la colonie par la libération de phéromones qui sont des signaux chimiques transmettant des informations de toute sorte. Il est important que la Reine transmette des signaux en guise de bonne santé dans toute la ruche et ce en permanence au risque d'être destituée par les ouvrières. Une ruche sans Reine ne peut pas fonctionner normalement et son seul objectif est d'assurer sa descendance. [87]

Pour pouvoir les repérer plus facilement lors de l'ouverture des ruches, les apiculteurs marquent les Reines sur leur dos à l'aide d'un code couleur permettant de tenir compte de leur âge :

Dernier chiffre de l'année	Couleur de l'année
1 ou 6	○ Blanc
2 ou 7	● Jaune
3 ou 8	● Rouge
4 ou 9	● Vert
5 ou 0	● Bleu

Tableau 8 : Code couleur utilisé pour le marquage de la Reine. [86]

b. Les femelles ou ouvrières

Les ouvrières ont un cycle de gestation de 21 jours ce qui est un peu plus long que celui de la Reine. Elles ne seront nourries que quelques jours avec de la gelée royale au stade larvaire. Dès l'éclosion de l'ouvrière, celle-ci commencera à travailler pour la ruche comme nettoyeuse. Au fil des jours, l'ouvrière passera de rôle en rôle de façon à ce que chacune ait participé à toutes les tâches possibles, le but ultime étant de satisfaire la Reine. Elles vivront au mieux une quarantaine de jours en pleine période estivale.

Ainsi, comme dit précédemment, elles commenceront comme nettoyeuses, puis elles seront nourricières, magasinnières, cuisinières, ventileuses, réparatrices, cirières (pour l'édification de nouvelles alvéoles), entrepreneuses de pompes funèbres, gardiennes, et enfin, vers leur 21^{ème} jour de vie lorsqu'elles seront les plus expérimentées, elles deviendront butineuses jusqu'à leur mort.

D'un point de vue anatomique elles sont assez petites, avec un dard barbelé ne lui servant à piquer qu'une seule fois. Leurs pattes arrières sont équipées de nombreux poils collecteurs de pollen et elles sont les seules à pouvoir extraire le nectar des fleurs avec l'aide de leur longue trompe. Leurs ovaires seront inhibés par la présence de la Reine et de ses phéromones, mais si jamais une ouvrière venait à pondre, ses œufs seraient immédiatement détruits car ils ne porteraient pas la même odeur que ceux de la Reine.

c. Les mâles ou faux bourdons

Leur cycle de gestation est encore plus long que celui des ouvrières : 24 jours sont nécessaires avant leur éclosion. Outre le fait que le rôle principal des mâles est de féconder la Princesse, ils ne servent dans la ruche qu'à contrôler la température de celle-ci : ils battent des ailes pour rafraîchir l'air, ou bien ils tremblent pour créer de la chaleur.

Les nourricières continueront de les nourrir même après leur éclosion, mais lorsqu'elles jugeront qu'ils deviennent inutiles, que les réserves s'affaiblissent et qu'il n'y aura pas assez de nourriture pour passer l'hiver, elles les expulseront à l'extérieur de la ruche.

Lors du vol nuptial, seuls quelques mâles auront la chance de pouvoir féconder la Princesse : pour cela ils sont de plus grande taille que les ouvrières, possèdent de grands yeux afin de la repérer et des grandes ailes aux grandes capacités de vol. Les plus chanceux pourront transmettre leur matériel génétique et mourront soit par arrachement de leur appareil génital, soit par évincement par les ouvrières à leur retour à la ruche.

d. Le couvain :

Partie centrale du corps de la ruche, il s'étend sur trois rayons et accueille les œufs pondus par la Reine. Il est à noter que cette dernière a la capacité de savoir si les œufs qu'elle va pondre donneront des femelles, des mâles ou des Princesses : les femelles seront pondus dans des cellules de petite taille au centre, les mâles seront placés dans des cellules plus grosses et plutôt vers le bas car ils auront besoin d'un espace plus important pour atteindre leur taille définitive, et les futures Princesses seront dans des cellules royales de forme particulière comme une cacahuète.

Lors de la ponte, la Reine positionne ses pattes arrières de chaque côté de la cellule cible et les ouvrières l'aident en guidant son abdomen à l'intérieur. L'œuf met environ trois jours pour éclore, et les nourricières apporteront à cette nouvelle larve une nourriture composée de gelée royale durant six jours. La larve mue quotidiennement ce qui lui permet de croître de plus en plus. Au bout de dix jours, la cellule est fermée par un opercule de cire et la larve commence à tisser son cocon pour devenir une pupa. Les segments du corps, les pattes et les yeux commencent à se discerner dans les jours suivants, et l'adulte émergera au bout de 21 jours environ lorsque les pattes, les ailes et les antennes seront colorés : l'abeille est alors prête à travailler. Au total, 300 000 œufs seront pondus par la Reine chaque année dans ses trois premières années de vie.

Autour de toutes ces cellules comportant les œufs et les larves sera placé du pollen qui représente une petite part de la nourriture des abeilles, et encore autour du miel en grande quantité.

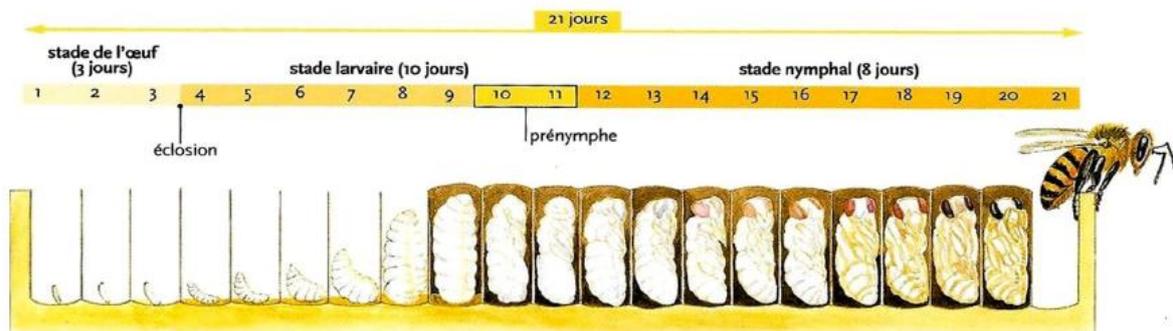


Schéma 9 : De l'œuf à l'abeille ouvrière (CLEMENT, 2011). [89]

A savoir : [90]

- Un butinage d'environ 5 500 000 fleurs est nécessaire pour obtenir 1 kg de miel, ce qui représente 34 000 voyages, 145 000 km et 14 000 heures de travail !
- Le miel est fabriqué avant tout pour nourrir la colonie.
- Une abeille peut butiner plus de 2000 fleurs par jour.
- Dès leur 1er jour de vie les abeilles commencent à travailler comme nettoyeuses de ruche.
- Une Reine est fécondée par une dizaine de faux bourdons ce qui représente une spermathèque contenant 3 à 7 millions de spermatozoïdes.
- Une abeille pèse environ 90mg pour une taille de 1cm.
- Une abeille ne peut transporter au maximum que 90mg de nectar par voyage, sachant qu'une ruche peut produire jusqu'à 20kg de miel dans une année.
- La fonction principale du nectar des fleurs est d'attirer les insectes pollinisateurs afin de permettre leur fécondation.
- Une ruche peut produire au maximum 300g de gelée royale par an.

III. La ruche

La ruche est la maison d'une colonie d'abeilles : plus elles s'y sentent bien, plus elles travailleront bien et produiront beaucoup de miel, mais pourront s'en enfuir lorsqu'elles ne seront plus à l'aise ou pour laisser la nouvelle colonie avec la future Reine se développer. [86 ; 88]

Il est judicieux d'installer ses ruches soit au fond du jardin à l'abri des vents dominants, soit directement dans un champ propice au butinage par exemple pour ne pas déranger les abeilles dans leur travail. Un entretien régulier devra être effectué une fois par an avec la désinfection des différents éléments et la réparation de trous éventuels dans le bois : les insectes et parasites ne doivent pas pouvoir entrer dans la ruche au risque de détruire la colonie avec des maladies !

De plus en plus de ruches voient le jour en ville : les abeilles seraient plus résistantes à la pollution urbaine qu'aux pesticides...



Photo 27 : Ruches placées au fond du jardin.

La ruche comprend différents éléments nécessaires à l'organisation de la colonie et la description suivante s'applique à la plupart des différents modèles de ruche. Nous retrouvons ainsi des éléments et des caissons empilés les uns sur les autres avec chacun une fonction particulière :

- Un pied : la ruche ne doit pas être au contact direct du sol même s'il ne s'agit pas d'un élément obligatoire. Le bois pourrait pourrir en restant trop longtemps humide et les insectes comme les fourmis pourraient y pénétrer facilement.
- Un réducteur d'entrée avec plancher : seules les abeilles doivent pouvoir pénétrer dans la ruche et un système de ventilation est assuré par un treillis. Le plancher permet de récupérer les parasites (par exemple le varroa) et les débris.
- Le corps de la ruche : c'est dans cette partie que s'effectue la majeure partie de l'activité de la colonie. Une dizaine de cadres contenant la cire gaufrée y sont encastrés les uns contre les autres et on y retrouvera le couvain avec la Reine, des réserves de pollen et des rayons de miel. Entre le corps de la ruche et la hausse se trouve une grille à Reine qui l'empêchera de passer dans l'étage supérieur à cause de sa plus grande corpulence et de recommencer à pondre.
- La hausse : lorsque le corps de la ruche est presque rempli, l'apiculteur peut choisir de rajouter une hausse où les abeilles pourront, si elles le souhaitent, remplir les rayons de miel.

Lors de la récolte du miel, l'apiculteur ne prélèvera le miel que dans cette partie : il ne faut pas oublier que le miel est la nourriture principale des abeilles ! La hausse comprend une dizaine de cadres équipés de glissières et de séparateurs.

- Un couvre cadre : il est souvent constitué de verre transparent pour pouvoir observer les abeilles travailler sans pour autant les déranger en ouvrant toute la ruche. L'observation du comportement des abeilles et faux bourdons peut être très utile dans la compréhension de l'avancée ou non du travail et de la production de miel. De plus il comprend deux petits trous par où les abeilles ne pourront pas passer et qui serviront à installer un nourrisseur pour distribuer le sirop directement dans la ruche si jamais les réserves en miel venaient à manquer.
- Le toit : il permet de protéger l'ensemble de la ruche des pluies par son étanchéité et donne un aspect esthétique en forme de maison.

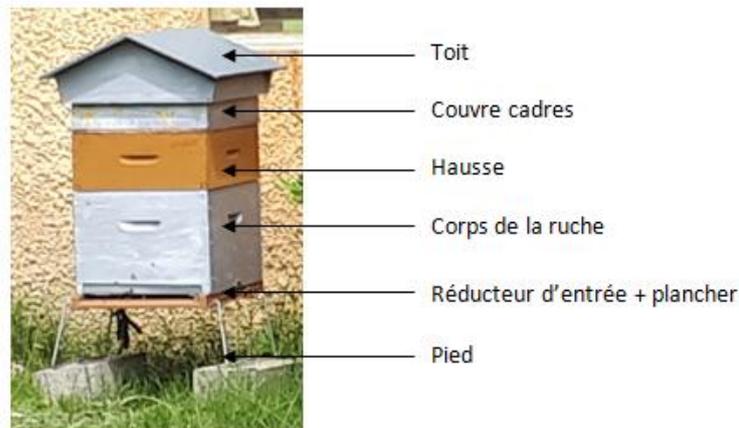


Schéma 10 : Eléments composant une ruche.

Les cadres de cire gaufrée sont préparés à l'avance par l'apiculteur pour faciliter le travail des abeilles : elles n'auront plus qu'à continuer de construire les rayons en suivant le modèle de base et pourront plus facilement les remplir à leur convenance. Pour cela l'apiculteur récupère la cire d'une précédente ruche, la fait fondre, et lors du refroidissement il passe un rouleau comportant des formes hexagonales. Cette forme hexagonale offre le meilleur volume de stockage obtenu avec la plus petite quantité de cire et permet d'économiser beaucoup d'énergie pour la fabrication des rayons : ceci est un bel exemple du travail de l'évolution pour trouver des solutions. Il ne restera plus qu'à les encastrent dans des cadres en bois amovibles qui seront ensuite placés dans la ruche. Ce système permet à l'apiculteur de pouvoir retirer aisément les cadres pour les contrôler, juger de l'état de santé de la colonie, et de récolter le miel.

Il est également possible d'acheter des cadres en kit ou déjà montés. Il existe deux sortes de cadres : les cadres de couvain qui serviront aux abeilles à construire leur nid et leur stockage, et les cadres de hausse qui seront plus petits et qui ne serviront que de rayons de miel. Les abeilles

pourront créer des ponts de cire entre deux cadres ce qui ne facilitera pas le travail de l'apiculteur lors de la récolte ou de la surveillance de la ruche : les ouvrières comblent tous les espaces de plus de 9mm.

Sur la photo de gauche nous pouvons voir un cadre tout neuf, et sur celle de droite un cadre ayant déjà été utilisé par les abeilles.



Photos 28 : Cadres de cire

IV. La ruchette

Miniature d'une ruche, elle sert au transport d'une colonie d'abeilles ayant effectué son essaimage. On pourra s'en servir pour vendre une colonie ou tout simplement pour la placer dans une autre ruche éloignée. Elle ne contiendra que 6 cadres contrairement à la ruche qui en contient une dizaine. Le but ici n'est pas de commencer à préparer un couvain mais de servir seulement au transport d'une colonie, c'est pourquoi ce genre d'opération doit rester très bref (quelques jours au maximum).



Photo 29 : Ruchette

V. Les ennemis de la ruche

Les abeilles font l'objet de nombreuses attaques par des parasites, des prédateurs et des nuisibles dont la liste suivante n'est pas exhaustive. La plupart ne sont encore pas assez bien connus et il y a encore beaucoup à apprendre sur comment les soigner et les gérer. Il est donc important de surveiller et contrôler régulièrement les ruches pour avoir plus de chances de prévenir ces maladies qui peuvent entraîner de grandes pertes économiques mais également la destruction des colonies d'abeilles. [87 ; 88 ; 90 ; 91 ; 92]

1. Le varroa

Découvert en France en 1982 à cause d'abeilles asiatiques qui étaient vectrices de cet acarien, le varroa est devenu un des principaux fléaux des abeilles. Il parasite aussi bien les abeilles que les larves et les nymphes, dont les dernières donneront naissance à des abeilles aux ailes atrophiées et ayant du mal à voler. Il engendre des pertes importantes au sein de la population des abeilles et au niveau économique. La maladie provoquée par la prolifération de varroa est une parasitose et est appelée « varroose ».

Ce parasite est un arthropode acarien parasite se nourrissant de l'hémolymphe de l'abeille et possédant un dimorphisme sexuel: les mâles sont blanc jaune et mesurent 0.8mm de diamètre alors que les femelles sont rouges et mesurent environ 1.8mm de long.

Le varroa, dont le cycle de vie est adapté à celui de l'abeille, se loge la plupart du temps dans les alvéoles contenant les larves d'abeille juste avant qu'elles ne soient operculées. Durant le temps de développement de la larve d'abeille, le varroa femelle va pondre quelques œufs qui éclosent 3-4 jours après. Les mâles et les femelles varroa atteignent leur maturité en environ une semaine et ils pourront commencer à se reproduire avant que l'abeille ne sorte de sa cellule. Il pourra ensuite être facilement transporté d'abeille en abeille en s'accrochant à leurs poils, et de colonie en colonie.

Il existe différents traitements biologiques permettant de s'en débarrasser comme l'acide oxalique, le thymol et l'acide formique mais leur efficacité reste assez irrégulière. Une autre technique consiste en la destruction d'une partie des cadres de couvain mâles juste avant leur éclosion : leur cycle de développement étant plus long que celui des abeilles, le varroa préfère s'y développer. Cependant cette technique n'est pas autorisée en agriculture biologique. L'utilisation de produits chimiques reste à ce jour la meilleure parade même si elle n'est pas efficace à 100% et que le varroa émet de plus en plus de résistances.

Comme il est impossible d'éradiquer ce parasite, l'apiculteur a appris à veiller sur la ruche pour que le nombre de varroas ne dépasse pas le seuil de tolérance des abeilles. Si une intervention devient absolument nécessaire, il sera préférable d'opérer au début de l'été ou juste après la récolte du miel pour ne pas en altérer la qualité. L'alternance des types de traitements devra être effectuée afin d'éviter au maximum l'émergence de résistances.



Photo 30 : Varroa. [91]

2. Le frelon Asiatique

Il a été introduit accidentellement dans le Lot et Garonne en 2004 dans des poteries chinoises transportées par bateau qui contenaient une ou plusieurs Reines : la colonisation de *Vespa velutina* s'est rapidement propagée à travers toute la France. Des nids en sorte de papier mâché et de la taille d'un ballon de foot émergent un peu partout en haut des arbres. La pique du frelon asiatique n'est pas plus dangereuse que celle des abeilles ou des guêpes, mais pourra tout de même conduire à un choc anaphylactique chez les personnes allergiques ou suite à de multiples piqûres. Au niveau anatomique, le bout des pattes est jaune, et il ne possède qu'une seule bande jaune sur l'abdomen. Les ouvrières mesurent environ 3 cm alors que la Reine en mesure plutôt 6.

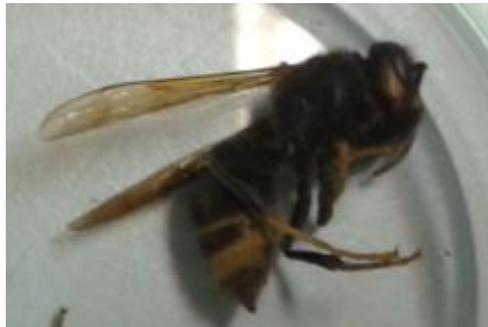


Photo 31 : *Vespa velutina*.

La conséquence la plus désastreuse de l'introduction de ce frelon asiatique est l'impact économique et écologique sur nos abeilles domestiques qui ne savent pas encore se défendre et dont il se nourrit. Pour cela, il se place en vol stationnaire devant la ruche et dès qu'une butineuse rentre, il l'attrape au vol pour la tuer et la ramener à son nid. Ils peuvent également pénétrer dans la ruche si aucune grille n'est placée à l'entrée. Des colonies entières d'abeilles peuvent ainsi être détruites ! *Apis cerana*, une cousine d'*Apis mellifera*, a elle trouvé un moyen de se défendre : dès l'arrivée d'un frelon, pas moins de 500 ouvrières se placent autour de lui en une boule compacte et vont augmenter leur température en battant des ailes jusqu'à ce qu'il meure d'hyperthermie.

Des moyens de lutte existent comme l'introduction de soufre à l'intérieur du nid avec l'aide d'une perche, des appâts contenant des insecticides, des pièges au fond du jardin et même une plante carnivore, le *Sarracenia oreophila* qui pourrait éliminer jusqu'à 50 individus par plant.

Pour fabriquer soi même un piège à frelon asiatique, il suffit de prendre une bouteille en plastique, d'en couper le haut et de retourner la partie supérieure à l'envers dans la partie inférieure. Au fond de la bouteille, un mélange de vin blanc, de bière brune et de sirop de sucre fermenté attirera les frelons mais repoussera les abeilles. Il suffit ensuite de le suspendre à un arbre dans son jardin de préférence au début du printemps pour piéger un maximum de Reines.

3. La loque Américaine

Il s'agit d'une maladie très grave et très contagieuse du couvain due à une bactérie, *Paenibacillus larvae*, qui produit des spores très résistantes et qui attaque les larves. Il en ressort une matière gluante des opercules qui contient les spores et dont les abeilles n'arrivent pas à se débarrasser. Cette bactérie, si l'apiculteur n'intervient pas à temps, va se propager rapidement et décimer toute la colonie.

La Loque Américaine est une maladie à déclaration obligatoire et est classée en danger sanitaire de première catégorie. Plusieurs méthodes existent pour s'en débarrasser : si la colonie est trop faible et trop contaminée, il faudra la détruire entièrement, mais si la colonie est forte, on pourra utiliser un traitement antibiotique et effectuer un transvasement de la colonie dans une nouvelle ruche. Il faudra bien veiller à désinfecter tout le matériel et à ne pas récolter le miel produit par la suite si la ruche a été traitée par antibiotiques.

4. La loque Européenne

Cette maladie est elle aussi provoquée par une bactérie, *Melissococcus plutonius*, mais contrairement à la loque Américaine, celle-ci ne produit pas de spores et est donc moins grave. Elle résiste cependant très bien dans la ruche et attaque également le couvain avec des symptômes similaires à ceux de la loque Américaine. Elle reste une maladie à déclaration obligatoire.

