

Avant l'apparition du sucre de canne, le miel était la seule substance sucrée disponible pour les préparations culinaires.

Il était aussi considéré comme un remède capable de prévenir et de guérir de nombreux maux, et ce, dans diverses civilisations. Mais, avec l'avènement de la chimie moderne, son usage est tombé dans l'oubli. N'ont subsisté que des utilisations empiriques.

Des études scientifiques commencent à redonner au miel et aux produits de la ruche, la juste place que les anciens leur avaient attribuée.

Des chercheurs ont récemment démontré scientifiquement les multiples vertus du miel: antibactérien, antifongique, antiviral, cicatrisant....

A l'heure où la médecine moderne se trouve confrontée à divers problèmes (résistances aux antibiotiques, augmentation des dépenses de santé...), les thérapeutiques dites naturelles suscitent un regain d'intérêt.

Le miel, au vu de ses multiples propriétés, mériterait plus d'attention de la part du corps médical.

*Son coût peu élevé en fait une thérapeutique idéale tant dans les pays en voie de développement où les médicaments manquent cruellement que dans les pays développés où les économies de santé sont devenues le maître mot.*

Il est temps de redécouvrir les vertus du miel.

### **1. Le miel dans l'histoire de la pharmacie**

Le miel a depuis toujours été utilisé dans des préparations pharmaceutiques.

Il figure en tant que matière médicale dans le manuel de stage en pharmacie de Camille et Marcel Guillot datant de 1942. Dans ce livre, les auteurs distinguent le miel de Narbonne (ou miel blanc du Languedoc), le miel ambré du Gâtinais et le miel brun de Bretagne. Les deux premiers étant réservés à la préparation de mellite, l'autre utilisé pour faire des lavements et en médecine vétérinaire.

### **2. La conservation du miel**

Le miel est une solution aqueuse, sucrée et acide qui va se dégrader au fil du temps, va subir des transformations, des modifications de ses caractéristiques physicochimiques.

### **2.1 L'eau**

Le miel est une solution aqueuse; or les microorganismes ont besoin d'eau pour se développer. Une teneur trop importante d'eau dans le miel constitue un environnement favorable à la prolifération de ces microorganismes: il se produit alors un phénomène de fermentation.

Pour éviter ce désagrément, l'apiculteur doit veiller à ce que le miel récolté soit suffisamment sec. Idéalement, la teneur en eau d'un miel ne doit pas dépasser 18%.

Le codex alimentarius (ensemble de normes alimentaires internationales sur la qualité et l'innocuité des aliments élaborées par la Commission mixte Food and Agriculture Organization -Organisation mondiale de la santé) limite à 21% la teneur en eau des miels. Seuls les miels de Bruyère et de Trèfle peuvent avoir une teneur supérieure sans toute fois dépasser 23%.

### **2.2 Le rôle des enzymes**

Les miels contiennent des enzymes qui viennent des abeilles ou des insectes qui ont rejeté les miellats (pucerons, cochenilles ...).

Les enzymes sont des protéines fragiles qui vont se dégrader lentement et ce processus est accéléré par la chaleur.

En fonction de l'origine botanique du miel, la quantité d'enzymes présentes varie fortement.

La mesure de l'activité des enzymes va indiquer si le miel a subi ou non une dégradation. Deux enzymes peuvent être analysées dans le miel: l'amylase et l'invertase.

La mesure de leurs activités permet de savoir si un miel a été chauffé ou conservé à une température trop élevée.

Normalement, les opérations réalisées par l'apiculteur de la récolte au conditionnement ne portent pas préjudice à ces enzymes.

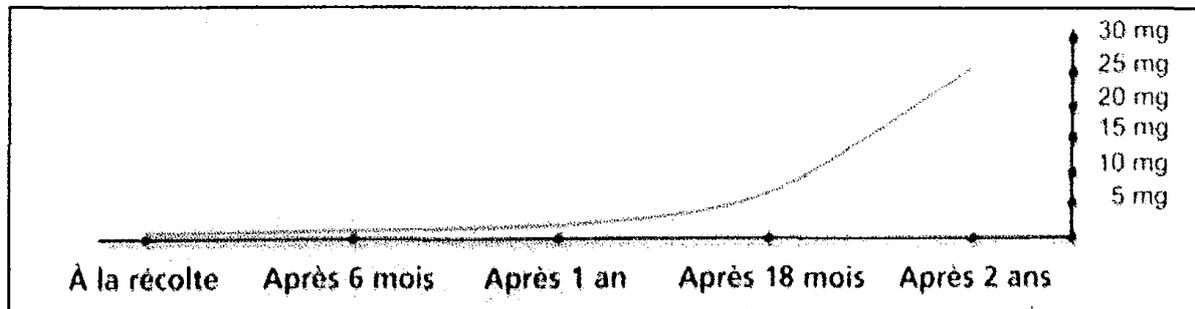
### **2.3 L' hydroxyméthylfurfural**

Les monosaccharides, et tout particulièrement le fructose, sont dégradés en milieu acide par déshydratation moléculaire avec formation d'hydroxyméthylfurfural (HMF).

Le taux d'HMF est le critère le plus fiable pour déterminer l'âge d'un miel. ainsi que pour étudier son éventuelle dégradation. Ni les nectars, ni les miellats, ni les miels frais ne contiennent de l'HMF.

Ce produit se forme très lentement au fil du temps et son évolution est exponentielle (figure 11).

La production de HMF est favorisée par la forte teneur en fructose et par l'acidité du milieu.



**Figure 11: Evolution au fil du temps de la teneur en HMF dans le miel**

(traité Rustica de l'apiculture)

Tous les miels n'évoluent pas de la même façon: les miels de nectar atteignent entre 5 et 15 mg/kg de HMF au bout de deux ans, alors que les miels de miellats (souvent plus riches en fructose et plus acides), peuvent atteindre 25 mg/kg de HMF.

La concentration en HMF est augmentée par des chauffages excessifs.

Le volume 11 du "Codex alimentarius", qui est consacré aux produits sucrés, précise que le miel ne doit pas posséder une teneur en HMF supérieure à 80 mg/kg. (Cette teneur élevée s'explique par la nécessité de prendre en compte l'ensemble des miels produits dans le monde et notamment les miels tropicaux). Mais pour les miels produits dans l'Union Européenne, le taux maximum d'HMF a été fixé à 40 mg/kg.

#### *Date limite d'utilisation optimale (DLUO)*

Jusqu'à la DLUO le miel doit conserver ses propriétés sensorielles et physicochimiques.

