



**HAL**  
open science

# Dualité entre l'utilisation d'une protection solaire et la synthèse endogène de vitamine D

Pauline Dumortier

► **To cite this version:**

Pauline Dumortier. Dualité entre l'utilisation d'une protection solaire et la synthèse endogène de vitamine D. Sciences pharmaceutiques. 2022. dumas-03882089

**HAL Id: dumas-03882089**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03882089>**

Submitted on 2 Dec 2022

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

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



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

# THESE

PRESENTEE ET PUBLIQUEMENT SOUTENUE DEVANT LA  
FACULTE DE PHARMACIE DE MARSEILLE

LE VENDREDI 25 NOVEMBRE 2022

PAR

Madame DUMORTIER Pauline

Né(e) le 07/08/1997 à Marseille

EN VUE D'OBTENIR

LE DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN PHARMACIE

**TITRE :**  
DUALITE ENTRE L'UTILISATION D'UNE  
PROTECTION SOLAIRE ET LA SYNTHESE ENDOGENE  
DE VITAMINE D

**JURY :**

Président : NICOLAY Alain

Membres : ANDRIEU Véronique, TOYE Sophie



27 Boulevard Jean Moulin – 13385 MARSEILLE Cedex 05  
Tel. : 04 91 83 55 00 – Fax : 04 91 80 26 12

**ADMINISTRATION :**

<i>Doyen :</i>	Mme Françoise DIGNAT-GEORGE
<i>Vice-Doyens :</i>	M. Jean-Paul BORG, M. François DEVRED, M. Pascal RATHELOT
<i>Chargés de Mission :</i>	Mme Pascale BARBIER, Mme Alexandrine BERTAUD, M. David BERGELFRANC, Mme Manon CARRE, Mme Caroline DUCROS, M. Philippe GARRIGUE, M. Guillaume HACHE, M. Thierry TERME
<i>Conseiller du Doyen :</i>	M. Patrice VANELLE
<i>Doyens honoraires :</i>	M. Patrice VANELLE, M. Pierre TIMON-DAVID,
<i>Professeurs émérites :</i>	M. José SAMPOL, M. Athanassios ILIADIS, M. Philippe CHARPIOT, M. Riad ELIAS
<i>Professeurs honoraires :</i>	M. Guy BALANSARD, M. Yves BARRA, Mme Claudette BRIAND, M. Jacques CATALIN, Mme Andrée CREMIEUX, M. Gérard DUMENIL, M. Alain DURAND, Mme Danielle GARÇON, M. Maurice JALFRE, M. Joseph JOACHIM, M. Maurice LANZA, M. Patrick REGLI, M. Jean-Claude SARI
<i>Chef des Services Administratifs :</i>	Mme Chloé SIMON
<i>Chef de Cabinet :</i>	Mme Aurélie BELENGUER
<i>Responsable de la Scolarité :</i>	Mme Nathalie BESNARD

**DEPARTEMENT BIO-INGENIERIE PHARMACEUTIQUE**

Responsable : Professeur Philippe PICCERELLE

**PROFESSEURS**

BIOPHYSIQUE	M. Vincent PEYROT M. Hervé KOVACIC M. François DEVRED
GENIE GENETIQUE ET BIOINGENIERIE	M. Christophe DUBOIS
PHARMACIE GALENIQUE, PHARMACOTECHNIE INDUSTRIELLE, BIOPHARMACIE ET COSMETOLOGIE	M. Philippe PICCERELLE

### MAITRES DE CONFERENCES

BIOPHYSIQUE	Mme Odile RIMET-GASPARINI Mme Pascale BARBIER Mme Manon CARRE M. Gilles BREUZARD Mme Alessandra PAGANO
GENIE GENETIQUE ET BIOTECHNOLOGIE	M. Eric SEREE-PACHA Mme Véronique REY-BOURGAREL
PHARMACIE GALENIQUE, PHARMACOTECHNIE INDUSTRIELLE, BIOPHARMACIE ET COSMETOLOGIE	M. Pierre REBOUILLON M. Emmanuel CAUTURE Mme Véronique ANDRIEU Mme Marie-Pierre SAVELLI
BIO-INGENIERIE PHARMACEUTIQUE ET BIOTHERAPIES PHARMACO ECONOMIE, E-SANTE	M. Jérémy MAGALON Mme Carole SIANI Mme Muriel MASI

### ENSEIGNANT CDI

ANGLAIS	Mme Angélique GOODWIN
---------	-----------------------

### A.H.U.

PHARMACOTECHNIE	Mme Mélanie VELIER
-----------------	--------------------

### DEPARTEMENT BIOLOGIE PHARMACEUTIQUE

Responsable : Professeur Françoise DIGNAT-GEORGE

### PROFESSEURS

BIOLOGIE CELLULAIRE	M. Jean-Paul BORG
HEMATOLOGIE ET IMMUNOLOGIE	Mme Françoise DIGNAT-GEORGE Mme Laurence CAMOIN-JAU Mme Florence SABATIER-MALATERRE Mme Nathalie BARDIN M. Romaric LACROIX
MICROBIOLOGIE	M. Jean-Marc ROLAIN M. Philippe COLSON
PARASITOLOGIE ET MYCOLOGIE MEDICALE, HYGIENE ET ZOOLOGIE	Mme Nadine AZAS-KREDER

### MAITRES DE CONFERENCES

BIOCHIMIE FONDAMENTALE, MOLECULAIRE ET CLINIQUE	M. Edouard LAMY Mme Alexandrine BERTAUD Mme Claire CERINI Mme Edwige TELLIER M. Stéphane POITEVIN Mme Sandra GHAYAD
HEMATOLOGIE ET IMMUNOLOGIE	Mme Aurélie LEROYER Mme Sylvie COINTE
MICROBIOLOGIE	Mme Anne DAVIN-REGLI Mme Véronique ROUX M. Fadi BITTAR Mme Isabelle PAGNIER Mme Sophie EDOUARD M. Seydina Mouhamadou DIENE
PARASITOLOGIE ET MYCOLOGIE MEDICALE, HYGIENE ET ZOOLOGIE	Mme Carole DI GIORGIO M. Aurélien DUMETRE Mme Magali CASANOVA Mme Anita COHEN
BIOLOGIE CELLULAIRE BIOLOGIE CELLULAIRE ET MOLECULAIRE	Mme Anne-Catherine LOUHMEAU Mme Alexandra WALTON

### A.H.U.

HEMATOLOGIE ET IMMUNOLOGIE	Mme Amandine BONIFAY
----------------------------	----------------------

### MAITRES DE CONFERENCE ASSOCIES A TEMPS PARTIEL (M.A.S.T.)

PRATIQUE OFFICINALE	Mme Emmanuelle TONNEAU-PFUG
---------------------	-----------------------------

### DEPARTEMENT CHIMIE PHARMACEUTIQUE

Responsable : Professeur Patrice VANELLE

### PROFESSEURS

CHIMIE ANALYTIQUE, QUALITOLOGIE ET NUTRITION	Mme Catherine BADENS
CHIMIE PHYSIQUE – PREVENTION DES RISQUES ET NUISANCES TECHNOLOGIQUES	M. David BERGE-LEFRANC
CHIMIE THERAPEUTIQUE - CHIMIE MINERALE ET STRUCTURALE	M. Pascal RATHELOT M. Maxime CROZET
CHIMIE ORGANIQUE PHARMACEUTIQUE	M. Patrice VANELLE M. Thierry TERME

#### MAITRES DE CONFERENCES

BOTANIQUE ET CRYPTOLOGIE, BIOLOGIE CELLULAIRE	Mme Anne FAVEL M. Quentin ALBERT
CHIMIE ANALYTIQUE, QUALITOLOGIE ET NUTRITION	Mme Catherine DEFOORT M. Alain NICOLAY Mme Estelle WOLFF Mme Elise LOMBARD Mme Camille DESGROUAS M. Charles DESMARCHELIER M. Mathieu CERINO
CHIMIE PHYSIQUE - PREVENTION DES RISQUES ET NUISANCES TECHNOLOGIQUES	M. Duje BURIC M. Pascal PRINDERRE
CHIMIE THERAPEUTIQUE - CHIMIE MINERALE ET STRUCTURALE	Mme Sandrine ALIBERT Mme Caroline DUCROS M. Marc MONTANA Mme Manon ROCHE Mme Fanny MATHIAS
CHIMIE ORGANIQUE PHARMACEUTIQUE HYDROLOGIE	M. Armand GELLIS M. Christophe CURTI Mme Julie BROGGI M. Nicolas PRIMAS M. Cédric SPITZ M. Sébastien REDON
PHARMACOGNOSIE, ETHNOPHARMACOLOGIE	Mme Valérie MAHIOU-LEDDET Mme Sok Siya BUN Mme Béatrice BAGHDIKIAN M. Elnur GARAYEV

#### MAITRES DE CONFERENCE ASSOCIES A TEMPS PARTIEL (M.A.S.T.)

CHIMIE ANALYTIQUE, QUALITOLOGIE ET NUTRITION CHIMIE PHYSIQUE - PREVENTION DES RISQUES ET NUISANCES TECHNOLOGIQUES	M. Cyril PUJOL
DROIT ET ETHIQUE	Mme Laurie PAHUS
GESTION PHARMACEUTIQUE, PHARMACOECONOMIE ET ETHIQUE PHARMACEUTIQUE OFFICINALE, DROIT ET COMMUNICATION PHARMACEUTIQUES A L'OFFICINE ET GESTION DE LA PHARMAFAC	Mme Félicia FERRERA
DISPOSITIFS MEDICAUX	Mme Valerie MINETTI-GUIDONI

**DEPARTEMENT MEDICAMENT ET SECURITE SANITAIRE**

Responsable : Professeur Benjamin GUILLET

**PROFESSEURS**

PHARMACIE CLINIQUE	M. Stéphane HONORÉ
PHARMACODYNAMIE	M. Benjamin GUILLET
TOXICOLOGIE ET PHARMACOCINETIQUE	M. Bruno LACARELLE M. Joseph CICCOLINI
TOXICOLOGIE GENERALE	Mme Caroline SOLAS-CHESNEAU

**MAITRES DE CONFERENCES**

PHARMACIE CLINIQUE	M. Florian CORREARD Mme Marie-Anne ESTEVE
PHARMACODYNAMIE	M. Guillaume HACHE Mme Ahlem BOUHLEL M. Philippe GARRIGUE
PHYSIOLOGIE	Mme Sylviane LORTET
TOXICOLOGIE ET PHARMACOCINETIQUE	Mme Raphaëlle FANCIULLINO Mme Florence GATTACECCA Mme Anne RODALLEC M. Nicolas FABRESSE
TOXICOLOGIE GENERALE	M. Pierre-Henri VILLARD

**A.H.U.**

PHYSIOLOGIE / PHARMACOLOGIE	Mme Anaïs MOYON M. Vincent NAIL
-----------------------------	------------------------------------

## CHARGES D'ENSEIGNEMENT A LA FACULTE

Mme Valérie AMIRAT-COMBRALIER, Pharmacien-Praticien hospitalier

M. Pierre BERTAULT-PERES, Pharmacien-Praticien hospitalier

Mme Marie-Hélène BERTOCCHIO, Pharmacien-Praticien hospitalier

Mme Martine BUES-CHARBIT, Pharmacien-Praticien hospitalier

M. Nicolas COSTE, Pharmacien-Praticien hospitalier

Mme Sophie GENSOLLEN, Pharmacien-Praticien hospitalier

M. Sylvain GONNET, Pharmacien titulaire

Mme Florence LEANDRO, Pharmacien adjoint

M. Stéphane PICHON, Pharmacien titulaire

M. Patrick REGGIO, Pharmacien conseil, DRSM de l'Assurance Maladie

Mme Clémence TABELLE, Pharmacien-Praticien attaché

M. Badr Eddine TEHHANI, Pharmacien – Praticien hospitalier

M. Joël VELLOZZI, Expert-Comptable

Mise à jour le 13 décembre 2021



LE DOYEN  
**F. DIGNAT-GEORGE**

- 6 -

## Remerciements et avant-propos

Je tiens tout d'abord à remercier Madame Véronique Andrieu d'être ma directrice de thèse, et de m'avoir accompagné pour ce projet important. Je la remercie de m'avoir fait confiance et pour sa gentillesse, sa bienveillance et ses précieux conseils.

Ensuite, je tiens à remercier Monsieur Alain Nicolay d'avoir accepté d'être le président du jury de ma thèse.

Je remercie Madame Sophie Toye de faire partie de mon jury de thèse. J'ai réalisé tous mes stages officinaux dans sa pharmacie et c'est avec elle que j'ai découvert le monde de l'officine. Merci pour sa gentillesse et sa bienveillance, j'ai passé de très bons moments en sa compagnie.

J'en profite également pour remercier toute l'équipe du CIP chez NAOS, avec laquelle j'ai énormément appris. Mon sujet de thèse est inspiré de mon expérience là-bas, merci de m'avoir permis de faire mes recherches pendant cette alternance, d'avoir pu utiliser tous les outils à disposition et interroger les personnes nécessaires quand j'en avais besoin. Merci à l'équipe pour tous ces beaux moments passés ensemble.

Enfin, je tiens à remercier ma famille et mes amis, pour leur soutien permanent et d'avoir toujours cru en moi. Merci à Candice d'avoir été la meilleure collègue au cours de cette alternance, merci pour ces fou-rires, ces déjeuners au soleil et son écoute bienveillante. Merci à mes amies de pharmacie pour toutes ces années passées ensemble : Margaux, Émeline, Mélissa, Léa, Marie et Kamelya. Merci à mes amies hors pharmacie pour leur soutien et encouragements : Audrey, Laurie, Barbara, Prune et Gaëlle. Merci à toutes ces personnes de partager ma vie et de m'aider à évoluer chaque jour.



*« L'Université n'entend donner aucune approbation, ni improbation aux opinions émises dans les thèses. Ces opinions doivent être considérées comme propres à leurs auteurs. »*



## Table des matières

<i>Liste des figures</i> .....	15
<i>Table des abréviations</i> .....	17
<i>Introduction</i> .....	19
<i>Partie 1 : État des lieux des connaissances sur les rayonnements solaires et leurs impacts biologiques</i> .....	21
1.1. <i>Généralités sur les rayonnements solaires</i> .....	21
1.1.2. <i>Facteurs influençant les rayonnements solaires</i> .....	22
1.1.2.1. <i>Les conditions atmosphériques</i> .....	22
1.1.2.2. <i>Les paramètres géographiques et saisonniers</i> .....	23
1.2. <i>Impacts biologiques des rayons solaires sur la peau</i> .....	24
1.2.1. <i>Rappels histologiques de la peau</i> .....	24
1.2.2. <i>Interactions des rayons avec la peau</i> .....	27
1.2.3. <i>Effets délétères des rayons UV</i> .....	28
1.2.3.1. <i>Effets moléculaires des rayons UV</i> .....	28
1.2.3.2. <i>Effets à court terme des rayons UV sur la peau</i> .....	29
1.2.3.3. <i>Effets à longs termes des rayons UV sur la peau</i> .....	31
1.2.4. <i>Bénéfices des rayonnements solaires</i> .....	34
1.2.4.1. <i>La vitamine D</i> .....	35
1.2.4.1.1. <i>Rôles</i> .....	35
1.2.4.1.2. <i>Synthèse de la vitamine D</i> .....	36
1.2.4.2. <i>Autres bénéfices des rayonnements solaires</i> .....	37
<i>Partie 2 : Analyse du marché cosmétique solaire</i> .....	39
2.1. <i>Analyse du besoin du consommateur</i> .....	39
2.1.1. <i>Le contexte : une carence mondiale en vitamine D</i> .....	39
2.1.2. <i>Impact de la Covid-19 sur l'utilisation de vitamine D</i> .....	39
2.1.3. <i>Perception du consommateur à propos de la vitamine D et de la protection solaire</i> ..	40
2.2. <i>Analyse du marché cosmétique solaire</i> .....	45
2.2.1. <i>Expression des récepteurs de la vitamine D</i> .....	45
2.2.3. <i>Apport de vitamine D</i> .....	59
2.2.4. <i>Ingrédients riches en vitamine D</i> .....	65
2.2.5. <i>Filtration sélective des rayons solaires</i> .....	66
<i>Conclusions générales</i> .....	73

***Bibliographie/Référence* ..... 75**

## Liste des figures

Figure 1 : Distribution des domaines de longueurs d'onde du spectre solaire .....	21
Figure 2 : Coupe transversale de la peau .....	25
Figure 3 : Coupe transversale de l'épiderme.....	26
Figure 4 : Composition du spectre solaire et interaction avec la peau.....	27
Figure 5 : Règle ABCDE.....	34
Figure 6 : Métabolisme de la vitamine D .....	36
Figure 7 : Achats de compléments immunitaires par tranche d'âge - Janvier à mai 2020.....	40
Figure 8 : Achat et intention d'achat de vitamines et de minéraux - Juillet 2019.....	41
Figure 9 : Raisons de la prise de VMS - Mai 2020.....	42
Figure 10 : Raisons de l'absence de protection solaire au cours des 12 derniers mois, par tranche d'âge .....	43
Figure 11 : Raisons d'utiliser une protection solaire au cours des 12 derniers mois, par âge - Septembre 2020 .....	44
Figure 12 : HELIOCARE 360° - MD AK Fluid SPF 100 (24,35€/50ml) .....	46
Figure 13 : AVENE - SunsiStick KA SPF 50 (14,59€/20g).....	47
Figure 14 : FROÏKA - Écran Solaire Premium SPF 30 (29,39€/50ml) .....	48
Figure 15 : DERMEDEN - DD cream (35,90€/50ml).....	49
Figure 16 : IN'OYA - Mon fluide solaire (15,90€/50ml).....	50
Figure 17 : FREZYDERM - Sun Screen Vitamine D like (23,50€/50ml).....	52
Figure 18 : NEW LAYER - Pro vitamin D high performance sunscreen (29,95€/200ml) .....	53
Figure 19 : OSKIA - SPF 30 Vitamin Face Cream (53€/55ml).....	55
Figure 20 : INALIA - Vitamin – Rich Face Sunscreen (12€/150ml).....	56
Figure 21 : SENSILIS - Sun secret fluid (27€/50ml) .....	57
Figure 22 : STRIVECTIN - Full Screen™ Broad Spectrum SPF 30 (34,50€/45ml).....	58
Figure 23 : TRILIPIDERM - All-body moisture retention crème (34,60€/237ml) .....	60
Figure 24 : AKT THERAPY - D-Luxe daily bronzer SPF 30 (25,70€/30g) .....	61
Figure 25 : WAX HEAD - Zinc oxide vitamin D enhanced (25,70€/118ml).....	62
Figure 26 : KABANA - Green Screen® D Organic Sunscreen SPF 35 (33,60€/237ml).....	63
Figure 27 : OCEAN POTION - Protect & Nourish SPF 50 (7€/177ml).....	64

Figure 28 : MARA - Sérum solaire au chou marin (96€/30ml).....	65
Figure 29 : COLLISTAR - Lait Spray Bronzant Hydratant SPF 30 (34,10€/200ml) .....	66
Figure 30 : SOLAR D SUNSCREEN - Everyday active (9,70€/100ml).....	67
Figure 31 : Mécanisme d'action de la technologie de Solar D.....	68
Figure 32 : SUMMER READY - Vitamin D Promoting Sunscreen SPF30 (22€/118ml) .....	69
Figure 33 : Pourcentage d'exposition aux UVB.....	70
Figure 34 : Estimation de la quantité de vitamine D produite .....	71

## **Table des abréviations**

ADN : Acide Désoxyribonucléique

CMR : Cancérogène, Mutagène et toxique pour la Reproduction

MEC : Matrice Extracellulaire

IR : Infra Rouge

MED : Minimal Erythema Dose

RNP : Référence Nutritionnelle pour la Population

SPF : Sun Protector Factor

UI : Unité Internationale

UV : Ultra-Violet

UVA : Ultra-Violet A

UVB : Ultra-Violet B

UVC : Ultra-Violet C

VIS : Visible

VMS : Vitamins, Minerals and Supplements



## **Introduction**

Nous connaissons aujourd'hui l'importance de se protéger des effets néfastes du soleil avec des protecteurs solaires adaptés à notre type de peau. Cependant, et la dernière crise sanitaire l'a mis en évidence, le soleil a des effets bénéfiques indispensables pour notre santé et notre bien-être.

