

Dioxyde de titane

Le **dioxyde de titane** ou **oxyde de titane (IV)** est un composé d'oxygène et de titane de formule TiO_2 présent dans la nature, et fabriqué industriellement.

C'est le pigment blanc PW6 du Colour Index, utilisé aussi fréquemment comme opacifiant pour les peintures et de nombreux autres produits. Il est aussi un photocatalyseur de réactions chimiques (testé ou utilisé dans certains systèmes de dépollution).

Longtemps réputé chimiquement inerte — il remplace la céruse, interdite à cause de sa toxicité —, le dioxyde de titane fait partie de la formulation de cosmétiques, de médicaments et d'aliments, mais l'Autorité européenne de sécurité des aliments ne le considère plus depuis 2021 comme « sûr en tant qu'additif alimentaire ». Il sert comme filtre ultraviolet dans des crèmes solaires sous sa forme nanoparticulaire, soupçonnée d'être écotoxique.

Dioxyde de titane



Oxyde de titane

Identification

Nom UICPA	Dioxyde de titane
Synonymes	C.I. 77891 C.I. Pigment White 6
N° CAS	13463-67-7 (rutile), 1317-70-0 (anatase)
N° ECHA	100.033.327 (http://echa.europa.eu/fr/substance-information/-/substanceinfo/100.033.327)
N° CE	236-675-5
PubChem	26042 (https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/26042)
N° E	E171
SMILES	O=[Ti]=O PubChem, vue 3D
InChI	InChI : vue 3D InChI=1S/2O.Ti InChIKey : GWEVSGVZZGPLCZ-UHFFFAOYSA-N
Apparence	poudre cristalline incolore à blanche.

Propriétés chimiques

Formule	TiO ₂
Masse molaire ¹	79,866 ± 0,002 g/mol O 40,07 %, Ti 59,93 %,

Propriétés physiques

T° fusion	1 855 °C [réf. souhaitée]
------------------	--

Sommaire

Polymorphes

[Anatase](#)

[Brookite](#)

[Rutile](#)

[Autres polymorphes](#)

[TiO₂ α](#)

[TiO₂ β](#)

Production

Applications

[Pigment](#)

[Catalyseur](#)

Toxicité et écotoxicité

[Cancérogénicité](#)

[Génotoxicité](#)

[Cinétique dans l'organisme](#)

[Passage transcutané du TiO₂](#)

[nanoparticulaire](#)

[Cinétique dans l'organisme, nanotoxicologie](#)

[Diffusion dans l'environnement et écotoxicité suspectée](#)

[En Europe](#)

[En France](#)

Liste non exhaustive des aliments qui contiennent du colorant E171

Voir aussi

[Articles connexes](#)

[Bibliographie](#)

[Revue d'études](#)

[Recommandations officielles](#)

[Filmographie](#)

[Liens externes](#)

Notes et références

Polymorphes

Anatase

L'[anatase](#) est un [minéral tétragonal](#), à [groupe d'espace](#)

T° 2 500 à 3 000 °C [réf. souhaitée]

ébullition

Solubilité Peu soluble dans [HF](#), [HNO₃](#) concentré, [H₂SO₄](#) concentré. Insoluble dans l'[eau](#), dans [HCl](#), [HNO₃](#) dilué, [H₂SO₄](#) dilué

Masse volumique 3,9–4,3 g cm⁻³ [réf. souhaitée]

Thermochimie

S⁰_{gaz, 1 bar} 260,14 J K⁻¹ mol⁻¹²

S⁰_{liquide, 1 bar} 72,32 J K⁻¹ mol⁻¹²

Δ_fH⁰_{gaz} -305,43 kJ mol⁻¹²

Δ_fH⁰_{liquide} -894,05 kJ mol⁻¹²

Δ_{fus}H° 11 400 calth mol⁻¹ [réf. souhaitée]

Cristallographie

Système cristallin [tétragonal](#) (rutile)

Classe cristalline ou groupe d'espace *P* 4₂/*mmn* (rutile)

Paramètres de maille *a* = 4,593 3 Å
c = 2,959 2 Å

Précautions

SGH⁵



SIMDUT⁶



D2A,

D2A : Matière très toxique ayant d'autres effets toxiques
cancérogénicité : CIRC groupe 2B

Divulgation à 0,1 % selon les critères de classification

Commentaires

Dans certains cas, cette classification ne s'applique pas. Nous vous invitons à [consulter la section](#)

« Questions liées à des substances spécifiques : dioxyde de titane, mélange

I4₁/amd, ayant pour paramètres de maille^{7,8} :

- $a = 3,785\ 2\ \text{Å}$;
- $c = 9,513\ 9\ \text{Å}$.

Elle a une densité théorique de 3,893. Chauffée au-delà de 700 °C, elle se transforme en rutile.

L'anatase fut isolée pour la première fois en 1791 par le révérend William Gregor dans le sable noir du Devon (Angleterre). En 1795, Martin Klaproth remarqua que ce produit était similaire aux traces que l'on trouvait dans le rutile.

Le brevet de fabrication industrielle fut déposé en 1917. La présence d'anatase est un des éléments que Walter Mac Crone utilisa pour démontrer que la carte du Vinland serait un faux document.

Brookite

De structure orthorhombique, groupe d'espace Pcab, ses paramètres de maille sont^{9,10} :

- $a = 5,455\ 8\ \text{Å}$;
- $b = 9,181\ 9\ \text{Å}$;
- $c = 5,142\ 9\ \text{Å}$.

Elle a une densité théorique de 4,120 et une densité généralement mesurée de 4,140.

Rutile

C'est un système réticulaire tétragonal, à groupe d'espace P 4/mnm ayant pour paramètres de maille^{11,12} :

- $a = 4,593\ 3\ \text{Å}$;
- $c = 2,959\ 2\ \text{Å}$.

Il a une densité théorique de 4,250 et la densité généralement mesurée est de 4,230.

Autres polymorphes

TiO₂ α

De structure rhomboédrique, ses paramètres de maille sont^{13,14} :

- $a = 0,513\ 3\ \text{Å}$;
- $c = 0,136\ 1\ \text{Å}$.

Elle a une densité théorique de 3,757 et une densité généralement mesurée de 3,640.

TiO₂ β

contenant du »

disponible sur le site Web de Santé Canada - Division SIMDUT.

Classification du CIRC

Groupe 2B : Peut-être cancérigène pour l'humain^{3,4}

Unités du SI et CNTP, sauf indication contraire.

De structure monoclinique, ses paramètres de maille sont^{15,16} :

- $a = 12,163 \text{ \AA}$;
- $b = 3,735 \text{ \AA}$;
- $c = 6,513 \text{ \AA}$;
- $\beta = 107,29^\circ$.

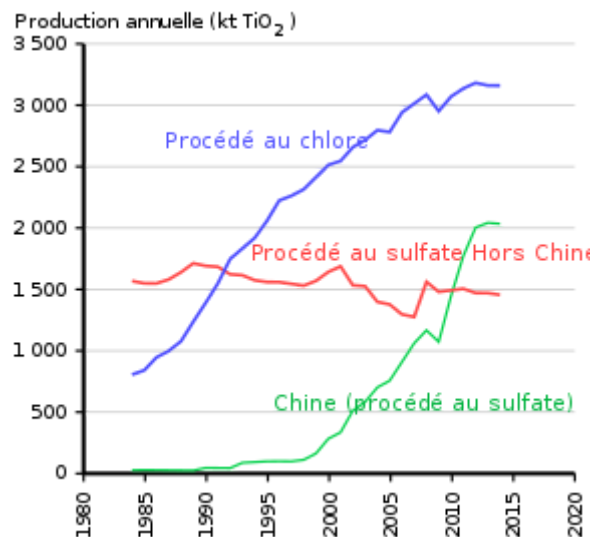
Elle a une densité théorique de 1,538 et une densité généralement mesurée de 4,6.

Production

Les minerais extraits ont une teneur en TiO_2 allant de 45 % (ilménites) à 95 % (rutiles). Disposant des plus gros gisements, l'Afrique du Sud et l'Australie assurent environ la moitié de l'extraction mondiale de minerai¹⁷.

On distingue deux procédés : le procédé au sulfate (de) destiné à la transformation des ilménites, et le procédé au chlore (de), transformant les rutiles, mais aussi les ilménites après une étape de transformation préalable. La forte croissance de la production chinoise a relancé le procédé au sulfate¹⁷.

En 2014, la consommation mondiale de dioxyde de titane atteint 5,5 millions de tonnes, soit plus du double de ce qu'elle était en 1980 (2,1 millions de tonnes environ). Les principaux producteurs mondiaux sont des entreprises chinoises et des multinationales comme Chemours, Huntsman, Cristal-MCH, Kronos International (de) et Tronox (en)¹⁷.