Cette date limite garantit au consommateur que le miel possède toutes ses qualités. Généralement la DLUO est de deux ans.

### **3. Composition et caractéristiques physico- chimiques du miel**

#### **3.1. Les caractéristiques organoleptiques du miel**

Les miels récoltés peuvent être très divers, tant par leur coloration que par leur consistance et leur arôme.

### **3.1.1 La couleur**

En fonction de ses origines florale et géographique, le miel peut présenter différents coloris. Il existe des miels limpides comme de l'eau, des miels jaunes, ambrés, verdâtres, rougeâtres, et certains presque noirs. À l'exception du violet et du bleu la couleur des miels varie à l'infini.

### **3.1.2 La texture**

Cristallisé finement ou grossièrement, dur ou souple, pâteux ou liquide, le miel peut se présenter sous de nombreux aspects.

S'il est parfaitement fluide au moment de son extraction, le miel ne reste cependant pas dans cet état de façon indéfinie.

La vitesse de cristallisation varie avec la composition en sucres, la teneur en eau, la température de conservation. Certains miels cristallisent dans les jours qui suivent la mise en pot (comme le miel de colza), alors que d'autres restent à l'état liquide pendant des années à température ordinaire (c'est le cas du miel d'acacia et des miels de miellat)

L'aptitude à cristalliser d'un miel est fonction du rapport glucose/eau selon White *et al.* (1962). La cristallisation est nulle ou très lente pour un indice inférieur à 1,6. Elle est rapide et totale lorsque l'indice dépasse 2.

La cristallisation est particulièrement fine dans les miels de luzerne, trèfle, colza, bruyère. Elle est plutôt grossière dans ceux de châtaignier, oranger, sapin, tilleul.

Les consommateurs souhaitent souvent avoir un miel crémeux. Il est possible de diriger la cristallisation afin d'obtenir une texture crémeuse. La méthode utilisée le plus fréquemment s'appelle l'ensemencement; il s'agit de travailler avec un mélangeur un miel à grains fins cristallisés jusqu'à l'obtention de la texture recherchée. Ce miel va servir à semer (à une concentration de 5%) un autre fût de miel et il lui confèrera la texture recherchée.

### **3.1.3 Le goût et les arômes**

Suivant son origine florale, le miel peut présenter une grande variété de saveurs et d'arômes différents. Il existe une roue des odeurs et des arômes (figure 12) qui permet de décrire, comme on sait le faire pour les vins, les sensations perçues tant au niveau olfactif que gustatif lors de la dégustation d'un miel.

Le Centre Apicole de Recherche et d'Information (CARI) est une association wallonne à but non lucratif qui oeuvre pour la promotion et le développement de l'apiculture. Le CARI a mené des recherches sur les saveurs et les arômes des miels et a réalisé une roue des odeurs et des arômes.

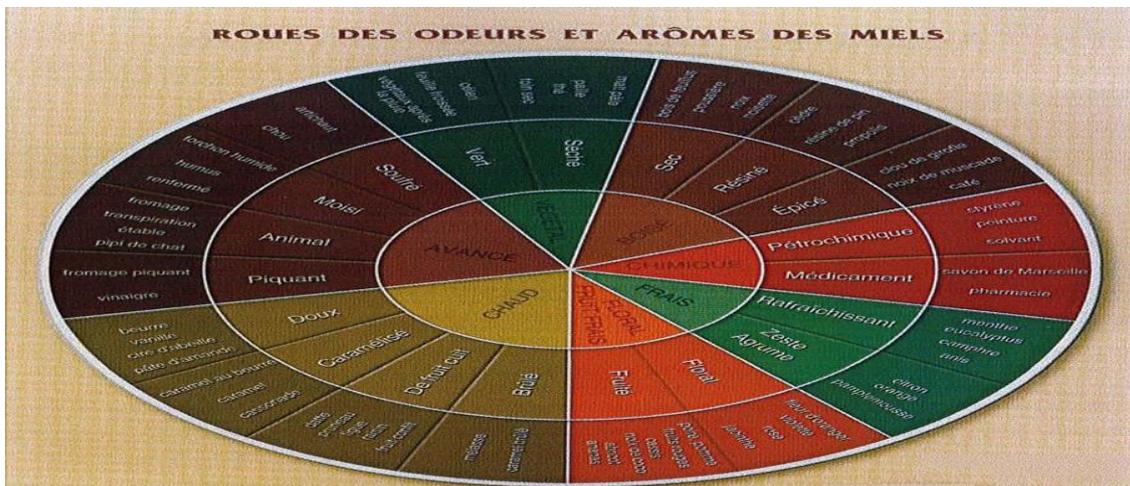


Figure 12: La roue des odeurs et des arômes

Des miels et la petite roue des arômes et sensations exogènes.

(Traité Rustica de l'apiculture)

### 3.2. La composition chimique du miel

Le miel, comme nous l'avons vu précédemment, est élaboré en plusieurs étapes et chacune influence sa composition chimique. Il n'existe donc pas un miel mais des miels; tout dépend du type de plante visitée par les abeilles, de la source récoltée (nectar ou miellat) ...

La composition moyenne des miels européens est résumée dans le tableau qui suit.

Tableau 2 : Composition moyenne des miels européens (Les techniques de l'ingénieur, 2000)

Composition	Pourcentage total	Type de composés	Principaux composants
Eau	15 à 20% (moyenne 17%)		
Hydrates de carbone	75 à 80 %	Monosaccharides	Glucose (33%) Fructose (39%)
		Disaccharides	Maltose (0,9%), Isomaltose, Saccharose (2,3%)
		Polysaccharides	Erlose, Raffinose, (mélézitose), (kojibiose), (dextrantriose), (mélibiase)
Substances diverses	1 à 5 %	Acides (0,1 à 0,5%)	Gluconique (0,1 à 0,4 %), (maléique), (succinique), (oxalique), (glutamique), (pyroglutamique), (citrique), (glucuronique), formique (0,01 à 0,05%)
		Protéines et acides aminés (0,2 à 2%)	Matières albuminoïdes, matières azotées, (proline), (tyrosine), (leucine), (histidine), (alanine), (glycine), (méthionine), (acide aspartique)
		Vitamines	B,C, (A,D,K)
		Enzymes provenant des glandes hypopharyngiennes	Amylases $\alpha$ et $\beta$ , gluco-invertase, glucose oxydase
		Enzymes provenant du nectar	(Catalase), (amylases), (phosphatases acides)
		Minéraux	K, Ca, Na, Mg, Mn, Fe, Cu, (Co, B, Si, Cr, Ni, Au, Ag, Ba, P, Cs)
Arômes		Esters	Méthylantranlylates, acétates, méthyléthylcétones...
		Aldéhydes et acétones	Formaldéhyde, acétaldéhyde...
		Alcools	Méthanol, éthanol, isobutanol, 2-phényléthanol...
Flavones			Flavanol, catéchine, quercétine
Lipides	Traces	Acides gras	(Acides palmitique, butyrique, caprique, caproïque, valérique)
Les substances indiquées entre parenthèses sont à l'état de traces; les % sont donnés par rapport au poids total du miel			