C'est dans ce contexte que j'ai décidé de réaliser ma thèse sur la dualité entre l'utilisation d'une protection solaire et la synthèse endogène de vitamine D.

Après un état des lieux des connaissances scientifiques, la problématique de cette thèse est d'identifier comment le marché cosmétique s'est adapté d'un point de vue ingrédient et communication à cette nouvelle demande ?

Cette thèse est composée de deux chapitres :

- Un premier chapitre d'état des lieux des connaissances scientifiques

Nous nous intéresserons aux différents rayonnements solaires et leurs impacts biologiques, à la physiologie de la peau, aux effets délétères du soleil sur la peau et enfin à ses bénéfices notamment la synthèse endogène de vitamine D.

- Un deuxième chapitre axé marketing avec une étude de marché comprenant une analyse du contexte mondial, des données consommateurs, des produits du marché ainsi que de la communication de différentes marques.



## Partie 1 : État des lieux des connaissances sur les rayonnements solaires et leurs impacts biologiques

### 1.1. Généralités sur les rayonnements solaires

#### 1.1.1. Les différents types de rayonnements solaires

Les rayonnements solaires représentent des photons émis en grandes quantités par le soleil et atteignant la Terre à une vitesse de 300 000 km/s. Chaque rayon possède une longueur d'onde qui lui est propre, constituant ainsi le spectre solaire. Les rayons de longueurs d'ondes très courtes tels que les rayons X et  $\gamma$  sont les plus dangereux et sont arrêtés par les couches supérieures de l'atmosphère. Par opposition, les rayons de longueurs d'ondes très longues notamment les ondes radio et les micro-ondes sont très faibles à la surface de la Terre. <sup>1</sup>

Comme le montre la figure 1, le spectre solaire se décompose de la manière suivante <sup>2</sup>:

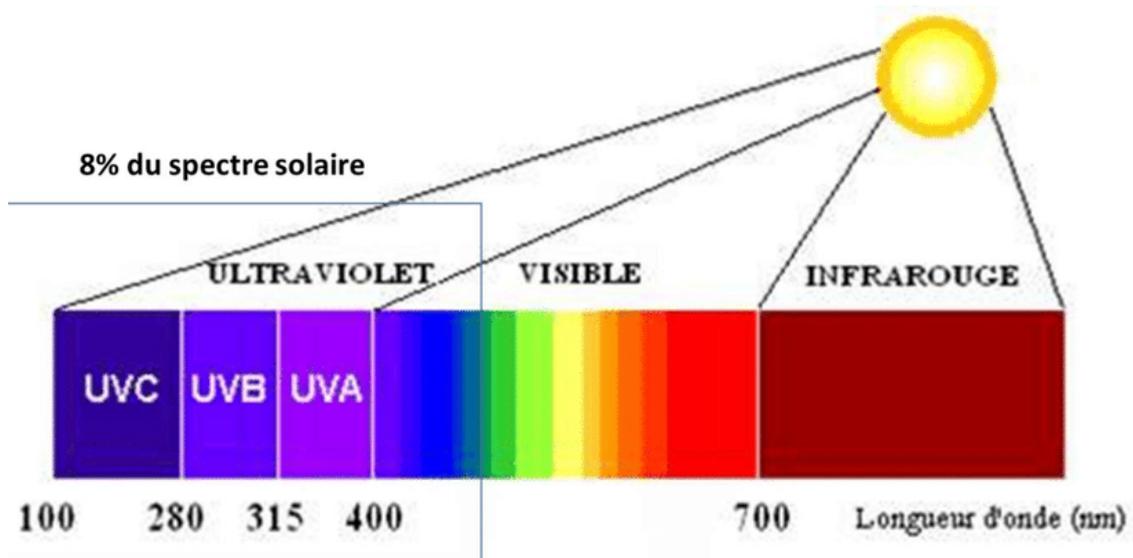


Figure 1 : Distribution des domaines de longueurs d'onde du spectre solaire

- Les rayons ultraviolets (UV), eux-mêmes divisés en :
  - Rayons UVC (200 à 280 nm)
  - Rayons UVB (280 à 320 nm)
  - Rayons UVA (320 à 400 nm) incluant rayons UVA courts ou UVA-II (320 à 340 nm) et les rayons UVA longs ou UVA-I (340 à 400 nm).

- La lumière visible (VIS), c'est-à-dire perceptible par l'œil humain. Elle comprend différentes couleurs :
  - Violet (380 à 440 nm),
  - Bleu (440 à 495 nm),
  - Vert (495 à 570 nm),
  - Jaune (570 à 590 nm),
  - Orange (590 à 620 nm),
  - Rouge (620 à 780 nm).
  
- Les rayons infra rouges (IR), qui comprennent :
  - Rayons IRA (780 à 1500 nm),
  - Rayons IRB (1.5 à 3  $\mu\text{m}$ ),
  - Rayons IRC (3 à 10  $\mu\text{m}$ ),
  - Rayons IR lointains (FIR) (10  $\mu\text{m}$  à 1 mm).

### 1.1.2. Facteurs influençant les rayonnements solaires

Plusieurs facteurs influencent l'intensité du rayonnement solaire <sup>2,3,4,5</sup> :

#### 1.1.2.1. Les conditions atmosphériques

Les molécules composant l'atmosphère interagissent avec les rayonnements solaires. En effet, environ un tiers des rayonnements sont filtrés par l'atmosphère, ce qui explique pourquoi certaines ondes ne pénètrent pas la peau.

#### Les nuages

Ils peuvent augmenter ou diminuer l'intensité des rayonnements au sol à travers les phénomènes de réflexion, réfraction (déviation du rayon), diffusion et absorption. Les nuages de forte densité ne laissent passer qu'un tiers des rayons contre deux tiers pour les nuages de faible densité. Une partie des rayons infra-rouges est également absorbée par les nuages situés dans la basse atmosphère.

### La couche d'ozone

Elle permet de protéger la surface de la Terre en arrêtant les rayons les plus dangereux ainsi que les UVC et les UVB courts. De ce fait, plus la couche d'ozone s'amincit, plus les rayonnements deviennent dangereux pour l'Homme.

### La pollution

Elle comprend les émissions industrielles, le CO<sub>2</sub>, la fumée et la poussière qui peuvent s'accumuler dans les différentes couches de l'atmosphère, influencer sur la filtration des UV et atténuer la lumière visible.

## 1.1.2.2. Les paramètres géographiques et saisonniers

### L'altitude

Elle correspond à l'élévation d'un lieu par rapport au niveau de la mer. Lorsqu'elle augmente, la couche atmosphérique s'amincit et absorbe donc moins de rayons UV. En général, une augmentation de 300 mètres d'altitude accroît d'environ 4 % l'intensité du rayonnement UV.

### La latitude

Elle correspond à la distance angulaire entre un point de la Terre et l'équateur. L'absorption des UV par l'atmosphère est moindre lorsque le rayonnement devient plus vertical puisque le trajet du rayonnement est court. L'intensité des rayonnements UV diminue avec l'éloignement de l'équateur.

### La saison

Elle est liée à l'inclinaison de l'axe de rotation de la Terre. Dans les régions tempérées, le nombre maximal d'heures d'ensoleillement et donc l'intensité des UV est considérable en juillet, juin et août.

### Le moment de la journée

La quantité d'UV est la plus élevée lorsque le soleil est à son zénith (= midi solaire) ainsi que les deux heures qui précèdent et qui suivent. A cet instant, les rayons du soleil touchent directement la Terre tandis qu'au début de la matinée ou en fin d'après-midi, l'angle de

traversée de l'atmosphère est plus grand, ce qui augmente l'absorption du rayonnement UV avant qu'il n'atteigne la Terre.

### Effet Albedo

C'est le rapport entre la lumière solaire réfléchi par un objet et la lumière qu'il reçoit. Le rayonnement UV est réfléchi ou diffusé à des degrés divers selon les surfaces : la neige fraîche peut réfléchir jusqu'à 80 % du rayonnement UV et peut presque doubler l'exposition aux UV, le sable réfléchit environ 25% et l'herbe environ 2 à 3 %. Plus la surface réfléchit, plus l'intensité des UV est élevée.

Les facteurs mentionnés ci-dessus expliquent pourquoi certaines ondes n'atteignent pas la surface de la Terre et pourquoi elles agissent à des intensités différentes sur la Terre et les humains. Certains rayonnements ont notamment un impact sur la peau, provoquant des effets considérables selon leur niveau de pénétration. <sup>6,7</sup>

## 1.2. Impacts biologiques des rayons solaires sur la peau

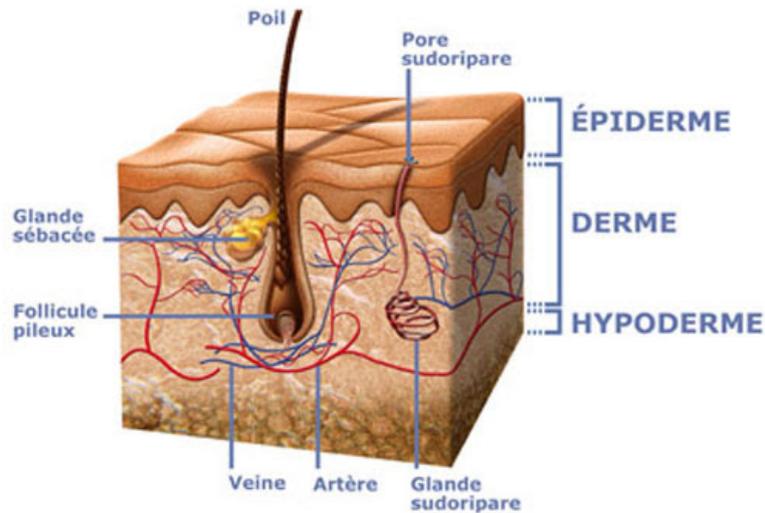
### 1.2.1. Rappels histologiques de la peau

La peau est l'organe du corps le plus grand et le plus lourd puisqu'il représente près de 2m<sup>2</sup> de surface corporelle et peut peser de 4 à 10 kg chez l'adulte moyen. Plusieurs fonctions lui sont attribuées notamment le rôle de protecteur vis-à-vis de l'environnement extérieur (chocs, microbes, pollution, ultraviolets...), de régulation thermique et de synthèse de différentes molécules (hormones et vitamine D). La peau possède également des annexes comme les phanères (ongles et poils) ainsi que les glandes exocrines qui vont également participer à toutes ces fonctions.

La peau est donc un organe complexe divisé en 4 régions superposées allant de la superficie vers la profondeur :

- L'épiderme
- La jonction dermo-épidermique
- Le derme
- L'hypoderme

La figure 2 représente une coupe transversale de la peau et met en évidence ses différentes couches :



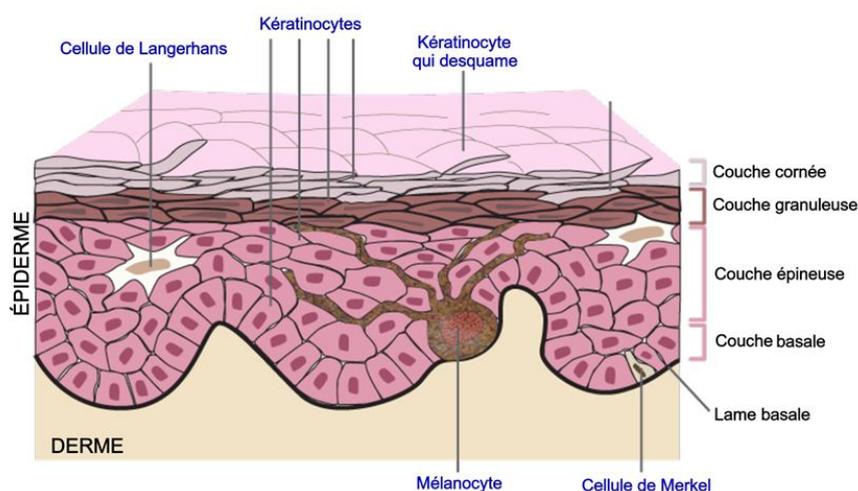
*Figure 2 : Coupe transversale de la peau*

L'épiderme est un épithélium de revêtement, il est stratifié, pavimenteux, kératinisé et non vascularisé. C'est un organe en perpétuel renouvellement, à raison de cycle de 20 jours. Il est composé de 4 types cellulaires :

- Les kératinocytes, représentent 80% des cellules de l'épiderme et se répartissent en 4 couches. Ils prolifèrent dans la couche basale puis se différencient à travers les couches épineuse et granuleuse. A la fin de leur maturation, ils deviennent des cornéocytes dans la couche cornée qui finiront par se détacher de l'épithélium, entraînant le processus de desquamation.
- Les mélanocytes, constituent 10% de l'épiderme et sont situés dans la couche basale de l'épiderme. Ils sont directement au contact des kératinocytes grâce à leurs ramifications. Ils sont à l'origine de la synthèse des mélanines (phéomélanines et eumélanines) dans les mélanosomes qui seront par la suite transférés aux kératinocytes. La mélanine possède une double fonction : elle a un rôle de pigment, responsable de la couleur de la peau, et un rôle photoprotecteur.
- Les cellules de Langerhans, représentent 3 à 8% des cellules de l'épiderme et sont des cellules dendritiques. Elles font partie du système immunitaire et capturent les corps étrangers (bactéries, virus, allergènes...) afin de stimuler le système de défense immunologique de l'organisme.

- Les cellules de Merkel sont des cellules neuro-épithéliales qui ont une fonction de mécanorécepteur. Elles sont réparties de manière irrégulière dans l'épiderme et sont particulièrement abondantes au niveau des lèvres, de la pulpe des doigts, des paumes et du dos des pieds.

La figure 3 représente une coupe transversale de l'épiderme et met en évidence ses différentes couches :



*Figure 3 : Coupe transversale de l'épiderme*

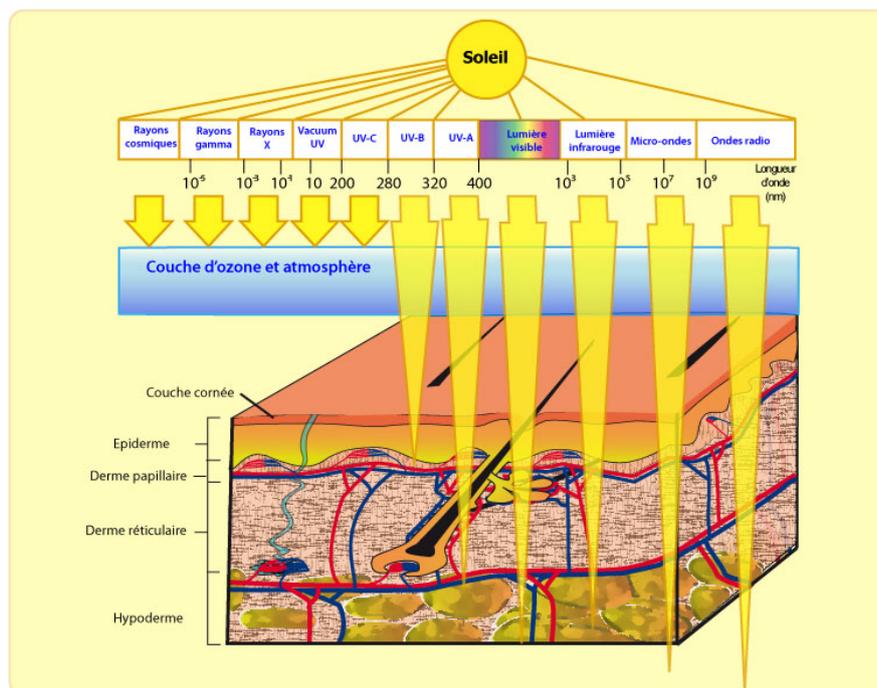
Le derme est en général 4 fois plus épais que l'épiderme et constitué à 80% d'eau. C'est un tissu conjonctif vascularisé et innervé. Les fibroblastes sont les cellules spécialisées du derme, à l'origine de la synthèse des fibres de collagène et d'élastine qui lui confèrent à la fois solidité, souplesse et élasticité. C'est également dans le derme que se trouvent les annexes de la peau (les follicules pileux, les glandes sudoripares fabriquant la sueur et les glandes sébacées produisant le sébum) ainsi que les vaisseaux sanguins qui apportent les nutriments et les cellules du système immunitaire (macrophages et lymphocytes).