Évolution de la production mondiale de dioxyde de titane.

La demande et la production augmentaient assez linéairement jusqu'en 2017 où un incendie survenu en janvier dans une usine finlandaise Huntsman de Poti (Finlande) qui produisant 130 000 t/an, va provisoirement priver l'Europe de 10 % environ de ses approvisionnements. Le propriétaire a néanmoins confirmé le 17 mars 2017 un plan de fermeture de l'usine Tioxide-Calais, préparé depuis 2015¹⁸.

Applications

Pigment

Le blanc de titane, Pigment White 6 (PW6) ou CI 77891 du Colour Index, est utilisé pur comme pigment blanc et comme opacifiant. Le dioxyde de titane pigmentaire est généralement soumis à des traitements de surface destinés à améliorer certaines caractéristiques en vue d'un usage particulier. Ils consistent à revêtir chaque particule d'un produit organique ou minéral. On cherche notamment à améliorer ou à réduire l'hydrophilie, ou la résistance aux intempéries¹⁹.

Le pouvoir opacifiant d'un pigment blanc augmente avec l'indice de réfraction et la grosseur des particules. De tous les pigments blancs, le dioxyde de titane rutile a l'indice de réfraction le plus élevé, à 2,70. On peut donc préparer des pigments opaques au dioxyde de titane avec des particules plus fines qu'avec les autres substances (oxyde de zinc, lithopone, sulfate de baryum). On peut cependant fabriquer des pigments

dioxyde de titane transparents, avec des particules de 20 à 50 nm. Ils servent comme absorbants d'ultraviolet dans des cosmétiques ou pour la protection des bois, ou comme pigments opalescents. La taille optimale de la particule d'oxyde de titane d'un pigment blanc couvrant est de 200 à 240 nm. L'impression de blancheur dépend aussi de la taille des particules, les particules les plus fines diffusant plus de bleu. Par un phénomène d'azurage, un pigment peut sembler plus blanc, même si son pouvoir réfléchissant global est moindre. La forme anatase réfléchit nettement plus dans le bleu que la forme rutilé, et elle est livrée avec des particules plus fines²⁰.

Le dioxyde de titane peut entrer comme pigment dans la composition de peintures et de toutes sortes de substances :

- papier ;
- plastiques ;
- céramiques ;
- médicaments ;
- dentifrices ;
- chewing-gums ;
- fromage industriel ;
- pâtisserie ;
- confiserie ;
- crème solaire ;
- cosmétiques
- etc.

Catalyseur

La cristallinité et la dimension particulière du dioxyde de titane peuvent lui conférer une activité photocatalytique.

La forme anatase est seulement active dans la photocatalyse ayant une séparation de bandes (énergie de gap) de 3,2 eV. Hombikat UV-100 TiO₂ se compose de la forme anatase pure et ses particules ont une superficie de PARI d'environ 186 m²/g (en appliquant la théorie Brunauer, Emmett et Teller de l'adsorption des gaz pour la détermination de l'isotherme d'adsorption). Cependant, la majorité des investigations a été effectuée en utilisant Degussa P-25 TiO₂. Ce matériau se compose de 80 % d'anatase et 20 % de rutilé et a une surface spécifique de BET d'environ 55 m²/g. Le diamètre de ses particules se situe habituellement entre 25 et 35 nm^[réf. nécessaire].

On peut utiliser ce dioxyde pour :

- catalyser la dégradation de pesticides contenus dans l'eau, sous l'action des ultraviolets²¹ ;
- catalyser l'oxydation de NO₂ (polluant issu des pots d'échappement) en NO₃ (nitrites), par exemple, en l'introduisant dans l'enrobé routier²² ;
- associé à du platine, réduire sous l'action des ultraviolets du dioxyde de carbone dissous dans de l'eau en méthane avec émission de monoxyde de carbone²³.

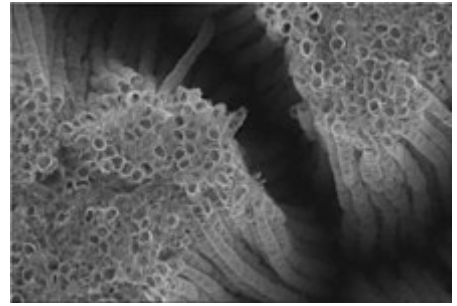
Toxicité et écotoxicité

Le dioxyde de titane n'est pas chimiquement toxique²⁴.

Comme pour la plupart des pulvérulents, les poussières de dioxyde de titane, de dimension micrométrique, sont source d'irritation oculaire et des voies respiratoires (irritation mécanique). Cet effet implique des dispositifs de protection, notamment pour l'emploi du pigment en poudre dans la préparation des peintures.

Les propriétés optiques et catalytiques du dioxyde de titane le font utiliser de plus en plus aux échelles nanométriques. Des études de toxicité et d'écotoxicité ont mis en cause les nanoparticules de dioxyde de titane. Des effets inflammatoires semblent possibles²⁵. Le TiO₂ ne semble pas allergène aux yeux.

utane. Des effets inflammatoires semblent possibles²⁶. Le TiO_2 ne semble pas allergène sur la couche supérieure de la peau, mais chez la souris, « indépendamment de la taille des particules » il peut potentialiser un autre allergène²⁶. Depuis la fin du xx^e siècle, le degré de toxicité, cancérogénicité et génotoxicité des nanoparticules en général est discuté, enrobées ou non. L'écotoxicité des formes nanométriques est en outre encore mal connue²⁷, n'ayant été étudiée qu'en laboratoire sur quelques animaux et plantes (microalgues ; *Pseudokirchneriella subcapitata*²⁸), car ces nanoparticules ne sont diffusées dans l'environnement que depuis peu de temps (le dioxyde de titane est industriellement produit dès 1946, mais ses formes nanoparticulaires ne le sont que depuis les dernières années du xx^e siècle²⁹).



Faisceaux de nanotubes de dioxyde de titane (TiO_2).

En avril 2017, un porte parole des Amis de la Terre, Jeremy Tager, conclut, d'après deux études relues par des pairs, qu'il existe maintenant des preuves de risques sérieux pour la santé en cas d'ingestion et que, de ce fait, l'usage de nanodioxyde de titane devrait être interdit dans les aliments³⁰.

La généralisation de l'utilisation de nanoparticules de dioxyde de titane (nano- TiO_2) dans de très nombreux usages industriels dans le monde et la libération de ces nanomolécules à partir de déchets ou lors d'accidents peut conduire à une contamination importante de l'environnement par du nano- TiO_2 , et notamment dans les écosystèmes aquatiques qui sont l'exutoire naturel du ruissellement et des égouts et rejets de nombreux effluents industriels³¹. Sa génotoxicité a notamment été évaluée sur le Tilapia du Nil (déjà utilisé comme bio-indicateur pour d'autres évaluation d'effets toxiques)³¹. Après avoir été exposé 21 jours à divers taux de nano- TiO_2 de moins de 25 nm (0,1 mg/L, 0,5 mg/L et 1,0 mg/L) (avec des témoins non exposés), d'éventuels effets génotoxiques ont été évalués hebdomadairement par le test des micronoyaux. Le test des comètes a révélé des lésions de l'ADN dans certains érythrocytes, même au niveau le plus bas d'exposition (0,1 mg/L) ($P < 0,05$) et l'étude a montré que ce test était plus efficace que le « test du micronoyau » pour détecter des effets génotoxiques sur le Tilapia (*Oreochromis niloticus*, largement commercialisé dans le monde pour l'alimentation). Les auteurs ont conclu en 2016 que « l'exposition au nano- TiO_2 pourrait entraîner des risques génotoxiques pour les populations de poissons dans les plans d'eau contaminés »³¹.

Cancérogénicité

Le 10 mars 2006, le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC) a classé le dioxyde de titane cancérogène possible pour l'humain (catégorie 2 B)^{32,33,34,35}. Dans son rapport de 2011³⁶, l'ANSM indique que, chez le rat, l'exposition par inhalation à de fortes doses de TiO_2 favorise l'apparition du cancer, par un effet indirect de stress oxydant génotoxique. Elle note que ces résultats ne sont pas transposables aux cosmétiques, car dans ce dernier cas, l'exposition est cutanée.

