

THESE
Pour le
DIPLÔME D'ETAT
DE DOCTEUR EN PHARMACIE

Par

MARIE PICARD

Présentée et soutenue publiquement le 04 juillet 2012

Les produits de protection solaire :
Que faut-il en penser
du point de vue de leur efficacité ?
Etude expérimentale
de quelques produits du commerce

Président :

Mme Laurence COIFFARD, Professeur

Membres du Jury :

Mme Céline COUTEAU, Maître de conférences (HDR)

Mme Béatrice QUENIN, Pharmacien

Sommaire

1	Introduction	5
2	Rappels concernant les effets du soleil sur la peau	7
2.1	Structure de la peau	7
2.1.1	Structure générale de la peau	7
2.1.2	Epiderme	8
2.1.2.1	Les kératinocytes	9
2.1.2.2	Les mélanocytes	10
2.1.2.3	Les cellules de Langerhans	11
2.1.2.4	Les cellules de Merkel	11
2.1.3	Derme	12
2.1.4	Hypoderme	12
2.2	Le spectre solaire	12
2.3	Les effets biologiques des UV	14
2.3.1	Les effets bénéfiques	14
2.3.1.1	La synthèse de la vitamine D	14
2.3.1.2	Le bronzage	15
2.3.1.3	Effets bénéfiques sur l'humeur	16
2.3.1.4	Les effets thérapeutiques : cas du psoriasis	17
2.3.2	Les effets délétères	17
2.3.2.1	Le « coup de soleil » ou érythème actinique	17
2.3.2.2	Dépression du système immunitaire	18
2.3.2.3	Le vieillissement cutané	19
2.3.2.4	Les cancers cutanés	21
2.3.2.4.1	Les carcinomes baso-cellulaires	22
2.3.2.4.2	Les carcinomes spino-cellulaires	22
2.3.2.4.3	Les mélanomes	23
2.3.2.5	La photosensibilisation	24
2.3.2.5.1	La phototoxicité	24
2.3.2.5.2	La photoallergie	25
3	Les différents modes de photoprotection	27
3.1	La photoprotection naturelle	27
3.1.1	La barrière cutanée	27
3.1.2	Les mécanismes de réparation cellulaire	27
3.2	La photoprotection topique	29
3.2.1	Les vêtements	29
3.2.2	Les produits solaires	30
3.2.2.1	Définition	30
3.2.2.2	Réglementation des produits solaires	32
3.2.2.2.1	Notion de SPF et mode de détermination	32
3.2.2.2.2	Détermination de l'efficacité dans l'UVA	33

3.2.2.2.1	Le PUVAtest	33
3.2.2.2.2	La méthode Chardon	33
3.2.2.2.3	Règles d'étiquetage	34
4	Les filtres solaires	36
4.1	Les filtres inorganiques ou écrans	36
4.2	Les filtres organiques	37
4.2.1	Généralités	37
4.2.2	Les filtres UVB à spectre étroit	37
4.2.2.1	Les dérivés de l'acide para-amino benzoïque	37
4.2.2.2	Les cinnamates	39
4.2.2.3	Les salicylates	41
4.2.2.4	Les dérivés du benzylidène camphre	43
4.2.2.5	Les dérivés du benzimidazole	46
4.2.2.6	L'octocrylène	47
4.2.2.7	Les triazines	48
4.2.2.8	La polysilicone-15	49
4.2.3	Les filtres UVA	51
4.2.3.1	Les dérivés du dibenzoylméthane	51
4.2.3.2	Le diéthylamino hydroxybenzoyl hexyl benzoate	52
4.2.3.3	Le disodium phényl dibenzimidazole tétrasulfonate	53
4.2.3.4	Les dérivés du benzylidène camphre	54
4.2.4	Les filtres UV à spectre large	55
4.2.4.1	Les benzophénones	55
4.2.4.2	Les dérivés du benzylidène camphre	57
4.2.4.3	Les triazines	58
5	Détermination de l'efficacité des produits solaires	61
5.1	Méthode de détermination du SPF <i>in vitro</i>	61
5.1.1	Principe de la méthode	61
5.1.2	Matériel	61
5.1.3	Mode opératoire de l'analyse	62
5.1.4	Exploitation des résultats	63
5.2	Les différents types de produits	63
5.2.1	Les produits solaires conventionnels	63
5.2.2	Les produits solaires minéraux et bio	69
5.3	Résultats expérimentaux	71
5.4	Interprétation des résultats	74
5.4.1	Résultats concernant les produits solaires conventionnels testés	74
5.4.2	Résultats concernant les produits solaires bio et minéraux testés	75
6	La dangerosité potentielle des produits solaires	76
6.1	Le risque allergique	76
6.1.1	L'octocrylène	76
6.1.2	Les benzophénones	76
6.1.3	Les cinnamates	77

6.2	L'effet oestrogénique	77
6.2.1	Les dérivés du benzylidène camphre	77
6.2.2	Les benzophénones	79
6.3	Les modifications génétiques et le risque cancéreux	79
6.3.1	L'oxyde de zinc et le dioxyde de titane	79
6.3.2	Les benzophénones	80
6.4	L'intoxication par les salicylés	80
7	Qu'en pensent les équipes officinales ?	81
7.1	Présentation	81
7.2	Le questionnaire	82
7.3	Résultats	83
7.3.1	Quelle est votre qualification dans l'officine ?	83
7.3.2	Vous considérez-vous comme bien formé(e) dans le domaine des produits solaires ?	84
7.3.3	Quels types de produits solaires possédez-vous dans votre officine ?	85
7.3.4	Quels types de produits conseillez-vous pour un adulte ?	86
7.3.5	Quels types de produits conseillez-vous pour un enfant de moins de 2 ans ?	87
7.3.6	Quels types de produits solaires conseillez-vous pour un enfant de plus de 2 ans ?	88
7.3.7	Quels types de produits solaires conseillez-vous pour une femme enceinte ?	89
7.3.8	Quels types de produits conseillez-vous pour une personne avec une hypersensibilité cutanée ?	90
7.4	Interprétation des résultats	90
8	Une pression médiatique forte	92
8.1	Premier exemple	92
8.2	Deuxième exemple	96
9	Conclusion	100
10	Bibliographie	103
11	Liste des figures	108
12	Liste des tableaux	110

1 Introduction

Le soleil est l'étoile centrale du système solaire. Il est âgé de 4,6 milliards d'années et son diamètre est de 1,4 millions de kilomètres (110 fois celui de la Terre). Il se compose principalement d'hydrogène et d'hélium.

L'énergie solaire transmise par rayonnement rend possible la vie sur terre par apport de chaleur et de lumière, permettant la présence d'eau à l'état liquide et la photosynthèse au sein des végétaux. Le rayonnement solaire est aussi responsable des climats et de la plupart des phénomènes météorologiques observés sur notre planète.

De très nombreux chercheurs se sont penchés sur cet astre. En 1543, Copernic présente son modèle d'univers avec le soleil en position centrale et les planètes qui gravitent autour de lui [1]. En 1610, Galilée observe les taches solaires avec son télescope et révolutionne la pensée de son temps. Contrairement à Aristote, Galilée par l'observation du ciel montre que celui-ci n'est pas immuable mais en perpétuel changement [2]. En 1644, Descartes énonce une théorie selon laquelle le soleil est une étoile parmi bien d'autres. Il donne une définition de la lumière qu'il qualifie de subtile. Il considère que la lumière subtile est composée de boules et que c'est du mouvement de ces boules que naît la couleur [3].

Le soleil est un symbole très puissant pour les hommes. Il occupe une place dominante dans chaque culture. Souvent, le soleil représente le pouvoir et est symbole de vie. Dans l'Égypte ancienne, Râ est le dieu du soleil. Dans le panthéon grec, c'est Apollon. S'il n'est pas associé à un dieu, il peut devenir l'emblème de certains, c'est le cas du roi de France Louis XIV surnommé le Roi-soleil [1].

Mais la quête du soleil est toujours d'actualité et de nos jours, beauté rime souvent avec teint hâlé. Ceci explique qu'un grand nombre de personnes s'exposent au soleil et ce malgré les risques de cancers pourtant bien connus aujourd'hui. C'est pour cela que la vigilance des professionnels de santé n'a cessé de se renforcer depuis quelques années. Ceux-ci incitent à se protéger du soleil et à utiliser des produits de protection solaire.

Actuellement, l'utilisation de ces produits est remise en cause par certains. Mais quelle est la dangerosité réelle des molécules actives ? Peuvent-elles être néfastes pour notre organisme ? Cette crainte croissante de la population vis-à-vis de l'utilisation de molécules de synthèse a amené l'apparition sur le marché de produits bio. Mais ces produits sont-ils réellement meilleurs pour la santé ? Ont-ils une bonne efficacité en terme de protection solaire ? Ce sont ces questions qui m'ont poussé à réaliser ma thèse au laboratoire de Cosmétologie de la Faculté de Pharmacie de Nantes. Cette thèse s'inscrit dans le prolongement d'un stage d'initiation à la recherche réalisé dans ce même laboratoire en 2009.

Dans la première partie de ce travail, nous rappellerons quelques généralités sur les effets du soleil sur la peau. Nous détaillerons par la suite les différents modes de photoprotection puis nous nous attarderons sur les différents filtres solaires présents sur le marché. Nous poursuivrons avec l'étude de la composition et de l'efficacité des produits solaires avant d'évoquer la dangerosité potentielle de ces produits. Par ailleurs, nous aborderons le point de vue des pharmaciens d'officine sur les différents produits disponibles à la vente. Pour finir, nous verrons la pression médiatique exercée sur la population en ce qui concerne l'utilisation des filtres solaires.

2 Rappels concernant les effets du soleil sur la peau

2.1 Structure de la peau

2.1.1 Structure générale de la peau

La peau est composée de trois couches superposées qui sont, de la surface vers la profondeur, l'épiderme, le derme et l'hypoderme (*Figure 1*). Nous ne nous intéressons qu'à sa partie superficielle, l'épiderme, qui est impliqué dans le phénomène de protection naturelle vis-à-vis du soleil [4].

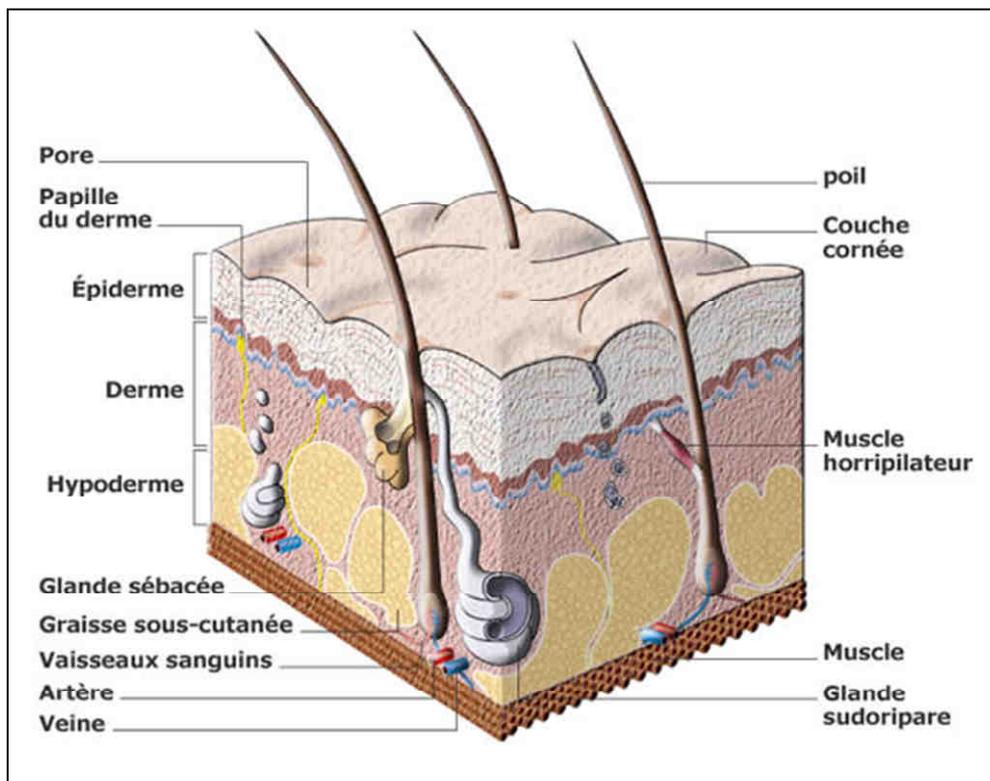


Figure 1 : Structure schématique de la peau (cnrs.fr)

2.1.2 Epiderme

L'épiderme est la couche la plus superficielle de la peau. C'est un épithélium pavimenteux stratifié kératinisé constitué de quatre populations cellulaires qui sont : les kératinocytes, les mélanocytes, les cellules de Merkel et les cellules de Langerhans (Figure 2) [5].

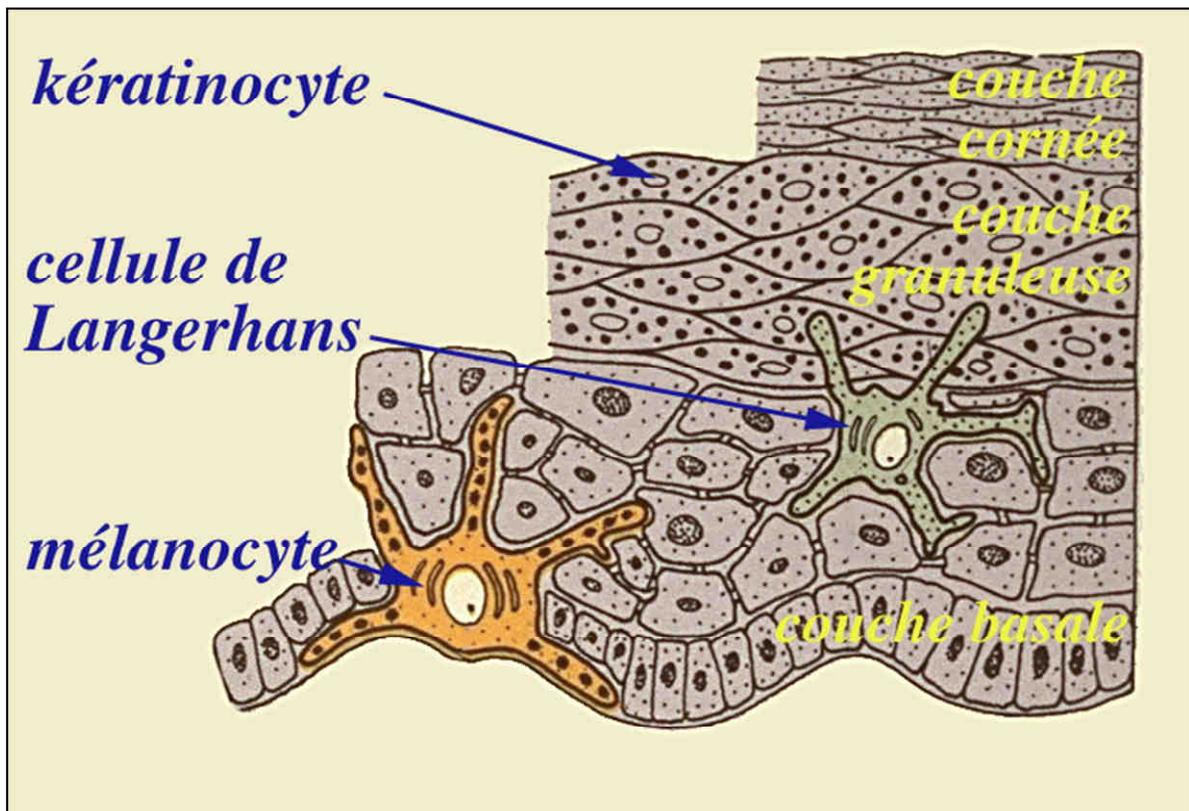


Figure 2 : Les cellules de l'épiderme (umvf.univ-nantes.fr)

Il est constitué de 4 couches qui sont de la profondeur vers la superficie, la couche cornée, la couche granuleuse, la couche épineuse et la couche basale (Figure 3). L'épaisseur des différentes couches est variable selon l'âge de l'individu et la région du corps. Cette stratification correspond aux changements de forme et d'aspect des kératinocytes lorsqu'ils migrent de la profondeur vers la superficie de l'épiderme [5].

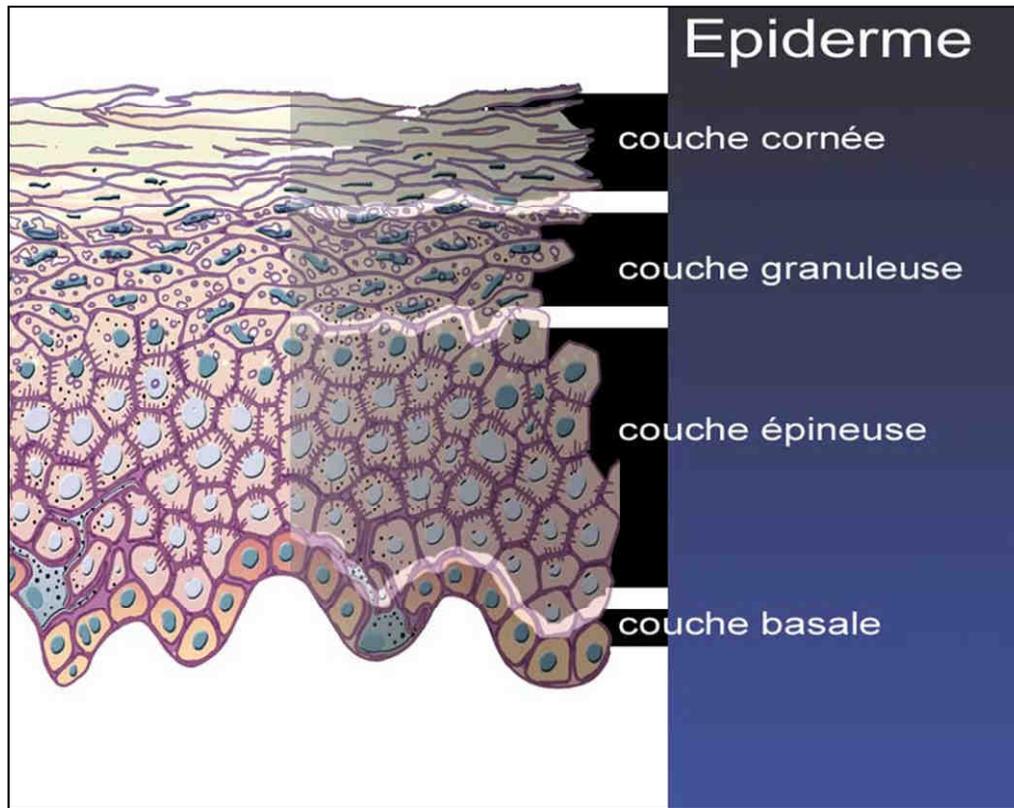


Figure 3 : Structure de l'épiderme (bioderma.com)

2.1.2.1 Les kératinocytes

Ce sont les cellules principales de l'épiderme. Elles permettent la cohésion de l'épiderme, exercent une fonction barrière entre le milieu intérieur et extérieur et protègent contre les radiations lumineuses.

La couche basale de l'épiderme est formée de l'ensemble des kératinocytes directement en contact avec la jonction dermo-épidermique. Ces kératinocytes phagocytent les mélanosomes qui permettent la photoprotection de la peau. Ils forment une assise de cellules cylindriques. Les kératinocytes qui ont quitté la couche basale deviennent polygonaux, cela leur donne un aspect épineux d'où le nom de couche épineuse. Les épines correspondent aux desmosomes qui sont des systèmes permettant la cohésion des kératinocytes entre eux. Progressivement, les cellules s'aplatissent et on constate l'apparition de granulations basophiles qui définissent la couche granuleuse. Finalement, les kératinocytes perdent leur noyau et deviennent des cornéocytes qui constituent la couche cornée compacte en profondeur et desquamante en superficie. La migration d'un kératinocyte au sein de l'épiderme se fait en moyenne en 3 semaines [5].

2.1.2.2 Les mélanocytes

Les mélanocytes constituent la deuxième grande population cellulaire de l'épiderme. Ils proviennent des crêtes neurales et colonisent l'épiderme où ils se situent au niveau de la couche basale. Leur fonction principale est d'assurer la synthèse des deux types de mélanines : les phaeomélanines et les eumélanines. Ces mélanines sont synthétisées par les mélanosomes et sont ensuite transférées aux kératinocytes (*Figure 4*) [5].

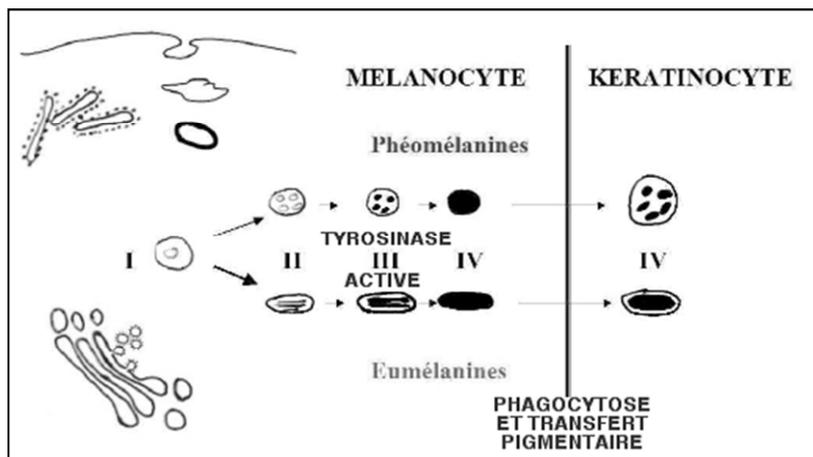


Figure 4 : Schéma de la biogenèse des mélanosomes (homepage.mac.com)

Un mélanocyte distribue sa mélanine à une quarantaine de kératinocytes, c'est ce que l'on appelle l'Unité Epidermique de Mélanisation (UEM). Les phaeomélanines sont des pigments jaune-rouge non photostables, qui se dégradent en radicaux libres sous l'action des radiations lumineuses. Les eumélanines sont des pigments brun-noirs qui sont photoprotecteurs. La proportion entre les phaeomélanines et les eumélanines varie entre les individus et conditionne leur phototype cutané. La classification établie à l'origine par le dermatologue Fitzpatrick ne s'intéressait qu'aux sujets caucasiens. Les phototypes I et II possèdent une majorité de phaeomélanines, les phototypes III, IV, V et VI possèdent une majorité d'eumélanines. Ces phototypes correspondent à une sensibilité décroissante aux UV et à une capacité croissante à développer un bronzage protecteur (*Tableau 1*). Dans la classification de Césarini, les phototypes cutanés sont assortis à la capacité des individus à développer un cancer cutané. Les phototypes I et II sont mélanocompromis avec un risque majeur de cancer cutané et les phototypes III, IV et V sont mélanocompétents [5].

	Caractéristiques	réaction au soleil
Phototype I	<ul style="list-style-type: none"> - Peau très blanche - Cheveux roux ou blonds - Yeux bleus/verts - Souvent des taches de rousseurs 	<ul style="list-style-type: none"> - Coups de soleil systématiques - Ne bronze jamais, rougit toujours
Phototype II	<ul style="list-style-type: none"> - Peau claire - Cheveux blonds-roux à châtain - Yeux clairs à bruns - Parfois apparition de taches de rousseurs 	<ul style="list-style-type: none"> - Coups de soleil fréquents - Bronze à peine ou très lentement
Phototype III	<ul style="list-style-type: none"> - Peau intermédiaire - Cheveux châtain à bruns - Yeux bruns 	<ul style="list-style-type: none"> - Coups de soleil occasionnels - Bronze graduellement
Phototype IV	<ul style="list-style-type: none"> - Peau mate - Cheveux bruns/noirs - Yeux bruns/noirs 	<ul style="list-style-type: none"> - Coups de soleil occasionnels lors d'expositions intenses - Bronze bien
Phototype V	<ul style="list-style-type: none"> - Peau brun foncé - Cheveux noirs - Yeux noirs 	<ul style="list-style-type: none"> - Coups de soleil rares - Bronze beaucoup
Phototype VI	<ul style="list-style-type: none"> - Peau noire - Cheveux noirs - Yeux noirs 	<ul style="list-style-type: none"> - Coups de soleil très exceptionnels

Tableau 1 : Les six phototypes cutanés (salonreeduc.com)

2.1.2.3 Les cellules de Langerhans

Ce sont des cellules dendritiques qui présentent les antigènes aux lymphocytes T. Elles sont produites au niveau des organes hématopoïétiques puis migrent vers l'épiderme où elles acquièrent leur morphologie dendritique et un phénotype spécifique. La fonction des cellules de Langerhans est de capturer les exoantigènes, elles migrent ensuite vers le système lymphatique où elles présentent l'antigène aux lymphocytes T [5].

2.1.2.4 Les cellules de Merkel

Ce sont des cellules neuro-épithéliales dérivant des cellules souches de l'épiderme fœtal. Les cellules de Merkel sont des mécanorécepteurs et exercent des fonctions inductives et trophiques sur les terminaisons nerveuses périphériques et les annexes cutanées telles que les poils, les ongles... Elles sont plus nombreuses dans certaines zones du corps comme les lèvres, la pulpe des doigts... [5]

2.1.3 Derme

Le derme est un tissu conjonctif richement vascularisé et innervé renfermant des fibres de collagène. Il se subdivise en deux régions : la zone superficielle ou « derme papillaire » qui est un tissu lâche et la zone plus profonde ou « derme réticulaire » plus dense. Le derme réticulaire contient de petites artérioles et veinules, de petits nerfs, des follicules pilo-sébacés et les canaux excréteurs des glandes sudoripares [5].

2.1.4 Hypoderme

L'hypoderme est également un tissu conjonctif richement vascularisé et innervé. Il est constitué de lobes eux-mêmes subdivisés en lobules graisseux. L'abondance du tissu adipeux varie selon les habitudes alimentaires, les régions du corps et le sexe [5].

2.2 Le spectre solaire

Le rayonnement solaire se compose à 56% de rayons infrarouges responsables de la sensation de chaleur sur la peau, à 39% de rayons visibles à l'œil humain responsables de la lumière et de la couleur et à 5% de rayons ultraviolets (UV) (Figure 5). Ces derniers sont invisibles à l'œil humain et pénètrent plus ou moins profondément dans la peau [6]. Deux tiers du rayonnement solaire passent à travers l'atmosphère et peuvent atteindre la surface de la terre. Pratiquement tous les effets positifs et négatifs du soleil au niveau de la peau sont dus aux UV [7].

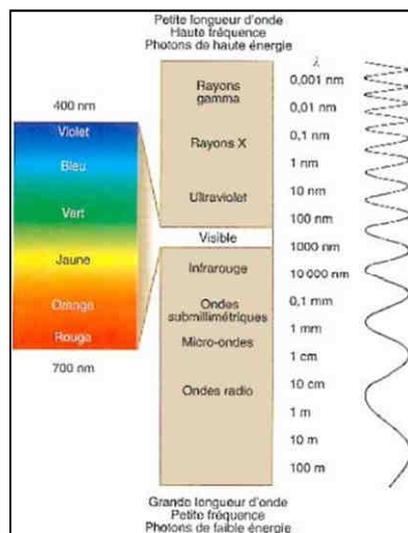


Figure 5 : Le rayonnement solaire (tpe-bioluminescence.e-monsite.com)

Le rayonnement ultraviolet se divise en trois parties : les UVA (320 à 400 nm), les UVB (290 à 320 nm) et les UVC (200 à 290 nm). La pénétration des UV augmente avec la longueur d'onde, les UVA pénètrent donc plus profondément que les UVB qui sont eux-mêmes plus pénétrants que les UVC (Figure 6). A l'inverse, l'énergie diminue avec la longueur d'onde des UV. Les rayons UVC sont donc les plus agressifs mais ils sont absorbés par la couche d'ozone. Les autres rayons UV atteignent la peau. Les UVB sont surtout absorbés au niveau de l'épiderme alors que les UVA pénètrent plus profondément pour avoir une action maximale au niveau du derme. Les effets du rayonnement solaire au niveau de la peau sont pour 80% déclenchés par les UVB et pour 20% par les UVA alors que 95% des UV atteignant la surface de la peau sont des UVA et 5% des UVB [7].

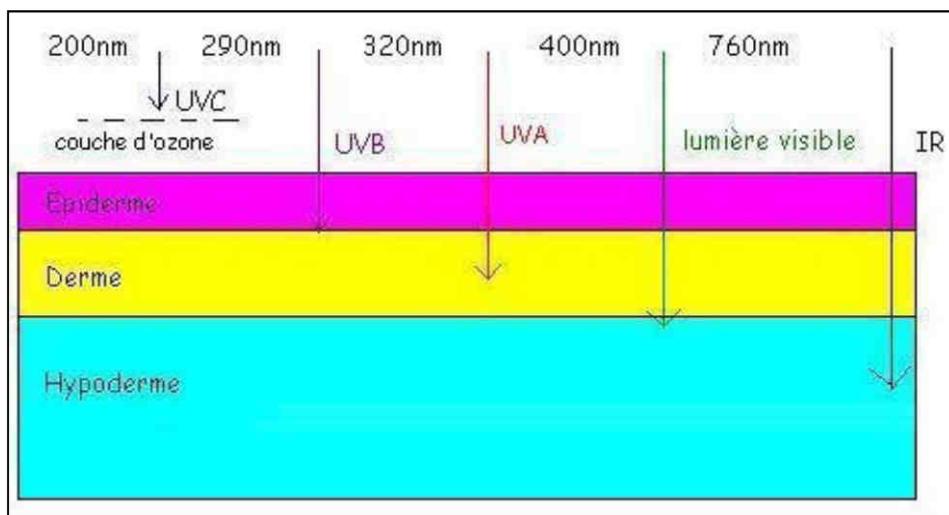


Figure 6 : Pénétration des U.V dans l'organisme

Le degré d'exposition au rayonnement UV dépend de plusieurs facteurs environnementaux. Il dépend de la hauteur du soleil, plus le soleil est haut dans le ciel plus le rayonnement UV est important. L'intensité du rayonnement varie donc au cours de la journée et de l'année, elle est maximale lorsque le soleil est à son zénith au milieu de la journée et durant les mois d'été. Il est donc déconseillé de s'exposer au soleil sans protection entre 11h et 17h durant les mois les plus ensoleillés.