5. Les autres parasites

On retrouve de nombreux autres parasites de la ruche et de l'abeille dont la liste n'est pas exhaustive : le couvain plâtré provoqué par un champignon, le virus du couvain sacciforme, la nosérose, l'acariose, la fausse teigne...

6. Les phytosanitaires ou pesticides

[93 ; 94 ; 95]

Les pesticides regroupent 3 grandes classes de produits chimiques servant à l'agriculture intensive: les insecticides, les fongicides et les herbicides. Ces produits, en plus d'être toxiques, ne se dégradent pas et s'accumulent dans l'environnement. Les abeilles subissent depuis de nombreuses années l'utilisation de phytosanitaires en agriculture conventionnelle. Elles en ressortent de moins en moins résistantes et avec un patrimoine génétique affaibli. De même que les plantes mellifères et pollinifères tendent à disparaître et que la qualité de l'eau se détériore.

Depuis fin 2013, l'utilisation de trois substances de la famille des néonicotinoïdes est limitée : il s'agit de la clothianidine, l'imidaclopride et le thiaméthoxame. Ces substances neurotoxiques pour l'abeille faisaient systématiquement partie de la composition d'insecticides et sont maintenant interdits en France tout comme le Regent® (la substance active est le fipronil et est utilisée dans le traitement des semences de maïs) et le Gaucho® (composé d'imidaclopride et utilisé pour les semences de tournesol). Seuls les phytosanitaires possédant la mention « emploi autorisé durant la floraison » peuvent être utilisés en présence d'abeilles.

VI. Devenir apiculteur

L'apiculture peut se pratiquer de différentes manières selon si l'on veut devenir professionnel ou simplement amateur. Des associations proposent des formations sur le métier d'apiculteur avant de se lancer afin d'appréhender la façon dont on veut travailler et d'obtenir de précieux conseils. En effet il y a beaucoup d'approches différentes dans ce domaine et chacun travaillera différemment selon le type de ruche, l'endroit où sont placées les ruches, le temps, les parasites...

L'apiculteur peut également déplacer ses ruches sur certaines zones de butinage en fonction des saisons, de la floraison ou des types de fleurs afin d'obtenir des types de miels et de pollen différents : c'est ce que l'on appelle la transhumance. [86 ; 88]

B. La fabrication du miel

Pour pouvoir comprendre l'origine des composés du miel il est nécessaire de connaître l'origine botanique de celui-ci et d'en connaître le processus de fabrication.

I. Généralités sur les fleurs

La fleur est la réunion des organes mâle et femelle de manière à assurer la reproduction sexuée de la plante. Les organes mâles de la fleur sont les étamines qui sont chacune constituées d'un filet et d'une anthère contenant les grains de pollen maintenus par un gel visqueux. Cet ensemble représente l'androcée. Quant aux organes femelles, dont l'ensemble forme le gynécée, ils sont formés d'un ou plusieurs carpelles, d'un ovaire rempli d'ovules et présent sur la partie renflée du pistil. Les grains de pollen seront retenus à la surface du stigmate à l'aide de papilles visqueuses. [96]

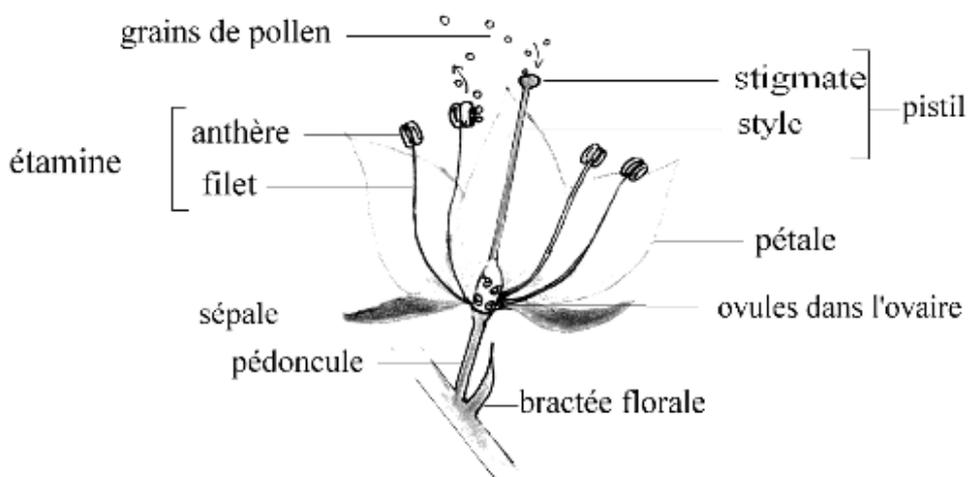


Schéma 11 : Coupe schématique d'une fleur. [97]



Photo 32 : Anthères recouvertes de pollen.

II. Le butinage

Les fleurs disposent d'un puissant outil pour attirer les pollinisateurs : leur parfum. Ces molécules odorantes et volatiles vont activer des cellules réceptrices et déclencher une impulsion nerveuse perçue comme une odeur. Les abeilles possèdent de nombreux capteurs au niveau de leurs antennes et plus leur nombre est important, plus on détectera d'odeurs différentes. Les fleurs peuvent adopter des formes et des couleurs attrayantes pour se faire remarquer et attirer les abeilles : c'est le cas par exemple des orchidées qui se font passer pour des abeilles.

Une fois l'abeille posée sur la fleur, elle sera attirée jusqu'aux nectaires par les signaux odorants et parfois même elle sera guidée par des sortes de traces colorées comme s'il s'agissait d'un chemin. De plus, les nombreuses ommatidies de l'abeille lui permettent de percevoir des couleurs et motifs invisibles pour nous. Commence alors le butinage de la fleur où l'abeille va en écarter les pétales, plonger sa tête à l'intérieur, allonger sa trompe et aspirer le nectar qui sera stocké dans son jabot. Le nectar est un cocktail de sucres produits par photosynthèse et emporté par la sève jusqu'aux glandes, les nectaires, où il va se concentrer. [86]

Rappels sur la photosynthèse :

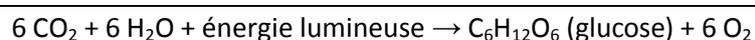
La photosynthèse a pour but de créer de l'énergie sous forme de glucides à partir de l'énergie lumineuse provenant du soleil. Les organismes utilisant ce mécanisme sont dits autotrophes car ils fabriquent eux-mêmes des matières organiques à partir de matières inorganiques. Pas moins de six molécules de dioxyde de carbone et six molécules d'eau sont nécessaires à la synthèse d'une molécule de glucose et au relâchement de six molécules de dioxygène, le tout grâce à l'énergie lumineuse. Cet échange est à l'origine de la vie sur la Terre.

Ce bilan est en réalité à décomposer en deux étapes selon que l'on se trouve le jour ou la nuit :

Phase lumineuse : $12 \text{ H}_2\text{O} + \text{lumière} \rightarrow 6 \text{ O}_2 + \text{énergie chimique (24h)}$

Phase sombre : $6 \text{ CO}_2 + \text{énergie chimique (24h)} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6 \text{ H}_2\text{O}$

Au final on obtient :



III. La pollinisation

Le vent, les abeilles et les autres insectes pollinisateurs effectuent à merveille ce travail de pollinisation sans lequel nous ne pourrions avoir de végétaux. Cette poudre colorée est naturellement transportée des étamines (organe de reproduction mâle) sur le pistil (organe de reproduction femelle) d'autres végétaux pour germer : c'est la fécondation des végétaux.

Il existe de nombreux insectes butineurs et donc pollinisateurs comme la syrphé pyrastre, le poliste Français, le bourdon, les abeilles... On parle de mutualisme car ces insectes transportent le pollen d'une fleur à l'autre pour en assurer la reproduction, et en échange les fleurs leur fournissent du nectar qui se trouve être une des bases de leur alimentation.

Il ne faut pas oublier que le vent et autres petits animaux participent aussi à la pollinisation comme les oiseaux-mouches.

La pollinisation peut s'effectuer de différentes manières :

- Par le vent : l'anémogamie
- Par les animaux : la zoogamie
- Par les insectes : l'entomogamie
- Par les oiseaux : l'ornithogamie
- Par l'eau : l'hydrogamie

Dans le cas des abeilles, le butinage est conditionné par la météo et pour qu'elles puissent travailler il leur faudra une température d'au moins 10°C, peu ou pas de vent, du soleil, et l'absence absolue de pluie. La présence des sources d'approvisionnement à proximité ou dans un rayon de 3km au maximum de la ruche sera tout aussi déterminant. Une fois toutes ces conditions réunies, les abeilles peuvent partir butiner, et il est important de savoir que ces dernières produisent une petite charge positive, alors que les fleurs, au contraire, possèdent une charge plutôt négative. L'effet est alors immédiat lors de l'atterrissage de l'abeille sur une fleur par interaction électrostatique: le pollen est attiré par le corps poilu de l'abeille et y restera accroché. On suppose qu'au fil des visites les fleurs se chargent de plus en plus positivement ce qui pourrait indiquer aux autres abeilles qu'elle a déjà été visitée plusieurs fois.

Sans pollinisation, la production de fruits et de graines ne pourrait avoir lieu ce qui conduirait à des conséquences désastreuses : la qualité, la quantité et la diversité de notre alimentation dépendent de ce processus et participent à nos défenses immunitaires. La cause principale est l'absence d'insectes pollinisateurs qui disparaissent de plus en plus avec l'utilisation de phytosanitaires dans les champs, le changement climatique, les maladies, l'agriculture industrielle et la pollution. Certaines espèces de végétaux ont ainsi besoin d'être pollinisées à la main par l'Homme : c'est par exemple le cas de la vanille.

IV. Les différentes sources mellifères

Les abeilles ont deux types de sources mellifères à leur disposition pour produire le miel : le nectar et le miellat. Ces deux sources sucrées sont respectivement produites par les fleurs et par les excréments de certains insectes. Les abeilles vont se nourrir principalement de nectar et plus rarement de miellat à l'aide de leur trompe et vont le transporter dans leur jabot : la conversion en miel va commencer sous l'action de ferments et d'enzymes hydrolysantes au niveau de leur tube digestif. Lorsque le jabot de l'abeille butineuse est plein, elle retourne à la ruche pour y déposer son précieux trésor en le régurgitant à une abeille receveuse, et elle repart aussitôt butiner d'autres fleurs...

1. Miel fabriqué à partir du nectar

Le nectar, qui provient du latin *nectarium* signifiant « breuvage des Dieux », est un liquide parfumé, sucré et très répandu sécrété par les nectaires ou glandes nectarifères se trouvant au cœur des fleurs. Les nectaires peuvent être situés soit à la base des pièces florales, c'est-à-dire des pétales, et on parle alors de nectaires floraux afin d'attirer les pollinisateurs, soit au niveau des feuilles, des bractées, des pétioles ou des tiges. Dans ce dernier cas on dit qu'ils sont extra floraux et ils serviraient à attirer des insectes spécifiques pour la défense de la plante. Quelle qu'en soit leur origine, les nectaires vont, par l'apport d'eau et de nutriments à partir de la sève et sous l'action de divers processus biochimiques, produire et excréter le nectar sous forme de micro gouttelettes à la surface de la plante.

Sa composition précise varie en fonction des conditions météorologiques et des espèces végétales, mais on retrouve en moyenne 80% d'eau et 20% de sucres. D'infimes quantités de vitamines, minéraux, acides organiques, et anti oxydants entre autres y sont retrouvés ce qui lui confère un goût et une odeur unique en fonction de l'espèce végétale butinée. [98 ; 99 ; 100]

2. Miel fabriqué à partir du miellat

Le miellat est un liquide de rejection épais et de couleur foncée produit par les insectes comme les pucerons, les cochenilles, les cigales et les psylles qui se nourrissent de la sève des plantes. La sève ingurgitée subit des transformations biochimiques dans le système digestif de l'abeille et sera riche en minéraux, oligoéléments et acides aminés pour être finalement rejetée et déposée sous forme de pellicule gluante sur les végétaux.

Le miellat servira de nourriture aux abeilles lorsque celles-ci n'auront pas à disposition de nectar dans les zones pauvres en fleurs ou par temps sec. Sa composition particulièrement riche en éléments indigestes n'est pas bénéfique aux abeilles contrairement au nectar. Parmi les sucres complexes du miellat on retrouve le mélézitose et l'erlose qui sont formés directement dans le tube digestif des insectes. Une trop grande quantité de mélézitose pourra nuire fortement à la ruche car il a la capacité de durcir fortement.

3. Miels dits « monofloraux » et « polyfloraux »

Les miels fabriqués à partir d'une seule espèce végétale ou dits « monofloraux » sont élaborés à partir du nectar et/ou du miellat d'une espèce végétale unique ou prépondérante. Même si de très nombreux végétaux possèdent des qualités mellifères, tous ne permettent pas une production monoflorale caractéristique. A l'état sauvage, il paraît évident que contrôler la zone de butinage des abeilles est impossible. C'est pourquoi elle devra impérativement être identifiée par l'apiculteur et celui-ci devra installer ses ruches à proximité des plantes souhaitées afin d'inciter les abeilles à les butiner.

Le miel monofloral le plus connu est sans doute le miel d'acacia qui est très prisé des consommateurs pour sa douceur et sa consistance liquide. On retrouve aussi le miel de bruyère, de châtaigner, de tilleul, d'eucalyptus, de thym, de lavande, de luzerne, de romarin...

Les miels polyfloraux sont eux aussi produits à partir du nectar et/ou de miellat mais proviennent de plusieurs espèces végétales dont la floraison a lieu en même temps. Les apiculteurs indiquent plus ou moins sur les étiquettes leur origine géographique pour valoriser leur spécificité et être parlant pour le consommateur : elle peut correspondre à un type de paysage ou à une aire de production. Les plus connus sont les « miel de forêt », « miel mille fleurs », « miel de montagne » et « miel de la Réunion ».

Les miels monofloraux				
Type de miel	Aire de récolte	Couleur	Parfum et saveur	Principales utilisations et caractéristiques
Le miel d'acacia	Partout en France mais particulièrement en Aquitaine, dans le Centre, le Bassin Parisien.	Très clair, limpide et jaune pâle irisé de vert.	Le parfum rappelle celui de la fleur d'acacia. La saveur est très douce.	Régulateur intestinal. Très souvent donné aux jeunes enfants.
Le miel de châtaigner	Corse, Cévennes, Bretagne, Pyrénées et Massif Central.	Ambre sombre.	Une odeur forte et suave aux saveurs boisées. Le miel Corse possède une certaine amertume.	Cicatrisant, action bénéfique pour la circulation sanguine et riche en oligoéléments.

Le miel de romarin	Languedoc-Roussillon.	Très clair et limpide à la récolte.	Faiblement balsamique. Arôme très discret mais intense et persistant en bouche.	Recommandé aux personnes atteintes d'insuffisance hépatique, digestives et vésiculaire.
Le miel de lavande	Hautes Alpes, sud de la Drôme, Vaucluse, Var, Alpes-de-Haute-Provence	Très clair lors de la récolte, il blanchit lors de la cristallisation. Le miel de lavande fine demeure jaune doré.	Bouquet de saveurs fruitées et colorées, discrètement acide.	Très utilisé en cosmétique et dans les nougats de Montélimar.
Le miel de thym	Pourtour de la Méditerranée, garrigues et plateaux calcaires de faible altitude dans l'arrière pays.	Jaune orangé tirant souvent vers des teintes rougeâtres à la récolte, il pâlit discrètement lors de la cristallisation.	Arôme puissant et saveurs rondes, lourdes et suaves qui durent longtemps en bouche.	Antiseptique, utilisé dans la prévention et le traitement des maladies infectieuses, dans le traitement des brûlures.
Les miels polyfloraux				
Le miel de forêt	L'ensemble des forêts du territoire.	Très sombre et presque noir à l'état liquide.	Fluctuant et rappelant les feuilles sèches des sous bois. Sensations boisées et suaves en bouche.	Ils sont très riches en oligoéléments.
Le miel de montagne	Alpes, Pyrénées, Massif central, Vosges, Jura.	Variable mais généralement jaune paille à brun clair.	Doux aux saveurs florales et fruitées.	Extrême diversité pollinique de ce miel.

Tableau 9 : Exemples de miels monofloraux et polyfloraux. [100]

4. La trophallaxie et l'enrichissement

Dès son retour à la ruche, l'abeille butineuse régurgite le contenu de son jabot et une autre abeille dite « receveuse » qui reste à demeure dans la ruche va aspirer à son tour la petite gouttelette. Cet échange va ainsi se reproduire de nombreuses fois et la gouttelette va circuler d'abeilles en abeilles : cet échange de nourriture entre individus se nomme la trophallaxie.

Ce travail de chaîne possède un double intérêt physico-chimique et nutritionnel : tout d'abord, le nectar, qui au départ est assez liquide va se déshydrater, s'épaissir et acquérir peu à peu la texture du miel sous l'effet de la chaleur à l'intérieur de la ruche (environ 40°C), et ensuite chaque abeille participant va rajouter des substances antiseptiques et enzymatiques à ce liquide.

La dernière abeille de la chaîne déposera goutte à goutte ce nectar enrichi dans les alvéoles en cire, et lorsqu'il aura la texture du miel avec un taux d'humidité proche de 18%, l'alvéole sera fermée par un opercule en cire en vue de sa conservation.

V. La récolte du miel

Comme déjà évoqué précédemment, le miel est la nourriture principale des abeilles et il est extrêmement important et nécessaire de ne pas en récolter la totalité. Pour cela, seuls les cadres de hausses seront enlevés, et la récolte s'effectue en général à la fin de l'été.

Avant toute opération, il faudra préparer à l'avance une pièce au calme dans laquelle le miel sera filtré et mis en pot. Il ne faudra pas non plus oublier d'enfumer les abeilles pour éviter d'éventuelles attaques lors du « vol » de leur nourriture, et l'apiculteur devra se faire très discret lorsqu'il enlèvera les cadres de rayons de miel et qu'il les portera dans la pièce préparée : aucune abeille ne devra l'avoir suivi sinon ce sera toute la colonie qui viendra défendre son miel !

Les étapes de la récolte comprennent l'enfumage des abeilles pour travailler dans le calme, le décollage des cadres et le brossage des cadres pour enlever toutes les abeilles, et le transport des cadres dans l'endroit destiné à la récolte appelée miellerie. Une fois tout installé, l'apiculteur devra désoperculer les alvéoles de cire à l'aide d'un couteau afin d'extraire le miel et de le filtrer pour enlever toutes les impuretés à travers une grille. Il est possible de le faire reposer quelques jours à 20°C pour être sûr que toutes les impuretés remontent à la surface et qu'elles soient retirées avant de le conditionner dans des pots fermés hermétiquement et étiquetés.



Photo 33 : Rayons comestibles remplis de miel.



Photo 34 :Enfumoir

L'enfumoir ne sert pas à étourdir les abeilles mais à brouiller la diffusion des phéromones et signaux d'alarme lorsqu'on veut inspecter une ruche : on peut utiliser des feuilles d'eucalyptus qui sont odorantes. De plus la présence de fumée indique qu'il y a un risque potentiel d'incendie : instinctivement elles rempliront leur estomac de miel en vue d'abandonner la ruche ce qui fera gonfler leur ventre et les empêchera de piquer. L'intérêt de l'enfumoir est donc double : se protéger des piqûres et empêcher une attaque collective. Il ne faut pas utiliser l'enfumoir trop près de l'entrée de la ruche au risque d'y faire rentrer des cendres et de la chaleur.

VI. Les autres produits de la ruche

Outre le miel qui est l'élément le plus populaire et le plus rencontré au sein de la ruche, d'autres produits suscitent de plus en plus d'intérêts autant pour leurs vertus thérapeutiques que cosmétiques. [101]

1. La gelée royale

Comme vu précédemment, la gelée royale est fabriquée juste en quantité suffisante pour la Reine et le couvain, ce qui signifie qu'il n'existe pas de réelles réserves. Cet élément si précieux est sécrété par les abeilles nourricières grâce à leurs glandes pharyngiennes entre leur 5^{ème} et 14^{ème} jour de vie et sert à nourrir les larves durant 3 jours, et la Reine tout au long de sa vie.

L'apiculteur a donc du mettre au point une technique particulière pour faire produire aux abeilles de la gelée royale en plus grande quantité : en enlevant la Reine d'une ruche, les abeilles s'aperçoivent très vite de sa disparition et vont tout mettre en œuvre pour vite en élever une autre. La production de gelée royale va alors s'intensifier pour nourrir les Princesses et sera placée dans des cellules. Au bout de trois jours, les cellules auront atteint leur capacité maximale en gelée royale, et les rayons seront prélevés par l'apiculteur qui aspirera la gelée cellule après cellule.

