Université de POITIERS

Faculté de Médecine et de Pharmacie

ANNEE 2015 **Thèse n°**

THESE
POUR LE DIPLOME D'ETAT
DE DOCTEUR EN PHARMACIE

(arrêté du 17 juillet 1987)

présentée et soutenue publiquement
le 05 Juin 2015 à POITIERS
par Mademoiselle SAINT-AIMÉ Christelle
03/10/1988

Les Filtres Ultra-violets :

Quels Impacts sur l'homme et sur l'environnement ?

Composition du jury :

Président : Monsieur le Professeur FAUCONNEAU Bernard

Membres : Madame HUSSAIN Didja, Maître de conférence

Madame GARNIER Cyrielle, Pharmacien

Directeur de thèse : Madame DEBORDE Marie, Maître de conférence

UNIVERSITÉ DE POITIERS

Faculté de Médecine et de Pharmacie

Année universitaire 2014-2015

PHARMACIE

Professeurs

- CARATO Pascal, Chimie Thérapeutique
- COUET William, Pharmacie Clinique
- FAUCONNEAU Bernard, Toxicologie
- GUILLARD Jérôme, Pharmaco chimie
- IMBERT Christine, Parasitologie
- MARCHAND Sandrine, Pharmacocinétique
- OLIVIER Jean Christophe, Galénique
- PAGE Guylène, Biologie Cellulaire
- RABOUAN Sylvie, Chimie Physique, Chimie Analytique
- SARROUILHE Denis, Physiologie
- SEGUIN François, Biophysique, Biomathématiques
- GREGOIRE Nicolas, Pharmacologie
- GRIGNON Claire, PH
- HUSSAIN Didja, Pharmacie Galénique
- INGRAND Sabrina, Toxicologie
- MARIVINGT-MOUNIR Cécile, Pharmaco chimie
- PAIN Stéphanie, Toxicologie
- RAGOT Stéphanie, Santé Publique
- RIOUX BILAN Agnès, Biochimie
- TEWES Frédéric, Chimie et Pharmaco chimie
- THEVENOT Sarah, Hygiène et Santé Publique
- THOREAU Vinvent, Biologie Cellulaire
- WAHL Anne, Chimie Analytique

Maîtres de Conférences

- BARRA Anne, Immunologie-Hématologie
- BARRIER Laurence, Biochimie
- BODET Charles, Bactériologie
- BON Delphine, Biophysique
- BRILLAULT Julien, Pharmacologie
- CHARVET Caroline, Physiologie
- DEBORDE Marie, Sciences Physico-Chimiques
- DEJEAN Catherine, Pharmacologie
- DELAGE Jacques, Biomathématiques, Biophysique
- DUPUIS Antoine, Pharmacie Clinique
- FAVOT Laure, Biologie Cellulaire et Moléculaire
- GIRARDOT Marion, Pharmacognosie, Botanique, Biodiversité végétale

PAST – Maître de Conférences Associé

- DELOFFRE Clément, Pharmacien
- HOUNKANLIN Lydwin, Pharmacien

Professeur 2nd degré

- DEBAIL Didier

Maître de Langue – Anglais

- PERKINS Marguerite

Remerciements

À mon jury de thèse :

À monsieur le Professeur **Bernard FAUCONNEAU**, je vous remercie de m'avoir fait l'honneur de présider mon jury. La roue de Deming tourne et se trouve en phase « Act ».

À mon Directeur de thèse, madame le Maître de Conférences **Marie DEBORDE**, je tiens à vous remercier de m'avoir accompagnée dans ce travail. Votre rigueur, votre perfectionnisme et votre disponibilité m'ont été d'une grande aide malgré la distance tout au long de cette rédaction. Merci encore de vous être conformé à mon calendrier de rédaction.

À madame le Maître de Conférences **Didja HUSSAIN**, je vous remercie d'avoir accepté d'être membre de mon jury.

Vos enseignements durant ces années d'études ont été source de rigueur et de persévérance.

À madame le Docteur en Pharmacie **Cyrielle GARNIER**, je vous remercie d'avoir accepté d'être membre de mon jury. Merci, pour vos conseils avisés durant ces dernières années.

À ceux qui m'ont permis de concrétiser ce rêve :

À mes parents **Christine et Thierry**, je vous remercie de m'avoir accompagnée dans ce rêve de petite fille que je chérissais. Merci, de votre patience, de votre disponibilité, de votre soutien moral et financier afin d'accomplir ce projet malgré l'éloignement. Merci, je n'aurai pas assez de mots pour vous exprimer toute ma reconnaissance. Je vous aime.

À mes frères **Lionel et Alvin**, j'ai raté beaucoup de moments avec vous mais les précieuses vacances sont des moments inoubliables ! Comme « chiens et chats » jusqu'au bout !! Bisous baveux Mr Danette et Mr Mousse au chocolat !!

À ma tante **Liliane** dit « **Mimine** » et **Tonton Guy**, on s'est rencontré au tout début de mes études. Vous m'avez accompagné dans les moments de joie comme de peine. Je tiens à vous remercier pour tout, de m'avoir ouvert votre porte et votre jardin où j'ai pu réviser à l'ombre du cerisier. Mon cœur est rempli d'émotion à repenser à tous ces moments que l'on a passé ensemble.

À **ma grand-mère**, **mes oncles**, **tantes** et **cousins**, j'ai traversé l'atlantique pour un objectif qui est atteint aujourd'hui merci pour votre soutien durant toutes années. Une pensée pour **Mamie Germaine** et **Mamie Simone** qui ne sont plus des nôtres aujourd'hui.

À mes « Estrellitas » **Matthieu**, **Joanne**, **Laya**, **Sophie-Anne**, **Kévine** et **Sylvio**, ma famille de coeur, je vous remercie d'être présent pour moi depuis ces deux dernières décennies. Merci d'avoir illuminé ces années d'études. Le chemin a été long mais je suis enfin au bout.

À mon **Elody**, tu es arrivé au cours de ce chemin et tu as transformé ma vie. Merci d'avoir supporté mon caractère et de le faire encore. Merci, de m'avoir guidé et accompagné dans mes études. Tes conseils, ta patience, ton écoute envers moi dans les moments décisifs m'ont été d'une précieuse aide. Les longues heures à m'écouter radoter mes cours sont finies ; sauf peut-être les excursions à la recherche de champignons. De nouveaux horizons s'ouvrent à nous.

À mes rencontres dans ce parcours universitaire, l'équipe du « **pontreau** », **Cyrielle**, **Hélène**, **Angeline**, **Camille**, **Charlotte**, **Mathilde** et **Thibaut**.
Je tiens particulièrement à te remercier **Saritha** pour ces moments que l'on a pu passer ensemble et tes conseils.

À mes amis, ma belle-famille et tous ceux qui ont participé de près ou de loin à ma réussite.

À mes maîtres de stage et leur équipe :

À madame **Jocelyne SCHAEFER**, je vous remercie de m'avoir donné le goût du métier et de m'avoir accueillie dans votre officine lors de mes stages et de mes remplacements. Je tiens à vous faire part de ma profonde reconnaissance pour m'avoir enseigné la rigueur et le professionnalisme.

À monsieur **Sébastien GODARD**, je vous remercie de m'avoir accueillie au sein de votre officine. Vous m'avez inculqué l'esprit critique et le perfectionnisme lors des stages que j'ai effectué au sein de votre entreprise. Soyez assuré de mon profond respect.

À l'équipe de la **pharmacie POMIES-SCHAEFER** et de la **pharmacie GODARD**, je vous remercie de m'avoir fait part de votre expérience et de votre savoir-faire le tout dans une ambiance de bonne humeur et de convivialité.

Plan de thèse

Introduction.....6

I. Les filtres Ultra-violets.....7

A. Définitions et utilisations.....7

B. Rayonnements UV.....7

1. Définition.....7

2. Impacts sur la santé.....9

C. Les filtres UV dans les produits solaires.....10

D. Filtres UV Organiques.....12

1. Fonctionnement.....12

2. Principaux filtres UV organiques.....13

E. Filtres UV Inorganiques.....19

1. Fonctionnement.....19

2. Principaux filtres UV inorganiques.....19

F. Indice de Protection.....22

G. Étiquetage.....27

II. Les impacts des filtres UV sur l'environnement.....29

A. Présence des filtres UV dans l'environnement.....29

B. Concentrations des filtres UV dans l'environnement.....31

1. Dans les eaux.....31

2. Dans les sols et sédiments.....33

C. Dégradation et devenir des filtres UV dans l'environnement.....34

D. Impact des filtres UV sur la faune.....35

1. Faune aquatique.....35

a. Exemples d'effets perturbateurs endocriniens.....35

b. Exemples d'accumulation de filtres UV dans les moules et autres organismes aquatiques.....36

c. Impact sur les coraux.....40

2. Faune Terrestre.....41

a. Exemples d'effets perturbateurs endocriniens chez les insectes.....41

b. Exemples d'impact des filtres UV chez les rongeurs.....41

III. Les impacts des filtres UV sur l'Homme.....44

A. Exposition de l'Homme aux filtres UV et impacts sur la santé.....44

1. Modes d'exposition.....44

2. Concentrations dans l'organisme.....44

3. Impacts sur la santé.....48

B. Législation.....52

1. Le Dossier d'Information sur le Produit cosmétique.....52

2. Les concentrations acceptables.....55

3. Perspectives législatives.....56

C. Perspectives et alternatives possibles.....57

1. Reformulation des produits de protection solaire.....58

2. Autres modes de protection de l'homme contre les UV.....58

a. Protection Naturelle : le bronzage.....59

b. Protection physique.....60

c. Protection par prévention interne.....64

Conclusion.....67

Introduction

Depuis cette dernière décennie, avoir le teint hâlé est une préoccupation esthétique en vogue. Cet attrait provoque une exposition massive aux rayonnements ultra-violets UV. Cependant, cette exposition n'est pas sans conséquence. De nombreux effets délétères sur la peau peuvent en effet être provoqués par les rayons solaires. Parmi ces effets, 80 000 cancers de la peau seraient diagnostiqués chaque année dont 1620 décès en France selon l'Institut de veille sanitaire (InVS).

Ainsi, suite à la prise de conscience des dangers provoqués par les rayons solaires, des moyens de prévention sont de plus en plus employés. Les produits de protection solaire (PPS) constituent un des moyens fréquemment utilisé pour cela. Les PPS sont constitués de filtres UV dont leur principe est d'absorber ou de réfléchir les rayonnements UV. Ces molécules, également retrouvées dans des produits quotidiens d'hygiène comme les crèmes de jour (BB crèmes) pour protéger la peau tout au long de l'année des effets cancérogènes des rayonnements UV, sont de plus en plus employées. Cependant, outre les effets bénéfiques recherchés, ces composés pourraient présenter des effets nocifs pour l'Homme. De plus, depuis quelques années, des traces de filtres UV ont été retrouvées dans l'environnement (i.e. eaux, sols, sédiments,..). L'utilisation massive de ces molécules pourrait donc également impacter la faune des milieux dans lesquels elles sont rejetées.

Ainsi, dans ce contexte, l'objectif de ce travail a été de s'intéresser aux impacts potentiels des filtres UV sur l'Homme et sur l'environnement. Pour cela, après un rappel sur les rayonnements UV et leurs effets sur la santé, une présentation des filtres UV actuellement employés dans les produits de protection solaire a tout d'abord été réalisée. Dans un second temps, la présence et l'impact des filtres UV sur l'environnement ont été développés. Enfin, dans la dernière partie de ce manuscrit, l'impact possible de ces composés sur l'Homme ainsi que les solutions alternatives pouvant être utilisées ont été discutées.

I. Les filtres Ultra-violets

A. Définitions et utilisations

Plusieurs définitions ont été proposées pour définir les filtres Ultra-violets. Ainsi, selon le Larousse , « un filtre solaire est une substance chimique ou particule physique entrant dans la composition des crèmes solaires et destinée à empêcher le passage des rayons ultra-violets dans le derme et l'épiderme. »

Selon la commission européenne des cosmétiques, les filtres UV sont « des substances qui sont exclusivement ou principalement destinées à protéger la peau de certains ultra-violets en absorbants, réfléchissants ou dispersants ces rayonnements. » [1]

En pratique, en plus de leur présence dans les produits cosmétiques pour assurer la protection de la peau, les filtres UV sont utilisés dans les peintures de voiture, les plastiques ou les verres (retrouvés pour la confection de lunettes de soleil).

En cosmétique, l'utilisation de filtres UV est un moyen artificiel de protéger la peau humaine et ses différentes structures des dégradations générées par les radiations solaires ultraviolettes.

Les filtres UV sont complémentaires des moyens naturels pour se protéger des radiations solaires.

Dans cette étude, seuls les filtres UV utilisés en cosmétique seront décrits.

B. Rayonnements UV

1. Définition

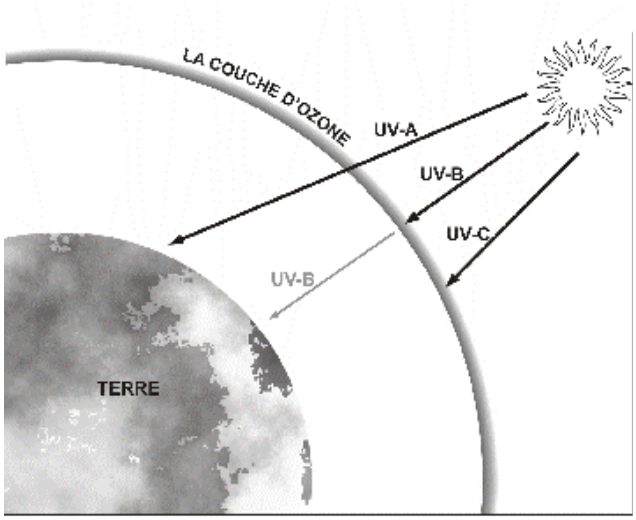
Les rayonnements UV font partie des radiations solaires au même titre que la lumière visible. Ces rayonnements sont subdivisés en plusieurs types (f*igure n°1 et 2*) :

- UVA
- UVB
- UVC

Les rayons UVC ne parviennent pas à la surface de la terre. En conséquence, ils ne parviennent pas jusqu'à la peau des animaux et de l'homme. Les rayons UVC ont de très courtes longueurs d'onde comprises entre 100 et 280 nanomètres. Ce sont les rayons UV les plus nocifs. [2]

Les rayons UVB sont absorbés à 90 % par l'ozone atmosphérique. Ils ont une activité biologique nocive importante. Cependant, ils ne représentent qu'une faible partie des rayons UV pouvant traverser la peau. Leurs longueurs d'onde sont comprises entre 280 et 315 nm. [2]

Les rayons UVA ont une activité moindre par rapport aux UVB mais franchissent en grande majorité la couche d'ozone atmosphérique. Leurs longueurs d'onde plus longues que celles des UVB et UVC, varient de 315 à 400 nm. [2]



La couche d'ozone absorbe certains types de rayons ultraviolets, mais pas tous.

Figure n° 1 : <u>Pénétration des rayonnements UV</u> [2]

Figure n°2 : <u>Spectre des radiations électromagnétiques</u> [3]

2. Impacts sur la santé

L'exposition aux UV est essentielle pour le bon fonctionnement de l'organisme. En effet, le rayonnement UV participe à la synthèse de vitamine D (cholécalciférol). De même, les UV ont une efficacité remarquable dans le traitement de maladies cutanées telles que le psoriasis, l'eczéma et l'ictère. Ainsi, l'utilisation des UV est fréquente lors de l'ictère du nourrisson. Toutefois, dans ces conditions, la dose de rayonnement des UV et la durée d'exposition sont contrôlées et sous surveillance médicale en raison des effets biologiques nocifs pouvant également être générés. [3]

On retrouve parmi ces effets biologiques [4]:

- l'érythème solaire
- le vieillissement cutané photo-induit
- la photo-immunosuppression
- la photogénotoxicité
- la photo-carcinogenèse cutanée
- la photo-dermatose.

En pratique, comme illustré dans la *figure n°3*, c'est la durée d'exposition qui est le facteur essentiel de nocivité ou non des rayonnements UV. Ainsi,

- Une sous-exposition aux rayonnements UV entraîne des pathologies ostéo-articulaires liées à une carence en vitamine D. On peut citer l'ostéoporose. Cet état de carence nécessite dans certains cas la supplémentation en vitamine D.
- Une exposition optimale permet un juste équilibre entre les besoins de l'organisme et la possibilité d'avoir des complications cutanées.
- Une surexposition aux rayonnements UV peut entraîner à court terme des réactions aiguës comme l'érythème solaire cité précédemment. D'autre part, à long terme la surexposition prolongée et répétée aux rayonnements UV peut causer des dommages cutanés irréversibles.

Ces effets, comme la photo-carcinogenèse cutanée peuvent, aboutir à la formation de cancers cutanés. De même, des pathologies oculaires comme la cataracte peuvent également être citées suite à une surexposition. [3]

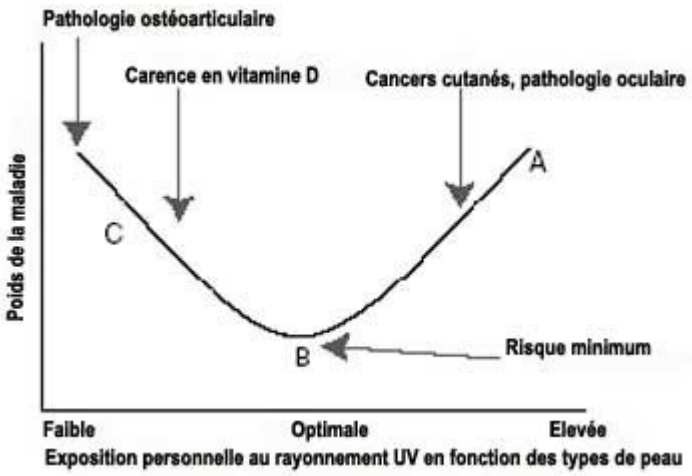


Figure n°3 : <u>effets du rayonnement UV sur la santé</u> [5]

C. Les filtres UV dans les produits solaires

Différentes formes de produits solaires sont retrouvées. Ces formes sont adaptées à la destination de leur utilisation. Il existe :

- les crèmes
- les huiles
- les gels
- les sprays
- les sticks

Les crèmes sont souvent utilisées pour l'application sur le visage. Les gels et les sprays pour les applications sur de grandes surfaces comme les membres et le corps de façon générale. Les sticks seront utilisés pour la protection des lèvres [6].

En France, c'est la commission européenne des cosmétiques qui régit la répartition, la quantité et la liste des filtres UV autorisés dans la préparation des produits cosmétiques solaires [7] [8].

Les filtres UV autorisés en Europe sont au nombre de 28. Il y a 27 filtres organiques dit « chimiques » et un filtre inorganique dit « minéral ». Dans un produit solaire, il y a également une liste d'excipients qui vont contribuer à l'aspect esthétique, l'odeur, les qualités requises pour une meilleure acceptabilité du produit par le consommateur [4].