L'exposition au rayonnement UV dépend également de la latitude, plus on se rapproche de l'équateur plus le rayonnement UV est intense. Le rayonnement UV atteint son intensité maximale lorsque le ciel est limpide. Il faut être vigilant lorsque le ciel se voile d'une légère couverture nuageuse car l'intensité du rayonnement UV reste élevée du fait de sa dispersion par les molécules d'eau en fines particules en suspension dans l'atmosphère. L'altitude a aussi un impact sur l'exposition solaire, plus on monte en altitude et plus la couche d'atmosphère est fine, ce qui induit une augmentation de l'intensité des UV.

La réverbération des UV sur le sol fait qu'ils sont plus ou moins dispersés ou réfléchis selon la surface sur laquelle ils arrivent. Par exemple, la neige peut réfléchir jusqu'à 80% du rayonnement solaire, une plage de sable 15% et l'écume des vagues 25% [8].

2.3 Les effets biologiques des UV

2.3.1 Les effets bénéfiques

2.3.1.1 La synthèse de la vitamine D

La vitamine D3 ou cholécalciférol (*Figure 7*) est une vitamine liposoluble qui est synthétisée dans la peau sous l'action des rayons UVB [9].

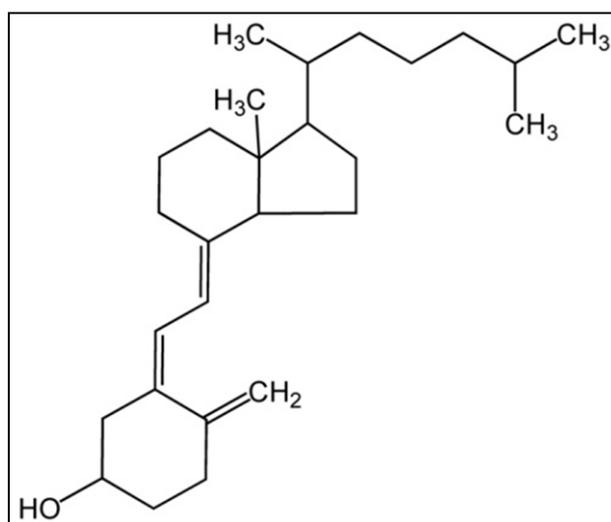


Figure 7 : Structure chimique de la vitamine D3 (cholesterol-and-health.com)

Ces derniers agissent sur les membranes des kératinocytes et induisent l'isomérisation du 7-déhydrocholestérol en provitamine D3. Celle-ci est transformée en vitamine D3 en quelques heures sous l'effet de la chaleur. La vitamine D3 peut également être apportée par certains aliments comme les poissons gras. La vitamine D3 est transportée dans le sang grâce à une protéine porteuse jusqu'au foie où elle est hydroxylée en 25-hydroxy-vitamine D3, puis dans les reins où elle sera transformée en métabolite actif, la 1,25-dihydroxy-vitamine D3 ou calcitriol (*Figure 8*) [9].

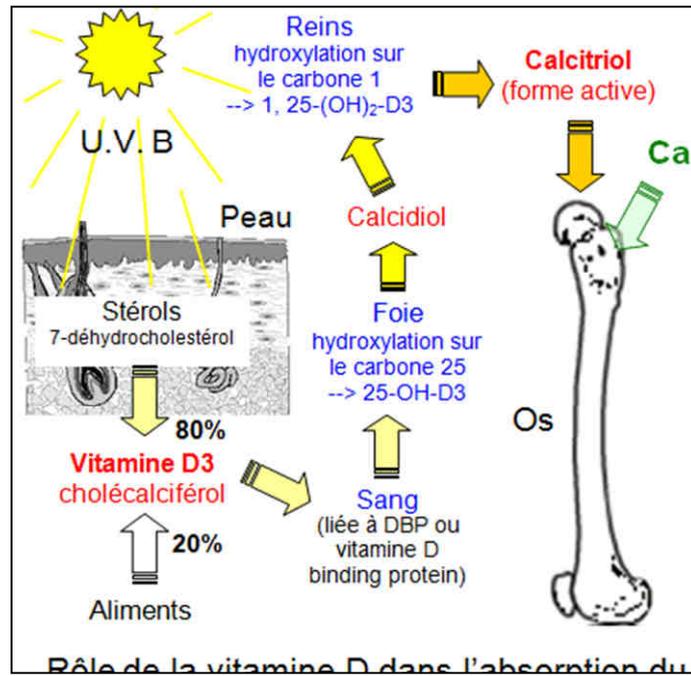


Figure 8 : Métabolisme du cholécalciférol (amessi.org)

Le rôle le plus important du calcitriol est d'assurer la promotion de la minéralisation osseuse et de maintenir l'homéostasie phosphocalcique par augmentation de l'absorption intestinale du calcium et du phosphore. Un déficit en vitamine D peut entraîner un rachitisme chez l'enfant et une ostéomalacie chez l'adulte. Il peut également aggraver l'effet hypocalcémiant de certains médicaments.

Une exposition brève (environ 10 minutes) et régulière (tous les jours) au soleil des avant-bras et de la tête permet une synthèse suffisante de vitamine D3. Ces expositions doivent être plus importantes chez les sujets âgés pour qui la synthèse de vitamine D3 est diminuée et les besoins augmentés [9].

2.3.1.2 Le bronzage

L'exposition solaire est à l'origine de deux types de pigmentation.

Il existe une pigmentation immédiate induite par les UVA. Celle-ci est appelée phénomène de Meirowski ou « hâle du soir ». Ce phénomène est observé chez les individus de phototype III, IV et V après une longue exposition solaire. La coloration de la peau disparaît en 6 heures environ. Cette pigmentation est provoquée par la photo-oxydation de la mélanine présente dans l'épiderme. Il n'y a pas de stimulation de la mélanogénèse et ce phénomène ne protège pas de l'érythème actinique.

La pigmentation adaptative ou bronzage apparait environ 48 heures après l'exposition solaire sous l'action des UVA et des UVB. Elle est due à l'activation de tous les stades de la mélanogenèse avec une augmentation de la quantité de mélanine produite. Le bronzage correspond à un mécanisme naturel de défense de la peau vis-à-vis des radiations solaires [10].

2.3.1.3 Effets bénéfiques sur l'humeur

Le soleil peut avoir un effet bénéfique sur le moral. Il peut dans certains cas lutter contre la dépression saisonnière également appelée trouble affectif saisonnier. Ce syndrome survient en automne ou en hiver pour disparaître au printemps ou en été [11].

L'amélioration de cette pathologie est reliée à l'exposition à la lumière visible. L'information lumineuse est captée par les récepteurs rétiniens puis transmise à la glande pinéale par voie nerveuse. Dans cette glande est synthétisée la mélatonine (*Figure 9*), une hormone qui intervient sur le rythme biologique et l'humeur [12].

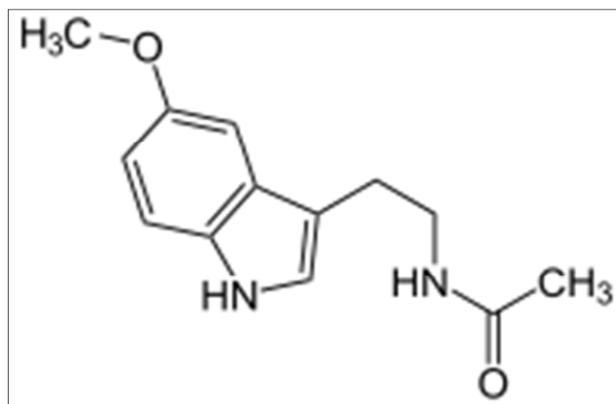


Figure 9 : Structure chimique de la mélatonine (merck-chemicals.com)

Le rôle de la mélatonine est celui d'un synchroniseur des cycles circadiens. Des anomalies de ces cycles sont décrites dans le trouble affectif saisonnier. La luminothérapie est donc un traitement de choix pour cette pathologie. Elle va permettre de réguler la sécrétion de mélatonine en synchronisant les rythmes. Pour ce faire, on réalisera une exposition matinale à une lumière intense [13].

2.3.1.4 Les effets thérapeutiques : cas du psoriasis

Le psoriasis est une maladie inflammatoire de la peau, fréquente et chronique, qui évolue par poussées. Elle peut également toucher les ongles et les articulations (*Figure 10*).



Figure 10 : Lésions de psoriasis (www.abimelec.com)

Cette pathologie est caractérisée par des papules érythémateuses bien délimitées et des plaques recouvertes de squames blanchâtres.

Différents traitements peuvent être mis en place dont la photothérapie. Trois modes d'irradiation peuvent être utilisés : la photothérapie UVB à spectre étroit dont l'efficacité est améliorée par l'application topique d'analogues de la vitamine D3, la photothérapie UVB à spectre large et la PUVAthérapie associant l'irradiation dans le domaine UVA et l'administration de psoralènes [14].

2.3.2 Les effets délétères

2.3.2.1 Le « coup de soleil » ou érythème actinique

C'est une réaction inflammatoire survenant quelques heures après une exposition solaire. L'effet biologique des rayonnements UV sur la peau est quantifié par la Dose Erythématogène Minimale (DEM en mJ/cm^2). Il s'agit de la dose minimale d'énergie lumineuse nécessaire à l'apparition d'un érythème léger perceptible, aux contours nets, occupant toute la surface irradiée, 24h après irradiation [8].

L'érythème actinique ou coup de soleil est l'un des premiers mécanismes de défense de la peau. Il est principalement dû à l'action des UVB, UV les plus érythématogènes. Il se traduit par une brûlure du premier degré avec un érythème rose pâle ou une brûlure du second degré superficielle avec un érythème rouge vif associé à un décollement bulleux (*Figure 11*). L'érythème apparaît 3 à 5h après exposition au niveau des zones non protégées par les vêtements. Son maximum d'intensité est atteint après 24h et il dure environ 72h. Il s'en suit une desquamation puis une pigmentation tardive de la peau [15].



Figure 11 : Exemple d'érythème actinique (sports-sante.com)

L'intensité de ce phénomène varie selon le phototype de l'individu et la dose d'UVB reçue. Celle-ci est proportionnelle à la durée d'exposition et à l'irradiance en UVB. Rappelons que l'irradiance varie selon l'heure, la saison et la situation géographique [8].

2.3.2.2 Dépression du système immunitaire

C'est une réaction provoquée principalement par les UVB mais également en moindre proportion par les UVA. Les mécanismes impliqués dans la photoimmunosuppression sont complexes. Ils font intervenir les cellules de Langerhans, l'isomérisation d'un photorécepteur de la couche cornée : l'acide urocanique, la production et la libération de cytokines par les cellules épidermiques et des cellules monocytaires qui se forment dans l'épiderme.

L'irradiation de la peau pourrait être responsable d'une altération des fonctions des cellules de Langerhans ce qui induit une forte diminution de la compétence de ces cellules.

L'isomérisation de l'acide urocanique de la forme *trans* à la forme *cis*, est responsable des propriétés immunosuppressives observées (Figure 12).

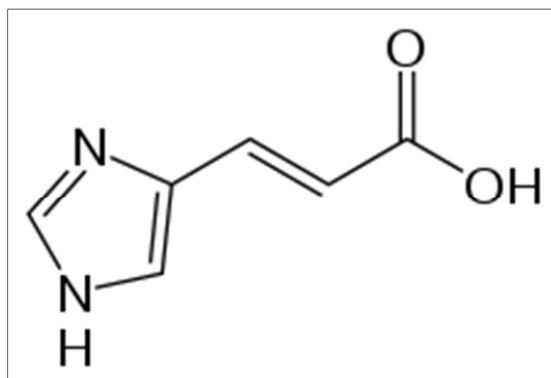


Figure 12 : Structure chimique de l'acide urocanique (chimix.com)

Les cytokines produites par l'irradiation des kératinocytes sont des molécules telles que le TNF (*Tumor Necrosis Factor*) ou bien des interleukines telles que l'IL-10. Le TNF altère l'activité des cellules de Langerhans. L'IL-10 peut être produite par les kératinocytes ainsi que les macrophages épidermiques photo-induits. Sa propriété principale est l'inhibition de la présentation antigénique des cellules de Langerhans [16].

Tous ces mécanismes d'immunosuppression dus à l'irradiation solaire sont responsables de la recrudescence de certaines pathologies estivales telles que l'herpès [17].

2.3.2.3 Le vieillissement cutané

Le vieillissement cutané est le résultat de deux phénomènes qui sont le vieillissement intrinsèque ou génétique et le photovieillissement provoqué par l'exposition solaire [18].

Le photovieillissement ou vieillissement actinique ou héliodermie s'observe au niveau des zones du corps exposées au soleil telles que la face, le dos des mains, le décolleté... Il atteint indifféremment les deux sexes et augmente avec l'âge [19]. Tous les individus ne sont pas égaux face à ce phénomène et les sujets à peau claire sont les plus touchés [18].

Le photovieillissement se traduit cliniquement par une peau épaissie, jaunâtre et sèche. Il y a apparition de rides profondes auxquelles s'ajoute un aspect finement nodulaire et grossier caractéristique d'une élastose. On parlera de nuque rhomboïdale pour qualifier l'aspect ridé de la nuque de personnes s'étant beaucoup exposées au soleil. En effet, dans ce cas les rides profondes présentent une forme géométrique de rhomboïdre (*Figure 13*) [18].



Figure 13 : Nuque rhomboïdale (umvf.univ-nantes.fr)

Par ailleurs, le soleil est susceptible d'entraîner une hyperpigmentation de certaines zones de peau. On parlera de lentigos séniles (*Figure 14*). Chez les sujets à teint mat, la peau exposée au soleil peut rester bronzée en permanence et ce même sans irradiation UV. A l'inverse, des taches hypopigmentées peuvent également voir le jour, c'est l'hypomélanose en goutte [18]. On remarque par ailleurs des télangiectasies au niveau du visage [19].



Figure 14 : Lentigos séniles (drvarlet.fr)

Des kératoses actiniques, considérées comme des lésions précancéreuses, peuvent également apparaître [18].

Le développement de ce type de lésions est rendu possible du fait de la réduction plus importante du nombre de cellules de Langerhans au niveau des zones photo-exposées. Les zones de peau soumises aux radiations lumineuses sont également deux fois plus denses en mélanocytes. Une hyperréactivité de ces cellules conduit à l'hétérochromie actinique fréquemment observée lors du photovieillissement.

Au niveau du derme, la dégénérescence basophile du collagène, l'accumulation d'un matériel amorphe anormal contenant de l'élastine et la présence d'un infiltrat inflammatoire sont en partie à l'origine du vieillissement photo-induit [19].

2.3.2.4 Les cancers cutanés

Les cancers cutanés sont les cancers les plus fréquents : environ 100 000 cas sont diagnostiqués annuellement en France. Ce chiffre est en progression constante et augmente de 7% environ annuellement. Les radiations ultraviolettes sont l'élément étiologique majeur [17].

Les rayonnements UV provoquent des dommages au niveau de l'ADN. En effet, ils sont responsables de la formation de dimères de thymine. Les UVB ont une action directe sur les acides nucléiques alors que les UVA induisent des réactions photo-oxydatives (libération d'espèces réactives de l'oxygène). Les gènes mutés sont principalement des gènes impliqués dans le processus de carcinogenèse. Des oncogènes sont activés et induisent une prolifération cellulaire intense. Par ailleurs, les gènes suppresseurs de tumeurs sont inactivés.

Le risque d'apparition d'un cancer cutané est proportionnel à la dose cumulative d'UV reçue pendant la vie. Les facteurs de risque sont donc l'exposition solaire et particulièrement les coups de soleil reçus pendant la petite enfance ainsi que la pratique de séances de solarium. Les phototypes I et II sont également plus sensibles à développer un cancer cutané que les phototypes III et IV. En outre, les sujets porteurs de naevi multiples sont des populations à surveiller [8].

2.3.2.4.1 Les carcinomes baso-cellulaires

Les carcinomes baso-cellulaires représentent avec les carcinomes spino-cellulaires plus de 90% des cancers cutanés. Leur nombre (entre 2 et 3 millions de nouveaux cas dans le monde chaque année, selon le Programme des Nations Unies pour l'Environnement [20]) représente un coût financier très important. En France, on dénombre plus de 50 000 personnes par an présentant un cancer de ce type [21].

Ils concernent les kératinocytes de la couche basale de l'épiderme au niveau des régions découvertes comme le cou, la tête ou le dos des mains et apparaissent entre 45 et 60 ans. Ce sont les cancers les moins graves car ils ne donnent pas de métastases. Ils prennent l'aspect d'un bouton en relief de couleur rouge ou rosée, d'une petite tache rouge ou blanche avec une bordure surélevée ou alors d'une plaie qui ne cicatrise pas (*Figure 15*). Lorsque ces carcinomes sont traités précocement, ils guérissent dans plus de 90% des cas [22].



Figure 15 : Carcinome baso-cellulaire (abimelec.com)

2.3.2.4.2 Les carcinomes spino-cellulaires

Ces carcinomes se localisent principalement au niveau des zones les plus exposées au soleil et apparaissent le plus souvent après 60 ans. Ils concernent les cellules épineuses de la couche de Malpighi. On les retrouve sur des lésions préexistantes appelées kératoses actiniques. Ils débutent par une croûte blanche qui s'épaissit progressivement et s'ulcère pour former une plaie irrégulière à bordure surélevée (*Figure 16*). Leur évolution est principalement locale mais peut aboutir à une dissémination métastatique lymphatique ou viscérale. Lorsque ces carcinomes sont traités précocement, ils guérissent dans plus de 90% des cas [21].



Figure 16 : Carcinome spino-cellulaire (euromelanoma.org)

2.3.2.4.3 Les mélanomes

Les mélanomes sont les cancers cutanés les plus rares (4000 à 5000 nouveaux cas par an en France) mais les plus dangereux.

Ils se développent au dépend des mélanocytes. Leur fréquence est augmentée par l'exposition solaire et ils apparaissent principalement sur des zones de peau saine. Ils sont caractérisés par une tache de couleur brune ou noire de quelques millimètres, asymétrique avec des bordures irrégulières (*Figure 17*). Cette lésion évolue rapidement et se propage à d'autres organes en quelques semaines ou quelques mois. Lorsque le diagnostic est précoce, il peut être traité facilement par exérèse chirurgicale [23].



Figure 17 : Mélanome (futura-sciences.com)

Le diagnostic du mélanome se fait sur la base de 5 critères sémiologiques principaux dont les noms débutent par les 5 premières lettres de l'alphabet (*Tableau 2*).

	Grain de beauté	Mélanome
A symétrie	Plutôt rond et symétrique	Asymétrique 
B ords	Réguliers et géométriques	Irréguliers et dentelés 
C ouleur	Une seule	Inhomogène : brun clair au noir foncé 
D iamètre	Petite taille [< 6 mm]	Grande taille [> 6 mm]
E volution	Ne bouge pas	Evolutif dans sa taille (largeur), sa couleur ou son épaisseur

Tableau 2 : Les cinq critères de diagnostic précoce (melanome-amesa.com)

2.3.2.5 La photosensibilisation

La photosensibilisation est une réaction de la peau sous l'action des UV lors de la présence au niveau cutané d'une ou de plusieurs substances réagissant lors d'une irradiation solaire. Ces molécules sont appelées des chromophores et peuvent avoir diverses origines : médicaments, cosmétiques, végétaux...

2.3.2.5.1 La phototoxicité

La phototoxicité est une réaction chimique pouvant survenir chez n'importe quel individu dès lors que la peau se trouve en contact avec suffisamment de substance photoréactive. Elle apparaît sur la peau sous la forme d'une brûlure cutanée à type de « coup de soleil » ou d'une hyperpigmentation résiduelle au niveau des zones exposées au soleil (*Figure 18*) [24].



Figure 18 : Réaction phototoxique (atlasdermatologieprofessionnelle.fr)

Les molécules les plus phototoxiques sont la mousse de chêne, la 6-méthylcoumarine, certains composants du baume du Pérou et l'huile essentielle de Bergamote [25].

Les molécules phototoxiques par voie topique les plus courantes sont les psoralènes, les goudrons et les phénothiazines.

Par voie générale, la liste de ces substances est étendue. Il y a parmi les plus communs les psoralènes, les quinolones, les sulfamides, les sulfonilurées, les thiazidiques, les tétracyclines, de nombreux anti-inflammatoires ainsi que l'amiodarone [26].

2.3.2.5.2 La photoallergie

La photoallergie ne concerne à l'inverse que certains individus. C'est une réaction d'hypersensibilité cellulaire de type IV après une exposition aux rayons UV même minime. Lors de cette phase, le prohaptène irradié donne naissance à une forme radicalaire à la recherche d'un électron. Les protéines possédant des groupements riches en électrons (- , -SH) sont les cibles privilégiées donnant naissance après réaction à un haptène complet pris en charge par les cellules de Langerhans. La photoallergie apparaît sous la forme d'un eczéma ou d'une urticaire après une sensibilisation préalable à la molécule en cause (*Figure 19*).

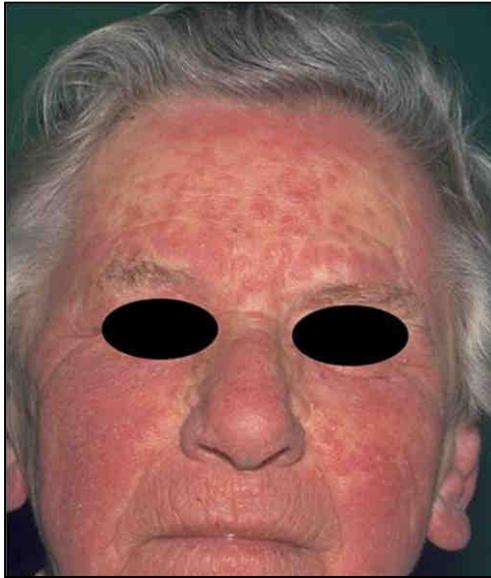


Figure 19 : Réaction photoallergique au niveau de la face (dermis.net)

Les allergènes les plus fréquemment rencontrés sont : les antiseptiques (triclosan, bithionol...), les végétaux, les médicaments (prométhazine, quinine, anti-inflammatoires non stéroïdiens type kétoprofène...), les cosmétiques (Fragrance mix, Baume du Pérou...), les filtres solaires (oxybenzone, acide para-aminobenzoïque...)... Il est à noter que pour cette raison, le baume du Pérou n'est plus utilisé actuellement en cosmétologie [24].

3 Les différents modes de photoprotection

3.1 La photoprotection naturelle

3.1.1 La barrière cutanée

La couche cornée exerce une action photoprotectrice par réflexion, diffraction et absorption des radiations lumineuses. Elle arrête 70% des UVB mais laisse passer les UVA. Cependant, il est à noter que l'efficacité de cette protection naturelle dépend essentiellement de la pigmentation des individus. Selon la classification de Fitzpatrick, il existe 4 phototypes principaux chez les caucasiens. Selon la mélanine produite, les individus seront plus ou moins bien protégés. La pilosité dans certaines régions du corps comme le cuir chevelu a également un effet photoprotecteur.

L'exposition aux UVB conduit à un épaissement de la couche cornée. On observe une augmentation du nombre et de l'épaisseur des couches de kératinocytes. Ces derniers exercent une photoprotection de l'organisme grâce aux mélanosomes phagocytés.

La mélanine (phaeomélanine et eumélanine) est un pigment produit par les mélanosomes au sein des mélanocytes. Elle absorbe 90% des UV ayant franchi la couche cornée. Elle joue également le rôle de tampon pour les radicaux libres formés dans les kératinocytes par absorption de photons [27].

On note cependant que les eumélanines absorbent totalement la lumière UV et exercent donc un réel pouvoir photoprotecteur. Lors d'une irradiation prolongée, elles se regroupent au-dessus du noyau des kératinocytes afin de protéger le matériel génétique de la cellule. A l'inverse, les phaeomélanines n'ont pas ou peu de rôle photoprotecteur et peuvent même générer des radicaux libres potentiellement mutagènes pour l'ADN [28].

D'autre part, il existe au sein de notre organisme des systèmes antioxydants, enzymatiques ou non, qui s'opposent à la surproduction des radicaux libres lors de l'exposition solaire de manière à maintenir le potentiel redox cellulaire à un niveau adapté à l'homéostasie cellulaire [29].

3.1.2 Les mécanismes de réparation cellulaire

L'absorption de photons par les chromophores les conduit à un état instable. Leur désactivation se fait par transfert d'énergie vers l'oxygène moléculaire, ce qui génère des espèces oxygénées réactives. Ces espèces sont responsables d'une agression cellulaire des lipides membranaires, de l'ADN et des protéines. Notons que la lésion spécifique des ultraviolets est la formation de dimères de thymidine au niveau de l'ADN.

Une base endommagée dans notre ADN va être repérée et induire une réaction cellulaire activant les mécanismes de réparation. Il est estimé qu'environ 25 000 bases sur les 3 millions sont endommagées quotidiennement.

On distingue plusieurs mécanismes de réparation cellulaire. Parmi eux, la photoréactivation consiste en la fixation d'une photolyase sur les photolésions. Après absorption de lumière visible, la T4 endonucléase catalyse la transformation des dimères en monomères.

De même, l'excision-réparation est un mécanisme de réparation cellulaire. Les anomalies de l'acide nucléique sont reconnues par une protéine spécialisée, la glycosylase. Cette étape permet l'activation d'un complexe protéique qui induit le déroulement de l'ADN par une hélicase. Ensuite, une endonucléase clive l'ADN et la zone altérée est excisée. Une polymérase synthétise le brin d'ADN complémentaire et la continuité de l'ADN est assurée par une ligase (Figure 20). Le système de réparation par excision de bases va réparer des lésions de bases mineures alors que le système de réparation par excision de nucléotides va réparer des lésions plus importantes entraînant des distorsions dans la molécule d'ADN [28].

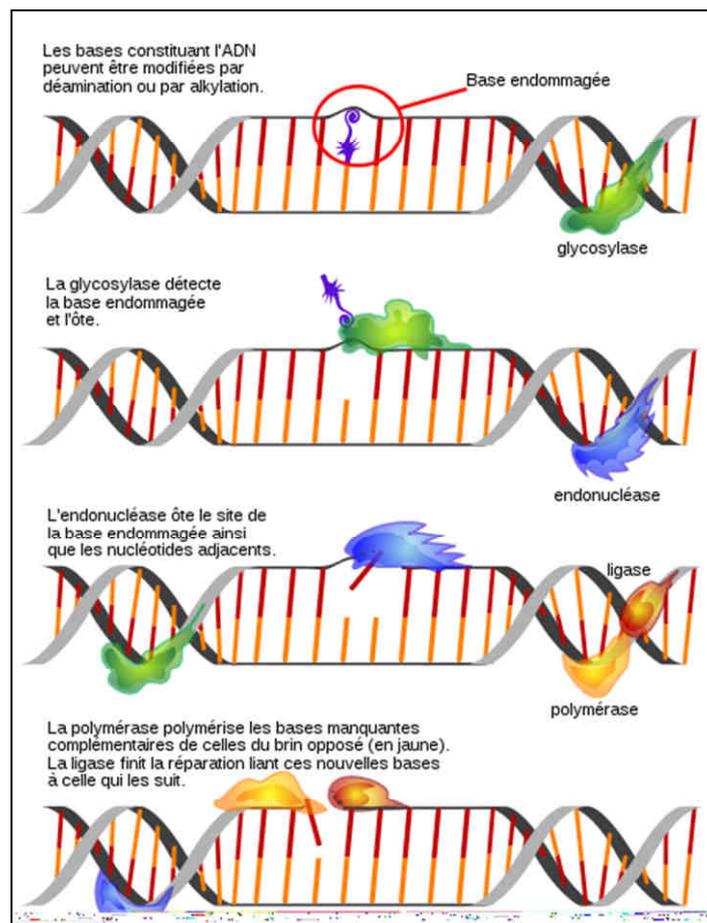


Figure 20 : système de réparation de l'ADN (cours-pharmacie.com)

3.2 La photoprotection topique

3.2.1 Les vêtements

Un habillement adapté constitue un filtre physique contre la pénétration des radiations néfastes.

Un chapeau à large bord protège les oreilles, le nez, le front et complète la protection offerte par les cheveux.

Le niveau de protection atteint à l'aide des vêtements est très variable selon la texture, la couleur, l'épaisseur... (Tableau 3). Le coefficient de protection peut ainsi varier de 2 pour une robe en polyester à plus de 1000 pour un jean. De nombreux résultats suggèrent que les vêtements les plus épais (jean, pull...) sont protecteurs alors que les vêtements légers portés sur la plage offrent une protection minimale. C'est un fait regrettable dans la mesure où c'est précisément sur la plage que l'exposition aux UV est la plus importante [30].