La gelée royale, dès son prélèvement, sera mise en petits pots hermétiquement fermés et conservés au froid entre +2°C et +5°C à l'abri de la lumière et de l'humidité. Ils pourront se conserver ainsi plusieurs mois. De couleur blanchâtre aux reflets nacrés et de consistance gélatineuse, elle est de saveur amère et légèrement sucrée.

Sa composition est exceptionnelle : outre sa quantité en eau de l'ordre de 67%, elle contient tout comme le pollen, les 8 AA essentiels à l'homme, des acides gras, de nombreuses vitamines (A, C, D, E, vitamines du groupe B), des minéraux, des oligoéléments, un facteur antibiotique efficace contre les proteus et les colibacilles, de l'acétylcholine, une hormone gonadotrope et de l'ADN.

De part sa composition exceptionnelle et sa rareté, elle a fait l'objet de nombreuses recherches et se retrouve être très chère. Ses vertus nous permettront de la conseiller en prévention pour stimuler les défenses immunitaires, pour aider l'organisme à faire face aux changements de saisons, pour surmonter des états de fatigue physique et mentale importantes, pour tonifier toutes les fonctions générales de l'organisme et pour régénérer les cellules et les tissus. Il a été démontré que la gelée royale serait plus efficace que le miel contre le virus de l'herpès ou HSV-1. [102]

Les conseils d'utilisation reposent sur la consommation de 1g de gelée royale pure par jour le matin à jeun et à laisser fondre sous la langue, et ce durant quelques semaines. Si elle est lyophilisée, 300 mg correspondent à 1g de gelée fraîche et on pourra la retrouver sous forme de gélules, d'ampoules, dans des cosmétiques, et également en association avec d'autres produits comme du miel.

Attention tout de même aux personnes souffrant de cancers hormono dépendants notamment chez les femmes atteintes de cancer du sein : la gelée royale contenant une hormone gonadotrope agit sur les récepteurs hormonaux. La prise de gelée royale sera alors formellement contre indiquée.

2. Le pollen

Le pollen est une poudre colorée contenue dans les anthères des fleurs et est la partie fécondante de la fleur, c'est-à-dire la semence mâle, dont les grains mesurent entre 2 et 200µm selon l'espèce florale. Les abeilles la récoltent lors du butinage en agglutinant cette poudre avec du nectar et leurs sécrétions salivaires pour créer des sortes de pelotes sur leurs pattes postérieures. Lorsqu'elles rentreront à la ruche, elles déposeront les pelotes de pollen dans les alvéoles en cire autour du couvain où il subira une fermentation lactique naturelle. Il deviendra le pain d'abeille et servira à nourrir les jeunes larves.

L'apiculteur pourra en récolter une partie en installant des trappes à pollen à l'entrée de la ruche : en passant par une petite grille à l'entrée, une petite partie du pollen collé à leurs pattes tombera. Ainsi environ 4 Kg de pollen pourront être récoltés par ruche et par an, ce qui correspond à 10% de la quantité totale de pollen fabriqué par les abeilles. Il sera ensuite séché et trié pour le stocker et le commercialiser dans des pots en verre. Selon les fleurs butinées, la couleur des grains de pollen peut énormément varier : blanche, jaune, rouge safran, marron clair, mauve ou noire.

Ces petits grains colorés sont d'un atout nutritionnel indéniable et regorgent de bienfaits thérapeutiques. Ils sont extrêmement riches en protéines : 14 à 20% sous forme d'acides aminés dont les 8 AA essentiels à l'homme. Une part importante de glucides est également retrouvée de l'ordre de 46 à 58%. Il contient aussi des fibres, 14%, des lipides, 7%, et est très riche en minéraux, vitamines, oligoéléments. Enfin, des enzymes (amylase et invertase) et des antioxydants (caroténoïdes, polyphénols, lutéine..) le rendent fabuleux. Sa composition dépendra de son origine entomologique et géographique.

Le pollen est principalement utilisé pour stimuler les centres nerveux et endocriniens, entretenir la flore intestinale, et reminéraliser les os et les tissus. Il pourra donc être conseillé à l'officine pour stimuler l'immunité, dans les états de fatigue physique et mentale, dans les carences en vitamines et minéraux (ostéoporose par exemple), dans les problèmes digestifs et comme

fortifiant lors de la croissance des enfants. On peut l'utiliser en application externe pour des soins de la peau et notamment dans des dermatoses.

Il sera susceptible de créer une réaction allergique comme tout produit alimentaire. Les personnes allergiques aux pollens contenus dans l'air devront faire des essais en toute petite quantité avant d'ingérer les deux cuillères à soupe recommandées par jour. Il peut être consommé par quasiment tout le monde, mais chez les enfants et les femmes enceintes on évitera son utilisation par manque d'études, et les personnes allergiques aux produits de la ruche devront également s'abstenir. Il sera conseillé de préférer le pollen frais plutôt que le sec pour en garder tous les bienfaits (notamment les ferments et enzymes) et de le consommer tel quel le matin à jeun en cures de trois semaines.

3. La propolis

La propolis est une substance fabriquée par les abeilles à partir de leurs propres sécrétions et de produits résineux récoltés sur certains végétaux comme les écorces de sapins. Tout comme le pollen, elle est transportée sous forme de pelotes jusqu'à la ruche où elle servira, associée à la cire, à la réparation de la ruche. Cette résine végétale limitera l'entrée d'éventuels prédateurs par le comblement des fissures et servira d'aseptisant pour les alvéoles avant la ponte. Les insectes morts qui seront trop gros pour être évacués de la ruche seront momifiés avec la propolis.

Les apiculteurs ont encore mis au point un stratagème pour permettre la récolte de cet élément si précieux à l'aide de trappes à propolis : les abeilles n'aimant pas les trous, elles vont les combler avec la propolis et il ne restera plus qu'à racler ces grilles. Une ruche peut produire jusqu'à 300 g de propolis par an. Il faudra ensuite la purifier pour enlever la cire mêlée et les autres impuretés, et la faire macérer dans de l'alcool pendant plusieurs mois à la manière d'une teinture mère pour mieux la conserver.

Au niveau organoleptique, la propolis est un produit visqueux, brun et parfumé. Elle est constituée de résines, de baumes, d'huiles essentielles, de pollen, des vitamines, des oligoéléments, des acides phénols et des flavonoïdes. Contrairement à la gelée royale et au pollen, elle ne contient ni protéines, ni glucides, ni lipides.

Elle sera utilisée en cosmétique et surtout en thérapeutique avec son action anti infectieuse puissante. Elle sera conseillée pour stimuler la production d'anticorps et donc l'immunité, comme cicatrisante, anti-inflammatoire, anesthésique et anti-oxydante. On peut la retrouver sous forme de sirops, de sprays nasaux, de gommes, en teinture mère... [103]

4. La cire d'abeille

Les glandes cirières des abeilles ouvrières âgées de 12 à 18 jours produisent une substance qui sera malaxée et mélangée à la salive pour devenir de la cire. Elle est le principal constituant des alvéoles des rayons qui se solidifie au contact de l'air. De couleur un peu jaune car mélangée à la propolis et aux grains de pollen, elle deviendra blanche une fois purifiée. Sa composition de nature lipidique varie selon l'origine géographique mais on retrouve en moyenne 72% d'esters d'alcool aliphatiques, 12% d'hydrocarbures saturés et 12% d'acides gras libres, auxquels se rajouteront des polyphénols.

Bien moins en vogue qu'avant pour la fabrication de bougies, de produits cosmétiques et comme agent texturant dans l'agroalimentaire, elle a été détrônée par les cires synthétiques. Les apiculteurs la récoltent surtout pour la création de nouveaux cadres de cire gaufrée ou pour cirer les meubles en bois. On la retrouve dans le célèbre cérat de Galien qui est un mélange de cire d'abeille blanche (13g pour 100g de produit fini), d'huile d'amande raffinée, de borax et d'eau aromatisée de rose servant à adoucir et nourrir la peau. La cire d'abeille est une substance naturelle avec une excellente tolérance cutanée.

VII. Les engagements des apiculteurs biologiques et les labels

Tous les apiculteurs ne travaillant pas de la même façon, la qualité des produits de la ruche peut alors énormément varier. Outre le fait que le miel soit un produit naturel car fabriqué par les abeilles, on peut malgré tout y retrouver de nombreux produits qui ont été utilisés soit pour le traitement de la ruche, soit pour le traitement autour de la ruche. C'est pourquoi un certain nombre d'apiculteurs préfèrent travailler en agriculture biologique avec l'engagement de respecter un certain nombre de règles : [101]

- La zone de butinage doit être certifiée biologique ou sauvage.
- Tout au long de l'année, le miel doit être la nourriture exclusive des abeilles.
- Les herbicides et certains produits chimiques pour la protection de la ruche sont interdits.
- La récolte doit se faire avec un enfumoir utilisant des végétaux combustibles et non polluants.
- Le stockage des produits conditionnés doit se faire à une température stable et à l'abri de l'humidité.
- Le chauffage du miel est interdit.
- Le miel ne doit pas provenir du couvain.

Certains apiculteurs vont même encore plus loin et ont pris la décision de respecter un cahier des charges encore plus strict. Pour cela différents labels existent afin de donner encore plus de précisions sur les pratiques et la qualité du miel aux apiculteurs. Les plus connus sont Ecocert, Demeter, Label Rouge, Nature et Progrès, et Fleurs sauvages.

C. La composition du miel

La Food and Agriculture Organization (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture), et l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) définissent le miel de la manière suivante : « Le miel est la denrée produite par les abeilles mellifiques à partir du nectar des fleurs ou de certaines sécrétions provenant de parties vivantes de plantes ou se trouvant sur elles, qu'elles butinent, transforment, combinent avec des matières spécifiques propres, emmagasinent et laissent mûrir dans les rayons de la ruche. Cette denrée peut être fluide, épaisse ou cristallisée. »

Le miel est, par définition, un aliment naturel qui ne peut contenir aucun additif, colorant, conservateur ou parfum, soit aucun élément qui pourrait avoir un effet allergisant.

[104 ; 105 ; 106 ; 107 ; 108 ; 109 ; 110 ; 111 ; 112 ; 113]

I. Composition qualitative et quantitative

La composition du miel est extrêmement complexe et comprend environ 200 substances différentes ! De par son origine végétale et animale, il est impossible de le fabriquer artificiellement. On retrouve :

1. De l'eau

L'eau représente 17 à 18% du miel et est l'une des caractéristiques les plus importantes du miel puisqu'elle va conditionner son poids, la conservation du produit et sera à l'origine de sa cristallisation ou de sa fermentation. Pour rappel le miel est operculé par un petit bouchon de cire par les abeilles lorsqu'il atteint un taux d'humidité compris entre 17 et 18%. Dans de rares cas le miel pourra fermenter s'il contient trop d'eau : ce sera le cas si la récolte a lieu trop tôt ou si le climat/milieu est très humide.

2. Des glucides

Ils représentent 78 à 80% du poids total soit 95 à 99 % de la matière sèche. Différents types de glucides y sont retrouvés parmi lesquels :

- Monosaccharides : on retrouve du fructose à 38% et du glucose à 31% qui proviennent tous deux de l'hydrolyse du saccharose par une enzyme appelée l'invertase. La proportion en fructose et en glucose n'est jamais égale car elle dépend de la composition des nectars en sucres réducteurs. Le miel riche en fructose reste très souvent liquide et ne cristallise qu'après plusieurs années. Au contraire les miels riches en glucose avec un rapport F/P>1 cristallisent très vite et parfois même directement dans les rayons. C'est notamment le cas pour les miels de pissenlit et de colza.

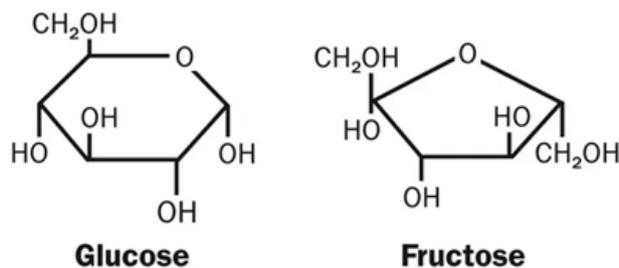


Schéma : Formules chimiques du Glucose et du Fructose. [114]

- Disaccharides : le maltose (7%) est souvent retrouvé en quantité plus importante que le saccharose (1.3%) qui a souvent une valeur assez basse.

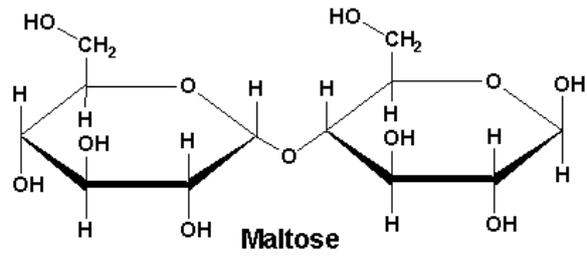


Schéma : Formule chimique du Maltose. [115]

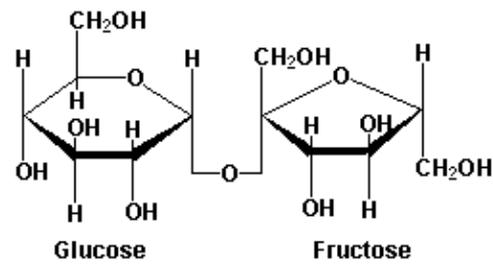


Schéma : Formule chimique du Saccharose. [114]

- Polysaccharides : on retrouve d'autres sucres dits supérieurs en petite quantité comme le mélézitose, l'erlose, le raffinose, le kojibiose ou bien encore le dextrantiose. Le mélézitose est caractéristique des miels de miellat qui cristallisent vite (parfois même dans les rayons) et rendent leur récolte difficile.

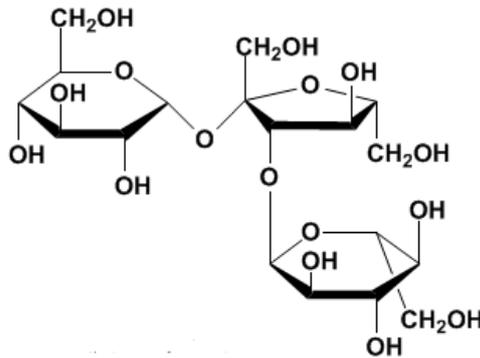


Schéma : Formule chimique du Mélézitose. [116]

3. Des lipides

Les rares lipides présents dans le miel sont dus aux restes de cire malgré la filtration et se trouvent sous forme de triglycérides et d'acides gras.

4. Des protéines

Elles sont présentes en très faible quantité (<1%) selon la quantité de pollen présente dans le miel. On retrouve principalement des peptones, des albumines, des globulines et des nucléoprotéines qui proviennent soit de la plante, soit de la sécrétion des abeilles. Une dizaine d'AA sont également présents sous forme de traces comme la proline, la trypsine, l'histidine, l'alanine, la glycine et la méthionine.

5. Des acides organiques libres ou combinés sous forme de lactones

On en retrouve environ 0.3% et ils proviennent soit de la fermentation du miel, soit du nectar, soit des multiples transformations faites lors de la trophallaxie. Certains sont volatils et le principal représentant est l'acide gluconique qui est formé à partir du glucose grâce à une enzyme, la glucose oxydase, qui est sécrétée par l'abeille. Cette réaction s'accompagne d'un dégagement de H₂O₂ et il peut encore réagir pour former une glucorolactone. On retrouve aussi de l'acide acétique, de l'acide benzoïque, de l'acide citrique, de l'acide succinique... Tous les acides présents confèrent au miel son pH acide et il est admis que l'acidité totale correspond à la somme des acides libres et des lactones.

6. Des oligoéléments ou éléments minéraux

Les miels de fleurs en contiennent de 0.1 à 0.35g pour 100g. Ce sont des substances minérales indispensables à l'équilibre vital de l'organisme. Lorsqu'ils constituent une teneur inférieure à 1mg/kg de poids corporel, on parle d'oligoélément. Certains seront systématiquement retrouvés dans tous les miels, alors que d'autres seront spécifiques. Parmi les minéraux on retrouve du calcium, du sodium, du potassium, du magnésium, du phosphore et du chlore. Les oligoéléments les plus nombreux sont le fer, le zinc, le cuivre, le sélénium, l'iode, le manganèse, le vanadium, le cobalt, le silicium, le nickel, le fluor, le chrome, le molybdène et le brome.

L'objectif de tous ces composés est de conférer la possibilité à chaque cellule de récupérer biologiquement ses capacités optimales. Il existe un rapport linéaire entre conductivité électrique et teneur en matière minérale qui dépendra de l'origine géographique et botanique pour cette dernière : les miels polyfloraux comme le miel de forêt en contiendront bien plus que les monofloraux.

7. Des vitamines

Il s'agit de composés organiques jouant le rôle de coenzyme ou catalyseur cellulaire et indispensables à la vie. Il en existe deux sortes : les liposolubles (A, D, E, K) et les hydrosolubles (toutes les autres vitamines). La plupart des vitamines contenues dans le miel sont en réalité apportées par la présence de pollen malgré la filtration ce qui signifie que le miel en contient

peu. Cependant, les vitamines présentes seront surtout des vitamines du groupe B, de la vitamine C et K.

8. Des enzymes

Elles peuvent provenir des abeilles, du pollen, du nectar ou bien encore de microorganismes présents. Les principales sont :

- L'α-amylase et la β-amylase qui dégradent l'amidon en molécules de glucose.
- La glucose invertase qui hydrolyse le saccharose en un mélange équimolaire de glucose et de fructose.
- La glucose oxydase qui produit de l'acide gluconique et de l'H₂O₂ à partir du glucose.
- Une catalase responsable de l'inhibition du H₂O₂.
- Une phosphatase.

Ces enzymes sont thermolabiles et servent d'indicateurs de qualité afin de déterminer si un miel a été stocké depuis longtemps et/ou à la chaleur. Le dosage d'un autre composé sert aussi d'indicateur de qualité : il s'agit de l'hydroxyméthylfurfural ou HMF qui est un produit issu de la dégradation du fructose en milieu acide.

9. Des grains de pollen

Après filtration du miel, il n'en reste qu'une très faible quantité dans le produit final. Sa composition dépendra toujours de l'origine botanique et géographique.

10. Des facteurs antibiotiques naturels

Plusieurs composés présents dans le miel ont la propriété d'inhiber le développement des bactéries. Ils sont regroupés sous le terme générique d'inhibine parmi lesquels on retrouve :

- Les inhibines avec production de H₂O₂ par la glucose oxydase.
- Les inhibines non peroxydes comme les flavonoïdes, les lysozymes et les dérivés phénoliques.
- La Défensine-1 qui joue un rôle au niveau du système immunitaire et qui se retrouve être bactéricide.
- Le Méthylglyoxal ou MGO qui se retrouve en grande quantité dans certains miels comme le miel de Manuka.

11. Des microorganismes

Le miel peut être contaminé par des microorganismes qui seront la plupart du temps inoffensifs comme des *Aspergillus*, des algues, des bactéries ou des spores de champignons. Plus rarement, des spores de *Clostridium botulinum* pourront s'y retrouver et on rapporte quelques cas chez des enfants qui, après ingestion ou après application sur une plaie auraient développé un botulisme. Pour rappel, ces spores peuvent se développer et produire une neurotoxine. Pour y remédier, les laboratoires pharmaceutiques commercialisant du miel à usage médical ont décidé de stériliser par rayonnement γ leur miel à partir du Cobalt-60 à 10kGy. L'élimination de

tous les microorganismes est ainsi effectuée sans pour autant en affecter ses propriétés thérapeutiques.

12. Des composés aromatiques

L'arôme et le parfum du miel dépendent de la composition du nectar et de l'origine florale, et seront un critère de qualité important comme tout produit alimentaire. Ces composés seront présents en quantité variable et comprendront un mélange d'alcools, de cétones, d'aldéhydes de quinones et d'acides.

13. Des composés phénoliques

Il s'agit de métabolites secondaires provenant principalement des sécrétions végétales comme les acides phénoliques, les flavonoïdes, l'hespertine, la pinocembrine, les caraténoïdes... Les flavonoïdes sont responsables de coloration jaune du miel et ont de nombreuses propriétés à savoir anti-inflammatoires, antivirales, cicatrisantes, anti-oxydantes et anti-radicalaires. [117]

14. Des polluants

Malheureusement, certains composés toxiques comme les pesticides, le plomb, le cadmium et même des antibiotiques peuvent se retrouver dans le miel. Leur dosage confère un bon indicateur de pollution de l'environnement, et certains laboratoires pharmaceutiques ont mis leurs abeilles sous serre afin de contrôler au maximum la zone de butinage des abeilles et donc limiter la présence de polluants dans leur miel.