La galénique est importante pour obtenir ces critères cosmétiques requis. Des tests de compatibilités entre les excipients et les filtres UV doivent être réalisés pour obtenir la meilleure formulation. En effet, les excipients peuvent détruire l'intégrité des filtres UV et réduire voire annihiler leur efficacité. Les excipients doivent également conférer une bonne dispersion et répartition des filtres UV au niveau de la peau pour une meilleure efficacité des produits. Ces dernières années, une qualité a été réclamée par les consommateurs pour les produits de protection de solaire : c'est la transparence, c'est-à-dire l'effet invisible de ceux – ci sur la peau. Les filtres organiques ont pu répondre facilement à cette demande. Cependant, les filtres inorganiques ont poussé la recherche galénique à de nouvelles technologies. Ainsi, l'utilisation de nanomatériaux s'est développée dans les produits de protection de solaire pour obtenir l'effet invisible demandé [4,9]

D. Filtres UV Organiques

1. Fonctionnement

Les filtres UV organiques sont des molécules chimiques de synthèse qui absorbent l'énergie lumineuse en fonction de leur spectre d'absorption. Cependant, l'absorption de ces filtres UV est parfois partielle [1, 13]. Ainsi, certains rayonnements UV arrivent à traverser cette barrière chimique (*figure n°4*)

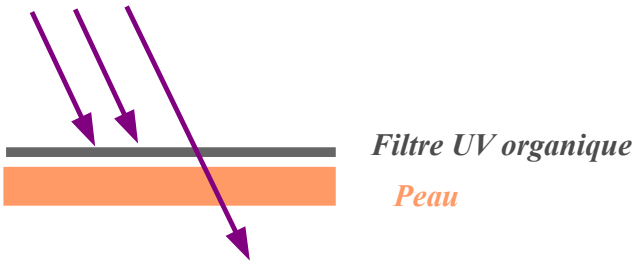


Figure n°4 : ***Mode d'action des filtres UV organiques*** *figure établie à partir de* [1]

Les filtres UV organiques sont répartis en différentes catégories suivant leur spectre d'absorption :

- les filtres UV à spectre étroit absorbant les UVB ou absorbant les UVA (*figure n°5- a*)
- les filtres UV à large spectre couvrant les UVA et les UVB (*figure n°5 - b*)

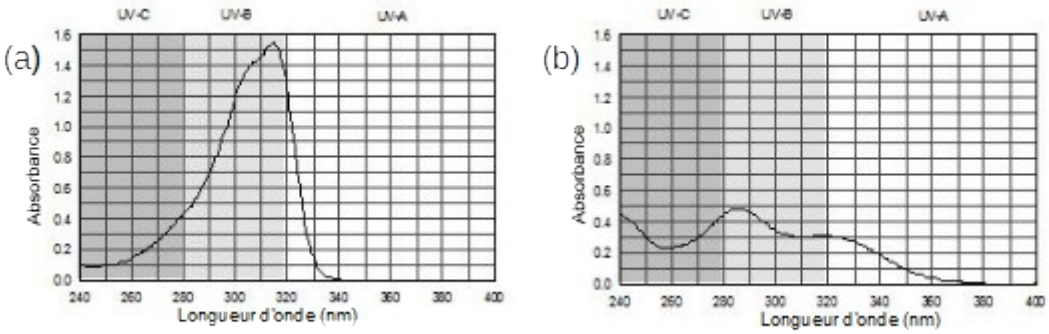


Figure n°5 : ***Allure des spectres d'absorption de filtres UV*** [98]

2. Principaux filtres UV organiques

Si on se base sur la dénomination commune du glossaire des ingrédients ;

les filtres UVB regroupent :

- le PABA (acide para-amino-benzoïque) et ses dérivés
- les cinnamates
- les salicylates
- les camphres
- et divers autres composés tels que l'octocrylène ; l'acide phenylbenzimidazole-5-sulfonique et ses sels de potassium, sodium et de triethanolamine .

les filtres UVA, englobent :

- Anthranilate de menthyle
- Butyl methoxy dibenzoylmethane,
- Methylene bis-benzotriazolyl tetramethylbutylphenol
- Drometrizole trisiloxane
- Disodium phenyl dibenzimidazole tetrasulfonate
- Acide terephthalylidene dicamphor sulfonique
- Diethylhexyl butamido triazone
- Dimethico-diethylbenzalmalonate
- Bis-ethylhexyloxyphenol methoxyphenol triazine
- Tris-biphenyl triazine

enfin, les familles chimiques suivantes sont retrouvées parmi les filtres UV à large spectre :

- Benzophenones
- Phényl Benzotriazoles
- et divers composés tels que l'acide terephtalidene dicamphor sulfonic et l'anisotriazine.

Le *tableau n°1* regroupe les filtres UV organiques en fonction :

- du type de filtre
- de leur nom chimique
- de la dénomination commune du glossaire des ingrédients de la commission européenne
- du nom de marque
- du numéro CAS
- du numéro CE (Commission Européenne)
- de la concentration maximale dans les préparations prêtes à l'emploi
- de leur autorisation dans certains pays
- de leur longueur d'onde maximale d'absorption en nanomètres

Ce tableau a été réalisé à partir :

- du Règlement (CE) N°1223/2009 du parlement européen et du conseil du 30 Novembre 2009 relatifs aux produits cosmétiques Annexe VI [8]
- du Rectificatif au règlement (UE) N°866/2014 de la commission du 8 aout 2014 modifiant les annexes III, V et VI du Règlement (CE) N°1223/2009 du parlement européen et du conseil du 30 Novembre 2009 relatifs aux produits cosmétiques [7]
- du Tableau n°2 de l'article Photoprotection de Stephan Lautenschlager extrait de The Lancet [10]

- du Tableau n°2 de l'article Photoprotection de Kullavanijaya extrait de Journal of the American Academy of dermatology [11]
- du Tableau n°2 et n°3 de l'article Sunscreens : an otherview and update de Sambandan extrait de Journal of the American Academy of dermatology [12]

Tableau n°1 : Récapitulatif des filtres UV organiques [7-8,10-12]

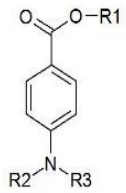
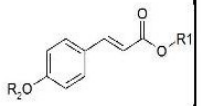
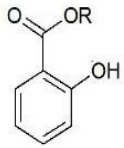
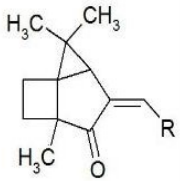
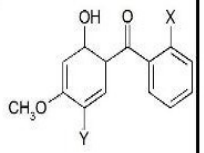
Type de filtre	Nom Chimique	Autre Nom XAN	Dénomination commune du glossaire des ingrédients	Nom de marque	numéro CAS	Numéro CE	Concentration maximale dans les préparations prêtes à l'emploi dans la communauté européenne	Autorisation dans certains pays	Longueur d'onde maximale d'absorption en nanomètres	Bande d'absorption en nanomètres	Structure chimique commune
PABA et ses dérivés											
UVB	acide 4-aminobenzoïque		PABA	PABA	150-13-0	205-753-0	5%	CE, EU, AUS	283	260 – 313	
UVB	4-diméthylaminobenzoate de 2-éthylhexyl	Padimate -O	Ethylhexyl Dimethyl PABA	Escalol 507 / Eusolex 6007 / Uvasorb DMO	21245-02-3	244-289-3	8%	CE, EU, AUS	311	290 – 315	
UVB	Ethyl-4-aminobenzoate éthoxylé		PEG-25 PABA	Uvinul P25 / Unipabol U17	116242-27-4		10%	CE, AUS	308		
UVB	2,4,6-Trianilino-(p-carbo-2'-éthylhexyl-1'-oxy)-1,3,5-triazine		Ethylhexyl Triazone	Uvinul T150	88122-99-0	402-070-1	5%	CE, AUS	314		
Cinnamates											
UVB	4-méthoxycinnamate de 2-éthylhexyle	Octinoxate	Ethylhexyl Methoxycinnamate	Escalol 55 / Eusolex 2292 / Neo Heliopan AV / Parsol	5466-77-3	226-775-7	10%	CE, EU, AUS	311	280 – 310	
UVB	2-Ethoxyethyl p-methoxycinnamate	Cinoxate						EU, AUS	289	270 – 328	
UVB	Isopentenyl-4-methoxycinnamate	Amiloxate	Isoamyl p-Methoxycinnamate	Neo Heliopan E1000	71617-10-2	275-702-5	10%	CE, AUS	308		
Salicylates											
UVB	2-éthylhexyl salicylate	Octisalate	Ethylhexyl Salicylate	Escalol 587 / Neo Heliopan OS	118-60-5	204-263-4	5%	CE, EU, AUS	307	260 – 310	
UVB	Ester 3,3,5-triméthylcyclohexylique de l'acide 2-hydroxybenzoïque	Homosalate	Homosalate		118-56-9	204-260-8	10%	CE, EU, AUS	306	290 – 315	
UVB		Trolamine salicylate						EU, AUS	260 – 355	269 – 320	
Dérivés du camphre											
UVB	Acide α-(oxo-2 borny idène-3)-toluène-4-sulfonique et ses sels		Benzylidene Camphor Sulfonic Acid	Meroxyl SD-20 / Unisol S-22	56039-58-8		6% en acide	CE	296		
UVB	Polymère de N-{(2 et 4)-[(2_oxoborn-3-ylidène)méthyl]benzyl}acrylamide		Polyacrylamidomethyl Benzylidene Camphor	Meroxyl SW	113783-6-2		6%	CE			
UVB	Sulfate de méthyle de N,N,N-triméthyl[(oxo-2 bornylidène-3)méthyl]-4 anilinium		Camphor Benzalkonium Methosulfate	Meroxyl SK	52793-97-2	258-19-8	6%	CE, AUS	288		
UVB	3-(4-méthylbenzylidène)-d-1 camphre	Enzacamène	4-methylbenzylidene Camphor	Eusolex 6300 / Neo Heliopan MBC	38102-62-4/ 36861-47-9	- / 253-242-6	4%	CE, AUS	295		
UVB	3-benzylidène camphre		3-benzylidene Camphor	Meroxyl SD-20 / Unisol S-22	15087-24-8	239-139-9	2%	CE	292		
Autres Filtres UVB											
UVB	2-cyano-3,3-diphényl-acide acrylique, ester 2-éthylhexyl	Octocrylène	Octocrylene	Eusolex OCR / Neo Heliopan 303	6197-30-4	228-250-8	10% en acide	CE, EU, AUS	303	287 – 323	
UVB	Acide 2-phényl-benzimidazol 5 sulfonique et ses sels de potassium, de sodium et de triéthanolamine	Ensulizole	Phenylbenzimidazole Sulfonic Acid	Eusolex 232 / Neo Heliopan Hydro / Parsol HS	27503-81-7	248-502-0	8% en acide	CE, EU, AUS	310	290 – 340	

Tableau n°1 : Récapitulatif des filtres UV organiques Suite [7-8,10-12]

Type de filtre	Nom Chimique	Autre Nom XAN	Dénomination commune du glossaire des ingrédients	Nom de marque	numéro CAS	Numéro CE	Concentration maximale dans les préparations prêtes à l'emploi dans la communauté européenne	Autorisation dans certains pays	Longueur d'onde maximale d'absoption en nanomètres	Bande d'absorption en nanomètres
Filtres UVA										
UVA	Méthyl-2-aminobenzoate	Menthyl anthranilate						EU, AUS	340	200 – 380
UVA	1-(4-tert-butylphényl)-3-(4-méthoxyphényl)propane-1,3-dione	Avobenzone	Butyl Methoxydibenzoylmethane	Parsol 1789 / Eusolex 9020	70356-09-1	274-581-6	5%	CE, EU, AUS	360	
UVA	Sel sodique de l'acide 2,2'-bis(1,4-phénylène)1H-benzimidazole-4,6-disulfonique	Bisdisulizole disodium	Disodium Phenyl Dibenzimidazole Tetrasulfonate	Neo Heliopan AP	180898-37-7	429-750-0	10% en acide	CE, AUS	334	
UVA	Acide benzoïque, 4,4-((6-((4-(((1,1-diméthyléthyl)amino)carbonyl)phényl)amino)-1,3,5-triazine-2,4-diyl)diimino)bis-,bis(2-éthylhexyl)ester)	Iscotrizinol	Diethylhexyl Butamido Triazone	UVAsorb HEB	154702-15-5		10%	CE	312	
UVA	Dimethicodiethylbenzalmalonate		Polysilicone-15	Parsol SLX	207574-74-1	426-000-4	10%	CE, AUS		
Autres Filtres										
	2,4,6-Tris(1,1'-biphényl-phényl)-4-yl-1,3,5-triazine		Tris-biphenyl triazine		31274-51-8		10%	CE		
	Nanomatériaux de 2,4,6-Tris(1,1'-biphényl-phényl)-4-yl-1,3,5-triazine		Tris-biphenyl triazine (nano)		31274-51-8		10%	CE		
	Acide benzoïque, 2-[4-(diéthylamino)-2-hydroxybenzoyl]-,hexylester		Diethylamino Hydroxybenzoyl Hexyl Benzoate		302776-68-7	443-860-6	10%	CE		

Tableau n°1 : Récapitulatif des filtres UV organiques Suite [7-8,10-12]

Type de filtre	Nom Chimique	Autre Nom XAN	Dénomination commune du glossaire des ingrédients	Nom de marque	numéro CAS	Numéro CE	Concentration maximale dans les préparations prêtes à l'emploi dans la communauté européenne	Autorisation dans certains pays	Longueur d'onde maximale d'absoption en nanomètres	Bande d'absorption en nanomètres	Structure chimique commune
Benzophénones											
UVB, UVA	2-Hydroxy-4-méthoxybenzophénone	Oxybenzone	Benzophenone-3	Eusolex 4360 / Neo Heliopan BB / Uvinul M40 / Escalol 567 / UVAsorb MET-C	131-57-7	205-031-5	10%	CE, EU, AUS	288 / 325	270 – 350	
UVB, UVA	Acide 2-hydroxy-4-méthoxybenzophénone-5-sulfonique	Sulisobenzone	Benzophenone-4	UVAsorb S5 / Escalol 577 / Uvinul MS40	4065-45-6	223-772-2	5% en acide	CE, EU, AUS	366	250 – 380	
UVB, UVA	Sel de sodium de Acide 2-hydroxy-4-méthoxybenzophénone-5-sulfonique	Sulisobenzone sodium	Benzophenone-5		6628-37-1		5%	CE, EU, AUS			
UVB, UVA		Dioxybenzone	Benzophenone-8					EU, AUS	352	206 – 380	
Filtres à spectre large											
UVB, UVA	2,2'-Méthylène-bis(6-(2H-benzotriazol-2-yl)-4-(1,1,3,3-tetraméthyl-butyl)phénol	Bisoctrizole	Methylene Bis-Benzotriazolyl Tetramethylbutylphenol	Tinosorb M	103597-45-1	403-800-1	10%	CE, AUS	303 / 358		
UVB, UVA	Phénol,2-(2H-benzotriazol-2-yl)-4-méthyl-6-(2-méthyl-3-(1,1,3,3-tétraméthyl-1-(triméthylsilyl)oxy)-disiloxanyl)propyl)		Drometrizole Trisiloxane	Meroxyl XL	155633-54-8		15%	CE, AUS	303 / 344		
UVA,UVB	3,3'-(1,4-Phénylènediméthylène)bis(7,7-diméthyl-2-oxobicyclo-[2,2,1]hept1-ylméthanesulfonique acide et ses sels	Ecamsule	Terephthalylidene Dicamphor Sulfonic Acid	Meroxyl SX	92761-26-7 / 90457-82-2	410-960-6	10% en acide	CE, EU, AUS	345		
UVB, UVA	2,2'(6-(4-Méthoxyphényl)-1,3,5-triazine-2,4-diyl)bis(5-((2-éthylhexyl)oxy)phénol)	Bémotrizinol	Bis-Ethylhexyloxyphenol Methoxy-phenyl Triazine	Tinosorb S	187393-00-6		10%	CE, AUS	310 / 348		

E. Filtres UV Inorganiques

1. Fonctionnement

Contrairement aux filtres UV organiques, les filtres UV inorganiques sont des molécules d'origine minérale qui réfléchissent ou dispersent les rayonnements UV. Ils agissent comme des écrans physiques aux rayonnements UV (*figure n°6*). Ils sont efficaces sur les UVA et sur les UVB.

Figure n°6 : ***Mode d'action des filtres UV inorganiques*** *figure établie à partir de* [1]

2. Principaux filtres UV inorganiques

Deux principaux filtres UV inorganiques sont utilisés :

- dioxyde de titane
- oxyde de zinc

Le *tableau n°2* présente pour ces deux filtres UV organiques

- le type de filtre
- leur nom chimique
- la dénomination commune du glossaire des ingrédients de la commission européenne
- le nom de marque
- le numéro CAS

- le numéro CE (Commission Européenne)
- la concentration maximale dans les préparations prêtes à l'emploi
- leur autorisation dans certains pays
- leur longueur d'onde maximale d'absorption en nanomètres

Comme pour les filtres UV organiques, ce tableau a été réalisé à partir :

- du Règlement (CE) N°1223/2009 du parlement européen et du conseil du 30 Novembre 2009 relatifs aux produits cosmétiques Annexe VI [8]
- du Rectificatif au règlement (UE) N°866/2014 de la commission du 8 aout 2014 modifiant les annexes III, V et VI du Règlement (CE) N°1223/2009 du parlement européen et du conseil du 30 Novembre 2009 relatifs aux produits cosmétiques [7]
- du Tableau N°2 de l'article Photoprotection de Stephan Lautenschlager extrait de The Lancet [10]
- du Tableau N°2 de l'article Photoprotection de Kullavanijaya extrait de Journal of the American Academy of dermatology [11]
- et du Tableau N°2 et N°3 de l'article Sunscreens : an otherview and update de Sambandan extrait de Journal of the American Academy of dermatology [12]

*Tableau n°2 : **Récapitulatif des filtres UV inorganiques*** [7-8,10-12]

Type de filtre	Nom Chimique	Autre Nom XAN	Dénomination commune du glossaire des ingrédients	Nom de marque	numéro CAS	Numéro CE	Concentration maximale dans les préparations prêtes à l'emploi dans la communauté européenne	Autorisation dans certains pays	Longueur d'onde maximale d'absoption en nanomètres	Bande d'absorption en nanomètres
Filtres Inorganiques										
UVB, UVA	Dioxyde de titane		Titanium Dioxide		13463-67-7 / 1317-70-0 / 1317-80-2	236-675-5 / 205-280-1 / 215-282-2	25%	CE, EU, AUS		290 – 350
UVB, UVA	Oxyde de zinc	Zinc oxide					25%	CE, EU, AUS		290 – 400

F. Indice de Protection

L'indice de protection ou facteur de protection de solaire FPS est un ratio permettant aux consommateurs de savoir à quel degré leur peau est protégée des rayonnements ultra-violets.

Cet indice représente la protection effective de la peau contre l'érythème solaire tel que :

FPS = Dose capable de provoquer un érythème sur peau protégée / Dose capable de provoquer un érythème sur peau non protégée

L'érythème solaire est une inflammation de la peau provoquée notamment par les UVB ; et peu par les UVA. L'érythème solaire constitue la première lésion visible aiguë des rayonnements UV.

Ce facteur prend donc en considération principalement l'action des UVB.