Génotoxicité

Sous cette forme, les tests *in vitro* montrent une toxicité cellulaire de type inflammatoire (stress oxydant) due – comme cela semble être toujours le cas chez les nanoparticules intéressantes comme catalyseur – à une réactivité de surface augmentée. Une génotoxicité a aussi été observée par de « nombreuses études³⁶ ». On suppose que cet effet provient de « la génération de dérivés réactifs de l'oxygène (DRO) capables d'endommager l'ADN par exemple chez la souris³⁷ » (en présence et en l'absence de lumière UV)³⁶. Cet effet a été observé pour plusieurs molécules nanoparticulaires différentes³⁶. Pour le TiO_2 , s'ajoutent des « propriétés photocatalytiques (propriétés susceptibles de générer des ERO (espèces réactives de l'oxygène) après exposition aux rayonnements UV) qui seraient aussi impliquées dans la génotoxicité des

nanoparticules »³⁵. Pour limiter ce risque, certains fabricants de crèmes solaires utilisent des nanoparticules de TiO₂ enrobées dans des substances organiques (alcoxytitanates, silanes, méthylpolysiloxanes) et inorganiques (alumine, silice et zircon)³⁶. Celles-ci peuvent en outre être dopées pour atténuer les effets des ERO et des « systèmes antioxydants » (par exemple, alpha-tocophérol (vitamine E) ou acide ascorbique (vitamine C) ou bêta-carotène³⁸) sont parfois inclus dans la formulation³⁶.

La forme cristalline anatase du TiO₂ est photo-instable et donc peu utilisée dans les cosmétiques, au profit d'une forme rutile ou d'un mélange anatase/rutile plus stable à la lumière³⁶. Cependant, une étude a conclu que ce mélange est plus réactif que les formes cristallines anatase et rutile seules³⁹.

Selon Landsiedel *et al.* (2010), les nanoparticules « enrobées », maintenant les plus utilisées dans les cosmétiques solaires, ne se montrent pas directement génotoxiques dans les tests³⁶, mais les résidus de crème perdus dans l'eau au lavage, ou lors des baignades peuvent faire de ces molécules des contaminants environnementaux.

Une étude de 2016 a montré chez le Tilapia (*Oreochromis niloticus*) que 21 jours d'exposition à une faible doses de nano-TiO₂ dans l'eau entraîne un risque génotoxique pour les poissons de cette espèce³¹.

Cinétique dans l'organisme

Elle est encore mal connue, mais l'INRA a montré, en 2017 chez le rat, que l'E171 peut franchir la barrière intestinale et se retrouver dans le sang, puis s'accumuler dans certains organes (foie notamment) et déclencher des « troubles du système immunitaire ». Après cent jours d'exposition orale à du TiO₂, près de 50 % des rats présentaient des lésions pré-cancéreuses du côlon. « De plus, le E171 accélère le développement de lésions induites expérimentalement avant exposition ». Les aliments donnés aux rats en contenaient 10 mg/kg de poids corporel et par jour, soit une dose proche de l'exposition alimentaire humaine telle qu'évaluée par l'European Food Safety Agency, en septembre 2016⁴⁰. L'INRA a conclu qu'une exposition orale chronique induit et promeut des stades précoces de la cancérogenèse colorectale ; « sans toutefois permettre d'extrapoler ces conclusions à l'Homme ». Les toxicologues et écotoxicologues craignent que le TiO₂ puisse traverser plusieurs barrières biologiques, voire s'accumuler dans certains organes-cibles (cytoplasme cellulaire), faute d'élimination suffisante par le rein. Ils craignent que le TiO₂ ayant pénétré les cellules ne lèse leur ADN (phénomène observé *in vitro*) avec des effets à long terme sur l'individu ou sa descendance⁴¹.

Lors du nanoforum organisé par le CNAM en 2007, la représentante de l'Agence française de sécurité sanitaire des produits de santé (AFSSAPS)⁴² a dit craindre :

- des maladies auto-immunes ;
- une accumulation dans le foie (l'un des organes de détoxification des métaux) ;
- des accidents graves avec des produits d'écho-contraste.

Une étude de 2017 a montré que, chez le rat, le TiO₂ passe la barrière intestinale⁴³.

Une étude d'octobre 2020 montre que les nanoparticules de titane peuvent atteindre l'environnement du fœtus pendant la grossesse⁴⁴.

Passage transcutané du TiO₂ nanoparticulaire

Du fait d'un usage fréquent dans les crèmes solaires, se pose la question du passage transcutané du TiO₂ nanoparticulaire, bien que l'inhalation ou l'ingestion soient aussi à explorer, notamment pour les crèmes solaires proposées en vaporisateurs.

Les premières études publiées concernant l'application (*in vitro* et *ex vivo*) sur peau animale et peau humaine laissaient penser que les nanoparticules de TiO₂ ne pénétraient que les couches externes de la peau (la couche cornée et l'infundibulum pilosébacé), mais ces études n'étaient pas représentatives de l'exposition réelle (études trop courtes, de 72 heures au maximum, utilisant des particules insuffisamment caractérisées en termes de « taille, forme cristalline, enrobage, etc. », voire sans protocoles standardisés ni validés, ou ne respectant pas les recommandations du Comité scientifique pour la sécurité des consommateurs (CSSC) ou de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE).

Puis une étude⁴⁵ publiée en 2010 a confirmé la présence (élevée dans ce cas) de nanoparticules de TiO₂ (enrobées et non enrobées) et de particules de TiO₂ submicroniques (300–500 nm) dans la couche cornée et moindrement (« quelques particules isolées » de TiO₂ dans le derme pour les animaux traités avec les trois types de particules. Des « quantités statistiquement significatives de TiO₂ » ont aussi été trouvées dans le ganglion inguinal gauche du groupe traité par des nanoparticules de TiO₂ non enrobées et dans le ganglion inguinal droit du groupe traité par des particules de TiO₂ submicroniques (300–500 nm). Les animaux ayant servi au test étaient des mini-porcs. L'application de crème était répétée « quatre fois par jour, cinq jours par semaine durant 22 jours ». Cette étude est considérée par l'Afssaps en 2011 comme la plus représentative des vraies conditions d'exposition. Une pénétration et une dispersion dans l'organisme semblent donc possibles chez l'humain (dont la peau est réputée fonctionner d'une manière proche de celle du mini-porc), au moins à partir des régions où la peau est la plus fine et perméable, et pour les cas où le TiO₂ n'est pas sous forme « enrobée ». L'étude présente néanmoins un biais. Elle est faite sur des animaux adultes (peau plus épaisse) et à peau saine et non lésée. Elle ne permet pas de savoir si le comportement des nanoparticules est le même sur une peau de bébé ou d'enfant, ou sur une peau lésée par un coup de soleil, en train de peler, ou après une longue exposition aux UV_A, ou à la suite de lésions « de nature pathologique ou d'origine exogène » (par exemple, eczéma, psoriasis⁴⁶, impétigo, allergie, dermatite atopique²⁶). Selon l'Afssaps, « il est probable que toute lésion de la peau de nature pathologique ou d'origine exogène puisse favoriser l'absorption des nanoparticules. Par ailleurs, il a été observé dans quelques études impliquant des nanoparticules autres que les nanoparticules de TiO₂ et de ZnO (par exemple les quantum dots et les fullerènes), qu'il pouvait exister un impact des effets mécaniques (par exemple flexion de la peau) sur la pénétration cutanée »⁴⁷.

Sur une peau saine (chez le porc) les nanoparticules ne semblent pas pénétrer la peau en profondeur, mais on en retrouve dans le tissu lymphatique (ganglions), ce qui laisse penser qu'une certaine diffusion systémique existe⁴⁵.

Cinétique dans l'organisme, nanotoxicologie

Récemment (en 2011), des chercheurs du CEA⁴⁸ et de l'université Joseph-Fourier⁴⁹ ont montré que, *in vitro*, des nanoparticules de dioxyde de titane (nano-TiO₂) altèrent l'intégrité de la barrière hémato-encéphalique (BHE, vitale pour la protection du cerveau) ; les nano-TiO₂ s'accumulent dans l'endothélium de la BHE, y causant une inflammation qui aboutit à une rupture de la barrière. De plus, ces particules semblent inhiber la fonction réparatrice des P-glycoprotéines (protéines jouant un rôle majeur dans la détoxification d'organes vitaux dont le cerveau^{50, 51}).

Diffusion dans l'environnement et écotoxicité suspectée

Du dioxyde de titane sous forme nanoparticulaire a été retrouvé dans les années 2010 dans plusieurs types de friandises et de produits alimentaires courants. L'ONG Agir pour l'environnement (2016) puis 60 Millions de consommateurs (2017) ont attiré l'attention sur l'absence de mention de la forme

nanoparticulaire de cet additif sur l'étiquetage alors que certaines associations la suspectent d'être potentiellement cancérigène⁵².