15. Résumé des différents composants du miel

Composition	Pourcentage	Type de composé	Composants
Glucides ou hydrates de carbones	75 à 80%	Monosaccharides	Fructose 38%, glucose 31%
		Disaccharides	Maltose 7%, saccharose 1,3%
		Polysaccharides	Erlose, raffinose, mélézithose...
Eau	17 à 18%		
		Acides organiques libres ou combinés sous forme de lactones Environ 0,3%	Gluconique (0,1 à 4%), acétique, benzoïque, citrique, succinique...

Substances diverses	1 à 5%	Protéines, peptides et AA Environ 1%	Albumines, matières azotées, Défensine-1 et AA (proline, tyrosine, leucine, histidine, alanine, glycine, méthionine, acide aspartique)
		Vitamines	Vitamines du groupe B (B1, B2, B3 ou PP, B5, B6, B8 ou H, B9), Vitamine C et K
		Enzymes	Amylases α et β , gluco-invertase, lysozyme, glucose oxydase, catalase, phosphatase acide, amylase
		Minéraux	K, Ca, Na, P, Cl, Mg,
		Oligoéléments	Mn, Fe, Cu, Se, Zn, I, Br, Mo
Arômes		Esters	Méthylantranilate, acétates
		Aldéhydes et cétones	Formaldéhyde, acétaldéhyde
		Alcools	Méthanol, éthanol, isobutanol...
Pigments		Caroténoïdes et flavonoïdes	Flavanol, quercétine, pinocembrine...
Lipides		Triglycérides et acides gras	Acide palmitique, butyrique, oléique, linoléique...
Bactéries lactiques			13 souches différentes
Pollen	Traces		

Tableau 10 : Composition moyenne du miel.

II. Propriétés physico-chimiques du miel

[118 ; 119 ; 120 ; 121]

1. La densité

Elle sera principalement fonction de la teneur en eau, et à moindre raison par la composition chimique. En général, la densité du miel est comprise entre 1,39 et 1,44 g/cm³ à 20°C.

2. Le pH

Le pH, ou potentiel Hydrogène, sert à mesurer l'activité des ions H⁺ (protons) afin de renseigner sur l'acidité ou la basicité d'une solution. Il existe deux principales techniques pour le mesurer : la première consiste à utiliser du papier pH ce qui a l'avantage d'être rapide mais peu précis ; la deuxième technique est un peu plus longue à mettre en place avec l'utilisation d'un pH-mètre mais sera nettement plus précis que le papier pH.

Pour le miel de nectar il se situe entre 3,2 et 4,5, et pour les miels de miellat il sera un peu moins acide, entre 4,5 et 5,5. Ce pH acide confère au miel son activité bactériostatique en inhibant le développement des agents pathogènes. Cependant, les enzymes et les sucres se dégraderont si le pH devient trop bas et donc trop acide.

D'autre part, un miel foncé sera composé de matières minérales basiques qui créeront un effet tampon en neutralisant les acides. Une solution tampon est une solution dont le pH ne varie pas ou peu lorsqu'on ajoute modérément un acide ou une base, ou qu'on la dilue. C'est le cas par exemple du miel de bourdaine dont le pH est proche de la neutralité.

3. La conductibilité électrique

Elle dépend de l'origine florale et de la teneur en substances minérales. Les miels foncés comme les miels de miellat ont une meilleure conductibilité électrique, et sa mesure permettra de les différencier des miels de nectar.

4. Teneur en eau

Facteur très important concernant la maturité et la conservation du miel, la teneur en eau est en général de 18%. Si son taux est >18%, par exemple si le miel a été récolté trop tôt ou qu'il est conservé dans un endroit très humide, un risque de fermentation avec la propagation de levures est fortement possible. Le chauffage du miel pourrait empêcher la fermentation mais cette technique détruirait toutes les enzymes qui sont thermolabiles. Au contraire, si la teneur en eau est <18%, le miel va entrer dans un processus naturel appelé cristallisation qui dépend de la teneur en eau, de la température, de la viscosité et de la proportion en glucose. Cette cristallisation aboutira à deux phases : une avec des cristaux de glucose, et une autre phase enrichie en eau.



Photo 35 : Pots de miel

Sur la photo, le miel de gauche est finement cristallisé et celui de droite n'est ni cristallisé ni fermenté : il s'agit pourtant du même miel, récolté au même moment, mais conservé différemment.

5. Caractères organoleptiques

Le miel possède un large éventail de couleurs, d'odeurs, de parfums et de saveurs selon l'origine géographique et botanique. Au niveau de la couleur, les miels pourront être doré à la récolte comme le miel de chardon, jaune orangé avec des teintes rougeâtres à la récolte comme le miel de thym, jaune pâle irisé de vert comme le miel d'acacia ou bien encore sombre et presque noir comme le miel d'arbousier. La saveur sucrée du miel sera plus ou moins aromatisée et acide lors de la dégustation et sera fonction de l'origine florale.

6. La viscosité

Elle dépend de la teneur en eau, en sucres, en minéraux et de la température. La viscosité est la résistance d'un fluide au glissement d'une couche par rapport à une autre. Certains miels seront très liquides comme le miel d'acacia, onctueux comme le miel d'oranger ou thixotropes.

7. Facteur d'oxydoréduction

Il s'agit de la mesure de la concentration en électrons d'une solution. Le miel est réducteur et donc antioxydant. Pour rappel, un élément réducteur est une espèce capable de céder un ou plusieurs électrons.

8. Autres propriétés

Le miel est soluble dans l'eau et dans l'alcool, mais insoluble dans l'éther, le chloroforme et le benzène. De par sa forte concentration en fructose, son pouvoir rotatoire sera plutôt lévogyre, c'est-à-dire qu'il aura la propriété de dévier le plan de la lumière polarisée vers la gauche.

De plus, son pouvoir sucrant est deux fois plus important que le sucre de table, et son index glycémique sera fonction du type de miel (il pourra s'avérer bas ou au contraire élevé).

D. Les vertus thérapeutiques du miel

La multitude de composés présents dans le miel va être à l'origine de nombreuses propriétés thérapeutiques qui seront utilisées dans toutes les étapes de la cicatrisation des brûlures : l'hémostase, l'inflammation, la prolifération, le remodelage et la maturation cicatricielle. [122]

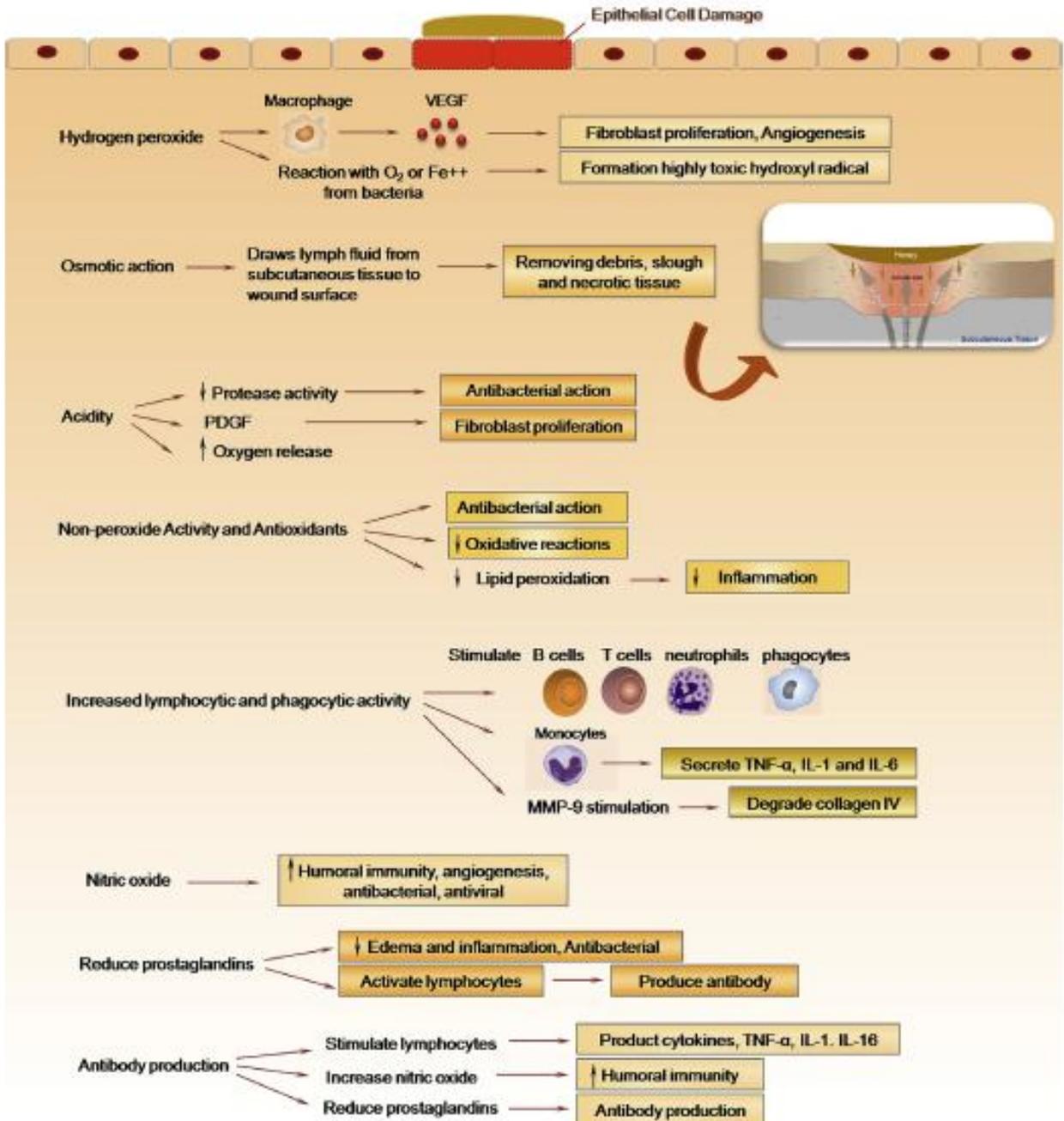


Fig. 1 Mechanisms of honey during wound healing.

Schéma 12: Les mécanismes du miel durant les différentes phases de la cicatrisation. [123]

I. Les principales propriétés

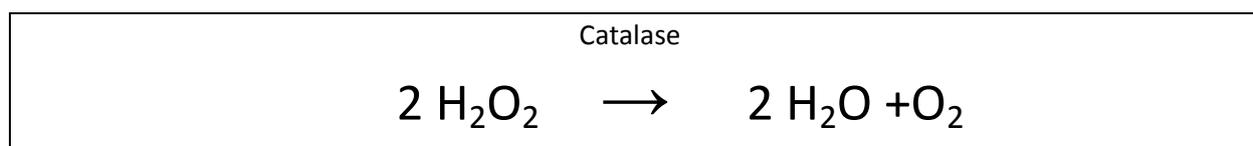
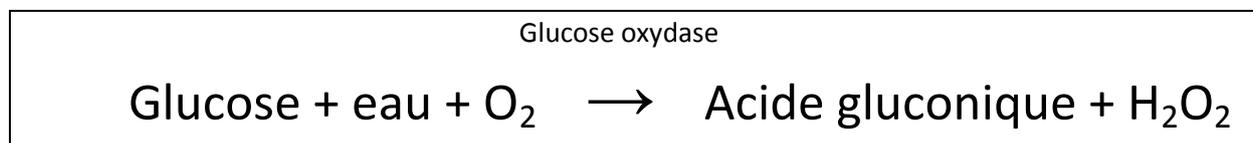
De nombreux travaux ont démontré les vertus cicatrisantes du miel, et bien que tous les mécanismes impliqués ne soient pas encore totalement élucidés, voici une liste (non exhaustive) de ses principales propriétés.

1. Anti bactérien

Les mécanismes antimicrobiens du miel se déroulent selon deux mécanismes : un mécanisme dit direct par l'élimination directe des pathogènes par le miel, et un autre dit indirect avec l'activation de la réponse immunitaire du sujet par le miel. D'autre part, dans le mécanisme dit direct on différencie les composés à activité peroxyde des composés à activité non peroxyde. [124]

- Composés à activité peroxyde :
 - Peroxyde d'hydrogène ou H₂O₂ :

Lors du butinage, les abeilles ajoutent au nectar une enzyme, la glucose oxydase produite par leurs glandes hypopharyngiennes, qui permet de convertir le glucose en acide gluconique et en H₂O₂ en conditions aérobies. Le peroxyde d'hydrogène sera ensuite relâché progressivement par le miel par interaction avec les exsudats de la brûlure durant environ 24h. Attention à la présence de catalase contenue dans le pollen qui peut détruire cette activité peroxyde, à la chaleur et la lumière puisque la glucose oxydase est thermolabile et photosensible.



La formation excessive de radicaux libres par le peroxyde d'hydrogène n'est pas favorable à la cicatrisation des plaies car elle induit une inflammation et des dommages tissulaires. Cependant, dans le miel, le taux de H₂O₂ est très bas et la présence d'antioxydants également contenus dans le miel protège les cellules et tissus sains des radicaux libres. [125]

La production d' H₂O₂ permet la détersion par un effet mécanique, active l'angiogenèse, favorise la prolifération des fibroblastes et diminue la prolifération bactérienne.

- L'acide benzoïque :

Cet acide qui peut être présent dans le miel peut réagir avec l' H_2O_2 et aboutir à la formation d'acides peroxydes qui seront beaucoup plus stables et forts en tant qu'agents antimicrobiens que le peroxyde d'hydrogène. Ils seront stables même en présence de catalase.

- L'acide ascorbique ou vitamine C :

La présence de Vitamine C dans le miel améliore l'activité de H_2O_2 .

- Éléments à activité non peroxyde :

- L'osmolarité :

La haute osmolarité du miel est due aux différents sucres le composant : quand le miel est appliqué sur la peau, les molécules d'eau sont attirées pour rétablir un équilibre, ce qui déshydrate les bactéries se trouvant à cet endroit et conduit à leur mort. Le glucose, le fructose et les autres sucres présents s'opposent également à la formation de biofilm. De plus, la pression osmotique du miel crée une attraction du liquide lymphatique du tissu sous cutané à la surface ce qui aide à l'élimination des débris et des tissus nécrosés et dévitalisés lors des changements de pansements. Le miel empêche la macération qui pourrait se créer en attirant et en absorbant les exsudats, d'où la diminution de l'œdème et de la douleur.

- L'acidité :

Comme dit précédemment, le miel a un pH acide grâce à la formation d'acide gluconique qui n'est pas favorable à la croissance bactérienne (les bactéries ont besoin d'un pH alcalin ou neutre pour leur développement), et inactive ainsi de nombreux micro organismes. L'acidité possède aussi une action sur les macrophages et prévient la formation d'ammoniac par les bactéries qui pourrait nuire aux tissus.

La présence de protéase induit la destruction des facteurs de croissance, de la matrice de collagène et de la fibronectine nécessaires à l'activité des fibroblastes et à la ré-épithélialisation, ce qui nuit très fortement au bon déroulement de la cicatrisation. Cette protéase a une activité optimum au pH de 7,3, et l'acidité du miel en diminue donc l'efficacité tout en activant les fibroblastes et la libération d' O_2 des capillaires.

- MGO :

Le MGO ou méthylglyoxal est un agent actif antibactérien très important qui se trouve dans le miel et plus particulièrement dans le miel de Manuka dans lequel il est présent en grande quantité. [126]

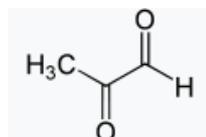


Schéma 13 : Formule chimique du MGO. [127]

Le MGO est un dérivé de la conversion non enzymatique du dihydroxyacétone. Cette réaction se produit tout d'abord dans le nectar, puis lors du stockage du miel à 37°C où sa concentration augmente progressivement. Il est capable d'agir avec le centre nucléophile et donc l'ADN : chez les bactéries Gram -, le MGO agit sur l'expression de gènes impliqués dans la stabilité de la paroi cellulaire, et chez les bactéries Gram + il agit sur une enzyme appelée « autolysine » qui est impliquée dans le clivage des composants de la paroi cellulaire et de la division cellulaire.

De plus, une trop grande formation de collagène lors de la cicatrisation favorise la formation de fibrose et conduit à des infections tissulaires chroniques. Le MGO attaque les résidus d'arginine présents dans le collagène de type IV en activant des Matrices Métalloprotéases (MMP9) pour en perturber la formation. Il altère également la structure et la fonction de nombreuses protéines et enzymes capables de diminuer l'efficacité des cellules immunitaires du sang périphérique.

- Les bactéries lactiques :

Les abeilles possèdent elles aussi des bactéries dans leur système digestif leur permettant de mieux se défendre contre des micro organismes pathogènes et d'assurer leur confort digestif. Il existe en tout 13 souches de bactéries lactiques appartenant au genre *Lactobacillus* et *Bifidobacterium* qui inhibent la croissance de nombreux germes et qui sont douées de propriétés antibactériennes puissantes. Malheureusement ces bactéries lactiques ne survivent que quelques semaines dans le miel, et ceux qui sont destinés à un usage médical ne pourront pas bénéficier de leurs bienfaits. [128]

- Défensine-1 :

Les Défensines sont une famille de peptides anti bactériens riches en cystéine et dont la structure diffère par quelques AA. Il existe la Défensine-2 qui agirait dans les abeilles, et la Défensine-1 qui comprend trois isoformes : une des isoformes provient de l'hémolymphe des abeilles, et les deux autres, appelées « royalysines » qui sont présentes dans la gelée royale. Elles sont sécrétées par les glandes hypopharyngiennes et mandibulaires des abeilles qui les ajoutent directement dans le miel. Elle est retrouvée à une concentration avoisinant les 2 à 3 nanogrammes par gramme de miel.

La Défensine-1 possède une activité potentielle contre les mycelium, les levures, les protozoaires, les acariens, les virus, les bactéries Gram + et quelques bactéries Gram -. Par contre, elle est peu efficace contre les bactéries résistantes à la méticilline. Cette protéine participe activement aux défenses immunitaires des abeilles et plus précisément dans l'immunité innée de celles-ci afin de protéger le couvain et la colonie de divers micro organismes qui pourraient nuire à la ruche. [129]

- Le lysozyme :

Après la capture des bactéries par les phagocytes, le lysozyme qui est une enzyme bactériostatique produite par l'abeille se charge d'hydrolyser les polysaccharides essentiels à la paroi bactérienne et donc d'en altérer le fonctionnement et la survie.

- Oxyde nitrique :

L'oxyde nitrique ou NO ou monoxyde d'azote est un gaz radicalaire. Sa production est à l'origine de la régulation de l'angiogenèse, de l'accélération de la formation de collagène et de la ré-épithélialisation, d'effets anti bactériens et anti viraux, et des réponses immunologiques et inflammatoires. La présence de NO augmente l'immunité humorale. Cependant, le mécanisme exact n'a pas encore été totalement compris. [130]

- Les prostaglandines :

Ce sont les médiateurs de l'inflammation et de la douleur considérés comme des immuno suppresseurs pouvant diminuer le taux de lymphocytes T et B. Le miel diminue la concentration en prostaglandines se trouvant dans le plasma ainsi que leurs effets inhibiteurs. L'œdème et l'inflammation sont alors diminués, les changements de pansements à base de miel sont moins douloureux que les pansements conventionnels et ne nécessitent ni d'antalgique local, ni de séance de MEOPA qui allongent le temps du soin.

- Stimulation du système immunitaire:

Le miel active la production de lymphocytes B et T, de polynucléaires neutrophiles qui deviendront des phagocytes, et de monocytes pour sécréter des cytokines telles que le TNF α , l'IL1 et l'IL6 qui engendreront la réponse immunitaire.

- Anti-oxydants :

Les composés participant aux effets anti oxydants du miel sont les flavonoïdes, les acides phénoliques, la vitamine C, le tocophérol, la catalase, la superoxyde dismutase, les peptides, les AA, le Selenium... Concernant les acides phénoliques, l'effet anti oxydant dépend de la position du groupement hydroxyle –OH dans les cycles aromatiques.

Il est à noter que les miels foncés possèdent plus d'acides phénoliques et seront donc plus anti-oxydants.

2. Débridement autolytique

En général le débridement s'effectue manuellement en enlevant les tissus morts ou nécrosés par chirurgie. Cette étape, lorsqu'elle est réalisée chirurgicalement, est douloureuse et indispensable pour amorcer le processus de réparation tissulaire. Le risque infectieux n'est pas à négliger, et une anesthésie locale voire générale est parfois nécessaire. Le miel peut être appliqué dès le début pour obtenir un débridement rapide, efficace, non douloureux et sans risque d'infection grâce à son osmolarité et à la production de peroxyde d'hydrogène entre autre. [131]

3. Activité anti-inflammatoire

L'inflammation est une réponse biologique normale du corps pour éliminer les stimuli nuisibles et initier le processus de cicatrisation. Durant cette phase, on retrouve beaucoup de radicaux libres qui peuvent endommager les lipides, les protéines et les acides nucléiques qui sont des composants essentiels au fonctionnement des cellules.