Il ne faut cependant pas négliger l'action des UVA pouvant être responsable du vieillissement cutané prématuré, et contribuant également à l'apparition des érythèmes solaires et de pathologies cutanées citées précédemment [5]. Sur les produits solaires, la protection des UVA est donc également signalée par un logo. Elle représente 1/3 de l'indice FPS calculé pour les UVB.

La méthode de détermination de FPS a été harmonisé en 2006. En effet, les industries de cosmétiques solaires européennes, japonaises, américaines et sud – africaines utilisent depuis cette date l' « International Sun Protection Factor Test Method » pour déterminer le FPS [1].

D'autre part, la méthode de détermination de la protection des UVA de l'autorité française de sécurité sanitaire des produits de santé AFSSAPS, a été validé par la commission européenne [1].

Le *tableau n°3* présente une synthèse des FPS pouvant être retrouvés sur les produits solaires.

Tableau n°3 : Synthèse des FPS pouvant être retrouvés sur les produits solaires [1]

Catégorie de mention	FPS	FPS mesuré	Facteur de protection UVA minimum recommandé
Protection faible	6	6 – 9,9	Correspond au 1/3 du FPS indiqué sur étiquetage
	10	10 – 14,9	
Protection moyenne	15	15 – 19,9	
	20	20 – 24,9	
Haute protection	25	25 – 29,9	
	30	30 – 49,9	
Très haute protection	50	50 – 59,9	
	50+	>60	

Il est à noter qu'aucun produit solaire ne pourra protéger la peau totalement des radiations UV. Il y aura toujours un pourcentage de passage de ces radiations. Ce pourcentage est différent d'un produit à l'autre et jamais nul. Cette notion est importante car la mention « écran total » ne peut être utilisée [1].

Ainsi, les pourcentages de UVB filtrés en fonction des indices de protection solaire sont :

- indice 15 : 93,3 %
- indice 30 : 96,7 %
- indice 50+ : 98,3 % [13]

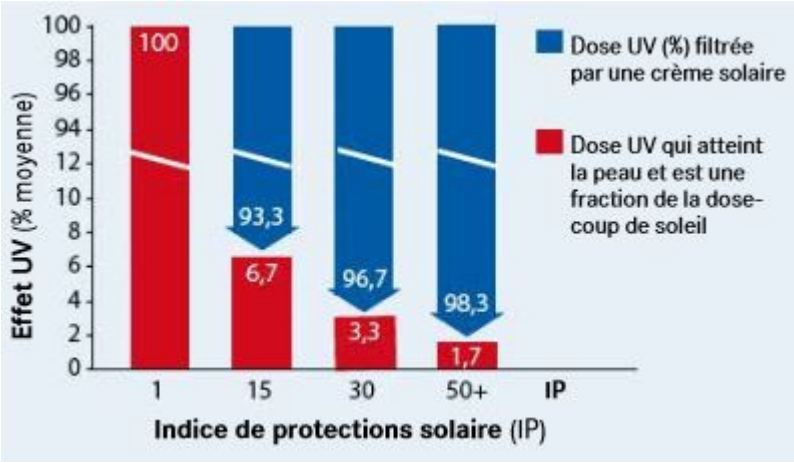


Figure n°7 : ***<u>Pourcentage d'UVB filtrés en fonction de l'indice de Protection</u>*** [13]

D'autre part, il faut souligner que certaines conditions doivent être respectées pour réellement obtenir l'effet recherché. Par exemple, lors de l'application, il faut que l'utilisateur applique la quantité efficace retrouvée lors des tests réalisés pour obtenir cet indice. Celle – ci est de 2 mg/cm² soit environ 36 grammes par application.

Cependant, on constate que les consommateurs ne respectent pas ces quantités suffisantes efficaces. La protection recherchée n'est donc généralement pas optimale.

Enfin, il est également important de noter qu'il existe différentes sensibilités au soleil selon le type de peau de l'individu. Ainsi différentes catégories de sujet peuvent être distinguées (t*ableau n°4*) :

- sujet extrêmement sensible au soleil
- sujet sensible au soleil
- sujet à peau intermédiaire
- sujet à peau assez résistante

Tableau n°4 : <u>Catégories de sujet en fonction de leur sensibilité au soleil</u> [6]

Sujet extrêmement sensible au soleil		- Sujet à peau « blanc-laiteux » avec de nombreuses tâches de rousseur, des cheveux roux. - Sujet prenant toujours des coups de soleil lors de l'exposition solaire et ne bronzant que très difficilement. - Sujet ayant des antécédents de cancers cutanés ou de pathologies s'accompagnant d'une photosensibilité.
Sujet sensible au soleil		- Sujet à peau claire, avec souvent quelques taches de rousseur et/ou cheveux blond vénitien ou auburn. - Sujet prenant souvent des coups de soleil lors de l'exposition solaire, mais pouvant obtenir un hâle.
Sujet à peau intermédiaire		Peau claire bronzant assez facilement, ne prenant des coups de soleil que lors des expositions intenses.
Sujet à peau assez résistante		Peau mate bronzant facilement sans prendre de coups de soleil.

De même, en fonction de la localisation géographique, de la saison et de la durée d'exposition, l'ensoleillement est différent et différents types d'exposition peuvent être distingués :

- l'exposition modérée
- l'exposition importante
- l'exposition extrême

Tableau n°5 : <u>Différents types d'exposition</u> [6]

Exposition modérée		Vie au grand air
Exposition importante		Plages, activités extérieures longues, ...
Exposition extrême		Glaciers, tropiques, ...

Ainsi, il convient de choisir sa protection en fonction de ces critères.

Le tableau ci-dessous, tiré des Recommandations de bon usage des produits de protection solaire à l'attention des utilisateurs de l'AFSSAPS, Juillet 2011 [6], résume les protections conseillées suivant l'exposition et le phototype de peau.

Tableau n°6 : <u>Protections solaires conseillées suivant l'exposition et le phototype de peau</u> [6]

	☀	☀☀	☀☀☀
Sujet extrêmement sensible au soleil	**Haute Protection** (SPF 30-50) UVA	**Très Haute Protection** (SPF 50+) UVA	**Très Haute Protection** (SPF 50+) UVA
Sujet sensible au soleil	**Moyenne Protection** (SPF 15-20-25) UVA	**Haute Protection** (SPF 30-50) UVA	**Très Haute Protection** (SPF 50+) UVA
Sujet à peau intermédiaire	**Faible Protection** (SPF 6-10) UVA	**Moyenne Protection** (SPF 15-20-25) UVA	**Haute Protection** (SPF 30-50) UVA
Sujet à peau assez résistante	**Faible Protection** (SPF 6-10) UVA	**Faible Protection** (SPF 6-10) UVA	**Moyenne Protection** (SPF 15-20-25) UVA

G. Étiquetage

En raison des risques connus liés à l'exposition aux UV et les différentes protections assurées par les produits commercialisés, la commission européenne des cosmétiques a établi des mentions à apposer sur l'étiquetage des produits de protection solaire. Ainsi, en accord avec la législation, comme indiqué dans la *figure n°8*, il devra figurer sur l'étiquetage :

- la catégorie de protection du produit : « protection faible », « protection moyenne », « haute protection » ou « très haute protection »
- la mention UVA et UVB pour la protection de ces UV
- le logo UVA
- le FPS
- la présence de nanomatériaux, de parabens [1, 9, 14-15]

Les industriels devront également ajouter les remarques suivantes :

- « Ne pas rester trop longtemps au soleil, et utiliser des produits de protection solaire lors de l'exposition »
- « N'exposer pas les bébés et les jeunes enfants directement aux rayons du soleil. »
- « La surexposition au soleil est un danger sérieux contre la santé »
- « Appliquer la protection solaire avant l'exposition. »
- « Ré-appliquer fréquemment pour maintenir la protection spécialement après avoir transpiré, nagé, ou s'être essuyé. »
- « Attention, réduire la quantité va diminuer le niveau de protection significativement. »[1, 14]

Enfin, les industriels ne devront en aucun cas marquer les mentions

- « écran total »,
- « protection totale »,
- « prévention toute la journée » [1, 14].

La quantité suffisante pour obtenir l'efficacité réelle du produit devra être indiquée par :

- un pictogramme,
- une illustration ou
- ou un dispositif de mesure [1].

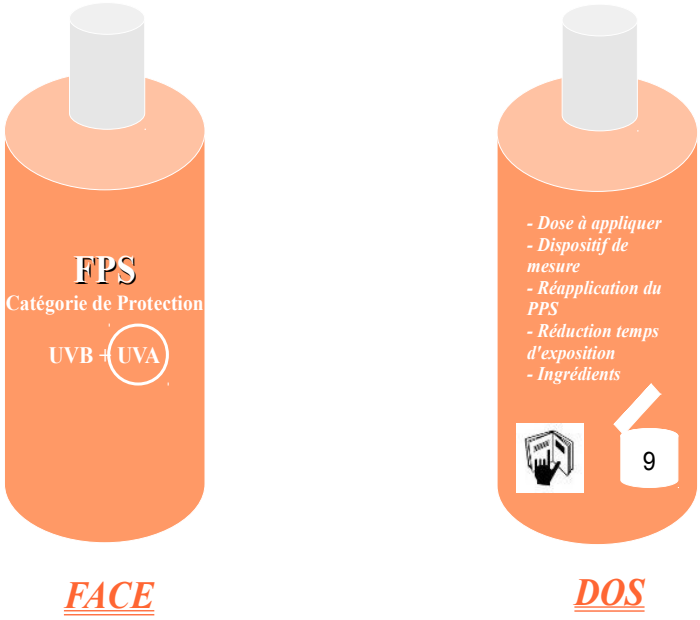


Figure n°8 : ***<u>illustration d'un PPS avec les mentions à y inscrire</u>*** *figure établie à partir de* [1,9, 14-15]

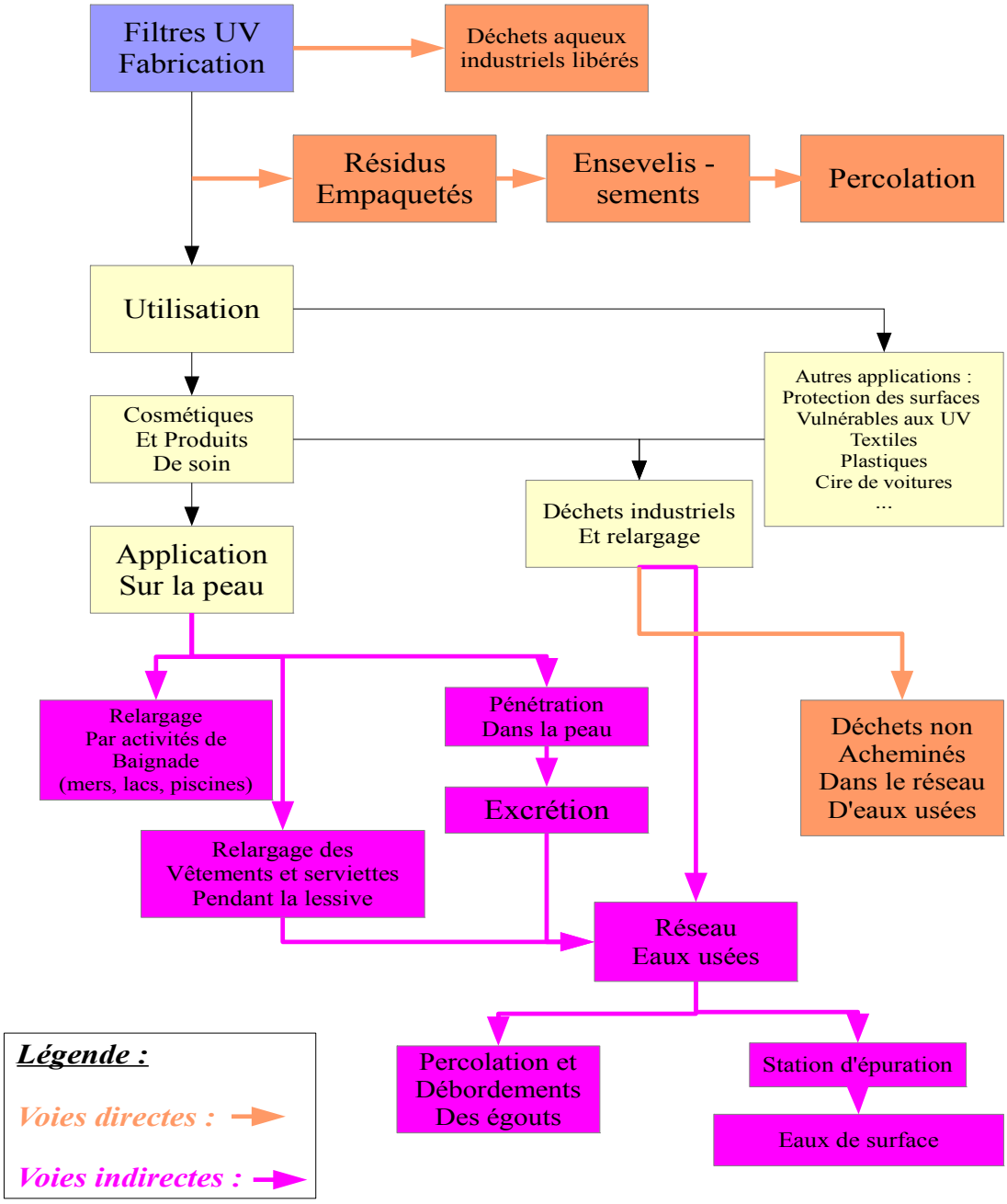
II. Les impacts des filtres UV sur l'environnement

A. Présence des filtres UV dans l'environnement

Les filtres UV ont été détectés à l'état de traces dans les eaux superficielles et souterraines, dans les sols et dans les sédiments.

Concernant l'eau, plusieurs voies de contamination sont possibles (*figure n°9*) :

- la contamination par voie directe, *via* :
  - les eaux de baignade (mers, lacs, piscine) suite à l'utilisation des filtres UV par les baigneurs,
  - les eaux de déchets des industries qui se déverseront dans les rivières
  - ou les eaux des nappes phréatiques par percolation
- la contamination par voie indirecte *via* les eaux usées et les stations d'épuration. Dans ces conditions, l'élimination des filtres UV appliqués sur la peau lors des douches, le lessivage des filtres UV attachés aux tissus (eg : Habits, serviettes, ...) ou encore l'excrétion urinaire de ces produits après absorption cutanée ou orale constituent une source de contamination secondaire importante.



Ainsi, l'environnement est pollué au niveau des sols et des eaux. La flore et la faune présentes dans ces milieux sont les principales cibles de cette pollution.

Figure n°9 : <u>Voies majeures des filtres UV dans l'environnement</u> *Image reproduite et traduite à partir de la figure 1 de l'article de Dimosthenis L.Giokas et al.* [16]

B. Concentrations des filtres UV dans l'environnement

1. Dans les eaux

Cette carte du monde (*figure n°10*) présente une vue générale des filtres UV retrouvés dans les eaux de surface [17-23].

Il est à noter à partir de ces résultats que la majorité des études sur la présence des filtres UV dans l'eau proviennent des États-Unis, d'Europe ou d'Asie.

Les filtres UV fréquemment retrouvés et étudiés au niveau des eaux de surface sont la benzophénone BP, l'ethylhexyl methoxycinnamate EHMC, 4-methylbenzilidene-camphor 4MBC, l'homosalate HMS et l'octocrylène OC [17].

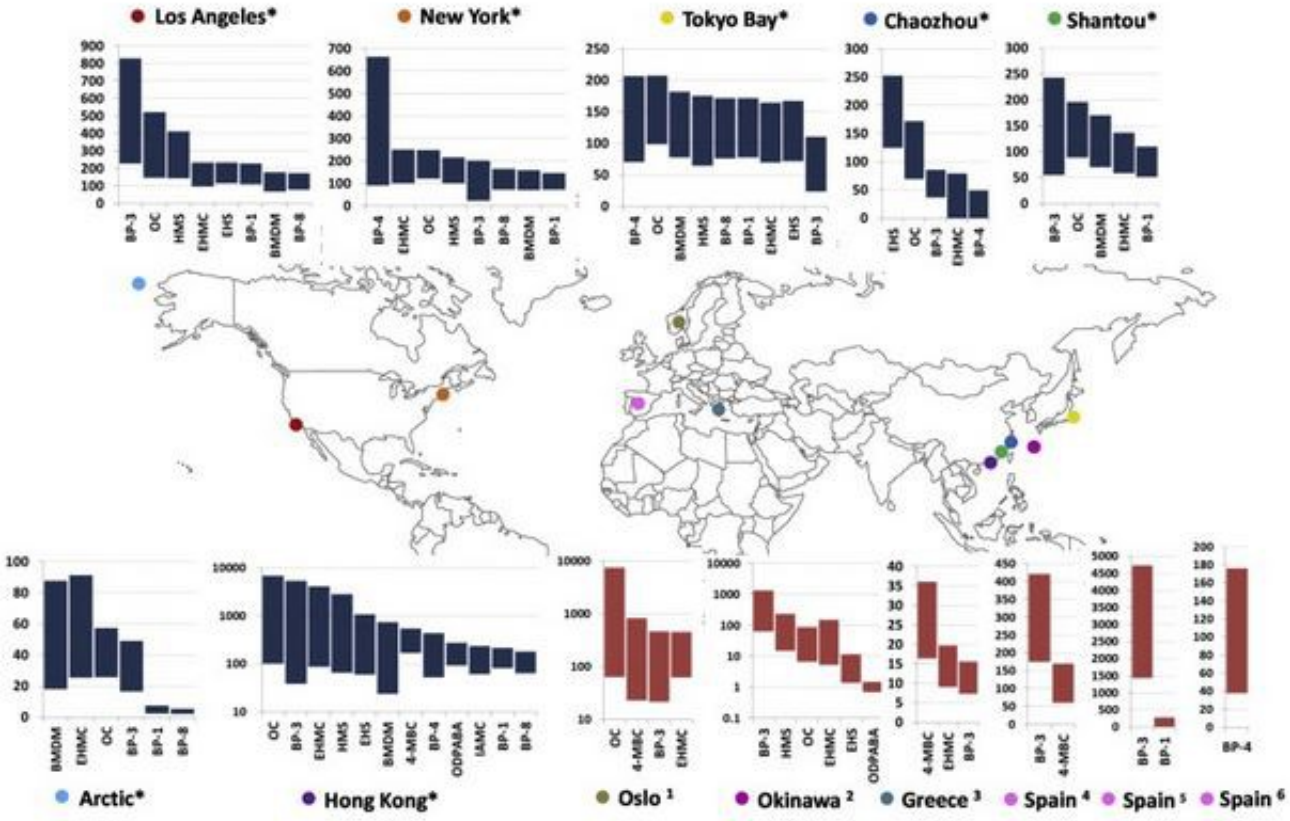


Figure n°10 : ***Comparaison globale des concentrations des filtres UV (moyenne-maximale, ng/L) dans les eaux de mer de surfaces*** [17]

Le *tableau n°7* regroupe les concentrations en benzophénone-3 (BP3), 4MBC et EHMC retrouvées dans les eaux de mer, les eaux de piscine, les lacs et les rivières d'après les travaux de Balmer *et al.* (2004) [95], Poiger *et al.* (2004) [24], Lambropoulon *et al.* (2002) [96], Giokas *et al.* (2005) [20], Cuderman et Heath (2007) [97].