Du dioxyde de titane est diffusé dans l'environnement, en particulier dans l'environnement marin sous forme de déchets industriels déversés dans les cours d'eau ou directement en mer, comme en mer du Nord où il est suspecté d'être responsable ou coresponsable de tumeurs de la peau (hyperplasie de l'épiderme/papillome) chez certains poissons (poissons plats notamment). Une étude a comparé quelques maladies (hyperplasies, papillomes, lymphocystoses, nodules hépatiques (tumeurs pré-néoplasiques et néoplasiques), infections/parasitoses dues aux protozoaires *Glugea sp.*) de la limande dans 5 sites côtiers néerlandais, au printemps des années 1986 à 1988. L'un des sites est une zone de rejet offshore industriel de dioxyde de titane et d'acide, l'autre est dans une zone d'influence estuarienne polluée (entre autres par du titane) alors que les 3 autres ont été choisis comme référence. Les résultats montrent « une forte et constante prévalence de l'hyperplasie de l'épiderme et des papillomes chez la limande dans les des deux sites ayant reçu du dioxyde de titane, par rapport aux autres sites ». De même, les hyperplasies, papillomes épidermiques et lymphocystoses étaient statistiquement significativement associés et la présence de nodules hépatiques (le foie est avec le rein le principal organe impliqué dans la détoxification). Les auteurs ont noté que les lymphocystoses étaient plus fréquents en pleine mer que près des côtes, au contraire des *Glugea* plus fréquents au large. Les données de prévalence de ces maladies plaident pour une relation de cause à effet entre titane et hyperplasie de l'épiderme / papillome, mais pour les autres maladies, l'interprétation des données est compliquée par la complexité des apports fluviaux et des effets de dispersion spatiotemporelle des déchets immergés⁵³.

La diffusion de nanoparticules de titane dans l'eau se fait aussi par les crèmes solaires trouvées sur le sable et surtout à la surface de la mer, ou des eaux douces de baignades de plein air en été. Les eaux de bains, douches, lessive peuvent en contenir aussi quand le lavage concerne une peau ou des vêtements ou serviettes de bain. L'incinération des restes de tubes de cosmétiques en crème ou bombe-spray est une autre source possible (dans l'air cette fois). Des industriels (cimenteries, fabricants d'enduits et peintures, papeteries) proposent d'utiliser ou utilisent déjà des particules nanométriques de dioxyde de titane comme catalyseur épurateur des COV et NOx émis par les véhicules dans l'air. Ces particules pourraient, par exemple, être intégrées dans les murs de béton lors de leur fabrication, ou dans certains matériaux routiers (enrobé, mur anti-bruit...).

Une controverse existe sur le risque que ces nanoparticules (TiO₂) puissent quitter le substrat (routier, en particulier, au fur et à mesure de l'usure du matériau) pour pénétrer les organismes vivants et en affecter la santé :

- les toxicologues estiment généralement que ce TiO₂ ne serait plus présent sous sa forme nanométrique dans la structure « poreuse » du ciment contenant du TiO₂, car il y forme des agglomérats stables⁴¹ ;
- des toxicologues se disant indépendants, M^{me} Francelyne Marano de l'université Paris-7 et M. Jorge Boczkowski de l'Inserm, considèrent qu'une activité photocatalytique significative, motif de l'ajout de dioxyde de titane, implique que les gaz qui circulent dans le matériau ou au contact de surfaces microporeuses accèdent à ces nanoparticules. Or cette réactivité est ce qui rend ces particules pathogènes pour la cellule, éventuellement au sein d'agglomérats qui ne peuvent donc pas être denses, stables et solides⁴¹ ;
- la question de la toxicité des produits de dégradation se pose aussi. La réaction transforme l'alcool en formaldéhyde, l'oxyde d'azote en nitrates déjà trop présents dans notre environnement eutrophisé. La contamination de l'eau, de l'air et des sols par la bioturbation peut avoir des conséquences immédiates et différées⁴¹.

En Europe

L'Autorité européenne de sécurité des aliments (AESA) avait conclu en septembre 2016 que « les données disponibles ne font pas apparaître de danger pour les consommateurs », tout en recommandant des études complémentaires à propos des effets sur le système reproducteur permettant d'établir une dose journalière admissible⁵⁴.

Le Comité scientifique européen pour la sécurité des consommateurs (en)⁵⁵ a demandé des compléments d'information (en cours d'étude) sur les impacts de la forme nanoparticulaire du TiO₂.

Le 6 mai 2021, l'AESA évalue que « le dioxyde de titane n'est plus considéré comme sûr en tant qu'additif alimentaire »⁵⁶. À la suite de cela, le 18 mai 2021, la Commission européenne propose aux états membres l'interdiction de l'utilisation du dioxyde de titane comme additif alimentaire⁵⁷.

Les enfants (peau plus fine, plus perméable, plus sensible aux coups de soleil) seraient particulièrement sensibles aux effets du dioxyde de titane. L'AESA et l'Agence française de sécurité sanitaire, de l'environnement et du travail (AFSSET) conseillent d'éviter les crèmes solaires contenant du dioxyde de titane chez les enfants en bas âge⁵⁸.

En octobre 2021, la Commission européenne a approuvé le projet d'interdiction de l'E171 dans l'alimentaire sur tout le territoire de l'Union européenne à partir de 2022⁵⁹.

En mars 2022, en Suisse, l'Office fédéral de la sécurité alimentaire et des affaires vétérinaires OSAV, interdit l'utilisation du dioxyde de titane comme additif alimentaire. L'interdiction entre en vigueur le 15 mars 2022 et est assortie d'un délai transitoire de six mois. Cette transposition permet une protection des consommateurs suisses équivalente à celle de l'UE. Elle facilite aussi le commerce avec l'UE⁶⁰.

En France

La Commission de cosmétologie de l'Agence nationale de sécurité du médicament et des produits de santé (Afssaps) a pris connaissance des « études disponibles » sur la pénétration cutanée, la génotoxicité et la cancérogenèse du TiO₂ et du ZnO sous forme nanoparticulaire, et a produit un « rapport d'évaluation du risque », réalisé sur la base de données fournies par les fabricants représentés par la Fédération des industries de la parfumerie, et l'association de la filière cosmétique (COSMED)³⁶ (mais l'Afssaps n'a pas pu obtenir certaines données : « elle a demandé à la FEBEA, par courrier datant du 22 janvier 2009 de lui transmettre les études réalisées par le COLIPA, l'association européenne des industries cosmétiques, sur le TiO₂, à la suite de la demande du Comité scientifique pour la sécurité des consommateurs (CSSC)². La FEBEA a répondu à cette demande le 25 février 2009, en précisant que les études demandées par le CSSC n'étaient pas en sa possession »⁶¹. Le rapport a été rendu public en 2011³⁶.

L'Afssaps, saisie par la direction générale de la Santé (DGS), a recommandé d'éviter les crèmes solaires contenant « des nanoparticules de dioxyde de titane (autorisé comme « filtres UV inorganiques » jusqu'à 25 % max du filtre UV⁶²) et d'oxyde de zinc en tant que filtres ultraviolets » sur... les coups de soleil, sur le visage ou dans des locaux fermés quand il s'agit de sprays⁶³.

En 2011, alors que l'obligation d'étiquetage prévue par la Loi Grenelle 2 n'est pas encore en place, et que les nanoparticules ne font l'objet d'aucune autorisation préalable à la mise sur le marché, Olivier Toma, président du Comité pour le développement durable en santé, le C2DS, alerte sur les risques potentiels du dioxyde de titane (TiO₂). Bien que classé (en février 2006) en catégorie 2B, c'est-à-dire comme « potentiellement cancérigène pour l'humain » par le Centre international de recherche sur le cancer, il est déjà utilisé, notamment comme photocatalyseur désinfectant dans des établissements de santé, dans les matériaux dits commercialement « auto-nettoyants » ou « sans entretien »⁶⁴, capables, selon les fabricants, de

durablement détruire les germes entrant en contact avec le matériau⁶⁴. Selon Olivier Toma, il n'est pas encore scientifiquement démontré que la photocatalyse en secteur hospitalier apporte une garantie d'asepsie de matériaux contenant du TiO₂, et le ministère chargé de la Santé devrait commander des tests sur la photocatalyse pour vérifier ces allégations. Il estime que, au regard des incertitudes sur les risques, les utiliser dans les peintures de couloirs ou salles d'attente est inutile, les infections nosocomiales ne venant pas des murs mais d'autres vecteurs⁶⁴.