### **3.2.1 Les sucres**

Les hydrates de carbone constituent la partie la plus importante du miel. Il s'agit en grande partie de monosaccharides (glucose et fructose), du saccharose, du maltose, et d'autres sucres présents à l'état de traces (erlose, mélézitose, isornaltose, nigérose, turanose, maltulose...)

La présence de glucose et de fructose est le résultat de l'action d'une enzyme sur le saccharose: l'invertase.

La présence des autres sucres semble dépendre des plantes qui ont été butinées.

### **3.2.2 L'eau**

La teneur en eau est en moyenne de 17 %, mais le miel étant un produit biologique, ce chiffre peut fluctuer. Les abeilles ferment avec un opercule les alvéoles remplies de miel quand la teneur en eau avoisine les 17%. Il faut noter que certains miels de

Bruyères peuvent contenir jusqu'à 22-25% d'eau.

### **3.2.3 Les acides**

Le miel contient aussi des acides. Le plus important est l'acide gluconique mais on trouve aussi une vingtaine d'acides organiques, comme l'acide acétique, l'acide citrique, l'acide lactique, l'acide malique, l'acide oxalique, l'acide butyrique, l'acide pyroglutamique et l'acide succinique. A l'état de traces, le miel contient de l'acide formique, de l'acide chlorhydrique et de l'acide phosphorique. Les lactones participent également à l'acidité du miel.

### **3.2.4 Les oligo-éléments**

Le miel est un aliment qui apporte de nombreux oligo-éléments qui sont indispensables à la santé de l'homme.

Suivant leurs origines florales, les miels présentent des concentrations variables en oligo-éléments. Il est intéressant de constater que des miels de différentes saisons et de différentes origines géographiques se complètent; ainsi une consommation variée tout au long de l'année assure des apports intéressants en oligo-éléments.

Potassium, phosphore, calcium, soufre, magnésium, manganèse, silicium, bore, fer, zinc, cuivre et baryum sont retrouvés en plus ou moins grande quantité dans le miel.

Ces substances participent au bon fonctionnement de notre organisme.

Quelques rôles d'oligo-éléments dans l'organisme humain:

- Le potassium est un cation intracellulaire d'une grande importance puisqu'il est utilisé entre autre par les cellules du muscle cardiaque.
- Le phosphore entre dans la composition de l'adénosine triphosphate.
- Les ions calcium jouent un rôle dans les phénomènes liés à la coagulation du sang et à l'excitation neuromusculaire.
- Le soufre est un oxydant; il entre dans la composition de nombreuses molécules organiques intervenant dans de nombreux métabolismes.

De plus, le miel facilite l'assimilation des oligo-éléments; en effet les travaux du Professeur Bengsch (1997) ont montré que les oligo-éléments sont mieux assimilés par l'organisme lorsqu'ils sont dans du miel que lorsqu'on les consomme seuls.

### **3. 2.5 Les protéines**

Le miel est une substance assez pauvre en protides. On y trouve des peptones, des albumines, des globulines ainsi que des acides aminés comme la proline, l'acide aspartique, l'acide glutamique, l'alanine, la cystéine...

### **3.2.6 Les enzymes**

De nombreuses enzymes existent dans le miel: l'invertase, l' $\alpha$ -amylase, la  $\beta$ -amylase, l'oe-glucosidase, la glucose oxydase, une catalase et une phosphatase. Elles proviennent soit des nectars (origine végétale), soit des sécrétions salivaires des abeilles (origine animale).

L'invertase est responsable de l'hydrolyse des disaccharides.

Les amylases transforment l'amidon en glucose.

La glucose-oxydase donne de l'acide gluconique et du peroxyde d'hydrogène à partir du glucose.

Ces enzymes étant thermolabiles, leur présence ou leur absence peut servir d'indicateur de surchauffe du miel.

### **3.2.7 Les vitamines**

Le miel contient peu de vitamines. On y trouve essentiellement des vitamines du groupe B: vitamines B1, B2 B3 (appelée aussi PP), B4 et B5. Parfois on y trouve aussi de la vitamine C, ainsi que les vitamines A, Ket D.

### **3.2.8 Divers**

Plusieurs facteurs antibiotiques naturels ont été trouvés dans le miel peroxyde d'hydrogène, flavonoïdes,

Le miel contient également des éléments figurés : grains de pollen, spores de champignons, algues microscopiques, levures, etc., dont l'identification sous le microscope permet d'obtenir des renseignements sur l'origine florale et géographique (analyse pollinique des miels ou méliisso-palynologie).

L'étude microscopique du miel permet de lui attribuer une appellation: miel toutes fleurs, miel de lavande, de châtaignier... Un miel n'est jamais issu à 100% du même type de fleur; on donne au miel le nom de l'espèce qui est majoritaire.

Les pigments colorent et aromatisent les miels. Ce sont principalement des caroténoïdes, des xanthophylles et des flavonoïdes.

## **3.3. Les caractéristiques physico-chimiques**

### **3.3.1 Monographie du miel**

Le miel possède une monographie dans la Pharmacopée française Xème édition (1996). y sont présentés les caractères du miel, les opérations à réaliser afin d'en faire l'identification, ainsi que les différents essais auxquels il doit répondre.

#### **3.3.1.1 Caractères**

D'après la Pharmacopée française, Xème édition (1996):

"Le miel, immédiatement après sa récolte, est un liquide épais plus ou moins coloré, légèrement trouble. Il peut devenir grenu et prendre une consistance plus ou moins ferme. Il présente une odeur caractéristique variant légèrement selon son origine botanique et une couleur variant du blanc au brun rouge."

### **3.3.1.2 Identification**

La Pharmacopée française décrit une chromatographie sur couche mince qui permet d'identifier les sucres du miel.

### **3.3.1.3 Essai**

La Xème édition de la Pharmacopée française (1996) décrit une douzaine d'essais à pratiquer sur le miel.