Tableau n°7 : ***Concentrations de trois filtres UV (BP3, 4MBC et EHMC retrouvées dans les eaux de mer, piscines, lacs et rivières*** [99]

Echantillon	*Filtre UV*		
	BP3	**4MBC**	**EHMC**
	Concentration (ng/L)	**Concentration (ng/L)**	**Concentration (ng/L)**
eaux de mer	8,2[a,b]	19,7[a,b]	10,7[a,b]
eaux de piscine	400[e]	330[e]	< 238[e]
eaux des lacs	< 2 - 35 (saison froide) 2 - 125 (saison chaude)[c,d]	< 2 - 29 (saison froide) 3 - 82 (saison chaude)[c,d]	< 2 - 15 (saison froide) < 2- 15 (saison chaude)[c,d]
eaux de rivières	114[e]	181[e]	88[e]

[a]Balmer *et al.*,2004 ; [b]Poiger *et al.*,2004 ; [c]Lambropoulon *et al.*,2002 ; [d]Giokas *et al.*, 2005 ; [e]Cuderman et Heath, 2007

Selon ces résultats, dans les rivières les filtres UV sont retrouvés quel que soit le moment de l'année [25]

Concernant les lacs en revanche, différentes concentrations en filtres UV, ont pu être notées en fonctions des saisons. Ces variations de concentrations, marquées par de plus fortes concentrations pendant les saisons chaudes, pourraient notamment s'expliquer par une augmentation des activités de baignade durant ces périodes [26-27]

Enfin, de plus fortes concentrations sont généralement relevées dans les eaux de piscine [28]. Concernant ce point, selon une étude réalisée par Zwiener *et al.* (2007), de plus fortes concentrations totales en filtres UV dans les bassins destinés aux bébés seraient observées [28]. (*figure n°11*)

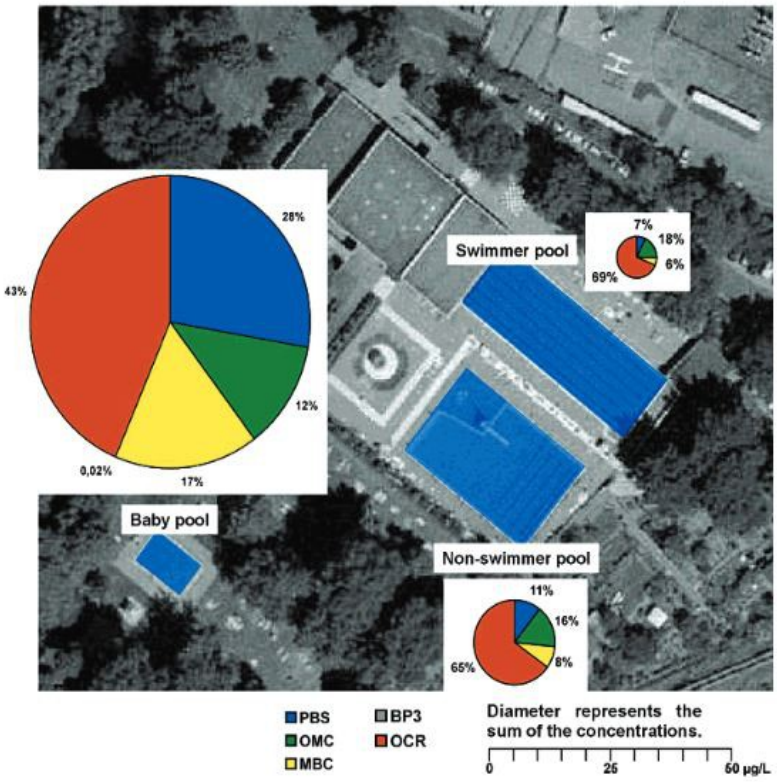


Figure n°11 : <u>Ingrédients actifs de produits solaires retrouvés dans les piscines extérieures. Le diamètre des graphes représente la somme des concentrations de PBS (acide 2-phenyl-1H-benzimidazole-5-sulfonique), OMC (2- ethylhexyl-4-methoxycinnamate), MBC (4-methylbenzylidene camphor), BP3 (2- hydroxy-4-methoxybenzophenone), et OCR (2'-éthylhexyl-2-cyano-3,3-diphenyl-2- propenoate)</u> [28]

Pour ce qui est des eaux usées, les concentrations de filtres UV peuvent atteindre quelques µg/L. Ces concentrations sont dépendantes des saisons [26]. A la sortie des stations d'épuration, malgré le traitement des eaux usées, une élimination partielle des filtres UV est généralement observée [25, 29, 94]

2. Dans les sols et sédiments

Tout comme dans les eaux, les filtres UV ont été retrouvés dans les sols et les sédiments. En effet, une étude réalisée en Corée, a permis de montrer leur présence dans les sols à proximité d'industries de filtres UV (7 sites de prélèvements), dans le sol en général (33 sites de prélèvements) et dans des sédiments (15 sites de prélèvements) [30] . La benzophénone a été retrouvée dans quatre sites sur sept pour les sols à proximité d'industries de filtres UV, dans 32

sites sur 33 pour les sols en général, et dans 14 sites sur 15 pour les sédiments [30]. Aussi, les filtres UV ont été mesurés dans des sédiments au Japon [26]

C. Dégradation et devenir des filtres UV dans l'environnement

Rejetés dans les eaux de piscine ou dans les eaux usées, les filtres UV peuvent en partie se dégrader suite aux différents traitements des eaux employés.

Dans les eaux de piscines, l'utilisation de désinfectants chlorés (eau de javel ou chloroisocyannate) pourrait être responsable de cette dégradation. Dans des études menées par Duirk *et al.* (2013) [93], Nakajima *et al.* (2009) [92], Negreira *et al.* (2008) [31], des réactions rapides entre le chlore et BP3, EHMX ou EH-PABA ont en effet été observées. Au cours de telles réactions, comme montré dans la *figure n°12* dans le cas de la BP3, la formation de nombreux sous-produits halogénés a été notée. [31, 91-92].

Dans le cas de BP3, en raison de la présence de la fonction phénol certains de ces sous-produits pourraient potentiellement être perturbateurs endocriniens.

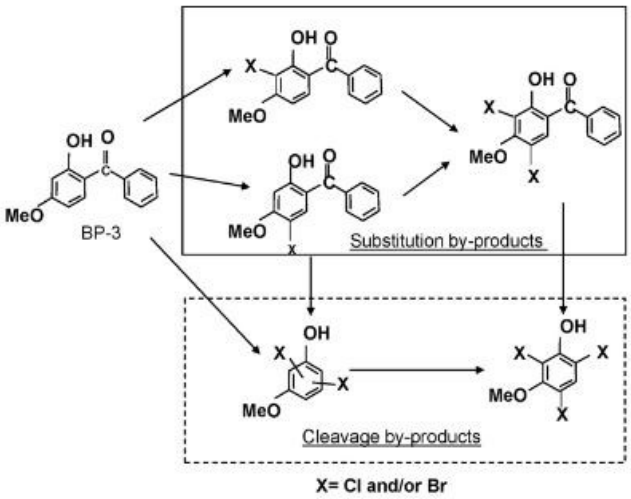


Figure n°12 : ***Voies de dégradation proposées pour la BP3*** [31]

De même, une fois rejetés dans l'environnement les filtres UV peuvent en partie se dégrader suite à des phénomènes de biodégradation, dégradation chimique et photochimique [89]. Lors de telles transformations (notamment lors des réactions de photolyse) de nombreux produits

de transformation pourraient également être générés. Certains d'entre eux pourraient être plus toxiques que la molécule de départ [90]

A côté de ces transformations, dans le milieu aquatique, des phénomènes de dispersion, dilution et adsorption sur les sédiments sont aussi observés. Ces phénomènes contribuent à la décontamination naturelle de ces milieux [89].

D. Impact des filtres UV sur la faune

De nombreux exemples d'impact des filtres UV sur la faune ont été répertoriés dans la littérature. Quelques exemples sur la faune aquatique et terrestre sont détaillés dans les paragraphes suivants.

1. Faune aquatique

a. Exemples d'effets perturbateurs endocriniens

L'étude de Kaiser *et al.* (2012) a permis de mettre en évidence les effets perturbateurs endocriniens et toxiques potentiels de trois filtres UV dont EHMC et OCR après une exposition dans un milieu de sédiments pollués [32]. Ces effets ont particulièrement été montrés chez les espèces *Potamopyrgus antipodarum*, *Melanoides tuberculata* et *Danio rerio* après exposition au EHMC [32] (*figure n°13*).

Potamopyrgus antipodarum [33]	*Melanoides tuberculata* [34]	*Danio rerio* [35]

Figure n°13 : ***Représentation des espèces étudiées lors de l'étude de Kaiser*** [33-35]

De même, en 2007, une étude de Weisbrod *et al.* (2007) a porté sur les effets de la benzophénone-2 sur la reproduction des poissons *Pimephales promelas.*

Figure n°14 : <u>Illustration de Pimephales promelas</u> [36]

Dans ce travail, les effets perturbateurs endocriniens potentiels de la benzophénone-2 ont été montrés après 15 jours d'exposition. En effet, une modification des caractères sexuels (notamment les nodules nuptiaux chez les poissons), une modification histologique des gonades et un effet sur la fécondité ont été observés. Ces effets, caractérisés par une féminisation des poissons mâles, proviendraient des effets œstrogéniques de la benzophénone-2. [37]

b. Exemples d'accumulation de filtres UV dans les moules et autres organismes aquatiques

On ne peut affirmer qu'il existe des effets toxiques ou perturbateurs endocriniens des filtres UV sur les moules car il existe peu d'études sur ce sujet. En revanche, il a été clairement montré que les filtres UV pouvaient s'accumuler au sein de ces organismes lorsque ces composés sont présents dans les eaux.

Ainsi, dans une étude réalisée par Bachelot *et al.* (2012) [38] sur dix sites des côtes françaises durant la période estivale et le début de la période hivernale en 2008, de forts pics de pollutions par les filtres UV lors des baignades estivales ont pu être montrés par des prélèvements de moules à différents moments de l'année en fonction des périodes touristiques.

Figure n°15 : <u>Illustration de Mytilus edulis</u> [39]

Dans ce travail, deux variétés de moules ont été étudiées : *Mytilus galloprovincialis* pour les sites de la côte méditerranéenne et *Mytilus edulis* pour les sites de la côte atlantique. Les filtres UV suivis étaient :

- 2-éthylhexyl-4-trimethoxycinnamate EHMC
- acide octyl dimethyl p-aminobenzoïque OD-PABA
- octocrylène OC

Dans ces conditions, dans le cas de OC et EHMC une bonne corrélation entre les activités touristiques humaines (comme la baignade) et la concentration de filtres UV au sein des moules a été montrée dans plusieurs sites de prélèvements.

En effet, pour ces composés, les concentrations maximales entre Juillet et Août et minimales en Novembre (correspondant au début des températures hivernales synonymes de baisse des activités nécessitant l'utilisation de filtres UV) ont été notées (*figures n°16 et n°17*).

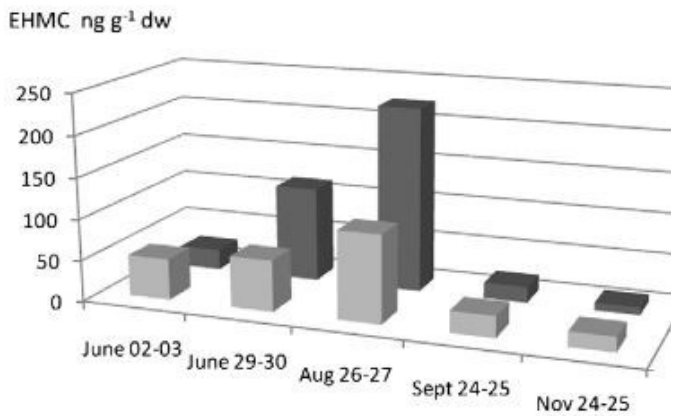


Figure n°16 : <u>Concentration de EHMC dans les moules en fonction du temps et des sites de prélèvements</u> [38]

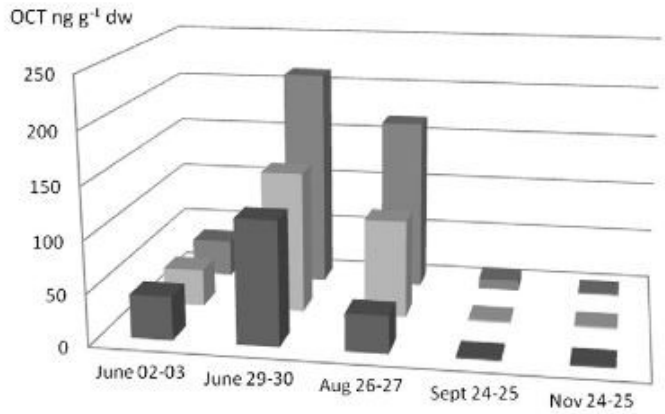
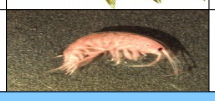


Figure n°17 : <u>Concentration de OC dans les moules en fonction du temps et des sites de prélèvements</u> [38]

Tout comme les moules, divers autres organismes aquatiques peuvent accumuler les filtres UV. Dans une étude menée en Suisse des quantités significatives de EHMC ont en effet été répertoriées dans de nombreuses espèces (*tableau n°8*) [25] .

Tableau n°8 : <u>Taux de EHMC en fonction de l'espèce et du site de prélèvements réalisés à partir tableau</u> [25]

Site de prélèvements	Date	Espèce	Photographie	EHMC ng/g de lipides
Rivière Glatt				
Écoulements dans lac Greifen	09/2006	Leuciscus cephalus		23 - 55
Écoulements dans lac Greifen	06/2006 09/2006	Dreissena polymorpha		22- 150
Station épuration Dübendorf	06/2006	Dreissena polymorpha		30
Station épuration Dübendorf	09/2006	Barbus barbus		<LD - 9
Station épuration Dübendorf	09/2006	Barbus barbus		122 - 337
Station épuration Dübendorf	09/2006	Leuciscus cephalus		41 - 79
Rivière Marchbach				
Station épuration Therwil	09/2006	Salmo trutta		<LQ - 205
Station épuration Therwil	05/2006	Gammarus sp.		91 - 133
Rivière Birs				
Station épuration Münchenstein	09/2006	Salmo trutta		11 - 41
Rivière Ergolz				
Station épuration Sissach	09/2006	Salmo trutta		<LQ - 61
Rivière Lützelmurg				
Station épuration Aadorf	12/2006	Salmo trutta		<LD - 104
Rivière Rhine				
Station épuration Basle City	09/2006	Anguilla anguilla		30
Basle City, Dachsen	06/2006 03/2007	Phalacrocorax sp.		16 - 701

Peu d'études recensent les effets toxiques du EHMC sur les organismes aquatiques malgré une imprégnation évidente [25].

En somme, ces accumulations possibles de filtres UV au sein des organismes aquatiques soulignent la nécessité d'études complémentaires pour la pérennité des espèces voire également pour l'éventuelle toxicité générée lors de la consommation par l'homme de ces organismes.

c. Impact sur les coraux

Des filtres UV comme l'OC ont été retrouvés à des concentrations de 8,1ng/L au niveau de récifs coralliens près de l'île d'Okinawa au Japon [19] ainsi qu'à Hong Kong à des concentrations vingt-huit fois plus élevées de 231ng/L [17].

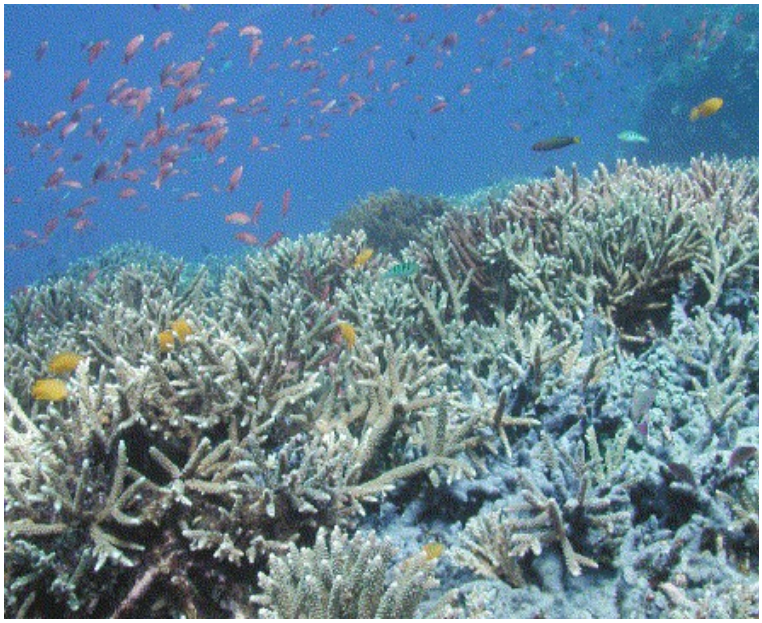


Figure n°18 : Photo sous-marine de récifs coraliens en Indonésie recouverte de 100 % de Acropora sp (Photographié par M.Lesser) [40]

Aucune donnée ne semble en revanche actuellement disponible dans la littérature sur l'impact des filtres UV sur les coraux.

2. Faune Terrestre

a. Exemples d'*effets perturbateurs endocriniens* chez les insectes

Selon Ozaez *et al.,* des effets perturbateurs endocriniens pourraient être générés par les filtres UV sur les insectes (*Chironomus riparius*). Ces effets ont été observés avec le 4MBC, le EHMC et le OD-PABA. Ils proviendraient, selon ces auteurs, d'une activation anormale du gène d'expression du récepteur ecdysone qui est un récepteur nucléaire hormonal chez les arthropodes [41]. Ce mécanisme a également été décrit chez des mammifères et des poissons [41]. Il se traduirait chez les insectes par des modifications métaboliques et physiologiques de l'organisme [41].

Figure N°19 : ***Photographie d'une espèce du genre Chironomidae*** [42]

b. Exemples d'impact des filtres UV chez les rongeurs

Les études menées chez le rat sont souvent réalisées en administrant par voie orale les filtres UV[43].

Dans ces conditions, on retrouve les filtres UV dans les liquides biologiques du rat (comme le sang, les urines, et le lait) [43-44].

Dans une étude de Jeon *et al.* (2008), la présence dans le sang de sous-produits provenant de la métabolisation de la BP a également été mise en évidence (*figure n°20*) [43]. Cependant, la concentration sanguine de ces sous-produits est beaucoup moins importante que celle de la BP. De plus, ces sous-produits disparaissent rapidement [43].