Le Commissariat à l'énergie atomique (CEA) a montré que le TiO₂ nanoparticulaire pouvait altérer la barrière hémato-encéphalique⁵¹. Les fiches de données de sécurité (FDS) ou les fiches de déclarations environnementales et sanitaires (FDES) des matériaux de construction sont rédigées par les fabricants suivant des prescriptions normatives. Ces fiches devraient être contrôlées par une autorité sanitaire. Légalement, les déchets de bâtiments comportant ces particules doivent déjà être traités comme des déchets dangereux, avec des risques non évalués pour l'eau, l'air, le sol, les écosystèmes et la santé humaine.

La loi pour l'équilibre des relations commerciales dans le secteur agricole et alimentaire et une alimentation saine et durable, promulguée le 31 octobre 2018⁶⁵, prévoit à l'article 53 que la mise sur le marché de denrées alimentaires contenant du colorant E171 est suspendue par arrêté. L'arrêté du 17 avril 2019 fixe la suspension à un an à compter du 1^{er} janvier 2020^{66,67}. Cette suspension est prolongée d'un an par arrêté du 21 décembre 2021⁶⁸. Cette mesure ne concerne pas les médicaments, environ 800^{69,70}).

Liste non exhaustive des aliments qui contiennent du colorant E171

Après la publication d'un rapport de l'Agence de sécurité sanitaire des aliments (Anses) sur cet additif, la France a décidé d'en interdire la mise sur le marché ainsi que celle des denrées alimentaires en contenant⁶⁵. Le colorant E171 est interdit en France depuis janvier 2020⁶⁵. Ce produit est notamment présent dans le monde dans :

- de nombreuses marques de bonbons : Jelly Bean⁷¹, M&M's⁷², Skittles⁷³, Mentos⁷⁴, etc. ;
- de nombreuses marques de chewing-gum : Airwaves⁷⁵, Hollywood Chewing Gum⁷³, Freedent⁷³, Malabar⁷³ et Trident⁷⁴, etc. ;
- plusieurs marques de chocolats et bonbons de chocolat : Cémoi⁷⁶, Beaumesnil⁷⁷, Michel Cluizel⁷⁸, Lindt⁷⁹, Maxim's⁸⁰ et Monbana⁸¹ ;
- des marques de desserts surgelés : Fauchon⁸²... ;
- des marques de gâteaux : Napolitain (LU)⁸³... ;
- du surimi⁸⁴ ;
- des dentifrices : Candida Multicare 7 in 1⁸⁵... ;
- des médicaments : azithromycine (toutes les marques)⁸⁶, compléments Nutrissentiel⁸⁷, Sanofi MagnéVie B6⁸⁸, Doliprane en gélule⁸⁹, Tardyféron 80 mg⁹⁰, Topalgic 50 mg gélule⁹¹, Pradaxa 110 mg gélules boehringer⁹², amoxicilline/acide clavulanique 500/62,5 mg Mylan⁹³, desloratadine 5 mg Mylan (arrêt de commercialisation en France au 15 octobre 2015)⁹⁴, flécaïnide Biogaran 50 mg⁹⁵, lansoprazole 15 mg/30 mg (TiO₂ présent dans toutes les formes des princeps Orgast, Lanzor et leurs génériques)⁹⁶, Tadenan 50 mg⁹⁷, Spasfon comprimé enrobé⁹⁸, Ibuprofène 400 mg comprimés pelliculés Spedifen Zambon (en)⁹⁹, etc. ;
- des vitamines pour les femmes enceintes, compléments de grossesse^{100, 101}.


Le site et l'application collaboratifs Open Food Facts fournissent une liste régulièrement mise à jour¹⁰².

Voir aussi

Articles connexes

- [Toxicologie](#)
- [Écotoxicologie](#)
- [Élément trace métallique \(ETM\)](#)
- [Nanoparticule](#)
- [Nanoproduit](#)
- [Cosmétique](#)
- [Crème solaire](#)

Sur les autres projets Wikimedia :

 [l'anatase \(https://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Anatase?uselang=fr\)](https://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Anatase?uselang=fr), sur Wikimedia Commons

Bibliographie

- Jean Petit, Jacques Roire et Henri Valot, *Encyclopédie de la peinture : formuler, fabriquer, appliquer*, t. 1, Puteaux, Erec, 1999, p. 362-370 « Dioxyde de titane ».
- [Base de données Powder diffraction file](#) de l'International Center for Diffraction Data (ICDD).
- Natl. Bur. Stand. (U.S.) Monogr. 25, vol. 7 (1969).
- Natl. Bur. Stand. (U.S.) Monogr. 25, vol. 3, p. 57 (1964).
- Bendeliani et coll., *Geochem. Int.*, vol. 3, p. 387 (1966).
- Halla, F., *Z. Anorg. Chem.*, vol. 184, p. 423 (1929).
- Marchand, R., Brohan, L. et Tournoux, M., *Mater. Res. Bull.*, vol. 15, p. 1129 (1980).

Revue d'études

- Therapeutic Good Administration (TGA) (2006), A review of the scientific literature on the safety of nanoparticulate titanium dioxide or zinc oxide in sunscreens (<http://www.tga.gov.au/npmeds/sunscreen-zotd.pdf>) [PDF], en ligne.

Recommandations officielles

- Afssaps (septembre 2008), *Recommandations relatives à l'évaluation toxicologique des médicaments sous forme nanoparticulaire* (http://www.afssaps.fr/var/afssaps_site/storage/original/application/ac7d242fbecb3c8ab0a7363fbcd9a4ec.pdf).
- Scientific committee on consumer product (SCCP) (2007), http://ec.europa.eu/health/ph_risk/committees/04_sccp/docs/sccp_o_123.pdf *Opinion on safety of nanomaterials in cosmetic products*, SCCP/1147/07.
- Scientific committee on consumer product (SCCP) (2009), *Clarification on Opinion SCCNFP/0932/05 on Zinc oxide* (http://ec.europa.eu/health/ph_risk/committees/04_sccp/docs/sccp_o_167.pdf), SCCP/1215/09.
- Scientific committee on cosmetic products and non-food products intended for consumers (SCCNFP) (2000), *Opinion of the scientific committee on cosmetic products and non-food products intended for consumers concerning titanium dioxide* (http://ec.europa.eu/health/ph_risk/committees/sccp/documents/out135_en.pdf), SCCNFP/0005/98.
- Scientific committee on emerging and newly identified health risks (SCENIHR) (2009), *Risk assessments of products of nanotechnologies* (http://ec.europa.eu/health/ph_risk/committees/04_scenihhr/docs/scenihhr_o_023.pdf).
- Scientific comitee on emerging and newly identified health risks (SCENIHR) (2010),

Filmographie

- L'utilisation de dioxyde de titane dans la peinture et son extraction sont abordées dans le reportage *Brico, déco : quand les Français s'éclatent dans la maison* (http://www.m6.fr/emission-capital/15-05-2011-brico_deco_quand_les_francais_s_eclatent_dans_la_maison-25729348.html) du 15 mai 2011, dans l'émission de TV française *Capital* sur M6.

Liens externes

- (en) [Historical Development of Titanium Dioxide](http://www.millenniumchem.com/Product+and+Services/Products+by+Type/Titanium+Dioxide+-+Plastics/r_TiO2+Fundamentals/Historical+Development+of+Titanium+Dioxide_EN.htm) (http://www.millenniumchem.com/Product+and+Services/Products+by+Type/Titanium+Dioxide+-+Plastics/r_TiO2+Fundamentals/Historical+Development+of+Titanium+Dioxide_EN.htm), d'après le fabricant Millenium Chemicals
- [Données sur la fabrication](http://www.huntsman.com/pigments/Media/Manufacture_and_Generals_Properties.pdf) (http://www.huntsman.com/pigments/Media/Manufacture_and_Generals_Properties.pdf), selon le fabricant Huntsman
- [Fiche sur les nanoparticules de dioxyde de titane](http://veillenanos.fr/wakka.php?wiki=NanoTiO2) (<http://veillenanos.fr/wakka.php?wiki=NanoTiO2>) (nano TiO₂) sur le site veillenanos.fr de l'association AVICENN (<http://avicenn.fr/>)