	Facteurs augmentant la protection	Facteurs diminuant la protection
Mode de tissage	Serré	Lâche
Epaisseur du tissu	Epais	Fin
Nature du textile	Jean Laine Synthétique	Coton Lin Acétate Rayonne
Taux d'humidité	Faible (Tissu sec)	Elevé (Tissu humide)
Lavage	Rétrécissement après lavage	Tissu mouillé
Type de vêtements	Ample	Moulant
Couleur	Sombre	Clair
Traitement	Avec un filtre UV à spectre large	Tissus non traités

Tableau 3 : Facteurs influençant l'effet photoprotecteur des vêtements [30]

Pour bénéficier d'une protection optimale contre les UV, il est recommandé d'utiliser des vêtements spécialement traités, surtout lors d'activités à forte exposition solaire comme les randonnées ou la plage. Depuis peu, certains fabricants de lessive songent à ajouter des filtres UV dans les poudres de lavage [31]. Cette mode est en provenance des Etats-Unis où de tels produits existent déjà.

Dans un souci de prévention des cancers cutanés, l'Union Européenne a décidé de mettre en place une norme sur les vêtements offrant une protection solaire. Un test unique et standardisé de mesure de la protection vis-à-vis du rayonnement solaire a donc été conçu. A partir de cette technique de mesure, le critère choisi pour une protection minimale est que tout vêtement de protection solaire ne doit pas transmettre plus de 5% des rayonnements UVB à travers ses fibres. Cette recommandation correspond à un facteur de protection solaire de 40. Il est désormais demandé à l'industrie textile de suivre cette norme EN-13758-2 pour la production de vêtements présentés comme assurant une protection solaire [32].

En France, différentes sociétés proposent des vêtements photoprotecteurs comme Mayo Parasol® ou Décathlon®.

3.2.2 Les produits solaires

3.2.2.1 Définition

Il existe deux types de molécules protégeant des radiations UV : les filtres organiques et les écrans également appelés filtres inorganiques.

Les filtres organiques sont des substances de synthèse, constitués de groupements chromophores. Ils absorbent l'énergie lumineuse à différentes longueurs d'onde selon leur spectre.

Seulement 25 filtres UV sont autorisés dans les produits solaires. Ils sont inscrits sur une liste positive où est indiquée une concentration maximale autorisée (Directive 76/768/CEE modifiée) (*Tableau 4*).

Le plus souvent, on associe plusieurs filtres organiques entre eux. De cette façon, on diminue la concentration de chaque filtre et on obtient un produit solaire à large spectre. La capacité de protection vis-à-vis des rayonnements UV augmente par association de filtres hydrosolubles et liposolubles. Les produits de protection solaire bio ainsi que les produits solaires minéraux ne contiennent pas de filtres organiques.

Les filtres inorganiques, ou écrans, sont des poudres inertes qui réfléchissent et diffusent les rayonnements ultraviolets, visibles et infrarouges. On dispose du dioxyde de titane et de l'oxyde de zinc. En diminuant la granulométrie de l'oxyde de zinc et du dioxyde de titane, on facilite l'application du produit solaire et on diminue les traces blanches. De plus, cela induit une augmentation de l'efficacité protectrice.

Au final, un produit solaire se compose d'une association de filtres et d'écrans, d'additifs et d'excipients. La forme galénique de la préparation peut être une solution (eau, huile), une émulsion (lait, crème) ou un gel. Notons que les sticks composés exclusivement de corps gras sont les formes les plus protectrices.

La photostabilité est une des qualités essentielles d'un produit solaire. Celui-ci ne doit pas être dégradé au cours de l'irradiation solaire. De même, l'absorption photonique ne doit pas générer de photoproduits. Certains filtres se dégradent à la lumière. C'est pour éviter ce phénomène que l'on combine plusieurs filtres entre eux. Un produit solaire doit également être rémanent. C'est pourquoi, il doit résister à l'eau et à la sudation.

Nom INCI	Cmax autorisé	Conditions d'emploi et avertissement à reprendre sur l'emballage
Camphor benzalkonium methosulfate	6%	
Homosalate	10%	
Oxybenzone	10%	Contient de l'oxybenzone
Phenylbenzimidazole sulfonic acid	8% (en acide)	
Terephtalydene dicamphor sulfonic acid	10% (en acide)	
Butylmethoxydibenzoylmethane	5%	
Benzylidene camphor sulfonic acid	6% (en acide)	
Octocrylene	10% (en acide)	
Polyacrylamidomethylbenzylidene camphor	6%	
Ethyl hexyl methoxycinnamate	10%	
PEG-25 PABA	10%	
Isoamyl p-methoxycinnamate	10%	
Octyl triazone	5%	
Drometrizole trisiloxane	15%	
Diethylhexylbutamidotriazone	10%	
4 -methylbenzylidene camphor	4%	
Octylsalicylate	5%	
Octyl dimethyl PABA	8%	
Benzophenone-4 et 5	5% (en acide)	
Methylene bis-benzotriazolyl tetramethylbutylphenol	10%	
Bisimidazylidate	10% (en acide)	
Anisotriazine	10%	
Polysilicone 15	10%	
Titanium dioxide	25%	
Diethylamino hydroxybenzoyl hexyl benzoate	10%	

La mention « contient de l'oxybenzone » n'est pas exigée si la concentration est égale ou inférieure à 0,5% et si la substance n'est utilisée que pour protéger le produit.

Tableau 4 : Liste des filtres UV autorisés en Europe dans les produits solaires

3.2.2.2 Réglementation des produits solaires

3.2.2.2.1 Notion de SPF et mode de détermination

La mesure du SPF (Sun Protection Factor) ou FPS (Facteur de Protection Solaire) ou IP (Indice de Protection) est basée sur la méthode de Schulze. Le SPF permet de connaître le niveau de protection atteint par un produit solaire et ce dans le domaine UVB. Cette technique est réalisée *in vivo* et la méthode est proposée par le COLIPA (Comité de liaison des industries de la parfumerie).

$$\text{SPF} = \frac{\text{Dose Erythématogène Minimale (D.E.M.) avec produit}}{\text{Dose Erythématogène Minimale (D.E.M.) sans produit}}$$

La sélection des volontaires répond à quelques obligations : les sujets doivent être âgés de 18 à 55 ans, être de phototype I, II ou III selon la classification de Fitzpatrick, être affiliés à un régime de sécurité sociale, ne pas présenter de terrain atopique, ni de troubles de la pigmentation. Le nombre de personnes inclus dans l'étude est compris entre 10 et 20.

Des zones sont tatouées de part et d'autre de la colonne vertébrale. L'application de produits solaires se fait au doigtier à raison de 2 mg/cm² de peau. Après application, un temps de repos de 15 minutes est observé. On expose, ensuite, chaque zone à des radiations croissantes (progression géométrique de raison 1,5) produite par une lampe à arc de xénon (*Figure 21*). La détermination de la Dose Erythématogène Minimale (D.E.M.) est effectuée 24h après l'irradiation [33].



Figure 21 : Détermination du SPF *in vivo* (parsonalcaremagazine.com)

En parallèle des produits testés destinés à être mis sur le marché, il est important d'appliquer un standard pour vérifier que les valeurs obtenues sont comprises dans les intervalles de confiance. Il s'agit désormais d'une norme internationale (norme ISO 24444 : 2010).

3.2.2.2 Détermination de l'efficacité dans l'UVA

3.2.2.2.1 *Le PUVAtest*

Le PUVAtest reposait sur l'effet phototoxique des psoralènes. On administrait aux volontaires, par voie orale ou locale, une préparation à base de psoralène puis on irradiait la peau avec une lampe UVA (peau avec et sans crème solaire). Pour des raisons éthiques bien compréhensibles, cette méthode est aujourd'hui abandonnée.

3.2.2.2.2 *La méthode Chardon*

Cette méthode est basée sur le phénomène de Meirowski. On distingue deux méthodes selon le temps de latence entre irradiation et mesure : la méthode IPD (Immediate Pigment Darkening) qui nécessite une mesure directe et la méthode PPD (Persistent Pigment Darkening) qui implique une mesure différée de 2 heures après irradiation des sujets [34,35].

On utilise comme source d'émission une lampe à arc xénon munie d'un filtre vis-à-vis des UVB ou à halogénures. L'irradiation des volontaires se fait dans l'UVA (entre 320 et 400 nm).

Les pré-requis concernant le choix des volontaires sont identiques à ceux utilisés pour la détermination du SPF à l'exception du type de peau. Les individus testés doivent être de phototypes III et IV pour être aptes à développer un hâle du soir.

Des doses croissantes de radiations UVA (selon une progression géométrique de raison 1,5) sont appliquées sur le dos des volontaires. La lecture est effectuée après avoir éliminée le produit solaire pour ne pas masquer la pigmentation par des traces blanches résiduelles.

On détermine ensuite la DPIM (Dose Pigmentante Immédiate Minimum) ou la DPPM (Dose Pigmentante Persistante Minimum) qui sont les plus petites doses d'UVA capables de produire une pigmentation perceptible, non ambiguë, aux contours nettement définis immédiatement et 2 heures après irradiation.

On en déduit le facteur de protection UVA :

- méthode IPD :

$$FP-UVA = \frac{DPIM \text{ peau protégée}}{DPIM \text{ peau non protégée}}$$

- méthode PPD :

$$FP-UVA = \frac{DPPM \text{ peau protégée}}{DPIM \text{ peau non protégée}}$$

3.2.2.2.3 Règles d'étiquetage

Selon les recommandations de l'Agence Française de Sécurité Sanitaire des Produits de Santé (AFSSaPS), une valeur de SPF doit être mentionnée sur l'étiquetage. De plus, le ratio SPF/FP-UVA doit être inférieur ou égal à 3 et la longueur d'onde critique (λ_c) doit être supérieure à 370 nm pour qu'un produit solaire soit considéré comme conforme. λ_c est la longueur d'onde en-dessous de laquelle 90% de l'absorption du produit est assurée. Ces 2 dernières valeurs permettent de s'assurer que la protection solaire dans le domaine UVB n'est pas excessive par rapport à celle dans le domaine UVA.

L'étiquetage des produits solaires est réglementé. Toute les valeurs de SPF ne sont pas affichables (Tableau 5).

Catégorie indiquée	Facteur de protection indiqué	Facteur de protection solaire mesuré
Faible protection	6	6-9,9
	10	10-14,9
Protection moyenne	15	15-19,9
	20	20-24,9
	25	25-29,9
Haute protection	30	30-49,9
	50	50-59,9
Très haute protection	50+	>60

Tableau 5 : Conditions d'étiquetage des produits de protection solaire (Afssaps.fr)

Le Colipa recommande l'usage d'un sigle pour matérialiser la protection dans le domaine UVA (Figure 22).



Figure 22 : Le logo UVA

La catégorie de protection solaire doit être mentionnée en toutes lettres sur l'emballage pour permettre au consommateur un choix éclairé.

Par ailleurs, des mentions particulières doivent figurer sur l'emballage ou la notice afin de permettre une utilisation optimale du produit et de limiter les comportements à risque :

- l'application d'un protecteur solaire se fait avant l'exposition au soleil,
- le produit solaire doit être appliqué en quantité suffisante sur la totalité des parties du corps exposées au soleil,
- les produits solaires ne protègent pas à 100% du soleil, il ne faut donc pas se surexposer même si l'on s'est protégé. Il faut éviter l'exposition solaire entre 12 heures et 16 heures lorsque le soleil est le plus fort,
- l'application d'un produit de protection solaire ne dispense pas de mettre un chapeau, un vêtement protecteur ou de se protéger sous un parasol lorsque l'on est en plein soleil,
- les bébés et les enfants ne doivent jamais être exposés au soleil même avec une très haute protection solaire,
- il est nécessaire de renouveler fréquemment l'application (environ toutes les 2 heures) surtout si l'on se baigne, transpire ou s'essuie avec une serviette,
- la surexposition au soleil est une menace pour la santé.

4 Les filtres solaires

4.1 Les filtres inorganiques ou écrans

Les filtres inorganiques réfléchissent et dispersent les radiations UV et visibles par la formation sur la peau d'un film de particules métalliques inertes constituant une barrière opaque. Ces molécules sont photostables ce qui représente une supériorité par rapport aux filtres organiques [36].

Les écrans minéraux semblent pouvoir prévenir des maladies liées à la photosensibilité induite par la lumière visible et ne pas provoquer de réactions de sensibilisation. Mais la diminution de la taille des particules risque de provoquer un phénomène de passage transdermique se traduisant par une toxicité systémique potentielle. Aucune étude n'a pour l'instant montré de phénomènes de pénétration transdermique du dioxyde de titane (TiO_2). L'oxyde de zinc (ZnO), quant à lui, pénètre de façon limitée dans la peau du fait de sa faible solubilité [37].

Le problème principal de ces filtres est leur caractère opaque et occlusif qui limite leur utilisation. Ils ne peuvent donc pas être incorporés en trop grande quantité si l'on souhaite obtenir un produit facile à appliquer. De forts taux de TiO_2 et/ou de ZnO conduisent à l'obtention de pâtes inacceptables d'un point de vue galénique. La micronisation et l'encapsulation des molécules a permis d'améliorer les caractères organoleptiques des produits formulés à partir de filtres inorganiques. Pour éviter le phénomène d'agglomération des particules réduisant leur activité, un enrobage est réalisé [38].

Le dioxyde de titane et l'oxyde de zinc sont des photoprotecteurs à large spectre qui offrent une bonne protection contre l'immunosuppression induite par les UVB chez l'homme.

Le dioxyde de titane est le filtre inorganique le plus utilisé. Il ne permet d'atteindre lorsqu'il est utilisé à 25% qu'un SPF de 5. Ce SPF atteint 40 quand ce filtre est utilisé sous sa forme micronisée. La dose maximum de dioxyde de titane dans un produit solaire ne doit pas dépasser 25%. Cette valeur n'est jamais atteinte pour des raisons d'ordre galénique.

L'oxyde de zinc est moins efficace et moins facile à incorporer dans les émulsions. Son SPF atteint 10 pour une dose d'emploi de 25% sous sa forme micronisée.

4.2 Les filtres organiques

4.2.1 Généralités

Les filtres organiques sont des ingrédients capables d'absorber les radiations solaires du fait de la présence d'un groupement chromophore. Ils sont constitués d'une alternance de simples et de doubles liaisons, soit dans un cycle aromatique, soit en configuration aliphatique. Leur structure possède en général deux groupements fonctionnels, l'un donneur et l'autre accepteur d'électrons. Les UV activent les électrons de la molécule qui passe d'un état fondamental à un état excité. Lors du retour à un état stable, il y a émission d'énergie sous forme d'une faible quantité de chaleur ou de radiations fluorescentes [39].

Les filtres ne possèdent pas de capacités d'absorption dans le visible et ne peuvent pas arrêter tous les rayons UV. Les filtres organiques sont généralement incolores et forment un film mince et invisible sur la peau, ce qui est acceptable d'un point de vue cosmétique [40].

Chaque filtre protège dans une plage donnée de longueurs d'onde. Par conséquent, un filtre est défini par sa longueur d'onde maximale d'absorption (λ_{\max}) et par son coefficient d'absorption molaire à la longueur d'onde maximale d'absorption (ϵ). Il faut donc associer plusieurs filtres entre eux pour obtenir une large protection vis-à-vis des UV [41].

4.2.2 Les filtres UVB à spectre étroit

4.2.2.1 Les dérivés de l'acide para-amino benzoïque

Le premier filtre synthétisé a été l'acide para-amino benzoïque ou PABA (*Figure 23*). Il a été retiré du marché depuis 2008 du fait de son effet allergisant. Cette molécule est susceptible de provoquer des allergies de photocontact et des maladies auto-immunes comme le lupus érythémateux. De plus, il a été rapporté que la décomposition du PABA pouvait aboutir à la formation de nitrosamine, une molécule impliquée dans le processus de carcinogenèse [39]. Ce filtre peut également provoquer une réaction d'allergie croisée avec les sulfamides, les anesthésiques locaux, les diurétiques thiazidiques, la saccharine, le cyclamate de sodium et certaines teintures capillaires [40].

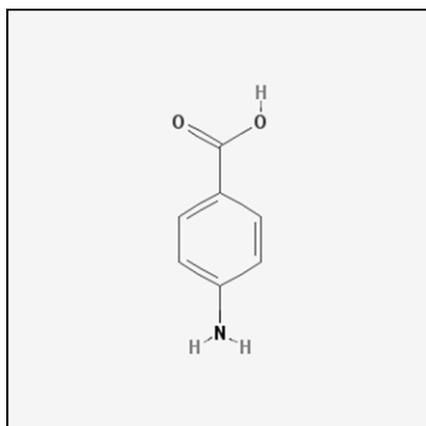


Figure 23 : Formule du PABA (pubchem.ncbi)

Deux dérivés de PABA sont en revanche toujours utilisés actuellement. L'octyle diméthyle PABA (Figure 24) ($\lambda_{\max} = 309 \text{ nm}$) permet d'obtenir un SPF de 9 pour une concentration dans le produit de 8%. C'est le dérivé du PABA le plus efficace. Il possède une bonne stabilité thermique et il est relativement bien toléré. C'est une molécule substantive, c'est-à-dire qu'elle se fixe fortement sur la peau [10]. L'octyle diméthyle PABA est relativement stable lorsqu'il est irradié par les UVB mais il se décompose rapidement en présence d'UVA. La photodégradation de cette molécule conduit à un état excité très polaire [42].

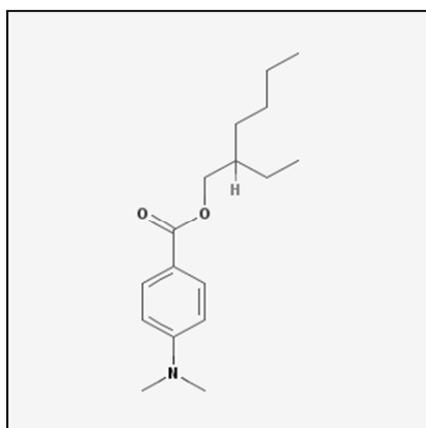


Figure 24 : Formule de l'octyle diméthyle PABA (pubchem.ncbi)

Le PEG-25-PABA (Figure 25) ($\lambda_{\max} = 308 \text{ nm}$) est le deuxième dérivé disponible. Utilisé à 10%, il permet d'atteindre un niveau de protection faible (SPF = 4). Ce filtre n'est ni toxique ni allergisant mais il est capable de pénétrer faiblement à travers la peau. Une étude a montré qu'une partie du PEG-25-PABA appliqué sur la peau se retrouve en faible quantité dans les urines [43].

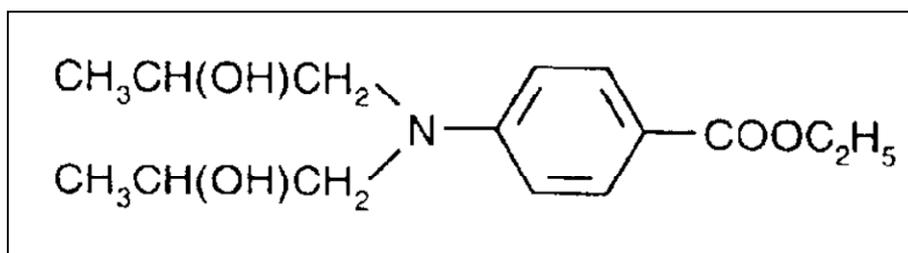


Figure 25 : Formule du PEG-25-PABA (data.epo.org)

Ce sont des filtres hydrosolubles qui possèdent donc un grand intérêt dans la formulation des produits solaires.

Les dérivés du PABA autorisés dans les produits de protection solaire par la législation européenne sont présentés *Tableau 6*.

Nom chimique	Nom INCI	Noms commerciaux
4-diméthyl-amino-benzoate de 2-éthylhexyle	Octyldiméthyl PABA	Escalol 507® Eusolex 6007® Uvasorb DMO®
4-bis-polyéthoxy aminobenzoate d'éthyle	PEG-25 PABA	Unipabol U-17® Uvinul P-25®

Tableau 6 : Les différentes dénominations des dérivés du PABA

4.2.2.2 Les cinnamates

Ce sont des esters dont seulement 2 sont autorisés par la législation européenne : l'octylméthoxycinnamate (OMC) et l'isoamyle 4-méthoxycinnamate.

L'OMC (*Figure 26*) est très efficace et bien toléré. Il permet d'obtenir une unité SPF par pourcentage d'incorporation. Sa longueur d'onde maximale d'absorption est de 310 nm [10].

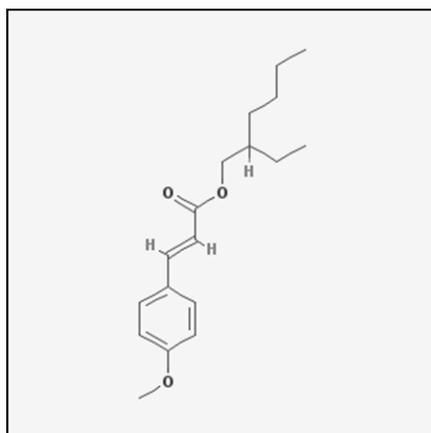


Figure 26: Formule de l'octylméthoxycinnamate (pubchem.ncbi)

C'est un filtre pratiquement inodore, incolore, limpide et huileux. Il est liposoluble et constitue un très bon solvant pour l'avobenzène (filtre UVA). De plus, cette molécule est très stable et compatible avec la plupart des matières premières utilisées en cosmétique.

En revanche, ce composé n'est pas photostable et possède une faible substantivité. Il se dégrade rapidement lors d'une exposition solaire entraînant une diminution de son efficacité [43]. Sa photostabilité peut être augmentée par association avec d'autres filtres organiques. On peut donc utiliser les combinaisons suivantes:

- OMC, benzophénone-3 et octocrylène ;
- OMC, avobenzène et octocrylène ;
- OMC, benzophénone-3 et octyle salicylate [44].

L'OMC ne provoque quasiment pas de réactions allergiques, photoallergiques, ou d'effets phototoxiques [45]. Ce filtre présente une pénétration transcutanée très faible (*in vitro*) ce qui limite sa toxicité systémique [46].

L'isoamyle 4-méthoxycinnamate (*Figure 27*) est beaucoup moins utilisé. Sa longueur d'onde maximale d'absorption est identique à celle de l'OMC. Il permet d'obtenir à une concentration maximale de 10%, un SPF de 15 [10].

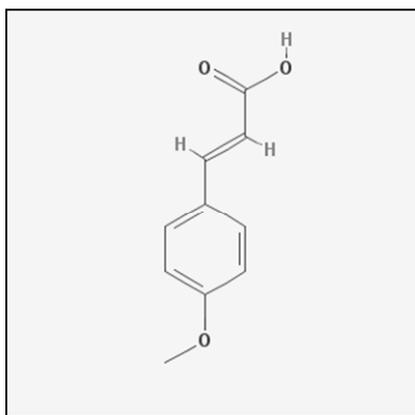


Figure 27 : Formule de l'isoamyle 4-méthoxycinnamate (pubchem.ncbi)

Les cinnamates autorisés dans les produits de protection solaire par la législation européenne sont présentés *Tableau 7*.

Nom chimique	Nom INCI	Noms commerciaux
4-méthoxycinnamate de 2-éthylhexyle	Ethylhexyl méthoxycinnamate	Escalol 557® Eusolex 2292® NeoHeliopan AV® Parsol MCX® Uvinul MC 80®
p-méthoxy cinnamate d'isopentyle	Isoamyl p-méthoxycinnamate	NeoHeliopan E 1000®

Tableau 7 : Les différentes dénominations des cinnamates

4.2.2.3 Les salicylates

Les salicylates sont des filtres liposolubles d'activité médiocre mais présentant une bonne tolérance. Ils ne sont quasiment plus utilisés à l'heure actuelle. Leur emploi permet uniquement l'augmentation de l'efficacité des autres filtres comme l'oxybenzone ou l'avobenzonone en limitant leur dégradation [41]. Ils sont également couramment employés pour solubiliser d'autres filtres lipophiles [47].

L'homosalate (*Figure 28*) ($\lambda_{\max} = 306 \text{ nm}$) est le filtre de référence pour le calcul des indices de protection solaire préconisé par la FDA. Sa concentration maximale d'emploi est de 10% et le SPF à cette dose est de 4 [10].

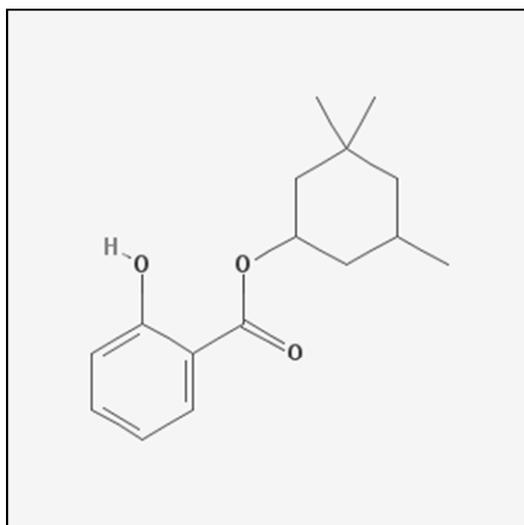


Figure 28 : Structure de l'homosalate (pubchem.ncbi)

L'octylsalicylate (Figure 29), intégré à 5% dans les produits solaires, ne permet d'obtenir qu'un SPF de 3 pour une concentration de 10%. Sa longueur d'onde maximale d'absorption est identique à celle de l'homosalate [10].

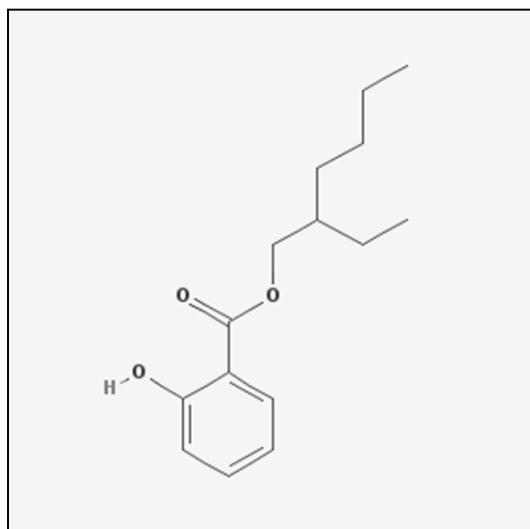


Figure 29 : Structure de l'octylsalicylate (pubchem.ncbi)

Les salicylates autorisés dans les produits de protection solaire par la législation européenne sont présentés *Tableau 8*.

Nom chimique	Nom INCI	Noms commerciaux
Salicylate de 2-éthylhexyle	Homosalate	Eusolex HMS® NeoHeliopan HMS®
2-éthylhexyle-2-hydroxybenzoate	Ethylhexyl salicylate	Escalol 587® NeoHeliopan OS® Eusolex OS®

Tableau 8 : Les différentes dénominations des salicylates

4.2.2.4 Les dérivés du benzylidène camphre

Ils sont au nombre de 7. Parmi eux, on trouve 5 filtres brevetés l'Oréal dont un à spectre UVA (Mexoryl SX®) et un à spectre large (Mexoryl XL®) qui seront abordés plus loin. Les deux filtres non brevetés sont le 4-méthylbenzylidène camphre et le 3-benzylidène camphre. Les 3 filtres l'Oréal sont le méthosulfate camphre de benzalkonium (Mexoryl SO®), le polyacrylamidométhyl benzylidène camphre (Mexoryl SW®) et l'acide benzylidène camphre sulfonique (Mexoryl SL®).

Le 4-méthylbenzylidène camphre (*Figure 30*) ($\lambda_{\max} = 301 \text{ nm}$) est fort peu utilisé. Il est d'ailleurs assez peu efficace étant donné le faible pourcentage d'emploi (4%) autorisé.

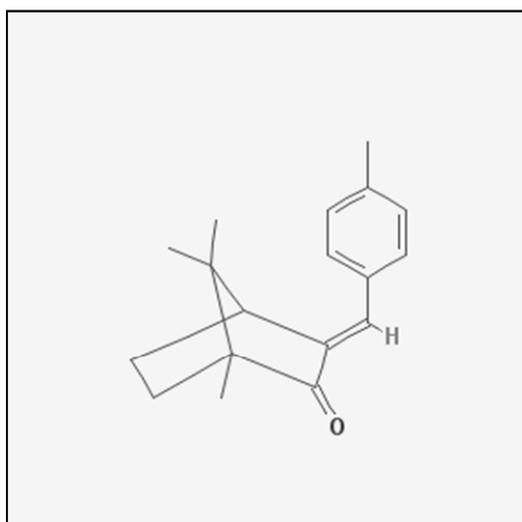


Figure 30 : Structure chimique du 4-méthylbenzylidène camphre (pubchem.ncbi)

Le 3-benzylidène camphre (*Figure 31*) est la molécule réputée la plus oestrogénique. Elle a été interdite dans la composition des produits de protection solaire depuis août 2011. Cette molécule se présente sous la forme d'une poudre blanche liposoluble.