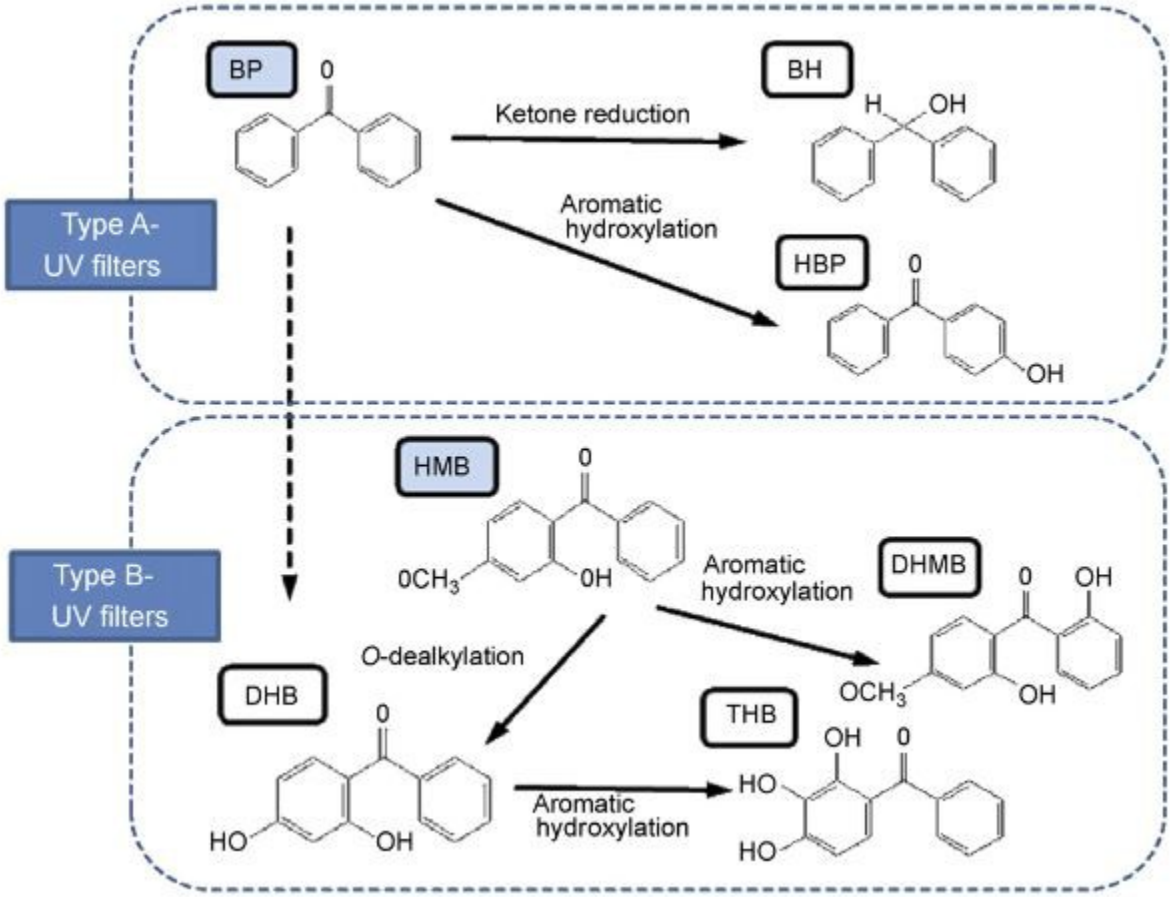


Figure n°20 : ***<u>Voies métaboliques des filtres UV type BP chez le rat. Il montre le processus métabolique des filtres UV type A et filtres UV type B. BP : benzophénone ; HBP : 4-hydroxybenzophenone ; BH : benhydrol ; HMB : 2-hydroxy-4-methoxybenzophenone ; DHB : 2,4-dihydroxybenzophenone ; DHMB : 2,2'-dihydroxy-4-methoxybenzophénone ; THB 2,3,4- trihydroxybenzophenone</u>*** [43]

D'autre part, il a été montré que l'exposition aux filtres UV des rats et des souris entraîne des phénomènes de carcinogenèse au niveau du foie, des reins, et du système hématopoïétique.

En effet, l'étude de Rhodes *et al.* (2007) a montré une activité carcinogénique chez le rat après une exposition à la BP [45]. Dans ces conditions, des adénomes et des carcinomes des tubules rénaux, ainsi qu'une hyperplasie de ces derniers ont été observés. De même, chez les femelles, des leucémies et des sarcomes histiocytiques sont apparus. Dans ce travail, chez les souris, une prolifération des cellules hématopoïétiques de la rate entraînant des anémies et l'augmentation de l'incidence des adénomes hépatocellulaires a été montrée [45].

Enfin, l'étude de Schlecht *et al.* (2008) a montré un effet œstrogénique dose-dépendant au

niveau des utérus de rates malgré une métabolisation et une excrétion rapide de la BP2 et ses sous-produits [44].

III. Les impacts des filtres UV sur l'Homme

A. Exposition de l'Homme aux filtres UV et impacts sur la santé

1. Modes d'exposition

Il existe deux voies d'exposition aux filtres UV chez l'Homme :

- la voie directe par l'application dermique de filtres UV
- la voie indirecte par le contact avec l'environnement contaminé par les filtres UV :
  - eaux de boisson
  - eaux de baignade

2. Concentrations dans l'organisme

Plusieurs études montrent la présence de filtres UV ou de leurs dérivés dans l'organisme.

Une étude réalisée en Chine de Février 2010 à Mai 2010 [46], a en effet démontré la présence de BP3 et de ses dérivés dans le sang et les urines d'adultes et d'enfants ; ainsi que dans le sang de cordon fœtal chez des femmes enceintes. Dans cette étude, une plus forte exposition des femmes aux dérivés de la BP3 a été montrée. De plus, la présence de BP3 chez des personnes n'utilisant pas de produits contenant des filtres UV a pu être observée.

De même, Tarazona *et al.* (2013) [47] ont montré la présence de la 2-hydroxy-4-methoxybenzophenone HMB ; un dérivé de BP3 dans le sérum humain. Pour cela, dans leur étude, deux volontaires ont appliqué 20 et 30 g de crème solaire contenant du HMB. Des échantillons de sérum ont alors été prélevés avant et après application sur une période de 24 heures (*figure n°21*). Dans ces conditions, les résultats des volontaires montrent la présence de HMB dans le sérum à temps = 0. Après application de crème solaire, une augmentation puis

une diminution progressive de HMB dans le sérum est observée. Après 24h, cependant le HMB et ses dérivés ne sont pas totalement éliminés comme le montre ces figures [47].

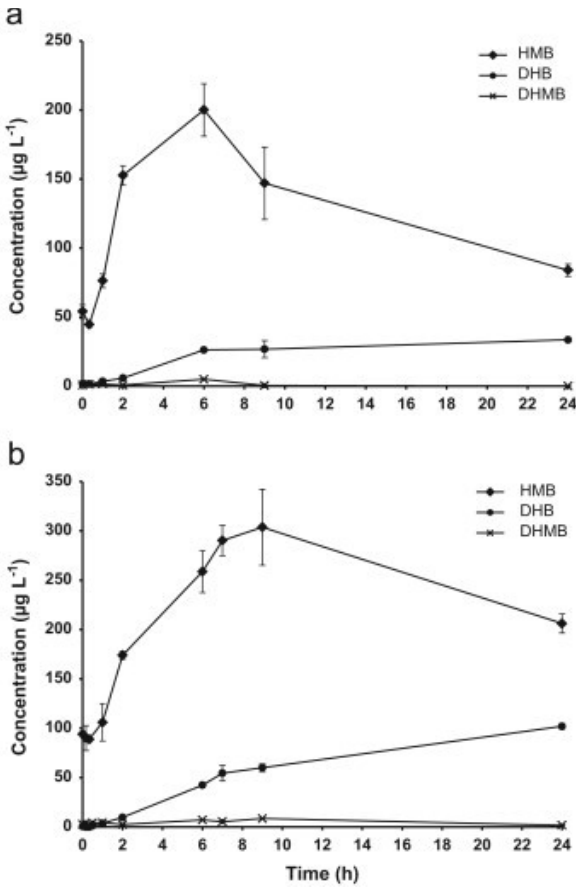


Figure n°21 : <u>Graphes représentant l'évolution de HMB et ses dérivés dans le sérum humain après application de 20 ou 30g de crème solaire contenant 5 % de HMB dans la composition</u> [47]

Ces résultats ont été obtenus après une seule application de crème solaire. On peut alors se demander quel serait le profil de ces courbes en conditions réelles d'utilisation par l'Homme suivant les recommandations de réapplication toutes les deux heures de crèmes pour une protection optimale de la peau contre les UV.

Outre la présence de filtres UV dans le sang et les urines, plusieurs études se sont intéressées à la présence de tels composés dans d'autres liquides biologiques.

Ainsi, en 2010, en élaborant une méthode de détermination des BPs dans les urines et les semences, Leon *et al.* (2010) [48] ont également mis en évidence du HMB dans les semences humaines chez un volontaire après application de crème solaire (0,5 – 1 mg par cm² de peau). Cette quantité est largement inférieure à la quantité recommandée par la législation pour une protection optimale. Cependant elle correspond à la quantité réelle mise par les utilisateurs.

De même, en 2008, la présence de BP3 dans le lait maternel a été observée dans un travail mené par Ye *et al.* [49]

Enfin concernant les tissus biologiques, Vela Soria *et al.* (2011), après avoir recensé les études ayant montré la présence de filtres UV dans les liquides biologiques, ont développé une méthode pour mettre en évidence la présence de filtre UV de la famille des benzophénones dans le placenta. Cette exploration n'avait pas encore été réalisée. Ils ont pu grâce à cette méthode, montrer la présence de benzophénones dans des échantillons de la population de Granada en Espagne [50].

Pour chacune de ces études, des techniques par chromatographie liquide ou gazeuse couplées à de la spectrométrie de masse et parfois précédées d'une extraction de type SPE (Solid-phase extraction) ont été utilisées pour faire les analyses. Le tableau suivant récapitule les méthodes analytiques utilisées pour la détermination de benzophénones dans différents échantillons humains.

Tableau n°9 : ***<u>Récapitulatif des méthodes analytiques pour la détermination de benzophénones dans des échantillons humains</u>*** [50]

Echantillon humain	Technique Analytique	Bps étudiées	Limite de détection (LOD)	Référence
Urine	SPE-LC–MS/MS	BP-3	0.3 ng mL^{-1}	[51]
	SPE-LC–MS/MS	BP-3	0.5 ng mL^{-1}	[52]
	LC–UV	BP-3	1.3 ng mL^{-1}	[53]
	GC–MS	OH-BP, 2-OH-BP, BP-3, BP-10	0.05–0.1 ng m L^{-1}	[54]
	GC–MS	OH-BP, 2-OH-BP, BP-3, B-P10	5–10 pg mL^{-1}	[55]
	GC–MS	BP, BP-1, BP-3, BP-10, OH-BP, 2-OH-BP, 3-OH-BP, 4-OH-BP	0.01–0.05 ng m L^{-1}	[56]
	LC–UV	BP-3 BP-4	60 ng mL^{-1} 30 ng mL^{-1}	[57]
	LC–MS/MS	BP-1, BP-2, B-P3, BP-8, 4-OH-BP	0.28–0.90 ng m L^{-1}	[58]
Lait	SPE-LC–MS/MS	BP-3	0.4 ng mL^{-1}	[49]
Serum	SPE-LC–MS/MS	BP-3	0.5 ng mL^{-1}	[59]
Sang	LC–UV	BP-3	3.9 ng mL^{-1}	[60]

SPE, solid-phase extraction; LC–MS/MS, liquid chromatography–tandem mass spectrometry; GC–MS, gas chromatography-mass spectrometry; LC–UV, liquid chromatography–ultraviolet detection; BP, benzophenone; BP-1, benzophenone-1; BP-2, benzophenone-2; BP-3, benzophenone-3; BP-4, benzophenone-4; BP-8, benzophenone-8; BP-10, benzophenone-10; OH-BP, hydroxybenzophenone; 2-OH-BP, 2-hydroxybenzophenone; 3-OH-BP, 3-hydroxybenzophenone; 4-OH-BP, 4-hydroxy benzophenones.

3. Impacts sur la santé

Outre les effets bénéfiques contre les rayonnements UV, l'utilisation des filtres ultra-violets peut parfois être associée à des effets néfastes. Ces effets peuvent provenir de :

- une intolérance locale des filtres UV provoquant des allergies :

  En effet, les filtres UV sont parfois à l'origine de dermites allergiques de contact, de dermites irritatives et de photosensibilisation. Ces réactions sont cependant peu fréquentes sil'on considère la large utilisation des produits de protection solaire [61].

  Les filtres UV étant à l'origine de ces réactions sont [62]:

  - les benzophénones en particulier la benzophénone-3
  - le butyl méthoxydibenzoylmethane
  - le méthoxycinnamate
  - le 4 méthylbenzylidène camphre (4MBC)
  - le PABA
  - l'octocrylène [63]

- un effet systémique pour les filtres UV organiques par le passage de substances potentiellement perturbateurs endocriniens :

  Selon l'Organisation Mondiale de la santé, « un perturbateur endocrinien potentiel est une substance ou un mélange exogène, possédant des propriétés susceptibles d'induire une perturbation endocrinienne dans un organisme intact, chez ses descendants ou au sein de populations. Cette catégorie est divisée en deux sous-catégories : la catégorie 2a pour les perturbateurs endocriniens suspectés et la catégorie 2b (…) pour les substances possédant des indications de propriétés de perturbation endocrinienne. » [64]

  Les perturbateurs endocriniens PE agissent en mimant, en inhibant ou en amplifiant les effets physiologiques d'une ou de plusieurs hormones naturelles. Leur action au sein d'un organisme peut se faire :

- par altération de la synthèse des hormones endogènes
- par interaction avec les protéines de transport
- par interférence avec l'action des hormones endogènes
- par altération du métabolisme des hormones endogènes

Le système endocrinien est formé de plusieurs organes cibles comme l'appareil reproducteur féminin et masculin, la thyroïde, les glandes mammaires... Ces effets perturbateurs endocriniens peuvent donc avoir des formes multiples, parmi lesquelles, on peut citer la baisse de la qualité du sperme, ou des processus de carcinogenèse des organes [65].

Les PE ont la particularité pour la plupart d'être liposolubles. Ils peuvent donc s'accumuler dans le tissu adipeux de différentes espèces. De même, il a été mis en évidence des PE dans le sang, les urines, le liquide amniotique et le sang de cordon chez l'homme [65].

Les filtres UV à effet PE les plus incriminés de par leur pénétration transcutanée importante sont :

- 4-méthylbenzylidène-camphre
- 3-benzylidène-camphre
- benzophénone-3
- ethylhexyl salicylate [61]

La présence de ce dérivé phénolique pourrait mimer la présence du phénol d'une hormone naturelle de l'organisme l'œstradiol [64].

- <u>un effet systémique et orale pour les filtres UV inorganiques par le passage de nanoparticules :</u>

Les nanoparticules de filtres inorganiques sont des poudres ultrafines avec des particules de l'ordre de 10 à 30 nanomètres conférant une transparence au produit (en

laissant passer les radiations électromagnétiques supérieures à 400 nanomètres) tout en réfléchissant, absorbant ou diffractant les autres radiations [9]. La réduction de la taille de ces particules permet cependant un passage transépidermique et d'autre part un passage théorique dans les voies pulmonaires basses pour les formes sprays. De plus, ces nanoparticules pourraient être génotoxiques et cancérogènes par la formation sous irradiation de radicaux libres pouvant être à l'origine de lésions de l'ADN [9].

Selon le rapport adopté par la commission de cosmétologie du 15 mars 2011 faisant état des connaissances relatives aux nanoparticules de dioxyde de titane et d'oxyde de zinc dans les produits cosmétiques en terme de pénétration cutanée, de génotoxicité et de cancérogenèse [9], « l'Afssaps est consciente des difficultés actuelles relatives à l'évaluation du risque lié à l'utilisation des nanomatériaux en raison du manque de recul nécessaire et des lacunes dans les connaissances scientifiques actuelles ; notamment :

- le manque de données toxicologiques suffisantes et mécanistiques permettant de caractériser le danger par voie cutanée, respiratoire et orale ;
- l'absence de donnée fiable sur les nanomatériaux mis sur le marché dans le domaine des produits cosmétiques ;
- l'absence de protocoles de caractérisation et de détection de ces nanomatériaux, validés à l'échelle internationale.

L'Afssaps estime nécessaire la réalisation d'études complémentaires :

- de pénétration cutanée mettant en jeu des nanoparticules d'oxyde de zinc et de dioxyde de titane de formules représentatives du marché des produits cosmétiques afin de confirmer les résultats retrouvés dans les autres études et d'apporter des explications sur les lacunes actuelles y compris sur les mécanismes de pénétration ;
- de toxicologie à long terme par voies cutanée, orale et aérienne de nanoparticules parfaitement caractérisées utilisées en cosmétique ;
- de stabilité des nanoparticules enrobées et/ou dopées utilisées dans le domaine cosmétique, pour chaque étude de toxicologie. » [9]

Ainsi, l'Afssaps recommande de ne pas utiliser ces nanomatériaux sous la forme de spray ou de poudre pour le visage pour éviter le passage par la voie respiratoire ; ainsi que leur utilisation dans des locaux fermés. Elle recommande également de ne pas utiliser ces nanomatériaux sur une peau lésée (surtout lors d'érythèmes solaires). L'AFSSAPS rappelle également que l'oxyde de zinc n'est pas reconnu comme filtres ultra-violets par la commission européenne.[9]

Outre les intolérances locales des filtres UV parfois observées, la mise en évidence de filtres UV dans les liquides biologiques tels que la semence, le lait maternel, le sang de cordon et des tissus comme le placenta, amène donc à se demander quel est l'impact sur la santé de ces substances.

Concernant ce point, peu d'études sur l'Homme ont été réalisées pour évaluer et explorer les potentielles corrélations entre des maladies du système reproducteur féminin ou masculin. En 2012, cependant une étude a montré qu'il existe peut être une corrélation entre le diagnostic d'endométriose et une benzophénone, la 2,4 – dihydroxybenzophénone 2,4-OHBP [66].

De plus, des études ont permis de montrer l'activité œstrogénique des BPs suite à la réalisation de tests *in vitro* portant sur la prolifération de lignées cellulaires MCF-7 du cancer du sein [67]. D'autres filtres UV sont également incriminés dans ces activités œstrogéniques [68].

D'autre part, il est à noter que, certains filtres UV sont classés par le Centre international de recherche sur le cancer CIRC (*tableau n°10*). Parmi ces composés, le PABA est classé depuis 1987 dans le volume 16 comme agent *inclassable quant à sa cancérogénicité pour l'Homme.* Pour ce composé, une réévaluation devrait être faite avec les précautions prises ces dernières années par rapport à la famille des parabens.

De même, le dioxyde de titane est classé depuis 2010 dans le volume 47 comme agent *peut-être cancérogène pour l'Homme*. Ce composé continue cependant d'être utilisé dans les produits de protection solaire et les produits d'hygiène corporel.

Tableau n°10 : Classification des agents chimiques par le CIRC [69]

Catégories	Type d'agents	Nombres d'agents
Groupe 1	agent cancérogène pour l'Homme	114
Groupe 2A	agent probablement cancérogène pour l'Homme	69
Groupe 2B	agent peut-être cancérogène pour l'Homme	283
Groupe 3	agent inclassable quant à sa cancérogénicité pour l'Homme	504
Groupe 4	agent probablement pas cancérogène pour l'Homme	1

B. Législation

1. Le Dossier d'Information sur le Produit cosmétique

La fabrication des produits cosmétiques dont les produits de protection solaire doit être réalisée dans le cadre de la norme NF EN ISO 22716 [70].