L'hypoderme est la dernière couche de la peau, la plus profonde, directement au contact des muscles et des os qu'elle recouvre. Il s'agit d'un tissu de soutien déformable, souple, riche en adipocytes et en fibroblastes, jouant ainsi un rôle de réserve énergétique. En effet, ces adipocytes contiennent des triglycérides mobilisables sous forme d'énergie lors d'effort intense, prolongé ou de jeûne. Enfin il participe à la régulation thermique, il joue un rôle d'isolant passif en diminuant les échanges de température avec l'extérieur.<sup>8,9,10,11</sup>

### 1.2.2. Interactions des rayons avec la peau

L'activité biologique des rayonnements UV ainsi que leur pouvoir de pénétration diffèrent en fonction de leur longueur d'onde. En effet, plus la longueur d'onde d'un rayonnement est courte, plus il est nocif. Cependant, le pouvoir de pénétration cutanée est moindre lorsque le rayonnement UV est de courte longueur d'onde.

La figure 4 met en avant le passage des rayons à travers la couche d'ozone et l'atmosphère ainsi que le pouvoir de pénétration cutanée selon le type d'ondes :



*Figure 4 : Composition du spectre solaire et interaction avec la peau*

Les rayons UVC sont de courte longueur d'onde. Ainsi, ce sont les UV les plus nocifs mais ils n'atteignent pas la surface de la Terre, étant complètement filtrés par l'atmosphère.

Les rayons UVB sont de longueur d'onde moyenne. Ils ne vont pas au-delà de l'épiderme et sont filtrés par l'atmosphère pour la plupart. Ils ont une activité biologique importante : ils sont à l'origine du bronzage et des brûlures à court terme et favorisent le vieillissement et l'apparition de cancers cutanés.

Les rayons UVA, de longueur d'onde relativement longue, représentent environ 95 % du rayonnement UV atteignant la surface de la Terre. Ils peuvent pénétrer dans les couches les plus profondes de la peau et sont responsables du bronzage immédiat. De même, ils favorisent le vieillissement et l'apparition de rides. Des études récentes montrent qu'ils pourraient être également à l'origine de lésions durables notamment le développement de cancers cutanés.<sup>7,12</sup>

### 1.2.3. Effets délétères des rayons UV

#### 1.2.3.1. Effets moléculaires des rayons UV

Le rayonnement solaire a un impact biologique en agissant d'une part directement sur les constituants de la peau par le biais de chromophores absorbant l'UV. Les chromophores sont des groupements responsables de la couleur d'une molécule. D'autre part ces rayons induisent des réactions photochimiques par la génération de stress oxydatif.

Les rayonnements peuvent avoir une action directe sur les chromophores :

- Sur l'ADN ce qui altère sa structure et donc la fonction du génome.
- Sur les acides aminés ce qui va dénaturer les protéines par modification de leur structure et perte de leur fonction.
- Sur la kératine en altérant la structure du *stratum corneum* ce qui impacte la fonction barrière de l'épiderme.<sup>14,15,16</sup>

Les rayonnements sont également à l'origine du stress oxydatif de manière indirecte. Le stress oxydatif représente un déséquilibre entre un excès d'espèces réactives à l'oxygène (ROS) et le système de défense antioxydant. Cela entraîne une saturation en ROS qui oxydent alors un grand nombre de molécules biologiques et modifient leurs fonctions. Les UV (principalement les UVA) sont à l'origine de ces radicaux libres qui sont l'anion superoxyde, le peroxyde d'hydrogène, l'oxygène singulet, le radical hydroxyle et l'ion hydroxyle. Ces molécules très réactives provoquent des dommages sur l'ADN notamment le risque de mutation, de dénaturation des protéines, d'inactivation des enzymes et d'oxydation des lipides insaturés de la membrane.<sup>17,18</sup>

### 1.2.3.2. Effets à court terme des rayons UV sur la peau

#### 1.2.3.2.1. Érythème solaire

Appelé également coup de soleil ou érythème actinique, il s'agit d'une brûlure de la peau liée à une exposition aux UVB (à 90%) à fortes doses, et pouvant être aggravée par les UVA. Les UVB entraînent ainsi la mort des cellules de l'épiderme et la libération de médiateurs inflammatoires déclenchant le coup de soleil. <sup>2</sup>

Il comprend deux phases :

- Une phase immédiate : suite à une exposition, la réponse inflammatoire commence avec une vasodilatation des vaisseaux entraînant un érythème et la libération de médiateurs de l'inflammation à l'origine des rougeurs, des échauffements et de la douleur. L'inflammation disparaît en deux ou trois jours selon l'intensité de la brûlure et des phototypes cutanés.
- Une phase retardée : au niveau de l'épiderme, les kératinocytes se forment en apoptose : la peau commence à se dessécher et à desquamer 30 à 48h après l'exposition. <sup>19,20</sup>

Les rayons IR sont également responsables de la vasodilatation à l'origine d'érythèmes et de l'augmentation de la température cutanée. <sup>21</sup>

#### 1.2.3.2.2. Épaississement de l'épiderme

En réaction à l'exposition aux UVB, les kératinocytes basaux se divisent dès le 3<sup>ème</sup> jour. Le nombre de strates de la couche cornée augmente et contribue ainsi à un épaississement global de l'épiderme. En l'absence de nouvelles irradiations, un retour progressif à la normale en 5 semaines sera observé grâce au phénomène de desquamation. Quant aux UVA longs, étant peu absorbés par l'épiderme, ils n'induisent pas d'épaississement de l'épiderme. <sup>22</sup>

#### 1.2.3.2.3. Pigmentation immédiate

Dès l'arrêt de l'exposition au soleil, une légère coloration de la peau apparaît. Cette pigmentation immédiate est due aux UVA, responsables de la polymérisation des mélanines présentes dans les mélanocytes et les kératinocytes. Ce phénomène est éphémère et se traduit par « l'effet bonne mine » du soir après une journée passée au soleil. <sup>22</sup>

#### 1.2.3.2.4. Pigmentation retardée ou adaptative (bronzage)

La pigmentation retardée se déclenche pour des doses plus importantes d'UVA et d'UVB. Cette réaction de bronzage apparaît au 3<sup>e</sup> jour après l'exposition et dure pendant 3 à 4 semaines sans réexposition. Le bronzage sera de plus en plus intense et durera d'autant plus longtemps en cas d'expositions répétées. Les UVA stimulent directement la mélanogénèse par les mélanocytes tandis que les UVB la stimulent indirectement par les kératinocytes. L'intensité de la pigmentation dépendra des capacités génétiques de l'individu à produire la mélanine. <sup>22</sup>

#### 1.2.3.2.5. Action immunologique

De faibles doses d'UVB et d'UVA altèrent les défenses immunitaires de la peau. Ainsi, cette immunosuppression augmente la susceptibilité aux agents infectieux bactériens, fongiques ou viraux.

L'irradiation cutanée par les UVA/UVB modifie la réponse immunitaire à plusieurs niveaux :

- Les cellules de Langerhans : une diminution du nombre de cellules de Langerhans par apoptose et de leur capacité de présentation de l'antigène aux lymphocytes T.
- Les médiateurs : les UV induisent la sécrétion de différentes cytokines (interleukine 10, TNF- $\alpha$ , prostaglandines...) qui interviennent dans la photo-immunosuppression.
- L'acide urocanique : une isomérisation de l'acide trans-urocanique en acide cis-urocanique est observée après une exposition aux UV. L'acide cis-urocanique a une activité immunosuppressive et ce phénomène est réversible au bout de 3 semaines environ.

Cette immunosuppression UV induite permet d'expliquer certaines pathologies estivales comme l'herpès, le pityriasis versicolor ou encore l'impétigo. Enfin, la tolérance cutanée intervient également dans la promotion tumorale en favorisant le développement de tumeurs cutanées à long terme.<sup>22</sup>

### 1.2.3.3. Effets à longs termes des rayons UV sur la peau

#### 1.2.3.3.1. Taches pigmentaires

Les UV sont responsables de troubles de la pigmentation de la peau. L'hyperpigmentation est un dérèglement de la synthèse et de la distribution de la mélanine qui s'accumule ainsi à la surface de la peau. Des taches apparaissent alors sur la peau de manière inégale. Il existe différents types de taches pigmentaires :

- Les éphélides, communément appelées « taches de rousseur », sont des petites taches pigmentées de 1 à 2 mm de couleur brune ou rosée. Elles sont généralement observées chez des individus de phototypes I à II c'est-à-dire à la peau claire et/ou aux cheveux roux. Elles sont localisées le plus souvent sur le visage, le cou, les bras et la poitrine et la coloration s'accroît pendant l'été. Elles apparaissent vers l'âge de 2 ou 3 ans, augmentent lors de l'adolescence et disparaissent souvent avec l'âge.
- Les lentigos actiniques sont plus grands que les éphélides, leur diamètre varie de quelques millimètres à quelques centimètres. Leur couleur peut être brun clair à foncé et elle n'est pas affectée par les saisons. Elles sont retrouvées plus fréquemment après l'âge de 50 ans, sur la peau exposée de façon chronique au soleil et notamment sur le visage, le décolleté, le dos des mains et les avant-bras.
- Le mélasma ou chloasma est caractérisé par des taches de couleur brun clair à brun foncé sur les pommettes, les joues et le front, avec une disposition symétrique et des bords irréguliers. C'est un trouble de la pigmentation qui touche jusqu'à 30 % des femmes en âge de procréer. Le mélasma est également appelé « masque de grossesse » puisqu'il est considéré comme la principale conséquence de la stimulation hormonale

chez des sujets ayant des prédispositions génétiques. Enfin l'exposition solaire étant l'un des principaux facteurs de déclenchement et d'aggravation du mélasma, il peut ainsi apparaître en période estivale, sans lien hormonal.<sup>19,24,25</sup>

#### 1.2.3.3.2. Photovieillissement ou vieillissement cutané photo-induit

Également appelé héliodermie, il s'agit de modifications cliniques et histologiques de la peau induites par des expositions solaires répétées.

Les manifestations cliniques sont localisées au niveau du visage (nez et pommettes), du dos des mains et des avant-bras et sont très variables selon les sujets. Les lésions cutanées observées sont une peau qui s'épaissit et qui devient rugueuse, sèche et lâche, des rides qui se creusent, un teint jaunâtre et l'apparition de télangiectasies (dilatation permanente de petits vaisseaux sanguins) et de taches pigmentaires<sup>22,23</sup>.

Au niveau histologique, les UVA sont le principal facteur responsable de ces lésions<sup>22</sup> :

- Modification de l'épiderme : les UV, en pénétrant dans la couche cornée, altèrent la cohésion des lipides intercellulaires. Cela provoque une perturbation de la fonction barrière et donc sa perméabilité, à l'origine de dommages cutanés comme la sécheresse et une desquamation anormale. Aussi, la prolifération basale des kératinocytes diminue, entraînant l'amincissement de l'épiderme. La peau perd donc de son hydratation et devient rugueuse.<sup>26,27</sup>
- Modification du derme : c'est au niveau du derme que les modifications sont les plus importantes et concernent la structure et l'organisation de la matrice extra-cellulaire (MEC) :
  - Dégradation de la MEC par la stimulation de protéines de dégradation,
  - Désorganisation du réseau de collagène par la diminution de sa synthèse,
  - Accumulation de fibres élastiques dystrophiques également appelée élastose solaire.

Cette élastose est un des marqueurs principaux de l'héliodermie à l'origine d'un dépôt désordonné et non fonctionnel de fibres élastiques. En effet, le réseau d'élastine est détruit par

la réduction de la synthèse d'élastine et l'augmentation de sa dégradation par les élastases. La peau perd de sa souplesse, de son élasticité, de sa fermeté et les rides apparaissent.<sup>28,29</sup>

#### 1.2.3.3.3. Cancer de la peau

Chaque année, le nombre de cas de cancers cutanés diagnostiqués en France est d'environ 80 000 et ce chiffre est en constante augmentation (7%).<sup>22</sup>

##### Kératose actinique

C'est une lésion induite par le soleil, principalement située sur les zones de la peau exposées à la lumière. Elle prend la forme d'une croûte rouge rugueuse au toucher donc parfois plus palpable que visible. Cette maladie chronique est un marqueur de risque de cancer cutané.<sup>30</sup>

##### Carcinomes

Les carcinomes font partie des cancers les plus fréquents chez l'adulte (30% des cancers). C'est aussi le type de cancer de la peau le plus fréquent. Ils apparaissent en général après 50 ans. Il existe deux types de carcinomes se développant à partir des kératinocytes différant par leur aspect et leur pronostic.

- Le carcinome basocellulaire est le plus courant avec environ 70 000 nouveaux cas chaque année. Il peut être superficiel, nodulaire ou sclérodermiforme c'est-à-dire accompagné d'une sclérose cutanée. Ce type de cancer ne produit pas de métastase, il est donc de malignité locale. Non traité, il peut se développer en profondeur et envahir les tissus adjacents mais cela reste très rare.
- Le carcinome spinocellulaire, moins fréquent, existe sous la forme superficielle ou *in situ* (Maladie de Bowen). Celui-ci est cependant capable de créer des métastases envahissant les ganglions et les organes à distance, dans 2 à 5% des cas s'il provient de la peau ou dans 20% des cas s'il provient d'une muqueuse.<sup>31</sup>

##### Mélanomes

Les mélanomes sont des tumeurs qui se développent à partir de mélanocytes et qui sont potentiellement agressives. Ils peuvent se former à partir de grains de beauté existants, mais la plupart du temps ils se développent seuls. Leur fréquence est en forte augmentation dans les

pays occidentaux avec une multiplication par deux tous les dix ans. En France, avec 15 000 nouveaux cas par an, il est le cancer le plus répandu chez les jeunes adultes et le risque accroît avec les peaux claires. La fréquence et l'intensité des expositions ainsi que le nombre de grains de beauté sont des facteurs de risque importants dans la survenue du mélanome. En plus de l'exposition solaire, des caractéristiques génétiques sont également impliquées. C'est une tumeur potentiellement agressive qui peut engendrer des métastases à un stade tardif. Bien que le diagnostic de certitude se fasse au microscope, la règle « ABCDE » permet l'auto-dépistage par le patient : Asymétrique, Bords irréguliers, Couleur non homogène, Diamètre > 6 mm et Évolutivité.

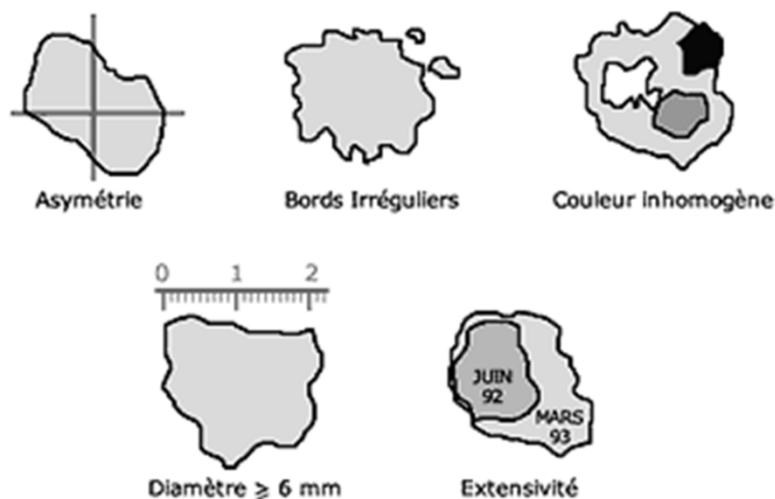


Figure 5 : Règle ABCDE

Il existe 4 types de mélanomes en fonction de leurs caractéristiques physiques : le mélanome superficiel extensif, nodulaire, de Dubreuilh et acral-lentigineux.<sup>32</sup>

#### 1.2.4. Bénéfices des rayonnements solaires

Malgré tous ces risques, le soleil est essentiel à notre santé et notre bien-être de multiples façons.

### 1.2.4.1. La vitamine D

#### 1.2.4.1.1. Rôles

La vitamine D est une hormone liposoluble essentielle pour la santé notamment pour la qualité des os, des muscles et le renforcement du système immunitaire. Elle permet d'augmenter la calcémie et la phosphorémie ce qui favorise la minéralisation des tissus osseux et cartilagineux, la contraction musculaire, la transmission nerveuse et la coagulation. Elle joue donc un rôle important dans l'homéostasie osseuse et est également impliquée dans la régulation hormonale et la différenciation des cellules cutanées. Elle aurait aussi une action dans la prévention des cancers, des maladies auto-immunes, cardiovasculaires et autres types de maladies chroniques.