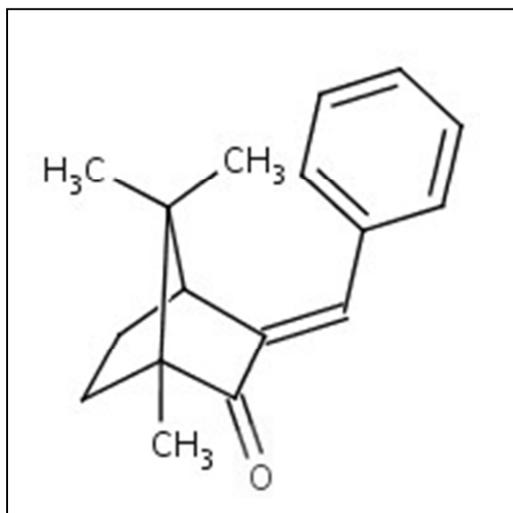


Figure 31 : Structure chimique du 3-benzylidène camphre (ispharm.com)

Le méthosulfate camphre de benzalkonium (Mexoryl SO®) a une concentration maximale d'emploi de 6% au sein d'un produit de protection solaire (*Figure 32*).

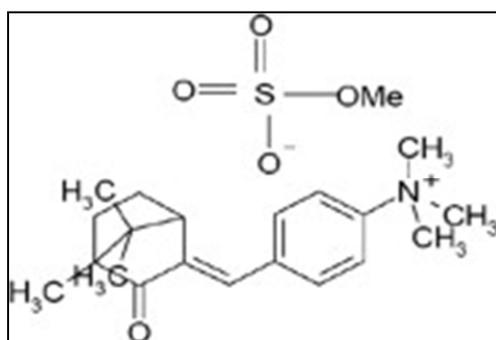


Figure 32 : Structure chimique du Mexoryl SO® (sciencedirect.com)

Le polyacrylamidométhyl benzylidène camphre (Mexoryl SW®) a une concentration maximale d'emploi de 6% au sein d'un produit de protection solaire.

L'acide benzylidène camphre sulfonique (Mexoryl SL®) a une concentration maximale d'emploi de 6% au sein d'un produit de protection solaire (Figure 33).

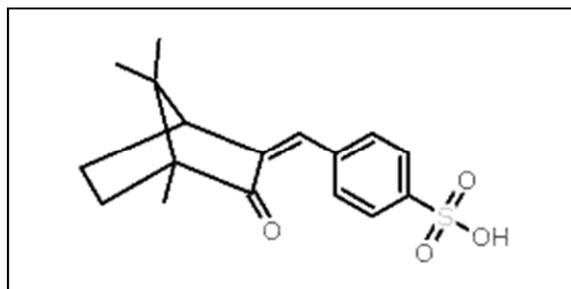


Figure 33 : Structure chimique du Mexoryl SL® (chemse.com)

On notera tout de même que très peu d'informations sur ces 3 filtres brevetés par l'Oréal® sont disponibles.

Les dérivés du benzylidène camphre à spectre UVB étroit autorisés dans les produits de protection solaire par la législation européenne sont présentés *Tableau 9*.

Nom chimique	Nom INCI	Noms commerciaux
1,7,7-triméthyl-3-4-((méthylphényl)méthylène)bicyclo(2,2,1)heptane-2-one	4-methylbenzylidene camphor	Eusolex 6300® NeoHeliopan MBC®
Acide α-(2-oxoborn-3-ylidène) toluène-4-sulfonique	Benzylidene camphor sulfonic acid	Mexoryl SL®
Sulfate de méthyle de N,N,N-triméthyl-[(oxo-2 bornylidène-3) méthyle]-4 anilinium	Camphor benzalkonium methosulfate	Mexoryl SO®
N-[-[(oxoborn-2 ylidène-3)-méthyl] (2 et 4)-benzyl]-acrylamide polymère	Polyacrylamidomethyl benzylidene camphor	Mexoryl SW®

Tableau 9 : Les différentes dénominations des dérivés du benzylidène camphre

4.2.2.5 Les dérivés du benzimidazole

Le seul dérivé du benzimidazole autorisé dans la formulation des produits de protection solaire est l'acide phénylbenzimidazole sulfonique (*Figure 34*) ($\lambda_{\max} = 305,5 \text{ nm}$). C'est un filtre efficace permettant d'obtenir une unité SPF par pourcentage d'emploi. Cette molécule est très bien tolérée [37].

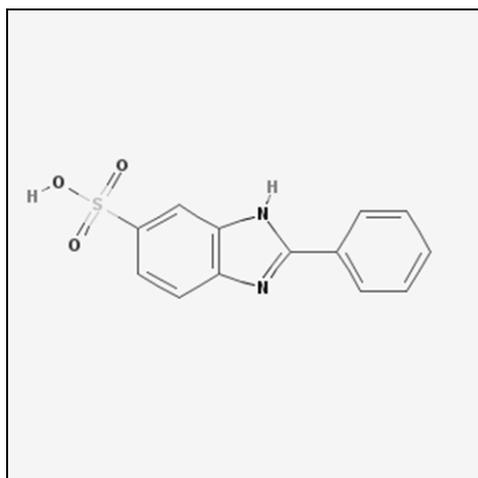


Figure 34 : Structure chimique de l'acide phénylbenzimidazole sulfonique (pubchem.ncbi)

Ce filtre est peu soluble dans l'eau sous sa forme acide. Il est donc utilisé sous sa forme salifiée par une base type potasse ou triéthanolamine [46]. On associe également ce filtre avec d'autres filtres organiques et inorganiques liposolubles pour augmenter l'efficacité des produits solaires [41].

Un seul dérivé du benzimidazole est autorisé dans les produits de protection solaire par la législation européenne (*Tableau 10*).

Nom chimique	Nom INCI	Noms commerciaux
Acide 2-phénylbenzimidazole 5-sulfonique	Phénylbenzimidazole sulfonic acid	Eusolex 232® NeoHeliopan Hydro® Parsol HS®

Tableau 10 : Les différentes dénominations des dérivés du benzimidazole

4.2.2.6 L'octocrylène

L'octocrylène est un dérivé de l'acide acrylique (Figure 35). C'est une molécule récemment apparue sur le marché français (1995) mais dont l'utilisation est en constante augmentation. Il est devenu l'un des filtres solaires organiques les plus répandus dans les produits de protection solaire à l'heure actuelle. Il est très efficace avec un SPF de 10 pour une dose d'emploi maximale de 10% et un λ_{\max} à 304 nm.

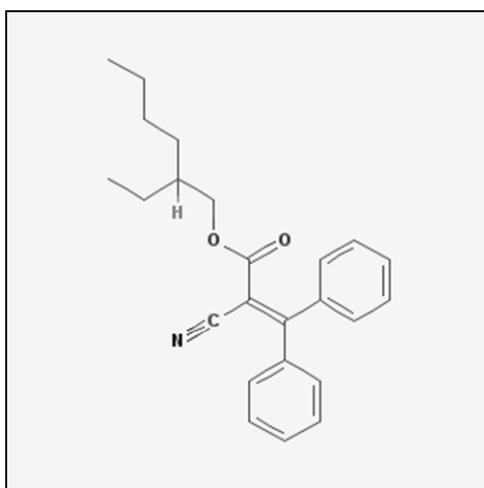


Figure 35 : Structure chimique de l'octocrylène (pubchem.ncbi)

Il a également pour intérêt d'améliorer la photostabilité des produits solaires lorsqu'il est associé à d'autres filtres organiques [41]. C'est notamment un bon photostabilisateur de l'avobenzone, de l'OMC et de la benzophénone-3 [44].

Les différentes dénominations de l'octocrylène sont présentées *Tableau 11*.

Nom chimique	Nom INCI	Noms commerciaux
2-Ester éthylhexylique de l'acide 2-cyano 3,3-diphénylacrylique	Octocrylene	Eusolex OCR* NeoHeliopan 303* Parsol 340* Escalol 597* Uvinul N539-SG*

Tableau 11 : Les différentes dénominations de l'octocrylène

4.2.2.7 Les triazines

Deux de ces filtres constituent des filtres UVB utilisés dans les produits solaires, l'éthylhexyle triazone (Figure 36) avec une concentration maximale d'emploi de 5% (SPF = 8) et la diéthylhexyle butamido triazone (Figure 37) avec une concentration maximale d'emploi de 10% et un SPF de 12. Ces deux molécules présentent une bonne efficacité avec un spectre d'absorption étroit et une longueur d'onde maximale d'absorption située au voisinage de 310 nm [45]. Deux autres de ces filtres sont des filtres UVB à large spectre (les Tinosorb®) qui seront abordés ultérieurement.

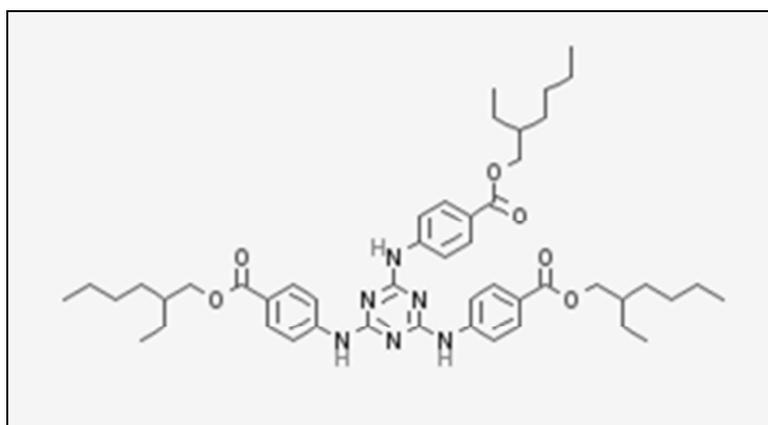


Figure 36 : Structure chimique de l'éthylhexyle triazone (pubchem.ncbi)

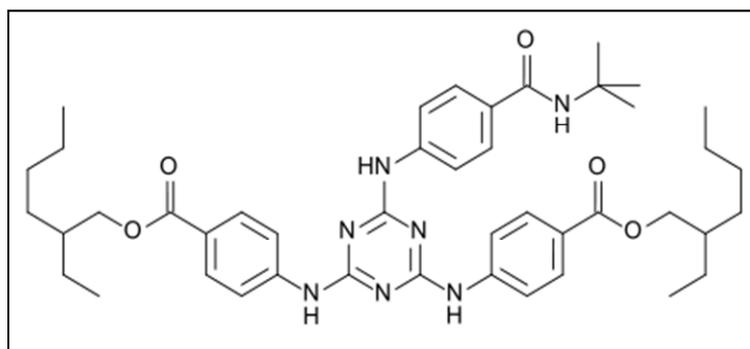


Figure 37 : Structure chimique de la diéthylhexyle butamido triazone (chemnet.com)

L'un des inconvénients majeurs de ces deux filtres réside dans le fait qu'ils sont très peu solubles dans les huiles.

Les triazines autorisées dans les produits de protection solaire par la législation européenne sont présentées *Tableau 12*.

Nom chimique	Nom INCI	Noms commerciaux
Ester tris(2-éthylhexylique) de l'acide 4,4',4'-(1,3,5-triazine-2,4,6-triyltriimino) trisbenzoïque	Octyltriazone	Uvinul T 150®
Ester bis(2-éthylhexylique) de l'acide 4,4'-[[6[[4-[[[1,1-diméthyléthyl) amino] carbonyl] phényl] amino]-1,3,5-triazine-2,4-diyl] diimino] bisbenzoïque	Diethylhexyl butamido triazone	Uvasorb HEB®

Tableau 12 : Les différentes dénominations des triazines

4.2.2.8 La polysilicone-15

La polysilicone-15 (*Figure 38*) ($\lambda_{\max} = 313 \text{ nm}$) est un filtre UVB récent, autorisé dans les produits de protection solaire en Europe depuis avril 2002. Sa concentration maximale d'emploi est de 10%. A cette concentration, on observe un SPF de 4.

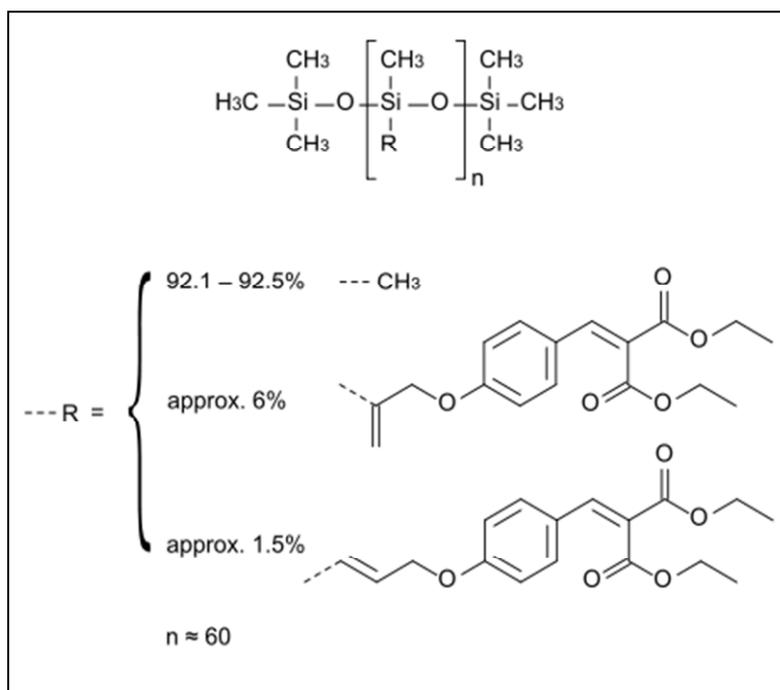


Figure 38 : Structure chimique de la polysilicone-15 (pubchem.ncbi)

Elle se présente sous la forme d'un liquide limpide, de couleur jaune pâle, miscible aux huiles. Elle est intéressante sur le plan cosmétique car elle offre un effet velouté au produit final. Ce filtre est également un photostabilisateur efficace de l'avobenzone [45].

Cette molécule est sûre d'emploi, elle n'est ni photoallergisante ni phototoxique. Ce filtre ne pénètre pratiquement pas dans la peau. Une étude *in vitro* a montré qu'au bout de 16 heures, il reste sur la peau plus de 98% de la polysilicone-15 intégrée à 5% dans une émulsion [45].

Les différentes dénominations de la polysilicone-15 sont présentées *Tableau 13*.

Nom chimique	Nom INCI	Noms commerciaux
Diméthycodidéthylbenzalmalonate	Polysilicone-15	Parsol SLX®

Tableau 13 : Les différentes dénominations de la polysilicone-15

4.2.3 Les filtres UVA

4.2.3.1 Les dérivés du dibenzoylméthane

Ce sont des filtres qui absorbent principalement dans le domaine UVA.

Le seul dérivé utilisé est l'avobenzone ou butyl méthoxydibenzoylméthane (BMDBM) (Figure 39). Ce filtre présente une longueur d'onde maximale d'absorption de 358 nm et un facteur de protection dans l'UVA de 4 lorsqu'il est utilisé à la dose de 5%. C'est une molécule liposoluble que l'on retrouve dans tous les produits solaires comme principal filtre contre les UVA. L'avobenzone se présente sous la forme d'une poudre cristalline jaune et inodore.

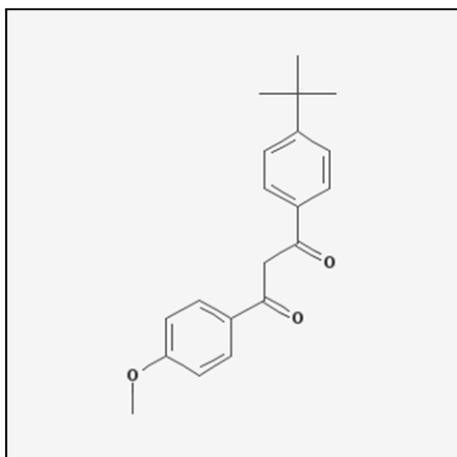


Figure 39 : Structure chimique de l'avobenzone (pubchem.ncbi)

Cette molécule n'est pas photostable et ses capacités photoprotectrices décroissent de 50 à 60% après seulement une heure d'exposition solaire [41]. L'avobenzone peut être stabilisée par association avec d'autres filtres photostables comme l'octocrylène par exemple. On peut également utiliser comme photostabilisants le 4-méthylbenzylidène camphre ou l'anisotriazine [46]. Une autre méthode permettant d'augmenter la photostabilité de l'avobenzone est de l'inclure dans une β -cyclodextrine, en solution ou à l'état solide [48].

La photolabilité de l'avobenzone augmente en présence de filtres inorganiques comme l'oxyde de zinc et le dioxyde de titane et elle peut jaunir avec certains types de Ti micronisés. Cette interaction peut être limitée par un enrobage des particules ou en utilisant des agents chélateurs comme l'EDTA. Les fabricants d'avobenzone déconseillent également d'incorporer ce filtre dans des formules contenant des sels ferreux, des esters de PABA ou du formaldéhyde [45].

Le *tableau 14* regroupe les différentes dénominations de l'avobenzone.

Nom chimique	Nom INCI	Noms commerciaux
4-ter-butyl-4'méthoxy-dibenzoylméthane	Butyl methoxy dibenzoylmethane	Escalol 515® Eusolex 9020® NeoHeliopan357® Nuvigard AB 1100® Parsol 1789®

Tableau 14 : Les différentes dénominations de l'avobenzone

4.2.3.2 *Le diéthylamino hydroxybenzoyl hexyl benzoate*

Ce filtre UVA (*Figure 40*) ($\lambda_{\max} = 354 \text{ nm}$) est autorisé dans les produits de protection solaire en Europe. Cependant, il est très peu utilisé en pratique. En raison de son point de fusion de 54°C, ce produit cristallise et doit être chauffé à 70°C afin de réaliser un produit fini homogène. Il forme alors un liquide jaune visqueux. Sa concentration maximale d'utilisation au sein d'un produit de protection solaire est de 10% avec un SPF de 10.

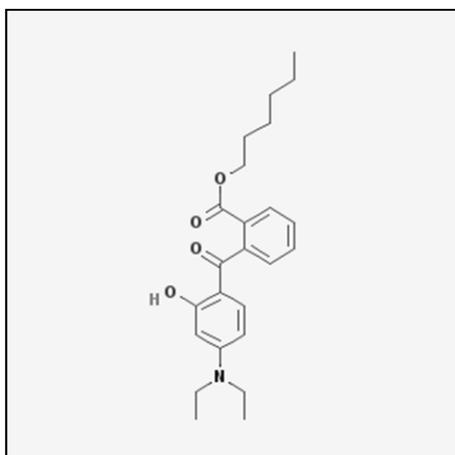


Figure 40 : Structure chimique du diéthylamino hydroxybenzoyl hexyl benzoate (pubchem.ncbi)

Il est à noter que ce filtre présente une excellente photostabilité et est compatible avec la plupart des autres filtres UV [49].

Les différentes dénominations du diéthylamino hydroxybenzoyl hexyl benzoate sont présentées *Tableau 15*.

Nom chimique	Nom INCI	Noms commerciaux
2-[4-(diéthylamino)-2-hydroxybenzoyl]-benzoate d'hexyle	Diéthylamino hydroxybenzoyl hexyl benzoate	Uvinul A plus®

Tableau 15 : Les différentes dénominations du diéthylamino hydroxybenzoyl hexyl benzoate

4.2.3.3 Le disodium phényl dibenzimidazole tétrasulfonate

De son nom usuel bisymidazylate (*Figure 41*) ($\lambda_{\max} = 335 \text{ nm}$), ce filtre UVA se présente sous la forme d'une poudre jaune inodore. Il doit être associé à une base qui le salifie pour acquérir son hydrosolubilité. Sa concentration maximale d'emploi est de 10%. A cette concentration, on observe un SPF de 7, ce qui traduit une efficacité intéressante.

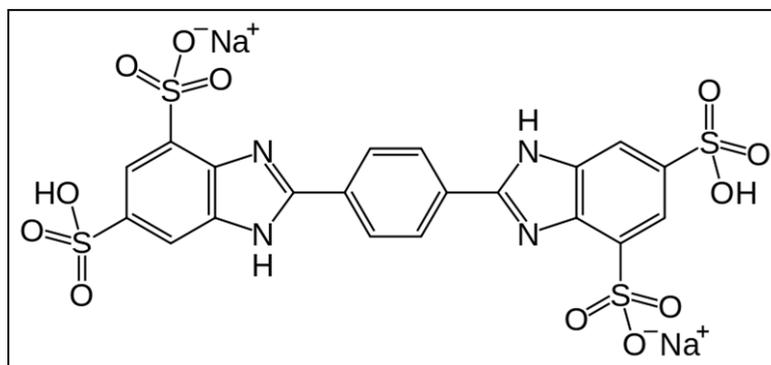


Figure 41 : Structure chimique du bisymidazylate (pubchem.ncbi)

Les différentes dénominations du bisymidazylate sont présentées *Tableau 16*.

Nom chimique	Nom INCI	Noms commerciaux
Sel de sodium de l'acide 2,2'-(1,4-phénylène) bis-[1H-benzimidazole-4,6-disulfonique]	Disodium phényl dibenzimidazole tétrasulfonate	NeoHeliopan AP®

Tableau 16 : Les différentes dénominations du bisymidazylate

4.2.3.4 Les dérivés du benzylidène camphre

Nous avons présenté précédemment les dérivés du benzylidène camphre efficaces dans le domaine UVB. Un autre dérivé breveté par l'Oréal est efficace dans le domaine UVA. Il s'agit du Terephthalène dicamphor sulfonique ou Mexoryl SX® (Figure 42) ($\lambda_{\max} = 345 \text{ nm}$).

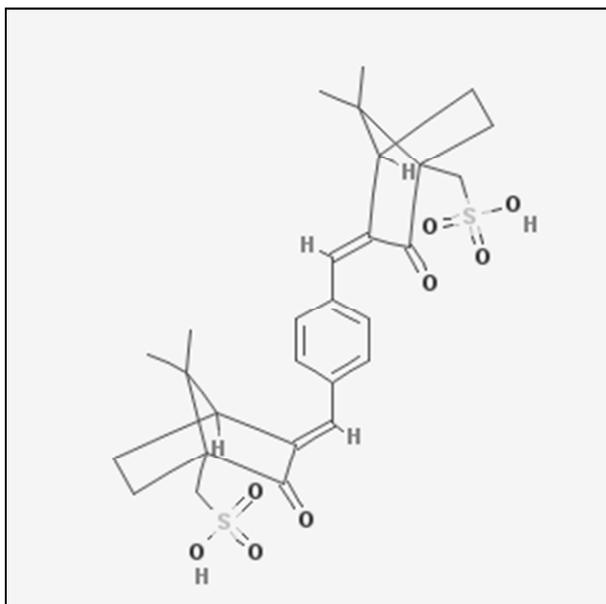


Figure 42 : Structure chimique du Mexoryl SX® (pubchem.ncbi)

Il semblerait que ce filtre permette la prévention de nombreuses pathologies liées à l'exposition solaire. Chez la souris, les produits contenant du Mexoryl SX® préviennent de façon significative de la carcinogenèse induite par les rayons UV comparés à d'autres produits de protection solaire ne contenant que des filtres UVB [50]. Toutefois, il faut relativiser ces résultats dans la mesure où le Mexoryl SX® n'a été opposé qu'à des filtres UVB à spectre étroit. En effet, on connaît le rôle prédominant des UVA dans la photocarcinogenèse. Une étude pertinente serait celle qui comparerait ce filtre UVA à d'autres filtres UVA et même pourquoi pas à des filtres à spectre large.

Chez l'homme, une étude *in vivo* a démontré que l'application de produits solaires contenant du Mexoryl SX® à hauteur de 5% avant une exposition aux UVA limite la perte d'élasticité de la peau et ralentit la pigmentation. L'emploi de ce type de produits réduit significativement l'augmentation du nombre de couches de *Stratum corneum* induite par les UVA, limite légèrement l'hyperplasie épidermique et empêche la déshydratation de la peau [51].

Par ailleurs, il a été montré que les produits solaires contenant cette molécule limitent la transformation de l'acide *trans*-urocanique en acide *cis*-urocanique (impliquée dans certains mécanismes de l'immunosuppression) provoquée par les UVA. Le Mexoryl SX® prévient également la diminution du nombre de cellules de Langerhans qui jouent un rôle dans les mécanismes de défense de la peau [52]. Il conviendrait là encore d'établir une comparaison des résultats obtenus en réalisant les mêmes tests avec d'autres filtres UVA (avobenzone) ou bien avec des filtres à spectre large (anisotriazine).

Ce filtre ne semble pas poser de problèmes pour la santé humaine et il est très photostable. Il peut être associé avec d'autres filtres UVA et UVB afin de formuler des produits à large spectre d'action [53].

Les différentes dénominations du Mexoryl SX® sont présentées dans le *Tableau 17*.

Nom chimique	Nom INCI	Noms commerciaux
Acide 3,3'-(1,4-phénylène diméthine)-bis-(7,7-diméthyl 2-oxo bicyclo [2,2,1]-heptan-1-yl-méthanesulfonique) et ses sels	Terephthaldene Dicamphor Sulfonic Acid	Mexoryl SX®

Tableau 17 : Les différentes dénominations du Mexoryl SX®

4.2.4 Les filtre UV à spectre large

4.2.4.1 Les benzophénones

Il existe 12 benzophénones sur le marché mais seulement 3 sont utilisées dans les produits de protection solaire en Europe, ce sont les benzophénones 3, 4 et 5. Ce sont des filtres qui protègent aussi bien dans l'UVA que dans l'UVB. Ces molécules présentent 2 longueurs d'ondes maximales d'absorption qui sont aux alentours de 300 et de 350 nm.

L'oxybenzone ou benzophénone-3 (*Figure 43*) est la plus utilisée. C'est un filtre liposoluble qui est autorisé à hauteur de 10%. Ce filtre est peu efficace et ne permet d'atteindre qu'un SPF de 3 pour une dose d'emploi de 10%.

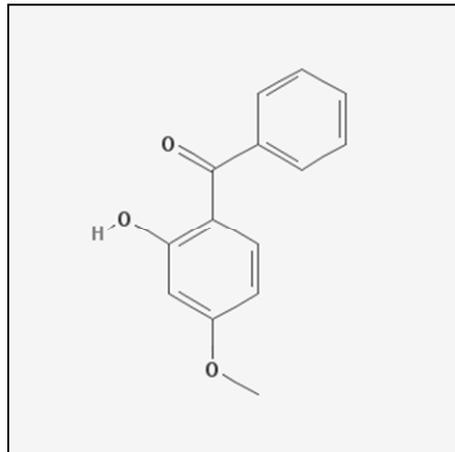


Figure 43 : Structure chimique de l'oxybenzone (pubchem.ncbi)

Par ailleurs, ce filtre présente certains inconvénients. Il est solide à température ambiante. Sa solubilité est limitée dans les excipients. Enfin, il possède une couleur jaune qui peut donner un aspect peu agréable au produit fini. Lorsqu'il est employé en trop grande concentration dans les formules, l'oxybenzone peut cristalliser au sein du produit [54].

La benzophénone-4 et la benzophénone-5 (forme salifiée de la benzophénone-4 par la soude) (Figure 44) ont une concentration maximale d'emploi de 5% (en acide) qui permet d'obtenir un SPF de 4. Ce sont des filtres solaires hydrosolubles qui peuvent être utilisés dans les formules pour protéger d'autres molécules sensibles [45].

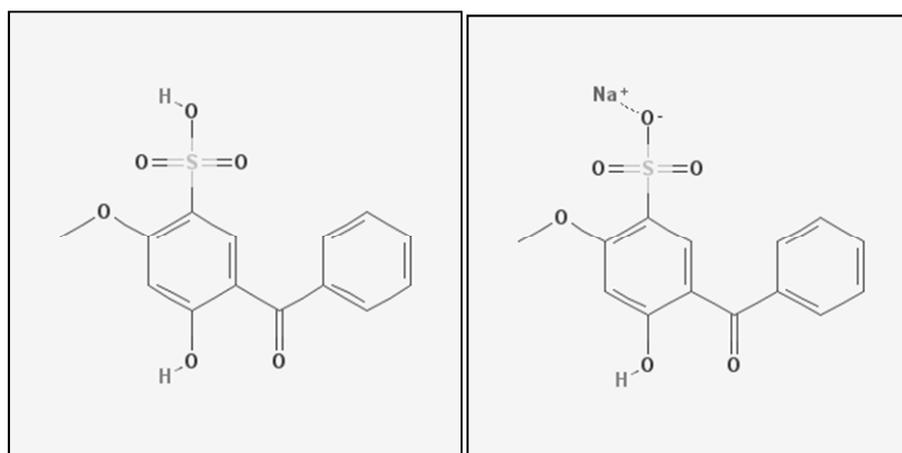


Figure 44 : Structure chimique des benzophénone-4 et 5 (pubchem.ncbi)

Les benzophénones autorisées dans les produits de protection solaire par la législation européenne sont présentées dans le *Tableau 18*.

Nom chimique	Nom INCI	Noms commerciaux
2-hydroxy-4-méthoxybenzophénone	Benzophenone-3	Escalol 567® Eusolex 4360® NeoHeliopan BB® Spectra-Sorb UV-9® Uvinul M40® Nuvigard B3®
Acide 5-benzoyl-4-hydroxy-2-méthoxybenzènesulfonique	Benzophenone-4	Escalol 557® Uvinul MS 40®
Sel monosodique de l'acide 5-benzoyl-4-hydroxy-2-méthoxybenzènesulfonique	Benzophenone-5	

Tableau 18 : Les différentes dénominations des benzophénones

4.2.4.2 Les dérivés du benzylidène camphre

Le Mexoryl XL® (*Figure 45*) ($\lambda_{max} = 303 \text{ nm}$ et 344 nm), breveté par l'Oréal, est un filtre à large spectre d'action mais son efficacité est limitée [45]. Ce composé se présente sous la forme de cristaux, de couleur blanche à jaune pâle, pratiquement inodores [55].