Le miel est capable de diminuer les dommages causés par les radicaux libres et empêche ainsi la nécrose des tissus. Les espèces réactives de l'oxygène qui sont formées lors de la phase inflammatoire activent les fibroblastes qui produisent des fibres de collagène pour former le tissu de cicatrisation. Le prolongement de cette phase inflammatoire conduit aux cicatrices pathologiques et à de la fibrose.

Le miel est en réalité un immuno modulateur :

- S'il n'y a pas assez de médiateurs de l'inflammation, le miel induit la production de cytokines pro-inflammatoires et de MMP9 par les kératinocytes.
- Si l'inflammation est trop importante, le miel inhibe les cytokines et le MMP9.

4. Stimulation de la régénération tissulaire

Le glucose contenu dans le miel apporte de l'énergie aux cellules épithéliales et facilite leur migration à la surface. Certains minéraux et oligoéléments comme le zinc, le fer, le cuivre, le cobalt, le manganèse et le sélénium favorisent aussi la prolifération des kératinocytes.

5. Autres propriétés

- Désodorisant :

Quel que soit le type de plaie, les bactéries présentes utilisent comme substrats les acides aminés et les débris cellulaires dont les produits de dégradation comme l'ammoniac, les amines et les dérivés soufrés sont à l'origine d'odeurs nauséabondes. Ces émanations sont source d'inconfort pour le patient, son entourage et le personnel soignant.

La plupart des pansements classiques n'arrivent pas à masquer ces odeurs alors que ceux aux miels se sont révélés particulièrement efficaces contre ce désagrément. En effet, l'apport de sucre par le miel amène les bactéries à ne plus se nourrir des AA et débris cellulaires mais à se nourrir de glucose. Leur métabolisme est alors détourné vers la fermentation lactique ce qui contribue d'une part à la désodorisation de la plaie, et d'autre part à une acidification du milieu empêchant la prolifération de micro organismes.

- Nutritif :

La multitude d'éléments présents dans le miel (les sucres, les vitamines, les minéraux et oligoéléments) sont directement assimilables par l'organisme et serviront à la réparation cellulaire tout le long de la cicatrisation des plaies. Par exemple les sucres vont apporter de l'énergie aux cellules, et certaines vitamines comme celles du groupe B vont favoriser la réparation cellulaire. Tous les composés du miel jouent un rôle nutritif essentiel même en application locale d'où son intérêt thérapeutique.

Détersion	
Maintien d'un milieu humide favorable Mouvements permanents de fluides à la surface de la brûlure	
Phase inflammatoire	
Diminution	Augmentation
Formation de biofilm Cycle des cellules bactériennes Progression et charge bactérienne pH de la brûlure Dégâts cellulaires oxydatifs Œdème, douleur et exsudats	Production H ₂ O ₂ Cytokines pro inflammatoires Activité des macrophages Activité anti oxydante Apport d'énergie pour le métabolisme des cellules de l'inflammation
Phase proliférative	
Diminution	Augmentation
MMP9 TGFβ Effet hygroscopique Œdème et exsudats Mauvaises odeurs	Apport d'énergie pour le métabolisme des fibroblastes et des kératinocytes Apport des vitamines, minéraux et AA nécessaires à la synthèse et à la maturation du collagène Epithélialisation Tissu de granulation
Phase de remodelage	
Diminution	Augmentation
Formation de cicatrices hypertrophiques, chéloïdes et brides	Remodelage de la plaie

Tableau 11 : Actions du miel durant les différentes phases de la cicatrisation.

II. Quel miel utiliser sur une brûlure ?

De nombreux miels existent et il s'avère difficile de choisir celui qui sera le plus adapté à l'usage que nous voulons en faire. Certains seront utilisés pour leurs qualités gustatives et nutritionnelles, alors que d'autres le seront pour leurs vertus thérapeutiques. En ce qui concerne les brûlures, les études et l'expérience de Médecins comme le Professeur Descottes nous permettent aujourd'hui d'en retenir au moins quatre pour leurs hautes propriétés antibactériennes, anti-inflammatoire et cicatrisantes.

1. Le miel de thym

Ce miel est surtout utilisé en France car il répond à trois critères indispensables pour son emploi médical : la contamination microbienne de ce miel est très faible, il possède une capacité d'inhibition des germes les plus fréquemment rencontrés en milieu hospitalier et il a démontré d'excellents résultats sur la cicatrisation.

Ses propriétés antiseptiques sont dues à la présence de thymol à l'odeur caractéristique et de carvacrol principalement. Ces phénols sont connus pour leurs propriétés antiseptiques,

antibactériennes et antifongiques. On retrouve d'autres composés tels que des terpènes et des flavonoïdes.

Le miel de thym est souvent utilisé pour ses propriétés antiseptiques contre les maladies infectieuses (respiratoires, digestives et urinaires), contre les toux chroniques et bien évidemment pour favoriser la cicatrisation des brûlures. [76]

2. Le miel de Manuka

Ce miel provient d'un arbrisseau de la famille des Myrtacées nommé « arbre à thé » ou *Leptospermum scoparium* que l'on retrouve en Nouvelle Zélande et en Australie dont les abeilles *Apis mellifera* se chargent de sa production. Le marché du miel de Manuka a tellement explosé ces dernières années que les chercheurs ont dû trouver un marqueur spécifique de ce miel, la leptosine, afin de le différencier des autres miels et de palier à sa contrefaçon et aux ventes frauduleuses.



Photo 36 : *Leptospermum scoparium*. [76]

Le miel de Manuka possède évidemment toutes les vertus énumérées précédemment, mais possède en plus le MGO qui est présent en grande quantité et qui représente son principal agent antimicrobien à activité non peroxyde. Pour preuve, il a été démontré qu'après ajout de catalase, il conservait toujours son pouvoir antimicrobien. Le MGO est à la base non détectable dans le nectar car il est le fruit d'une réaction non enzymatique à partir du dihydroxyacétone. Ainsi, lors du vieillissement du miel et de son stockage, la teneur en dihydroxyacétone diminue et celle du MGO augmente, c'est pourquoi on ne trouvera des fortes concentrations en MGO que dans les miels matures. [132 ; 133]

Ce composé à activité non peroxyde fut découvert par le Professeur Thomas HENLE de l'Université de Dresde en Allemagne.

La teneur en MGO varie également d'arbre en arbre et au fil des saisons. Des études ont démontré qu'il était actif contre le biofilm de *S. aureus*, contre *P. aeruginosa*, *E. coli*, et *S. pyogenes* entre autres d'où son emploi par certains laboratoires pharmaceutiques comme Melibiotech qui s'en servent pour la commercialisation de leur miel à usage médical. L'effet bactéricide du MGO est actif à partir d'une concentration de 10mg/kg de miel. Par comparaison, un miel « classique » possède environ 10mg de MGO par Kg de miel, alors que le miel de Manuka peut dépasser les 800mg/Kg ce qui lui confère un pouvoir bactéricide exceptionnel.

L'évaluation de son pouvoir bactéricide à des fins commerciales s'effectue à l'aide de l'indice Unique Manuka Factor ou UMF. Sa version Française correspond au IAA ou Indice d'Activité Antibactérienne. Cet indice vise à déterminer le niveau de l'effet antibactérien d'un miel en rapport avec la concentration en MGO. Par exemple, un miel de Manuka qui présente la même action qu'une solution aqueuse à 15% de phénol portera un indice UMF 15+ ou IAA 15+. Il faudra considérer un miel de Manuka intéressant pour ses propriétés antibactériennes à partir d'un UMF 10+. Au-dessous il serait simplement employé pour ses propriétés gustatives.

3. Le miel de lavande

Ce miel possède des caractéristiques similaires au miel de thym par rapport à la cicatrisation et serait moins contaminé au niveau fongique. Il représente un excellent antiseptique des bronches (contre la toux, l'asthme, la coqueluche...) et peut être utilisé comme diurétique et antirhumatismal. Nos grands-mères l'utilisaient très souvent lors de brûlures légères et de morsures de serpents. [101]

4. Le miel d'acacia

Plutôt utilisé pour ses propriétés gustatives et adoucissantes en cosmétiques (de nombreuses recettes à base de miel d'acacia existent pour les soins de la peau), le miel d'acacia a démontré qu'il pouvait également être employé dans le soin des brûlures. [101]

E. Conclusion

Au vu de tous les composés contenus dans le miel et de toutes ses merveilleuses propriétés, l'application de miel sur une brûlure favorise d'une part la cicatrisation, en accélère le processus, évite la surinfection, et peut même permettre d'éviter une greffe de peau. De nombreuses études ont démontré que le miel est bien plus efficace que les pansements à base de polyuréthane, que les membranes amniotiques et que la sulfadiazine argentique. Il possède toutes les qualités d'un pansement idéal.

Il faut tout de même garder à l'esprit qu'il ne faut pas se contenter d'appliquer un pansement au miel et d'attendre : si on ne connaît pas et si on ne recherche pas la cause d'un retard de cicatrisation, le miel ne permettra pas forcément la guérison. C'est par exemple le cas d'un patient brûlé qui ignore être atteint de diabète, de cancer ou encore d'une maladie auto-immune.

Partie III : Utilisation du miel en pratique

A. Généralités sur les miels utilisés en thérapeutique

Le miel est utilisé depuis la nuit des temps et nous disposons de suffisamment de recul pour pouvoir l'utiliser encore de nombreuses années. Simple, peu coûteux, facile à se procurer, muni de nombreuses qualités, de rares EI et très bien accepté par les patients et les soignants, le miel n'est plus seulement un aliment mais il est devenu un véritable Dispositif Médical afin de répondre à un accroissement de son utilisation au niveau médical.

Nous verrons par la suite que certains laboratoires ont décidé de mettre au point leur propre miel et de le commercialiser dans les hôpitaux comme le CHU de Limoges, pour les professionnels (Pharmaciens d'officine) et pour les particuliers, et que certains hôpitaux préfèrent utiliser simplement du miel de thym alimentaire comme le CHU de Bordeaux. [134 ; 135]

I. Conditions requises pour obtenir le statut de miel médical

Le miel de nos cuisines ne peut pas être utilisé en théorie pour soigner directement nos plaies et brûlures comme il s'agit d'un produit qui subit des transformations au cours du temps selon le mode de conservation et selon son origine géographique. De nombreux contrôles sont nécessaires avant qu'il ait un usage médical afin de garantir l'innocuité du produit, ses propriétés médicales, ses qualités physico chimiques et la stabilité de ses composants actifs. De ce fait, les étapes de la récolte au statut de dispositif médical devront être reproductibles et constantes pour garantir la qualité du produit fini et permettre un usage médical.

- Les qualités physico-chimiques : chaque lot de fabrication devra subir une batterie d'analyses physicochimiques afin d'en déterminer la composition qualitative et quantitative.
- Le pouvoir bactéricide et l'activité peroxydasique: la détermination du pouvoir bactéricide et de l'activité peroxydasique de chaque lot de fabrication devra être déterminée afin de garantir une efficacité thérapeutique constante.
- L'innocuité du produit: l'absence de métaux lourds et de pesticides devra être rigoureusement recherchée et devra ainsi obliger à ne sélectionner que du miel provenant de zones protégées des cultures intensives. Le miel à usage médical devra aussi être exempt de toute contamination bactérienne, de levures et de spores botuliniques: la charge bactérienne devra être ≤ 30 UFC/gramme de miel et pour cela la stérilisation par rayons γ

sera nécessaire. Il en sera de même pour les grains de pollen qui peuvent être responsables d'allergies chez certaines personnes et qui peuvent également véhiculer des pesticides et autres métaux lourds en représentant une source de pollution.

- La stabilité des composants actifs : leur teneur variant en fonction du lieu de production, de la production et de la récolte, un cahier des charges strict devra être tenu. En ce qui concerne la conservation du miel à usage médical, une date limite d'utilisation sera déterminée pour chaque lot afin de garantir un produit de qualité et aux propriétés constantes. De plus, une teneur en eau de 17 à 18% dans le produit fini sera idéale afin d'éviter toute fermentation par effet hygroscopique. Les élévations de températures et les rayons UV seront également à éviter lors de sa conservation pour empêcher des transformations néfastes.

II. Notion de Dispositif Médical

Article R.5211-1 du CSP :

« On entend par Dispositif Médical tout instrument, appareil, équipement, matière, produit, à l'exception des produits d'origine humaine, ou autre article utilisé seul ou en association, y compris les accessoires et logiciels intervenants dans son fonctionnement, destiné par le fabricant à être utilisé chez l'homme à des fins médicales et dont l'action principale voulue n'est pas obtenue par des moyens pharmacologiques ou immunologiques ni par métabolisme, mais dont la fonction peut être assistée par de tels moyens... »

Ainsi les DM sont utilisés à des fins :

- De diagnostic, de prévention, de contrôle, de traitement, ou d'atténuation d'une maladie ; ou de compensation d'une blessure ou d'un handicap
- D'étude, de remplacement ou de modification de l'anatomie ou d'un processus physiologique
- De maîtrise de la conception

Classification des DM :

Les DM sont répartis en quatre classes en fonction du risque encouru lors de leur utilisation :

- Classe I : risque faible : on y retrouve les DM non invasifs qui ne rentrent pas en contact avec le patient comme par exemple les fauteuils roulants et les lits médicaux.
- Classe II a : risque moyen : les DM rencontrés dans cette classe sont invasifs mais seulement sur une courte période. Ainsi on y retrouvera les lentilles de contact au niveau des yeux, les aiguilles de seringue mais également les miels thérapeutiques tels que le Revamil®.
- Classe II b : potentiel de risque élevé : ces DM sont invasifs et sont utilisés sur de longues périodes comme les prothèses articulaires et les stents. On y retrouve le miel médical Melectis®.

- Classe III : DM à potentiel de risque très sérieux : il s'agit des DM qui sont placés en contact direct avec le cœur, le système circulatoire central ou le système nerveux central ; DM qui sont utilisés pour l'interprétation d'images de radiodiagnostic ; DM qui expose à des rayonnements ionisants ; ou DM qui contient un médicament susceptible d'agir sur le corps par une action accessoire à celle des dispositifs.

III. Le marquage CE

Afin de pouvoir circuler librement dans l'espace économique européen et de garantir leur sécurité, tous les DM doivent avoir obtenu un marquage CE qui est renouvelable tous les cinq ans. Ce marquage s'obtient soit par auto certification par le fabricant lui-même pour les DM de classe I grâce à une déclaration CE de conformité engageant sa responsabilité, soit par un organisme externe notifié européen pour les autres classes de DM avec la réalisation d'essais et d'audits permettant la validation technique. Ainsi le marquage CE se compose de 2 lettres et de 3 chiffres. Par exemple, en France il n'existe qu'un seul organisme notifié nommé le G-MED, et sa référence s'intitule CE 459.

Cependant, la législation sur les DM n'impose pas aux laboratoires de révéler la composition exacte de leurs produits : les miels commercialisés en tant que « miel médical » peuvent ainsi contenir des substances allergisantes comme des parabens, du Sorbitan et des huiles essentielles. C'est pourquoi de nombreux services hospitaliers comme Pellegrin préfèrent réaliser des pansements protocolisés à base de miel de thym alimentaire qui lui n'aura pas subi de transformation après sa récolte.

IV. Inscription à la LPPR

L'inscription à la Liste des Produits et Prestations Remboursables des lignes génériques des pansements permet leur remboursement par la Sécurité Sociale et les complémentaires santé. C'est par exemple le cas des pansements hydrocolloïdes, des hydrogels etc. Pour l'instant, le miel ne remplit pas les conditions requises pour pouvoir faire partie de cette liste ce qui l'empêche de pouvoir être pris en charge. L'absence de remboursement peut être un frein à son utilisation en première intention.

B. Autres plaies pouvant être soignées par le miel

Une plaie est une rupture de la continuité des tissus formant l'enveloppe corporelle. De nombreuses pathologies peuvent être soignées par le miel dont en voici une liste non exhaustive : [1 ; 22 ; 23]

I. Plaies aiguës < 6 semaines

- Plaies franches : elles peuvent être accidentelles (avec un couteau tranchant, du verre) ou aseptique (réalisées lors d'une chirurgie). Les bords sont francs, solides, il n'y a pas de perte de substance ni de risque infectieux.
- Plaies infectées : on peut réaliser un antibiogramme pour déterminer quel miel sera le plus efficace.

- Plaies traumatiques : elles seront associées à une perte de matière et de substances. Le processus de cicatrisation sera en général un peu plus long comparé à une plaie nette. Ce sera le cas des fractures ouvertes, des morsures, des déchirures...
- Lésions cutanées : on y retrouve les gerçures, les crevasses, les ampoules et les engelures. Les engelures sont par exemple des lésions inflammatoires cutanées localisées principalement aux extrémités (orteils, doigts) lors d'exposition au froid et à l'humidité. Elles guérissent en général en 2 à 3 semaines.

II. Plaies chroniques > 6 semaines

Certaines plaies par définition sont chroniques comme par exemple les escarres où la présence de facteurs endogènes ou exogènes va empêcher la cicatrisation spontanée. Un déséquilibre se crée et l'étape de bourgeonnement ne peut pas être enclenchée.

- Les escarres : il s'agit d'une plaie de pression où la compression de la peau entre le plan osseux et le plan sur lequel repose le malade provoque une nécrose ischémique. Les escarres sont souvent rencontrées chez les patients âgés alités et que l'on ne mobilise pas. Ils commencent à se former dès lors que l'on reste dans la même position durant 2h. Les endroits les plus touchés sont les talons et le sacrum. Les quatre stades de l'escarre sont un érythème, une phlyctène, une ulcération et une nécrose.
- Les ulcères : ces plaies sont d'origine circulatoire. Ils peuvent être veineux, artériels ou mixtes. Les plus rencontrés sont les ulcères veineux qui correspondent au stade ultime de l'insuffisance veineuse. Les femmes sont en général plus touchées que les hommes, et la localisation de ces plaies se situe en général dans le tiers inférieur de la jambe. En ce qui concerne les ulcères artériels, ils sont liés à une « artériopathie chronique oblitérante » ou « claudication intermittente ». Ici la prédominance est plutôt masculine avec une mortalité dans 30% des cas.
- L'ulcère du pied diabétique: cet ulcère est avant tout artériel. Un patient diabétique a très souvent des macroangiopathies (atteinte des gros vaisseaux) et des microangiopathies (atteintes des petits vaisseaux). Le réseau artériel est altéré de manière importante. De plus, les personnes diabétiques peuvent être neuropathes et ne sentent pas la douleur provoquée par les petites plaies au niveau du pied. Ces plaies sont appelées « mal perforant plantaire » et l'absence de soins pourra conduire à une surinfection et à une amputation.
- Les brûlures : une brûlure devient chronique lorsque le derme est atteint puisque celui-ci ne peut pas cicatriser de manière spontanée.

III. Autres lésions

- Chirurgie cardiaque, vasculaire et thoracique : il s'agit de chirurgies à haut risque infectieux où le miel a toute son indication.
- Eczéma : cette dermatose prurigineuse est caractérisée par une inflammation non contagieuse de la peau avec la présence de rougeurs, de fines vésicules, de squames et de démangeaisons.
- Acné : dermatose liée à une hypersécrétion de sébum et à une anomalie de la kératinisation. Le tout conduit à l'obstruction du follicule pilo-sébacé avec une inflammation et parfois une prolifération bactérienne de *Propionibacterium acnes*.
- Les greffes de peau : le miel est utilisé autant pour l'adhérence de la greffe que pour la cicatrisation.

C. Le miel médical à l'officine

I. Melectis®

Melipharm est une entreprise Française basée sur Limoges qui a élaboré toute une gamme de produits à base de miel. On y retrouve un gel cicatrisant antibactérien, du gel sous forme de monodose, un gel de déterision et un gel cicatrisant à base d'acide hyaluronique.

Ces produits sont fabriqués à partir d'un mélange de miels monofloraux sélectionnés spécialement pour leurs propriétés antibactériennes et cicatrisantes. Ils sont ainsi actifs sur des germes comme *Staphylococcus aureus* et *Pseudomonas aeruginosa* qui sont réputés pour avoir une certaine résistance aux antibiotiques actuels.

La gamme Melectis® se répute comme un dispositif médical de Classe II b garanti sans additif chimique, sans conservateur, stérile et pouvant être utilisé aussi bien sur les plaies aiguës que sur les plaies chroniques.

Outre les brûlures de 1^{er} et 2^{ème} degré, cette gamme peut être utilisée en cas d'ulcère, d'escarre, plaie traumatique, crevasses et cicatrice chirurgicale infectée après mise à plat.