Entre autre y est décrit un essai concernant l'amidon:

"A 20 grammes de miel, ajoutez 20 millilitres d'eau et agitez. Dans deux tubes à essai de même diamètre, introduisez 10 ml de la dispersion homogène obtenue. Dans le premier tube à essai, ajoutez 0,1 ml de solution alcoolique d'iode iodurée R. Agitez.

La coloration obtenue n'est pas plus prononcée que celle du deuxième tube à essai témoin"

### **3.3.2 Le PH**

Le pH du miel est acide; il oscille entre 3 et 6.

### **3.3.3. Solubilité**

Le miel est soluble dans l'eau, l'alcool dilué et insoluble dans l'alcool fort, l'éther, le chloroforme, le benzène.

### **3.3.4 Densité**

Pour une teneur moyenne en eau de 17,2% à 20°C, la densité moyenne est de 1,42 et varie généralement de 1,39 à 1,44 selon la nature des miels analysés.

### **3.3.5 Viscosité**

Elle varie en fonction de la température, de la teneur en eau et de la composition chimique du miel. A 35°C, tous les miels sont fluides. Certains sont thixotropes (c'est-à-dire que ces miels lorsqu'on les agite deviennent liquides mais reprennent leur viscosité première après repos) comme ceux *d'Erica* et surtout de *Calluna*. Ils ont une viscosité anormale, leur consistance étant celle d'un gel.

### **4. Propriétés thérapeutiques du miel**

Le miel a toujours été utilisé comme remède à de nombreux maux. Quelques usages empiriques ont traversé le temps comme le fait de prendre une cuillère de miel lorsque la gorge se fait douloureuse, mais les autres sont tombés dans l'oubli. Partant de constatations cliniques impressionnantes, des chercheurs de toutes les parties du globe travaillent afin de démontrer scientifiquement les atouts du miel.

#### **4.1. Les propriétés cicatrisantes du miel**

Le miel est reconnu depuis longtemps comme favorisant la cicatrisation de plaies qu'elles soient profondes, étendues, nécrosées, surinfectées....

##### **4.1. 1 Observations cliniques**

Les cas rapportés de cicatrisation grâce à des applications de miel ne manquent pas.

C'est sous l'impulsion du Professeur Bernard Descottes au début des années 80 que le miel a fait son entrée à l'hôpital de Limoges.

Le miel a été utilisé pour la première fois chez une jeune fille de 20 ans qui avait subi une résection importante de l'intestin grêle. Suite au drainage d'un abcès de paroi important, la patiente présentait une perte de substance au niveau de la partie centrale de sa plaie abdominale.

Une application de miel au niveau de cette cavité a conduit en huit jours à une cicatrisation pratiquement complète.

Monsieur L., malade polytraumatisé a été admis dans le service de chirurgie du Professeur Descottes après un mois et demi passé en réanimation. Il présentait une volumineuse escarre au niveau de la malléole externe droite. L'excision nécessaire d'une plaque de nécrose ayant mis à nu le tendon, l'équipe médicale a instauré un traitement au miel. Après quatre jours de traitement, l'aspect de la plaie est devenu très vascularisé.

Après douze jours, la perte de substance était pratiquement comblée.

Au bout de dix-huit jours, le patient a pu quitter l'unité de soins et la cicatrisation s'est achevée sans problème.

Des cicatrisations ont aussi été obtenues chez des animaux.

Des vétérinaires (Simon A. *et al.*, 1997) ont traité avec du miel et du sucre une génisse Prim'Holstein âgée d'un an qui présentait trois plaies infectées suintantes et malodorantes.

Au bout d'une semaine, la mauvaise odeur et les suppurations ont disparu. En un mois, le bourgeonnement conjonctif comblait complètement les plaies. Au bout de deux mois, la cicatrisation était totale.

### **4.1.2 Données scientifiques**

#### **4.1.2.1. Hydratation**

D'après Lusby *et al.* (2002), le miel contribue à l'hydratation de la plaie. Et un environnement humide est favorable à la première étape de la cicatrisation: la détersion. En effet, la détersion en milieu humide permet de solliciter la flore bactérienne normalement présente sur la peau qui est capable d'éliminer les débris nécrotiques et/ou fibrineux.

#### **4.1.2.2. pH**

Les fibroblastes jouent un rôle fondamental dans le processus de cicatrisation. Or, leur migration, leur prolifération et surtout la synthèse de collagène sont optimales dans un environnement légèrement acide. Le pH du miel varie entre 3 et 6 : les pansements au miel favorisent donc l'activité fibroblastique.

#### **4.1.2.3 Viscosité**

Le caractère visqueux du miel (plus ou moins prononcé suivant son origine florale), crée une barrière protectrice autour de la plaie. Empêchant ainsi toute surinfection de la lésion et ce d'autant plus que le miel est aussi doté de propriétés antibactériennes.

#### **4.1.2.4 Osmolarité**

Le miel possède une forte osmolarité qui provoque un "appel" de lymphes et de plasma qui draine les exsudats et favorise l'arrivée massive des cellules entrant dans le processus de cicatrisation (macrophages, fibroblastes...)

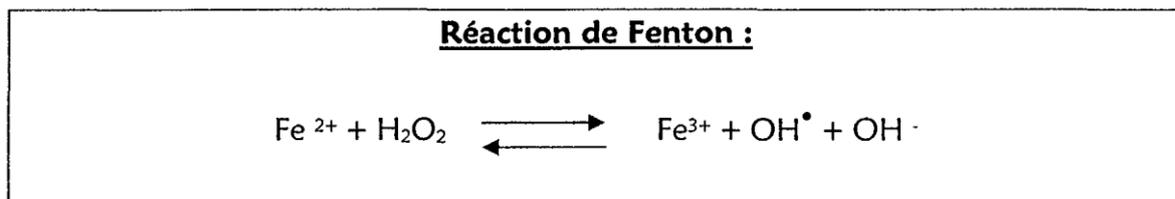
#### **4.1.2.5 Les sucres**

Les sucres et notamment le lévulose et le fructose présents dans le miel améliorent localement la nutrition de la plaie et donc accélèrent le processus d'épithélialisation.

les cellules (macrophages, fibroblastes ...) impliquées dans le processus de cicatrisation trouvent grâce à ces sucres une source d'énergie supplémentaire qui contribue à leur bon fonctionnement.