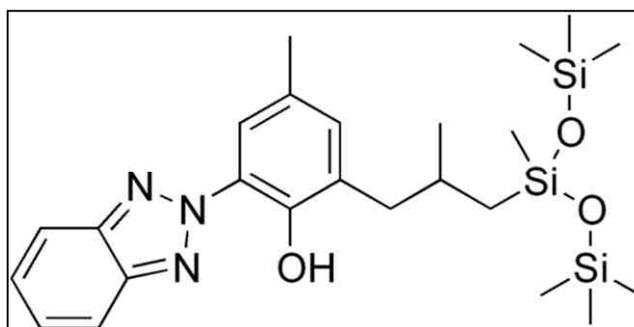


Figure 45 : Structure chimique du Mexoryl XL® (pubchem.ncbi)

Cette molécule est photostable et liposoluble ce qui lui permet de se maintenir à la surface de la peau [10].

Des études menées sur les rats montrent qu'une très faible proportion du produit appliqué pénètre dans la peau [55].

Une étude a prouvé que le Mexoryl XL[®] avait un effet synergique lorsqu'il était employé avec le Mexoryl SX[®]. Cette étude est à relativiser dans la mesure où elle a été menée par la société l'Oréal elle-même [48].

Les différentes dénominations du Mexoryl XL[®] sont présentées dans le *Tableau 19*.

Nom chimique	Nom INCI	Noms commerciaux
2-(2H-Benzotriazol-2-yl)-4-méthyl-6-[2-méthyl-3-[1,3,3,3-tetraméthyl-1-[(triméthylsilyl)oxy]disiloxanyl]propyl]phénol	Drometrizole trisiloxane	Mexoryl XL [®]

Tableau 19 : Les différentes dénominations du Mexoryl XL[®]

4.2.4.3 Les triazines

Les Tinosorb[®] sont des filtres UVB à large spectre développés par la société Ciba Speciality Chemicals.

Le Tinosorb M[®] (λ_{\max} = 305,5 nm et 360,5 nm) (*Figure 46*) est un filtre constitué de particules organiques micronisées à disperser dans la phase aqueuse du produit de protection solaire. Sa concentration maximale d'emploi est de 10% pour un SPF de 6 [41].

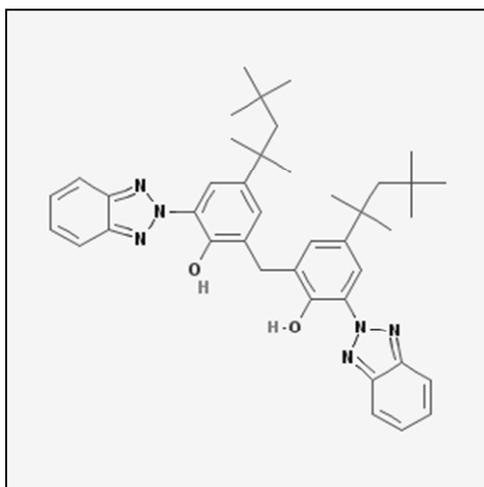


Figure 46 : Structure chimique du Tinosorb M® (pubchem.ncbi)

Les molécules de Tinosorb M® possèdent un encombrement stérique important limitant leur absorption cutanée et augmentant leur substantivité sur la peau [56].

De plus, cette molécule est photostable et permet d'augmenter la photostabilité des produits solaires contenant de l'avobenzone ou de l'OMC [57].

Le Tinosorb S® ou anisotriazine ($\lambda_{\text{max}} = 310 \text{ nm}$ et 341 nm) (Figure 47) est employé dans les produits de protection solaire à hauteur de 10% et présente un SPF de 20 pour cette dose d'emploi.

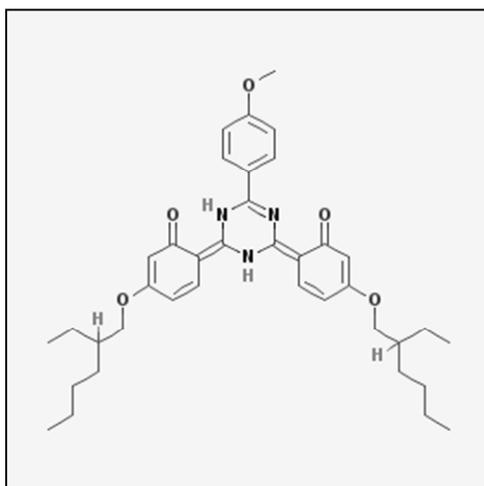


Figure 47 : Structure chimique du Tinosorb S® (pubchem.ncbi)

Cette molécule est liposoluble et améliore la photostabilité et l'efficacité des produits de protection solaire contenant de l'avobenzone et de l'OMC [57].

Ces deux triazines présentent d'excellentes capacités d'absorption dans le domaine UVA et une très bonne stabilité. Aucun cas d'activité hormonale intrinsèque n'a été rapportée lors des études *in vitro* [56].

Les triazines autorisées dans les produits de protection solaire par la législation européenne sont présentées dans le *Tableau 20*.

Nom chimique	Nom INCI	Noms commerciaux
2,2'-méthylène-bis (6-(2H-benzotriazole-2-yl)-4-(1,1,3,3-tétraméthylbutyl)-phénol)	Methylene bis-benzotriazolyl tetramethylbutylphenole	Tinosorb M®
2,4-bis-[4-(2-éthylhexyloxy)-2-hydroxy-phényle)-6-(4-méthoxyphényle)-1,3,5-triazine]	bis-Ethylhexyloxyphenol Methoxyphenyl Triazine	Tinosorb S®

Tableau 20 : Les différentes dénominations des triazines

5 Détermination de l'efficacité des produits solaires

5.1 Méthode de détermination du SPF *in vitro*

5.1.1 Principe de la méthode

Pour déterminer *in vitro* le SPF d'un produit solaire, on utilise un spectrophotomètre à sphère d'intégration (LABSPHERE, laser 2000, St Nom la Brétèche, France). Le principe de l'appareil est résumé *Figure 48*.

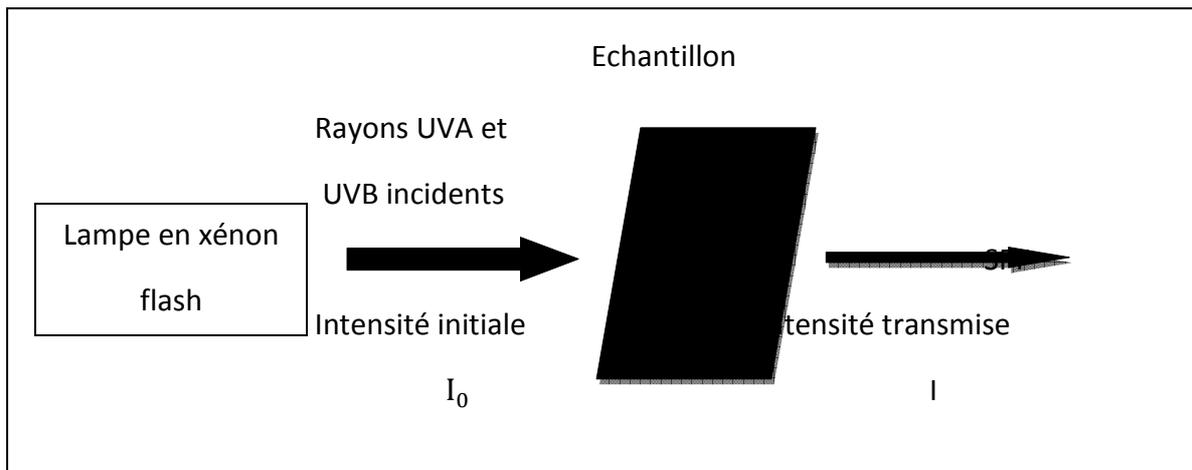


Figure 48 : Principe du LABSPHERE

Ce spectrophotomètre permet de déterminer l'intensité du rayonnement transmis à travers un échantillon en fonction de la longueur d'onde des rayons incidents. Le rapport de l'intensité initiale sur l'intensité transmise est appelé transmittance par anglicisme ou transmission. Plus le filtre absorbe une grande proportion de rayons incidents, plus l'intensité transmise est faible et par conséquent la transmission tend vers zéro [58].

5.1.2 Matériel

On utilise des plaques de PMMA (polyméthylmétacrylate) (Europlast, Aubervilliers, France), de dimensions 5 x 5 cm, possédant une surface lisse au recto et une surface rugueuse au verso. Elles sont spécialement traitées pour limiter l'absorption des rayons U.V. et sont chimiquement inertes vis-à-vis des préparations cosmétiques. Enfin, elles présentent une porosité analogue à celle de la peau.

Les produits solaires testés lors de cette étude sont de 2 types : les produits conventionnels et les produits minéraux et bio. Ils seront présentés ultérieurement.

5.1.3 Mode opératoire de l'analyse

Sur la surface rugueuse d'une plaque de PMMA, préalablement nettoyée à l'éthanol, nous pesons 50 ± 5 mg du produit solaire à analyser (balance Sartorius TE 214S, Grosseron, Saint Herblain, France).

Cette masse est étalée sur toute la surface de la plaque à l'aide d'un doigtier en latex non poudré (Cooper, Meulin, France). On doit obtenir un film parfaitement homogène d'une masse de $15 \pm 0,5$ mg [59].

Nous plaçons ensuite la plaque quinze minutes à l'obscurité.

A l'issue de ce temps d'attente, la plaque est déposée sous la lampe de l'appareil. Nous mesurons la transmission en fonction de la longueur d'onde entre 250 et 450 nm, en réalisant 9 points de mesure par plaque. Notons que nous effectuerons trois plaques par produit afin d'obtenir 27 points de mesure (Figure 49).



Figure 49 : Les différentes étapes du protocole

Un blanc est effectué au préalable avec une plaque vierge glycinée, selon le même mode opératoire. On obtient ainsi la transmission sans protection.

5.1.4 Exploitation des résultats

On réalise une analyse de l'intensité transmise au travers du produit solaire étudié pour toutes les longueurs d'ondes comprises entre 250 et 450 nm. La courbe de transmission en fonction de la longueur d'onde obtenue correspond au spectre de transmission du filtre.

A partir de cette courbe et grâce à la formule de DIFFEY et ROBSON [60], le logiciel nous fournit une valeur de SPF.

$$\text{SPF} = \frac{\sum_{290}^{400} E_{\lambda} S_{\lambda} \Delta_{\lambda}}{\sum_{290}^{400} E_{\lambda} S_{\lambda} T_{\lambda} \Delta_{\lambda}}$$

Avec : E_{λ} : zone spectrale érythémateuse, S_{λ} : spectre solaire irradiant, T_{λ} : transmittance du spectre de l'échantillon

Par analogie, la valeur de l'indice de protection UVA (FP-UVA) est obtenue par la même formule en modifiant les bornes de l'intégration. On intégrera pour la zone 320-400 nm.

5.2 Les différents types de produits

5.2.1 Les produits solaires conventionnels

Les produits solaires conventionnels peuvent contenir divers filtres minéraux et organiques en association à condition qu'ils fassent partie de la liste des 26 filtres autorisés en Europe. L'usage des filtres est réglementé. Il existe pour chacun une concentration maximale d'emploi qui doit être respectée. Les diverses associations de filtres présentes dans les formulations permettent une efficacité optimale vis-à-vis des rayons UVB et UVA.

Le *Tableau 21* présente les différents produits de protection solaire conventionnels testés lors de notre étude ainsi que leur composition en filtrante.

Produits testés	SPF affiché	Composition filtrante(position dans la liste des ingrédients)
Avène spray enfant	50+	Ethylhexyl methoxycinnamate (2)/ Octocrylene (3)/ Methylene bis-benzotriazolyl tetramethylbutylphenol (6)/ Bis-ethylhexyloxyphenol methoxyphenyltriazine (8)/ Titanium dioxide (27)/ Zinc oxide (32)
Avène spray enfant	30	Ethylhexyl methoxycinnamate (2)/ Octocrylene (3)/ Methylene bis-benzotriazolyl tetramethylbutylphenol (6)/ Bis-ethylhexyloxyphenol methoxyphenyl triazine (8)/ Titanium dioxide (27)/ Zinc oxide (32)
Klorane	50	Ethylhexyl methoxycinnamate (2)/ Bis-ethylhexyloxyphenol methoxyphenyl triazine (4)/ Methylene bis-benzotriazolyl tetramethylbutylphenol (5)
Photoderm max fluide	50+	Octocrylene (3)/ Methylene bis-benzotriazolyl tetramethylbutylphenol (4)/ Butyl methoxydibenzoylmethane (5)/ Bis-ethylhexyloxyphenolmethoxyphenyl triazine (9)
Photoderm max spray	50+	Octocrylene (3)/ Methylene bis-benzotriazolyl tetramethylbutylphenol (4)/ Butyl methoxydibenzoylmethane (5)/ Bis-ethylhexyloxyphenol methoxyphenyl triazine (7)
Photoderm crème teintée	50+	Octocrylene (3)/ Methylene bis-benzotriazolyl tetramethylbutylphenol (4)/ Butyl methoxydibenzoylmethane (5)/ Titanium dioxide (30)

Photoderm Bronz spray	40	Octocrylene (3)/ Methylene bis-benzotriazolyl tetramethylbutylphenol (4)/ Butyl methoxydibenzoylmethane (5)
Galénic crème légère visage	50+	Ethylhexyl methoxycinnamate (2)/ Octocrylene (4)/ Methylene bis-benzotriazolyl tetramethylbutylphenol (5)/ Bis-ethylhexyloxyphenol methoxyphenyl triazine (6)
Galénic soin soleil lait velouté corps	50	Ethylhexyl methoxycinnamate (2)/ Octocrylene (5)/ Methylene bis-benzotriazolyl tetramethylbutylphenol (7)/ Bis-ethylhexyloxyphenol methoxyphenyl triazine (8)
Galénic crème visage	30	Ethylhexyl methoxycinnamate (2)/ Octocrylene (3)/ Methylene bis-benzotriazolyl tetramethylbutylphenol (6)/ Bis-ethylhexyloxyphenol methoxyphenyl triazine (7)
Nivéa	50+	Octocrylene (6)/ Bis-Ethyloxyphenol Methoxyphenyl Triazine (9)/ Diethylhexil Butamido- Triazone (11)/ Sodium Phenylbenzimidazole Sulfonate (12)/ Titanium Dioxide (13)/ EthylhexylMethoxycinnamate (17)
Garnier ambre solaire spray	50	Ethylhexyl salicylate (5)/ Butyl methoxydibenzoylmethane (7)/ Octocrylene (8)/ Bis-ethylhexyloxyphenol methoxyphenyl triazine (9)/ Titanium dioxide (10)/ Ethylhexyl triazone (11)
Garnier ambre solaire spray	10	Octocrylene (2)/ Butyl methoxydibenzoylmethane (9)/ Benzyl salicylate (17)/ Titanium dioxide (21)
Eucerin lotion	50	Butyl methoxydibenzoylmethane (5)/ Octocrylene (6)/ Titanium dioxide (7)/ Bisethylhexyloxyphenol methoxyphenyl triazine (8)/ Diethylhexyl butamidotriazone (17)/ Ethylhexyl methoxycinnamate (18)

Uriage Hyséac fluide	30	Methylene bis-benzotriazolyl tetramethylbutylphenol (4)/ Octocrylene (5)/ Butyl methoxydibenzoylmethane (6)/ Ethylhexyl triazone (7)
Polysianes Lait corps	30	Ethylhexylmethoxycinnamate (2)/ Octocrylene (3)/ Methylene Bisbenzotriazolyl tetramethylbutylphenol (6)/ Bis-Ethylhexyl phenolmethoxyphenyltriazine (7)
Polysianes crème visage	20	Ethylhexylmethoxycinnamate (2)/ Octocrylene (3)/ Methylene Bisbenzotriazolyl tetramethylbutylphenol (5)/ Bis-Ethylhexyl phenolmethoxyphenyltriazine (6)
Polysianes spray lacté	15	Ethylhexylmethoxycinnamate (2)/ Bis-Ethylhexyl phenolmethoxyphenyltriazine (4)/ Methylene bis-benzotriazolyl tetramethylbutylphenol (7)/ Octocrylene benzyl salicylate (11)
La Roche Posay Anthelios dermo-pediatrics spray	50+	Ethylhexyl salicylate (5)/ Butyl methoxydibenzoylmethane (7)/ Octocrylene (8)/ Bis-ethylhexyloxyphenol methoxyphenyl triazine (9)/ Titanium dioxide (10)/ Ethylhexyl triazone (11)/ Drometrizole trisiloxane (13)/ Terephthalylidene dicamphor sulfonic acid (22)
La Roche Posay Anthelios XL spray	50+	Ethylhexyl salicylate (5)/ Butyl methoxydibenzoylmethane (7)/ Octocrylene (8)/ Bis-ethylhexyloxyphenol methoxyphenyl triazine (9)/ Titanium dioxide (10)/ Ethylhexyl triazone (11)/ Drometrizole trisiloxane (13) Terephthalylidene dicamphor sulfonic acid (20)

La Roche Posay Anthelios XL crème fondante	50+	Bis-ethylhexyloxyphenol methoxyphenyl triazine (5)/ Titanium dioxide (6)/ Butyl methoxydibenzoylmethane (8)/ Ethylhexyl triazone (13)/ Drometrizole trisiloxane (16)/ Terephtalylidene dicamphor sulfonic acid (31)
La Roche Posay Anthelios XL fluide extrême allégé en filtres chimiques	50+	Octocrylene (7)/ Titanium dioxide (8)/ Butyl methoxydibenzoylmethane (11)/ Bis-ethylhexyloxyphenol methoxyphenyl triazine (14)/ Drometrizole trisiloxane (22)/ Ethylhexyl triazone (23)/ Terephtalylidene dicamphor sulfonic acid (33)
La Roche Posay Anthelios XL stick	50+	Octocrylene (4)/ Titanium dioxide (6)/ Butyl methoxydibenzoylmethane (8)/ Drometrizole trisiloxane (9)
Capital soleil Vichy	30	Ethylhexyl salicylate (5)/ Octocrylene (7)/ Butyl methoxydibenzoylmethane (8)/ Titanium dioxide (9)/ Ethylhexyl triazone (10)/ Drometrizole trisiloxane (12)/ Bis-ethylhexyloxyphenol methoxyphenyl triazine (14)/ Terephtalylidene dicamphor sulfonic acid (18)
Caudalie soleil divin	20	Octocrylene (2)/ Ethylhexyl methoxycinnamate (6)/ Methylene bis-benzotriazolyl tetramethylbutylphenol (8)/ Butyl methoxydibenzoylmethane (9)/ Bis ethylhexyloxyphenol methoxyphenyl triazine (15)
Biotherm sun anti-rides multi-protection	15	Octocrylene (2)/ Ethylhexyl salicylate (4)/ Butyl methoxydibenzoylmethane (7)/ Titanium dioxide (15)/ Drometrizole trisiloxane (16)/ Terephtalylidene dicamphor sulfonic acid (24)
Lierac solaire bronzage intense aqua-lait	15	Ethylhexyl methoxycinnamate (2)/ Diethylamino hydroxybenzoylhexyl benzoate (3)/ Methylene bis- benzotriazolyl tetramethylbutylphenol (6)/ Phenylbenzimidazole sulfonic acid (11)/ Ethylhexyl triazone (12)

Lait solaire Scooby-doo Carrefour	50+	Octocrylene (2)/ Titanium dioxide (4)/ Butyl methoxydibenzoylmethane (8)/ Bis-ethylhexyloxyphenol methoxyphenyl triazine (9)/ Phenylbenzimidazol sulfonic acid (12)/ Diethylhexyl butamido triazone (14)
Soleil Biafine Jonhson & jonhson	30	Octocrylene (3)/ Methylene bis-benzotriazolyl tetramethylbutylphenol (7)/ Butyl methoxydibenzoyl methane (9)/ Diethylamino hydroxybenzoyl hexyl benzoate (10)/ Bis-ethylhexyloxyphenol methoxyphenyl triazine (13)
Galénic soins solaire à l'Uncaria d'Amazonie	30	Ethylhexyl methoxycinnamate (2)/ Octocrylene (4)/ Bis-ethylhexyl oxyphenol methoxyphenyl triazine (5)/ Methylene bis-benzotriazolyl tetra-methylbutylphenol (8)
Cosmatoline cosmetic	50+	Ethylhexyl methoxycinnamate (2)/ Butyl methoxydibenzoylmethane (7)/ Methylene bis-benzotriazolyl tetra-methylbutylphenol (11)/ Titanium dioxide (15)
Embryolisse	30	Ethylhexyl methoxycinnamate (2)/ Ethylhexyl dimethylpaba (3)/ Butyl methoxydibenzoylmethane (5)/ Titanium dioxide (9)/ Zinc oxide (10)/ Ethylhexyl triazone (12)
Crème Bariésun peaux sensibles Uriage	30	Methylene bis-benzotriazolyl tetramethylbutylphenol (4)/ Butyl methoxydibenzoylmethane (5)/ Ethylhexyl triazone (6)

Tableau 21 : Composition en filtres des produits solaires conventionnels

5.2.2 Les produits solaires minéraux et bio

Les produits solaires minéraux et bio ne contiennent dans leur formulation que des filtres minéraux soit uniquement de l'oxyde de zinc et/ou du dioxyde de titane.

En ce qui concerne les produits bio, on trouve également dans leur composition des huiles et autres composants végétaux présentés comme possédant une action filtrante.

Les produits d'appellation « bio » doivent également répondre à une charte précise dont le label peut être délivré par les divers organismes présents dans le *tableau 22*.

Organisme	Label
BDIH	
Cosmebio	
Ecocert	
Nature et Progrès	

Tableau 22 : Les différents labels bio

Le *Tableau 23* présente les différents produits de protection solaire minéraux et bio testés lors de notre étude ainsi que leur composition filtrante.

Produit testé	SPF affiché	Composition filtrante (position dans la liste des ingrédients)
UV-bio Crème solaire basse protection	13	Titanium dioxide (4)
UV-bio Crème solaire moyenne protection	24	Titanium dioxide (3) /Zinc oxide (12)
Eco Cosmetic Crème solaire pour peaux sensibles	30	Titanium dioxyde (3)
Eco Cosmetic Crème solaire pour peaux sensibles baby&kids	45	Titanium dioxyde (3)
Lavera IP	20	Zinc oxide (3)/ Titanium dioxide (5)
Lait solaire Buriti L'Occitane	15	Titanium dioxyde (3)
Voile solaire Buriti L'Occitane	30	Titanium dioxyde (3)
Natur & Sun	10	Zinc oxide (2)/ Titanium dioxide (6)
Plante system	30	Zinc oxide (3)/ Titanium dioxide (5)
Gamarde	30	Zinc oxide (1)/ Titanium dioxide (10)
UVP crème minérale	50+	Titanium dioxide/ Zinc oxide
SVR Ecran solaire dermatologique (teinté)	50	Titanium dioxide/ Zinc oxide
crème solaire visage Florame	50	Zinc oxide (2)/ Titanium dioxide (4)
crème solaire visage Florame	15	Titanium dioxide (4)/ Zinc oxide (6)
Eubiona	30	Titanium dioxide (2)
Crème minérale Bariésun Uriage	50+	Titanium dioxide/ Zinc oxide
Helios protection bio corps	50+	Titanium dioxide
Helios protection bio visage	50+	Titanium dioxide

Tableau 23 : Composition en filtres des produits solaires minéraux et bio

5.3 Résultats expérimentaux

Le *Tableau 24* présente les résultats obtenus au laboratoire avec les différents produits conventionnels testés.

Produit testé	SPF affiché	SPF mesuré	FP-UVA mesuré	Ratio UVB/UVA	λ critique	Conformité
Avene spray enfant	50+	54,13±4,82	18,80±1,40	2,88	377	non
Avene spray enfant	30	40,25±3,60	15,51±1,06	2,6	377	oui
Klorane	50	79,04±7,26	28,25±2,26	2,8	378	oui
Photoderm max fluide	50+	76,35±5,46	53,36±3,05	1,43	382	oui
Photoderm max spray	50+	76,20±4,30	54,09±4,69	1,41	382	oui
Photoderm crème teintée	50+	35,78±4,88	29,01±3,34	1,23	382	non
Photoderm Bronz spray	40	54,01±5,73	40,78±3,59	1,32	382	non
Galénic crème légère visage	50+	48,35±5,89	19,15±2,00	2,52	377	non
Galénic soin soleil lait velouté corps	50	35,23±3,66	14,10±1,06	2,5	376	non
Galénic crème visage	30	50,81±2,62	17,76±0,87	2,86	376	oui
Nivéa	50+	83,38±7,75	37,49±2,96	2,22	380	oui
Garnier ambre solaire spray	50	36,97±3,87	21,66±1,90	1,71	381	non
Garnier ambre solaire spray	10	17,57±2,11	12,05±1,28	1,46	381	oui
Eucerin lotion	50	58,59±4,42	33,46±2,61	1,75	381	oui
Uriage Hyséac fluide	30	49,34±5,78	24,07±1,93	2,05	381	oui
Polysianes Lait corps	30	45,12±3,77	16,70±1,31	2,7	376	oui
Polysianes crème visage	20	36,28±2,99	12,39±0,83	2,93	374	oui
Polysianes spray lacté	15	50,32±4,73	15,50±1,20	3,25	374	non
La Roche Posay Anthelios dermo-pediatrics spray	50+	36,32 ± 2,69	21,42 ± 1,28	1,7	380	non

La Roche Posay Anthelios XL spray	50+	43,73 ± 2,78	25,75 ± 1,36	1,7	380	non
La Roche Posay Anthelios XL crème fondante	50+	65,07 ± 4,37	35,08 ± 1,93	1,85	380	oui
La Roche Posay Anthelios XL fluide extrême allégé en filtres chimiques	50+	40,74 ± 2,94	24,23 ± 1,28	1,68	378	non
La Roche Posay Anthelios XL stick	50+	40,22 ± 4,10	16,04 ± 1,50	2,51	375	non
Capital soleil Vichy	30	32,49 ± 2,94	17,92 ± 1,34	1,81	380	oui
Caudalie soleil divin	20	44,47 ± 2,87	23,27 ± 1,37	1,91	379	oui
Biotherm sun anti- rides multi- protection	15	15,79 ± 1,24	11,18 ± 0,77	1,41	380	oui
Lierac solaire bronzage intense aqua-lait	15	20,49 ± 2,01	8,51 ± 0,48	2,41	373	oui
Lait solaire Scooby- doo Carrefour	50+	56,50 ± 2,87	30,46 ± 1,03	1,85	380	non
Soleil Biafine Jonhson & jonhson	30	23,87 ± 1,66	19,32 ± 1,20	1,24	380	non
Galénic soins solaire à l'Uncaria d'Amazonie	30	65,41 ± 4,74	21,51 ± 1,19	3,04	375	non
Cosmatoline cosmetic	50+	35,61 ± 3,91	15,69 ± 1,31	2,27	381	non
Embryolisse	30	65,57 ± 4,68	18,60 ± 1,39	3,53	380	non
Crème Bariésun peaux sensibles Uriage	30	45,13 ± 5,43	21,39 ± 2,26	2,11	381	oui
pourcentage de conformité						52%

Tableau 24 : Résultats concernant l'efficacité des produits solaires conventionnels testés

Le *Tableau 25* présente les résultats obtenus au laboratoire avec les différents produits minéraux et bio testés.

Produit testé	SPF affiché	SPF mesuré	FP-UVA mesuré	Ratio UVB/UVA	λ critique	Conformité
UV-bio Crème solaire basse protection	13	7,29±1,01	3,73±0,27	1,95	373	non
UV-bio Crème solaire moyenne protection	24	10,39±2,16	4,66±0,73	2,23	373	non
Eco Cosmetic Crème solaire pour peaux sensibles	30	11,73±1,99	4,77±0,54	2,46	371	non
Eco Cosmetic Crème solaire pour peaux sensibles baby&kids	45	12,78±1,30	4,94±0,64	2,59	372	non
Lavera IP	20	8,29±0,98	5,65±0,43	1,46	375	non
Lait solaire Buriti L'Occitane	15	9,89±1,09	3,94±0,23	2,51	370	non
Voile solaire Buriti L'Occitane	30	13,13±1,00	4,53±0,23	2,9	367	non
Natur & Sun	10	13,21±2,36	5,41±0,65	2,44	373	oui
Plante system	30	14,92±1,55	7,68±0,51	1,94	373	non
Gamarde	30	6,70±0,55	5,31±0,38	1,26	373	non
UVP crème minérale	50+	11,19 ± 0,63	5,39 ± 0,22	2,07	376	non
SVR Ecran solaire dermatologique (teinté)	50	27,68 ± 3,78	16,35 ± 1,95	1,69	381	non
crème solaire visage Florame	50	15,15 ± 1,39	6,47 ± 0,42	2,34	368	non
crème solaire visage Florame	15	6,85 ± 0,53	3,39 ± 0,18	2,02	368	non
Eubiona	30	22,25 ± 2,23	6,97 ± 0,46	3,19	370	non
Crème minérale Bariésun Uriage	50+	28,28 ± 1,47	9,65 ± 0,44	2,93	374	non
Helios protection bio corps	50+	15,89 ± 0,73	6,58 ± 0,23	2,41	372	non
Helios protection bio visage	50+	15,25 ± 1,39	6,61 ± 0,46	2,31	373	non
Pourcentage de conformité						6%

Tableau 25 : Résultats concernant l'efficacité des produits minéraux et bio testés

5.4 Interprétation des résultats

5.4.1 Résultats concernant les produits solaires conventionnels testés

52% des produits de protection solaire conventionnels testés sont conformes avec leur affichage. Cela signifie que le SPF mentionné sur l'emballage est conforme à celui retrouvé lors des tests *in vitro*. De plus, le ratio SPF/FP-UVA doit être inférieur ou égal à 3 et la longueur d'onde critique (λ_c) doit être supérieure à 370 nm.