D'autre part, actuellement, il existe un Dossier d'Information sur le Produit cosmétique DIP qui doit contenir le rapport d'évaluation de la sécurité [70]. Chaque produit cosmétique mis sur le marché doit disposer de ce DIP conformément aux articles 10 et 11 du règlement cosmétique.

« Le contenu du DIP est précisé à l'article 11 du règlement cosmétique. Il comprend :

- une description du produit cosmétique, incluant la formule qualitative et quantitative du produit, le nom exact du produit, les noms de code, d'identification ou de formule permettant d'identifier sans ambiguïté le produit et d'établir un lien clair entre le produit cosmétique et son DIP.

- le rapport sur la sécurité du produit cosmétique établi conformément à l'annexe I du règlement cosmétique.

- une description de la méthode de fabrication et de conditionnement ainsi qu'une déclaration de conformité aux Bonnes Pratiques de Fabrication (BPF) visées à l'article 8. Cette description comporte notamment la description des conditions de fabrication et de contrôle conformes aux BPF, ainsi que la durée de conservation du produit et la méthode utilisée pour la déterminer. La déclaration de conformité aux BPF, telle que présentée au point 14 de ce document, peut être réalisée par la personne responsable ou par un tiers.

- les preuves de l'effet revendiqué lorsque la nature ou l'effet du produit le justifie. Toute revendication ou allégation est étayée et justifiée.

- les données relatives aux expérimentations animales réalisées par le fabricant, ses agents ou fournisseurs ; et relatives au développement ou à l'évaluation de la sécurité du produit cosmétique ou de ses ingrédients, y compris toute expérimentation animale réalisée pour satisfaire aux exigences législatives ou réglementaires de pays tiers ou effectuée au titre d'une autre législation ou réglementation (REACH…).

Ce DIP est à actualiser avec les informations pertinentes recueillies au fur et à mesure de la vie du produit. » [70]

Concernant les expérimentations des produits cosmétiques, les expérimentations animales sont interdites selon l'article 18 du règlement cosmétique [70]. Le processus d'abandon de ces expérimentations sera très long, mais il a déjà débuté. Pour cela, des méthodes alternatives sont donc utilisées tels que des méthodes *in vitro* (*tableau n°11*) [71].

Tableau n°11: <u>Exemples de méthodes alternatives validées ou acceptées</u> [71]

Type de toxicité	Exemple de méthode d'essai	Validation	Acceptation
Cancérogenèse	Essai de transformation cellulaire sur des cellules BHAS	X	
Sensibilisation cutanée	Test d'activation de la lignée cellulaire humaine	X	
Toxicité orale aigüe	Méthode d'essai 3T3 NRU (Neutral red uptake)	X	
Toxicocinétique	Essai d'induction des cytochromes P450 (CYP) utilisant la lignée de cellules humaines cryopréservées HepaRG et des hépatocytes humains cryopréservés	X	
Irritation oculaire	Modèle de tissu humain reconstitué (test d'irritation oculaire EpiOcular	X	
Perturbation endocrinienne	Essai MELN de transactivation du récepteur des oestrogènes (protocole agoniste et antagoniste)	X	
Corrosion cutanée	Méthode d'essai sur épiderme humain reconstitué		X
Irritation cutanée	Méthode d'essai sur épiderme humain reconstitué		X
Irritation oculaire	Méthode d'essai de diffusion de la fluorescine		X

Pour les filtres UV, les tests d'évaluation du FPS sont également réalisés sur des parties de peau de personnes sélectionnées en fonction de leurs phototypes de peau. Ces aires corporelles sont soumises à des rayons ultra-violets. Elles sont soit dépourvues de produits de protection solaire, soit recouvertes du PPS à tester et enfin soit elles sont recouvertes du Produit de Protection Solaire PPS de référence pour évaluer le FPS. Il faut un minimum de 10 résultats valides pour définir un FPS. La région corporelle de prédilection pour ces tests est le dos [72].

Enfin, en ce qui concerne le rapport sur la sécurité du produit cosmétique, ce rapport doit se répartir en deux parties :

La partie A doit contenir les informations sur la sécurité du produit :

- la formule quantitative et qualitative du produit
- les caractéristiques physico-chimiques et données de stabilité du produit cosmétique
- la qualité microbiologique
- les impuretés, traces, et informations concernant le matériau d'emballage
- l'utilisation normale et raisonnablement prévisible
- l'exposition au produit cosmétique
- l'exposition aux substances
- le profil toxicologique des substances
- les effets indésirables et les effets indésirables graves
- les informations sur le produit cosmétique

La partie B doit contenir l'évaluation sur la sécurité du produit :

- les conclusions de l'évaluation
- les avertissements et instructions d'utilisation figurant sur l'étiquette
- le raisonnement
- les références de la personne chargée de l'évaluation et approbation de la partie B [70].

2. Les concentrations acceptables

En raison des différents effets néfastes, des concentrations maximales en filtres UV dans les préparations prêtes à l'emploi des produits de protection solaire ont été fixées. Par exemple, la concentration des cinnamates ou de la benzophénone 3 ne doit pas dépasser plus de 10 % dans les préparations prêtes à l'emploi [8,73]. Pour chaque filtre UV, ces concentrations maximales, autorisées dans la communauté européenne, sont présentées dans les tableaux n°1 et 2. De même, des recommandations concernant la forme galénique en fonction des produits utilisés ont été mises en place [7]. C'est le cas notamment du tris-biphenyl triazine qui en tant que nanomatériau, ne doit pas être utilisé dans les sprays [7].

Cependant, en plus que leur présence dans les produits de protection solaire, ces filtres sont retrouvés dans des produits cosmétiques comme les crèmes de jour, les crèmes anti-âge, les laques capillaires, les shampooings ; ainsi que d'autres produits industriels… [61]

3. Perspectives législatives

La législation est en perpétuelle évolution. De nouvelles normes sont donc à l'étude par l' Association Française de normalisation AFNOR (*tableau n°12*) [74]. Certaines concernent directement les PPS et d'autres indirectement, du fait de leur appartenance aux produits cosmétiques.

Tableau n°12 : Nouvelles normes à l'étude par AFNOR [74]

Référence	Titre	Motif de la filière d'origine	Publication
ISO 16217	Cosmétiques - Méthodes d'essai de protection solaire - Résistance à l'eau	Nouveau document	
ISO 24445	Cosmétiques - Méthodes dévaluation de la protection solaire - FPS in vitro basée sur la mesure de la transmittance	Nouveau document	
ISO TR 18811	Cosmétiques - Lignes directrices concernant l'évaluation de la stabilité de produits cosmétiques	Nouveau document	avril 2016
ISO 18818	Cosmetics - Analytical method - Detection and quantitative determination of Diethanolamine (DEA) by GC/MS	Nouveau document	janvier 2017
ISO 18883	Cosmetics - Sun protection test methods - Determination of percentage of water resistance	Nouveau document	
ISO 16128-2	Guidelines on technical definitions and criteria for natural and organic cosmetic ingredients and products - Part 2: Criteria for ingredients and products	Nouveau document	août 2016
TC 392 WI 00392023	Cosmetics - Analytical Methods - HPLC/UV method for the identification and assay of Hydroquinone, ethers of hydroquinone and corticosteroids in cosmetic products	Nouveau document	mars 2017
ISO TR 19838	Cosmétiques – Microbiologie – Lignes directrices pour l'application des normes ISO relatives à la Microbiologie des Cosmétiques	Nouveau document	
ISO 22718	Cosmétiques -- Microbiologie -- Détection de Staphylococcus aureus	Révision de document	décembre 2015
ISO 18416	Cosmétiques -- Microbiologie -- Détection de Candida albicans	Révision de document	décembre 2015
ISO 22717	Cosmétiques -- Microbiologie -- Recherche de Pseudomonas aeruginosa	Révision de document	décembre 2015
ISO 16217	Cosmétiques -- Méthodes d_essai de protection solaire -- Résistance à l_eau	Nouveau document	
ISO 29621	Cosmétiques -- Microbiologie -- Lignes directrices pour l_appréciation du risque et l_identification de produits à faible risque microbiologique	Révision de document	décembre 2017
ISO 21150	Cosmétiques -- Microbiologie -- Détection d_Escherichia coli	Révision de document	décembre 2015

Ainsi, les industriels doivent se conformer aux nouvelles réglementations. Cependant, le développement des produits cosmétiques et en l'occurrence des PPS, est long. Parfois, l'élaboration de ces PPS est à peine finalisée qu'une nouvelle norme paraît et oblige les industriels à revoir leur formulation pour y répondre. Les dossiers étant souvent lourds et complexes à constituer, ceci entraîne une difficulté supplémentaire dans l'élaboration de nouveaux PPS.

C. Perspectives et alternatives possibles

1. Reformulation des produits de protection solaire

Les laboratoires doivent trouver des solutions pour éviter d'utiliser les filtres UV potentiellement toxiques et qui sont évalués ou retirés en fonction des évolutions de la législation européenne.

Des reformulations des PPS sont donc régulièrement effectuées. Parmi ces reformulations, le Mexoplex a été proposé en remplacement de l'octocrylène et l'avobenzone par le laboratoire LA ROCHE-POSAY [75]. Ce complexe regroupant quatre molécules :

- Drometrizole trisiloxane : Mexoryl XL,
- terephthalylidene dicamphor sulfonic acid : Mexoryl SX,
- bis-ethylhexyloxyphenol methoxyphenyl triazine : Tinosorb S ,
- Eldew : huile,

est sensé avoir une meilleure protection contre les UVA et réduire la survenue d'allergies citées précédemment dans la partie III.A.3.

De même, de nouveaux filtres UV inorganiques sont actuellement à l'étude. Dans le cadre de la préparation de sa thèse de Docteur en Sciences des matériaux [76], Laurianne TRUFFAULT a en effet étudié le dioxyde de cérium et l'oxyde de fer (III) en phase α. Cette thèse a permis de prouver l'efficacité de ces filtres UV inorganiques sous forme de nanoparticules pulvérulentes concernant notamment les UVA dans une émulsion. La cérine (dioxyde de cérium) a montré une très bonne efficacité de filtration en association à d'autres filtres UV existant, tandis que l'hématite (oxyde de fer (III) en phase α) a montré son efficacité seule.

2. Autres modes de protection de l'homme contre les UV

a. Protection Naturelle : le bronzage

Le bronzage constitue un moyen de protection naturelle contre les UV.

En effet, la peau est un organe complexe qui a deux fonctions principales : la communication de l'organisme avec le milieu environnemental et la protection de l'organisme des agressions extérieures dont les rayonnements UV [77].

La peau est constitué histologiquement de trois couches :

- l'épiderme
- le derme
- l'hypoderme

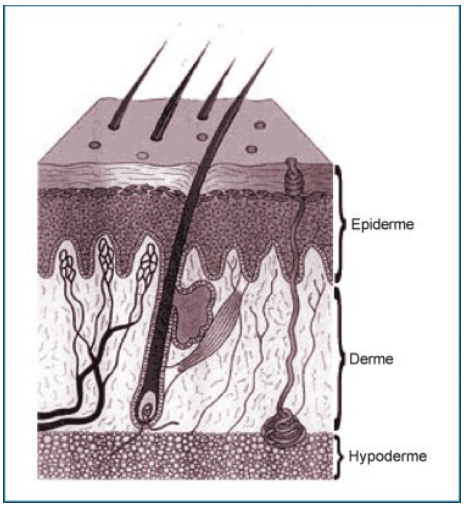


Figure n°22 : <u>illustration des couches de la peau</u> [78]

La photoprotection de la peau est réalisée par les mélanocytes [79]. Les mélanocytes constituent la deuxième grande population des cellules de l'épiderme. Ils synthétisent des pigments, les mélanines, qui participent à la coloration de la peau. Les eumélanines sont les plus importantes car elles ont un rôle photoprotecteur [79]. Différents taux de eumélanines sont observés selon les types de peau [79] (Paragraphe F page 26).

Le bronzage [79] résulte, après une exposition aux rayonnements UV, de l'augmentation de la synthèse des eumélanines par les mélanocytes. Les eumélanines étant photoprotectrices, il en découle une photoprotection facultative et partielle contre les rayonnements UV. C'est un mécanisme de défense réactionnelle à l'irradiation des UV.

b. Protection physique

La protection physique constitue un moyen important de prévenir l'action des UV avant le réflexe des PPS.

Ce type de protection consiste à :

- Eviter l'exposition solaire :

  Rester à l'abri constitue en effet un des moyens les plus sûrs pour éviter de s'exposer au soleil notamment aux heures où les UV sont les plus importants. La tranche horaire correspondante en hexagone est de 12h à 16h. Tandis qu'aux Antilles, elle est de 10h à 14h [80]

  Concernant ce point cependant il est également important de penser à la réverbération possible des rayons UV notamment sur les plages, en mer et en montagne avec la neige.

- Se couvrir :

  Pour cela, plusieurs moyens de protection physique peuvent être employés :

Les vêtements

Il faut couvrir au maximum le corps pour éviter le contact de la peau avec les UV. Ainsi, il faut porter des vêtements couvrants les membres. Il existe des vêtements avec des matières contenant des filtres UV comme le tinosorb [10]. Pour une protection maximale, il faut également utiliser le pouvoir filtrant préexistant de certaines matières. Plusieurs caractéristiques existent pour définir ce pouvoir filtrant dont la méthode de fabrication du tissu, l'épaisseur, le type de fibres, le blanchissage, l'hydratation, l'élasticité, la couleur, le traitement chimique et la distance peau-tissu [11]. Ainsi, on peut répertorier en deux catégories les facteurs qui influencent la protection anti-UV des vêtements [10] :

- Les facteurs qui augmentent la protection [10] :
  - les fibres tissées très serrées
  - les tissus épais
  - le denim, la laine et les matières synthétiques comme le polyester
  - matières sèches
  - matières qui rétrécissent après lavage
  - tissus traités avec un absorbant à large spectre comme le Tinosorb
  - tissus foncés
  - tissus non délavés

- Les facteurs qui offrent un faible niveau de protection [10] :
  - les fibres tissés très lâches
  - les tissus minces
  - coton, lin, acetate, soie artificielle
  - textiles qui s'étirent (matière stretch)

- matériaux mouillés
- les tissus clairs
- les tissus blanchis

On peut donc choisir les vêtements couvrants en fonction de ces catégories.

Le chapeau et les lunettes de soleil

Un chapeau large couvrant la nuque, le nez, le visage et des lunettes de soleil englobantes peuvent être employés pour compléter l'action couvrante des vêtements [11]. Concernant les lunettes de soleil, les lunettes de soleil catégorie 3 doivent être utilisées de façon générale. Pour la montagne et la mer, des lunettes de catégorie 4 sont recommandées [80].

Les vitres teintées

On peut également utiliser des vitres et pares-brises teintés de manière très foncée [11] pour absorber les UV lors de la conduite automobile. Dans ces conditions, les films des vitres peuvent contenir des métaux comme le zinc, le chrome ou le nickel pour bloquer les UV [11]. Ce type de protection devrait être obligatoire pour les personnes dont le travail nécessite l'utilisation quotidienne de véhicule. Ces personnes sont en effet très exposées aux rayonnements UV et peuvent se retrouver, en fin de carrière, avec le côté gauche du corps présentant un vieillissement cutané avancé par rapport à l'autre côté. Ce type de phénomène, appelé héliodermie unilatérale, est présenté sur la photo ci-dessous dans le cas d'un conducteur de camion de livraison de 69 ans qui a travaillé pendant 28 ans [81].

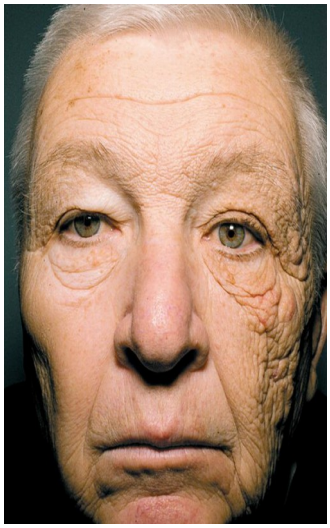


Figure N°23 : ***Patient souffrant de héliodermie unilatéral suite à une exposition prolongée de 28 ans*** [81]

Ces types de protection physique, en plus de l'utilisation de filtres UV, doivent tout particulièrement être employés pour les enfants et les adolescents. En effet, les bébés ne doivent jamais être exposés au soleil [80]. La peau des bébés n'est pas encore mature et est donc plus sensible aux rayonnements UV. De plus de la naissance à la puberté, les cellules ne possèdent pas encore les mécanismes de réparation des dommages créer par des coups de soleil répétitifs[80, 82].

Pour les adultes comme pour les enfants, ces recommandations sont relayés par divers organismes dont le gouvernement, la ligue contre le cancer, l'institut national de prévention et d'éducation pour la santé INPES. Des affiches, ou des guides sont transmis pour prévenir la population des dangers du soleil et des autres moyens que les PPS pour se protéger du soleil.

De plus, depuis 2012, il existe une semaine de la protection solaire organisée par la ligue contre le cancer au mois de juin avant les vacances d'été. Des activités, et des manifestations sont organisées en partenariat avec des magasins comme Décathlon, des marques de textiles anti-UV comme Tribord ou la société nationale de sauvetage en mer pour sensibiliser aux dangers des filtres UV [80].

Le gouvernement participe également à ce sujet de santé publique en diffusant des affiches de

prévention comme la *figure n°24* [83].

Enfin, le pharmacien est également solliciter dans sa mission de prévention de la santé. Ainsi, le CESPHARM, en accord avec le conseil de l'ordre des pharmaciens, propose aux pharmaciens des affiches concernant la prévention des dangers du soleil [82]. Le pharmacien doit rappeler qu'avant toute utilisation de PPS par les personnes, des gestes simples de prévention des rayonnements UV peuvent être employés. Aussi le pharmacien doit rappeler que les PPS ne permettent pas une exposition prolongée et massive au soleil.

POUR VOUS PROTÉGER, TOUS CES GESTES SONT ESSENTIELS

Cet ensemble de précautions constitue une protection efficace contre les risques solaires.

RECHERCHEZ L'OMBRE et ÉVITEZ LE SOLEIL entre 12h et 16h

C'est à ces heures que les rayons ultraviolets (UV) émis par le soleil sont les plus intenses en France métropolitaine. Pour toutes vos activités de plein air, recherchez les endroits ombragés. Et n'oubliez pas qu'à la plage, le parasol est utile mais il ne vous protège pas totalement à cause de la réverbération des rayons du soleil sur le sable.

PROTÉGEZ-VOUS en portant T-shirt, lunettes et chapeau

- Les vêtements (secs), même légers, filtrent les rayons UV et constituent la meilleure protection contre le soleil.
- Les lunettes de soleil sont indispensables. Privilégiez une forme enveloppante et assurez-vous qu'elles portent la norme CE (de préférence CE3 ou CE4) pour une réelle protection.
- Un chapeau protège les yeux et le visage. Préférez un chapeau à larges bords qui couvre également le cou.