[136]





Photo 37 : Gamme Melectis ®

II. Revamil®

La gamme Revamil® a été développée il y a 4 ans par Marcel Diouron, un Pharmacien sauvé par l'application de miel à la suite de lourdes chirurgies abdominales dues à une pancréatite. L'entreprise Française fut nommée Melibiotech et fabrique du miel médical en Dordogne comme moyen thérapeutique pour plaies aiguës et chroniques.

Ce miel a tout d'abord été mis au point par l'Université Wageningen aux Pays-Bas afin d'obtenir un miel de qualité constante sous certaines conditions reproductibles. Des études cliniques et biologiques ont ainsi été conduites afin de justifier ses propriétés et d'obtenir le statut de DM.

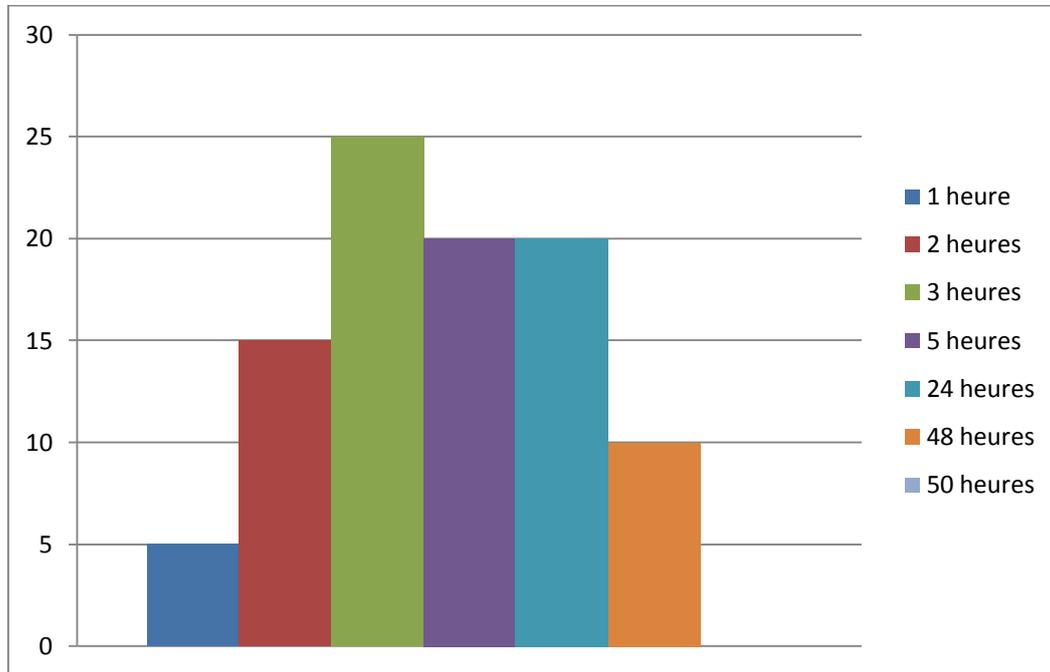
Le miel utilisé par Melibiotech est un miel multifloral (sarrasin, thym...) spécifiquement utilisé à des fins médicales et où les abeilles sont sous serre dans des conditions contrôlées. La composition exacte du miel Revamil restera cependant secrète et tout le processus de fabrication garantit que les colonies d'abeilles ne se nourrissent que du nectar des plantes mellifères sélectionnées et qu'elles ne sont pas en contact avec des pesticides ou autres produits chimiques. [137]

La gamme Revamil comporte ainsi plusieurs produits :

- Une seringue pour remplir des cavités
- Un gel composé à 100% de miel
- Un baume associant 25% de miel et 75% de cire d'abeille
- Des compresses imprégnées à appliquer directement comme un pansement

Tous ces produits sont exempts de métaux lourds, de pesticides, de contamination bactérienne, de levures et de spores botuliniques, sont stérilisés aux rayons gamma pour assurer une charge bactérienne inférieure à 30 UFC et possèdent une date limite d'utilisation afin de garantir durant 3 ans la stabilité des composants actifs les constituant. Ils conviennent également aux nourrissons et jeunes enfants.

La présence de Gluco oxydase dans cette gamme permet la libération progressive de peroxyde d'hydrogène à dose physiologique et ce sur une période de 48h afin de favoriser le débridement autolytique (c'est-à-dire la détersion), et d'activer les fibroblastes nécessaires aux étapes suivantes de la cicatrisation.



Graphique 5 : Activité enzymatique du miel Revamil® représentée par la quantité de H₂O₂ produite par gramme de miel.

De plus, ils possèdent un large spectre contre des bactéries résistantes ou non à savoir *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa* et les Entérocoques.





Photos 38 : Gamme Melibiotech®

III. Medihoney® : miel de Manuka

Derma Sciences est une société Américaine à la pointe de la recherche concernant les pansements pour plaies aiguës et chroniques. Pour cela elle utilise en collaboration avec la société néo-zélandaise Comvita le miel de *Leptospernum scoparium* ou miel de Manuka originaire de Nouvelle-Zélande qui a la particularité de posséder une teneur élevée en Méthylglyoxal (MGO). Il s'agit de DM de classe II b ayant reçu la certification CE et qui sont commercialisés en France par Apotecnia. [138]

La gamme MEDIHONEY® comporte différents pansements aux tailles et compositions diverses afin de s'adapter au mieux à tout type de plaie. Ainsi nous retrouvons :

- Pansement Apinate MEDIHONEY® : 95% de miel + 5% d'alginate de calcium sous forme de mèche (1,9 x 30 cm) ou de plaque (5 x 5 cm et 10 x 10 cm).
- Pansement Feuillet (Gel Sheet) MEDIHONEY® : 80% de miel + 20% d'alginate de sodium sous forme de plaque (5 x 5 cm et 10 x 10 cm).

Ces deux formes de pansements contiennent de l'alginate de calcium ou de sodium qui ont la particularité de posséder un fort pouvoir d'absorption. Ils seront donc préférentiellement utilisés sur des plaies fortement et moyennement exsudatives lors des phases de détersion et de bourgeonnement.

- Pansement Tulle MEDIHONEY® : 85% de miel + 15% de tulle en plaque (10 x 10 cm). Il sera plutôt utilisé pour des plaies légèrement exsudatives.

Des gels à base de miel associés ou non avec d'autres ingrédients sont aussi commercialisés:

- Miel médical antibactérien : 100% miel stérile conditionné en tube de 20 ou 50 g.
- Gel antibactérien pour plaies : 80% miel stérile + 20% de cire et d'huiles naturelles conditionné en tube de 10 ou 20 g. La cire augmente la viscosité du produit afin de faciliter son application et le nettoyage de la plaie.

Une autre présentation sous forme de crème barrière existe également :

Il s'agit de la Barrier Cream MEDIHONEY® : Crème de protection à 30% de miel + 70% d'ingrédients naturels (huile de noix de coco, Aloe vera, extrait de fleur de camomille, vitamine E). Cette forme conditionnée en tube de 50 g ou en sachet de 2g est non stérile (APOTECNIA, 2009) et sera plutôt utilisée comme protecteur cutané au niveau du pourtour d'une plaie par exemple qui pourrait être agressée par des exsudats ou des lavages trop fréquents.

Les indications de la gamme MEDIHONEY® sont très nombreuses de par son étendue, et ce quels que soient le type de plaie et le stade de cicatrisation. Ainsi elle pourra être utilisée lors :

- D'escarres
- D'ulcères
- De brûlures du 1^{er} et 2nd degré
- De plaies infectées
- De plaies malodorantes
- De plaies nécrotiques
- De plaies exsudatives
- De plaies chirurgicales
- De prises de greffes

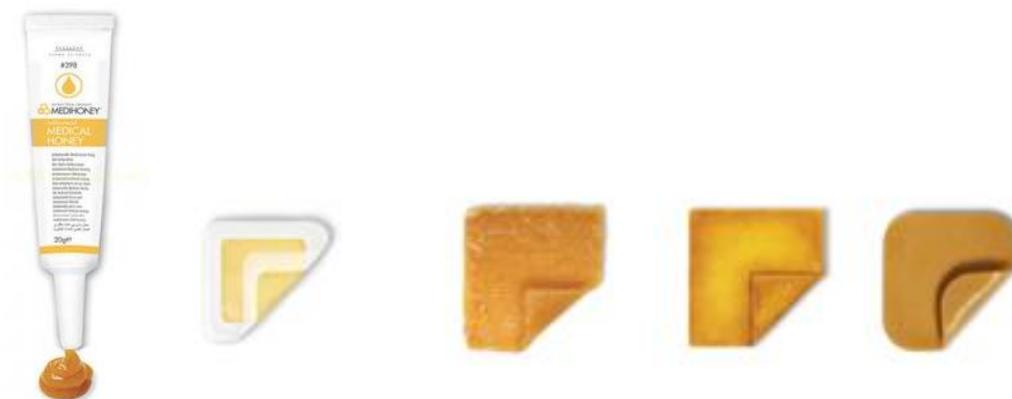


Photo 39 : Gamme MEDIHONEY®

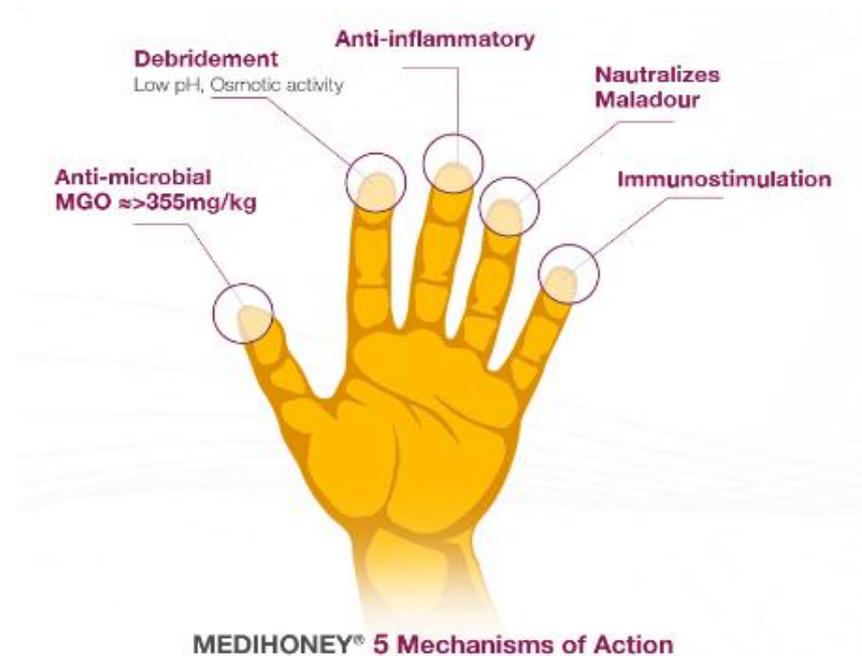


Schéma 14 : Mécanisme d'action de la gamme MEDIHONEY®.

IV. Autres spécialités à base de miel

- Société Advancis medical: cette société fabrique plusieurs spécialités à base de miel de Manuka de qualité médicale au Royaume Uni filtré et stérilisé mais difficilement procurables en France. On retrouve notamment l'Activon tube® (100% de miel de Manuka), l'Activon Tulle®, l'Alvigon® (pansement d'alginate imprégné de miel) et l'Actilite® (pansement antibactérien imprégné de miel et d'huile de Manuka). [139]
- Le miel aux mille vertus® de Sanoflore : ce baume réparateur et apaisant s'utilise autant pour le visage que pour le corps. Sa composition en miel de Tilleul et d'Orange, en beurre de karité et en glycérine naturelle lui permettent d'être appliqué sur les peaux sèches et abimées, sur les petites brûlures, les rougeurs dues au soleil, au froid et au vent... [140]
- CAVILON® Miel : cette crème commercialisée par le laboratoire 3M se compose d'un mélange de miel de Manuka, de polymères et de diméticone. Elle est préconisée pour la protection des peaux saines ou irritées lors d'une exposition aux urines et aux selles (par exemple chez les bébés pour éviter les érythèmes fessiers). On peut également l'utiliser sur les peaux sèches, gercées ou craquelées. [141]
- PURCARE® Gel SOS : commercialisé par le laboratoire DERMATHERM, il se compose d'un mélange d'eau thermale, de miel et de glycérine. Ce gel peut être utilisé contre les coups de soleil, les brûlures légères, le feu du rasoir, les irritations... [142]

- Miel cicatrisant ARISTEE® : ce miel est commercialisé par la société Pollenergie située dans le Lot et Garonne et se compose de miel de sarrasin, de sapin et de thym. Il peut être utilisé en cas de plaies aiguës ou chroniques telles que : brûlures du 1er et 2nd degré, crevasses et gerçures, crevasses et gerçures d'allaitement, plaies traumatiques, escarres, ulcères, dermabrasions, plaies du pied diabétique, et ongles incarnés. [143]
- ANTISCAR® du Laboratoire Dimepol : ce DM de classe II a associé 68% de glycérol à 29% de miel. Ce gel cicatrisant est surtout utilisé dans le traitement des plaies de type escarres et ulcères. [144]

V. Contre-indications, effets indésirables et précautions d'emploi

Même si le miel est un produit naturel à priori sans risque, quelques contre-indications, effets indésirables et précautions d'emploi doivent être connus des soignants et des patients lors de son utilisation.

1. Contre-indications

L'application de miel ou de spécialité à base de miel est contre-indiquée en cas d'allergie ou d'hypersensibilité au miel ou aux autres produits de la ruche. L'interrogatoire du patient est indispensable avant l'utilisation de miel même en topique.

De plus, lors d'un hyper-bourgeonnement, il faudra préférer l'utilisation d'une crème dermocorticoïde de type NERISONE® à la place du miel même si le miel possède une action anti-inflammatoire.

L'utilisation de miel par voie locale chez le patient diabétique n'est pas contre-indiquée car elle n'augmente pas le taux de sucre dans le sang : la quantité de glucose absorbée au niveau de la microcirculation et donc au niveau systémique est infime.

Le miel pourra ainsi être utilisé aussi bien chez les adultes que chez les enfants et nourrissons à partir d'un an (en raison du risque éventuel de botulisme infantile car leur flore intestinale est immature pour se défendre), et ce sur la peau ainsi que sur les muqueuses. [145 ; 146]

2. Effets indésirables

Ils sont très rares mais des sensations de brûlures, de douleurs ou de picotements peuvent intervenir lors du changement d'un pansement. Il faudra alors bien humidifier la plaie avant la réalisation des soins et parfois prescrire des antalgiques 30min à 1h avant. Ces sensations seraient dues à la forte osmolarité, à l'acidité du miel et à la libération de peroxyde d'hydrogène : ces effets sont temporaires et disparaissent dans les minutes suivant les soins dans la plupart des cas. Cependant si les effets indésirables ne cessent pas rapidement il faudra envisager l'arrêt définitif des pansements à base de miel.

Une coloration bleutée des pansements et compresses est souvent observée lors du changement des pansements : il ne s'agit pas d'une infection. Aucune explication n'a été trouvée à ce jour, le Professeur Descottes l'avait également signalé durant ses travaux.

3. Précautions d'emploi

- Ne pas utiliser après la date de péremption
- Ne pas utiliser un tube ou un pansement endommagé
- Un tube se conserve 3 mois après ouverture
- Un tube unidose se conserve 3 jours après ouverture
- Se conserve à l'abri de la lumière, de l'humidité et de la chaleur

D. Etablissements utilisant le miel dans leurs services

De plus en plus d'établissements médicaux utilisent du miel dans leurs services, et nous verrons d'une part le CHU de Limoges qui a initié son utilisation avec le Professeur Descottes, et d'autre part le CHU de Bordeaux où j'ai pu recueillir des cas cliniques.

I. CHU de Limoges

Le CHU de Limoges utilise régulièrement du miel de thym dans son service de chirurgie digestive, générale et endocrinienne. Le Professeur Descottes, pionnier en la matière, a utilisé le miel pendant près de 25 ans pour la cicatrisation des plaies post-opératoires et des escarres. En 2008, il crée l'Association Francophone d'Apithérapie avec Catherine Ballot-Flurin pour partager les connaissances sur les propriétés antibactériennes et cicatrisantes du miel. Son expérience lui a permis de préférer le miel de thym aux autres pour l'élaboration de ses pansements et il a mis au point avec son équipe un protocole type que voici : [147]

Protocole de pansement :

L'utilisation du miel dans le traitement des plaies nécessite l'accord du patient. Cet accord doit faire suite à une information sur le miel et la cicatrisation. Il est impératif que la feuille d'autorisation du traitement soit signée par le patient ou par sa famille, si ce dernier est dans l'impossibilité de le faire.

Types de plaies :

L'utilisation du miel se fait sur une plaie saine, profonde ou pas, pouvant toutefois présenter des zones atones ou nécrosées, des sites d'infection.

- Plaies chirurgicales désunies
- Kystes sacro-coccygiens
- Emplacement de stomies
- Plaies accidentelles
- Autres...

Technique de pansement :

Matériel : le matériel dépend de l'état de la plaie.

Miel : le miel est actuellement distribué en petits pots par la pharmacie centrale de l'hôpital de Limoges. La commande dans les services est faite sur le cahier de la pharmacie. Le miel se conserve avant ouverture dans la partie basse du réfrigérateur. Lors de son utilisation le pot est identifié au nom du patient et la date d'ouverture est notée sur le couvercle de ce dernier. Après ouverture, le pot se conserve un mois hors du réfrigérateur.

Le miel principalement utilisé au CHU de Limoges est du miel de thym. Ce choix est lié à une recherche faite sur les pouvoirs anti-bactériens des miels. Tous les pots qui arrivent au CHU de Limoges subissent un examen bactériologique.

II. CHU de Bordeaux

Le CHU de Bordeaux possède au sein de son service de chirurgie plastique, esthétique et reconstructrice et chirurgie de la main une unité de plaies et cicatrisation par le miel depuis 9 ans, et utilise depuis peu l'aloë vera. En général les patients orientés dans ce service possèdent des plaies chroniques et n'y sont envoyés qu'en « dernier recours ». Tous types de plaies y sont soignées qu'elles soient aiguës ou chroniques, qu'elles soient post-traumatiques ou post-chirurgicales, qu'il s'agisse de brûlures, d'ulcères ou autres plaies n'arrivant pas à cicatriser. Pourquoi ne pas utiliser le miel lorsque toutes les autres thérapeutiques conventionnelles n'ont pas permis la cicatrisation et la guérison ?

J'ai pu suivre Catherine MASSERON, Infirmière Diplômée d'Etat dans l'Unité plaies et cicatrisation du Centre François-Xavier Michelet au CHU de Bordeaux durant quelques après midi afin de me rendre compte comment se déroulent les pansements au miel en réalité. Les patients « brûlés » ne constituent pas la majorité des patients dans cette unité, mais le but était d'en apprendre plus sur le miel, sur les pratiques utilisées, et de voir l'évolution du patient au cours du temps. Il ne faut pas oublier que la brûlure est l'étiologie particulière d'une plaie aiguë qui peut devenir chronique si les conditions ne sont pas favorables, et que tous les types de plaies ont des stades de cicatrisation identiques.

Un consentement éclairé doit être signé par le patient avant toute application de miel afin de certifier son accord pour sa participation au protocole de soin par le miel de thym alimentaire.

Ces soins sont non stériles mais propres.

Pas de BETADINE[®], EOSINE[®], antiseptiques, antibiotiques locaux.

Bien laver la peau péri-lésionnelle au savon, bien rincer (eau du robinet), bien sécher (dans certains cas la plaie peut être lavée, mais bien rincer).

Attention : le savon de Marseille assèche !

Les plaies peuvent être douchées.

La plaie :

1. Nettoyer la plaie au sérum physiologique et la sécher sans frotter à l'aide d'une compresse stérile.
2. Appliquer une fine couche de miel de thym sur toute la surface de la plaie (coton-tige, cuillère, abaisse-langue, sonde cannelée, matériel propre). Les instruments sont lavés avec du liquide vaisselle, rincés à l'eau courante et séchés avec du linge propre.
3. Recouvrir :
 - D'ALGOSTERIL[®] sec (une compresse + une bande)
 - Un JELONET+[®] (une compresse + une bande)
 - Un pansement sec.

Préférer les pansements non adhésifs.

Renouvellement du miel : A la demande si exsudats importants 24 à 48h selon le cas.

Conservation du pot de miel de thym à température ambiante et à l'abri de la lumière. Pot à conserver 1 mois.



Photo 40 : Préparation des pots de miel

Partie IV : Cas cliniques

Les cas cliniques rapportés ici m'ont été gracieusement donnés par Catherine MASSERON pour la rédaction de ma thèse, et n'ont aucun rapport avec les patients que j'ai pu suivre dans son service. Nous avons choisi ces cas minutieusement afin qu'ils aient un réel intérêt dans le cadre de ma thèse.