Notes et références

1. Masse molaire calculée d'après « Atomic weights of the elements 2007 » (<http://www.chem.qmul.ac.uk/iupac/AtWt/>), sur www.chem.qmul.ac.uk.
2. (en) « Titanium dioxide » (<http://webbook.nist.gov/cgi/cbook.cgi?ID=13463-67-7&Units=SI>), sur NIST/WebBook (<http://webbook.nist.gov/chemistry/>) (consulté le 30 mai 2010).
3. IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, « Évaluations Globales de la Cancérogénicité pour l'Homme, Groupe 2B : Peut-être cancérogènes pour l'homme » (<http://monographs.iarc.fr/FR/Classification/crthgr02blist.php>), sur monographs.iarc.fr, CIRC, 16 janvier 2009 (consulté le 22 août 2009).
4. (en) *Carbon Black, Titanium Dioxide, and Talc* (lire en ligne (<http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol93/mono93-7.pdf>)), point 6.3, p. 275.
5. PubChem 26042 (<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/26042>).
6. « Dioxyde de titane (http://www.reptox.csst.qc.ca/DetailSimdut.asp?no_produit=4671&language=F) » dans la base de données de produits chimiques *Reptox* de la CSST (organisme québécois responsable de la sécurité et de la santé au travail), consulté le 24 avril 2009.
7. Base de données [Powder diffraction file](#) de l'International Center for Diffraction Data (ICDD), fiche 00-021-1272.
8. Natl. Bur. Stand. (U.S.) Monogr. 25, vol. 7, 1969, p. 82.
9. Base de données [Powder diffraction file](#) de l'ICDD (International Center for Diffraction Data), fiche 00-029-1360
10. Natl. Bur. Stand. (U.S.) Monogr. 25, vol. 3, p. 57 (1964).
11. Base de données [Powder diffraction file](#) de l'ICDD (International Center for Diffraction Data), fiche 00-021-1276
12. Natl. Bur. Stand. (U.S.) Monogr. 25, vol. 7, (1969), p. 83.
13. Base de données [Powder diffraction file](#) de l'ICDD (International Center for Diffraction Data), fiche 00-035-0088
14. Halla, F., Z. *Anorg. Chem.*, vol. 184, p. 423 (1929)

15. Base de données Powder diffraction file de l'ICDD (International Center for Diffraction Data), fiche 00-002-1359
16. Marchand, R., Brohan, L., Tournoux, M., *Mater. Res. Bull.*, vol. 15, p. 1129 (1980)
17. (en) « The Chemours Company : DeLisle Site Visit » (https://s2.q4cdn.com/107142371/files/doc_presentations/2015/Delisle-Site-Visit.pdf), Chemours, septembre 2015.
18. Batiactu, *Le dioxyde de titane va devenir rare et cher* (<http://www.batiactu.com/edito/dioxyde-titane-va-devenir-rare-et-cher-48582.php>), 31 mars 2017.
19. PRV₁, p. 365.
20. PRV, p. 364-365.
21. W.S. Kuo, *Photocatalytic oxidation of pesticide rinsate*, *J. Environ. Sci. Health B.*, janvier 2002, vol. 37(1), p. 65–74.
22. « CSTB : Des revêtements autonettoyants et dépolluants à l'étude » (<http://www.cstb.fr/archives/webzines/editions/edition-de-juillet-aout-2004/des-revetements-autonettoyants-et-depolluants-a-letude.html>), sur *cstb.fr* (consulté le 28 octobre 2016).
23. Ma, Z., Li, P., Ye, L., Wang, L., Xie, H. et Zhou, Y. (2018), *Selectivity reversal of photocatalytic CO₂ reduction by Pt loading*, *Catalysis Science & Technology*, 8(20), 5129-5132 (résumé (<https://pubs.rsc.org/en/content/articlehtml/2018/cy/c8cy01656a>)).
24. PRV, p. 364.
25. Sayes C.M., Wahi R., Kurian P.A., Liu Y., West J.L., Ausman K.D. et al. (2006), *Correlating nanoscale titanium structure with toxicity: a cytotoxicity and inflammatory response study with human dermal fibroblasts and human lung epithelial cells*, *Toxicological Sciences*, 92, 174-185.
26. Yanagisawa R., Takano H., Inoue K., Koike E., Kamachi T., Sadakane K. et al. (2009), *Titanium dioxide nanoparticles aggravate atopic dermatitis-like skin lesions in NC/Nga mice*, *Experimental Biology and Medicine* (Maywood) 234, 314-322.
27. M. Baalousha, J.R. Lead et Y. Ju-Nam, 3.05, *Natural Colloids and Manufactured Nanoparticles in Aquatic and Terrestrial Systems Treatise on Water Science*, vol. 3, 2011, p. 89-129.
28. Villem Aruoja, Anne Kahru et Henri-Charles Dubourguier, *Toxicity of ZnO, TiO₂ and CuO nanoparticles to microalgae Pseudokirchneriella subcapitata*, *Toxicology Letters*, vol. 180, Supplement, 5 octobre 2008, p. S220.
29. PRV, p. 362.
30. « Two new peer-reviewed studies confirm that there are serious potential health risks associated with consuming nanoparticles of titanium dioxide and that they should not be permitted in our food » ; Tager, J. (2017), *Evidence mounts that nano-titanium dioxide in food may be harmful*, *Chain Reaction*, 129, 29, avril 2017, résumé (<https://search.informit.com.au/documentSummary;dn=766298019724669;res=IELHSS>) (ISSN 0312-1372 (<https://www.worldcat.org/issn/0312-1372&lang=fr>)) (consulté le 11 novembre 2017).
31. De Silva P. et Pathiratne A. (2016), *Assessing Potential Genotoxic Effects of Nano-Titanium Dioxide on Nile Tilapia (Oreochromis Niloticus)* ; In proceedings of the 17th Conference on Postgraduate Research, International Postgraduate Research Conference 2016, Faculty of Graduate Studies, University of Kelaniya, Sri Lanka. p. 145, résumé (<http://repository.kln.ac.lk/bitstream/handle/123456789/16048/145.pdf?sequence=2&isAllowed=y>).
32. Lire en ligne (<http://www.inrs.fr/actus/tio2.html>), sur *inrs.fr*.
33. IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, Carbon Black, Titanium Dioxide and Non-Asbestiform Talc. IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans, vol. 93. Lyon, International Agency for Research on Cancer (2006) (ressource électronique) IARC.

34. American Conference of Governmental Industrial Hygienists, Documentation of the TLVs and BEIs with other worldwide occupational exposure values, CD-ROM 2005. Cincinnati, OH : ACGIH (2005). Publication 0105DiskCD [CD-120001] (CD-ROM) [ACGIH \(http://www.acgih.org\)](http://www.acgih.org).
35. National Institute for Occupational Safety and Health, Evaluation of health hazard and recommendations for occupational exposure of titanium dioxide (DRAFT). NIOSH current intelligence bulletin. NIOSH (2005) (ressource électronique) [Document CDC/NIOSH \(http://www.cdc.gov/niosh/docs/preprint/tio2/pdfs/TIO2Draft.p\)](http://www.cdc.gov/niosh/docs/preprint/tio2/pdfs/TIO2Draft.p).
36. Afssaps, Rapport *État des connaissances relatif aux nanoparticules de dioxyde de titane et d'oxyde de zinc dans les produits cosmétiques en termes de pénétration cutanée, de génotoxicité et de cancérogenèse* (http://www.afssaps.fr/var/afssaps_site/storage/original/application/af86f9684f0e2810a7cf1d5b0cefb0d5.pdf); adopté par La Commission de cosmétologie de l'Afssaps le 15 mars 2011, en réponse à la Saisine (n+2008 BCT0001) de la Direction générale de la santé (DGS) le 21 janvier 2008. 55 pages, PDF
37. Trouiller B., Reliene R., Westbrook A., Solaimani P. et Schiestl R.H. (2009), *Titanium dioxide nanoparticles induce DNA damage and genetic instability in vivo in mice*, *Cancer Research*, 69, 8784- 8789.
38. Buchalska M., Kras G., Oszejca M., Lasocha W., Macyk W. (2010), *Singlet oxygen generation in the presence of titanium dioxide materials used as sunscreens in suntan lotions*. *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry* 213: 158-163.
39. Van der Meulen T., Mattson A. et Osterlünd L. (2007), *A comparative study of the photocatalytic oxidation of propane on anatase, rutile, and mixed-phase anatase–rutile TiO₂ nanoparticles: role of surface intermediates*, *Journal of Catalysis*, 251, 131-144.
40. EFSA (2016), *Re-evaluation of titanium dioxide (E 171) as a food additive*, *EFSA Journal*, 14(9):4545.
41. Document « Nanoforum du CNAM : Bilan et perspectives / Rapport d'évaluation de la convention signée entre la DGS et le Cnam-IHIE en 2007 », lire en ligne (http://www.vivagora.fr/index.php?option=com_content&view=article&id=476:seance-nanforum-du-8-novembre-2007-nanomateriaux-et-ciments-&catid=21&Itemid=111), p. 10/19.
42. Lors de la séance du 6 décembre 2007 (où l'AFSSAPS a aussi évoqué un projet de *guide pour les industriels*) : Nanotechnologies et produits cosmétiques. Voir p. 11/19 de la version [PDF] du rapport.
43. (en) Sarah Bettini, Elisa Boutet-Robinet, Christel Cartier et Christine Coméra, « Food-grade TiO₂ impairs intestinal and systemic immune homeostasis, initiates preneoplastic lesions and promotes aberrant crypt development in the rat colon », *Scientific Reports*, vol. 7, 20 janvier 2017 (ISSN 2045-2322 (<https://www.worldcat.org/issn/2045-2322&lang=fr>), PMID 28106049 (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28106049>), PMCID PMC5247795 (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5247795>), DOI 10.1038/srep40373 (<https://dx.doi.org/10.1038/srep40373>), lire en ligne (<http://www.nature.com/articles/srep40373>), consulté le 10 avril 2017).
44. « Les nanoparticules du dioxyde de titane E171 peuvent atteindre l'environnement du fœtus pendant la grossesse », *Le Monde.fr*, 7 octobre 2020 (lire en ligne (https://www.lemonde.fr/sciences/article/2020/10/07/les-nanoparticules-du-dioxyde-de-titane-e171-peuvent-atteindre-l-environnement-du-fetus-pendant-la-grossesse_6055090_1650684.html), consulté le 17 octobre 2020)
45. Sadrieh N., Wokovich A.M., Gopee N.V., Zheng J., Haines D., Parmitter D. et al. (2010), *Lack of significant dermal penetration of titanium dioxide from sunscreen formulations containing nano- and submicron-size TiO₂ particles*, *Toxicological Sciences*, 115, 156-66.
46. Filipe P., Silva J.N., Silva R., Cirne de Castro J.L., Marques Gomes M., Alves L.C. et al. (2009), *Stratum corneum is an effective barrier to TiO₂ and ZnO nanoparticle percutaneous absorption*, *Skin Pharmacology Physiology*, 23: 266-275.