Une carence en vitamine D engendrerait ainsi des troubles musculaires tels que des crises de tétanie, une baisse du tonus, des convulsions ainsi que des troubles osseux comme l'ostéomalacie (déficit de la minéralisation du tissu osseux entraînant sa déformation) chez l'adulte, le rachitisme (maladie affectant le squelette et le développement osseux) chez l'enfant en croissance, une fragilité osseuse et plus rarement une anémie.

Les besoins journaliers pour les adultes sont de 15 microgrammes par jour, selon la référence nutritionnelle pour la population (RNP) qui ne prend en compte que l'apport exogène donc l'alimentation. En France, selon l'étude Inca 3 sur l'évolution des habitudes et modes de consommation, les apports alimentaires moyens diminuent avec l'âge et sont moins élevés chez les femmes que chez les hommes. De même, la capacité à produire ou absorber la vitamine D diminue avec l'âge, ainsi les personnes âgées représentent une population à risque et sont sujets à l'ostéoporose. Enfin les femmes ménopausées, les femmes enceintes, les nouveaux nés et les nourrissons sont également des populations vulnérables, en plus des sujets à peau mate/foncée, des personnes suivant un régime alimentaire particulier ou en cas de mauvaise absorption intestinale. Concernant la synthèse endogène, il faudrait s'exposer, sans protection, 10 à 15 minutes par jour au niveau du visage, des bras, des mains et du dos pour une production adéquate. <sup>13, 33, 34, 35, 36, 37</sup>

#### 1.2.4.1.2. Synthèse de la vitamine D

Elle peut être obtenue par la synthèse endogène grâce à l'exposition solaire, représentant 90% des apports, ou par une source exogène, l'alimentation représentant 10% des apports.

La synthèse endogène a lieu lors de l'irradiation de la peau par les UVB. La provitamine D3 ou le 7-déhydro-cholestérol (d'origine alimentaire) subit une photolyse et se transforme en prévitamine D3 puis en vitamine D3 par un processus thermal. Cette dernière sera ensuite liée à une protéine de transport, la vitamine D binding protein, dans la circulation générale. La première hydroxylation a lieu dans le foie et la transforme en 25-hydroxyvitamine D. Puis la seconde hydroxylation dans le rein la transforme en 1,25-dihydroxyvitamine D ou calcitriol. Cette forme active de la vitamine D va ainsi se fixer sur les tissus cibles : les os, les reins, et les intestins.

La figure 6 représente le métabolisme de la vitamine D :

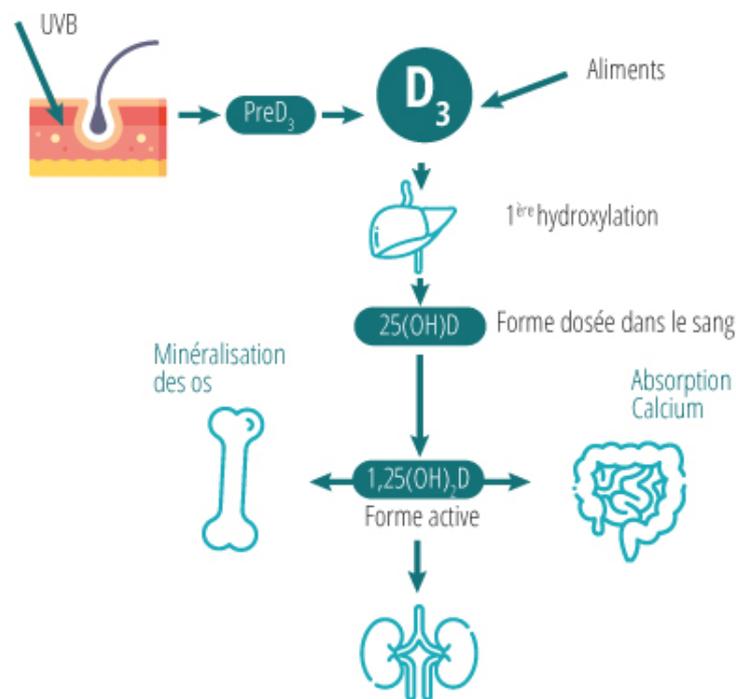


Figure 6 : Métabolisme de la vitamine D

Certains aliments d'origine animale sont riches en vitamine D3, appelée cholécalciférol, notamment les poissons gras, les produits laitiers, les œufs et le beurre. La vitamine D peut

également être d'origine végétale, sous la forme de vitamine D2 ou ergocalciférol, présente dans certains champignons et céréales.

Parfois l'exposition solaire et l'alimentation ne suffisent pas. Notamment l'hiver, il faut alors se supplémenter en vitamine D pour éviter les carences. Selon les recommandations, il est préconisé d'avoir un apport journalier d'au moins 600 UI (Unités Internationales) pour les personnes âgées de 50 à 70 ans, et d'au moins 800 UI pour les personnes de plus de 70 ans. Cependant, dans le cas où la concentration sanguine initiale de vitamine D n'est pas optimale, il serait nécessaire d'absorber une dose quotidienne de 1500 à 2000 UI. <sup>13, 18, 33, 37, 38</sup>

Certains facteurs influencent la synthèse de la vitamine D :

- Facteurs internes : l'âge et le phototype (il existe 6 phototypes permettant de classer les individus selon la réaction de leur peau après une exposition solaire).
- Facteurs externes : l'intensité des radiations UV, en fonction de la latitude ou la saison, la pollution de l'air
- Facteurs comportementaux : le port de vêtement, utilisation d'écrans solaires. En effet les crèmes solaires réduisent cette synthèse de 95 % à partir d'un SPF 8 (UVB) et de 98% à partir d'un SPF 15. <sup>39, 40, 41</sup>

#### 1.2.4.2. Autres bénéfices des rayonnements solaires

En plus de la synthèse endogène de vitamine D, essentielle pour l'organisme, le soleil apporte également d'autres bénéfices :

- Traitement de pathologies cutanées : les maladies de la peau comme l'eczéma, la dermatite atopique ou encore le psoriasis peuvent être traitées par la photothérapie, acte très répandu en dermatologie. C'est pourquoi les médecins recommandent l'exposition solaire pour son effet immunosuppresseur en plus de son rôle anti-infectieux et antiprolifératif. Il faudra toutefois respecter le protocole établi et surveiller les patients pour éviter l'apparition d'un cancer cutané.
- Effet calorifique : les rayons IR sont responsables d'une dilatation vasculaire dans l'hypoderme, à l'origine d'une élévation de la température de la peau, d'où cette sensation de chaleur.

- Amélioration du moral : les photons de la lumière visible émise par le soleil vont agir sur des photorécepteurs de la rétine et moduler la production de mélatonine et d'autres fonctions cérébrales. Ainsi durant l'hiver, une heure par jour suffit à traiter la « dépression saisonnière » de manière plus efficace que les antidépresseurs.<sup>18</sup>

Ainsi nous avons étudié tous les méfaits et bienfaits des rayonnements UV, notamment la synthèse de la vitamine D essentielle pour le fonctionnement de notre organisme. Nous allons maintenant analyser le marché cosmétique des produits solaires. Comment les marques se positionnent-elles face à cette problématique concernant la production de vitamine D ?

## **Partie 2 : Analyse du marché cosmétique solaire**

### 2.1. Analyse du besoin du consommateur

#### 2.1.1. Le contexte : une carence mondiale en vitamine D

Plus d'un milliard de personnes dans le monde sont touchées par une carence en vitamine D, considérée alors comme une « pandémie mondiale ». En effet, de manière générale cette carence concerne environ 50% de la population jeune et âgée et plus de 80% des personnes âgées ayant une fracture de la hanche. Il est également important de souligner que dans un rapport publié en décembre 2018 par la National Library of Medicine - National Institutes of Health, l'hypovitaminose D est encore sous-estimée par de nombreux médecins. Pourtant, afin de prévenir les morbidités/mortalités ainsi que les coûts dûs aux traitements des maladies chroniques concernées, il est important de la détecter le plus vite possible.

Ce déficit en vitamine D a de nombreuses étiologies : le nouveau mode de vie urbain (conditionné par la vie à l'intérieur), les emplois de bureau, les réseaux sociaux, les avancées technologiques ou encore l'utilisation quotidienne de produits solaires en extérieur. Notre mode de vie moderne est ainsi responsable d'un manque d'exposition solaire qui, à long terme, rend la population vulnérable aux carences en vitamine D. <sup>42, 43, 44</sup>

#### 2.1.2. Impact de la Covid-19 sur l'utilisation de vitamine D

Dernièrement, l'engouement médiatique pour la vitamine D l'a popularisée pour ses bienfaits sur la santé et notamment le renforcement du système immunitaire. Ainsi, durant l'épidémie de COVID-19, un pic d'utilisation de la vitamine D a été observé. En effet, 38% des personnes ayant pris des vitamines en 2020 ont pris de la vitamine D, contre 30% en 2019.

De plus, certaines études ont associé l'absorption de vitamine D à un risque moindre de développer la COVID-19.

### 2.1.3. Perception du consommateur à propos de la vitamine D et de la protection solaire

Cette crise sanitaire aura accentué l'importance du bien-être et de la santé pour les consommateurs. Ils sont de plus en plus conscients des gestes à adopter pour être et se maintenir en bonne santé. Cela a donc engendré de nouvelles habitudes de consommation que nous allons étudier.

Nous allons tout d'abord nous intéresser à l'intérêt du consommateur pour les vitamines, minéraux et compléments alimentaires = VMS (vitamins, minerals and supplements).

La figure 7, ci-dessous, classe les VMS utilisés à visée immunitaire par tranche d'âge de janvier à mai 2020. Les consommateurs répondent alors à la question suivante : "Parmi les vitamines, minéraux ou compléments alimentaires suivants, lesquels avez-vous pris depuis le début de l'année ? »

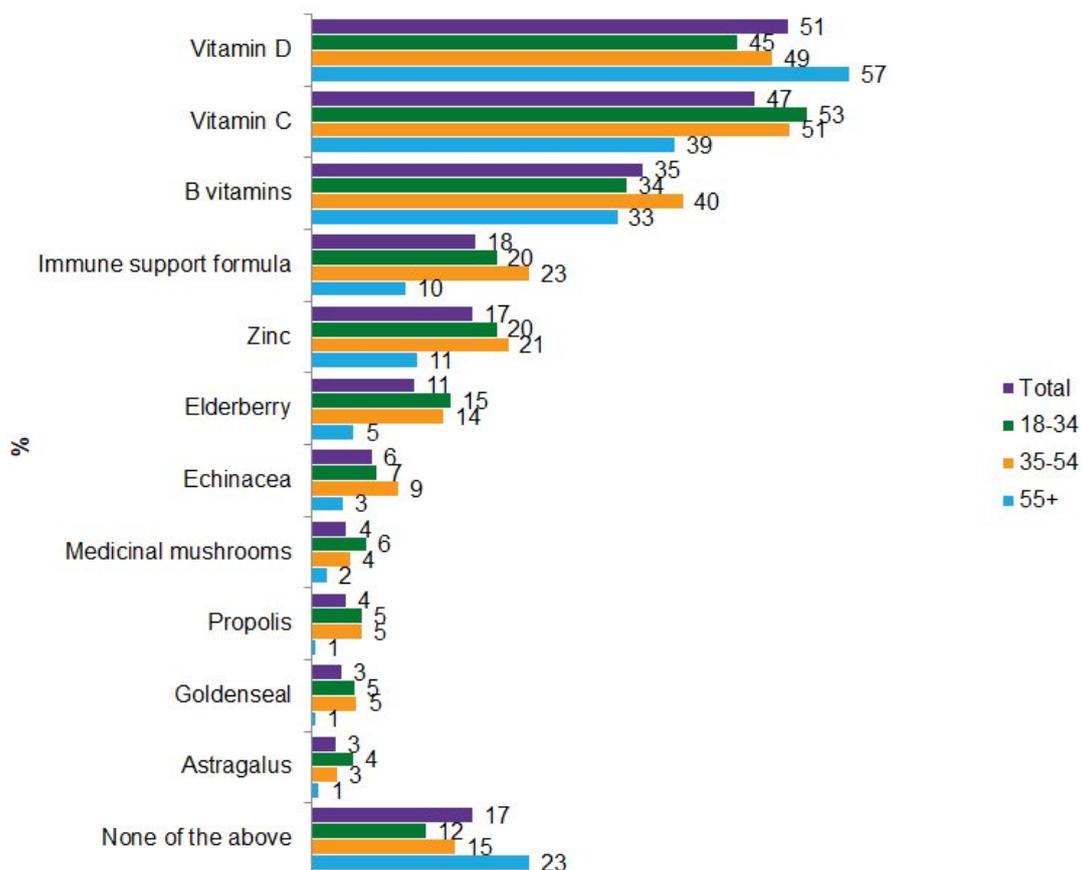


Figure 7 : Achats de compléments immunitaires par tranche d'âge - Janvier à mai 2020

Nous pouvons observer que la vitamine D arrive en tête du classement, suivie par la vitamine C et les vitamines B. L'utilisation de vitamine D cible toutes les tranches d'âges et notamment les personnes âgées de 55 ans et plus qui sont d'autant plus touchées par des problèmes d'ostéoporose.

Ensuite, la figure 8 représente les réponses des consommateurs à la question "Parmi les vitamines suivantes, quelles sont celles que vous prenez actuellement ou que vous prévoyez de prendre l'année prochaine ?". Là encore, nous remarquons que la vitamine D est la plus prisée.

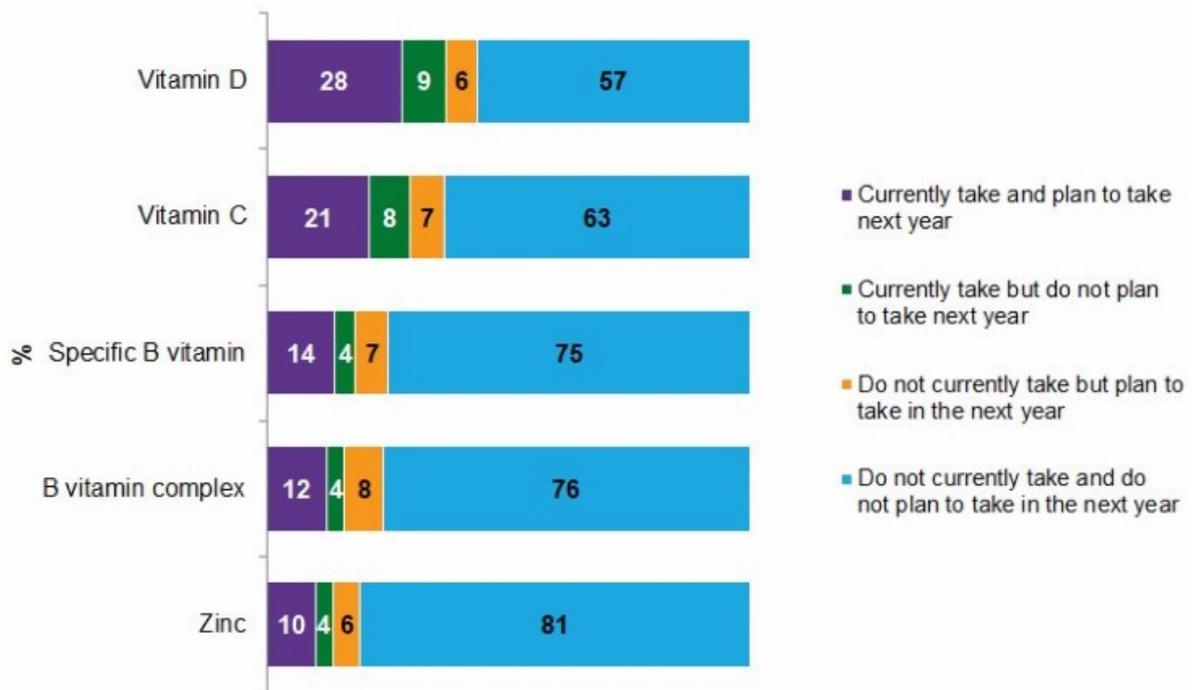


Figure 8 : Achat et intention d'achat de vitamines et de minéraux - Juillet 2019

De manière générale, nous constatons donc une augmentation de l'utilisation de produits de soutien du système immunitaire. La volonté de protection contre la COVID-19 n'est pas la raison principale de cette augmentation mais cette pandémie peut néanmoins être considérée comme le levier de ce changement. Cette modification de routine touche toutes les populations, même les jeunes adultes, bien qu'ils ne soient pas considérés comme un groupe à risque.

Intéressons-nous maintenant aux raisons pour lesquelles les consommateurs se supplémentent en VMS.