#### **4.1.2.6 Le peroxyde d'hydrogène**

Subrahmanyam (1996) évoque le rôle du peroxyde d'hydrogène produit par la glucose oxydase dans la phase de déterision. le peroxyde d'hydrogène réagit avec les ions fer ce qui entraîne la formation de radicaux hydroxyles; c'est la réaction de Fenton.



#### **4.1.2.7 Rôle désodorisant**

Molan (1998) a remarqué que les plaies traitées avec du miel ne dégageaient aucune mauvaise odeur. les bactéries dégradent normalement les acides aminés issus du sérum ou des cellules mortes en rejetant des composés malodorants; mais, si du miel est à leur disposition, alors elles vont le dégrader en priorité. Ce processus aboutit à la formation d'acide lactique inodore. le miel appliqué sur une plaie a un effet désodorisant.

#### **4.1.2.8 Non adhérent aux plaies**

Iusby *et al.* (2002) souligne aussi le fait que les pansements au miel n'adhèrent pas aux plaies. Ainsi le tissu nouvellement formé est respecté et le changement de pansement se fait sans douleur.

### **4.2. Les propriétés antibactériennes du miel**

#### **4.2. 1 Observations cliniques**

L'application de miel sur des plaies infectées aboutit à leur aseptie. A partir de ce constat de nombreux essais cliniques ont été conduits à travers le monde.

Au département de Chirurgie du CHU de Bujumbura au Burundi (Ndayisaba *et oi.*, 1992), quarante patients avec des plaies diverses et infectieuses ont été traitées avec du miel. les prélèvements bactériologiques effectués avant le traitement ont montré la prédominance des *Staphylococcus aureus*, suivis d'*Escherichia coli* et des *Pseudomonas spp.* Ont aussi été isolés des plaies: des *Klebsiella*, des

*Enterobacter cloacae* des *Proteus*, des *Acinetobacter*, des *Citrobacter* et des Staphylocoques autres que *S.aureus*.

Au fur et à mesure du traitement, le nombre de prélèvements bactériologiquement positifs a diminué. Au stade cicatrisation des plaies, seules quelques plaies présentaient encore des germes.

Le miel a aussi été testé sur des souches bactériennes présentant des résistances aux antibiotiques. Cooper *et al.* (2002) ont réalisé une étude qui démontre l'efficacité *in vitro* du miel de Manuka et du miel pasteurisé sur une souche de *Staphylococcus aureus* résistante à la Méthicilline ainsi que sur des souches d'entérocoques résistant à la vancomycine.

le miel est capable d'inhiber la croissance d'*Helicobacter pylori* (Osato *et al.* 1999 ; AI Somai *et al.*, 1994) qui provoque des gastrites, des ulcères gastriques et des ulcères duodénaux.

Dans un contexte où de plus en plus de souches bactériennes résistantes aux antibiotiques émergent, ces résultats sont encourageants; le miel pourrait être une alternative intéressante dans la thérapeutique anti-infectieuse.

### **4.2.2 Données scientifiques**

Les chercheurs ont montré que c'est l'action combinée de propriétés physiques et chimiques qui confère au miel son activité antibactérienne.

#### **4.2.2.1 Effet osmotique**

Le miel est une solution de sucres hyper saturée puisque composée à 80% environ de fructose et de glucose.

Les sucres auraient une activité antibactérienne par leur pouvoir d'abaissement de l'activité de l'eau (Molan, 1992). L'activité de l'eau (appelée aussi activité hydrique) exprime le degré de disponibilité de l'eau dans un milieu ou un produit donné.

Entre les sucres du miel et les molécules d'eau, se produit une forte interaction. Par conséquent, il y a très peu d'eau disponible pour le développement de microorganismes.

Cette eau libre est mesurable; son unité est "aw" (water activity). Dans le miel, l'eau libre est comprise entre 0,562 et 0,62. Seules quelques levures réussissent à se développer dans ces conditions.

Mais les propriétés antibactériennes du miel ne sont pas dues uniquement à cette haute teneur en sucres. En effet, des études scientifiques comparant les effets antibactériens du miel et du sucre ont été menées

(Bose, 1992; Drouet, 1983) ; il en résulte que le miel a un pouvoir antibactérien supérieur à celui du sucre. Il y a donc dans le miel des composés autres que les sucres qui empêchent les microorganismes de se développer.

### **4.2.2.2 Acidité**

Le pH du miel est suffisamment acide (entre 3 et 6) pour inhiber le développement de nombreux microorganismes pathogènes. Le pH du miel non dilué est un facteur antibactérien significatif; cependant, si on le dilue, le pH peut ne plus être assez bas pour limiter la prolifération des bactéries. Les fluides corporels peuvent être responsables de la dilution du miel; c'est une donnée dont il faut tenir compte lorsque l'on est dans une démarche de soins.