47. Rouse J.G., Yang J., Ryman-Rasmussen J.P., Baron A.R. et Monteiro-Riviere N.A. (2007), *Effects of mechanical flexion on the penetration of fullerene amino acid-derivatized peptide nanoparticles through skin*, *Nano Letter*, 7, 155-60 (repris par Afssaps).
48. Direction des Sciences du Vivant du CEA ; iBiTec-S, Service de pharmacologie et d'immunoanalyse
49. CEA-UJF, Direction des Sciences de la Matière, INAC, Laboratoire Lésions des Acides Nucléiques.
50. Communiqué CEA (<http://www-dsv.cea.fr/dsv/themes/toxicologie-nucleaire-et-des-nanoparticules/les-nanoparticules-de-dioxyde-de-titane-alterent-in-vitro-la-barriere-hemato-encephalique>), avec illustrations (microscopie électronique), diffusés à la presse le 26 octobre 2011.
51. Emilie Brun, Marie Carrière et Aloïse Mabondzo, « In Vitro Evidence of Dysregulation of Blood-Brain Barrier Function after Acute and Repeated/Long-Term Exposure to TiO₂ Nanoparticles », *Biomaterials*, vol. 33, n° 3, janvier 2012, p. 886-896 (DOI 10.1016/j.biomaterials.2011.10.025 (<https://dx.doi.org/10.1016/j.biomaterials.2011.10.025>), résumé (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0142961211012282>)).
52. *Alimentation : des nanoparticules présentes dans certains bonbons et gâteaux industriels* (<http://www.leparisien.fr/societe/alimentation-des-nanoparticules-presentes-dans-certains-bonbons-et-gateaux-industriels-24-08-2017-7210212.php>), sur *leparisien.fr*, 24 août 2017.
53. Dick Vethaak, Jaap Van Der Meer (1991), *Fish Disease Monitoring in the Dutch Part of the North Sea in Relation to the Dumping of Waste From Titanium Dioxide Production*, *Chemistry and Ecology*, vol. 5, n° 3, p. 149-170.
54. AESA, « Dioxyde de titane : un jalon dans le programme de réévaluation des colorants alimentaires » (<https://www.efsa.europa.eu/fr/press/news/160914>), sur *efsa.europa.eu*
55. le Comité scientifique européen pour la sécurité des consommateurs ou Scientific Committee on Consumer Safety ou SCCS ; anciennement SCCP, *Scientific Committee on Consumer Products*
56. « Dioxyde de titane : le E171 n'est plus considéré comme sûr en tant qu'additif alimentaire » (<https://www.efsa.europa.eu/fr/news/titanium-dioxide-e171-no-longer-considered-safe-when-used-food-additive>), sur *Site internet de l'AESA*
57. « Le dioxyde de titane, additif controversé, en voie d'être interdit en Europe » (https://www.lemonde.fr/planete/article/2021/05/20/le-dioxyde-de-titane-additif-controverse-devrait-etre-interdit-en-europe_6080857_3244.html), sur *Le Monde*
58. « Certaines crèmes solaires dangereuses pour les enfants? » (<http://www.7sur7.be/7s7/fr/1507/Sante/article/detail/1141205/2010/08/04/Certaines-cremes-solaires-dangereuses-pour-les-s-enfants.dhtml>), sur *7sur7.be*, 4 août 2010 (consulté le 18 avril 2019).
59. Le Monde avec AFP, « L'UE donne son feu vert à l'interdiction du colorant E171 dès 2022 », *Le Monde*, 8 octobre 2021 (lire en ligne (https://www.lemonde.fr/economie/article/2021/10/08/l-ue-donne-son-feu-vert-a-l-interdiction-du-colorant-e171-des-2022_6097659_3234.html), consulté le 9 octobre 2021).
60. Interdiction du dioxyde de titane comme additif alimentaire en Suisse dès l'automne 2022 (<https://www.blv.admin.ch/blv/fr/home/dokumentation/nsb-news-list.msg-id-87453.html>), Administration fédérale (Suisse), 9 mars 2022
61. Voir dernier paragraphe de la page 11 du rapport Afssaps : Rapport relatif aux nanomatériaux dans les produits cosmétiques Saisine 2008BCT0001 (http://www.afssaps.fr/var/afssaps_site/storage/original/application/af86f9684f0e2810a7cf1d5b0cefb0d5.pdf) déjà cité.
62. Directive cosmétique 76/768/CEE, imposant une restriction d'utilisation à un maximum de 25 %.