APPLIQUEZ régulièrement de la crème solaire

- La crème solaire doit être appliquée en couche suffisante sur toutes les parties du corps non couvertes par des vêtements. Privilégiez les indices de protection élevés (indice 30 minimum, voire 50 pour des conditions extrêmes), actifs à la fois vis-à-vis des UVB et des UVA.
- Renouvelez l'application toutes les 2 heures et, bien sûr, après chaque baignade.
- Attention ! Ce n'est pas parce que l'on applique de la crème solaire que l'on peut s'exposer plus longtemps. Le seul écran total est le vêtement.

PROTÉGEZ encore plus VOS ENFANTS

- Les bébés ne doivent jamais être exposés au soleil.
- Enfants et adolescents doivent particulièrement se protéger.

En effet, jusqu'à la puberté, la peau et les yeux sont fragiles et plus sensibles aux rayons UV. Les coups de soleil et les expositions répétées jusqu'à la puberté sont une cause majeure du développement de cancers de la peau (mélanomes) à l'âge adulte.
Le cristallin, qui est transparent pendant l'enfance et l'adolescence, ne peut pas jouer son rôle de barrière naturelle contre les UV.

Ne vous exposez pas aux ultraviolets artificiels en cabine de bronzage.

Figure n°24 : <u>Affiche de prévention des effets du rayonnement UV par l'Institut Nationale de prévention et d'éducation pour la santé INPES et le ministère de la Santé</u> [83]

c. Protection par prévention interne

Des radicaux libres sont générés dans la peau sous l'effet des radiations UV. Contre cela, il existe un système de défenses par des antioxydants naturels présents au sein de la peau. La supplémentation orale par des antioxydants tels que des vitamines et des minéraux, a donc été proposée pour amplifier la réponse de l'organisme au stress oxydatif causé par les UV [84]. Dans ces conditions, les molécules utilisées sont le β-carotène, l'acide ascorbique, la vitamine E, le zinc et le sélénium [84].

Depuis quelques années cependant, quelques doutes sont apparus quant aux effets bénéfiques de ces compléments alimentaires. En effet, une étude française SU.VI.MAX (supplémentation en vitamines et minéraux antioxydants) a été entreprise pour évaluer la survenue de cancers et de maladies ischémiques cardiovasculaires pendant une période de 7,5 ans à partir de 1994 [85].

Lors de ce travail, une partie de l'étude randomisée en double aveugle (placebo versus contrôle) [84] a été menée pour évaluer les potentiels effets bénéfiques des compléments alimentaires pour la prévention des risques de cancers cutanés liés à l'exposition solaire. Au cours de cette étude, le traitement contenait le β-carotène, l'acide ascorbique, la vitamine E, le zinc et le sélénium à des doses fréquemment retrouvées en Europe dans les compléments alimentaires. Dans ces conditions, aucun effet bénéfique avec les compléments alimentaires de prévention solaire n'a été observé. La supplémentation en antioxydants pourrait augmenter au contraire le risque de cancer cutanée, notamment chez la femme [85].

De même, selon d'autres études, l'arrêt de la supplémentation en vitamines et minéraux au bout de 5 ans, diminuerait le risque de survenue de cancers cutanées associé à cette supplémentation [86]. Aussi, la consommation au long cours d'antioxydants pourrait augmenter la mortalité [87].

Enfin, un autre travail plus récent publié en 2009 et mené avec les mêmes concentrations de vitamines que dans l'étude SU.VI.MAX sur une durée d'environ 6 ans, n'a pas montré d'association entre le risque de mélanomes et la supplémentation en antioxydants, ni de différence entre les hommes et les femmes dans la survenue d'effets nocifs [88]. Cette étude, basée sur un recueil de questionnaires sur la prise d'antioxydants pendant les dix dernières années, ne peut toutefois infirmer les résultats de SU.VI.MAX [61].

Par conséquent, au vu des données de la littérature, la recommandation du guide de prévention solaire de la ligue contre le cancer est : qu'il faut éviter la prise de compléments alimentaires et privilégier une alimentation diversifiée riche en vitamines et minéraux [80].

La ligue contre le cancer, préconise en effet, pour prévenir le risque de survenue de cancers cutanés, en complément de la protection physique d'avoir une alimentation diversifiée. Celle – ci pourra amener les vitamines et minéraux essentiels au bon fonctionnement des systèmes de défense de la peau au stress oxydatif des rayonnements UV [80].

Ainsi, il faut consommer des poissons gras, du beurre, du fromage, des jaunes d'œufs pour augmenter ses apports en vitamine A. Il faut également consommer des fruits et légumes pour l'apport en vitamine C (de plus, les légumes verts stimulent la synthèse de mélanine). Quant au β-carotène, on le retrouve en grande quantité dans les carottes, les pêches, les abricots et les tomates. Enfin pour l'apport en vitamines E, la consommation des huiles végétales et des céréales pourra être conseillée [80].

Conclusion

Actuellement les données de la littérature et des études élaborées ne nous permettent pas d'avoir une position franche face aux impacts des filtres UV sur l'environnement et sur l'Homme. On peut en revanche, affirmer la présence à l'état de traces des filtres UV d'une part dans l'environnement et d'autre part chez l'Homme.

La pollution de l'environnement par les filtres UV est bien installée qu'elle soit par voie directe (par simple acte de baignade) ou par voie indirecte *via* les rejets des stations d'épuration. Les filtres UV sont donc retrouvés dans les eaux de baignades, les eaux de déchets industriels, les nappes phréatiques et les eaux usées des stations d'épuration. De ce fait, les organismes vivants se retrouvant exposés à ces eaux voient leur métabolisme modifié à plus ou moins long terme. Aussi, les animaux aquatiques (tels que les poissons, les moules) et les animaux terrestres (comme les insectes) peuvent se retrouver imprégnés par les filtres UV.

En plus de son exposition par la voie d'absorption cutanée lors de l'application des produits de soin et d'hygiène corporelle, l'Homme se retrouve également imprégné par les filtres UV suite à la consommation d'eaux polluées ou la consommation d'animaux contaminés. Cette imprégnation pourrait avoir selon certaines études des impacts alarmants pour l'Homme de par l'effet perturbateur endocrinien des filtres UV, sans oublier les intolérances locales et l'effet potentiellement nocif des filtres UV sous forme de nanoparticules.

Au regard, de ces informations, il semble donc important de ne pas négliger les méthodes alternatives de protection des rayonnements UV aux produits de protection solaire. Ainsi, ces derniers devraient être utilisés avec parcimonie. Ils doivent être recommandés dans des cas particuliers comme les phototypes de peau très sensibles aux rayonnements UV ou les métiers à risque. La balance bénéfice-risque devrait donc toujours s'imposer lors de l'utilisation des filtres UV.

Bibliographie

1. Recommandations (CE) no 647/2006 commission du 22 septembre 2006 (http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2006:265:0039:0043:EN:PDF)
2. Disponible sur :

   https://resistanceauthentique.wordpress.com/2014/07/10/les-rayons-ultraviolets-sont-plus-dangereux-quavant/
3. Disponible sur :

   http://www.eyes-and-sun.com/fr/tout-sur-la-protection/pourquoi-proteger-mes-yeux-a-lexterieur/
4. ANSM - Protection solaire - Rapport de synthèse - Janvier 2006 (http://ansm.sante.fr/var/ansm_site/storage/original/application/87901c558f6e84c37cd1e321fd958331.pdf)
5. OMS - Effets du rayonnement UV sur la santé - 2014 (http://www.who.int/uv/health/fr/)
6. ANSM - Recommandations de bon usage des produits de protection solaire à l'attention des utilisateurs - Juillet 2011 (http://ansm.sante.fr/var/ansm_site/storage/original/application/7dff1bdc58ff373048961896c9c72db5.pdf)
7. Rectificatif au règlement (UE) n o 866/2014 de la Commission du 8 août 2014 modif iant les annexes III, V et VI du règlement (CE) n o 1223/2009 du Parlement européen et du Conseil relatif aux produits cosmétiques (http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=OJ:JOL_2014_254_R_0005&from=FR)
8. Règlement (CE) no 1223/2009 du Parlement européen et du Conseil du 30 novembre 2009 relatif aux produits cosmétiques (http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009R1223&from=EN)
9. ANSM - Etat des connaissances relatif aux nanoparticules de dioxyde de titane et d'oxyde de zinc dans les produits cosmétiques en termes de pénétration cutanée, de

génotoxicité et de cancérogenèse - 15 mars 2011 (http://ansm.sante.fr/var/ansm_site/storage/original/application/af86f9684f0e2810a7cf1d5b0cefb0d5.pdf)

10. LAUTENSCHLAGER S., WULF HC., PITTELKOW MR. (2007) « Photoprotection » T*he Lancet*, **370**(9586): 528-37.

11. KULLAVANIJAYA P., LIM HW. (2005) « Photoprotection » *J Am Acad Dermatol*, **52**(6): 937-58.

12. SAMBANDAN DR., RATNER D. (2011) « Sunscreens: An overview and update » *J Am Acad Dermatol,* **64**(4): 748-58.

13. THEILER M., SURBER C., WEIBEL L. (2013) « La peau de l'enfant doit être protégée – recommandations pratiques » *Paediatrica,* **24**(2): 18-20.

14. DGCCRRF - Produits de Protection Solaire - Juin 2014 (http://www.economie.gouv.fr/files/files/directions_services/dgccrf/documentation/fiches_pratiques/2014/produit_protection_solaire.pdf)

15. ANSM - Recommandations concernant les conditions dÍetiquetage des produits de protection solaire - Janvier 2006 (http://ansm.sante.fr/var/ansm_site/storage/original/application/2ba7aa8695ddd341e83f2fd34bd2a527.pdf)

16. GIOKAS DL., SALVADOR A., CHISVERT A. (2007) « UV filters: From sunscreens to human body and the environment » *TrAC Trends Anal Chem*, **26**(5): 360-74.

17. TSUI MMP., LEUNG HW., WAI T-C., YAMASHITA N., TANIYASU S., LIU W., *et al.* (2014) « Occurrence, distribution and ecological risk assessment of multiple classes of UV filters in surface waters from different countries » *Water Res,* **67**: 55-65.

18. LANGFORD K.H., THOMAS K.V. (2008) « Inputs of chemicals from recreational activities into the Norwegian coastal zone » *J Env Monit,***10**(7): 894-8.

19. TASHIRO Y., KAMEDA Y. (2013) « Concentration of organic sun-blocking agents in seawater of beaches and coral reefs of Okinawa Island, Japan » *Mar Pollut Bull,* **77**(1–2): 333-40.

20. GIOKAS DL., SAKKAS VA., ALBANIS TA., LAMPROPOULOU DA. (2005)

« Determination of UV-filter residues in bathing waters by liquid chromatography UV-diode array and gas chromatography–mass spectrometry after micelle mediated extraction-solvent back extraction » *J Chromatogr A,* **1077**(1): 19-27.

21. TOVAR-SÁNCHEZ A., SÁNCHEZ-QUILES D., BASTERRETXEA G., BENEDÉ J.L., CHISVERT A.. (2013) « Sunscreen products as emerging Pollutants to coastal waters » *PLoS ONE,* **8**(6): 1-8.

22. RODIL R., QUINTANA J.B., LÓPEZ-MAHÍA P., MUNIATEGUI-LORENZO S., PRADA-RODRÍGUEZ D. (2008) « Multiclass determination of sunscreen chemicals in water samples by liquid chromatography-tandem mass spectrometry » *Anal Chem,* **80**(4): 1307-15.

23. TARAZONA I., CHISVERT A., LEÓN Z., SALVADOR A. (2010) « Determination of hydroxylated benzophenone UV filters in sea water samples by dispersive liquid–liquid microextraction followed by gas chromatography–mass spectrometry » *J ChromatogrA,* **1217**(29): 4771-8.

24. POIGER T., BUSER H-R., BALMER ME., BERGQVIST P-A., MÜLLER MD. (2004) « Occurrence of UV filter compounds from sunscreens in surface waters: regional mass balance in two Swiss lakes » *Chemosphere,* **55**(7): 951-63.

25. FENT K., ZENKER A., RAPP M. (2010) « Widespread occurrence of estrogenic UV-filters in aquatic ecosystems in Switzerland » *Environ Pollut,* **158**(5): 1817-24.

26. KAMEDA Y., KIMURA K., MIYAZAKI M. (2011) « Occurrence and profiles of organic sun-blocking agents in surface waters and sediments in Japanese rivers and lakes » *Environ Pollut,* **159**(6): 1570-6.

27. RODIL R., MOEDER M. (2008) « Development of a method for the determination of UV filters in water samples using stir bar sorptive extraction and thermal desorption–gas chromatography–mass spectrometry » *J Chromatogr A,* **1179**(2): 81-8.

28. ZWIENER C., RICHARDSON S.D., DE MARINI D.M., GRUMMT T., GLAUNER, T., FRIMMEL F.H. (2007) « Drowning in Disinfection Byproducts? Assessing Swimming Pool Water » *Environ Sci Technol,* **41**(2): 363-72.

29. LI W., MA Y., GUO C., HU W., LIU K., WANG Y., *et al*. (2007) « Occurrence and behavior of four of the most used sunscreen UV filters in a wastewater reclamation

plant » *Water Res,* **41**(15): 3506-12.

30. JEON H-K., CHUNG Y., RYU J-C. (2006) « Simultaneous determination of benzophenone-type UV filters in water and soil by gas chromatography–mass spectrometry » *J Chromatogr A,* **1131**(1–2): 192-202.

31. NEGREIRA N., CANOSA P., RODRÍGUEZ I., RAMIL M., RUBÍ E., CELA R. (2008) « Study of some UV filters stability in chlorinated water and identification of halogenated by-products by gas chromatography–mass spectrometry » *J Chromatogr A,* **1178**(1–2): 206-14.

32. KAISER D., SIERATOWICZ A., ZIELKE H., OETKEN M., HOLLERT H., OEHLMANN J. (2012) « Ecotoxicological effect characterisation of widely used organic UV filters » *Environ Pollut,* **163**: 84-90.

33. Disponible sur : http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/93/Potamopyrguis_antipodarum_A_MRKVICKA.JPG

34. Disponible sur : http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Melanoides_tuberculata.JPG&oldid=34322278

35. Disponible sur : http://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Danio_rerio&oldid=40812528

36. Disponible sur : http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Pimephales&oldid=634727243

37. WEISBROD CJ., KUNZ PY., ZENKER AK., FENT K. (2007) « Effects of the UV filter benzophenone-2 on reproduction in fish » *Toxicol Appl Pharmacol,* **225**(3): 255-66.

38. BACHELOT M., LI Z., MUNARON D., LE GALL P., CASELLAS C., FENET H., *et al.* (2012) « Organic UV filter concentrations in marine mussels from French coastal regions » *Sci Total Environ*. 15 ma, **420**: 273-9.

39. Disponible sur : http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/3a/Mytilus_edulis-Nl.jpg

40. LESSER MP. (2004) « Experimental biology of coral reef ecosystems » *J Exp Mar Biol Ecol*., **300**(1–2): 217-52.

41. OZÁEZ I., MARTÍNEZ-GUITARTE JL., MORCILLO G. (2013) « Effects of in vivo exposure to UV filters (4-MBC, OMC, BP-3, 4-HB, OC, OD-PABA) on endocrine signaling genes in the insect Chironomus riparius » *Sci Total Environ,* **456–457**: 120-6.

42. Disponible sur : http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/0f/Chironomidae_fg02_20060623_Nied_SelzerbrunnenZoom.jpg

43. JEON H-K., SARMA SN., KIM Y-J., RYU J-C. (2008) « Toxicokinetics and metabolisms of benzophenone-type UV filters in rats » *Toxicology* , **248**(2–3): 89-95.

44. SCHLECHT C., KLAMMER H., FRAUENDORF H., WUTTKE W., JARRY H. (2008) « Pharmacokinetics and metabolism of benzophenone 2 in the rat » *Toxicology,* **245**(1–2): 11-7.

45. RHODES MC., BUCHER JR., PECKHAM JC., KISSLING GE., HEJTMANCIK MR., CHHABRA RS. (2007) « Carcinogenesis studies of benzophenone in rats and mice » *Food Chem Toxicol,* **45**(5): 843-51.

46. ZHANG T., SUN H., QIN X., WU Q., ZHANG Y., MA J, *et al.* (2013) « Benzophenone-type UV filters in urine and blood from children, adults, and pregnant women in China: partitioning between blood and urine as well as maternal and fetal cord blood » *Sci Total Environ,* **461-462**: 49-55.

47. TARAZONA I., CHISVERT A., SALVADOR A. (2013) « Determination of benzophenone-3 and its main metabolites in human serum by dispersive liquid–liquid microextraction followed by liquid chromatography tandem mass spectrometry » *Talanta,* **116**: 388-95.

48. LEÓN Z., CHISVERT A., TARAZONA I., SALVADOR A. (2010) « Solid-phase extraction liquid chromatography–tandem mass spectrometry analytical method for the determination of 2-hydroxy-4-methoxybenzophenone and its metabolites in both human urine and semen » *Anal Bioanal Chem,* **398**(2): 831-43.

49. YE X., BISHOP AM., NEEDHAM LL., CALAFAT AM. (2008) « Automated on-line column-switching HPLC-MS/MS method with peak focusing for measuring parabens,

triclosan, and other environmental phenols in human milk » *Anal Chim Acta,* **622**(1–2): 150-6.

50. VELA-SORIA F., JIMÉNEZ-DÍAZ I., RODRÍGUEZ-GÓMEZ R., ZAFRA-GÓMEZ A., BALLESTEROS O., NAVALÓN A., *et al.* (2011) « Determination of benzophenones in human placental tissue samples by liquid chromatography–tandem mass spectrometry » *Talanta,* **85**(4): 1848-55.

51. YE X., KUKLENYIK Z., NEEDHAM LL., CALAFAT AM. (2005) « Automated on-line column-switching HPLC-MS/MS method with peak focusing for the determination of nine environmental phenols in urine » *Anal Chem,* **77**(16): 5407-13.

52. YE X., KUKLENYIK Z., NEEDHAM LL., CALAFAT AM. (2005) « Quantification of urinary conjugates of bisphenol A, 2,5-dichlorophenol, and 2-hydroxy-4-methoxybenzophenone in humans by online solid phase extraction-high performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry » *Anal Bioanal Chem,* **383**(4): 638-44.

53. VIDAL L., CHISVERT A., CANALS A., SALVADOR A. (2007) « Sensitive determination of free benzophenone-3 in human urine samples based on an ionic liquid as extractant phase in single-drop microextraction prior to liquid chromatography analysis » *J Chromatogr A,* **1174**(1–2): 95-103.

54. KAWAGUCHI M., ITO R., HONDA H., ENDO N., OKANOUCHI N., SAITO K., *et al.* (2008) « Measurement of Benzophenones in Human Urine Samples by Stir Bar Sorptive Extraction and Thermal Desorption-Gas Chromatography-Mass Spectrometry » *Anal Sci,* **24**(11): 1509-12.

55. KAWAGUCHI M., ITO R., HONDA H., KOGANEI Y., OKANOUCHI N., SAITO K., *et al.* (2009) « Miniaturized hollow fiber assisted liquid-phase microextraction and gas chromatography–mass spectrometry for determination of benzophenone and derivates in human urine sample » *J Chromatogr B,* **877**(3): 298-302.