Ainsi, la figure 9 représente les réponses des consommateurs à la question « Parmi les raisons suivantes, quelles sont celles pour lesquelles vous avez pris l'un de ces produits de vitamines, minéraux ou suppléments depuis le début de l'année ? »

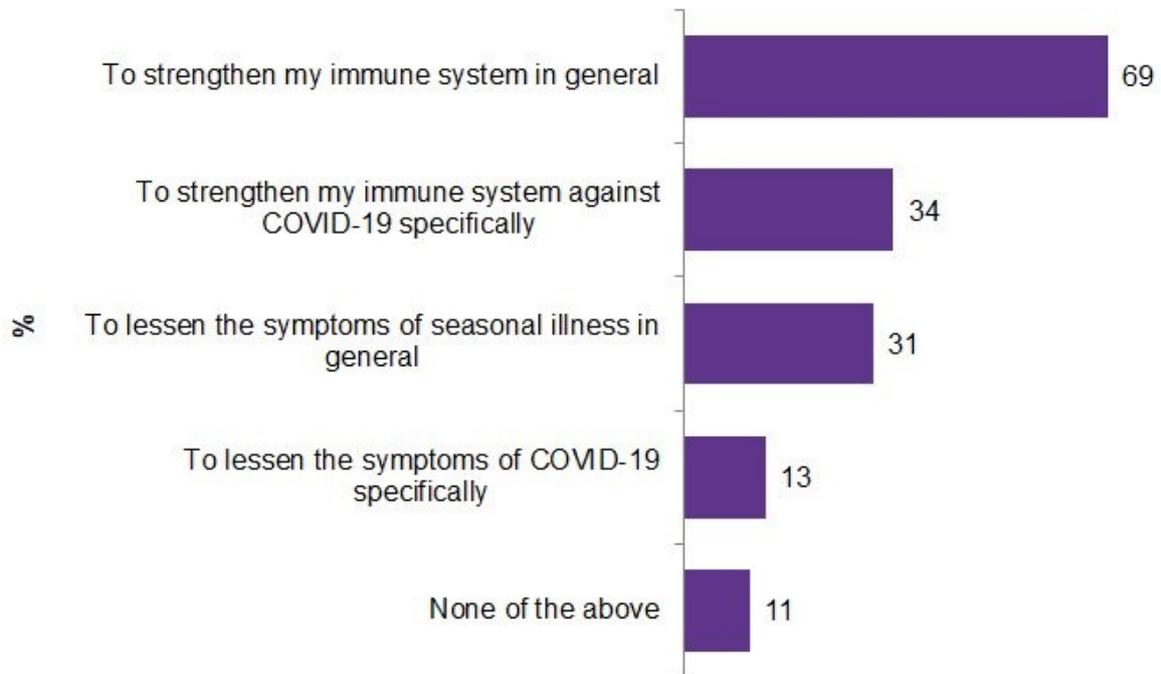


Figure 9 : Raisons de la prise de VMS - Mai 2020

D'après ces réponses, nous pouvons en déduire que l'utilisation de produits de soutien du système immunitaire donne aux adultes un sentiment de sécurité et de contrôle sur leur santé et leur bien-être. En effet, le rapport Health Management - US, janvier 2020 de Mintel indique que 64 % des adultes affirment qu'il est important de maîtriser sa santé et son bien-être. La COVID-19 a donc non seulement amplifié l'importance de la gestion des maladies, mais également leur prévention.<sup>44</sup>

De manière plus spécifique, la prise de conscience de l'importance de la vitamine D pour le système immunitaire a également occasionné des changements de comportements concernant l'exposition solaire. Au Royaume Uni, 25% des consommateurs n'ont pas utilisé de protection solaire au cours des 12 derniers mois parce qu'ils pensent qu'une exposition modérée au soleil est saine.<sup>45</sup>

Cette vision selon laquelle l'exposition solaire modérée est saine pourrait avoir engendré une baisse de l'utilisation de produits solaires en 2020. Cela se confirme à travers la figure 9 qui regroupe les réponses des consommateurs à la question "Laquelle des raisons suivantes décrit le mieux pourquoi vous n'avez pas utilisé de produits solaires au cours des 12 derniers mois ?"

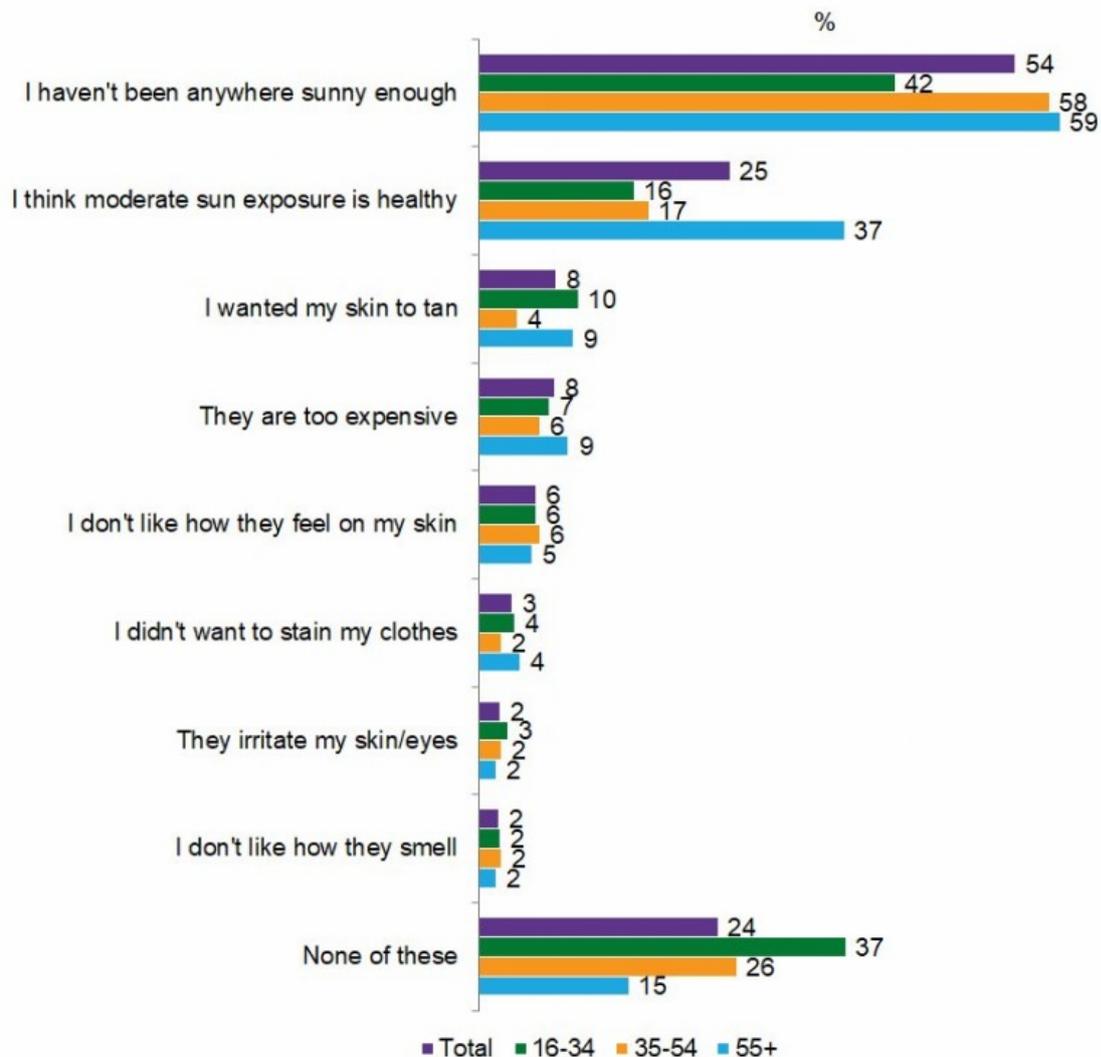


Figure 10 : Raisons de l'absence de protection solaire au cours des 12 derniers mois, par tranche d'âge

De plus, à cause des confinements successifs, les consommateurs ont aussi passé plus de temps à la maison ces deux dernières années. Ils ont donc cherché à compenser leur manque de vitamine D par la supplémentation d'une part, et par la diminution de l'utilisation de protection solaire d'autre part.

Cependant, et depuis des années, la population a conscience des dangers du soleil et de ses impacts à court et long terme. Ceci est confirmé par la figure 11 représentant les réponses des consommateurs à la question : "Parmi les raisons suivantes, lesquelles décrivent le mieux pourquoi vous avez utilisé des produits solaires au cours des 12 derniers mois ?"

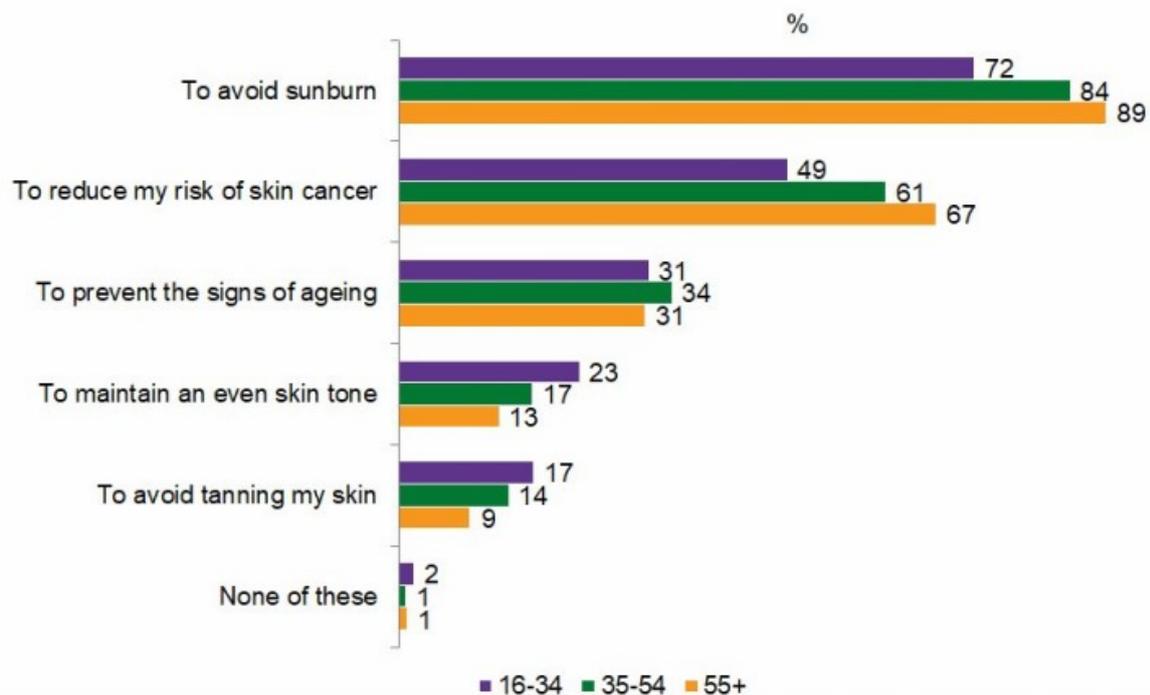


Figure 11 : Raisons d'utiliser une protection solaire au cours des 12 derniers mois, par âge - Septembre 2020

La protection contre les coups de soleil et le cancer de la peau sont, de loin, la principale raison de l'utilisation des produits de protection solaire. L'accent est également mis sur les bénéfices anti-âge, en particulier sur les rides et le teint de la peau. Les moins de 34 ans sont de manière générale moins engagés dans l'utilisation de protection solaire, se sentant moins vulnérables que les plus de 55 ans qui sont les plus susceptibles d'utiliser un produit solaire pour réduire le risque de cancer. <sup>46</sup>

## 2.2. Analyse du marché cosmétique solaire

On s'intéresse aux propositions du marché cosmétique solaire face à cette problématique de carence en vitamine D.

En effet, les produits solaires réduisent la synthèse de vitamine D de 99 % à partir d'un SPF 8. L'apport d'un actif « vitamine D like » permettrait de compenser cette inhibition.<sup>47</sup> Les marques ont alors adopté différentes technologies afin de contrer cette diminution de synthèse de vitamine D lors de l'exposition avec une protection solaire.

Nous allons donc réaliser une étude du marché international autour des produits solaires communiquant sur la synthèse de vitamine D.

### 2.2.1. Expression des récepteurs de la vitamine D

Pour améliorer la synthèse endogène de vitamine D, certaines marques choisissent des actifs ciblant directement le récepteur à la vitamine D.

#### 2.2.1.1. Utilisation de Vederine

La Vederine est un actif breveté et commercialisé par Silab, dont l'INCI est CICHORIUM INTYBUS (CHICORY) ROOT EXTRACT. Il s'agit d'un actif contenant des oligofructosanes de chicorée. Son effet « vitamine D-like » permet de restructurer la barrière épidermique de manière optimale et sans rayonnement UV. En restaurant la fonctionnalité du récepteur à la vitamine D (VDR), cet actif stimule la différenciation des kératinocytes et renforce ainsi la barrière cutanée et la capacité de régénération de la peau.<sup>48</sup>

Plusieurs marques utilisent cet actif dans leurs produits solaires et communiquent de manière différente :

- HELIOCARE 360° - MD AK Fluid SPF 100+



*Figure 12 : HELIOCARE 360° - MD AK Fluid SPF 100 (24,35€/50ml)*

HELIOCARE est une marque du groupe espagnol Cantabria Labs, spécialisée dans la photoprotection, et plus spécifiquement dans la prévention du vieillissement cutané, des dommages actiniques, des allergies solaires et des taches brunes. <sup>49</sup>

Le fluide MD AK SPF 100+ est un dispositif médical utilisé dans la prévention et le traitement des kératoses actiniques et d'autres types de cancer non-mélanome. La marque revendique l'actif Vederine en communiquant sur sa capacité à restaurer la barrière cutanée.

Ce produit contient une association de filtres chimiques et minéraux lui conférant une protection anti-UVA et anti-UVB d'un facteur de protection 100+.

Les filtres chimiques utilisés sont les suivants :

- OCTOCRYLENE
- BIS-ETHYLHEXYLOXYPHENOL METHOXYPHENYL TRIAZINE
- DISODIUM PHENYL DIBENZIMIDAZOLE TETRASULFONATE
- PHENYLBENZIMIDAZOLE SULFONIC ACID
- BUTYL METHOXYDIBENZOYLMETHANE
- TRIS-BIPHENYL TRIAZINE (NANO)

Le filtre minéral utilisé est le TITANIUM DIOXIDE (NANO).

En plus de la protection solaire et de l'actif provitamine D, cette crème propose une synergie d'actif offrant un produit solaire très complet :

- Le Bioshield system à base de mélanine biomimétique conférant une protection contre la lumière bleue et IRA.
- La technologie Fernblock®, provenant de la fougère, pour sa photo-immunoprotection.
- Le GenoRepair Complex permettant la réparation de l'ADN suite à l'exposition grâce à trois enzymes (endonucléase, photolyase et glycosylase).
- Les vitamines C et E et le thé vert pour leur propriété anti-oxydante.
- Le sulforaphane, issu du cresson, possède une action anti-tumorale.
- L'arginine, composant le Natural Moisturizing Factor, maintient l'hydratation de la peau.<sup>50</sup>

- AVENE - SunsiStick KA SPF 50+



*Figure 13 : AVENE - SunsiStick KA SPF 50 (14,59€/20g)*

Spécialiste des peaux sensibles, AVENE est une marque de dermo-cosmétique du groupe français Pierre Fabre.<sup>51</sup>

Le SunsiStick, ancien dispositif médical, est indiqué pour les peaux sujettes aux kératoses actiniques. AVENE revendique la Vederine comme actif permettant de renforcer la barrière cutanée en augmentant l'expression des VDR. La Vederine stimulerait les voies de signalisation induites par la vitamine D et par le même biais les mécanismes de réparation de l'activité cellulaire.

Ce produit offre une protection UVA-UVB très large d'un facteur de protection 50+.

Les filtres chimiques utilisés sont les suivants :

- BIS-ETHYLHEXYLOXYPHENOL METHOXYPHENYL TRIAZINE
- DIETHYLAMINO HYDROXYBENZOYL HEXYL BENZOATE
- DIETHYLHEXYL BUTAMIDO TRIAZONE
- BUTYL METHOXYDIBENZOYLMETHANE
- ETHYLHEXYL SALICYLATE.

Le filtre minéral utilisé est le TITANIUM DIOXIDE (NANO).

Le Sunstick contient également une association d'antioxydants (Thialdine et Provitamine E) pour une protection cellulaire globale et immédiate contre le stress oxydatif infligé par les rayons.<sup>52</sup>

- FROÏKA - Écran Solaire Premium SPF 30



*Figure 14 : FROÏKA - Écran Solaire Premium SPF 30 (29,39€/50ml)*

FROÏKA est une marque dermo-cosmétique leader du marché grec.<sup>53</sup>

Premium Sun Screen revendique un effet « Vitamine D-like » grâce aux oligofructosanes de chicorée qui restaurent les fonctions des VDR. Son effet restructurant favorise la restauration d'une barrière épidermique optimale.

Ce solaire d'un SPF 30 offre une protection UVA/UVB à large spectre.

Les filtres chimiques utilisés sont les suivants :

- ETHYLHEXYL SALICYLATE.
- DIETHYLAMINO HYDROXYBENZOYL HEXYL BENZOATE
- BIS-ETHYLHEXYLOXYPHENOL METHOXYPHENYL TRIAZINE
- ETHYLHEXYL TRIAZONE
- TRIS-BIPHENYL TRIAZINE (NANO)

Il n'y a pas de filtre minéral dans cette formule.

Il contient également de l'ectoïne, de l'indanone et de l'hexapeptide-4 qui défendent les cellules de la peau contre le vieillissement cutané et préviennent les dommages sur l'ADN.

Enfin une association d'antioxydants à base de férulate d'éthyle, de Ronacare AP, d'acide carnosolique et de ferment thermus thermophilus offre une protection avancée contre la lumière bleue et les radicaux libres. <sup>54</sup>

○ DERMEDEN - DD cream



Figure 15 : DERMEDEN - DD cream (35,90€/50ml)

DERMEDEN est une marque française de dermatologie spécialisée dans le photo-vieillessement.<sup>55</sup>

La DD cream est une crème quotidienne Vitamine D-like, ce qui est d'ailleurs directement revendiqué sur le packaging. Elle serait la « première crème à résoudre l'équation protection UV et bienfaits de la vitamine D » en facilitant sa synthèse.

Ce produit est une crème hydratante contenant une protection UVA-UVB d'un SPF 50.

Les filtres chimiques utilisés sont les suivants :

- ETHYLHEXYL METHOXYCINNAMATE
- DIETHYLAMINO HYDROXYBENZOYL HEXYL BENZOATE
- METHYLENE BIS-BENZOTRIAZOLYL TETRAMETHYLBUTYLPHENOL
- BIS-ETHYLHEXYLOXYPHENOL METHOXYPHENYL TRIAZINE
- ETHYLHEXYL TRIAZONE

Le filtre minéral utilisé est le TITANIUM DIOXIDE.