63. Recommandations relatives à l'utilisation des nanoparticules de dioxyde de titane et d'oxyde de zinc en tant que filtres ultraviolets dans les produits cosmétiques (<http://www.afssaps.fr/content/download/34093/446432/version/2/file/recos-nanoparticules-cosmetiques.pdf>) [PDF], sur [afssaps.fr](http://www.afssaps.fr).
64. Actu-environnement Olivier Toma, président du Comité pour le développement durable en santé (C2DS), tire le signal d'alarme sur les risques associés du dioxyde de titane (TiO₂) (<http://www.actu-environnement.com/ae/news/nanoparticules-dioxyde-titane-etablissement-san-te-risques-14118.php4>), 2011-11-16
65. « Loi n° 2018-938 du 30 octobre 2018 pour l'équilibre des relations commerciales dans le secteur agricole et alimentaire et une alimentation saine, durable et accessible à tous » (<https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000037547946&dateTexte=&categorieLien=id>), sur [legifrance.gouv.fr](http://www.legifrance.gouv.fr) (consulté le 17 février 2019)
66. Arrêté du 17 avril 2019 portant suspension de la mise sur le marché des denrées contenant l'additif E171 (dioxyde de titane - TiO₂) (<https://www.legifrance.gouv.fr/WAspad/UnTexteDeJorf?numjo=ECOC1911549A>).
67. France Info, « Dioxyde de titane : l'additif E171 sera interdit dans les denrées alimentaires en France à partir du 1^{er} janvier 2020 » (https://www.francetvinfo.fr/sante/alimentation/dioxyde-de-titane-ladditif-e171-sera-interdit-dans-les-denrees-alimentaires-en-france-a-partir-du-1er-janvier-2020_3402641.html), 17 avril 2019 (consulté le 18 avril 2019).
68. Arrêté du 21 décembre 2021 portant suspension de la mise sur le marché des denrées contenant l'additif E171 (dioxyde de titane - TiO₂) (<https://www.legifrance.gouv.fr/WAspad/UnTexteDeJorf?numjo=ECOC2134774A>).
69. Le Particulier pratique, « En février 2019, vous annoncez l'interdiction du dioxyde de titane dans les aliments, en attente de la publication de l'arrêté ministériel. Qu'en est-il depuis ? Valérie B. » (<http://leparticulier.lefigaro.fr/article/en-fevrier-2019-vous-annoncez-l-interdiction-du-dioxyde-de-titane-dans-les-aliments-en-attente-de-la-publication-de-l-arrete-ministeriel-qu-en-est-il-depuis-valerie-b/>)
70. « Plus de 800 médicaments courants contiennent du dioxyde de titane, interdit dans l'alimentaire », *Sud Ouest*, 25 décembre 2021 (lire en ligne (<https://www.sudouest.fr/plus-de-800-medicaments-courants-contiennent-du-dioxyde-de-titane-interdit-dans-l-alimentaire-7451702.php>)).
71. (en) « FAQ - English - International - GDPR » (<https://www.jellybelly.co.uk/faqs/ingredients-lists>), sur [jellybelly.co.uk](http://www.jellybelly.co.uk) (consulté le 9 octobre 2021).
72. « Les M&M's, dangereux selon Bové ? Oui, l'absorption de dioxyde de titane peut être nocive » (<http://leplus.nouvelobs.com/contribution/1341404-les-m-m-s-dangereux-selon-bove-oui-l-absorption-de-dioxyde-de-titane-peut-etre-nocive.html>), sur leplus.nouvelobs.com (consulté le 5 juillet 2020).
73. « Une centaine de bonbons contiendrait du dioxyde de titane », *L'Express*, 29 octobre 2016 (lire en ligne (http://www.lexpress.fr/actualite/societe/sante/une-centaine-de-bonbons-contiendrait-du-dioxyde-de-titane_1845689.html), consulté le 5 juillet 2020).
74. <https://www.ouest-france.fr/sante/la-dangerosite-du-e171-present-dans-les-bonbons-evaluee-dans-une-enquete-4747837>
75. Johanna Amselem, « Des centaines de bonbons contiennent du E171, un additif suspecté d'être cancérigène » (<http://www.lci.fr/sante/e171-des-centaines-de-bonbons-contiennent-nanoparticules-dioxyde-de-titane-une-substance-cancerigene-2009905.html>), sur [Lci.fr](http://www.lci.fr), 28 octobre 2016 (consulté le 5 juillet 2020).
76. « Assortiment Chocolatier - Cémoi - 445 g » (<https://fr.openfoodfacts.org/produit/3173287618415/assortiment-chocolatier-chocolats-noir-lait-blanc-et-griottes-au-kirch-cemoi>), [Open Food Facts](http://www.openfoodfacts.org)
77. « Assortiments de chocolats extra-fin - Beaumesnil - 200 g » (<https://fr.openfoodfacts.org/pro>

- [duit/3222472853176/reves-de-chocolat-plaisirs-gourmands-beaumesnil](https://www.openfoodfacts.org/produit/3222472853176/reves-de-chocolat-plaisirs-gourmands-beaumesnil)), Open Food Facts
78. « Tablette Noël Lait - Michel Cluizel » (<https://fr.openfoodfacts.org/produit/0659253121835/tablette-noel-lait-michel-cluizel>), Open Food Facts
 79. « Assortiment de bonbons de chocolat - Lindt » (<https://fr.openfoodfacts.org/produit/7610400086455/connaisseurs-lindt>), Open Food Facts
 80. « Assortiments de 8 chocolats - Maxim's - 75 g » (<https://fr.openfoodfacts.org/produit/3391860004305/assortiment-de-chocolats-maxims-maxim-s>), Open Food Facts
 81. « Assortiment de 25 chocolats fin - Monbana - 190 g » (<https://fr.openfoodfacts.org/produit/3474340013902/assortiments-de-25-chocolats-fin-monbana>), Open Food Facts
 82. « Tarte framboise fabuleuse - Fauchon » (<https://fr.openfoodfacts.org/produit/3251515355001/tarte-framboise-fabuleuse-fauchon>)
 83. « Napolitain au chocolat - LU » (<https://fr.openfoodfacts.org/produit/7622210242822/napolitain-signature-chocolat-lu>), Open Food Facts.
 84. Jae W. Park, *Surimi and Surimi Seafood* (<https://books.google.fr/books?id=EYV8tO-j10wC&pg=PA435&lpg=PA435&dq=surimi+e171&source=bl&ots=1LSohYTboh&sig=GugPzXuNv739dcq9-1EnnkQSUCM&hl=fr&sa=X&ved=0ahUKEWjAnpyz9lfQAhVB8RQKHenTCscQ6AEllzAB#v=onepage&q=surimi%20e171&f=false>), p. 435.
 85. « Substances toxiques dans les cosmétiques » (<https://www.quechoisir.org/comparatif-ingrédients-indésirables-n941/candida-multicare-7-in-1-dentifrice-pi196121/>), sur *quechoisir.org* (consulté le 22 avril 2019).
 86. « AZITHROMYCINE TEVA - EurekaSanté par Vidal » (<https://eurekasante.vidal.fr/medicaments/vidal-famille/medicament-gp2881-AZITHROMYCINE-TEVA.html>), sur *EurekaSanté* (consulté le 24 juin 2017)
 87. « Sélénium 50 » (<https://www.nutrissentiel.eu/la-gamme/selenium-50>), sur *nutrissentiel.eu* (consulté le 24 juin 2017).
 88. « MagnéVie B6 médicament » (<https://www.gammemagnevie.fr/magnevie-b6/b6>), sur *Gamme MagnéVie* (consulté le 24 juin 2017)
 89. <http://www.doctissimo.fr/medicament-DOLIPRANE/3450778.htm> Doliprane 500 mg Gélule Boîte de 16.
 90. [TARDYFERON](http://www.doctissimo.fr/medicament-TARDYFERON.htm) (<http://www.doctissimo.fr/medicament-TARDYFERON.htm>), sur *doctissimo.fr*.
 91. https://www.vidal.fr/actualites/19516/topalgic_50_mg_gelule_tramadol_changement_de_couleur_et_suppression_du_logo/ Vidal.fr : TOPALGIC 50 mg gélule
 92. Notice Pradaxa 110 mg (https://www.boehringer-ingenelheim.be/sites/be/files/pm_pdfs/pradaxa110_fr.pdf).
 93. Notice Amoxicilline/Acide Clavulanique (<https://eurekasante.vidal.fr/medicaments/vidal-famille/medicament-gp867-AMOXICILLINE-ACIDE-CLAVULANIQUE-MYLAN.html>), sur *eurekasante.vidal.fr*.
 94. Fiche Desloratadine 5mg Mylan (https://www.vidal.fr/Medicament/desloratadine_mylan_pharma-110896.htm), Vidal.fr.
 95. Fiche Flécaïnide Biogaran 50 mg (https://www.vidal.fr/Medicament/flecainide_biogaran_lp-135778.htm), sur Vidal.fr.
 96. Index des médicaments contenant lansoprazole (<https://www.vidal.fr/substances/liste/type:mono/id:2059/>), sur *Vidal.fr*.
 97. Fiche Tadenan (<https://www.vidal.fr/Medicament/tadenan-15943.htm>), sur Vidal.fr.
 98. « Résumé des caractéristiques du produit - SPASFON, comprimé enrobé - Base de données publique des médicaments » (<http://base-donnees-publique.medicaments.gouv.fr/affichageDoc.php?specid=68081368&typedoc=R>), sur *base-donnees-publique.medicaments.gouv.fr* (consulté le 26 novembre 2019)
 99. « Spedifen 400 mg cp pellic » (<https://www.vidal.fr/medicaments/spedifen-400-mg-cp-pellic>

21045.html), sur *vidal.fr* (consulté le 30 mars 2022).

00. (en) « The latest in wellness: natural vitamins for pregnant women » (<https://www.glossy.co/new-face-of-beauty/wellness-brands-are-launching-prenatal-vitamins-to-reach-a-new-demo-graphic/>), sur *Glossy*, 23 octobre 2018 (consulté le 17 octobre 2020)
 01. (en-GB) Elivera UK, ELivera UAB LT and Elivera LTD UK, « VITA-miner Prenatal + DHA x 60 tablets, vitamins for pregnant women, pregnancy supplements » (<https://eliveragroup.com/products/vita-miner-prenatal-dha-x-60-tablets-vitamins-for-pregnant-women-pregnancy-supplements>), sur *UK USA Online supplements Buy, Price, Reviews* (consulté le 17 octobre 2020).
 02. Liste régulièrement mise à jour (<http://fr.openfoodfacts.org/additif/e171-oxyde-de-titane>), sur *fr.openfoodfacts.org*.
-
-

Ce document provient de « https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Dioxyde_de_titane&oldid=192444092 ».