A. Cas clinique n°1

Monsieur X, 62 ans, s'est brûlé le pied gauche avec des lampes chauffantes halogènes.

- Le contexte :

Ce patient était chez son kinésithérapeute et effectuait du renforcement musculaire pour sa jambe gauche. Au fur et à mesure de ses exercices il s'est déplacé jusqu'à poser le pied sur une lampe halogène qui était située par terre. Etant diabétique et neuropathe, Monsieur X ne s'est aperçu de sa brûlure que lorsque des émanations de fumée ont commencé à se faire sentir.

- Etiologie de la brûlure :

En posant le pied sur une lampe chauffante halogène, Monsieur X est victime d'une brûlure thermique.

Ce patient est diabétique avec une atteinte neuropathique, c'est-à-dire une atteinte des nerfs. Ici les nerfs atteints sont les nerfs périphériques qui permettent de commander les muscles et de sentir au niveau cutané le chaud ou le froid. La neuropathie diabétique perturbe considérablement la sensibilité à la douleur : certaines personnes ne supporteront aucun contact au niveau cutané alors que d'autres ne ressentiront aucune douleur lors d'une blessure.

- Profondeur de la brûlure :

Le dessous de l'avant du pied ainsi que les orteils sont carbonisés ce qui correspond à une brûlure du 3^{ème} et 4^{ème} degré qui ne peut pas cicatriser spontanément. La surface brûlée correspond à environ 1% de la surface corporelle.

- Prise en charge :

Monsieur X est transporté de toute urgence au CHU de Pellegrin à Bordeaux dans le service des Maladies Infectieuses où les premiers soins sont prodigués. Après nettoyage de la brûlure, les chirurgiens hésitent entre l'éventualité d'une amputation et une greffe. Le patient est resté un mois en observation dans ce service avant de commencer un protocole à base de miel.



Photo 41: J 0

Un mois après l'accident débute le premier pansement au miel, dont la photo se trouve au-dessus. Le chirurgien propose d'appliquer du miel de thym, de poser par-dessus une interface neutre de type Mepitel®, une compresse et une bande de maintien. Une bande de compression sera également posée tout en laissant l'avant du pied en décharge. Le pansement doit être changé tous les jours : l'épouse de Monsieur X a appris à refaire le pansement pour ne pas avoir à faire venir d'infirmière quotidiennement et pour pouvoir partir en vacances quelques jours. Le suivi de Monsieur X se fera en ambulatoire au niveau des consultations externes à J 7, J 15 et ensuite une fois par mois.

Nous pouvons voir sur la photo des zones de nécrose en noir au niveau des orteils, et des zones de fibrine en jaune. L'amputation des orteils est toujours d'actualité ainsi que la greffe. La cicatrisation est bloquée en phase d'inflammation.



Photo 42 : J 35

Au 35^{ème} jour, les zones de nécrose ont complètement disparu et il n'y a presque plus de zone de fibrine. A la place nous pouvons voir que la cicatrisation de la brûlure devient de plus en

plus « jolie », que la cicatrisation est en phase de prolifération et que le tissu de granulation suit son cours.

Le changement des pansements par l'épouse de Monsieur X se déroule toujours bien, sans douleur, il n'a pas eu besoin d'arrêt de travail et a utilisé des cannes anglaises pour décharger son pied. La greffe qui avait été proposée après le débridement à J 0 n'est plus d'actualité, et les pansements au miel sont maintenus jusqu'à la cicatrisation complète.



Photo 43 : J 120

En seulement trois mois, le pied de Monsieur X a complètement guéri, la phase de remodelage est achevée puisque la plaie est entièrement recouverte. Le protocole de pansement au miel lui a évité une amputation et/ou une greffe.

B. Cas clinique n°2

Monsieur Y, 50 ans, sans antécédent particulier.

- Le contexte :

Monsieur Y était en voyage avec son fils sur l'île de la Réunion. Tous deux en train de discuter dans l'eau au niveau d'un rocher, Monsieur Y a ressenti une vive douleur au niveau de son pied et en a immédiatement informé son fils. Ce dernier ayant regardé un documentaire deux jours auparavant sur le Poisson-pierre, il a pris l'initiative de vite ramener son père sur la plage et d'appeler les secours. Entre temps, Monsieur Y a fait un arrêt cardio-respiratoire et a pu être réanimé avant d'être transporté de toute urgence au Centre Hospitalier de Saint-Pierre où il est resté 15 jours en réanimation. Il a ensuite été rapatrié en France au CHU de Bordeaux à Pellegrin.

Le poisson pierre, *Synanceia verrucosa*, est présent principalement dans l'océan Indien et sait très bien se camoufler dans son environnement naturel. De couleur grise, s'enterrant dans le sable et recouvert d'algues et de corail, il est très difficile de le distinguer au milieu des coraux même pour les baigneurs avertis qui se laissent parfois surprendre par sa pique extrêmement douloureuse. Ce poisson mesure 15 à 30 cm de long et est équipé de 13 épines dorsales venimeuses. D'autres épines sont également présentes au niveau de ses nageoires pelviennes et anales. La douleur est si vive

qu'elle peut entraîner une syncope et la noyade du baigneur. Son venin, thermolabile, se compose de plusieurs facteurs à caractères myotoxique, neurotoxique et hémolytique. Les principaux symptômes sont une douleur vive syncopale, un œdème, des phlyctènes hémorragiques et des nécroses pouvant aller jusqu'à des convulsions, des paralysies et des troubles cardiorespiratoires. [148 ; 149]

- Etiologie de la brûlure :

Le venin a provoqué une brûlure de type chimique au dessus de la malléole externe gauche.

- Profondeur de la brûlure :

A son arrivée à l'hôpital, la brûlure était de type 2^{ème} degré profond avec une surface inférieure à 1% de la surface corporelle.

- Prise en charge du patient :

De retour en France, il subit 2 greffes qui toutes deux échouent. Sa brûlure se transforme en une plaie chronique et il ne lui sera proposé un protocole à base de miel qu'au bout de 18 mois d'échec de cicatrisation qui est bloquée en phases inflammatoire et proliférative.



Photo 44 : J -7

Une semaine avant la mise en place du protocole du pansement au miel, nous pouvons voir sur la photo ci-dessus que la plaie présente une zone noire de nécrose, une zone jaune très fibrineuse au centre, et un discret tissu de granulation autour. Les berges ont un aspect de bourrelet induré.



Photo 45 : J 0

Le protocole du pansement au miel de thym est mis en place avec une interface neutre et un pansement Mepore® après avoir nettoyé la plaie à l'eau et au savon.



Photo 46 : J 7 avant débridement manuel de la croûte



Photo 47 : J 7 après débridement manuel

En seulement une semaine, la zone de nécrose a disparu, et la plaie s'est déjà bien rétractée. Seul le tissu de granulation est visible au centre et les berges s'aplanissent ce qui signifie que la cicatrisation a repris son cours : la phase inflammatoire est achevée, la phase de prolifération est presque terminée elle aussi et la phase de remodelage est dominante.



Photo 48 : J 20

Au bout de 20 jours de pansement au miel, un petit tissu de granulation est encore visible au centre, le recouvrement et le remodelage de la plaie suivent leur cours.



Photo 49 : J 27

Une semaine après, la plaie est entièrement recouverte ce qui signifie que les phases de prolifération et de remodelage sont achevées. En moins d'un mois, là où les autres thérapeutiques ont échoué, le miel a permis la cicatrization d'une plaie chronique de 18 mois. La cicatrice est plane et il ne subsiste pas de bourrelet induré.

C. Cas clinique n°3

Monsieur Z, 32 ans, pas d'antécédent particulier.

- Le contexte :

Monsieur Z a été victime d'un accident de la voie publique alors qu'il était en moto. Sa chute a provoqué des fractures multiples au niveau de la mâchoire et plusieurs dermabrasions sur le corps.

- Etiologie de la brûlure :

La chute en moto a provoqué une dermabrasion de la cheville externe droite.

- Profondeur de la brûlure :

Inconnue.

- Prise en charge :

A son arrivée au CHU de bordeaux, il est immédiatement envoyé dans le service de chirurgie maxillo-faciale pour une fracture de la mâchoire lors de l'accident. Il subit dans un premier temps plusieurs opérations de reconstruction de la mâchoire, et dans un deuxième temps des séances de kinésithérapie. Au cours d'une de ces séances (3mois après l'accident), son kinésithérapeute s'aperçoit d'une plaie au niveau de la cheville externe droite et pose quelques questions à Monsieur Z. Il s'agissait d'une brûlure provoquée lors de l'accident de moto qui ne cicatrissait pas et dont il ne s'était pas vraiment occupé après sa sortie de l'hôpital. Sa brûlure était devenue chronique.

Monsieur Z a été reçu par une infirmière qui a décidé de débrider manuellement la plaie à l'aide d'une curette avant de lui faire un pansement au miel. Un abcès était également présent.



Photo 50 : J 0 avant débridement avec abcès

La plaie est lavée à l'eau et au savon, puis l'infirmière applique du miel de thym avec une interface neutre, une compresse et une bande de maintien.



Photo 51 : J 0 après débridement

Le pansement est refait tous les jours par le patient lui-même à son domicile. Pratiquant la plongée sous marine, il a du interrompre son activité pour ne pas empêcher la cicatrisation. A ce stade nous pouvons voir que la plaie est inflammatoire et qu'un tissu de granulation essaie d'émerger au centre.



Photo 52 : J 3

En seulement 3 jours la plaie s'est aplanie, et l'abcès a disparu. La plaie n'est plus inflammatoire et le tissu de granulation est bien visible : elle est aplanie et les berges commencent à se rétracter.



Photo 53 : J 44

Au bout de 44 jours la plaie s'est totalement refermée en laissant une cicatrice discrète. Encore une fois, le miel a réussi à « débloquer » la cicatrisation et à guérir cette plaie chronique.

CONCLUSION

Fruit de l'alchimie entre les végétaux et les abeilles, le miel est utilisé depuis la nuit des temps pour toutes sortes de maux. Laissé de côté un certain temps avec l'arrivée des antibiotiques, le miel revient au goût du jour et intéresse de plus en plus d'hôpitaux pour soigner les plaies avec une autre approche.

Nous avons pu voir que les étapes de la cicatrisation sont très complexes et dépendantes de nombreux facteurs. Le bon cheminement de ces étapes peut être parfois plus compliqué que prévu et conduire à des infections, un passage à la chronicité et à des cicatrices pathologiques. Les thérapeutiques actuelles utilisent la plupart du temps et de manière massive des antibiotiques et des pansements conventionnels qui ne sont pas toujours efficaces et dont on ne connaît pas la composition exacte.

La brûlure, étiologie particulière d'une plaie aigue, m'a tenu à cœur suite à mon stage d'externat chez les grands brûlés au CHU de Bordeaux. J'ai pu y apprendre à reconnaître les différents stades de brûlures, les gestes chirurgicaux à pratiquer en cas de brûlure circulaire par exemple, les techniques de greffes, et participer à des amputations et à des trachéotomies. L'approche psychologique est à mon avis aussi très importante, et l'utilisation de miel, qui est un produit naturel connu de tout le monde, peut aider à dédramatiser la blessure tout en étant extrêmement efficace.

Avec plus de 200 substances composant le miel et la compréhension des différentes étapes de la cicatrisation, ce merveilleux produit possède toutes les qualités requises pour favoriser et améliorer la cicatrisation des brûlures quel que soit le stade auquel le pansement est appliqué. Ses rares contre-indications et intolérances en font un produit que l'on peut utiliser sans inquiétude. Les cas cliniques présentés prouvent que même dans une situation de très mauvais pronostic (l'éventualité d'une amputation par exemple), le miel était capable de tout améliorer en l'espace de quelques semaines, là où les autres traitements avaient échoué.

L'utilisation de miel apporte également un aspect économique non négligeable : le confort de vie est nettement amélioré (les pansements au miel sont moins douloureux et nécessitent rarement un traitement antalgique ; le patient peut éventuellement se faire les pansements lui-même ; le moral est amélioré), il y a moins d'hospitalisations, d'amputations, de greffes et d'arrêts de travail, le miel est un produit peu coûteux et il y a moins de déchets lors du changement de pansement. Un pot de 1Kg de miel coûte en moyenne 16 euros et peut servir à soigner de nombreux patients, alors que pour le même prix nous pouvons avoir une boîte de 16 pansements de type hydrocolloïde de petite taille qui ne pourra servir qu'à un seul patient.

Il est important de retenir que quel que soit le miel utilisé, nous retrouverons des qualités communes (antibactérien, anti-inflammatoire et cicatrisant) et qu'il peut être utilisé à tous les stades de la cicatrisation et sur n'importe quel type de brûlure. Ensuite, pour être plus pointilleux sur la cicatrisation des brûlures, il est plus intéressant d'utiliser du miel de thym, de lavande, d'acacia ou de Manuka pour leurs vertus antibactériennes élevées. Pour l'instant, la réglementation n'est pas encore assez précise et il est possible d'utiliser du miel de thym alimentaire ou du miel médical.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] V.Philip. prise en charge des plaies et aspect physiopathologique. UE Off 7. Orthopédie-maintien à domicile. Cours 6. 2014
- [2] Peau : <http://www.cnrs.fr/cw/dossiers/doschim/decouv/peau/>
- [3] Louis DUBERTRET, « PEAU ». In Universalis éducation [en ligne]. Encyclopædia Universalis, consulté le 13 avril 2017. Disponible sur <http://www.universalis-edu.com/encyclopedie/peau/>
- [4] B. Charpentier, F.Hamon-Lorleac'h, A.Harlay : Guide du préparateur en pharmacie, 2^{ème} édition. Pages 589-591.
- [5] Gaël BOTTAIS. Thèse : l'eczéma : exemple de l'eczéma de contact des paupières, 2017, pages 15-19.
- [6] <https://www-elsevierelibrary-fr.docelec.u-bordeaux.fr/pdfreader/ue-2-la-cellule-et-les-tissus-cours43922> page 302 à 305, page 317.
- [7] http://www.larousse.fr/encyclopedie/images/Structure_de_la_peau/1001996 (page consultée le 16 avril 2017).
- [8] <https://www.oleassence.fr/comment-hydrater-peau/attachment/10005> (page consultée le 16 avril 2017).
- [9] <http://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/br%C3%BBlure/11499> (page consultée le 16 avril 2017).
- [10] <http://www.sfb-brulure.com/> (page consultée le 26/04/2017)
- [11] D.patteron, M.Raphaël, A.Trinh-Duc. Fiche 123 : les brûlures. Méga Guide pratique des urgences, 2016, pages 802-808.
- [12] Protocole de soins locaux à domicile du patient brûlé. CHU de Bordeaux. Pôle des spécialités chirurgicales- Service des brûlés.
- [13] I. Hssain. Fiche 94 : Brûlures. Guide infirmier des urgences (2^{ème} édition), 2015, pages 557-561.
- [14] GG. Chick, M. Papaloïzos. Brûlures et gelures. Urgences de la main et du poignet, 2014, pages 173-181.
- [15] C.Vinsonneau, M.Benyamina. Prise en charge initiale du grand brûlé. Réanimation (2009) 18, 679-686.
- [16] Wassermann D. Epidémiologie et organisation de la prise en charge des brûlés en France. Médecine et armées 2000;28(4) : 273-278.
- [17] A.Pasquereau, B.Thélot. Hospitalisations pour brûlures à partir des données du Programme de médicalisation des systèmes d'information. Institut de Veille Sanitaire.
- [18] P.Jault, N.Donat, T.Leclerc. Les premières heures du brûlé grave. Volume 24, Issue 3, October 2012, Pages 138-146.
- [19] Evaluation de la profondeur des lésions : Société Française d'Etude et de Traitement des Brûlures – SFETB – juin 2006.
- [20] <http://sofia.medicalistes.org/spip/spip.php?article158> Société Française des Infirmiers Anesthésistes (page consultée le 01/06/2017).
- [21] J-P. Chavoïn, D. Gangloff. Chirurgie plastique et esthétique, 2009, Pages 13-33. Chapitre 2- Greffes, lambeaux et expansion.

- [22] I. Murat Emsen, K. Karabekir Mah. A different and safe method of split thickness skin graft fixation: Medical honey application. *Burns* 33 (6) (2007) 782–787.
- [23] T. Postmes, A. E. Bogaard, M. Hazen. Honey for wounds, ulcers, and skin graft preservation. *Lancet* 1993; 341: 756–7.
- [24] <https://docteur-picovski.com/lexique/regle-wallace/> (page consultée le 09/06/2017)
- [25] Société Française des Infirmiers Anesthésistes. (site consulté le 15/06/2017)
- [26] L. Cynober, L. Bargues, M. Berger. *Nutrition Clinique et metabolism*, Volume 19, Issue 3, September 2005, Pages 166-194. Recommandations nutritionnelles chez le grand brûlé.
- [27] M. Mokni, S. Addelhak. *Dermatologie infectieuse*, 2014, Pages 1-4. Flore cutanée, microbiote et microbiome.
- [28] R. Teyssou, J-L. Koech, Y. Buisson. *Revue Française des laboratoires*, Volume 1997, Issue 291, March 1997, Pages 49-55. La flore cutanée.
- [29] C. Quing. The molecular biology in wound healing and non-healing woud. *Chinese Journal of Traumatology* 20(2017) 189-193.
- [30] Z. Nawaz, G. Bentley. Surgical incisions and principles of wound healing. *Surgery* 29:2.
- [31] S.Singh, A. Young, C-E. McNaught. The physiology of wound healing. *Surgery* 35:9.
- [32] S. Enoch, D-J. Leaper. Basic science of wound healing. *Surgery* 26:2.
- [33] B. Hinz. *Current Research in Translational Medicine*, Volume 64, Issue 4, October–December 2016, Pages 171-177. The role of myofibroblasts in wound healing.
- [34] S. Guo, L.A. DiPietro. *J Dent Res* 89(3):219-229, 2010. Critical reviews in oral biology & medicine. Factors Affecting Wound Healing
- [35] BB G. Dan Mogoşanu, A.Mihai Grumezescu. Internation Natural and synthetic polymers for wounds and burns dressing al *Journal of Pharmaceutics*, Volume 463, Issue 2, 25 March 2014, Pages 127-136.
- [36] A. Goossens, M-B. Cleenewerck. *Eur J Dermatol* 2010; 20 (1): 24-6. New wound dressings: classification, tolerance.
- [37] Lallement N., Bargues L. *Brûlures*, Volume.VIII, n°1, p. 9-14, mai 2007. Les pansements pour brûlures : mémento des produits et dispositifs locaux.
- [38] J. Eraud, D. Gonnelli, M. Carmassi. *Annales de Chirurgie Plastique Esthétique*, Volume 59, Issue 4, August 2014, Pages 253-260. Diagnostic différentiel entre cicatrices chéloïdes et hypertrophiques : une nouvelle approche en tomographie par cohérence optique plein-champ.
- [39] C. Philandrianos, N. Kerfant, C. Jaloux. *Annales de Chirurgie Plastique Esthétique*, Volume 61, Issue 2, April 2016, Pages 128-135. Les cicatrices chéloïdes (première partie) : une pathologie de la cicatrisation cutanée.
- [40] C. Jaloux, B. Bertrand, N. Degardin. *Annales de Chirurgie Plastique Esthétique*, Volume 62, Issue 1, February 2017, Pages 87-96. Les cicatrices chéloïdes (deuxième partie) : arsenal et stratégie thérapeutique.
- [41] M. Carmassi, J. Eraud, D. Gonelli. *Annales de Pathologie*, Volume 35, Issue 2, April 2015, Pages 148-153. Cicatrices chéloïdes : étude d’une série de cas.
- [42] Y. Zhang, C. Li-Tsang. *Hong Kong Journal of Occupational Therapy* (2017) 29. A Systematic Review on the Effect of Mechanical Stretch on Hypertrophic Scars after Burn Injuries.
- [43] R. Ogawa, S. Akaishi. *Medical Hypotheses*, Volume 96, November 2016, Pages 51-60. Endothelial dysfunction may play a key role in keloid and hypertrophic scar pathogenesis – Keloids and hypertrophic scars may be vascular disorders.