De multiples actifs viennent compléter ces actions notamment l'acide hyaluronique pour ses propriétés hydratante et repulpante, l'acide dioïque pour son action anti-âge et anti-taches et enfin les pigments micro-encapsulés qui vont unifier le teint.<sup>56</sup>

- IN'OYA - Mon fluide solaire



Figure 16 : IN'OYA - Mon fluide solaire (15,90€/50ml)

IN'OYA est une marque française de dermocosmétique spécifique des peaux noires, mates et métissées.<sup>57</sup>

Ce fluide intègre un actif vitamine D-Like, revendiqué sur le packaging, stimulant les VDR et luttant ainsi contre les carences en vitamine D.

Ce produit contient une association de filtres solaires garantissant une large protection SPF 50 contre les UVA et UVB.

Les filtres chimiques utilisés sont les suivants :

- DIETHYLAMINO HYDROXYBENZOYL HEXYL BENZOATE
- ETHYLHEXYL METHOXYCINNAMATE
- BIS-ETHYLHEXYLOXYPHENOL METHOXYPHENYL TRIAZINE
- ETHYLHEXYL TRIAZONE

Il n'y a pas de filtre minéral dans cette formule.

Ce produit contient également de la vitamine E pour son effet antioxydant qui aide à lutter contre le photovieillessement, et de la poudre de tapioca qui absorbe l'excès de sébum lui conférant ainsi une action matifiante.<sup>58</sup>

#### 2.2.1.2. Utilisation de WhitepeoD

WhitepeoD est un actif commercialisé par le laboratoire Technoble dont l'INCI est PAEONIA ALBIFLORA FLOWER EXTRACT. Il s'agit d'un extrait de fleurs de pivoine blanche contenant des kaempférol glycosides, analogues de la vitamine D. Son mécanisme d'action est le même que celui de la Vederine : il active les VDR et améliore ainsi la fonction barrière de la peau.<sup>59</sup>

Un produit solaire utilise cet actif : FREZYDERM - Sun Screen Vitamine D like



*Figure 17 : FREZYDERM - Sun Screen Vitamine D like (23,50€/50ml)*

FREZYDERM est un produit issu d'une marque grecque dont l'objectif est de développer des produits dermocosmétiques innovants.<sup>60</sup>

Cette crème solaire revendique son effet Vitamine D-like sur son packaging et communique sur la pivoine comme actif offrant les bienfaits de la vitamine D. La marque précise également que la crème « ne contient pas de vitamine D et ne remplace pas sa composition naturelle ».

Ce solaire offre une protection UVA/UVB d'un SPF 50+.

Les filtres chimiques utilisés sont les suivants :

- OCTOCRYLENE
- HOMOSALATE
- ETHYLHEXYL METHOXYCINNAMATE
- ETHYLHEXYL SALICYLATE
- BUTYL METHOXYDIBENZOYLMETHANE

Il n'y a pas de filtre minéral dans cette formule.

Ce produit ne contient pas d'autres actifs d'intérêt, uniquement des agents de texture et des conservateurs. <sup>61</sup>

### 2.2.1.3. Utilisation du MultiMoist CLR™

Le complexe MultiMoist CLR™ active la production du VDR et favorise son activation. Il aurait également une action directe sur la vitamine D en potentialisant son effet. Ce complexe se retrouve dans la liste INCI sous la composition suivante : FRUCTOOLIGOSACCHARIDES, BETA VULGARIS ROOT EXTRACT, WATER. <sup>62</sup>

- NEW LAYER - Pro vitamin D high performance sunscreen



*Figure 18 : NEW LAYER - Pro vitamin D high performance sunscreen (29,95€/200ml)*

NEW LAYER est une marque allemande spécialisée dans les protections solaires provitamine D. <sup>63</sup>

New Layer revendique la provitamine D sur son packaging et une activation des récepteurs de la vitamine D grâce à un extrait de betterave sur son site internet.

Ce solaire SPF50+ offre une large protection UVA/UVB.

Les filtres chimiques utilisés sont les suivants :

- ETHYLHEXYL SALICYLATE
- DIETHYLAMINO HYDROXYBENZOYL HEXYL BENZOATE
- BIS-ETHYLHEXYLOXYPHENOL METHOXYPHENYL TRIAZINE
- DIETHYLHEXYL BUTAMIDO TRIAZONE
- PHENYLBENZIMIDAZOLE SULFONIC ACID
- ETHYLHEXYL TRIAZONE

Il n'y a pas de filtre minéral dans cette formule.

Ce produit ne contient pas d'autres actifs d'intérêt, uniquement des agents de texture et des conservateurs. <sup>64</sup>

### 2.2.2. Précurseur de la vitamine D

Une autre manière de favoriser la synthèse de vitamine D est d'apporter un précurseur, la provitamine D3, normalement d'origine alimentaire. Elle apparaît dans la liste INCI sous la forme 7-DEHYDROCHOLESTEROL. Ce précurseur sera ensuite métabolisé en vitamine D sous l'action des UV.

- OSKIA - SPF 30 Vitamin Face Cream



*Figure 19 : OSKIA - SPF 30 Vitamin Face Cream (53€/55ml)*

OSKIA est une marque anglaise de nutri-cosmécétiques, spécialisée dans la nutrition bio-cellulaire de la peau c'est-à-dire dans l'optimisation de la biodisponibilité des actifs à l'aide de technologie brevetée de micro-encapsulation et de liposomes. <sup>65</sup>

Cette crème solaire contient de la provitamine D3, comme mentionné sur le packaging, qui se transformera en vitamine D. La marque précise que cette provitamine D3 provient de la lanoline et ne convient donc pas aux végétaliens.

Il s'agit d'un quotidien SPF 30 à large spectre qui contient uniquement des filtres minéraux (ZINC OXIDE, TITANIUM DIOXIDE).

Elle contient plusieurs actifs d'intérêt :

- L'eau des glaciers suisses pour l'hydratation.
- L'algue des neiges limite la dégradation du collagène.

- La vitamine E, la malachite et l'astaxanthine préviennent les dommages cellulaires causés par les radicaux libres.
  - La niacinamide, ou vitamine B3, joue un rôle contre l'hyperpigmentation cutanée.
  - L'acide hyaluronique de bas poids moléculaire pour repulper et de haut poids moléculaire pour hydrater.
  - Le Pentapeptide-59, le Defensil et le marron d'Inde apaisent et calment la peau.
  - Le MSM réduit l'apparence des ridules.
  - L'oligosaccharide prébiotique stimule la barrière de défense de la peau pour protéger sa microflore. <sup>66</sup>
- INALIA - Vitamin – Rich Face Sunscreen



*Figure 20 : INALIA - Vitamin – Rich Face Sunscreen (12€/150ml)*

INALIA est une marque cosmétique naturelle grecque à base de plantes crétoises. <sup>67</sup>

Cette crème revendique la vitamine D sur son packaging cependant c'est la provitamine D3 qui est présente dans la liste INCI. INALIA assure que « l'association de la vitamine D et E stimule la production de collagène et améliore l'élasticité de la peau ».

Ce solaire SPF50 offre une large protection UVA/UVB.

Les filtres chimiques utilisés sont les suivants :

- OCTOCRYLENE
- BUTYLMETHOXYDIBENZOYL METHANE
- ETHYLHEXYL TRIAZONE
- DIETHYLAMINO HYDROXYBENZOYL HEXYL BENZOATE
- PHENYLBENZIMIDAZOL SULFONIC ACID

Le filtre minéral utilisé est le ZINC OXIDE.

Ce produit est également enrichi en acide hyaluronique pour une profonde hydratation. La vitamine E antioxydante, associée à la vitamine D, stimule la production de collagène et améliore l'élasticité de la peau. Enfin l'extrait de feuilles d'olivier protège contre les signes du vieillissement cutané. <sup>68</sup>

- SENSILIS - Sun secret fluid



Figure 21 : SENSILIS - Sun secret fluid (27€/50ml)

SENSILIS est une marque du laboratoire espagnol Dermofarm. Elle propose des rituels « pro-âge » pour les peaux sensibles. <sup>69</sup>

Cette émulsion est enrichie en provitamine D3 favorisant la synthèse de vitamine D.

Ce solaire SPF50+ protège des UVA/UVB.

Les filtres chimiques utilisés sont les suivants :

- HOMOSALATE
- ETHYLHEXYL SALICYLATE
- METHYLENE BIS-BENZOTRIAZOLYL TETRAMETHYLBUTYLPHENOL (NANO)
- BUTYL METHOXYDIBENZOYLMETHANE  
BIS-ETHYLHEXYLOXYPHENOL METHOXYPHENYL TRIAZINE

Il n'y a pas de filtre minéral dans cette formule.

L'acide hyaluronique apporte l'hydratation et la vitamine E possède une action antioxydante.<sup>70</sup>

- STRIVECTIN - Full Screen™ Broad Spectrum SPF 30



Figure 22 : STRIVECTIN - Full Screen™ Broad Spectrum SPF 30 (34,50€/45ml)

STRIVECTIN est une marque américaine de soins anti-âge utilisant des technologies innovantes. <sup>71</sup>

Cette crème contient de la provitamine D pour renforcer la barrière cutanée.

Ce solaire SPF30 offre une protection UVA/UVB large spectre.

Les filtres chimiques utilisés sont les suivants :

- AVOBENZONE
- HOMOSALATE
- OCTISALATE
- OCTOCRYLENE

Il n'y a pas de filtre minéral dans cette formule.

Le brevet NIA-114<sup>TM</sup> contient des extraits naturels et des vitamines pour défendre la peau contre les agresseurs nocifs. Ainsi les vitamines A, B et C nourrissent la peau, l'extrait de curcuma agit contre la pollution et les germes de riz protègent la peau des dommages de la lumière bleue. <sup>72</sup>

### 2.2.3. Apport de vitamine D

Selon le règlement (CE) N°1223/2009, la présence de cholécalciférol dans les produits cosmétiques est interdite dans l'Union Européenne. En effet, il s'agit d'une substance considérée comme susceptible de répondre aux critères CMR (cancérogénicité, mutagénicité, reprotoxicité) de catégorie 1A ou 1B. Ainsi, un produit CMR peut être à l'origine ou augmenter la fréquence de cancer et de mutations génétiques ou être toxique pour la reproduction.

Cependant, le Canada autorise l'utilisation de cholécalciférol dans les produits cosmétiques de manière restreinte, à hauteur d'une absorption quotidienne moyenne inférieure ou égale à 25 µg par jour. Les États-Unis et l'Australie autorisent également la présence de vitamine D dans les produits cosmétiques. <sup>73, 74, 75, 76, 77</sup>

Ainsi certaines marques cosmétiques de ces pays incluent directement la vitamine D dans leurs produits, sous l'INCI : CHOLECALFICEROL ou VITAMIN D.

- TRILIPIDERM - All-body moisture retention crème



*Figure 23 : TRILIPIDERM - All-body moisture retention crème (34,60€/237ml)*

TRILIPIDERM est une marque américaine experte des peaux sèches qui développe des formules biomimétiques c'est-à-dire avec des actifs qui viennent mimer les composants naturellement présents dans la peau.<sup>78</sup>

Cette crème contient de la vitamine D et le revendique sur son packaging.

Ce solaire SPF30 offre une protection UVA/UVB longue durée.

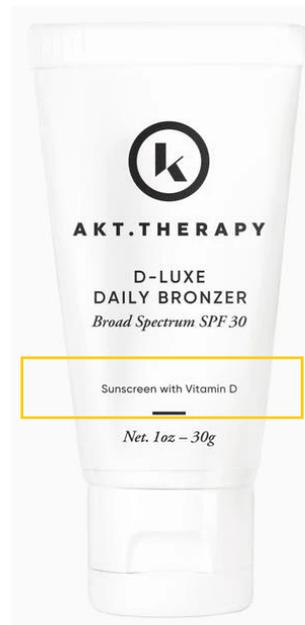
Les filtres chimiques utilisés sont les suivants :

- HOMOSALATE
- ETHYLHEXY METHOXYCINNAMATE
- BUTYL METHOXYDIBENZOYLMETHANE
- OCTOCRYLENE

Il n'y a pas de filtre minéral dans cette formule.

Il contient en plus des acides gras et des omégas issus d'huiles végétales qui nourrissent la peau.<sup>79</sup>

- AKT THERAPY - D-Luxe daily bronzer SPF 30



*Figure 24 : AKT THERAPY - D-Luxe daily bronzer SPF 30 (25,70€/30g)*

La marque américaine AKT THERAPY propose une gamme de protections solaires biologique et minérale.<sup>80</sup>

Cette crème est enrichie en vitamine D, indispensable pour maintenir le corps en bonne santé et renforcer le système immunitaire. La marque communique sur le fait que les écrans solaires, en filtrant les rayons du soleil, bloquent les UVB essentiels pour la synthèse endogène de la vitamine D.

Ce solaire est un quotidien SPF 30 qui contient un seul filtre minéral (ZINC OXIDE).

L'huile d'olive extra vierge apporte douceur et hydratation. L'oxyde de zinc, en plus de procurer la protection SPF, possède des propriétés antibactériennes et peut également contribuer à équilibrer l'apparence des rougeurs, des irritations et des inflammations dues aux dommages causés par les radicaux libres.<sup>81</sup>

- WAX HEAD - Zinc oxide vitamin D enhanced



*Figure 25 : WAX HEAD - Zinc oxide vitamin D enhanced (25,70€/118ml)*

WAX HEAD est une marque américaine spécialisée dans les produits de protection solaire. De la crème solaire aux vêtements protecteurs en passant par les compléments alimentaires, la marque propose plusieurs moyens de se protéger de manière saine et éco-responsable. <sup>82</sup>

Cette crème contient de la vitamine D naturelle. Selon la marque « L'application topique permet à la vitamine D3 d'aller directement dans la peau sans se métaboliser dans le corps. »

Ce solaire SPF 35 contient un seul filtre minéral (ZINC OXIDE).

Il contient de la vitamine E lui procurant une protection antioxydante. <sup>83</sup>

- KABANA - Green Screen® D Organic Sunscreen SPF 35



*Figure 26 : KABANA - Green Screen® D Organic Sunscreen SPF 35 (33,60€/237ml)*

KABANA est une marque américaine de produits solaires et de soins biologiques.<sup>84</sup>

Green Screen D est enrichi en vitamine D3, 400 UI/once d'écran solaire, selon l'apport journalier recommandé aux États-Unis (USRDA). Kabana communique sur la capacité des écrans solaires à limiter la production de vitamine D et rappelle les conséquences des carences sur la santé. Green Screen se revendique comme le premier et seul produit de soin solaire biologique résolvant le problème de la synthèse de vitamine D.

Ce solaire SPF 35 contient un seul filtre minéral (ZINC OXIDE).

Ce produit ne contient pas d'autres actifs d'intérêt, uniquement des agents de texture et des conservateurs.<sup>85</sup>

- OCEAN POTION - Protect & Nourish SPF 50



*Figure 27 : OCEAN POTION - Protect & Nourish SPF 50 (7€/117ml)*

OCEAN POTION est une marque américaine spécialisée dans les produits solaires.

Ocean Potion® Protect & Nourish est enrichi en **vitamine D** et offre une protection solaire UVA/UVB tout en gardant une peau saine. Son format spray permet une couverture uniforme et un séchage instantané.

Ce solaire SPF50 offre une protection UVA/UVB large spectre.

Les filtres chimiques utilisés sont les suivants :

- AVOBENZONE
- HOMOSALATE
- OCTISALATE
- OCTOCRYLENE

Il n'y a pas de filtre minéral dans cette formule.

Ce produit ne contient pas d'autres actifs d'intérêt, uniquement des agents de texture et des conservateurs. <sup>86,87</sup>

#### 2.2.4. Ingrédients riches en vitamine D

Une alternative est d'ajouter des ingrédients riches en vitamine D afin de compléter l'apport journalier.

- MARA - Sérum solaire au chou marin



*Figure 28 : MARA - Sérum solaire au chou marin (96€/30ml)*

La marque américaine MARA développe des produits infusés d'algues de mer.<sup>88</sup>

Ce sérum contient de l'huile de moringa, un superaliment miracle riche en vitamine D. Il apparaît sous la dénomination MORINGA OLEIFERA SEED OIL dans la liste INCI.

Ce solaire quotidien SPF 30 contient un seul filtre minéral (ZINC OXIDE) conférant une protection UVA/UVB large spectre.

L'association d'algues et de zinc protège contre les dommages causés par les UV. Les choux de mer bleus, les graines de chanvre et de moringa riche en vitamine C apporte l'hydratation nécessaire. Les plantes maritimes apaisent et réduisent les rougeurs, tandis que le mélange d'algues protège la peau de la lumière bleue, de la pollution et du photovieillessement. Enfin l'huile de pépins de framboise renforce la protection et l'élasticité de la peau.<sup>89</sup>

### 2.2.5. Filtration sélective des rayons solaires

Enfin, des technologies agissent directement sur la cause du blocage de la synthèse de vitamine D c'est-à-dire la filtration UV. En jouant sur le ratio de filtres UVA/UVB ou en choisissant des filtres spéciaux, les marques détournent le problème et permettent ainsi la production endogène de vitamine D.

- COLLISTAR - Lait Spray Bronzant Hydratant SPF 30



*Figure 29 : COLLISTAR - Lait Spray Bronzant Hydratant SPF 30 (34,10€/200ml)*

La marque italienne COLLISTAR est l'une des plus vendues en Italie. Elle propose des formules associant efficacité, tolérance, respect de la peau et de l'environnement.<sup>90</sup>

Ce spray est doté de la SMART SUN PROTECTION®, un système filtrant provitamine D innovant qui « stoppe uniquement les rayons nocifs ». Selon une étude scientifique, la production de vitamine D serait favorisée par l'augmentation de la protection UVA. Ainsi, la proportion entre les filtres est modifiée de manière à obtenir une synthèse de vitamine D optimale.