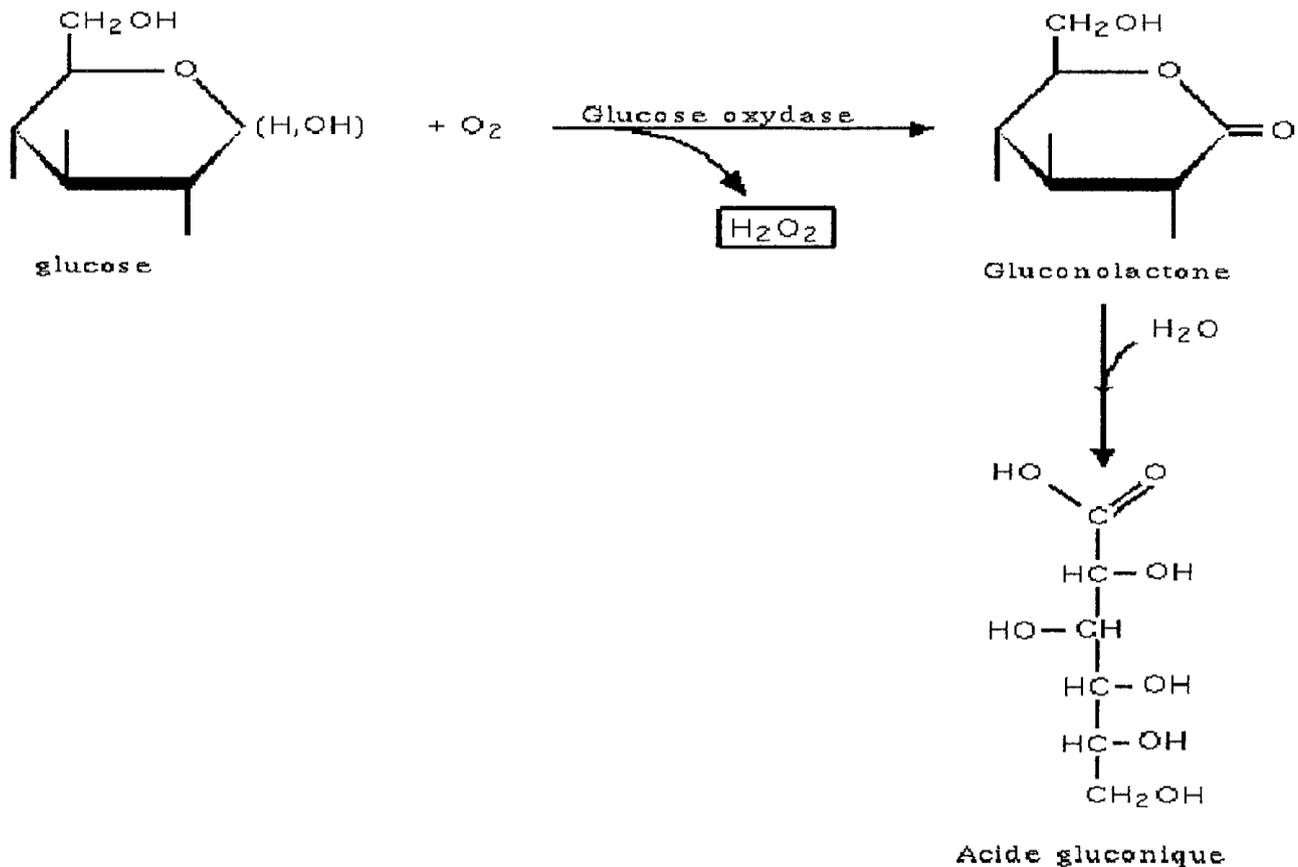
### **4.2.2.3 Viscosité**

Du fait de sa viscosité, le miel va former une barrière protectrice qui va préserver la zone à traiter de toute surinfection. C'est une propriété purement mécanique.

### **4.2.2.4 Peroxyde d'hydrogène**

La principale activité antibactérienne du miel est liée à la production enzymatique de peroxyde d'hydrogène. Le glucose oxydase est une enzyme qui est sécrétée par les glandes hypopharyngiennes des abeilles. Au moment de la récolte du nectar ou du miellat, ainsi que pendant les trophallaxies successives, cette enzyme est mélangée au mélange sucré qui va devenir le miel.

L'enzyme au contact du glucose produit la réaction suivante:



Le peroxyde d'hydrogène ainsi produit sert d'agent "stérilisant".

De nombreuses études ont mis en évidence le fait que la glucose oxydase n'est opérationnelle que lorsque le miel est dilué. En effet, son pH optimal est beaucoup plus basique que celui mesuré dans le miel non dilué.

Avant son identification par White en 1962, le peroxyde d'hydrogène était appelé inhibine. La glucose oxydase est une enzyme thermolabile et photosensible: les miels qui ont été stockés dans de mauvaises conditions perdent donc la capacité de produire du peroxyde d'hydrogène et ont une activité antibactérienne moindre.

Le peroxyde d'hydrogène est détruit par les catalases et notamment celles de la peau; ceci est un inconvénient non négligeable pour l'utilisation topique de miel.

### **4.2.2.5 Autres facteurs antibactériens**

L'activité peroxydasique n'est pas la seule responsable de l'effet antibactérien, car lorsque l'on chauffe un miel, on inactive la glucose oxydase sans pour autant inhiber totalement les propriétés antibactériennes de ce miel. De même le pouvoir antibactérien du miel ne semble pas affecté quand on le traite avec des catalases qui détruisent le peroxyde d'hydrogène.

D'autres facteurs contribuent à faire du miel un produit antibactérien.

Des travaux ont montré la présence d'autres facteurs antibactériens dans des miels à l'état naturel: flavonoïdes (Taormina *et al.*, 2001), acides phénoliques (Dimitrova *et al.*, 2003; Wahdan, 1998), ... Certains miels sont doués d'une activité qualifiée de "non peroxydasique", c'est-à-dire qu'ils conservent un fort pouvoir antibactérien même quand leur activité peroxydasique est neutralisée (catalase, chauffage...); c'est le cas notamment de miels néo zélandais et australien issus d'arbustes *Leptospermum* spp

(Molan, 1999)

### **4.2.2.6 Variation de l'activité antibactérienne**

L'origine florale a une influence sur l'activité antibactérienne.

De nombreuses publications scientifiques rapportent que les miels sont plus ou moins actifs sur les souches bactériennes et que leur efficacité dépend de leur origine florale.

Dans la thèse de Nadine Guillon (1996), le miel de thym (*Thymus vulgaris* L., Lamiacées) présente l'une des activités antibactériennes les plus fortes. Compte tenu que cette plante contient une huile essentielle riche en phénols (thymol, carvacrol) dont les propriétés antibactériennes sont bien connues, il n'est pas étonnant que ce miel soit parmi les plus efficaces.

Il faut noter aussi, qu'en fonction de sa concentration et de son origine botanique, un miel peut être bactéricide (c'est-à-dire qu'il peut totalement tuer les bactéries) ou être bactériostatique (les bactéries ne sont pas tuées, mais leur développement est stoppé).

### 4.3. L'effet antioxydant

#### 4.3.1 Les flavonoïdes

Les miels sont riches en flavonoïdes. Ce sont des pigments présents dans les végétaux (figure 13) et qui constituent une protection contre les rayons ultra violets et la photo oxydation. Ils sont aussi protecteurs vis-à-vis des radicaux libres.

Il existe un lien entre la couleur et le pouvoir antioxydant d'un miel: plus ce dernier est foncé, et plus il contient de pigments protecteurs. (Taormina et *0/.*, 2001) Martos et *0/.* (2000), ont isolé dans des miels d'Eucalyptus par des flavonoïdes tels que la myricétine (3,5,7,3',4',5' hexahydroxyflavone), la tricétine (5,7,3',4',5'pentahydroxyflavone), la quercétine (3,5,7,3',4'-pentahydroxyflavone), la lutéoline (5,7,3',4'-tetrahydroxyflavone) et le kaempférol (3,5,7,4'-tetrahydroxyflavone).

Des flavonoïdes plus particuliers que l'on retrouve aussi dans la propolis ont été mis en évidence dans les miels d'Eucalyptus; il s'agit de la pinobanskine (3,5,7trihydroxyflavanone), de la pinocembrine (5,7-dihydroxyflavanone), et de la chrysine (5,7-dihydroxyflavone).