L'un des produits, Photoderm bronz spray pourrait afficher la valeur 50 selon les tests réalisés par nos soins. On remarquera que ce produit affiche la valeur 40. Or cet indice n'existe plus au regard de la réglementation actuelle. Cette non-conformité d'étiquetage n'entache en rien son efficacité.

Sur les 15 autres produits de protection solaire non conformes, 3 ont un indice de protection UVA trop faible comparé au SPF. On sait que les rayons UVA sont en grande partie responsables des effets indésirables du soleil sur le corps humain. Les laboratoires ont longtemps communiqué sur le SPF (protection contre les UVB) en mettant de côté le facteur de protection UVA. On constate d'ailleurs que les consommateurs ne se basent que sur le SPF pour choisir un produit de protection solaire. Mais il est nécessaire que les produits de protection solaire protègent contre les deux types de rayons ultraviolets (UVA et UVB). C'est pour cela que l'AFSSaPS a imposé que le ratio SPF/FP-UVA soit inférieur ou égal à 3. Un logo mentionnant l'effet protecteur dans le domaine UVA peut être apposé sur les emballages.

On notera néanmoins que sur les 3 produits solaires non conformes, l'un d'eux a un ratio SPF/FP-UVA qui dépasse tout juste 3.

Les 12 autres produits sont non conformes parce qu'ils obtiennent un SPF inférieur à celui annoncé sur l'étiquetage. Cette différence entre l'indice de protection solaire affiché et le résultat des tests *in vitro* est principalement due au fait que les tests réalisés au sein des laboratoires qui commercialisent ces produits sont fait *in vivo*. On sait que les résultats obtenus *in vivo* sont bien souvent supérieurs à ceux réalisés *in vitro*, mais il est difficile à l'heure actuelle d'expliquer pourquoi. En effet, de très nombreux facteurs entrent en ligne de compte (saison, phototype des volontaires...).

5.4.2 Résultats concernant les produits solaires bio et minéraux testés

Uniquement 6% des produits solaires bio et minéraux testés sont conformes à la réglementation. Sur les 18 produits testés, les 17 non conformes ont un SPF inférieur à celui affiché sur l'étiquetage.

De plus, 3 des produits solaires bio et minéraux non conformes sont étiquetés avec des SPF qui n'existent pas en termes de réglementation.

L'un des produits de protection solaire (Eubiona) possède un SPF inférieur à celui mentionné sur l'emballage ainsi qu'une protection insuffisante vis-à-vis des UVA.

On constate également que 3 produits testés ont une longueur d'onde critique inférieure à 370 nm.

On notera que le seul produit de protection solaire conforme affiche un SPF de 10 et obtient un résultat au test de 13,21. L'indice de protection solaire attendu est donc respecté mais il reste très faible et donc facile à atteindre en n'utilisant que du dioxyde de titane et de l'oxyde de zinc.

On remarque qu'aucun des produits testés ne dépasse le SPF de 30 malgré des étiquetages qui s'élèvent parfois jusqu'à 50+. Ceci est normal. On ne peut atteindre une protection supérieure en n'utilisant que des filtres minéraux. En effet, ces filtres sont efficaces mais ne peuvent pas être incorporés en trop grande quantité dans la formulation d'un produit de protection solaire pour une raison d'ordre galénique. Au delà d'un certain pourcentage (10 à 15% selon les formes commerciales), la texture devient très épaisse et le produit obtenu n'est pas commercialisable.

Rappelons que les produits solaires conventionnels ayant un SPF *in vitro* non conformes avec celui affiché obtiennent quand même un indice de protection solaire souvent proche de celui annoncé sur l'étiquetage. A l'inverse, les produits solaires bio et minéraux ayant un SPF *in vitro* non conformes avec celui affiché ont pour la plupart un indice de protection solaire bien inférieur à celui annoncé sur l'étiquetage. On obtient par exemple pour la crème minérale UVP un indice de protection solaire *in vitro* de 11,19 alors que l'étiquetage annonce un SPF de 50+.

Les produits solaires bio et minéraux sont souvent conseillés aux jeunes enfants, aux femmes enceintes ou aux personnes souffrant d'hypersensibilité cutanée car ils seraient, selon certains auteurs, mieux tolérés. Au regard des résultats obtenus lors des tests réalisés au laboratoire, ce qui nous semble inquiétant c'est que ces produits actuellement sur le marché sont loin d'être aussi efficaces qu'ils l'indiquent. Ceci est d'autant plus grave que ce sont ces produits qui sont conseillés aux sujets à risque. Il semble évident que la protection contre des pathologies graves tels que les cancers cutanés est une priorité et doit donc passer par l'application de produits de protection solaire avec un indice de protection contre les rayons ultraviolets satisfaisant.

6 La dangerosité potentielle des produits solaires

6.1 Le risque allergique

6.1.1 L'octocrylène

Récemment, plusieurs études ont montré le risque allergique important lié à l'utilisation d'octocrylène. Une étude a mis en évidence l'implication de ce filtre dans des dermatites de contact photoallergiques chez plusieurs patients suite à l'application d'un produit de protection solaire. De plus, une allergie associée avec le kétoprofène a également été démontrée.

Tous les enfants de l'étude ayant présenté un historique de dermatite de contact photoallergique lors de l'application d'un produit de protection solaire ont réagi positivement au test ou au photopatch test avec l'octocrylène. Ceci montre bien l'implication de ce filtre dans leurs antécédents de photoallergie.

Tous les adultes de l'étude ayant présenté un historique de dermatite de contact photoallergique lors de l'application d'un produit de protection solaire ont réagi positivement au test ou photopatch test avec l'octocrylène. De plus, la plupart de ces patients avaient des antécédents d'allergie au kétoprofène et ont réagi positivement au photopatch test avec cet anti-inflammatoire.

Des adultes n'ayant jamais présenté de dermatite de contact photoallergique à un produit de protection solaire mais étant allergique au kétoprofène ont été testés. La plupart de ces patients ont développé une réaction positive au photopatch test à l'octocrylène [61].

L'octocrylène est donc l'un des allergènes majeurs que l'on peut retrouver au sein d'un produit de protection solaire. De plus, l'allergie croisée entre ce filtre et le ketoprofène semble évidente. Il est donc plus prudent de conseiller aux personnes ayant déjà présenté une photoallergie lors de l'application d'un produit de protection solaire ou de ketoprofène d'utiliser des produits de protection solaire sans octocrylène.

6.1.2 Les benzophénones

La benzophénone-3 est une molécule allergisante et sa présence dans une formulation doit être mentionnée clairement sur l'emballage lorsque sa concentration est supérieure à 0,5%.

Entre 1983 et 1998, les photopatch tests réalisés sur les patients montraient que la benzophénone-3 était le filtre ultraviolet le plus photoallergisant.

En 2005, des patients ont été testés par photopatch tests pour des antédédants de dermatite de contact photoallergique après l'application d'un produit de protection solaire. Les résultats de l'étude ont démontré que les benzophénones-3 et 4 étaient responsables des photoallergies dans 9% des cas.

Entre 2003 et 2005, une étude a révélé que 2,3% des patients avec une dermatite faciale avaient une réaction positive par photopatch test à la benzophénone-4 [62].

Ces études nous permettent de dire que les benzophénones sont des filtres organiques relativement allergisants. Il est donc préférable de déconseiller les produits solaires les contenant pour les patients avec des antécédents de photoallergies de contact.

6.1.3 Les cinnamates

Ces filtres sont associés à des effets indésirables à type d'allergies. On notera une sensibilité croisée avec des molécules de la même famille présentes dans l'huile essentielle de cannelle ou le baume du Pérou.

6.2 L'effet oestrogénique

6.2.1 Les dérivés du benzylidène camphre

Une étude réalisée sur le 3-benzylidène camphre et le 4-méthylbenzylidène camphre a permis de comparer l'activité oestrogénique de ces 2 filtres organiques avec le 17-β œstradiol (Tableau 26) [63].

	3-benzylidène camphre	4-méthylbenzylidène camphre	17-β œstradiol
Activité <i>in vitro</i> (concentration molaire nécessaire pour observer la même prolifération des cellules MCF-7)	$6,84 \cdot 10^{-7} \pm 0,89 \cdot 10^{-7}$	$3,99 \cdot 10^{-6} \pm 2,95 \cdot 10^{-6}$	$1,03 \cdot 10^{-12} \pm 0,058 \cdot 10^{-12}$
Activité <i>in vivo</i> (dose en mg/kg/jr nécessaire pour observer le même effet utéroprolifératif)	45,3	309	0,000818

Tableau 26 : Comparaison de l'activité oestrogénique des dérivés du benzylidène camphre et du 17-β œstradiol

Les tests *in vitro* ont été réalisés sur une lignée de cellules tumorales, les MCF-7, responsables du cancer du sein. On a pu déterminer la concentration nécessaire en 3-benzylidène camphre, en 4-méthylbenzylidène camphre et en 17- β œstradiol pour observer un doublement de la population des cellules tumorales MCF-7.

Les résultats ont montré que la prolifération de ces cellules tumorales est 600000 fois moins importante avec le 3-benzylidène camphre qu'avec le 17- β œstradiol. En ce qui concerne le 4-méthylbenzylidène camphre, il possède un caractère 4 millions de fois moins oestrogéniques que le 17- β œstradiol.

Les tests *in vivo* ont été réalisés sur des rats femelles de laboratoire de souche Long Evans. Les molécules testées ont été administrées par gavage aux rats à raison de 0,04 ml de solution huileuse pour 10 g de poids durant 4 jours. Les rats ont ensuite été sacrifiés et leurs utérus pesés.

Les doses nécessaires en 3-benzylidène camphre et en 4-méthylbenzylidène camphre pour obtenir des résultats analogues à ceux du 17- β œstradiol étaient respectivement 55000 fois et 400000 fois supérieurs à celles du témoin positif.

Cette étude démontre donc que l'effet oestrogénique des dérivés du benzylidène camphre est négligeable sur l'organisme et ne peut en aucun cas être responsable d'effets indésirables sur les individus. Néanmoins, l'utilisation du 3-benzylidène camphre a été interdite en France du fait de son effet oestrogénique. En effet, celui-ci reste quand même très supérieur à l'effet oestrogénique du 4-méthylbenzylidène camphre.

En ce qui concerne les dérivés du benzylidène camphre brevetés par la société L'oréal®, aucune étude ne montre d'effet oestrogénique de ces filtres. Sachant que toutes les publications disponibles sur ces molécules émanent des chercheurs de la société l'Oréal®, il est difficile de se faire une idée précise de leur effet oestrogénique.

6.2.2 Les benzophénones

Une étude a permis de comparer l'activité oestrogénique de la benzophénone-3 avec le 17- β oestradiol (Tableau 27) [64].

	benzophénone-3	17- β œstradiol
Activité <i>in vitro</i> (concentration molaire nécessaire pour observer la même prolifération des cellules MCF-7)	3,73	$1,03 \cdot 10^{-6}$

Tableau 27 : Comparaison de l'activité oestrogénique de la benzophénone-3 et du 17 β - œstradiol

Les tests ont été réalisés *in vitro* sur une lignée de cellules tumorales, les MCF-7, responsables du cancer du sein. Les tests ont permis de déterminer la quantité nécessaire de benzophénone-3 et de 17- β œstradiol pour provoquer le doublement de la population des cellules tumorales MCF-7.

Les résultats prouvent que la benzophénone-3 a une activité oestrogénique 4 millions de fois inférieure à celle du 17- β œstradiol. On peut donc en déduire que le risque de cancer induit par ce filtre organique est négligeable et que son utilisation ne présente pas de réel danger.

6.3 Les modifications génétiques et le risque cancéreux

6.3.1 L'oxyde de zinc et le dioxyde de titane

L'oxyde de zinc et le dioxyde de titane sont présents dans la plupart des produits de protection solaire sous la forme de nanoparticules, ce qui permet d'améliorer leur efficacité.

Ces deux filtres peuvent subir des réactions photochimiques qui peuvent compromettre leur efficacité, provoquer des dégâts sur l'ADN ou l'ARN ou altérer l'homéostasie cellulaire. Ils ont un effet photoclastogène sous l'action des radiations ultraviolettes induisant des aberrations chromosomiques. Celui-ci est observé pour la forme cristallographique rutile. Un revêtement à base d'oxyde de silicium (SiO_2) ou de diméthicone permet de stabiliser les particules micronisées [65].

D'autre part, de nombreuses études démontrent que ces nanoparticules ne pénètrent pas dans la peau et ne peuvent donc pas interagir avec les cellules nucléées situées au niveau de la couche épidermique la plus profonde. Des tests de toxicité *in vivo* affirment que l'oxyde de zinc et le dioxyde de titane ne sont pas toxiques et possèdent une excellente tolérance cutanée [66].

Au final, il semble évident que l'utilisation des filtres minéraux au sein des produits de protection solaire ne présente qu'un risque négligeable pour la santé humaine face au danger bien réel que représentent les rayons ultraviolets.

Il semble tout de même important de noter que les produits solaires bio et minéraux basent leur marketing sur l'innocuité des filtres inorganiques. Il est donc nécessaire de rappeler que les filtres minéraux sont mis en cause par certains auteurs en termes de toxicité au même titre que les filtres organiques. Il conviendra de bien garder à l'esprit que l'ennemi principal est le soleil puisqu'il est clairement impliqué dans les cancers cutanés. Il faut donc bien s'en protéger et ne pas critiquer systématiquement les filtres solaires.

6.3.2 Les benzophénones

La benzophénone-3 est un filtre très stable en milieu apolaire grâce à une liaison hydrogène forte qui la maintient dans sa conformation la plus efficace. En effet, l'irradiation de l'oxybenzone dans du cyclohexane pendant 100 heures n'aboutit pas à la formation de sous-produits [67]. En milieu polaire, elle présente un risque d'instabilité. Sa conformation est différente et elle peut agir comme un catalyseur et induire des réactions de photodécomposition [68].

L'oxybenzone peut être oxydée très rapidement sous l'effet des UV. Cette oxydation conduit à la formation de sémiquinones qui vont réagir avec les fonctions thiolates des molécules présentes dans les cellules épidermiques. Cette réaction aboutit à la formation de complexes R-SH. Sous cette forme, les systèmes anti-oxydants de défense de l'épiderme ne sont plus actifs. Cette molécule, en particulier chez les individus de phototype I et II, présente le risque potentiel de rendre la peau plus sensible aux espèces réactives de l'oxygène [63].

6.4 L'intoxication par les salicylées

On a pu évoquer le risque d'intoxication salicylée suite à l'usage de produits contenant des filtres de cette famille. Toutefois, le passage de l'octylsalicylate au travers d'un fragment de peau humaine évalué *in vitro* est minime [46].

7 Qu'en pensent les équipes officinales ?

7.1 Présentation

Afin d'évaluer le niveau de connaissances des membres de l'équipe officinale en termes de produits solaires, nous avons rédigé et distribué un questionnaire aux 40 pharmacies de Loire-atlantique et de Vendée accueillant un stagiaire de 6^{ème} année de pharmacie de la Faculté de Nantes.

Les questionnaires ont été distribués durant les cours du lundi matin à tous les étudiants de 6^{ème} année d'officine. Dans chaque officine, trois questionnaires ont été remplis. L'un par un pharmacien, un par un préparateur et le dernier par l'étudiant en pharmacie en stage dans cette officine. Au total, 54 questionnaires ont été récupérés et analysés.

Le but de cette étude est de connaître la position des professionnels de santé en termes de conseil de produits solaires. Que vendent-ils ? Produits minéraux, produits bio, produits alliant filtres organiques et inorganiques ? Quels conseils prodiguent-ils pour les enfants, les femmes enceintes, les personnes avec une hypersensibilité cutané ?

Connaissant les mauvais résultats de protection solaire obtenus par les produits minéraux et bio ainsi que les faibles risques pour la santé de l'utilisation de filtres organiques, nous voulions évaluer les connaissances des équipes officinales à ce sujet.

7.2 Le questionnaire

Le questionnaire distribué dans les pharmacies est présenté *figure 50*.

<u>Questionnaire sur les produits solaires</u>	
-Quelle est votre qualification dans l'officine ?	<input type="checkbox"/> Pharmacien(ne) <input type="checkbox"/> Préparateur(rice) <input type="checkbox"/> Etudiant(e)
-Vous considérez-vous comme bien formé(e) dans le domaine des produits solaires ?	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non
-Quels types de produits solaires possédez-vous dans votre officine ?	<input type="checkbox"/> Des produits classiques <input type="checkbox"/> Des produits minéraux <input type="checkbox"/> Des produits bio
-Quels types de produits conseillez-vous pour un adulte ?	<input type="checkbox"/> Des produits classiques <input type="checkbox"/> Des produits minéraux <input type="checkbox"/> Des produits bio
-Quels types de produits conseillez-vous pour un enfant de moins de 2 ans?	<input type="checkbox"/> Des produits classiques <input type="checkbox"/> Des produits minéraux <input type="checkbox"/> Des produits bio
-Quels types de produits conseillez-vous pour un enfant de plus de 2 ans ?	<input type="checkbox"/> Des produits classiques <input type="checkbox"/> Des produits minéraux <input type="checkbox"/> Des produits bio
-Quels types de produits conseillez-vous pour une femme enceinte ?	<input type="checkbox"/> Des produits classiques <input type="checkbox"/> Des produits minéraux <input type="checkbox"/> Des produits bio
-Quels types de produits conseillez-vous pour une personne avec une hypersensibilité cutanée ?	<input type="checkbox"/> Des produits classiques <input type="checkbox"/> Des produits minéraux <input type="checkbox"/> Des produits bio

Figure 50 : Le questionnaire à destination de l'équipe officinale

7.3 Résultats

On peut déplorer le faible retour des questionnaires par les étudiants en pharmacie. Sur 120 questionnaires distribués, seulement 54 ont été remplis.

7.3.1 Quelle est votre qualification dans l'officine ?

Le questionnaire a été complété par une proportion égale de pharmaciens, préparateurs et étudiants en 6^{ème} année de pharmacie (Figure 51). Ceci permet d'avoir le point de vue de tous les membres de l'équipe officinale aptes à donner des conseils en matière de protection solaire.

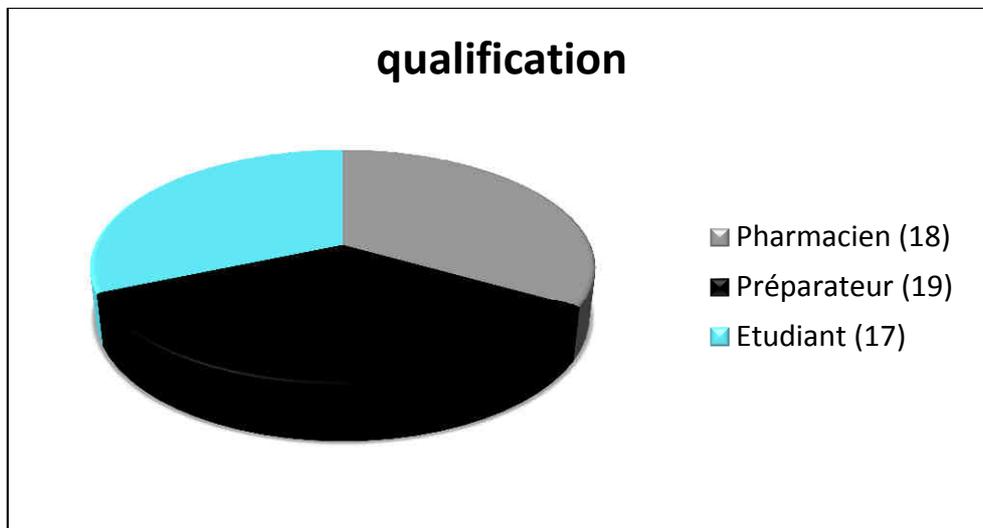


Figure 51 : Qualifications des personnes ayant rempli les questionnaires

7.3.2 Vous considérez-vous comme bien formé(e) dans le domaine des produits solaires ?

La *figure 52* présente le ressenti des professionnels de santé sur leur formation en termes de produits solaires.

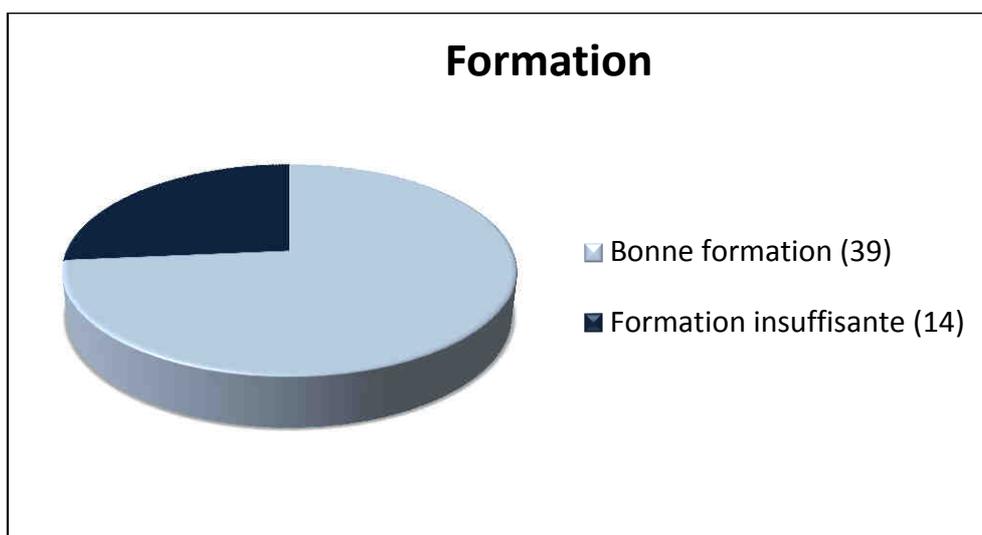


Figure 52 : Perception du niveau de formation en termes de produits solaires

72% des membres de l'équipe officinale se considèrent comme bien formés dans le domaine des produits solaires. Les personnes jugeant leur formation insuffisante dans ce domaine sont principalement des étudiants (8 sur 14) qui n'ont pas encore pu recevoir les formations pratiques dispensées en officine.

Il est à noter que sur les 17 étudiants sondés, un peu plus de la moitié trouve sa formation suffisante. Les étudiants non satisfaits de leur formation attendent d'être formés à l'officine par les représentants des laboratoires cosmétiques.

Cette formation par les laboratoires semble souvent plus concrète et plus adaptée dans le conseil des produits solaires au quotidien. Malheureusement, les informations données lors de ces formations sont tournées à l'avantage des produits présents dans les gammes des laboratoires et restent souvent peu objectives.

Il est donc nécessaire de mettre en parallèle les informations reçues lors des formations par les laboratoires avec les cours reçus lors de notre formation à la faculté de pharmacie. Il est important de garder en mémoire que les cours dispensés à la faculté sont réalisés par des professeurs indépendants de tout laboratoire et sont donc une base essentielle et objective de notre connaissance pharmaceutique.

7.3.3 Quels types de produits solaires possédez-vous dans votre officine ?

La *figure 53* présente les différents types de produits solaires présents dans les officines.

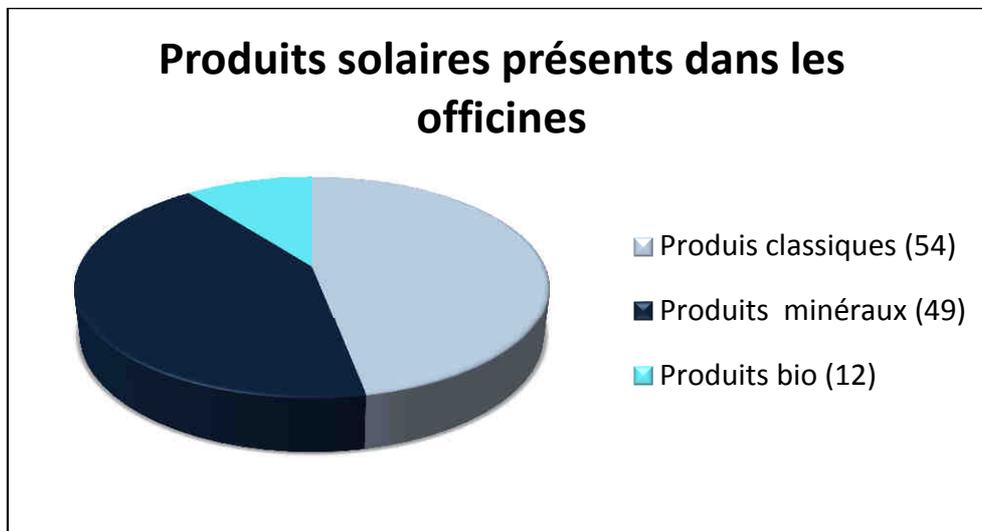


Figure 53 : Différents types de produits solaires présents dans les officines

On constate que toutes les officines présentent dans leurs rayons des produits de protection solaire conventionnels, soit des produits possédant dans leur composition des filtres minéraux et organiques. 91% des officines possèdent également des produits constitués uniquement de filtres minéraux. Seulement 22% des pharmacies présentent une gamme solaire avec la mention bio.

7.3.4 Quels types de produits conseillez-vous pour un adulte ?

La *figure 54* présente les produits solaires conseillés par l'équipe officinale pour un adulte sans problèmes de peau particulier.

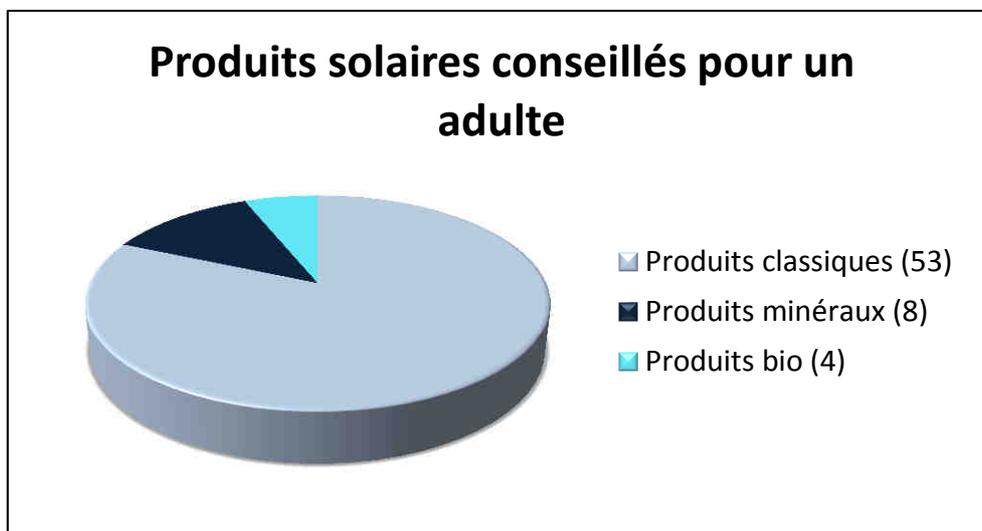


Figure 54 : Produits solaires conseillés pour un adulte

98% de l'équipe officinale conseille des produits solaires conventionnels à un adulte contre seulement 14% pour les produits minéraux et 7% pour les produits bio.

7.3.5 Quels types de produits conseillez-vous pour un enfant de moins de 2 ans ?

La *figure 55* présente les produits solaires conseillés par l'équipe officinale pour un enfant de moins de 2 ans.

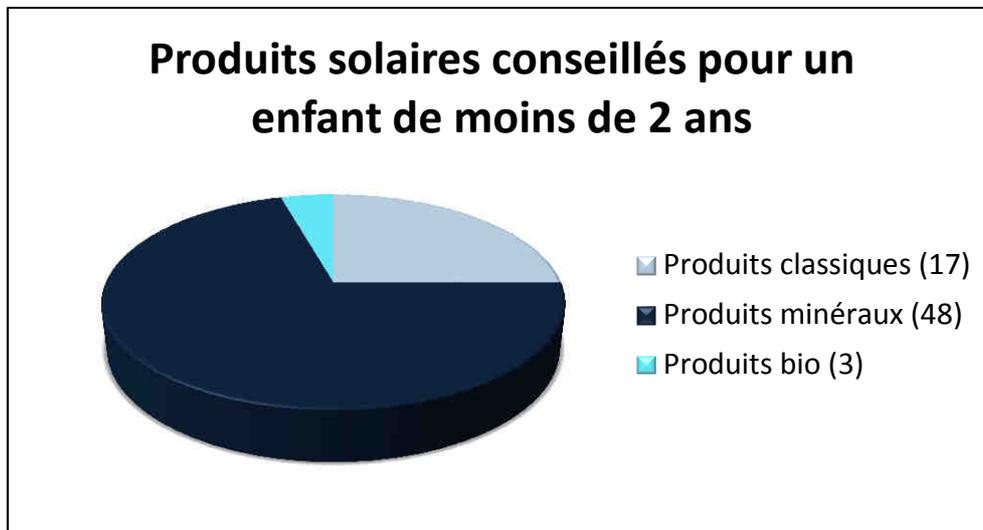


Figure 55 : Produits solaires conseillés pour un enfant de moins de 2 ans

On constate qu'à l'inverse des produits de protection solaire conseillés pour les adultes, ce sont les produits minéraux qui sont les plus conseillés pour cette tranche d'âge. En effet, 89% de l'équipe officinale les conseille contre 31% pour les produits classiques et 6% pour les produits bio.