56. ITO R., KAWAGUCHI M., KOGANEI Y., HONDA H., OKANOUCHI N., SAKUI N., *et al.* (2009) « Development of Miniaturized Hollow-fiber Assisted Liquid-phase Microextraction with *in situ* Acyl Derivatization Followed by GC-MS for the Determination of Benzophenones in Human Urine Samples » *Anal Sci,* **25**(8): 1033-7.

57. LEÓN Z., CHISVERT A., BALAGUER Á., SALVADOR A. (2010) « Development of a fully automated sequential injection solid-phase extraction procedure coupled to liquid chromatography to determine free 2-hydroxy-4-methoxybenzophenone and 2-hydroxy-4-methoxybenzophenone-5-sulphonic acid in human urine » *Anal Chim Acta*, **664**(2): 178-84.

58. KUNISUE T., WU Q., TANABE S., ALDOUS KM., KANNAN K. (2010) « Analysis of five benzophenone-type UV filters in human urine by liquid chromatography-tandem mass spectrometry » *Anal Methods*, **2**(6): 707-13.

59. YE X., TAO LJ., NEEDHAM LL., CALAFAT AM. (2008) « Automated on-line column-switching HPLC–MS/MS method for measuring environmental phenols and parabens in serum » *Talanta*, **76**(4): 865-71.

60. JANJUA NR., KONGSHOJ B., ANDERSSON A-M., WULF HC. (2008) « Sunscreens in human plasma and urine after repeated whole-body topical application » *J Eur Acad Dermatol Venereol JEADV*, **22**(4): 456-61.

61. BEANI J-C. (2012) « Produits de protection solaire : efficacité et risques ». *Ann Dermatol Vénéréologie*, **139**(4): 261-72.

62. WONG T., ORTON D. (2011) « Sunscreen allergy and its investigation » *Clin Dermatol,* **29**(3): 306-10.

63. AGUSTÍ-MEJIAS A., MESSEGUER F., DE LA CUADRA J., MARTORELL-ARAGONÉS A. (2014) « Contact Allergy to Octocrylene in Children: A Report of 2 Cases » *Actas Dermo-Sifiliográficas Engl Ed*, **105**(1): 92-3.

64. ANSES - Perturbateurs endocriniens - Présentation et travaux - Mai 2014 (https://www.anses.fr/fr/content/perturbateurs-endocriniens-1)

65. CANCER ET ENVIRONNEMENT - Perturbateurs endocriniens et risques de cancer - 12 décembre 2014 (http://www.cancer-environnement.fr/274-Perturbateurs-endocriniens.ce.aspx)

66. KUNISUE T., ZHEN CHEN., GERMAINE M., BUCK L., RAJESHWARI S., MARY L., HEDIGER, *et al.* (2012) « Urinary Concentrations of Benzophenone-type UV Filters in US Women and Their Association with Endometriosis » *Env Sci Technol,* **46**(8): 4624-32.

67. SUZUKI T., KITAMURA S., KHOTA R., SUGIHARA K., FUJIMOTO N., OHTA S. (2005) « Estrogenic and antiandrogenic activities of 17 benzophenone derivatives used as UV stabilizers and sunscreens » *Toxicol Appl Pharmacol,* **203**(1): 9-17.

68. SCHLUMPF M., COTTON B., CONSCIENCE M., HALLER V., STEINMANN B., LICHTENSTEIGER W. (2001) « In vitro and in vivo estrogenicity of UV screens » *Environ Health Perspect*, **109**(3): 239-44.

69. CANCER ET ENVIRONNEMENT - Substance cancérogène par le CIRC

(http://www.cancer-environnement.fr/213-Classification-du-CIRC.ce.aspx#Le_classement_des_agents_examin_s_par_le_CIRC)

70. ANSM - Réglementation des Produits cosmétiques 2014 (http://ansm.sante.fr/Activites/Surveillance-du-marche-des-produits-cosmetiques/Reglementation/%28offset%29/3)

71. COMMISSION EUROPÉENNE - Communication de la commission au parlement européen et au conseil concernant l'interdiction de l'expérimentation animale et l'interdiction de mise sur le marché dans le secteur des cosmétiques et faisant le point sur les méthodes de substitution à l'expérimentation animale - 2013 (http://ec.europa.eu/consumers/sectors/cosmetics/files/pdf/animal_testing/com_at_2013_fr.pdf)

72. COMMISSION EUROPÉENNE - Standardisation mandate assigned to cen concerning methods for testing efficacy of sunscreen products - 2006 (http://ec.europa.eu/growth/sectors/cosmetics/products/sunscreen/docs/standardisation_mandate_en.pdf)

73. CHISVERT A., PASCUAL-MARTÍ MC., SALVADOR A. (2001) « Determination of the UV filters worldwide authorised in sunscreens by high-performance liquid chromatography: Use of cyclodextrins as mobile phase modifier » *J Chromatogr A,* **921**(2): 207-15.

74. AFNOR - Structures de normalisation

(http://www.afnor.org/metiers/normalisation/cos/sante-et-action-sociale/commissions/%28limit%29/25/%28page%29/2)

75. VISIONWIND - Anthelios Sunscreen La Roche-posay with Mexoplex, Mexoryl SX, Mexoryl XL and Tinosorb S - Visionwind –

(http://www.visionwind.com/blog/anthelios-sunscreen-la-roche-posay-mexoplex-mexoryl-sx-mexoryl-xl-tinosorb-s/)

76. TRUFFAULT L. (2010) « Synthèse et caractérisation de nanoparticules à base d'oxydes de cérium et de fer pour la filtration des UV dans les produits solaires » Thèse d'Université, Orléans.

77. DRÉNO B. (2009) « Anatomie et physiologie de la peau et de ses annexes » *Ann Dermatol Vénéréologie,* **136**, Supplement **6**: S247-51.

78. KHAYATI M. (2009) « Vieillissement cutané : physiologie, clinique, prévention et traitements » *NPG Neurol - Psychiatr – Gériatrie,* **9**(50): 65-71.

79. (2005) « Structure de la peau » *Ann Dermatol Vénéréologie,* **132**(11, Part 2): 7-32.

80. LIGUE CONTRE LE CANCER - Guide ludique pour la prévention solaire - 2012

(http://www.ligue-cancer.net/article/download/12459)

81. GORDON JRS., BRIEVA JC. (2012) « Unilateral Dermatoheliosis » *N Engl J Med,* **366**(16): e25.

82. CESPHARM - Prévention des risques solaires : Les conseils du pharmacien - fiche mémo (http://www.cespharm.fr/fr/Prevention-sante/Catalogue/Prevention-des-risques-solaires-Les-conseils-du-pharmacien-fiche-memo)

83. INPES - Risques solaires - Ce qu'il faut savoir pour que le soleil reste un plaisir - Dépliant (http://www.sante.gouv.fr/IMG/pdf/risques_solaires_-_ce_qu_il_faut_savoir_pour_que_le_soleil_reste_un_plaisir_campagne_inpes_.pdf)

84. HERCBERG S., EZZEDINE K., GUINOT C., PREZIOSI P., GALAN P., BERTRAIS S., *et al.* (2007) « Antioxidant Supplementation Increases the Risk of Skin Cancers in Women but Not in Men » *J Nutr,* **137**(9): 2098-105.

85. HERCBERG S., GALAN P., PREZIOSI P., BERTRAIS S., MENNEN L., MALVY D., *et al.* (2004) « The SU.VI.MAX Study: a randomized, placebo-controlled trial of the health effects of antioxidant vitamins and minerals » *Arch Intern Med,* **164**(21): 2335-42.

86. EZZEDINE K., LATREILLE J., KESSE-GUYOT E., GALAN P., HERCBERG S., GUINOT C., *et al.* (2010) « Incidence of skin cancers during 5-year follow-up after stopping antioxidant vitamins and mineral supplementation » *Eur J Cancer,* **46**(18): 3316-22.

87. BJELAKOVIC G., NIKOLOVA D., GLUUD LL., SIMONETTI RG., GLUUD C. (2007) « Mortality in randomized trials of antioxidant supplements for primary and secondary prevention: systematic review and meta-analysis » *JAMA,* **297**(8): 842-57.

88. ASGARI MM., MARUTI SS., KUSHI LH., WHITE E. (2009) « Antioxidant Supplementation and Risk of Incident Melanomas: Results from a Large Prospective Cohort Study » *Arch Dermatol.* ,**145**(8): 879-82.

89. FARRE M. LA, PEREZ S., KANTIANI L., BARCELO D. (2008) « Fate and toxicity of emerging pollutants, their metabolites and transformation products in the aquatic environment » *TrAC Trends Anal. Chem*., Advanced MS Analysis of Metabolites and Degradation Products – II, **27**: 991–1007.

90. DELLAGRECA M., FIORENTINO A., IESCE M.R., ISIDORI M., NARDELLI A., PREVITERA L., TEMUSSI F. (2003) « Identification of phototransformation products of prednisone by sunlight: toxicity of the drug and its derivatives on aquatic organisms » *Environ. Toxicol. Chem. SETAC,* **22**: 534–539.

91. XIAO M., WEI D., YIN J., WEI G., DU Y. (2013) « Transformation mechanism of benzophenone-4 in free chlorine promoted chlorination disinfection » *Water Res.,* **47**: 6223–6233.

92. NAKAJIMA M., KAWAKAMI T., NIINO T., TAKAHASHI Y., ONODERA S. (2009) « Aquatic Fate of Sunscreen Agents Octyl-4-methoxycinnamate and Octyl-4-dimethylaminobenzoate in Model Swimming Pools and the Mutagenic Assays of Their filters in the presence of aqueous chlorine: kinetics and chloroform formation » *Water Res.,* **47**: 579–587.

94. BALMER M.E., BUSER H.-R., MÜLLER M.D., POIGER T. (2005) « Occurrence of some organic UV filteChlorination Byproducts » *J. Health Sci.,* **55**: 363–372.

93. DUIRK S.E., BRIDENSTINE D.R., LESLIE D.C. (2013) « Reaction of benzophenone UV rs in wastewater, in surface waters, and in fish from Swiss Lakes » *Environ. Sci.*

Technol., **39**: 953–962.

95. BALMER, M.E., BUSER, H.-R., MULLER, M.D., POIGER, T., (2004) « Occurence of the organic UV filter compounds BP-3, 4MBC, EHMC and OC in wastewater, surface water and in fish from swiss lake » *Agroscope.*

96. LAMBROPOULOU, D.A., GIOKAS, D.L., SAKKAS, V.A., ALBANIS, T.A., KARAYANNIS, M.I., (2002) « Gas chromatographic determination of 2-hydroxy-4-methoxybenzophenone and octyldimethyl-p aminobenzoic acid sunscreen agents in swimming pool and bathing waters by solid-phase microextraction » *J. Chromatogr. A,* **967**: 243–253.

97. CUDERMAN, P., HEATH, E., (2007) « Determination of UV filters and antimicrobial agents in environmental water samples » *Anal. Bioanal. Chem,* **387**: 1343–1350.

98. Disponible sur :

    http://www.ctfa.org.nz

99. ABDALLAH P. (2014) « Chloration de produits de soins corporels dans l'eau en présence d'ions bromure et d'azote ammoniacal » Thèse d'Université, Poitiers

Liste des Tableaux

1. ***Récapitulatif des filtres UV organiques*** [7-8,10-12]
2. ***Récapitulatif des filtres UV inorganiques*** [7-8,10-12]
3. ***Synthèse des FPS pouvant être retrouvées sur les produits solaires*** [1]
4. ***Catégories de sujet en fonction de leur sensibilité au soleil*** [6]
5. ***Différents types d'exposition*** [6]
6. ***Protections solaires conseillées suivant l'exposition et le phototype de peau*** [6]
7. ***Concentration de trois filtres UV (BP3, 4MBC et EHMC retrouvées dans les eaux de mer, piscines, lacs et rivières*** [extrait Thèse de Pamela Abdallah, 2014]
8. ***Taux de EHMC en fonction de l'espèce et du site de prélèvements réalisés à partir tableau*** [25]
9. ***Récapitulatif des méthodes analytiques pour la détermination de benzophénones dans des échantillons humains*** [50]
10. ***Classification des agents chimiques par le CIRC*** [69]
11. ***Exemples de méthodes alternatives validées ou acceptées*** [71]
12. ***Nouvelles normes à l'étude par AFNOR*** [74]

Liste des Figures

1. ***Pénétration des rayonnements UV*** [2]
2. ***Spectre des radiations électromagnétiques*** [3]
3. ***Effets du rayonnement UV sur la santé*** [5]
4. ***Mode d'action des filtres UV organiques*** [1]
5. ***Allure des spectres d'absorption de filtres UV*** [98]
6. ***Mode d'action des filtres UV inorganiques*** [1]
7. ***Pourcentage d'UVB filtrés en fonction de l'indice de Protection*** [13]
8. ***Illustration d'un PPS avec les mentions à y inscrire*** [1, 9, 14-15]
9. ***Voies majeures des filtres UV dans l'environnement Image reproduite et traduite à partir de la figure 1 de l'article de Dimosthenis L.Giokas et al.*** [16]
10. ***Comparaison globale des concentrations des filtres UV (moyenne-maximale, ng/L) dans les eaux de mer de surfaces*** [17]
11. ***Ingrédients actifs de produits solaires retrouvés dans les piscines extérieures. Le diamètre des graphes représente la somme des concentrations de PBS (acide 2-phenyl-1H-benzimidazole-5-sulfonique), OMC (2- ethylhexyl-4-methoxycinnamate), MBC (4-methylbenzylidene camphor), BP3 (2- hydroxy-4-methoxybenzophenone), et OCR (2'-éthylhexyl-2-cyano-3,3-diphenyl-2- propenoate)*** [28]
12. ***Voies de dégradation proposées pour la BP3*** [31]
13. ***Représentation des espèces étudiées lors de l'étude de Kaiser*** [33-35]
14. ***Illustration de Pimephales promelas*** [36]
15. ***Illustration de Mytilus edulis*** [39]
16. ***Concentration de EHMC dans les moules en fonction du temps et des sites de prélèvements*** [38]
17. ***Concentration de OC dans les moules en fonction du temps et des sites de***

prélèvements [38]

18. ***Photo sous-marine de récifs coraliens en Indonésie recouverte de 100 % de Acropora sp (Photographié par M.Lesser)*** [40]
19. ***Photographie d'une espèce du genre Chironomidae*** [42]
20. ***Voies métaboliques des filtres UV type BP chez le rat. Il montre le processus métabolique des filtres UV type A et filtres UV type B. BP : benzophénone ; HBP : 4-hydroxybenzophenone ; BH : benhydrol ; HMB : 2-hydroxy-4-methoxybenzophenone ; DHB : 2,4-dihydroxybenzophenone ; DHMB : 2,2'-dihydroxy-4-methoxybenzophénone ; THB 2,3,4- trihydroxybenzophenone*** [43]
21. ***Graphes représentant l'évolution de HMB et ses dérivés dans le sérum humain après application de 20 ou 30g de crème solaire contenant 5 % de HMB dans la composition*** [47]
22. ***Illustration des couches de la peau [***78]
23. ***Patient souffrant de heliodermie unilatéral suite à une exposition prolongée de 28 ans*** [81]
24. ***Affiche de prévention des effets du rayonnement UV par l'Institut Nationale de prévention et d'éducation pour la santé INPES et le ministère de la Santé*** [83]

Liste des Abréviations

4MBC : 4 méthylbenzylidène camphre

AFNOR : Association Française de normalisation

AFSSAPS : Agence Française de Sécurité Sanitaire des Produits de Santé

AUS : Australie

BH : benhydrol

BP : Benzophénone

BPF : Bonnes Pratiques de Fabrication

CAS : Chemical Abstracts Service (numéro d'enregistrement dans la banque de donnée CAS)

CE : Communauté Européenne

CESPHARM : Comité d'Education Sanitaire et Sociale de la Pharmacie Française

CIRC : Centre International de recherche sur le cancer

DHB : 2,4-dihydroxybenzophenone

DHMB : 2,2'-dihydroxy-4-methoxybenzophénone

DIP : Dossier d'Information sur le Produit cosmétique

e.g. : exemple

EHMC : Ethylhexyl methoxycinnamate

EU : Etats-Unis

FPS : Facteur de protection solaire

GC-MS : gas chromatography – mass spectrometry

HMB : 2-hydroxy-4-methoxybenzophenone

HMS : Homosalate

HBP : 4-hydroxybenzophenone

i.e. : c'est-à-dire

INPES : Institut National de Prévention et d'Education pour la Santé

InVS : Institut de veille sanitaire

IP : Indice de Protection solaires

LC-MS/MS : liquid chromatography-tandem mass spectrometry

LC – UV : liquid chromatography – ultraviolet detection

LD : Low Determination (détermination faible)

LQ : Low Quantification (faible quantification)

OC : Octocrylène

OCR : 2'-ethylhexyl-2-cyano-3,3-diphenyl-2-propenoate

OD-PABA : acide octyl dimethyl p-aminobenzoïque

OH-BP : hydroxybenzophenone

OMC : 2-ethylhexyl-4-methoxycinnamate

PABA : acide para-amino-benzoïque

PBS : acide 2-phenyl-1H-benzimidazole-5-sulfonique

PE : Perturbateur endocrinien

PPS : Produits de protection solaire

SPE : Solid-phase extraction

SPF : Sun Protection Factor

SU.VI.MAX : Supplémentation en vitamines et minéraux antioxydants

THB : 2,3,4-trihydroxybenzophenone

UE : Union Européenne

UV : Ultra-violets

UVA : Ultra-violets A

UVB : Ultra-violets B

UVC : Ultra-violets C

Résumé et Mots-clés

L'exposition massive de la population aux rayonnements Ultra-violets dans un but esthétique entraîne une augmentation de l'incidence des cancers de la peau. Le recours à l'utilisation des filtres Ultra-violets est par conséquent plus important ces dernières décennies.

Cependant, en plus des effets bénéfiques recherchés, ces produits seraient susceptibles de s'accumuler dans l'organisme et pourraient générer des effets délétères pour la santé. De plus, récemment, des traces de filtres UV ont été retrouvées dans l'environnement (i.e. eaux et sols) et un taux d'imprégnation, parfois significatif, de la faune aquatique ou terrestre a pu être observé. De par leurs effets perturbateurs endocriniens, ces composés pourraient alors également avoir un impact sur l'environnement.

Ainsi, au vu de ces résultats, il semble important de bien peser le rapport bénéfice-risque lors de l'utilisation de ces composés. Si en effet, les effets du rayonnement solaire sont indiscutables, quelques doutes persistent quant aux bienfaits de l'emploi des filtres UV. Pour une protection des rayonnements solaires en toute sécurité, l'utilisation de moyens de protection alternatifs (notamment physiques) devrait donc le plus possible être privilégiée par rapport aux filtres UV, ces derniers devant être recommandés dans des cas particuliers comme les phototypes de peau très sensibles aux rayonnements UV ou les personnes exerçant des métiers à risque.

Mots-Clés : Filtres ultra-violets ; produits de protection solaire ; impacts sur la santé; environnement

Serment

En présence de mes maîtres et de mes condisciples, **je jure** :

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

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

- De ne jamais oublier ma responsabilité, mes devoirs envers le malade et sa dignité humaine, de respecter le secret professionnel.

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

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

Que je sois couvert d'opprobre et méprisé de mes confrères si je manque à mes engagements.