Les flavonoïdes contribuent à l'effet antioxydant du miel.

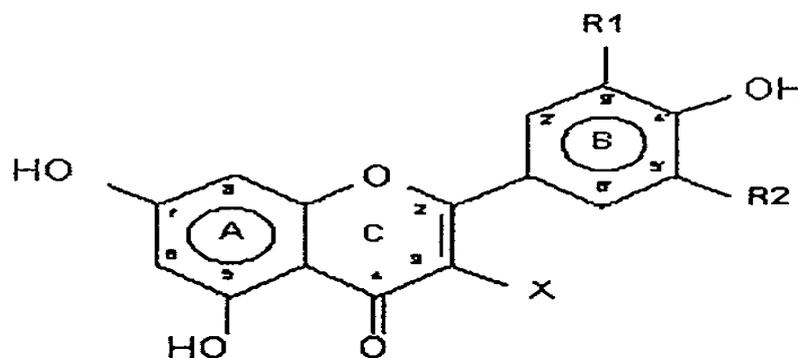


Figure 13: structure de base d'un flavonoïde

([www-unsajouy.inra.fr/nutos/FLAVONOIDES.htm](http://www-unsajouy.inra.fr/nutos/FLAVONOIDES.htm).)

#### 4.3.2 Effet sur la peroxydation des lipides

Le miel limite la peroxydation des lipides (Gheldof N. *et al.*, 2002) et notamment du **LDL** cholestérol et donc pourrait jouer un rôle préventif dans la formation des plaques d'athérome. La quercétine (figure 14), un flavonoïde présent dans certains miels est capable d'inhiber l'oxydation du cholestérol (Valenzuela et *ai.*, 2003)

Remplacer le sucre blanc par du miel dans son alimentation quotidienne est une façon simple de consommer davantage d'antioxydants.

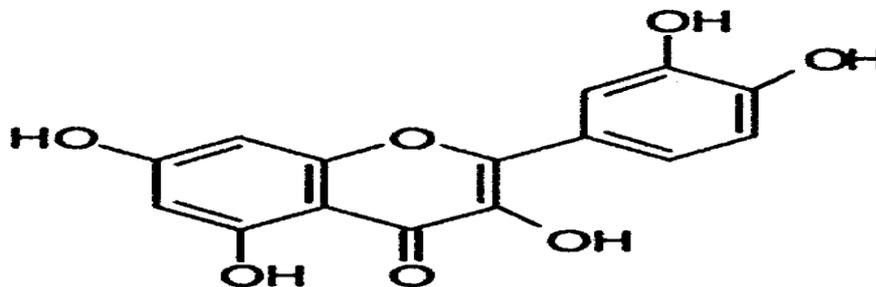


Figure 14: structure chimique de la quercétine

([www.nutranews.org/lfra/index.php?articleid=4613](http://www.nutranews.org/lfra/index.php?articleid=4613))

#### **4.4. L'effet anti-inflammatoire**

##### **4.4. 1 Observations cliniques**

Lorsqu'une agression infectieuse (bactérie, virus, levures...), chimiques (antigènes, allergènes, ...), ou physique (traumatismes, corps étrangers, radiations...) se produit dans notre organisme, aussitôt une réaction de défense se met en place: c'est l'inflammation.

Dans une étude menée en 2003 par AI-Waili, des patients souffrant de psoriasis et de dermatite atopique ont été traités grâce à une mixture composée en quantités égales de miel, de cire d'abeille et d'huile d'olive. Il a montré que le miel réduit les oedèmes, les exsudats ainsi que les douleurs engendrés par les lésions cutanées.

##### **4.4.2 Données scientifiques**

Des recherches ont mis en évidence l'action du miel sur les cellules responsables du phénomène inflammatoire. Abuharfeil et *al.* (1999) ont montré que des cultures *in vitro* de lymphocytes B et T ont une prolifération accrue en présence de miel. Ils ont aussi constaté que les phagocytes étaient activés *in vitro* par du miel. Tonks et *al.* (2001) ont, eux aussi, étudié l'influence du miel sur les cellules de l'inflammation.

Ils ont aboutit aux résultats suivants: le miel à une concentration de 1% stimule *in vitro* la libération par les monocytes de cytokines (tumeur necrosis alpha, interleukines 1 et 6) qui sont les acteurs de la réponse immunitaire en cas d'infection.

Au sein du subtil mélange qu'est le miel, on trouve des flavonoïdes; or, de nombreux travaux scientifiques ont mis en évidence l'action anti-inflammatoire des flavonoïdes.

### **4.5. L'activité antifongique**

#### **4.5.1 Mycoses cutanées**

Al Waili (2004 a) a mené l'essai clinique suivant: pendant un mois, des patients atteints de mycoses dermiques, dues notamment à *Pytirisias versicolor* et à *Epidermophyton inguinale*, ont été traités trois fois par jour avec une mixture composée à parts égales de miel, d'huile *d'olive* et de cire d'abeille.

Il a obtenu des réponses cliniques dans 86% des cas pour les patients atteints par *Pytirisias versicolor*, et dans 79% des cas chez ceux touchés par *Epidermophyton inguinale*.

Une guérison complète a été *observée* dans 79% des cas pour *Pytirisias versicolor* et dans 71% des cas pour *Epidermophyton inguinale*.

#### **4.5.2 Mycoses vaginales**

Une autre publication scientifique (Obaseiki- Ebor et Afonya, 1984) rapporte que le miel a une efficacité comparable aux antifongiques classiques sur des candidoses vaginales provoquées par *Candida albicans*.

Il faut souligner que pour traiter des mycoses, les concentrations en miel sont plus *élevées* que pour obtenir un effet antibactérien.

### **4.6. L'activité antivirale**

#### **4.6.1 Observations cliniques**

Le miel (origine multi florale) diminue de 35% la durée de l'attaque pour l'herpès labial.

Avec le miel, les douleurs de l'herpès labial sont calmées plus vite, les croûtes se forment plus rapidement et la guérison est constatée plus tôt qu'avec l'aciclovir.

Il en est de même pour les herpès génitaux.

De plus, dans deux cas pour l'herpès touchant la lèvre, et dans un cas pour l'herpès touchant la sphère génitale, le miel a endigué les poussées. L'aciclovir n'a endigué aucune poussée au cours de cet essai.