- [44] J.M. Rochet, D. Wassermann, H. Carsin. *ENCYCLOPÉDIE MÉDICO-CHIRURGICALE* 26-280-C-10. Rééducation et réadaptation de l'adulte brûlé.
- [45] C. Bach, J-P. Sannajust, D. Dehesdin. *Chirurgie plastique réparatrice de la face et du cou*- Volume 1, 2011, Pages 41-54. Chapitre 4 : Cicatrices, cicatrisation, cicatrisation dirigée, pansements et traitement des séquelles.
- [46] J-P. Chavoïn. *Chirurgie plastique et esthétique*, 2009, Pages 3-12. Chapitre 1 : Peau et cicatrisation.
- [47] C. Echinard. *Les brûlures*, 2010, Pages 29-35. Chapitre 5 : Brûlures graves : évolution de la lésion, cicatrisation et séquelles.
- [48] R. Vilain, J-P. Lemerle. *Médecine et maladies infectieuses*, Volume 2, Issue 2, February 1972, Pages 49-53. Auto contamination des brûlures et appétence métabolique des germes.
- [49] Cours bactériologie
- [50] A. Al-Nahari, Saad. B. Almasaudi, El Sayed M. Abd El-Ghany. *Saudi Journal of Biological Sciences*, Volume 22, Issue 5, September 2015, Pages 521-525. Antimicrobial activities of Saudi honey against *Pseudomonas aeruginosa*.
- [51] https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3962273/figure/f2-cjvr_04_110/ (page consultée le 10/07/2017)
- [52] V.Bianchi, S.El Anbassi, N.Duployez. *Prépa Pharma, De boech*, 2013. Bactériologie Virologie. Pages 101, 135, 141.
- [53] Enquête nationale de prévalence des infections nosocomiales, France, juin 2006. Disponible sur : <http://www.invs.sante.fr/enp2006>.
- [54] Méga guide STAGES IFSI (2^{ème} édition), 2015, Pages 946-949. Infections à Streptocoques, entérocoques.
- [55] M. Barkaat Hussain, A. Hannan,, M. Absar. *Complementary Therapies in Clinical Practice*, Volume 27, May 2017, Pages 57-60. In-vitro susceptibility of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* to honey.
- [56] <https://www.pasteur.fr/fr/centre-medical/fiches-maladies/staphylocoque>
- [57] Source : <https://www.cdc.gov/HAI/organisms/staph.html>
- [58] T. Hubiche. *Dermatologie infectieuse*, 2014, Pages 95-97. Infections à *Pseudomonas aeruginosa*.
- [59] Site internet : <https://www.cdc.gov/hai/organisms/pseudomonas.html>
- [60] A. Zwlunov, A. Trattner, S. Naimer. *Pseudomonas hot-foot syndrome*. *N England J Med* 2001: 345: 1643-4.
- [61] Site internet : <https://www.cdc.gov/hai/organisms/cdiff/cdiff-patient.html>
- [62] B.K.H.L. Boekema, L. Pool, M.M.W. Ulrich. *Burns*, Volume 39, Issue 4, June 2013, Pages 754-759. The effect of a honey based gel and silver sulphadiazine on bacterial infections of in vitro burn wounds.
- [63] P. Bourlioux. De quelles alternatives notre arsenal thérapeutique anti-infectieux dispose-t-il face aux bactéries multirésistantes ? *Annales Pharmaceutiques Françaises* (2013) 71, 150-158.
- [64] Delmo Sakabe MD, Fernando de Sá Del Fiol. Profile of infections and antimicrobial treatment among burn-injury patients. *American Journal of Infection Control* 44 (2016) 950-2.
- [65] N. Bourdon. *Journal des Anti-infectieux*, Volume 13, Issue 1, March 2011, Pages 2-11. Épidémiologie de la résistance aux antibiotiques chez les entérocoques en France.
- [66] E. Grego, P. Robino, C. Tramuta. Evaluation of antimicrobial activity of Italian honey for wound healing: application in veterinary medicine. *Band 158, Heft 7, July 2016*, 521–527.

- [67] A. Bahemia, A. Muganza, R. Moore. Microbiology and antibiotic resistance in severe burns patients: A 5 year review in an adult burns unit. *Burns* 41 (2015) 1536-1542.
- [68] Marie-Laure Foucault, Florence Depardieu, Patrice Courvalin. Inducible expression eliminates the fitness cost of vancomycin resistance in enterococci, *PNAS*, vol 107, n° 39, p. 16964 – 16969, le 28 septembre 2010.
- [69] Marianne Frieri, Krishan Kumar, Anthony Boutin. Antibiotic resistance. *Journal of Infection and Public Health* (2017) 10, 369—378
- [70] Gong Yali, Chen Jing, Liu Chunjiang. Comparison of pathogens and antibiotic resistance of burn patients in the burn ICU or in the common burn ward. *Burns* 40 (2014) 402-407.
- [71] David R. Antibiotic resistance: A current epilogue. *Biochemical Pharmacology* 134 (2017) 139–146
- [72] François Ravat, Ronan Le-Floch, Christophe Vinsonneau. Antibiotics and the burn patient. *Burns* 37 (2011) 16-26
- [73] GUPTA SS., SINGH O., BHAGEL PS. et al. Honey dressing versus silver sulfadiazene dressing for wound healing in burn patients: a retrospective study. *J Cutan Aesthet Surg*. 2011 Sep;4(3):183-7.
- [74] Z. Aziz, B. A. R. Hassan. *Burns*, Volume 43, Issue 1, February 2017, Pages 50-57. The effects of honey compared to silver sulfadiazine for the treatment of burns: A systematic review of randomized controlled trials.
- [75] Y. Couquet, A. Desmoulière, M-L. Rigal. Les propriétés antibactériennes et cicatrisantes du miel. *Actualités Pharmaceutiques*, Volume 52, Issue 531, Décembre 2013.
- [76] Klasen HJ. *History of Burns*. Rotterdam, Erasmus Publishing, 2004.
- [77] Nunn JF. *Ancient Egyptian Medicine*. Londres, British Museum Press, 1996, p. 182-183.
- [78] Moore W. *The Edwin Smith Papyrus*. *BMJ*. 2011;342: d1598.
- [79] Riddle JM. *Dioscorides on Pharmacy and Medicine*. Austin, TX: University of Texas Press; 1985.
- [80] Hippocrates. *The Genuine Works of Hippocrates*. Adams F, trans. London: Sydenham Society; 1849.
- [81] J. A. Stewart, O. L. McGrane, S. Wedmore. *Wilderness & environmental medicine*, 25, 103–110 (2014). Wound Care in the Wilderness: Is There Evidence for Honey?
- [82] Photos extraites de: <http://egyptophile.blogspot.fr/2015/05/le-miel-une-histoire-qui-ne-manque-pas.html#!/2015/05/le-miel-une-histoire-qui-ne-manque-pas.html>
- [83] La plus vieille abeille du monde. *Revue sciences*, 27/10/2016.
- [84] L. Rivière. *Cours de zoologie et parasitologie de 2^{ème} année de Pharmacie*. Bordeaux, 2011.
- [85] Anatomie de l'abeille. Fichier PDF consulté sur <http://pcamus.be/api/cours/anatomie.pdf>
- [86] F. Chadwick, S. Alton, E. S. Tennant. *Le petit Larousse des abeilles et de l'apiculture*. Editions Larousse 2016.
- [87] Gabriel Villar, Christina M. Grozinger. Primer effects of the honeybee, *Apis mellifera*, queen pheromone 9-ODA on drones. *Animal Behaviour* 127 (2017) 271-279.
- [88] CLEMENT H. *Le traité Rustica de l'apiculture*, 2^{ème} édition, Paris, Editions Rustica, 2006, 528p.
- [89] A. Delvaille. *Le miel : toutes les vertus d'un produit miracle*. Artémis Editions, 2013.
- [90] M. Ribière V. Olivier P. Blanchard. *Virologie* 2008, 12 (5) : 319-22. Les effondrements de colonies d'abeilles : le cas du CCD (« colony collapse disorder ») et du virus IAPV (Israeli acute paralysis virus). . Téléchargé par UNIVERSITE DE BORDEAUX DIRECTION DE LA DOCUMENTATION le 14/04/2017.
- [91] Site internet : <https://tpeabeille.wordpress.com/2015/12/28/des-especes-nefastes/>

- [92] M. Khatori, M. EL Yachioui, A. Benhoussa. Environ Risque Santé – Vol. 16, n8 1, janvier-février 2017.
- [93] Yahya Al Naggar, Steve Wiseman, Jianxian Sun. Effects of environmentally-relevant mixtures of four common organophosphorus insecticides on the honey bee (*Apis mellifera* L.). *Journal of Insect Physiology* 82 (2015) 85–91.
- [94] L. Nicolle-Mir. Environ Risque Santé – Vol. 15, n8 6, novembre-décembre 2016. Téléchargé par UNIVERSITE DE BORDEAUX DIRECTION DE LA DOCUMENTATION le 14/04/2017. Pesticides et autres contaminants présents dans le miel bio: première investigation en Italie.
- [95] Zhiguo Li, Meng Li, Jingfang He. Differential physiological effects of neonicotinoid insecticides on honey bees: A comparison between *Apis mellifera* and *Apis cerana*. *Pesticide biochemistry and physiology*.
- [96] A. Badoc. Cours de botanique de 2^{ème} année de Pharmacie. Bordeaux, 2011.
- [97] <http://www.botagora.fr/Botanique/tabid/359/Default.aspx?PageContentMode=1#298>
- [98] Anthony D Vaudo, John F Tooker, Christina M Grozinger. Bee nutrition and floral resource restoration.
- [99] Haydak MH: Honey bee nutrition. *Annu Rev Entomol* 1970, 15:143-156.
- [100] H. Clément. Le guide des miels : 50 miels à découvrir. Rustica éditions, 2015.
- [101] H. Jaffré-Pasquier. Les produits de la ruche : origine, composition, vertus, usages. Jouvence éditions, 2016.
- [102] M. Alsadat Hashemipour, Z. Tavakolineghad, S. A. M. Arabzadeh. *WOUNDS* 2014;26(2):47-54. Antiviral Activities of Honey, Royal Jelly, and Acyclovir Against HSV-1.
- [103] N. Takzaree, A. Hadjiakhondi, G. Hassanzadeh. *Acta Medica Iranica*, Vol. 54, No. 4 (2016). Synergistic Effect of Honey and Propolis on Cutaneous Wound Healing in Rats.
- [104] B. Descottes. Miel et cicatrisation. *Apithérapie : la science de l'abeille pour l'énergie et le bien-être*, 1997, n°57950, p. 33-40.
- [105] Jull AB, Rodgers A, Walker N. Honey as a topical treatment for wounds. *Cochrane Database Syst Rev* 2008:CD005083.
- [106] Sultan A. Meo, S. Ahmad Al-Asiri, A. Latief Mahesar. *Saudi Journal of Biological Sciences*. Role of honey in modern medicine.
- [107] P. C. Molan. Potential of honey in the treatment of wounds and burns. *Am J Clin Dermatol* 2001; 2: 13–9.
- [108] P. C. Molan. The role of honey in the management of wounds. *Journal of wound care*.
- [109] M. Azri Abd Jalil, A. Razak Kasmuri, Hazrina Hadi. *Skin Pharmacology Physiology* 2017;30:66–75. Stingless Bee Honey, the Natural Wound Healer: A Review.
- [110] Assie, B. Descottes Le miel comme agent cicatrisant. 115 p. Thèse d'exercice : Médecine. Toulouse III : 2004.
- [111] P. Goethe. Le miel comme traitement local désinfectant et cicatrisant des plaies. *Phytothérapie*, 2009, vol. 7, n°2, p. 91-93.
- [112] K. Mukai, M. Koike, S. Nakamura. Hindawi Publishing Corporation. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine. Volume 2015, Article ID 910605, 9 pages. Evaluation of the Effects of a Combination of Japanese Honey and Hydrocolloid Dressing on Cutaneous Wound Healing in Male Mice.
- [113] J. Manetta. Micronutrition et nutrithérapie. Synthèse générale à l'attention des professionnels de santé. 2014.
- [114] Site internet : <https://acsundergrad.files.wordpress.com/2013/01/sfg.gif>
- [115] Site internet : <http://www.bio-top.net/Schemas/maltose.gif>
- [116] Site internet : <http://www.biosite.dk/leksikon/melezitose.htm>
- [117] MASSAUX C. Polyphénols : des alliés pour la santé. *Abeilles & Cie*, avril 2012, (149), pp.1-4

- [118] A. Oryan, E. Alemzadeh, A. Moshiri. *Journal of Tissue Viability* (2016) 25, 98-118. Biological properties and therapeutic activities of honey in wound healing: A narrative review and meta-analysis.
- [119] J. Boateng, K. Nso Diunase. *Molecules* 2015, 20, 16068-16084. Comparing the Antibacterial and Functional Properties of Cameroonian and Manuka Honeys for Potential Wound Healing—Have We Come Full Cycle in Dealing with Antibiotic Resistance?
- [120] Efem SE. Clinical observations on the wound healing properties of honey. *Br J Surg* 1988; 75: 679–81.
- [121] S.A. El Sohaimy, S.H.D. Masry, M.G. Shehata. *Annals of Agricultural Sciences*, Volume 60, Issue 2, December 2015, Pages 279-287. Physicochemical characteristics of honey from different origins.
- [122] N. S. Al-Waili, K. Salom, A. A. Al-Ghamdi. *Review The Scientific World JOURNAL* (2011) 11, 766–787. Honey for Wound Healing, Ulcers, and Burns; Data Supporting Its Use in Clinical Practice.
- [123] SOOD S., OMAR E., PAI D.R., SHAH J.M. Cellular events and biomarkers of wound healing. *Indian Journal of Plastic Surgery*, 2012, 45 (2), pp.220-228.
- [124] D. Mandal, S. Mandal. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, Volume 1, Issue 2, April 2011, Pages 154-160. Honey: its medicinal property and antibacterial activity.
- [125] A. Henriques, S. Jackson, R. Cooper and N. Burton. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy* (2006) 58, 773–777. Free radical production and quenching in honeys with wound healing potential.
- [126] Z Saad B. Almasaudi, Alaa A.M. Al-Nahari, El Sayed M. Abd El-Ghany. *Saudi Journal of Biological Sciences*. Antimicrobial effect of different types of honey on *Staphylococcus aureus*.
- [127] Site internet : https://www.carlroth.com/fr/fr/Produits-Chimiques/A-Z%2C-produits-chimiques/P/Pyruvald%C3%A9hyde/Pyruvald%C3%A9hyde/p/00000002000218b000010023_fr
- [128] Olofsson T.C., Butler E., Markowicz P.. Lactic acid bacterial symbionts in honeybees : an unknown key to honey's antimicrobial and therapeutic activities. *International Wound Journal*. Site disponible sur :<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/iwj.12345/abstract> (page consultée le 15/0/2017)
- [129] Kwakman PH, te Velde AA, de Boer L, Speijer D et al. How honey kills bacteria. *FASEB J*. 2010; 24:2576-82.
- [130] V. Tomblin, L. R. Ferguson, D. Y. Han. *International Journal of General Medicine* downloaded from <https://www.dovepress.com/> by 86.201.63.94 on 20-Nov-2016. Potential pathway of anti-inflammatory effect by New Zealand honeys.
- [131] P. Molan, T. Rhodes. *Wounds* 2015;27(6):141-151. Honey: A Biologic Wound Dressing.
- [132] S. A. Sell, P. S.Wolfe, A.J. Spence. Hindawi Publishing Corporation. *International Journal of Biomaterials*. Volume 2012, Article ID 313781, 14 pages. A Preliminary Study on the Potential of Manuka Honey and Platelet-Rich Plasma in Wound Healing.
- [133] S. Ahmed, N. H.i Othman. *Malays J Med Sci*. May-Jul 2013; 20(3): 6-13. Review of the Medicinal Effects of Tualang Honey and a Comparison with Manuka Honey.
- [134] LECHAUX D. Le miel et la cicatrisation des plaies [en ligne]. In : ABCD Chirurgie, centre hospitalier de Saint Briec, 2013. Site disponible sur : <https://www.abcd-chirurgie.fr/mediastore/fckEditor/file/TAP.pdf>
- [135] B. HUCHET .Cours sur les Dispositifs médicaux. Diplôme universitaire d'orthopédie pratique et petit appareillage. 2017
- [136] Site internet : <http://www.melipharm.com/>
- [137] Site internet : <http://www.melibiotech.fr/>

- [138] Acton C. Medihoney: a complete wound bed preparation product. Br J Nurs. 2008; 17(11):S44,S46-S48.
- [139] Site internet: <http://www.advancis.co.uk/products/activon-manuka-honey/activon-tube>
- [140] Site internet : <http://www.sanoflore.fr/produits/Corps-Nourrir-Reparer-Apaiser/Miel-aux-mille-vertus-p399.aspx>
- [141] Site internet : https://www.vidal.fr/actualites/13190/cavilon_3m_miel_creme_protect_rice_cutanee_longue_duree/
- [142] <http://www.dermatherm.fr/reparer/purcare.html> (page consultée le 15/08/2017)
- [143] <https://www.pollenergie.fr/miel-cicatrisant,fr,4,02016.cfm> (page consultée le 15/08/2017)
- [144] https://www.vidal.fr/actualites/14186/antiscar_nouveau_gel_cicatrisant_pour_plaies_cutanees_chroniques/ (page consultée le 15/08/2017)
- [145] L-A. King, M-R. Popoff, C. Mazuet. Le botulisme infantile en France.
- [146] C. Pecquet. Allergic reactions to insect secretions. Eur J Dermatol 2013; 23(6) 767-73.
- [147] Fichier PDF : <http://www.sawondo-sport.com/imgfck/189/File/protocole-miel-descottes-ballot-flurin.pdf>
- [148] Aubry P., Touze J.E. Maladie sérique. Envenimation par poisson pierre. Cas cliniques en Médecine Tropicale. La Duraulié édit., mars 1990, pp 218.
- [149] A.Le Guern, S. Eftekhari-Hassanlouie, E. Oehler. Lésions cutanées liées aux piqûres de poissons-pierre en Polynésie Française. Annales de dermatologie et de vénérologie (2016) 143, 169-170.

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 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 d'opprobre et méprisé de mes confrères si j'y manque. »

Réputé depuis des millénaires pour ses propriétés adoucissantes, régénératrices et cicatrisantes entre autres, le miel fait de nouveau partie de l'arsenal thérapeutique pour toutes sortes de maux, du petit bobo de tous les jours aux plaies les plus graves. Résultat d'un long travail entre le monde végétal et animal, le miel ne contient pas moins de 200 substances diverses et variées qui font de lui un produit exceptionnel. Selon son origine florale et environnementale, chaque miel aura une composition différente et donc des indications différentes même si des propriétés communes en résultent. Le miel est par définition un aliment naturel qui ne peut contenir aucun additif, colorant, conservateur ou parfum, soit aucun élément qui pourrait avoir un effet allergisant.

J'ai choisi de traiter la cicatrisation des brûlures par le miel suite à mon stage d'externat chez les grands brûlés au CHU de Bordeaux qui m'a énormément marquée. Dans ce travail seront traités respectivement les brûlures (généralités, conditions de survenue, les différents degrés...), les étapes de la cicatrisation, le miel (de sa fabrication à son utilisation en passant par sa composition et ses propriétés), l'utilisation du miel en pratique et l'étude de trois cas cliniques.

Les brûlures sont des lésions de la peau ou des muqueuses provoquées par leur exposition à une chaleur intense ou par leur contact avec un agent physique ou chimique. Chaque être humain sera confronté un jour ou l'autre à une brûlure qui est un cas particulier de plaie aiguë, et selon les conditions de survenue, la profondeur et l'étendue de la lésion, et les facteurs personnels du patient, elle pourra parfois mettre du temps à cicatriser.

L'application de miel sur une brûlure est possible quel que soit le stade et ne présente que de très rares contre indications et effets indésirables. Il peut être utilisé chez les enfants à partir d'un an, les femmes enceintes et les personnes diabétiques. Les cas cliniques présentés démontrent que le miel peut apporter une solution positive et avoir un impact psychologique très important dans la prise en charge des patients : le patient n'est plus passif mais devient acteur de sa cicatrisation en participant aux changements de ses pansements, et en voyant au fur et à mesure des jours l'évolution de sa guérison.

De plus, il m'a paru important de rencontrer une apicultrice pour pouvoir comprendre tout le processus nécessaire à l'élaboration du miel. Le fonctionnement d'une ruche est tout à fait impressionnant lorsqu'on se rend compte que des milliers d'abeilles et d'heures de travail sont nécessaires à sa fabrication. L'utilisation de pesticides, insecticides et fongicides sera également abordée pour rappeler que les abeilles en sont les premières victimes et que sans elles de nombreuses choses disparaîtraient.

A l'Hôpital comme à l'officine émergent des miels médicaux fabriqués, contrôlés et présentés comme des dispositifs médicaux par des laboratoires pharmaceutiques. Cependant, la réglementation n'étant pas encore très claire, il est possible d'utiliser du miel alimentaire pour se soigner. De nombreux autres produits à base de miel existent et peuvent être utilisés dans de nombreuses situations.