7.3.6 Quels types de produits solaires conseillez-vous pour un enfant de plus de 2 ans ?

La *figure 56* présente les produits solaires conseillés par l'équipe officinale pour un enfant de plus de 2 ans.

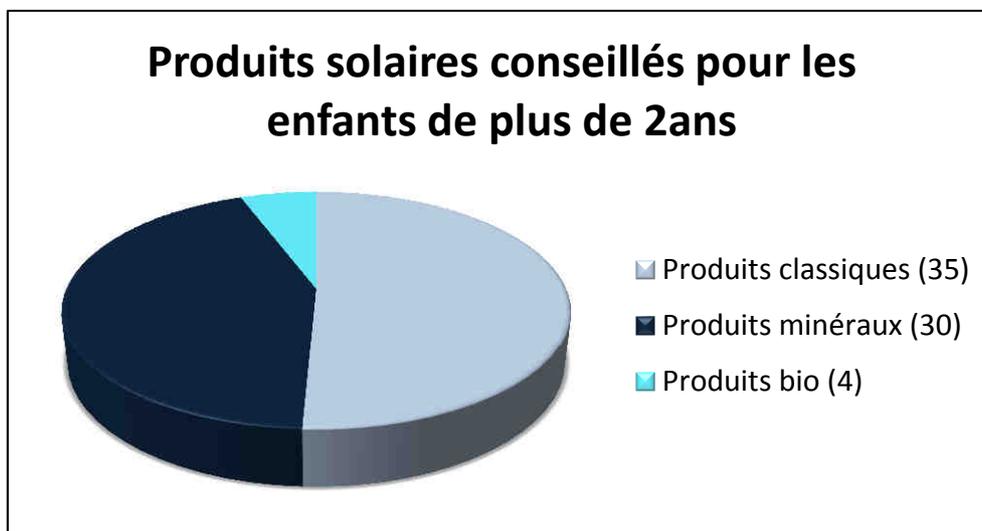


Figure 56 : Produits solaires conseillés pour les enfants de plus de 2 ans

A l'inverse des enfants de moins de 2 ans, les produits solaires conventionnels sont beaucoup plus conseillés chez les enfants de plus de 2 ans. 65% de l'équipe officinale les conseille au même titre que les produits de protection solaire à base de minéraux (56%). Les produits bio, quant à eux, ne sont conseillés que par 7% des personnes.

7.3.7 Quels types de produits solaires conseillez-vous pour une femme enceinte ?

La *figure 57* présente les produits solaires conseillés par l'équipe officinale pour une femme enceinte.

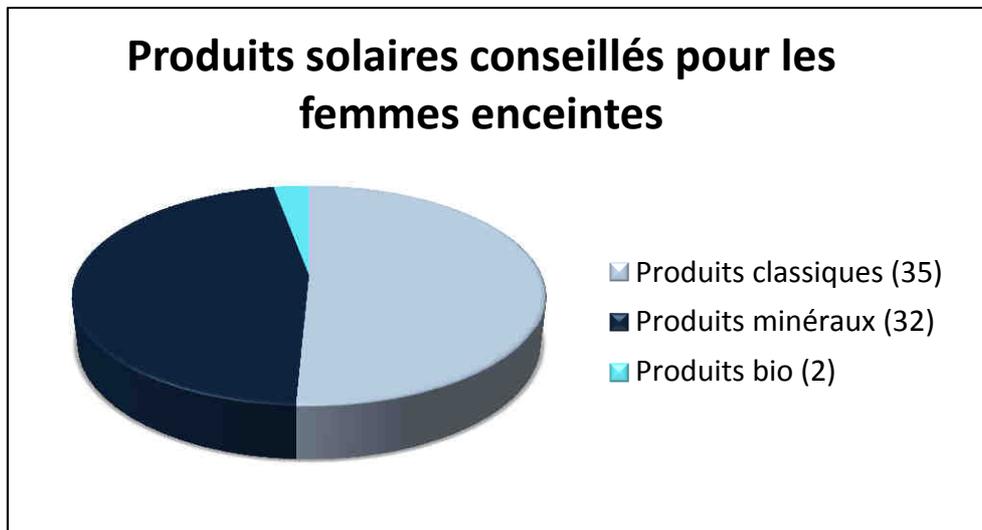


Figure 57 : Produits solaires conseillés pour les femmes enceintes

Les membres de l'équipe officinale conseillent tout aussi bien les produits de protection solaire conventionnels à hauteur de 65% que les produits minéraux à hauteur de 59% pour les femmes enceintes. Les produits bio restent très peu conseillés (4%).

7.3.8 Quels types de produits conseillez-vous pour une personne avec une hypersensibilité cutanée ?

La *figure 58* présente les produits solaires conseillés par l'équipe officinale pour une personne souffrant d'une hypersensibilité cutanée.

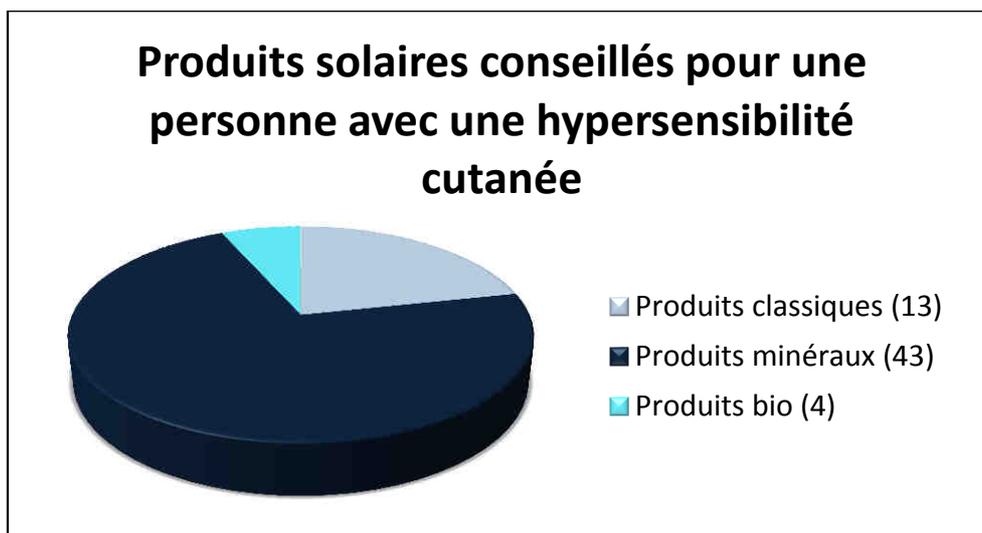


Figure 58 : Produits solaires conseillés pour une personne souffrant d'une hypersensibilité cutanée

Comme pour les enfants de moins de 2 ans, les produits solaires les plus conseillés lors d'une hypersensibilité cutanée sont les produits minéraux à 80%. Les produits solaires classiques ne sont conseillés par l'équipe officinale qu'à 24% et les produits bio à hauteur de 7%.

7.4 Interprétation des résultats

On peut noter que la plupart des officines ne possèdent pas de produits de protection solaire bio. Cela montre que malgré l'attrait important, depuis quelques années, de la population pour ce type de produits considérés comme naturels, les pharmacies n'ont pas souhaité suivre cette mode et possèdent peu de gamme bio de produits solaires.

Toutefois, il conviendra de noter que 91 % des officines possèdent des produits solaires minéraux dans leurs rayons. Ceci est dû au fait que la plupart des laboratoires de produits solaires représentés dans les officines possèdent une gamme minérale.

On rappellera que la différence entre produit solaire bio et produit minéral n'est pas liée aux actifs qui sont les mêmes : dioxyde de titane et oxyde de zinc. La différence est liée à la nature des ingrédients constitutifs de leurs excipients qui sont dans le cas des produits bio en partie issus de l'agriculture biologique.

On constate que les membres de l'équipe officinale conseille principalement les produits minéraux aux jeunes enfants (surtout les moins de 2ans) et aux personnes souffrant d'hypersensibilité cutanée. Les femmes enceintes sont également orientées vers ce type de produits.

Ces conseils révèlent la crainte du passage transcutané des filtres organiques appliqués sur la peau. L'épiderme des jeunes enfants est fin et ils sont sensibles aux agents qui peuvent être appliqués sur leur peau. Les personnes souffrant d'hypersensibilité cutanée craignent d'appliquer des produits sur leur peau qui pourraient provoquer des allergies. Concernant les femmes enceintes, la crainte d'un passage sanguin et vers le fœtus de certains filtres organiques pousse à utiliser des produits de protection solaire uniquement constitués de filtres minéraux.

Malheureusement, on a pu voir précédemment que ce type de produits ne devraient pas être utilisés chez toutes ces personnes. En effet, les jeunes enfants comme les personnes avec une hypersensibilité cutanée et les femmes enceintes doivent être encore plus protégés du soleil que les autres catégories de population. Or, on constate que l'efficacité de ces produits est insuffisante pour protéger des rayons UV du soleil. De plus, la micronisation des particules de dioxyde de titane et d'oxyde de zinc rend leur passage transcutané possible au même titre que les filtres organiques. Il n'existe donc plus d'intérêt à les utiliser seuls au sein des formulations des produits de protection solaire. Quant aux effets indésirables des filtres organiques, ils sont moindres lorsqu'ils sont appliqués sur la peau uniquement sur de courtes périodes d'exposition solaire en comparaison des risques pour la santé de l'irradiation par les rayons ultraviolets du soleil.

Concernant les personnes souffrant d'hypersensibilité cutanée, les filtres organiques sont peu allergisants à l'exception de l'octocrylène. De plus, ces allergies sont plus souvent dues à des molécules telles que les parfums qu'aux filtres solaires utilisés. Il faut noter que les produits bio doivent être évités chez ces personnes car ils sont souvent constitués d'huiles essentielles allergisantes ainsi que d'alcool. Il est important de retenir que ce qui est bon pour l'environnement ne l'est pas forcément pour la peau.

Les produits de protection solaire conventionnels sont utilisés chez tous les individus et devraient être les seuls utilisés. Ils doivent être appliqués chez toutes les personnes exposés aux radiations solaires durant les périodes estivales toutes les 2 heures. Cette protection est indispensable pour se protéger des effets délétères du soleil tels que les cancers cutanés.

En ce qui concerne la formation des membres de l'équipe officinale, 72% répondent être bien formés. Mais ces formations sont souvent faites par les laboratoires plus intéressés par la vente de leurs produits que par leur réelle efficacité. Il serait donc bénéfique de mettre en place des formations indépendantes permettant à chacun de donner un conseil optimal pour assurer la sécurité des patients face au soleil.

8 Une pression médiatique forte

Les résultats expérimentaux obtenus au laboratoire témoignent de la faible efficacité des produits de protection solaire minéraux et bio. Malgré cela, il reste difficile de lutter contre les idées reçues quant à la dangerosité des filtres organiques et aux bienfaits de produits minéraux ou bio. La tâche est considérable car les médias et les publicistes font tout pour que le grand public et même certains acteurs de santé conservent ces idées fausses à l'esprit. Pour étayer cela, nous allons avoir recours à quelques exemples trouvés sur internet.

8.1 Premier exemple

Un article publié sur le site espacerenaissance.wordpress.com (*figure 59*) évoque les avantages des produits bio ou minéraux face à la dangerosité des filtres organiques.

Crèmes solaires Bio et filtres minéraux...

30 avril 2011

Les media n'arrétant pas d'en parler, beaucoup de personnes s'interrogent quant aux risques réels d'une exposition plus ou moins prolongée et répétée au soleil... Le spectre du cancer de la peau flotte au-dessus de nos têtes, tel un rapace attendant de fondre sur nous ! Cette peur est bien-entendu largement entretenue par l'industrie cosmétique qui, une fois n'est pas coutume, répond à nos peurs en proposant des "solutions". Cependant, le remède peut-être bien pire que le mal !

Prendre le soleil ou ne pas prendre le soleil: telle est la question !

Tout d'abord, n'oublions pas que l'exposition au soleil est nécessaire à une bonne santé, physique et psychologique: d'une part, la lumière a une action de régulation sur notre système endocrinien (d'où les problèmes de déprime saisonnière en hiver); d'autre part, c'est par une exposition à la lumière que nous fabriquons l'indispensable vitamine D dont de plus en plus d'études démontrent son importance pour notre santé, notamment sur notre système immunitaire. Ainsi, des carences en vitamine D augmente les risques de troubles cognitifs en vieillissant, de maladies auto-immunes...

Le problème n'est pas tant l'exposition au soleil qui est normale et naturelle, que des pratiques sociales et culturelles nous amenant à ne plus respecter un rapport au soleil "équilibré". Et c'est là que l'industrie cosmétique, surfant sur nos préoccupations, nous propose des produits avec de savants cocktails censés nous protéger ! Mais savez-vous vraiment comment fonctionne une crème solaire "traditionnelle" et de quoi elle est composée ?

Des filtres chimiques très inquiétants

La cosmétique conventionnelle utilise majoritairement les **filtres chimiques** qui, s'ils sont faciles d'utilisation, présentent de nombreux inconvénients. Ils ne sont en premier lieu **efficaces qu'après 30 mn** et doivent être renouvelés fréquemment. Ils présentent en outre des risques d'allergies importants.

Surtout, ces crèmes, censées nous protéger, ne sont pas sans effet sur notre organisme et sur l'eau de baignade dans laquelle s'en dépose une bonne partie. Une étude publiée par des chercheurs suisses de l'Université de Zurich a mis en lumière **l'activité oestrogénique de certains filtres UV** qui pourrait favoriser le développement de cancer et provoquer des troubles du développement des organes sexuels et du cerveau.

Le risque lié à l'exposition à ces substances est double. En premier lieu, en passant la barrière cutanée ces substances se retrouvent dans notre organisme. Ainsi une étude menée dans le cadre du programme national suisse de recherche sur les «perturbateurs endocriniens» (PNR 50) a révélé la présence de ces **substances dans le lait maternel**. Par ailleurs, l'environnement et la chaîne alimentaire sont également concernés puisque ces substances ont été identifiées dans des poissons de rivières. En effet, une grande partie de la crème que nous mettons **se retrouve directement dans l'eau de baignade**.

Leur efficacité et leur composition est également mise en cause par une étude de l'Environmental Working Group (EWG), une ONG environnementale basée à Washington qui a réalisé une enquête sur 952 lotions solaires américaines.

Par curiosité, voici une étiquette d'un produit du marché, décryptée...

**REGARDEZ à LA LOUPE
LA COMPOSITION DE
VOTRE PRODUIT SOLAIRE**

INGREDIENTS. AQUA. OCTOCRYLENE. C12-15
ALKYLBENZOATE. GLYCERIN. PROPYLENE GLYCOL.
4 - CYCLOHEXASILOXANE. ALCOOL DENAT. BUTYL - 5
METHOXYDIBENZOYLMETHANE. DIGLYCOL/CHDM/ - 6
ISOPHTALATES/SIP COPOLYMER. TITANIUM - 7
DIOXYDE. DROMETRIZOLE TRISILOXANE. BUXUS
CHINENSIS. OCTYL TRIAZONE. BUTYRO-SPERMUM - 8
9 - PARKII. GLYCINE SOJA. OCTOXY GLYCERIN.
10 - PENTASODIUM ETHYLENEDIAMINE TETRAMETHY-
LENE PHOSPHONATE. POLYACRYLATE-3. - 11
TEREPHTHALYLIDENE DICAMPHOR SULFONIC ACID. - 12
TOCOPHEROL. TRIETHANOLAMINE. PARFUM .
Code F.I.L.: CI3249/ 13 14

1-Photosensibilisation- mélanome- bioaccumulation
2-Antimicrobien- faible risque
3-Bien toléré- peut être irritant pour les yeux
4-Emollient- perturbateur hormonal et bioaccumulation
5-Filtre UV- immunotoxique- mutagène
6-Agent filmogène- suspicion reprotoxique -perturbateur hormonal
7-Filtre UV- effets sur l'immunité- pas d'absorption par la peau
8-Filtre UV- toxicité environnementale- peu documenté
9-Filtre UV- photoallergique- dermatites- ecotoxique
10- Controleur de viscosité- très peu documenté
11-Agent de suspension- faible absorption- peu documenté
12-Filtre UV- allergies-photosensibilité- mutagène
13-Ajusteur de Ph-fortement allergénique et immunotoxique
14-Parfums chimiques- perturbateurs hormonaux, immunotoxiques

Les filtres minéraux des crèmes Bio

Une alternative à ces filtres chimiques réside dans l'utilisation d'**écrans minéraux** qui réfléchissent les rayons nocifs. Ils sont constitués de micropigments : dioxyde de titane ou oxyde de zinc.

La **cosmétique naturelle** a recours à ces composants pour palier l'utilisation de filtres chimiques. Si ces écrans sont efficaces immédiatement, ne sont pas allergisants et ne présentent pas la nocivité des filtres chimiques, ils ne sont pas sans poser de problème. D'une part, le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC) a déterminé que le *dioxyde de titane*, majoritairement utilisé comme composant pour les écrans, était un cancérigène du groupe 2B « susceptible d'être cancérigène pour l'humain » **en cas d'inhalation**. Cette présomption de dangerosité fait peser un **risque sur les personnes qui manipulent ce composé lors de la fabrication**.

Les nanoparticules dans les crèmes Bio

D'autre part, pour améliorer la texture des crèmes et éviter l'effet *masque blanc* sur la peau, des marques ont recours à une **micronisation du dioxyde de titane en nanoparticules**. En l'absence d'informations fiables sur les dangers sanitaires liés à l'utilisation des **nanotechnologies dans la cosmétique**, il paraît peu rigoureux d'avoir recours à celles-ci dans des cosmétiques estampillés «bio». Une marque comme **Eco Cosmetics** que propose l'Espace Renaissance, propose ainsi des crèmes solaires Bio, 100% naturelles, et sans nanoparticules ! D'autres marques sérieuses comme Florame font de même.

Quelles que soient les réserves que l'on peut avoir envers les filtres minéraux sans nanoparticules, leur utilisation reste une alternative bien plus saine et écologique que les filtres chimiques évoqués plus haut !

Avantages et inconvénients des crèmes solaires Bio

Les crèmes solaires avec filtres chimiques demandent en général 30 minutes avant d'être efficaces, le temps pour la réaction chimique de se faire. Les crèmes avec filtres minéraux protègent dès leur application et résistent de plus très bien à l'eau et aux baignades. Du coup, elles sont plus économiques à l'usage.

De plus, leur composition à base d'ingrédients naturels en font bien souvent des crèmes parfaitement tolérées par les peaux les plus sensibles, ainsi que par les enfants. Des marques comme Eco Cosmetics proposent même des formulation spéciales pour enfant, avec un indice de protection élevé (FPS 50).

Par contre, il faut savoir que les crèmes solaires utilisant des filtres minéraux ont une texture plus épaisse que celles avec filtres chimiques ! Des gens se plaignent parfois de trouver la crème plus épaisse ou donnant un effet un peu blanc sur la peau. Je répondrai que l'on ne peut pas tout avoir ! Tout est ensuite affaire de choix personnel: préférez-vous perturber votre système hormonal, ou mettre plus de temps à étaler la crème ? En plus, il faut vraiment relativiser cet effet blanchâtre, et savoir qu'il est très faible sur les indices moyens et faibles. Ensuite, il est certain que la crème sera plus épaisse avec un indice de 50, la concentration en filtres minéraux étant plus importante.

Bref, en ce qui nous concerne, notre choix est fait, et n'oublions pas que rien ne vaut la modération quand on s'expose au soleil !

Figure 59 : article sur les produits bio contre organique (www.espacerenaissance.wordpress.com)

On note tout d'abord que l'auteur de cet article utilise un ton moqueur pour aborder les problèmes de cancers cutanés : « Le spectre du cancer de la peau flotte au-dessus de nos têtes, tel un rapace attendant de fondre sur nous ! ». Ces cancers ne seraient, selon l'auteur, que pure invention de l'industrie cosmétique visant à démultiplier les ventes de produits de protection solaire. Il discrédite totalement la parole des scientifiques auprès du grand public, ce qui est assez inquiétant.

On relève également « le remède peut être bien pire que le mal », ce qui sous-entend que les produits solaires seraient bien plus dangereux qu'une exposition aux rayons ultraviolets du soleil. L'auteur nie donc les dangers du soleil mais ajoute également que les filtres solaires sont bien plus dangereux.

Selon l'article, les filtres organiques ne seraient actifs qu'après 30 minutes d'exposition solaire, ce qui n'est absolument pas démontré scientifiquement. Les risques allergiques, oestrogéniques et la pénétration dans l'organisme de ces filtres est bien sûre mise en cause. On sait que certains filtres organiques présentent un risque allergique mais ils ne touchent qu'une faible fraction de la population. Quant à la pénétration dans l'organisme de ces molécules et à leur effet oestrogénique, ceux-ci sont tellement faibles qu'elles n'ont aucune incidence sur la santé humaine.

Toutes les molécules présentes dans un produit de protection solaire conventionnel sont cataloguées et leurs effets indésirables détaillés. Aucune référence à des études scientifiques n'est fournie pour appuyer toutes ces assertions. De plus, ils évoquent les produits bio comme étant inoffensifs pour l'organisme. On sait très bien que des ingrédients comme l'alcool ou les huiles essentielles souvent retrouvés dans les produits bio sont respectivement exhausteurs de

pénétration, allergisants et plus néfastes pour l'organisme qu'un grand nombre de filtres organiques.

En ce qui concerne les filtres minéraux, l'auteur conseille les produits non micronisés pour éviter leur passage transdermique. On sait que ces molécules ont une faible efficacité de protection contre les rayons UV du soleil. D'ailleurs la marque EcoCosmetics® est citée en référence par l'auteur de l'article pour l'innocuité de ses filtres. Rappelons que nous avons testés deux produits de cette gamme. Les résultats n'étaient pas conformes à la valeur annoncée sur l'emballage (SPF de 12 pour une valeur affichée de 30 et SPF de 13 pour une valeur affichée de 45).

Il est inquiétant de voir que tout le monde peut avoir accès à ce type d'informations sur internet en tapant produits solaires bio sur un moteur de recherches. De nombreuses personnes n'ont pas de recul par rapport à ce type d'informations et les conséquences pour leur santé ou celle de leurs enfants peut être grave si ils décident de ne plus se protéger du soleil.

8.2 Deuxième exemple

Un article publié sur le site www.consoglobe.com compare la composition, l'efficacité, l'impact sur la santé et l'environnement ainsi que le prix des produits de protection solaire bio et conventionnels (*Figure 60*).

Duel écologique : Crème solaire classique vs Crème solaire bio

06/2010

Les conséquences néfastes des rayons ultra-violets nous sont chaque année rappelées : coups de soleil, vieillissement cutané, risques de cancer...C'est pourquoi, protéger sa peau est essentiel. Mais que faut-il choisir ? Une crème solaire classique ou bio ?

Crème solaire classique

Les pour : pratique, large gamme de produits, texture facile à étaler

Les contre : source de pollution, composants néfastes pour la santé

Composition : les crèmes solaires classiques contiennent des filtres de synthèse. Ces derniers "transforment" les rayons UV dans la peau en rayons non-nocifs. Les filtres ultraviolets sont inclus dans une base qui peut être une huile ou une crème. La crème solaire contient également des conservateurs, des épaississants, des agents hydratants, des agents permettant de stabiliser l'émulsion, ainsi que des anti-radicaux libres (vitamine E ou vitamine C notamment).

Environnement : depuis quelques années, les filtres chimiques employés dans les crèmes solaires sont vivement accusés d'entraîner une importante pollution de l'eau. En effet, une étude suisse révèle que les composants chimiques, non biodégradables, sont en partie responsables du blanchiment et de la mort du corail, dans les zones très touristiques. L'étude montre aussi que, même à très faible dose, les filtres ultraviolets attaquent la muqueuse corallienne. De plus, les filtres de synthèse sont difficiles à éliminer, même par les stations d'épuration. Très fragile, le corail est l'un des écosystèmes les plus productifs de la planète et sa destruction menace de ce fait le biotope marin. 10% des coraux du massif corallien seraient déjà affectés. On retrouve ces filtres de synthèse également dans le corps de certains poissons.

Efficacité : assez faciles à appliquer grâce à leur texture onctueuse, les crèmes solaires classiques absorbent les rayons UV sur la peau. Cependant, leur action est non immédiate (il faut attendre environ 20 minutes après application pour que la crème solaire devienne active) et non stable car il faut appliquer la crème au moins toutes les heures pour protéger la peau des méfaits du soleil (d'autant que si vous allez vous baigner, ¼ de la crème appliquée sera dispersé dans l'eau). Par ailleurs, les crèmes solaires possèdent une date de péremption au-delà de laquelle elles n'offrent plus les mêmes avantages. Néanmoins, outre les UVB, les crèmes solaires commencent à filtrer très efficacement les UVA.

Santé : les filtres chimiques ne sont pas seulement montrés du doigt pour leur impact sur le corail mais aussi sur la santé. En effet, les filtres de synthèse sont soupçonnés d'être des perturbateurs endocriniens. La crème solaire chimique pénètre l'épiderme et forme une couche filtrante. Mais les principes actifs entrent dans l'organisme, et selon des chercheurs, ils joueraient un rôle semblable à celui des oestrogènes, pouvant entraîner un déséquilibre hormonal. Par ailleurs, des crèmes solaires élaborées à partir d'écrans solaires chimiques qui pénètrent dans l'organisme, sont souvent allergisants.

Prix : Les prix des crèmes solaires varient en fonction des marques, de l'indice de protection, du conditionnement mais aussi de la quantité de crème solaire dans l'emballage. Pour une crème solaire l'Oréal de 50ml et à l'indice de protection 50, il faut compter aux alentours de 5 euros.

Crème solaire bio

Les pour : ingrédients naturels, pas de risques d'allergies, efficacité

Les contre : texture grasse parfois difficile à appliquer, coût plus élevé

Composition : les crèmes solaires bio sont élaborées à partir de filtres minéraux de zinc et de titane. Leurs ingrédients sont dépourvus d'ingrédients issus de la pétrochimie (paraffine, silicone, PEG), de paraben, de nanoparticules, d'huiles et cires minérales de synthèse, d'OGM. Les crèmes solaires bio contiennent de la vitamine E, de la glycérine, des huiles végétales et/ou des huiles essentielles.

Environnement : les crèmes solaires bio sont conçues de telle sorte à limiter significativement la pollution des écosystèmes. Tandis que la composition est nettement moins néfaste pour l'environnement que celle des crèmes solaires classiques, les emballages se veulent dans la plupart des cas recyclables et les sur-emballages limités. La certification ECO, implique que 50 % minimum des végétaux utilisés sont issus de l'agriculture biologique.

Efficacité : l'inconvénient principal des crèmes solaires bio est leur application. Leur texture est en général très épaisse, un peu collante, difficile à étaler, et peut de ce fait laisser des traces blanches sur la peau. Cependant, certaines crèmes solaires bio bénéficient d'une texture fluide. De plus, les crèmes solaires bio, actives dès l'application en principe, protègent l'épiderme en créant à la surface de la peau une barrière étanche contre les rayons UV. En revanche, les indices de protection ne sont pas toujours très élevés selon les marques (20 en moyenne pour les adultes et 30 pour les

enfants). Les indices de protection étant parfois moins élevés, il sera nécessaire d'appliquer une couche de crème solaire bio très régulièrement. Les crèmes solaires bio se révèlent plus résistantes à l'eau que les crèmes solaires classiques, peut-être en raison de sa texture plus épaisse ? Enfin, le délai d'utilisation des crèmes solaires bio est souvent plus court que pour une crème solaire classique.

Santé : les produits solaires bio respectent les mêmes normes de composition et d'étiquetage imposées par la directive européenne sur les cosmétiques (76/768/EEC). Mais les filtres minéraux présents dans les crèmes solaires bio sont sans danger pour la peau. Ils ne pénètrent pas le derme et ne provoquent donc aucune allergie.

Prix : les crèmes solaires bio sont en général plus chères que leurs homologues classiques. La crème solaire bio de 30 ml Snö Bioflowers et à l'indice de protection 20 coûte aux alentours de 12 euros...

Le verdict consoGlobe : -Crème solaire classique : 4 / 10

-Crème solaire bio : 6 / 10

Tentez la crème solaire bio !

La crème solaire est indispensable pendant les longues journées à se prélasser ou à s'amuser au bord de la mer. Cependant, il est évident que l'usage de la crème solaire classique n'est pas un cadeau pour l'environnement et visiblement pas pour notre santé non plus, sur le long terme.

Entre les filtres de synthèse qui détruisent le corail et les emballages inutiles...il semblerait que la crème solaire, bien qu'efficace (si on l'applique toutes les heures !) et rapide à appliquer, ne soit pas la meilleure solution pour passer un été sans conséquences regrettables...

Quant à la crème solaire bio, outre son respect palpable pour l'environnement, elle fait beaucoup de progrès en terme d'efficacité et de praticité. Sa texture devient agréable à étaler, l'indice de protection augmente et son prix baisse au fil des années. Bientôt, la crème bio n'aura plus rien à envier à ses rivales chimiques...