### **4.6.2 Données scientifiques**

L'effet anti-viral du miel n'est à ce jour pas expliqué. Cependant, certains composants présents dans le miel sont connus pour leurs effets anti-viraux sur l'HSV comme les flavonoïdes (Amoros *et al.*, 1992), le cuivre (Sagripanlı *et al.*, 1997).

Le monoxyde d'azote (NO) jouerait aussi un rôle anti-viral (Torre, 2002); or on retrouve le NO dans de nombreux miels (AI-Waili, 2003).

### **4.7. L'activité anti-mycobactérienne**

Avicenne recommandait à son époque le miel comme remède à la tuberculose. Asadi-Pooya *et al.* (2003), ont étudié *in vitro* le potentiel bactéricide du miel sur les mycobactéries. Ils ont démontré que la croissance des mycobactéries était inhibée lorsque l'on ajoute du miel (à des concentrations de 10% à 20%) au milieu de culture.

### **4.8. Effet anti-néoplasique**

#### **4.8.1 Données scientifiques**

Des chercheurs japonais (Swellam *et al.*, 2003) se sont intéressés au pouvoir antinéoplasique du miel *in vitro* et *in vivo*.

Ils ont cultivé des lignées de cellules tumorales responsables de cancers de la vessie chez l'Homme mais aussi chez les souris et les ont mis en présence de différentes dilutions de miel. Le miel inhibe *in vitro* la croissance de ces cellules cancéreuses. Le miel semble capable de provoquer l'apoptose des cellules cancéreuses.

Cet effet *in vitro* est dépendant de la lignée cellulaire et de la concentration en miel.

Les chercheurs ont provoqué chez des rats et des souris des lésions cancéreuses au niveau de leur vessie.

Les animaux ont été divisés en quatre groupes:

- un groupe a reçu du miel dans l'eau de boisson
- un groupe a reçu des injections au niveau de la lésion tumorale de miel à 6%
- un groupe a reçu des injections au niveau de la lésion tumorale de miel à 12%
- le dernier groupe a reçu une injection de solution saline au niveau de la lésion tumorale

Cette étude *in vivo* a mis en évidence que le miel ralentit la croissance des tumeurs chez les animaux ayant reçu du miel comparativement à ceux traités avec la solution saline.

L'étude conclue que l'administration de miel dilué a un effet inhibiteur sur la croissance de tumeurs vésicales provoqués chez des rats et des souris; il inhibe aussi

la croissance de certaines lignées cellulaires cancéreuses murines et humaines.

L'étude n'apporte pas d'explication sûre quant à l'effet anti-tumoral du miel; cependant les chercheurs émettent l'hypothèse suivante: l'acide caféique et ses esters, les flavonoïdes ainsi que d'autres composants du miel possèderaient un effet inhibiteur sur les tumeurs.

### **5. les utilisations thérapeutiques du miel**

#### **5.1. Usages externes**

##### **5.1. 1. Les applications sur la peau et les muqueuses**

De nombreux rapports médicaux dans le monde décrivent les effets bénéfiques du miel sur la guérison des plaies. Ont été traités avec succès, des escarres, des brûlures, des plaies post chirurgicales, des lésions eczémateuses, des lésions psoriasiques...

L'efficacité du miel a été démontrée tant sur des lésions saines qu'infectées.

##### **5.1.1.1 Protocoles de soins**

- Escarres
- Ulcères veineux
- Lésions provoquées par des radiothérapies
- Dermatite atopique et Psoriasis
- Brûlures
- Ulcères gastro-intestinaux et dyspepsies

##### **5.1.2 En ophtalmologie**

Le miel était utilisé dans des temps anciens pour soigner des pathologies oculaires. Emarah (1982), a étudié l'effet thérapeutique du miel sur des pathologies oculaires telles que des kératites, des conjonctivites et des blépharites. Le miel a été appliqué comme une pommade ophtalmique sous la

paupière inférieure des patients. 85% des sujets traités au miel ont présenté une amélioration notable de leur pathologie.

Pour les 15% restants, il n'y a pas eu d'aggravation de leur inflammation oculaire.

Certains patients se sont plaints de douleurs à l'application (brûlures, picotements...) mais aucun n'a arrêté l'essai.

Un laboratoire Australien (Medlhoney") s'intéresse aux effets bénéfiques que les miels de *Leptospermum spp* auraient sur différentes pathologies: sécheresse oculaire, pathologie des paupières (blépharites) ou de la surface de l'oeil (conjonctivite). Leurs études sont en cours; les résultats ne sont pas à ce jour publiés.

### **5.1.3 En art dentaire**

Peu de publications scientifiques concernent la place du miel dans les soins dentaires.

Des recherches ont cependant été menées pour connaître l'effet du miel sur le processus cariogène.

La carie dentaire est une maladie d'origine bactérienne qui entraîne une destruction progressive de la structure minéralisée de la dent à partir d'un point superficiel. En l'absence de traitement, elle aboutit à une infection du parenchyme pulpaire et à des complications pouvant aboutir à la perte de la dent. Les bactéries le plus souvent associées aux lésions carieuses sont *Streptococcus mutons*, des lactobacilles et *Veilfonelloe*. Ces micro-organismes vont transformer les hydrates de carbones (essentiellement le saccharose) en composés acides qui vont attaquer la surface des dents. De plus, les *S. mutons* ont la capacité de synthétiser des dextrans et des levans qui vont constituer un réseau autour des dents; réseau qui va faciliter l'adhésion d'autres bactéries.

Molan (2001 b), a étudié l'effet du miel sur certaines bactéries de la plaque dentaire

(*Streptococcus mitis*, *Streptococcus sobrinus*, *Loctobocillus cosei*).

Le résultat de cette étude montre que le miel stoppe la croissance de ces bactéries, et bloque ainsi la sécrétion de composés acides.

Cependant, cette étude ne prend pas en compte le *Streptococcus mutons* qui joue pourtant un rôle important dans la formation des caries. Il faudrait d'autres recherches pour mieux évaluer la place du miel dans le traitement des caries.

Cette indication thérapeutique semble tout de même assez paradoxale. En effet, même si le miel ne contient que de faibles quantités de saccharose, il est principalement composé de sucres. " apparaît donc surprenant de préconiser le miel pour soigner les caries.

Les propriétés anti-inflammatoires et cicatrisantes pourraient trouver des applications en art dentaire.

### **5.2. Usages internes**

- Traitement des gastro entérites
- Les affections respiratoires
- L'effet laxatif
- Effets secondaires, précautions d'emploi
- Allergies, intolérances
- Botulisme
- Diabète
- Hypertriglycémies