Ce solaire SPF30 offre une protection UVA/UVB large spectre.

Les filtres chimiques utilisés sont les suivants :

- DIETHYLAMINO HYDROXYBENZOYL HEXYL BENZOATE
- ETHYLHEXYL SALICYLATE
- BIS-ETHYLHEXYLOXYPHENOL METHOXYPHENYL TRIAZINE
- DIETHYLHEXYL BUTAMIDO TRIAZONE
- ETHYLHEXYL TRIAZONE

Il n'y a pas de filtre minéral dans cette formule.

L'Unipertan, un complexe spécial à base d'extrait de carotte et de bêta-carotène, accélère et intensifie la pigmentation de la peau. La vitamine E et les betaglucanes possèdent des effets anti-âge et énergisants. Enfin certains actifs lui confèrent des propriétés hydratantes et nourrissantes. <sup>91,92</sup>

- SOLAR D SUNSCREEN - Everyday active



*Figure 30 : SOLAR D SUNSCREEN - Everyday active (9,70€/100ml)*

Ce solaire SPF50 offre une protection UVA/UVB large spectre.

Les filtres chimiques utilisés sont les suivants :

- DIETHYLAMINO HYDROXYBENZOYL HEXYL BENZOATE
- BUTYL METHOXYDIBENZOYLMETHANE
- OCTOCRYLENE
- HOMOSALATE
- OXYL SALICYLATE

Il n'y a pas de filtre minéral dans cette formule.

La marque australienne SOLAR a breveté une technologie de filtrage UVB sélectif, c'est-à-dire que la crème laisse passer une partie des rayons UVB permettant ainsi la synthèse naturelle de vitamine D tout en offrant une protection complète.

Cette technologie permet donc le passage des longueurs d'onde responsables de la synthèse de la vitamine D (environ 290 à 310 nm) tout en filtrant de manière efficace les longueurs d'onde nocives et indésirables (environ 315 à 380 nm). Voici une image retrouvée sur le site de la marque pour communiquer sur l'efficacité de leurs filtres. <sup>93</sup>

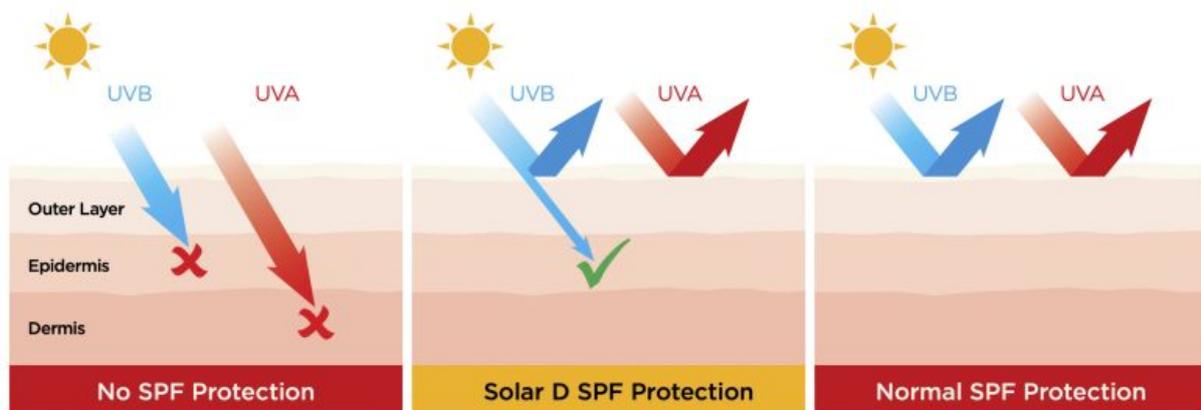


Figure 31 : Mécanisme d'action de la technologie de Solar D

La marque se base sur une publication scientifique spécialisée : « Nouvelle approche pour développer des écrans solaires optimisés qui permettent la formation cutanée de vitamine D avec un risque minimal d'érythème » et avance des preuves selon lesquelles un écran solaire peut optimiser la production de prévitamine D3 tout en conservant son facteur de protection solaire. <sup>93,94</sup>

- SUMMER READY - Vitamin D Promoting Sunscreen SPF30



*Figure 32 : SUMMER READY - Vitamin D Promoting Sunscreen SPF30 (22€/118ml)*

Ce solaire SPF30 offre une protection UVA/UVB large spectre.

Les filtres chimiques utilisés sont les suivants :

- HOMOSALATE
- AVOBENZONE
- OCTISALATE
- OCTOCRYLENE

Il n'y a pas de filtre minéral dans cette formule.

SUMMER READY utilise une technologie brevetée (US20110268678) qui permet également le passage des UVB pour permettre la synthèse endogène de vitamine D sans compromettre la protection solaire. <sup>95</sup>

Ce brevet englobe les molécules sélectionnées dans le groupe suivant : Meradimate, Sulisobenzone, Uvinul A Plus, Benzophenone-9, Oxybenzone, Mexenon, Ecamsule, Octocrylene, Avobenzon, Eusolex 8020, Polysilicone-15, Bisdisulizole disodium, PEG-25 PABA, Homosalate, Octisalate ainsi que des sels, des mélanges et des métabolites. <sup>96</sup>

Une étude réalisée en 2016 a permis de tester la capacité des crèmes Summer Ready Vitamin Promoting à laisser passer une partie des rayons UVB par rapport à quatre autres grandes marques.

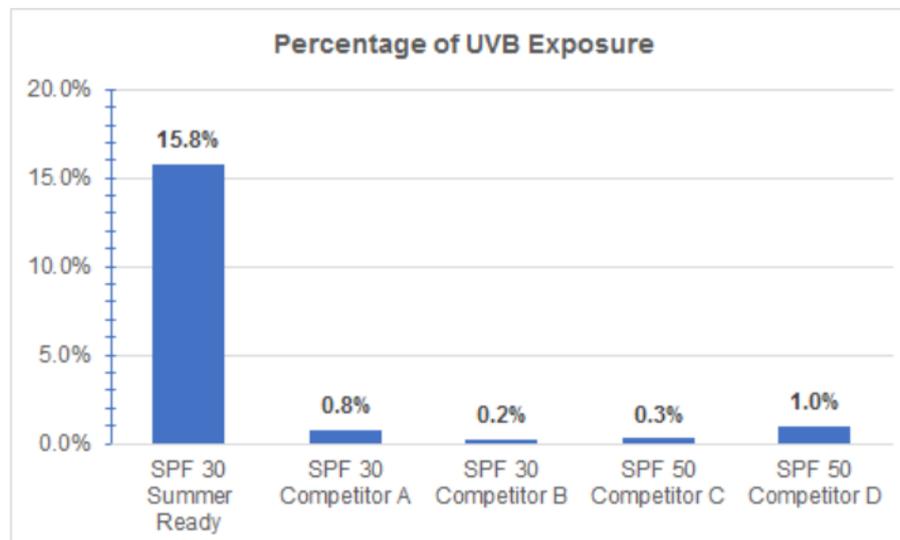
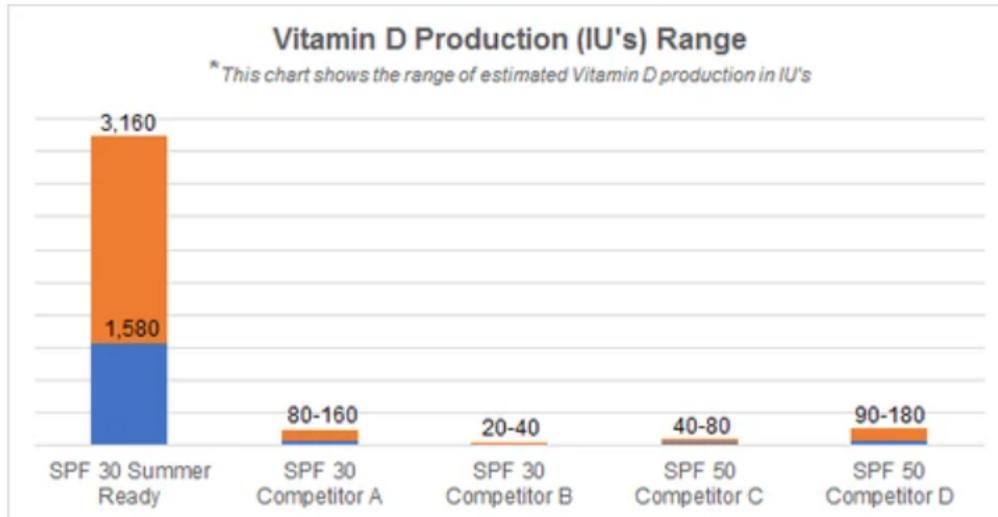


Figure 33 : Pourcentage d'exposition aux UVB

D'après ce graphique, SUMMER READY permet une transmission des UVB de 15,8% contre moins de 1% pour les quatre autres marques.

Dans une autre étude in vitro, l'impact de cette exposition aux UVB sur la capacité de notre corps à produire potentiellement de la vitamine D a été évalué. L'apport en vitamine D est généralement mesuré en unités internationales (UI). Une dose MED (le temps qu'il faut pour que la peau commence à devenir rouge) de la lumière du soleil d'été en milieu de journée exposée directement sur la majeure partie du corps d'une personne d'âge moyen avec une peau caucasienne saine entraînera généralement la production de 10 000 à 20 000 UI de vitamine D.



*Figure 34 : Estimation de la quantité de vitamine D produite*

Sur la base de ces deux études, nous pouvons calculer que l'exposition d'une personne d'âge moyen avec une peau caucasienne saine à une dose MED de soleil d'été en milieu de journée devrait entraîner la production de vitamine D par la peau en utilisant tous les écrans solaires échantillonnés. Cependant, la gamme de résultats diffère considérablement selon les écrans solaires échantillonnés, ce qui montre que la formule de promotion de la vitamine D Summer Ready laisse passer un plus grand pourcentage d'UVB permettant la production de la vitamine D sans modifier le facteur de protection solaire (SPF).



## Conclusions générales

Les consommateurs sont à la recherche d'un produit solaire permettant de les protéger des dangers à court et long termes du soleil mais qui n'empêche pas pour autant la synthèse de la vitamine D, indispensable pour l'immunité et le bon fonctionnement du corps.

Face à cette dualité, les marques ont intégré des actifs favorisant cette synthèse et ont adapté la communication de leurs produits afin de répondre aux attentes des consommateurs.

Les stratégies adoptées sont dans un premier temps d'apporter des actifs comme la Vederine et le WhitepeoD qui activent le récepteur de la vitamine D, améliorant ainsi la fonction barrière de la peau.

Une des alternatives proposées également est d'apporter un précurseur de la vitamine D, le 7-déhydrocholesterol qui sera ensuite métabolisé en vitamine D sous l'action des UV.

Certaines marques ont fait le choix d'ajouter directement de la vitamine D mais cela reste limité aux marques américaines, canadiennes et australiennes puisque la réglementation européenne l'interdit.

Enfin les dernières solutions, moins répandues, consistent à intégrer des ingrédients riches en vitamine D dans la formule, ou encore d'adopter des technologies de filtration sélective des rayonnements UV.

Ainsi les consommateurs ont un large choix de produits solaires favorisant la synthèse de la vitamine D et n'auront plus à faire un choix entre se protéger des rayonnements solaires ou atteindre une synthèse suffisante de vitamine D.

Pour les réfractaires à cette nouvelle offre solaire, la dernière possibilité reste encore l'assimilation de vitamine D exogène par l'alimentation ou la supplémentation.



## Bibliographie/Référence

- (1) *Soleil*. <https://www.soleil.info/articles/42aaga87ot-le-spectre-solaire>. Consulté le 2 novembre 2021.
- (2) Meunier L. Rayonnement solaire : bases physiques, effet cutanés biologiques et cliniques. *EMC - Cosmétologie Dermatologie esthétique*. 2012;7(12):50-020-B-40.
- (3) Seckmeyer, Gunther, et al. « Variability of UV Irradiance in Europe ». *Photochemistry and Photobiology*, vol. 84, no 1, 2008, p. 172-79. Wiley Online Library, <https://doi.org/10.1111/j.1751-1097.2007.00216.x>.
- (4) Altitude - Définitions, synonymes, conjugaison, exemples | Dico en ligne Le Robert. <https://dictionnaire.lerobert.com/definition/altitude>. Consulté le 2 novembre 2021.
- (5) Latitude - Définitions, synonymes, conjugaison, exemples | Dico en ligne Le Robert. <https://dictionnaire.lerobert.com/definition/latitude>. Consulté le 2 novembre 2021.
- (6) Chadyšienė, Renata, et Aloyzas Girgždys. « ULTRAVIOLET RADIATION ALBEDO OF NATURAL SURFACES ». *JOURNAL OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING AND LANDSCAPE MANAGEMENT*, vol. 16, no 2, juin 2008, p. 83-88. DOI.org (Crossref), <https://doi.org/10.3846/1648-6897.2008.16.83-88>.
- (7) Rayonnement ultraviolet. [https://www.who.int/fr/news-room/q-a-detail/ultraviolet-\(uv\)-radiation](https://www.who.int/fr/news-room/q-a-detail/ultraviolet-(uv)-radiation). Consulté le 3 novembre 2021.
- (8) Dermato-info.fr, Comité de rédaction SFD. Site grand public de la Société Française de Dermatologie. 4 novembre 2021, [https://2019.dermato-info.fr/article/Un organe multifonction](https://2019.dermato-info.fr/article/Un_organe_multifonction).
- (9) undf. « Histologie et histophysiologie de la peau et ses annexes ». cedef.org, <https://undf.cedef.org//fr/document/Histologie-et-histophysiologie-de-la-peau-et-ses-annexes>. Consulté le 4 novembre 2021.
- (10) l'Essonne, Banque des savoirs du Conseil général de. Schéma de la peau. <http://www.savoirs.essonne.fr/sections/ressources/dessins-schemas/photo/schema-de-la-peau/?cHash=94a809101c3e9929204d700423bb6d4f>. Consulté le 4 novembre 2021.
- (11) « Anatomie fonctionnelle de la peau - ». microbiologiemedicale.fr, <https://microbiologiemedicale.fr/peau-anatomie/>. Consulté le 4 novembre 2021.
- (12) *Rayonnement solaire - [Biologie de la peau]*. <https://biologiedelapeau.fr/spip.php?mot168>. Consulté le 8 novembre 2021.
- (13) *Rapport de l'Afssse relatif à : Rayonnements ultraviolets - État des connaissances sur l'exposition et les risques sanitaires* | Anses - Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail. <https://www.anses.fr/fr/content/rapport-de-lafsse-relatif-%C3%A0-rayonnements-ultraviolets-%C3%A9tat-des-connaissances-sur-lexpositi-0>. Consulté le 8 novembre 2021.

- (14) Masson, Elsevier. « Rayonnement solaire : aspects fondamentaux ». EM-Consulte, <https://www.em-consulte.com/article/1263790/rayonnement-solaire-aspects-fondamentaux>. Consulté le 10 novembre 2021.
- (15) Chromophore : Définition simple et facile du dictionnaire. <https://www.linternaute.fr/dictionnaire/fr/definition/chromophore/>. Consulté le 12 avril 2022.
- (16) Biniek, Krysta, et al. « Solar UV radiation reduces the barrier function of human skin ». Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, vol. 109, no 42, octobre 2012, p. 17111-16. PubMed Central, <https://doi.org/10.1073/pnas.1206851109>.
- (17) Panich, Uraiwan, et al. « Ultraviolet Radiation-Induced Skin Aging: The Role of DNA Damage and Oxidative Stress in Epidermal Stem Cell Damage Mediated Skin Aging ». Stem Cells International, vol. 2016, 2016, p. 7370642. PubMed Central, <https://doi.org/10.1155/2016/7370642>.
- (18) Deparois M. LES EFFETS DES RAYONNEMENTS ULTRAVIOLETS SUR LA PEAU : LES CONSEILS DU PHARMACIEN D ' OFFICINE. Published online 2014.
- (19) Hruza, Luciann Lisi, et Alice P. Pentland. « Mechanisms of UV-Induced Inflammation ». Journal of Investigative Dermatology, vol. 100, no 1, Supplement, janvier 1993, p. S35-41. ScienceDirect, <https://doi.org/10.1038/jid.1993.21>.
- (20) Clydesdale, Gavin J., et al. « Ultraviolet Light Induced Injury: Immunological and Inflammatory Effects ». Immunology & Cell Biology, vol. 79, no 6, 2001, p. 547-68. Wiley Online Library, <https://doi.org/10.1046/j.1440-1711.2001.01047.x>.
- (21) Sklar, Lindsay R., et al. « Effects of Ultraviolet Radiation, Visible Light, and Infrared Radiation on Erythema and Pigmentation: A Review ». Photochemical & Photobiological Sciences, vol. 12, no 1, décembre 2012, p. 54-64. pubs.rsc.org, <https://doi.org/10.1039/C2PP25152C>.
- (22) Agence Française de Sécurité Sanitaire et Environnementale - *Évaluation des risques liés à l'exposition aux ultraviolets*, Mai 2005
- (23) « Télangiectasie - Symptômes, Risques et Traitements ». <https://www.passeportsante.net/>, 28 juillet 2016, <https://www.passeportsante.net/fr/Maux/Problemes/Fiche.aspx?doc=telangiectasie>.
- (24) Praetorius, Christian, et al. « Sun-Induced Freckling: Ephelides and Solar Lentigines ». Pigment Cell & Melanoma Research, vol. 27, no 3, 2014, p. 339-50. Wiley Online Library, <https://doi.org/10.1111/pcmr.12232>.
- (25) Passeron, Thierry, et Mauro Picardo. « Melasma, a Photoaging Disorder ». Pigment Cell & Melanoma Research, vol. 31, no 4, 2018, p. 461-65. Wiley Online Library, <https://doi.org/10.1111/pcmr.12684>.