Figure 60 : duel écologique : crème solaire classique vs crème solaire bio (www.cosmoglobe.com)

En ce qui concerne les produits solaires conventionnels, il est noté que ces produits sont néfastes pour la santé. Ceci est appuyé par le fait qu'ils seraient des « perturbateurs endocriniens » et « joueraient un rôle semblable à celui des oestrogènes, pouvant entraîner un déséquilibre hormonal ». On sait très bien que l'effet oestrogénique des filtres organiques est négligeable et n'a donc aucune conséquence sur la santé humaine.

Le risque allergique de l'utilisation des filtres organiques pénétrant dans l'organisme est également évoqué. On sait que ce risque existe avec certaines molécules telles que l'oxybenzone mais qu'il est également très présent avec des produits tels que les huiles essentielles présentes dans la plupart des produits de protection solaire bio.

Quant aux produits de protection solaire bio, l'auteur soulève le fait qu'ils ne contiennent pas de nanoparticules. Ceci resterait à prouver. En outre, il convient de bien rappeler que les filtres inorganiques (oxyde de zinc et dioxyde de titane) ne sont efficaces que sous forme nanoparticulaire.

L'article précise que les produits solaires bio possèdent souvent des indices de protection solaire moins élevés et qu'il est donc nécessaire d'en appliquer plus souvent. Ceci est totalement faux, l'indice de protection solaire ne détermine pas le temps d'efficacité du produit de protection solaire mais uniquement la quantité d'UV arrêtés par les filtres les constituant. Quelle que soit la composition du produit solaire, il doit être appliqué toutes les deux heures car les filtres les constituant se dégradent sous l'action des radiations lumineuses.

La conclusion de l'article est assez inquiétante. Les notes attribuées aux produits solaires sont les suivantes : produits solaires conventionnels (4/10) et produits solaires bio (6/10). L'auteur précise que les conséquences de l'utilisation de produits solaires conventionnels sont inquiétantes et la note attribuée nous laisse entendre qu'il serait moins nocif pour notre santé de ne pas se protéger du soleil.

En ce qui concerne les produits bio, l'augmentation de leur efficacité est uniquement dûe à la micronisation des particules de dioxyde de titane et d'oxyde de zinc alors que l'article précise que ces produits ne contiennent pas de nanoparticules. Comment peuvent-ils alors parler d'augmentation d'efficacité ?

L'article se termine sur le fait que « bientôt, la crème bio n'aura plus rien à envier à ses rivales chimiques... ». Il est bien évident que cela est totalement impossible au vu des résultats d'efficacité plus que médiocres de ces produits. Néanmoins, ce type d'article pousse le consommateur peu regardant de ses sources d'informations dans l'erreur et l'incite à utiliser des produits de protection solaire uniquement constitués de filtres minéraux malgré leur faible efficacité.

9 Conclusion

Le soleil est un astre observé depuis des millénaires par des générations entières à travers les époques. Il permet de réchauffer notre planète et d'y rendre la vie possible. Pour la population, il est souvent synonyme de vacances, d'été, de chaleur... Et sa présence à l'approche des beaux jours rime souvent avec bonne humeur.

Mais l'on sait que le soleil présente également de gros risques pour la santé humaine. Les « coups de soleils » répétés, surtout au cours de la petite enfance, peuvent conduire à des cancers cutanés. Ceux-ci sont de 2 types, les carcinomes et les mélanomes, ces derniers étant les plus dangereux avec un risque de décès très important. Une surexposition solaire peut également entraîner une dépression du système immunitaire, un vieillissement cutané accéléré ainsi que des photosensibilisations.

Depuis quelques années, la population prend conscience des risques liés au soleil grâce à des campagnes d'information menées chaque été par l'Institut National du Cancer. Ces campagnes largement diffusées par les médias visent à sensibiliser la population et à modifier les comportements à risque (Figure 61).



Figure 61 : Campagne de prévention "toast attitude" (www.e-cancer.fr)

Pour se protéger efficacement contre les dangers du soleil, de nombreuses mesures de protection sont à prendre dont l'application de produits de protection solaire.

Mais, depuis quelques temps, les craintes de la population sur la trop grande utilisation de « produits chimiques » et l'engouement pour les produits bio ont conduits à l'apparition de nouveaux produits solaires. Ces produits sont les solaires bio et minéraux, ils ne contiennent pas de filtres organiques mais uniquement des filtres minéraux. Ces filtres ont une fonction d'écran contre les rayons ultraviolets du soleil. A l'inverse, les filtres organiques ont une action chimique en absorbant les radiations UV.

On sait parfaitement que les filtres organiques ne présentent pas plus de risques pour la santé humaine que les filtres minéraux. Ces molécules, utilisées à une concentration autorisée au sein d'un produit de protection solaire, ne présentent aucun danger. L'effet oestrogénique ou le risque cancéreux, reprochés à certains filtres, est négligeable. En ce qui concerne le risque allergique, la présence de benzophénones ou d'octocrylène dans la formulation des produits de protection solaire peut être évitée.

Malheureusement, on trouve de nombreux articles sur internet attestant de la dangerosité des filtres organiques. Certains articles généralisent même ces dangers à l'ensemble des produits de protection solaire et incitent à ne pas se protéger du soleil qui serait moins néfaste pour la santé. Ces assertions, qui ne s'appuient sur aucune preuve scientifiques, peuvent être prises au sérieux par une partie de la population. Cela est inquiétant et les conséquences peuvent être lourdes pour la santé humaine.

Nous avons voulu, lors de notre thèse, tester l'efficacité des produits de protection solaire bio et minéraux en comparaison avec les produits conventionnels. Les résultats ont montré que ces produits ne sont pas suffisamment efficaces pour protéger des rayonnements ultraviolets du soleil. En effet, leur effet protecteur est très limité et ne dépasse un SPF de 30 et ce malgré des étiquetages 50+. Ces résultats sont inquiétants lorsque l'on sait que ces produits sont souvent conseillés aux enfants, aux femmes enceintes ou aux personnes souffrant d'hypersensibilité cutanée. En effet, on sait que ce sont ces catégories de populations qui doivent être particulièrement vigilants vis-à-vis des effets néfastes du soleil.

Les questionnaires distribués aux membres de l'équipe officinale confirment que les 3 catégories de personnes citées précédemment sont orientées, lors d'un conseil, vers des produits de protection solaire bio et minéraux. Cela montre que les professionnels de santé ne sont pas bien informés et qu'ils accordent toute leur confiance à des produits d'efficacité douteuse.

En conclusion, les produits solaires bio et minéraux sont très fréquemment utilisés au sein de la population malgré une efficacité médiocre. Ceci est du au fait que la méthode de détermination la plus utilisée est la méthode *in vivo*, méthode comportant de nombreux biais. Les résultats montrent qu'un grand nombre de produits solaires testés *in vitro* ne sont pas conformes à leur étiquetage. Connaissant les dangers des rayonnements ultraviolets du soleil il conviendrait de mettre fin à cette situation.

10 Bibliographie

[1] : <http://fr.wikipedia.org/wiki/Soleil>

[2] : Bernard Dame. Galilée et les tâches solaires (1610-1613). Rev. Hist. Sci. Appl., 19 : 307-370, 1966.

[3] : Léon Auger. La controverse entre Morin et Descartes sur la matière subtile. Rev. Hist. Sci. Appl., 3 : 255-262, 1950.

[4] : <http://www.chups.jussieu.fr/polys/histo/histoP2/peau.html>

[5] : C. Prost-Squarcioni, M. Heller and S. Fraitag. Histologie et histophysiologies de la peau et de ses annexes. Annales de Dermatologie et Vénérologie, 132 : 8S5-48, 2005.

[6] : <http://www.reseau-melanome-ouest.com/upload/fichier/pdf/environnement.pdf>

[7] : R. Roelandts. Le rayonnement solaire. Annales de Dermatologie et Vénérologie, 134 :4S7-4S8, 2007.

[8] : I. Bédane, R. Roelandts. Le rayonnement ultraviolet. Annales de Dermatologie et Vénérologie, 134 :4S9-4S11, 2007.

[9] : L. Meunier. Expositions solaires et vitamine D. Annales de Dermatologie et Vénérologie, 135 :549-550, 2008.

[10] : M.C. Martini. Introduction à la dermopharmacie et à la cosmétologie. Tec & Doc. 2003.

[11] : M-P. Lavoie, M. Hébert. Faire la lumière sur le trouble affectif saisonnier. Can Psychol, 48 (3) : 187-198, 2007.

[12] : P. Pevet. Mélatonine et rythmes biologiques. Thérapie, 53 : 411-420, 1998.

[13] : Y. Le strat, N. Ramoz, P. Gorwood. Troubles de l'humeur et rythmes biologiques. Ann Pharm Fr, 66 (3) : 169-174, 2008.

[14] : N. Yawalkar, L.R. Braathen. Le psoriasis vulgaire : de la pathogenèse au traitement. Forum Méd Suisse, 6 : 549-554, 2006.

[15] : D. Leroy, F. Beer. L'érythème actinique. Annales de Dermatologie et Vénérologie, 134 : 4S36-4S37, 2007.

[16] : L. Meunier, N. Raison-Peyron, J. Meynadier. Immunosuppression photo-induite et cancers cutanés. Rev Méd Interne, 19 : 247-254, 1998.

[17] : JP. Césarini. Photocancerogenèse cutanée. Rev Méd Interne, 16 suppl 3 : 344s-347s, 1995.

- [18] : S. Halachmi, M. Yaar, BA. Gilcrest. Avancées dans le domaine du vieillissement cutané et du photovieillissement. *Annales de Dermatologie et Vénéréologie*, 132 : 362-7, 2005.
- [19] : PE. Stoebner, L. Meunier. Photo-vieillissement du visage. *Annales de Dermatologie et Vénéréologie*, 135 : 1S21-1S26, 2008.
- [20] : Programme des Nations Unies pour l'Environnement. Bulletin du Programme Action Ozone : 45, 2003.
- [21] : A. Hawrot, M. Alam, D. Ratner. Squamous cell carcinoma. *Curr Probl Dermatol*, 15 (3) : 91-133, 2003.
- [22] : LH. Goldberg. Basal cell carcinoma. *Lancet*, 347 : 663-667, 1996.
- [23] : L. Thomas, AJ. Cochran. Prise en charge du mélanome cutané. *Cancer radiother*, 2 : 732-746, 1998.
- [24] : JL. Bourrain, P. Amblard. Les photoallergies. *Rev Fr Allergol Immunol Clin*, 37 (5) : 661-667, 1997
- [25] : A. Pons-Guiraud, Les allergies aux parfums en 2007, *Rev Fr Allergol Immunol Clin*, 47 : 232-236, 2007.
- [26] : JH. Epstein, Phototoxicity and photoallergy. *Semin Cutan Med Surg*, 18 (4) : 274-284, 1999.
- [27] : JP. Lacour, JC. Béani. Photoprotection. *Annales de Dermatologie et Vénéréologie*, 134 : 4S18-4S24, 2007.
- [28] : B. Crickx. Pigmentation et réparation de l'ADN aux agressions par les ultraviolets. *Annales de dermatologie et Vénéréologie*, 132 : 8S49-8S68, 2005.
- [29] : JC. Beani. La photoprotection. *Revue française d'allergologie*, 39 (4) : 311-323, 1999.
- [30] : S. Lautenschlager, HC. Wulf, MR. Pittelkow. Photoprotection. *Lancet*, 370 : 528-537, 2007.
- [31] : ARPANSA, Australie.
- [32] : PR NF EN 13758/A1. Textiles, propriétés de protection contre le rayonnement UV solaire.
- [33] : F. Urbach. The historical aspects of sunscreens. *J Photochem Photobiol B*, 64 : 99-104, 2001.
- [34] : D. Moyal, A. Chardon, N. Kollias. Determination of UVA protection factors using the persistent pigment darkening (PPD) as the end point (part 1). *Photodermatol Photoimmunol Photomed*, 16 (6) : 245-249, 2000.
- [35] : D. Moyal, A. Chardon, N. Kollias. UVA protection efficacy of sunscreens can be determined by the persistent pigment darkening (PPD) method (Part 2). *Photodermatol Photoimmunol Photomed*, 16 (6) : 250-255, 2000.

- [36] : H. Moseley, H. Cameron, T. MacLeod, C. Clark, R. Dawe, J. Ferguson. New sunscreens confer improved protection for the photosensitive patients in the blue light region. *Br J Dermatol*, 145 : 789-794, 2001.
- [37] : JF. Nash. Human safety and efficacy of ultraviolet filters and sunscreens products. *Dermatol clin*, 20 : 301-307, 2006.
- [38] : RG. Van der Molen, HM. Hurks, C. Out Luiting. Efficacy of micronized titanium dioxide-containing compounds in protect against UVB induced immunosuppression in human in vivo. *J Photochem Photobiol B*, 44 : 143-150, 1998.
- [39] : T. Maier, HC. Corting. Sunscreens-Wich and what for ? *Skin Pharmacol physiol*, 18 : 253-262, 2005.
- [40] : SG. Pellatt. Prevention of skin cancer. *Highlights in Oncology Practice*. 17 (1) : 3-10, 1999.
- [41] : P. Kullavanijaya, HW. Lim. Photoprotection. *J Am Acad Dermatol*, 52 : 937-958, 2005.
- [42] : N. Tarras-Wahlberg, G. Stenhagen, O. Larkö, A. Rosén, AM. Wennberg, O. Wennerström. Changes in ultraviolet absorption of sunscreens after ultraviolet irradiation. *J Invest Dermatol*, 113 : 547-553, 1999.
- [43] : A. Balaguer, A. Chisvert, A. Salvador, M. Herraéz, O. Diez. A solid-phase extraction and size-exclusion liquid chromatographic method for polyethylene glycol 25 p-aminobenzoic acid determination in urine : validation for urinary excretion studies of users of sunscreens. *Anal Chim Acta*, 611 : 220-225, 2008.
- [44] : LR. Gaspar, PMBG. Maia Campos. Evaluation of the photostability of different UV filter combinations in a sunscreen. *Int J Pharm*, 307 : 123-128, 2006.
- [45] : P. Maillan. Photoprotection artificielle avec des agents filtrants chimiques. « Soleil, peau et cosmétologie », Montpellier, 8 octobre 2004.
- [46] : JL. Peyron. Toxicité des photoprotecteurs externes. Service de dermatologie de Montpellier.
- [47] : SG. Pellatt. Prevention of skin cancer. *Highlights in Oncology Practice*, 17 (1) : 3-10, 1999.
- [48] : D. Moyal. Prevention of ultraviolet-induced skin pigmentation. *Photodermatol Photoimmunol Photomed*, 20 (5) : 243-247, 2004.
- [49] : K. Junko. New raw materials and technologies for cosmetics. Function and development of a new UVA absorber. *Fragr J*, 30 (6) : 139-144, 2002.
- [50] : A. Fourtanier. Mexoryl SX protects against solar-stimulated UVR-induced photocarcinogenesis in mice. *Photochem Photobiol*, 64 : 688-693, 1996.

- [51] : S. Séite, D. Moyal, S. Richard, J. de Rigal, JL. Lévêque, C. Hourseau, A. Fourtanier. Mexoryl SX : a broad absorption UVA filter protects human skin from the effects of repeated suberythemal doses of UVA. *J photochem photobiol B*, 44 : 69-76, 1998.
- [52] : P. Krien, D. Moyal, A. Rougier. Photoprotection against the trans to cis-urocanic acid photoconversion in human skin using a highly protective broad spectrum sunscreen. *Posters-Photodermatology Day*, 571, 1998.
- [53] : F. Benech-Kieffer, WJA. Meuling, C. Leclerc, L. Roza, J. Leclaire, G. Nohynek. Percutaneous absorption of Mexoryl SX in human volunteers : Comparison with in vitro data. *Skin Pharmacol Appl Skin Physiol*, 16 : 343-355, 2003.
- [54] : A. Beeby, AE. Jones. The photophysical properties of menthyl anthranilate : a UV-A sunscreens. *Photochem Photobiol*, 72 (1) : 10-15, 2000.
- [55] : L'Oréal Australia. Phenol, 2-(2H-Benzotriazol-2-yl)-4-methyl-6-[2-methyl-3-[1,3,3,3-tetramethyl-1-[(trimethylsilyl)oxy]disiloxanyl]propyl] : National Industrial Chemicals Notification and Assesment Scheme. Full Public Report, 2004.
- [56] : J. Ashby, H. Tinwell, J. Plautz, K. Twomey, PA. Lefevre. Lack of binding to isolate estrogen and androgen receptors, and inactivity in the immature rat uterotrophic assay, of the ultraviolet sunscreen filters Tinosorb M-active and Tinosorb S. *Regul Toxicol Pharmacol*, 34 : 287-291, 2001.
- [57] : E. Chatelain, B. Gabard. Photostabilisation of butyl methoxydibenzoylmethane (Avobenzone) and Ethylhexyl methoxycinnamate by Bis-ethylhexyloxyphenol methoxyphenyl triazine (Tinosorb S), a new broadband filter. *Photochem Photobiol*, 74 (3) : 401-406, 2001.
- [58] : www.labsphere.com
- [59] : C. Couteau, M. Pommier, E. Papis, L. Coiffard. Study of the efficacy of 18 sun filters authorized in European union tested in vitro. *Pharmacie*, 62 (6) : 449, 2007.
- [60] : Diffey and Robson. A new substrate measure sunscreen protection factor through the ultraviolet spectrum. *J Soc Cosmet Chem*, 40 : 127-133, 1989.
- [61] : M. Avenel-Audran, H. Dutartre, A. Goossens, M. Jeanmougin, C. Comte, C. Bernier, L. Benkalfate, M. Michel, MC. Ferrier-Lebouëdec, M. Vigan, JC. Bourrain, O. Outtas, JL. Peyron, L. Martin. Octocrylene, an Emerging Photoallergen. *Arch. Dermatol*, 146 (7) : 753-757, 2011.
- [62] : RF. Davies, GA. Johnson. New and emerging cosmetic allergens. *Clin Dermatol*, 29 (3) : 311-5, 2011.
- [63] : M. Schlumpf, H. Jarry, W. Wuttke, R. Ma, W. Lichtensteiger. Estrogenic and estrogen receptor β binding of the UV filter 3-benzylidene camphor. Comparaison with 4-methylbenzylidene camphor. *Toxicology*, 199 : 109-120, 2004.

[64] : M. Sclumpf, P. Schmid, S. Durrer, M. Conscience, K. Maerkel, M. Henseler, M. Gruetter, I. Herzog, S. Reolon, R. Ceccatelli, O. Faass, E. Stutz, H. Jarry, W. Wuttke, W. Lichtensteiger. Endocrine activity and developmental toxicity of cosmetic UV filters-an update. *Toxicology*, 205 : 113-122, 2004.

[65] : S. Gonzalez, M. Fernandez-Lorente, Y. Gilaberte-Calzada. The latest on skin photoprotection. *Clin Dermatol*, 26 : 614-626, 2008.

[66] : G. Nohynek, E. Dufour. Nano-sized cosmetic formulations or solid nanoparticles in sunscreens : a risk to human health ? *Arch. Toxicol.*, 10.1007/s00204-012-0831-5, 2012.

[67] : NM. Roscher, MKO. Lindemann, SB. Kong, CG. Cho, P. Jiang. Photodecomposition of several compounds commonly used as sunscreen agent. *J Photochem Photobiol A*, 80(1-3) : 417-421, 1994.

[68] : N. Tarras-Wahlberg, G. Stenhagen, O. Larkö, A. Rosén, AM. Wennberg, O. Wennerström. Changes in ultraviolet absorption of sunscreens after ultraviolet irradiation. *J Invest Dermatol*, 113 : 547-553, 1999.

[69] : KU. Schallreuter, JM. Wood, DW. Farwell, J. Moore, HGM. Edwards. Oxybenzone oxidation following solar irradiation of skin : Photoprotection versus antioxidant inactivation. *J Invest Dermatol*, 106 : 583-586, 1996.

11 Liste des figures

Figure 1 : Structure schématique de la peau (cnrs.fr).....	7
Figure 2 : Les cellules de l'épiderme (umvf.univ-nantes.fr).....	8
Figure 3 : Structure de l'épiderme (bioderma.com).....	9
Figure 4 : Schéma de la biogenèse des mélanosomes (homepage.mac.com).....	10
Figure 5 : Le rayonnement solaire (tpe-bioluminescence.e-monsite.com).....	12
Figure 6 : Pénétration des U.V dans l'organisme.....	13
Figure 7 : Structure chimique de la vitamine D3 (cholesterol-and-health.com).....	14
Figure 8 : Métabolisme du cholécalciférol (amessi.org).....	15
Figure 9 : Structure chimique de la mélatonine (merck-chemicals.com).....	16
Figure 10 : Lésions de psoriasis (www.abimelec.com).....	17
Figure 11 : Exemple d'érythème actinique (sports-sante.com).....	18
Figure 12 : Structure chimique de l'acide urocanique (chimix.com).....	19
Figure 13 : Nuque rhomboïdale (umvf.univ-nantes.fr).....	20
Figure 14 : Lentigos séniles (drvarlet.fr).....	20
Figure 15 : Carcinome baso-cellulaire (abimelec.com).....	22
Figure 16 : Carcinome spino-cellulaire (euromelanoma.org).....	23
Figure 17 : Mélanome (futura-sciences.com).....	23
Figure 18 : Réaction phototoxique (atlasdedermatologieprofessionnelle.fr).....	25
Figure 19 : Réaction photoallergique au niveau de la face (dermis.net).....	26
Figure 20 : système de réparation de l'ADN (cours-pharmacie.com).....	28
Figure 21 : Détermination du SPF in vivo (parsonalcaresmagazine.com).....	32
Figure 22 : Le logo UVA.....	35
Figure 23 : Formule du PABA (pubchem.ncbi).....	38
Figure 24 : Formule de l'octyle diméthyle PABA (pubchem.ncbi).....	38
Figure 25 : Formule du PEG-25-PABA (data.epo.org).....	39
Figure 26 : Formule de l'octylméthoxycinnamate (pubchem.ncbi).....	40
Figure 27 : Formule de l'isoamyle 4-méthoxycinnamate (pubchem.ncbi).....	41
Figure 28 : Structure de l'homosalate (pubchem.ncbi).....	42
Figure 29 : Structure de l'octylsalicylate (pubchem.ncbi).....	42
Figure 30 : Structure chimique du 4-méthylbenzylidène camphre (pubchem.ncbi).....	43
Figure 31 : Structure chimique du 3-benzylidène camphre (ispharm.com).....	44
Figure 32 : Structure chimique du Mexoryl SO® (sciencedirect.com).....	44
Figure 33 : Structure chimique du Mexoryl SL® (chemse.com).....	45
Figure 34 : Structure chimique de l'acide phénylbenzimidazole sulfonique (pubchem.ncbi).....	46
Figure 35 : Structure chimique de l'octocrylène (pubchem.ncbi).....	47
Figure 36 : Structure chimique de l'éthylhexyle triazone (pubchem.ncbi).....	48
Figure 37 : Structure chimique de la diéthylhexyle butamido triazone (chemnet.com).....	48
Figure 38 : Structure chimique de la polysilicone-15 (pubchem.ncbi).....	50
Figure 39 : Structure chimique de l'avobenzone (pubchem.ncbi).....	51
Figure 40 : Structure chimique du diéthylamino hydroxybenzoyl hexyl benzoate (pubchem.ncbi).....	52
Figure 41 : Structure chimique du bisimidazylate (pubchem.ncbi).....	53
Figure 42 : Structure chimique du Mexoryl SX® (pubchem.ncbi).....	54
Figure 43 : Structure chimique de l'oxybenzone (pubchem.ncbi).....	56
Figure 44 : Structure chimique des benzophénones-4 et 5 (pubchem.ncbi).....	56
Figure 45 : Structure chimique du Mexoryl XL® (pubchem.ncbi).....	57
Figure 46 : Structure chimique du Tinosorb M® (pubchem.ncbi).....	59

<i>Figure 47 : Structure chimique du Tinosorb S® (pubchem.ncbi).....</i>	<i>59</i>
<i>Figure 48 : Principe du LABSPHERE.....</i>	<i>61</i>
<i>Figure 49 : Les différentes étapes du protocole.....</i>	<i>62</i>
<i>Figure 50 : Le questionnaire à destination de l'équipe officinale.....</i>	<i>82</i>
<i>Figure 51 : Qualifications des personnes ayant rempli les questionnaires.....</i>	<i>83</i>
<i>Figure 52 : Perception du niveau de formation en termes de produits solaires.....</i>	<i>84</i>
<i>Figure 53 : Différents types de produits solaires présents dans les officines.....</i>	<i>85</i>
<i>Figure 54 : Produits solaires conseillés pour un adulte.....</i>	<i>86</i>
<i>Figure 55 : Produits solaires conseillés pour un enfant de moins de 2 ans.....</i>	<i>87</i>
<i>Figure 56 : Produits solaires conseillés pour les enfants de plus de 2 ans.....</i>	<i>88</i>
<i>Figure 57 : Produits solaires conseillés pour les femmes enceintes.....</i>	<i>89</i>
<i>Figure 58 : Produits solaires conseillés pour une personne souffrant d'une hypersensibilité cutanée.....</i>	<i>90</i>
<i>Figure 59 : article sur les produits bio contre organique (www.espacerenaissance.wordpress.com).....</i>	<i>95</i>
<i>Figure 60 : duel écologique : crème solaire classique vs crème solaire bio (www.cosmoglobe.com).....</i>	<i>98</i>
<i>Figure 61 : Campagne de prévention "toast attitude" (www.e-cancer.fr).....</i>	<i>100</i>

12 Liste des tableaux

Tableau 1 : Les six phototypes cutanés (salonreduca.com)	11
Tableau 2 : Les cinq critères de diagnostic précoce (melanome-amesa.com)	24
Tableau 3 : Facteurs influençant l'effet photoprotecteur des vêtements [30].....	29
Tableau 4 : Liste des filtres UV autorisés en Europe dans les produits solaires	31
Tableau 5 : Conditions d'étiquetage des produits de protection solaire (Afsaps.fr).....	34
Tableau 6 : Les différentes dénominations des dérivés du PABA.....	39
Tableau 7 : Les différentes dénominations des cinnamates	41
Tableau 8 : Les différentes dénominations des salicylates	43
Tableau 9 : Les différentes dénominations des dérivés du benzylidène camphre.....	45
Tableau 10 : Les différentes dénominations des dérivés du benzimidazole.....	46
Tableau 11 : Les différentes dénominations de l'octocrylène	47
Tableau 12 : Les différentes dénominations des triazines	49
Tableau 13 : Les différentes dénominations de la polysilicone-15.....	50
Tableau 14 : Les différentes dénominations de l'avobenzone	52
Tableau 15 : Les différentes dénominations du diéthylamino hydroxybenzoyl hexyl benzoate	53
Tableau 16 : Les différentes dénominations du bisymidazylate	53
Tableau 17 : Les différentes dénominations du Mexoryl SX®	55
Tableau 18 : Les différentes dénominations des benzophénones.....	57
Tableau 19 : Les différentes dénominations du Mexoryl XL®.....	58
Tableau 20 : Les différentes dénominations des triazines	60
Tableau 21 : Composition en filtres des produits solaires conventionnels.....	68
Tableau 22 : Les différents labels bio.....	69
Tableau 23 : Composition en filtres des produits solaires minéraux et bio.....	70
Tableau 24 : Résultats concernant l'efficacité des produits solaires conventionnels testés.....	72
Tableau 25 : Résultats concernant l'efficacité des produits minéraux et bio testés.....	73
Tableau 26 : Comparaison de l'activité oestrogénique des dérivés du benzylidène camphre et du 17-β œstradiol.....	77
Tableau 27 : Comparaison de l'activité oestrogénique de la benzophénone-3 et du 17β- œstradiol.....	79

Titre : Les produits solaires : entre protection des rayons UV du soleil et effets néfastes des filtres utilisés

Résumé :

Très apprécié des vacanciers pour le bronzage qu'il peut procurer, le soleil n'en reste pas moins source de nombreux effets indésirables pour la santé humaine. Il est donc indispensable de se protéger efficacement des radiations UV. Il existe actuellement de très nombreux produits de protection solaire disponibles sur le marché tels que les produits conventionnels (formulés à base de filtres organiques et inorganiques) et les produits bio ou minéraux ne renfermant que des filtres inorganiques.

Mon travail de thèse a consisté à tester l'efficacité de ces divers produits en utilisant une méthode *in vitro* mise au point au Laboratoire de Pharmacie industrielle et Cosmétologie de la Faculté de Pharmacie de Nantes. Les résultats obtenus sont témoins de la réelle supériorité des produits conventionnels sur les produits bio ou minéraux. Une enquête auprès des pharmaciens a été réalisée afin d'évaluer le niveau de connaissance de l'équipe officinale.

En tant qu'acteur de santé publique, nous souhaitons clarifier la situation et bien différencier les produits de protection solaire recommandables, des produits de protection solaire inefficaces donc dangereux.

Mots clés : Produits de protection solaire, filtres, organiques, inorganiques, méthode *in vitro*

Jury :

Président : Mme Laurence COIFFARD, Professeur
Faculté de Pharmacie de Nantes

Asseseurs : Mme Céline COUTEAU, Maître de conférences (HDR)
Faculté de Pharmacie de Nantes
Mme Béatrice QUENIN, Pharmacien