- (26) Biniek, Krysta, et al. « Solar UV radiation reduces the barrier function of human skin ». Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, vol. 109, no 42, octobre 2012, p. 17111-16. PubMed Central, <https://doi.org/10.1073/pnas.1206851109>.
- (27) Rittié, Laure, et Gary J. Fisher. « Natural and Sun-Induced Aging of Human Skin ». Cold Spring Harbor Perspectives in Medicine, vol. 5, no 1, janvier 2015, p. a015370. PubMed Central, <https://doi.org/10.1101/cshperspect.a015370>.
- (28) Kammeyer, A., et R. M. Luiten. « Oxidation Events and Skin Aging ». Ageing Research Reviews, vol. 21, mai 2015, p. 16-29. ScienceDirect, <https://doi.org/10.1016/j.arr.2015.01.001>.
- (29) Weihermann, A. C., et al. « Elastin Structure and Its Involvement in Skin Photoageing ». International Journal of Cosmetic Science, vol. 39, no 3, 2017, p. 241-47. Wiley Online Library, <https://doi.org/10.1111/ics.12372>.
- (30) Dermato-Info. « les kératoses actiniques ». dermatoinfo.fr, <https://dermatoinfo.fr/fr/les-maladies-de-la-peau/la-k%C3%A9ratose-actinique>. Consulté le 17 novembre 2021.
- (31) Dermato-Info. « les carcinomes ». dermatoinfo.fr, <https://dermatoinfo.fr/fr/la-peau-des-seniors/les-carcinomes>. Consulté le 17 novembre 2021.
- (32) Dermato-Info. « les mélanomes ». dermatoinfo.fr, <https://dermatoinfo.fr/fr/la-peau-des-seniors/les-m%C3%A9lanomes>. Consulté le 17 novembre 2021.
- (33) Vitamine D : pourquoi et comment assurer un apport suffisant ? | Anses - Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail. <https://www.anses.fr/fr/content/vitamine-d-pourquoi-et-comment-assurer-un-apport-suffisant>. Consulté le 22 novembre 2021.
- (34) Le rachitisme : une maladie du développement de l'enfant – Laboratoire PediAct. <https://www.pediact.com/rachitisme-maladie-developpement-enfant/>, <https://www.pediact.com/rachitisme-maladie-developpement-enfant/>. Consulté le 23 février 2022.
- (35) « L'Ostéomalacie - Symptômes, Risques, Traitements ». <https://www.passeportsante.net/>, 26 juillet 2016, <https://www.passeportsante.net/fr/Maux/Problemes/Fiche.aspx?doc=osteomalacie>.
- (36) INCA 3 : Evolution des habitudes et modes de consommation, de nouveaux enjeux en matière de sécurité sanitaire et de nutrition | Anses - Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail. <https://www.anses.fr/fr/content/inca-3-evolution-des-habitudes-et-modes-de-consommation-de-nouveaux-enjeux-en-mati%C3%A8re-de>. Consulté le 23 février 2022.
- (37) Vanchinathan, Veena, et Henry W. Lim. « A Dermatologist's Perspective on Vitamin D ». Mayo Clinic Proceedings, vol. 87, no 4, avril 2012, p. 372-80. PubMed Central, <https://doi.org/10.1016/j.mayocp.2011.12.010>.

- (38) Masson, Elsevier. « Supplémentation en vitamine D : pourquoi ? Comment ? Qui ? Et avec quoi ? » EM-Consulte, <https://www.em-consulte.com/article/797927/supplementation-en-vitamine-d-pourquoi-comment-qui>. Consulté le 26 novembre 2021.
- (39) «  Phototype : définition et explications ». Techno-Science.net, <https://www.techno-science.net/definition/8680.html>. Consulté le 12 janvier 2022.
- (40) Matsuoka, L. Y., et al. « Sunscreens Suppress Cutaneous Vitamin D3 Synthesis ». The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism, vol. 64, no 6, juin 1987, p. 1165-68. PubMed, <https://doi.org/10.1210/jcem-64-6-1165>.
- (41) Diehl, Joseph W., et Melvin W. Chiu. « Effects of Ambient Sunlight and Photoprotection on Vitamin D Status ». Dermatologic Therapy, vol. 23, no 1, 2010, p. 48-60. Wiley Online Library, <https://doi.org/10.1111/j.1529-8019.2009.01290.x>.
- (42) Optimiser la vitamine D des cosmétiques : le nouveau nectar cellulaire pour une peau puissance D - Actus. <https://cosmeticobs.com/fr/articles/actus-59/optimiser-la-vitamine-d-des-cosmetiques-le-nouveau-nectar-cellulaire-pour-une-peau-puissance-d-5853>. Consulté le 29 novembre 2021.
- (43) L'Hypovitaminose D, Hôpitaux Universitaires Genève [https://www.hug.ch/sites/interhug/files/structures/medecine\\_de\\_premier\\_recours/Strategie\\_s/strategie\\_hypovitaminosed.pdf](https://www.hug.ch/sites/interhug/files/structures/medecine_de_premier_recours/Strategie_s/strategie_hypovitaminosed.pdf). Consulté le 29 novembre 2021.
- (44) Vitamins, Minerals, and Supplements Consumer: Incl Impact of COVID-19 - US - August 2020: Contents. <https://reports.mintel.com/display/1036535/>. Consulté le 29 novembre 2021.
- (45) Mintel Portal | Connexion. <https://portal.mintel.com/portal/login?next=https%3A%2F%2Freports.mintel.com%2F%3Flogon%26start%3Ddisplay%26id%3D1038223>. Consulté le 29 novembre 2021.
- (46) Mintel Portal | Connexion. <https://portal.mintel.com/portal/login?next=https%3A%2F%2Freports.mintel.com%2F%3Flogon%26start%3Ddisplay%26id%3D1057339>. Consulté le 29 novembre 2021.
- (47) Lee, John H., et al. « Vitamin D Deficiency: An Important, Common, and Easily Treatable Cardiovascular Risk Factor? » Journal of the American College of Cardiology, vol. 52, no 24, décembre 2008, p. 1949-56. ScienceDirect, <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2008.08.050>.
- (48) VEDERINE®, Les bienfaits restructurants d'un actif " vitamine D-like " (Cosmétique / Soin de la peau). [https://www.silab.fr/produit-83-vederine\\_fra.html](https://www.silab.fr/produit-83-vederine_fra.html). Consulté le 29 novembre 2021.
- (49) HELIOCARE | Cantabria Labs. 29 août 2019, <https://www.cantabrialabs.com/en/our-brands/heliocare/>.

- (50) Heliocare Heliocare 360° MD AK fluid SPF 100+ - HDP Medical. <https://hdpmedical.be/fr/produits/heliocare/360/heliocare-360-md-ak-fluid-spf-100-137/>. Consulté le 29 novembre 2021.
- (51) print, Pierre Fabre digital finger. Pour la santé des peaux sensibles. <https://www.eau-thermale-avene.fr/a/engages-pour-faire-progresser-la-dermatologie-et-pour-ameliorer-la-qualite-de-vie-des-peaux-sensibles>. Consulté le 28 janvier 2022.
- (52) print, Pierre Fabre digital finger. Soins solaires - Peaux sensibles SunsiStick KA SPF 50+ | Eau Thermale Avène. <https://www.eau-thermale-avene.fr/p/sunsiStick-ka-spf-50>. Consulté le 29 novembre 2021.
- (53) « THE COMPANY'S PROFILE ». Froika, <https://froika.com/en/the-companys-profile/>. Consulté le 28 janvier 2022.
- (54) PREMIUM SUNSCREEN SPF 30 - Froika. <https://froika.com/en/portfolio/premium-sunscreen-spf-30-3/>. Consulté le 29 novembre 2021.
- (55) « MARQUE ». Laboratoires DermEden, <https://dermeden.com/pages/marque>. Consulté le 28 janvier 2022.
- (56) « PROTECT ANTI-UV | DD CREAM SPF 50 TEINTE MEDIUM ». Laboratoires DermEden, <https://dermeden.com/products/creme-universelle-daily-defense-spf-50>. Consulté le 29 novembre 2021.
- (57) Dermo Cosmétique des Peaux Noires - Notre Expertise - IN'OYA. <https://inoya-laboratoire.com/fr/info/notre-expertise.html>. Consulté le 28 janvier 2022.
- (58) Crème Solaire pour Peau Noire & Mate (SPF 50) - IN'OYA. <https://inoya-laboratoire.com/fr/sun-oya-solaire/mon-fluide-solaire-spf50.html>. Consulté le 29 novembre 2021.
- (59) « WhitepeoD ». Interactifs, 16 juin 2020, <http://www.interactifs-aceto.com/fr/2020/06/16/whitepeod/>.
- (60) « Giannis Anastasiou ». Endeavor, <https://endeavor.org.gr/entrepreneurs/giannis-anastasiou/>. Consulté le 28 janvier 2022.
- (61) FREZYDERM Écran Solaire Vitamine D Like Skin Avantages Fluide à Poudre SPF50 50 ml. <https://fr.phavory.com/vendors/frezyderm/frezyderm-sun-screen-fluid-to-powder-spf50-50ml.htm>. Consulté le 29 novembre 2021.
- (62) [https://www.clr-berlin.com/products/multimoist-clr/?gclid=Cj0KCOQiAtJeNBhCVARIsANJUJ2FLRQ3DpLi2p19148d4arjSeBuWHHCgYfPkcJYWW9VrX8VDfX\\_rpBkaAvb6EALw\\_wcB](https://www.clr-berlin.com/products/multimoist-clr/?gclid=Cj0KCOQiAtJeNBhCVARIsANJUJ2FLRQ3DpLi2p19148d4arjSeBuWHHCgYfPkcJYWW9VrX8VDfX_rpBkaAvb6EALw_wcB). Consulté le 30 novembre 2021.
- (63) new-layer.com. « Sonne ». NEW LAYER, <https://new-layer.com/de/collections/sunscreen>. Consulté le 28 janvier 2022.

- (64) new-layer.com. « Pro Vitamin D Sonnencreme LSF50+ ». NEW LAYER, <https://new-layer.com/de/products/pro-vitamin-d-sunscreen-spf50>. Consulté le 30 novembre 2021.
- (65) About OSKIA, MSM & Skin Nutrition | Oskia Skincare, London. <https://www.oskiaskincare.com/ABOUT-OSKIA/>. Consulté le 28 janvier 2022.
- (66) SPF 30 Vitamin Face Cream | Products | Oskia Skincare, London. <https://www.oskiaskincare.com/products/spf30-facecream/>. Consulté le 30 novembre 2021.
- (67) « THE BRAND ». Inalia Natural Cosmetics, <https://www.inalia.gr/en/25a/>. Consulté le 28 janvier 2022.
- (68) « Vitamin – Rich Face Sunscreen Cream SPF 50 / Very High Protection ». Inalia Natural Cosmetics, <https://www.inalia.gr/en/proionta/vitamin-rich-face-sunscreen-cream-spf-50/>. Consulté le 28 janvier 2022.
- (69) « Nuestro Lab ». Sensilis, <https://sensilis.com/nuestro-lab/>. Consulté le 28 janvier 2022.
- (70) « Soin pour le visage anti-âge fluide SPF50+ ». Sensilis, <https://sensilis.com/fr/producto/soin-pour-le-visage-anti-age-fluide-spf50/>. Consulté le 30 novembre 2021.
- (71) « StriVectin ». Luxe en France, 14 novembre 2016, <https://www.luxe-en-france.com/2016/11/14/strivectin/>.
- (72) StriVectin Full Screen™ Broad Spectrum SPF 30 Illuminating Finish. <https://www.strivectin.com>. Consulté le 3 décembre 2021.
- (73) EUR-Lex - 32009R1223 - EN - EUR-Lex. <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2009/1223/oj/fra>. Consulté le 3 décembre 2021.
- (74) Substance Information - ECHA. <https://echa.europa.eu/fr/substance-information/-/substanceinfo/100.000.612>. Consulté le 3 décembre 2021.
- (75) Canada, Health. Cosmetic Ingredient Hotlist. 18 juin 2004, <https://www.canada.ca/en/health-canada/services/consumer-product-safety/cosmetics/cosmetic-ingredient-hotlist-prohibited-restricted-ingredients/hotlist.html>.
- (76) CFR - Code of Federal Regulations Title 21. <https://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfcfr/cfrsearch.cfm?fr=184.1950>. Consulté le 3 décembre 2021.
- (77) IMAP - Calciferols: Human health tier II assessment. [https://www.industrialchemicals.gov.au/sites/default/files/Calciferols\\_Human%20health%20tier%20II%20assessment.pdf](https://www.industrialchemicals.gov.au/sites/default/files/Calciferols_Human%20health%20tier%20II%20assessment.pdf). Consulté le 3 décembre 2021
- (78) « Our Essence ». Trilipiderm, <https://trilipiderm.com/pages/our-essence>. Consulté le 30 janvier 2022.

- (79) « All-Body Moisture Retention Crème Broad Spectrum SPF 30 ». Trilipiderm, <https://trilipiderm.com/products/trilipiderm-broad-spectrum-spf-30-8oz-pump>. Consulté le 3 décembre 2021.
- (80) « The Brands We Carry ». Stratum Aesthetics, <https://stratumaesthetics.com/pages/the-brands-we-carry>. Consulté le 30 janvier 2022.
- (81) « D-Luxe Daily Bronzer SPF 30 ». Milk and Honey Brow Bar, <https://www.milkandhoneybrowbar.ca/products/d-luxe-daily-bronzer>. Consulté le 3 décembre 2021.
- (82) « About Waxhead Sunscreen | The Family Behind the Brand ». Waxhead Sun Defense, <https://gowaxhead.com/pages/about-us>. Consulté le 30 janvier 2022.
- (83) « Zinc Oxide Sunscreen - Vitamin Enriched ». Waxhead Sun Defense, <https://gowaxhead.com/products/zinc-oxide-sunscreen-vitamin-d>. Consulté le 3 décembre 2021.
- (84) Kabana's Mission and Values | Kabana Organic Skin Care. <https://kabanaskincare.com/>, <https://kabanaskincare.com/kabanas-mission-and-values/>. Consulté le 30 janvier 2022.
- (85) Green Screen® D Organic Sunscreen SPF 35 Original – Soy-Free | Kabana Organic Skin Care. <https://kabanaskincare.com/products/green-screen-d-organic-sunscreen-spf-35/>. Consulté le 3 décembre 2021.
- (86) Mintel Portal | Connexion. [https://portal.mintel.com/portal/login?next=https%3A%2F%2Fwww.gnpd.com%2Fsinatra%2Frecordpage%2F3253423%2Ffrom\\_search%2Fzrq1e3xM6X%2F%3Fpage%3D1](https://portal.mintel.com/portal/login?next=https%3A%2F%2Fwww.gnpd.com%2Fsinatra%2Frecordpage%2F3253423%2Ffrom_search%2Fzrq1e3xM6X%2F%3Fpage%3D1). Consulté le 3 décembre 2021.
- (87) Ocean Potion 60147 100080287 | Home Hardware Center. <https://www.homehardwarecenter.com/BCT/-Ocean-Potion-60147->. Consulté le 12 avril 2022.
- (88) « Our Story ». MARA, <https://themarabeauty.com/pages/our-story>. Consulté le 30 janvier 2022.
- (89) « Sea Kale Sunscreen Sérum ». MARA, <https://themarabeauty.com/products/algae-zinc-sea-kale-sunscreen-serum>. Consulté le 3 décembre 2021.
- (90) La Marque Collistar | Collistar. <https://www.collistar.com/fr/la-marque-collistar/>. Consulté le 30 janvier 2022.
- (91) LAIT SPRAY BRONZANT HYDRATANT SPF 30 Collistar | Acheter en ligne. <https://www.collistar.com/fr/lait-spray-bronzant-hydratant-spf-30-61238.html>. Consulté le 3 décembre 2021.

- (92) « COLLISTAR REINVENTA LA PROTEZIONE SOLARE CON SMART SUN PROTECTION ». Chi è Chi Online, 7 avril 2021, <https://www.crisalidepress.it/collistar-reinventa-la-protezione-solare-con-smart-sun-protection/>.
- (93) « Science & Patents ». Solar D, 11 septembre 2018, <https://solar-d.com/science-patents/>.
- (94) Kockott, Dieter, et al. « New Approach to Develop Optimized Sunscreens That Enable Cutaneous Vitamin D Formation with Minimal Erythema Risk ». PLOS ONE, vol. 11, no 1, janvier 2016, p. e0145509. PLoS Journals, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0145509>.
- (95) « Summer Ready Vitamin D Promoting Sunscreen SPF30 ». Summer Ready, <https://summerreadyskin.com/products/summer-ready-vitamin-d-promoting-sunscreen>. Consulté le 6 décembre 2021.
- (96) Armstrong, Ernest T. Vitamin d Forming Sunscreen. US20110268678A1, <https://patents.google.com/patent/US20110268678A1/en>. Consulté le 6 décembre 2021.

## SERMENT DE GALIEN

*Je jure, en présence de mes maîtres de la Faculté, des conseillers de l'Ordre des pharmaciens et de mes condisciples :*

- ❖ D'honorer ceux qui m'ont instruit dans les préceptes de mon art et de leur témoigner ma reconnaissance en restant fidèle à leur enseignement.*
- ❖ D'exercer, dans l'intérêt de la santé publique, ma profession avec conscience et de respecter non seulement la législation en vigueur, mais aussi les règles de l'honneur, de la probité et du désintéressement.*
- ❖ De ne jamais oublier ma responsabilité et mes devoirs envers le malade et sa dignité humaine, 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, méprisé de mes confrères, si j'y manque.*